

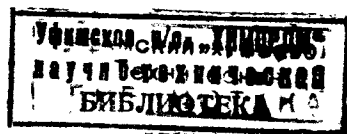
Д. Л. ГЛИЗМАНЕНКО

ГАЗОВАЯ СВАРКА И РЕЗКА МЕТАЛЛОВ

Издание 6-е, переработанное

Одобрено Ученым советом
Государственного комитета
Совета Министров СССР
по профессионально-техническому образованию
в качестве учебника
для подготовки
рабочих
на производстве

50634



ИЗДАТЕЛЬСТВО «ВЫСШАЯ ШКОЛА»
МОСКВА 1973

Глиزمانенко Д. Л.

- Г54 Газовая сварка и резка металлов. Учебник для подготовки рабочих на производстве. Изд. 6-е, переработ. М., «Вышш. школа», 1973.
272 стр. с илл.

В учебнике кратко описаны основные способы сварки и резки металлов, приведены свойства свариваемых металлов и сварочных материалов, дано описание оборудования и аппаратуры для газовой сварки и резки металлов, технология газовой сварки и резки, излагаются основные сведения по техническому контролю, организации производства и технике безопасности.

В 6-м издании учебника отражены современные технологические процессы в оборудовании для газовой сварки и резки металлов.

3—12—6
77—73.

6П4.3

Отзывы и замечания направлять по адресу:
Москва, К-51, Неглинная ул., 29/14, издательство
«Вышшя школа».

Глиزمانенко Дмитрий Львович

ГАЗОВАЯ СВАРКА И РЕЗКА МЕТАЛЛОВ

Редактор В. А. Козлов. Переплет художника Б. А. Школьника. Художественный редактор В. П. Бабикова. Технический редактор З. А. Муслимова. Корректор Р. И. Самофатова

Т-15864. Сдано в набор 13/VII—72 г. Подп. к печати 21/XI—72 г. Формат 60×90^{1/16}. Объем 17 печ. л. Уч.-изд. л. 17,86. Изд. № М-196. Тираж 100 000 экз. Зак. 515. Цена 41 коп.

План выпуска литературы издательства «Вышшя школа» (профтехобразование) на 1973 г. Позиция № 77
Москва, К-51, Неглинная ул., 29/14
Издательство «Вышшя школа»

Ярославский полиграфкомбинат «Союзполиграфпрома» при Государственном комитете Совета Министров СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли. Ярославль, ул. Свободы, 97.

ВВЕДЕНИЕ

В Директивах XXIV съезда КПСС по пятилетнему плану 1971—1975 гг. поставлены новые большие задачи по дальнейшему мощному подъему экономики страны. Решениями съезда в качестве основного направления предусматривается ускоренное развитие, совершенствование и повышение технического уровня промышленности.

Сварка является одним из ведущих высокопроизводительных технологических процессов обработки металлов. На основе использования достижений науки сварка позволяет решать многие вопросы развития техники, оказывая непосредственное влияние на технический уровень важнейших отраслей народного хозяйства.

Партия и правительство уделяют постоянное внимание развитию и внедрению сварки. В решениях ЦК КПСС и Совета Министров СССР указаны основные направления развития сварочного производства в нашей стране: замена клепаных, литых, кованных и других конструкций более экономичными — сварными; ускоренное создание специализированных предприятий и цехов для изготовления сварных конструкций (центросваров); внедрение износостойкой наплавки деталей машин и механизмов; расширение производства сварочного оборудования и материалов; комплексная механизация и автоматизация основных и вспомогательных процессов в сварочном производстве.

Сварочное производство в СССР является крупной самостоятельной отраслью техники. Сварка применяется во всех отраслях народного хозяйства, а в ряде производств она стала основным технологическим процессом.

Достижения в области автоматизации и механизации сварочных процессов позволили осуществить коренные изменения в технологии строительства и изготовления доменных печей и других металлургических агрегатов, мостов, трубопроводов, судов, вагонов, химического оборудования, мощных прессов, гидротурбин и пр.

По уровню развития сварочной техники, качеству и постановке научно-исследовательской работы в области сварки наша страна занимает ведущее место в мире.

Экономическая эффективность применения сварки очень велика. Сварка позволяет ежегодно сберечь народному хозяйству около 1 млн. т металла и сотни миллионов рублей денежных средств.

В народном хозяйстве используются различные способы сварки, позволяющие соединять металлы как очень большой (1000 мм и более), так и очень малой (5 мкм и менее) толщины.

Наибольшее распространение получили способы сварки электрической дуговой (ручной, полуавтоматической и автоматической под флюсом и в защитных газах), а также контактной сварки. Меньше применяется ручная газовая сварка, используемая преимущественно при ремонтных работах, сварке тонкостенных труб, цветных металлов и чугуна. В приборостроении, электронной технике, инструментальном деле, новых областях техники применяются специальные способы сварки — ультразвуковая, электроннолучевая, диффузионная сварка в вакууме, плазменная.

В микрорадиоэлектронике применяют новейший способ сварки — лучом лазера, позволяющий успешно сваривать тончайшие волоски и фольгу из самых разнообразных, в том числе и трудно свариваемых материалов: кремния, никеля, тантала, титана, молибдена, меди, алюминия, золота и др.

Основы сварки были заложены открытиями и изобретениями русских ученых и инженеров. Еще в начале прошлого столетия академик Василий Владимирович Петров предложил использовать тепло открытой им электрической дуги* для расплавления металлов. Спустя 80 лет, русские инженеры Николай Николаевич Бенардос и Николай Гаврилович Славянов разработали промышленные способы электрической сварки металлов. Эти способы, значительно усовершенствованные, широко применяются в современной сварочной технике.

Огромный вклад в развитие науки и практики сварки внесли советские ученые, инженеры и передовые рабочие сварщики. Разработанные и применяемые в СССР способы сварки сейчас настолько разнообразны, что позволяют сваривать все металлы, используемые в технике.

Ведущим научно-исследовательским институтом по сварке является Институт электросварки им. Е. О. Патона, координирующий все основные научно-исследовательские работы в области развития сварочного производства в стране, разрабатывающий предложения по дальнейшему внедрению сварки в народное хозяйство, организующий исследования новых способов сварки.

Способ газовой сварки был разработан в конце прошлого столетия, когда только началось промышленное производство кислорода, водорода и ацетилена. В тот период газовая сварка являлась основным способом сварки металлов и обеспечи-

* Названа впоследствии вольтовой дугой.

вала получение наиболее прочных сварных соединений. В дальнейшем, с созданием и внедрением высококачественных электродов для ручной дуговой сварки, а также разработкой методов автоматической и полуавтоматической дуговой сварки под флюсом и в среде защитных газов (аргона, гелия и углекислого газа), контактной электросварки и др. газовая сварка была постепенно вытеснена из многих производств этими способами электрической сварки. Тем не менее и до настоящего времени газовая сварка металлов широко применяется в народном хозяйстве.

В газопламенной обработке металлов ведущее место занимает газотермическая резка металлов (кислородная и газодуговая), в которой занято около двух третей рабочих данной области сварочного производства. Без применения газотермической резки невозможно организовать выпуск ряда важнейших изделий в судостроении, котло- и аппаратостроении, химическом, нефтяном и энергетическом машиностроении и других отраслях.

В СССР освоены и внедрены в промышленность способы механизированной газовой сварки и газотермической резки, газопрессовая сварка, автоматическая газовая сварка и наплавка с помощью многопламенных горелок, поверхностная кислородная резка, кислородно-флюсовая резка чугуна, нержавеющей сталей и цветных металлов.

Для резки цветных металлов (алюминия, меди) и высоколегированных нержавеющей, кислотоупорных и жаропрочных сталей (хромистых, хромоникелевых и др.) широко применяют способы газодуговой резки: плазменно-дуговую, плазменную, воздушно-дуговую. Плазменно-дуговая резка позволяет производить чистовую точную разрезку этих металлов с высокими, недостижимыми прежде скоростями, что резко повышает производительность заготовительно-сборочных работ.

Широко используются процессы, родственные газовой сварке по оборудованию и технологическим приемам, в которых газокислородное пламя служит источником нагрева металла. К таким процессам относятся: газопламенная поверхностная закалка, пайка, газопламенная правка изделий, металлизация, напыление пластмасс и эмалей.

Ведущим институтом по процессам и оборудованию газопламенной обработки металлов является Всесоюзный институт автогенного машиностроения (ВНИИавтогенмаш), основанный в 1944 г.; им разработаны разнообразные, нашедшие широкое применение в промышленности, аппаратура и машины для газопламенной обработки. Новые конструкции машин для кислородной резки разработаны и выпускаются Одесским заводом «Автогенмаш», а также рядом других организаций и предприятий.

Несмотря на относительную простоту оборудования и технологии газовой сварки и резки, применение их требует от рабочего усвоения специальных знаний. Поэтому рабочий, готовящийся стать газосварщиком или резчиком, должен хорошо изучить про-

цессы газовой сварки и резки, свойства металлов, применяемых материалов и газов, устройство и правила обращения со сварочной аппаратурой, овладеть техникой сварки различных металлов. Он должен освоить методы работы передовых рабочих — новаторов производства, непрерывно повышать свою квалификацию и экономические знания, стремиться рационализировать процессы сварки и резки, проявляя инициативу и изобретательность, искать новые пути повышения производительности труда, увеличения выпуска продукции, улучшения качества изделий, экономии материалов, снижения себестоимости сварных изделий с целью улучшения экономических показателей сварочного производства.

§ 1. Назначение и преимущества сварки

Сварку применяют для получения неразъемного соединения деталей при изготовлении изделий, машин и сооружений из металла. Прежде для этого преимущественно пользовались клепкой (рис. 1, а). При клепке необходимо просверлить много отверстий, изготовить заклепки, скрепляющие уголки, накладки, косынки и, наконец, склепать изделие из элементов. Это связано с большими затратами металла, рабочей силы и требует больших производственных площадей. Сварное изделие (рис. 1, б) имеет меньший вес, чем клепаное, проще в изготовлении, дешевле, надежнее и может быть выполнено в более короткий срок, с меньшей затратой труда и материалов. Сваркой можно изготавливать изделия очень сложной формы, которые прежде удавалось получать только отливкой или кузнечной и механической обработкой.

При изготовлении металлоконструкций сварка дает от 10 до 20% экономии металла по сравнению с клепкой, до 30% по сравнению с литьем из стали и до 50—60% по сравнению с литьем из чугуна.

На рис. 1 показаны также литой (в) и сварной (г) тройники. Экономия металла в сварном тройнике получается от использова-

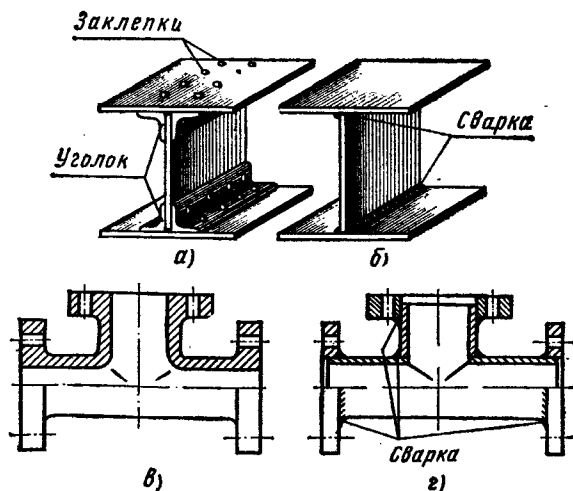


Рис. 1. Клепаная (а) и сварная (б) двутавровые балки; литой (в) и сварной (г) тройники

ния вместо чугуна более прочного металла — стали и возможности получения более тонких стенок и фланцев.

Сварные швы обеспечивают высокую надежность (плотность и прочность) резервуаров и сосудов, в том числе работающих при высоких температурах и давлениях газов, паров и жидкостей. Обеспечить столь высокую надежность соединений другими способами, в том числе клепкой, не представляется возможным.

При использовании сварки улучшаются условия труда в металлообрабатывающих цехах, так как резко снижается производственный шум, вызываемый работой клепальных молотков и машин.

Сварка широко применяется также при восстановлении и ремонте различных сооружений, машин и наплавке изношенных деталей.

Благодаря своим преимуществам сварка является сейчас ведущим технологическим процессом при изготовлении металлоконструкций.

§ 2. Основные способы сварки

Для возможности сваривания двух частей металла необходимо привести их в такое состояние, чтобы между ними начали действовать межуатомные силы сцепления. Это возможно в случае, если атомы металла сближаются на расстояние менее $4 \cdot 10^{-8}$ см. Такие условия можно создать тремя способами: только сжатием деталей, нагреванием до пластического состояния с одновременным сжатием деталей и нагреванием металла до расплавления.

Первым способом, т. е. одним давлением без нагрева, можно сваривать в отдельных случаях только очень пластичные металлы: алюминий, медь, свинец и др. Это так называемая «холодная» сварка. Второй способ применим для металлов и сплавов, которые способны переходить в пластическое состояние при нагревании до температур, более низких, чем температура плавления (сталь, алюминий и др.), что позволяет производить их сварку в пластическом состоянии путем сжатия двух предварительно нагретых частей металла. При сжатии с поверхностей соприкосновения удаляется (выжимается) пленка окислов и становится возможным взаимное проникание (диффузия) зерен одного куска в зерна другого, что обеспечивает их сваривание. С повышением температуры нагрева требуемая величина усилия сжатия уменьшается.

Третий способ — это сварка плавлением, при которой сжатие деталей не требуется. Этим способом можно сваривать все металлы и сплавы, в том числе такие, которые при нагреве не становятся пластичными, а сразу переходят в жидкое состояние (чугун, бронза, литейные сплавы алюминия и магния и др.).

По ряду общих признаков способы сварки можно разделить на две основные группы: сварку с применением давления и сварку плавлением.

Сварка с применением давления. К этой группе относятся; *холодная сварка*, осуществляемая без предварительного нагрева деталей, только за счет сжатия их в месте соприкосновения до очень высоких удельных давлений; она широко используется для соединения алюминиевых проводов и приварки к ним медных наконечников;

газопрессовая сварка, при которой детали в месте соприкосновения нагревают многопламенной горелкой, до пластичного состояния или оплавления, а затем сжимают внешним усилием и они свариваются. Применяется при сварке стержней, полос, труб и пр. Способ дает высокую производительность и хорошее качество сварки;

контактная электрическая сварка (стыковая, шовная, роликовая, линейно-стыковая, рельефная и др.). Нагревание производится пропусканием электрического тока через место соприкосновения (контакта) свариваемых деталей с последующим их сжатием для сваривания. Является современным механизированным и автоматизированным способом сварки, дающим высокую производительность и хорошее качество соединения. Широко используется в автомобилестроении, самолетостроении, судостроении и других областях массового производства;

сварка трением; нагрев деталей производится за счет тепла, выделяющегося при трении друг о друга свариваемых поверхностей, сварка осуществляется при последующем сжатии деталей. Используется при изготовлении металлорежущего инструмента (сверл, торцовых фрез и др.), а также при сварке деталей круглого сечения из стали, чугуна, меди, латуни и алюминия. Сваркой трением можно соединять и разнородные металлы: легированную сталь с низкоуглеродистой, латунь со сталью, медь с алюминием и т. п.;

кузнечная сварка; свариваемые части нагревают в горне или печи до температуры пластичного состояния (для низкоуглеродистой стали $1100-1200^{\circ}\text{C}$), соединяют внахлестку и проковывают под молотом, в результате чего они свариваются. В настоящее время применяется только в отдельных случаях ремонтных работ. Находит промышленное применение механизированная кузнечная сварка с нагревом металла в газовой печи и проковкой роликовым механизмом, с пневматическим или гидравлическим сжатием деталей.

Промежуточное положение между сваркой давлением и сваркой плавлением занимает *термитная сварка*, иногда применяемая для сварки рельсов трамвайных путей, а также стержней и валов сечением до 2000 см^2 . Свариваемые концы рельсов помещают в разъемную огнеупорную форму подогревают бензино-кислородной или пропан-кислородной горелкой до температуры $900-950^{\circ}\text{C}$ и заливают жидким термитным металлом из тигля, в котором сгорает термитная смесь из алюминия и окиси железа. При реакции горения термита образуется перегретое расплавленное железо, нагревающее концы рельсов и заполняющее стык. При сжатии

винтовым прессом рельсы свариваются. Такой способ называется *комбинированным*. Более прост и поэтому более широко применяется способ сварки промежуточным литьем. При этом способе рельсы стыкуют с зазором 12—18 мм и заливают жидким термитным металлом без последующего сжатия. Способ термитной сварки используют также для заварки поверхностных дефектов (раковин, трещин и др.) деталей.

Сварка плавлением осуществляется нагреванием металла в месте сварки до расплавленного (жидкого) состояния без применения давления, с добавлением или без добавления присадочного расплавленного металла. Наибольшее применение нашли следующие способы сварки плавлением.

Дуговая сварка. Электрический ток подводится к свариваемому металлу и электрододержателю, в котором зажат электрод. При небольшом расстоянии между электродом и металлом образуется электрическая дуга, расплавляющая свариваемый металл и конец электрода.

При сварке плавящимся металлическим электродом (способ Н. Г. Славянова) электрод плавится и образует жидкий металл, заполняющий зазор между свариваемыми листами. Для улучшения качества наплавляемого металла электрод снабжают специальным покрытием, которое также расплавляется, образуя шлаки, защищающие жидкий металл от вредного влияния кислорода и азота окружающего воздуха, а также удаляющие окислы из металла шва. Материал покрытия электрода используют для легирования металла шва нужными элементами. Этот способ сварки нашел наиболее широкое применение.

При сварке неплавящимся угольным электродом (способ Н. Н. Бенардоса) используют угольный электрод. Заполнение шва производится металлом проволоки, расплавляющейся в сварочной дуге, горящей между угольным электродом и свариваемым металлом. Этот способ применяют реже, так как он менее удобен, требует использования постоянного тока для сварки и при сварке стали дает наплавленный металл с более низкими механическими свойствами, чем при сварке стальным электродом с покрытием.

Автоматическая и полуавтоматическая сварка под флюсом. Эти способы разработаны Институтом электросварки имени Е. О. Патона. Дальнейшее широкое развитие и внедрение они получили в результате работ многих научно-исследовательских институтов, лабораторий и заводов. Электрическая дуга образуется между плавящимся металлическим электродом (проволокой) и свариваемым металлом. Горение дуги и плавление металла происходят под слоем флюса. Вследствие этого сильно уменьшены потери тепла в окружающую среду, расплавленный металл хорошо защищен от вредного влияния кислорода и азота воздуха, а из жидкого металла шва удаляются окислы, которые вступают в химическое взаимодействие с элементами расплавленного флюса.

При автоматической сварке подача проволоки в дугу и перемещение дуги вдоль шва производятся автоматически сварочной головкой. При этом достигается высокая производительность и хорошее качество шва. Способ нашел широкое применение при сварке сосудов, котлов, резервуаров, мостов, строительных конструкций и других крупных и ответственных (высокой надежности) изделий.

Полуавтоматическая сварка под флюсом. Сварочная проволока подается механизмом в держатель из кассеты по гибкому шлангу. Ток к проволоке подводится через контактные губки держателя от сварочного трансформатора через распределительный ящик по проводам, расположенным в оболочке шланга. Мелкий флюс периодически насыпается в воронку и оттуда поступает в сварочную ванну. Сварщик ведет держатель вдоль шва, осуществляя сварку.

Полуавтоматическая сварка тонкой проволокой (диаметром 1,2—2 мм) нашла широкое применение при выполнении коротких швов небольшого сечения и толщине свариваемой стали 3—6 мм, например в судостроении, вагоностроении и других отраслях транспортного машиностроения, а также при изготовлении строительных конструкций.

Электрошлаковая сварка является современным способом сварки металлов значительной толщины (до 1000 мм и более), разработанным Институтом электросварки имени Е. О. Патона. Свариваемые листы располагают вертикально с достаточным зазором между кромками. В зону сварки автоматически подается сварочная проволока (или стальные стержни) и флюс. Дуга между проволокой и металлом горит только в начале процесса. В дальнейшем при достаточном слое жидкого флюса дуга гаснет и ток проходит только через расплавленный флюс. Тепло, выделяющееся при прохождении тока через флюс, расплавляет флюс, проволоку и кромки свариваемого металла. Сварочная головка специальным механизмом перемещается по свариваемым листам снизу вверх вместе с ползунами — кристаллизаторами, изготовленными из меди и охлаждаемыми водой, циркулирующей в их каналах. Ползуны формируют металл шва.

Электрошлаковым способом сваривают толстостенные барабаны котлов высокого давления, валы гидравлических турбин, станины прокатных станов и мощных прессов, а также другие крупные детали. Прежде такие детали изготавливали из отливок или поковок, что требовало большой затраты труда на отливку, ковку и механическую обработку.

Дуговая сварка в защитных газах. Для защиты расплавленного металла от окисления кислородом воздуха применяют аргон, гелий, азот, углекислый газ, что способствует получению наплавленного металла с высокими механическими свойствами. Защитный газ подводят к сварочной дуге по мундштуку, в который вставлен электрод. При использовании неплавящегося

(вольфрамового или угольного) электрода в дугу для заполнения шва вводят присадочную проволоку. Если применяют плавящийся электрод из проволоки того же металла, что и свариваемый (например, при сварке стали, алюминия и его сплавов), то присадочной проволоки не требуется.

Аргонно-дуговую сварку применяют при изготовлении тонкостенных конструкций или труб из нержавеющей стали; этим способом осуществляют сварку магниевых и алюминиевых сплавов, титана, циркония и других металлов.

Применяют также сварку вольфрамовым электродом с комбинированной газовой защитой — внутренний слой, защищающий электрод и дугу, — из аргона, а наружный слой, защищающий ванну, — из углекислого газа. Это снижает на 75% расход аргона, заменяемого более дешевым углекислым газом, и удешевляет сварку.

Для сварки углеродистых и легированных сталей в качестве защитного газа применяют углекислый газ (CO_2). В зоне дуги углекислый газ разлагается на окись углерода (CO) и атомарный кислород (O). Окись углерода в свою очередь расщепляется (диссоциирует) на углерод и атомарный кислород.

Для связывания свободного атомарного кислорода и восстановления окислов железа при сварке в углекислом газе применяют электродную проволоку, содержащую повышенное количество марганца (до 0,8—2,1%) и кремния (до 0,6—1,2%). Образующиеся при сварке окислы марганца и кремния переходят из металла шва в шлаки.

Сварка в защитных газах высокопроизводительна, легко поддается механизации и автоматизации, обеспечивает получение высококачественных сварных соединений.

Специальные способы сварки. В различных производствах находят применение также специальные способы сварки. К ним относятся: сварка токами высокой частоты (индукционная); сварка ультразвуком; электроннолучевая сварка; диффузионная сварка в вакууме.

Плазменно-дуговая сварка и резка. Струя дуговой плазмы представляет собой поток сильно ионизированного (электропроводного) газа, содержащего примерно одинаковые количества положительно и отрицательно заряженных частиц и имеющего температуру 10 000—20 000° С и выше*. Для получения плазменной струи применяют специальную горелку, в наконечник которой вставлен вольфрамовый электрод, обдуваемый газом, выходящим через сопло, охлаждаемое водой. Дуга горит между электродом и разрезаемым или свариваемым металлом (дуга прямого действия). Вытекающая из сопла струя газа образует сжатую высокотемпературную плазменную дугу, которой сваривают и разре-

* В качестве плазмообразующего газа чаще всего используют смесь азота и водорода; применяют также чистый аргон, чистый азот, смеси из аргона и водорода, аргона и азота, воздух.

зают металлы (углеродистые и высоколегированные стали, алюминиевые и медные сплавы), тугоплавкие сплавы, а также неметаллы и их сочетания с металлами. Плазменно-дуговой сваркой можно сваривать в стык металл толщиной от 0,2 до 60 мм и резать металл толщиной до 100 мм. Плазменная дуга используется также для наплавки и металлизации. Для сварки малых толщин (до 1 мм) применяют плазменную дугу косвенного действия, имеющую острую кинжалообразную форму, образующуюся при продувании через дугу, горящую между двумя электродами (одним из которых является стенка сопла), плазмообразующего газа, вытекающего из сопла с большой скоростью.

Для точного соединения очень тонких деталей в микрорадиоэлектронике применяют *лазерную сварку*. Источником нагрева в этом случае служит мощный световой луч, испускаемый искусственным рубином и возбуждаемый ксеноновой лампой-вспышкой. При лазерной сварке в точке диаметром 0,01 мм может быть сосредоточено энергии более 1 дж, что соответствует плотности тепла в 300 ккал/см².

Созданы газовые лазеры на различную выходную мощность, которые создают контролируемый интенсивный местный нагрев, необходимый для сварки и резки тонких металлов, керамики и стекла.

Нагрев лазером может производиться в вакууме через соответствующие стекла. Применяется кислородно-лазерная точная резка тонкой (1—3 мм) высоколегированной (нержавеющей, жаропрочной и кислотостойкой стали) на режущих машинах, характеризующаяся высокой производительностью процесса, узким чистым резов; при этом практически отсутствуют тепловые деформации разрезаемых листов.

Кроме описанных, разработаны и используются также и многие другие способы сварки, например, импульсно-дуговая сварка, вибродуговая наплавка, сварка с осадкой электрода, сварка трехфазной дугой, стыко-дуговая сварка вращающейся дугой, сварка взрывом и др.

Используя достижения современной науки и техники, способы сварки непрерывно развиваются и совершенствуются, открывая тем самым новые области для применения сварочных процессов в народном хозяйстве.

§ 3. Газовая сварка, ее преимущества, недостатки и область применения

Газовая сварка относится к сварке плавлением. Процесс газовой сварки состоит в нагревании кромок деталей в месте их соединения до расплавленного состояния пламенем сварочной горелки, получаемом при сжигании горючего газа в смеси с технически чистым кислородом.

Газовая сварка обладает следующими преимуществами: сравнительно проста, не требует сложного и дорогого оборудования, а также источника электроэнергии. Изменяя тепловую мощность пламени и его положение относительно места сварки, сварщик может в широких пределах регулировать скорость нагрева и охлаждения свариваемого металла.

К недостаткам газовой сварки относятся меньшая скорость нагрева металла и большая зона теплового воздействия на металл, чем при дуговой сварке. При газовой сварке концентрация тепла меньше, а коробление свариваемых деталей больше, чем при дуговой сварке. Однако при правильно выбранной мощности пламени, умелом регулировании его состава, надлежащей марке присадочного металла и соответствующей квалификации сварщика газовая сварка обеспечивает получение высококачественных сварных соединений.

Благодаря сравнительно медленному нагреву металла пламенем и относительно невысокой концентрации тепла при нагреве производительность процесса газовой сварки существенно снижается с увеличением толщины свариваемого металла. Например, при толщине стали 1 мм скорость газовой сварки составляет около 10 м/ч, а при толщине 10 мм — только 2 м/ч. Поэтому газовая сварка стали толщиной свыше 6 мм менее производительна по сравнению с дуговой сваркой и применяется значительно реже.

Стоимость горючего газа (ацетилена) и кислорода при газовой сварке выше стоимости электроэнергии при дуговой и контактной сварке. Вследствие этого газовая сварка обходится дороже, чем электрическая.

Процесс газовой сварки труднее поддается механизации и автоматизации, чем процесс электрической сварки. Поэтому автоматическая газовая сварка многопламенными линейными горелками находит применение только при сварке продольных швов обечаек и труб из тонкого металла.

Газовую сварку применяют при:

- изготовлении и ремонте изделий из тонколистовой стали (сварке сосудов и резервуаров небольшой емкости, заварке трещин, сварке заплат и пр.);

- ремонтной сварке литых изделий из чугуна, бронзы, силумина; монтажной сварке трубопроводов малых и средних диаметров (до 100 мм) и фасонных частей к ним;

- сварке изделий из алюминия и его сплавов, меди, латуни и свинца;

- сварке соединений и узлов конструкций, изготавливаемых из тонкостенных труб;

- наплавке латуни на детали из стали и чугуна;

- сварке ковкого и высокопрочного чугуна с применением присадочных прутков из латуни и бронзы, низкотемпературной сварке чугуна.

При помощи газовой сварки можно сваривать почти все металлы, применяемые в технике. Такие металлы, как чугун, медь, латунь, свинец легче поддаются газовой сварке, чем дуговой. Если учесть еще простоту оборудования, то становится понятным широкое распространение газовой сварки в некоторых областях народного хозяйства (на некоторых заводах машиностроения, сельском хозяйстве, ремонтных, строительно-монтажных работах и др.).

Для газовой сварки необходимы:

1) газы — кислород и горючий газ (ацетилен или его заменитель);

2) присадочная проволока (для сварки и наплавки);

3) соответствующее оборудование и аппаратура, в том числе:

а) кислородные баллоны для хранения запаса кислорода;

б) кислородные редукторы для понижения давления кислорода, подаваемого из баллонов в горелку или резак;

в) ацетиленовые генераторы для получения ацетилена из карбида кальция или ацетиленовые баллоны, в которых ацетилен рас-

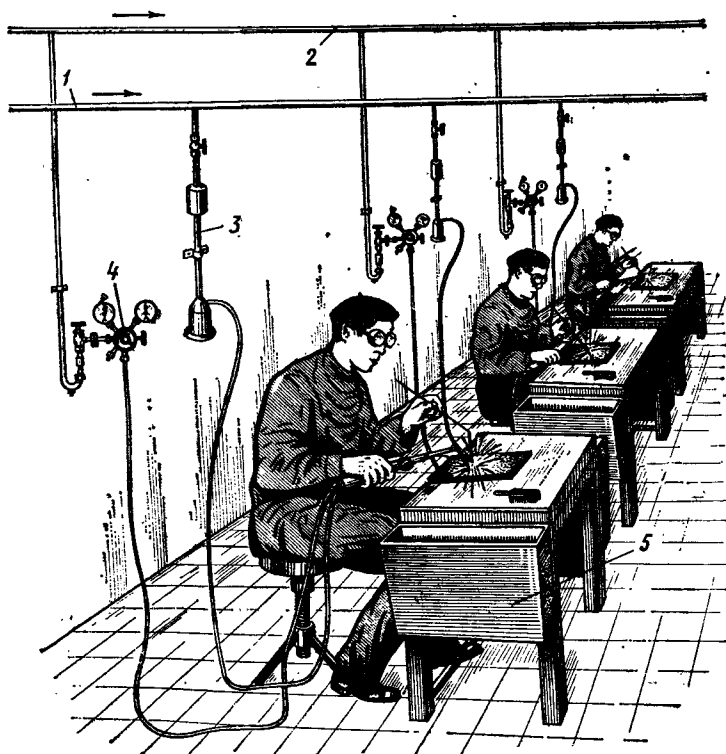


Рис. 2. Стационарные учебные посты для газовой сварки:
трубопроводы: 1 — ацетиленовый, 2 — кислородный, 3 — постовой водяной затвор, 4 — постовой кислородный редуктор, 5 — резервуар с водой для охлаждения наконечника горелки

творен в ацетоне и находится под давлением. В этом случае нужны ацетиленовые редукторы для понижения давления ацетилена, отбираемого из баллона; при пользовании заменителями ацетилена необходимы баллоны или специальные емкости для жидких горючих (бачки с насосом для создания в них давления); при централизованной подаче кислорода и горючих по трубопроводам надобность в постовых ацетиленовых генераторах и баллонах на рабочих местах отпадает;

г) сварочные, наплавочные, закалочные и другие горелки с набором наконечников для нагрева металла различной толщины: для кислородной резки — резаки с комплектом мундштуков и приспособлениями для резки (тележкой, циркулем и т. п.) или машины для автоматической и полуавтоматической резки;

д) резиновые рукава (шланги) для подачи кислорода и ацетилена в горелку и резак;

4) принадлежности для сварки и резки: очки с темными стеклами (светофильтрами) для защиты глаз от яркого света сварочного пламени, молоток, набор ключей для горелки и резака, стальные щетки для очистки металла и сварного шва;

5) сварочный стол или приспособление (иногда и то и другое) для сборки и закрепления деталей при прихватке, сварке;

6) флюсы или сварочные порошки, если они требуются для сварки данного металла.

Рабочее место сварщика с комплектом соответствующей аппаратуры и приспособлений называется *сварочным постом*. На рис. 2 показаны стационарные учебные посты для газовой сварки, у которых питание кислородом и ацетиленом осуществляется по трубопроводам. На каждом посту должен быть шкафчик (на рис. 2 не показан), где находятся инструмент, проволока, флюс, щетки и пр.

§ 1. Чугуны

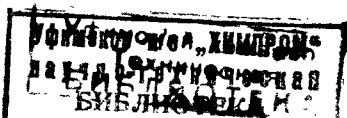
К классу чугунов относят сплавы железа с углеродом, содержащие более 1,7% углерода. В чугунах разных марок содержится от 2,6 до 3,6% углерода, некоторое количество кремния, марганца, примеси фосфора и серы.

Виды чугунов. Чугун менее прочен и более хрупок, чем сталь, но дешевле стали и хорошо отливается в формы. Поэтому чугун широко используют для изготовления деталей путем отливки. Углерод в чугуне может содержаться в виде химического соединения с железом — цементита (Fe_3C) или в виде графита. Цементит имеет светлый цвет, большую твердость и не поддается механической обработке. Графит имеет темный цвет и достаточно мягок. В зависимости от того, какая форма углерода преобладает в структуре чугуна, различают два основных вида чугуна: белый и серый.

Белый чугун. В белом чугуне почти весь углерод содержится в виде цементита. Белый чугун имеет в изломе светло-серый, почти белый цвет, очень тверд, не поддается механической обработке и поэтому не применяется для изготовления деталей, а используется только для последующей переделки в сталь в мартеновских печах, конверторах и для получения деталей из ковкого чугуна. Поэтому такой чугун называется пердедельным. Пердедельные мартеновские чугуны содержат (%): углерода 3,5—4; кремния 0,3—1,5; марганца 1,5—3,5; фосфора 0,15—0,3; серы 0,03—0,07; остальное — железо.

Серый чугун имеет в изломе темно-серый цвет, мягок, хорошо обрабатывается резцом и напильником, широко применяется в машиностроении. Серый чугун имеет температуру плавления 1100—1250° С. Чем больше в чугуне углерода, тем ниже температура его плавления. Основное количество углерода в сером чугуне содержится в виде пластинок графита, равномерно распределенных среди зерен основного сплава. Это придает чугуну в изломе серый цвет и обуславливает его легкую обрабатываемость.

Примерный состав серого чугуна (%): углерода 3—3,6; кремния 1,6—2,5; марганца 0,5—1; серы 0,05—0,12; фосфора 0,1—0,8. Сера является вредной примесью в чугуне, затрудняет его сварку и понижает прочность; она повышает вязкость чугуна в расплавленном состоянии и увеличивает его литейную усадку. Фосфор делает чугун жидкотекучим и улучшает его свариваемость, но одновременно повышает хрупкость и твердость чугуна. Поэтому содержание серы и фосфора в чугуне не должно превышать указанных выше пределов.



В машиностроении применяют различные марки серого чугуна. По ГОСТ 1412—70 марка серого чугуна обозначается буквами СЧ и двумя числами, из которых первое обозначает величину временного сопротивления чугуна при растяжении в кгс/мм^2 , а второе — то же, при изгибе. Например, существует серый чугун СЧ 12-28, СЧ 15-32, СЧ 18-36 и т. д. Наиболее прочен серый чугун марки СЧ 38-60. Твердость по Бринеллю серого чугуна СЧ 12-28 составляет от 143 до 229, СЧ 38-60 — от 207 до 262.

Ковкий чугун* по механическим свойствам занимает промежуточное положение между чугуном и сталью, отличаясь от серого чугуна меньшей хрупкостью. Для получения деталей из ковкого чугуна их сначала отливают из белого чугуна, а затем подвергают термической обработке, например длительному отжигу или «томлению» в песке при температуре 800—850° С. При этом углерод в чугуне выделяется в форме мелких округленной формы частиц свободного углерода, располагающихся в виде обособленных скоплений (хлопьев) между кристаллами чистого железа. Такой углерод называют «углеродом отжига».

В зависимости от режима термообработки можно получать ковкий чугун ферритной или перлитной структуры. Скопления углерода отжига при температуре выше 900—950° С способны распадаться; тогда углерод переходит в цементит и деталь теряет свойства ковкого чугуна. Это является основной причиной, затрудняющей сварку ковкого чугуна. Детали после сварки приходится вновь подвергать полному циклу термообработки для получения в сварном шве и околошовной зоне первоначальной структуры ковкого чугуна.

Ковкий чугун по ГОСТ 1215—59 обозначается буквами КЧ и двумя числами: первое указывает временное сопротивление при растяжении в кгс/мм^2 , второе — относительное удлинение в процентах, например КЧ 35-4.

Легированный чугун. Широко применяют также легированные чугуны, обладающие особыми свойствами, — кислотупорностью, прочностью при ударных нагрузках и др. Эти свойства чугун получает в результате легирования его хромом и никелем. Легированные чугуны получают также при выплавке из некоторых сортов руд (Елизаветинских или Орско-Халиловских месторождений) и в этом случае их называют природно-легированными.

Модифицированный чугун. Для улучшения механических и технологических свойств отливок из серого чугуна его подвергают модификации путем введения в жидкий чугун (в ковше или на желобе вагранки) специальных добавок — силикокальция, ферросилиция, силикоалюминия и других, называемых

* Название «ковкий чугун» является условным и обозначает, что данный чугун обладает повышенной пластичностью по сравнению с обычным литейным.

модификаторами. Количество вводимых модификаторов не превышает 0,1—0,5%, при этом температура жидкого чугуна должна быть не ниже 1400° С.

При модификации химический состав чугуна почти не изменяется, но зерна графита принимают мелкопластинчатый, слегка завихренный вид и располагаются изолированно друг от друга. Структура чугуна становится однородной и плотной, он лучше обрабатывается, повышаются прочность чугуна, сопротивление коррозии и износу. Марки модифицированного чугуна по ГОСТ 1412—70 обозначают так же, как и для серого чугуна, но с добавлением буквы М. Например, модифицированный чугун МСЧ 28-48 имеет временное сопротивление при растяжении (в среднем)— 28 кгс/мм², при изгибе — 48 кгс/мм².

Высокопрочный и сверхпрочный чугуны имеют включения графита сфероидальной формы. Это достигается введением в жидкий чугун при температуре не ниже 1400° С чистого магния или его сплавов с медью и ферросилицием в количествах— 0,5—1,0% от веса жидкого чугуна с последующей модификацией силикокальцием или ферросилицием. Исходный чугун для получения высокопрочного или сверхпрочного чугуна может содержать от 2,9 до 3,4% углерода и от 1 до 2,5% кремния. Сверхпрочный чугун имеет временное сопротивление при растяжении 50—65 кгс/мм² (при изгибе 80—120 кгс/мм²) и относительное удлинение 1,5—3%.

§ 2. Стали

К классу сталей относятся сплавы железа с углеродом, в которых содержание углерода не превышает 1,7%; кроме углерода, углеродистые стали содержат небольшие количества марганца, кремния, а также примеси фосфора и серы.

Выпускаемые промышленностью стали делятся на группы по следующим признакам: химическому составу — углеродистые и легированные; способу производства — мартеновские, бессемеровские, конверторные, электростали; назначению — конструкционные, инструментальные и стали с особыми свойствами.

Легированные стали различного назначения содержат, кроме углерода, также легирующие элементы — повышенное количество марганца и кремния, хром, никель, ванадий, вольфрам, молибден и другие, что придает этим сталям особые свойства: повышенную прочность и твердость, жаростойкость, устойчивость против действия кислот и пр.

Сталь углеродистая обыкновенного качества, изготавливаемая в мартеновских печах, в конверторах с продувкой кислородом сверху, поставляется по ГОСТ 380—71.

В зависимости от назначения и гарантируемых показателей сталь подразделяется на три группы:

- группа А — поставляемая по механическим свойствам;
- группа Б — поставляемая по химическому составу;

группа В — поставляемая по механическим свойствам и химическому составу.

Для стали группы А установлены следующие марки: Ст. 0, Ст. 1, Ст. 2, Ст. 3, Ст. 4, Ст. 5, Ст. 6. Если сталь относится к кипящей, то в обозначении ставится индекс «кп», если к полуспокойной «пс», если к спокойной «сп» (например, Ст. 3кп, Ст. 4пс и т. д.).*

Гарантируемыми характеристиками для стали группы А (в зависимости от категории стали) являются временное сопротивление, относительное удлинение, изгиб в холодном состоянии и предел текучести. Способ изготовления стали группы А в обозначение марки стали не вводится и указывается только в свидетельстве о качестве (сертификате).

Сталь группы Б изготавливают мартеновским и конверторным способами. Для стали группы Б установлены следующие марки: БСт0, БСт1, БСт2, БСт3, БСт4, БСт5, БСт6. Сталь группы В изготавливают мартеновским и конверторным способами. Для стали В установлены следующие марки: ВСт2, ВСт3, ВСт4, ВСт5. Стали всех групп с порядковыми номерами 1, 2, 3 и 4 изготавливают «кп», «пс» и «сп», стали с номерами 5 и 6 — только «пс» и «сп».

В табл. 1 приведены содержание углерода и некоторые механические свойства углеродистой стали обыкновенного качества

Таблица 1

**Содержание углерода и некоторые механические свойства
углеродистой стали обыкновенного качества**

Марка стали	Содержание углерода, %	Временное сопротивление, кгс/мм ²	Относительное удлинение при испытании длинного образца, % не менее
Ст. 0	До 0,23	Не менее 31	20
Ст. 1	0,06—0,12	31—40	31
Ст. 2	0,09—0,15	33—42	29
Ст. 3	0,14—0,22	37—47	23
Ст. 4	0,18—0,27	41—54	21
Ст. 5	0,28—0,37	50—64	17
Ст. 6	0,38—0,49	Не менее 60	12

* Кипящей называется сталь, неполностью раскисленная в печи и кипящая в изложницах. Она содержит растворенные газы и при сварке дает иногда трещины. Спокойной называется сталь, полностью раскисленная в печи и не содержащая газов. Она хорошо сваривается и используется для более ответственных конструкций. Полуспокойная сталь раскислена более, чем кипящая, но менее, чем спокойная.

Ст. 0 — немаркированная строительная сталь, в которой содержание углерода и других элементов может колебаться, но не превышать 0,23%. Она может содержать повышенные количества серы (до 0,06%) и фосфора (до 0,07%). Поэтому сталь Ст.0 применяют только в неответственных конструкциях.

Влияние основных элементов на свойства углеродистой стали. По содержанию углерода стали делятся на низкоуглеродистые, содержащие от 0,05 до 0,25% углерода; среднеуглеродистые — от 0,25 до 0,6% углерода и высокоуглеродистые — свыше 0,6% углерода. С повышением содержания углерода возрастают прочность и твердость стали, но ухудшается свариваемость, уменьшается пластичность и увеличивается хрупкость.

Хорошо свариваются низко- и среднеуглеродистые стали с содержанием углерода не более 0,35%. При более высоком содержании углерода сталь сваривается хуже и при сварке в ней могут появляться трещины. Поэтому сварка сталей с повышенным содержанием углерода требует применения особой технологии сварки, а также предварительного или сопутствующего подогрева.

Марганец в низко- и среднеуглеродистой стали содержится в количестве 0,25—0,8%, доходя в некоторых марках до 0,9%. Его добавляют в сталь для уменьшения вредного влияния кислорода и серы. Марганец при содержании его в указанных пределах существенно не изменяет механических свойств стали. При большем содержании он увеличивает прочность и твердость стали, но снижает ее пластичность и ударную вязкость. Сталь с содержанием марганца свыше 1% относится к категории легированных и труднее поддается сварке.

Кремний содержится в низко- и среднеуглеродистой стали в количестве 0,05—0,35%, добавляется при выплавке стали для ее раскисления. В этих пределах он не изменяет механических свойств стали. Повышение содержания кремния делает сталь более прочной, упругой и твердой, но и более хрупкой.

Сера является крайне вредной примесью в стали. Она образует с железом химическое соединение, называемое сернистым железом. Сталь с примесью серы делается «красноломкой», т. е. дает трещины при прокатке и ковке в нагретом состоянии. Это объясняется тем, что сернистое железо расплавляется раньше основного металла и становится жидким уже тогда, когда весь металл нагрет еще только до тестообразного (пластичного) состояния. При ковке такого металла жидкое сернистое железо нарушает связь между его зернами, что вызывает появление трещин. Содержание серы не должно превышать: в мартеновской и конверторной сталях 0,055% (в Ст. 0 — 0,060%), в бессемеровской стали 0,060% (в Ст. 0 — 0,070%).

Фосфор также является вредной примесью в стали. Образующее им химическое соединение — фосфористое железо — более хрупко, чем сама сталь. При большом содержании фосфора сталь

становится «хладноломкой», т. е. хрупкой при нормальной температуре. Содержание фосфора не должно превышать: в мартеновской и конверторной сталях 0,045% (в Ст. 0 — 0,070%), в бессемеровской стали 0,080% (в Ст. 0 — 0,090%).

Вредными примесями в стали являются также кислород и азот. Кислород присутствует в стали в виде окислов железа, марганца и кремния. Кислород способствует красноломкости стали. Наиболее вредными являются окислы железа и кремния. Азот присутствует в стали в виде соединений с железом (нитридов). Азот вызывает «старение» стали, выражающееся в повышении ее хрупкости с течением времени*. Бессемеровская сталь, содержащая повышенное количество азота, склонна по этой причине к старению.

Стальной прокат. Применяемую в сварных конструкциях сталь используют в виде проката, штампованных заготовок, литья и поковок. Наиболее широко применяют стальной прокат: листовой, сортовой и фасонный. К листовому прокату относятся тонкие листы толщиной до 3 мм и толстые от 4 мм и выше, шириной до 3000 мм и длиной до 12 000 мм, а также полосы шириной от 200 до 1050 мм. Сортовой прокат выпускается в виде различных профилей: двутавровых балок, уголков равнобоких и неравнобоких, швеллеров, прутков, круглых, квадратных и шестигранных, проката с периодически изменяющимся сечением профиля и др. К фасонному прокату относятся рельсы, специальные профили для судостроения и др. Особым видом проката являются трубы, которые используются также для сооружения легких конструкций с помощью сварки.

Качественные углеродистые конструкционные стали применяют для изготовления ответственных сварных конструкций и выпускают по ГОСТ 1050—60*, который гарантирует механические свойства и химический состав стали. Качественные углеродистые стали по ГОСТ 1050—60* маркируются цифрами, обозначающими среднее содержание углерода в стали в сотых долях процента. Например, марки 05; 08; 10; 15; 20 и т. д. означают, что сталь содержит в среднем углерода соответственно 0,05; 0,08; 0,10; 0,15; 0,20% и т. д. Сталь по ГОСТ 1050—60* изготовляют двух групп:

группа I — с нормальным содержанием марганца (0,25—0,80%);
группа II — с повышенным содержанием марганца (0,70—1,20%).

В марке стали группы II ставится буква Г, указывающая, что сталь имеет повышенное содержание марганца.

Легированные стали содержат в своем составе легирующие элементы: марганец, кремний, хром, никель, молибден, ванадий, титан и др. Они существенно изменяют свойства стали, придают ей большую прочность, твердость, способность выдержи-

* Новейшие исследования показали, что в небольших количествах азот улучшает свойства стали и поэтому является полезным элементом.

вать большие нагрузки, удары, действие кислот, высокие температуры и пр. При небольших добавках легирующих элементов (до 2,5%) стали называют низколегированными в отличие от среднелегированных, содержащих от 2,5 до 10%, и высоколегированных сталей, содержащих свыше 10% легирующих элементов

Низколегированные стали с малым содержанием углерода хорошо свариваются. Обладая повышенной прочностью по сравнению с обычной углеродистой сталью, низколегированные стали находят широкое применение в промышленности, так как их использование дает значительную экономию металла при производстве сварных конструкций.

Среднелегированные и высоколегированные стали используют при изготовлении различной аппаратуры для нефтеперерабатывающей, химической, пищевой и других отраслей промышленности. Свариваемость этих сталей зависит от химического состава и, особенно, содержания в них углерода, хрома, марганца. Для некоторых марок этих сталей приходится применять специальную технологию сварки и последующую термическую обработку по заданному режиму.

В обозначении марок легированных сталей входят буквы и цифры. Буква показывает, какой легирующий элемент входит в сталь, а стоящие за ней цифры — среднее содержание элемента в процентах. Если элемента содержится менее 1%, то цифры за буквой не ставятся. В конструкционных легированных сталях перед первой буквой всегда стоят две цифры, обозначающие содержание в стали углерода в сотых долях процента. В инструментальных легированных сталях в начале стоит одна цифра, показывающая содержание углерода в десятых долях процента. Для элементов приняты следующие буквенные обозначения: Б — ниобий, В — вольфрам, Г — марганец, Д — медь, К — кобальт, М — молибден, Н — никель, Р — бор, С — кремний, Т — титан, Ф — ванадий, Х — хром, Ю — алюминий. Буква А означает, что сталь содержит пониженное количество серы и фосфора и является высококачественной. Стали, предназначенные для изготовления стальных отливок, имеют в конце обозначения марки букву Л.

§ 3. Цветные металлы и сплавы

Медь — очень пластичный и вязкий металл красновато-розового цвета, обладает высокой тепло- и электропроводностью. Температура плавления технической меди 1080—1083°С. Из меди можно прокатывать очень тонкие листы (фольгу) и ленту толщиной 0,05—0,06 мм, а также вытягивать проволоку диаметром всего 0,02—0,03 мм.

Медь получают из руд, попутно извлекая из них и другие ценные металлы: цинк, свинец, никель и др

При нагревании выше 500°C медь резко снижает свою прочность и становится хрупкой. При нагревании свыше 400°C медь склонна сильно окисляться, образуя закись (Cu_2O) и окись (CuO) меди. Особенно легко окисляется расплавленная медь. Закись меди имеет температуру плавления 1235°C , т. е. более высокую, чем медь. Она растворяется в жидкой меди и, располагаясь между ее зернами, в 2—3 раза понижает прочность меди. Окисленная медь имеет излом темно-красного цвета.

По ГОСТ 859—66 выпускается медь марок М0, М1, М2, М3 и М4, отличающихся содержанием примесей. Самой чистой является медь М0, которая содержит не менее 99,95 % чистой меди. Наиболее широкое применение имеет медь М3, содержащая не менее 99,5 % меди. Чем чище медь и чем меньше в ней закиси меди, тем лучше она сваривается. Присутствие в меди свыше 1 % закиси меди сильно затрудняет ее сварку. Примеси серы, мышьяка, висмута, сурьмы и свинца придают меди хрупкость. Ничтожное количество этих примесей очень затрудняет сварку меди. Содержание в меди 0,1 % и более серы делает медь красноломкой. Кремний и марганец способствуют раскислению меди. Раскисленная кремнием и марганцем медь хорошо сваривается.

Медь выпускают в виде чушек и проката — листов, ленты, проволоки, прутков и труб различных размеров. Чаще всего приходится сваривать изделия из медных листов и труб.

Л а т у н ь — сплав меди с цинком, содержащий от 20 до 50 % цинка и соответственно от 80 до 50 % меди. Латунь в зависимости от состава плавится при $880\text{—}940^{\circ}\text{C}$, она хорошо прокатывается и сваривается. Обычно латунь применяют в виде листов, труб, прутков и проволоки. Сварке чаще всего подвергают листы и трубы из латуни Л62, содержащей 62 % меди. Эту латунь широко применяют при изготовлении различной химической аппаратуры.

По ГОСТ 1019—47 латуни делятся в зависимости от их состава на ряд марок. Латунь, содержащая от 88 до 97 % меди (остальное цинк), носит название **т о м п а к**, содержащая от 79 до 88 % меди, — **п о л у т о м п а к**. Алюминиевые латуни, кроме цинка, содержат еще от 1,75 до 2,5 % алюминия. Существуют латуни марганцовистые, содержащие 57—60 % меди, 1—2 % марганца, остальное — цинк (марки ЛМц 58-2), железомарганцовистые, содержащие 57—60 % меди, 0,6—1,2 % железа, 0,5—0,8 % марганца, остальное — цинк (марка ЛЖМц 59-1-1). Такие латуни обладают повышенной прочностью и вязкостью. Латуни ЛМц 58-2 и ЛЖМц 59-1-1 достаточно хорошо отливаются и свариваются.

Б р о н з а — сплав меди с оловом, марганцем, алюминием, никелем, кремнием и др. В зависимости от состава бронзы делятся на литейные и обрабатываемые давлением. Литейные бронзы применяют для изготовления литых деталей. В зависимости от состава бронзы температура ее плавления составляет от 1020 до 1060°C .

М е д н о н и к е л е в ы е и **н и к е л е в ы е** **с п л а в ы** отличаются стойкостью против коррозии, большим удельным сопротив-

лением. Сплавы на никелевой основе отличаются также высокой жаропрочностью и жаростойкостью, хорошими механическими свойствами. К медноникелевым сплавам относится, например, монель (НМЖМц 28-2,5-1,5), содержащий около 28% меди, 2,5% железа, 1,5% марганца, остальное — никель. Из монеля изготовляют изделия высокой прочности и коррозионной стойкости.

Мельхиор (МН19) содержит около 19% никеля, остальное — медь; применяется для изготовления коррозионностойких деталей и бытовых изделий. Для тех же целей применяют нейзильбер (МНц 15-20), содержащий 15% никеля, 20% цинка, остальное — медь. Сплав марганца (МНМц 3-12), содержащий 3% никеля, 12% марганца, остальное — медь, обладает большим электрическим сопротивлением и применяется в виде проволоки для катушек реостатов.

Алюминий и его сплавы. Алюминий — очень легкий металл, имеющий плотность $2,7 \text{ г/см}^3$ и высокую теплопроводность, превышающую теплопроводность малоуглеродистой стали примерно в три раза. Температура плавления алюминия значительно ниже, чем стали, и равна 657°C . При нагревании и соприкосновении с кислородом алюминий легко окисляется, образуя тугоплавкую окись алюминия, плавящуюся при температуре свыше 2060°C .

Металлический алюминий получают электролизом смеси кристаллического глинозема Al_2O_3 и криолита $3\text{NF} \cdot \text{AlF}_3$ при температуре $950\text{—}970^\circ \text{C}$ в специальных печах-ваннах. При этом применяют ток 35 000—50 000 а низкого напряжения 4—5 в. Кристаллический глинозем получают обработкой алюминиевых руд — бокситов, в которых содержание его достигает 75%. Применяют алюминий в виде проката: листов, прутков, труб, профилей, проволоки.

В технике широко применяют также сплавы алюминия с другими металлами — марганцем, магнием, медью и кремнием, обладающие большей прочностью, чем чистый алюминий. Литейные алюминиевые сплавы (ГОСТ 2685—63)*, содержащие до 4—5% меди (АЛ7) или от 10 до 13% кремния (АЛ2) или 9,5—11,5% магния (АЛ8), способны хорошо отливаться.

В сварных конструкциях из алюминиевого проката наибольшее применение находят алюминиево-марганцевые сплавы АМц (ГОСТ 4784—65*), содержащие от 1 до 1,6% марганца, и алюминиево-магниевые сплавы АМг, содержащие до 6% магния.

В самолетостроении применяют сплав дюралюминий (сплав Д), плотность которого $2,8 \text{ г/см}^3$. Дюралюминий марки Д1 содержит (%): меди 3,8—4,8, магния 0,4—0,8, марганца 0,4—0,8, остальное — алюминий. Высоколегированный дюралюминий Д16 содержит (%): меди 3,8—4,9, магния 1,2—1,8, марганца 0,3—0,9, остальное — алюминий.

После термической обработки сплав Д16 имеет временное сопротивление при растяжении $42\text{—}46 \text{ кгс/мм}^2$ и относительное удлинение 15—17%.

Магний и его сплавы. Магний — самый легкий металл, плотность его $1,74 \text{ г/см}^3$, температура плавления 651°С . Временное сопротивление литого магния $10\text{—}13 \text{ кгс/мм}^2$, относительное удлинение $3\text{—}6\%$. Магний интенсивно окисляется кислородом, а будучи в порошке или в виде ленты, легко воспламеняется на воздухе. Применяют его в виде магниевых сплавов плотностью около $1,8 \text{ г/см}^3$ и временным сопротивлением $21\text{—}34 \text{ кгс/мм}^2$.

Литейные магниевые сплавы МЛ1, МЛ3 и т. д. до МЛ6 содержат (%): алюминия до 9, цинка до 3, марганца до 2, остальное — магний. Деформируемые магниевые сплавы МА1, МА2 и т. д. до МА8 близки по химическому составу к литейным магниевым сплавам. Изделия из деформируемых магниевых сплавов штампуют в нагретом состоянии с последующей термической обработкой. Сплав МА5 (7,8—9,2% алюминия, 0,2—0,8% цинка, 0,15—0,5% марганца, остальное — магний) после закалки при $410\text{—}425^\circ \text{С}$ и охлаждения на воздухе имеет временное сопротивление 27 кгс/мм^2 , относительное удлинение 6%, твердость *НВ56*.

Для предохранения от коррозии детали из магниевых сплавов сверху покрывают защитной окисной пленкой, получаемой при обработке их растворами хромпика и азотной кислоты.

Цинк — металл синевато-белого цвета, используется в виде чушек, листов, лент, проволоки. Применяется для легирования медных сплавов и покрытия стальных изделий с целью защиты их от коррозии. Кроме того, расплавленная цинковая проволока применяется для покрытия деталей методом распыления. Температура плавления цинка около 420°С . Сварка цинка затрудняется из-за его быстрого окисления. Под действием кислот и щелочей цинк разрушается.

Свинец — тяжелый, легкоплавкий металл с температурой плавления 327°С и плотностью $11,34 \text{ г/см}^3$. Применяется для приготовления припоев, изготовления и облицовки сосудов для химической промышленности, прокладок, защитных стенок от действия лучей радиоактивных элементов, оболочек электрических кабелей, пластин электроаккумуляторов и пр. При нагревании легко окисляется, покрываясь пленкой окиси с температурой плавления 850°С . Свинец достаточно легко поддается газовой сварке.

Олово — легкоплавкий металл серебристого цвета, температура плавления 232°С , плотность $7,3 \text{ г/см}^3$. Применяется для изготовления припоев в сплаве со свинцом, для фольги, а также для получения различных медных сплавов (бронз).

Титан — металл серебристо-белого цвета, плотностью $4,54 \text{ г/см}^3$ и температурой плавления 1800°С , обладающий высокой коррозионной стойкостью. В техническом титане, кроме углерода, могут содержаться в десятых и сотых долях процента алюминий, хром, железо, марганец, молибден, ванадий, олово. Ряд марок титана имеет временное сопротивление $100\text{—}110 \text{ кгс/мм}^2$ и относительное удлинение $10\text{—}15\%$. Прочность этих сплавов титана, равная прочности высококачественной стали, наряду с легкостью,

высокой жаропрочностью, коррозионной стойкостью и хорошей свариваемостью, обеспечивает им широкое применение в самолетостроении, производстве ракет и космических кораблей.

§ 4. Твердые и износостойкие сплавы

Применяют два основных вида твердых и износостойких сплавов: металлокерамические и наплавочные.

Металлокерамические твердые сплавы состоят из карбидов тугоплавких металлов — вольфрама и титана, спеченных кобальтом или никелем. К ним относятся вольфрамово-кобальтовые сплавы ВК2, ВК3, ВК4 и др., титано-вольфрамово-кобальтовые — Т5К10, Т14К8, Т15К6 и др. Сплав ВК4 имеет в составе 4% кобальта, остальное — карбиды вольфрама; сплав Т5К10 — 5% карбидов титана, 10% кобальта, остальное — карбиды вольфрама. Твердость сплава ВК4 равна *HRA* 89,5, сплава Т5К10 — *HRA* 88,5.

Пластины из металлокерамических сплавов припаивают латунью к резцам из углеродистой стали. Это увеличивает стойкость резцов и позволяет применять высокие скорости резания.

Наплавочные сплавы — литые карбиды, стеллиты, зернообразные, электродные. Эти сплавы приобретают свойства твердых сплавов после наплавки.

Литые карбиды ТЗ, К, Ф (рэлиты)* состоят из карбидов вольфрама и выпускаются в виде мелких зерен (крупки). При наплавке ими заполняют тонкостенные трубки из малоуглеродистой стали. Литые карбиды нашли широкое применение в нефтедобывающей промышленности для наплавки бурового инструмента. Наплавленный слой имеет твердость *HRA* 70—90.

Стеллиты — износостойкие литые сплавы, имеют температуру плавления 1260—1300°С и представляют собой твердый раствор карбидов хрома в кобальте. Например, стеллит КВ5Х30 имеет состав (%): Co—58—62, Cr—28—32, W—4,5—5, C—1—1,5, Fe—2—4, Si—1—2, Ni—1—2, прочие примеси — 1,5. По ГОСТ 11545—65 взамен стеллитов выпускается более дешевый сплав — сормайт на железо-никелевой основе. Он выпускается в виде прутков диаметром 6—7 мм и в виде порошка, крупного и мелкого. Прутковый сормайт применяют для наплавки пуансонов и матриц штампов, роликов, засыпных аппаратов домен, пропусков прокатных станов, лемехов плугов и т. п. Порошкообразный сормайт применяют для наплавки деталей почвообрабатывающих машин и других изделий. Состав сормаита (%): Cr—25—31, Ni—3—5, C—2,5—3, Si—2,8—3,5, Mn—до 0,5, S—до 0,07, P—до 0,08, железо — остальное. Твердость поверхностного слоя наплавки сормаита равна *HRC* 48—50.

* Рэлит — сокращенное наименование, означает: редкий элемент, литой.

Зернообразные наплавочные смеси (сталинит, вокар, висхом, КБХ) имеют зерна размером 1—3 мм и представляют смесь металлов или сплавов. В их состав входят хром, углерод, кремний, марганец, вольфрам (только в вокаре) и железо. Например, сталинит получают, смешивая (%): феррохрома 27, ферромарганца 22, чугунной стружки 47 и нефтяного кокса 4. При наплавке смеси дают следующую твердость: сталинит *HRC* 56—57, вокар *HRC* 50—63, висхом *HRC* 40—45. Сталинитом наплавляют зубья ковшей экскаваторов, щеки дробилок и др. Висхом применяют для наплавки деталей сельскохозяйственных машин — лемехов плугов, дисков и зубьев борон.

Наплавочная смесь КБХ имеет состав (%): феррохрома 60, железного порошка 30, карбидов хрома, 5, боридов хрома 5; она дает наплавленный слой твердостью *HRA* 79.

Электродные наплавочные сплавы выпускают в виде электродов диаметром 3—6 мм, длиной 400—500 мм, со специальным покрытием.

**МАТЕРИАЛЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ
ПРИ ГАЗОВОЙ СВАРКЕ И РЕЗКЕ****§ 1. Кислород**

Кислород при атмосферном давлении и обычной температуре — газ без цвета и запаха, несколько тяжелее воздуха. При атмосферном давлении и температуре 20°C масса 1 м^3 кислорода равна $1,33\text{ кг}$. Сгорание горючих газов и паров горючих жидкостей в чистом кислороде происходит очень энергично, с большой скоростью, а в зоне горения развивается высокая температура.

Для получения сварочного пламени с высокой температурой, необходимой для быстрого расплавления металла в месте сварки, горючий газ или пары горючей жидкости сжигают в смеси с чистым кислородом. Если горение газа происходит в воздухе, в котором кислорода содержится только $1/5$ по объему (остальные $4/5$ составляет азот), то температура сварочного пламени будет значительно ниже, чем при сгорании в чистом кислороде.

При соприкосновении сжатого газообразного кислорода с маслами или жирами последние могут самовоспламениться, что может быть причиной пожара или взрыва. Поэтому при обращении с кислородными баллонами и аппаратурой необходимо тщательно следить за тем, чтобы на них не попадали даже незначительные следы масел или жиров. Особенно опасным является пропитывание жидким кислородом пористых веществ (угля, сажи, войлока, ваты и пр.), которые в этом случае становятся сильными взрывчатыми веществами. Смесь кислорода с горючими газами и парами горючих жидкостей при определенных соотношениях кислорода и горючего вещества взрывается.

Технический кислород добывают из атмосферного воздуха, который подвергают обработке в воздухоразделительных установках, где он очищается от пыли, углекислоты и осушается от влаги. Перерабатываемый в установке воздух сжимается компрессором до необходимого давления (от 6 до 180 кгс/см^2), определяемого рабочим циклом установки, и охлаждается в теплообменниках до сжижения. Жидкий воздух разделяют (ректифицируют) на кислород и азот. Процесс разделения воздуха происходит вследствие того, что температура кипения жидкого кислорода выше температуры кипения жидкого азота примерно на 13°C . Азот как более легкокипящий газ испаряется первым и отводится из воздухораспределительной установки обратно в атмосферу. Жидкий чистый кислород накапливается в воздухоразделительном аппарате, испаряется и им заполняются баллоны под давлением $150\text{—}165\text{ кгс/см}^2$, создаваемым с помощью насоса или компрессора. К месту сварки и рез-

ки кислород можно подавать по трубопроводу под давлением от 5 до 30 кгс/см².

При температуре -183°C и атмосферном давлении кислород превращается в голубоватую, подвижную, легкоиспаряющуюся жидкость. При этом занимаемый им объем уменьшается примерно в 860 раз. При нагревании жидкий кислород испаряется и превращается снова в газ: 1 дм³ жидкого кислорода при испарении дает 860 дм³ или 0,86 м³ газообразного кислорода (при атмосферном давлении и температуре 20°C); 1 кг жидкого кислорода при испарении дает 0,75 м³ газообразного кислорода (при атмосферном давлении и 20°C).

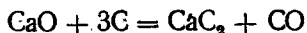
Жидкий кислород хранят и транспортируют в специальных сосудах с хорошей теплоизоляцией. При использовании для сварки и резки металлов жидкий кислород предварительно превращается в газ. Для этого на заводах, где производится сварка и резка, устанавливают газификаторы или насосы с испарителями для жидкого кислорода.

Для сварки и резки по ГОСТ 5583—68 выпускают технический кислород трех сортов: 1-го сорта чистотой не менее 99,7%; 2-го сорта — не менее 99,5% и 3-го сорта — не менее 99,2% по объему. Остаток 0,3—0,8% составляют азот и аргон*.

В технике кислород находит широкое применение также для ускорения (интенсификации) процессов получения стали, чугуна, цветных металлов, горючих газов, химических продуктов и пр.

§ 2. Карбид кальция

Карбид кальция является химическим соединением кальция с углеродом (химическая формула CaC_2), используется для получения горючего газа — ацетилена. По внешнему виду карбид кальция представляет собой твердое тело темно-серого или коричневатого цвета. Карбид кальция получают сплавлением кокса и негашеной извести в электрических дуговых печах при температуре $1900\text{—}2300^{\circ}\text{C}$, при которой протекает реакция:



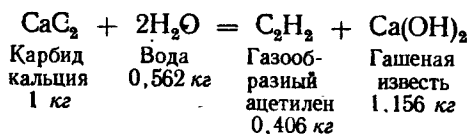
Расплавленный карбид кальция сливают из печи в изложницы, где он остывает, после чего его подвергают дроблению и сортировке на куски размером от 2 до 80 мм. Готовый карбид кальция упаковывают в герметически закрываемые барабаны из кровельной стали

* Государственным комитетом стандартов Совета Министров СССР было разрешено выпускать до 1 июля 1972 г. кислород со следующими показателями качества: для газообразного кислорода по ГОСТ 5583—68 — содержание кислорода в процентах по объему не менее: технический сорт 1—99,5; сорт 2 — 99,2; сорт 3 — 98,8; медицинский — 98,8; содержание влаги в г/м³ не более 0,07. Для жидкого кислорода по ГОСТ 6331—68 — содержание кислорода в объеме не менее: технический сорт А—99,2, сорт Б—99,0; медицинский — 98,8

емкостью по 100 и 130 кг. В товарном карбиде кальция не должно быть более 3% частиц размером менее 2 мм (пыли). Требования к карбиду кальция регламентируются ГОСТ 1460—56, которым установлены следующие размеры (грануляция) кусков карбида кальция: 2×8; 8×15; 15×25; 25×80 мм. Чем крупнее куски, тем больше получается ацетилена.

При взаимодействии с водой карбид кальция, быстро разлагаясь, выделяет газообразный ацетилен и образует в остатке гашеную известь, являющуюся отходом.

Реакция разложения карбида кальция водой происходит по схеме:



Цифры указывают теоретическое количество воды, необходимое для разложения 1 кг карбида кальция, и теоретические количества ацетилена и гашеной извести, получаемые из 1 кг химически чистого карбида кальция. Как видно из реакции, 1 кг чистого карбида кальция дает 0,406 кг ацетилена. Так как 1 м³ ацетилена при абсолютном давлении 1 кгс/мм² и 20°С весит 1,09 кг, то, следовательно, из 1 кг химически чистого карбида кальция теоретически можно получить $0,406 : 1,09 = 0,372 \text{ м}^3$, или 372 дм^3 ацетилена.

Технический карбид кальция обычно содержит не более 70—80% химически чистого карбида кальция, а остальное — различные примеси, преимущественно негашеную известь. Поэтому из 1 кг технического карбида кальция можно получить от 230 до 280 дм^3 ацетилена.

Если учесть потери ацетилена на растворение в воде и продувку ацетиленового генератора, то для получения 1 м³ (1000 дм^3) ацетилена практически приходится расходовать 4,3—4,5 кг карбида кальция.

Карбид кальция активно соединяется с водой. Достаточно присутствия паров воды в воздухе, чтобы карбид кальция начал разлагаться и выделять ацетилен.

Разложение карбида кальция водой идет быстро и сопровождается выделением значительного количества тепла — 400—450 больших калорий на 1 кг карбида кальция. Чем меньше размеры кусков карбида кальция, тем быстрее происходит его разложение. Карбид кальция размером 50×80 мм разлагается полностью в течение 13 мин, а размером 8×15 мм — в течение 6,5 мин. Карбидная пыль при смачивании водой разлагается почти мгновенно. Поэтому карбидную пыль нельзя применять в обычных ацетиленовых генераторах, рассчитанных для работы на кусковом карбиде кальция, так как это может вызвать взрыв ацетилена в генераторе. Для раз-

ложения карбидной пыли применяют генераторы специальной конструкции.

Чем выше температура воды, тем быстрее идет разложение карбида кальция. Если вода сильно загрязнена гашеной известью, образующейся при разложении карбида кальция, то реакция разложения замедляется.

Для охлаждения ацетилена при разложении карбида кальция вместо теоретического количества воды в 0,56 кг (0,56 дм³) берут больше, а именно от 5 до 20 дм³ воды на 1 кг разлагаемого карбида кальция. Это делает процесс более безопасным. Температура выходящего из генератора ацетилена при этом превышает температуру окружающей среды всего на 10—15° С.

Применяют также «сухой» способ разложения карбида кальция. По этому способу на 1 кг мелко раздробленного карбида кальция в генератор подают от 1 до 0,2 дм³ воды. Часть воды уходит на реакцию разложения, а остаток ее испаряется, на что расходуется основное количество тепла, выделяющегося при реакции, и за счет этого происходит охлаждение. В этом процессе гашения известь получается не в виде жидкого известкового ила, а в виде сухой «пушонки», удаление, транспортировка и утилизация которой обходятся дешевле.

§ 3. Ацетилен и другие горючие

Ацетилен (химическая формула C_2H_2) является химическим соединением углерода с водородом. Это бесцветный горючий газ, имеющий резкий характерный запах. Длительное вдыхание ацетилена вызывает головокружение, тошноту, а иногда и сильное общее отравление. Ацетилен легче воздуха — 1 м³ ацетилена при 20° С и атмосферном давлении имеет массу 1,09 кг.

Ацетилен является взрывоопасным газом. Температура самовоспламенения ацетилена лежит в пределах от 240 до 630° С и зависит от давления, а также присутствия в ацетилене различных веществ, как это видно из следующих данных:

давление, кгс/см ² , абсолютное	2	3	4	22
температура самовоспламенения, °С	630	540	475	350

Таким образом, повышение давления значительно снижает температуру самовоспламенения ацетилена.

В присутствии частиц различных веществ, увеличивающих поверхность контакта и тем способствующих процессу воспламенения, температура самовоспламенения ацетилена также понижается. Например, при атмосферном давлении, имеем:

Вещество	Температура самовоспламенения, °C
Железные стружки	520
Латунные стружки	500—520
Карбид кальция	500
Оксид алюминия	490
Медные стружки	460
Активированный уголь	400
Гидрат окиси железа (ржавчина)	280—300
Оксид железа	280
Оксид меди	240

При атмосферном давлении и медленном нагревании до 700—800°С происходит полимеризация ацетилена, т. е. спокойное разложение его на углерод и водород с последующим образованием других углеводородов и смол. При быстром нагревании (100—500 град/сек) полимеризация переходит в самовоспламенение или взрыв ацетилена. Сжатие ацетилена в компрессоре до 29 кгс/см² при конечной температуре 275°С не приводит к его самовоспламенению. Практически при использовании ацетилена можно допускать нагревание его до следующих температур, в зависимости от давления: при атмосферном давлении до 300°С, при давлении 1,5 кгс/см² избыточных — до 150—180°С, при более высоких давлениях — до 100°С.

Одним из основных показателей взрывоопасности горючих газов и паров является величина энергии зажигания. Чем эта величина меньше, тем взрывоопаснее данное вещество. Ниже приведены величины минимальных энергий зажигания для газовых смесей стехиометрического состава при атмосферном давлении и начальной температуре 20°С*.

Энергия зажигания, Мдж

	в смеси с воздухом	в смеси с кислородом
Метан	0,3	0,0038
Этан	0,25	0,0019
Пропан	0,24	0,002
Водород	0,020	0,0003
Ацетилен	0,019	0,0003

Из этих данных видно, что для смеси с кислородом энергия зажигания примерно в 100 раз меньше, чем для воздушной смеси; ацетилен обладает наименьшей энергией зажигания и по взрывоопасности равен водороду.

Чистый ацетилен не самовоспламеняется при давлении ниже 0,65 кгс/см² (абсолютном) даже при высоких значениях энергии

* Стехиометрическая смесь, имеющая состав, обеспечивающий полное сгорание до CO₂ и H₂O: для ацетилена: C₂H₂ + 2,5O₂ = 2CO₂ + H₂O. Для сравнения укажем, что энергия искры автомобильной свечи равна 100—200 Мдж.

зажигания порядка 1500—1800 дж. Однако при повышении давления энергия зажигания быстро падает и при давлении 1,6 — 1,7 кгс/см² абс. для поджигания чистого ацетилена достаточно энергии около 1 дж. При давлении 15 кгс/см² энергия зажигания чистого ацетилена равна всего 0,01 дж. Пары воды в ацетилене сильно понижают его способность к самовоспламенению от случайных источников нагрева, т. е. служат флегматизаторами для ацетилена. Вследствие этого предельно допускаемое давление для ацетилена, получаемого в генераторах разложением карбида кальция водой, где ацетилен всегда содержит пары воды до полного насыщения ими при данной температуре, предельное рабочее давление установлено 1,5 кгс/см², (избыточное, 2,5 кгс/см² абс.).

При атмосферном давлении смесь ацетилена с воздухом взрывается при содержании в ней ацетилена 2,2% и более, с кислородом — 2,8% и более. Верхнего предела взрываемости для смесей ацетилена с воздухом и кислородом не существует, так как взорваться может и чистый ацетилен при достаточно большой энергии зажигания, как было показано выше. Взрыв ацетилено-воздушной или ацетилено-кислородной смеси может произойти от искры, пламени, сильного местного нагрева и др.

Взрыв ацетилена или смеси его с воздухом и кислородом сопровождается выделением тепла, следствием чего является повышение температуры и давления. Такие взрывы могут вызвать разрушения и несчастный случай. Поэтому обращение с карбидом кальция и ацетиленом требует осторожности и строгого соблюдения правил техники безопасности.

В связи с развитием промышленности химического синтеза на базе использования богатейших запасов природного газа широкое распространение получает теперь способ производства ацетилена из природного газа (метана) термоокислительным пиролизом метана с кислородом. Такой ацетилен называется п и р о л и з н ы м а ц е т и л е н о м. В данном процессе метан сжигают в смеси с кислородом в реакторах при температуре 1300—1500° С. Полученная при этом смесь содержит до 8% ацетилена, 54% водорода, 25% окиси углерода, остальное — примеси. Из нее с помощью растворителя (диметилформамида) извлекается ацетилен концентрации 99,0—99,2%*. Оставшаяся часть пиролизных газов используется для производства аммиака и других продуктов. Получение ацетилена из природного газа на 30—40% дешевле, чем из карбида кальция. Пиролизный ацетилен накачивается в баллоны, где находится в порах массы растворенным в ацетоне, в таком виде отправляется потребителям. Пиролизный ацетилен выпускается по МРТУ 6-03-165—64 и по своим свойствам горючего для газопламенной обработки равноценен ацетилену полученному из карбида кальция.

* Остальные примеси в пиролизном ацетилене: CO₂ — 0,2%, O₂ — 0,05—0,17%, гомологи (диацетилен, метилацетилен, винилацетилен и пропadiен) — до 0,5%.

Ацетилен для промышленных целей получают также разложением жидких горючих (нефти, керосина) действием электродугового разряда, по так называемому способу электропиролиза

Ацетилен является наиболее распространенным горючим для газовой сварки и резки, так как дает при сгорании в смеси с кислородом наиболее высокую температуру пламени (около 3150°C) по сравнению с другими горючими газами.

Важным параметром сварочного пламени является не только его температура, но и «интенсивность горения», определяемая как произведение нормальной скорости горения на теплотворность смеси (табл 2)

Т а б л и ц а 2

Интенсивность горения некоторых газов, $\text{ккал} \cdot \text{см}^{-2} \cdot \text{сек}^{-1}$

Горючий газ	Смесь					
	стехиометрическая (полное сгорание)		Нормальное пламя			
	Горючее, %	Интенсивность горения	Горючее %	Интенсивность горения		
				первичная	вторичная	общая
Ацетилен	28,1	2,77	49	1,25	2,20	3,45
Водород	66,7	1,79	80	1,05	1,01	2,06
Метан	33,3	1,39	40	1,13	0,56	1,69
Пропан	16,7	1,32	20	1,22	0,27	1,49

Как видно из данных табл 2, ацетилен обладает наибольшей интенсивностью горения по сравнению с другими горючими.

Газы — заменители ацетилена При сварке и резке металлов можно применять также другие горючие газы и пары горючих жидкостей. Для эффективного нагрева и расплавления металла при сварке необходимо, чтобы температура пламени примерно в два раза превышала температуру плавления свариваемого металла. Поэтому использовать газы — заменители ацетилена целесообразно только при сварке металлов с более низкой температурой плавления, чем сталь (алюминия и его сплавов, латуни, свинца) при пайке и т. п.

При кислородной резке использование ацетилена для подогрева металла необязательно и можно применять те горючие газы, которые при сгорании в смеси с кислородом дают пламя с температурой не ниже 1800°C .

Количество теплоты в килокалориях, получаемое при полном сгорании 1 м^3 или 1 кг газа, называется теплотворной способностью газа. Чем выше теплотворная способность газа, тем меньше его расход при сварке и резке металлов.

Для сгорания различных горючих газов требуется различное количество кислорода, подаваемого в горелку или резак. В табл 3

Горючие газы для

Наименование	Температура пламени при сгорании в кислороде, °C	Вес 1 м³ при 20°C и давления 760 мм рт. ст., кг	Теплотворная способность (низшая), ккал/м³	Кэффи- циент замены ацетилен
Газы:				
ацетилен (ГОСТ 5457—60) .	3150—3200	1,09	12600	1
водород (ГОСТ 3022—70) .	2000—2100	0,084	2400	5,2
пиролизный	2300	0,65—0,85	7500—8000	1,6
нефтяной	2300	0,63—1,45	9800—13500	1,2
пропан технический (ГОСТ 10196—62)	2400—2500*	1,9	21200	0,6
городской (ГОСТ 5542—50) .	2000	0,84—1,05	4500—5000	2,5
коксовый	2000	0,4—0,5	3500—4200	3,2
сланцевый	2000	0,7—0,9	3000—3400	4,0
природный газ (82— 93% метана) ГОСТ 5542—50 . .	2100—2200***	0,7—0,9	8200—8400	1,6—1,8
Пары керосина	2400—2450	0,8—0,84**** кг/дм³	10600 ккал/кг	1,0—1,3

* При дополнительном подогреве смеси в мундштуке температура пламени повышается

** В отдельных случаях возможна сварка стали толщиной до 12 мм.

*** При наличии газонаполнительных станций может накачиваться в баллоны под давлением

**** Для керосина указан вес жидкости.

Количество кислорода, подаваемого в горелку на 1 м ² горючего, м ²	Способ получения (для сварки и резки)	Способ хранения и транспортировки	Область применения
1,0—1,3	Из карбида кальция	Растворенный в ацетоне в баллонах под давлением 19 кгс/см ² при 20°C	Все случаи сварки и резки
0,3—0,4	Разложение воды электрическим током	В газообразном виде в баллонах под давлением до 165 кгс/см ²	Сварка стали толщиной до 2 мм, сварка латуни, свинца, алюминия, пайка, кислородная резка
1,2—1,5 1,5—1,6 в резак 2,2	Разложение нефти То же	По газопроводу В газообразном виде в баллонах под давлением 120—150 кгс/см ² или по газопроводу	То же
3,4—3,8	Переработка нефти на заводах	В жидком виде в баллонах под давлением до 16 кгс/см ²	Сварка и пайка стали** (толщиной до 4—6 мм), чугуна и цветных металлов, кислородная и кислородно-флюсовая резка
1,5—1,6	Газификация твердого топлива	В газообразном виде по газопроводу***	Сварка легкоплавких металлов, пайка, кислородная и кислородно-флюсовая резка
0,6—0,8 0,7	Коксование углей Газификация горючих сланцев	По газопроводу То же	То же
норм. пламя 1,5—1,6 Окисл. пламя—2,0	Из скважин	По газопроводу или в баллонах под давлением 165—200 кгс/см ²	Сварка стали до 4—5 мм, сварка легкоплавких металлов, пайка, кислородная и кислородно-флюсовая резка
1,7—2,4 м ² на 1 кг керосина	Переработка нефти	В жидком виде в цистернах или бочках под атмосферным давлением	Кислородная резка стали, сварка легкоплавких металлов, пайка

для пропана — до 2700°C, для природного газа — до 2400°C.

см до 165—300 кгс/см².

приведены основные характеристики горючих газов для сварки и резки, а также указаны целесообразные области их применения.

Если известен расход ацетилена в $\text{м}^3/\text{ч}$ для сварки или резки данного металла, можно определить также расход другого горючего газа — заменителя ацетилена, пользуясь коэффициентом замены.

Коэффициент замены (K_r) определяют как отношение теплотворных способностей ацетилена ($Q_a = 12\,600 \text{ ккал}/\text{м}^3$) и горючего газа (Q_r)

$$K_r = \frac{Q_a}{Q_r} = \frac{12600}{Q_r}$$

Пример. Для резки стали расходуется ацетилен $V_a = 1500 \text{ дм}^3/\text{ч}$. Определить расход метана до тех же условий резки. По табл. 3 находим теплотворную способность метана $Q_r = 8000 \text{ ккал}/\text{м}^3$, коэффициент замены для природного газа

$$K_r = \frac{12600}{8000} = 1,58 \text{ и исходный расход его составит:}$$

$$V_r = K_r \cdot V_a = 1,58 \cdot 1500 = 2400 \text{ дм}^3/\text{ч}$$

Действительные величины коэффициентов замены могут колебаться в определенных пределах, отличаясь от расчетных значений. Например, для повышения производительности сварки природным газом коэффициент замены практически берут $K_r = 1,8$ (табл. 3).

