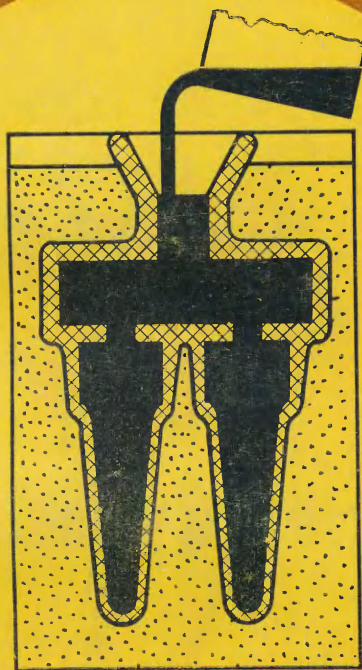


КЕМ БЫТЬ ?!



Л. П. ВЛАДИМИРОВ

# ЧТО ТАКОЕ ЛИТЬЕ?

Серия «КЕМ БЫТЬ?»

Профессор Л. П. ВЛАДИМИРОВ

# ЧТО ТАКОЕ ЛИТЬЕ?

Рассказ  
об одной  
из увлекательнейших  
профессий



Москва  
«МАШИНОСТРОЕНИЕ»  
1981

ББК 34.61  
В57  
УДК 621.74(023)

Рецензент д-р техн. наук проф. Ю. А. Степанов

**Владимиров Л. П.**

В57 Что такое литье? — М.: Машиностроение, 1981. — 136 с., ил. — (серия «Кем быть?»)

25 к.

Эта книга — для молодежи. Ее автор — известный литейщик профессор Л. П. Владимиров — популярно рассказывает об одной из увлекательнейших профессий — о профессии литейщика.

Молодые читатели узнают о том, как была получена первая отливка, какую роль играют металлы и отливки из них в жизни человеческого общества.

В книге увлекательно рассказывается о прошлом, настоящем и будущем одной из важнейших отраслей машиностроения — литейном производстве.

Читатели узнают, почему литейщики окружены в нашей стране почетом и уважением, какие льготы установлены для литейщиков и для поступающих учиться на литейные специальности.

В 31204—067 67-81. 2704020000  
038(01)-81

ББК 34.61  
6П4.1

# 1. ПРОФЕССИИ И СУДЬБЫ

## 1. Героизм берет истоки не из профессии

Отправляясь в длительную поездку, человек, одолевая первую половину своего пути, думает, как правило, о том что он оставил, уезжая из дому. Во второй половине пути его мысли заняты больше тем, что предстоит ему встретить и увидеть.

Вы, старшеклассники, тоже совершили длительное путешествие в мир знаний продолжительностью до десяти счастливых школьных лет. И теперь, приближаясь к финишу, вы все чаще задумываетесь над вопросом, что ждет вас впереди. И, действительно пройдет немного времени и «прощай школа!»

**Как найти свое место в жизни?** Какой же будет она, эта самостоятельная жизнь? Какую из тысячи дорог выбрать, кем быть? Этот извечный вопрос возникает перед каждым юношей, перед каждой девушкой на пороге их самостоятельной жизни. В самом деле, какое место следует занять в жизни миллионам подрастающих людей? Как им определиться, как найти свое место в жизни? Но готовых ответов, одинаковых рецептов для всех нет. Каждому нужно принять свое решение соответственно со своими желаниями и возможностями, с учетом реальной обстановки и уровня духовных и физических сил.

Миллионы юношей и девушек в странах, где господствует капитал, годами не могут найти своего места в жизни. Оканчивая среднюю школу и даже высшие учебные заведения, они не могут найти никакой работы, голодают, бродяжничают и называют себя «лишними людьми».

Ничего подобного нет в нашей советской стране. Конституция СССР каждому члену общества гарантирует право на труд и образование. Закон о всеобщем среднем образовании резко поднял уровень культуры в нашей стране.

Социальные условия обеспечивают нашей молодежи возможность без особых трудов найти свое место в жизни. Но как это сделать?

Счастливые те, у кого с детства проявляются вполне определенные наклонности и кто потом их развивает в

течение. всей своей жизни. Не так уж редки дети, обладающие музыкальной одаренностью, отмеченные талантом живописца, артистическими данными или математическими способностями. Воспитанные в атмосфере труда, они без колебаний идут к намеченной цели. Большинство из них становится выдающимися мастерами своего любимого дела. Перед такими людьми не возникает вопросов о выборе профессии.