Газы — заменители ацетилена — применяют во многих отраслях промышленности, а также для бытовых нужд. Поэтому их производство и добыча организованы в больших масштабах и они являются очень дешевыми; в этом их основное преимущество перед ацетиленом.

Вследствие более низкой температуры пламени этих газов применение их ограничено некоторыми процессами нагрева и плавления металлов. Некоторые газы и жидкие горючие (нефтяной газ, пропан, керосин) требуют по сравнению с ацетиленом большего удельного расхода кислорода для получения высокотемпературного пламени. Поэтому, например, пропан-кислородное или метан-кислородное пламя имеет окислительный характер и без введения раскислителей пригодны только для резки, пайки, поверхностной закалки и других подобных процессов, где характер пламени не имеет существенного значения.

При сварке стали пропаном или метаном приходится применять сварочную проволоку, содержащую повышенное количество кремния и марганца, используемых в качестве раскислителей, а при сварке чугуна и цветных металлов использовать флюсы.

§ 4. Сварочная проволока и флюсы

Сварочную проволоку выпускают в мотках (бухтах). Ее выправляют и нарезают требуемой длины. В большинстве случаев при газовой сварке применяют присадочную проволоку,

близкую по своему химическому составу к свариваемому металлу. Нельзя применять для сварки случайную проволоку неизвестной марки и неизвестного химического состава. Химический состав некоторых марок проволоки, применяемой для газовой сварки углеродистых сталей, приведен в табл. 4

Поверхность проволоки должна быть гладкой и чистой, без следов окислы, ржавчины, масла, краски и прочих загрязнений. Температура плавления проволоки должна быть равна или несколько ниже температуры плавления свариваемого металла.

Проволока должна плавиться спокойно и равномерно, без сильного разбрызгивания и вскипания образуя при застывании плотный, однородный и наплавленный металл без посторонних включений, пор, шлаков, плен и прочих дефектов. Диаметр присадочной проволоки выбирают в зависимости от толщины свариваемого металла и способа сварки.

Для газовой сварки цветных металлов (меди, латуни, алюминия, свинца), а также нержавеющей стали в тех случаях, когда нет подходящей проволоки.

Таблица 4
Химический состав проволоки для дуговой и газовой сварки углеродистых сталей (по ГОСТ 2246—70*)

Марка проволоки	Содержание элементов, %							Применение
	Углерод, не более	Марганец	Кремний	Хром	Никель	Сера	Фосфор	
				не более				
Св-08	1,10	0,35—0,60	0,03	0,15	0,30	0,04	0,04	Общее для получения швов повышенной пластичности и вязкости То же для особо ответственных конструкций Общее для получения швов повышенной прочности при сохранении высокой пластичности Общее для получения швов повышенной прочности
Св-08А		0,35—0,60	0,03	0,40	0,25	0,03	0,03	
Св-08ГА		0,80—1,10	0,03	0,10	0,25	0,03	0,03	
Св-12ГС	0,14	0,80—1,10	0,60—0,90	0,20	0,30	0,03	0,03	

применяют в виде исключения полоски, нарезанные из листов той же марки, что и свариваемый металл. Однако сварка полосками ввиду того, что они имеют обычно неравномерную ширину, дает шов худшего качества, чем сварка проволокой.

Для сварки чугуна и бронзы применяют прутки, отлитые из чугуна или бронзы соответствующего состава.

Ф л ю с ы. Медь, алюминий, магний и их сплавы при нагревании в процессе сварки энергично вступают в реакцию с кислородом окружающего воздуха или сварочного пламени (при сварке окислительным пламенем), образуя окислы, которые имеют более высокую температуру плавления, чем металл. Окислы покрывают капли расплавленного металла тончайшей пленкой и этим сильно затрудняют сплавление частиц металла при сварке.

Для защиты расплавленного металла от окисления и удаления образующихся окислов применяют сварочные порошки или пасты, называемые флюсами. Флюсы, предварительно нанесенные на присадочную проволоку или прутки и кромки свариваемого металла, а также добавляемые в сварочную ванну, при нагревании расплавляются и образуют легкоплавкие шлаки, всплывающие на поверхность жидкого металла. Пленка шлаков покрывает поверхность расплавленного металла, защищая его от окисления. Расплавленный флюс способен также удалять из жидкого металла шва образовавшиеся окислы, растворяя их и образуя с ними химические соединения. Таким образом, флюс очищает расплавленный металл от окислов и тем самым улучшает качество сварного шва.

Составы флюсов выбирают в зависимости от вида и свойств свариваемого металла. Флюс должен быть подобран таким образом, чтобы он плавился раньше, чем металл, хорошо растекался по шву, не оказывал вредного действия на металл шва и полностью удалял образующиеся при сварке окислы.

В качестве флюсов применяют прокаленную буру, борную кислоту, кремнекислоту и ряд других веществ.

ОБОРУДОВАНИЕ И АППАРАТУРА ДЛЯ ГАЗОВОЙ СВАРКИ

§ 1. Ацетиленовые генераторы

Классификация генераторов Ацетиленовые генераторы служат для получения ацетилена из карбида кальция. Согласно ГОСТ 5190—67 генераторы классифицируются по следующим признакам:

производительности — 0,5; 0,75; 1,25; 2,5; 3; 5; 10; 20; 40; 80; 160 и 320 $\text{м}^3/\text{ч}$ ацетилена. Генераторы большей производительности используют в химических производствах;

способу устройства — передвижные и стационарные. Передвижные изготовляют производительностью до 3 $\text{м}^3/\text{ч}$;

системе регулирования взаимодействия карбида кальция с водой — количественным регулированием взаимодействующих веществ; с регулированием продолжительности контакта карбида кальция с водой (повременное регулирование).

В генераторах с количественным регулированием применяют дозировку карбида кальция или воды. Если дозируется карбид кальция, а вода в зоне реакции находится в постоянном количестве, то система называется «карбид в воду». При дозировке воды и одновременной загрузке всего количества карбида кальция система называется «вода на карбид». Применяют также комбинированную систему, при которой дозируют оба вещества.

В генераторах с повременной системой регулирования контакта карбида кальция с водой происходит периодически, с определенными перерывами. Подвижным веществом обычно является вода и такие генераторы относятся к работающим по системе «вытеснения».

Генераторы с повременным регулированием разложения карбида кальция называют также «контактными».

Применяют также комбинацию двух указанных систем в одном генераторе с целью получения более четкого регулирования газообразования и уменьшения сброса газа в атмосферу. Например, совмещают системы «вода на карбид» и «вытеснения», как это сделано в генераторах АНВ-1-66. На рис. 3 даны схемы ацетиленовых генераторов различных систем.

Генераторы «карбид в воду» обеспечивают большую полноту реакции и теплоотвода при разложении карбида кальция водой, поэтому обладают высоким коэффициентом полезного использования (к.п.и.) карбида кальция и дают хорошо охлажденный промытый газ. Эти генераторы могут работать на форсированном режиме до 50% выше номинальной производительности. Недостатком их

является значительный расход воды и обусловленные этим относительно большие размеры аппарата, а также большое количество отходов — жидкого ила. Эти генераторы требуют более сложных механизмов для регулирования подачи карбида кальция в генератор. Данная система нашла применение для генераторов производительностью 20 м³/ч и выше.

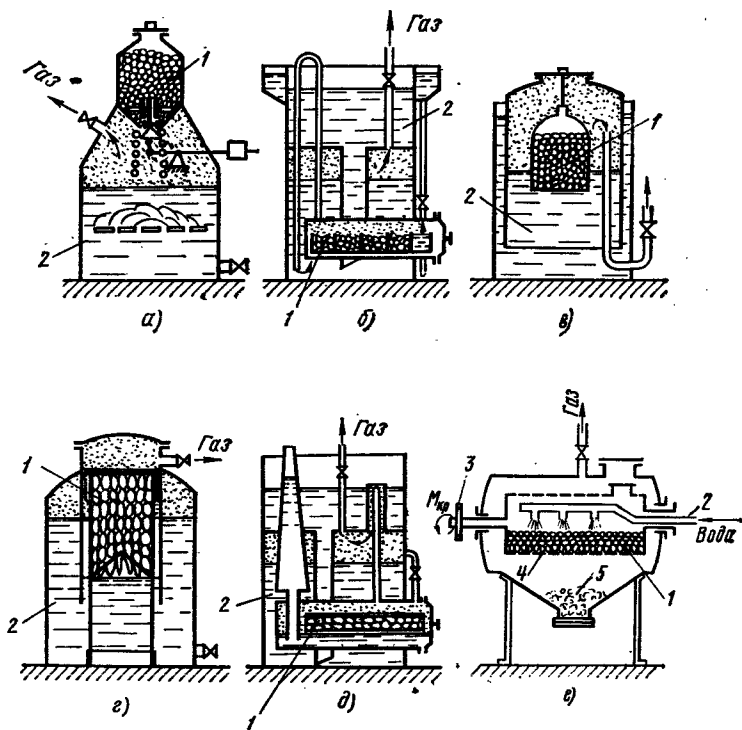


Рис. 3. Схемы ацетиленовых генераторов:

а — «карбид в воду», б — «вода на карбид», в — «погружения», г — «вытеснения», д — комбинированная — «вода на карбид» и «вытеснения», е — «сухого» типа; 1 — карбид кальция, 2 — вода, 3 — привод, 4 — сетчатый барабан, 5 — сухой Са (ОН)₂ («пушонка»)

Генераторы «вода на карбид» — проще по конструкции, дешевле в изготовлении, удобны в эксплуатации, требуют небольшого количества воды, способны работать на карбиде кальция с разными размерами кусков, дают небольшое количество отходов в виде жидкой гашеной извести. Недостатком их является возможность перегрева ацетилена в зоне реакции и неполного разложения карбида кальция. Они не допускают форсировки работы. Генераторы «вода на карбид» строят преимущественно передвижного типа.

Генераторы системы «вытеснения» достаточно надежны и удобны в работе, допускают форсировку. Существенным недостатком их

является опасность перегрева газа и спекания извести в зоне реакции в случае внезапного прекращения отбора газа при повышенном расходе, так как при этом смачивается сразу большое количество карбида кальция, который при прекращении расхода газа оказывается не погруженным в воду. Система «вытеснения» находит применение в генераторах производительностью до $10 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Генераторы системы «погружения» еще более подвержены перегреву карбида кальция в заряднике, поэтому они не безопасны в эксплуатации. Следует избегать применения данной системы даже в аппаратах небольшой производительности.

Генераторы комбинированной системы «вода на карбид» и «вытеснения» обладают рядом достоинств, присущих обоим указанным системам. Что же касается недостатков этих систем, то они в данном сочетании выражены в меньшей степени. Использование принципа вытеснения позволяет получить меньшие колебания давления газа в генераторе при прерывистом режиме его потребления. Комбинированная система нашла широкое применение в генераторах производительностью до $3,5 \text{ м}^3/\text{ч}$ и используется в большинстве конструкций генераторов, выпускаемых в СССР.

Генераторы «сухого» типа используют только в крупных стационарных установках на химических заводах, где возможно использование больших количеств попутно получаемой сухой гашеной извести (пушонки). Опыт эксплуатации генераторов этой системы, в качестве передвижных ацетиленовых аппаратов показал, что они склонны к заиливанию при переменном расходе газа, а конструкция получается более сложной. По этой причине генераторы «сухой» системы не получили широкого распространения.

По давлению вырабатываемого ацетилена генераторы делятся на две группы:

низкого давления — с предельным давлением до $0,1 \text{ кгс/см}^2$ включительно; среднего давления — от $0,1$ до $0,7$ и от $0,7$ до $1,5 \text{ кгс/см}^2$ включительно.

Предельное давление ацетилена в генераторе определяется конструкцией газосборника.

Основные требования к ацетиленовым генераторам:

1. Производительность генератора должна соответствовать режиму потребления ацетилена.

2. Генератор рассчитывают для работы на карбиде кальция с кусками определенных размеров.

3. Разложение карбида кальция в генераторе должно регулироваться автоматически, в зависимости от расхода газа

4. Генератор должен обладать высоким коэффициентом полезного использования карбида кальция. Коэффициентом полезного использования называют отношение фактически полученного объема ацетилена $V_{\text{ф}}$ к объему $V_{\text{п}}$, который можно получить из всего загруженного карбида кальция в соответствии с паспортом на карбид данного сорта.

Пример. $V_{\phi} = 2500 \text{ дм}^3$, $V_{\pi} = 280 \cdot 10 = 2800 \text{ дм}^3$, где $280 \text{ дм}^3/\text{кг}$ — выход газа на 1 кг карбида; 10 кг — количество загруженного в генератор карбида кальция. Тогда к. п. и.

$$\eta = \frac{2500}{2800} = 0,895.$$

Современные генераторы имеют к.п.и. от 0,85 до 0,98.

5. Конструкция генератора должна обеспечивать хорошее охлаждение карбида кальция, воды и ацетилена в зоне реакции. Температура воды и гашеной извести в зоне реакции не должна превышать 80°C , а газа — 115°C . Ацетилен на выходе из генератора должен иметь температуру, превышающую температуру окружающей среды не более чем на $10\text{--}15^{\circ}\text{C}$.

6. Избыточное давление в генераторе, имеющем заполняемые ацетиленом газовые объемы, не должно превышать $1,5 \text{ кгс/см}^2$.

7. Должна быть предусмотрена надежная продувка всех газовых объемов аппарата с целью удаления остатков воздуха до заполнения их ацетиленом.

8. Генератор должен быть герметичным и иметь газосборник достаточной емкости, чтобы при внезапном прекращении отбора газа не происходил выброс ацетилена в помещение.

9. Передвижные генераторы должны иметь минимальные габариты и вес.

10. Конструкция генератора должна обеспечивать его взрывобезопасность и по возможности полную автоматизацию процесса регулирования газообразования, а также хорошую очистку получаемого газа.

Конструкция генераторов. Наибольшее распространение получили передвижные генераторы низкого и среднего давлений (см. табл. 5).

Генератор АНВ-1-66 (рис. 4) состоит из корпуса 1, разделенного горизонтальной перегородкой 2 на две части. В нижнюю часть вварена реторта 7, в которую вставляется корзина 8 с карбидом; реторта герметически закрывается крышкой с резиновой прокладкой. Генератор заполняют водой через верхнюю открытую часть корпуса до отмеченного уровня. Затем открывают кран 6 и вода из корпуса поступает в реторту, заполняет ее и смачивает карбид кальция. Образующийся ацетилен выходит из реторты по трубке 10, собирается в нижней части корпуса под перегородкой 2, а затем через осушитель 5 и водяной затвор 4 идет по шлангу 11 в горелку или резак. Давлением газа вода частично вытесняется в верхнюю часть корпуса. Вода в реторту поступает до тех пор, пока уровень воды в корпусе не станет ниже крана 6. При повышении давления газа в реторте часть воды из нее вытесняется в конусообразный сосуд 3, что замедляет газообразование в реторте и нарастание давления ацетилена в генераторе. По мере расходования газа давление понижается, уровень воды в корпусе вновь повышается до уровня крана 6 и вода снова начинает поступать в реторту.

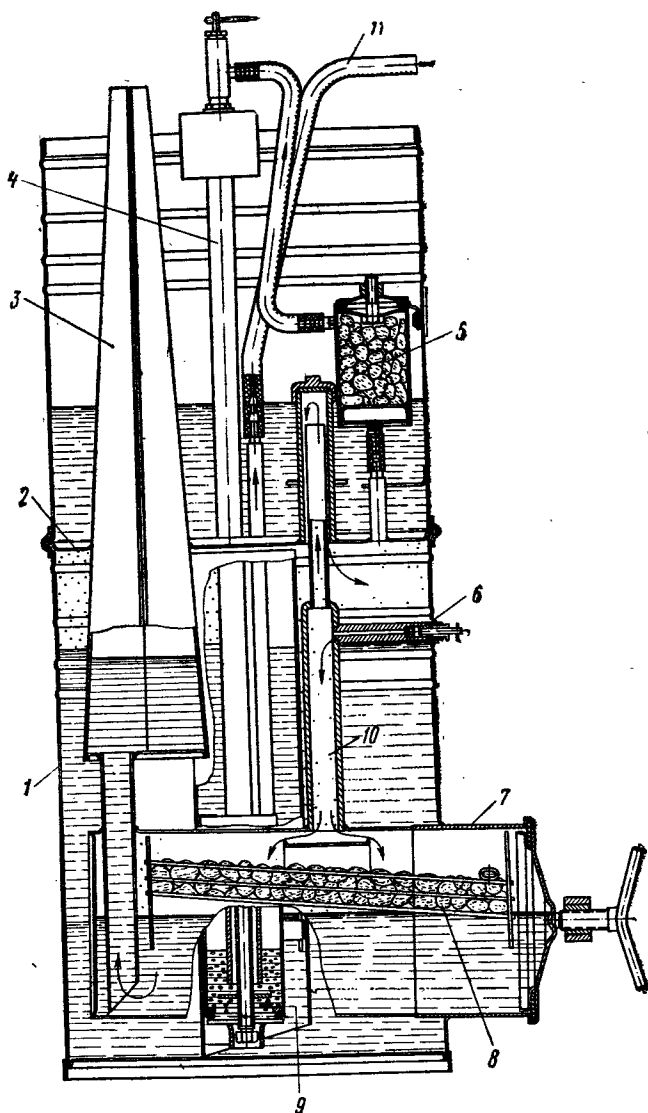


Рис 4. Ацетиленовый генератор низкого давления
АНВ-1-66:

1 — корпус, 2 — перегородка, 3 — конусообразный сосуд, 4 — водяной затвор, 5 — осушитель, 6 — кран, 7 — реторта, 8 — корзина, 9 — циркуляционная труба, 10 — трубка отвода газа в газосборник, 11 — шланг отбора газа в горелку

Таким образом, процесс разложения карбида и выделение из него газа в реторте регулируются автоматически, в соответствии с оборотом ацетилена из генератора.

Водоподающая система расположена внутри корпуса, в котором вода нагревается за счет теплоты реакции разложения карбида кальция, генератор АНВ-1-66 может работать в зимних условиях при температуре до -25°C , не замерзая. С этой же целью водяной затвор помещен внутри корпуса генератора, в середине его циркуляционной трубы 9, по которой вода под давлением переходит из нижней части корпуса в верхнюю. Летом затвор можно вынуть из генератора и установить его снаружи аппарата. Осушитель 5 загружают: летом — кусками кокса размером 10—25 мм, зимой — в нижней половине коксом, а в верхней — карбидом кальция.

Корзина с карбидом кальция размером 25×80 мм должна быть вставлена в реторту без перекоса. В данном генераторе можно использовать карбид кальция размером 15×25 мм; в этом случае на прутки корзины укладывают более мелкую проволочную сетку, а вес загружаемого в реторту карбида кальция уменьшают до 2 кг. Не реже одного раза в три месяца генератор осматривают, полностью очищая и промывая от ила. Водяной затвор промывают, разбирают и осматривают не реже одного раза в месяц. После окончания работы генератор должен быть освобожден от газа, известкового ила, остатков неразложившегося карбида кальция и убран в помещение, вход в которое для посторонних лиц запрещен.

Иногда перед горелкой для сварки и резки металлов необходимо иметь ацетилен под более высоким давлением — порядка 0,1—0,15 кгс/см². При работе на повышенном давлении ацетилена горелка или резак работают более устойчиво, без хлопков и обратных ударов, легче регулировать пламя. Серия таких генераторов среднего давления разработана ВНИИавтогенмашем и выпускалась промышленностью под марками ГВР-1,25М, ГВР-3, АСМ-1-66 и др.

Генератор АСМ-1, 25-3 (рис. 5) предназначен для получения газообразного ацетилена, работает по системе «вытеснения», среднего давления. Внешний вид генератора показан на рис. 5, а. Корпус генератора цилиндрический и состоит из двух состыкованных частей: промывателя 1 и газообразователя 4 (рис. 5, б). К верхней части корпуса газообразователя приварено верхнее днище 5 с горловиной, через которую вставляется корзина 6 с карбидом кальция, закрепляемая на крышке 7. Крышку зажимают винтом 8 и рычагом 9. Пространство между корпусом газообразователя и шахтой 10 образует газовую подушку, необходимую для работы генератора в системе «вытеснения» воды газом. На отводящей из газообразователя ацетилен трубке 12 сверху одет стакан 11, предотвращающий попадание в промыватель пены и известкового ила. Нижний конец трубки 12 опущен в промыватель 1. Воду в промыватель и газообразователь заливают через горловину шахты. При опускании корзины 6 с карбидом кальция в воду, заполняющую шахту, и последующем закрывании крышки 7 образующийся аце-

тилен по трубке 12 проходит слой воды в промывателе, для компенсации охлаждается, далее через клапан 3 идет по шлангу в водяной затвор 13, а затем в горелку или резак. Генератор снабжен манометром 14 и ручками 15. При работе зимой на генератор надевается утепляющий чехол, предохраняющий воду от замерзания при низкой

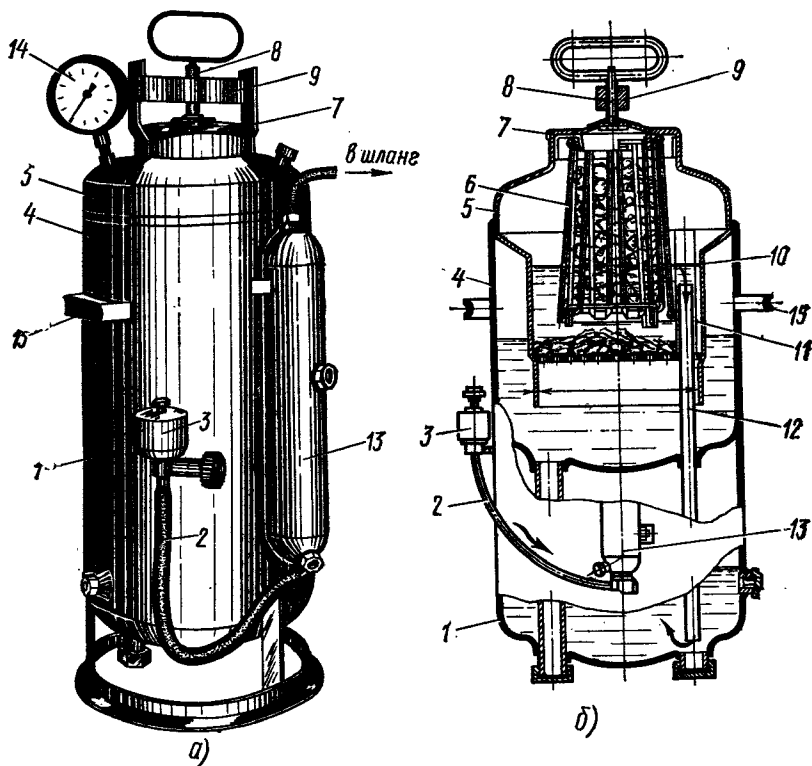


Рис. 5. Ацетиленовый генератор среднего давления АСМ-1, 25-3:

а — внешний вид, б — разрез; 1 — промыватель, 2 — шланг, 3 — клапан, 4 — газо-образователь, 5 — верхнее днище, 6 — корзина, 7 — крышка, 8 — винт, 9 — рычаг, 10 — шахта, 11 — стакан, 12 — трубка, 13 — водяной затвор, 14 — манометр, 15 — ручки

окружающей температуре. Технические данные генератора АСМ-1, 25-3 приведены в табл. 5.

Генераторы с одной ретортой при максимальных расходах газа требуют частой перезарядки, на что тратится до 15—20% рабочего времени сварщика. При этом коэффициент полезного использования карбида кальция снижается за счет неполного разложения остатка его в реторте. ВНИИавтогенмашем разработана конструкция двухретортного передвижного генератора АНД-1-61 с загрузкой до 7 кг карбида кальция в обе реторты. Технические данные приве-

Технические характеристики передвижных генераторов

Таблица 5

Характеристика	Марка генератора					
	АСМ-1-66 и МГВ-0,8	МГ-65	ГВБ-1,25 и АНВ-1-66	АНД-1-61	ГВР-1,25М* ГВР-1,25МЧ	ГВР-3
Система генератора	«Вытесне- ния» 1,25	«Вода на карбнд» 2,0	Комбинированная — «вытеснения» и «вода на карбнд» 2,0			«Вытесне- ния» 1,25
Прозводность, м ³ /ч	0,1—0,3	350 мм вод. ст.	250—300 мм вод. ст.	280—500 мм вод. ст.	0,08—0,15	0,1—0,7
Рабочее давление ацетилена, кгс/см ²	1,5	800 мм вод. ст.	800 мм вод. ст.	1070 мм вод. ст.	0,7	1,5
Предельное давление в корпу- се, кгс/см ²	780	1135	1040	1150	1042	845
Высота генератора, мм	290	590	478	593	480	295
Диаметр корпуса, мм	25	180	85	140	38	24,5
Потребное количество воды для заполнения, дм ³ :	—	23	—	—	19	16,0
Расход воды на 1 кг карбнда кальци, дм ³	6	3,2	4,2	3,0	4,2	5
Едновременная загрузка кар- бнда кальция, кг	2	2×2,5	1×4	2×3,5	1×4	2,2
Размер кусков карбнда каль- ция, мм	20×50 50×80	15×25 25×50	25×50 50×80	25×50 50×80	25×50 50×80	25×80
К. п. и. карбнда кальция	0,85—0,95	0,80—0,90	0,94	0,94	0,86	0,85—0,95
Общий вес генератора без воды и карбнда кальция кг	19	65	42	62	54	16

* ГВР-1,25МЧ — с челом для работ в зимнее время.

дены в табл. 5. Принцип действия и схема генератора АНД-1-61 те же, что и генератора ГНВ-1,25

Для снабжения ацетиленом стационарных сварочных постов по трубопроводу, а также для производства растворенного ацетилена применяют стационарные ацетиленовые генераторы.

Технические характеристики некоторых стационарных генераторов или установок конструкции ВНИИавтогенмаша следующие:

Тип	Генератор АСК-1-67	Установки	
		УАС-40-2	АС-160
Производительность, $\text{м}^3/\text{ч}$	5	40	160
Единовременная загрузка карбида кальция, кг	12—16	240	600
Максимальное давление в генераторе, $\text{кгс}/\text{см}^2$	0,7	0,055	0,08
Рабочее изб. давление, $\text{кгс}/\text{см}^2$	0,15—0,3	0,044*	0,06
Расход воды на одну загрузку карбида кальция, дм^3	75	1000 $\text{дм}^3/\text{ч}$	1200 $\text{дм}^3/\text{ч}$
Система генератора	Комбинированная: «вода на карбид-вытеснение»	«Карбид в воду»	«Карбид в воду»
Назначение	Для получения и подачи в сеть газообразного ацетилена	Для получения растворенного ацетилена, с подачи части газообразного ацетилена в сеть	

* Указано давление в генераторе; на выходе в сеть давление повышается с помощью вакуум-насоса КВН-8 (используемого как компрессор и равно 0,5—0,7 $\text{кгс}/\text{см}^2$ избыточных).

§ 2. Водяные предохранительные затворы

Водяные затворы защищают ацетиленовый генератор и трубопровод от обратного удара пламени из сварочной горелки или резака. Обратным ударом называется воспламенение ацетилено-кислородной смеси в каналах горелки или резака и распространение пламени навстречу потоку ацетилена. Иногда пламя проходит даже в ацетиленовый шланг; если на его пути нет препятствия в виде водяного затвора, то обратный удар пройдет в ацетиленопровод или генератор, что приведет к взрыву ацетилена в них.

Горение ацетилено-кислородной смеси, т. е. распространение в ней пламени, происходит с определенной скоростью, которая зависит от состава и температуры смесн. Горючая смесь вытекает из отверстия мундштука горелки или резака также с некоторой

скоростью, которая должна быть всегда больше скорости сгорания.

Если скорость истечения смеси станет меньше скорости горения, то пламя может проникнуть в канал мундштука и воспламенить в нем горючую смесь; при этом произойдет хлопок, а если пламя проникло глубоко в мундштук, то возникает обратный удар пламени. Это явление может произойти также в том случае, если увеличится скорость сгорания, например вследствие нагрева мундштука горелки или увеличения количества кислорода в смеси. Обратный удар может также произойти при закупорке канала мундштука каплей расплавленного металла.

Водяной затвор обеспечивает безопасность работ при газовой сварке и резке и является важной частью оборудования газосварочного поста. Водяной затвор должен содержаться всегда в исправном состоянии и быть наполнен водой до уровня контрольного крана.

Нельзя работать горелкой или резаком без включенного водяного затвора или при неисправном водяном затворе.

Водяной затвор всегда включают между горелкой или резаком и ацетиленовым генератором или газопроводом. При отборе ацетилена из ацетиленового баллона водяной затвор не ставят, так как ввиду повышенного давления поступающего в горелку ацетилена из баллона обратный удар пламени маловероятен. Кроме того, установленный на баллоне редуктор и заполняющая баллон пористая масса являются надежной защитой баллона от обратного удара пламени.

На рис. 6, а показана схема работы водяного затвора низкого давления. Затвор состоит из корпуса 1 и двух труб — газоподводящей 4 и предохранительной 8. Последняя несколько короче газоподводящей трубы и снабжена сверху воронкой 6 с отбойником 7. Затвор снабжен газовыпускным краном 3, контрольным краном 2 и краном 5, установленным перед затвором. На рис. 6, в показана работа затвора при обратном ударе пламени, когда часть воды вытесняется в трубы; при этом нижний конец короткой трубы 8 оказывается на уровне воды и вода из нее попадает в воронку 6, а горящая ацетилено-кислородная смесь выбрасывается наружу. Обратный удар пламени не может пройти в газоподводящую трубу 4 и далее в газопровод или генератор, так как она, как более длинная, заполнена водой, а конец ее находится ниже уровня воды в затворе.

На рис. 7 приведена типовая конструкция водяного затвора ВЗНД-3-0,1 низкого давления, на пропускную способность $3 \text{ м}^3/\text{ч}$ ацетилена и максимальное давление перед затвором 1050 мм вод. ст. . Затвор состоит из внутренней 1 и наружной 3 труб, а также сосуда 4 со съёмным днищем 2. Воду наливают до контрольного крана 7. Сверху имеется воронка 5. Газ входит в трубу 1 через верхний ниппель и, пройдя через газорассекатель 8 и слой воды, отводится

в шланг через ниппель 6. Вода из сосуда 4 частично вытесняется в зазор между трубами 1 и 3. При обратном ударе вода выбрасывается в воронку 5 и одновременно заполняет внутреннюю трубу 1,

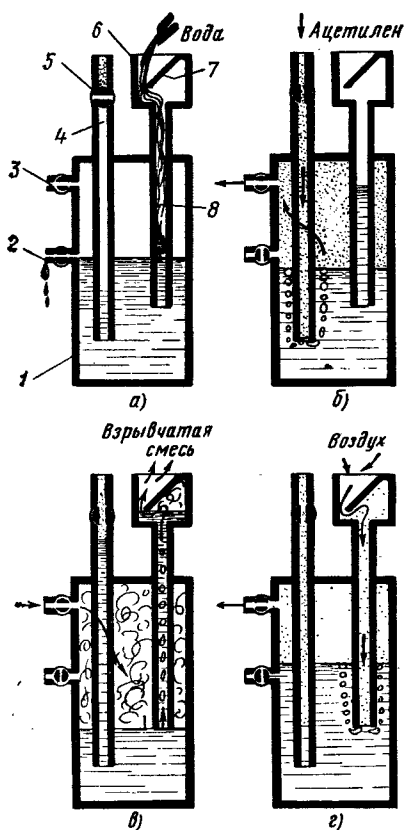


Рис. 6. Схема устройства и работы водяного затвора низкого давления:

а — заполнение затвора водой, б — нормальная работа затвора, в — момент обратного удара пламени, г — подсос воздуха через затвор при недостатке газа в генераторе или ацетиленопроводе

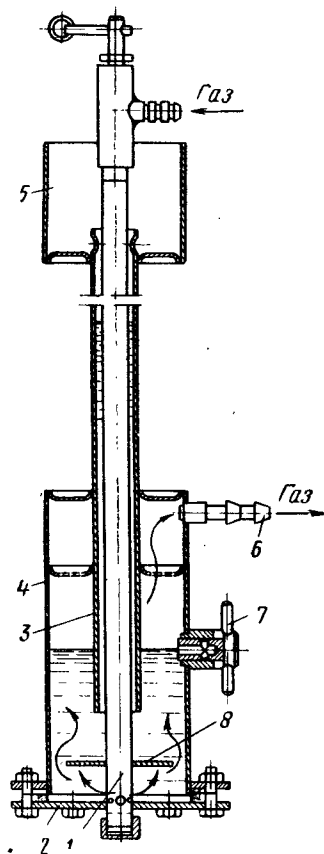


Рис. 7. Типовая конструкция водяного затвора низкого давления:

1 — внутренняя труба, 2 — днище, 3 — наружная труба, 4 — сосуд, 5 — воронка, 6 — ниппель, 7 — контрольный кран, 8 — газораспределитель

создавая в ней водяную пробку, предохраняющую газопровод от обратного удара пламени. Чем выше давление газа, тем больше должна быть высота затвора.

При избыточном давлении ацетилена свыше $0,15\text{--}0,2 \text{ кгс/см}^2$ применяют водяные затворы среднего давления, схема устройства

которых изображена на рис. 8. Затвор состоит из корпуса 3, к которому подведена труба 1. Газ проходит через шаровой обратный клапан 2 с газораспределителем и ниппель 6 в горелку. При обратном ударе пламени вода давит на клапан 2 и, закрывая его, не допускает прохождения горячей смеси в трубу 1. Давлением взрывной волны разрывается мембрана 5 и газовая смесь выбрасывается

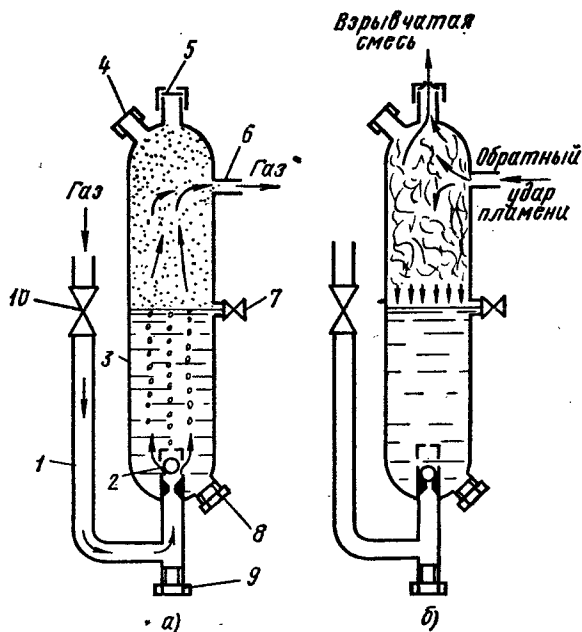


Рис. 8. Схема устройства и работы водяного затвора среднего давления;

а — нормальная работа затвора, *б* — обратный удар пламени;
1 — газоподводящая труба, 2 — обратный клапан, 3 — корпус,
4, 8 и 9 — пробки, 5 — мембрана, 6 — ниппель, 7 — контрольный кран, 10 — кран

наружу. Воду наливают в затвор через отверстие, закрываемое пробкой 4, до контрольного крана 7, а сливают через пробку 8. Для очистки клапана служит пробка 9, для отключения затвора от ацетиленопровода — кран 10. Применяют также безмембранные затворы, внутри которых сверху установлен горизонтальный диск, диаметр которого на 4 мм меньше внутреннего диаметра затвора. Щель между диском и корпусом затвора гасит взрывную волну при обратном ударе.

Затвор среднего давления ЗСД-3-0,7 имеет пропускную способность $3 \text{ м}^3/\text{ч}$ и работает при давлении ацетилена от 0,1 до $0,7 \text{ кгс/см}^2$.

В зарубежной практике применяются сухие постовые затворы (огне- или пламяпреградители), состоящие из трубы диаметром 20 мм, длиной 100—120 мм, с двумя клапанами и пористой цилиндрической вставкой, задерживающей обратный удар пламени из горелки в газопровод. Такие затворы имеют то преимущество, что могут эксплуатироваться при любой наружной температуре, в том

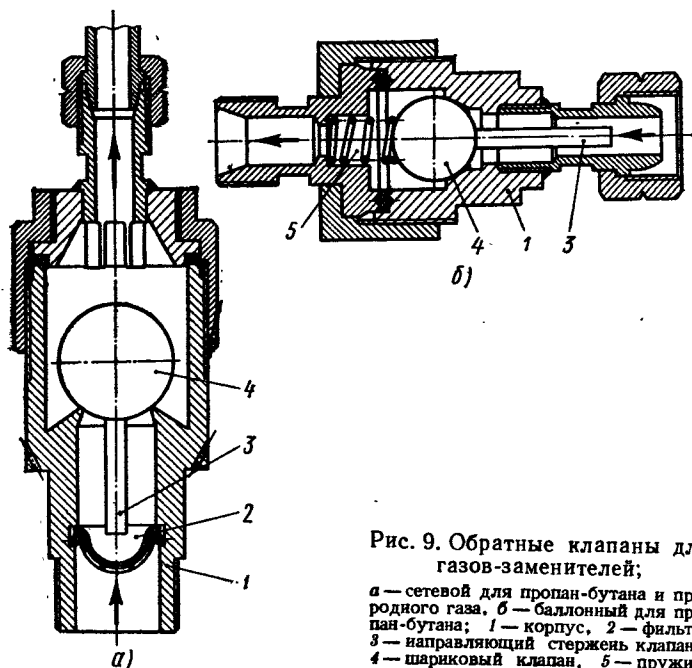


Рис. 9. Обратные клапаны для газов-заменителей;

а — сетевой для пропан-бутана и природного газа, *б* — баллонный для пропан-бутана; 1 — корпус, 2 — фильтр, 3 — направляющий стержень клапана, 4 — шариковый клапан, 5 — пружина

числе и зимой. Подобные затворы разработаны в Швеции фирмой «АГА».

Для газов-заменителей ацетилена (природного, пропан-бутана) используются только затворы закрытого типа, а также обратные предохранительные клапаны — сетевые и баллонные. Сетевой клапан (рис. 9, *а*) рассчитывается на пропускную способность 5 и 10 м³/ч для давления от 0,05 до 3 кгс/см². Он имеет корпус 1, сетчатый фильтр 2 и резиновый шариковый клапан 4 с направляющим стержнем 3. Баллонный клапан (рис. 9, *б*) имеет пропускную способность до 5 м³/ч, рассчитан на давление до 3 кгс/см² и состоит из корпуса 1, резинового клапана 4 с направляющим стержнем 3 и обратной пружины 5. Баллонный клапан ставится после редуктора (по ходу газа).

При обратном ударе пламени или поступлении кислорода в шланг для горючего газа резиновый клапан закрывается и отключает поток горючего газа. Обратные клапаны удобны тем, что их

можно устанавливать на открытом воздухе при низких температурах, при которых водяные затворы могут работать только при их заполнении жидкостью с низкой температурой замерзания (например, антифризом).

§ 3. Баллоны для сжатых газов. Вентили для баллонов

Баллоны для кислорода и других сжатых газов представляют собой стальные цилиндрические сосуды (рис. 10, а). В горловине баллона сделано отверстие с конусной резьбой, куда вверты-

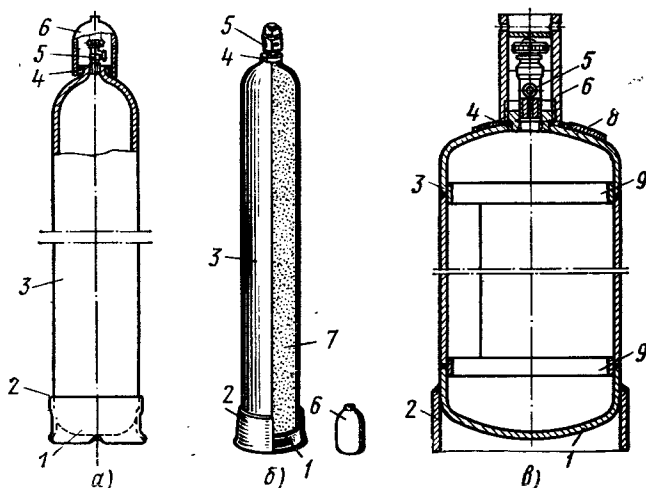


Рис. 10. Баллоны для сжатых газов:

а — кислорода, б — ацетилена, в — пропан-бутана (сварные); 1 — днище, 2 — опорный башмак, 3 — корпус, 4 — горловина, 5 — вентиль, 6 — колпак, 7 — пористая масса, 8 — паспортная табличка, 9 — подкладные кольца

вается запорный вентиль. Баллоны бесшовные для газов высоких давлений изготовляют по ГОСТ 949—57 из труб углеродистой и легированной стали. Типы баллонов приведены в табл. 6.

Баллоны 150 и 150Л применяют для кислорода, водорода, азота, метана, сжатого воздуха и редких газов. Для сжатого воздуха и метана используют также баллоны 200 и 200Л. Для углекислого газа применяют баллоны 150, для ацетилена, аммиака и других газов с давлением до 100 кгс/см^2 — баллоны 100.

Наибольшее распространение имеют баллоны емкостью 40 дм^3 , имеющие размеры:

Наружный диаметр, мм	219
Толщина стенки, мм:	
тип 100 и 150Л	5,2
тип 150 и 200Л	7
тип 200	9,3
Длина корпуса баллонов 150 и 200Л, мм	1390
Вес (без вентиля, колпака, кольца и башмака), кг	
тип 100 и 150Л	43,5
тип 150 и 200Л	60
тип 200	81

Таблица 6

Типы баллонов по ГОСТ 949—57

Тип Баллона	Давление, кгс/см ²		Предел прочности, кгс/мм ²	Предел текучести, кгс/мм ²	Относительное удлинение, %	Ударная вязкость, кгс·м/см ²	
	условное P_y	пробное					
		гидравли- ческое					пневмати- ческое
Баллоны из углеродистой стали							
100	100	Полу- торное рабочее	Рабочее	65	38	15	—
150	150		225				
200	200		300				
Баллоны из легированной стали (Л)							
150Л	150	225	150	90	70	10	10
200Л	200	300	200				

Требования к баллонам для сжатых газов регламентируются правилам Госгортехнадзора. Баллоны окрашивают снаружи в условные цвета, в зависимости от рода газа. Например, кислородные баллоны — в голубой цвет, ацетиленовые — в белый, для технического аргона — в черный с синей поперечной полосой, для чистого аргона — в серый с зеленой поперечной полосой, для воздуха — в черный, для водорода — в темно-зеленый, для прочих горючих газов в красный цвет.

Часть верхней сферы баллона не окрашивают и на ней выбивают паспортные данные баллона: товарный знак завода-изготовителя, номер баллона, вес порожнего баллона (кг), емкость (л), рабочее и испытательное давление (кгс/см²), дату (год, месяц) изготовления и год следующего освидетельствования, клеймо ОТК завода-изготовителя. Здесь же выбивают клейма при последующих испытаниях баллона, которые проводят в 5 лет.

Для подсчета количества кислорода в баллоне нужно водяную емкость баллона в дм³ умножить на давление газа в кгс/см².

Пр и м е р. Емкость баллона 40 дм^3 , давление кислорода 150 кгс/см^2 . Количество кислорода в баллоне: $40 \times 150 = 6000 \text{ дм}^3$, или 6 м^3 , отнесенное к атмосферному давлению.

Расходовать кислород из баллона можно до остаточного давления $0,5\text{—}1 \text{ кгс/см}^2$. После этого вентиль баллона закрывают, отсоединяют редуктор, наворачивают на вентиль заглушку, колпак и отправляют баллон на склад порожних баллонов. Полностью выпускать кислород из баллона нельзя, так как в этом случае на заводе, где наполняют баллоны кислородом, невозможно проверить, какой газ оставался в баллоне от предыдущего наполнения.

Баллон на сварочном посту устанавливают вертикально и закрепляют цепью или хомутом для предохранения от падения. При кратковременных монтажных работах баллон можно укладывать на землю так, чтобы вентиль был выше башмака баллона, для чего верхнюю часть баллона опирают на деревянную подкладку с вырезом, препятствующим перекачиванию баллона. Баллон готовят к работе в следующем порядке:

отвертывают колпак;

отвертывают заглушку штуцера;

осматривают вентиль, чтобы установить, нет ли на нем следов жира, масла и т. п. Если на вентиле замечено присутствие масла, то таким баллоном пользоваться нельзя и сварщик должен отставить данный баллон, сообщив об этом мастеру или руководителю работ;

если вентиль исправен, его штуцер продувают кратковременным поворотом маховичка на небольшой угол. При этом нужно стоять сбоку от штуцера вентиля. При неисправности вентиля (вентиль не открывается или имеет пропуск) баллон следует отставить для направления обратно на кислородный завод для ремонта;

проверяют состояние накидной гайки редуктора;

присоединяют редуктор к вентилю баллона;

ослабляют регулирующий винт редуктора;

медленно вращая маховичок, открывают вентиль баллона и устанавливают рабочее давление кислорода с помощью регулирующего винта редуктора (см. § 4). После этого можно начать отбор газа из баллона.

При понижении давления газа в редукторе он охлаждается, и если в газе содержится влага, а температура окружающей среды достаточно низка (при работе зимой на открытом воздухе), то может произойти замерзание влаги и лед закупорит вентиль и редуктор. В этом случае вентиль и редуктор следует отогреть, применяя для этого только горячую воду или пар.

Баллоны для ацетиленовых работ, с целью обеспечить безопасное хранение ацетилена под высоким давлением, заполняют специальной высокопористой массой (рис. 10, б). Применяют массу из активированного древесного угля, которого берут в количестве $290\text{—}320 \text{ г}$ на 1 дм^3 емкости баллона или из смеси угля, пемзы, инфузорной земли или из других легких и пористых веществ. Массу

в баллоне пропитывают ацетоном, в котором ацетилен хорошо растворяется. Ацетона вводят 225—300 г на 1 дм³ емкости баллона. Находясь в порах массы, растворенный в ацетоне ацетилен становится взрывобезопасным и его можно хранить в баллоне под давлением до 25—30 кгс/см². По ГОСТ 5457—60 нормальное давление для растворенного в ацетоне ацетилена в баллоне установлено 19 кгс/см² при 20° С.

Когда открывают вентиль, ацетилен выделяется из ацетона и в виде газа выходит через редуктор в шланг горелки. Ацетон остается в порах массы и вновь растворяет новые порции ацетилена при последующих наполнениях баллона газом.

В практике газопламенной обработки металлов ацетилен, накачиваемый в баллоны, заполненные пористой массой и ацетоном, принято называть растворенным ацетиленом.

Использование при сварке и резке растворенного ацетилена в баллонах имеет ряд существенных преимуществ по сравнению с ацетиленом, получаемым в передвижных ацетиленовых генераторах: большая безопасность работ; более высокая чистота ацетилена, свободного от влаги, что позволяет использовать его при работе в зимнее время; более высокое давление газа перед горелкой и резаком, что позволяет применять аппаратуру равного давления вместо инжекторной и обеспечивает устойчивость горения сварочного и подогревательного пламени, а также повышает производительность труда; большая компактность сварочной установки, простота ее обслуживания и отсутствие необходимости иметь подсобных рабочих для обслуживания передвижных генераторов. Поэтому растворенный ацетилен находит самое широкое применение при газовой сварке и резке в зарубежных странах и в СССР. Полная замена передвижных генераторов баллонами с растворенным ацетиленом является одним из главных направлений технического развития газовой сварки и резки в нашей стране.

Для определения количества ацетилена в баллоне последний взвешивают до и после наполнения газом. Разность весов дает количество находящегося в баллоне ацетилена в килограммах.

Пр и м е р. Вес баллона с ацетиленом 89 кг, порожнего — 83 кг; количество ацетилена в баллоне равно: по весу $89 - 83 = 6$ кг, по объему $6 : 1,09 = 5,5$ м³ (при атмосферном давлении и температуре 20° С); 1,09 кг/м³ — плотность ацетилена.

Вес порожнего ацетиленового баллона, называемый весом тары, складывается из суммы весов: оболочки баллона с вентилем, пористой массы и ацетона. Вес тары выбивается на сферической части баллона. Бесшовные ацетиленовые баллоны имеют те же размеры, что и кислородные.

При отборе ацетилена из баллона вместе с газом уносится 30—40 г ацетона на 1 м³ ацетилена. Это уменьшает ацетиленовую емкость баллона при последующих наполнениях. Для уменьшения потерь ацетона из баллона не следует отбирать более 1700 дм³/ч ацетилена, а ацетиленовый баллон во время работы надо устанавли-

ливать вертикально. При больших расходах ацетилена несколько баллонов соединяют в батарею. По этой же причине нельзя отбирать ацетилен из баллона до остаточного давления менее $0,5 \text{ кгс/см}^2$ при температуре ниже 0° , менее 1 кгс/см^2 при температуре от 0 до 15°C , менее 2 кгс/см^2 при температуре от 15 до 25°C и менее 3 кгс/см^2 при температуре от 25 до 35°C .

Порожние ацетиленовые баллоны после израсходования из них газа должны храниться с плотно закрытыми вентилями. Это необходимо для того, чтобы при повышении окружающей температуры не мог выделяться из баллона ацетилен в помещение, а при понижении температуры не мог засасываться в баллон окружающий воздух. Причиной этого является изменение растворимости ацетилена, оставшегося в баллоне: при повышении температуры растворимость падает и ацетилен выделяется из раствора, а при понижении — растворимость возрастает и в баллоне создается вакуум.

Баллоны для пропан-бутана (рис. 10, в) изготавливаются по ГОСТ 15860—70 сварными из листовой углеродистой стали, имеющей следующие механические свойства: временное сопротивление разрыву $38\text{—}47 \text{ кгс/мм}^2$, предел текучести $22\text{—}24 \text{ кгс/мм}^2$, относительное удлинение не менее $\delta_{10}\text{—}21\%$, $\delta_5\text{—}25\%$.

Цилиндрическая обечайка баллона имеет продольный шов и к ней круговыми швами приварены два штампованных днища. К верхнему днищу сплошным швом приварена горловина, а к нижнему — прерывистым швом приварен опорный башмак. Наибольшее распространение в промышленности имеют баллоны емкостью 50 дм^3 (на $21,2 \text{ кг}$ сжиженного газа). Баллон емкостью 50 дм^3 имеет наружный диаметр 299^{+3}_0 мм , толщину стенки 3 мм и общую длину (с колпаком) 960 мм . Вес баллона (без вентиля, колпака и защитных колец) $22 \pm 1,5 \text{ кг}$, рабочее давление 16 кгс/см^2 испытательное гидравлическое 25 кгс/см^2 . Качество сварных швов при изготовлении баллонов контролируется: внешним осмотром по ГОСТ 3242—69 — 100% ; механическими испытаниями образцов по ГОСТ 6996—66; просвечиванием проникающим излучением (ГОСТ 7512—69) или другими методами по согласованию с Госгортехнадзором СССР; гидравлическими испытаниями; пневматическими испытаниями. Результаты механических испытаний сварных образцов должны удовлетворять следующим требованиям: временное сопротивление на разрыв — не менее 38 кгс/мм^2 , угол загиба — не менее 100° . Баллоны для пропан-бутана окрашивают в красный цвет. Норма заполнения баллонов для пропана принимается из расчета $0,425 \text{ кг}$ сжиженного газа на 1 дм^3 номинальной емкости.

Вентили для баллонов. Вентили кислородного баллона изготавливают из латуни. Сталь для деталей вентиля, соприкасающихся с кислородом, применять нельзя, так как она сильно корродирует в среде сжатого влажного кислорода. В кислородном вентиле вследствие случайного попадания масла или при воспламенении от трения фибровой прокладки сальника возможно загорание стальных деталей, поскольку сталь может гореть в струе сжа-

того кислорода. Латунь не горит в кислороде, ее применение в кислородных вентилях безопасно. Маховички, заглушки и др. можно изготовлять из стали, алюминиевых сплавов и пластмасс.

Кислородный вентиль (рис. 11) имеет сальниковое уплотнение с фибровой прокладкой 1, в которую буртиком упирается шпindelъ 2, прижимаемый пружиной 3, а при открытом клапане 4 также и давлением газа. Вращение маховичка 6 передается

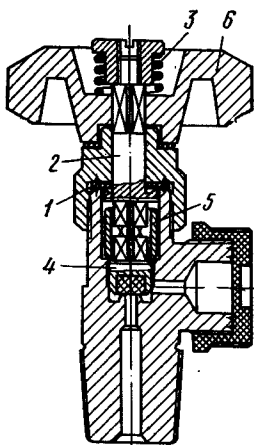


Рис. 11. Вентиль для кислородного баллона:

1 — фибровая прокладка, 2 — шпindelъ, 3 — пружина, 4 — клапан, 5 — муфта, 6 — маховичок

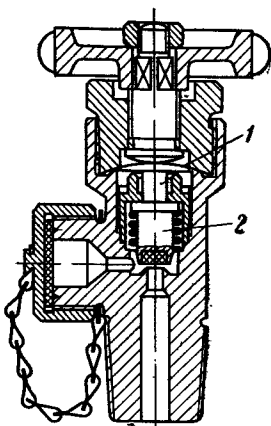


Рис. 12. Вентиль мембранного типа:

1 — мембрана, 2 — клапан

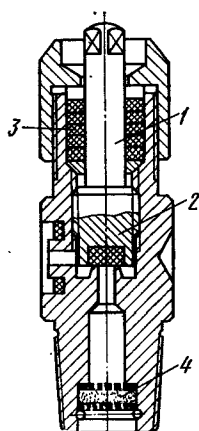


Рис. 13. Вентиль для ацетиленового баллона:

1 — шпindelъ, 2 — клапан, 3 — уплотнение сальника, 4 — фильтр

клапану через муфту 5, надеваемую на квадратные хвостовики шпинделя и клапана. Для уменьшения трения фибровую прокладку 1 пропитывают чистым парафином в течение 40 мин при 70°C^* .

На рис. 12 показан мембранный вентиль. Мембрану 1 изготовляют из фосфористой бронзы или нержавеющей стали толщиной 0,1—0,15 мм. Закрытие вентиля производится клапаном 2.

Ацетиленовые вентили (рис. 13) изготовляют из стали, применение которой в данном случае безопасно. Наоборот, в ацетиленовых вентилях запрещается применять медь и сплавы, содержащие свыше 70% меди, так как с медью ацетилен может образовывать взрывчатое соединение — ацетиленистую медь. К ацетиленовому вентилю редуктор присоединяют хомутом, снабженным нажимным винтом. Шпindelъ вращают торцевым ключом, надеваемым на квадратный конец шпинделя. Нижняя часть 2 шпин-

* Во избежание загорания фибровые прокладки вентилях заменяются капроновыми.

деля 1 имеет вставку из эбонита и служит клапаном. Для уплотнения сальника 3 применяют набор кожаных колец. В хвостовик вентиля вставлен войлочный фильтр 4.

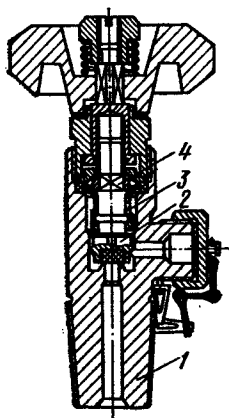


Рис. 14. Вентиль для пропан-бутана:

1 — корпус, 2 — клапан, 3 — резиновый манжет, 4 — шпindelь

Различная конструкция вентиля, как и разная окраска баллонов, предупреждает возможность ошибочного наполнения ацетиленом кислородного баллона, и наоборот; это представляет большую опасность, так как может привести к взрыву баллона при наполнении его не тем газом, для которого данный баллон предназначен.

Вентили для пропан-бутана (рис. 14) имеют стальной корпус 1; клапан 2 и шпindelь 4 соединены эластичным резиновым манжетом 3, обеспечивающим герметичность сальниковой гайки.

§ 4. Редукторы для сжатых газов

Конструкция редукторов. Редукторы служат для понижения давления газа, отбираемого из баллона (или газопровода), и поддержания этого давления постоянным, независимо от снижения давления газа в баллоне.

Схема постового однокамерного редуктора показана на рис. 15, а и б. Из баллона газ поступает в штуцер 1 редуктора под давлением, указываемым манометром 2. Сжатый газ далее проходит через клапан 11, преодолевая его сопротивление, вследствие чего давление газа понижается и он поступает в камеру низкого давления 10, давление в которой указывает манометр 3; под этим (рабочим) давлением газ через вентиль 6 идет в горелку.

Мембрана 7 (из прорезиненной ткани), регулирующий винт 9, пружины 8 и 4 служат для изменения положения клапана 11, от степени открытия которого зависит давление газа после редуктора. Чем больше открыт клапан 11, тем выше давление газа после него и тем большее количество газа проходит через редуктор. При ввертывании винта 9 сжимаются пружины 8 и 4, открывается клапан 11 и повышается давление в камере 10. При вывертывании винта 9, наоборот, клапан 11 прикрывается, а давление газа в камере 10 уменьшается.

Установленное рабочее давление в редукторе автоматически поддерживается постоянным. При уменьшении количества отбираемого газа его давление начнет возрастать и газ в камере низкого давления 10 будет с большей силой давить на мембрану 7, которая отойдет вниз и сожмет пружину 8. При этом пружина 4 прикроет

клапан 11 до тех пор, пока давление в камере 10 не станет вновь равным его первоначальной величине; обратное явление будет происходить при понижении рабочего давления. Предохранительный клапан 5 защищает мембрану от разрыва в случае, если клапан 11 начнет пропускать газ.

Промышленностью выпускаются редукторы как однокамерные, так и двухкамерные. В двухкамерных (двухступенчатых) редукторах давление понижается в двух ступенях: в первой — с начального 150—165 кгс/см² до промежуточного 40—50 кгс/см², а во второй —

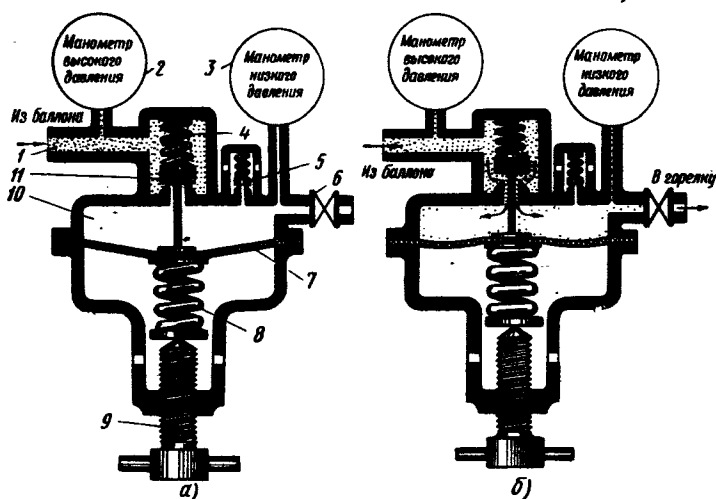


Рис. 15. Схема устройства и работы редуктора:

а — нерабочее положение (газ не проходит через редуктор), б — положение частей редуктора при прохождении через него газа; 1 — входной штуцер, 2 и 3 — манометры, 4 — обратная пружина, 5 — предохранительный клапан, 6 — вентиль запорный, 7 — мембрана, 8 — главная пружина, 9 — регулирующий винт, 10 — камере низкого давления, 11 — редуцирующий клапан

до конечного рабочего давления 3—15 кгс/см². Двухступенчатые редукторы обеспечивают практически постоянное рабочее давление газа, не изменяющееся при понижении давления в баллоне по мере расходования из него газа. Двухкамерные редукторы менее склонны к «замерзанию», однако они сложнее по конструкции, чем однокамерные, и требуют для своего изготовления больше цветного металла, а поэтому и более дороги.

Баллонные редукторы для кислорода и ацетилена показаны на рис. 16. Ацетиленовый редуктор по принципу действия и конструктивному оформлению подобен кислородному. Отличие состоит в том, что для присоединения к вентилю баллона у ацетиленовых редукторов вместо накидной гайки имеется специальный

хомут с нажимным винтом. Кислородные редукторы окрашивают в голубой цвет, ацетиленовые — в белый.

Редукторы для других горючих газов присоединяются к штуцеру вентиля баллона накидной гайкой с левой трубной резьбой 1/2" и окрашиваются в красный цвет.

Для централизованного питания кислородом применяют центральные (рамповые) редукторы ДКР-250/500, рассчитанные на максимальную пропускную способность до 250 и 500 м³/ч, при рабочем давлении 3—16 кгс/см². В отдельных случаях применяют специальные редукторы с пропускной способностью до 1500—6000 м³/ч.

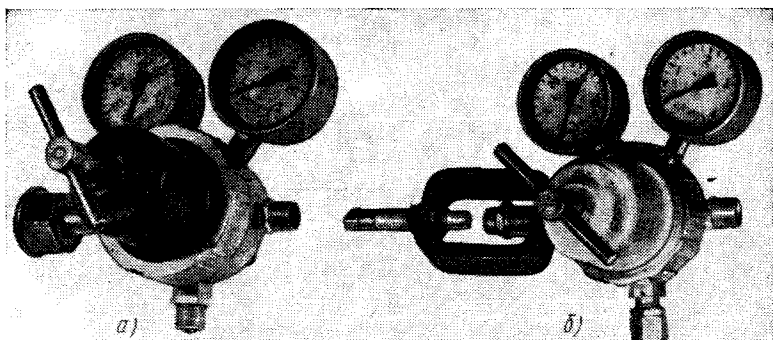


Рис. 16. Баллонные редукторы:
а — кислородный ДКП-1-65, б — ацетиленовый ДАП-1-65

На рис. 17 показан в разрезе рамповый редуктор ДКР-250/500 с пневматическим заданием рабочего давления с помощью вспомогательного редуктора. Кислород из батареи баллонов поступает в редуктор по штуцеру 1 и проходит редуцирующий клапан 4, где одноступенчато редуцируется до рабочего давления, измеряемого манометром 5; давление перед редуктором измеряется манометром 3. Пройдя рабочую камеру 6, кислород отводится в сеть по трубке 7. Степень открытия клапана 4 определяется перемещением упругой мембраны 8, на которую снизу действует давление кислорода, поступающего в пространство под мембраной по каналу 9 от задаточного (вспомогательного) редуктора 2. Избыточный газ из-под мембраны сбрасывается в рабочую камеру основного редуктора через дюзку 10.

ГОСТ 6268—68 устанавливает 18 типов редукторов. Ниже приводятся технические характеристики некоторых из них, наиболее широко применяющихся при сварке и резке:

Тип редукторов	Наибольшее давление на входе, кгс/см ²	Рабочее давление, кгс/см ²	Расход газа, м ³ /ч
КБО-60	200	1—15	7,5—60
АБО-5	30	0,1—1,2	3—5
ПБО-5	25	0,1—3	3—5
КБД-60	200	1—15	7,5—60
КБД-25	200	0,5—8	3—25
АБД-5	30	0,1—1,2	3—5
КСО-10	16	0,1—5	5—10
АРД-30	30	0,2—1	30
КРУ-250	200	3—16	50—250

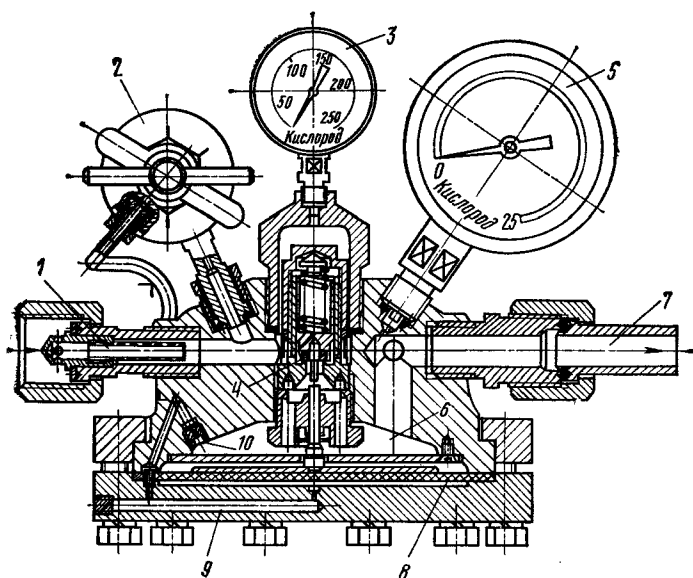


Рис. 17. Рамповый редуктор ДКР-250/500 с пневматическим заданием величины рабочего давления (разрез):

1 — входной штуцер, 2 — вспомогательный редуктор, 3 и 5 — манометры, 4 — редуцирующий клапан, 6 — рабочая камера, 7 — трубка для выхода кислорода, 8 — мембрана, 9 — канал, 10 — дюза

Буквы в обозначении редуктора указывают: Б — баллонные, Р — рамповые, С — сетевые, А — ацетиленовые, К — кислородные, М — метановые, П — пропан-бутановые, О — одноступенчатые, Д — двухступенчатые, У — с пневматической установкой давления от специальных задающих редукторов, цифры — наибольший расход газов в м³/ч при максимальном рабочем давлении. Низший расход газа соответствует минимальному рабочему давлению.

Для сварочных постов, питаемых от газопроводов, промышленностью выпускаются сетевые редукторы следующих типов:

Газ	ДКС-1-66 кислород	ДАС-1-66 ацетилен	ДПС-1-66 пропан	ДМС-1-66 метан
Давление на входе, кгс/см^2	7—16	1,1—1,2	2,5—3	2,5—3
Давление рабочее, кгс/см^2	0,1—5	0,1—1	0,2—1,5	0,2—1,5
Расход газа, $\text{м}^3/\text{ч}$	5—10	5—10	3—6	17,5—35

Минимальный расход газа соответствует наименьшему рабочему давлению, максимальный — наибольшему.

Обращение с редукторами. Перед присоединением редуктора к вентилю баллона (рис. 18) необходимо продуть штуцер вентиля, убедиться в исправности фибровой прокладки на

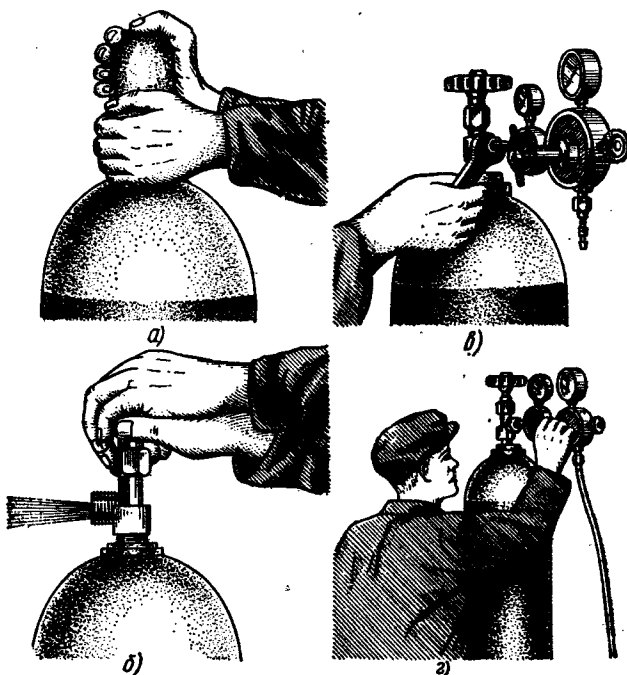


Рис. 18. Установка редуктора на баллон:

а — снятие колпака, б — продувка вентиля, в — закрепление накидной гайкой, г — установка рабочего давления по манометру

штуцере редуктора и резьбы накидной гайки редуктора, в отсутствии на них загрязнений маслом.

Присоединив редуктор к вентилю, полностью ослабляют регулирующий винт редуктора, а затем открывают вентиль баллона, следя за показаниями манометра высокого давления. После этого

можно устанавливать рабочее давление, вращая регулирующий винт по часовой стрелке. Когда давление достигает нужной величины, можно пустить газ в горелку.

При перерывах в работе ослабляют пружину редуктора, выпускают газ из горелки и вращают регулирующий винт редуктора против часовой стрелки, пока давление газа по манометру низкого давления не будет равно нулю. После этого закрывают вентиль баллона.

Манометры редуктора должны быть исправны и правильно показывать давление газа. Неисправный редуктор следует сдать в ремонтную мастерскую. Не разрешается ремонтировать редуктор, установленный на баллоне, так как это может привести к несчастному случаю.

«З а м е р з а н и е» р е д у к т о р о в. При прохождении кислорода через редуцирующий клапан редуктора и понижении его давления (этот процесс называется *дресселированием*) происходит охлаждение газа. Уменьшение давления на 1 кгс/см^2 вызывает понижение температуры, примерно, на 1 град . Если при этом окружающая температура воздуха и газа в баллоне достаточно низкая, то газ после редуцирующего клапана может иметь отрицательную температуру. Это может привести к выпадению кристаллов льда и закупориванию ими каналов клапана и редуктора в тех случаях, когда кислород содержит пары воды. В таком случае редуктор «замерзает» и перестает нормально работать. Замерзаетость редукторов наступает тем быстрее, чем выше влажность кислорода, больше расход газа и перепад давления в редукторе, меньше масса редуктора и теплопроводность его материала, а также чем ниже температура газа в баллоне.

Для борьбы с замерзанием кислородных редукторов рекомендуется: производить отбор газа из вертикально расположенных баллонов; перед каждым присоединением редуктора к баллону удалять из него влагу продувкой вентилей; при подсоединении работающего редуктора предварительно продувать его.

Полной гарантией невозможности замерзания редукторов является применение сухого кислорода с содержанием влаги не более $0,07 \text{ г/м}^3$, что соответствует точке росы, примерно минус 50°C .

§ 5. Газораспределительные рампы.

Рукава (шланги). Трубопроводы

Газораспределительные рампы. При значительном расходе кислорода его следует подавать в сварочный цех по трубопроводу от батареи кислородных баллонов. Для этой цели применяют газораспределительные рампы (рис. 19), состоящие из двух групп баллонов 1, присоединенных гибкими медными трубками 2 к трубам-коллекторам 3 через вентили 4. Каждый коллектор имеет по главному запорному вентилю 7. Когда из одного коллектора отбирают газ, ко второму присоединяют новые баллоны, на-

полненные газом. Вентили 4 позволяют отсоединять каждый баллон от рампы, не прерывая отбора газа из остальных баллонов. Рампа имеет центральный редуктор 6 для понижения давления газа, подаваемого в цех по трубопроводу 5. Рампы устанавливают в отдельном изолированном помещении.

При значительных расходах кислорода применяют постоянные хранилища (реципиенты) из батарей сколлектированных баллонов емкостью по 400 дм³ на рабочее давление 200 кг/см², выпускаемых промышленностью по ГОСТ 9731—61.

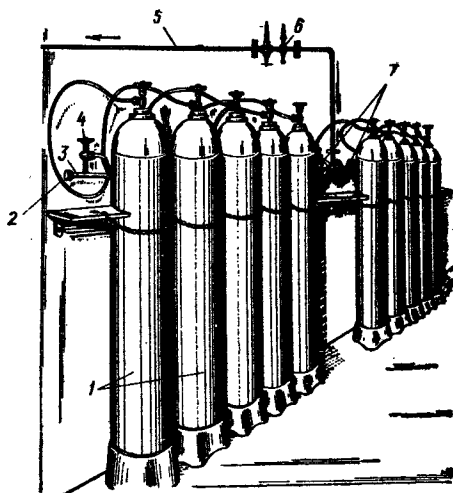


Рис. 19. Настенная газораспределительная рампа для кислорода:

1 — баллоны, 2 — медные трубки, 3 — коллекторы, 4 — вентили, 5 — трубопровод, 6 — центральный редуктор, 7 — главные запорные вентили

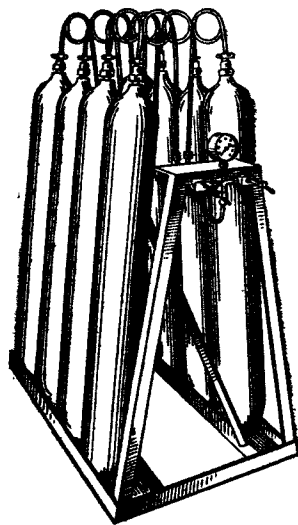


Рис. 20. Напольная газораспределительная рампа для кислорода

Используются также передвижные рампы, устанавливаемые на полу помещения (рис. 20). К рампе баллоны с кислородом под давлением до 150 кг/см² присоединяют медными трубками наружным диаметром 8 мм, толщиной стенки 1,5 мм и внутренним диаметром 5 мм.

Конструкция распределительной рампы для ацетиленовых баллонов показана на рис. 21.

Рукава (шланги) служат для подвода газа в горелку или резак. Они должны обладать достаточной прочностью, выдерживать давление газа, быть гибкими и не стеснять движений сварщика. Шланги изготовляют из вулканизированной резины с прокладками из ткани (рис. 22). По ГОСТ 9356—60* выпускаются рукава для ацетилена и городского газа на рабочее давление не более 6 кг/см²

(тип I); для жидкого топлива (бензин, керосин) на рабочее давление не более 6 кгс/см^2 (тип II); для кислорода на рабочее давление не более 15 кгс/см^2 (тип III). Для малых горелок применяют рукава с внутренним диаметром 6 мм, для горелок и резаков нормальной

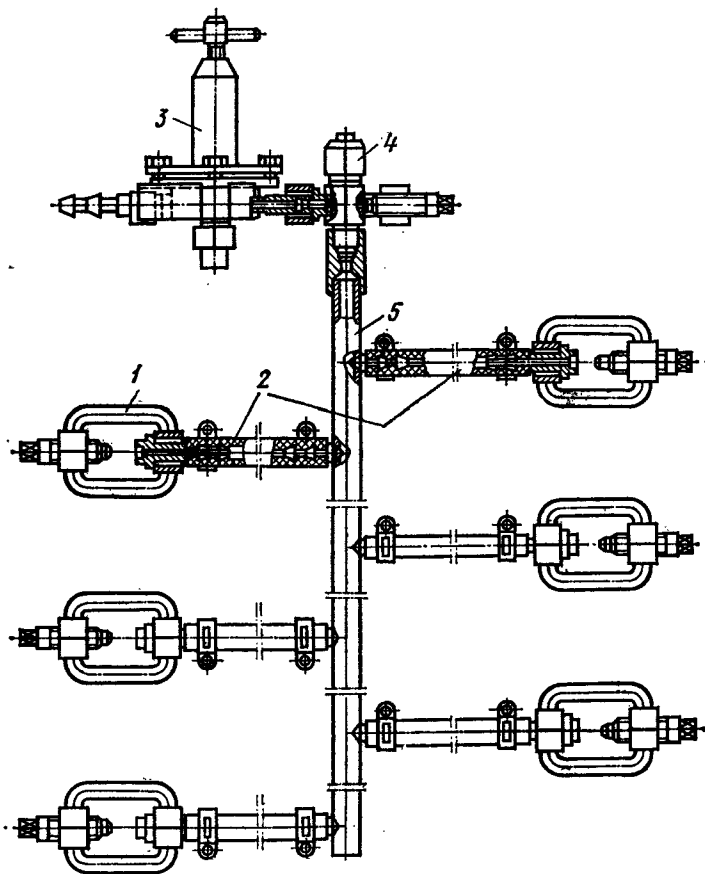
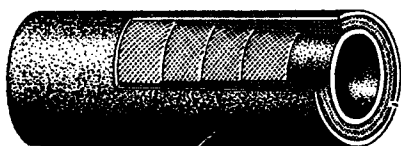


Рис. 21. Рампа для ацетиленовых баллонов (конструкция):
1 — хомуты, 2 — бронированные гибкие резиноканевые шланги, 3 — редуктор рамповый для ацетилена, 4 — запорный вентиль, 5 — стальная труба (коллектор)

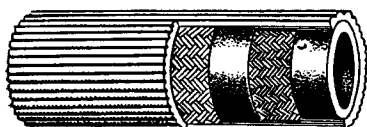
и повышенной мощности — рукава с внутренним диаметром 9, 12 и 16 мм. Рукава всех типов должны выдерживать гидравлическое испытание давлением, на 25% превышающим максимальное рабочее (типы I и II — на $7,5 \text{ кгс/см}^2$, тип III — на $18,75 \text{ кгс/см}^2$).

Запас прочности рукавов типов I и II должен быть не менее, чем четырехкратный, а типа III — не менее, чем трехкратный по отношению к рабочему давлению. Рукава типа II должны изготов-

ливаться из бензостойкой резины. Все рукава должны иметь цветной наружный слой: для кислорода — синий, ацетилена — красный, жидкого топлива — желтый. Чтобы сварщик мог свободно работать, длина каждого шланга берется от 8 до 20 м. При длине более 20 м сильно возрастают потери давления в шлангах.



а)



б)

Рис. 22. Резиновые рукава (шланги):

а — с тканевыми прокладками, б — с оплеткой

Серийно выпускаемые шланги предназначены для работы при наружной температуре от $+50$ до -35°C . Для более низких температур необходимо заказывать шланги по отдельным ТУ, согласно которым шланги изготавливают из морозостойкой резины, неокрашенные. Например, резина марки 14К-10 по МРТУ 38-5-11-66—64 может выдерживать температуру до -65°C .

При необходимости шланги для кислорода и ацетилена соединяют с помощью латунных и стальных ниппелей, на которых концы шлангов закрепляют специальными хомутиками или не

менее чем в двух местах проволокой.

Нельзя применять ниппели для соединения шлангов, по которым проходит керосин или бензин, так как при неплотности в месте соединения вытекающий керосин (или бензин) может загореться.

Трубопроводы для ацетилена прокладывают из стальных бесшовных труб, соединяемых сваркой. Ацетиленовый трубопровод в цехах окрашивают в белый цвет. Для выбора внутреннего диаметра ацетиленопровода низкого давления (до $0,1 \text{ кгс/см}^2$) можно пользоваться данными табл. 7.

Таблица 7

Размеры труб для ацетилена низкого давления

Общая длина трубопровода, м	Внутренний диаметр трубы, мм, при расходе ацетилена, $\text{м}^3/\text{ч}$					
	1	2	4	6	8	10
10	19	25	32	38	45	45
20	19	32	38	45	45	50
30	25	32	38	45	50	65
50	25	38	45	50	65	65
100	32	38	50	65	65	76
150	32	45	50	65	76	76
200	38	45	65	76	76	76

Внутренний диаметр ацетиленопровода среднего давления ($0,1—1,5 \text{ кгс/см}^2$) не должен превышать 50 мм, высокого давления (свыше $1,5 \text{ кгс/см}^2$) — 20 мм. При большем расходе газа прокладывают два и более параллельных трубопровода.

По стенам и колоннам трубопровод прокладывают на высоте не менее 2,5 м от пола. Для стока конденсата трубопроводу придают уклон 0,002 в сторону влагосборника. Отводы от главной трубы к постовым затворам делают из труб с внутренним диаметром 13 мм ($1/2$ дюйма).

Трубопроводы для кислорода под давлением до 16 кгс/см^2 изготавливают из стальных газовых шовных (усиленных), бесшовных или электросварных труб. При давлении от 16 до 64 кгс/см^2 применяют стальные бесшовные трубы. При давлении более 64 кгс/см^2 применяют медные или латунные цельнотянутые трубы, так как при повышенном давлении может произойти загорание стальной трубы в кислороде от искры при трении частиц окалины о стенки трубы, попадания и самовоспламенения масла, загорания прокладки и других явлений, связанных с местным выделением тепла. Цеховые кислородопроводы окрашивают в голубой цвет. При прокладке кислородопровода в земле применяют стальные бесшовные трубы, независимо от давления газа.

Трубы для кислорода соединяют между собой сваркой, для медных труб применяют также пайку стыков твердым (медноцинковым) припоем в раструб или на муфтах. Все трубы для кислорода после монтажа, перед сдачей в эксплуатацию, обезжиривают промывкой растворителем (четырёххлористым углеродом) с последующей продувкой паром или сухим, очищенным от паров масла, воздухом до полного удаления растворителя (исчезновения запаха). При совместной прокладке в цехах кислородопровод располагают ниже ацетиленопровода, с расстоянием между ними не менее 250 мм и высотой от уровня пола не менее 2,5 м.

Для подачи кислорода к сварочным постам под низким давлением ($5—10 \text{ кгс/см}^2$) диаметр кислородопровода выбирают по табл. 8.

Таблица 8

Размеры труб для кислорода

Общая длина трубопровода, м	Внутренний диаметр трубы, мм, при расходе кислорода, м ³ /ч					
	1	2	4	6	8	10
10	3	4	5	6	7	8
20	3,5	4,5	5,5	6,5	7,5	8,5
30	4	5	6	7	8	9
50	4,5	5,5	7	8	9	10
100	5	6	7,5	9	10	11
200	6	7	9	10	11	12
500	7	9	11	12	13	15

§ 6. Сварочные горелки

Сварочная горелка служит основным инструментом при ручной газовой сварке. В горелке смешивают в нужных количествах кислород и ацетилен. Образующаяся горючая смесь вытекает из канала мундштука горелки с заданной скоростью и, сгорая, дает устойчивое сварочное пламя, которым расплавляют основной и присадочный металл в месте сварки. Горелка служит также для регулирования тепловой мощности пламени путем изменения расхода горючего газа и кислорода.

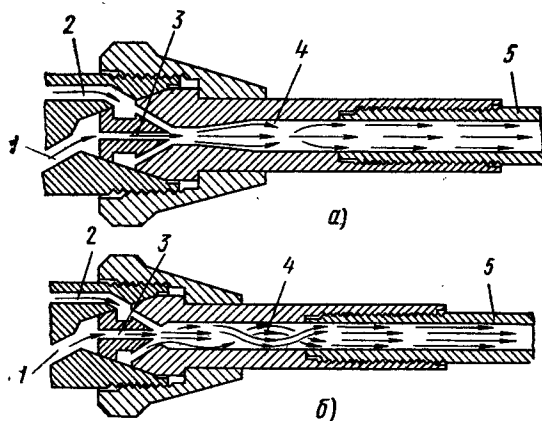


Рис. 23. Устройство узла смешения газов в горелках:

а — инжекторной, б — безынжекторной; 1 — кислородный канал, 2 — ацетиленовый канал, 3 — сопло, 4 — смешительная камера, 5 — трубка горючей смеси

По способу подачи горючего газа применяют два типа конструкций горелок: инжекторные и безынжекторные (рис. 23).

И н ж е к т о р н ы е горелки работают на ацетилене низкого и среднего давлений. Подача ацетилена в смешительную часть (узел смешения) инжекторной горелки осуществляется за счет подсоса его струей кислорода, вытекающего с большой скоростью из отверстия сопла, называемого инжектором. Процесс подсоса газа более низкого давления струей газа, подводимого под более высоким давлением, называется и н ж е к ц и е й.

Схема узла смешения инжекторной горелки показана на рис. 23, а. Кислород под давлением поступает по каналу 1 в сопло инжектора 3. При истечении кислорода с большой скоростью из сопла создается разрежение в канале 2, по которому подсасывается ацетилен. Кислород и ацетилен далее поступают в смешительную камеру 4, имеющую конически расширяющийся канал (диффузор), где смешиваются и образуют горючую смесь, которая по трубке 5

идет в мундштук, образуя на выходе из него при сгорании сварочное пламя.

Схема узла смешения безынжекторной горелки показана на рис. 23, б. В этой горелке кислород по каналу 1 и горючий газ (ацетилен) по каналу 2 поступают под одинаковым давлением в цилиндрический канал смесителя 4, образуют в нем горючую смесь и по трубке 5 направляются в мундштук горелки, по выходе из которого сгорают, образуя сварочное пламя.

Для нормальной работы инжекторной горелки давление поступающего в нее кислорода должно быть $2-4 \text{ кгс/см}^2$, ацетилена — от $0,01$ до $0,1 \text{ кгс/см}^2$ (от 100 до 1000 мм вод. ст.).

Диаметр канала инжектора определяют по формуле

$$d_{\text{и}} = \sqrt{\frac{V_{\text{к}}}{0,45(p+1)}},$$

где $d_{\text{и}}$ — диаметр канала инжектора, мм;

$V_{\text{к}}$ — расход кислорода, $\text{м}^3/\text{ч}$;

p — давление кислорода, кгс/см^2 .

Пример. Расход кислорода $V_{\text{к}} = 4 \text{ м}^3/\text{ч}$; давление $p = 3 \text{ кгс/см}^2$. Подставляя эти значения в формулу, определяем диаметр канала инжектора

$$d_{\text{и}} = \sqrt{\frac{4}{0,45(3+1)}} = 1,49 \text{ мм.}$$

Зная диаметр канала инжектора ($d_{\text{и}}$), определяют диаметр входного канала смесительной камеры ($d_{\text{см}}$) и выходного канала мундштука ($d_{\text{м}}$) из соотношения

$$d_{\text{и}} : d_{\text{см}} : d_{\text{м}} = 1 : (3 \div 3,4) : 3.$$

Следовательно, в нашем примере имеем: $d_{\text{см}} = 1,49 \cdot 3 = 4,5 \text{ мм}$; $d_{\text{м}} = 1,49 \cdot 3 = 4,5 \text{ мм}$.

Для нормальной величины подсоса (т. е. разрежения в ацетиленовых каналах) в горелке имеет значение расстояние между концом сопла инжектора и входом в смесительную камеру.

При увеличении этого расстояния до некоторого предела подсос возрастает, а при уменьшении — падает.

Устойчивое горение пламени при нормальном составе смеси для ацетилено-кислородных горелок и мундштуков обеспечивается при скорости истечения смеси из сопла мундштука в пределах от 50 до 170 м/сек (для мундштуков с диаметром выходного канала $d_{\text{м}}$ от $0,6$ до $3,5 \text{ мм}$); при этом избыточное давление смеси в трубке перед мундштуком должно быть в пределах $0,03-0,27 \text{ кгс/см}^2$. При скорости истечения $20-40 \text{ м/сек}$ возникают хлопки и обратные удары пламени, а при скорости $140-240 \text{ м/сек}$ возможен отрыв пламени от мундштука горелки.

Инжекторные горелки могут работать и при среднем давлении (от $0,1$ до $1,5 \text{ кгс/см}^2$) ацетилена. Повышение давления ацетилена облегчает работу инжектора и регулирование пламени, однако

при этом приходится сильнее прикрывать вентиль горючего газа горелки, что увеличивает возможность возникновения хлопков и обратных ударов пламени. Поэтому при работе от ацетиленового баллона инжекторной горелкой давление ацетилена перед ней должно поддерживаться в пределах $0,2—0,5 \text{ кгс/см}^2$.

Для лучшего отвода тепла мундштуки изготавливают из теплоустойчивых, высокотеплопроводных материалов — меди МЗ или хромистой бронзы Бр. Х0,5 (ЦМТУ3299—53), к которой в меньшей степени прилипают брызги расплавленного металла. Мундштуки горелок малой мощности и имеющие водяное охлаждение изготавливают из латуни ЛС59-1. Для устойчивого горения и правильной формы пламени требуется тщательная обработка поверхности выходного канала мундштука; недопустимы заусенцы, вмятины и другие повреждения, могущие вызвать отрыв, хлопок или обратный удар пламени. Снаружи мундштуки полируют для предупреждения налипания брызг металла.

Инжекторное устройство горелки должно обеспечивать некоторый «запас ацетилена», т. е. увеличение его расхода при полном открытии ацетиленового вентиля горелки по сравнению с паспортным расходом газа для данного номера мундштука. Согласно ГОСТ 1077—69 и 5191—69 инжекторные ацетилено-кислородные сварочные горелки и резаки должны обеспечивать запас ацетилена не менее: горелки — 15%, резаки — 10% от максимального расхода газа.

В промышленности применяется большое количество различных горелок, отличающихся конструктивным выполнением, мощностью, назначением (сварочные, для пайки, подогрева, закалки, поверхностной очистки и пр.). Наибольшее распространение имеют сварочные универсальные горелки средней мощности.

На рис. 24 показаны инжекторные горелки средней мощности ГС-3 и малой мощности ГС-2, выпускаемые серийно для сварки металлов. Горелки снабжаются набором сменных наконечников различных номеров, отличающихся расходом газов и предназначенных для сварки металла различной толщины. Номер наконечника выбирается в соответствии с толщиной свариваемого металла (стали) и требуемым удельным расходом ацетилена в $\text{дм}^3/\text{ч}$ на 1 мм толщины, по данным табл. 9.

Вместо горелок ГС-3, ГС-2, «Москва» и «Малютка» в настоящее время выпускают горелки «Звезда» и «Звездочка» той же технической характеристики.

К рукоятке (стволу) универсальных горелок ГС-3 и «Звезда» можно присоединять также специальные наконечники: многопламенные, для подогрева, пайки и др.

Для сварки и наплавки черных и цветных металлов большой толщины, заварки дефектов в крупногабаритных чугунных деталях, нагрева при правке, гибке и выдавливании металла и других подобных работах применяют горелки большой мощности ГС-4.

Техническая характеристика наконечников универсальных сварочных горелок

Показатели	Номера наконечников						
	0	1	2	3	4	5	6 7
Примерная толщина свариваемого металла (сталь), мм	0,3—0,6	0,5—1,5	1—2,5	2,5—4	4—7	6—11	10—18 17—30
Расход, $\text{дм}^3/\text{ч}$:							
ацетилен	25—60	50—135	120—240	230—400	400—700	660—1100	1050—1750 1700—2800
кислорода	28—70	50—135	130—260	250—430	430—750	740—1200	1150—1950 1900—3100
Диаметр канала, мм:							
инжектора	0,18	0,25	0,35	0,45	0,6	0,75	0,95 1,2
смесительной камеры	0,6	0,85	1,15	1,5	1,9	2,3	2,8 3,5
мундштука	0,6	0,85	1,15	1,5	1,9	2,3	2,8 3,5
Давление кислорода, $\text{кгс}/\text{см}^2$	0,8—4	1—4	1,5—4	2—4	2—4	2—4	2—4
Скорость истечения смеси из мундштука, $\text{м}/\text{сек}$	40—135	50—130	65—135	75—135	80—140	90—150	100—160 110—170

Горелки ГС-4 имеют два наконечника следующей характеристики:

Номер наконечника	8	9
Толщина свариваемой стали, мм	30—50	50—100
Расход газов, м ³ /ч:		
ацетилена	2,8—4,5	4,5—7,0
кислорода	3,1—5,0	5—8

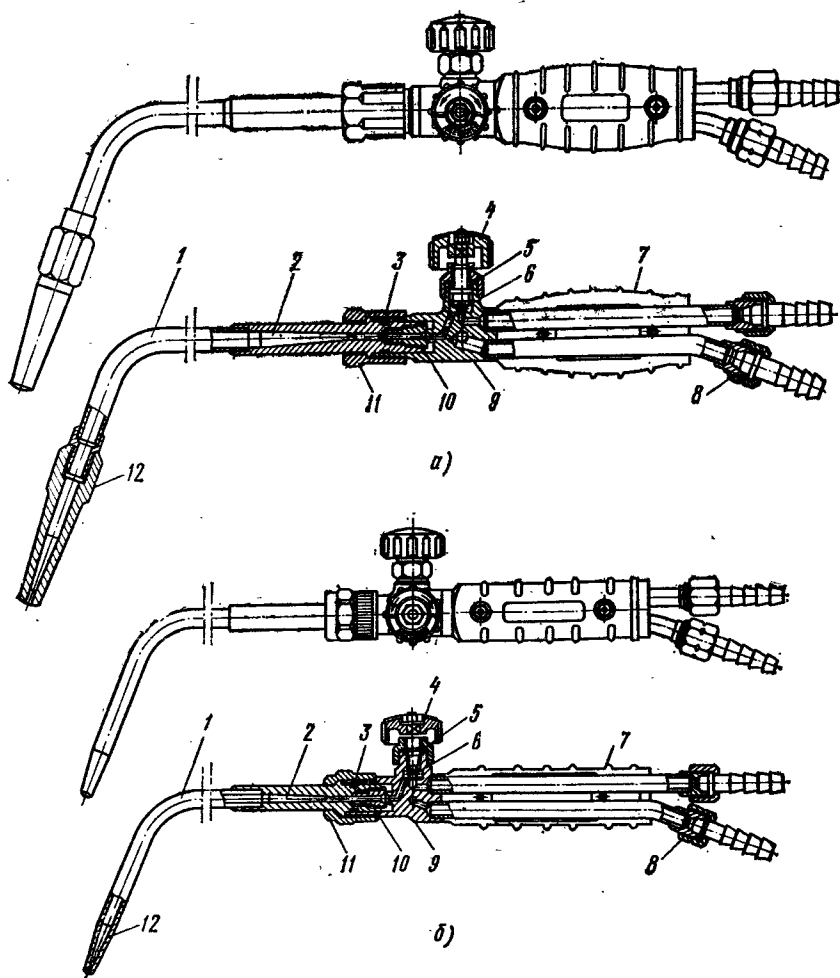


Рис. 24. Внешний вид и разрез инжекторных горелок:

а — типа ГС-3, б — типа ГС-2; 1 — трубка наконечника, 2 — смешивательная камера, 3 и 5 — резиновые уплотнительные кольца (маслотермостойкая резина ГОСТ 9833-61 со смазкой ЦИАТИМ-221 по ГОСТ 9433-60), 4 — маховичок, 6 — шаровой уплотнительный клапан, 7 — пластмассовая рукоятка, 8 — ацетиленовый выключатель, 9 — корпус, 10 — инжектор, 11 — накидная гайка, 12 — мундштук

В наконечниках ГС-4 инжектор и смесительная камера установлены непосредственно перед мундштуком, а горючий газ подается в инжектор по трубке, расположенной внутри трубки для подачи кислорода. Этим предупреждается нагревание горючего газа и смеси отраженным теплом пламени, что уменьшает возможность обратных ударов и хлопков при работе в тех тяжелых условиях нагрева, для которых используется горелка ГС-4. Для работы на пропан-бутане горелка ГС-4 имеет два наконечника с сетчатыми мундштуками на расходы: № 8 — пропан-бутана 1,7—2,7, кислорода 6—9,5 м³/ч; № 9 — пропан-бутана 2,7—4,2, кислорода 9,5—14,7 м³/ч.

При сварке крупных деталей (например, заварке дефектов чугунных отливок с подогревом и др.) применяют также специальные теплоустойчивые наконечники НАТ-5-6 и НАТ-5-7, мундштук и трубка которых снабжены теплоизоляционной прослойкой асбеста (замешанном на воде или жидком стекле) и экранирующим кожухом из жаростойкой стали Х25Т, устойчивой против окисления при высоких температурах. Эти наконечники могут длительно выдерживать сильный нагрев, не давая хлопков и обратных ударов пламени. На Бежецком сталелитейном заводе для подобных работ используют обычные наконечники, но снабженные дополнительной трубкой для подвода к ним охлаждающего воздуха. Такой наконечник № 6 для своего охлаждения расходует 90 м³/ч воздуха при давлении 5 кгс/см² и может непрерывно работать в течение 15 — 20 мин.

Горелки ГС-2 применяют для сварки металла малых толщин от 0,3 до 4 мм. Эти горелки имеют вес 360—400 г и комплект нако-

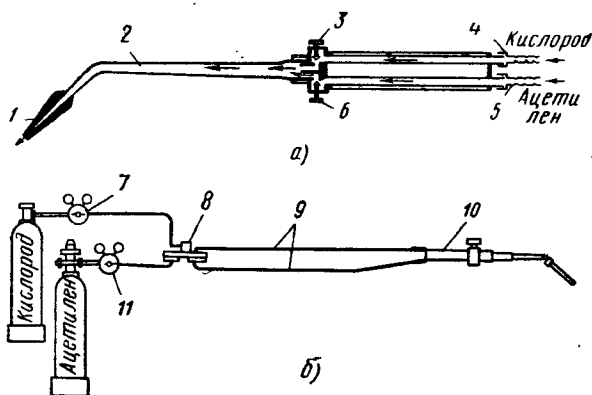


Рис. 25. Безинжекторная горелка:

а — схема горелки, б — схема аппаратуры равного давления; 1 — мундштук, 2 — трубка, 3 — вентиль для кислорода; ниппели: 4 — кислородный, 5 — ацетиленовый, 6 — вентиль для ацетилена, 7 — редуктор кислородный, 8 — регулятор ДКР, 9 — шланги, 10 — горелка ГАР, 11 — редуктор ацетиленовый

нечников № 0; 1; 2 и 3. Для них используют шланги с внутренним диаметром 6 мм.

Техническая характеристика наконечников № 1, 2 и 3 горелок ГС-2 такая же, как у соответствующих номеров наконечников нормальной горелки (см. табл. 9).

Для сварки, пайки и нагрева металлов очень малой толщины (0,1—0,6 мм) применяют горелки микромощности ГС-1 с наконечниками № 00 и 0. Наконечник № 00, предназначенный для толщин 0,1—0,25 мм, рассчитан на расход ацетилена 10—25 $\text{дм}^3/\text{ч}$, кислорода 13—34 $\text{дм}^3/\text{ч}$.

Безыножекторные горелки. В инжекторных горелках при сильном нагревании мундштука инжектирующее действие струи кислорода, вытекающей из сопла инжектора, ухудшается. В этом случае в инжекторной горелке состав горючей смеси изменяется и в ней появляется избыток кислорода, из-за чего приходится прерывать сварку и охлаждать мундштук.

Более постоянный состав горючей смеси дают безыножекторные горелки, в

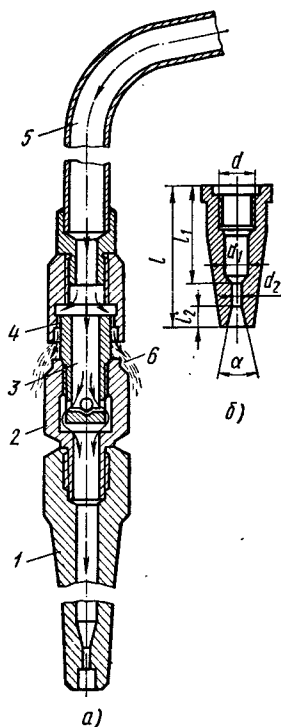


Рис. 26. Наконечник горелки ГЗУ-2-62 с подогревателем и подогревающей камерой (а) и мундштука конструкции Копейского машиностроительного завода им. С. М. Кирова (б):

1 — мундштук, 2 — подогревающая камера, 3 — подогреватель, 4 — сопла подогревателя, 5 — трубка для горючей смеси, 6 — факелы подогревающего пламени

которые оба газа — кислород и ацетилен — поступают под одинаковым давлением — 0,5—1,0 $\text{кгс}/\text{см}^2$. Горелки большой мощности и многопламенные, работающие в тяжелых условиях и при высокой температуре, обычно делаются безыножекторными и снабжаются устройствами для водяного охлаждения мундштука.

Схема безыножекторной горелки изображена на рис. 25, а. Кислород и ацетилен поступают в горелку под равными давлениями, а количество газов регулируют вентилями горелки.

ВНИИавтогенмаш разработал комплект газосварочной аппаратуры, состоящий из постового беспружинного регулятора ДКР, автоматически обеспечивающего равенство рабочих давлений кислорода и ацетилена в безыножекторной горелке ГАР (равного давления). Горелка ГАР укомплектована семью наконечниками, рас-

считанными на расход ацетилена от 50 до 2800 $\text{дм}^3/\text{ч}$. Каждый наконечник имеет смесительную камеру с двумя калиброванными отверстиями: боковыми для ацетилена и центральным для кислорода. Кислород и ацетилен поступают в горелку из регулятора под одинаковыми давлениями (рис. 25, б). Регулирующим газом является ацетилен; при изменении давления ацетилена регулятор соответственно изменяет давление кислорода так, что оно всегда остается равным давлению ацетилена, поступающего в горелку. Поэтому состав горючей смеси в горелке остается постоянным, каким он был установлен при начальной регулировке пламени.

Горелки для сварки газами-заменителями ацетилена. Для сварки на газах-заменителях промышленностью выпускались серийные горелки с наконечниками НЗП, у которых диаметры каналов мундштука, инжектора и смесительной камеры подобраны из расчета, чтобы наконечник данного номера обеспечивал такую же тепловую мощность пламени, как и при работе на ацетилене. Однако практика показала целесообразность предварительного подогрева горючей смеси с целью повышения температуры пламени газа-заменителя (предложение Р. Сабирова). Этот принцип использован в ряде конструкций наконечников горелок, нашедших практическое применение. Промышленностью серийно выпускаются пропан-бутан-кислородные горелки ГЗУ-2-62 и ГЗМ-2-62М конструкции ВНИИавтогенмаша. Они имеют односопловые мундштуки, в которых для повышения скорости сгорания и температуры пламени применяется дополнительный подогрев и перемешивание газов до выхода их из мундштука.

Горелки типа ГЗУ-2-62 и ГЗМ-2-62М снабжены специальным подогревателем и подогревающей камерой, расположенными между трубкой горючей смеси и мундштуком наконечника (рис. 26, а).

Поступающая в мундштук 1 по трубке 5 смесь пропан-бутан-кислород проходит подогреватель 3 и направляется в камеру 2. Часть (5—10%) потока смеси поступает в каналы сопел 4 и образует факелы 6, нагревающие камеру 2. В камере 2 смесь подогревается до 300—360°С и, сгорая на выходе из мундштука 1, образует острое, резко очерченное ядро и факел пламени. Температура пламени в этом случае повышается примерно на 300—330°С. Подогревающие камеры изготавливают из нержавеющей стали 1Х18Н9, так как латунные быстро выходят из строя вследствие выгорания цинка.

Горелками с подогревателями можно выполнять сварку стали толщиной до 5 мм пропан-бутан-кислородным пламенем при всех положениях шва в пространстве, а также сваривать чугун. Вместо пропан-бутана могут использоваться и другие газы-заменители: метан, природный и городской газы. Горелка ГЗУ-2-62 имеет четыре односопловых наконечника (№ 1, 2, 3 и 4) для сварки и три (№ 5, 6 и 7) сетчатых для подогрева. Сетчатые наконечники не имеют подогревателей и подогревающих камер. Горелка ГЗМ-2-62М снабжена только четырьмя односопловыми наконечниками: № 0, 1, 2 и 3.

Расход газов для наконечников различных номеров составляет (в $\text{дм}^3/\text{ч}$):

№ наконечника . .	0	1	2	3	4	5	6	7
Расход:								
пропан-бутана	15—40	30—70	70—140	140—240	240—400	400—650	650—1050	1050—1700
кислорода . .	50—140	105—260	260—540	520—840	840—1400	1350—2200	2200—3600	3500—5800

При необходимости оснастить подогревателями горелки, выпущенные для ацетилено-кислородной смеси, следует брать наконечник на два номера больше, чем при сварке на ацетилене металла той же толщины, и ввертывать в него: на один номер больший мундштук и на один номер меньший инжектор.

Диаметры каналов подогревателя и подогревающей камеры берут по данным табл. 10.

Таблица 10

Размеры (мм) каналов подогревателя и подогревающей камеры

Показатели	Номер наконечников							
	0	1	2	3	4	5	6	7
Диаметр горлового сечения подогревающих сопел	0,3	0,3	0,4	0,45	0,55	0,45	0,5	0,55
Диаметр выходного сечения подогревающих сопел	0,45	0,45	0,55	0,6	0,75	0,75	0,85	1,0
Длина горлового сечения подогревающих сопел	2	2	3	3	3,5	3	3	3,5
Длина выходного сечения подогревающих сопел	3	3	4	4,5	5	5	5	6
Расстояние между подогревателем и подогревающей камерой	2	2	3	3,5	4	3,5	4	4

Для сварки и наплавки пропан-бутан-кислородным пламенем на Копейском машиностроительном заводе им. С. М. Кирова успешно применяют мундштуки, конструкция которых показана на рис. 26, б, имеющие следующие размеры (мм):

Номер мундштука	2	3	4	5	6
d_1	4	4	5	5,5	6
d_2	1,8	2,2	2,5	2,8	3,2
α	25°	25°	25°	30°	30°
l	34	39	42	42	42
l_1	20	25	28	28	28
l_2	4	4,5	5	5	5
d	M8×1	M8×1	M9×1	M10×1	M11×1

Камерно-вихревые горелки. Для ряда процессов (нагрева, сварки пластмасс, пайки и др.) не требуется высокая

температура, создаваемая ацетилено-кислородным пламенем. Для этих процессов могут применяться камерно-вихревые горелки, работающие на пропано-воздушной смеси, разработанные и исследованные Ю. И. Некрасовым во ВНИИавтогенмаше. Эти горелки имеют вместо мундштука камеру сгорания, в которую поступают пропан и воздух под давлением от 0,5 до 2 кгс/см². Пропан подается в камеру через центральный канал сопла, а воздух, являющийся также вихреобразующим газом, поступает по многозаходным ленточным винтовым каналам, создающим «закрутку» газовой смеси в камере сгорания. Смесь пропана и воздуха сгорает в вихревой камере и выходит через ее концевое сопло с большой скоростью, образуя пламя необходимой температуры. Длина рабочей части пламени, в зависимости от расхода газов, составляет от 5 до 25 мм. Регулируя коэффициент избытка воздуха в смеси от 1 до 4, можно получить пламя с температурой от 350 до 1700° С. Камера сгорания изготавливается из теплостойкой стали.

Горелки специальные. В соответствии с большим разнообразием работ по газопламенной обработке металлов и других материалов разработан и находит применение целый ряд горелок специального назначения. К таковым относятся, например, горелки ГАО-60 для газопламенной очистки металла от ржавчины и краски; газовоздушные горелки для пайки и нагрева типов ГВП-1, ГВП-3, ГВП-4, работающие на пропан-бутане, метане, природном и коксовом газах, ацетилене; керосино-кислородные горелки на распыленном жидком горючем; многопламенные горелки для газопрессовой сварки; горелки ГТП-1-66 для сварки термопластов, работающие на пропан-бутан-воздушной смеси, продукты сгорания которой используются в качестве теплоносителя при сварке винипласта, оргстекла, полиэтилена и других пластмасс толщиной до 25 мм; горелки ГЭП-1А-67 с электроподогревом газа-теплоносителя (воздуха, азота и др.), используемого для нагрева и сварки термопластов; закалочные горелки и закалочные наконечники для поверхностной термообработки деталей и многие другие.

Экономизаторы. При временном прекращении работы горелкой сварщик вынужден гасить пламя, а затем вновь зажигать его и регулировать состав горючей смеси. Это связано с потерей рабочего времени и непроизводительным расходом газов. Для того чтобы избежать указанных потерь, применяют специальные клапанные устройства — экономизаторы. Они предназначены для временного прекращения подачи газов в горелку без нарушения ранее установленного расхода и состава горючей смеси. Например, экономизатор ЭГА-2 конструкции ВНИИавтогенмаша имеет следующую характеристику:

Пропускная способность, дм³/ч:

ацетилена	3200
природного газа, кислорода и воздуха	6000
пропан-бутана	1700

Давление, кгс/см²:

горючего газа, не ниже:	
ацетилена	0,01
природного газа	0,03
пропан-бутана	0,05
окислителя:	
кислорода	1—5
воздуха	до 5
Габаритные размеры, мм	170×165×350
Вес, кг	1,75

При прекращении работы сварщик, не закрывая вентилей на горелке, вешает ее на рычаг экономизатора и пламя гаснет. При возобновлении работы он снимает горелку с рычага экономизатора и зажигает смесь с дежурное пламя, горящее у сопла экономизатора.

§ 7. Обращение с горелками

Исправная, правильно собранная и отрегулированная горелка должна давать нормальное устойчивое сварочное пламя. Если горение неравно, пламя отрывается от мундштука, гаснет или дает обратные удары и хлопки, следует отрегулировать вентилями подачу кислорода и ацетилена. Если после регулировки неполадки не устраняются, то причиной их являются неисправности в самой горелке: неплотности в соединениях, повреждение выходного канала мундштука или инжектора, неправильная установка деталей горелки при сборке, засорение каналов, износ деталей и пр.

Перед началом работы проверяют исправность горелки в порядке, указанном на рис. 27. Для проверки инжектора на кислородный ниппель надевают шланг, а в корпус горелки вставляют наконечник, накидную гайку (рис. 27, б) которого плавно затягивают ключом. Установив давление кислорода соответственно номеру наконечника, пускают в горелку кислород и открывают ее кислородный вентиль. При этом в ацетиленовом ниппеле горелки должно образоваться разрежение, которое легко обнаружить, приложив к отверстию ниппеля палец, который должен присасываться (рис. 27, в). Если подсос есть, горелка исправна. При отсутствии подсоса следует проверить:

достаточно ли плотно прижимается инжектор к седлу корпуса горелки; при неплотности следует вывернуть инжектор до упора его в седло при вставленном в ствол наконечнике. Величина подсоса зависит от расстояния между концом инжектора и входом в смесительную камеру: если это расстояние слишком мало, то разрежение в ацетиленовом канале и подсос ацетилена будут недостаточными; в этом случае следует несколько вывернуть инжектор из смесительной камеры; вывертывать инжектор слишком сильно не следует, так как при этом подсос будет уменьшаться;

не засорены ли каналы мундштука, смесительной камеры и ацетиленовой трубки; при засорении прочистить каналы тонкой медной проволокой и продуть (рис. 27, а)

После проверки горелки к ней можно присоединить оба шланга, закрепить их на ниппелях специальными хомутиками и зажечь горючую смесь (рис. 27, з, д). При этом сначала нужно немного открыть кислородный вентиль горелки и тем создать разрежение в инжекторе. Когда кислород начнет выходить из мундштука, открыть ацетиленовый вентиль горелки и, спустя несколько секунд, поджечь горючую смесь у мундштука.

Затем регулируют пламя, действуя кислородным и ацетиленовым вентилями горелки. Если при зажигании смеси горелка дает

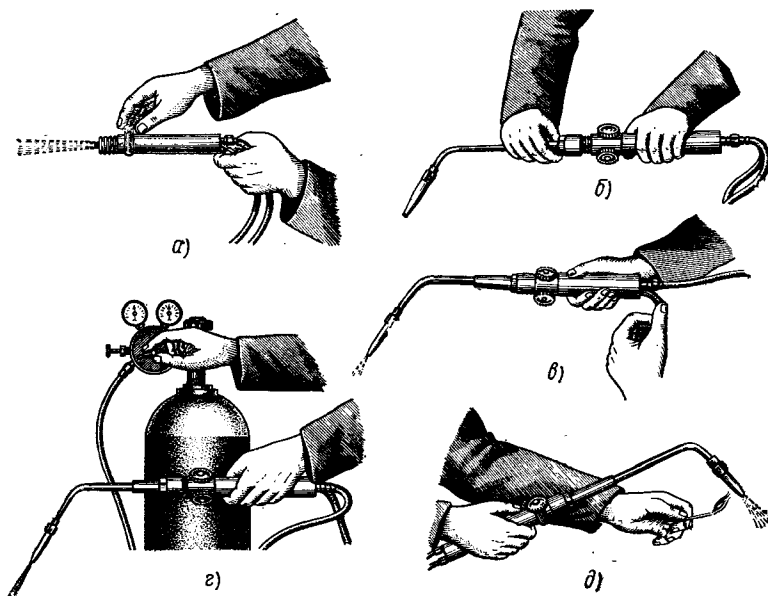


Рис. 27. Проверка и подготовка горелки к работе

хлопок или при полном открытии ацетиленового вентиля в пламени не появляется избытка ацетилена, следует проверить, хорошо ли затянута накидная гайка наконечника, достаточно ли давление кислорода и нет ли препятствий поступлению ацетилена в горелку (воды в шланге, перегиба шланга и т. п.).

При прекращении работы горелки, а также при хлопках или обратном ударе пламени нужно всегда закрыть сначала ацетиленовый вентиль, а затем кислородный. Если не придерживаться этого порядка закрытия вентиля, то обратный удар пламени может пройти в ацетиленовый шланг.

Иногда исправная горелка после продолжительной непрерывной работы начинает хлопать и давать обратные удары, что вызывается нагреванием мундштука. В этом случае нужно погасить пламя горелки, закрыв ее вентили в указанном выше порядке и охладить мундштук горелки в сосуде с водой.

Инжекторная горелка может нормально работать только в том случае, если соотношение диаметров каналов инжектора, смесительной камеры и мундштука выбраны правильно. Если мундштук обгорел и отверстие его сильно разработано, следует конец мундштука аккуратно опилить мелким напильником, слегка осадить ударами молотка, а затем прокалибровать сверлом соответствующего диаметра (см. табл. 9).

Пропуск газа через сальники вентиля горелки устраняют подтягиванием гаек сальника или заменой их набивки.

§ 1. Сварочное пламя

Внешний вид, температура и влияние сварочного пламени на расплавленный металл зависят от состава горючей смеси, т. е. соотношения в ней кислорода и ацетилена. Изменяя состав горючей смеси, сварщик изменяет свойства сварочного пламени.

При сгорании ацетилена в воздухе без добавления кислорода пламя имеет желтоватый цвет и длинный факел без светлого ядра. Такое пламя непригодно для сварки, так как имеет низкую температуру и коптит, выделяя много сажи (несгоревшего углерода).

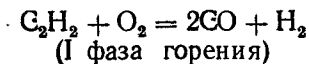
Когда в ацетилено-воздушное пламя прибавляют кислород, открывая кислородный вентиль горелки, пламя резко меняет цвет и форму, а температура его повышается. Изменяя соотношение кислорода и ацетилена в смеси, можно получать три основных вида сварочного пламени (рис. 28):

нормальное (называемое также восстановительным);

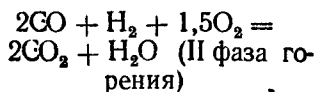
окислительное (с избытком кислорода);

науглероживающее (с избытком ацетилена).

Для сварки большинства металлов применяют нормальное (восстановительное) пламя (рис. 28, б). Теоретически оно получается, когда в смесь на один объем ацетилена подается один объем кислорода. Ацетилен сгорает за счет кислорода смеси по реакции.



Дальнейшее горение происходит за счет кислорода, заимствуемого из окружающего воздуха, по реакции



Оксись углерода и водород, образующиеся в пламени, раскисляют ме-

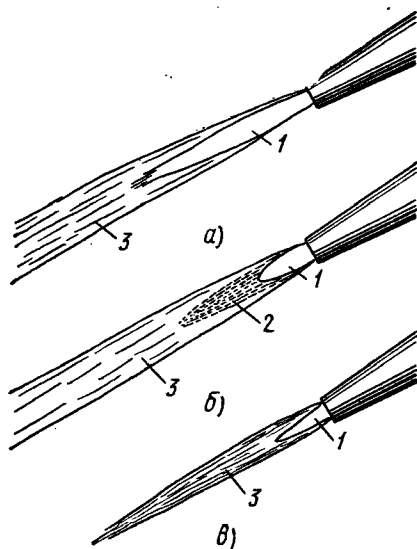


Рис. 28. Виды ацетилено-кислородного пламени:

а — науглероживающее, б — нормальное, в — окислительное; 1 — ядро, 2 — восстановительная зона, 3 — факел

талл, восстанавливая металл в сварочной ванне из окислов. При этих условиях металл шва получается более однородный, без пор, газовых пузырей и включений окислов.

Практически нормальное восстановительное пламя получается при избытке кислорода в смеси до 30 % против теоретического, т. е. при отношении ацетилена к кислороду от 1 : 1 до 1 : 1,3. Нормальное пламя имеет светлое ядро, несколько более темную восстановительную зону и факел.

Ядро 1 (см. рис. 28) имеет довольно четко очерченную форму, близкую к форме цилиндра с закругленным концом, и ярко светящуюся оболочку, состоящую из раскаленных частиц углерода, сгорание которых происходит в наружном слое оболочки. Размеры ядра зависят от расхода горючей смеси и скорости ее истечения. Диаметр ядра пламени определяется диаметром канала мундштука, а длина — скоростью истечения газовой смеси.

Площадь поперечного сечения канала мундштука прямо пропорциональна толщине свариваемой стали. Скорость истечения должна обеспечивать устойчивое горение пламени. Пламя не должно быть слишком «мягким» или «жестким», так как первое склонно к обратным ударам и хлопкам, а второе выдувает расплавленный металл из сварочной ванны. Если увеличить давление кислорода, то скорость истечения смеси увеличится и ядро удлинится. С уменьшением скорости истечения смеси ядро укорачивается. С увеличением номера мундштука размеры ядра соответственно увеличиваются.

На рис. 29, а приведены длина и диаметр ядра (в миллиметрах) пламени мундштуков разных номеров, а также соответствующие им расходы ацетилена и диаметры каналов.

На рис. 29, б показаны схемы и распределение температур метан-кислородного и пропан-бутан-кислородного пламени.

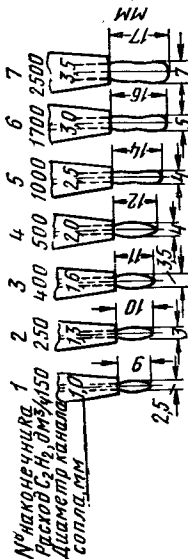
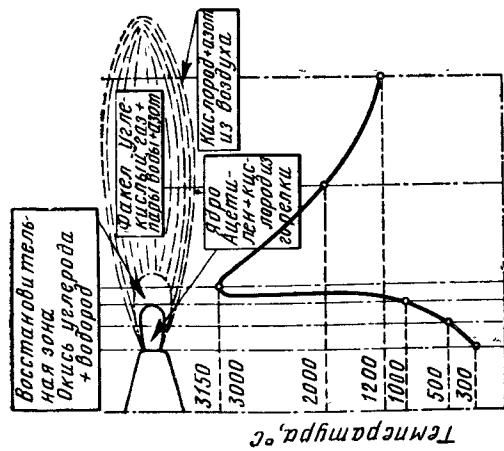
Восстановительная зона 2 имеет темный цвет, отличающий ее от ядра и остальной части пламени. Она занимает пространство в пределах до 20 мм от конца ядра, в зависимости от номера мундштука

Восстановительная зона состоит из окиси углерода и водорода. Эта зона имеет наиболее высокую температуру в точке, отстоящей на 2—6 мм от конца ядра. Данной зоной пламени нагревают и расплавляют металл в процессе сварки.

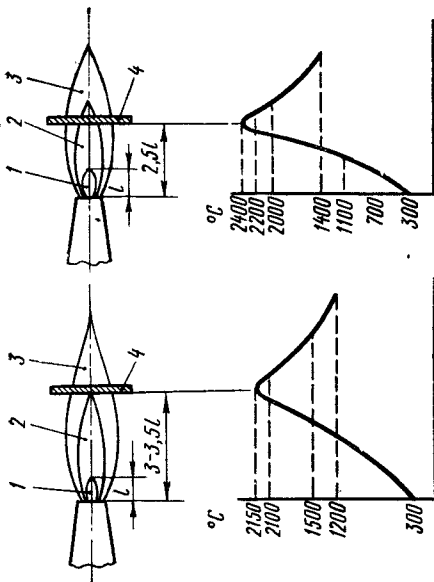
Остальная часть 3 пламени, расположенная за восстановительной зоной, называется факелом и состоит из углекислого газа, паров воды и азота, которые появляются в пламени при сгорании окиси углерода и водорода восстановительной зоны за счет кислорода окружающего воздуха, в состав которого входят азот и кислород.

Температура факела значительно ниже температуры восстановительной зоны.

Химический состав пламени при $O_2 : C_2H_2 = 1$ приведен в табл. 11.



а)



$$\beta = \frac{\text{кислород}}{\text{метан}} = 1,5 \div 1,6$$

б)

$$\beta = \frac{\text{кислород}}{\text{пропан} + \text{бутан}} = 3,4 \div 3,8$$

Рис. 29. Схемы образования пламени и распределение температуры:

а — схема образования нормального восстановительного ацетилен-кислородного пламени и график изменения его температуры и график изменения температур метан-кислородного и пропан-кислородного пламени; 1 — ядро, 2 — восстановительная зона, 3 — факел, 4 — свариваемый металл, L — длина ядра

Химический состав пламени при $O_2 : C_2H_2 = 1$

Части пламени	Содержание по объему, %						
	CO	H ₂	CO ₂	H ₂ O	N ₂	O ₂	Прочие
Вблизи конца ядра . . .	60	31	—	—	8	—	1
В конце восстановительной зоны	33	15	9	6	33	—	Остальное
В средней части факела	3,7	2,5	22	2,6	58	8	»
Вблизи конца факела . .	—	—	8	2,2	74	15	»

Если увеличить подачу кислорода или уменьшить подачу ацетилена в горелку, то получают окислительное пламя (см. рис. 28, в), образующееся, когда на один объем ацетилена в смеси содержится более 1,3 объема кислорода.

Окислительное пламя имеет укороченное, заостренное ядро с менее резкими очертаниями и бледным цветом. Температура окислительного пламени выше температуры нормального восстановительного, однако такое пламя может сильно окислять свариваемый металл, что приводит к получению хрупкого и пористого шва.

Окислительное пламя применяют при сварке стали с целью повышения производительности процесса, но при этом обязательно пользоваться проволокой, содержащей повышенные количества марганца и кремния в качестве раскислителей (см. § 4 гл V). Окислительное пламя также необходимо при сварке латуни (см. § 5 гл. VI) и пайке твердым припоем.

При уменьшении подачи кислорода или при увеличении подачи ацетилена получают науглероживающее пламя (см. рис. 28, а). Оно образуется при подаче в горелку 0,95 и менее объема кислорода на один объем ацетилена. В науглероживающем (ацетиленистом) пламени размеры зоны сгорания увеличиваются, ядро теряет резкие очертания, становится расплывчатым, а на конце ядра появляется зеленый венчик, по которому судят о наличии избытка ацетилена. Восстановительная зона светлеет и почти сливается с ядром, пламя принимает желтоватую окраску. При большом избытке ацетилена пламя коптит, так как в нем недостаточно кислорода, необходимого для полного сгорания ацетилена.

Содержащийся в ацетиленистом пламени избыточный ацетилен разлагается на водород и углерод. Углерод переходит в расплавленный металл. Поэтому ацетиленистое пламя будет науглероживать металл шва. Температура такого пламени ниже температуры нормального восстановительного пламени. Уменьшая подачу ацетилена в горелку до полного исчезновения зеленого венчика на конце ядра, ацетиленистое пламя превращают в нормальное.

Пламя с избытком ацетилена применяют при наплавке твердыми сплавами. Пламя с незначительным избытком ацетилена используют для сварки алюминиевых и магниевых сплавов.

Характер сварочного пламени определяется сварщиком, как правило, на глаз. Начинаящий сварщик легко обучается достаточно быстро и точно регулировать пламя по его форме и цвету. При регулировании пламени горелки следует обращать внимание на правильность установки давления кислорода и размер ядра пламени. При повышении давления кислорода смесь вытекает из мундштука со слишком большой скоростью и пламя становится «жестким»,

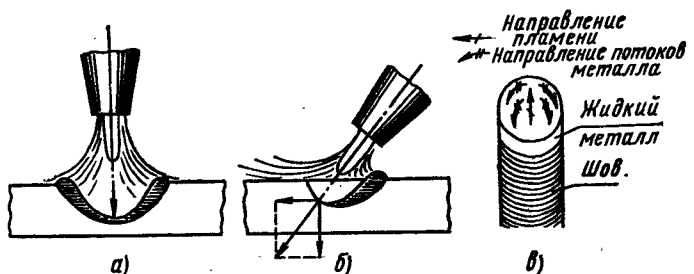


Рис. 30. Схема механического воздействия пламени на жидкий металл сварочной ванны при различных положениях мундштука:

а — вертикальном, б — наклонном, в — схема перемещения жидкого металла в ванне

раздувает металл сварочной ванны напором струи горящих газов и затрудняет сварку. При слишком большой скорости истечения пламя начинает отрываться от конца мундштука. При слишком низком давлении кислорода пламя становится короче и при приближении к металлу горелка начинает хлопать. При правильно установленном давлении кислорода горелка дает ровное и устойчивое пламя, не сдувающее расплавленный металл с поверхности ванны.

Поскольку горючая смесь вытекает из мундштука горелки со значительной скоростью, пламя оказывает механическое воздействие на жидкий металл сварочной ванны и формирование валика шва. Вследствие давления струи газов пламени жидкий металл отжимается к краям ванны. Характер перемещения металла зависит от угла наклона мундштука к поверхности металла (рис. 30, а и б).

При передвижении пламени вдоль шва жидкий металл перемещается давлением газов к задней стенке ванны, образуя чешуйки шва (рис. 30, в).

Качество наплавленного металла и прочность сварного шва сильно зависят от состава сварочного пламени. Поэтому сварщик должен обращать особое внимание на характер и правильность регулирования сварочного пламени.

Сварочное пламя должно обладать достаточной тепловой мощностью, т. е. давать количество тепла, необходимое для расплавления свариваемого и присадочного металла и покрытия потерь тепла в окружающую среду. Тепловая мощность пламени определяется количеством сгорающего горючего газа. Чем больше это количество, тем выше тепловая мощность. Тепловую мощность пламени выражают часовым расходом ($\text{дм}^3/\text{ч}$) ацетилена или другого горючего.

Тепловую мощность пламени выбирают в зависимости от толщины свариваемого металла и его физических свойств. Металл большой толщины и хорошо проводящий тепло требует более мощного пламени, чем тонкий, менее теплопроводный или более легкоплавкий металл. Изменяя тепловую мощность пламени, можно в широких пределах регулировать скорость нагрева и расплавления металла, что является одним из положительных качеств процесса газовой сварки.

Передача тепла от пламени к металлу происходит в основном двумя путями: 85% тепла передается за счет энергичной конвекции продуктов сгорания и 15% — за счет лученспускания.

Выделяющееся от сгорания ацетилена тепло расходуется следующим образом (%):

Полезно используется на сварку для расплавления металла	6—7
Потери тепла:	
от неполноты сгорания	55—63
с отходящими газами	13—15
на излучение и конвекцию	9—10
на нагревание прилегающих к шву участков	15—18
от угара и разбрызгивания металла	1—2

Таким образом к.п.д. использования теплотворной способности горючего при газовой сварке не превышает 7%.

§ 2. Металлургические процессы при газовой сварке

Металлургические процессы при газовой сварке характеризуются следующими особенностями: малым объемом ванны расплавленного металла; высокой температурой и концентрацией тепла в месте сварки; большой скоростью расплавления и остывания металла; интенсивным перемешиванием металла жидкой ванны газовым потоком пламени и присадочной проволокой; химическим взаимодействием расплавленного металла с газами пламени.

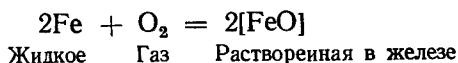
В восстановительной (средней) зоне пламени, состоящей из окиси углерода CO и водорода H_2 , могут также присутствовать следующие вещества: пары воды H_2O , углекислый газ CO_2 , азот N_2 , атомарный водород H и свободный углерод C. Однако содержание этих веществ в средней зоне невелико и их можно не принимать во внимание при

рассмотрении реакций взаимодействия между металлом и газами пламени.

Основными в сварочной ванне являются реакции окисления и восстановления. Легко окисляются магний, алюминий, обладающие большим сродством к кислороду. Окислы этих металлов не восстанавливаются водородом и окисью углерода, поэтому при сварке этих металлов необходимы специальные флюсы. Окислы железа и никеля, наоборот, хорошо восстанавливаются окисью углерода и водородом пламени, поэтому при газовой сварке этих металлов флюсы не нужны.

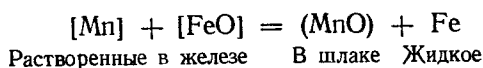
При избытке в пламени кислорода происходят реакции окисления железа, углерода, марганца и кремния по уравнениям:

Железо:

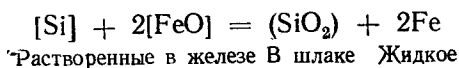


Образующаяся закись железа FeO может окислять марганец, кремний и углерод по реакциям:

Марганец:

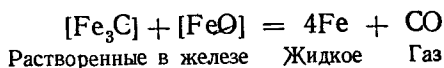


Кремний:



Так как образующиеся окислы MnO и SiO₂ переходят в шлак, то количество раскислителей (марганца и кремния) в металле шва уменьшается. Это может привести к появлению избытка кислорода в наплавленном металле и ухудшению его механических свойств.

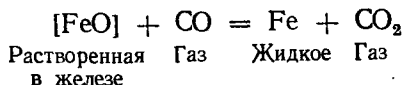
Углерод:



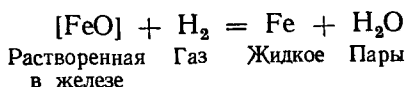
При выходе окиси углерода из сварочной ванны происходят кипение и разбрызгивание металла.

При отсутствии избытка кислорода и восстановительном характере пламени в сварочной ванне будут протекать реакции восстановления, обратные приведенным выше, а именно:

Восстановление железа окисью углерода:



Восстановление железа водородом:



При газовой сварке углеродистых сталей малых толщин зона теплового влияния основного металла располагается на 8—15 мм, а средних толщин — на 20—25 мм в ту и другую сторону от шва. Характер изменения структуры металла в зоне теплового влияния определяется составом металла (сплава) и его состоянием перед сваркой. Для улучшения структуры и свойств металла шва и околошовной зоны иногда применяют горячую проковку шва и местную термообработку нагревом сварочным пламенем или общую термообработку с нагревом в печи.

§ 3. Виды швов и подготовка кромок

Сварные швы. В зависимости от положения в пространстве сварные швы бывают (рис. 31, а): нижние, горизонтальные, вертикальные и потолочные. Самый простой для выполнения нижний

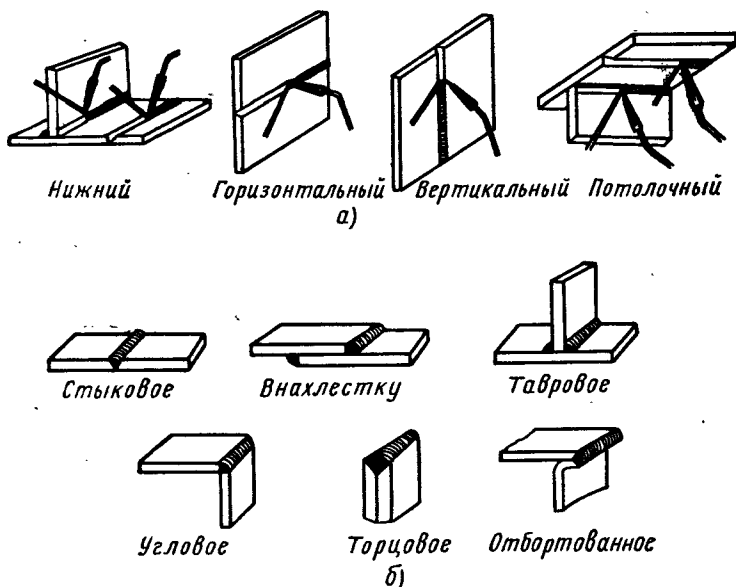


Рис. 31. Сварные швы и соединения:

а — виды сварных швов в зависимости от положения в пространстве, б — виды сварных соединений в зависимости от взаимного расположения свариваемых деталей

шов, при сварке которым капли расплавленного металла стекают вниз в сварочную ванну. Сварка горизонтальным и вертикальным швами на вертикальной плоскости сложнее сварки нижним швом. Наиболее трудным для выполнения является потолочный шов, когда сварщику приходится под-

держивать и распределять по шву капли жидкого металла, используя давление газов пламени.

В зависимости от взаимного расположения свариваемых деталей различают следующие сварные соединения (рис. 31, б): стыковое, внахлестку, тавровое, угловое, торцевое и отбортованные (стыковые и боковые).

При газовой сварке самые распространенные — стыковые соединения. Реже применяют угловые и торцевые. Соединений внахлестку и тавровых при газовой сварке следует избегать, так как они требуют более интенсивного нагрева металла и дают повышенное коробление изделия.

Отбортованные соединения используют при сварке тонкого металла без присадочной проволоки. В зависимости от протяженности различают прерывистые и непрерывные (сплошные) швы. По числу слоев различают швы однослойные, выполняемые за один проход горелки, и многослойные. Многослойные швы при газовой сварке применяют, например, при сварке труб из хромомолибденовой стали.

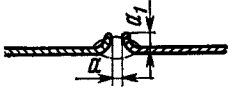
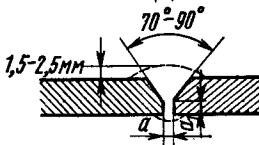
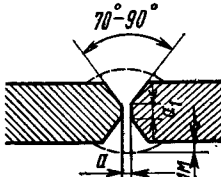
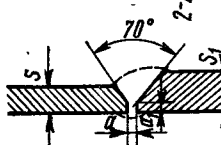
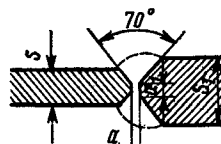
Сварные швы изображают и обозначают на чертежах условно, в соответствии с ГОСТ 2.312—68. Видимые швы изображают сплошными основными линиями, невидимые — штриховыми линиями. Для обозначения видов и методов сварки используют следующие буквенные обозначения: Г — газовая, Э — дуговая электросварка, Ф — дуговая электросварка под флюсом, З — дуговая электросварка в защитных газах, Ш — электрошлаковая, Кт — контактная, Уз — ультразвуковая, Тр — трением, Х — холодная, Пз — дуговая плазменная, Эл — электроннолучевая, Дф — диффузионная, Лз — лазером, Вз — взрывом, И — индукционная, Гп — газопрессовая, Тм — термитная. Для швов, выполненных дуговой электросваркой, буквенное обозначение вида сварки (Э) в основном обозначении не проставляется. Перед буквенным обозначением вида сварки проставляют буквенное обозначение способа выполнения шва: Р — ручной, П — полуавтоматический, А — автоматический. Если все швы выполняют одним и тем же видом и способом сварки, то буквы в обозначениях швов не ставят, а дают указания в технических условиях на изделие.

Месторасположение шва обозначают линией-выноской, которая имеет горизонтальную полку и наклонный участок, заканчивающийся односторонней стрелкой, указывающей месторасположение шва. Основное обозначение шва наносят: над полкой, когда лицевая сторона шва расположена на той стороне соединения, на которой находится стрелка, и под полкой, когда лицевая сторона шва расположена на противоположной (по отношению к стрелке) стороне. Условные графические знаки сварных швов располагают на полках линий-выносок.

Подготовка кромок. Подготовка кромок имеет целью обеспечить полный провар металла по всей толщине, что необходимо для получения надежного и прочного соединения. В табл. 12

Таблица 12

**Подготовка кромок при газовой сварке стыковых соединений
листвого проката**

Название шва	Схема шва	Размеры, мм		
		толщина металла	зазор a	притупление a_1
С отбортовкой кромок, без присадочного металла		0,5—1	—	1—2
Без скоса кромок	односторонний 	1—3	0,5—2	—
	двусторонний 	3—6	1—2	—
V-образный		3—16	2—4	2—3
X-образный		16—25	2—4	2—3
V-образный при листах разной толщины	 $S_1 = \text{до } 1,25 S$	5—20	2—4	1,5—2,5
X-образный при листах разной толщины	 $S_1 = 1,5 S \text{ и более}$	12—30	3—4	2—4

даны виды подготовки кромок при газовой сварке листового проката углеродистых сталей стыковыми швами. Общий угол раскрытия шва берется $70^\circ \pm 5^\circ$, так как при меньшем угле трудно проварить корень шва.

Перед сваркой кромки должны быть тщательно очищены от масла, краски, ржавчины, окалины, влаги и прочих загрязнений, для чего кромки прогревают пламенем горелки. При этом окалина отстает от металла, масло и краски сгорают, а влага испаряется. Затем кромки зачищают стальной щеткой.

Кромки должны правильно располагаться одна относительно другой, между ними не должно быть увеличенных зазоров, перекосов и пр. Неровности кромок следует зачищать наждачным кругом.

От правильной и тщательной подготовки и сборки деталей перед сваркой во многом зависит качество и внешний вид сварного соединения, а следовательно, и надежность конструкции.

§ 4. Способы ручной газовой сварки

При ручной сварке сварщик держит в правой руке сварочную горелку, а в левой — присадочную проволоку. Пламя горелки сварщик направляет на свариваемый металл так, чтобы кромки находились в восстановительной зоне пламени на расстоянии 2—6 мм от конца ядра. Нельзя касаться поверхности расплавленного металла концом ядра, так как это вызовет науглероживание металла сварочной ванны. Конец присадочной проволоки должен находиться в восстановительной зоне пламени или быть погруженным в ванну.

Скорость нагрева можно регулировать, изменяя угол наклона мундштука к поверхности свариваемого металла. Чем больше этот угол, тем больше тепла будет передаваться от пламени металлу, тем быстрее он будет нагреваться, и тем глубже проплавление (провар) металла (рис. 32, а и б). При сварке толстого или хорошо проводящего тепло металла (например, красной меди) угол мунд-

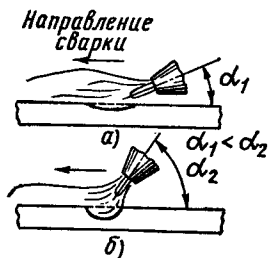


Рис. 32. Влияние угла наклона мундштука горелки на глубину проплавления:

а — сварка при малом угле,
б — сварка при большом угле

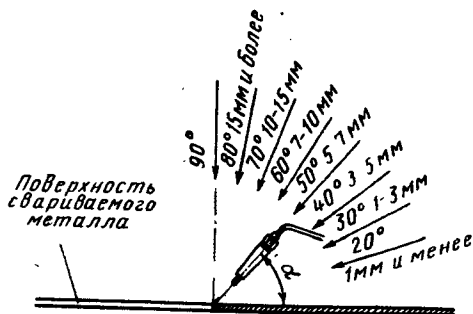


Рис. 33. Углы наклона мундштука горелки в зависимости от толщины металла

штука α должен быть больше, чем при сварке металла тонкого или с низкой теплопроводностью. На рис. 33 показаны углы наклона, которых следует придерживаться при левой сварке стали.

Распределения жидкого металла по шву, а также регулирования скорости плавления кромок и присадочной проволоки достигают соответствующим перемещением сварочного пламени по шву. На рис. 34 показаны способы перемещения конца мундштука по

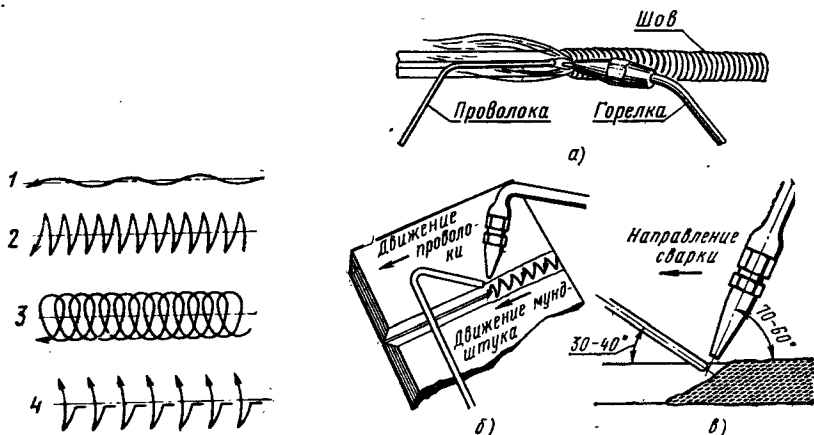


Рис. 34. Способы перемещения мундштука горелки при газовой сварке

Рис. 35. Левая сварка:

а — момент сварки, б — схема движений мундштука и проволоки, в — углы наклона мундштука и проволоки

шву. Основным является перемещение мундштука вдоль шва. Поперечные и круговые движения концом мундштука являются вспомогательными и служат для регулирования скорости прогрева и расплавления кромок, а также способствуют образованию нужной формы шва.

Способ 1 (см. рис. 34) применяют при сварке тонких листов, способы 2 и 3 — при сварке листов средней толщины. Нужно стремиться, чтобы металл ванны всегда был защищен от действия окружающего воздуха газами восстановительной зоны пламени. Поэтому способ 4, при котором пламя периодически отводится в сторону, применять не рекомендуется, так как это вызывает окисление металла кислородом воздуха.

Рассмотрим некоторые основные способы газовой сварки.

Левая сварка (рис. 35, а). Наиболее распространенный способ, который применяют при сварке тонких деталей, а также деталей из легкоплавких металлов. Горелку перемещают справа налево, а присадочную проволоку передвигают впереди пламени, которое направляют на еще не сваренный участок шва. На

рис. 35, б показана схема движения мундштука и проволоки, на рис. 35, в — углы наклона мундштука и проволоки. Мощность пламени при левой сварке стали берут от 100 до 130 дм^3 ацетилена в час на 1 мм толщины металла.

Правая сварка (рис. 36, а). Горелку ведут слева направо, а присадочную проволоку перемещают вслед за горелкой. Пламя направляют на конец проволоки и уже сваренный участок шва. Мундштуком производят лишь незначительные поперечные колеба-

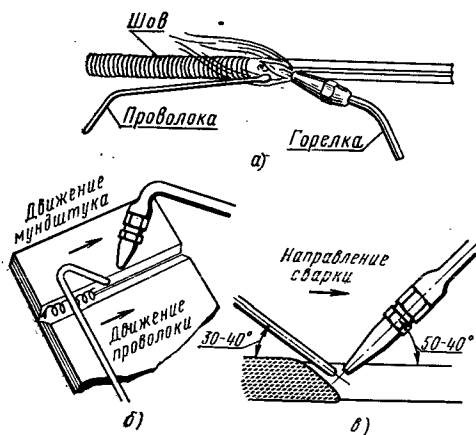


Рис. 36. Правая сварка:

а — момент сварки, б — схема движения мундштука, в — углы наклона мундштука и проволоки

ния, а при сварке стали толщиной менее 8 мм мундштук передвигают вдоль оси шва без поперечных движений. Конец проволоки держат погруженным в сварочную ванну и спиралеобразными движениями перемещивают им жидкий металл, что облегчает удаление окислов и шлаков. Тепло пламени рассеивается в меньшей степени и используется лучше, чем при левой сварке. Поэтому при правой сварке угол раскрытия шва можно делать не 90° , а $60-70^\circ$, что уменьшает количество наплавленного металла, расход

проволоки и коробление изделия от усадки металла шва.

Правую сварку целесообразно применять при толщине металла свыше 5 мм, при сварке с разделкой кромок и при сварке металлов с высокой теплопроводностью, например, красной меди. Качество шва при правой сварке выше, чем при левой, потому что расплавленный металл защищен факелом пламени, которое одновременно отжигает наплавленный металл и замедляет его охлаждение. Вследствие лучшего использования тепла правая сварка металла больших толщин экономичнее и производительнее левой. По сравнению с левой сваркой скорость правой сварки на 10—20% выше, а экономия газов составляет 10—15%.

Правой сваркой возможно сваривать сталь толщиной до 6 мм без скоса кромок, обеспечивая полный провар, без подварки шва с обратной стороны. Мощность пламени при правой сварке берут от 120 до 150 дм^3 ацетилена в час на 1 мм толщины металла (стали). Угол наклона мундштука к свариваемому металлу должен быть не менее 40° .

Диаметр d присадочной проволоки при газовой сварке берут равным: при левой сварке $d = S + 1$ мм, при правой $d = S$, где

S — толщина свариваемого металла в мм. Проволоку диаметром более 8 мм не применяют.

Сварка многопламенными наконечниками. Расход тепла для нагрева 1 кг стали — в 3,7; 1 кг меди — в 2,5; 1 кг алюминия — в 1,6 раза выше, чем для расплавления. Поэтому для рационального использования тепла горючего применяют многопламенные наконечники (рис. 37). В двухпламенном (рис. 37, а) наконечнике одно пламя подогревает основной металл, а второе — плавит его и присадочную проволоку. В трехпламенном (рис. 37, б) наконечнике среднее пламя плавит металл, а крайние подогревают основной металл и присадочную проволоку.

При многопламенных наконечниках применяют правую сварку. Металл толщиной до 6 мм сваривают с одной стороны без скоса кромок. Сварка многопламенными горелками требует от сварщика большого навыка, но увеличивает производительность на 25—50% по сравнению с левой сваркой однопламенной горелкой той же мощности; удельный расход газов снижается на 15—25%. При многопламенной сварке горелку перемещают вдоль шва прямолинейно, а конец проволоки погружают в ванну, совершая им небольшие колебательные движения для перемешивания жидкого металла и удаления из него газов, окислов и шлаковых включений.

Многопламенные линейные горелки используют при автоматической газовой сварке прямолинейных швов труб и обечаек из металла небольшой толщины (до 3 мм).

Сварка сквозным валиком (рис. 38). Листы устанавливают вертикально с зазором, равным половине толщины листа. Пламенем горелки расплавляют кромки, образуя круглое отверстие, нижнюю часть которого заправляют присадочным металлом на всю толщину свариваемого металла. Затем перемещают пламя выше, оплавляя верхнюю кромку отверстия и накладывая следующий слой металла на нижнюю сторону отверстия. Так поступают до тех пор, пока не закончат весь шов. При этом способе шов получается в виде сквозного валика, соединяющего свариваемые листы. Металл шва получается плотный, без пор, раковин и шлаковых включений. При толщине от 6 до 12 мм сварку ведут с двух сторон два сварщика одновременно.

Сварку ванночками (рис. 39) применяют для получения соединений встык и угловых (металл толщиной менее 3 мм) с присадочной проволокой. Когда на шве образуется ванночка диаметром 4—5 мм, сварщик вводит в нее конец проволоки и, рас-

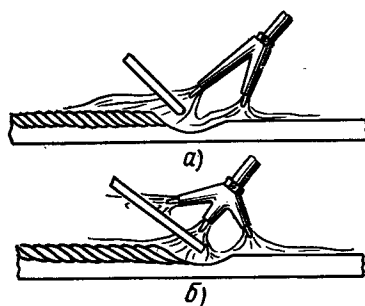


Рис. 37. Сварка наконечниками:
а — двухпламенным, б — трехпламенным

плавив небольшое количество ее, перемещает конец проволоки в темную, восстановительную часть пламени. В это время он делает

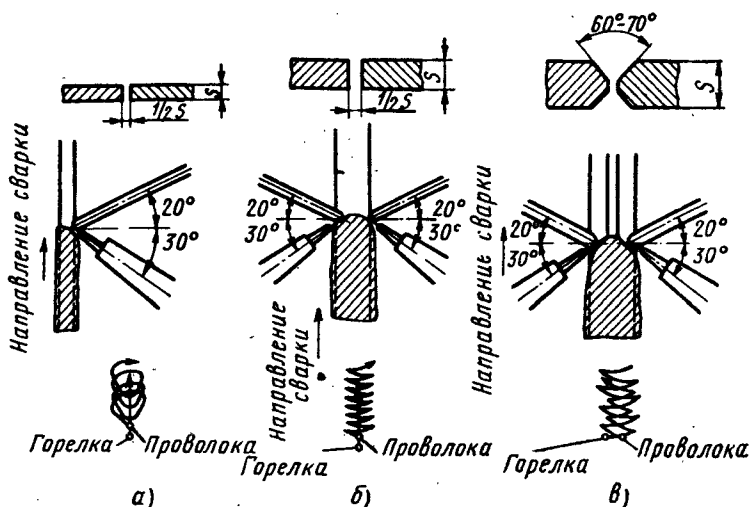


Рис. 38. Схемы сварки сквозным валиком при толщине металла, мм:
а — от 2 до 6, б — от 6 до 16, в — от 12 до 20

мундштуком круговое движение, переводя его в соседнее положение на шве. Новая ванночка должна перекрывать предыдущую на 1/3 диаметра. Конец проволоки во избежание окисления нужно

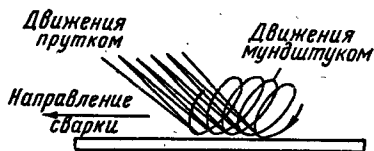


Рис. 39. Сварка ванночками

всегда держать в восстановительной зоне пламени, а ядро не должно погружаться в ванночку во избежание науглероживания металла шва. Этот способ дает сварное соединение высокого качества при сварке тонких листов и труб из низкоуглеродистой и низколегированной стали облегченными швами.

Многослойная газовая сварка имеет следующие преимущества перед однослойной: дает меньшую зону нагрева металла; обеспечивает отжиг нижележащих слоев при наплавке последующих; возможность проковки каждого слоя шва перед наложением следующего. Однако многослойная сварка менее производительна и требует большего расхода газов, чем однослойная. Поэтому ее применяют только при сварке ответственных изделий. Сварку ведут короткими участками. При наложении слоев нужно следить за тем, чтобы стыки швов в различных слоях не совпадали. Перед наложением нового слоя нужно проволочной щеткой очистить поверхность предыдущего слоя от окалины и шлаков.

Сварка окислительным пламенем. Применяют для сварки низкоуглеродистой стали. Сварку ведут окислительным пламенем состава

$$\beta = \frac{O_2}{C_2H_2} = 1,4.$$

Для раскисления образующихся в сварочной ванне окислов железа применяют проволоку Св-12ГС, Св-08Г и Св-08Г2С (ГОСТ 2246—70), содержащую повышенные количества раскислителей — марганца и кремния. Данный способ повышает производительность сварки на 10—15%.

Сварка пропан-бутан-кислородным пламенем производится при повышенном содержании кислорода в смеси

$$\beta = \frac{\text{кислород}}{\text{пропан-бутан}} = 3,5$$

с целью повышения температуры пламени и увеличения провара и жидкотекучести ванны при сварке стали. Для раскисления металла шва применяют проволоку Св-12ГС, Св-08Г и Св-08Г2С, а также проволоку Св-15Г10 (0,5—0,8% алюминия и 1—1,4% марганца) (ГОСТ 2246—70).

Исследованиями А. Н. Шашкова, Ю. И. Некрасова и С. С. Вакман доказана возможность использования также обычной и низкоуглеродистой проволоки Св-08 с раскисляющим покрытием, содержащим 50% ферромарганца и 50% ферросилиция, разведенного на жидком стекле. Вес покрытия (без учета веса жидкого стекла) 2,5—3,5% к весу проволоки. Толщина покрытия 0,4—0,6 мм при проволоке диаметром 3 мм и 0,5—0,8 мм при диаметре 4 мм. Расход пропана 60—80 л/ч на 1 мм толщины стали, $\beta = 3,5$, угол наклона прутка к плоскости металла 30—45°, угол разделки кромок 90°, расстояние ядра от прутка 1,5—2 мм, от металла 6—8 мм. Этим способом можно сваривать сталь толщиной до 12 мм. Лучшие результаты получены при сварке стали 3—4 мм.

Проволока Св-08 с указанным покрытием при сварке пропан-бутаном является полноценным заменителем более дефицитных марок проволоки с марганцем и кремнием.

Сварка городским газом (CH₄) производится горелкой ГЗУ-2-62 и проволокой Св-12ГС. Состав горючей смеси O₂: CH₄=1,5:1,6. Для стали толщины 4 мм расход: C₂H₂=400 дм³/ч, пропан-бутана 240 дм³/ч ($\psi=0,6$), городского газа 720 дм³/ч ($\psi=1,8$). Производительность такая же, как и при сварке пропан-бутаном, но на 15—20% ниже, чем при сварке на ацетилене. Зона термического влияния при сварке городским газом больше (11,5 мм), чем при сварке ацетиленом (9 мм). Прочность при сварке стали малых толщин городским газом меньше; чем при сварке ацетиленом, вследствие повышения содержания в металле кислорода, вызванного необходимостью применения окислительного пламени.

Горелками ГЗУ-2-62 можно на городском газе сваривать неответственные соединения из стали толщиной до 5 мм.

Сварка пламенем повышенной мощности — 200 дм³/ч на 1 мм толщины металла (для стали). Диаметр прутка 6—8 мм. Пламя больше направляют на присадочный пруток. Увеличивается производительность сварки, но требуется высокая квалификация сварщика, так как можно перегреть металл шва и зоны влияния, что снизит их пластические свойства.

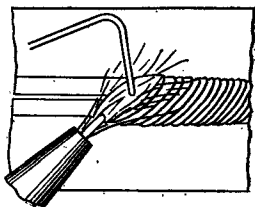


Рис. 40. Сварка горизонтальными швами

Особенности сварки различными швами. Горизонтальными швами сваривают правым способом, но сварку ведут справа налево, держа конец проволоки сверху, а мунштук снизу ванны (рис. 40). Сварочную ванну располагают под некоторым углом к оси шва, чем облегчается формирование шва, а жидкий металл удерживается от стекания.

Вертикальными и наклонными швами сваривают сверху вниз правым способом (рис. 41, а) и снизу вверх левым (рис. 41, б) или правым (рис. 41, в) способами. Способ, показанный на рис. 41, а, применяют при небольшой толщине металла, когда объем ванны мал и металл можно удерживать от стекания давлением газов пламени. При толщине не более 5 мм применяют также способ сварки двойным валиком.

При сварке потолочными швами (рис. 42) кромки нагревают до начала оплавления («запотевания») и в этот момент вводят в ванну присадочную проволоку, конец которой быстро оплавливают.

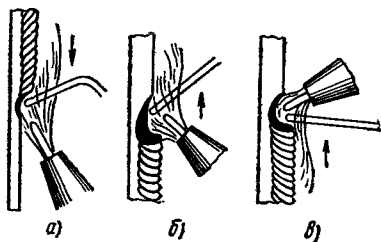


Рис. 41. Сварка вертикальными швами;
а — сверху вниз, б, в — снизу вверх

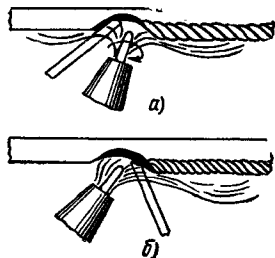


Рис. 42. Сварка потолочными швами:
а — левым; б — правым способом

Металл ванны удерживают от стекания вниз пруток и давлением газов пламени, которое достигает 100—120 гс/см². Пруток держат под малым углом наклона к свариваемому металлу. Сварку лучше вести правым способом (рис. 42, б), так как при сварке левым способом (рис. 42, а) под действием давления газов пламени расплавлен-

ный металл может затекать на недостаточно прогретые участки основного металла, что вызовет непровар в данном месте. Целесообразно также применять многослойные потолочные швы в несколько проходов с минимальной толщиной каждого слоя.

Сварка тонкого металла (толщиной менее 3 мм) по отбортовке кромок без присадочного металла производится при зигзагообразных колебаниях мундштука в вертикальной плоскости (рис. 43, а).

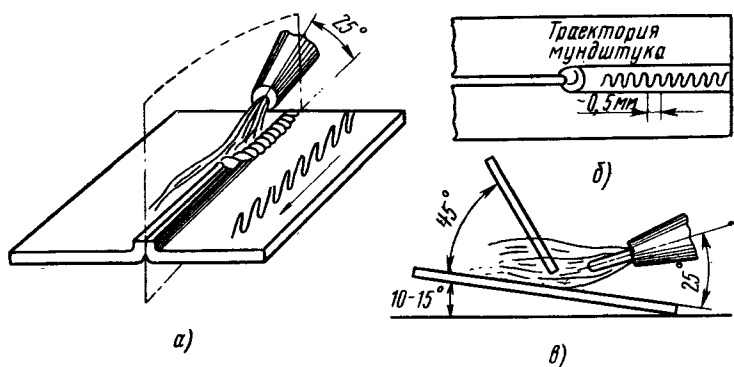


Рис. 43. Сварка тонкого металла:
а — с отбортовкой кромок, б — встык, в — применение уклона

При сварке тонкого металла (1—3 мм) встык без снятия фасок мундштуком делают поперечные колебания в пределах ширины шва (рис. 43, б). В ряде случаев для облегчения формирования шва ему придают небольшой уклон, ведя сварку снизу вверх (рис. 43, в).

§ 5. Деформации и напряжения при газовой сварке

Деформации и напряжения возникают вследствие неравномерного нагрева металла при газовой сварке. Если нагреть лист металла пламенем горелки (рис. 44), то он начнет расширяться в месте нагревания. Расширению будут препятствовать более холодные части листа, окружающие место нагрева. В результате лист, если размеры его достаточно велики, теряет устойчивость и начнет деформироваться, образуя так называемые «бухтины».

При наличии препятствий деформации нагреваемой детали в ней возникают внутренние напряжения. Эти напряжения в зависимости от степени нагрева, размеров и формы детали могут достигать большой величины и часто служат причиной появления трещин в шве или зоне влияния и даже разрушения детали.

Величина расширения металла и связанная с этим степень деформации зависит от температуры нагрева и коэффициента линей-

ного расширения. Чем больше коэффициент линейного расширения и выше температура нагрева металла, тем больше деформация.

Второй причиной деформаций и напряжений при сварке является усадка металла шва при переходе из жидкого состояния в твердое. Усадка при сварке листов металла вызывает продольное и поперечное коробление. При продольном короблении происходит набегающее еще не сваренных кромок листов друг на друга, как это показано на рис. 45, а. Поперечное коробление листов от усадки показано на рис. 45, б.

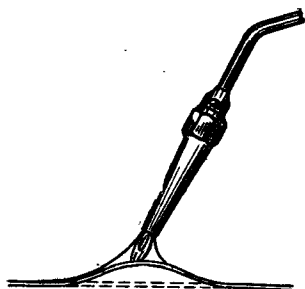
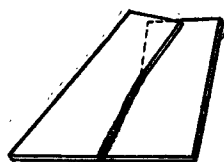
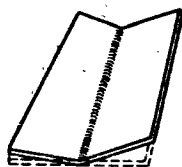


Рис. 44. Деформации листа при нагревании горелкой



а)



б)

Рис. 45. Коробление листов от усадки металла при сварке:
а — продольное, б — поперечное

Величина усадки больше в верхней части шва, где объем наплавленного металла больше. Поэтому при поперечной усадке края листов стремятся подняться в сторону выпуклости шва. Если усадке что-либо препятствует, то возникают напряжения. Поскольку газовая сварка дает большую зону нагрева по сравнению с другими способами сварки, то она вызывает и большие деформации свариваемых частей.

Для уменьшения деформаций следует стремиться к равномерному распределению объема наплавляемого металла и более равномерному нагреванию детали при сварке. Для этого применяют следующие способы.

Порядок наложения швов. На рис. 46, а показаны обратный ступенчатый, ступенчатый и комбинированный порядки наложения швов. Шов делят на участки по 100—200 мм. Сварку ведут отдельными участками в порядке, отмеченном цифрами, и в направлении, указанном стрелками. При этом металл по длине шва нагреется более равномерно, чем при сварке за один проход, следовательно, деформация листов будет меньше.

Уравновешивание деформаций. При этом способе очередность наложения швов выбирают так, чтобы последующий шов вызывал деформации, обратные полученным при наложении предыдущего шва (рис. 46, б). При наложении шва 1 листы

деформируются в одну сторону, а при наложении шва 2 — в противоположную. В результате балка после сварки будет иметь наименьшую деформацию. Цифры указывают последовательность наложения швов.

Обратные деформации. Этот способ заключается в придании деталям перед сваркой такого положения или формы, которые обеспечивают их правильное относительное расположение после сварки. Например, предварительно раздвигают кромки лис-

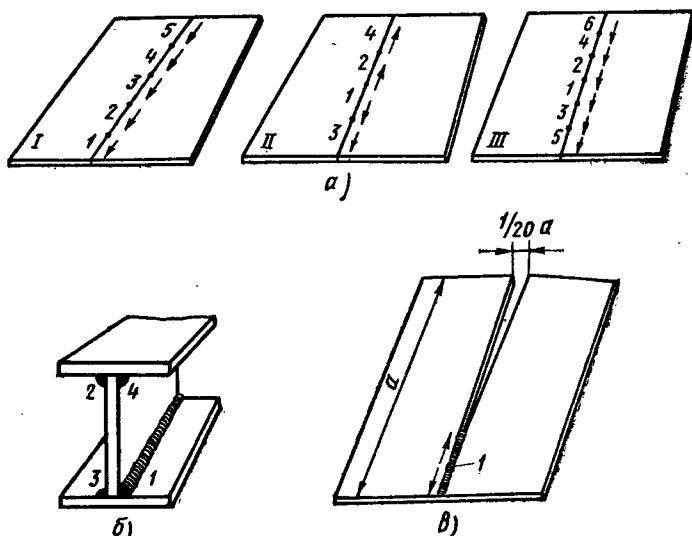


Рис. 46. Способы уменьшения деформаций:
 а — порядок наложения швов; I — обратноступенчатый, II и III — комбинированные; б — уравнивание деформаций; в — обратная деформация

тов при сварке продольным швом (рис. 46, в). По мере сварки кромки вследствие усадки металла шва сближаются. Сварку начинают в точке 1, на некотором расстоянии от поперечной кромки. Оставшийся участок заваривают последним с целью предупреждения образования трещин в начале шва, которые могут возникнуть из-за продольного коробления листов от усадки.

Жесткое закрепление применяют при прихватке или сварке деталей сложной формы, закрепляя их в специальных приспособлениях — кондукторах. Этот способ распространен в условиях массового или серийного производства. Детали из приспособления вынимают после прихватки или сварки и полного охлаждения. Однако этот способ не всегда дает хорошие результаты при газовой сварке, поскольку она дает большую зону нагрева и поэтому вызывает большие деформации, чем дуговая сварка. Вследствие этого при закреплении вне шва возникают напряжения сжа-

тия, вызывающие увеличение общей деформации изделия. Если же закрепление располагают вблизи свариваемых кромок, то при нагреве возникают большие пластические деформации сжатия, которые в процессе остывания сварного соединения могут вызвать его разрушение.

Охлаждение. Сопутствующее охлаждение детали в процессе сварки уменьшает зону нагрева, а следовательно, и деформацию изделия. Для охлаждения изделие погружают в воду, оставляя на поверхности только место сварки, или кладут под шов прокладку из красной меди, имеющую высокую теплопроводность и улучшающую отвод тепла. Иногда в подкладке делают каналы, по которым пропускают воду для лучшего отвода тепла. Можно также обкладывать деталь около шва мокрым асбестом.

Данный способ применяют при сварке сталей, обладающих пониженной теплопроводностью, например нержавеющей. Для уменьшения сварочных напряжений и вызываемых ими деформаций широко используют также предварительный подогрев изделия и проковку швов.

Предварительный подогрев изделия (полный или частичный) снижает разность температур между сварочной ванной и более холодными частями основного металла. Это уменьшает напряжения и деформации металла от местного неравномерного нагрева при сварке и уменьшает скорость охлаждения. Данный способ применяют при ремонтной сварке отливок из чугуна, бронзы и алюминия, а также при сварке высокоуглеродистых и легированных сталей, склонных к закалке и трещинообразованию. Способ требует специальных устройств для подогрева деталей: горнов, печей, индукторов и пр.

Проковка наплавленного металла после сварки деформирует зерна и уплотняет шов; это снимает оставшиеся напряжения и повышает прочность сварного соединения. Проковку производят в зависимости от вида свариваемого металла либо в горячем, либо в холодном состоянии.

Указания о применении проковки и ее режимы приведены ниже при описании техники сварки различных металлов.

§ 6. Термическая обработка и правка изделий после сварки

Термическую обработку применяют для полного устранения напряжений, остающихся в изделии после сварки, а также для улучшения структуры металла сварного шва. При сварке применяют следующие виды термической обработки.

Отжиг для снятия напряжений. Изделие после сварки помещают в нагревательную печь. Нагрев ведут постепенно. Для низко- и среднеуглеродистой стали температура нагрева $600\text{--}680^\circ\text{C}$, при которой сталь становится достаточно пластичной и появившиеся при сварке напряжения исчезают. После нагрева

изделие выдерживают в печи при указанной температуре из расчета 2,5 мин на 1 мм толщины стенки, но не менее 30 мин. Затем изделие охлаждается вместе с печью.

Иногда изделия подвергают местному отжигу нагреванием места сварки и соседних с ним участков горелками. Этот вид отжига требует осторожного и умелого применения, так как в изделии могут появиться дополнительные деформации и напряжения в случае неравномерного нагрева и охлаждения.

П о л н ы й о т ж и г. Изделие нагревают до более высокой температуры, чем при отжиге для снятия напряжений, а именно ($^{\circ}\text{C}$):

Мягкая сталь с содержанием углерода ниже 0,12%	875—925
Углеродистая сталь с содержанием углерода 0,12—0,3%	840—870
То же, с содержанием углерода 0,3—0,5%	815—840
Хромомолибденовая сталь, применяемая в котлостроении	900—930

После выдержки при температуре полного отжига деталь подвергают медленному охлаждению вместе с печью. При полном отжиге устраняются внутренние напряжения и улучшается структура металла: она становится однородной и мелкозернистой, а металл вследствие этого — менее хрупким и более пластичным.

Н о р м а л и з а ц и я. Если после полного отжига деталь охлаждать в спокойном воздухе, то такой процесс называется н о р м а л и з а ц и е й. В этом случае сохраняется нормальная мелкозернистая структура металла, что несколько повышает его прочность и твердость.

О т п у с к. Стали, склонные к закалке, т. е. к повышению твердости после нагрева и последующего быстрого охлаждения, после нормализации подвергают отпуску, т. е. нагреву до 400—700 $^{\circ}\text{C}$ и медленному охлаждению. Для каждого сорта стали существуют свои температуры отпуска и скорость охлаждения, указываемые в технических условиях на термообработку.

При газовой сварке стали термическая обработка служит также средством повышения пластичности металла шва. В этом случае участки шва нагревают пламенем горелки до светло-красного цвета каления и в этом состоянии проковывают. При этом зерна металла измельчаются, а его пластичность и вязкость повышаются. После проковки металл шва необходимо подвергнуть нормализации, нагревая его пламенем горелки. Во избежание появления наклепа* проковку следует прекращать при остывании металла до темно-красного цвета.

Местный нагрев пламенем сварочной горелки используют для п р а в к и и з д е л и й п о с л е с в а р к и. Пламенем нагревают до температуры пластического состояния выпуклую часть из-

* Наклеп появляется в случае деформации металла при температуре ниже температуры рекристаллизации. Наклеп повышает предел текучести и понижает вязкость металла, иногда приводит к появлению трещин. Наклеп уничтожается последующим отжигом металла.

делия, которое нужно выправить (рис. 47). При нагревании металл стремится расшириться, но так как этому препятствуют более холодные его части, то в нем возникают напряжения сжатия, вызывающие пластическую деформацию сжатия. При последующем охлаждении в этом участке возникают обратные напряжения-растяжения, которые и выпрямляют изделие. Температура нагрева для стали 650—900° С, что соответствует темно-красному калению. Скорость перемещения пламени при нагреве 500—600 мм/мин. Чем быстрее производится нагрев, тем успешнее происходит процесс правки изделия.