Страстное влечение к любимому занятию с юношеских лет характерно и для многих деятелей науки. С детства пристрастилась к математике первая женщина-профессор Софья Васильевна Ковалевская. В условиях царской России женщине стать ученым было не так просто. Ведь женщин в высшие учебные заведения тогда не пускали. Софья Ковалевская брала частные уроки, обманывая швейцаров, переодетая в мужскую форму, пробиравась в университет, чтобы послушать лекции профессоров. В 80-х годах прошлого века Парижская Академия наук дважды объявила конкурс на исследование проблемы движения твердого тела вокруг неподвижной точки. И хотя эту проблему пытались решить такие математики, как Лагранж, Пуассон, Эйлер, проблема в целом осталась нерешенной. Как же были удивлены члены жюри конкурса, когда, отметив две лучшие работы 1888 года и вскрыв пакеты с именем авторов, обнаружили, что обе премии завоеваны одним и тем же лицом, что автор обеих работ — женщина и притом русская женщина!

С детских лет увлекался химией будущий создатель знаменитой теории строения вещества великий химик-органик А. М. Бутлеров. Юный Саша учился в Казанском пансионе и вопреки желанию педагогов, без конца возился со склянками и реактивами, что нередко приводило к неожиданным результатам. Однажды после оглушительного взрыва Бутлерова нашли с опаленными бровями и в порядке назидания другим, посадили в карцер. Когда же его вывели на обед, то повели через длинный коридор в столовую с дощечкой на груди, на которой было написано: «Великий химик». Незадачливые педагоги написали на дощечке иронические, но в то же время пророческие слова. Бутлеров стал действительно великим химиком. Его жизнь с детских лет — ярчайший пример любви к науке.

Много сходного с юностью Бутлерова можно найти в

биографии нашего выдающегося советского ученого, творца теории цепных реакций академика Н. Н. Семенова. Колю с детства привлекал бенгальский огонь, реактивы, в квартире постоянно ощущались химические запахи, проводились опыты, раздавались взрывы. В 14 лет он прочитал весь купленный им учебник химии. Ему трудно было представить себе, что обыкновенная съедобная поваренная соль состоит из мягкого металла натрия и ядовитого газа хлора, обнаружил белый осадок, посолил им кусок хлеба, съел его и убедился — да это была обыкновенная соль!

Знаменитый ученый нашего времени Ландау стал физиком еще в ранней юности. Школу он окончил в 13 лет, имел весьма посредственные оценки по ряду дисциплин и отличные — по любимому предмету. В 14-летнем возрасте он был уже студентом двух факультетов университета.

Таких примеров самоопределения в раннем возрасте можно привести, как видите, немало. Но все же людей, у которых с детства определились вполне явные склонности, меньшинство.

У большинства подростков процесс выявления способностей заторможен. Кто из мальчишек не мечтал в детстве стать пожарником, шофером, летчиком, крупным военачальником или космонавтом? Кто из девчонок не хотел быть похожей на свою любимую учительницу, овладеть благородной профессией врача, стать путешественницей, журналисткой или законодательницей мод?

Конечно, на юношеских мечтах сказывается влияние времени. Если в тридцатых годах профессия физика была еще недостаточно популярной и мечты будущих покорителей природы не шли далее ветроэлектродвигателей, гелиоустановок, приливных станций, то в 40—50-е годы появилось много страстных поклонников физиков-атомщиков, ребят, горящих желанием укротить, наконец, термоядерный процесс и сделать его послушным воле человека.

**«Лучшие» и «худшие» профессии.** На наших глазах появляются новые «модные» профессии. Статистика утверждает, что в наши дни ежедневно возникает до 500 новых профессий! Сколько же их всего, профессий? В СССР по переписи населения в 1926 году насчитывалось более 10 тысяч различных профессий. В 1939 году их было уже 19 тысяч. В 1960 году число профессий в на-

шей стране увеличилось до 30 тысяч, а в 1970 — до 42 тысяч.

Вот и выбери одну, единственную из сорока двух тысяч!

О профессиях говорят по-разному. Одни профессии называют современными, другие — устаревшими. Одни профессии называют передовыми, другие — исчезающими. Ведь вот сколько профессий исчезло на наших глазах. В шахтах исчезли саночники, коногоны. На металлургических заводах — катали, верховые рабочие, формовщики литейных дворов у доменных печей. На электростанциях ушли в прошлое кочегары, в городах исчезли извозчики, водовозы.

Есть попытки делить профессии и на другие категории. Об одних говорят, что они лучшие, о других, что они худшие. Об одних толкуют: легкие, о других — трудные. Называют еще профессии спокойные и беспокойные.

Погоня за модными профессиями неоправданна. Не могут же все юноши и девушки стать только летчиками, космонавтами, врачами, журналистами и вокалистами. Обществу нужны люди самых различных профессий.

**Как приобщиться к профессии.** Как же должен современный молодой человек приобщиться к какой-нибудь одной профессии, если, анализируя самого себя, свои способности и склонности, он не может принять твердого решения, к чему он пригоден?

Многие из подростков, в детские годы поступают в школьные кружки, группы и ансамбли Дворцов пионеров, детские технические станции, станции юных натуралистов и, занимаясь в них, постепенно втягиваются в работу, проникаются все большим интересом к делу, которое раньше их не занимало. Пробуждаемый интерес переходит в увлечение, увлечение — в потребность. Юные техники, авиа- и судомodelисты, овощеводы и кролиководы, ботаники и биологи, астрономы и радисты, летчики и парашютисты, геологи и археологи, музыканты и вокалисты, историки и следопыты, юные поэты и корреспонденты — сколько их таких профессий, прививающихся смолоду школой и детскими внешкольными учреждениями. Сколько ребят продолжают заниматься заинтересовавшим их делом, поступают в техникумы и вузы и становятся подлинными специалистами, нашедшими свое место в жизни.

**Дорогою отцов.** Естественно, что не только изучить, но даже и поверхностно ознакомиться со всеми существующими в человеческом обществе профессиями просто невозможно. Слишком их много. Поэтому круг выбора сужается теми профессиями, которые в силу обстоятельств находятся в поле зрения молодого человека. Многие, притом вполне резонно, считают благоразумным продолжать дело своих отцов. Наследуя от родителей мастерство, умение, хватку, накопленный годами опыт, теоретические познания, молодые люди часто становятся видными мастерами своего дела, нередко превосходящими по квалификации своих родителей.

В последние годы все чаще можно слышать о трудовых успехах целых рабочих династий. В газетах все чаще стали появляться сообщения о династиях хлеборобов, механизаторов, агрономов, представителей разных рабочих профессий. Династии появляются и в области науки. Украинскую Академию Наук возглавляет директор института электросварки Б. Е. Патон, ученик и последователь своего знаменитого отца — мостостроителя и создателя способов автоматической электросварки под слоем флюса — Е. О. Патона. Крупнейшим металловедом стал академик А. А. Бочвар — сын профессора А. М. Бочвара. Институтом хирургии имени А. В. Вишневского в течение ряда лет руководил его сын, ученик и последователь, А. А. Вишневский. Крупнейшим специалистом в области прокатки металлов стал член-корреспондент АН СССР профессор И. М. Павлов — сын известного академика-металлурга М. А. Павлова.

Возможность непосредственной близости, частых контактов, стремление равняться по отцу во всех его делах создает обстановку, при которой дети не только наследуют способности родителей, но, зачастую, совершенствуясь в своем деле, опираясь на помощь, опыт и мудрость отцов, превосходят их по своим творческим достижениям.

Следовать профессиям своих родителей вполне целесообразно, но, конечно, совсем не обязательно.

**Героизм берет истоки не из профессий.** Как же быть, все же, тем, кто в детстве не проявил вполне определенных способностей, не пристрастился к какому-либо виду труда в кружках, не находит нужным следовать профессии своих родителей?



Повторяю еще раз: обществу нужны люди самых различных профессий: и героических, и романтических, и будничных.

Народная мудрость гласит: не место красит человека, а человек место. Действительно, *героизм берет свои истоки вовсе не из профессии, а из любви к людям, из твердости характера, готовности человека быть нужным обществу и при необходимости отдать людям всего себя.* С этой точки зрения все профессии хороши. Каждая таит в себе возможности пробудить в человеке недюжинные способности специалиста, организатора и воспитателя.

Нужно лишь при выборе профессии не искать легкой жизни.

Тот, кто в жизни хочет видеть лишь сплошную цепь развлечений и удовольствий, тот никогда не станет настоящим специалистом своего дела. Он не добьется уважения окружающих.

Свой жизненный путь нужно избирать исходя, отнюдь, не из «меркантильных» побуждений. Припеваючи порхаячи — ни учиться, ни работать успешно нельзя.

## 2. Каким быть?

Остановившись на выборе той или иной профессии, нужно думать не столько о том, кем быть, сколько о том, каким быть. *Любое дело, любая профессия вознаграждает вас успехом, если вы относитесь к ней со всей добросовестностью, полюбите ее, будете наблюдательны, будете стремиться внести в свой труд усовершенствования, делающие труд более легким и производительным.*

По при этом должны помнить, что овладевая любой профессией, вы встретите на своем пути трудности и сложности. И чтобы достичь вершины мастерства, нужны усилия для преодоления этих трудностей.