При необходимости повторного нагрева при правке следует нагревать соседние участки металла: вторичное нагревание одного и

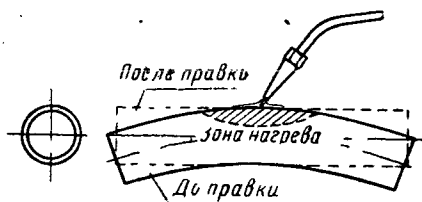


Рис. 47. Правка изделий местным нагревом

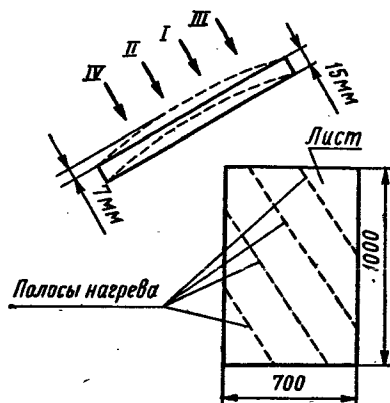


Рис. 48. Схема правки стального листа толщиной 15 мм

того же участка не рекомендуется, так как это может вызвать ухудшение структуры металла в данном месте. Наконечник горелки для нагрева берут из расчета расхода ацетилена 300 дм³/ч на 1 мм толщины нагреваемого металла. Лучше применять многопламенные наконечники. Зона нагрева должна иметь форму овала.

В табл. 13 даны режимы правки листов углеродистой стали толщиной до 6 мм.

На рис. 48 показан пример правки стального листа толщиной 15 мм, получившего симметричную деформацию (выпуклость) со стрелой прогиба 7 мм. Стрелками и пунктиром указаны участки нагрева, цифрами I, II, III и IV — последовательность нагрева. Правку изделий нагревом газовым пламенем широко применяют в СССР и за рубежом. Этим способом, например, правят листы толщиной до 25 мм до и после резки их на гильотинных ножницах или листы толщиной более 25 мм до и после кислородной резки. Способ правки нагревом применяют также после сварки станин прессов и станков, судовых конструкций, валов, сварных колонн, балок и пр.

Таблица 13

**Режимы правки листов углеродистой стали
ацетилено-кислородным пламенем**

Толщина листа, мм	Номер наконеч- ника	Скорость нагрева, мм/мин	Ширина зоны нагрева, мм	
			видимая при температуре выше 600°C	фактичес- кая
2	3	420	} 15	20
3	4	360		
4	5	270	} 20	35
5	6	240		
6	6	180	30	55

§ 7. Сварка труб

Газовая сварка находит достаточно широкое применение при монтажной сварке труб небольшого диаметра (до 100—150 мм), изготовлении для них фасонных частей — угольников, тройников, отводов и пр. Трубы сваривают стыковыми швами с усилением $1 \div 3$ мм, в зависимости от толщины стенки. Стыковое соединение является наилучшим при сварке труб, так как требует наиболее простой подготовки кромок, наименьшей затраты времени и газов на сварку.

При сварке трубопроводов для транспортировки газов и жидкостей сквозное проплавление стенки нежелательно, так как возникающие внутри трубы наплывы металла создают сопротивление движению газа или жидкости. Поэтому при газовой сварке стыков трубопроводов применяют несколько другие способы подготовки кромок, отличные от листовых конструкций, указанных выше в табл. 12. При сварке стыков труб с толщиной стенки до 3 мм включительно скоса кромок не делают, а стык собирают с зазором до 1,5 мм. При толщине стенки трубы свыше 3 мм делают скос кромок под углом от 35 до 45° (угол раскрытия шва от 70 до 90°). Острую часть кромки притупляют для того, чтобы она не оплавлялась при сварке и расплавленный металл не протекал внутрь трубы. В отдельных случаях, в зависимости от назначения конструкций, используют и другие, более сложные способы стыковки труб: без скоса кромок с подкладным кольцом*; с раструбом и вставным кольцом; с разделкой кромок и внутренней выточкой для точной центровки и др.

При сварке труб можно применять как левый, так и правый способы сварки. Перед сваркой трубы выравнивают, чтобы их оси совпадали, затем прихватывают в нескольких местах по окружности и сваривают.

Для центровки труб при сварке применяют различные приспособления, одно из которых показано на рис. 49.

* При сварке трубопроводов для транспортировки газов и жидкостей применить остающиеся подкладные кольца запрещено.

Если трубу можно поворачивать, то сварку лучше вести в нижнем положении (рис. 50). Неповоротный стык сваривают последовательно нижним, вертикальным и потолочным швами. Этот случай является наиболее трудным для сварщика, так как требует умения выполнять разные по ориентации в пространстве швы.

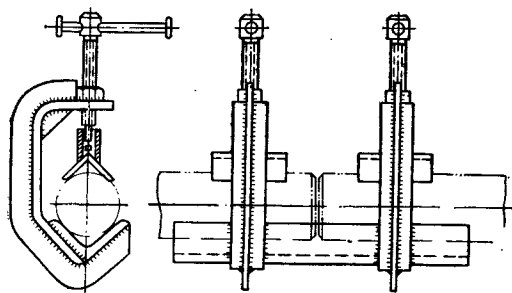


Рис. 49. Струбциный центратор для труб диаметром 60—100 мм

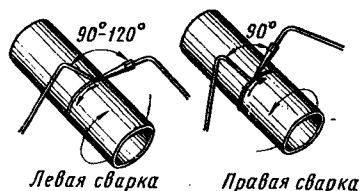


Рис. 50. Положение мундштука горелки и проволоки при сварке труб

В неповоротных стыках труб диаметром до 150 мм (рис. 51) сначала сваривают нижнюю половину 1, а затем верхнюю половину 2 стыка в обратном направлении. Начало и конец верхнего шва должны несколько перекрывать нижний шов на участках А и Б для того, чтобы валик шва получился равнопрочным по всей окружности стыка.

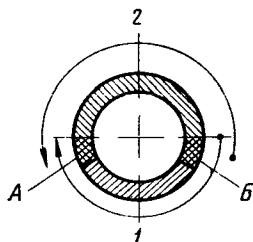


Рис. 51. Последовательность сварки неповоротного стыка труб диаметром до 150 мм

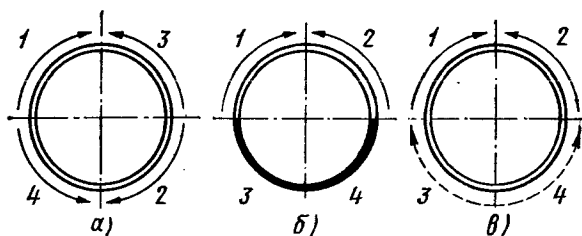


Рис. 52. Последовательность сварки труб большого диаметра:

а — 200—300 мм, б — 500—600 мм, в — сварка без поворота трубы

При сварке труб диаметром 200—300 мм и более сварку начинают в какой-либо точке окружности и выполняют четырьмя отдельными участками (рис. 52, а). При трубах диаметром 500—600 мм сварку ведут одновременно два сварщика, заваривая сначала верхнюю часть трубы на участках 1 и 2 (рис. 52, б). Затем трубу поворачивают и также одновременно заваривают участки 3 и 4. Если по-

ворачивать трубу нельзя, то участки 3 и 4 сваривают потолочным швом в порядке, указанном на рис. 52, в пунктирными стрелками. Зазор между кромками труб устанавливают по данным табл. 12 в зависимости от толщины стенки трубы, причем берут меньшее значение величины зазора.

Сварка промышленных и бытовых газопроводов с давлением газа до 12 кгс/см^2 . Трубы предварительно сваривают в мастерской в секции, длина которых выбирается с учетом условий перевозки и укладки. Секции подвергаются очистке, грунтовке и противокоррозионной изоляции. Производят заготовку и сборку узлов газопровода, проверку на давление арматуры, фасонных частей и узлов. Применяемая для сварки проволока должна иметь сертификат, а при отсутствии такового — подвергаться проверке путем механических испытаний образцов, вырезанных из пробных сварных стыков. Испытания производятся на образцах со снятым усилением (3 образца для испытания на разрыв и 3 — на угол загиба). Для указанных газопроводов применять газовую сварку разрешается только для труб с диаметром условного прохода до 150 мм, при толщине стенок не более 5 мм.

Перед сборкой и сваркой труб их очищают от попавших внутрь грунта, льда и пр. В случае необходимости кромки труб выправляют и обрезают, если они деформированы. Поверхность кромок и прилегающие к ним наружную и внутреннюю поверхности трубы на ширину не менее 10 мм зачищают до металлического блеска. При стыковке труб смещение кромок не должно превышать 1—1,5 мм. Величина зазора между кромками должна быть 2,5—3 мм. Сборка труб с продольным сварным швом должна производиться со смещением продольных швов каждой трубы не менее чем на 50 мм по отношению к шву смежной трубы. К сварке труб допускаются сварщики, сдавшие экзамен в соответствии с «Правилами» испытания сварщиков Госгортехнадзора и имеющие специальные удостоверения на право сварки газопроводов. Каждому сварщику присваивается номер или шифр, который он обязан наплавлять на расстоянии 30—50 мм от стыка.

Ручная газовая сварка труб выполняется только в один слой. При выполнении работ в зимних условиях необходимо обеспечить: надежную защиту места сварки и рабочего места сварщика от ветра и снега; очистку концов трубы от снега и льда и просушку их пламенем горелки или другим способом; нормальную (не более 10 град в минуту) скорость охлаждения стыка и прилегающей зоны путем укрытия их асбестом или другим способом. Сварка труб при температуре ниже минус 30° С может выполняться только с предварительным подогревом стыка и прилегающей к нему зоны шириной 200—250 мм до температуры 150—200° С; подогрев может производиться горелками, форсунками и другими способами. Исправление дефектов швов при окружающей температуре ниже минус 5° С должно производиться без ударов, с применением газовой резки.

В объем всех работ по контролю за сваркой газопроводов долж-

ны входить: проверка права сварщика на сварку газопроводов; проверка качества применяемых материалов; пооперационный контроль сборки и сварки; проверка качества стыков внешним осмотром и физическим методом; механические испытания образцов, вырезанных из контрольных стыков.

Пооперационный контроль включает в себя: проверку соосности труб и величины смещения кромок, величины зазора, притупления и зачистки кромок; проверку расположения и качества прихваток; проверку режима сварки (мощности наконечника, диаметра проволоки и пр.), порядка наложения шва, формы шва; внешний осмотр для выявления дефектов — шлаковых включений, подрезов, пор, трещин и пр.; внешнему осмотру подлежат все сварные стыки после их очистки от шлака, брызг металла и окислы.

Сварные швы стыков по внешнему виду должны удовлетворять следующим требованиям: поверхность наплавленного металла по всей окружности должна быть слегка выпуклой с плавным переходом к основному металлу без подрезов и незаваренных мест; высота усиления шва, в зависимости от толщины стенки, должна быть от 1 до 3 мм, но не более 40% толщины стенки трубы; ширина шва не должна более чем в 2,5 раза превышать толщину стенки; не допускаются наплывы и грубая чешуйчатость.

Стыки, не удовлетворяющие по внешнему виду перечисленным требованиям, бракуются или подлежат исправлению. Не допускается исправление стыков методом повторного наложения шва.

Для подземных газопроводов диаметром 76 мм и более проверке физическими методами контроля (рентгено-гаммаграфированием, магнитографированием и др.) подлежит следующее количество стыков (в % от общего числа сваренных):

газопроводы низкого давления (до 0,05 кгс/см ² включительно)	5
то же среднего давления (более 0,05 до 3 кгс/см ² включ.)	10
то же высокого давления (более 3 до 6 кгс/см ² включ.)	50
то же высокого давления (более 6 до 12 кгс/см ² включ.)	100

При этом проверяется не менее чем по одному стыку из числа сваренных сварщиком на объекте.

При неудовлетворительных результатах проверки качества стыков газопроводов с давлением до 6 кгс/см² производится повторная проверка удвоенного числа стыков. При наличии хотя бы одного неудовлетворительного стыка при повторной проверке физическими методами контроля проверяют все стыки, выполненные сварщиком на объекте, а сварщик от работы отстраняется.

Сварные стыки наружных надземных газопроводов низкого и среднего давления (до 3 кгс/см²) проверке физическими методами контроля не подлежат. Сварные стыки наружных надземных газопроводов высокого давления (от 3 до 12 кгс/см²) должны проверяться физическими методами контроля в количестве 2% общего количества стыков, но не менее одного стыка из числа сваренных сварщиком на объекте. Стыки подземных газопроводов на переходах

под железнодорожными и трамвайными путями, дорогами, подводные, а также надземных газопроводов при подвеске к мостам, на переходах через преграды и при прокладке в футлярах подлежат 100%-ной проверке физическими методами, независимо от величины рабочего давления.

При проверке физическими методами стыки бракуются в случае наличия следующих дефектов: трещин любых размеров и направлений; непровара по сечению шва; непровара глубиной свыше 10% в корне шва в соединениях, доступных для сварки только с одной стороны, шлаковых включений или раковин по группам А и В по ГОСТ 7512—69 размером по глубине шва более 10% толщины шва; шлаковых включений в виде цепочки или сплошной линии вдоль шва, по группе Б ГОСТ 7512—69 при суммарной их длине свыше 200 мм на 1 м шва; газовых пор в виде сплошной сетки; скоплений газовых пор в отдельных участках шва по группе Б ГОСТ 7512—69 свыше 5 шт. на 1 см² площади шва. При длине дефектного участка менее 1/3 окружности трубы разрешается исправление стыков путем вырезки дефектной части и заварке с последующей проверкой физическими методами. Исправление швов подчеканкой запрещается.

Для проверки качества сварных стыков механическими испытаниями каждый сварщик вырезает контрольные стыки (помимо пробных) в количестве 0,5% сваренных, независимо от диаметра и марки стали трубы, но не менее одного стыка в месяц. Вырезка стыков должна производиться в период производства работ. В качестве контрольных выбирают стыки, наихудшие по внешнему виду.

Для механических испытаний стыков вырезают три образца с неснятым усилением для испытаний на растяжение и три образца со снятым усилением для испытаний на угол загиба. Образцы вырезают из различных участков, равномерно распределенных по периметру стыка. Изготавливают образцы по ГОСТ 6996-66. Сварные соединения, выполненные газовой сваркой, должны иметь:

- а) временное сопротивление на растяжение — не менее нижнего предела для основного металла;
- б) угол загиба — не менее 100 град.

При получении неудовлетворительных результатов механических испытаний по какому-либо виду образцов производится повторное испытание на удвоенном количестве образцов по этому же виду испытаний. В случае получения неудовлетворительных результатов при повторных испытаниях хотя бы на одном образце все стыки, сваренные сварщиком на данном участке, подвергают тщательному осмотру и 100%-ной проверке физическими методами контроля; сварщик от работы отстраняется и допускается к сварке газопровода только после тренировки и получения положительных результатов испытаний вновь сваренного пробного стыка.

Для труб с диаметром условного прохода 75 мм и менее механические испытания проводятся на целых стыках на растяжение и сплющивание. Для этих диаметров половина вырезанных контроль-

ных стыков испытывается на растяжение, а другая половина — на сплющивание. Результаты считаются положительными, если величина просвета между стенками трубы при появлении первой трещины будет не более чем в 3 раза больше толщины стенки трубы с условным диаметром прохода менее 50 мм и не более чем в 4 раза — с условным диаметром 50—75 мм.

Испытание сваренных газопроводов на прочность и плотность, за исключением испытаний на прочность надземных газопроводов с давлением свыше 3 кгс/см², производят воздухом. Надземные газопроводы с давлением свыше 3 кгс/см² испытываются на прочность водой. В зимнее время, а также в случае усложнения устройства опор для надземных газопроводов, допускается замена гидравлического испытания на испытание воздухом с соблюдением мер безопасности. Продолжительность испытания на прочность должна быть не менее 1 ч. При пневматических испытаниях на прочность внешние осмотры и проверка соединений допускаются только после снижения давления до норм, установленных для испытаний на плотность. Устранение дефектов допускается только после снижения давления до атмосферного. При испытаниях подземных газопроводов принимаются следующие нормы давлений:

Вид газопровода	Испытательное давление, кгс/см ²	
	на прочность	на плотность
Низкого давления (до 0,05 кгс/см ²):		
распределительные	3	1
вводы и дворовые разводки (до 150 мм)	1	0,2
Среднего давления (более 0,05 до 3 кгс/см ² включ.)	4,5	3
Высокого давления (более 3 до 6 кгс/см ² включ.)	7,5	6
Высокого давления (более 6 до 12 кгс/см ² включ.)	15	12

Испытание на прочность и плотность вводов и дворовых газопроводов низкого давления с диаметром более 150 мм производится по нормам давления для распределительных газопроводов.

§ 8. Наплавка твердых сплавов

Твердыми сплавами наплавляют рабочие поверхности деталей, подвергшихся износу: клапанов, центров токарных станков, штампов, зубьев ковшей экскаваторов и пр., а также режущего инструмента — резцов, сверл, фрез, бурового инструмента и пр.

При газовой наплавке применяют прутки из литых твердых сплавов, так как порошкообразные сплавы при наплавке раздуваются пламенем горелки. Металлокерамические сплавы во избежание их перегрева пламенем горелки можно припаявать только медно-цинковым припоем.

Если деталь изношена, то перед наплавкой твердым сплавом ее наплавляют низкоуглеродистой проволокой до восстановления пер-

воначального профиля. Затем очищают место наплавки от шлаков, снимают фаску или делают выточку (канавку). При наплавке сор-майтом № 1 глубина выточки или канавки должна быть равна (мм): для деталей, работающих на истирание, 1,5—2,5; для режу-щих кромок инструмента 0,5—1,5; для инструмента, работающего при ударах, не более 0,5.

При наплавке сормайтом № 2, который менее хрупок, чем сор-майт № 1, а также для инструментов, применяемых при горячей обработке металлов, глубину фаски увеличивают в два раза. Глуби-на канавки определяет толщину рабочего слоя наплавки. Острые углы фасок следует закруглять. Ширину фаски делают равной 5—10 мм.

Наплавлять твердый сплав можно на холодную деталь или предварительно подогретую до 500—750° С. Подогрев предупреждает возможность коробления детали при наплавке и дает лучшие результаты. Наплавку ведут в нижнем положении. Мощность на-конечника выбирают в зависимости от толщины детали в месте наплавки. Пламя следует регулировать с небольшим избытком ацетилена. Для лучшего сплавления наплавляемого слоя с основ-ным металлом применяют флюс (прокаленную буру).

В нефтяной промышленности для наплавки бурового инстру-мента применяют стержни ТЗ, представляющие собой трубки раз-мером 6×0,5 мм из низкоуглеродистой стали, заполненные круп-кой из карбидов вольфрама. При наплавке стержнями ТЗ в наплав-ленном слое содержится 15% железа и 85% карбидов вольфрама, обеспечивающих высокую твердость наплавки.

Для замены сормайта № 1 при наплавке самозатачивающихся лемехов плугов, лап культиваторов и других орудий в сельском хозяйстве А. Н. Шашков, Ю. И. Некрасов, С. С. Ваксман и Л. Н. Кудряшов предложили и исследовали более дешевые и менее дефицитные прутки из чугуна состава (%):

	Хромистый	Хромомар-ганцовистый
Углерод	2,6—3,0	2,6—3,0
Марганец	0,5—0,8	1,0—1,5
Кремний	1,2—1,5	1,2—1,5
Хром	1,2—2,0	1,0—1,5
Сера	0,08	0,8
Фосфор	0,2	0,2—0,5

Наплавка этими прутками дает твердость рабочего слоя: для хромистого чугуна — HRC 46—52, для хромомарганцовистого HRC 46—48, а наплавленные ими детали по работоспособности и стойкости не уступают сормайту. Наплавка может производиться ацетилено-кислородным и пропан-бутан-кислородным пламенем с применением в качестве флюса прокаленной буры. Диаметр прут-ков 6—8 мм, толщина наплавки 1,5—2 мм. Температура плавления прутков 1250—1300° С. Наплавленный слой прочно соединяется с поверхностью стальной детали.

**ОСОБЕННОСТИ И РЕЖИМЫ СВАРКИ
РАЗЛИЧНЫХ МЕТАЛЛОВ****§ 1. Сварка углеродистых сталей**

Низкоуглеродистые стали можно сваривать любым из описанных в главе V, § 4 способов газовой сварки. Пламя горелки при сварке стали должно быть нормальным, мощностью 100—130 $\text{дм}^3/\text{ч}$ ацетилена на 1 мм толщины металла при левой и 120—150 $\text{дм}^3/\text{ч}$ при правой сварке.

Высококвалифицированные сварщики применяют пламя большой мощности — 150—200 $\text{дм}^3/\text{ч}$ ацетилена на 1 мм толщины металла, применяя более толстую проволоку, что повышает производительность. От сварщика в этом случае требуется значительный опыт, так как при неумелой сварке можно перегреть металл и получить крупнозернистое строение металла шва.

При сварке углеродистых сталей применяют проволоку из малоуглеродистой стали Св-08, Св-08А или Св-10ГА по ГОСТ 2246—70. При сварке этой проволокой часть углерода, марганца и кремния выгорает, а металл шва получает крупнокристаллическую структуру и его временное сопротивление ниже такового для основного металла. Для получения наплавленного металла, равнопрочного основному, применяют проволоку Св-12ГС, содержащую до 0,17% углерода; 0,8—1,1% марганца и 0,6—0,9% кремния. Диаметр проволоки берут в зависимости от толщины свариваемого металла (см. гл. V, § 4).

При сварке пламенем большой мощности, во избежание перегрева металла, уменьшают угол наклона мундштука к основному металлу, а пламя преимущественно направляют на конец проволоки.

При сварке следует стремиться к одновременному расплавлению кромок шва и конца проволоки, чтобы капли расплавленного присадного металла не попадали на недостаточно нагретую кромку основного металла. Если это произойдет, то в данном месте не получится прочного соединения наплавленного металла с основным и образуется непровар кромок. У неопытного сварщика при касании кромок металла концом недостаточно нагретой проволоки она часто приваривается к основному металлу.

С целью уплотнения и повышения пластичности наплавленного металла можно применять проковку шва в горячем состоянии. Проковку ведут при температуре светло-красного и заканчивают при температуре темно-красного каления. При более низкой температуре проковку вести нельзя, так как это вызывает наклеп металла и может привести к трещинам в шве и прилегающих к нему зонах основного металла.

При сварке листов большой толщины, а также сварке ответственных изделий применяют термическую обработку сварного шва или изделия в целом по способу, описанному в предыдущей главе. Необходимость и порядок термической обработки предусматриваются техническими условиями на изготовление изделия.

Среднеуглеродистые стали (до 0,6% углерода) газовой сваркой свариваются хуже, чем низкоуглеродистые. Они склонны к короблению и образованию трещин при сварке. Наконечник берут мощностью 75 дж/ч ацетилен на 1 мм толщины свариваемого металла, т. е. меньше, чем при сварке низкоуглеродистой стали.

Пламя должно быть нормальным или слегка науглероживающим, так как окислительное пламя вызывает выгорание углерода. При толщине металла свыше 3 мм рекомендуется применять общий предварительный подогрев изделий до 250—350° С с целью уменьшения неравномерности нагрева, снижения внутренних напряжений и предупреждения закалки основного металла в околошовной зоне. Наряду с общим подогревом применяют также местный подогрев околошовной зоны до 650—700° С*.

В качестве присадочного металла применяют проволоку Св-08А по ГОСТ 2246—70. Низкое содержание углерода в этой проволоке уменьшает выгорание углерода и «кипение» сварочной ванны. Во избежание перегрева металла следует применять левую сварку. После сварки шов подвергают проковке при 850—900° С с последующей нормализацией нагревом до 900° С и охлаждением на воздухе. Структуру металла шва и околошовной зоны можно улучшить отпуском при 600—650° С. При сварке сталей, содержащих углерода 0,7—0,8%, целесообразно применять флюс (прокаленную буру). Стали, содержащие углерода свыше 0,6%, свариваются значительно хуже и качественную сварку их можно получить при толщине не свыше 5—6 мм. При сварке стали важное значение имеет чистота поверхности кромок, так как загрязнения вызывают в шве поры, непровар, шлаковые включения.

§ 2. Сварка легированных сталей

Большинство конструкционных легированных сталей сваривается газовой сваркой удовлетворительно. Сварка этих сталей имеет ряд особенностей, так как происходит частичное выгорание леги-

* Для определения температуры подогрева изделий при сварке рекомендуется пользоваться термочувствительными красками, которые изменяют свой цвет при определенной температуре. Например, краска № 8 зеленого цвета при температуре 230° С изменяет свой цвет на коричневый; краска № 12 голубая при 340° С переходит в бежевую; краска № 14 розовая при 510° С становится белой и др. Точность определения температуры термочувствительными красками $\pm 10^\circ$.

Термочувствительные краски выпускаются Рижским лакокрасочным заводом МХП по ТУ ЯН-25-58. Набор красок позволяет определять температуры нагрева в пределах от 45 до 610° С.

рующих примесей, вследствие чего металл шва теряет свойства стали данной марки. Легированные стали хуже проводят тепло, чем низкоуглеродистая сталь, и поэтому больше коробятся при сварке. Некоторые марки сталей способны закаливаться на воздухе, особенно в прилегающих к шву участках, и склонны к образованию трещин.

Низколегированные стали для строительных конструкций (например, 15ХСНД и 10ХСНД) хорошо свариваются газовой сваркой. Мощность наконечника выбирают 75—100 $\text{дм}^3/\text{ч}$ при левой и 100—130 $\text{дм}^3/\text{ч}$ ацетилена при правой сварке на 1 мм толщины металла. При сварке применяют нормальное пламя и проволоку Св-08, Св-08А или Св-10Г2 по ГОСТ 2246—70. Можно применять левую и правую сварку. Для улучшения качества наплавленного металла целесообразно проковывать шов при светло-красном калении (800—850° С) с последующей нормализацией металла шва. Флюс не применяют.

Низколегированные молибденовые и хромомолибденовые теплоустойчивые стали для котлостроения. Газовая сварка этих сталей может использоваться при монтаже и ремонте паровых котлов и трубопроводов*.

Пламя применяют только нормальное, мощностью 100 $\text{дм}^3/\text{ч}$ ацетилена на 1 мм толщины металла. При сварке применяют проволоку марок Св-08ХНМ, Св-10НМ, Св-18ХМА, Св-10ХМ, Св-10МХ по ГОСТ 2246—70. Сварку ведут небольшими участками длиной по 15—25 мм, поддерживая весь свариваемый участок при температуре светло-красного каления.

При толщине металла свыше 16 мм все изделие необходимо подвергать предварительному равномерному подогреву до 250—360° С, сохраняя эту температуру постоянной в процессе сварки. Для этого изделие во время сварки подогревают вспомогательными горелками или другими способами.

При окружающей температуре минус 10° С сварку сталей 15М и 20М толщиной до 10 мм можно вести без предварительного подогрева, а при большей толщине — с подогревом до 250—300° С. Хромомолибденовые стали 12ХМ, 15ХМ, 12Х1МФ при минус 10° С сваривают с подогревом до 250—300° С, независимо от толщины металла.

Кромки перед сваркой зачищают до металлического блеска. При толщине металла до 5 мм сварку ведут в один слой, при большей толщине применяют многослойную сварку. Вначале «пролуживают» кромки, для чего кромки в вершине шва расплавляют и сваривают без добавления присадочного металла с целью получения полного провара вершины шва. Длина пролуженного участка не должна

* В настоящее время сварка стыков труб на монтаже паровых котлов преимущественно производится дуговой сваркой покрытыми электродами и аргоно-дуговой сваркой неплавящимся электродом.

превышать 15—25 мм, так как при большей длине в данном месте возможно появление незаметной трещины, которая может остаться в шве. Для уменьшения выгорания хрома и молибдена металл сварочной ванны нужно поддерживать в возможно более густом состоянии, не перегревая его.

Сварку ведут с наименьшим числом перерывов. При возобновлении сварки после перерыва необходимо равномерно подогреть шов в данном месте (при сварке труб — весь стык) до 250—300° С с целью предупреждения появления трещин. Усиление шва располагают симметрично к оси шва, обеспечивая плавный переход от наплавленного металла к основному.

Полной термообработке (нормализации) подлежат детали при толщине металла свыше 10 мм, путем нагрева до 900—930° С для молибденовой и до 930—950° С для хромомолибденовой стали, выдержки при этой температуре из расчета 1—1,5 мин на 1 мм толщины металла и охлаждения в спокойном воздухе до 300° С.

При сварке труб и сварке на монтаже допускается также местная термообработка в виде отжига. Местной термообработке подвергаются все сварные соединения паропроводных и коллекторных труб. Для молибденовых и хромомолибденовых сталей нагрев при отжиге производится до 680—700° С (для хромомолибденованадиевых — 720—740° С) с выдержкой 4—5 мин на 1 мм толщины металла и медленным охлаждением до 250—300° С. Для хромомолибденовых сталей местная термообработка производится индукционными нагревателями, кольцевыми газовыми горелками и муфельными электропечами сопротивления. Сварное соединение должно быть нагрето по всему периметру на ширине не менее 100 мм в обе стороны от шва.

Низколегированные хромокремнемарганцовые стали (хромансиль). При газовой сварке этих сталей содержащиеся в них марганец, хром и кремний частично выгорают, что вызывает появление в шве включений окислов, шлаков и непровара. Для предупреждения этого сварку ведут нормальным пламенем, наконечником мощностью 75—100 дм³/ч ацетилена на 1 мм толщины металла. Окислительное пламя вредно, так как увеличивает выгорание хрома, кремния и марганца. Применяют или низкоуглеродистую проволоку Св-08 и Св-08А, или легированную Св-18ХГСА и Св-18ХМА. Сварку ведут в один слой. Перед сваркой листы предварительно прихватывают через 20—30 мм при толщине листов от 0,5—1,5 мм и через 40—60 мм при толщине 2 мм и более. Прихватки располагают на расстоянии 10—15 мм от края листа или угла сварного соединения.

Большое значение для качества шва при сварке этих сталей имеют тщательная очистка и подгонка кромок, а также точное соблюдение зазора между ними, который должен быть одинаков по всей длине шва. Стали типа «хромансиль» при резком охлаждении склонны к образованию трещин в шве и около него. Поэтому по окончании сварки горелку нужно отводить медленно, одновре-

менно подогревая факелом пламени металл конечного участка, на площади радиусом 20—40 мм. Сварку нужно производить возможно быстрее, без перерывов, не задерживая пламя на одном месте. Для уменьшения коробления прихватку и сварку ведут от середины шва к его концам.

После сварки узлов ответственных изделий из стали «хромансиль» их подвергают закалке и отпуску. Закалку производят нагревом вначале до 500—650° С с выдержкой при этой температуре из расчета 1,5 мин на 1 мм толщины (но не менее 5 мин) и последующим нагревом до 880° С с той же выдержкой. После этого деталь охлаждают в масле при температуре 20—50° С или сначала в горячем масле (190° С), а потом в масле при температуре 20° С.

Отпуск состоит в нагреве до 400—600° С с последующим охлаждением в горячей воде (60° С). Чем ниже температура отпуска, тем выше прочность, но меньше пластичность металла шва.

Хромистые стали могут содержать от 4 до 30 % хрома. Сварка хромистых сталей вообще сопряжена с рядом трудностей, так как они склонны к сильному короблению и закалке в момент остывания шва, что вызывает образование трещин. Чем выше содержание углерода в хромистой стали, тем хуже она сваривается.

Газовую сварку хромистых сталей ведут нормальным пламенем, наконечником мощностью не более 70 дм³/ч ацетилен на 1 мм толщины металла. При сварке применяют проволоку из хромоникелевой стали Св-02Х19Н9. Лучшие результаты получают при сварке проволокой Св-06Х19Н9Т (с титаном). Титан и ниобий препятствуют образованию в шве твердых химических соединений хрома с углеродом (карбидов хрома).

Сварку нужно вести возможно быстрее, стремясь не допускать перерывов и повторных нагревов шва. Во избежание образования трещин следует применять одностороннюю, однослойную сварку.

При сварке применяют флюс, предохраняющий хром от выгорания и способствующий удалению из шва окислов хрома. Состав флюса (%): борной кислоты 55; окиси кремния 10; ферромарганца 10; феррохрома 10; ферротитана 5; титановой руды (концентрата) 5 и плавикового шпата 5. Перед сваркой кромки зачищают до металлического блеска. Хромистые стали, содержащие свыше 14 % хрома, сваривают с предварительным подогревом до 200—250° С, а после сварки подвергают термической обработке по режиму, предусмотренному для стали данной марки.

Высокохромистые кислотостойкие стали при длительном нагреве склонны к росту зерна в зоне нагрева, что снижает их прочность. Поэтому газовой сваркой эти стали не сваривают.

Хромоникелевые нержавеющие аустенитные стали целесообразнее сваривать дуговой, в защитных газах или контактной электросваркой, так как эти способы дают меньшую зону нагрева, а поэтому обеспечивают меньшие деформации и лучшее качество сварного шва, чем газовая сварка. Газовой сваркой сваривают нержавеющую сталь толщиной не более 3 мм,

так как при большей толщине стали ее деформации достигают значительной величины.

Хромоникелевые стали сваривают нормальным пламенем мощностью 75 дм³/ч ацетилен на 1 мм толщины металла. Окислительное пламя не допускается. Применяют проволоку Св-02Х19Н9, Св-06Х19Н9Т или Св-08Х19Н10Б. При сварке жаропрочной нержавеющей стали применяют проволоку, содержащую 21% никеля и 25% хрома. Для сварки коррозионностойкой стали, содержащей молибден, применяют проволоку, содержащую 3% молибдена, 11% никеля и 17% хрома.

Основное затруднение при сварке этих сталей состоит в том, что при нагревании до 400—900°С происходит выделение карбидов хрома по границам зерен стали, вследствие чего сталь теряет устойчивость против коррозии. Титан или ниобий связывают углерод и препятствуют образованию карбидов хрома. Содержание ниобия должно не менее чем в 10 раз превышать содержание углерода в стали; максимально допустимое содержание ниобия — 1,2%.

Сварку нержавеющей сталей нужно вести быстро, держа конец проволоки все время в сварочной ванне. Для лучшего отвода тепла можно сваривать на подкладке из меди. Можно применять левую и правую сварку. При длинных швах применяют обратноступенчатый способ сварки. Мундштук держат под углом 45° к поверхности детали.

После сварки деталь подвергают термообработке (закалке) нагревом до 1050—1100°С и быстрым охлаждением в воде. Закалка может быть заменена отжигом при 850°С с охлаждением на воздухе. При этом выделившиеся карбиды хрома снова растворяются в сплаве и шов приобретает свойства основного металла. Металл толщиной 1—2 мм можно охлаждать на воздухе. Сталь с добавкой титана можно не подвергать термообработке после сварки.

Для улучшения внешнего вида шва и удаления окислов хрома применяют флюс состава (%): плавикового шпата 80 и ферротитана 20. В качестве флюса пригодна также смесь состава (%): прокаленной буры 50 и борной кислоты 50 или прокаленной буры 80 и двуокиси кремния 20. Флюс наносят на кромки за 15—20 мин до сварки, а после сварки удаляют промывкой в горячей воде или кипячением в 5%-ном растворе NaOH.

Лучшие результаты дает флюс-паста НЖ-8, не содержащий бора и фтора, вызывающих коррозию шва. В состав флюса НЖ-8 входят мрамор, фарфор, ферромарганец, ферросилиций, ферротитан и двуокись титана.

§ 3. Сварка чугуна

Чугун сваривают при исправлении дефектов отливок, а также восстановлении и ремонте деталей: заварке трещин, раковин, при заварке отколовшихся частей и пр. Наиболее часто приходится сваривать изделия из серого (литейного) чугуна. Получение качествен-

ной сварки чугуна требует от сварщика необходимого опыта и знаний. Разработано много способов сварки чугуна как газовой, так и электрической. Выбор наилучшего способа определяется составом чугуна, конструкцией детали, условиями ее работы и характером дефекта. При этом следует иметь в виду, что газовая сварка серого чугуна является одним из наиболее надежных способов, позволяющих получать наплавленный металл, по свойствам весьма близкий к металлу чугунной детали. Это обусловлено тем, что при газовой сварке происходит более длительный и равномерный нагрев и охлаждение свариваемой детали, чем, например, при дуговой сварке. Поэтому газовая сварка обеспечивает лучшие условия для графитизации углерода в наплавленном металле, делает менее вероятным появление в соседних со швом участках основного металла твердых зон отбеленного чугуна и, наконец, уменьшает внутренние напряжения в свариваемом изделии и возможность образования трещин. Газовую сварку деталей из чугуна следует производить с применением предварительного подогрева, общего или местного.

Скос кромок делают односторонний (У-образный) с углом раскрытия 90° С. При толщине до 4 мм скоса кромок не делают. Кромки тщательно очищают от масла, ржавчины и грязи щеткой или пескоструйным аппаратом и прогревают пламенем горелки. В качестве присадочных прутков берут чугунные стержни диаметром 4, 6, 8, 10, 12 мм, длиной 400—700 мм. Согласно ГОСТ 2671—70 стержни (прутки) для сварки чугуна выпускают марок А и Б. Стержни марки А предназначены для сварки массивных деталей с подогревом и имеют состав (%): углерода 3—3,6; кремния 3—3,5; марганца 0,5—0,8; фосфора 0,2—0,5, серы не более 0,08, хрома не более 0,05 и никеля не более 0,3. Стержни марки Б предназначены для сварки мелких деталей с местным подогревом, когда охлаждение детали после сварки происходит быстро. Поэтому в стержнях марки Б содержится больше кремния, способствующего графитизации углерода, а именно 3,6—4,8% кремния и 0,3—0,5% фосфора. Остальные элементы содержатся в тех же количествах, как и в прутках марки А.

При сварке чугуна образуются окислы кремния, железа и марганца; для их удаления из сварочной ванны применяют флюс, состоящий из молотой прокаленной буры технической (ГОСТ 8429—69) или из смеси (%): буры прокаленной 56, углекислого натрия (сода) 22 и углекислого калия (поташа) 22 или буры прокаленной 50, соды двууглекислой 47 и кремнезема 3. Применяют также флюс из углекислого натрия и двууглекислого натрия (по 50%). Хорошей раскисляющей способностью обладает флюс состава (%): буры прокаленной 23, углекислого натрия 27 и азотнокислого натрия 50. Пруток при сварке следует чаще погружать в флюс и подсыпать флюс в сварочную ванну. Наконечник выбирают мощностью 100—120 дм³/ч ацетилена на 1 мм толщины металла.

Для сварки чугуна лучше применять газообразный флюс марки БМ-1, разработанный ВНИИавтогенмашем и состоящий из лету-

чей борорганической жидкости (см. § 5 данной главы). Разработанный для сварки латуни этот флюс дает хорошие результаты и при сварке чугуна.

Сварочное пламя при сварке чугуна должно быть нормальным или науглероживающим, так как окислительное вызывает местное выгорание кремния и в металле шва образуются зерна белого чугуна. Места с включениями зерен белого чугуна очень твердые и сильно затрудняют последующую обработку шва режущим инструментом. Металл хорошо прогревают, сварку ведут быстро нижним швом, а для массивных деталей — двумя горелками одновременно. Концом прутка все время перемешивают металл сварочной ванны для облегчения выхода растворенных газов, так как иначе шов получится пористым.

Детали сложной формы, имеющие неодинаковое сечение в отдельных частях, отверстия, перемычки и т. д., во избежание появления трещин и внутренних напряжений от неравномерного нагрева, необходимо сваривать только с предварительным подогревом. Общий подогрев детали осуществляют в печи, горне или яме до 300—400° С, а более крупных деталей — до 600—700° С. При пользовании временными печами деталь обкладывают снаружи древесным углем и закрывают асбестом. Для поступления воздуха снизу в стенках печи делают отверстия. После сварки деталь должна медленно остывать вместе с печью для того, чтобы металл шва получил однородную структуру серого чугуна и в изделии не появились трещины от неравномерного охлаждения.

В цехах массового производства, где сваривают большое количество чугунных изделий, для подогрева применяют непрерывно действующие конвейерные печи.

Местный подогрев применяют при сварке очень громоздких изделий или в том случае, когда форма и характер повреждения не требуют нагрева всего изделия. Местный подогрев производится горелками, паяльными лампами, индукционным электронагревом, древесным углем, коксом. В последних двух случаях место подогрева ограждают коробкой из листового железа с отверстиями для доступа воздуха и засыпают древесным углем или коксом, которые разжигают. При местном подогреве детали подогреваемого участка должны нагреваться и охлаждаться одновременно и постепенно. Малые сечения при охлаждении следует иногда подогревать, поддерживая их в нагретом состоянии, чтобы они не охлаждались быстрее, чем более массивные части. Местный подогрев производят так, чтобы кромки в месте сварки предварительно разошлись. На рис. 53 показан пример местного подогрева при сварке чугунной рамы. Если лопнувший средний брус рамы сварить в *А* без предварительного подогрева в *Б* и *В*, то при охлаждении средний брус начнет сокращаться по длине, стремясь изогнуть поперечные брусья, как это показано пунктиром. Вследствие сопротивления изгибу поперечных брусьев они в свою очередь будут стремиться разорвать сваренный брус. Так как чугун плохо сопротивляется

растяжению, то средний брус лопнет по месту сварки в *A*. Этого не произойдет, если перед сваркой нагреть боковые брусья в *B* и *B*; при этом они удлинятся, кромки среднего бруса в *A* разойдутся и в таком состоянии его сваривают. При остывании все три бруса сократятся в одинаковой степени и в *A* не возникнет растягивающих усилий.

При сварке чугуна прутки погружают в сварочную ванну только после нагрева конца прутка до светло-красного каления, так как холодный прутки может вызвать местное отбеливание чугуна. Металл в ванне непрерывно перемешивают концом прутка для уда-

ления газов и окислов. Пруток следует вынимать из ванны возможно реже и только для того, чтобы покрыть его флюсом.

Пламя нельзя отводить в сторону в процессе сварки, которую ведут с возможно большей скоростью. Если нагрев металла слишком высок, то ядро пламени можно несколько удалить от поверхности ванны, которая, однако, все время должна быть покрыта восстановительной частью пламени. Излишняя задержка пламени на одном

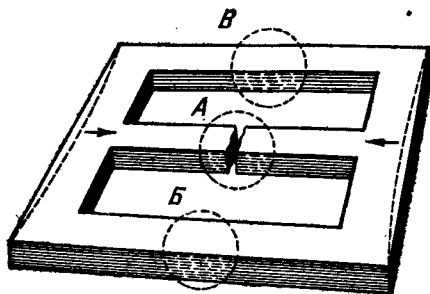


Рис. 53. Местный подогрев при сварке чугунной рамы:
A — место сварки, *B*, *B* — места подогрева

месте приводит к выгоранию углерода и кремния в данном месте, что вызывает образование структуры отбеленного чугуна.

После окончания заварки трещин изделию дают полностью медленно охладиться вместе в горне с целью предупредить коробление и образование трещин от неравномерного охлаждения. Кроме того, медленное охлаждение препятствует появлению в шве структуры белого чугуна.

Чугуны серый, ковкий и высокопрочный можно сваривать* присадочной проволокой из латуни Л62, имеющей температуру плавления 850—900° С, т. е. ниже температуры плавления чугуна, равной 1100—1250° С. Сварку ведут без подогрева детали или с местным подогревом. Шов будет достаточно пластичен и прочен, так как латунь пластична и лучше чугуна сопротивляется растяжению и ударам. Чугунная деталь при этом способе сварки не подвергается сильному нагреву, поэтому в ней не возникают опасные деформации и напряжения. Наконечник при сварке чугуна латунью берут мощностью пламени 60—75 дж/ч ацетилена на 1 мм толщины металла. Угол раскрытия шва 70—80°. Применяют флюс состава (%): прокаленной буры 70, поваренной соли 20, борной кислоты 10.

* Этот способ иногда называют пайкой чугуна латунью, поскольку при нем не происходит расплавления основного металла.

Можно применять только прокаленную буру или смесь из прокаленной буры и борной кислоты, взятых в равных количествах.

Кромки чугуновой детали не расплавляют, а только нагревают до светло-красного каления, затем их посыпают флюсом и наплавляют латунь, которая облуживает кромки проникая (диффундируя) в чугун. После этого латунью постепенно заполняют весь шов, посыпая жидкий металл флюсом и перемешивая его концом присадочной проволоки. Наплавку ведут менее горячей частью пламени, держа ядро на большем расстоянии от ванны, чем обычно, и направляя пламя преимущественно на присадочную латунную проволоку.

Лучше всего чугун смачивается расплавленной латунью при 700—850° С. При более низкой температуре, порядка 600° С, наплавленный металл быстро застывает и содержащиеся в нем газы не успевают выделиться, что вызывает пористость швов. При температуре свыше 900° С происходит растворение железа в латуни и испарение из нее цинка, что также вызывает пористость наплавленного металла. Кроме того, при этой температуре из чугуна выгорает графит, что ухудшает смачивание чугуна латунью. Для предупреждения испарения цинка, входящего в состав латуни, пламя должно иметь избыток кислорода 30—40%.

Для сварки чугуна латунью наиболее целесообразно применять газообразный флюс (см. § 5 этой главы). Кроме того, применяют чугунные прутки с медным покрытием, улучшающие смачиваемость кромок наплавляемым металлом, а также прутки из так называемого эвтектического чугуна, температура плавления которого 1050—1200° С. При сварке употребляют и флюсы в виде пасты. При отсутствии специальных чугунных прутков или латуни Л-62 трещины в чугунных деталях можно заваривать также проволокой из электролитической красной меди.

При сварке высокопрочного чугуна с шаровидной формой графита применяют прутки, содержащие 0,07% магния.

Низкотемпературная заварка литейных дефектов в чугунных деталях. При данном способе, разработанном ВНИИавтогенмашем для заварки литейных дефектов деталей из серого чугуна, применяются специальные чугунные прутки и флюсы-пасты. Заварка происходит без расплавления основного металла и процесс заварки аналогичен пайке, но вместо припоя из другого металла в данном случае применяется пруток также из чугуна соответствующей марки. Присадочные стержни марки НЧ-1 для заварки изделий с тонкой стенкой имеют состав:

Углерода	3,0—3,5	Фосфора	0,2—0,4
Кремния	3,0—3,4	Никеля	0,4—0,6
Марганца	0,6—0,7	Хрома	до 0,1
Серы	не более 0,05	Титана	0,15—0,2

При заварке толстостенных изделий охлаждение наплавки происходит быстрее. В связи с этим применяют присадочные стержни марки НЧ-2, в которых повышено содержание кремния до 3,5—

4,0%, способствующего графитизации чугуна наплавки и препятствующего отбеливанию: содержание остальных компонентов то же, что и в марке НЧ-1. Стержни отливаются в кокиль и имеют диаметр 5, 7, 9 и 12 мм. Флюсы-пасты для этого процесса заварки имеют следующий состав (%):

	Флюс ФСЧ-1 ТУ 21—62	Флюс ФСЧ-2 ТУ 22—62
Бура плавленая	23	18
Сода кальцинированная	27	25
Селитра натриевая обезвоженная	50	56,5
Литий углекислый обезвоженный	—	0,5
Воды (% к весу сухой части)	1	1

Для прутков НЧ-1 применяют флюс ФСЧ-1, для НЧ-2 — флюс ФСЧ-2.

Место сварки зачищают до металлического блеска. При толщине до 10 мм кромки делают V-образной формы с углом раскрытия 70—90°, при толщине более 10 мм — X-образной. Литейные дефекты (поры, шлаковые включения) вырубает и кромки разделяют с общим углом раскрытия шва 45—60°.

Перед сваркой изделие подвергают местному нагреву горелкой до 300—400° С; изделия с более сложной формой подвергают общему нагреву в печи до той же температуры.

На нагретую поверхность наносят слой флюса-пасты и место сварки нагревают горелкой до 820—860° С. Пламя должно быть нормальным (восстановительным). При этой температуре флюс-паста плавится, покрывая место сварки тонкой пленкой. Присадочный стержень покрывается снаружи флюсом-пастой и расплавляется постепенно, капля за каплей стекая на завариваемую поверхность и растекаясь по ней. Сварку ведут справа налево, пламя горелки перемещают впереди шва. После заварки изделие медленно охлаждают в песке или под слоем асбеста.

При данном способе сварки в шве отсутствуют зоны твердого отбеленного чугуна, так как основной металл не доводится до плавления; наплавка получается плотной, мягкой и хорошо обрабатывается резцом. Ремонтируемое изделие испытывает незначительные внутренние напряжения и трещины не возникают.

Хорошие результаты при низкотемпературной сварке чугуна дает применение пропан-бутан-кислородного пламени и горелок ГЗУ-2-62 или ГЗМ-2-62. Мощность пламени 60—70 дм³/ч пропан-бутана на 1 мм толщины, пламя нормальное. При толщине свариваемого металла 6—12 мм делают V-образную разделку кромок без притупления, с зазором до 3 мм и углом раскрытия 55°. Пруток держат под углом 30—35°, а муфштук 45° к поверхности металла. Предварительно очищенные кромки нагревают до 300—400° С, покрывают флюсом и нагревают до «отпотевания», т. е. 820—860° С. В этот момент в пламя вводят покрытый флюсом пруток и, перемещая его концом вайну, заполняют ее металлом доверху с небольшим усилением шва. Сварку ведут без перерыва. При толщине

металла 6 мм сварку ведут в один проход, при 9—12 мм — в два прохода. Режимы сварки следующие:

Толщина металла, мм	6	9	12
№ наконечника	5	6	7
Скорость сварки, м/ч	1,7	1,8	0,48
Производительность наплавки, кг/ч	0,73	0,86	1,13

При этом способе получают металл наплавки со структурой мелкопластинчатого, равномерно распределенного графита. При твердости основного металла *HB* 140—160 твердость металла шва и переходной зоны равна *HB* 220—245.

Наряду с пропан-бутаном можно применять и другие газы-заменители: природный, городской, нефтяной и др.

Низкотемпературная пайка-сварка чугуна латунными припоями. Процесс разработан ВНИИавтогенмашем и протекает при температуре 700—750° С, при которой в чугуне не происходит структурных изменений. Это исключает опасность отбела чугуна и уменьшает возможность образования трещин. Пайку-сварку латунным припоем применяют при исправлении дефектов на уже обработанных поверхностях, где важно сохранить первоначальную форму изделия, нельзя использовать подогрев, а также в тонких сечениях, когда необходимо снизить опасность возникновения деформации.

В качестве припоя используется кремнистая латунь ЛОК-59-1-03, содержащая до 0,4% кремния. Временное сопротивление металла шва при разрыве равно 23 кгс/мм², твердость *HB* 100.

Для пайки-сварки изделий, к механическим свойствам и товарному виду которых предъявляются повышенные требования, применяется припой ЛОМНА-54-1-10-4-02; он содержит медь, олово, марганец, никель и до 0,6% алюминия. При пайке этим припоем металл паяно-сварного шва имеет цвет чугуна, твердость *HB* 180-200 и временное сопротивление разрыву 28—34 кгс/мм². Для пайки используется поверхностно-активный флюс марки ФПСН-2, содержащий 50% борной кислоты (H_3BO_3), 25% углекислого лития (Li_2CO_3), 25% углекислого натрия (Na_2CO_3) и галоидосодержащую добавку для удаления вязкой окиси алюминия, образующейся в процессе пайки-сварки.

Флюс плавится при 650° С и служит индикатором начала процесса. Пайку выполняют обычной сварочной горелкой, работающей на ацетилене или газах-заменителях. Пламя должно быть нормальным. Кромки подготавливают механической обработкой. На поверхности чугуна не допускается грязь, окалина. Следы жиров удаляют протиркой растворителями (ацетоном, бензином и др.). Флюс наносят на основной металл после предварительного подогрева кромок до 300—400° С. Пайку-сварку начинают в момент плавления флюса, направляя пламя на прилегающие к разделке участки основного металла во избежание раздувания флюса. Расплавленный флюс прутом припоя равномерно распределяют по всей поверхности завариваемого места; затем пламя направляют на ко-

нец прутка, расплавляют его и по спирали снизу вверх заполняют разделку металлом припоя. Сразу же после затвердевания наплавки ее проковывают медным молотком.

§ 4. Сварка меди

Медь обладает высокой теплопроводностью, поэтому при ее сварке к месту расплавления металла приходится подводить большее количество тепла, чем при сварке стали. Однако слишком мощное пламя может вызвать перегрев металла шва и прилегающих участков основного металла, вследствие чего медь получает крупнозернистую структуру и понижает прочность.

Чем чище медь и чем меньше она содержит кислорода в виде окиси меди (Cu_2O), тем лучше она сваривается. Для изготовления сварных деталей промышленностью по ГОСТ 859—66 выпускается медь марок М1р, М2р и М3р, имеющая пониженное (не более 0,01%) содержание кислорода. Литейная медь, содержащая до 1% примесей, сваривается хуже. Хром, марганец, железо, никель и тантал повышают прочность металла шва при сварке меди.

Для сварки меди толщиной до 10 мм берут мощность пламени 150 дм³/ч ацетилен на 1 мм толщины листа. При более толстых листах мощность пламени увеличивают до 200 дм³/ч ацетилен на 1 мм толщины металла. При толщине свыше 10 мм лучше вести сварку двумя горелками одновременно: одной для предварительного подогрева и регулирования нагрева металла в месте сварки, а второй — для расплавления и сварки металла. Если позволяют размеры и форма детали, то сварку можно вести одновременно с двух сторон. В таких случаях мощность пламени каждой горелки берут 100 дм³/ч ацетилен на 1 мм толщины металла.

Одним из свойств меди, затрудняющим сварку, является ее повышенная текучесть в расплавленном состоянии. Поэтому при сварке меди не оставляют зазора между кромками, стараясь возможно плотнее подогнать их друг к другу. При толщине листов свыше 3 мм кромки скашивают под углом 45°. Притупление кромок делают равным 0,2 от их толщины. Кромки перед сваркой зачищают до металлического блеска или подвергают травлению в растворе азотной кислоты с последующей промывкой в воде.

Распределение тепла при сварке меди регулируют так, чтобы проволока плавилась несколько ранее кромок, покрывая расплавленным металлом только начинающие расплавляться кромки основного металла.

По ГОСТ 16130—70 для сварки меди выпускают проволоку ПСр-1 с 0,8—1,2% серебра.

В качестве присадочного металла используют проволоку из чистой (электролитической) меди или из меди, содержащей до 0,2% фосфора и до 0,15—0,30% кремния в качестве раскислителей. Иногда применяют сварку меди латунию, содержащей до 0,05—0,25% марганца и 0,1—0,5% железа, имеющей $t_{\text{пл}} = 895^\circ \text{C}$.

При сварке меди диаметр проволоки берут равным от 0,5 до 0,75 S (S — толщина свариваемого металла, мм). Проволоку диаметром более 8 мм не применяют.

Сварку меди затрудняет также способность ее в жидком виде сильно растворять газы — кислород и водород и активно окисляться кислородом. Образующаяся при этом закиси меди Cu_2O располагается по границам зерен и делает медь хрупкой. Для уменьшения окисления меди при сварке применяют только восстановительное пламя, ядро которого держат почти под прямым углом к кромкам листов, на расстоянии 3—6 мм от поверхности ванны.

Для уменьшения образования закиси меди и предупреждения появления горячих трещин сварку ведут быстро, без перерывов, строго следя за сохранением восстановительного характера пламени. Применять прихватки не следует. Сваривать изделие рекомендуется в кондукторе, допускающем свободное перемещение кромок. Пламя с избытком ацетилена вызывает реакцию восстановления закиси меди водородом и окисью углерода пламени, в результате чего в наплавленном металле образуются поры и мелкие трещины (так называемая «водородная болезнь» меди).

Для раскисления меди и удаления в шлак образующихся окислов при сварке применяют флюсы, составы которых приведены в табл. 14.

Таблица 14

Флюсы для сварки меди

Компоненты	Содержание (% по весу) во флюсах			
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4 (паста)
Бура прокаленная	100	50	60—70	50
Борная кислота	—	50	10—20	—
Поваренная соль	—	—	20—30	—
Древесный уголь	—	—	—	20
Кремнекислота	—	—	—	15
Кислый фосфорнокислый натрий . .	—	—	—	15*

* Снижает вязкость шлака и повышает растворимость в нем окислов. Также действует и добавляемый во флюс углекислый калий.

Флюс № 4 с кислым фосфорнокислым натрием применяют при сварке проволокой, не содержащей кремния и фосфора в качестве раскислителей.

Бура техническая, выпускаемая промышленностью, содержит гигроскопическую и кристаллизационную воду и имеет формулу $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$. Эта влага увеличивает пористость шва и при сварке вспенивается, выдуваясь пламенем, отчего часть металла не защищена флюсом. Поэтому при сварке рекомендуется применять прокаленную буру, имеющую формулу $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot \text{H}_2\text{O}$ и содержащую только одну молекулу кристаллизационной воды. Плавленную

буру ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$) использовать не рекомендуется, так как она легко выдувается пламенем из зоны сварки.

Для получения прокаленной буры техническую буру насыпают в открытый фарфоровый или шамотовый тигель на 1/10 его высоты и помещают в печь при $700-750^\circ\text{C}$. После вспучивания и оседания буру размалывают в порошок на шаровой мельнице или в ступке и хранят в сосудах с герметической крышкой до использования.

Флюсом в процессе сварки меди посыпают ванну, а также покрывают конец присадочного прутка, участок свариваемого металла шириной 40—50 мм по обе стороны от оси шва и обратные стороны свариваемых листов. Флюс-паста наносится на прутки и кромки свариваемого металла.

Стекловидные остатки флюса удаляют промывкой шва 2%-ным раствором азотной (HNO_3) или серной (H_2SO_4) кислоты.

ВНИИавтогенмаш разработал для сварки меди порошковый флюс состава (%): буры прокаленной — 78, борной кислоты — 4, хлористого натрия — 13, двууглекислого натрия — 5. Этот флюс обладает хорошей раскисляющей способностью. При сварке меди рекомендуется применять и газообразный флюс ВНИИавтогенмаша марки БМ-1.

Для измельчения зерен наплавленного металла и повышения плотности шов после сварки проковывают. Металл толщиной до 6 мм проковывают в холодном состоянии, а более толстый — при температуре $200-300^\circ\text{C}$. После проковки шов отжигают при температуре $550-600^\circ\text{C}$, подвергая затем быстрому охлаждению водой, что сохраняет мелкозернистую структуру и повышает пластичность наплавленного и основного металла. Во избежание образования трещин не следует вести проковку при температурах выше 300°C , так как медь при этих температурах становится хрупкой.

При сварке технической меди, содержащей до 0,025—0,1% кислорода в виде эвтектики закись меди — медь (3,6% Cu_2O), придающей хрупкость литому металлу, проковка и отжиг способствуют равномерному распределению эвтектики, вследствие чего повышается прочность и вязкость, уменьшается краснотомкость.

При газовой сварке меди сварной шов и соединение имеют следующие механические свойства:

	Временное сопротивление, кгс/мм ²	Угол загиба, град
При сварке проволокой из меди марки М0-М1, без проковки	до 8	90
То же, с проковкой	17—22	120—180
При сварке медной проволокой, легированной кремнием, марганцем или серебром, без проковки . .	16—20	180

§ 5. Сварка латуни и бронзы

Сварка латуни. Газовую сварку широко используют для сварки латуни, которая труднее поддается сварке электрической дугой. Основное затруднение при сварке состоит в значительном испарении из латуни цинка, которое начинается при 900°C . Если латунь перегреть, то вследствие испарения цинка шов получится пористым. При газовой сварке может испаряться до 25 % содержащегося в латуни цинка.

Другой причиной пористости шва при сварке латуни является поглощение жидким металлом водорода сварочного пламени; не успевая выделиться при застывании металла, водород образует в шве газовые пузырьки. Пары цинка, попадая в газовые пузырьки и расширяясь в них, увеличивают их размеры, образуя поры. Для уменьшения испарения цинка сварку латуни ведут пламенем с избытком кислорода до 30—40 %, т. е. на 1 м^3 ацетилена подается от 1,3 до $1,4\text{ м}^3$ кислорода. В этом случае на поверхности металла сварочной ванны образуется жидкая пленка окиси цинка, которая уменьшает его испарение. Избыток кислорода также окисляет основную часть свободного водорода, вследствие чего поглощение водорода жидким металлом резко уменьшается.

Для удаления из ванны окислов меди и цинка применяют флюсы следующих составов:

	№ 1	№ 2
Борная кислота	35	80
Бура прокаленная	50	20
Фосфорнокислый натрий	15	—

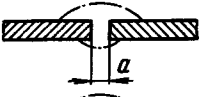
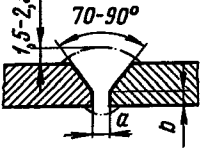
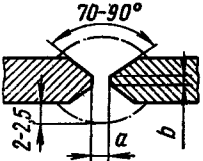
Эти флюсы пригодны также при наплавке стальных и чугунных деталей латунью. В качестве флюса при сварке латуни применяют также одну буру, которую разводят водой и в виде пасты наносят кистью на кромки.

Кромки перед сваркой нужно тщательно зачищать шкуркой, напильником или металлической щеткой до блеска. Если на поверхности металла есть слой окислов, латунь травят в 10 %-ном растворе азотной кислоты, а затем тщательно промывают горячей водой и насухо протирают. Виды подготовки кромок при сварке латуни приведены в табл. 15.

Теплопроводность латуни выше теплопроводности низкоуглеродистой стали примерно на 70 %. Поэтому, казалось бы, при сварке латуни следует применять более мощное сварочное пламя, чем при сварке стали такой же толщины. Однако более мощным пламенем легче перегреть металл ванны и увеличить испарение цинка, в результате чего шов будет пористым. Поэтому при сварке латуни мощность пламени выбирают такую же, как при сварке стали, т. е. $100\text{—}120\text{ дж}^3/ч$ ацетилена на 1 мм толщины листа.

Для снижения испарения цинка и уменьшения поглощения водорода металлом конец ядра пламени держат от свариваемого ме-

Подготовка кромок при сварке латуни

Вид шва	Схема шва	Размеры, мм		
		Толщина S	Зазор a	Затупление b
С отбортовкой кромок		0,5—1	—	1—1
Без скоса кромок:				
односторонний		1—5	0,5—2	—
двусторонний		3—6	1—2	—
с технологической подкладкой		3—5	2—3	—
V-образный		6—15	2—4	1,5—3
X-образный		15—25	2—4	2—4

талла на расстоянии, в 2—3 раза большем, чем при сварке стали. Пламя следует направлять на сварочную проволоку, которую держат под углом 90° к оси мундштука. Конец проволоки время от времени погружают во флюс, подсыпая его также в сварочную ванну и на края шва. Сварку ведут по возможности быстро.

Для сварки латуни ВНИИавтогенмаш разработал несколько марок латунной проволоки, содержащей раскислители: кремний и олово. Составы этих проволок приведены в табл. 16. В качестве флюсов при сварке этими проволоками применяют прокаленную буру или газообразный флюс БМ-1. Сварка с применением проволок данных марок дает чистую сварочную ванну, плотный беспористый шов и незначительное выделение паров цинка, что уменьшает вредность процесса сварки латуни. Пламя применяют окислительное с избытком 30—40% кислорода в смеси.

Таблица 1

Составы латунной проволоки для сварки латуни

Компоненты	Содержание (%) трех марок проволоки		
	ЛК62-05	ЛО60-1	ЛОК59-1-03
Медь	60,5—63,5	59,0—61,0	58,0—60,0
Кремний	0,3—0,7	—	0,2—0,4
Олово	—	1,0—1,5	0,7—1,1
Цинк		Остальное	

Для сварки латуни Л62, Л68 и др. ВНИИавтогенмашем разработана также самофлюсующая присадочная проволока ЛКБО62-02-004-05, содержащая (%): меди 60,5—63,5; кремния 0,15—0,2; бора 0,03—0,07; олова 0,4—0,6; остальное — цинк. Входящие в состав проволоки кремний и олово являются раскислителями, а бор выполняет функцию флюса. При сварке латуни этой проволокой потери цинка практически отсутствуют, производительность повышается, а применение дополнительного флюса не требуется. Проволоку для сварки латуни выпускают по ГОСТ 16130—70.

После сварки латуни шов для повышения плотности и прочности иногда проковывают, заглаживая усиление заподлицо с основным металлом. Если латунь содержит менее 60% меди, проковку можно вести при 650° С; при содержании меди свыше 60% — в холодном состоянии.

После проковки применяют отжиг при 600—650° С с последующим медленным охлаждением. Это делает металл шва мелкозернистым и уничтожает влияние наклепа. Отжиг при температуре свыше 650° С не допускается, так как при этом возможно частичное испарение цинка. Для латунных сварных изделий применяют также отжиг при температуре 260—280° С, который не меняет структуры металла, но уничтожает остаточные внутренние напряжения в латуни, что предохраняет ее от последующего растрескивания.

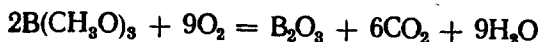
Выделяющиеся при сварке латуни белые пары окиси цинка вредны для организма. Поэтому при сварке латуни обычной проволокой следует пользоваться защитной маской (респиратором) и обеспечивать усиленную вентиляцию места сварки, устраивая местные вентиляционные отсосы. Допускаемая концентрация цинка в окружающем место сварки воздухе не должна превышать 0,005 мг/дм³.

При сварке латуни наилучшие результаты дает разработанный ВНИИавтогенмашем газообразный флюс БМ-1 из паров летучей борорганической жидкости*. Эта жидкость представляет собой

* Флюс БМ-1 выпускается предприятиями Министерства химической промышленности по ТУП-43-64.

смесь 25% метилового спирта (CH_3OH) и 75% метилбората $\text{B}(\text{CH}_3\text{O})_3$. Можно применять также флюс, состоящий из одного метилбората.

Перед поступлением в горелку ацетилен проходит через жидкий флюс, заполняющий сосуд-флюсопитатель, где ацетилен насыщается парами жидкого флюса и далее поступает в горелку. Пары флюса поступают в сварочное пламя, где метилборат сгорает по реакции



Борный ангидрид B_2O_3 образует в пламени летучую борную кислоту (H_2BO_3), которая осаждается на изделия и вновь разлагается, образуя борный ангидрид, являющийся флюсующим веществом. Содержащийся в жидкости метиловый спирт полностью сгорает в пламени без образования каких-либо вредных для процесса сварки соединений. Расход флюса БМ-1 для получения наплавленного металла хорошего качества составляет около 70 г на 1 м³ ацетилена.

Газофлюсовая сварка латуни с флюсом БМ-1 позволяет значительно повысить производительность, обеспечивает получение плотного беспористого металла шва без проковки в пределах прочности до 38 кгс/мм², углом загиба 180°, ударной вязкостью 15 кгс·м/см².

Испарение цинка не происходит и состав шва остается прежним, соответствующим составу, промежуточному между основным и присадочным металлом, в зависимости от доли участия каждого из них в образовании металла шва. Поверхность шва получается чистой от окислов и шлаков, незначительный налет которых легко удаляется протиркой тканью. Значительно упрощается и улучшается процесс выполнения многослойных швов. Флюс БМ-1 пригоден для сварки латуней всех марок проволокой как содержащей так и не содержащей кремний. Пламя при сварке с флюсом БМ-1 может иметь избыток кислорода от 10 до 40%. Схема установки КГФ-2-66 для сварки с флюсом БМ-1 приведена на рис. 54.

Резервуар вмещает 4,6 кг флюса расход которого составляет 70 г/м³ ацетилена. Расход ацетилена горелкой 50—2800 дм³/ч (в зависимости от номера наконечника), давление ацетилена — не ниже 0,1 кгс/см². Давление кислорода при сварке 3,5—4,5 кгс/см². Установка весит 40 кг.

Поскольку в состав флюса БМ-1 входит метиловый спирт, то работы по заполнению, опорожнению и промывке флюсопитателя, а также переливанию флюсующей жидкости нужно производить под местной вытяжной вентиляцией, в резиновом фартуке и резиновых перчатках, которые после работы необходимо тщательно промыть проточной водой. При попадании флюса БМ-1 на кожу, одежду, пол, стол и другие предметы в помещении следует смыть его водой (не менее чем 10-кратным объемом воды), проветрить помещение, а одежду снять. При работе с пламенем, содержащим флюс БМ-1, сварщик должен защищать глаза очками с желто-зелеными

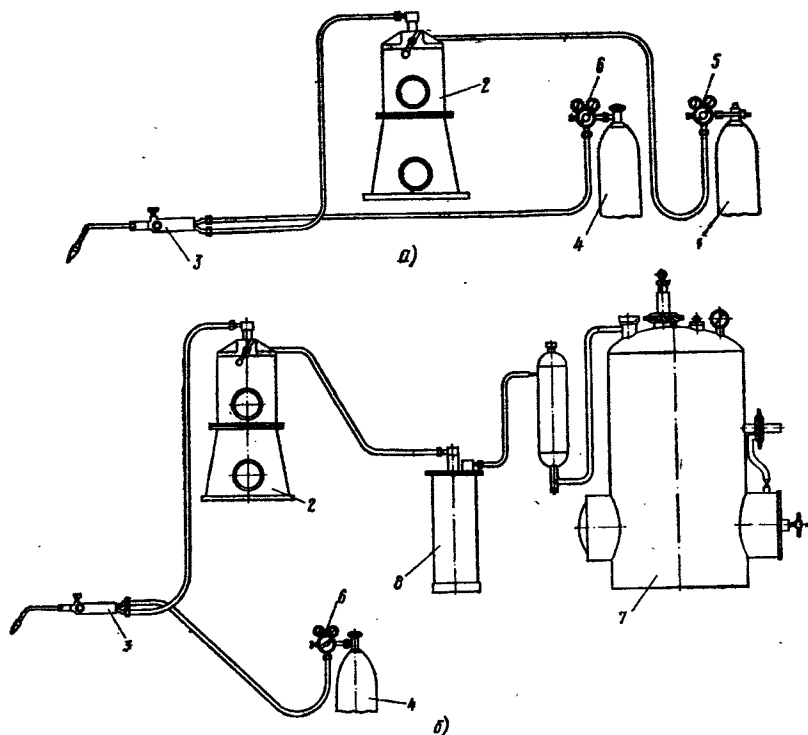


Рис. 54. Схема установки КГФ-2-66 для сварки с газообразным флюсом при питании ацетиленом от баллона (а), от ацетиленового генератора (б):

1 — баллон с ацетиленом, 2 — флюсопитатель, 3 — горелка, 4 — баллон с кислородом, 5 — ацетиленовый редуктор, 6 — кислородный редуктор, 7 — ацетиленовый генератор, 8 — осушитель

стеклами-светофильтрами марок ГС-4—ГС-7, предохраняющими от ультрафиолетовых лучей.

Для сварки толстой латуни (40 мм и более) ВНИИавтогенмаш разработал способ порошковой газофлюсовой сварки. Сущность способа заключается в том, что сварку ведут специальной горелкой, в пламя которой с помощью струи азота или осушенного воздуха непрерывно подается дозированное количество порошкообразного флюса из бачка флюсопитателя. Горелка имеет водяное охлаждение, позволяющее работать в тяжелых условиях, при сильном нагреве мундштука. В качестве флюса используют техническую (необезвоженную) буру. Расход флюса равен 2 г/кг расплавленного металла. При сварке латуни ЛЖМц толщиной 40 мм получают плотный, хорошо раскисленный металл шва с пределом прочности 42 кгс/мм² и относительным удлинением 34%.

Сварка бронзы. Газовую сварку применяют при ремонте литых изделий из бронзы, наплавке работающих на трение по-

верхностей деталей слоем антифрикционных бронзовых сплавов и пр. В случае необходимости сварку и наплавку бронз ведут с подогревом до 350—400° С (крупных деталей — до 500—600° С). Подогрев необходим для предупреждения трещин. В нагретом состоянии повышается хрупкость бронз, поэтому при сварке изделие должно хорошо закрепляться; сварку ведут нижним швом, стремясь не допустить толчков и ударов по детали. Разделка кромок должна быть V-образная с углом раскрытия шва 60—90 град. При сквозных дефектах снизу ставят подкладку из асбеста или графита для предупреждения вытекания металла шва.

Сварочное пламя должно иметь восстановительный характер, так как при окислительном пламени увеличивается выгорание из бронзы олова, кремния, алюминия. Образующиеся окислы затрудняют сварку, шов получается пористым с включениями шлаков. Чтобы не перегревать металл, пламя держат на таком же расстоянии от сварочной ванны, как при сварке латуни. В качестве присадочного материала используют прутки или проволоку, близкие по составу к свариваемому металлу. Для раскисления в присадочную проволоку вводят до 0,4 % кремния. Мощность пламени должна быть 100—150 дм³/ч ацетилен на 1 мм толщины основного металла.

Для защиты металла от окисления и удаления окислов в шлаки применяют флюсы тех же составов, что и при сварке меди и латуни. Для алюминиевых бронз применяют флюсы, содержащие хлористые и фтористые соединения натрия, бария, калия и лития, тех же составов, что и для алюминия (см. § 6).

После сварки детали подвергают отжигу при 750° С и последующему охлаждению в воде с температуры 600—650° С. Проковке после сварки подвергают только прокатную бронзу, но не литую. При газовой сварке бронзы можно получать наплавленный металл прочностью в 80—100 % временного сопротивления для основного металла.

§ 6. Сварка алюминия и его сплавов

Алюминий и его сплавы хорошо свариваются газовой сваркой. Особенность сварки алюминия и его сплавов состоит в образовании пленки очень тугоплавкой ($t_{пл}$ свыше 2060° С) окиси алюминия (Al_2O_3), располагающейся на поверхности жидкого металла сварочной ванны. Эта пленка окиси препятствует сплавлению частиц металла и должна удаляться с помощью флюса.

Газовую сварку алюминиевых сплавов наиболее целесообразно применять для толщин от 1 до 5 мм. Она дает хорошие результаты при правильном выборе режима сварки, наличии навыков у сварщика и применении флюсов, хорошо растворяющих окись алюминия.

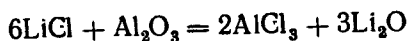
Особое значение имеет правильный выбор мощности пламени, так как пленка окиси алюминия полностью закрывает сварочную ванну и мешает сварщику контролировать начало расплавления

металла. При слишком мощном пламени этот момент может быть упущен и тогда в данном месте образуется сквозное проплавление металла, трудно поддающееся исправлению. В зависимости от толщины металла мощность пламени при сварке алюминия и его сплавов должна быть:

Толщина металла, мм	0,5—0,8	1	1,2	1,5—2	3—4
Расход ацетилена, дм ³ /ч	50	75	75—100	150—300	300—500

Флюс наносят на кромки и проволоку в виде пасты или порошка. Составы флюсов приведены в табл. 17.

Входящие в состав флюса хлористые соли, например, лития, отнимают кислород от окиси алюминия, образуя хлористый алюминий по реакции



Фтористые соединения растворяют в расплавленном состоянии окись алюминия. Все флюсы для сварки алюминия, особенно содержащие соединения лития, гигроскопичны, т. е. жадно поглощают влагу, поэтому должны храниться в стеклянных герметически закрывающихся банках небольшими порциями, в соответствии с фактическим расходом флюса на сварку. Остатки флюса вызывают коррозию шва поэтому их необходимо удалять промывкой в горя-

Таблица 17

Состав флюсов для сварки алюминия и его сплавов

Марка флюса	Состав, %	Назначение
АФ-4А, реактивный, «ч» технический, АМТУ 219—60	Хлористый калий 55 Хлористый натрий 28 Хлористый литий 14 Фтористый натрий 3	Для газовой сварки алюминия и алюми- ниевых сплавов
АН-А201, реактивный «ч» ТУ 17—61	Хлористый литий 15 Фтористый литий 15 Хлористый барий 70	Для газовой сварки алю- миниевомagneиных сплавов
АН-4А, реактивный «ч» ТУ 20—61	Фтористый литий 30 Фтористый натрий 70	То же
ВАМИ, технический, ТУ 18—61	Хлористый калий 50 Хлористый натрий 30 Криолит 20	Для газовой сварки алю- миния и алюминиевых сплавов
КМ-1, технический	Хлористый калий 45 Хлористый натрий 20 Хлористый барий 20 Фтористый натрий 15	Для газовой сварки жил алюминиевого кабеля
ВФ-156 (ВФС-1), реак- тивный «ч» ТУ 21—62	Фтористый магний 24,8 Фтористый барий 33,8 Фтористый литий 19,0 Фтористый кальций 14,8 Окись магния 4,8 Криолит 2,8	Для газовой сварки легких сплавов на магниеиой основе

чей воде. Для создания защитной пленки на поверхности шва его промывают в течение 5 мин 5%-ным раствором азотной кислоты с добавлением 2% хромпика.

Удалять пленку окиси алюминия из сварочной ванны можно и без помощи флюса, например, пользуясь для этой цели специальным скребком. Однако этот способ требует большого навыка от сварщика и при недостаточной квалификации последнего может привести к попаданию в шов пленок окиси алюминия, вызывающих несплавление металла и дефект шва в данном месте. Поэтому всегда следует предпочесть применение флюса для сварки алюминия и его сплавов. В табл. 18 показаны способы подготовки кромок при газовой сварке алюминиевых сплавов.

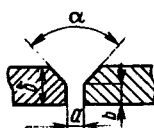
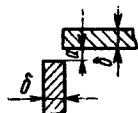
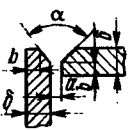
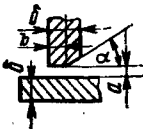
Листы толщиной до 1,5 мм сваривают с отбортовкой. Соединений внахлестку следует избегать из-за опасности затекания флюса между листами и последующей коррозии соединения. Кромки перед сваркой очищают промывкой в течение 10 мин в щелочном растворе из 20—25 г едкого натра и 20—30 г углекислого натрия на 1 дм³ воды 65° С, а затем в воде комнатной температуры, после чего кромки травят в течение 2 мин в 25%-ном растворе ортофосфорной кислоты (для сплавов АМц и АМг) или в 15%-ном растворе азотной кислоты (для чистого алюминия, сплавов Д и АМг). После травления кромки промывают в теплой и холодной воде и протирают тканью досуха. Во избежание нового окисления металл сваривают не позже 8 ч после указанной подготовки.

По ГОСТ 7871—63 предусмотрено 12 марок проволоки диаметром от 1 до 12 мм для сварки алюминия и его сплавов. Применяют проволоку из чистого алюминия марок А0 и А1, проволоку из алюминия марок АД, АД1 и проволоку из алюминиевых сплавов марок АМц, АМг, АМг5п, АК, АМг3, АМг5В, АМг6, Д20. Проволока для сварки поставляется в бухтах, в нагартованном состоянии, чистой, гладкой, без грубых следов протяжки, трещин, расслоений, плен и вмятин. На поверхности проволоки не допускаются белые и темные пятна с шероховатой поверхностью, являющиеся признаком коррозии. Допускаются белые и темные пятна без шероховатостей, а также цвета побежалости, которые являются следствием отжига проволоки.

Для сварки алюминия можно применять проволоку той же марки, что и свариваемый металл. При сварке термически обрабатываемых алюминиевых сплавов и сплава АМц лучшие результаты дает применение проволоки АК, содержащей 5% кремния, который повышает жидкотекучесть металла шва и дает меньшую усадку. Для сплавов АМг не рекомендуется применять проволоку АМг, так как она снижает пластичность шва, лучше использовать проволоку АМг с несколько большим содержанием магния, чем в основном металле. Для сварки литых алюминиевых сплавов используют проволоку АК, АМц или проволоку из чистого алюминия.

Алюминий и его сплавы сваривают левой сваркой, только восстановительным пламенем или с небольшим избытком ацетиленом.

Подготовка кромок при сварке алюминия

Эскиз соединения	Размеры, мм			Угол скоса кромок α , град
	Толщина металла δ	Зазор a	Притупление b	
	до 2,0	До 1.0	Без скоса кромок, допускается отбортовка кромок	
	2,0—4,0	0,8—2,0	Без скоса кромок	
	Более 5,0	1,5—5,0	1,5—2,0	60—70
	До 1,5	0,3—0,5	Без скоса кромок	
	1,6—3,0	0,5—1,0	То же	
	3,1—5,0	0,8—1,5	1,0—1,2	50—60
	Более 5,0	1,0—2,0	1,2—1,5	
	До 1,5	0,3—0,5	Без скоса кромок	
	1,6—3,0	0,5—1,0		
	3,1—5,0	0,8—1,5	1,0—1,5	40—60
	Более 5,0	1,0—2,0	1,5—2,0	

Примечания. 1. В угловом соединении при толщине металла до 5 мм включительно кромки у вертикального листа можно не скшивать. 2. В тавровом соединении при толщине металла более 5 мм допускается двусторонний скос кромок.

Угол наклона мундштука к поверхности металла не более 45° . Для закрепления кромок делают предварительную прихватку. Допускается легкая проковка шва в холодном состоянии. Литой алюминий сваривают участками по 50—60 мм с предварительным подогревом до $200\text{—}250^\circ\text{C}$. После сварки для получения и сохранения мелкозернистой структуры литые подвергают отжигу при $300\text{—}350^\circ\text{C}$ с последующим медленным охлаждением.

§ 7. Сварка прочих металлов

Сварка магниевых сплавов. При газовой сварке магниевых сплавов можно получить наплавленный металл с пределом прочности 60—80 % от таковой для основного металла. Магнмевые сплавы удовлетворительно свариваются газовым пламенем, но требуют применения флюсов для удаления тугоплавкой пленки окиси магния, образующейся в процессе сварки. Составы флюсов были даны в табл. 17.

При нагреве 600°C и выше магниевые сплавы склонны к росту зерна и повышению хрупкости. Для уменьшения неблагоприятного влияния нагрева магниевые сплавы легируют титаном (0,2—0,4 %), селеном (0,5 %) или церием (0,15—0,25 %).

Техника сварки, подготовки кромок и типы соединений при сварке магниевых сплавов те же, что и при сварке алюминиевых сплавов. Кромки скашивают под углом $30\text{—}35^\circ$ при толщине металла свыше 3 мм и стыкуют с зазором 1,5—6 мм (в зависимости от толщины); кромки должны иметь притупление от 1,5 до 2,5 мм. Перед сваркой кромки очищают от защитной пленки окиси, имевшейся на листах. Режимы сварки следующие:

Толщина металла, мм	1—2	5—6	6—10
Расход ацетилена, $\text{дм}^3/\text{ч}$	150	300	400—700
Скорость сварки, $\text{м}/\text{ч}$	6—9	3—4	1,5—2,0

Пламя должно иметь незначительный избыток ацетилена и направляться на шов под небольшим углом. Применяют левую сварку в один проход, без поперечных колебаний мундштука. Конец прутка не следует погружать в ванну, так как это приводит к засорению ее окислами.

Флюс наносят на прутки и на кромки металла по обе стороны шва. Остатки флюса тщательно удаляют после сварки промывкой горячей водой и протиркой щетками. Проковка после сварки повышает пластичность наплавленного металла. Сварной шов подвергают оксидированию раствором хромпика.

Крупные детали и литые из магниевых сплавов сваривают с предварительным подогревом до $300\text{—}350^\circ\text{C}$. Для устранения остаточных напряжений детали после сварки отжигают при температуре от 190 до 315°C в зависимости от марки сплава.

Сварка никеля. При сварке никеля возникают следующие затруднения:

поглощение газов жидким металлом и резкое падение их растворимости при переходе металла в твердое состояние, что приводит к пористости шва. Поэтому лучше применять правую сварку, дающую замедленное охлаждение металла шва, что уменьшает пористость;

образование тугоплавкой окиси никеля, имеющей температуру плавления 1650—1660° С. Удаление окислов осуществляется с помощью флюсов: прокаленной буры; смеси из 25 % буры и 75 % борной кислоты; насыщенного раствора борной кислоты в спирте; смеси из 50 % борной кислоты, 30 % буры, 10 % поваренной соли и 10 % углекислого бария. Применяют и более сложные флюсы, содержащие, кроме буры и борной кислоты, хлористые соединения: магния, марганца и лития, а также хлористый кобальт, феррованадий и титановый концентрат.

Газовой сваркой никель сваривается удовлетворительно. Листы толщиной до 1,5 мм сваривают без присадочного металла, с отбортовкой кромок на высоту $(1 \div 1,5) S$, где S — толщина металла, мм. Листы толщиной до 4 мм сваривают встык без скоса кромок. Для больших толщин делают односторонний скос под углом 35—45°. Сварку внахлестку не применяют ввиду значительных деформаций при нагревании листов. Листы перед сваркой скрепляют прихватками через каждые 100—200 мм. Сварку ведут отдельными участками обратноступенчатым способом.

Пламя не должно иметь избытка кислорода, который вызывает появление пор, а наплавленный металл получается хрупким. Допустимо применять пламя с небольшим избытком ацетилена. При сварке никеля мощность пламени берут 140—200 $\text{дм}^3/\text{ч}$ ацетилена, а при сварке монель-металла* — 100 $\text{дм}^3/\text{ч}$ на 1 мм толщины металла. В качестве присадки применяют полоску из основного металла или проволоку такого же состава. Диаметр проволоки должен быть равен половине толщины свариваемого листа. Хорошие результаты дает никелевая проволока, содержащая до 2 % марганца и не более 0,2 % кремния. Предел прочности сварного соединения 26—28 $\text{кгс}/\text{мм}^2$, угол загиба до 90°.

Сварка никрома (75—80 % никеля, 15—18 % хрома, до 1,2—1,4 % марганца), имеющего температуру плавления 1390° С и малую теплопроводность, затрудняется образованием тугоплавкой пленки окиси хрома, которую удаляют механическим путем. Сварку следует вести с максимальной скоростью и без перерывов. Повторная и многослойная сварка вызывает трещины, рост зерна и межкристаллитную коррозию металла шва.

Пламя должно иметь некоторый избыток ацетилена. Мощность пламени 50—70 $\text{дм}^3/\text{ч}$ ацетилена на 1 мм толщины металла. Применяют флюс-пасту состава (%): буры 40; борной кислоты 50; хлористого натрия или фтористого калия 10; флюс разводят на воде.

* Состав монель-металла в %: меди 28, никеля 68, марганца 1,5, железа 2,5.

В качестве присадочного прутка применяют полосу из свариваемого металла шириной 3—4 мм или проволоку из нихрома ЭХН-80. После отжига сварное соединение имеет предел прочности 35—45 кгс/мм².

Сварка свинца. Свинец плавится при температуре 327° С, при нагреве легко окисляется, покрываясь пленкой окиси, имеющей температуру плавления 850° С.

Газовую сварку свинца ведут водородно-кислородным, ацетилено-воздушным, ацетилено-кислородным пламенем и газами-заменителями (пропан-бутаном, природным, городским, парами керосина и др.). Листы толщиной до 1,5 мм сваривают встык с отбортовкой, без присадочного металла. Листы толщиной до 6 мм сваривают встык без скоса кромок, при большей толщине кромки скашивают под углом 30—35°.

При сварке свинца применяют также соединения внахлестку. Пламя не должно иметь избытка кислорода. Мощность пламени выбирают 15—20 дм³/ч ацетилена на 1 мм толщины листа. Сварку ведут с минимальным углом наклона мундштука к поверхности изделия. Скорость сварки должна быть возможно большей. Для металла толщиной S мм скорость сварки выбирают по формуле

$$v = \frac{15}{S} \text{ до } \frac{30}{S} \text{ м/ч.}$$

Присадочным металлом является свинцовая проволока, диаметр которой (2—2,5) S , где S — толщина металла или полоска из свинца. Применяют способ сварки каплями (ванночками). При этом способе одновременно нагревают кромки и проволоку до начала плавления, а затем отводят горелку. Капля стекает на расплавленный металл кромок, смешиваясь с ним и образуя металл шва. Каждая последующая капля должна наполовину перекрывать предыдущую. При толщине свыше 8 мм применяют многослойную сварку. При сварке внахлестку верхнюю кромку слегка отгибают и используют ее как присадочный материал. Для лучшего оплавления металла при сварке свинца и удаления пленки окиси можно применять флюс из равных частей канифоли и стеарина. Сварка свинца производится нормальным пламенем. Присадочный прутки берут того же состава, что и основной металл. Свинец можно сваривать нижним, вертикальным и потолочным швами. Сварка свинца в положениях, отличных от нижнего, значительно труднее и имеет свои особенности, так как приходится принимать меры против вытекания металла из шва при сварке. Основными мероприятиями в этом направлении являются: соответствующая подготовка кромок, высокая скорость сварки и применение охлаждающих полосок, «холодильников» из стали, способствующих формированию шва.

При вертикальной сварке применяют соединение стыковое и внахлестку; при соединении внахлестку кромку нахлестки несколько отгибают и она служит присадочным материалом. При потолочной сварке используют соединение внахлестку (преимущественно)

и стыковое без зазора. При небольших толщинах кромки стыкового соединения отбортовывают. Если при сварке в нижнем положении предпочтительно применять мягкое пламя, то для потолочной сварки требуется, наоборот, более жесткое пламя, лучше ацетилено-кислородное, что достигается повышением давления кислорода. Для толщин до 6 мм при сварке в нижнем положении обычно применяют инжекторные ацетилено-воздушные горелки. Для больших толщин и для потолочной сварки следует пользоваться ацетилено-кислородными горелками.

Вертикальную сварку ведут снизу вверх, удерживая первые капли металла шва стальной проволокой. При горизонтальной сварке внахлестку кромку отгибают наружу и вверх, образуя корытце, заполняемое расплавленным металлом. Для предупреждения вытекания металла при сварке свинца в положениях, отличных от нижнего, часто применяют формующие полоски из листовой стали, располагаемые вдоль шва. Эти полоски способствуют быстрому охлаждению металла шва и предупреждают его стекание. Ниже приводятся рекомендуемые режимы сварки свинца в различных положениях шва:

Толщина металла, мм	Номер наконечника при сварке в положении:				
	нижнем	вертикальном	потолочном	угловом	наклонном
0,8—1,2	2	1	1	1	1
1,5	3	2	2	3	2
3	4	3	3	4	2
15	5	5	—	4	—
20	5	5	—	5	—

Сварка цинка. Цинк испаряется при 907° С, образуя вредные пары окиси цинка. В качестве флюса при сварке цинка применяют нашатырь и хлористый цинк или хлористый литий, взятые в отношении 1 : 1. Флюс наносят на пруток и кромки изделия. Пламя — нормальное или с небольшим избытком ацетилена — направляют при сварке больше на пруток, которым также производят помешивание сварочной ванны. Для улучшения механических свойств металл шва после сварки проковывают при 100—150° С. Проковка при температуре ниже 100° С или выше 150° С может вызвать трещины. Сварка литых цинковых деталей затрудняется присутствием алюминия в литейном сплаве. Одинокованные листы и трубы лучше сваривать бронзой, так как при температуре ее плавления цинковое покрытие еще не расплавляется.

Сварка титана. Сварка титана требует предварительной тщательной очистки кромок. Сварку нужно производить с применением флюса, содержащего 30—70% KHF_2 , 20—30% KCl и 1—20% BaCl_2 . Требуется соответствующая квалификация сварщика. Титан хорошо паяется твердыми серебряными припоями.

Титан плохо поддается газовой сварке. Лучшие результаты получают при аргоно-дуговой и гелиево-дуговой сварке титана.

КИСЛОРОДНАЯ РЕЗКА МЕТАЛЛОВ

§ 1. Сущность и основные условия резки

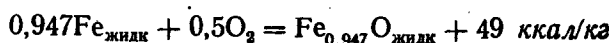
Сущность процесса резки. Кислородная резка* стали основана на свойстве железа гореть в струе чистого кислорода, будучи нагретым до температуры, близкой к температуре плавления.

Температура загорания железа в кислороде зависит от состояния, в котором оно находится. Так, например, железный порошок загорается при 315° С, тонкое листовое или полосовое железо — при 930° С, а поверхность крупного куска стали — при 1200—1300° С. Горение железа происходит с выделением значительного количества тепла и может даже поддерживаться за счет теплоты сгорания железа.

Начальной реакцией при резке стали будет



Для жидкой FeO уравнение реакции имеет вид:



Дальнейшее окисление идет по уравнению:



а в случае резки металла большой толщины, частично, по уравнению



Как показал анализ шлака, 30—40% удаленного из реза металла составляет не сгоревшее, а только расплавившееся железо; 90—95% окислов состоят из FeO, которая после удаления из реза реагирует по уравнению



Для реакции образования $\text{Fe}_{0,947}\text{O}$ на 1 дм^3 кислорода требуется 0,57 см^3 Fe. Фактический расход режущего кислорода составляет примерно 1,75 дм^3 O_2 на 1 см^3 Fe. Окисел $\text{Fe}_{0,947}\text{O}$ имеет темпера-

* Кислородная резка входит в группу процессов так называемой термической резки металла, объединяемых общим названием «газовая резка металлов». В эту группу, кроме кислородной резки, входят: кислородно-флюсовая, кислородно-дуговая, воздушно-дуговая, плазменно-дуговая и плазменная резка металлов.

туру плавления 1370° С, т. е. значительно ниже температуры плавления железа.

Скорость реакции $Fe + O = FeO$ пропорциональна $\sqrt{P_{\text{реак}}}$, где $P_{\text{реак}}$ — давление кислорода в месте реакции. При повышении давления кислорода в струе процесс резки ускоряется за счет повышения скорости реакции окисления и за счет более быстрого удаления окислов из места разреза.

Нагревание металла при резке производят газокислородным пламенем. В качестве горючих при резке могут применять ацетилен, пропан-бутан, пиролизный, природный, коксовый и городской газы, пары керосина*.

Кроме подогрева металла до температуры горения в кислороде, подогревающее пламя выполняет еще следующие дополнительные функции:

подогревает переднюю (в направлении резки) верхнюю кромку реза впереди струи режущего кислорода до температуры воспламенения, что обеспечивает непрерывность процесса резки;

вводит в зону реакции окисления дополнительное тепло, покрывающее его потери за счет теплопроводности металла и в окружающую среду; это имеет особенно важное значение при резке металла малой толщины;

создает защитную оболочку вокруг режущей струи кислорода, предохраняющую от подсоса в нее азота из окружающего воздуха;

подогревает дополнительно нижнюю кромку реза, что важно при резке больших толщин.

Мощность подогревающего пламени зависит от толщины и состава резаемой стали и температуры металла перед резкой.

Металл нагревают на узком участке в начале реза, а затем на нагретое место направляют струю режущего кислорода, одновременно передвигая резак по намеченной линии реза. Металл сгорает по всей толщине листа, в котором образуется узкая щель. Интенсивное горение железа в кислороде происходит только в слоях, пограничных с поверхностью режущей струи кислорода, который проникает (диффундирует) в металл на очень малую глубину.

С момента начала резки дальнейший подогрев металла до температуры воспламенения происходит, в основном, за счет тепла реакции горения железа. При чистой, свободной от ржавчины и окалины поверхности, резка может продолжаться и без дополнительного подогрева. Однако лучше продолжать резать с подогревом, так как это ускоряет процесс.

Приход тепла при резке листовой стали толщиной 25 мм складывается из:

тепла подогревательного кислородно-ацетиленового пламени	28—29%
тепла реакции окисления железа	71—72%
	100%

* При резке под водой — пары бензина.

Расход тепла при резке листовой стали толщиной 25 мм (%):

подогрев режущего кислорода	2,5
нагрев стали до температуры воспламенения	6
потери тепла через теплопроводность металла	36,6
потери тепла на излучение и конвекцию	20,0
» » со шлаками	20,4
» » с отходящими газами	14,5
	100,0

Для заготовительной резки стали применяют кислород чистой не ниже 98,5—99,5%. С понижением чистоты кислорода резка

идет медленнее и требует большего расхода кислорода. Например, в пределах чистоты кислорода от 99,5 до 97,5% понижение чистоты на 1% увеличивает расход кислорода на 1 м шва на 25—35%, а время резки — на 10—15%. Это особенно заметно при резке стали больших толщин. Применять для заготовительной резки кислород чистой ниже 98,5% не следует, так как поверхность реза получается недостаточно чистой, с глубокими рисками и трудноотделяемыми шлаками (гратом).

Скорость резки, толщина металла, расход ацетилена в подогревающем пламени и эффективная мощность пламени связаны между собой зависимостью (рис. 55).

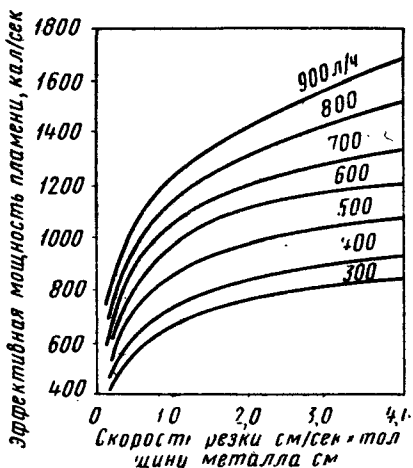


Рис. 55. Зависимость эффективной мощности пламени от расхода ацетилена, скорости резки и толщины металла (по данным В. С. Головченко)

Производительность резки зависит также от распределения подогрева. Применение нескольких подогревающих пламен увеличивает скорость резки по сравнению с таковой при одном подогревающем пламени (при равных расходах ацетилена в обоих случаях). Общий предварительный подогрев металла при резке (до любой температуры) позволяет значительно увеличить скорость резки (рис. 56).

Изменение стоимости трудовых затрат, режущего кислорода, подогревающего кислорода и горючего газа в зависимости от толщины разрезаемой стали показано на рис. 57. Из него видно, что с увеличением толщины стали в наибольшей степени возрастают затраты на режущий кислород.

Основные условия резки. Для процесса резки металла кислородом необходимы следующие условия:

температура горения металла в кислороде должна быть ниже

температуры плавления, иначе металл будет плавиться и переходить в жидкое состояние до того, как начнется его горение в кислороде;

образующиеся окислы металла должны плавиться при температуре более низкой, чем температура горения металла, и не быть слишком вязкими; если металл не удовлетворяет этому требованию, то кислородная резка его без применения специальных флюсов невозможна, так как образующиеся окислы не смогут выдвигаться из места разреза;

количество тепла, выделяющееся при сгорании металла в кислороде, должно быть достаточно большим, чтобы обеспечить под-

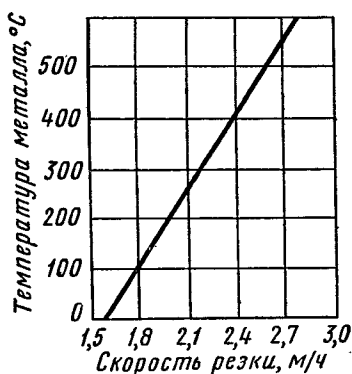


Рис. 56. Влияние предварительного подогрева металла на скорость резки

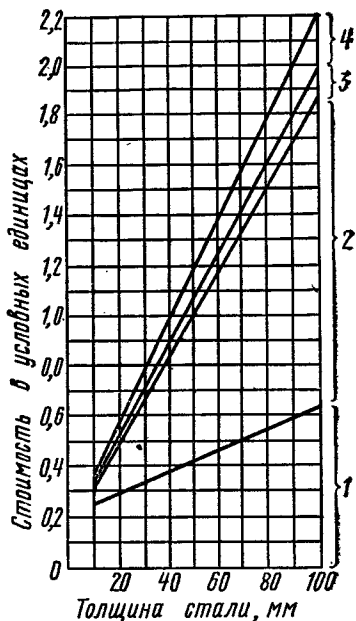


Рис. 57. Изменение стоимости трудовых затрат, режущего кислорода, подогревающего кислорода и горючего газа в зависимости от толщины разрезаемой стали:

1 — трудовые затраты, 2 — режущий кислород, 3 — подогревающий кислород, 4 — ацетилен

держание процесса резки (см. баланс тепла резки, приведенный выше);

теплопроводность металла не должна быть слишком высокой, так как иначе, вследствие интенсивного теплоотвода, процесс резки может прерываться.

Влияние состава стали на резку. Перечисленным выше условиям наиболее полно отвечают стали с небольшим содержанием углерода и легирующих примесей. Низко- и среднеуглеродистые, а также низколегированные стали при содер-

жании углерода до 0,3% хорошо режутся кислородом, достаточно легко поддаются резке.

Способность стали подвергаться резке можно оценить по ее химическому составу, пользуясь следующей формулой эквивалента углерода

$$C_e = C + 0,4Cr + 0,3(Si + Mo) + 0,2V + 0,16Mn + 0,04(Ni + Cu),$$

где C_e — эквивалент углерода; символы элементов в формуле обозначают их содержание в стали в весовых процентах.

Пример. Сталь состава: C — 0,2; Mn — 0,8; Si — 0,6. Тогда $C_e = 0,2 + 0,16 \cdot 0,8 + 0,3 \cdot 0,6 = 0,508$. Сталь относится к группе I (см. табл. 19).

В табл. 19 приведена классификация сталей по их способности разрезаться кислородом.

Таблица 19

Классификация сталей по разрезаемости их кислородом

Группа	C_e	% C	Марка стали	Условия резки
I	До 0,6	До 0,3	10-25; МСт. 1 — МСт. 4, 15Г, 20Г; 10Г2; 15М; 15НМ	Режутся хорошо в любых условиях и не требуют термообработки
II	0,61—0,8	До 0,5	30-35; 30Г-40Г; 15Х; 20Х; 20ХФ и др.	Режутся удовлетворительно. Летом — резка без подогрева. Зимой и при резке больших сечений — подогрев до 120°C
III	0,81—1,1	До 0,8	50-70; 50Г-70Г; 12М-35ХМ; 18ХГМ; 20ХГС и др.	Режутся ограниченно, склонны к закалке и трещинам при резке; резку ведут в горячем виде при температуре листа 200—300°C
IV	Более 1,1	Более 0,8	25ХГС-50ХГС; 33ХС-40ХС; 40ХГМ; 50ХГА и др.	Режутся плохо, склонны давать трещины, требуют дополнительного подогрева до 300—450°C и замедленного остывания после резки

Кислородная резка почти не оказывает влияния на свойства низкоуглеродистой стали вблизи места реза. Только при резке сталей с повышенным содержанием углерода кромки разреза становятся более твердыми, так как такая сталь частично закаливается в месте реза. Глубина зоны влияния при резке указана в табл. 20.

Таблица 20

Глубина зоны влияния при резке стали

Сталь	Глубина зоны влияния, мм, при толщине стали, мм				
	5	25	100	150	300
Низкоуглеродистая (до 0,3%С)	0,1—0,3	0,5—0,7	1,5—2,0	1,5—3,0	4—5
Углеродистая (0,5—1%С) . .	0,3—0,5	0,8—1,5	2,5—3,5	3,5—5	6—8

При резке высоколегированных хромистых, хромомарганцовистых и хромоникелевых сталей происходит обеднение кромок хромом, кремнием, марганцем и титаном, а содержание никеля возрастает. В структуре такой стали между кристаллами около кромок появляются включения легкоплавких сульфидов и силицидов* железа, что способствует возникновению горячих трещин в момент остывания кромок. Возможна межкристаллитная коррозия после резки. Поэтому при резке этих сталей кислородом кромки после резки, в случае необходимости, фрезеруются или строгаются для удаления металла на толщину зоны влияния резки.

Для некоторых марок высоколегированных хромистых сталей применяют термическую обработку для восстановления структуры кромок после резки кислородом (табл. 21).

Таблица 21

Виды термической обработки высоколегированных хромистых сталей после резки кислородом

Сталь	Вид термообработки
Содержащая 0,2—0,5% С и 5—15% Сг	Предварительный подогрев до 250—360°C и термообработка после резки (закалка с отпуском или отпуск при 650—950°C)
Содержащая до 0,15% С и 12—18% Сг	Резка без подогрева, который необходим только при резке больших толщин и сложной форме детали. После резки высокий отпуск или отжиг при 650—950°C
Содержащая до 0,35% С и 16—30% Сг	Резка на максимальных скоростях. После резки отжиг при 750—850°C с быстрым охлаждением в воде
Аустенитно-ферритные (1X18H9T)	Резка возможна в любых условиях
Аустенитные (2X18H9; X23H18)	Для предотвращения межкристаллитной коррозии в зоне влияния резку ведут с интенсивным охлаждением кромок водой или после резки применяют гомогенизацию (нагрев до 1050—1150°C и охлаждение водой)

Разработан способ импульсной кислородной резки, состоящей в том, что после начального подогрева металла по всей линии реза одновременно на него пускается режущий кислород. Процесс резки длится всего несколько секунд. Например, труба диаметром 219 мм, с толщиной стенки 15 мм прорезается по всей окружности за 77 сек. Для этого способа резки используются секционированные резаки с внутрисопловым смешением газов (см. рис. 58, и).

* Сульфиды — соединения с серой, силициды — с кремнием.

§ 2. Резаки для ручной резки

Резаки можно классифицировать по следующим признакам: виду резки — для разделительной, поверхностной, кислородно-флюсовой;

назначению — для ручной резки, механизированной резки, специальные;

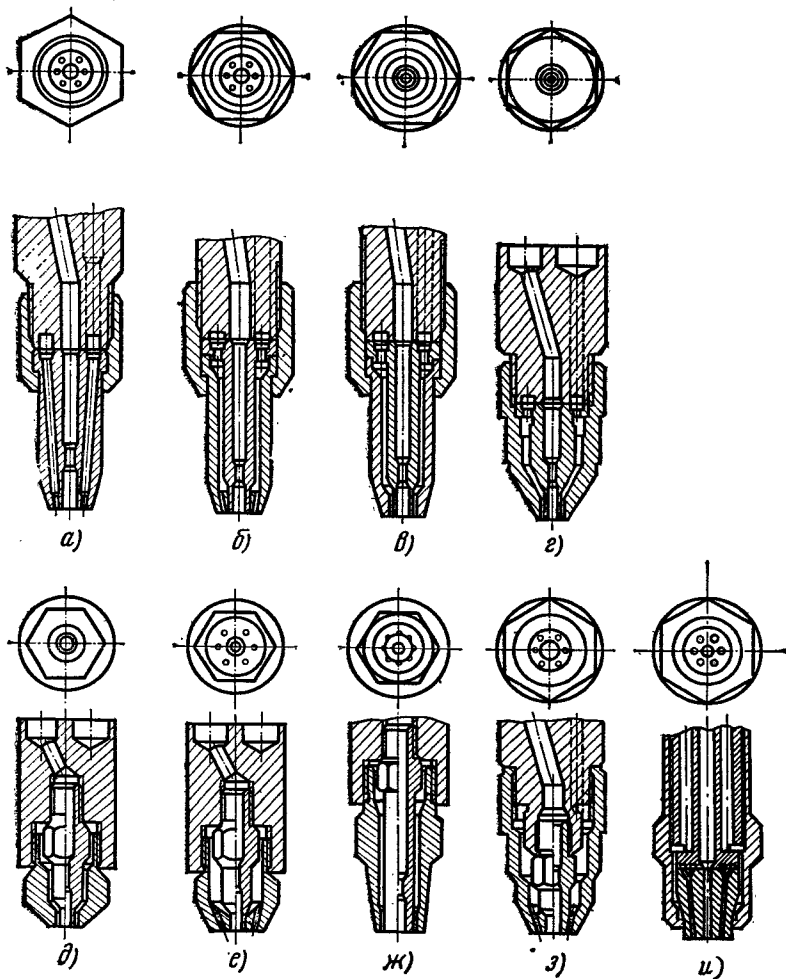


Рис. 58. Конструкции мундштуков для резки:

а — неразборный многосопловой, *б* — составной многосопловой, *в*, *г* — составной щелевой, *д* — составной щелевой, ввертный, *е* — составной многосопловой, ввертный, *ж* — составной многосопловой, со шлицами, ввертный, *з* — составной многосопловой, ввертный, с уменьшенным расходом меди, *и* — с внутрисопловым смешением горючего газа и кислорода (применяется в машинах для резки горячего проката)

роду горючего — для ацетилена, газов-заменителей, жидких горючих;

принципу действия — инжекторные, безынжекторные; давлению кислорода — высокого, низкого; конструкции мундштуков — щелевые, многосопловые.

Наибольшее применение имеют универсальные инжекторные ручные резаки для разделительной резки со щелевыми мундштуками.

Резак состоит из рукоятки, газоподводящих трубок, корпуса с вентилями и головки, в которую ввертываются мундштуки. Применяют два основных типа мундштуков: с кольцевым подогревательным пламенем или щелевые (рис. 58, в, г, д) и многосопловые (рис. 58, а, б, е, ж, з, и). Щелевые мундштуки состоят из внутреннего и наружного мундштуков, которые ввертывают на резьбе в головку резака или присоединяются к ней накидной гайкой. По кольцевому зазору между наружным и внутренним мундштуками поступает горючая смесь подогревательного пламени. По центральному каналу внутреннего мундштука подается струя кислорода, в которой сгорает разрезаемый металл.

Многосопловые мундштуки изготавливают цельными из одного куска металла, или составными; они имеют ряд каналов (сопел) диаметром 0,7—1 мм, расположенных вокруг центрального канала для режущей струи кислорода, и крепятся к головке резака накидной гайкой. Многосопловые мундштуки применяют при работе на газах-заменителях: природном, нефтяном, коксовом и других. обладающих низкими скоростями горения. Эти мундштуки более трудоемки в изготовлении, чем щелевые, которые нашли поэтому более широкое применение. В последних конструкциях резаков применяют самоцентрирующиеся щелевые мундштуки (см. рис. 58, е).

Фирмой «Виктор» (США) выпускается машинный резак, имеющий шестеренообразную фрезеровку для каналов горючей смеси подогревающего пламени (рис. 59). Такая конструкция мундштука дает концентрированный нагрев металла при резке. Для работы этого резака необходимо давление ацетилена 0,5—1,0 кгс/см², подаваемого через редуктор из баллона или от генератора среднего давления.

Резак для ручной резки (рис. 60) имеет рукоятку 7 и корпус 8, к которому при помощи накидной гайки 11 присоединена смесительная камера 12, в которую ввернут инжектор 10.

Кислород, поступающий через шланговый ниппель 5, разветвляется по двум направлениям: кислород подогревательного пламени регулируется вентилем 4 и поступает в центральный канал ин-

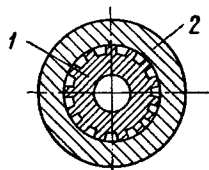


Рис. 59. Сечение мундштука машинного резака фирмы «Виктор» (США):

1 — внутреннее сопло, 2 — наружный мундштук

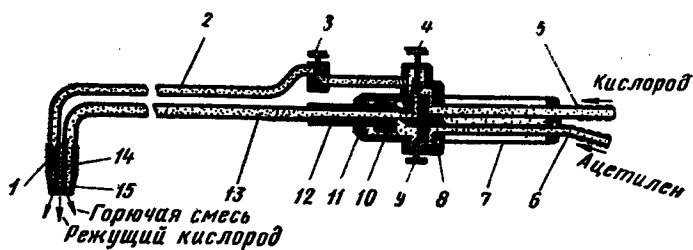


Рис. 60. Схема ацетилено-кислородного резака для ручной резки:

1 — головка, 2, 13 — трубки, 3, 4, 9 — вентили, 5, 6 — ниппели, 7 — рукоятка, 8 — корпус, 10 — инжектор, 11 — накидная гайка, 12 — смешительная камера, 14 — внутренний мундштук, 15 — наружный мундштук

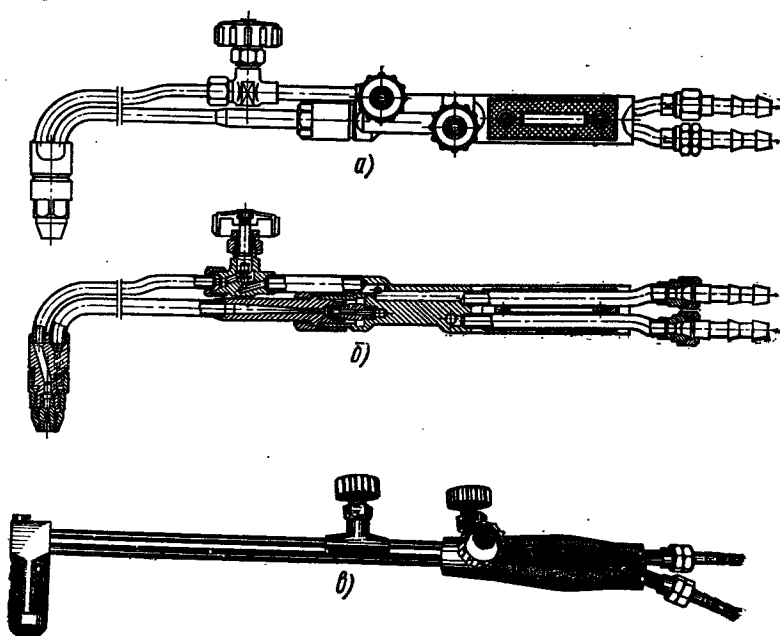


Рис. 61. Ручные резаки:

а — резаки ацетилено-кислородный «Пламя-62», внешний над; б — резаки «Пламя-62» в разрезе; в — универсальный резаки РВ-70 для работы на ацетилене и газах-заменителях (природном газе и пропан-бутане)

жектора 10. Входя в смесительную камеру 12, струя кислорода создает разрежение в каналах, по которым через ниппель 6 и вентиль 9 подсасывается ацетилен. Горючая смесь по трубке 13 идет в головку резака и, выходя через зазор между наружным 15 и внутренним 14 мундштуками, сгорает, образуя подогревательное пламя.

Другая часть кислорода через вентиль 3 проходит в трубку 2 и поступает в головку 1, откуда выходит через центральный канал внутреннего мундштука 14, образуя режущую струю кислорода.

На рис. 61, а и б показана конструкция серийного ацетилено-кислородного резака «Пламя-62», на рис. 61, в — внешний вид универсального резака РУ-70.

Резак при резке устанавливают на опорную каретку с двумя роликами, катящимися по поверхности разрезаемого металла

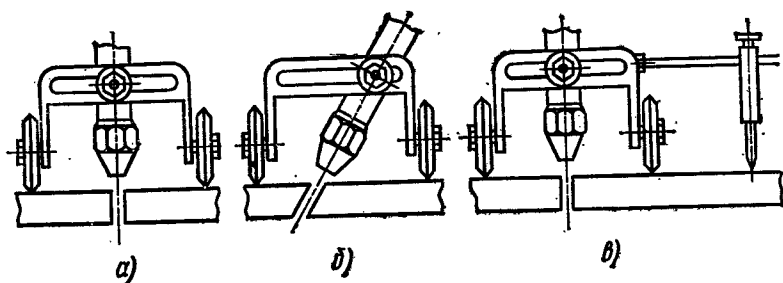


Рис. 62. Использование опорной каретки резака:

а — вертикальная разделительная резка, б — резка под углом при скосе кромок.
в — вертикальная разделительная резка при помощи циркульного устройства

(рис. 62). Благодаря этому расстояние между мундштуком и поверхностью металла остается постоянным и отпадает необходимость держать резак на весу во время работы. Каретка позволяет резать не только перпендикулярно поверхности разрезаемого металла, но и под углом до 35° , что необходимо, например, при скосе кромок под сварку. К каретке можно привернуть штангу циркуля, позволяющего резать по окружности.

Давление кислорода устанавливают в пределах от 3 до 14 кгс/см^2 , давление ацетилена от 0,02 до $0,1 \text{ кгс/см}^2$. Техническая характеристика резака «Пламя-62» приведена в табл. 22. Кроме инжекторных, применяют безынжекторные резаки, работающие на ацетилене давления $0,5\text{—}0,7 \text{ кгс/см}^2$. Безынжекторные резаки являются лучшими по своим технологическим качествам, так как сопла их мундштуков не забиваются каплями расплавленного металла и шлака при резке.

Техническая характеристика инжекторного резака «Пламя-62»

Показатели	Толщина разрезаемого металла, мм					
	3—6	8—25	50	100	200	300
Номер мундштука:						
внутреннего	1	2	3	4	5	5
наружного	1	1	1	2	2	2
Давление кислорода, кгс/см ²	3,5	4	6	8	11	14
Расход, м ³ /ч:						
кислорода	3	5,2	8,5	18,5	33,5	42
ацетилена	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2
Примерная ширина реза, мм	2—2,5	2,5—3,5	3,5—4,5	4,5—7	7—10	10—15
Скорость резки, мм/мин	550	370	260	165	100	80

Резак «Пламя-62» может работать на заменителях ацетилена — природном газе и пропан-бутане. В этом случае диаметры мундштуков берут по табл. 23.

Таблица 23
Мундштуки для резки на заменителях ацетилена

Показатели	Природный газ		Пропан-бутан		
Максимальное давление газа, кгс/см ²	0,01	0,01	0,1	0,1	0,1
Толщина разрезаемого металла, мм	5—100	100—300	3—8	5—100	100—300
Диаметры* мундштука, мм:					
наружного d_1	4,1	5,6	4,1	5,3	7,0
внутреннего d_2	3,5	5,0	2,5	3,5	5,0
» d_3	1,2	2,0	0,8	1,1	2,0
» d_4	1,5	3,0		1,5	3,0
» d_5	2,0			2,0	

* d_1 — внутренний диаметр наружного мундштука; d_2 — наружный диаметр внутреннего мундштука; d_3 — диаметр канала режущего кислорода.

Резак РУ-70 имеет следующую техническую характеристику:

Толщина разрезаемой						
стали, мм	3—5	5—25	25—50	50—100	100—200	200—300
Номер мундштука:						
наружного	1	1	1	2	2	2
внутреннего	1	2	3	4	5	—
Давление, кгс/см ² :						
кислорода	3	4	6	8	10	12
ацетилена				Не ниже 0,01		
газа-заменителя				0,005		
Расход, м ³ /ч:						
кислорода	3	6	10	15	26	40
ацетилена	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2
природного газа	0,6	1,0	1,3	1,4	1,6	1,9
пропан-бутана	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,7
Длина, мм			525			
Вес, кг			1,05			

Особенностью резака РУ-70 является расположение инжектора и смесительной камеры непосредственно в головке резака. Резак РУ-70 выпускается в трех исполнениях: РУ — для резки стали с использованием ацетилена и газов-заменителей; РУА — для резки с использованием только ацетилена; РУЗ — для резки только на газах-заменителях.

В резаках могут возникать следующие неисправности: неплотность соединений, неправильная установка или износ деталей, засорение каналов и повреждение кромок мундштуков, наличие на них рисков, заусенцев и пр. Перед началом работы следует проверить, плотны ли все соединения резака и есть ли разрежение в ацетиленовом канале инжекторного резака, как это описано для горелки (см. гл. IV, § 7).

При зажигании подогревающего пламени слегка открывают вентиль подогревающего кислорода, а затем — вентиль ацетилена. Когда в ацетиленовом канале создается разрежение, зажигают горючую смесь у выходного отверстия мундштука и регулируют пламя кислородным и ацетиленовым вентилями. Ядро должно иметь правильную, резко очерченную форму. Если при зажигании смеси и пуске режущей струи кислорода последняя находится не в центре, это указывает на неправильную посадку внутреннего мундштука в головку; в этом случае мундштук следует выправить. Причиной неправильной формы подогревающего пламени являются также заусенцы и царапины на кромках мундштуков; эти дефекты удаляют шлифовкой каналов. Если резак при зажигании смеси начинает давать хлопки, значит имеется пропуск режущего кислорода в месте посадки внутреннего мундштука в головку. В данном случае нужно притереть посадочные поверхности мундштука и головки, добившись полной плотности в месте их соприкосновения.

Для определения плотности соединений в головку ввертывают мундштук с заглушенным выходным отверстием для кислорода, резак погружают в воду и в каналы подают кислород или воздух под давлением 10 кгс/см^2 через шланг, надетый на кислородный ниппель.

С целью повышения скорости резки были предложены и испытаны конструкции резаков с «кислородной завесой». В этих резаках между каналами для режущего кислорода и подогревающей смеси имеется дополнительный канал, из которого с небольшой скоростью вытекает кислород, образующий завесу, защищающую режущий кислород от загрязнения продуктами сгорания пламени и азотом воздуха. В результате этого сохраняется высокая чистота режущего кислорода по всей длине струи и интенсивность сгорания металла повышается. Скорость резки может быть увеличена в пределах до 50%. При резке металла толщиной 100 мм расход защитного кислорода достигает 1000—2000 $\text{дм}^3/\text{ч}$, что снижает экономичность этого способа.

§ 3. Керосинорезы

Комплект керосинореза состоит из резака, бачка для керосина и циркуля с тележкой. Схема резака керосинореза изображена на рис. 63, а. Кислород через вентиль 9 и инжектор 4 поступает в головку 3, где смешивается с парами керосина. Керосин в головку поступает через вентиль 7, пройдя предварительно асбестовую набивку 11 испарителя, где нагревается и испаряется вспомогательным пламенем мундштука 12. Горючая смесь выходит наружу через щель между мундштуками 1 и 2, образуя подогревающее пламя. Мощность и состав пламени регулируют вентилем 9 и маховичком

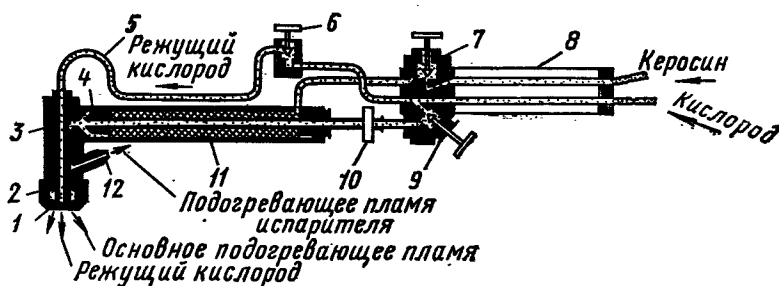


Рис. 63. Схема резака керосинореза:

1, 2 — мундштуки, 3 — головка, 4 — инжектор, 5 — трубка, 6, 7, 9 — вентили, 8 — рукоятка, 10 — маховичок, 11 — асбестовая набивка испарителя, 12 — мундштук подогрева испарителя

10, изменяющими положение инжектора 4 в смесительной камере. Режущий кислород через вентиль 6 по трубке 5 проходит в центральный канал мундштука 1. Головка керосинореза имеет кольцевые мундштуки щелевого типа. Резак снабжен рукояткой 8.

На рис. 64 показан резак керосинореза К-63, который имеет съемный испаритель 2, укрепляемый на накидных гайках 1 и 3. Корпус испарителя изготовлен из нержавеющей жаростойкой стали типа Х18Н9Т. Такой испаритель служит значительно дольше и более удобен для очистки и смены асбестовой оплетки. Для обеспечения устойчивого горения пламени, подогревающего испаритель, служит щиток 4.

Керосин подается в резак под давлением $0,5\text{--}2\text{ кгс/см}^2$ из бачка емкостью 5 дм^3 , снабженного ручным воздушным насосом, манометром и запорным вентилем. Техническая характеристика керосинореза К-63 приведена в табл. 24.

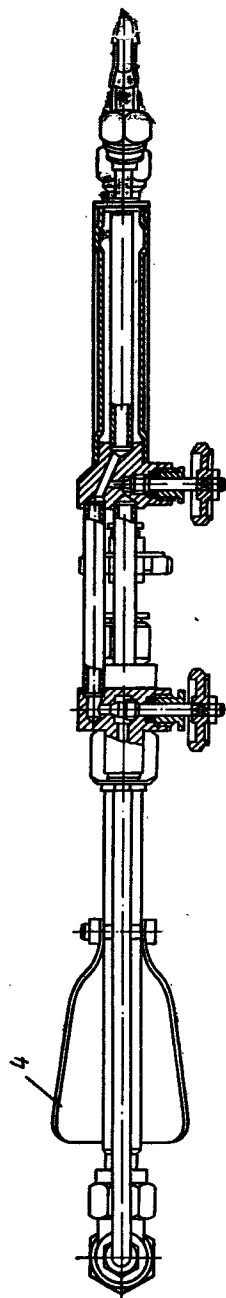
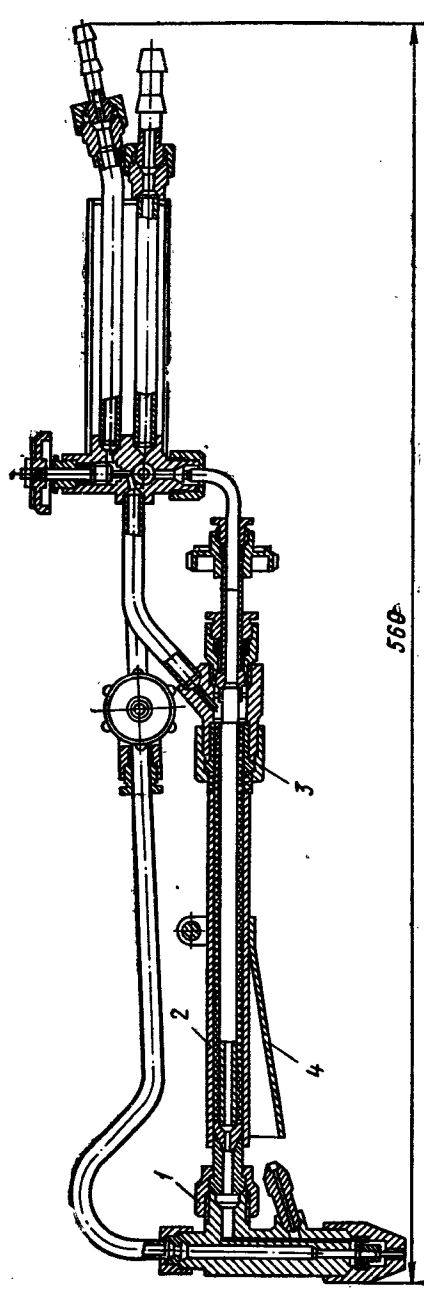


Рис. 64. Резак керосинореза К-63:
1, 3 — накидные гайки, 2 — съемный испаритель, 4 — щиток

Техническая характеристика керосинореза К-63

Показатели	Толщина разрезаемого металла, мм			
	до 20	20—50	50—100	100—200
Номер внутреннего мундштука (сопла)	1	2	3	4
Давление, кгс/см ² :				
кислорода	4—5	5—7	7—9	9—11
керосина в бачке	1,5—3,0	1,5—3,0	1,5—3,0	1,5—3,0
Расход:				
кислорода, м ³ /ч	5,4—7,6	7,6—9,8	9,8—20,2	20,2—32,6
» дм ³ /м	134—423	423—1090	1090—3360	3360—7230
керосина, кг/ч	0,7—0,8	0,8—0,9	0,9—1,1	1,1—1,3
» г/м	25—53	53—100	100—180	180—290
Скорость резки, мм/мин	450—300	300—150	150—100	100—75

Для питания машинных резаков, работающих на керосине, в условиях заготовительных цехов применяют стационарные бачки БЖМ-1-58 емкостью 20 кг керосина. Для создания давления в такой бачок из заводской пневмосети через редуктор подается сжатый воздух под давлением 1,5—2,0 кгс/см². Бачок рассчитан на максимальное рабочее давление 3 кгс/см², снабжен манометром, воздушным редуктором, предохранительным клапаном и краном для снижения давления.

При работе с керосинорезом необходимо придерживаться следующих основных правил.

1. Давление в бачке с керосином не должно быть выше давления кислорода после редуктора, так как иначе керосин может через инжектор попасть в кислородный шланг; это приведет к обратному удару пламени в кислородный шланг, его разрыву и загоранию*.

При перерывах в работе плотно закрывают вентиль для подачи керосина в испаритель и вентиль для подогревающего кислорода, а резак керосинореза кладут головкой вниз. Это исключает затекание керосина в кислородный шланг и возможность обратного удара пламени в шланг при последующем зажигании смеси для подогревающего пламени резака при возобновлении работы.

Для защиты кислородного шланга от обратных ударов пламени применяют клапан ЛКО-1-56 (рис. 65), устанавливаемый на кислородном ниппеле керосинореза.

2. Перед созданием в бачке давления с помощью ручного насоса вентиль на бачке следует открыть на пол-оборота. При этом вентили резака на линиях керосина и кислорода должны быть плотно закрыты, а инжектор керосинореза открыт.

* В шланг для горючего пламя при обратном ударе не попадает, так как гаснет из-за отсутствия окислителя.

3. После того как в бачке установлено необходимое давление, отрегулировано давление кислорода после редуктора и резчик убедился в герметичности всех соединений, в резак сначала пускается горючее, затем подогревающий кислород и зажигается пламя; после достаточного прогрева испарителя может быть пущен режущий кислород.

Предварительно корпус испарителя можно подогреть паяльной лампой. Пока испаритель нагрет недостаточно, в пламени резака заметны искры, которые исчезают по мере нагревания корпуса испарителя и полного испарения поступающего в него керосина.

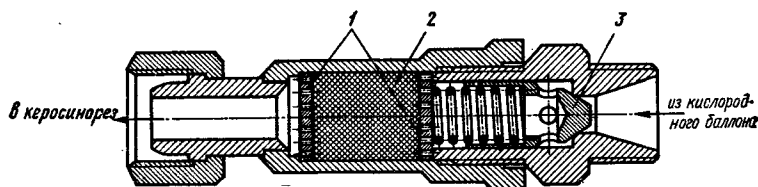


Рис. 65. Клапан против обратных ударов для керосинореза:
1 — пламярассекающая шайба, 2 — латунная сетка-теплопоглотитель, 3 — обратный клапан

Запрещается работать резаком с перегретым до вишневого цвета испарителем.

4. После исчезновения искр в пламени необходимо отрегулировать его состав, затем на короткое время открыть вентиль режущего кислорода и убедиться в устойчивости подогревающего пламени при пуске режущей струи кислорода. Если при этом ядро основного подогревающего пламени несколько удлиняется, следует увеличить подачу подогревающего кислорода.

5. При прекращении работы керосинореза сначала закрывают вентиль режущего кислорода, а потом вентиль горючего и вентиль подогревающего кислорода. Затем открывают спускной кран на бачке для снижения давления в бачке до атмосферного.

При недостаточном поступлении в резак керосина и кислорода или засорении мундштука возможны хлопки пламени. Для их устранения необходимо или увеличить поступление в резак горючего и кислорода, или, прекратив работу, прочистить мундштук.

При обратном ударе пламени немедленно закрывают сначала вентиль подачи кислорода на резак, затем прекращают подачу кислорода от баллона или кислородопровода, после чего закрывают вентиль подачи горючего на резак и бачке.

Иногда подогревающее пламя испарителя гаснет вследствие засорения сопла продуктами разложения керосина. В этом случае необходимо прекратить работу, вывернуть сопло из головки резака и прочистить его канал медной проволокой.

Пламя керосинореза может гаснуть или изменять свою форму также вследствие неправильной навивки асбестовой оплетки испарителя, образования на ней нагара, утечки воздуха из бачка с керосином. Если утечки воздуха нет, то для восстановления нормальной работы резака необходимо его разобрать, очистить испаритель от нагара и, если это необходимо, заменить асбестовую оплетку новой. Новую оплетку нельзя делать слишком слабой или плотной. При слабой оплетке пламя будет колебаться при изменении положения резака в пространстве, а при плотной — прохождение керосина будет затруднено.

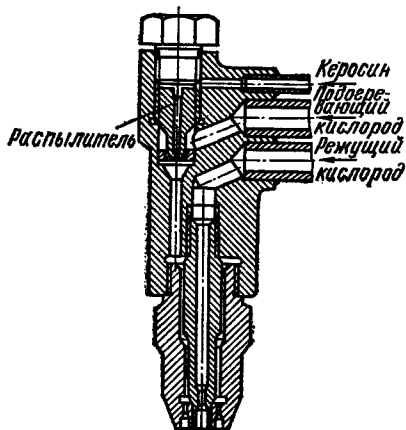


Рис. 66. Головка керосинореза с распылителем

Для того чтобы поддерживать резак в работоспособном состоянии, необходимо прочищать его испаритель не реже одного раза в неделю, промывая асбестовую оплетку в горячей воде.

Выпускаются керосинорезы со съемным испарителем, корпус которого изготовлен из нержавеющей жаропрочной стали 0Х18Н9Т. Такие испарители удобны для очистки и имеют большой срок службы.

В качестве горючего в керосинорезах допускается применение только осветительного керосина по ГОСТ 4553—70. При понижении температуры керосин повышает свою вязкость; так, при -45°C вязкость керосина в 6 раз выше, чем при $+20^{\circ}\text{C}$. Это увеличивает сопротивление прохождению керосина по шлангу и оплетке испарителя, что приводит к необходимости повышать давление в бачке на $0,5\text{—}1,0\text{ кгс/см}^2$. Расход керосина при этом также уменьшается. Поэтому керосином целесообразно пользоваться при работе по резке при окружающей температуре не ниже -15°C и резке стали толщиной не более 200 мм. При более низких окружающих температурах и больших толщинах стали резку можно производить только на бензине А-66, соблюдая необходимые меры предосторожности при работе с этим, более взрыво- и огнеопасным, чем керосин, горючим. Применяемый резак должен иметь мундштуки, рассчитанные для работы на бензине. Бензином приходится пользоваться также в установках типа БУПР для кислородной резки под водой. Применение этилированного бензина запрещается.

Для очистки от механических примесей, остатков смолистых веществ и влаги керосин перед заливанием в бачок следует отстаивать, а затем фильтровать через сукно или мелкую латунную сетку.

ВНИИавтогенмашем разработаны керосинорезы и керосино-кислородные горелки с механическим распылением керосина, которое происходит непосредственно в головке резака или горелки с помощью специального сопла-распылителя (рис. 66)

Например, резак РКР-3 предназначен для ручной резки стали на распыленном жидком горючем с использованием керосина и пропан-бутана. При разделительной резке стали толщиной до 100 мм в условиях пониженной температуры окружающей среды (от -5°C) мощность пламени по расходу керосина и кислорода увеличивается в среднем на 15% на каждые 10 град понижения температуры. Мощность пламени по расходу керосина может быть получена в данном резаке до 1,6 кг/ч, что очень важно при работе в зимних условиях.

§ 4. Специальные резаки

При выполнении многих операций по кислородной резке целесообразно применять резаки специальной конструкции, соответствующие характеру выполняемых работ и повышающие производительность труда. К таким относятся, например, резаки: с плоскими мундштуками для срезки заклепок (РАЗ-70); для обрезки труб (РАТ-70), имеющие короткие мундштуки, ось которых перпендикулярна оси резака; для вырезки отверстий (РАО-70) небольшого диаметра. Эти резаки выполнены в виде вставных резаков, присоединяемых к рукоятке универсальной горелки (рис. 67).

Резаком (рис. 67, а) можно удалять головки заклепок диаметром до 40 мм в количестве до 100 заклепок в час. В зависимости от диаметра заклепки расход газов в м³/ч: ацетилена от 0,6 до 0,8, кислорода от 4,3 до 7,3.

Резак (рис. 67, б) применяют для вырезки труб диаметром не менее 45 мм и толщиной стенки от 3 до 15 мм. Резак (рис. 67, в) используют при резке отверстий диаметром от 15 до 100 мм в листах толщиной до 50 мм. Если толщина более 15 мм, то диаметр вырезаемого отверстия должен быть не менее толщины листа.

Для резки стали толщиной от 300 до 600 мм (прибылей болванок, отливок, разрезки крупного стального лома) применяют резаки (рис. 68), работающие на кислороде низкого давления (до 3 кгс/см²). В качестве горючего газа применяют ацетилен, расход которого составляет 1,0—4,2 м³/ч, или газы-заменители. Питание резака ацетиленом осуществляется от батареи ацетиленовых баллонов или генератора среднего давления (0,1—0,2 кгс/см²). Резак имеет специальные мундштуки, которые представляют собой сменные латунные сопла-вставки со ступенчато или плавно суживающимися цилиндрическими каналами, без расширения на выходе, обеспечивающие сохранение цилиндрической формы режущей струи кислорода.

Разрез мундштука с указанием размеров приведен на рис. 69, а. Перед соплом режущий кислород проходит длинный прямой участок

кислородоподводящей трубки, благодаря чему устраняются завихрения в кислородной струе и повышается ее пробивная способность. Для более точного определения давления режущего кислорода перед резаком имеется дополнительный манометр.

Для работы на природном газе канал инжектора резака рассверливается со стороны входа до диаметра 3 мм, со стороны выхода — до 2 мм. Мундштук имеет конструкцию, изображенную на

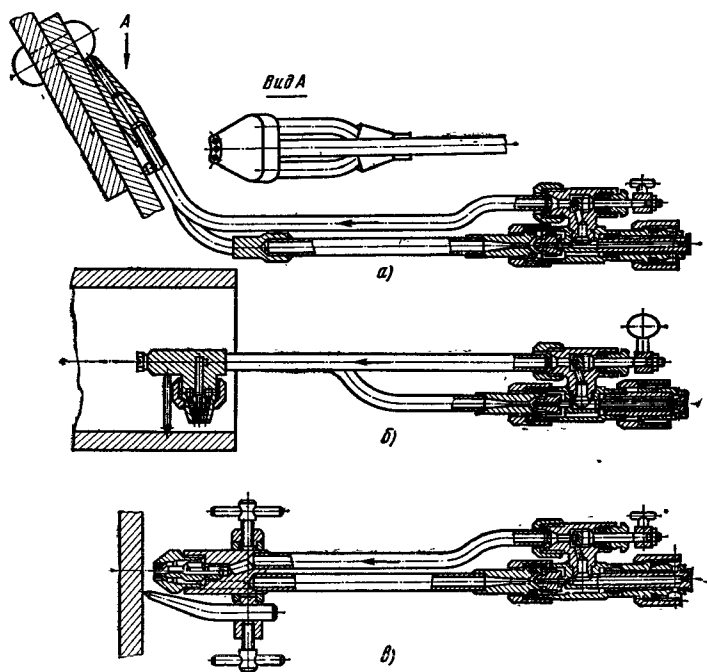


Рис. 67. Вставные резаки специального назначения:
а — для срезки заклепок, б — для вырезки труб, в — для вырезки отверстий
малого диаметра (стрелками указана подача режущего кислорода)

рис. 69, б, и состоит из внутреннего режущего сопла 1, вставленного в наружный подогревающий мундштук 2. Режущее сопло и подогревающий мундштук изготавливаются из стали 45 с последующим никелированием или воронением. Давление кислорода перед резаком 3.5 кгс/см^2 ; расход кислорода на резку $6-7 \text{ м}^3/\text{ч}$; ширина реза $8-10 \text{ мм}$.

На рис. 70 показан общий вид установки для резки больших толщин, состоящей из батареи кислородных баллонов 1, ацетиленовых баллонов 2, ацетиленового редуктора 3, рампового кислородного редуктора 4, шлангов 5 и резака 6.

Для поверхностной кислородной резки применяют специальные резаки (рис. 71). От резаков для разделительной резки они отлича-

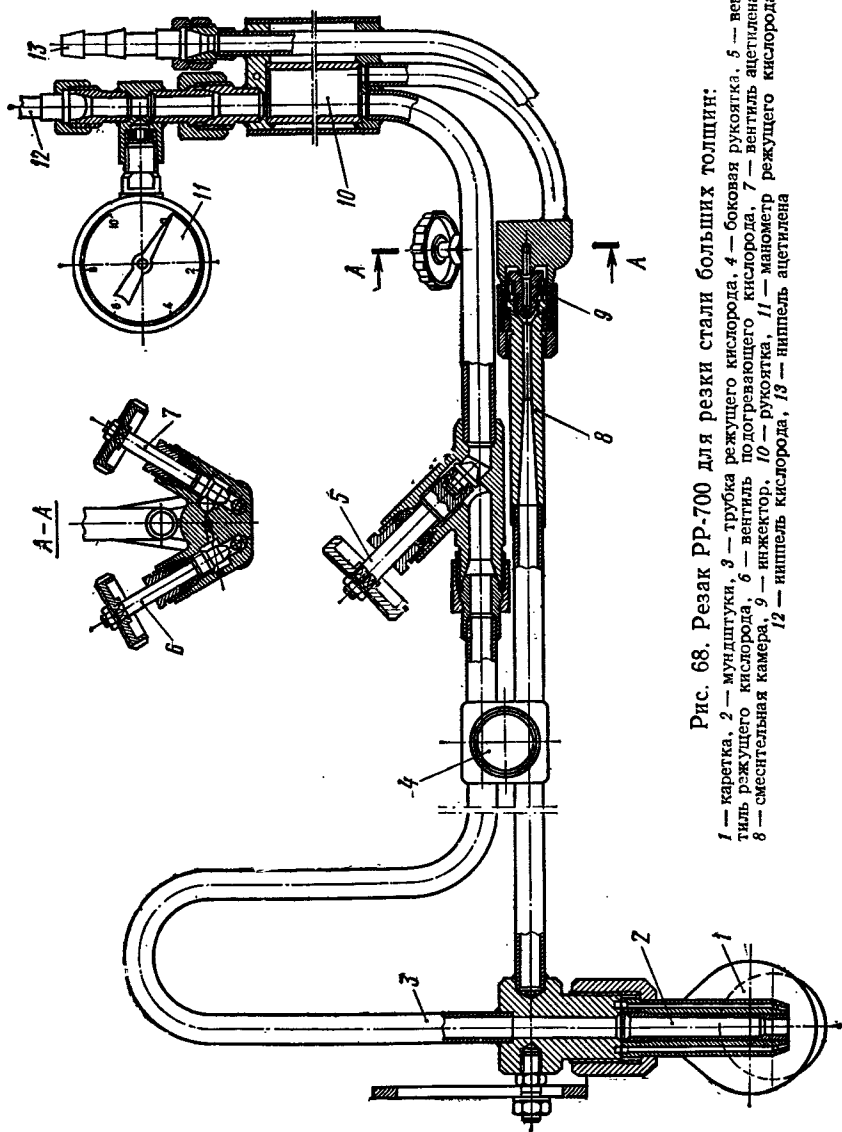


Рис. 68. Резак РР-700 для резки стали больших толщин:
 1 — каретка, 2 — муфтушка, 3 — трубка режущего кислорода, 4 — боковая рукоятка, 5 — вентиль режущего кислорода, 6 — вентиль подогревающего кислорода, 7 — вентиль ацетилена, 8 — смешательная камера, 9 — инжектор, 10 — рукоятка, 11 — манометр режущего кислорода, 12 — ниппель кислорода, 13 — ниппель ацетилена

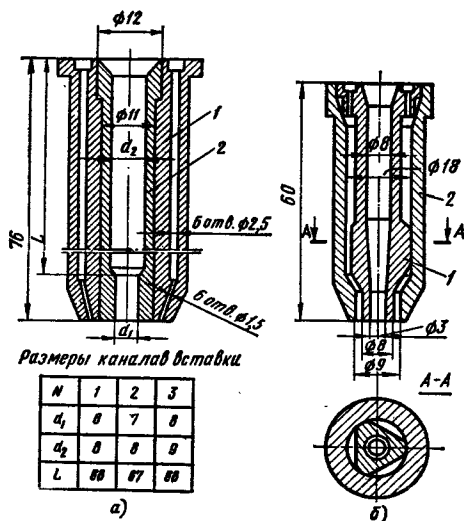


Рис. 69. Мундштуки:

а — мундштук для резки больших толщин; 1 — мундштук из меди М-3, 2 — сменная вставка из латуни ЛС-59-1; б — мундштук для резки больших толщин на природном газе

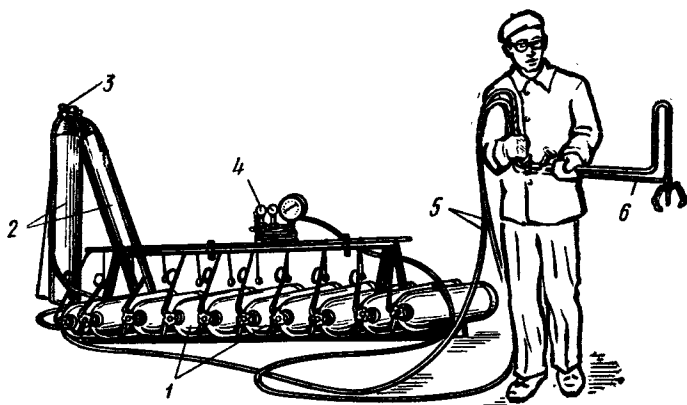


Рис. 70. Установка для резки стали больших толщин:

1 — батарея кислородных баллонов, 2 — ацетиленовые баллоны, 3 — ацетиленовый редуктор, 4 — кислородный рамповый редуктор, 5 — шланги, 6 — резак

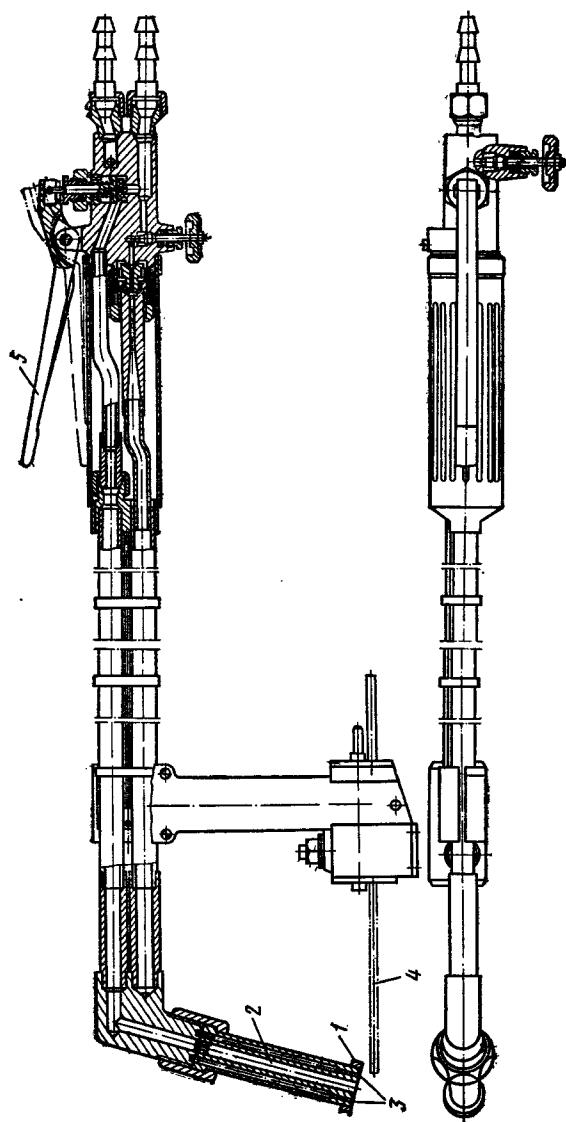


Рис. 71. Резак для поверхностной резки и выплавки пороков:

1 — опорное кольцо, 2 — канал режущего кислорода, 3 — каналы подогревающего пламени, 4 — стальной прут, 5 — рычажный клапан

ются тем, что их мундштуки имеют канал 2 большего диаметра для режущей струи кислорода и несколько каналов 3 малого диаметра для подогревающего пламени; струя кислорода выходит из мундштука с меньшей скоростью, чем при разделительной резке. Стальной прут 4 служит для ускорения предварительного нагрева в начале реза. Для быстрого пуска режущей струи кислорода резак имеет рычажный клапан 5. Опорное кольцо 1 на мундштуке сделано из нержавеющей жароупорной стали. С помощью таких резаков



Рис. 72. Схема поверхностной кислородной резки и форма выплавляемых канавок

выплавливают дефектные участки сварных швов, зачищают вершину шва перед подваркой с обратной стороны, готовят кромки швов перед сваркой и производят ряд других специальных работ. При поверхностной резке мундштук держат под углом $15-20^\circ$ к поверхности (рис. 72), вследствие чего на металле получается неглубокая (до 10 мм), но достаточно широкая (до 50 мм) канавка.

Выпускается портативная переносная установка ПГУ-2-68 для газопламенной обработки металлов (сварки, пайки, резки), в качестве горючего газа применяется пропан-бутан. Установка укомплектована горелкой и вставным резаком, работающими на пропан-бутан кислородной смеси, пропан-бутановым редуктором РДГ-6, кислородным редуктором РК-53БМ, а

также баллонами для пропан-бутана и кислорода. Техническая характеристика установки ПГУ-2-68 следующая:

Толщина стали при сварке и пайке, мм	До 5
» резке, мм	До 12
Расход, м ³ /ч:	
кислорода:	
при сварке и пайке	0,2—1,1
» резке	3,0—5,2
пропан-бутана	0,065—0,3
Давление, кгс/см ² :	
кислорода:	
при сварке и пайке	2—4
» резке	4
пропан-бутана	0,005—0,1

Установка ПГУ-2-68 весит 17 кг, емкость баллонов (дм³): кислородного — 5, пропан-бутанового — 4. Габариты установки (мм): 340 × 220 × 550.

Аналогичная по характеристике установка ПГУ-3 выпускается Кировским заводом автогенного машиностроения.

§ 5. Машины для резки

Для получения точного, чистого реза резаку необходимо придать принудительное движение с постоянной скоростью, соответствующей толщине разрезаемого металла. Это достигается механизацией процесса кислородной резки, для чего применяют переносные и стационарные машины.

Каждая машина для кислородной резки имеет следующие основные части: резак (один или несколько); несущую часть; ведущий механизм и привод; панель (пульт, блок управления). Машины, работающие по принципу копирования шаблона, имеют еще копировальное устройство (механическое, магнитное или фотокопировальное). Машины для резки бывают переносные и стационарные.

Машинные резаки отличаются от ручных тем, что имеют прямолинейную форму, при которой ось корпуса совпадает с осью мундштука. Поскольку резаки крепятся к суппорту резательной машины, рукоятка у них отсутствует. Конструкций машинных резаков много и они определяются типом машин, для которых предназначены. Основное различие машинных резаков состоит в конструкции корпуса и числе газовых вентилях. Используются машинные резаки инжекторные (И), равного давления (РД) и внутрисоплового смещения (ВС).

Применяются резаки двух- и трехвентильные. Используются также резаки для резки на керосине и газах-заменителях. Керосино-кислородные резаки применяют с внутрисопловым распылением керосина, т. е. без внешнего источника тепла для распыления горячего.

В качестве примера на рис. 73 показана конструкция двухвентильного ацетилено-кислородного резака для машин переносных (типа МРТ) и стационарных (типа МРК). Трехвентильный ацетилено-кислородный резак для шарнирных машин типа МРШ показан на рис. 74. Его отличие состоит в том, что для обеспечения точного совпадения осей ведущего магнитного пальца и режущего мундштука (струи режущего кислорода) ствол резака изготавливают из болванки, в которой затем просверливают каналы для прохода газов. Данный резак имеет три вентиля для газов и горизонтально расположенные ниппели для присоединения шлангов. Машинные резаки имеют продольную зубчатую рейку, которая сцепляется с зубчатым колесом для осевого перемещения резака, что необходимо при регулировании расстояния мундштука от поверхности разрезаемого металла.

Ввиду того что разрезаемый металл часто имеет неровную поверхность или волнистость, суппорты резаков, в которых они закрепляются на хоботе машины, иногда снабжаются так называемым механизмом «плавания», обеспечивающим постоянство расстояния мундштука от поверхности разрезаемого металла (рис. 75). Постоянство расстояния h сохраняется благодаря ролику 10, свободно катящемуся по поверхности листа, и системе двух шарнирных ры-

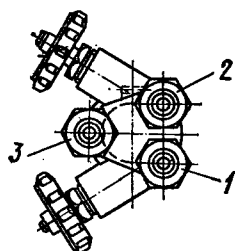
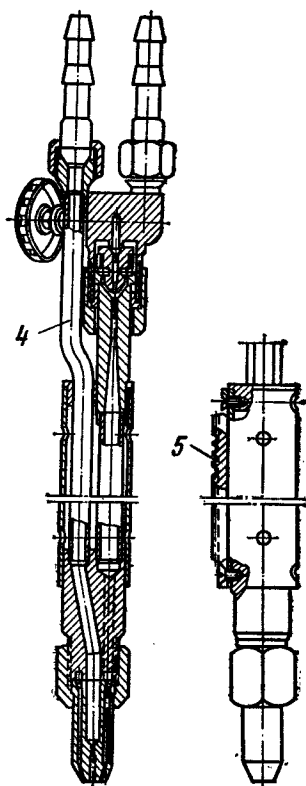


Рис. 73. Двухвентильный инжекторный кислородно-ацетиленовый машинный резак:

1 — штуцер ацетилена, 2 — штуцер подогревающего кислорода, 3 — штуцер режущего кислорода, 4 — трубка, 5 — зубчатая рейка

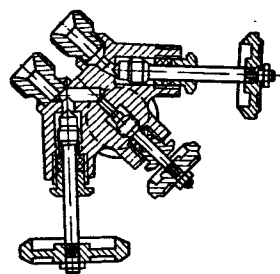
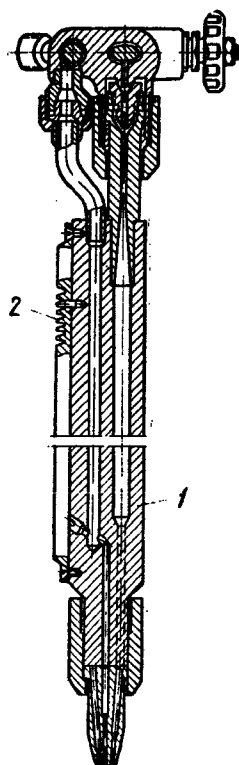


Рис. 74. Трехвентильный инжекторный кислородно-ацетиленовый резак:

1 — ствол, 2 — зубчатая рейка

чагов 11, создающих возможность одновременного вертикального перемещения ролика 10 и резака 6, в зависимости от неровностей поверхности листа. В корпусе втулки 1 имеется пружина, разгружающая механизм «плавания» и облегчающая тем самым качение ролика 10 по листу. В ряде конструкций машин применяются также устройства «плавания», использующие электрический принцип регулирования постоянства расстояния между мундштуком и поверхностью металла.

Ведущий механизм, в зависимости от конструкции и назначения машины, может выполняться в одном корпусе с машиной или располагаться отдельно в виде ведущей головки. В качестве привода в ведущих механизмах машин используются: ручной, механический (пружинный), газовый (воздушная или кислородная турбинка) и электрический. Для переносных машин специализированного назначения (вырезки отверстий, обрезки кромок, труб и др.) часто применяют ручной привод. Газовый и пружинный привод используют иногда в машинах переносных (резательных приборах) в тех случаях, когда резку приходится вести в местах, не всегда обеспеченных подводом электрической энергии (на монтаже в полевых условиях и др.).

Электрический привод от электродвигателя является наиболее распространенным и используется в большинстве конструкций переносных и стационарных машин.

Копировальный механизм применяется обычно магнитный, в виде магнитного ведущего пальца, катящегося по кромке стального шаблона. Используют также фотоэлектрический принцип копирования по чертежу, выполненному на белой бумаге. В современных конструкциях стационарных машин для кислородной и плазменной резки применяется масштабное (в масштабе 1 : 10) фотоэлектрическое копирование контура изделия по чертежу-шаблону как наиболее совершенный способ копирования, не требующий изготовления дорогих, трудоемких металлических шаблонов.

Для дистанционного управления подачей горючего газа и кислорода в резак в некоторых машинах применяют

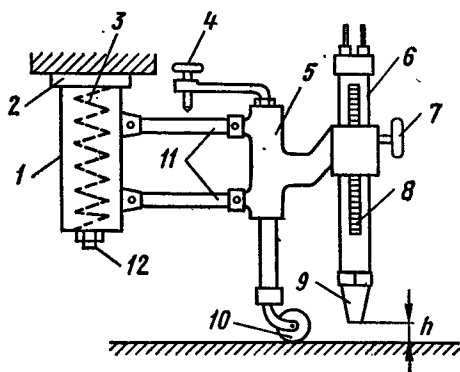


Рис. 75. Схема механизма «плавания» суппорта машинного резака:

1 — втулка, 2 — фланец крепления к хоботу машины, 3 — пружина, 4 — винт-ограничитель опускания резака при сходе ролика с листа, 5 — кронштейн, 6 — резак, 7 — винт вертикальной установки резака, 8 — зубчатая рейка, 9 — мундштук, 10 — опорный ролик, 11 — шарнирные рычаги, 12 — гайка регулировки усилия пружины

электромагнитные клапаны, одна из конструкций которых показана на рис. 76. Клапан имеет катушку 2, внутри которой расположен стальной подвижной сердечник 3 с клапаном 1. При прохождении тока по обмотке катушки 2 сердечник 3 втягивается внутрь катушки и клапан 1 открывает проход для газа. При выключении тока пружина 4 прижимает сердечником 3 клапан 1 к его седлу, закрывая путь газу. На кожухе клапана расположена колодка 5 с контактами 6, посредством которых обмотка катушки включается в электрическую цепь щита управления резательной машины.

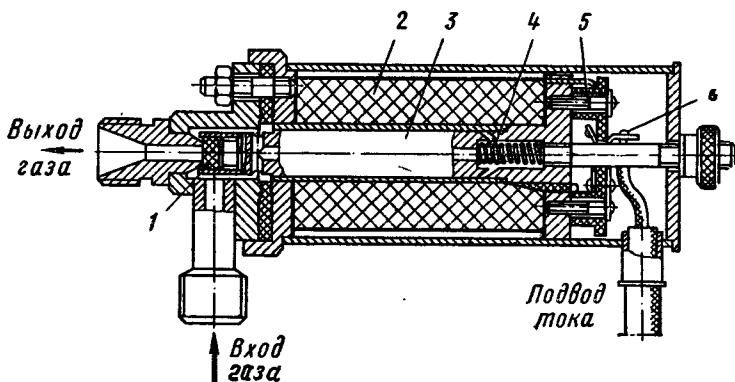


Рис. 76. Электромагнитный клапан для дистанционного управления подачи газа в резак:

1 — клапан, 2 — катушка, 3 — сердечник, 4 — пружина, 5 — колодка, 6 — контакты

К л а с с и ф и к а ц и я м а ш и н . Применяются следующие типы машин для резки:

переносные: МРТ—машины резательные—тележки, движущиеся по листу или рельсовому пути, для вырезки прямоугольных, круговых и других криволинейных деталей и заготовок с большими радиусами кривизны;

стационарные: МРЛ — машины резательные линейные — для раскроя листов на полосы и вырезки преимущественно прямоугольных деталей; МРК — машины резательные прямоугольные координатные для вырезки деталей и заготовок различных очертаний; МРШ — машины резательные шарнирные для фигурной резки; МРП — машины резательные, параллелограммные для одновременной вырезки нескольких одинаковых деталей и заготовок.

Наибольшее распространение получили шарнирные (МРШ) и координатные (МРК) машины. В крупных заготовительных цехах используются также линейные (МРЛ) и параллелограммные (МРП) машины.

На рис. 77 дана схема несущей части шарнирных машин типа МРШ. Эти машины обычно однорезаковые, так как оси мундштука и ведущего пальца должны лежать на одной вертикали. Поэтому они могут производить резку только под прямым углом к поверхности листа. Эти машины дают высокую точность размеров вырезаемых деталей и высокую чистоту поверхности реза. Габариты обрабатываемых деталей ограничиваются размерами шарнирных рам, поэтому на машинах МРШ вырезают детали малых и средних размеров.

На рис. 78 приведена схема несущей части прямоугольно-координатных машин типа МРК. Эти машины дают меньшую точность

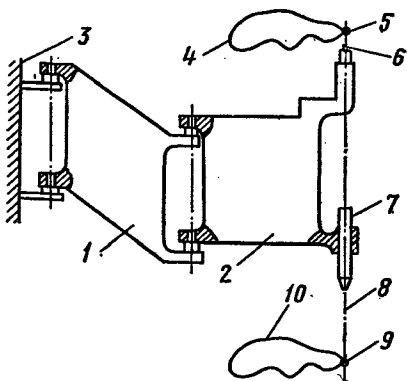


Рис. 77. Схема несущей части шарнирных машин типа МРШ (вид сбоку):

1 — внутренняя шарнирная рама, 2 — наружная шарнирная рама, 3 — неподвижная опора, 4 — контур, описываемый магнито-копировальным ведущим пальцем, 5 — место установки ведущего пальца, 6 — ось магнито-копировального пальца, 7 — резак, 8 — ось выходного канала мундштука режущей струи кислорода, 9 — место установки резака, 10 — контур, вырезаемый резакром

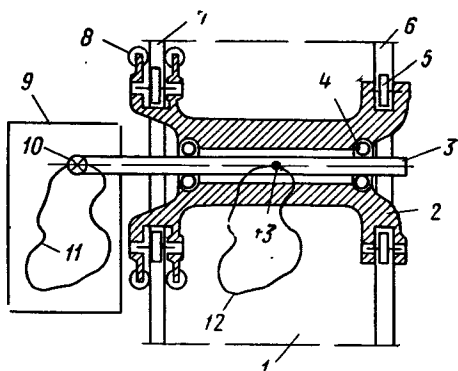


Рис. 78. Схема несущей части прямоугольно-координатных машин типа МРК (вид сверху):

1 — станина, 2 — тележка продольного хода, 3 — хобот, 4 — направляющий ролик, 5 — опорное колесо тележки, 6 — продольный поддерживающий ролик, 7 — продольный направляющий рельс, 8 — направляющий ролик тележки, 9 — обрабатываемый лист, 10 — место установки резака, 11 — контур, вырезаемый резакром, 12 — контур, описываемый ведущим пальцем привода, 13 — место установки ведущего пальца

копирования контура детали вследствие влияния неизбежных зазоров между рельсами, хоботом и направляющими роликами тележек, а также некоторой непрямолинейности самих направляющих рельсов и хобота. По этой же причине они дают менее чистую поверхность реза. Преимуществом этих машин является возможность увеличения длины обрабатываемых листов до требуемой величины за счет наращивания длины рельсового пути продольного хода. На этих машинах можно производить резку перпендикулярно и под углом к поверхности листа, одним или несколькими резаками, что необходимо при подготовке кромок под сварку. Ширина обрабатываемого листа определяется величиной вылета хобота машины.

На рис. 79 показана схема несущей части параллелограммных машин типа МРП. Эти машины особенно приспособлены для много-

резаковой вырезки одностипных деталей малого и среднего размеров. Они дают меньшую точность и чистоту реза, чем шарнирные, но позволяют вести прямолинейную резку под углом к поверхности листа, т. е. производить скос одной или двух кромок под сварку.

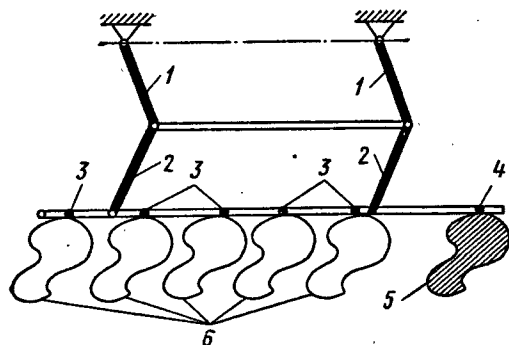


Рис. 79. Схема несущей части параллелограммных машин типа МРТ (вид сверху):

1 — первая пара шарнирных рам, 2 — вторая пара шарнирных рам, 3 — места крепления резаков, 4 — место крепления ведущего механизма, 6 — контуры вырезаемых деталей

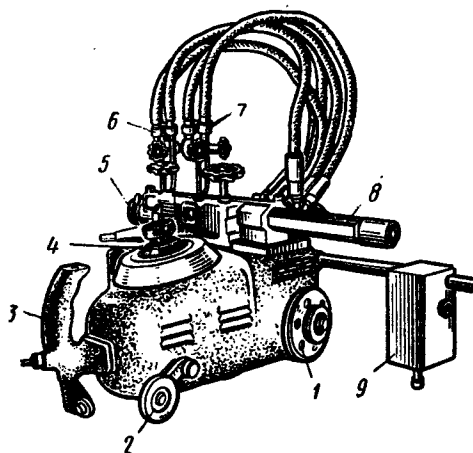


Рис. 80. Переносная машина «Радуга» для кислородной резки:

1 — ведущее колесо, 2 — направляющее колесо, 3 — рукоятка для ручного направления резки, 4 — диск реостата для изменения скорости резки, 5 — суппорт крепления резаков, 6 и 7 — резаки, 8 — штанга, 9 — цирку

Технические требования на машины для резки регламентируются ГОСТ 5614—67. В зависимости от вида резки применяют два типа машин: К — для резки стали кислородной струей; Пл — для резки металлов плазменной дугой. Стационарные машины в зависимости от технологического назначения выпускаются типов: Р — для раскройных работ; Т — для точной прямолинейной и фигурной резки деталей; У — универсальные для прямолинейной и фигурной резки заготовок; М — для резки малогабаритных деталей и заготовок.

Основные параметры стационарных машин должны соответствовать требованиям, приведенным в табл. 25.

Конструкции машин. Переносные машины представляют собой самоходные тележки, оснащенные резаком и имеющие в качестве привода электродвигатель, пружинный механизм или газовую турбину. Эти машины устанавливают непосредственно на лист разрезаемого металла, по которому они перемеща-

Основные параметры машин для резки а — Стационарные машины

Типоразмеры	Размеры обрабатываемой заготовки, мм		Количество одновременно разрезаемых листов, шт.	Размер колен рельсовых направляющих продольного хода, мм	Максимальная рабочая скорость резки, мм/мин	Системы контурного управления и класс точности машин						Резка со скосом кромок	
	ширина	длина				по стальному ко-пиру, маг-нитная, С	цифровая, програм-мая, Ц	фотокопи-рованная по черте-жу, Ф	линейная механичес-кая, Л	линейная	фигурная		
РК-2,5	2500	8000	1	3300	2000	—	—	—	2	+	+		
РК-5,0	5000	8000	1—2	6400	2000	—	—	—	2	+	—		
РПЛ-2,5	2500	8000	1	3300	10000	—	—	—	2	+	—		
ТК-2,5	2500	8000	1	3300	1600	—	1	—	—	+	—		
ТК-5,0	5000	8000	1—2	6400	1600	—	1	2	—	+	—		
ТПЛ-2,5	2500	8000	1	3300	10000	—	1	—	—	—	—		
УК-2,0	2000	8000	1	2800	1600	1	1	3	—	—	—		
УК-3,2	3200	6500	2	2400	1600	1	1	3	—	—	—		
УПЛ-1,6	1600	6500	1	2400	4000	1	1	—	—	—	—		
МК-1	1000	1000	—	—	1600	1	—	—	—	—	—		
МПЛ-1	1000	1000	—	—	4000	1	—	—	—	—	—		

Примечание. Знак «+» показывает наличие указанного эксплуатационного свойства в машинах данного типа, знак «—» — его отсутствие.

Допускаемые отклонения по классам точности следующие:

Класс точности

1
2
3

Допускаемые отклонения, мм

±0,5
±1,0
±1,5

б — Переносные машины

Типоразмеры	Число резаков	Максимальная толщина разрезаемого листа, мм	Диапазон скоростей резки, мм/мин	Способы контурного управления					Резка со скосом кромок	
				по листу			по гибкому рельсовому пути	по жесткому рельсовому пути	односторонним	двусторонним
				ручной по разметке	по циркулю	по направляющим				
ПК-1	1	65	250—1600	+	+	+	+	+	+	—
ПК-2	1—2	100	200—1600	+	+	+	+	+	+	—
ПК-3	1—3	300	50—800	—	—	—	—	+	+	+
ППЛ-1	1	100	50—4000	+	+	+	+	+	+	—
легкая										
ППЛ-1										
тяжелая	1	300	50—10000	—	—	—	—	+	+	—

Примечание. Знак «+» показывает наличие указанного эксплуатационного свойства в машинах данного типа, знак «—» — их отсутствие. Точность контура, воспроизводимого переносными машинами, не устанавливается.