**Об ошибках в выборе профессии.** Нередко можно услышать суждения о «жертвах» неправильно выбранной профессии. Ошибся, говорят, этот человек. Не туда пошел, не тем делом занялся, к какому должен был тянуться. Что же, бывает нередко и так. Бывает, что подлинные дарования проявляются в человеке уже не в молодом возрасте, а иногда даже и на склоне лет, и

прожитые годы представляются лишь как потерянное попусту время.

Однако является ли ошибка в первоначально выбранной профессии роковой? Действительно ли она ведет к неминуемым жертвам? Рассмотрим это на ряде примеров.

Тараса Шевченко и Владимира Маяковского мы знаем как талантливых поэтов. Однако тот и другой были незаурядными художниками. Выкупленный при содействии художника Брюллова из крепостной неволи в 1838 году 24-летний Тарас Шевченко оканчивает Петербургскую Академию художеств, становится выдающимся мастером гравюры, родоначальником украинской реалистической живописи. Но ведь прославил на века имя свое он не как живописец, а как поэт! А поэзия пришла несколько позже.

Многие известные писатели свой путь в литературу избрали не сразу. Чехов и Вересаев по профессии врачи, Мамин-Сибиряк был горным инженером, Станюкович — морским офицером, Л. Толстой после учебы в Казанском университете проходил офицерскую службу на Кавказе, руководил одним из артиллерийских бастионов при осаде Севастополя в Крымской войне. Но можно ли сказать, что предшествующие писательскому труду более ранние профессии этих выдающихся мастеров литературы помешали развитию литературного таланта каждого из них? Скорее — наоборот. Через свой первоначальный труд, заставивший их окунуться в гущу жизни народа, постигли они жизнь и это дало им возможность создать реалистические произведения, прославившие их имена на века.

Известный композитор, творец оперы «Князь Игорь» Александр Порфирьевич Бородин был и музыкантом и химиком. Всю жизнь в нем боролись эти два начала; химия и музыка, он не знал, какому из них отдать предпочтение. Профессор химии Бородин был незаурядным ученым, опубликовавшим более 40 трудов по вопросам органической химии. И все же в памяти потомства сохранилось имя композитора Бородина, а не профессора Бородина.

Выдающийся советский металлург, академик И. П. Бардин в юности и не помышлял о металлургии. Сын крестьянского портного, он мечтал стать агрономом. Дважды поступал в сельскохозяйственный инсти-

тут. За участие в студенческих волнениях был исключен и вновь поступил уже в Киевский политехнический институт, где под руководством профессора Чижевского стал металлургом!

А как не хотелось идти в медицину Александру Васильевичу Вишневскому! Вишневского тянуло к технике, он хотел стать инженером, но низкие оценки в школьном аттестате служили препятствием для поступления в технический вуз. И вот, нехотя, Александр Васильевич занялся медицинской наукой, а занявшись — увлекся. Увлечение же — первый шаг к развитию таланта. Действительный член Академии медицинских наук, создатель методов местной анестезии, новокаиновой блокады, сердечной хирургии — вот кем стал он, отдавшись делу со всею страстью.

Известный ныне всему миру хирург Николай Михайлович Амосов тоже пришел в медицину не сразу. Он был рабочим, студентом политехнического института, проектировал летательный аппарат, учился в медицинском институте, был фронтовым хирургом, занялся одновременно с врачебной и педагогической деятельностью кибернетикой и литературой.

Не сразу, как видите, любой человек может «найти себя», «нащупать» тот вид деятельности, в котором с наибольшей широтой могут раскрыться его духовные возможности.

*Не бойтесь поэтому братья за то дело, к которому вы до сих пор не ощущали влечения. Может быть это дело как раз и окажется таким, к которому «прикипит» ваша душа, и которое вознесет вас к вершинам творчества. Помните, что это в конце концов будет зависеть больше всего от вас самих.*

Перед вами, юные друзья, открыто множество дорог в жизнь. Науки, знания даются вам независимо от состоятельности ваших родителей, независимо от цвета кожи, национальности или происхождения. Берите добросовестно, старательно то, что накопило за многие века человечество. Умело, решительно, по-хозяйски распорядитесь этим бесценным богатством. Не транжирьте его, а преумножайте. Цените особенно время. Оно ведь течет неотвратно.

Беритесь с энергией за порученное вам дело, стремитесь вникнуть в него, познать тайны труда, совершенствовать методы работы, и тогда в любой профес-

сии вы можете оказаться самым нужным, самым незаменимым и самым достойным. Помните слова Максима Горького: «лучшее наслаждение, самая высокая радость жизни — чувствовать себя нужным и близким людям».