ются. На таких машинах может быть установлено от 1 до 3 резаков. Скорость резки на них равна от 130 до 1200 мм/мин в зависимости от толщины металла. Направляют движение тележки по намеченной линии реза рукой, по линейке или циркулю. На рис. 80 и 81 показаны переносные машины различных типов.

Машина «Радуга» (рис. 80) Одесского завода «Автогенмаш» весит 16 кг, предназначена для резки стали толщиной от 5 до 300 мм одним или двумя резаками. Может перемещаться по прямому или изогнутому угольнику, по окружности с помощью циркуля радиусом от 150 до 1500 мм и более, а также по разметке с направлением от руки. Скорость резки может изменяться от 80 до 1500 мм/мин. Потребляемая мощность 26 Вт. На корпусе машины имеется штанга 8 с суппортом 5, в котором укреплены резаки 6 и 7. В корпусе расположен редуктор с системой зубчатых колес, соединенный с элект-

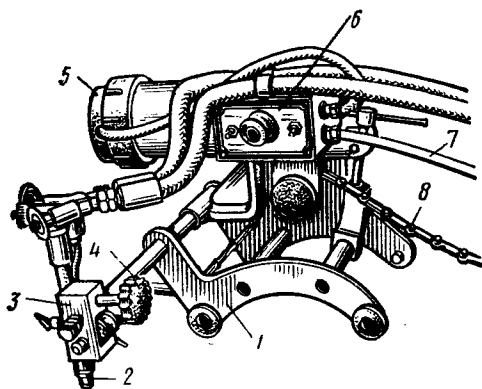


Рис. 81. Переносная машина «Спутник» для резки труб:

1 — тележка, 2 — резак, 3 — суппорт резака, 4 — маховичок, 5 — электродвигатель, 6 — панель управления, 7 — электропровод, 8 — цепь для крепления машины к трубе

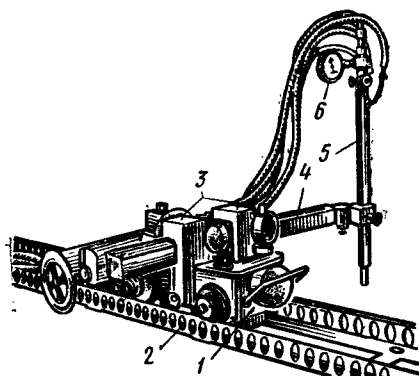


Рис. 82. Переносная установка ПМР-600 для резки стали больших толщин кислородом низкого давления:

1 — ходовая тележка, 2 — направляющие, 3 — контргрузы, 4 — штанга, 5 — резак ПМ-600, 6 — манометр режущего кислорода

родвигателем и передающий вращение его вала ведущему ролику 1. Скорость передвижения тележки регулируют изменением числа оборотов вала электродвигателя с помощью реостата 4, включенного в цепь обмотки якоря.

На рис. 81 показана переносная машина «Спутник» для резки труб конструкции завода «Автогенмаш». К трубе цепью 8 крепится тележка 1 с резаками 2, перемещающаяся по поверхности трубы с помощью механизма, приводимого в действие электродвигателем 5 мощностью 55 Вт. Скорость перемещения (скорость резки) регулируют реостатом, ручка которого выведена на щиток 6. Пределы изменения скорости 230—500 мм/мин, диаметр обрезаемой трубы 194—1100 мм, толщина стенки 4,5—5 мм, количество резаков, устанавливаемых на машине, 1 или 2. Угол скоса кромки до 35 град.

На рис. 82 показана переносная установка ПМР-600 для резки стали больших толщин — до 600 мм. Резак к ней для резки кислородом низкого давления показан на рис. 83. Давление кислорода 0,7—1,7 кгс/см², ацетилена не менее 0,1 кгс/см², потребляемая мощность

100 *вт*, скорость резки 12—450 *мм/мин*, вылет резака 100—800 *мм*, ширина реза — 6—20 *мм*, вес машины 71 *кг*. Смесительная камера и головка резака имеют водяное охлаждение.

Подобной же конструкции машины выпускаются в комплекте установки ПМР-1000 для резки стали толщины от 300 до 1000 *мм*; эти

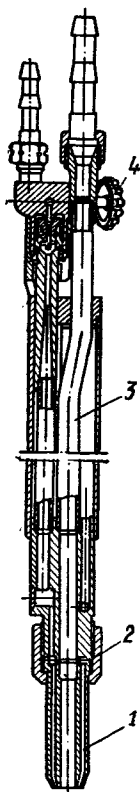


Рис. 83. Резак МР-600:

1 — мундштук, 2 — гайка, 3 — трубка режущего кислорода, 4 — вентиль режущего кислорода

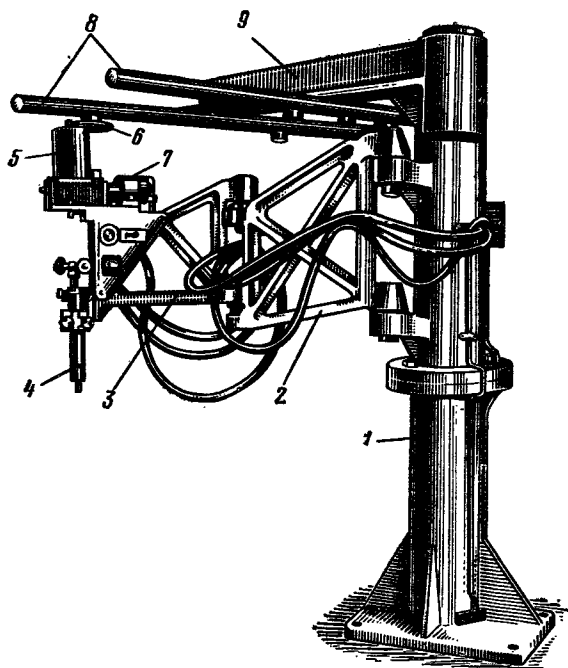


Рис 84. Шарнирная машина АСШ-2 для точной кислородной резки:

1 — колонна, 2 и 3 — шарнирные рамы, 4 — резак, 5 — магнитная катушка, 6 — стальной шаблон, 7 — электродвигатель, 8 — штанги, 9 — хобот

машины могут использоваться также для кислородно-флюсовой резки высоколегированных сталей — болванок, негабаритного металлолома и пр.

Помимо описанных, применяются еще специальные переносные машины для вырезки фланцев, вырезки отверстий на вертикальной плоскости и др.

Стационарные машины для кислородной резки применяют при различных работах в заготовительных отделениях металлообрабатывающих и сварочных цехов; массовой заготовке деталей под сварку, вырезке однотипных заготовок, сложном раскрое листов и пр.

На рис. 84 показана шарнирная машина АСШ-2 для вырезки деталей по шаблону методом копирования контура магнитным пальцем. На колонне 1 укреплены шарнирные рамы 2 и 3, вращающиеся на шарикоподшипниках. В верхней части рамы 3 установлены электродвигатель 7 и ведущая головка с магнитной катушкой 5. Внутри

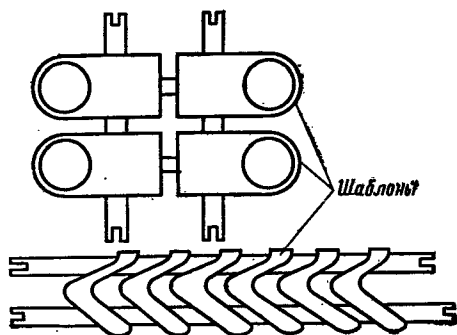


Рис. 85. Наборные комбинированные шаблоны для резки на машине АСШ-2

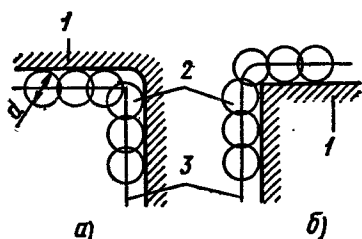


Рис. 86. Резка острого угла

а — по внутреннему контуру копира, б — по наружному контуру копира; 1 — стальной копир, 2 — магнитный палец диаметром d , 3 — линия реза

катушки от электродвигателя может вращаться стальной палец с рифленным концом. При прохождении тока по обмотке катушки палец намагничивается, притягивается к кромке стального шаблона 6 и катится по ней, описывая фигуру шаблона.

Шаблоны крепятся к штангам 8, находящимся на хоботе 9 машины. Внизу рамы 3 укреплен резак 4, воспроизводящий на поверхности разрезаемого листа фигуру, по размерам и очертаниям соответствующую шаблону 6. Струя кислорода вырезает эту фигуру из листа, уложенного горизонтально на столе перед машиной. Машина АСШ-2 предназначена для вырезки деталей любой формы размером 750—1500 мм при толщине листа до 100 мм. Точность резки очень высокая, достигает $\pm 0,3$ мм от заданного размера.

На шарнирной машине можно одновременно вырезать несколько однотипных деталей небольшого размера, если вместо одного резака установить на консоли машины приспособление типа пантографа* с горизонтальной штангой, на которой закрепляются верти-

* Разработано и испытано на Уралмашзаводе.

кальные резак. Оси всех резаков должны быть параллельны между собой и оси магнитного пальца. Подобные машины марки АСП-66 оснащены тремя резаками и служат для одновременной точной вырезки трех одинаковых деталей. Габариты обрабатываемой площади листа для машины АСП-66 равны 450×1000 мм. В данной машине, как и в машине АСП-2, также используется система магнитного копирования.

С целью экономии времени и уменьшения отходов металла при вырезке мелких однотипных деталей машинами АСП-2 применяют наборные комбинированные шаблоны (рис. 85), исключающие необходимость передвижения шаблона или листа при вырезке новой детали.

Шаблон изготавливают из стали Ст. 2, Ст. 3 толщиной 5—8 мм при диаметре магнитного пальца 10—12 мм. Размеры шаблона определяют с учетом поправки на диаметр пальца и ширину реза. Применяют шаблоны с внешним и внутренним контурами обкатки. Острые углы можно получить при резке с копированием по внутреннему контуру (рис. 86, а). При этом необходимо, чтобы радиус копира был примерно на 1 мм больше радиуса магнитного пальца во избежание заклинивания последнего. При копировании по наружному контуру образуются закругления углов детали, радиусы которых зависят от диаметра магнитного пальца (рис. 86, б).

На рис. 87, а и б даны схемы и расчетные формулы для определения размеров стального шаблона. Для удобства начала резания и плавного перехода магнитного пальца на контур шаблона используют вспомогательный шаблон, устройство которого показано на

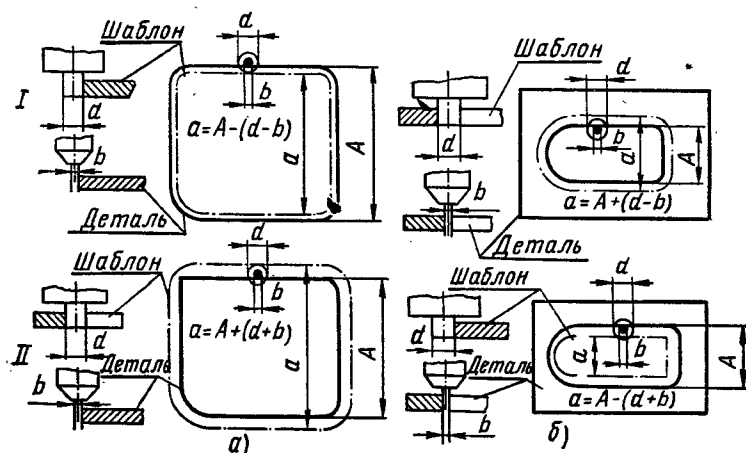


Рис. 87. Схема и расчетные формулы для определения размеров стального шаблона:

a — для вырезки внешнего контура детали; I — по внешнему контуру шаблона, II — по внутреннему контуру шаблона; b — для вырезки внутреннего контура детали; I — по внутреннему контуру шаблона, II — по внешнему контуру шаблона

рис. 88. Вспомогательный шаблон 1 присоединен на стопорном винте 2 к основному шаблону 3. Начало реза находится в точке А. Когда магнитный палец 4 пройдет переходную камеру и будет находиться в точке Б, вспомогательный шаблон 1 снимают, продолжая резку по основному шаблону 3.

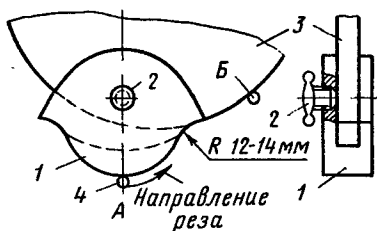


Рис. 88. Схема использования вспомогательного шаблона для вырезки внешнего контура детали.

1 — вспомогательный шаблон, 2 — стопорный винт, 3 — основной шаблон, 4 — магнитный палец

Машина СГУ-1-60 прямоугольно-координатного типа МРК показана на рис. 89. На ней можно вырезать детали из листов размером 2000×6000 мм, толщиной от 5 до 300 мм, со скоростью 50 — 1500 мм/мин, одним или двумя резаками при скосе кромок под углом 15—45°. Максимальная толщина листа 120 мм, максимальный диаметр вырезаемой окружности 2000 мм, потребляемая мощность

0,5 квт. При прямолинейном раскрое листов можно одновременно резать четырьмя резаками. Машина весит 1670 кг. Управление ма-

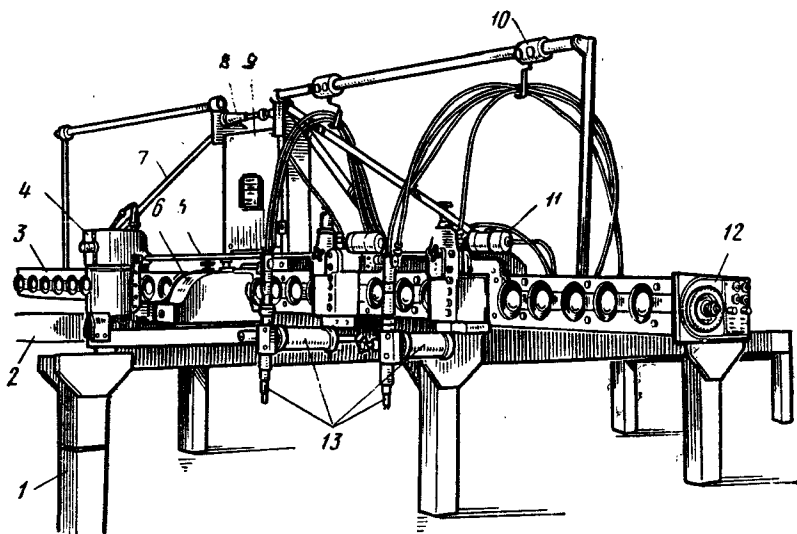


Рис. 89. Машина СГУ-1-60:

1 — опоры, 2 — рельсовые пути, 3 — направляющая поперечного хода, 4 — ведущий механизм с магнитной головкой, 5 — штатга, связывающая ведущий механизм с каретками резаков, 6 — передняя направляющая каретка продольного хода, 7 — ферма, 8 — верхняя винтовая стяжка, 9 — рейный блок, 10 — каретка для поддержки шлангов и кабелей, 11 — двигатель подъема резаков, 12 — пульт управления, 13 — суппорты с резаками

шиной производится с главного пульта, расположенного на конце консоли, или с дополнительных пультов, имеющих на суппортах машин. При резке фигурных деталей машина направляется или по стальному шаблону (копиру) с помощью головки с магнитным пальцем, или по разметке от руки с помощью механической ведущей головки.

Схема механизма машины, а также схемы механической и магнитной головок машины СГУ приведены на рис. 90. Машина типа

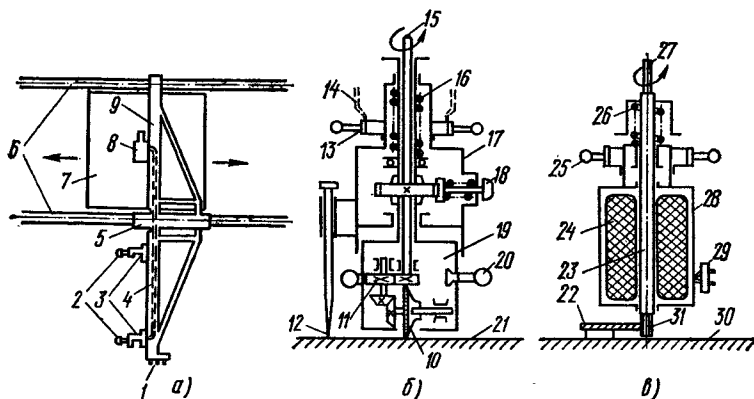


Рис. 90. Схема механизма и ведущих устройств машины типа СГУ:

а — схема механизма, *б* — схема механической ведущей головки для ручного копирования по разметке или чертежу, *в* — схема магнитной копировальной головки; 1 — пульт управления, 2 — резаки, 3 — суппорты, 4 — штанга, связывающая ведущий механизм с каретками суппортов, 5 — каретка продольного хода с направляющей поперечного хода, 6 — рельсовые пути, 7 — подвижный стол для шаблонов, 8 — ведущий механизм (головка), 9 — направляющая поперечного хода, 10 — ведущий ролик, 11 — зубчатая передача, 12 — указательная игла, 13 — устройство для крепления подвижной части головки с ведущим роликом, 14 — хвостовик вала головки для присоединения к редуктору, 15 — пружина для опускания головки к каретке поперечного хода, 16 — фиксатор угла поворота ролика, 17 — поворотная часть головки, 18 — маховичок для ручного поворота головки, 19 — стол для чертежа, 20 — стальной шаблон, 21 — стальной вал-сердечник, 22 — намагничивающая обмотка катушки, 23 — устройство для крепления головки к каретке поперечного хода, 24 — пружина подъема магнитного ролика, 25 — хвостовик вала для крепления к редуктору, 26 — пружина корпуса головки, 27 — подвиг тока к обмотке, 28 — стол для шаблонов, 29 — копировальный магнитный ведущий палец

СГУ может оснащаться головкой для фотокопирования и резаками для плазменной резки.

На базе машины СГУ-1-60 ВНИИавтогенмашем создана машина СГФ-2, снабженная масштабным фотокопировальным устройством и имеющая отдельные фрикционные приводы для продольного хода портала и поперечного перемещения суппортов с резаками, изображенная на рис. 91. При оснащении ранее выпущенной машины СГУ-1-60 такой фотокопировальной приставкой вместо ведущей магнитной головки ставится второй суппорт с резаком, а вместо стола для укладки шаблонов — дополнительный раскройный (рабочий) стол.

Благодаря этому на машине СГФ-2 можно одновременно обрезать два листа. Резаки имеют дистанционное искровое зажигание. На машине СГФ-2 можно обрабатывать листы длиной до 6000 мм и шириной при одном листе — до 2000 мм, при двух — до 1650 мм; толщина разрезаемых листов от 5 до 120 мм. Число одновременно работающих резаков — 4 шт. Масштаб копирования 1 : 10. Скорость резки от 100 до 1000 мм/мин, скорость маршевого перемещения

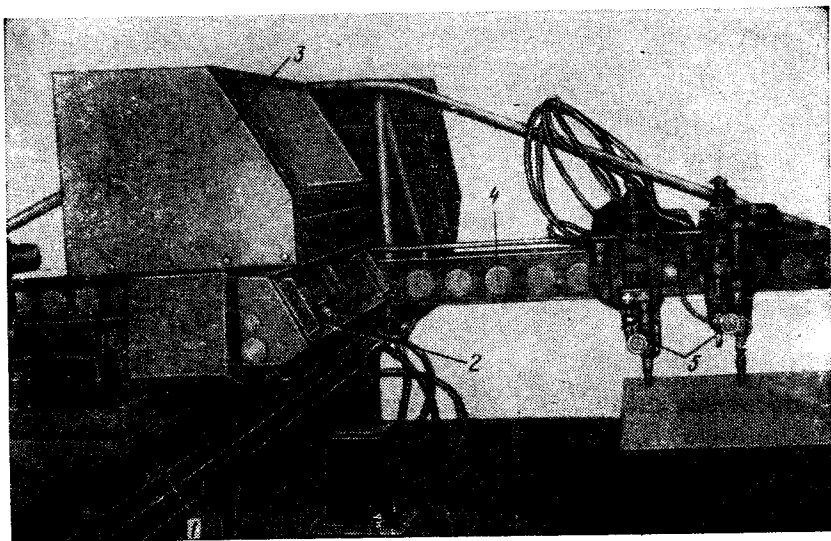


Рис. 91. Машина СГФ-2 с масштабным (1 : 10) фотокопировальным устройством:

1 — станина, 2 — пульт управления, 3 — масштабное фотокопировальное устройство, 4 — направляющие поперечного хода, 5 — резаки

каретки 1500 мм/мин. Класс точности исполнения размеров — 2-й по ГОСТ 5614—67.

Одесским заводом «Автогенмаш» изготавливается раскройная порталная машина «Волга» конструкции ВНИИАвтогенмаш, предназначенная для одновременной обработки двух листов или предварительно сваренных широких полотнищ. Машина может работать одновременно 3—18 резаками, производя раскрой листов и скос кромок под сварку. Длина обрабатываемых листов до 10 000 мм, ширина при обработке двух листов — до 2200 мм, одного — до 3500 мм; толщина листов от 8 до 100 мм. Управление машиной осуществляется с основного пульта и с вспомогательных, расположенных на каждой из кареток. Всего машина имеет 6 кареток, каждая из которых оснащена 3-резовым блоком. С пультов управления производится включение продольно-поперечного хода машины в обоих направлениях, остановка машины с одновременным выключе-

нием подачи режущего кислорода, включение подачи подогревающего и режущего кислорода и горючего газа, включение и выключение перемещения суппортов вверх и вниз.

Для раскроя листов Одесским заводом «Автогенмаш» выпускается также портальная машина «Черномор» типа МРЛ для прямоли-

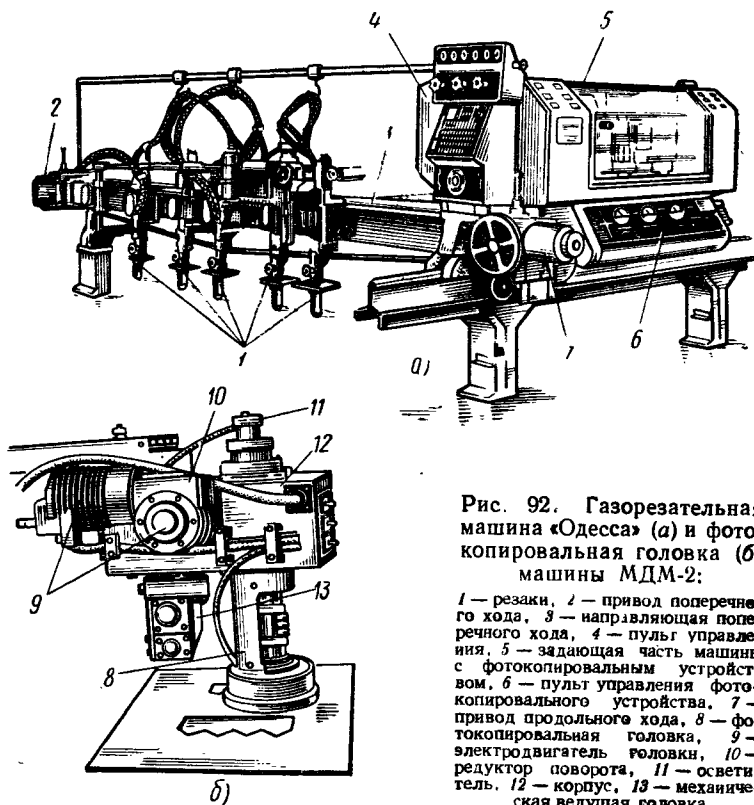


Рис. 92. Газорезательная машина «Одесса» (а) и фотокопировальная головка (б) машины МДМ-2:

1 — резаки, 2 — привод поперечного хода, 3 — направляющая поперечного хода, 4 — пульт управления, 5 — задающая часть машины с фотокопировальным устройством, 6 — пульт управления фотокопировального устройства, 7 — привод продольного хода, 8 — фотокопировальная головка, 9 — электродвигатель головки, 10 — редуктор поворота, 11 — осветитель, 12 — корпус, 13 — механическая ведущая головка

нейной резки листов толщиной до 300 мм (при скосе кромок до 100 мм), шириной до 3150 мм, с возможностью одновременного скоса их кромок. Скорость резки от 10 до 2250 мм/мин, в зависимости от толщины листов. Максимальное число одновременно работающих резаков — 6

Газорезательная машина «Одесса» (конструкции завода «Автогенмаш») имеет масштабно-дистанционное управление и снабжена магнитной головкой для копирования по стальному шаблону и фотокопировальной головкой для перемещения машины по копир-чертежу с помощью фотоэлектрического устройства (рис. 92). Копир-чертеж выполняется черной тушью на гладкой белой бумаге, в масштабе

1 : 2; 1 : 5 или 1 : 10, в зависимости от габаритов детали*. Чертеж должен быть выполнен тщательно и с большой точностью, что особенно важно для деталей, подлежащих большому увеличению. Для некоторых фотокопируемых устройств копир-чертеж изготавливают заливкой тушью всей площади фигуры детали.

Масштаб копирования определяется соотношением диаметров зубчатых и ведущих колес на копирующей и исполнительной частях машины, которые соответственно меняют при изменении масштаба копирования.

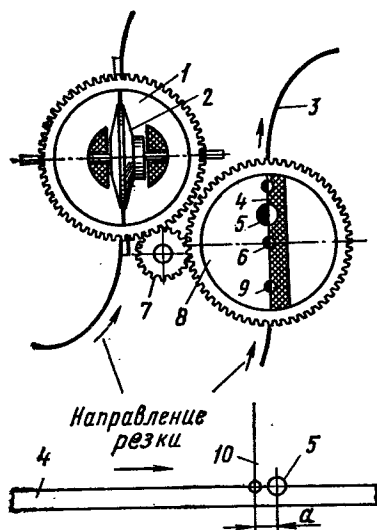


Рис. 93. Принципиальная схема фотокопирования:

1 — ведущая головка, 2 — ведущее колесо, 3 — направление резки, 4 — черная линия чертежа-копира, 5 — световое пятно, 6 — ось вращения, 7 — промежуточное колесо, 8 — фотокопирующая головка, 9 — вспомогательное световое пятно, 10 — оптическая ось; а — опережение светового пятна

Фотокопируемая головка перемещается над чертежом; она снабжена следящим устройством с фотоэлементом, вследствие чего движется точно по линии чертежа, контур которого повторяет резак, вырезая деталь заданной формы.

Машина «Одесса» может обрабатывать листы размером 3000×9000 мм, толщиной 5—300 мм (при скосе кромок до 120 мм), со скоростью резки 50—1500 мм/мин; потребляемая мощность 4 кВт, число одновременно работающих резakov до 6, вес машины 2000 кг. Задающая часть машины с копирующим устройством расположена на общей станине с рабочей частью и защищена от пыли предохранительным колпаком.

Принцип фотокопирования состоит в следующем. На контур чертежа-копира проектируется яркое световое пятно (диаметром около

2 мм) от специальной лампочки фотокопирующей головки так, чтобы одна половина пятна располагалась на черном фоне линии или силуэта, а вторая — на белом (рис. 93). Отраженное количество света попадает в фотоэлемент и возбуждает электроимпульс, напряжение которого усиливается с помощью электронного усилителя.

Если в процессе копирования световое пятно смещается с кромки чертежа или силуэта, то изменяется количество отраженного света, а следовательно, изменится величина напряжения фотоэлектрического импульса. Изменение напряжения мгновенно передается через электронный блок электродвигателю привода головки, кото-

* В системах типа МДФКС масштабно-дистанционного фотокопирования применяется масштаб 1 : 100.

рый вращает ее таким образом, чтобы световое пятно снова расположилось на кромке линии копира. Точность копирования составляет $\pm 0,1-0,2$ мм.

Если ведущую головку подвести под углом к копируемой линии, то в тот момент, когда световое пятно займет среднее положение на кромке линии, пятно будет автоматически продолжать двигаться по ней в любом заданном направлении. Это обеспечивается специальным вспомогательным устройством, позволяющим производить автоматическое врезание в контур, в любом месте и в любом направлении. При резке тонких листов, выполняемой с достаточно большой скоростью, световое пятно может проскочить за контурную линию. Для предупреждения этого в ведущей головке предусматривается угловой тормоз, который резко снижает скорость копирования в поворотных пунктах и включается автоматически только при определенной минимальной скорости головки.

Для того чтобы обеспечить надежное управление при внезапном изменении направления движения светового пятна (например, при копировании острых углов), его располагают так, чтобы оно несколько опережало оптическую ось; это обеспечивает своевременную реакцию головки на изменение контура копируемой фигуры.

При изготовлении чертежей-копиров учитывают также и ширину реза, которую берут по таблицам резки для машины данной марки. Как видно из рис. 94, ширина реза должна прибавляться к чистовым размерам детали или вычитаться из них в зависимости от того, какая резка производится: наружная или внутренняя.

Применение масштабного фотокопирующего устройства упрощает и удешевляет изготовление шаблонов для резки, что важно при индивидуальном или мелкосерийном производстве и вырезке крупных деталей.

Существуют также конструкции машин, работающих по методу фотокопирования со специального стеклянного (безусадочного) негатива размером 6×15 см, на котором сфотографирован чертеж контура вырезаемой детали в масштабе $1 : 100$. Такие машины применяются в судостроении.

Полная автоматизация машинной кислородной резки достигается применением резательных машин с *программным управлением*.

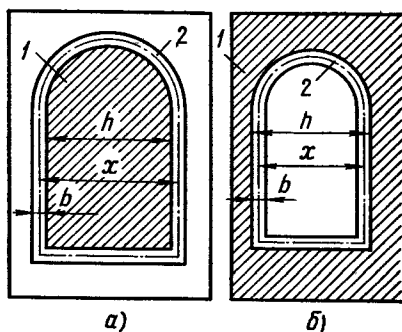


Рис. 94 Соотношение размеров чертежа-копира и детали:

а — при наружном резе по чертежу-копиру ($x = h + 2 \frac{b}{2}$); б — при внутреннем резе по чертежу-копиру ($x = h - 2 \frac{b}{2}$); 1 — деталь, 2 — наружная кромка линии чертежа, h — размер детали, x — размер чертежа по наружной кромке линии, b — ширина реза

При использовании таких машин контур детали вычерчивают на листе бумаги в прямоугольных координатах. Затем составляют программную таблицу резки с указанием координат точек контура реза, скорости резки, длительности начального подогрева и пр., данные которой записывают импульсным кодом на ферромагнитную ленту.

Запись ведут на четырех дорожках* ленты, две из которых служат для записи двух осей координат движения по контуру чертежа; на третьей дорожке записаны импульсы управления поворотом резаковых суппортов при вырезке деталей со скосом кромок, на четвертой — импульсы команд включения и выключения газов, остановки машины, перевод ее в исходное положение, зажигание пламени, подъем и опускание резаков.

Пульт управления имеет считывающую головку и передает импульсы с трех дорожек через специальный пульт на шаговые двигатели машины, перемещающие резаки в заданном направлении. Импульсы с четвертой дорожки служат для автономного программного управления при помощи промежуточных реле и реле времени, настроенных в соответствии с толщиной разрезаемого металла и скоростью резки. Запись различных сигналов на одной ленте ведется на разной частоте, от 300 до 3000 гц.

Программное управление имеет стационарная машина «Дружба» конструкции Одесского завода «Автогенмаш», состоящая из исполнительной газорезательной части, пульта управления, блока усилителей и энергопитания, блока технологических команд. На машине «Дружба» можно вырезать детали любой формы из листов шириной до 2,5 м и толщиной от 3 до 100 мм. Машины с программным управлением не требуют шаблонов, а точность и чистота реза на них выше, чем на других машинах. Применение машин с программным управлением экономически оправдано только в условиях крупносерийного и массового производств.

На рис. 95 показана автоматическая линия для вырезки деталей судостроительных конструкций газорезательной машиной «Алмаз» с программным управлением. Линия обеспечивает комплексную механизацию всех основных и вспомогательных операций с управлением от магнитной ленты. Координаты точек вырезаемого контура и данные о режимах резки записываются условным кодом в виде электрических импульсов на магнитную ленту.

Программа работы машины составляется заранее на специальной счетно-вычислительной станции. Этой программой предусмотрено автоматическое выполнение следующих операций: подача и укладка листов на раскройные столы; вывод резаков в исходное положение для начала резки; пуск газов подогревающего пламени и зажигание горючей смеси; подогрев до начала резки; плавный пуск режущего кислорода и вывод реза на линию контура; резка по контуру, в том числе со скосом кромок на криволинейных участках и оставлением

* На некоторых машинах число дорожек достигает 7—9.

перемычек в установленных местах; уменьшение скорости при резке участков большой кривизны; переход от контура к контуру на маршевой скорости; контроль и сигнализация о непрорезании металла; уборка шлаков, отходов металла, отсос газов и пыли в короб, движущийся синхронно с порталом машины; разборка вырезанных деталей и крупных отходов.

Машина «Алмаз» обеспечивает разметку, маркировку и кислородную резку деталей любой конфигурации из малоуглеродистой

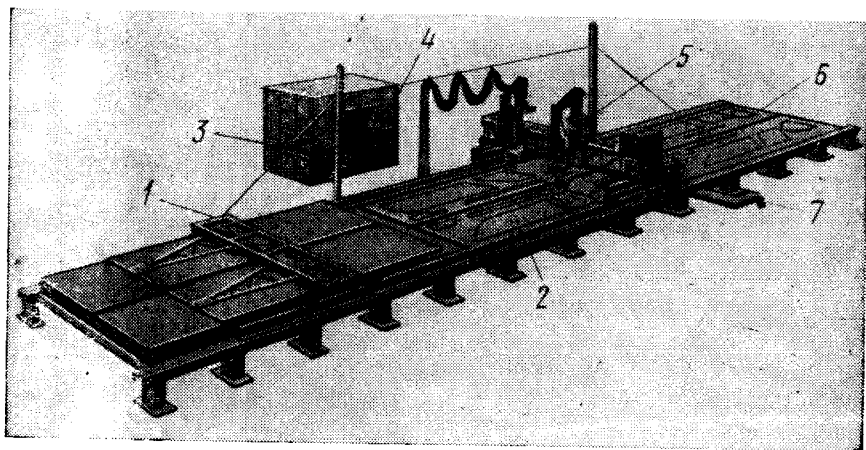


Рис. 95. Автоматическая линия для вырезки деталей газорезательной машиной «Алмаз» с программным управлением:

1 — автоматический питатель с тележкой для подачи листов, 2 — стол для укладки разрезаемых листов, 3 — шкаф автоматического управления перемещением резаков, 4 — шкаф технологических команд, 5 — машина «Алмаз», 6 — стол для разборки деталей, 7 — короб с вентиляционным устройством

стали толщиной от 4 до 100 мм. На машине установлены два трехрезаковых поворотных суппорта для одновременной обработки двух листов длиной до 10 м и шириной до 2 м (с получением идентичных или зеркальных контуров) или одного листа соответственно большей ширины. На машине «Алмаз» можно производить также кислородно-флюсовую резку листовой нержавеющей стали или плазменно-дуговую резку листов из алюминиевых сплавов.

Суточная производительность линии при резке листовой стали толщиной 20—40 мм составляет 20—30 т листового проката.

§ 6. Техника кислородной резки

Ручная разделительная резка. Разрезаемый лист укладывают на подкладки, выверяют по горизонтали и, если необходимо, закрепляют. Затем лист по линии реза очищают от

окалины, ржавчины, грязи, наличие которых уменьшает точность и ухудшает качество реза. Лист размечают, нанося на нем мелом или чертилками контуры вырезаемых деталей. Разметку листов выполняют так, чтобы металл использовался полностью, с наименьшим количеством отходов.

Подбирают номера наружного и внутреннего мундштуков в зависимости от толщины металла, в соответствии с паспортом резака. Зажигают смесь и проверяют, устойчиво ли пламя резака (рис. 96, а).

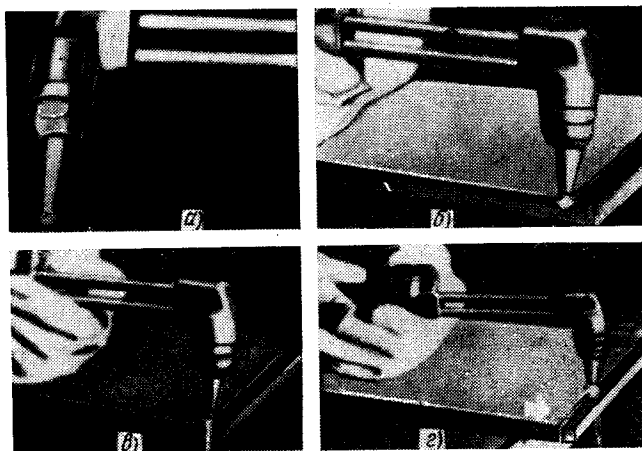


Рис. 96. Резка ручным резаком:

а — проверка пламени, б — нагрев металла в начале реза, в — пуск режущей струи кислорода, г — перемещение резака по линии реза

Резку обычно начинают с кромки листа. Если резку нужно начать с середины листа (например, при вырезке фланцев), то прожигают кислородом отверстие, от кромки которого и начинают резку. Нагревают металл в месте начала резки (рис. 96, б), затем пускают режущую струю кислорода (рис. 96, в) и вслед за этим начинают перемещать резак по линии реза (рис. 96, г). Обычно при резке с кромки время начального подогрева кислородно-ацетиленовым пламенем металла толщиной 5—200 мм равно от 3 до 10 сек. При пробивке отверстия кислородом это время увеличивается в 3—4 раза.

Режимы резки. Основными показателями режима резки являются: давление режущего кислорода и скорость резки. Эти показатели определяются, в основном, толщиной разрезаемой стали. Абсолютная величина давления кислорода зависит от конструкции резака и мундштуков, величины сопротивлений в кислородоподводящих коммуникациях и арматуре.

На скорость резки, помимо толщины металла, влияет также: метод резки (ручной или машинный); форма линии реза (прямоли-

нейная или фасонная) и, наконец, вид резки (разделочная, заготовительная с припуском на механическую обработку, заготовительная под сварку, чистовая).

Поэтому допустимые скорости резки определяют опытным путем согласно требованиям к чистоте поверхности реза. Наименьшие скорости применяют при чистовой вырезке деталей с криволинейными контурами. Когда чистота реза не регламентируется (при резке с припусками на обработку или заготовительной резке), то скорость резки можно значительно повышать. Режимы ручной резки были приведены в табл. 22 и 24.

Скорость ручной резки можно также рассчитывать по формуле

$$v = \frac{40\,000}{50 + S} \text{ м.м./мин.},$$

где S — толщина разрезаемой стали, мм.

При малой скорости происходит оплавление кромок реза, при слишком большой — возникает значительное отставание кислородной струи, появление непрорезанных до конца участков и нарушение непрерывности резки.

Режимы машинной чистовой резки деталей с прямолинейными кромками без последующей

Таблица 26

Режимы машинной кислородной резки

Показатели	Толщина разрезаемого металла, мм									
	5	10	20	30	40	60	80	100	150	200
Номер мундштука . . .	1	1	2	3	3	4	4	4	5	6
Давление кислорода, кгс/см ²	3,5	4,5	4,5	4,5	5,5	6,0	7,5	10,5	10,5	10,5
Для работы одним резаком:										
скорость резки, мм/мин	590—640	480—520	390—420	350—380	330—360	300—330	260—280	240—260	210—230	200—210
расход, дм ³ /м:										
кислорода	65	95	160	250	335	560	820	1180	2250	3920
ацетилена	12	15	23	27	34	42	54	62	95	125
Для работы двумя резаками:										
скорость резки, мм/мин	400—500	320—340	260—330	230—290	200—260	190—240	170—220	160—200	—	—
расход дм ³ /м:										
кислорода	—	15	255	565	750	1260	1840	2700	—	—
ацетилена	—	35	50	60	70	90	125	140	—	—

механической обработки под сварку даны в табл. 26. Для фасонной резки скорость берется в пределах, указанных в табл. 26 для резки двумя резаками. При заготовительной резке скорости берутся на 10—20 % выше указанных в табл. 26.

Приведенные в табл. 26 данные относятся к кислороду чистотой 99,5%. При меньшей чистоте кислорода эти величины следует умножить на поправочные коэффициенты (табл. 27).

Таблица 27

**Поправочные коэффициенты для машинной кислородной резки
в зависимости от чистоты кислорода**

Наименование коэффициента	Коэффициенты при чистоте кислорода, %			
	99,2	99,0	98,8	98,5
Скорости	0,94	0,90	0,88	0,84
Расхода кислорода	1,10	1,15	1,18	1,3
Расхода ацетилен	1,05	1,12	1,15	1,2

При ручной резке целесообразно пользоваться простейшими приспособлениями: опорной тележкой для резака, циркулем, направляющими линейками (рис. 97, а, б, в). Этим облегчается равномерность передвижения резака, что способствует получению более ровной и чистой кромки реза.

Пакетная резка. При массовой вырезке однотипных деталей из листов небольшой толщины можно применять «пакетную» резку, при которой несколько листов складывают вместе (рис. 97, г) и плотно сжимают струбцинами. Это увеличивает производительность резки. Толщина отдельных листов в пакете не должна превышать 12 мм; лучшие результаты получают при пакетной резке листов толщиной 2—5 мм. Вместо струбцин листы в пакете можно скреплять путем наложения на их кромки вертикальных валиков дуговой сваркой металлическим электродом. Для защиты кромок верхней детали от оплавления при резке сверху на пакет укладывают тонкий лист из бракованной стали или отходов.

Пакет начинают резать с нижней кромки. Затем резак поднимают по торцу пакета и, когда резак дойдет до верхней кромки, начинают вести его по линии реза, следя за тем, чтобы прорезался весь пакет. При пакетной резке ширина реза и расход кислорода получаются больше, а скорость резки меньше, чем при резке одного листа той же толщины, что и толщина пакета. Резка в пакете лучше идет с применением резаков низкого давления. При резке кислородом низкого давления, порядка $1,5 \text{ кгс/см}^2$, толщина отдельных листов в пакете может быть увеличена до 20 мм, а общая толщина пакета — до 80—120 мм. При этом производительность резки возрастает в 1,2—5 раза. По окончании резки поверхность металла очищают стальной щеткой от окалины и остатков шлака. Наплывы, образу-

ющиеся на нижней кромке металла, срубают зубилом. Применяют также машинную пакетную одно- и многорезаковую резку заготовок (рис. 98).

Резка стали большой толщины с применением кислорода низкого давления. Поверхность

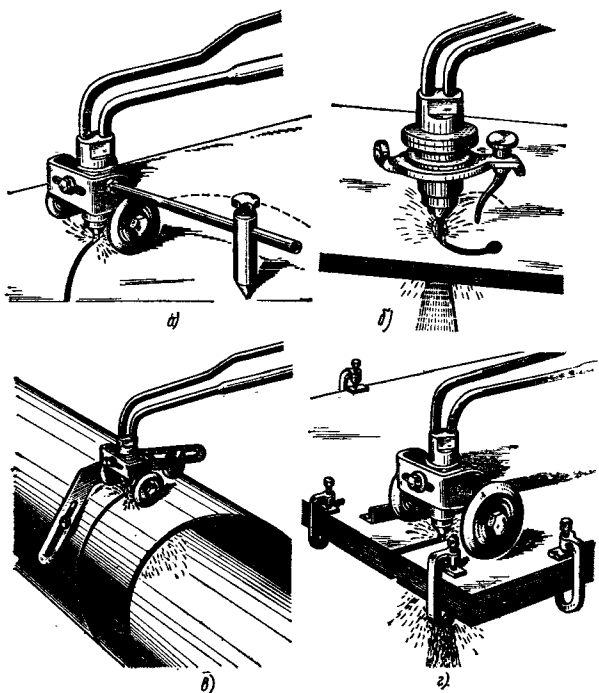


Рис. 97 Приспособления к резаку:

а — для вырезки фланцев, б — для вырезки отверстий, в — для резки труб, г — для пакетной резки

слитка очищают вдоль линии реза от песка, пригаров и окалины. Слиток укладывают так, чтобы высота свободного пространства под местом реза составляла 300—500 мм. Это обеспечивает свободное стекание шлака и не создает противодействие кислородной струе. Количество опор должно предотвращать провисание и падение отрезанной части. Характер подогревающего пламени существенно влияет на протекание процесса. При резке больших толщин пламя должно иметь заметный избыток ацетилена, так как в этом случае его длина увеличивается и выделение тепла по длине факела становится более равномерным, что способствует прорезанию металла по всей толщине. Хорошие результаты при резке больших толщин дает применение водорода, так как водородно-кислородное пла-

мя имеет большую длину, чем ацетилено-кислородное. Для плавного (без рывков) перемещения резака при резке болванок с неровной опорной поверхностью целесообразно вдоль линии реза уложить две полосы толщиной 5—8 мм и по ним перемещать тележку резака. Для защиты резчика от тепла и брызг шлака рабочее место ограждают асбестовыми или стальными щитами.

Торец металла в плоскости реза нужно хорошо подогреть пламенем резака особенно в нижней части, для чего в начале резки выдвигают мундштук примерно на $\frac{1}{3}$ диаметра пламени вперед по от-

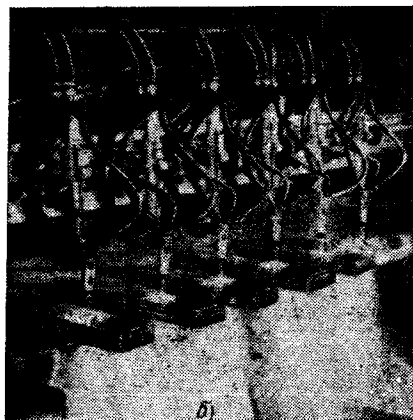


Рис. 98: Машинная пакетная однорезаковая (а) и многорезаковая (б) резка пакета из 24 листов толщиной по 1,5 мм одновременно шестью резаками

ношению к верхней кромке реза. При пуске режущей струи кислорода мундштук несколько отклоняют в направлении резки, что способствует «врезанию» струи кислорода в металл и предупреждает образование «порога», ниже которого горение стали прекращается. Одновременно с пуском режущего кислорода начинают перемещать резак по линии реза. В начале резки скорость перемещения резака должна составлять не более 50—70 % скорости резки для металла данной толщины. Для пуска режущей струи кислорода вентиль открывают медленно, по мере врезания в металл. Положение мундштука в начале и конце процесса резки стали большой толщины показано на рис. 99, а, б.

При резке концентрация кислорода в режущей струе уменьшается по мере удаления ее от верхней кромки реза вследствие разбавления кислорода аргоном, азотом и продуктами сгорания. Это особенно заметно при резке стали толщиной свыше 300 мм. Поэтому при резке больших толщин металла очень важно увеличить ту часть длины струи, в которой концентрация кислорода остается еще достаточно высокой, обеспечивающей процесс сгорания металла.

Этому способствует оболочка из подогревающего пламени, факел которого окружает режущую струю и как бы сжимает ее. Чем длиннее этот факел, тем длиннее участок струи с высокой концентрацией кислорода и тем большую толщину металла может резать такая струя. Удлинение факела достигается повышением часового расхода горючего газа. Для каждой толщины существует оптимальное соотношение между расходом режущего кислорода и горючего (ацетилена), которое и принимается в расчетах резаков. Например, при расходе кислорода $80 \text{ м}^3/\text{ч}$ наибольшая длина режущей способности струи достигается при расходе ацетилена $8 \text{ м}^3/\text{ч}$. В нижней части режущая струя сильно расширяется, чистота кислорода понижается, скорость струи резко падает и реакция сгорания железа прекращается. В этом месте щель разреза расширяется, заканчиваясь внизу полостью грушевидной формы.

Для резки стали больших толщин рекомендуется применять в качестве горючих пропан, водород и природный газ. Эти газы при сгорании образуют более длинный факел, чем у ацетилена, сжимающий и защищающий струю режущего кислорода от разбавления инертными газами на большой длине, чем обеспечивается большая глубина резки.

Поверхностная резка (строжка) производится при наклоне режущей струи кислорода к поверхности металла под углом от 15 до 40 град. Глубина канавки увеличивается при увеличении угла наклона мундштука, повышении давления кислорода и уменьшении скорости перемещения мундштука. Ширина канавки определяется диаметром режущей струи кислорода. Скорость поверхностной резки лежит в пределах $1-6 \text{ м/мин}$. При изменении чистоты кислорода на 1% скорость резки соответственно изменяется, примерно, на 15% . Одним резаком можно удалять металл в количестве до 5 кг/мин . При необходимости вырезки глубоких канавок резку ведут в два-три прохода.

Последовательность операции при поверхностной резке показана на рис. 100.

Режимы поверхностной резки приведены в табл. 28.

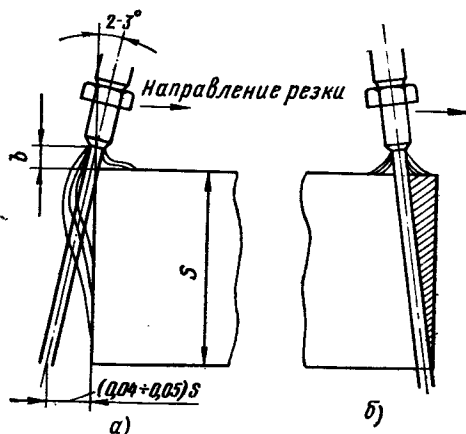


Рис. 99. Положение мундштука и режущей струи кислорода при резке стали больших толщин:

а — начало резки, б — конец резки, S — толщина металла, в — расстояние от торца мундштука до поверхности металла

Режимы поверхностной резки

Показателя	Номер мундштука		
	1	2	3
Давление кислорода, кгс/см^2	3—6	3—8	3,5—10
Скорость резки, м/мин	1,5—8	1,5—10	
Расход кислорода, $\text{м}^3/\text{ч}$	18—40	20—56	30—75
Расход горючего:			
ацетилена, $\text{м}^3/\text{ч}$			0,9—1,0
коковского газа			4—5
Размеры канавки, мм :			
ширина	15—30	18—35	30—50
глубина	2—12	2—16	2—20

При коксовом газе, по данным Э. Х. Шамовского, скорость истечения горючей смеси берут 300 м/сек , состав смеси

$$\beta = \frac{\text{кислород}}{\text{коковый газ}} = \frac{1}{0,95}.$$

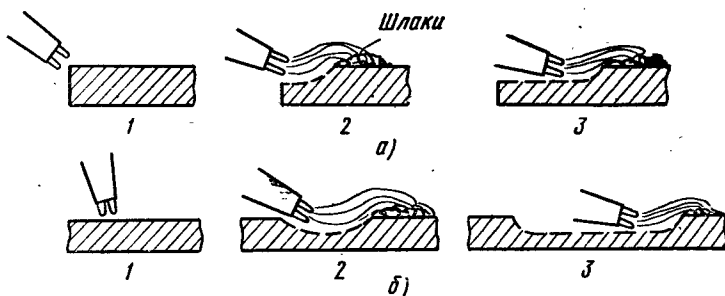


Рис. 100. Последовательность операций и изменение положения мундштука при поверхностной резке:

а — резка с кромки, б — резка с середины листа; 1 — подогрев, 2 — начало резки, 3 — вырезка канавки

В этом случае применяют многосопловые мундштуки с диаметром каждого сопла от 1,8 до 3 мм (в зависимости от расхода смеси при указанной выше скорости ее истечения).

Высококачественная кислородная резка. При обычной резке на поверхности реза остаются бороздки, придающие ей шероховатость. Эти бороздки играют роль концентраторов напряжений, влияющих на величину усталостной прочности металла и снижающих ее. Поэтому причине, например, при кислородной резке заготовок для сварных элементов мостов из низкоуглеродистой стали 15 ХСНД приходится применять последующую зачистку кромок механическими способами обработки. Для получения

высококачественной поверхности реза с чистотой не ниже 5-го класса по ГОСТ 2789—59 ВНИИАвтогенмашем разработан способ резки, получивший условное название — «смыв»-процесс*. В основу этого процесса положено сочетание отдельных элементов обычной

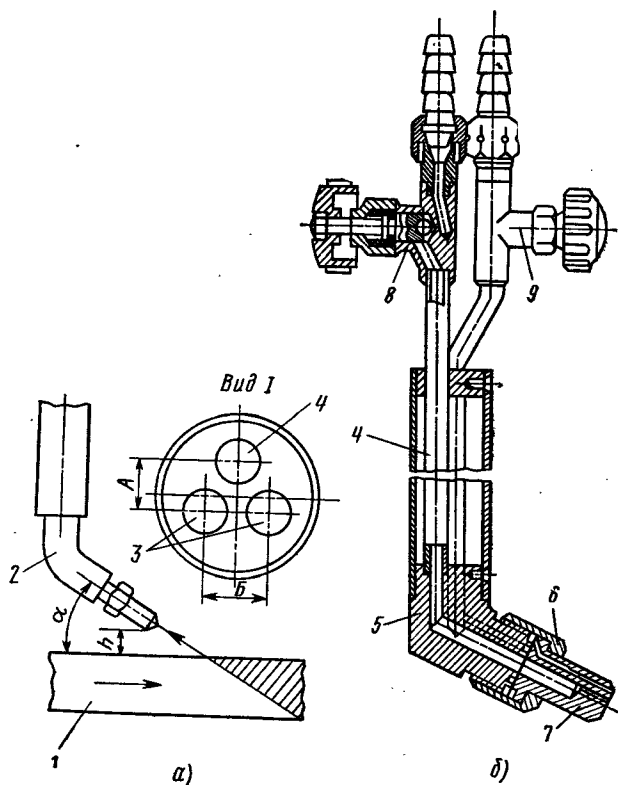


Рис. 101. Высококачественная кислородная резка («смыв»-процесс):

a — положение резака при резке, *б* — конструкция резака; 1 — разрезаемый металл, 2 — резак, 3 — каналы для зачищающих (смывающих) струй кислорода, 4 — канал для основной (режущей) струи кислорода, 5 — головка резака, 6 — накидная гайка, 7 — мундштук, 8 — вентиль кислорода, 9 — вентиль горючего газа

разделительной и поверхностной резки и резки горячего металла. Для «смыв»-процесса применяется резак с мундштуком особой конструкции (рис. 101). Наилучшее качество поверхности реза получается при использовании трех струй режущего кислорода: — одной — режущей основной и двух — вспомогательных, зачищающих и смы-

* А. Н. Шашков, Г. А. Асиновская, О. Ш. Спектор, В. Ю. Шишкин и В. А. Шишловский, Высококачественная кислородная резка, труды ВНИИАвтогенмаша, вып. XVII, «Машиностроение», 1970.

вающих образующиеся бороздки и перемещающихся по еще не остывшему металлу. Оптимальное расстояние между осями каналов основной и дополнительных струй (рис. 101, а) $A = 4,1$ мм, а расстояние между осями каналов дополнительных струй $B = 4,3$ мм. Угол наклона струи режущего кислорода $\alpha = 25^\circ$, при этом шероховатость не превышает 9 мкм, что соответствует 6-му классу чистоты поверхности по ГОСТ 2789—59. При этом получается наиболее вертикальная кромка (неперпендикулярность 0,4—1,3 мм). С увеличением угла α шероховатость возрастает. Расстояние между мундштуком и поверхностью металла (h) не оказывает существенного влияния на качество поверхности кромки, однако наиболее устойчивое врезание с наименьшей длиной размытого участка в начале резки сокращается в 3—4 раза при использовании технологических планок, прихватываемых сваркой в начале реза. Резак (рис. 101, б) работает по принципу внутрисоплового смешения горючего газа с подогревающим кислородом. Режущий кислород по трубке 4 проходит в головку и центральный канал мундштука. Подогревающий кислород и горючий газ по отдельным трубкам подводятся к головке резака, в которой они проходят по отдельным кольцевым каналам и, выходя из них, попадают в соответствующие отверстия мундштука, расположенные под углом друг к другу и соединяющиеся в выходных каналах. Горючая смесь образуется только в выходных каналах мундштука, что практически исключает возможность обратных ударов пламени. Режимы резки стали на машине «Черномор» обычным способом и «смыв»-процессом для стали 15ХСНД приведены в табл. 29.

Таблица 29

Режимы резки стали 15ХСНД обычным способом и «смыв»-процессом

Показатель	Обычная кислородная резка			«Смыв»-процесс		
Толщина листа, мм	14	20	32	14	20	32
Ширина реза, мм	4	4	4	9	10	10
Скорость резки, мм/мин	280	385	270	795	550	400
Давление режущего кислорода, кгс/см ²	2	2,5	3	9	11	11
Количество резаков, шт.	3	2	3	3	3	2
Расход кислорода, м ³ /пог. м	0,25	0,28	0,3	0,45	0,55	0,87

При «смыв»-процессе усталостная прочность металла кромки снижается всего на 3—5% по сравнению с прочностью прокатной кромки, что позволяет устранить механическую обработку. Высокие механические свойства достигаются в результате устранения бороздок от резки и обеспечения более однородной структуры металла кромки. Скорость резки в 1,5—2,5 раза выше, чем при обычной кислородной резке. Резак снабжается плавающим опорным устройством, позволя-

ющим производить прямолинейную резку на любой серийной газорезательной машине, обеспечивающей необходимую скорость перемещения резака. В качестве горючего могут применяться растворенный ацетилен и пропан-бутан. Применяемый кислород может иметь концентрацию 98,5—99,5%. Оптимальная мощность подогревающего пламени (при ацетилене), обеспечивающая незначительную продолжительность периода начального подогрева, для стали толщиной 20 мм составляет 1,0—1,3 м³/ч, расход подогревающего кислорода 1,2—1,6 м³/ч. Качество поверхности реза несколько улучшается при увеличении расхода режущего кислорода. Подобный же метод может быть использован для скоростной резки стали, если не предъявляются повышенные требования к чистоте поверхности реза. Угол наклона режущих струй к поверхности листа равен 30—60°. При резке стали марки Ст. 3 скорости резки составляют:

Толщина стали, мм	5	10	15	20	25	30
Скорость резки, мм/мин:						
заготовительная	2000	1500	1200	1000	850	750
чистовая односторонняя и двусторонняя	1500	1150	900	750	650	550

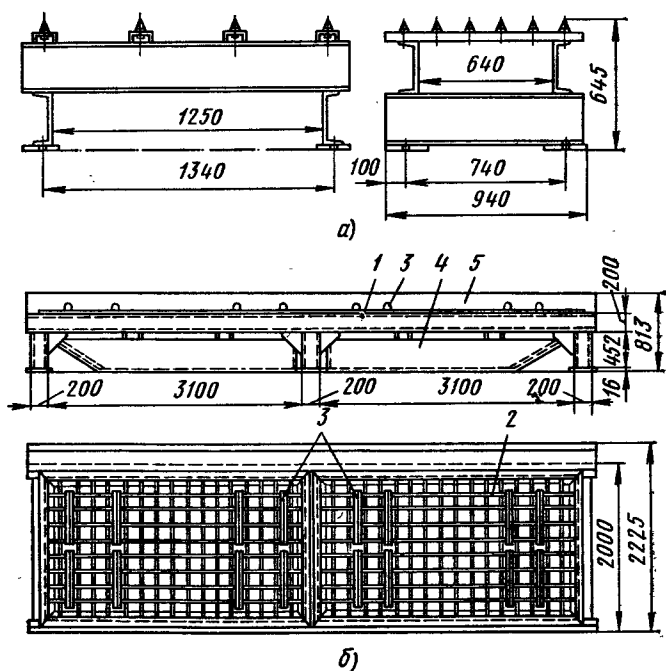


Рис. 102. Столы для укладки листов при резке на резательных машинах:

а — неподвижный, б — конструкции В. Ф. Цупко; 1 — рама, 2 — съемные решетки, 3 — чугунные призмы, 4 — поддон-контейнер, 5 — отбойный лист

Машинная разделительная резка. Для укладки листов при машинной резке применяют передвижные или стационарные столы из швеллеров, на которых установлены конические штыри, являющиеся опорами для разрезаемого листа (рис. 102, а). Для механизации уборки шлака на Ждановском заводе металлоконструкций применяют стеллаж, показанный на рис. 102, б. Стеллаж состоит из рамы 1, двух съемных решеток 2, чугунных призм 3, двух поддонов-контейнеров 4 и отбойного листа 5. Разрезаемый лист укладывается на призмы. Выдуваемый при резке шлак падает в поддон-контейнер. При этом поток горячих газов не направлен в сторону рабочего места, что улучшает условия труда резчика.

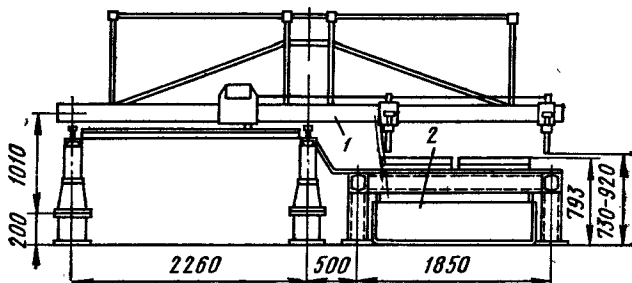


Рис. 103. Установка стола к машине СГУ-1-60:

1 — резательная машина, 2 — поддон-контейнер для шлака

Для очистки поддонов-контейнеров со стеллажа снимаются краем решетки с лежащими на них призмами; затем краном вынимаются контейнеры и шлак высыпается в сборники для отходов производства. Установка стола с поддоном-контейнером по отношению к машине показана на рис. 103.

Перед резкой лист необходимо подвергнуть правке, если нужно вырезать детали с точными размерами. Детали, вырезанные из направленного листа, могут при последующей правке изменять свои размеры. Лист так же, как и плоскость копира, должен быть расположен строго горизонтально.

Пространство под листом должно иметь высоту не менее $0,5 S + 100$ мм (где S — толщина листа, мм), так как иначе вытекающая струя и шлаки, отражаясь от поверхности пола или поддона, могут испортить поверхность реза.

Пробивку отверстия для начала резки следует делать ручным резакон во избежание забивки брызгами жидкого металла или шлака каналов мундштука машинного резака.

Точность и качество реза. Точность характеризуется отклонениями линии реза от заданной, а также отклонением плоскости реза от заданного угла (по отношению к поверхности листа). Качество резки характеризуется чистотой (гладкостью) поверх-

ности реза, степенью оплавления верхней кромки реза, наличием и степенью сцепления шлака (грата) с нижней кромкой, равномерностью ширины реза по всей толщине металла и отсутствием на поверхности реза местных выплавлений (выхватов).

Отклонение линии реза от заданной вызывается смещением оси резака или деформацией листа при резке. Наибольшее отклонение получается при ручной резке.

Отклонение плоскости реза от заданной происходит при изменении угла наклона резака к поверхности листа, а также вследствие расширения режущей струи кислорода (рис. 104).

Гладкость поверхности реза определяется количеством и глубиной бороздок, оставляемых режущей струей кислорода. Бороздки обычно имеют криволинейное очертание, обусловленное отставанием режущей струи кислорода. Отставание режущей струи обычно вызвано запазданием окисления железа в нижних слоях металла вследствие: большей загрязненности режущей струи в нижних слоях инертными примесями — аргоном, азотом и продуктами сгорания; невозможности непосредственного подогрева пламенем металла нижней кромки; снижения скорости и расширения режущей струи кислорода. Величина отставания возрастает при увеличении толщины металла и скорости резки или при понижении чистоты применяемого кислорода.

Если отставание настолько велико, что приводит к несоответствию очертаний детали на верхней и нижней кромках реза, то уменьшают скорость резки. Применение ступенчато-цилиндрических и расширяющих сопел, обеспечивающих цилиндрическую форму струи на большей длине, а также резка кислородом низкого давления, когда не происходит сильного расширения струи, существенно уменьшает отставание. При прямолинейной резке с нормальной скоростью соплами ступенчато-цилиндрической формы отставание составляет:

Толщина стали, мм	5—25	25—60	50—100	100—200
Отставание, мм	1—2	5—8	8—12	12—15

Глубина бороздок зависит от давления кислорода, скорости перемещения резака и вида горючего. При резке на природном газе поверхность реза получается без оплавлений, более ровная, чем при резке на ацетилене.

Причинами неровной поверхности реза могут быть также коле-

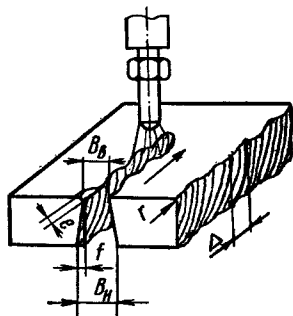


Рис. 104. Параметры реза:

B_v — ширина реза сверху,
 B_n — ширина реза снизу, f —
 неперпендикулярность реза,
 e — глубина бороздок, Δ — от-
 ставание, r — радиус оплавления
 верхней кромки

бания резака при резке или неравномерная скорость его передвижения.

Оплавление верхних кромок зависит от мощности подогревающего пламени и скорости резки. Чем больше мощность пламени и ниже скорость, тем значительнее оплавление. Особенно большое значение для чистоты поверхности реза имеет концентрация кислорода. Для получения особенно гладкой поверхности реза рекомендуется применять кислород не ниже 99%.

Основными показателями качества поверхности реза являются профиль и чистота, зависящие от толщины разрезаемой стали и скорости резки. Профиль реза оценивается по степени его перпендикулярности к поверхности листа. Величина отставания и глубина бороздок зависят от перпендикулярности профиля и увеличиваются при отклонении его от вертикальной плоскости. Основным показателем чистоты поверхности реза служит глубина бороздок (шероховатость). Радиус скругления верхней кромки может считаться только вспомогательным признаком качества реза.

ГОСТ 14792—69 предусматривает три класса качества поверхности реза:

1-й класс (высший), достигаемый при наиболее благоприятных условиях резки;

2-й класс (повышенный) — соответствующий устойчивым производственным результатам на серийном оборудовании;

3-й класс (обычный) — отвечающий устойчивым производственным показателям, достигаемым на серийном оборудовании при наиболее экономичных режимах.

За основные показатели приняты: неперпендикулярность (мм) и глубина бороздок (шероховатость) (мкм). Эти показатели даны в табл. 30.

Таблица 30

Показатели качества реза

Толщина разрезаемой стали, мм	Показатели качества					
	неперпендикулярность, мм			глубина бороздок (шероховатость), мкм		
	1-й класс	2-й класс	3-й класс	1-й класс	2-й класс	3-й класс
От 5 до 15	0,2	1,0	1,2	40	80	160
» 15 » 30	0,3	1,2	1,6	80	160	320
» 30 » 50	0,4	1,6	2,0	160	320	640

Приведенные показатели относятся к механизированной кислородной резке низкоуглеродистой стали без скоса кромок и концентрации кислорода 99,5—99,8%.

Опыт показывает, что в производственных условиях может быть достигнута шероховатость в 30—100 мкм, что соответствует по ГОСТ

2789—59 классу чистоты поверхности обработки $\nabla 4$ — $\nabla 2$. На серийных машинах глубина бороздок обычно составляет 160—320 мкм.

Для точности резки ГОСТ 14792—69 установлены следующие предельные отклонения (мм) от номинальных размеров:

Класс точности		Размеры детали, мм			
		до 630	630—2000	2000—2500	2500—4000
1		$\pm 0,9$	$\pm 1,0$	$\pm 1,1$	$\pm 1,1$
2		$\pm 1,4$	$\pm 1,5$	$\pm 1,8$	$\pm 2,0$
3	для кислородной ..	$\pm 2,0$	$\pm 2,3$	$\pm 2,5$	$\pm 2,5$
	для плазменной ..	$\pm 3,5$	$\pm 4,0$	$\pm 4,5$	$\pm 4,5$

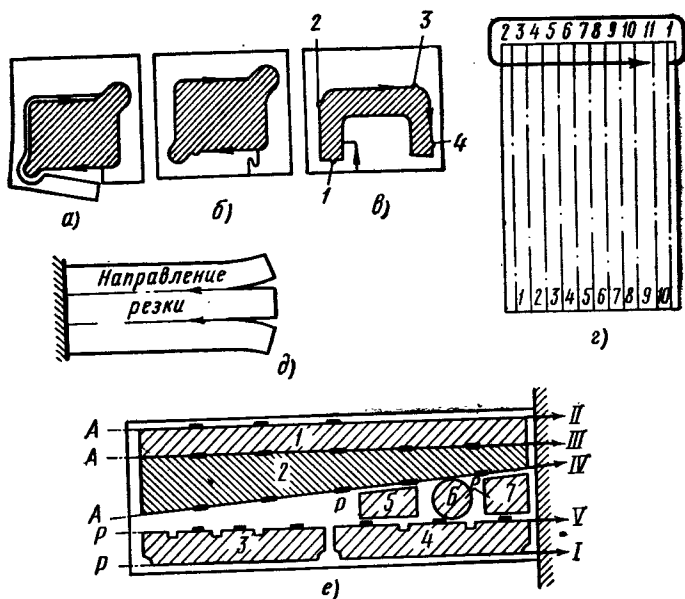


Рис. 105. Деформации и способы их уменьшения при вырезке деталей замкнутого контура:

а — деформация отрезанной части листа, б — начало резания по зигзагообразной линии, в — закрепление детали клиньями после прохождения резака, г — последовательность резки листа на полосы одним резаком, д — машинная резка листа на полосы двумя резаками, е — раскрой листа с наименьшими деформациями

Деформация металла при резке. Вследствие неравномерного нагрева металла при резке происходит деформация листа, а иногда и детали. Деформация может вызывать искажение формы детали и отклонение ее размеров от заданных. На рис. 105, а показана деформация отрезанной части листа при вырезке заготовки. Площадь заготовки заштрихована. Для уменьшения отклонения вначале режут не по прямой, а по зигзагообразной линии (рис. 105, б). При вырезке детали в замкнутом контуре после прохождения резака ее закрепляют клиньями в точках 1, 2, 3 и 4 (рис. 105, в).

Для уменьшения деформаций необходимо:
жестко закреплять вырезаемые детали в приспособлениях с помощью упоров, шпилек, струбцин, эксцентриковых или пневматических зажимов, клиньев и пр.;

оставлять перемычки (непрорезанные участки) между соседними частями листа, из которых вырезаются детали;

резать крупногабаритные детали одновременно несколькими машинами;

резать мелкие детали не из целого листа, а из предварительно нарезанных прямоугольных заготовок (карт);

резать отдельные участки контура детали в такой последовательности, при которой деформации действовали бы в противоположных направлениях и по возможности взаимно уничтожались.

В качестве примера на рис. 105, *г* показана последовательность (обозначена цифрами) резки листа на полосы одним резаком, при котором взаимные тепловые деформации уравниваются и деформация металла уменьшается. На рис. 105, *д* показана машинная резка листа на полосы одновременно двумя резаками, при которой средняя полоса получает наименьшие деформации. На рис. 105, *е* показан раскрой листа для получения различных деталей с наименьшими деформациями; для уменьшения деформаций резка ведется с оставлением перемычек, показанных на схеме черными точками. Перемычки разрезают по окончании резки всего листа. Римскими цифрами показана последовательность резки, арабскими — детали, буквами — линии реза.

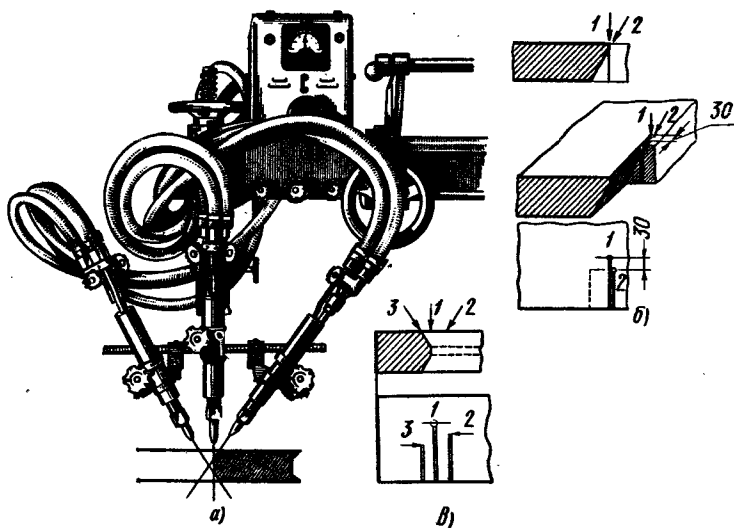


Рис. 106. Скос кромок несколькими резаками одновременно:
а — установка резаков в суппорте для получения скоса кромок листа; резаки
б — двумя (1, 2) резаками, *в* — тремя (1, 2, 3) резаками

При скосе кромок под сварку машинную резку можно производить одновременно двумя резаками (при V-образном) или тремя (при X-образном) резаками, как это показано на рис. 106.

Резка без грата. При резке тонколистовой стали малой и средней толщины с относительно высокими скоростями на нижних кромках реза приваривается некоторое количество грата, состоящего из разрезаемого металла и его окислов, удаление которого занимает от 20 до 70 % времени, затрачиваемого непосредственно на рез-

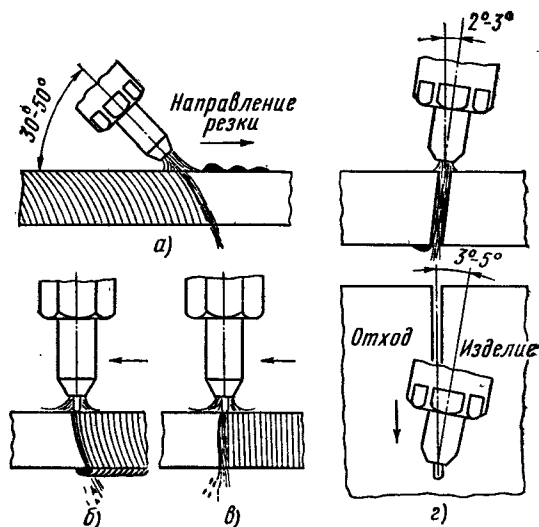


Рис. 107. Способы резки без грата:

а — с наклоном головки, б — затекание грата при большой скорости резки, в — с относительно небольшой скоростью, г — с наклоном головки в сторону изделия

ку. Это снижает экономичность резки и затрудняет ее механизацию. Условия образования грата и способы уменьшения графообразования при резке низкоуглеродистой листовой стали толщиной 3—100 мм исследованы С. Г. Гузовым и Г. А. Кравецким. По данным исследований получение резов без грата возможно при следующих условиях:

1. Максимально полном окислении металла и переходе его в шлак благодаря применению кислорода высокой чистоты, резки с минимальной скоростью для данной толщины металла и минимальной мощностью подогревающего пламени, увеличению расхода режущего кислорода;

2. Выборе такого направления струи режущего кислорода, при котором шлак не затекает назад на кромки уже выполненного реза. Это может быть достигнуто применением резака с угловой головкой или наклоном головки так, чтобы угол наклона режущей струи кислорода составлял $30-50^\circ$ (рис. 107, а). Другим способом являет-

ся резка с относительно малыми скоростями, при которых отставание линий реза близко к нулевому, что наиболее характерно для толщин более 12 мм (рис. 107, в). На рис. 107, б показано затекание грата при слишком большой скорости резки;

3. Применении резки наклонным к вертикальной плоскости резаком в сторону изделия под углом $2-3^\circ$. В этом случае скорость резки может быть повышена, так как грат остается на нижней кромке металла, идущего в отход (рис. 107, г);

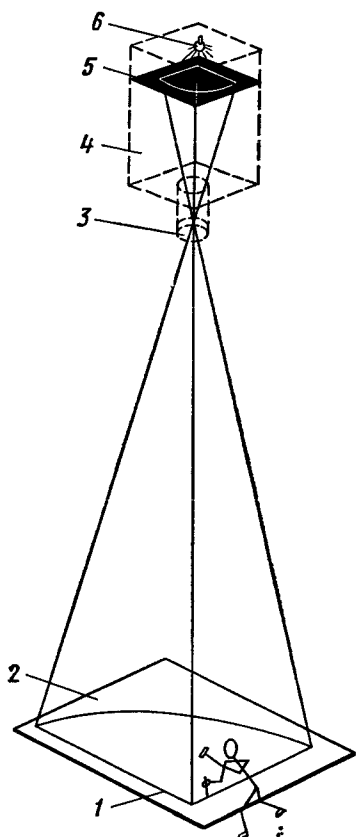


Рис. 108. Схема оптической разметки:

1 — контур детали, 2 — лист металла, 3 — объектив, 4 — проектор, 5 — негатив, 6 — источник света

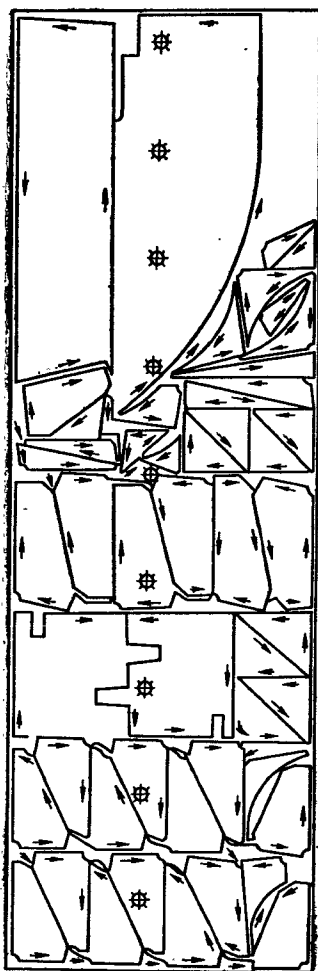


Рис. 109. Пример рационального раскроя листа (стрелками показано направление резов)

4. Увеличении давления струи режущего кислорода, что способствует более полному выдуванию шлака из разреза при резке стали толщиной свыше 12 мм. Это достигается повышением давления режущего кислорода;

5. Использовании вместо ацетилена других горючих: керосина, водорода, природного газа и др.;

6. Наличии на нижней поверхности разрезаемого листа изолирующего слоя, препятствующего привариванию грата (ржавчины или обмазки из жидкого стекла слоем 1,5—1,7 мм).

Разметка металла для резки производится с помощью измерительных инструментов и шаблонов. Точность и способы разметки зависят от вида резки (разделочная, заготовительная под сборку и сварку). При разметке листового материала на судостроительных заводах, в машиностроении при изготовлении резервуаров, турбин, мостовых ферм, а также заготовке деталей для строительных конструкций находит применение оптическая разметка с помощью специальных приспособлений, с использованием фотонегативов, на которых сняты очертания деталей в масштабе 1 : 100; 1 : 20; 1 : 10; 1 : 5 и 1 : 2,5. Изображение с негатива проецируется на лист металла и обкернивается (рис. 108). Оптический способ облегчает разметку, повышает производительность труда и точность при разметке, дает экономию металла.

При разметке необходимо стремиться максимально использовать обрабатываемый лист металла и снизить отходы за счет наиболее рационального размещения на нем вырезаемых деталей. Один из примеров рационального раскроя листа при вырезке деталей корпуса судна приведен на рис. 109. Здесь одинаковые по форме и размерам детали расположены так, что вырезаются за один проход резака. В данном примере при резке двух листов общая длина резов сокращается на 45 м, экономия времени резки составляет 47 мин, экономия кислорода 2 м³, ацетилена 0,6 м³, листового металла 2 м². Уменьшаются деформации и повышается точность резки.

Разметка металла под резку является важной подготовительной операцией и требует тщательного продумывания и разработки всего процесса резки, соответствующих расчетов и проектирования шаблонов. Поэтому на крупных заводах разметке уделяется большое внимание и ею занимаются специальные лица в технологических отделах и бюро.

§ 1. Кислородно-флюсовая резка

При обычной кислородной резке высоколегированных хромистых и хромоникелевых нержавеющей сталей на поверхности реза образуется пленка тугоплавких окислов хрома, имеющих температуру плавления около 2000°C и препятствующих дальнейшему окислению металлов в месте реза. Поэтому кислородная резка этих сталей требует применения особых приемов и способов.

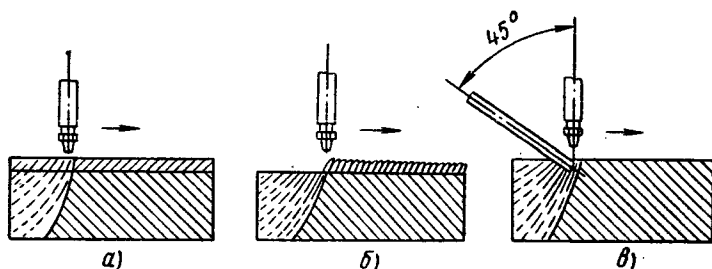


Рис. 110. Способы ручной кислородной резки высоколегированных нержавеющей сталей;

а — наложением полоски из малоуглеродистой стали вдоль линии реза, *б* — наплавка вдоль линии реза валика металлическим электродом из низкоуглеродистой стали, *в* — введение в разрез прутка из низкоуглеродистой стали

До разработки способа кислородно-флюсовой резки нержавеющей сталей пользовались приемами резки, схематически изображенными на рис. 110, основанными на создании вблизи поверхности реза участков металла с высокой температурой нагрева, способствующих расплавлению пленки окислов хрома. Это достигалось введением в разрез дополнительного тепла от сгорания присадки из малоуглеродистой стали. В качестве таковой использовалась стальная полоска, уложенная вдоль линии реза (рис. 110, *а*), или валик, наплавленный металлическим электродом (рис. 110, *б*). Выделяющееся при сгорании железа тепло, а также переходящее в шлак железо (полоски или наплавки) и его окислы способствуют разжижению и удалению окислов хрома. Этими способами можно было резать нержавеющую сталь небольшой толщины (10—20 мм), при этом качество реза и производительность низкие, резка протекает неустойчиво и часто прерывается.

Лучшие результаты получают при непрерывном введении в рез прутка из низкоуглеродистой стали диаметром 10—15 мм (рис. 110, *в*). При соответствующем навыке этим способом можно выполнять

отрезку прибылей отливок толщиной до 400 мм. Существенным недостатком этого способа является необходимость выполнения резки двумя рабочими: один должен быстро подавать пруток в зону резки, а второй — вести резку. При резке необходима повышенная мощность подогревающего пламени. Рез получается широким, скорость резки низкая (при толщине 40 мм — 100 мм/мин, при 80 мм — 70 мм/мин и при 200 мм — 20 мм/мин), а качество поверхности реза — плохое.

Лучшие результаты получают при электрокислородной резке нержавеющей сталей трубчатым стальным электродом, по которому проходит струя режущего кислорода. Этим способом можно резать непрерывно сталь толщиной до 10 мм. При резке стали толщиной 10—120 мм электроду придается зигзагообразное движение. Скорость резки при этом равна: при толщине 10 мм — 40 мм/мин, при 60 мм — 40 мм/мин, при 120 мм — 30 мм/мин. Высокая стоимость трубчатых электродов и значительное оплавление верхней кромки ограничивают применение этого способа.

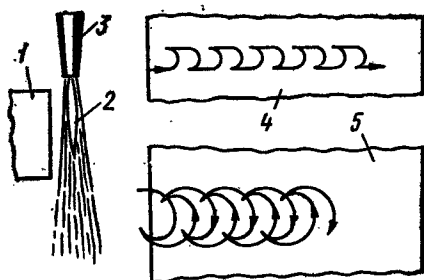


Рис. 111. Способ резки чугуна кислородом:

1 — чугун, 2 — ядро пламени, 3 — мундштук, 4, 5 — схемы движений мундштука при резке тонкого и толстого металла

Более совершенным способом резки высоколегированных нержавеющей сталей является кислородно-флюсовая резка. В качестве флюса применяют, как правило, железный порошок с зернами 0,1—0,2 мм. Сгорая в струе режущего кислорода, железный порошок выделяет дополнительное тепло, которое повышает температуру в месте реза. Вследствие этого тугоплавкие окислы остаются в жидком состоянии и, будучи разбавлены продуктами сгорания железа, дают жидкотекучие шлаки. Резка протекает с нормальной скоростью, а поверхность реза получается чистой.

Кислородная резка чугуна без флюса также затруднена, так как температура плавления чугуна ниже температуры горения железа. Содержащийся в чугуне кремний дает тугоплавкую пленку окиси, которая препятствует нормальному протеканию резки. При сгорании углерода чугуна образуется газообразная окись углерода, загрязняющая режущий кислород и препятствующая сгоранию железа.

Разрезать чугун можно без флюса (рис. 111), только применяя более мощное ацетилено-кислородное пламя с избытком ацетилена. Ядро пламени должно иметь длину, равную толщине разрезаемого чугуна. Резка производится с поперечными колебательными движениями мундштука, создающими более широкий рез. При этом способе расходуются больше металла, кислорода и ацетилена, чем при

резке стали, а разрез получается неровный, с оплавленными кромками. Поэтому для высококачественной резки чугуна также применяют кислородно-флюсовую резку.

Цветные металлы (медь, латунь, бронза) обладают высокой теплопроводностью и при их окислении кислородом выделяется количество тепла, недостаточное для дальнейшего развития процесса горения металла. При кислородной резке этих металлов также образуются тугоплавкие окислы, препятствующие резке. Поэтому кислородная резка бронзы и латуни возможна только с применением флюсов.

При резке чугуна в порошок добавляют феррофосфор или алюминиевый порошок и кварцевый песок. Скорость кислородно-флюсовой резки чугуна на 50—55% ниже скорости резки нержавеющей стали. При резке меди и бронзы во флюс добавляют феррофосфор, алюминий и кварцевый песок, а резку ведут с подогревом до 200—400° С. Составы флюсов даны в табл. 31.

Таблица 31

Состав и области применения флюсов для кислородно-флюсовой резки

Группа флюсов	Железный порошок ПЖСМ—ПЖСМ (ГОСТ 9849—61)	Состав флюса в весовых %						Область применения флюса
		Кварцевый песок	Алюминиевый по- рошок АПВ	Алюминиево-маг- ниевый порошок ПАМ-2 или ПАМ-3	Силико-кальций марки Каси-1 или Каси-2	Ферросилиций Си-45	Феррофосфор ФФ	
I	100	—	—	—	—	—	—	Разделительная ре- зка высоколегиро- ванных, хромистых и хромоникелевых сталей и сплавов
	—	100	—	—	—	—	—	
	80—90	—	20—10	—	—	—	—	
II	—	—	—	60—80	—	40—20	—	Разделительная ре- зка чугуна
	65	—	—	—	—	—	35—25	
	65—75	20—25	10—5	—	—	—	—	
III	70—80	—	30—20	—	—	—	—	Разделительная ре- зка меди, латуни, бронзы
	70—80	20—15	10—5	—	—	—	—	
	70—75	—	20—15	—	—	—	15—10	
IV	100	—	—	—	—	—	—	Поверхностная резка высокохромистой и хромоникелевой сталей
	—	—	—	25—30	75—70	—	—	

Схема установки УРХС-4 конструкции ВНИИавтогенмаша для кислородно-флюсовой резки показана на рис. 112. Установка работает по схеме внешней подачи флюса к резаку.

Ацетилен через водяной затвор 14 и кислород из баллона 15 через редуктор 16 поступает в резак 1 по шлангам. Часть кислорода через тройник 11 направляется в редуктор 12, откуда через вентиль 13 поступает в корпус флюсопитателя 10 и штуцер циклонной камеры 6, в которую по каналу 8 поступает порошкообразный флюс

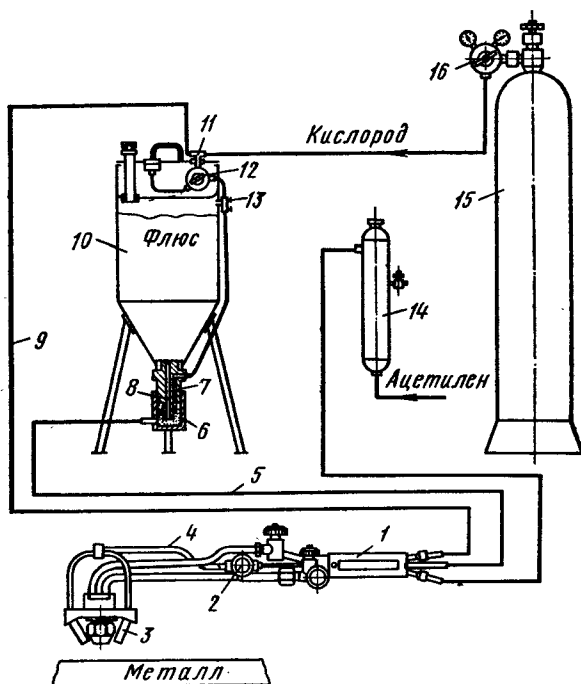


Рис. 112. Установка УРХС-4 для кислородно-флюсовой резки:

1 — резак, 2 и 13 — вентили, 3 — сопла, 4 — трубка, 6 — штуцер циклонной камеры, 7 и 8 — каналы, 5 и 9 — шланги, 10 — флюсопитатель, 11 — тройник, 12 и 16 — редукторы, 14 — водяной затвор, 15 — кислородный баллон

из флюсопитателя 10. Струя кислорода, пройдя канал 7, засасывает флюс и подает его по шлангу 5 в резак, где флюс через вентиль 2 и трубку 4 поступает в сопла 3 головки резака и затем засасывается в струю режущего кислорода*. Режущий кислород поступает в резак 1 по шлангу 9. Ниже приведена техническая характеристика установки УРХС-4.

Промышленностью выпускается установка УРХС-5 конструкции ВНИИавтогенмаша, отличающаяся некоторыми конструктивными

* При пользовании порошками ПЖ1М — ПЖ3М вместо кислорода в флюсопитатель подводится азот или сухой сжатый воздух.

особенностями флюсопитателя. Установка УРХС-5 комплектуется резаком РАФ-1-65 и флюсопитателем ФП-1-65.

Техническая характеристика установок УРХС-5

Скорость резки, мм/мин:	
прямойлинейной	230—760
фигурной	140—460
Давление кислорода, кгс/см ²	5—10
» ацетилена, мм вод. ст.	Не ниже 300
» флюсоподающего кислорода, кгс/см ²	0,35—0,45
Расход:	
кислорода, м ³ /ч	4—38
флюса, кг/ч	9—18
ацетилена, м ³ /ч	0,6—1,8
Емкость флюсопитателя, кг	20

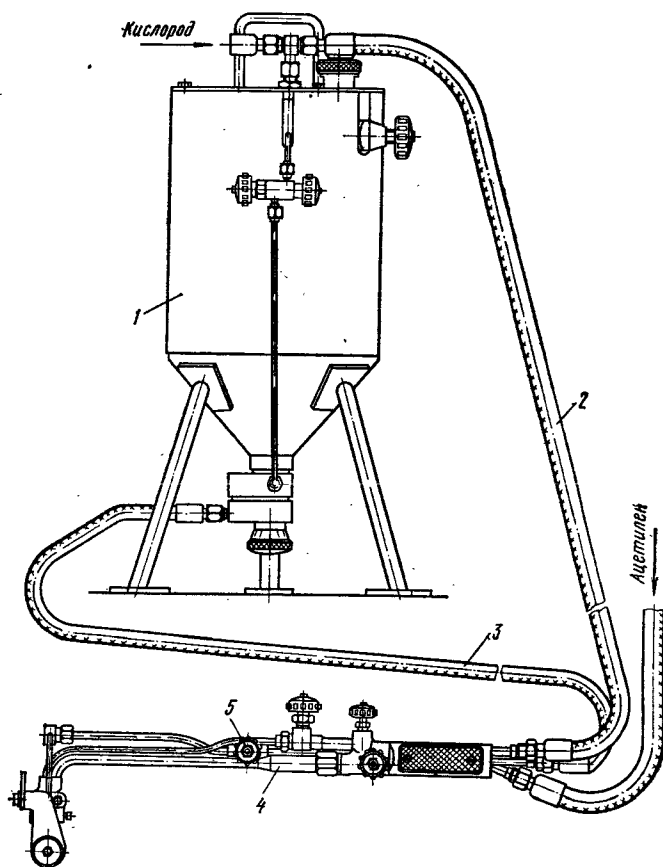


Рис. 113 Установка УРХС-5 для кислородно-флюсовой резки
1 — флюсопитатель, 2 и 3 — шланги, 4 — резак, 5 — вентиль регулировки подачи флюса

В установке УРХС-5 флюс из питателя 1 (рис. 113) подается в резак 4 струей кислорода по шлангу 3 диаметром 9 мм, а затем через флюсоподающие сопла головки засасывается режущей струей кислорода в полость реза. Подача флюса регулируется вентилем 5. Режущий и подогревающий кислород поступает в резак по шлангу 2. Установка УРХС-5 может использоваться при резке резаками, работающими на ацетилене и газах-заменителях, при ручной и машинной резке; в последнем случае флюсопитатель может подавать флюс одновременно на два резака. При кислородно-флюсовой машинной резке можно использовать серийные двух-или трехвентильные резаки, оборудованные дополнительной оснасткой для подвода флюса в зону резки. Флюсопитатель установки УРХС-5 позволяет регулировать подачу флюса. Регулировка производится вывертыванием или ввертыванием циклонной камеры.

Для резки нержавеющей стали толщиной от 200 до 500 мм применяется установка УРХС-6 конструкции ВНИИавтогенмаша, комплектуемая резаком РАФ-2-65 и флюсопитателем ФП-2-65. По конструкции основных узлов установка УРХС-6 аналогична установке УРХС-5. Флюсопитатель установки УРХС-6 вмещает 35 кг флюса. Кислород подается от рампы из 10 баллонов, ацетилен — от рампы из 3 баллонов.

В практике на заводах нашли также применение установки УФР-2 конструкции лаборатории сварки МВТУ им. Баумана, работающие по однопроводной системе подачи флюса, с инъекцией его режущим кислородом, а также установки конструкции металлургического завода «Красный Октябрь»..

Техника кислородно-флюсовой резки, в основном, такая же, как и обычной резки кислородом малоуглеродистой стали. Резку производят ручными или машинными резаками. Применяют как разделительную, так и поверхностную кислородно-флюсовую резку. В качестве горючего можно использовать также заменители ацетилена — пропан-бутан, коксовый и природный газы. Режимы кислородно-флюсовой резки нержавеющей стали приведены в табл. 32.

Таблица 32

Режимы разделительной резки высоколегированных хромистых и хромоникелевых сталей на установке УРХС-5

Толщина стали, мм	Скорость резки, мм/мин		Расход газов, м³/ч		Расход флюса, кг/ч	Давление кислорода по манометру в рабочей камере редуктора, кгс/см²	Давление кислорода, азота или воздуха по манометру на флюсопитателе, кгс/см²
	прямолинейная	фигурная	кислорода	ацетилена			
10	760	475	4—5	0,6—0,7		6—7	
20	560	350	6—7	0,7—0,8		6—7	
40	400	250	10—11	0,8—0,9	6—9	6—7	0,1—0,5
60	330	210	14—15	0,9—1,0	6—9	8—9	
100	270	170	21—24	1,0—1,1		6—7	0,1—0,5
200	230	140	35—38	1,7—1,8	12—18	9—10	

При кислородно-флюсовой резке мощность пламени должна быть в два раза больше, а режущее сопло — на один номер больше по сравнению с резкой без флюса. Это обусловлено затратой дополнительного тепла на плавление флюса и добавочной энергии режущей струи на удаление большего количества шлаков из места разреза.

При резке флюсопитатель устанавливают на расстоянии не более 10 м от места резки. Шланги, по которым подается кислородно-флюсовая смесь, укладывают без резких перегибов во избежание забивания их флюсом. Перед засыпкой флюса в бункер проверяют, есть ли подсос в инжекторе флюсопитателя, а при необходимости — регулируют подсос вентилем инжектора. После засыпки флюса в бункер продвигают флюсоносущий шланг. Затем проверяют устойчивость пламени резака при пуске режущей струи кислорода и наличие нормальной, равномерной подачи флюса в режущую струю.

Предварительно нагревают место начала реза до температуры белого каления, затем открывают на пол-оборота вентиль режущего кислорода и одновременно включают подачу газифлюсовой смеси.

Расстояние между торцом мунштука и поверхностью разрезаемого металла должно составлять 30—50 мм.

Когда расплавленный шлак дойдет до нижней кромки металла, начинают перемещать резак вдоль линии реза, одновременно полностью открывая вентиль режущего кислорода. Резак перемещают равномерно, без задержки, со скоростью, соответствующей толщине разрезаемого металла. При коротких резах резак ведут от себя для лучшего наблюдения за стеканием шлака. При резке следят за равномерным и достаточным поступлением флюса в резак, увеличивая или уменьшая его количество с помощью соответствующего вентиля.

В случае спекания флюса в резаке или шланге быстро перекрывают его подачу, выключают и охлаждают резак, прочищают каналы головки, инжектора и шлангов. При необходимости заменяют новыми соответствующую часть резака или шланг.

При прекращении работы сначала выключают подачу флюса, затем закрывают ацетиленовый, потом кислородный и, наконец, вентиль режущего кислорода на резаке.

При резке нержавеющей стали чугуна и цветных металлов рабочее место резчика должно иметь хорошую местную вентиляцию (отсосы) для удаления выделяющихся пыли, вредных паров и газов. Резку ведут в респираторе (маске).

Для отрезки прибылей отливок из нержавеющей стали толщиной до 1000 мм используют специальную установку ПМР-1000 для механизированной резки (рис. 114). Резак этой установки может устанавливаться как вертикально, так и горизонтально. Установка производит резку слитков и обрезку прибылей с плоскими поверхностями и круглых, в нижнем и горизонтальном положениях. В качестве горючего можно вместо ацетилена применять газы с теплотворной способностью не ниже 6000 ккал/м³ (пропан, природный

газ, нефтяной газ и др.). Момент отрезки шаровой прибыли установкой ПМР-1000 показан на рис. 115. Зависимость расхода газов и скорости резки от толщины разрезаемой стали даны на рис. 116, а; на рис. 116, б дана зависимость расхода флюса и флюсонесущего газа от толщины разрезаемой стали.

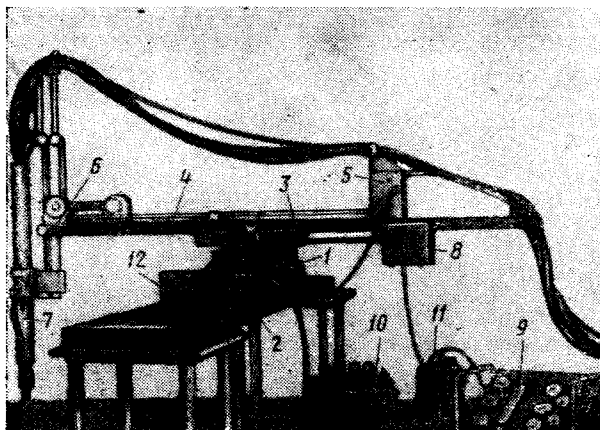


Рис. 114. Установка ПМР-1000:

1 — самоходная тележка, 2 — рельсовый путь, 3 — опорный узел, 4 — балка, 5 — привод подъема и поворота резака, 6 — суппорт, 7 — резак, 8 — противовесы, 9 — блок газопитания, 10 — блок электропитания, 11 — флюсопитатель, 12 — переносный электрический пульт управления

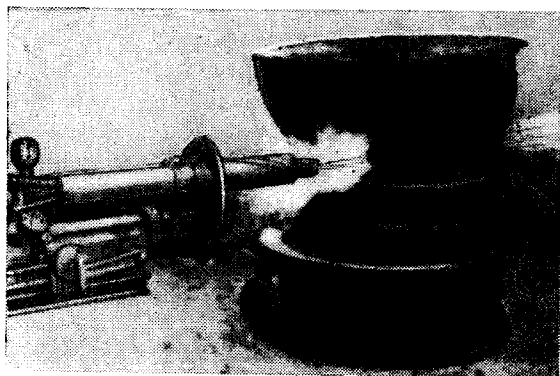


Рис. 115. Отрезка шаровой прибыли диаметром 1000 мм из стали 20Х13НЛ при помощи установки ПМР-1000

Кислородно-флюсовая резка нашла широкое распространение в нашей промышленности и ее применяют более 1800 предприятий.

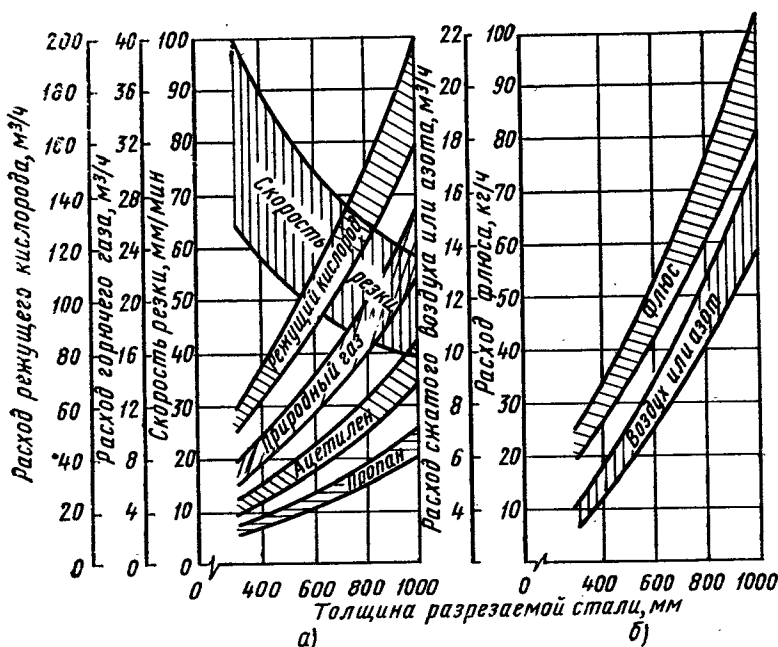


Рис. 116. Зависимость расхода от толщины разрезаемой стали:
а — режущего кислорода, горючего газа и скорости резки, б — флюса и флюсоносущего газа

§ 2. Газо-дуговая резка

За последние годы широкое распространение получили способы газо-дуговой резки: воздушно-дуговая, плазменно-дуговая и плазменная. Они применяются для резки многих металлов и сплавов. В ряде случаев находит также применение кислородно-дуговая резка стали. Способы газо-дуговой резки используют сейчас на многих предприятиях, что дает большую экономию в народном хозяйстве. Применяются механизированные способы газо-дуговой резки.

Воздушно-дуговая резка. Этот способ резки основан на расплавлении металла в месте реза скользящей электрической дугой, горящей между угольным электродом и металлом, с непрерывным удалением жидкого металла струей сжатого воздуха. Применяется в качестве разделительной и поверхностной резки.

Воздушно-дуговая резка угольным электродом может эффективно использоваться при обрезке прибылей литья, разделке кромок под сварку, удалении дефектных мест сварных швов, плен и неметаллических включений, особенно при обработке высоколегирован-

ных жаропрочных и нержавеющей сталей. Недостатком этого способа является науглероживание поверхностного слоя металла на кромках реза, высокий удельный расход электроэнергии, высокое

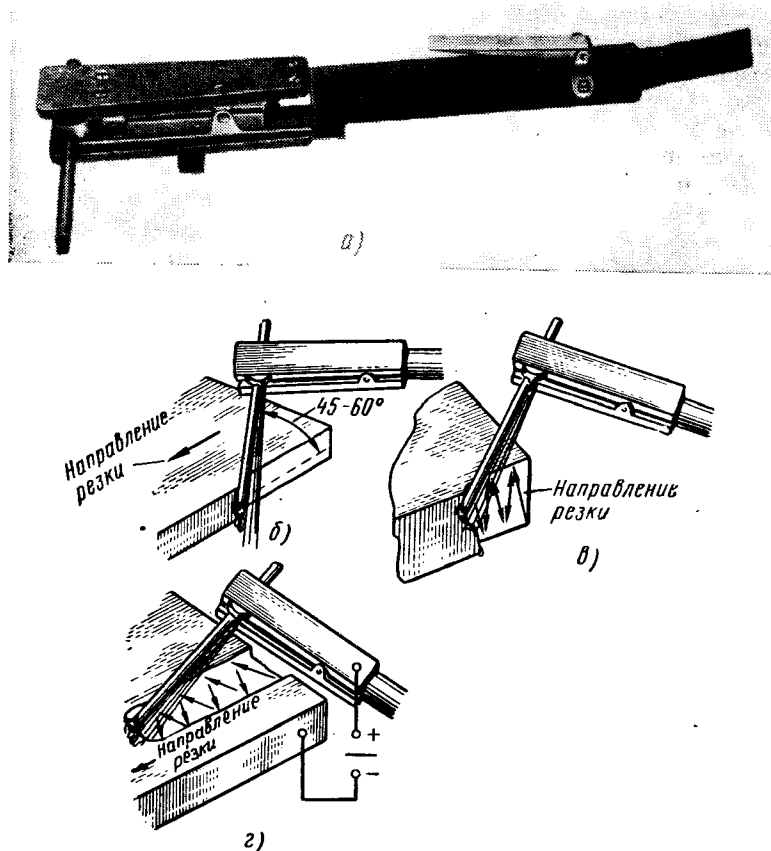


Рис. 117. Резак РВД-4А-66 для воздушно-дуговой резки:
а — внешний вид, б — резка металла толщиной до 20 мм, в — то же, более 20 мм, г — выплавка широких канавок

напряжение холостого хода, создающее опасность при смене электрода, а также высокая стоимость источников постоянного тока

Резаки для воздушно-дуговой резки по ГОСТ 10796—64 должны отвечать следующей характеристике:

Ток, а	300	500	750	1000	1500
Максимальный вес выплавляемого металла, кг/ч	9,5	16,5	22,5	28,0	40,0
Максимальное давление воздуха, кгс/см ²	6	6	6	8	8
Вес резака, кг	0,6	1,0	—	—	—

На рис. 117, а показан универсальный резак РВД-4А-66 для ручной поверхностной и разделительной резки низкоуглеродистой и нержавеющей стали толщиной до 20 мм конструкции ВНИИавтогенмаша.

Резак имеет рукоятку с рычажным клапаном для подачи сжатого воздуха. Между губками зажимается угольный или графитизированный электрод. В контактно-сопловой части резака сделаны отверстия, через которые выходит сжатый воздух, подводимый в резак под давлением 5—6 кгс/см² по шлангу. Струи воздуха выдувают расплавленный металл из разреза.

Положение резака при разделительной и поверхностной резке показано на рис. 117, б, в и г. Расстояние от губок до нижнего конца (вылет) электрода не должно превышать 100 мм. По мере обгорания электрод выдвигают из губок вниз. Ширина канавки при резке превышает диаметр электрода на 1—3 мм. Поверхность металла в месте разреза получается ровной и гладкой.

Для механизированной воздушно-дуговой поверхностной резки предназначен полуавтомат ПДВ-2-67 конструкции ВНИИавтогенмаша. Полуавтомат состоит из режущей головки, с помощью которой угольный графитизированный электрод подается вниз для возбуждения и поддержания горения дуги, а также создается струя воздуха для удаления расплавленного металла. Головка установлена на тележке,двигающейся по направляющему рельсу; поскольку головка съемная, то она может устанавливаться и на других транспортирующих устройствах, имеющих соответствующие пределы изменения скоростей. Для управления процессом полуавтомат снабжен переносным пультом управления и передвижным шкафом с пускорегулирующей и контрольно-измерительной аппаратурой. Техническая характеристика полуавтомата ПДВ-2-67 следующая:

Ток, а	до 600
Глубина канавки, мм	до 15
Скорость передвижения тележки, мм/мин	250—1200
Скорость подачи электрода, мм/мин	20—120
Диаметр омедненного электрода, мм	6—16
Давление воздуха, кгс/см ²	4—6
Расход воздуха, м ³ /ч	30
Количество выплавляемого металла, кг/ч	20
Вес головки, кг	3,5

Полуавтоматом могут выполняться следующие операции: резка листов под сварку; выплавление дефектных участков сварных швов на плоской и цилиндрической или сферической поверхности; выплавка корня сварного шва с обратной стороны; снятие под сварку участков поверхности на листах из биметалла (двухслойных) и др. При работе полуавтоматом отсутствуют недостатки, характерные для ручной поверхностной воздушно-дуговой резки: неустойчивость горения дуги; неравномерная скорость; изменение глубины и ширины канавки; различная степень науглероживания металла по длине шва; низкая производительность.

Род тока и полярность при воздушно-дуговой резке выбирают по данным табл. 33.

Таблица 33

Род тока и полярность при воздушно-дуговой резке

Разрезаемый металл	Ток	Полярность	Примечание
Сталь углеродистая и легированная нержавеющей	Постоянный	Обратная	Допускается переменный, но при снижении производительности
Алюминий, латунь, бронза	Постоянный или переменный	Прямая	—
Чугун	Переменный	—	Допускается постоянный, прямой полярности, но при снижении производительности

В качестве источников питания постоянным током рекомендуется использовать преобразователи и выпрямители повышенной мощности на рабочий ток до 400—500 а. При резке на переменном токе для повышения устойчивости горения дуги необходимо применять осциллятор. При отсутствии осциллятора приходится работать на повышенном напряжении холостого хода, соединяя трансформаторы последовательно. Можно также работать на повышенной токовой нагрузке, применяя параллельное соединение двух однотипных трансформаторов. Последний способ дает лучшее качество поверхности кромок реза.

В качестве электродов применяют угли по ГОСТ 10720—64 диаметром 6; 8; 10 и 12 мм. Снаружи угли покрыты слоем меди толщиной 0,18—0,25 мм. Длина стержней 300 мм. Диаметр электрода выбирают в зависимости от толщины разрезаемого металла, а именно:

Толщина металла, мм 5 10 12 25
 Диаметр электрода, мм 6 8—10 10—12 12

Режимы воздушно-дуговой резки приведены в табл. 34 и 35.

Таблица 34

Режимы воздушно-дуговой разделительной резки на постоянном токе обратной полярности

Диаметр угольного электрода, мм	Ток, а	Давление воздуха, кгс/см ²	Ширина реза, мм	Толщина металла, мм	Затраты на 1 м реза		
					времени, ч	воздуха, дм ³	электродов
4	200—240	5	6	5	0,5	150	16
8	370—390	5,5	10	25	0,07	490	162
12	500—580	6	14	—	—	—	—

Режимы поверхностной воздушно-дуговой резки на постоянном токе

Диаметр электрода, мм	Ток, а	Размеры канавки, мм		Скорость резки, мм/мин	
		глубина	ширина	низкоуглеродистой стали	нержавеющей 1Х18Н9Т
6	240—290	8—14	8—9	} 300—500	} 390—640
8	350—420	12—16	10—11		
10	410—500	8—9	12—13		

Применение переменного тока удешевляет процесс воздушно-дуговой резки. Однако при резке на переменном токе с использованием обычных сварочных трансформаторов дуга часто сдувается воздушной струей и гаснет в момент перехода тока через нулевое значение. Для резки на переменном токе поэтому целесообразно применять специальные трансформаторы с пологопадающей внешней характеристикой, обеспечивающие резкое возрастание тока при коротких замыканиях электрода на металл и взрывообразное разрушение перемычек металла. Такой трансформатор типа ТРП-1200 разработан В. С. Павлюченко, который также изучал способ воздушно-электроконтактной резки на переменном токе. Резка производится переменным током 1100—1300 а при напряжении дуги 28—30 в; используются графитизированные электроды размером 15 × 25 × 450 мм (для обработки отливок) или 12 × 12 × 400 мм и 16 × 16 × 400 мм (для разделки трещин и фасок под сварку и прорезания узких щелей). Коэффициент выплавления металла составляет 18—20 г/а · ч для хромоникелевой стали и до 42 г/а · ч для меди.

В процессе резки все время электродом слегка касаются обрабатываемого металла, чем обеспечивается образование непрерывно чередующихся контактов. Интенсивная воздушная струя, подаваемая к месту контакта, выдувает расплавленный металл. Зона термического влияния при этом очень мала и ее глубина составляет 0,04—0,2 мм, что не затрудняет последующую механическую обработку поверхности реза.

Плазменно-дуговая резка (сжатой дугой). Плазменно-дуговая резка* основана на способности сжатой дуги глубоко проникать в металл, проплавляя его. Частицы расплавленного металла удаляются из разреза газовым потоком дуги. Интенсивность проплавления тем выше, чем больше мощность дуги. При перемещении мундштука происходит сквозное проплавление ме-

* Этот способ называют также *резкой проникающей дугой*, что характеризует дуговой разряд, используемый для резки.

талла в виде узкой щели. Электрод присоединяется к отрицательно-му, а разрезаемый металл — к положительному (прямая полярность) полюсам источника постоянного тока.

Положительными свойствами процесса плазменно-дуговой резки являются: высокая скорость резки металлов небольшой толщины (до 20 мм); возможность резки на одном и том же оборудовании любых материалов; использование недорогих и недефицитных газов и отсутствие необходимости в применении горючего (углеводородов); малая зона теплового влияния и, как следствие этого, незначительные тепловые деформации вырезаемых деталей; чистота кромки реза, что допускает сварку деталей после их вырезки, без применения дополнительной механической обработки; сравнительная простота автоматизации процесса резки, определяемого в основном электрическими параметрами.

Недостатками плазменно-дуговой резки являются: более сложное и дорогое оборудование, включающее источники питания дуги током, и устройства для регулирования горения дуги; более сложное обслуживание; необходимость применения водяного охлаждения горелки и защитных масок со светофильтрами для резчика; необходимость более высокой квалификации резчика; низкая стойкость сопел резаков (плазмотронов).

Плазменно-дуговую резку целесообразно применять при обработке металлов, которые трудно или невозможно резать другими способами, или когда плазменно-дуговая резка оказывается наиболее экономичной, или обеспечивает скорости резки, согласующиеся с принятыми в технологии обработки того или иного изделия. Плазменно-дуговой резкой обрабатывают алюминий и его сплавы; медь и ее сплавы; нержавеющие высоколегированные стали; низкоуглеродистую сталь; чугун; магний и его сплавы; титан. Наиболее экономична резка алюминия и его сплавов, меди и высоколегированных (нержавеющих) сталей.

Схема процесса резки сжатой дугой приведена на рис. 118. Электрическая дуга 7 постоянного тока образуется между неплавящимся вольфрамовым электродом 5 и разрезаемым металлом 1. Электрод расположен внутри медного охлаждаемого водой мундштука 6, в канал которого подается под давлением плазмообразующий газ:

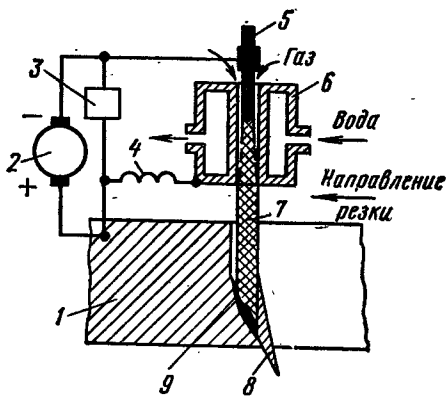


Рис. 118 Схема процесса плазменно-дуговой резки (сжатой дугой):

1 — разрезаемый металл, 2 — сварочный генератор, 3 — осциллятор, 4 — добавочное сопротивление, 5 — электрод, 6 — мундштук, 7 — электрическая дуга, 8 — факел струи плазмы, 9 — активное пятно дуги

аргон, азот, водород или их смеси, воздух. Струя газа сжимает столб дуги, придавая ей вытянутую форму.

Для возбуждения дуги, горящей между электродом и металлом используется вспомогательная (дежурная) дуга между электродом 5 и мундштуком 6. Ток, обеспечивающий горение вспомогательной дуги, от сварочного генератора 2 к мундштуку 6 подводится через добавочное сопротивление 4. Для облегчения зажигания дуги и повышения устойчивости ее горения используется осциллятор 3.

Струя плазмы имеет высокую скорость истечения и оказывает механическое действие, удаляя из места реза расплавляемый ею металл. В металле 1 образуется полость реза по стенке которого опускается активное пятно 9 дуги. При перемещении резака по направлению резки пятно 9 остается на лобовой стенке реза и вместе со столбом плазменной дуги 7 и факелом 8 струи плазмы обеспечивает проплавление металла по всей толщине при одновременном удалении из полости реза расплавленного и испаренного металла.

Для изготовления электродов обычно используется лантанированный вольфрам ВЛ-15 по ВТУ ВЛ-24-5—62, иногда цирконий. Сопла изготавливают из хромоникелевой бронзы или меди.

Вместо лантанированного вольфрама можно применять, при обеспечении надлежащих гигиенических условий, торированный (с добавкой тория) вольфрам ВТ-15. В некоторых резательных устройствах применяют штабики из вольфрама или циркония, медные втулки, графитовые стержни. Последние используют при обдувке дуги активными газами, без газовой защиты электрода. Расход вольфрама при резке в аргоно-водородных смесях составляет 0,01 г/мин, а при резке в смесях азота с содержанием 0,5% кислорода — 0,05 г/мин.

В качестве плазмообразующих газов применяют: химически неактивные к металлу газы: чистый аргон состава А по ГОСТ 10157—62; технический азот 1-го сорта по ГОСТ 9293—59; смеси аргона с водородом техническим 1-го сорта по ГОСТ 3022—70; аммиак; химически активные к металлу газы: кислород или воздух, часто в смеси с азотом; возможно применение воды (паров).

Водород и азот диссоциируют (расщепляются на атомы) в дуге, а затем атомы их вновь соединяются в молекулы (рекомбинируют) на более холодных частях металла, выделяя при этом большое количество дополнительного тепла. Это способствует более благоприятному распределению тепла по всему объему металла, что имеет особое значение при резке металла больших толщин.

ВНИИавтогенмаш разработал составы безопасных в эксплуатации смесей для плазменно-дуговой резки, которые пригодны для промышленного выпуска их заводами химической промышленности в баллонах под давлением. Эти смеси имеют следующие составы: 25% водорода и 75% азота; 12% водорода и 88% азота. При 12% водорода производительность ниже, чем при 25% водорода, но выше, чем при резке чистым азотом.

На практике род газов и состав газовой смеси при плазменно-дуговой резке выбирают исходя из требований технологии и местных

условий. При этом можно руководствоваться следующими данными.

Резку алюминия и его сплавов толщиной от 5 до 20 мм производят в азоте; при толщине 20—100 мм применяют смесь из 65—68% азота и 32—35% водорода. При содержании водорода свыше 38% поверхность реза ухудшается. Для ручной резки содержание водорода снижают до 20%, так как в этом случае легче поддерживать дугу при изменении расстояния между мундштуком и металлом. Алюминиевые сплавы толщиной 20—100 мм можно резать в аммиаке или только в азоте, но процесс в последнем случае необходимо вести при токе 700—1000 а. При резании алюминия и его сплавов толщиной от 4 до 80 мм для получения особо чистого реза используют смесь 30—35% водорода и 65—70% аргона. При резке металла толщин 20—70 мм можно применять смесь из 40—45% аргона и 55—60% аммиака. В случае применения способа дополнительной стабилизации дуги вихревым потоком воздуха разрезать алюминий и его сплавы при токе 700 а можно на смеси из 10% аргона и 90% водорода. При толщине металла от 5 до 50 мм применяют также один сжатый атмосферный воздух.

Резку нержавеющей стали толщиной до 20 мм в тех случаях, когда кромки реза должны быть стойкими против межкристаллитной коррозии, можно производить на азоте; нержавеющей стали толщиной 20—50 мм следует резать смесью из 50% азота и 50% водорода. При скоростной безгравитной резке нержавеющей сталей следует применять смесь из 75—80% кислорода и 20—25% азота. В этом случае азот протекает вдоль вольфрамового электрода и защищает его от окисления. При отсутствии указанных смесей резку нержавеющей сталей можно вести в аргоно-водородной смеси (16—17% водорода), аргоно-азотной смеси (50% азота); при дополнительной стабилизации дуги воздухом можно применять аргоно-водородную смесь с 10% аргона и азотно-воздушную смесь, содержащую 50% азота и 50% воздуха. При толщине нержавеющей стали от 5 до 45 мм применяют также один атмосферный воздух.

При резке низкоуглеродистых сталей толщиной до 40 мм целесообразно применять кислородно-азотную смесь с содержанием азота от 25 до 60%, который защищает вольфрамовый электрод от окисления. При необходимости можно резать сталь только в азоте. Для резки стали толщиной от 5 до 50 мм применяют также один атмосферный воздух.

Для резки меди и ее сплавов применяют азот, при дополнительной стабилизации дуги воздухом используют аргоно-водородную смесь, содержащую 10% аргона, используют также один атмосферный воздух.

Эффективная мощность плазменной струи зависит от следующих факторов: величины тока, напряжения, состава и расхода плазмообразующего газа, диаметра и длины канала сопла.

Интенсивность проплавления металла данной толщины определяется мощностью дуги, т. е. величиной тока и напряжения. Ориен-

тировочные величины максимальной толщины резки различных металлов в зависимости от напряжения следующие:

Рабочее напряжение, <i>в</i>	70—75	130—150	200—250
Толщина разрезаемого металла, <i>мм</i> :			
алюминия и его сплавов	25	100	300
сплавов железа, латуни, бронзы	20	75	200
меди	15	50	100

Устойчивый процесс плазменно-дуговой резки возможен при определенных соотношениях тока и диаметра сопла. Например, при длине сопла 2,5—4 *мм* принимается:

Рабочий ток, <i>а</i>	до 300	300—400	400—500	500—600	600—800	Свыше 800
Диаметр сопла, <i>мм</i> :						
при соосной подаче газа	3—4	4—5	4—5	5—6	6—7	8
при вихревой подаче газа	—	3	4	—	—	—

При ручной черновой резке допускается увеличение диаметра сопла вследствие износа на 1—2 *мм* по сравнению с первоначальным размером, после чего сопло подлежит замене.

Возможность резки данного металла определяется величиной рабочего напряжения и мощностью дугового разряда, которые обеспечиваются применяемым источником питания дуги. Для питания дуги током применяют или однопостовые сварочные преобразователи ПСО-500 на 500 *а*, включаемые последовательно 2—3 шт. на одну дугу, или сварочные выпрямители ВКС-500-1 по 500 *а*, также последовательно включенные по 2—3 шт. Используются специальные источники питания плазменной дуги ИПГ-500-1 на 600 *а*; выпрямители ВДГ-501 на 500 *а* и др. При напряжении холостого хода источники питания до 90 *а* используют для резки нержавеющей стали и алюминиевых сплавов толщиной до 20—25 *мм*. Соединяя последовательно два источника питания по 90 *в* напряжения, каждый получает напряжение до 180 *в*, что позволяет разрезать металл толщиной до 70—90 *мм*. Способом плазменно-дуговой резки возможно разрезать: алюминий толщиной до 200 *мм*, нержавеющие стали — до 150 *мм*, медь — до 100 *мм*. Практически плазменно-дуговым способом наиболее часто режут металлы толщиной: алюминий и его сплавы — до 100 *мм*; стали — до 75 *мм*; медь — до 50 *мм*; латунь и бронзу — до 75 *мм*. Стали толщиной свыше 40—50 *мм* экономичнее разрезать кислородом (углеродистые) или кислородно-флюсовой резкой (нержавеющие). Плазменной дугой с успехом можно резать пакеты листов. Так, например, пакет из 31 листа хромоникелевой стали толщиной по 0,85 *мм* режется при мощности дуги 17 *квт* со скоростью 38 *м/мин*. Возможна резка пакетов листов из разных металлов. Для резки более толстых пакетов 3 (до 120 *мм*) применяют плазмотроны мощностью до 100 *квт*.

Скорость ($м/ч$) плазменно-дуговой резки можно определить по формуле

$$W = \frac{MKN}{\delta (0,5 + 0,05\delta)},$$

где N — мощность дуги, $квт$;

K — коэффициент, учитывающий перегрев металла и энергопотери в дуге;

δ — толщина металла, $см$;

M — коэффициент, учитывающий вид металла; он равен для алюминия и его сплавов — 5,03; сталей — 0,95; меди и латуни — 2,49.

По этой формуле получают скорости, близкие к максимальным, что характерно для прямолинейной машинной резки. Для фигурной чистовой резки скорости в 2—3 раза, а для ручной — в 1,5—2 раза ниже по сравнению с полученными по формуле. Значения коэффициента K приведены в табл. 36.

Таблица 36

Значения коэффициента K при плазменно-дуговой резке некоторых металлов и сплавов

Металл, подвергаемый резке	Значения K при использовании плазмообразующих газов					
	Азот	Азот-водород	Азот-кислород	Азот-аргон	Аргон-водород	Аргон-водород и воздух
Алюминий и его сплавы	0,85	0,6	—	—	0,75	—
Медь	0,42	—	—	—	0,2	0,55
Латунь и бронза	0,56	—	—	—	—	—
Нержавеющая сталь	1,4	1,5	3,5	1,5	1,45	1,83
Низкоуглеродистая сталь	1,3	—	1,7	—	—	—

Скорость резки изменяют величиной тока дуги (регулированием источника питания). Скорость резки быстро уменьшается с увеличением толщины металла, что сопровождается одновременным увеличением ширины реза. При ручной резке равномерное ведение процесса возможно при скорости до 2 $м/мин$. При механизированной резке с помощью резательных машин скорость плазменно-дуговой резки может достигать 7—8 $м/мин$ (для алюминия) без нарушения устойчивости процесса.

Режимы плазменно-дуговой резки рекомендуется подбирать опытным путем в соответствии с конкретными условиями и требованиями в отношении производительности резки и качества кромок.

Расходы газов при резке зависят только от рода газа и разрезаемого металла. В пределах до 100 $мм$ толщины металла расход

газа в большинстве случаев остается постоянным. В некоторых случаях резки металла малой толщины применяют повышенные расходы газов, что способствует устранению натеков на нижних кромках

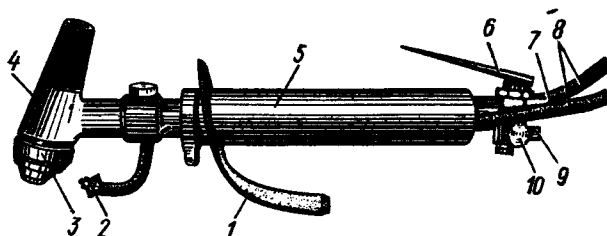


Рис. 119. Резак РДМ-2-66 для плазменно-дуговой резки:

1 — щиток, 2 — опорный ролик, 3 — мундштуки, 4 — головка, 5 — рукоятка, 6 — рычажный клапан подачи водорода, 7 — штуцер подвода водорода, 8 — шланги подвода и отвода воды, 9 — штуцер подвода азота, 10 — вентиль аргона (кабель подвода тока к головке резака расположен в водотводящем шланге)

реза. Для сопел диаметром 3—6 мм расход газа, как правило, не должен быть меньше $1,5\text{--}2 \text{ м}^3/\text{ч}$ во избежание возникновения «двойной» дуги, т. е. второй дуги между электродом и мундштуком.

Плазменно-дуговую резку производят как ручную, так и механизированным способом с помощью газорезательных машин, обеспечивающих необходимую скорость перемещения плазменно-дугового резака:

от 50 до 4000 мм/мин для легких и от 50 до 10 000 мм/мин для тяжелых машин.

На рис. 119 показан резак РДМ-2-66 для ручной плазменно-дуговой резки мощностью до 40 квт. При оснащении коллектором и источником питания с напряжением холостого хода 180 в он может быть использован в качестве аппарата на максимальную мощность до 80 квт. Резак РДМ-2-66 пригоден для

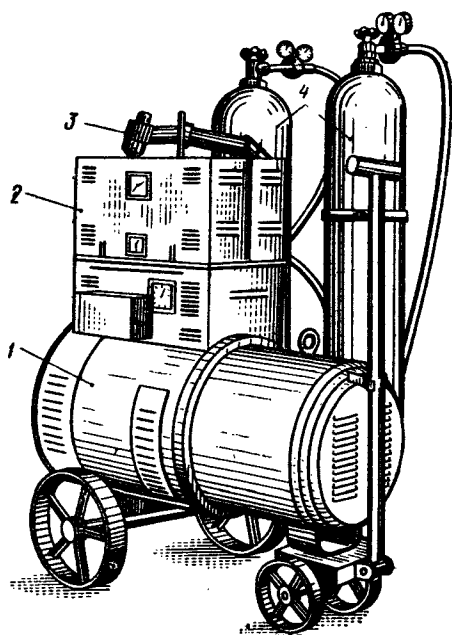


Рис. 120. Установка УРПД-67 для плазменно-дуговой резки:

1 — сварочный преобразователь ПСО-500, 2 — шкаф автоматики, 3 — плазменно-дуговой резак, 4 — баллоны с газами

резки на смесях: аргон-водород, азот-водород и др. Толщина резки: алюминия и его сплавов — до 25 мм; нержавеющей сталей — до 20 мм; меди и ее сплавов — до 30 мм. Максимальное напряжение холостого хода равно 90—180 в, ток — до 400 а.

ВНИИавтогенмашем разработана универсальная аппаратура «Плазморез» для ручной плазменно-дуговой резки, состоящая из трех комплектов. Комплект КДП-1 с резаком РДП-1 рассчитан на ток 400 а и предназначен для резки алюминия толщиной до 80 мм, нержавеющей стали до 60 мм и меди до 40 мм с использованием ар-

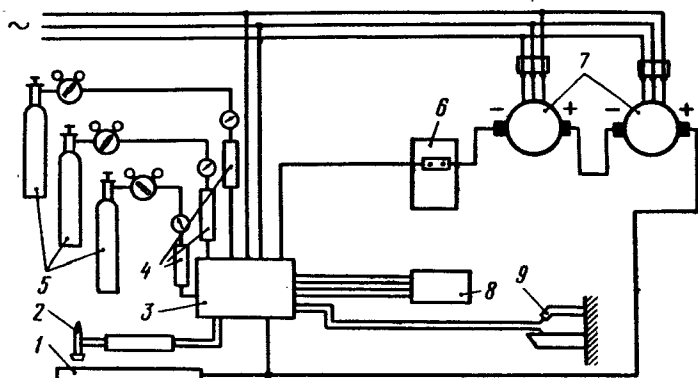


Рис. 121. Схема установки УРПД-67 для плазменно-дуговой резки:

1 — разрезаемый металл, 2 — резак, 3 — шкаф автоматики, 4 — ротаметры, 5 — баллоны с газами, 6 — балластный реостат, 7 — источники питания током (сварочные преобразователи), 8 — осциллятор, 9 — подвод и слив охлаждающей воды

гона, азота и водорода; комплект КДП-2 с резаком РДП-2 на 300 а предназначен для резки алюминия до 50 мм, нержавеющей стали до 40 мм и меди до 25 мм с использованием тех же газов; он допускает работу на монтаже и открытом воздухе при любых температурах, так как резак имеет воздушное охлаждение. Комплект КДП-3 с резаком РДП-3 на 300 а предназначен для резки алюминия до 30 мм, нержавеющей стали до 25 мм, меди до 15 мм и рассчитан на применение воздуха давлением 2,5—4 кгс/см² в качестве плазмообразующего газа. Источником питания во всех комплектах служат два выпрямителя ВДГ-501, включенные последовательно, что обеспечивает напряжение холостого хода 180 в.

Установка типа УРПД-67 завода «Автогенмаш» (Одесса) предназначена для плазменно-дуговой резки цветных металлов и сплавов, а также нержавеющей сталей средней толщины в аргоно-водородной или азотно-водородной смеси. Общий вид установки показан на рис. 120, схема — на рис. 121. Техническая характеристика установки УРПД-67 следующая:

Максимальная толщина металла, разрезаемого вручну, мм:

алюминия — 60, нержавеющей стали — 50, сплавов меди — 35, меди — 25;
то же при машинной резке:

алюминия — 80, нержавеющей стали — 60, меди — 30, сплавов меди — 40.

Допускаемый ток, а 450

Напряжение холостого хода, в 160—180

Максимальный расход, м³/ч:

аргона — 3; водорода — 1,5; азота — 5,6; кислорода — 6,5;

воздуха — 5,5; охлаждающей воды от 3 до 10 (дм³/мин)

В качестве источника питания применяются два преобразователя ПСО-500, включенные последовательно. Шкаф управления размещен на преобразователе

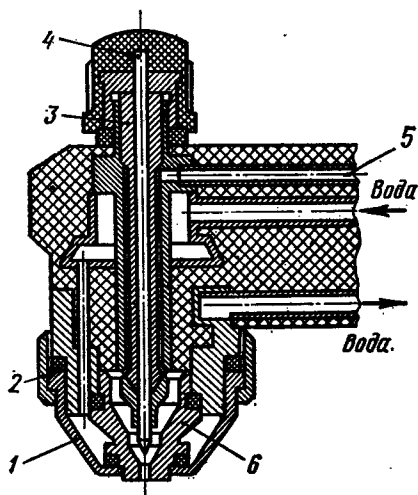


Рис. 122. Головка резака к установке УРПД-67:

1 — кожух, 2 — гайка, 3 — цанговый зажим, 4 — электрод, 5 — трубка, 6 — мундштук

ПСО-500 и включает в себя: пульт управления подачей газов; осциллятор, водораспределительный пульт, газовые клапаны, манометры, вентили, смесительный бачок для газов; клапан расхода воды, балластное сопротивление, водоохлаждаемые контакты и соединительные трубки, расходомеры. Балластное сопротивление 0,4—0,5 ом в цепи дежурной дуги обеспечивает разность потенциалов между электродом и разрезаемым металлом (переход дежурной дуги в рабочую). Смеситель газов обеспечивает медленное насыщение водородом плазмообразующей смеси после возбуждения рабочей дуги. Замедление нарастания ра-

бочего тока после возбуждения режущей дуги происходит за счет использования индуктивности обмоток возбуждения генераторов при подаче на них заданного напряжения и тем исключает двойное дугообразование.

Резак для ручной резки снабжен тележкой. Головка резака (рис. 122) имеет наружный кожух 1, укрепляемый накладной гайкой 2 к корпусу, залитому эпоксидным компаундом (или стиракрилом). Вольфрамовый электрод 4 закреплен цанговым зажимом 3 в верхнем корпусе, в который по трубке 5 подводится плазмообразующий газ, а по другим трубкам — охлаждающая вода и ток. Плазменная струя вытекает через мундштук 6. Дежурная дуга горит между мундштуком 6 и электродом 4. Водяной клапан-расходомер (рис. 123) включает установку только при расходе воды 5 дм³/мин. При таком расходе охлаждающей воды толкатель 3 вытягивается из седла кольца 1 давлением воды на мембрану 2 и включает установку с помощью

микровыключателя 4. Этот клапан делает невозможным включение установки в работу без поступления в резак охлаждающей воды в необходимом количестве.

При резке на машинах применяют плазменно-дуговые машинные резаки марок УДР, РПД-2-65, АСШ-2 и резаки марок РПД-1-64 и Т-12. Резаки РПД-1-64 и Т-12 предназначены для резки больших толщин: алюминия до 300 мм, стали до 200 мм и меди до 100 мм; применяемый ток у этих резаков достигает 600—900 а, диаметр вольфрамового электрода — 5—8 мм.

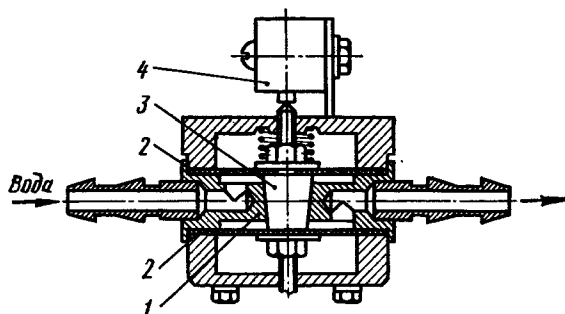


Рис. 123. Водяной клапан-расходомер к установке УРПД-67:

1 — кольцо, 2 — мембраны, 3 — клапан, 4 — микровыключатель

На рис. 124 показано устройство резака РПД-1-64 для высокопроизводительной машинной резки металлов средней и большой толщины в среде химически неактивных (азот, водород) и активных (кислород, воздух) газов. Резак состоит из двух узлов — цангового 1 и соплового 3, изолированных друг от друга неэлектропроводной втулкой 7; узлы имеют раздельное водяное охлаждение. В цанговый узел входят водоохлаждаемый корпус 4 с зажатой в нем разрезной цангой 5, крепящей вольфрамовый электрод 2, а также изолированная от корпуса латунная втулка 6 с отверстиями для подачи защитного газа, к которой крепится вспомогательная насадка 9. В сопловый узел входят корпус головки 8 и наконечник 12, укрепляемый к корпусу накидной гайкой 10. В корпусе расположено сменное сопловое кольцо 11 с отверстиями для газового потока. Применение активных газов возможно благодаря защите электрода азотом, подаваемым отдельно через кольцевую полость и отверстие в цанговом корпусе в пространство между электродом 2 и вспомогательной насадкой 9. Рабочий газ поступает через сопловое кольцо 11 в дуговую камеру. При использовании для плазмообразования неактивных газов наружный газ подается вихревым потоком, а при использовании активных газов — струйным. Резак снабжается сменными цангами для электродов диаметром 5; 6 и 8 мм. вспомо-

гательная насадка обеспечивает зажигание дуги без применения аргона.

Резаком РПД-1-64 можно резать медь и ее сплавы толщиной до 150 мм, нержавеющую сталь — до 200 мм и алюминий и его сплав — до 200 мм. Напряжение дуги; рабочее 200 в, холостого хода 350—500 в. Рабочий ток: при диаметре электрода 5 мм — до 400 а; 6 мм — 400—600 а, 8 мм—600—900 а. Расход азота до 6 м³/ч; водорода — до 3 м³/ч, кислорода — до 5 м³/ч, охлаждающей воды — 15 л/мин. Вес резака 2,5 кг.

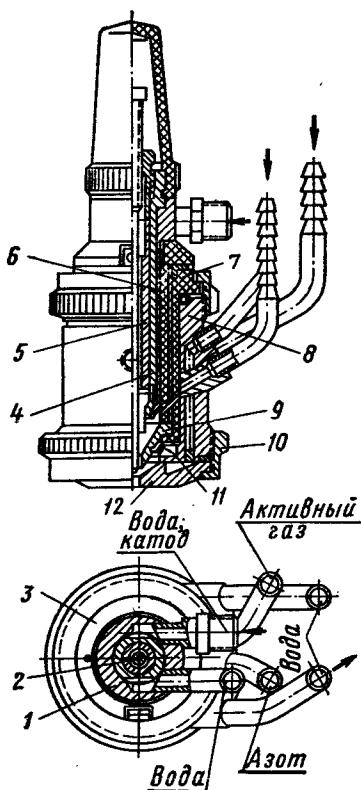


Рис. 124. Резак РПД-1-64 для машинной плазменно-дуговой резки:

1 — цанговый узел, 2 — вольфрамовый электрод, 3 — сопловой узел, 4 — водоохлаждаемый корпус, 5 — разрезная цанга, 6 — латунная втулка, 7 — неэлектропроводная втулка, 8 — корпус головки, 9 — вспомогательная насадка, 10 — накидная гайка, 11 — сопловое кольцо

При вихревой стабилизации дуги, применяемой в ряде конструкций резаков (плазмотронов), газ в область сопла — электрод подается не по направлению оси электрода, а по касательной к нему. При этом в центре потока газа образуется зона разрежения, через которую проходит дуга. Слои холодного газа центробежной силой прижимаются к стенкам канала сопла, изолируя его от тепла дуги и центрируя столб дуги по вертикальной оси сопла. Дуга получается более концентрированной и жесткой, а ее диаметр уменьшается, что способствует получению более узкого реза. Газ подается тангенциально к дуге через вставку с канавками, направленными по касательной к центральному отверстию вставки. Вставки должны выдерживать напряжение до 2500 в и температуру до 1200° С. Материалом для вставок служит корундиз, содержащий в основе окись алюминия, или специальный материал

из окиси магния и нитрида кремния.

Для полуавтоматической механизированной разделительной плазменно-дуговой резки ВНИИавтогенмашем создан полуавтомат ППД-1-65. Прямолинейная резка полуавтоматом производится по направляющему уголку или гибкому рельсу, резаком по окружности с помощью циркульного устройства, направление резки по криволинейной траектории осуществляется рукой оператора. В комп-

лект полуавтомата входят: ходовая тележка с резаком (плазмотроном) и переносным кнопочным пультом управления, а также шкаф управления и контроля. Источник питания применяют с крутоподающей характеристикой. Технические данные полуавтомата ППД-1-65 следующие:

Толщина разрезаемого металла, мм	5—100
Ток, а	300—500
Напряжение, в:	
холостого хода	180
рабочее	75—120
Диаметр вольфрамового электрода, мм	5
Расход охлаждающей воды, $\text{дм}^3/\text{мин}$	6—8
Скорость перемещения тележки, $\text{мм}/\text{мин}$	40—4000

На основе работ Института электросварки им. Е. О. Патона Одесским заводом «Автогенмаш» разработана установка «Киев» для воздушно-плазменной резки металлов. Сжатие дуги осуществляется струей сжатого воздуха давлением 3—4 $\text{кгс}/\text{см}^2$. Установка комплектуется резаком ВПР-7 и тремя трансформаторами СТШ-500.

Технические данные установки «Киев» следующие:

Рабочий ток (три ступени), а	100, 200, 300
Режим работы ПВ, %	100
Напряжение холостого хода, в	320
Потребляемая мощность, квт	90
Мощность резака, квт	50
Расход $\text{м}^3/\text{ч}$:	
воздуха	2—3
воды	1

Установка рекомендуется для резки крупногабаритных деталей, так как при резке мелких деталей стойкость катода, определяемая числом включений, снижается.

Для плазменно-дуговой резки ВНИИавтогенмашем разработана шарнирная машина АСП-4 типа МПЛ-1 с магнитным копировальным устройством. Машина снабжена пантографическим устройством, что позволяет получать заготовки в точном соответствии с шаблоном в том случае, если ось резака не совпадает с осью магнитного пальца. В качестве плазмообразующих газов используются водород, азот, кислород. Резак имеет водяное охлаждение. В качестве источника питания применяется установка УРПД-67. Размеры обрабатываемых листов 1000 × 1000 мм или 750 × 1500 мм, толщина разрезаемого алюминия до 80 мм, скорость резки 100 — 4000 $\text{мм}/\text{мин}$, ток 450 а.

Кроме описанных установок, для плазменно-дуговой резки в промышленности применяются и другие конструкции, разработанные различными предприятиями и научно-исследовательскими институтами для разных условий применения данного процесса. Например, в промышленности достаточно широко используется установка для плазменно-дуговой резки типа ОПР-6, разработанная научно-исследовательским и конструкторским институтом монта-

ной технологии (НИКИМТ). Для этой установки в качестве источника питания применяется аппарат ИПГ-500, разработанный Всесоюзным научно-исследовательским институтом электросварочно-оборудования (ВНИИЭСО) и серийно выпускаемый заводами электропромышленности.

Дефекты плазменно-дуговой резки. При неправильном ведении процесса плазменно-дуговой резки возможно появление различных дефектов, причины которых указаны в табл. 37.

Таблица 37

Дефекты плазменно-дуговой резки

Вид дефекта	Нержавеющая сталь	Низкоуглеродистая сталь	Алюминий и его сплавы
	Причины дефектов		
Скругление верхних кромок	Слишком велика скорость резки и расстояние между соплом и металлом		Наблюдается редко
Зашлакование верхних кромок	Велико расстояние между соплом и металлом; неоптимальное содержание водорода в смеси	Велико расстояние между соплом и металлом	
Верхняя часть кромки шероховатая	Неоптимальное содержание водорода в смеси, большое расстояние сопла от металла, высокая скорость резки	Встречается редко	Недостаток водорода в смеси
Скошена кромка вверх	Высокая скорость резки и большое расстояние между соплом и металлом		Высокая скорость резки и недостаток водорода в смеси
Скошена кромка вниз	Встречается редко		Избыток водорода в смеси
Верхняя кромка подрезана	Избыток водорода в смеси		Низкая скорость резки и недостаток водорода в смеси

Вид дефекта	Нержавеющая сталь	Низкоуглеродистая сталь	Алюминий и его сплавы
	Причины дефектов		
Нижняя кромка подрезана	Имеет место при режимах близких к нормальным	Случается редко, при малом расстоянии от сопла до металла	Случается редко
Вогнутая поверхность реза	Низкая скорость резки, избыток водорода в смеси	Случается редко	
Выпуклая поверхность реза	Высокая скорость резки, недостаток водорода в смеси	Высокая скорость резки	Случается редко
Закруглены нижние кромки	Случается редко	Высокая скорость резки	Случается редко
Низ зашлакован	Слишком высокая скорость резки, избыток водорода в смеси		Высокая скорость резки
Нижняя часть реза шероховатая	Случается редко	Мало расстояние от сопла до металла	Недостаток водорода в смеси

В результате теплового воздействия дуги на плазменно-дуговой резке на кромках разрезаемого металла образуется зона термического влияния. Эта зона состоит из двух участков: внешнего, из литого металла, и внутреннего, с измененной структурой основного металла. Глубина зоны влияния зависит от состава и толщины разрезаемого металла, мощности режущей дуги, скорости резки, вида и расхода плазмообразующего газа. Глубина зоны влияния может изменяться по толщине реза. При резке нержавеющей стали X18H9T толщиной до 50 мм глубина зоны влияния не превышает 1,5—2 мм, при резке низкоуглеродистой и низколегированной стали той же толщины глубина зоны влияния составляет до 6—7 мм, для алюминиевых сплавов — до 3 мм. С уменьшением толщины резки глубина зоны влияния понижается и, например, для стали X18H9T толщиной 20 мм не превышает 0,05—0,2 мм.

Плазменная резка. При плазменной резке обрабатываемый материал не включается в электрическую цепь дуги. Острое

кинжалообразное пламя дуговой плазмы используют для расплавления обрабатываемого материала при сварке и резке металлов, в том числе тугоплавких, а также при резке и плавлении неэлектропроводных материалов.

Схема процесса изображена на рис. 125. Постоянный ток источника 3 подводится: минус — к вольфрамовому электроду 4, плюс — к формирующему дугу медному соплу 2, охлаждаемому водой. Возникающая между электродом и соплом дуга 6 под действием потока газа (аргона, гелия, азота, водорода или их смесей), продуваемого через мундштук 5, образует язык плазмы 1, проплавляющий разрезаемый материал 7. Установка для резки (рис. 126) состоит из баллона 1 с рабочим газом, источника постоянного тока 2, распределительного устройства 3 с аппаратурой управления процессом и резака (плазмотрона) 4.

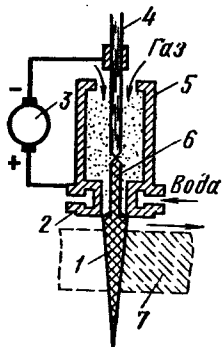


Рис. 125. Схема плазменной резки:
1 — язык плазмы, 2 — сопло, 3 — источник постоянного тока, 4 — вольфрамовый электрод, 5 — мундштук, 6 — электрическая дуга, 7 — разрезаемый металл

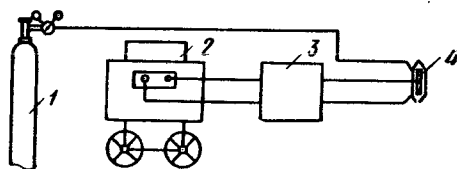


Рис. 126. Схема установки для плазменной резки:
1 — баллон с рабочим газом, 2 — источник постоянного тока, 3 — распределительное устройство, 4 — резак (плазмотрон)

Наиболее эффективно резка протекает при использовании смеси 80 % аргона и 20 % азота. При резке нержавеющей стали толщиной 5 мм током 300 а скорость резки достигает 65 м/ч. Резку ведут при минимальном зазоре между мундштуком и металлом, в некоторых случаях даже касаясь торцом мундштука поверхности металла. Рез получается очень узкий, равный диаметру канала сопла.

В нижней части ширина реза меньше, чем в верхней. Дугу возбуждают кратковременным касанием концом электрода кромок сопла, для чего в головке имеется устройство для осевого перемещения электрода вниз. Сначала в мундштук пускают газ, затем опусканием электрода возбуждают дугу. В первоначальное положение электрод возвращается под действием пружины. Резка производится ручным способом или механизированным, на резательных машинах, применяемых для плазменно-дуговой резки.

Плазменная резка преимущественно используется для металлов сравнительно небольшой толщины (3—5 мм) и неэлектропроводных

материалов. При плазменной резке нержавеющей стали толщиной 0,5—3 мм для получения узкого чистого реза необходима плазменная струя с высокой концентрацией энергии в сопле. Поэтому используют сопла с узким каналом, диаметром 1 мм и длиной 5 мм. В качестве плазмообразующего газа служат аргоно-азотные смеси. Скорость резки должна быть максимальной, при которой обеспечивается прорезаемость и отсутствуют шлаки с обратной стороны реза. Режимы резки при этом применяют следующие:

Толщина металла, мм	0,5	1,5	2	3
Ток, а	75	100	110	125
Напряжение дуги, в	22	25	27	29
Скорость резки, м/мин	1,5	1,2	1	1
Расход газов, л/мин:				
аргона	9	8	7	6
азота	2	3	4,5	5
Ширина реза, мм	0,7	1	1,15	1,2
Длина дуги, мм	2,5	1,8	1,2	1

Кислородно-дуговая резка. Кислородно-дуговую резку применяют для углеродистой стали. Металл расплавляется электрической дугой, а струя кислорода служит для сжигания металла и выдувания шлаков из места разреза. В качестве электродов используют стальные трубки наружным диаметром 8 мм, длиной 340—400 мм, изготавливаемые протяжкой из стальной полосы. Снаружи трубки-электроды покрывают обмазкой для устойчивости горения дуги. При резке электрод опирают концом о поверхность металла под углом к ней 80—85°, с наклоном в сторону направления резки. Образующийся на конце электрода козырек из обмазки обеспечивает необходимую длину дуги при резке.

Недостатком стальных электродов является их большой расход вследствие быстрого сгорания — за 40—50 сек. Более стойкими являются керамические трубчатые электроды из карбида кремния (карборунда или карбида бора, покрытые металлической оболочкой и обмазкой. Карборундовый электрод диаметром 12 мм и длиной 300 мм может работать 30—40 мин при токе 300—350 а. Недостатком керамических электродов является их высокая стоимость. Трубчатые электроды можно применять при вырезке отверстий в стали толщиной до 100 мм, резке профильного проката, пакетной резке листов и других работах.

Применяют также последовательно-струйный способ кислородно-дуговой резки стали толщиной до 50 мм. При этом способе к обычному электрододержателю для дуговой сварки присоединяют резательную приставку, с помощью которой подается струя кислорода на металл, расплавленный дугой. При резке мундштук перемещают вслед за электродом. Резка этим способом может производиться на постоянном или переменном токе. Для этого способа резки пригодны электроды любых марок.

Можно использовать также углеродистую проволоку любой марки диаметром 5 мм, покрытую обмазкой из 20 % мела и 80 % каменно-угольного шлака. При диаметре проволоки 5 мм ток берут 200—250 а. Качество реза и производительность при этом способе резки примерно такие же, как при ручной ацетилено-кислородной резке.

Схема резки этим способом показана на рис. 127. Для резки применяют специальные резаки, например, РГД-1-56 конструкции ВНИИавтогенмаша, снабженные щитком для защиты резчика от

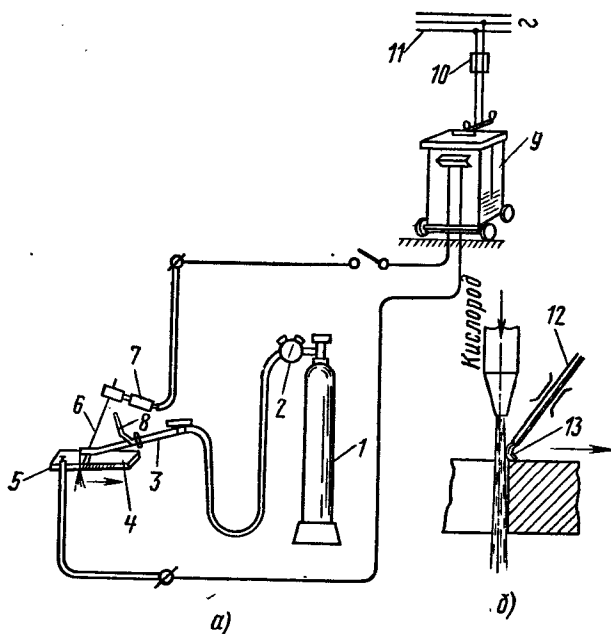


Рис. 127. Схема ручной кислородно-дуговой резки;
а — схема установки, б — схема расположения электрода и режущей струи;
1 — баллон с кислородом, 2 — редуктор, 3 — резаки, 4 — разрезаемый металл, 5 — контакт, 6 — электрод, 7 — электрододержатель, 8 — щиток, 9 — трансформатор сварочный, 10 — сетевой рубильник, 11 — сеть, 12 — электрод, 13 — дуга

лучей дуги, и рычажным клапаном для пуска режущей струи кислорода.

Режимы разделительной резки следующие:

Диаметр электрода, мм	6	8	10	12
Ток, а:				
постоянный, обратной полярности	270—290	370—390	470—480	560—580
переменный	—	—	450—500	550—600

Для поверхностной резки применяют следующие режимы:

Диаметр электрода, мм	6	8	10
Ток, а	240—290	350—420	410—500
Глубина канавки, мм	8—14	12—16	8—9
Ширина канавки, мм	8—9	10—11	12—13
Скорость резки, мм/мин:			
малоуглеродистой стали	300—500	300—500	300—500
нержавеющей стали X18H9T	390—640	390—640	390—640

Кислородно-дуговую резку применяют преимущественно для специальных работ: резки металла под водой, строительно-монтажных работ, ремонта, а также в других случаях, когда приходится выполнять короткие резы (до 500 мм), часто в сочетании с дуговой сваркой.

При механизированной кислородно-дуговой резке рациональнее использовать угольные электроды, постоянный ток и резак соответствующей конструкции.

§ 3. Подводная резка

Для подводной резки применяют специальные резаки, работающие на газообразном горючем (водороде) (рис. 128) или на жидком горючем (бензине) (рис. 129).

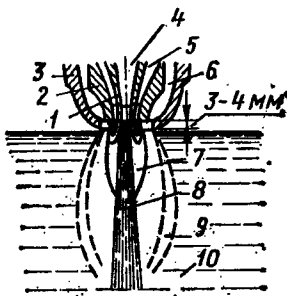


Рис. 128. Схема головки водородно-кислородного резака для подводной резки:

1, 2 — мундштуки, 3 — колпак, 4 — режущий кислород, 5 — горючая смесь, 6 — воздух, 7 — подогревающее пламя, 8 — струя режущего кислорода, 9 — воздушный пузырь, 10 — вода

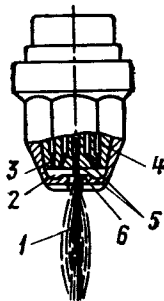


Рис. 129. Схема головки бензино-кислородного резака:

1 — струя режущего кислорода, 2 — камера, 3 — каналы для бензина, 4 — распылитель, 5 — каналы для кислорода, 6 — отверстие в доннышке

В головке водородно-кислородного резака (см. рис. 128) по центральному каналу мундштука 1 поступает режущий кислород, и по кольцевому каналу между мундштуками 1 и 2 идет водородно-кислородная смесь, образующая подогревательное пламя. Снаружи

мундштука 2 имеется колпак 3, через который проходит сжатый воздух, образующий пузырь вокруг пламени, предохраняющий его от соприкосновения с водой. Пламя резака зажигается над водой, затем в мундштук подается сжатый воздух и резак опускают под воду.

Головка бензино-кислородного резака (см. рис. 129) имеет распылитель 4, через отверстие 5 которого в камеру 2 подается кислород, а через отверстия 3 — бензин. Испаряясь в камере 2, бензин с кислородом образует горючую смесь, которая выходит через отверстия 6 в доньшке и сгорает. Режущая струя кислорода 1 подается через центральный канал. Газообразные продукты сгорания

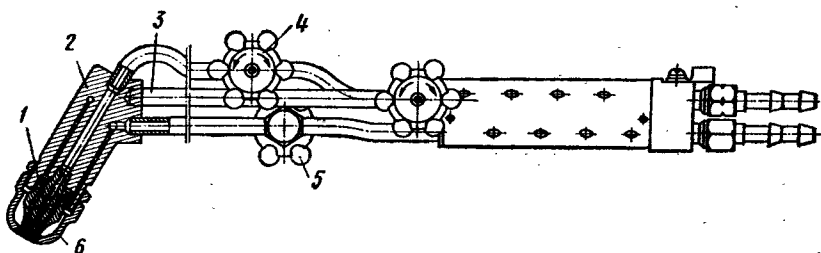


Рис. 130. Резак для водородно-кислородной резки:
1 — мундштук, 2 — головка, 3 — трубка, 4 и 5 — вентили, 6 — колпак

своим давлением оттесняют воду от пламени и не дают ему погаснуть.

Водородно-кислородным резаком можно разрезать сталь толщиной до 70 мм под водой на глубине до 30 м. При этом наибольшее давление газов перед резаком составляет в кгс/см^2 : кислорода 6,6 водорода 5,5 и воздуха 5.

Резак для водородно-кислородной подводной резки показан на рис. 130. Режущий кислород подается через вентиль 4 в центральный канал мундштука 1 головки 2 резака. Водородно-кислородная смесь поступает в головку по трубке 3. Сжатый воздух поступает в колпак 6 через вентиль 5. Водород и кислород поступают в резак по шлангам из баллонов, соединенных в группы с помощью коллекторов, снабженных рамповыми редукторами. Воздух подается по отдельному шлангу из компрессора или баллонов.

Резак для бензино-кислородной подводной резки стали толщиной до 100 мм изображен на рис. 131. Для питания резака бензином и кислородом применяют установку для подводной резки (БУПР), схема которой дана на рис. 132. Установка состоит из резака 8, пульта управления 4 с редукторами, змеевиков 3 и 2 для газовых баллонов 1 и 10. Бензин подается в резак под давлением до 10 кгс/см^2 из баллона 9, откуда он выдавливается азотом, поступающим из баллона 10, через редуктор. Для зажигания пламени под водой служит электродзепал 7, питаемый током от аккумулятора 5. Кислород

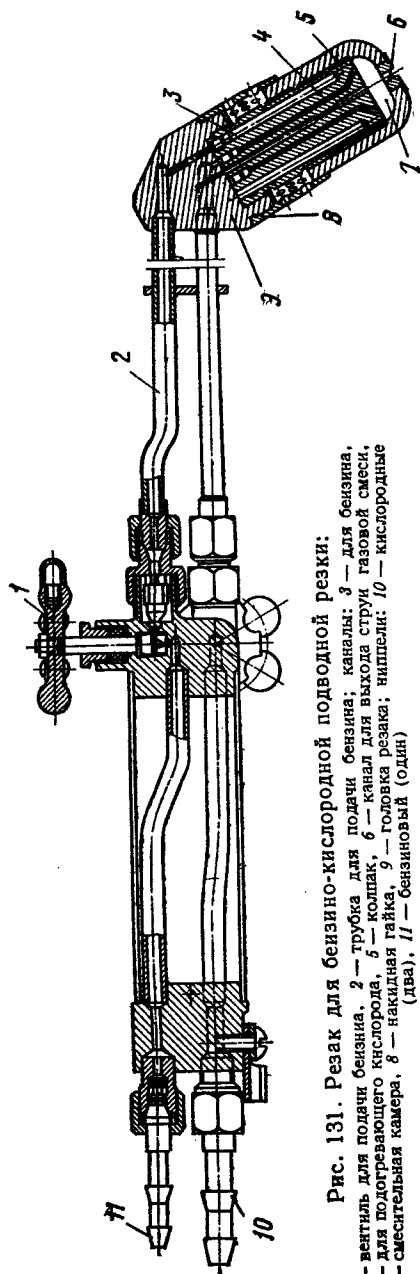


Рис. 131. Резак для бензино-кислородной подводной резки:
 1 — вентиль для подачи бензина, 2 — трубка для подачи бензина, каналы: 3 — для бензина,
 4 — для подогревающего кислорода, 5 — колпак, 6 — канал для выхода струи газовой смеси,
 7 — смешительная камера, 8 — накаливая гайка, 9 — головка резака, 10 — кислородные
 (два), 11 — бензиновый (один)

и бензин подаются в резак по бронированным шлангам 6. Давление кислорода при резке зависит от глубины и может достигать 15 кгс/см^2 .

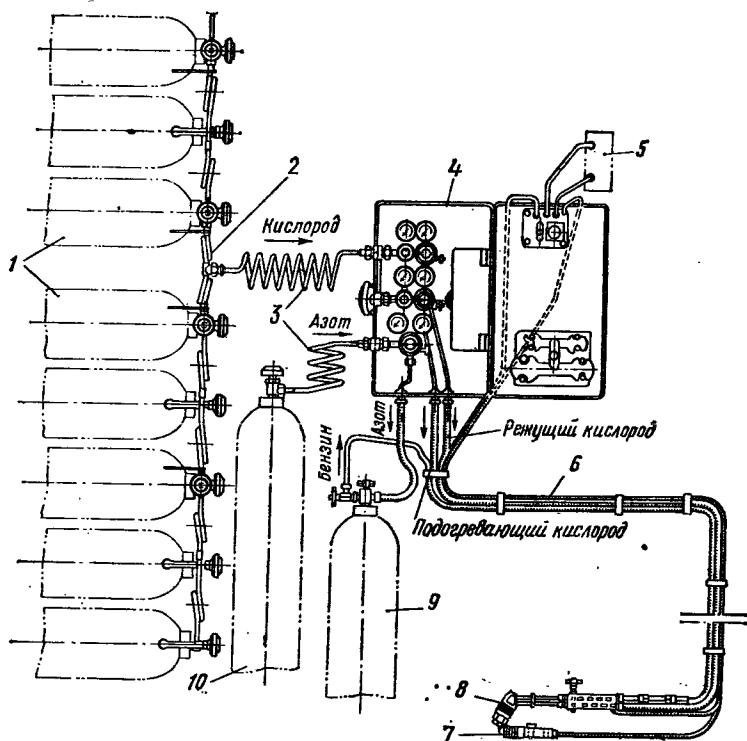


Рис. 132. Схема установки БУПР для бензино-кислородной резки под водой:

1 — кислородные баллоны, 2 и 3 — медные трубки (змеевики), 4 — пульт управления, 5 — аккумулятор, 6 — бронированные шланги, 7 — электроразпал, 8 — резак, 9 — баллон с бензином, 10 — баллон с азотом

§ 4. Копьевая резка

Способ копьевой резки применяют для разрезания низкоуглеродистой и нержавеющей стали и чугуна большой толщины, а также при резке железобетона. Толщина стальных болванок, разрезаемых кислородным копьем, может достигать нескольких метров. Применяют два основных способа копьевой резки: кислородным и кислородно-порошковым копьем (кислородно-флюсовая резка).

Схема копьевой резки дана на рис. 133. Прожигание отверстий в разрезаемой болванке из стали или чугуна или в железобетоне производится концом стальной трубки (копья), в которую непрерывно подается кислород под давлением. Необходимая для процесса теп-

лота выделяется при сгорании конца трубки и железа обрабатываемой болванки. Устройство копьедержателя показано на рис. 134.

В начале процесса конец трубки нагревается до температуры воспламенения горелкой или электрической угольной дугой. Давление кислорода в начале процесса равно $2-3 \text{ кгс/см}^2$, а когда рабочий конец копия углубится в металл до $30-50 \text{ мм}$, давление кислорода увеличивают до $8-15 \text{ кгс/см}^2$, в зависимости от толщины прожигаемого металла. Во избежание приваривания нагретого конца копия к стенке отверстия копьем периодически производят возвратно-поступательные движения в пределах $100-150 \text{ мм}$, поворачивая на $1/4$.

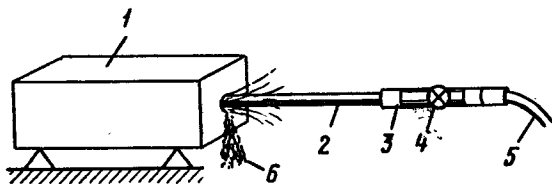


Рис. 133. Схема процесса копьевой резки:

1 — болванка, 2 — кислородное копье, 3 — копьедержатель, 4 — вентиль для пуска кислорода, 5 — шланг для подвода кислорода, 6 — шлаки

оборота в обе стороны. При прожигании отверстий в железобетоне, приваривание копия исключено, поэтому им делают только вращательные движения. Режимы прожигания отверстий в стали и железобетоне даны в табл. 38.

Таблица 38

Режимы кислородно-копьевой резки
при прожигании отверстий

Толщина металла, мм	Давление кислорода, кгс/см ²	Расход кислорода, м ³ /ч
150—300	5—6	40—50
300—600	6—8	50—70
600—1000	8—10	70—90
1000—2000	10—15	90—120

В качестве копия используют (в зависимости от требуемого диаметра отверстия и толщины резки) газовые трубы диаметром от $1/4$ " до 1" или цельнотянутые толстостенные трубы наружным диаметром $20-35 \text{ мм}$. Часто используют газовую трубу диаметром $1/2$ ", внутрь которой заложены 3—4 шт. проволоки из низкоуглеродистой стали диаметром 5 мм. Эти проволоки при сгорании конца копия увеличивают количество выделяющегося тепла в месте резки. Кислород в трубку-копье подводится от рампы баллонов по

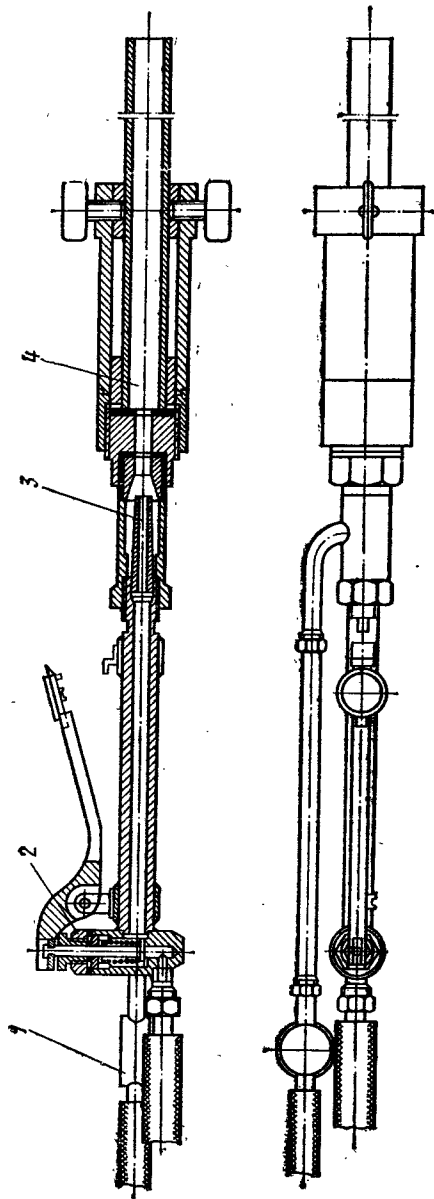


Рис. 134. Копьедержатель:

1 — шланг для подачи флюса, 2 — клапан для пуска кислорода, 3 — сопло инжектора для засасывания флюса, 4 — кислородное колено (стальная труба)

шлангу с внутренним диаметром 13 мм, присоединяемым к трубке через копьедержатель с цанговым или болтовым зажимом.