**В чем же успех профессии?** Мы уже говорили, что в мире более сорока тысяч профессий, что в изготовлении каждой нужной человеку машины участвуют люди сотен профессий. Каждая из них нужна человеческому обществу. Каждая из них почетна. Каждая может стать увлекательной и интересной, если человек, решивший овладеть ею, станет настойчиво постигать «секреты» этой профессии, будет отдавать ей, как говорится, душу.

### 3. Об одной из увлекательнейших профессий

Среди множества нужных, полезных и интересных профессий есть одна, которой мы посвящаем эту книжку. Это — профессия литейщиков, людей своим трудом, своими руками создающих множество весьма необходимых человеку изделий. Многие из их творений пережили века и чтутся как величайшие произведения искусства.

О профессии металлургов, и в частности литейщиков, хорошо сказал в своей книге «Путь инженера» академик И. П. Бардин: «...у нас благородная профессия. Нам дано счастье видеть продукт своего труда, превращать бесформенные комья руды в огненнослепящий металл, в чугун, в прокат, в литье, в рельсы, швеллеры, двутавры — вещи нужные, весомые, зримые».

Как и все металлурги, литейщики — это люди мужественные, не боящиеся трудностей, люди, знающие «секреты» выплавки различных сплавов и умеющие из жидкого металла изготовить нужную отливку.

Литейщики — это люди, от которых зависит, в первую очередь, все производство на любом машиностроительном заводе. О них и пойдет речь в нашей книжке. Прочитав ее, вы получите более ясное представление об одной из увлекательнейших профессий нашего времени.

Литейщики — это люди, окруженные вниманием и заботой государства, почетом и уважением в нашем социалистическом обществе.

## II. ЧТО ТАКОЕ ЛИТЬЕ?

### 1. Оглянитесь вокруг!

Остановитесь на минутку. Подумайте: сколько вещей окружает вас!

А задумывались ли вы когда-нибудь над вопросом: а откуда они берутся все эти вещи? Кто их сделал? Из чего? Как?

Конечно, каждому известно, что стол, шкаф и диван сделаны столярами на мебельной фабрике. Ну, а трактор, автомобиль, самолет и множество других машин?

Современные сложные машины и приборы изготавливаются уже не одним человеком. Любая машина (будь то трактор или кузнечный молот, автомобиль или токарный станок, тепловоз или ткацкий станок) состоит из сотен различных деталей — чугунных, стальных, медных, деревянных, пластмассовых, керамических и т. д. И каждую деталь этих машин делает опять-таки не один человек, а люди различных профессий.

**Кто такие литейщики?** Среди множества профессий есть почетная и увлекательная профессия литейщика.

Литейщики — это люди, создающие множество изделий из металла. Чтобы получить готовые изделия, литейщики расплавляют металл до жидкого состояния и затем заливают в заранее приготовленную форму. В форме этот жидкий металл охлаждается и затвердевает. Отливка при этом принимает те очертания, которые предопределяются конструкцией самой литейной формы.

Чего только не изготавливают литейщики: от крошечных деталей часов до огромных валов океанских судов, от мелких деталей приборов до гигантских рабочих колес гидротурбин и колоссальных станин сверхмощных гидравлических прессов.

И дома, и на производстве, и в колхозе, и на современной стройке, на улицах, набережных, площадях, в парках и скверах вы найдете множество предметов, изготовленных литейщиками. Стоит только оглянуться вокруг!

## 2. Выдающиеся произведения искусства

**Литые произведения искусства.** Облик города. В чем его суть? В протяженности улиц? В разнообразии и красоте зданий? В разбросанности или компактности расположения? В наличии зеленой зоны парков и скверов? Конечно, и в том, и в другом, и в третьем. Но облик города — это еще и наличие в нем памятников, скульптур, мемориалов.

Когда нам говорят о памятнике Минину и Пожарскому, мы тотчас же вспоминаем Москву, Красную площадь, Лобное место.

Когда речь заходит о знаменитом «Медном всаднике» — конной скульптуре, памятнике Петру Первому, установленному на огромной глыбе гранита — мы тотчас же вспоминаем Ленинград.

Облик Киева — это и крутой берег Днепра, и Печерская Лавра, и, конечно же, великолепный памятник Богдану Хмельницкому.

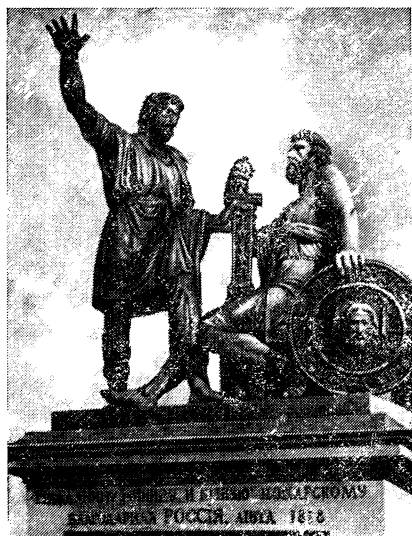
А можно ли представить себе современный Харьков без внушительных размеров восхитительного памятника — комплекса знаменитому кобзарю, Тарасу Шевченко?

Вспомните о множестве других памятников: Владимиру Ильичу Ленину — во многих городах и, прежде всего в Киеве, Харькове, Ульяновске, Львове; о памятниках Пушкину, Гоголю, Чайковскому, Островскому и князю Юрию Долгорукому — в Москве; баснописцу Крылову и полководцу Суворову — в Ленинграде; о памятнике «Тысячелетие России» в Новгороде; о монументальных композициях «Родина» в Днепропетровске и «Легендарная тачанка» в Каховке.

Как были бы обеднены наши города, если бы были лишены этих чудесных произведений искусства!

Кто из посетивших Красную площадь в Москве, стоя у подножия памятника Минину и Пожарскому, не воздавал дани восхищения создателю этой замечательной скульптурной группы — художнику-скульптору И. П. Мартосу? Однако редко кто при этом вспоминает и о другом создателе того же памятника — выдающемся литейном мастере В. П. Екимове.

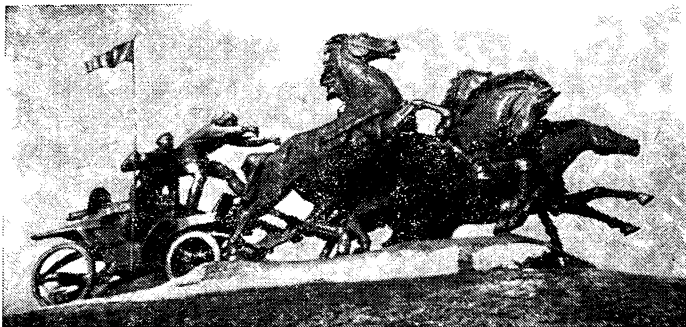
**Скульпторы и литейщики.** А при чем тут литейный мастер? — спросит кто-нибудь из вас.



Памятник Минину и Пожарскому в Москве. Работа скульптора И. П. Мартоса и литейщика В. П. Екимова



Памятник Петру I «Медный всадник» в Ленинграде. Скульптор и литейщик Э. М. Фальконе, 1782 г.



Монументальный памятник «Легендарная тачанка» в Новой Каховке. Скульпторы Ю. Н. Лоховинин, Л. Л. Михайленок, Л. А. Радионов. Отлит на Ленинградском заводе «Монумент-скульптура». Отмечен Государственной премией за 1969 г.

Дело в том, что и большие и малые скульптуры, в том числе и памятники, художники-скульпторы делают первоначально из глины. Иногда они прибегают и к гипсу. Но если бы все памятники оставались глиняными или гипсовыми — они были бы очень скоро разрушены дождем и ветром, снегом и льдом!

Еще в древние времена повелители и их рабы — мастеровые пришли к выводу о том, что памятники нужно делать из более прочного и стойкого материала, не разрушающегося от влаги, не растрескивающегося от мороза, не ржавеющего от дождя. И такой материал уже давно был найден. Это — отливающая золотистым оттенком красивая бронза. А иногда памятники отливали и из более дешевого, но тоже прочного и стойкого, серого чугуна.

Художник-скульптор создает лишь модель памятника. А дело литейщика создать стойкий на долгие годы, прочный металлический памятник по модели скульптора. Это он — литейщик — воплощает идею художника в металле!

**Литейщики-художники** Между деятельностью различных представителей искусства есть существенная разница. Писатель, поэт, художник, артист создают свои творения в виде книг, стихов, картин, сценических образов. И в этом они ни от кого не зависят. Иное дело — скульптор. Свой художественный замысел он во-



площает только в модели. А воплотить эту модель в металл — дело уже другого специалиста — литейщика. И, конечно же, дело венчается успехом лишь в том случае, если и литейщик окажется художником по натуре, какими и были такие выдающиеся мастера литейного дела, как Андрей Чохов, Иван и Михаил Моторины, Василий Екимов и многие другие.

**Любопытная история «Медного всадника».** Талантливый скульптор Фальконе был приглашен Екатериной II для изготовления конной статуи Петра I.