При порошково-кислородной копьевой резке в трубку-копье после нагрева его конца и подачи кислорода начинают подавать порошкообразный флюс, который по выходе из трубки сгорает, образуя пламя длиной 110—150 мм с температурой около 3500°—4000° С. При резке и прожигании отверстий конец копья в этом случае держат на расстоянии 30—100 мм от стенки (дна) прожигаемого отверстия. В качестве флюса используют смесь из 80 % железного и 20 % алюминиевого порошка. Режимы кислородно-порошковой копьевой резки железобетона марки 200 даны в табл. 39.

Т а б л и ц а 39

Режимы кислородно-порошковой копьевой резки при прожигании отверстий железобетона марки 200

Тип копья	Диаметр отверстия, мм	Удельный расход на 1 м длины прожигаемого отверстия			
		кислорода, м³	трубки, м	флюса, кг	время, мин
Газовая труба диаметром 1/4", флюс — 80% железного и 20% алюминиевого порошка	40—45	5,6	4	3,75	7,5
То же, диаметром 3/8", с тем же флюсом	55	7	4	4,2	7

Перемещая копье в горизонтальном или вертикальном направлении, этими способами можно не только прожигать отверстия, но и производить разрезку болванок, отрезку прибылей литья, вырезку отверстий в железобетонных, кирпичных и каменных строительных конструкциях.

Процесс резки может быть механизирован. Технология и режимы процесса, конструкции копьедержателей, а также установки для ручной и механизированной кислородной и кислородно-порошковой копьевой резки разработаны в сварочной лаборатории МВТУ им. Баумана.

КОНТРОЛЬ СВАРКИ

§ 1. Дефекты швов

Внешние дефекты. Отклонения по ширине и высоте швов. Причинами являются: неправильная подготовка кромок, вследствие чего расстояние между ними по длине шва получается различным и сварщику приходится заполнять уширения наплавленным металлом; неравномерное передвижение горелки и проволоки сварщиком вдоль шва, вследствие чего высота и ширина шва получаются неодинаковыми; несоблюдение установленного режима сварки.

Этот дефект придает шву неопрятный внешний вид. Кроме того, неравномерное распределение наплавленного металла по шву и неравномерная его усадка могут привести к короблению или образованию трещин. Швы с недостаточным усилением подвергают дополнительной наплавке, а излишек наплавленного металла срубают.

Продольные и поперечные трещины могут возникать в наплавленном и основном металле. В последнем случае они обычно расположены около шва, в зоне термического влияния. Причиной образования трещин являются напряжения, которые возникают в металле вследствие неравномерного нагрева и охлаждения, усадки, изменения величины и расположения зерен металла под влиянием нагрева.

Стали некоторых марок склонны к закалке. Вследствие изменения строения металла возникают мелкие (волосные) трещины на границе между основным и наплавленным металлом. Появлению трещин способствует наличие в данном месте дефектов: пор, непровара, включений шлака и т. п. Особенно часто трещины появляются в момент остывания металла после сварки. Возможность их появления тем вероятнее, чем труднее сваривается данный металл. Трещины являются серьезным дефектом и не допускаются в швах ответственных сварных конструкций.

Наружные трещины выявляют внешним осмотром с помощью лупы. Участки с трещинами вырубают и заваривают вновь.

Подрезы представляют собой уменьшение толщины основного металла в месте перехода к наплавленному металлу (рис. 135, а). Этот дефект получается при сварке горелкой большой мощности и выплавлении основного металла. Подрез уменьшает толщину металла и является опасным местом, в котором прочность сварного соединения понижается. Обнаруживают подрез внешним осмотром, а устраняют последующей заваркой с предварительной расчисткой дефектного места.

Незаплавленные углубления, остатки шлака и неровная поверхность шва являются следствием недостаточной квалификации сварщика или небрежного выполнения работы. Поверхность шва полу-

чается неровной в том случае, если сварщик неправильно ведет сварку, применяет не соответствующую по мощности горелку, нетвердо держит горелку и проволоку в руках, одновременно расплавляет основной металл и проволоку, вследствие чего конец проволоки часто приваривается к металлу. На поверхности остаются следы от брызг наплавленного металла, включения окислов в виде точек, пленки, незаплавленные участки металла. Выявляют эти дефекты наружным осмотром. Швы с большим количеством таких дефектов обладают пониженной прочностью, поэтому их вырубает до основного металла и накладывают новые швы.

Непровар и несплавление металла в корне шва (рис. 135, б) — весьма серьезный дефект. В месте непровара и несплавления прочность шва резко снижается и соединение становится ненадежным. Кроме того, в дефектных местах возникают напряжения, которые понижают сопротивление шва внешним нагрузкам.

Причиной непровара и несплавления бывает недостаточная мощность горелки или слишком быстрое перемещение мундштука горелки, ведущее к недостаточному прогреву свариваемого металла. Попа-

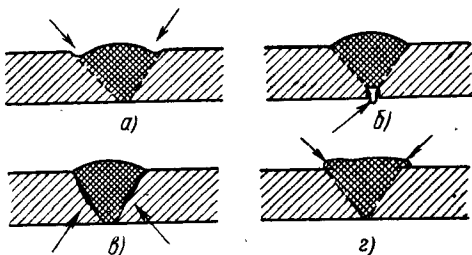


Рис. 135. Подрезы (а), непровары и несплавления металла в корне шва (б) и кромке (в), наплывы (г)

дание пленки окислов или слоя шлака также может вызвать этот дефект. Непровар в корне шва бывает также в том случае, когда угол скоса кромок слишком мал. Неудовлетворительная зачистка кромок при их подготовке под сварку может также вызвать непровар и несплавление металла вследствие попадания в шов загрязнений.

Обнаруживают этот дефект внешним осмотром шва с обратной стороны. Участки с непроваром металла вырубает или удаляют резак и заваривают вновь.

Наплывы (рис. 135, г) происходят при слишком быстром плавлении проволоки и натекании жидкого металла на недостаточно нагретую поверхность основного металла кромок шва. Наплывы могут быть в отдельных местах или иметь значительную протяженность и часто сопровождаются непроваром в кромке. Обнаруженные наплывы срубают и проверяют, нет ли в этом месте непровара, который удаляют, как указано выше.

Внутренние дефекты. *Пористость шва* образуется вследствие поглощения расплавленным металлом газов (водорода, окиси углерода), которые не успевают выделиться при остывании металла и остаются в нем в виде газовых пузырьков (пор). Поверхностные поры образуются из-за плохой очистки кромок от масла, ржавчины, краски, окалина и других загрязнений, которые, сгорая,

образуют водяной пар и газы, вспенивающие металл и вызывающие пористость. При выкрашивании каплеобразных включений металла и шлаков также образуются поры. Мелкие капли металла попадают в сварочную ванну покрытыми пленкой окислов и не сплавляются с металлом шва. Видимые поры достигают 1,5—2,5 мм в диаметре. Встречаются поры микроскопические, обнаруживаемые только при сильном увеличении. Пористый шов проницаем для газов и жидкостей. Уплотняют его проковкой в процессе сварки при температуре светло-красного нагрева.

С помощью лупы можно обнаружить поры, которые частично выходят на поверхность шва. Для обнаружения внутренних пор необходимо испытание изделий под давлением водой, сжатым воздухом, керосином или просвечиванием рентгеновскими и гамма-лучами. Если по условиям работы данного изделия шов должен быть плотным, то пористые места вырубает и заваривают вновь.

Шлаковые включения и окислы, так же, как и поры, несколько ослабляют шов. Они попадают в металл при сварке окислительным пламенем.

Непровар в кромке (рис. 135, в) возникает при сварке горелкой недостаточной мощности или слишком быстром перемещении ее. Вследствие этого наплавленный металл попадает на недостаточно нагретую поверхность и сплавления (провара) металла не получается. Сила сцепления между основным и наплавленным металлом в данном месте будет незначительна, а валик шва может отделиться от кромок. Причинами непровара металла могут быть также неправильный угол наклона горелки, смещение горелки на одну из кромок, более низкая температура плавления присадочного металла по сравнению с основным, недостаточный угол скоса кромок, слишком большое притупление кромок.

В изломе шва непровар всегда заметен в виде темной полосы на границе между наплавленным и основным металлом. Обнаружить непровар в кромке можно только просвечиванием шва рентгеновскими или гамма-лучами. Дефектное место удаляют и вновь заваривают.

Внутренние трещины возникают по тем же причинам, что и наружные. Продольные внутренние трещины часто образуются в корне шва. Обнаруживают внутренние трещины просвечиванием рентгеновскими или гамма-лучами. Участки шва с трещинами удаляют и заваривают.

Перегрев металла характеризуется увеличением размера зерен металла при нагреве выше критической температуры. Чем крупнее зерна, тем меньше поверхность сцепления между ними и тем выше хрупкость металла. Поэтому перегретый металл шва обладает повышенной хрупкостью и низким сопротивлением ударным нагрузкам. Дефект, вызванный перегревом металла шва, исправляют последующей термической обработкой.

Пережог металла характеризуется наличием в его структуре окисленных зерен металла, обладающих из-за наличия на них плен-

ки окислов малым взаимным сцеплением. Поэтому пережженный металл хрупок и не поддается исправлению. Пережог металла возникает при сварке пламенем с избытком кислорода, без применения проволоки с раскисляющими добавками. Участки с пережженным металлом полностью удаляют до здорового металла и заваривают вновь.

§ 2. Виды контроля сварных швов

Наружный осмотр и проверка размеров шва (ГОСТ 3242—69) выявляют внешние дефекты: неровности по ширине и высоте, подрезы, неполномерность, непровар в корне шва (если он доступен для осмотра), трещины, шлаковые включения, крупные поры. С помощью лупы 10—20-кратного увеличения можно заметить мелкие трещины и поры шва.

Место шва, где предполагают наличие трещин, промывают спиртом, затем травят 10%-ным водным раствором азотной кислоты до появления матовой поверхности. Перед травлением поверхность металла зачищают личным напильником и наждачной бумагой. После осмотра через лупу поверхность металла зачищают наждачной бумагой и протирают денатурированным спиртом для удаления остатков кислоты.

Размеры шва (ширину и высоту валика, размеры подварки с обратной стороны и пр.) проверяют соответствующими шаблонами или универсальными измерителями.

Испытание механических свойств наплавленного металла и сварного соединения. Для этого испытания одновременно со сваркой шва сваривают пробные пластины из того же металла, той же толщины и теми же режимами. Из пластин вырезают и изготавливают на станках образцы стандартной формы и размеров, которые подвергают испытаниям в лаборатории с целью определения временного сопротивления, относительного удлинения, ударной вязкости, твердости. Методы испытаний механических свойств металла шва и сварного соединения регламентированы ГОСТ 6996—66.

Засверливание шва делают для определения непровара корня или кромки в отдельных местах. В проверяемом месте шов засверливают сверлом или конической фрезой (шарошкой), диаметр которых на 3 мм больше ширины шва. Угол заточки сверла или шарошки равен углу раскрытия кромок шва. Поверхность засверленного места протравливают 10—12%-ным водным раствором двойной соли хлористой меди и аммония; при этом непровар хорошо заметен. После испытания засверленное место заваривают.

Исследование макро- и микроструктуры. Структура металла, видимая невооруженным глазом на отшлифованной и протравленной 10%-ным водным раствором азотной кислоты поверхности образца, называется *макроструктурой*. Шлиф делают на образцах, вырезанных из шва пробных пластин. При этом

способе выявляют непровар, шлаковые включения, раковины, поры, трещины, несплавление и пр.

Микроструктурой называется строение металла, видимое под микроскопом при увеличении в 100—2000 раз. Поверхность шлифа должна быть тщательно отполирована и протравлена 2—4 %-ным спиртовым раствором азотной кислоты или другими специальными реактивами. Микроструктура позволяет обнаружить перегрев и пережог металла, наличие окислов по границам зерен, изменение состава металла вследствие выгорания его элементов при сварке, микроскопические трещины, поры и пр.

Исследование макро- и микроструктуры проводят в лаборатории и по их результатам судят о правильности применяемого режима сварки. Эти испытания позволяют также установить причины дефектов шва и предупредить их появление в процессе сварки.

Гидравлические и пневматические испытания сосудов.

Цель пневматических испытаний — проверка плотности шва. Гидравлические испытания, помимо проверки плотности, позволяют проверить прочность сосуда в целом при наибольших нагрузках.

При гидравлическом испытании сосуд наполняют водой и гидравлическим насосом создают в нем давление, превышающее максимальное рабочее давление для данного изделия*. Под пробным давлением сосуд выдерживают 5 мин. Затем давление снижают до рабочего и при этом давлении швы слегка обстукивают на расстоянии 15—20 мм от кромок закругленным молотком весом 1 кг, после чего тщательно осматривают швы. Места, в которых обнаружены при осмотре течь или потение, отмечают мелом и после снятия давления, вырубают и заваривают вновь.

Пневматическое испытание производят сжатым воздухом при рабочем давлении сосуда. Плотность швов проверяют обмазыванием их мыльным раствором или погружением в воду, если это позволяют габариты сосуда. В местах неплотностей образуются пузыри. В целях безопасности пневматическое испытание производит только после предварительного гидравлического испытания сосуда.

Плотность шва можно проверить также *керосином*. Для этого шов с одной стороны обмазывают мелом, разведенным на воде. После высыхания мела шов с обратной стороны смачивают керосином. При наличии неплотностей, пор и трещин керосин просачивается через них и на меловой покраске появляются пятна. Способ применяют при проверке плотности швов резервуаров и сосудов, не работающих под давлением.

Плотность шва можно проверить *способом С. Т. Назарова*. Для этого шов снаружи оклеивают полосками бумаги, пропитанной 5%-

* Для сосудов, у которых рабочее давление менее 5 кгс/см², величина пробного гидравлического давления берется на 50% больше рабочего давления, но не ниже 2 кгс/см². При рабочем давлении свыше 5 кгс/см² пробное гидравлическое давление должно на 25% (но не менее чем на 3 кгс/см²) превышать рабочее давление.

ным раствором азотнокислой ртути, а сосуд испытывают на рабочее давление сжатым воздухом с примесью 1% аммиака. Аммиак проникает через неплотности шва и вызывает потемнение бумаги против дефектного места.

Применяют также вакуумный способ проверки плотности швов, например, днищ резервуаров. Шов смачивают мыльным раствором и на проверяемый участок устанавливают вакуумную камеру с крышкой из прозрачного плексигласа. Камера не имеет дна и уплотняется на поверхности листа резиновой прокладкой. При откачке вакуум-насосом воздуха из камеры в ней появляются пузыри в местах расположения дефектов шва (трещин, пор и др.).

Плотность сварных и паяных швов проверяют также с помощью *гелиевых и галоидных течеискателей*. При проверке гелиевыми течеискателями в контролируемом сосуде создают вакуум, а швы снаружи обдувают смесью гелия с воздухом. При неплотности в шве гелий проникает в сосуд, а затем поступает в течеискатель, который обнаруживает присутствие гелия в сосуде. Другой способ состоит в том, что в контролируемый сосуд подают под давлением гелий; специальным щупом, соединенным с вакуум-насосом и камерой течеискателя, проводят по швам и улавливают протекание гелия из сосуда. Применяют гелиевые течеискатели ПТИ-4А и ПТИ-6. Течеискатель ПТИ-6 имеет высокую чувствительность, равную $10^{-7} \text{ см}^3 \text{ мм рт. ст./сек.}$

При использовании галоидных течеискателей внутри контролируемого сосуда создают избыточное давление и вводят галоидный газ* (фреон-12), который проникает через неплотности шва и улавливается вакуумным щупом течеискателя.

Галоидный течеискатель ВАГТИ-4 имеет чувствительность, меньшую, чем гелиевый, равную $10^{-4} \div 10^{-5} \text{ см}^3 \text{ мм рт. ст./сек.}$ Галоидные течеискатели нельзя применять в цехах, где производят сварку и пайку с флюсами, содержащими фтор и хлор, так как присутствие этих газов в воздухе цеха вызывает ложные сигналы в течеискателе.

С помощью течеискателей можно обнаруживать микроскопические течи, которые не могут быть выявлены другими методами. Этот способ применяется при проверке плотности швов ответственных изделий (например, сосудов и трубопроводов с вакуумной теплоизоляцией для хранения и транспортирования сжиженных газов — кислорода, азота, водорода).

П р о с в е ч и в а н и е ш в о в. Просвечиванием обнаруживают внутренние дефекты-трещины, непровары, поры, шлаковые включения. Этим способом проверяют швы ответственных изделий, например, сосудов, работающих под давлением. Для просвечивания применяют рентгеновские лучи или излучение радиоактивных эле-

* Фреон-12 — газообразное химическое соединение, называемое дихлорфторметаном; его химическая формула CCl_2F_2 .

ментов (гамма-лучи*). Эти лучи, не видимые человеческим глазом, способны проникать через толщу металла, действуя на светочувствительную фотопленку, приложенную к шву с обратной стороны.

В тех местах шва, где имеется дефект (поры, трещины и др.), поглощение лучей металлом будет меньше, и они окажут более сильное воздействие на чувствительную к лучам эмульсию пленки. Поэтому в данном месте на пленке после ее проявления будет более темное пятно, соответствующее по размерам и форме имеющемуся дефекту. Снимок шва, сделанный на пленку, носит название *рентгенограммы* или *гаммограммы* шва. Обычно просвечивают от 100 до 25% общей длины швов, согласно нормам, установленным правилами Госгортехнадзора для сосудов, работающих под избыточным давлением свыше $0,7 \text{ кгс/см}^2$.

Для просвечивания сварных швов применяют рентгеновские аппараты, состоящие из специального трансформатора с выпрямителем и особой лампы — рентгеновской трубки. При прохождении через электроды трубки выпрямленного тока высокого напряжения (150 000—180 000 в) в трубке возникают рентгеновские лучи.

В качестве источников гамма-лучей используют следующие радиоактивные вещества: при толщине стали 1—15 мм — тулий-170, 3—50 мм — иридий-192 и европий 152—154, 5—100 мм — цезий-137, 20—250 мм — кобальт-60. Небольшое количество радиоактивного вещества помещают в стеклянную ампулу.

Выявляемость дефектов при просвечивании гамма-лучами ниже, чем при просвечивании рентгеновскими лучами. Поэтому гамма-лучи используют только в тех случаях, когда рентгеновские лучи нельзя применять из-за формы изделия, малой доступности шва или большой трещины металла.

Рентгеновские гамма-лучи при больших дозах облучения вредны для организма, поэтому рентгенотрубку или ампулу с радиоактивным веществом помещают в свинцовую оболочку. Свинец не пропускает рентгеновские и гамма-лучи и делает процесс просвечивания безопасным для обслуживающего персонала.

В свинцовой оболочке делают узкую щель, через которую лучи могут падать на просвечиваемый участок шва. Ампулу с радиоактивным веществом в момент просвечивания временно вынимают из свинцового футляра, в котором она постоянно хранится. Просвечивание швов рентгеновскими и гамма-лучами выполняется специально обученным персоналом. После проявления пленки шов обозначается на ней в виде светлой полосы. Темные точки на светлой полосе шва указывают места расположения пор или шлаковых включений. Непровар или трещина дают на пленке темные линии. Схемы просвечивания показаны на рис. 136 и 137 контейнер и ампула с радиоактивным веществом — на рис. 138.

* Гамма-лучи испускаются естественными (природными) радиоактивными веществами (радием, мезоторием) и искусственными радиоактивными изотопами кобальта, цезия, иридия, европия, тулия и других элементов

Рис. 136. Схема просвечивания металла:

a — рентгеновскими лучами, *б* — гамма-лучами; 1 — рентгеновская трубка, 2, 7 — защитный футляр со свинцовой оболочкой, 3 — просвечиваемый металл, 4 — защитные экраны, 5 — кассета с пленкой, 6 — дефект в металле, 8 — ампула с радиоактивным веществом

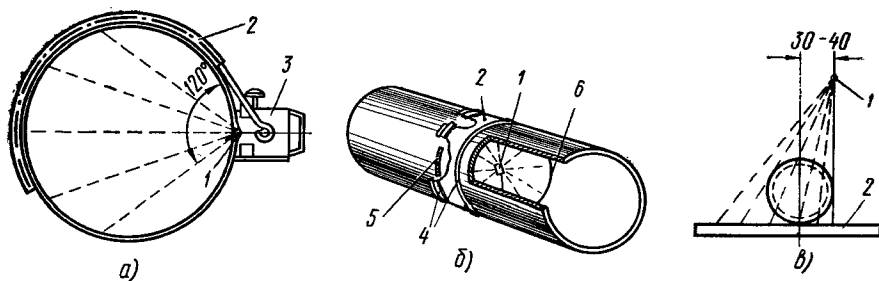
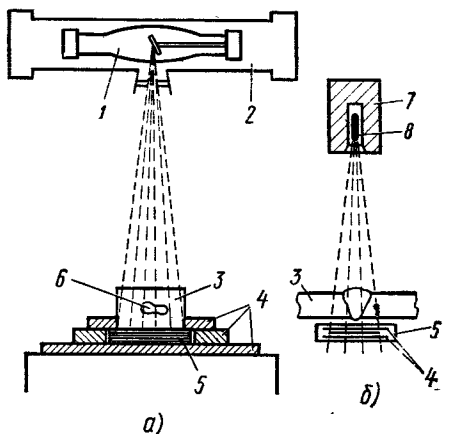
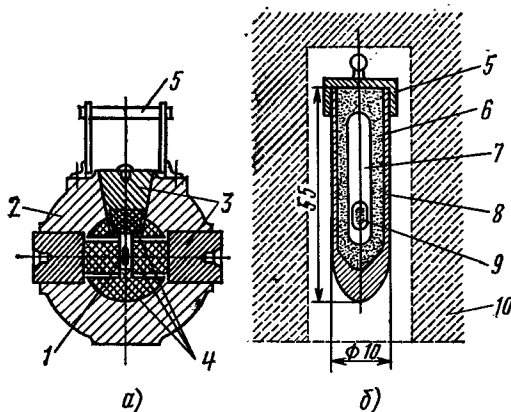


Рис. 137. Способы просвечивания стыков труб:

a — труб любого диаметра (через две стенки), *б* — труб диаметром более 200 мм, *в* — труб малого диаметра (до 75 мм); 1 — источник излучения, 2 — кассета с пленкой, 3 — контейнер с ампулой радиоактивного вещества, 4 — резиновая лента, 5 — дефектометр, 6 — контролируемый сварной стык

Рис. 138. Контейнер (*a*) и ампула (*б*) с радиоактивным веществом:

1 — ампула с радиоактивным веществом, 2 — чугунный корпус, 3 — чугунные пробки, 4 — свинец, 5 — крышка, 6 — вата, 7 — стеклянная ампула, 8 — латунная гильза, 9 — радиоактивное вещество, 10 — свинцовый футляр



ГОСТ 7512—69 установлены следующие обозначения дефектов швов, обнаруживаемых при расшифровке рентгено- и гаммограммы: П — газовые поры; Ш — шлаковые включения; Н — непровары; НС — непровар сплошной; ТП — трещины поперечные; ТР — трещины радиальные, ТПр — трещины продольные.

По характеру распределения дефекты делятся на группы: А — отдельные дефекты; Б — цепочка дефектов; В — скопление дефектов. Например, если на рентгенограмме имеется надпись ПБ-1-15; ТП-4-1; Ш-0; Н-0; длина снимка 100 мм, то она означает, что на участке шва длиной 100 мм выявлены: цепочка пор размером 1 мм на протяжении 15 мм; одна поперечная трещина длиной 4 мм; шлаковых включений и непроваров не обнаружено.

Ультразвуковой и магнитный методы контроля швов. Ультразвуковой метод основан на способности высокочастотных (свыше 20 000 гц) колебаний проникать в металл шва и отражаться от поверхности пор, трещин и других дефектов. Ультразвуковые колебания получают с помощью пластинки из кварца или титаната бария (пьезодатчика), к которой подведен переменный ток повышенной частоты (0,8—2,5 Мгц). Отраженные колебания улавливают искателем (щупом) и затем преобразуют в электрические импульсы, дающие на указательный прибор сигнал

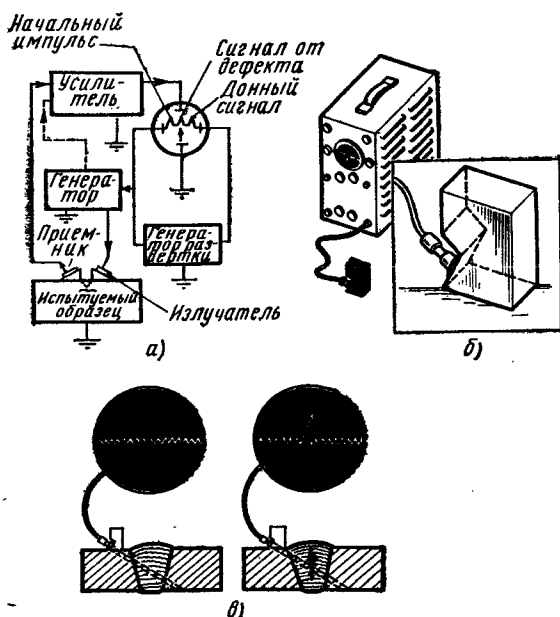


Рис. 139. Ультразвуковой метод контроля сварных швов:

а — схема, б — дефектоскоп (общий вид), в — сигналы дефектоскопа (слева шов без дефектов, справа с трещиной или непроваром)

о наличии дефекта в данном месте шва. Схема ультразвукового контроля (ГОСТ 14782—69) показана на рис. 139.

Ультразвуковой метод может применяться только для металла толщиной не менее 4 мм. Этим способом можно предварительно определить местонахождение скрытого дефекта, а затем просветить это место рентгеновскими или гамма-лучами для более точного выявления размеров и характера дефекта. Количество контролируемых швов то же, что и при просвечивании.

Магнитный метод состоит в покрытии шва стального и чугунного изделия смесью из масла и железного порошка с размерами частиц 5—10 мкм. Затем изделие намагничивают с помощью постоянного

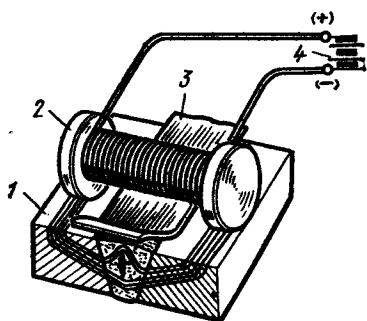


Рис. 140. Схема записи при магнитографическом методе контроля:

1 — контролируемый образец, 2 — электромагнит, 3 — ферромагнитная лента, 4 — источник постоянного тока

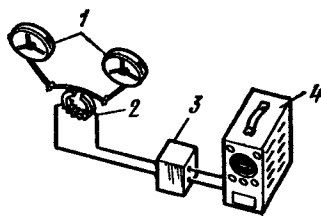


Рис. 141. Схема устройства для воспроизведения записи:

1 — катушка с лентой, 2 — приемная головка, 3 — усилитель, 4 — осциллограф

или переменного сварочного тока до 200 а от преобразователя или трансформатора. Под действием магнитного поля частицы железного порошка располагаются гуще около мест, где имеются дефекты: непровар, включение шлака, трещина и пр. Это объясняется образованием на этих участках местных магнитных полюсов, притягивающих частицы порошка. Магнитным методом можно выявить в стальных изделиях мелкие внутренние трещины и непровары на глубине до 5—6 мм. Дефекты на большой глубине, а также поры и шлаковые включения этим методом не выявляются.

Применяется также магнитографический метод контроля сварных швов стальных трубопроводов. Дефекты шва этим способом фиксируются на ферромагнитной пленке, подобной звукозаписывающей. Вследствие неоднородности металла шва в дефектном месте магнитная проницаемость его изменяется, соответственно меняется и степень намагничивания пленки в этом месте. Наличие дефекта, например трещины, увеличивает остаточную намагниченность пленки. Если затем пленку пропустить через аппарат для вос-

произведения магнитной звукозаписи, а получаемые импульсы передать на осциллограф*, то по величине и форме отклонения луча на экране осциллографа можно судить о величине и характере дефекта шва.

Магнитографический метод контроля прост и точен, им можно проверять швы в различных пространственных положениях, он безопасен для обслуживающего персонала. Этот метод может приме-

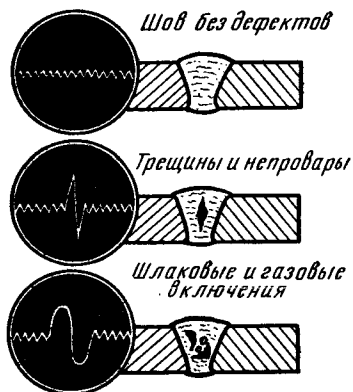


Рис. 142. Характер кривых (в зависимости от вида дефекта), получаемых на экране осциллографа при воспроизведении записи

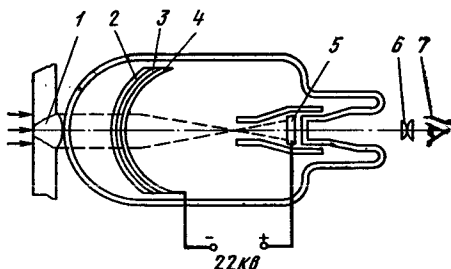


Рис. 143. Схема электронно-оптического преобразователя для контроля сварных швов:

1 — шов, 2 — алюминиевый экран, 3 — слой флюоресцирующего вещества, 4 — фотокадод, 5 — флюоресцентный экран, 6 — увеличительная линза, 7 — глаз наблюдателя

няться для стали толщиной не более 12 мм. Им пользуются при контроле стыков трубопроводов, свариваемых в полевых условиях. На рис. 140 дана схема записи контроля при магнитографическом методе, на рис. 141 — схема устройства для воспроизведения записи, а на рис. 142 — характер кривых на экране осциллографа при воспроизведении записи.

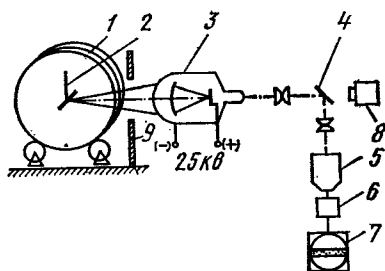
Контроль с помощью электронно-оптического преобразователя. Схема электронно-оптического преобразователя показана на рис. 143. Шов 1 просвечивают рентгеновскими лучами, которые, пройдя стеклянную стенку вакуумной трубки, вызывают свечение слоя 3 флюоресцирующего вещества, нанесенного на алюминиевый экран 2, на котором возникает изображение шва. Непосредственно на флюоресцентный экран 3

* Осциллографом называется электронный прибор, применяемый для наблюдения и регистрирования переменных электрических токов высокой частоты. Наблюдение производится с помощью специального экрана, на котором колеблющийся луч образует сплошную кривую, соответствующую частоте и величине колебаний. Колебания могут регистрироваться также на фотопленке.

нанесен фотокатод 4. Свечение экрана освобождает электроны фотокатода, число которых в каждой его точке будет пропорционально яркости свечения экрана и интенсивности лучей, прошедших через шов. Освобожденные электроны ускоряются высоким напряжением

Рис. 144. Схема автоматизированного контроля сварных швов с применением электронно-оптического преобразователя:

1 — сварное изделие, 2 — рентгеновская трубка, 3 — электронно-оптический преобразователь, 4 — оптическая система, 5 — кинескоп, 6 — усилитель, 7 — кинескоп телевизора, 8 — фото- или кинокамера, 9 — свинцовый экран



внешнего источника питания и попадают на анод — флюоресцентный экран 5, вызывая его свечение, яркостью в 1000 раз больше, чем у экрана 3. На экране 5 возникает уменьшенное изображение шва, которое наблюдатель 7 рассматривает через оптическую увеличительную линзу 6. Этим методом можно просматривать все сварные швы, выявляя скрытые дефекты.

Способ контроля сварных швов просвечиванием рентгеновскими лучами с применением электронно-оптических преобразователей позволяет в несколько раз ускорить, а также автоматизировать контроль. На рис. 144 показана схема автоматизированного способа такого контроля с применением телевизионных экранов для наблюдения дефектов сварки. Максимальная чувствительность метода контроля при помощи электронно-оптических преобразователей достигается при определении дефектов в легких сплавах.

ОРГАНИЗАЦИЯ ТРУДА И РАБОЧЕГО МЕСТА. МЕХАНИЗАЦИЯ И АВТОМАТИЗАЦИЯ СВАРОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА

§ 1. Сведения об экономике промышленного предприятия

На современном этапе коммунистического строительства, характеризующегося быстрым техническим прогрессом, а также существенными качественными изменениями характера труда и экономики производства, значительно возрастают требования к уровню экономической подготовки трудящихся. Для успешной работы на производстве сейчас необходимы не только профессионально-технические навыки, но и знание экономики.

В. И. Ленин неоднократно указывал, что при решении новых задач необходимо учиться работать лучше, упорно овладевать новыми формами и методами труда, отвечающими современным требованиям. Для выполнения этих заветов В. И. Ленина особенно большое значение имеет постановление ЦК КПСС «Об улучшении экономического образования трудящихся»*. Основой экономического образования должно являться изучение выработанной XXIV съездом КПСС экономической политики партии, закономерностей экономического развития общества, ленинских принципов и методов хозяйствования. При изучении экономики должны глубоко раскрываться не только организационно-техническая сторона деятельности трудовых коллективов, но и социально-политический опыт хозяйствования, вырабатываться у каждого работника государственный подход к решению производственных задач, воспитываться коммунистическое отношение к труду и общественной собственности, чувство ответственности за выполнение планов и обязательств, нетерпимости к бесхозяйственности и нарушению дисциплины. Экономическое обучение способствует дальнейшему подъему творческой активности масс в борьбе за рост эффективности производства, коммунистическому воспитанию трудящихся. Каждый работник должен уметь экономически анализировать результаты производства, совершенствовать приемы и методы своего труда, повышать мастерство, бережливо расходовать народное достояние. От этого выигрывают и государство, и каждый член общества. Это увеличивает богатство страны, повышает жизненный уровень советского народа.

Материальной основой нашего общества является *социалистическая промышленность*, деятельность которой определяется государственными народно-хозяйственными планами. В основу органи-

* См. «Правда», 16 сентября, 1971 г.

зации промышленности положены следующие принципы: специализация, кооперирование, концентрация и комбинирование производства. Этим обеспечивается наиболее рациональное использование производственных мощностей, сокращение производственного цикла, повышение производительности труда, снижение себестоимости продукции, улучшение ее качества, быстрее внедрение достижений науки и техники — т. е. повышается экономическая эффективность общественного производства.

Основным звеном социалистической промышленности является *промышленное предприятие*. Предприятие использует выделенные ему основные фонды (здания, сооружения, оборудование и пр.) для производства запланированной продукции, по выпуску которой специализировано данное предприятие. В соответствии с установленным планом каждому предприятию выделяются материалы, покупные изделия, электроэнергия, топливо, фонд заработной платы и пр., необходимые для выпуска установленной планом продукции.

Производственную деятельность предприятие осуществляет на основе *хозяйственного расчета*, сущность которого заключается в обеспечении рентабельности и прибыльности производства. Затраты на изготовление продукции должны возмещаться за счет ее реализации и, кроме того, государство должно иметь доход в виде прибыли. Чем рентабельнее производство, тем больше дохода получит оно государству, тем выше прибыль и больше отчисления в фонд развития предприятия и материального поощрения коллектива, тем выше заработок каждого работника. Таким образом, результаты деятельности каждого предприятия и промышленности в целом, т. е. выполнение плана отдельного предприятия и всего народнохозяйственного плана зависят от каждого из работающих, их настойчивости, умения, организованности и дисциплины.

Плановость является основой социалистического производства. Основной задачей планирования народного хозяйства является обеспечение планомерного роста общественного производства, пропорциональности развития всех отраслей промышленности, транспорта, науки, культуры и пр.; предупреждение возникновения диспропорций, создание необходимых резервов, укрепление обороноспособности страны, непрерывное повышение уровня благосостояния и культурного развития народа.

На основе перспективного плана и заданий на предстоящий год каждое предприятие разрабатывает годовой *техпромфинплан*, утверждаемый вышестоящей организацией. Основными показателями техпромфинплана являются: общий объем реализуемой продукции в оптовых ценах (тыс. руб.); важнейшие виды продукции в натуральном (шт., т) и денежном (тыс. руб.) выражении; показатели качества продукции; общая сумма прибыли; рентабельность (отношение прибыли к сумме основных производственных фондов и нормируемых оборотных средств); платежи в госбюджет; ассигнования из госбюджета; объем централизованных капитальных вложений; объем строительно-монтажных работ; ввод в действие но-

вых производственных мощностей за счет централизованных капиталовложений.

Техпромфинплан имеет ряд разделов: план производства и реализации продукции; план повышения эффективности производства (оргтехплан); план капитальных вложений, строительства, монтажа, капитального и среднего ремонта; план материально-технического снабжения; план по труду и заработной плате; план по себестоимости продукции, прибыли и рентабельности производства; план по фондам экономического стимулирования; финансовый план.

Годовой план производства продукции имеет квартальную и месячную разбивку. Внутри предприятия существует система *оперативно-производственного планирования*, основной задачей которого является обеспечение ритмичной, согласованной работы всех подразделений и служб (цехов, пролетов, участков и пр.).

Все подразделения предприятия объединены *единой технологической и организационной взаимосвязью* и работают для выполнения общей задачи — выпуск продукции по установленной планом номенклатуре и отвечающей действующим техническим и государственным стандартам (ГОСТ).

Управление промышленности предприятиями в нашей стране осуществляется на основе ленинских принципов социалистического хозяйствования: единства политического и хозяйственного руководства; демократического централизма; единоначалия; правильного подбора и расстановки кадров; материальной и моральной заинтересованности трудящихся в результатах производства; хозяйственного расчета; участия трудящихся в управлении производством; проверки исполнения. Руководители предприятий и их подразделений при решении технических и хозяйственных задач должны руководствоваться политикой нашей партии, прежде всего учитывать государственные интересы, не допускать ведомственного подхода и местничества при решении вопросов. В этом состоит сущность единства политического и хозяйственного руководства.

Демократический централизм является одной из особенностей социалистического метода хозяйствования и заключается во всемерном развитии инициативы широких трудящихся масс, организации народного контроля, движении рационализаторов и изобретателей, партийно-хозяйственных активах, производственных совещаниях и пр.

Особое значение имеет *социалистическое соревнование*, главной задачей которого в современных условиях является мобилизация сил трудящихся на всемерное повышение производительности труда, эффективности общественного производства.

Единоначалие состоит в том, что все работники предприятия подчиняются соответствующему руководителю (предприятия в целом и его подразделений), облеченному необходимыми правами и несущему полную ответственность за свой участок. Руководитель должен поддерживать контакт с коллективом, обсуждать с ним накопленный опыт и предложения, выдвигаемые работниками.

Большое значение имеет *научная организация труда* (НОТ). Она включает в себя технические, организационные и социально-экономические мероприятия, внедрение которых позволяет создать наилучшие условия для выполнения трудового процесса с целью достижения высокой производительности труда и экономической эффективности производства. На каждом предприятии составляются планы НОТ, включающие мероприятия по оснащению рабочих мест современными машинами, оборудованием и приспособлениями, улучшению их обслуживания, снабжения материалами и рациональную организацию, повышению технико-экономических знаний работников, повышению их материальной и моральной заинтересованности в результатах труда и др.

В условиях социалистического предприятия весь коллектив его объединен общими целями и интересами. Отсюда возникают и новые формы организации труда — социалистическое соревнование, бригады коммунистического труда, новаторство и др. Эффективность общественного производства будет значительно повышена, если каждый работающий, помимо своих профессиональных знаний, будет приобретать знания и в области экономики производства. Для углубленного изучения вопросов экономики следует использовать специальную учебную литературу, имеющуюся по данной области знаний*.

§ 2. Организация труда и рабочего места

Сварщик и резчик должны быть загружены работой на полный рабочий день, имея к началу работы наряд и необходимую техническую документацию — чертежи, технологические карты и пр.

В карте дается эскиз расположения швов, их размеры, режим сварки и другие сведения, необходимые для правильного ведения процесса. Мастер должен проинструктировать сварщика о порядке сварки и режиме работ. Кроме того, сварщика нужно обеспечить необходимым комплектом сварочной аппаратуры, проволокой, кислородом и горючим газом. Для содержания в исправном состоянии всю сварочную аппаратуру и оборудование периодически проверяют и ремонтируют.

Кислород и ацетилен подавать к постоянным постам для сварки, резки целесообразнее по трубопроводам от центральных распределительных рампы, ацетиленовых генераторов или баллонов.

Постоянное рабочее место должно быть оборудовано шкафом для хранения инструмента и чертежей, сборочно-сварочными приспособлениями, сварочными столами. Если сваривают мелкие детали, то сварщик должен иметь стол и табурет. Необходимо все инструменты располагать в определенном порядке и иметь их под рукой.

* М. М. Брейтман, Л. П. Шебеко. Экономика, организация и планирование сварочного производства. «Машиностроение», изд. 2-е, 1970.

Рабочее место для сварки тяжелых изделий следует оборудовать подъемными приспособлениями и кантователями. В зависимости от размеров свариваемых изделий и характера сварочных работ рабочее место может быть расположено в цехе у сварочного стенда или на монтажной площадке. При сварке, проводимой при монтажных работах, рабочее место в случае необходимости должно быть защищено от ветра, дождя, снега и иметь ограждения. При частой смене места работы необходимы приспособления (тележки) для быстрого перемещения баллонов, ацетиленовых генераторов и сварочного инструмента. К местам сварки должны быть сделаны безопасные подходы (лестницы), снабженные соответствующими ограждениями. Для работы в зимних условиях на открытом воздухе сварщики должны быть снабжены теплой спецодеждой. Вблизи места работ необходимо оборудовать теплое помещение для периодического обогрева рабочих.

При монтаже ответственных конструкций создают специализированные сварочные участки. Монтажной сварке таких объектов предшествует разработка проекта организации сварочно-монтажных работ. В проекте предусматривают расположение сварочного оборудования, определяют потребность в сварочном, подъемно-транспортном оборудовании и материалах, устанавливают график выполнения сварочных работ на объекте, определяют потребность в сварщиках, составляют технологический процесс сварки, где указывают режимы сварки и требуемые приспособления.

Если объем сварочно-монтажных работ невелик, то организация работ упрощается. В этом случае сваркой руководят производитель строительных работ и монтажный мастер. Специального мастера по сварке выделяют только при 8—10 сварщиках и более.

Использование различных приспособлений для установки, закрепления элементов свариваемой конструкции или изделия при их сборке, прихватке и сварке значительно уменьшает трудоемкость сборочно-сварочных работ, повышает точность сборки и качество сварки, снижает деформации и коробления при сварке, сокращает длительность производственного цикла и снижает себестоимость изделия. Поэтому при современном уровне организации сварочных работ использование приспособлений является обязательным. Сборка и сварка без приспособлений допускаются только в отдельных случаях, когда это диктуется необходимостью и местными условиями (ограниченными сроками работ, простотой формы конструкции и др.).

При сборке и сварке в качестве приспособлений используют прихватки, стяжки, плиты, распорки. Находят широкое применение и сложные приспособления — кондукторы, поворотные столы (манипуляторы), кантователи, роликовые стенды и др. Сложные приспособления выгодны при массовом и крупносерийном производстве однотипных сварных изделий.

В качестве упоров используют фиксаторы из отрезков уголков, шпильки и др. Зажимные болты изготовляют с квадратной или прямоугольной головкой, вставляемой в пазы стеллажа. Для стягивания

листов и деталей применяют струбцины и скобы различных размеров и конструкций.

Используют также быстродействующие пневматические зажимные устройства, приводимые в действие сжатым воздухом давления $4-5 \text{ кгс/см}^2$, подача которого в зажимное устройство и выпуск из него осуществляются поворотом распределительного крана.

Стяжки и распорки применяют для стягивания листов между собой или распора их изнутри, например при сварке цилиндрических обечаек.

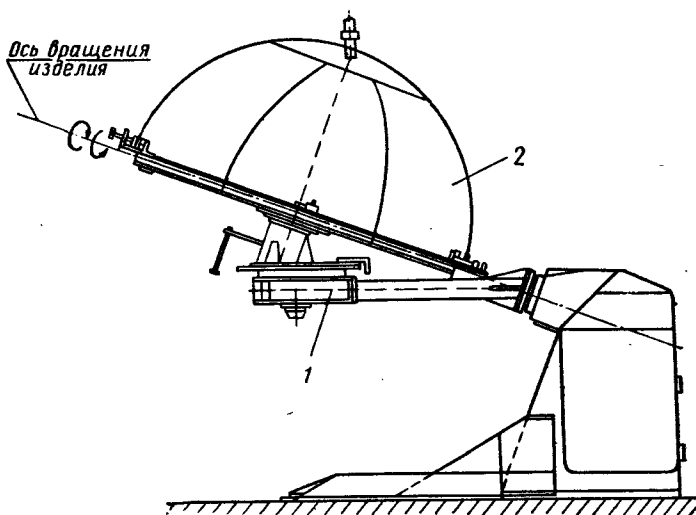


Рис. 145. Универсальный сварочный манипулятор УСМ-500:
1 — манипулятор, 2 — свариваемое изделие

Распорные приспособления состоят из двух или нескольких болтов, ввертываемых в общую стяжку или кольцо; вращая болты, распирают обечайку изнутри. Обычно этими приспособлениями пользуются при сварке поперечными швами обечаек.

При монтаже и сварке резервуаров для стягивания и выравнивания кромок листов используют сборочно-клиновые приспособления. Для повышения точности сборки и сварки резервуаров продольными швами применяют струбцины со стяжными винтами.

В качестве универсальных поворотных приспособлений применяют поворотные столы (манипуляторы и позиционеры), которые могут поворачиваться в пределах до 360° и наклоняться под углом до 180° (рис. 145). Столы делают с ручным приводом или с приводом от электродвигателя. Существуют манипуляторы с гидравлическим, пневматическим (сжатым воздухом) или комбинированным (гидро- и пневмоэлектрическим) приводами

Использование манипуляторов и позиционеров в 1,5—2 раза сокращает время, затраченное на вспомогательные операции, облегчает труд сборщиков и сварщиков, повышает производительность труда на 15—20% и улучшает качество швов. Манипуляторы используют не только при сварке изделия, но также при операциях по сборке, контролю, очистке, покраске и отделке изделия до и после сварки.

Кондукторы предназначены для сборки и сварки какого-либо одного определенного узла или изделия. Кондукторы устанавливают правильное расположение отдельных частей изделия, ускоряют сборку, обеспечивают необходимую точность, а также уменьшают коробление детали при сварке. Они обычно состоят из рамы-каркаса с расположенными в нем упорами и зажимами для закрепления деталей. В случае необходимости кондукторы делают поворотными. Применяют также кондукторы и приспособления, в которых свариваемые детали закрепляют с помощью электромагнитов.

§ 3. Механизация и автоматизация сварочного производства

Механизация и автоматизация являются основой дальнейшего технического развития современного производства вообще и в том числе сварочного. Однако механизация и автоматизация только самих процессов сварки и резки не решают полностью задачу механизации и автоматизации сварочного производства в целом на данном участке или предприятии. Необходима также механизация вспомогательных трудоемких, тяжелых, а иногда и вредных работ: подготовки металла под сварку, транспортировки заготовок, перемещения изделия при сборке и сварке на стенде, зачистки швов и др. Некоторые из перечисленных видов работ выполняют с помощью различных механизмов общего или специального назначения: грузоподъемных мостовых кранов, автопогрузчиков, электрокар, тельферов, кранов-укосин, лебедок, рельсовых тележек, роlikоопор, кантователей, манипуляторов, шлакоуборочных столов и многих других.

Наибольший технико-экономический эффект дает комплексная механизация и автоматизация сварочного процесса, особенно при организации линий непрерывного *поточного производства*. В линии поточного производства механизмируются и автоматизируются почти все операции, включая подачу металла со склада, подготовку его, раскрой, сборку, сварку, испытание после сварки, покраску и отделку, подачу на склад готовой продукции. В поточном производстве уровень механизации и автоматизации может достигать 80—90%, а в отдельных случаях — 100%. Поточные линии целесообразно организовывать только в условиях массового производства.

Поточные линии проектируют с учетом общего характера производства на данном предприятии. При этом сварочные и резательные посты включают в общую поточную линию, а не размещают их в

отдельных цехах. Такой принцип построения процесса наиболее распространен в условиях массового производства.

Применение механизированных поточных линий на участках заготовки, резки и сварки металлов значительно повышает производительность труда и съем продукции с 1 м² производственной площади.

Высокий уровень автоматизации достигается в процессах кислородной резки металла при применении современных машин-автоматов с программным управлением. В таких процессах использование фонда машинного времени режущих автоматов достигает 90%, а производительность труда возрастает в 3—4 раза. При этом значительно облегчается труд и оздоравливаются условия работы на постах кислородной резки. Один оператор может обслуживать 2—3 машины.

§ 4. Нормирование работ по сварке и резке

Техническое нормирование является основой для разработки техпромфинплана и научной организации труда (НОТ). Цель его — обеспечить лучшее использование оборудования и площадей цеха, повышение производительности труда, снижение себестоимости продукции и повышение рентабельности производства.

Время, устанавливаемое сварщику или резчику на изготовление одной годной детали или заготовки, называется *нормой времени*. Количество подлежащих изготовлению деталей или заготовок за час или смену при правильной организации труда называется *нормой выработки*.

Норма времени дается также на 1 м сварного шва или реза. В этом случае нормой выработки будет являться количество метров шва или реза, выполненное за час или смену.

Норма времени включает:

подготовительно-заключительное время, устанавливаемое на партию изделий с учетом времени на получение заданий, инструктаж, ознакомление с работой, подготовку приспособления, подготовку горелки и резака, сдачу работы;

основное время, необходимое для изготовления данной детали или выполнении 1 м шва или реза; оно включает время, затрачиваемое только на процесс сварки или резки с учетом времени разогрева металла в начале работы;

вспомогательное время, которое учитывает время на промер и осмотр шва, очистку кромок, очистку шва от шлака и брызг, установку и уборку изделия, клеймение шва, переход сварщика или резчика с одного места сварки на другое;

время на обслуживание рабочего места, включающее время на раскладку и уборку инструмента, установку и смену баллонов, подключение шлангов, регулирование давления

газов, включение, регулирование и охлаждение горелки или резака;

время на отдых.

Основное время зависит от марки и толщины свариваемого металла, мощности пламени, способа сварки, вида шва по ориентации в пространстве и квалификации сварщика. При резке основное время зависит главным образом от толщины разрезаемого металла.

В табл. 40 приведены средние значения основного времени для ручной сварки стали различной толщины. Эти данные относятся к левой сварке низкоуглеродистой стали нижним швом.

Таблица 40

Основное время, затрачиваемое при ручной сварке стали

Способ сварки	Основное время в мин на 1 м шва при толщине листов в мм								
	0,5	1	2	3	4	5	6	8	10
С отбортовкой кромок без присадочного металла	4	—	—	—	—	—	—	—	—
Стыковых соединений без скоса кромок, односторонним швом	—	9	10	11	12	14	—	—	—
Стыковых соединений с углом между кромками 70°, односторонним швом	—	—	—	—	—	20	25	30	50

Для определения основного времени при сварке других металлов, а также иными швами данные табл. 40 нужно умножить на следующие поправочные коэффициенты:

Металл и условия сварки	Поправочный коэффициент
Легированные стали	1,2
Чугун	0,77
Медь	0,85
Латунь и бронза	0,7
Алюминий и его сплавы	0,6
Вертикальный шов	1,2
Потолочный шов	1,6
Правая сварка	0,85

Для ориентировочного определения основного времени и расхода газа при сварке стали пользуются также графиком (рис. 146).

Данные об основном времени на резку стали (или о скорости резки) были приведены в гл. VII и VIII.

Для того чтобы найти общее время на сварку или резку, нужно сначала определить основное время, а затем увеличить его на 10—40% с учетом дополнительных затрат времени. Чем лучше

организация труда и рабочего места, тем меньше эти дополнительные затраты времени и тем выше производительность труда.

В процессе развития производства непрерывно улучшается организация труда, совершенствуется технология, повышается технический уровень выполняемых работ, осуществляются мероприятия, повышающие производительность труда, снижающие себестоимость продукции, и поэтому норма времени не может оставаться постоянной. Устаревшие нормы подвергаются пересмотру.

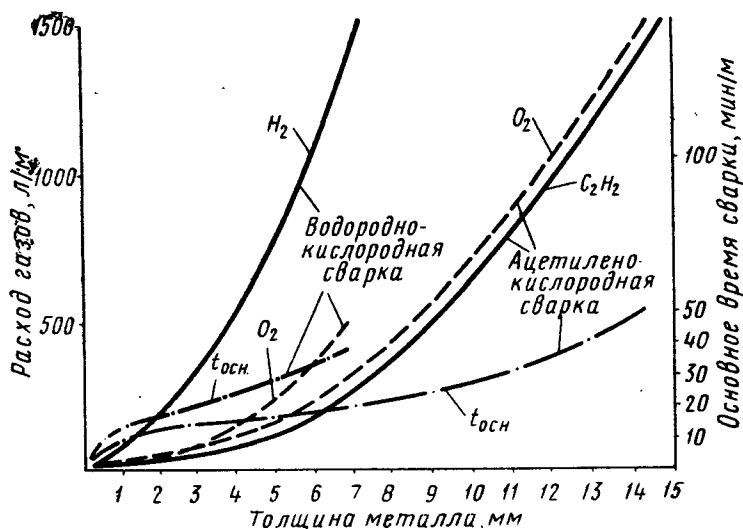


Рис. 146. Графики для определения основного времени и расхода газов при сварке стали

В новых нормах находят отражение достижения передовиков производства, вследствие чего пересмотр норм способствует повышению производительности труда и реальной заработной платы работающих.

Сварщики и резчики перевыполняют нормы в результате: лучшей организации труда и рабочего места; полного использования своего рабочего времени; применения более производительных способов сварки и резки (правой сварки, сварки многопламенными горелками, сварки пламенем повышенной мощности); использования приспособлений при сварке и резке; применения полуавтоматов и автоматов для резки; резки однотипных деталей одновременно несколькими резаками и т. п.

Сварщики и резчики должны работать так, чтобы у них не пропадала даром ни одна минута рабочего времени, и давать при этом продукцию отличного качества.

Расход газов и присадочной проволоки. Расход газов при сварке определяют по мощности наконечника горелки и времени сварки. Для подсчета расхода ацетилена на 1 м шва нужно разделить величину мощности наконечника на 60 и полученный результат умножить на основное время сварки в минутах и на коэффициент 1,05, учитывающий дополнительный расход ацетилена на зажигание и регулирование пламени горелки, прихватки и пр. Расходы кислорода и ацетилена на резку 1 м стали различных толщин были приведены в гл. VII и VIII.

Расход присадочной проволоки подсчитывают по весу наплавленного металла. Для определения веса наплавленного металла пользуются формулой

$$Q = CS^2 \text{ г/м шва,}$$

где Q — вес наплавленного металла на 1 м шва, г;

S — толщина свариваемого металла, мм;

C — коэффициент (значения коэффициента C приведены в табл. 41).

Таблица 41

Значения коэффициента C

Металл	Толщина, мм	Подготовка кромок	Коэффициент C
Сталь	До 5	Без скоса	12,0
»	Свыше 5	Скос 45°	10,0
		» 35°	8,0
		» 30°	7,0
Медь	До 4	Без скоса	18,0
»	Свыше 4	Скос 45°	14,0
Латунь	До 4	Без скоса	16,0
»	Свыше 4	Скос 45°	13,0
Алюминий	До 4	Без скоса	6,5
»	Свыше 4	Скос 45°	4,5

Для получения общего расхода присадочной проволоки к полученному значению Q нужно прибавить 10—15% на потери от угара и разбрызгивания проволоки при ее плавлении.

Сварщик и резчик должны экономить кислород, ацетилен (карбид кальция) или другой горючий газ, присадочную проволоку, не допускать их перерасхода, обеспечивая в то же время высокое качество выполнения работ по сварке и резке.

Для экономии сварочных материалов можно рекомендовать следующее.

1. Применение экономизаторов, уменьшающих расход газов за счет выключения горелки при перерывах в работе.

2. Применять безындукторные горелки равного давления, дающие постоянный состав смеси и не требующие перерывов в процессе сварки для регулирования состава пламени.

3. Широко использовать сборочно-сварочные приспособления, позволяющие вести сварку без прихваточных швов, что сокращает расход газов и проволоки.

4. Применять специальные присадочные прутки и проволоку, снижающие брак при сварке (например, проволоку ЛК62-05 для газовой сварки латуни, проволоку ЛК62-02 для газовой наплавки латуни на черные металлы и др.).

5. Вместо порошковых флюсов применять флюсы-пасты, наносимые в виде обмазок на присадочную проволоку и прутки, а также на кромки свариваемого металла. Шире использовать самофлюсующие присадочные проволоки (проволоку марки ЛКБО при сварке латуни) и газообразные флюсы типа БМ-1.

6. Использовать для резки новые конструкции мундштуков с параболической формой канала режущей струи, повышающих скорость резки и снижающих расход кислорода.

7. Тщательно и правильно разрабатывать технологию и режимы резки, обеспечивающие минимальные удельные расходы газов.

8. При воздушно-дуговой резке применять более стойкие и медленно сгорающие омедненные электроды по ГОСТ 10720—64.

9. При плазменно-дуговой резке применять газы, дающие наименьший расход вольфрамовых электродов, а также использовать резку дугой повышенной мощности, повышающую скорость резки и снижающую удельные расходы плазмообразующих газов. Сокращать вспомогательное время на продувку, регулировку газов и продолжительность горения вспомогательной дуги. Стремиться к сокращению ширины реза, что снижает удельный расход электродов и газов за счет повышения скорости резки.

§ 1. Вредности и опасности при газовой сварке и резке

Загрязнение воздуха пылью, вредными парами и газами. При сварке образуется пыль от окисления паров металла. Предельно допустимые концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны сварочных цехов следующие (мг/м^3):

Неядовитая пыль	10
Неядовитая пыль, содержащая свыше 70% SiO_2 (кварца)	1
Оксись углерода CO	20
Сернистый ангидрид SO_2	20
Окислы азота, в пересчете на N_2O_5	5,0
Окислы цинка ZnO	5,0
Фтористый водород HF и соли фтористо-водородной кислоты	0,5
Соединения марганца в пересчете на MnO_2	0,3
Мышьяковистый водород	0,3
Соединения свинца (за исключением сернистого свинца)	0,01
Окислы бериллия	0,001

При плазменных процессах нагрева (сварке, резке, напылении) образуется интенсивный высокочастотный шум и ультразвуковые колебания, а также значительные количества озона и окислов азота. В этих случаях рекомендуется применять усиленную местную вентиляцию и средства индивидуальной защиты слухового аппарата работающих.

Основными источниками опасности при газовой сварке и резке могут быть взрывы ацетилено-воздушной смеси при неправильном обращении с ацетиленовыми генераторами, карбидом кальция и горелками, при обратном ударе пламени. Возможны случаи воспламенения клапанов кислородных редукторов при попадании на них следов масел или резком открывании вентиля баллона. Наиболее опасен взрыв кислородного баллона, находящегося под высоким давлением.

Неосторожное обращение с пламенем горелки может явиться причиной ожога сварщика и пожара в помещении.

При газовой сварке и резке металлов на зрение вредно действуют следующие лучи: на сетчатую и сосудистую оболочку глаз — видимые лучи; на роговицу и хрусталик глаза — невидимые инфракрасные лучи. Если длительное время смотреть незащищенными глазами на газовое пламя, то возможна временная потеря зрения и образование катаракты (помутнение хрусталика глаза). Опасность для глаз представляют также искры, образующиеся при нагревании и плавлении металла, а также брызги расплавленных шлаков. Основные меры по технике безопасности изложены в § 2.

§ 2. Основы техники безопасности при газовой сварке и резке

К выполнению сварочных работ допускаются только рабочие, сдавшие техминимум по правилам техники безопасности.

Запрещается производить сварочные работы в непосредственной близости от огнеопасных и легковоспламеняющихся материалов (бензина, керосина, пакли, стружки и пр.).

Сварку внутри резервуаров, котлов и в тесных закрытых пространствах следует вести с систематическими перерывами и выходом рабочих на свежий воздух. Снаружи резервуара должен неотлучно находиться второй человек — наблюдающий. Для искусственного освещения применяют лампы напряжением 12 в.

Сварочные работы, выполняемые систематически и не носящие временного характера, производят в отдельных, надлежащим образом вентилируемых помещениях, площадь которых должна определяться из расчета не менее 4 м^2 на сварочный пост, с проходами между постами не менее 0,8 м. При выполнении ручной и механизированной кислородной резки, сварки и других процессов газопламенной обработки газосварщики и газорезчики должны работать в защитных очках закрытого типа со стеклами Г-1, Г-2 и Г-3, имеющими плотность стеклянных светофильтров по ГОСТ 9497—60* при расходе ацетилена до $750 \text{ дм}^3/\text{ч}$ —ГС-12. Вспомогательным рабочим, работающим непосредственно со сварщиком или резчиком, рекомендуется пользоваться защитными очками со стеклами В-1, В-2 и В-3 по ГОСТ 9497 — 60*.

В помещении, где производится газопламенная обработка металла, должна быть обеспечена вентиляция для удаления вредных газов. Общеобменная вентиляция должна быть рассчитана на подачу $2500\text{—}3000 \text{ м}^3$ воздуха на 1 м^3 сжигаемого ацетилена, а в помещениях малых объемов (сосудах, цистернах, отсеках и пр.) — $4000\text{—}5000 \text{ м}^3$ воздуха на 1 м^3 сжигаемого ацетилена. Местные отсосы должны удалять воздух в количестве: $1700\text{—}2500 \text{ м}^3/\text{ч}$ от постоянных постов обработки мелких деталей; $3000 \text{ м}^3/\text{ч}$ на 1 м^2 площади секции от секционированных столов машинной резки; $250\text{—}500 \text{ м}^3/\text{ч}$ на 1 м толщины реза от постов кислородно-флюсовой резки и резки высокоуглеродистой стали.

При газовой сварке, резке и нагреве металла внутри закрытых и неполностью закрытых помещений (отсеков и секций судов, резервуаров, котлов, цистерн и т. п.), помимо общеобменной вентиляции цеха, должна осуществляться вентиляция с помощью местных отсосов от стационарных или передвижных установок. При недостатке кислорода (менее 19% O_2) в воздухе резервуара или отсека работа в нем не допускается. До производства газопламенных работ внутри отсеков, ям и резервуаров, где возможны скопления вредных газов или нагретого воздуха, должны быть установлены и пущены в ход переносные приточные и вытяжные вентиляторы и открыты двери, люки, горловины и иллюминаторы этих помещений. Для особо

тяжелых условий по загазованности и высокому тепловыделению в помещениях, где производится сварка и резка, могут использоваться шланговые противогазы типа ПШ-1 с выкидным шлангом длиной 40 м без подкачки или типа ПШ-2 со шлангом и ручной или электрической подкачкой воздуха в зону дыхания сварщика и резчика.

При горячей сварке необходимо устраивать вытяжные зонты для удаления продуктов горения из подогревательных ям и горнов.

Сварку цинка, латуни, свинца и резку цветных металлов необходимо вести в масках (респираторах) для предохранения от выделения выделяющихся окислов и паров цинка, меди и свинца*. Для работы в условиях возможности высокого обогрева рабочего от теплоизлучения рекомендуется обеспечивать сварщика и резчика спецодеждой из огнестойкой асбестовой ткани, подобной применяемой в доменных цехах. При резке металла повышенной толщины следует применять резак с удлиненными трубками для уменьшения влияния теплового излучения на резчика.

Если постоянных постов для сварки и резки более 10, газоснабжение должно осуществляться по газопроводам от ацетиленовых и кислородных станций, а также от распределительных рамп. Питание горючими газами может осуществляться также от других источников (действующих газопроводов и пр.).

Проведение работ по резке и сварке, а также применение открытого огня допускается на расстоянии 10 м от перепускных рамп и ацетиленовых генераторов, на расстоянии 5 м от отдельных баллонов с кислородом и горючими газами, от трубопроводов горючих газов, а также газоразборных постов, размещенных в металлических шкафах: при ручных работах на расстоянии 3 м, при механизированных работах — 1,5 м (по горизонтали).

Ацетиленовый генератор может быть установлен только в вентилируемом помещении, имеющем объем не менее 60 м³. Температура помещения должна быть не ниже 5°С во избежание замерзания воды в аппарате.

Нужно следить за тем, чтобы водяной затвор всегда был наполнен водой до надлежащего уровня, и периодически проверять его, открывая пробный кран затвора. После пуска воды в реторту с карбидом следует продувать ее первыми порциями газа, выпуская их наружу. Запрещается работать, не включая водяного затвора или при неисправном водяном затворе.

Нельзя переполнять карбидом секции загрузочных коробок или применять карбид не той грануляции, которая указана в техническом паспорте генератора. Необходимо следить за тем, чтобы корпус генератора и резервуар, из которого подается вода в камеры, всегда были заполнены достаточным количеством воды. Открывать камеры для перезарядки следует только тогда, когда из пробного крана ка-

* При газовой сварке латуни газообразным флюсом БМ-1 и БМ-2 и проволокой с кремнием как раскислителем, применение респиратора обязательно.

меры будет выходить вода. Перед открытием крышки нужно снизить давление в камере, выпустив газ через пробный кран. Нельзя перегружать генератор, работая с расходом ацетилена выше установленного предела. Запрещается к одному водяному затвору присоединять несколько горелок или резаков. Следует тщательно промывать генератор от известкового ила не реже двух раз в месяц при ежедневной работе генератора.

Если необходимо произвести заварку дефектов генератора, который уже был в работе, то предварительно следует тщательно очистить его от остатков засохшего известкового ила и несколько раз промыть (заполняя водой), а все работы по сварке производить на открытом воздухе.

Во время перевозки баллонов с газом на них должен быть наварен защитный колпак для предохранения вентиля от повреждения или загрязнения. Перевозить баллоны без колпака не разрешается. Баллоны следует переносить на носилках или перевозить на специальных тележках. Запрещается переносить баллоны на плечах.

При перевозке баллонов, а также при их погрузке и выгрузке необходимо принимать все меры предосторожности против падения и ударов баллонов друг о друга.

Перемещать баллоны в пределах рабочего места (на небольшие расстояния) можно кантовкой в слегка наклонном положении.

Хранить кислородные баллоны на месте сварки или резки разрешается только при монтажных и строительных работах. При этом баллоны нужно располагать на расстоянии не менее 5 м от сварочной горелки или резака. Для хранения партии наполненных баллонов на стройплощадках должен быть построен временный склад из огнестойкого материала или листовой стали.

На каждом передвижном сварочном посту разрешается иметь только два кислородных баллона: один, находящийся в работе, другой — запасной.

Если сварочных постов более десяти, должно быть организовано централизованное снабжение их газами по трубопроводу.

Кислородные баллоны и их вентили необходимо предохранять от попадания масел, которые способны самовоспламеняться в среде сжатого кислорода, что при известных условиях может послужить причиной взрыва баллона. Особенно опасным по этой причине является попадание масла внутрь кислородного баллона, а также попадание в баллон горючих газов, которые образуют с кислородом взрывоопасные смеси.

Наиболее вероятной причиной взрывов кислородных баллонов, имевших место во время работ по газопламенной обработке металлов (кислородной резке), следует считать образование в них взрывчатой смеси кислород — горючий газ. Как показали исследования Б. А. Иванова и др.*, подтвержденные опытами

* Б. А. Иванов и др. Причины взрывов кислородных баллонов. «Безопасность труда в промышленности». № 9, 1971.

А. К. Нинбурга (ВНИИавтогенмаш), при давлении кислорода в баллоне ниже пределов рабочего давления, на которое установлен редуктор, может происходить перетекание горючего газа в кислородный баллон и образование в нем взрывчатой смеси. Это более вероятно при резке на газах-заменителях ацетилена, так как канал инжектора в резаках для них имеет больший диаметр, чем в резаках для ацетилена.

Поэтому категорически запрещается работа с кислородным баллоном, давление кислорода в котором ниже предела рабочего давления, установленного редуктором данного баллона.

В целях большей безопасности работ целесообразно на кислородном шланге резака ставить обратный клапан, подобно тому, как это делается в керосинорезах (см. рис. 65); такой клапан предупреждает перетекание горючего газа в баллон с кислородом при различных нарушениях правил его эксплуатации.

Ацетиленовые баллоны, после сброса остаточного давления, могут являться источником выделения ацетилена в окружающую среду при повышении наружной температуры в случае, если их вентиль оставить открытым. Поэтому хранить и транспортировать порожние ацетиленовые баллоны следует только с плотно закрытыми вентилями.

При сварке и резке можно применять только редукторы с исправными манометрами. Кислородные редукторы должны предохраняться от попадания на них масел. Кислород в редуктор следует впускать постепенно, медленно открывая вентиль баллона и полностью ослабляя регулирующий винт редуктора. При впуске газа нельзя становиться перед редуктором. Необходимо следить за герметичностью редуктора и его соединений с вентилем баллонов и шлангами.

Ремонт редукторов и устранение пропусков газа в них необходимо поручать только специально обученному персоналу.

При использовании ручной аппаратуры запрещается присоединение к шлангам вилок, тройников и т. п. устройств для питания газом нескольких горелок (резаков).

Пламя горелки (резака) должно быть направлено в сторону, противоположную источнику газопитания. Если это требование выполнить нельзя, то источник газопитания следует оградить металлическим щитом.

Во время работы газопроводящие рукава должны быть сбоку от рабочего. Запрещается держать рукава подмышкой, на плечах или зажимать их ногами. Не разрешается перемещение рабочего с зажженной горелкой или резаком за пределами рабочего места, а также подъем по лестницам, лесам и т. п. При перерывах в работе пламя горелки (резака) должно гаситься, а вентили плотно закрываться. При обнаружении утечки горючих газов и кислорода работы с открытым огнем должны быть приостановлены, утечка устранена, а помещение проветрено. При использовании горючих газов-заменителей ацетилена следует руководствоваться следующими положениями.

Применение газов-заменителей ацетилен и жидких горючих должно быть обосновано соображениями технологической целесообразности и безопасности их использования.

В качестве заменителей ацетилен можно применять горючие и сжиженные газы с низшей теплотворной способностью — не менее 4000 ккал/м^3 , содержащие не более 20% балласта (т. е. негорючих составляющих — азота, углекислоты), а также использовать водород и керосин. Применение одного бензина не рекомендуется*.

Использование сложных газов-заменителей, в состав которых входят токсичные составляющие (коксового газа, сланцевого газа и др.), допускается только по согласованию с органами санитарного и технического надзора.

При работах с газами-заменителями в замкнутых помещениях (отсеках, котлах, резервуарах) должна применяться искусственная вентиляция этих помещений, исключающая концентрацию в них вредных примесей выше санитарных норм. Применять пропан-бутан в этих условиях можно только с разрешения санитарного надзора и технического инспектора ВЦСПС при условии надежной вентиляции нижней рабочей зоны.

Для газов-заменителей должны применяться соответствующие редукторы, окрашенные в красный цвет, снабженные левой резьбой на накидной гайке присоединительного штуцера, соответствующими манометрами, имеющими мембраны из бензо-, масло- и керосиностойкого материала.

Газоснабжение пропан-бутаном газосварочных и газорезательных постов должно осуществляться, как правило, по трубопроводу. При питании аппаратуры для сварки и резки газами-заменителями давлением до $1,5 \text{ кгс/см}^2$ по трубопроводу между газопроводом и горелкой или резаком должен устанавливаться предохранительный затвор закрытого типа (жидкостной или сухой) или обратный клапан, рассчитанный на соответствующий расход и давление газа и защищающий газопровод от перетекания в него кислорода через горелку или резак. Устанавливать на газопроводах для газов-заменителей жидкостные затворы открытого типа запрещается. Для газов-заменителей можно применять затворы закрытого типа, предназначенные для ацетилена.

При давлении в газопроводе газа-заменителя свыше $1,5 \text{ кгс/см}^2$ у каждого рабочего поста должен ставиться постовой редуктор (регулятор давления) для снижения давления газа и защиты от перетекания кислорода в газопровод.

Баллоны для газов-заменителей (кроме водорода) должны быть окрашены в красный цвет и эксплуатироваться в соответствии с действующими правилами для баллонов со сжатыми и сжиженными га-

* В случае необходимости может применяться только бензин А-66 при использовании горелок и резаков, специально сконструированных для работы на бензине, например, в установках БУПР для подводной резки, горелках для пайки, при резке в условиях низких температур (ниже -15°C) и пр.

зами; не допускается утечка газа и нагревание баллона; перед присоединением баллона производится продувка их вентиля; газ расходуется до остаточного давления не ниже $0,5 \text{ кгс/см}^2$. После окончания работы баллоны с газами-заменителями нельзя хранить на рабочем месте, их следует убирать в специально отведенное для этого помещение. Необходимо регулярно (не реже одного раза в смену) контролировать состояние и плотность арматуры, шлангов и трубопроводов; не допустима утечка горючего газа в атмосферу. При обнаружении утечки газа в помещении работы в нем с открытым огнем должны быть немедленно прекращены и могут возобновляться только после устранения утечки и полного проветривания помещения.

Газопроводы горючих газов-заменителей в помещении окрашивают: водорода — в зеленый цвет, прочих горючих газов — в красный цвет. В те же цвета окрашиваются предохранительные затворы, клапаны, редукторы и концы шлангов на длине $0,5 \text{ м}$. Запрещается применять для кислорода шланги, ранее использовавшиеся для горючих газов.

При работе на жидком горючем следует руководствоваться следующими указаниями.

К выполнению работ с применением керосина, бензина и их смесей могут допускаться только специально обученные рабочие, имеющие удостоверение заводской квалификационной комиссии.

Применение жидких горючих (керосина, бензина и их смесей) на стапельных работах, на строящихся и ремонтируемых судах и в замкнутых помещениях (отсеках, котлах, цистернах) запрещается. Газопламенные работы с использованием жидких горючих разрешаются в помещениях цехов и на открытых площадках. Применение этилированного бензина при газопламенной обработке металлов запрещается во всех случаях.

Бачки для горючего должны иметь манометр, быть испытанными на прочность гидравлическим давлением 10 кгс/см^2 , а на плотность пневматическим давлением 5 кгс/см^2 . Сальник запорного вентиля и обратный клапан насоса не должны пропускать горючее при давлении 5 кгс/см^2 . Наливать горючее в бачок разрешается не более чем на $\frac{3}{4}$ его емкости. Заправка горючим должна производиться в особых помещениях, надежно оборудованных и безопасных в пожарном отношении. Разлитый керосин немедленно удаляют.

При работе на жидких горючих разрешается пользоваться только бензомаслостойкими шлангами по ГОСТ 9356—60* с внутренним диаметром 6 мм и длиной не менее 5 м . Присоединение шлангов к резаку должно быть плотным.

Бачок с горючим должен находиться на расстоянии 5 м от баллонов с кислородом и от источников открытого огня и не ближе 3 м от рабочего места резчика; бачок должен быть расположен так, чтобы на него не попадали пламя и искры при работе. Запрещается подходить с зажженным резаком к бачку для подкачки воздуха в него; во время подкачки бачка резак с закрытым вентилем кислорода должен располагаться на специальной подставке. Запрещается

работать с жидким горючим в промасленной или пропитанной горючей жидкостью одежде.

При обратном ударе пламени немедленно должен быть погашен резак, закрыт сначала вентиль подачи кислорода на резке, затем прекращена подача кислорода от баллона или кислородопровода, после чего закрыт вентиль подачи горючего на резке и бачке. Запрещается выпускать воздух из бачка до того, как будет погашено пламя резака. Нельзя отвертывать крышку насоса до полного выпуска воздуха из бачка.

Загоревшееся жидкое горючее следует гасить огнетушителем, песком или накрывать плотной тканью, брезентом и т. п. Запрещается тушить водой горящий керосин, бензин и их смеси. По окончании работы резак со шлангами и бачком нужно сдавать в кладовую, где они хранятся с соблюдением требований пожарной безопасности.

При выполнении работ по газовой сварке и резке необходимо соблюдать «Правила техники безопасности и производственной санитарии при производстве ацетилена, кислорода и газопламенной обработке металлов», утвержденные постановлением Президиума ЦК профсоюза рабочих машиностроения 2 апреля 1963 г.*.

Техника безопасности при плазменно-дуговой резке.

Обслуживая электрические устройства в процессе плазменно-дуговой обработки металлов, следует соблюдать правила техники безопасности, установленные для электродуговой сварки.

При обращении с баллонами, редукторами и шлангами, а также при работе по резке, сварке и наплавке сжатой дугой необходимо руководствоваться правилами по технике безопасности для газовой сварки и резки.

В качестве дополнительных мер по технике безопасности при плазменно-дуговой обработке металлов Институт гигиены им. Эрисмана рекомендует следующие мероприятия.

Применять рациональную систему вытяжной вентиляции с целью снижения концентрации пыли и вредных газов в воздухе. В частности, при машинной автоматической, полуавтоматической и ручной резке сжатой дугой использовать раскроечные столы с нижними секционными отсосами, разработанные Ленинградским институтом охраны труда совместно с Институтом технологии судостроения. Из одной секции такого стола размером 1500×1500 мм отсос воздуха равен: при резке титанового сплава — $4500 \text{ м}^3/\text{ч}$, при резке сплава АМг — $6000 \text{ м}^3/\text{ч}$. Скорость на всосе у источника выделения вредных веществ должна быть не менее 3 м/сек , для чего верхняя плоскость стола должна раскрываться не более чем на 25% ее площади.

Для снижения уровня шума вентиляторы и источники питания установок током должны располагаться в отдельных изолированных от рабочих участков помещениях.

* Издание 3-е, исправленное и дополненное. «Машиностроение», 1967

Спецодежда, обувь и средства индивидуальной защиты используются те же, что и при дуговой электросварке. Рукавицы из брезента должны доходить до локтевого сгиба.

Для защиты от высокочастотного шума при плазменном напылении металлов применяют наружные антифоны типов ПН-2К и ВЦНИОТ. При плазменно-дуговой резке уши защищают от шума ультратонкой ватой в виде тампонов или применяют противощумные тампоны типа ПГФПП15 (ВТУ 2-813-62-002).

Для защиты глаз служат щитки и шлемы со светофильтрами по ГОСТ 9497—60* и очки шоферского типа с защитными стеклами В-2 или В-3, выпускаемые Суксунским оптико-механическим заводом. Эти очки могут использоваться в качестве дополнительной защиты при зажигании вспомогательной дуги. К нижней части маски необходимо пристегивать фартук из мягкой кожи для защиты шеи и груди от действия ультрафиолетовых лучей.

При выполнении плазменно-дуговой обработки руководствуются также требованиями следующих правил и нормативов техники безопасности: «Правила техники безопасности и производственной санитарии при электросварочных работах» от 8 января 1960 г. с добавлениями от 7 февраля 1963 г.; «Правила устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением» от 19 мая 1970 г.; «Правила техники безопасности и производственной санитарии при производстве ацетилена кислорода и газопламенной обработке металлов» от 2 апреля 1963 г.

Техника безопасности при воздушно-дуговой резке.

При воздушно-дуговой резке должны обеспечиваться те же меры по технике безопасности, что и при дуговой сварке. Резка должна производиться в кабинах, подобных тем, которые применяются при дуговой сварке. При случайных работах по резке место работ ограждается фанерными щитами или брезентовыми занавесями. Источники питания током следует располагать вне кабин для исключения возможности загрязнения оборудования металлической и шлаковой пылью. Резчик должен работать в сварочном шлеме или пользоваться щитком для защиты от излучений электрической дуги. Марка светофильтра выбирается в зависимости от величины тока. Подсобные рабочие должны защищать глаза очками шоферского типа со стеклами В-1, В-2 и В-3. Спецодежда должна быть такой же, как у электросварщика. Работать следует только в брезентовых рукавицах. Место работ должно быть оборудовано достаточными по мощности вентиляционными отсосами.

При выполнении воздушно-дуговой резки необходимо строго соблюдать правила техники безопасности при работе с электрическими установками и устройствами во избежание поражения электрическим током.

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
Введение	3
Глава I. Сварка металлов	7
§ 1. Назначение и преимущества сварки	7
§ 2. Основные способы сварки	8
§ 3. Газовая сварка, ее преимущества, недостатки и область применения	13
Глава II. Основные сведения о металлах	17
§ 1. Чугуны	17
§ 2. Сталь	19
§ 3. Цветные металлы и сплавы	23
§ 4. Твердые и износостойкие сплавы	27
Глава III. Материалы, применяемые при газовой сварке и резке	29
§ 1. Кислород	24
§ 2. Карбид кальция	30
§ 3. Ацетилен и другие горючие	32
§ 4. Сварочная проволока и флюсы	38
Глава IV. Оборудование и аппаратура для газовой сварки	41
§ 1. Ацетиленовые генераторы	31
§ 2. Водяные предохранительные затворы	39
§ 3. Баллоны для сжатых газов. Вентили для баллонов	54
§ 4. Редукторы для сжатых газов	60
§ 5. Газораспределительные рампы. Рукава (шланги). Трубопроводы	65
§ 6. Сварочные горелки	70
§ 7. Обращение с горелками	80
Глава V. Технология газовой сварки	83
§ 1. Сварочное пламя	83
§ 2. Металлургические процессы при газовой сварке	88
§ 3. Виды швов и подготовка кромок	91
§ 4. Способы ручной газовой сварки	94
§ 5. Деформации и напряжения при газовой сварке	101
§ 6. Термическая обработка и правка изделий после сварки	104
§ 7. Сварка труб	107
§ 8. Наплавка твердых сплавов	113

Глава VI. Особенности и режимы сварки различных металлов	114
§ 1. Сварка углеродистых сталей	114
§ 2. Сварка легированных сталей	115
§ 3. Сварка чугуна	119
§ 4. Сварка меди	126
§ 5. Сварка латуни и бронзы	129
§ 6. Сварка алюминия и его сплавов	134
§ 7. Сварка прочих металлов	139
Глава VII. Кислородная резка металлов	142
§ 1. Сущность и основные условия резки	142
§ 2. Резаки для ручной резки	148
§ 3. Керосинорезы	154
§ 4. Специальные резаки	159
§ 5. Машины для резки	165
§ 6. Техника кислородной резки	183
Глава VIII. Специальные способы резки	202
§ 1. Кислородно-флюсовая резка	202
§ 2. Газо-дуговая резка	210
§ 3. Подводная резка	231
§ 4. Копьевая резка	234
Глава IX. Контроль сварки	238
§ 1. Дефекты швов	238
§ 2. Виды контроля сварных швов	241
Глава X. Организация труда и рабочего места. Механизация и автоматизация сварочного производства	250
§ 1. Сведения об экономике промышленного предприятия	250
§ 2. Организация труда и рабочего места	253
§ 3. Механизация и автоматизация сварочного производства	256
§ 4. Нормирование работ по сварке и резке	257
Глава XI. Техника безопасности	262
§ 1. Вредности и опасности при газовой сварке и резке	262
§ 2. Основы техники безопасности при газовой сварке и резке	263