Молодой скульптор по совету своего друга — французского просветителя Дидро — принял приглашение князя Голицына — русского посла во Франции. Фальконе вместе со своей ученицей — восемнадцатилетней М. Колло, а также с двумя скульпторами и литейным мастером приехал в Россию в 1766 году. По условию он должен был изготовить памятник за 8 лет.

Фальконе много страдал от мелочных придинок генерала Бецко-го, назначенного начальником его работ. Несмотря на все искусственно создаваемые Бецким препятствия, уже через три года были вылеплены фигуры коня и всадника. Только голова Петра никак не удавалось художнику. Он ее переделывал несколько раз. Выручила Фальконе его ученица — М. Колло. Воспользовавшись бюстом Петра, отлитым в Болонье, гипсовой головой его, находившейся в Академии Наук, и восковой маской, снятой с лица Петра после его смерти, молодая художница, проработав без сна целую ночь, представила на утро бюст Петра, который с удовлетворением был принят ее учителем и затем одобрен Екатериной II.

Когда пришла пора заняться отливкой памятника, в Россию был привезен французский литейщик Бенуа Эрсман. Он взялся отлить памятник за 1 год и потребовал уплаты ему 140 тысяч франков. Это в то время как Фальконе со всеми его сотрудниками государство должно было выплатить за 8 лет всего 200 тысяч франков.

Вскоре Фальконе убедился в недобросовестности Эрсмана и отказался от его услуг. Тогда из Копенгагена был приглашен известный литейщик Гоор. Этот мастер запросил за отливку еще больше — 400 тысяч марок. Отклонив услуги и Гоора, Фальконе решил взяться за отливку памятника сам. Он стал упорно изучать все приемы литейного дела, отлил сначала небольшую, но известную античную скульптуру мальчика, вынимающего занозу, затем занялся отливкой статуи Кулидона, которая отлично удалась ему. И лишь после этого, в 1774 году он решился самостоятельно взяться за литье фигуры «Медного всадника».

Постройка печей, изготовление форм, сушка их, установка литников и другие работы заняли около года. В августе 1775 года заливка форм начата, а все работы по изготовлению скульптуры были закончены в 1777 году. Открыт же памятник был лишь в 1782 году после того, как удалось найти и доставить на Сенатскую площадь огромную скалу — гранитную глыбу массой 1670 тонн. Найти такую скалу помог крестьянин Семен Вишняков, указавший, что в восьми верстах от Петербурга в болоте лежит огромный «Гром-камень», отсеченный когда-то от скалы ударом

молнии. История доставки этой глыбы к месту установки памятника — целая повесть о практической сметке и титаническом труде русских людей. Приглашенные генералом Бецким специалисты не решились представить какой-либо проект доставки скалы в Петербург. И как это часто бывало на Руси, вопрос был решен простым, не имевшим никакого образования человеком. Способ доставки «Гром-камня» был подсказан сельским кузнецом полицмейстеру Ласкарису, а он, воспользовавшись неграмотностью кузнеца, выдал этот способ за свой. Четыреста рабочих, двенадцать рычагов, каждый из которых состоял из трех скрепленных бревен, ворота, сваи для привязывания канатов к воротам, домкраты, катки, бронзовые шары, тележки, замороженный грунт, 48 каменотесов, 2 барабанщика на вершине скалы, подававшие сигналы, специально затопленная баржа, на которую погрузили скалу с берега Невы, — вот те средства, с помощью которых пьедестал к «Медному всаднику» был в 1779 году доставлен на место.

81 тонна бронзы и 15 тонн железа было истрачено на отливку этого уникального памятника.

**Еще один скульптор-литейщик.** В парке Харьковского политехнического института им. В. И. Ленина высится отлитый из чугуна памятник В. И. Ленину — студенту Володе Ульянову. Автор памятника — скульптор В. Н. Савченко. По профессии он, однако, вовсе не скульптор, а юрист, кандидат юридических наук. По призванию — он подлинный, талантливый скульптор. Но не только скульптор. Он сын потомственного литейщика, сам работал модельщиком на Харьковском заводе транспортного машиностроения им. Малышева и прекрасно усвоил секреты этой нелегкой профессии. Вместе с комсомольцами — студентами Харьковского политехнического института — он воссоздал образ юного Ленина, прекрасно передал простоту и одухотворенность его лица вместе с динамичностью позы, выполнив все работы не только в глине, но и в металле.

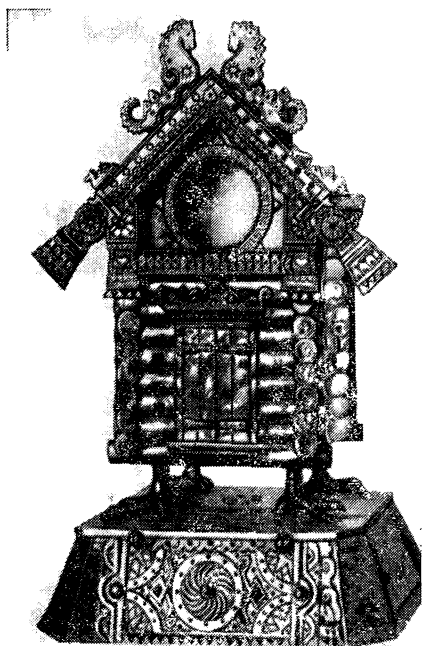
**Литой чугунный павильон.** Выдающиеся литые произведения — это не только скульптуры, памятники и мемориалы.

В 1900 году на Всемирной Парижской выставке демонстрировался литой чугунный павильон, изготовленный русскими умельцами на Каслинском заводе. Этот павильон оставил неизгладимое впечатление от красоты и изящества крупного архитектурного сооружения с филигранным орнаментом, чеканными барельефами, кабинетными скульптурами, отражавшими декоративные формы древнерусского искусства.

Выдающимися произведениями литейного искусства являются и многочисленные решетки, ограды, мостовые



Одна из четырех конных групп на Аничковом мосту в Ленинграде — «Конь с возничим», 1838 г. Скульптор — П. К. Клодт



Избушка на курьих ножках (подчасник) (Каслинское художественное литье). Работа Канаева и Баранова. 1906 г.



Фрагмент чугунной решетки



Деталь чугунной решетки

узоры, великолепные фигуры на Аничковом мосту в Ленинграде, Царские ворота во многих соборах, незабываемые Царь-пушка и Царь-колокол в Москве.

### 3. Отливки у нас дома

Но не только памятники, скульптуры и художественные отливки являются творением рук литейщиков. Литейные мастера создают множество вещей, необходи-

мых и в быту. Это сверкающие белизной чугунные ванны, раковины для мытья посуды, мясорубки, кухонные котлы и сковородки, тяжелые утятницы, пельменницы, тазы, кухонные топоры, черпаки, ложки, вилки и ножи. Литые утюги, швейные машины, пылесосы и полотеры, стиральные машины — вся эта домашняя техника более чем наполовину состоит из литых деталей.

Только литьем удастся изготовить сборные секции отопительных батарей для наших квартир.

И в телефонных аппаратах, вентиляторах, стенных и ручных часах, репродукторах, радиоприемниках и телевизорах мы найдем множество литых деталей.

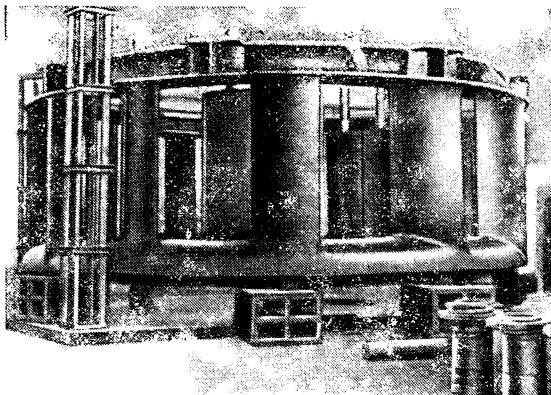
Литье мы видим и в украшающих квартиры люстрах, подсвечниках, барельефах, и в украшениях; кольцах, браслетах, диадемах, клипсах и брошах.

#### 4. От сверлильного станка до космического корабля

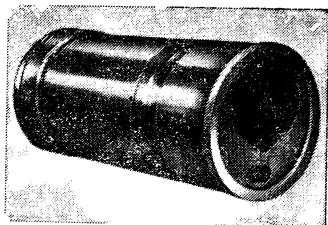
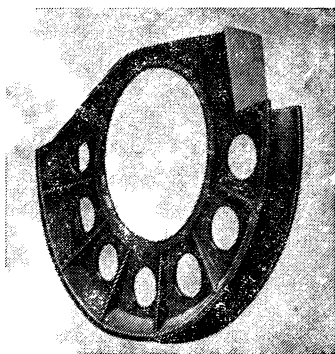
**Отливки для машин.** Художественное литье и литье бытовых изделий — далеко не главное дело литейного производства. Наибольшее количество отливок изготавливается для самых разнообразных машин. Любая машина состоит из нескольких десятков или сотен деталей. И более половины этих деталей (по крайней мере по массе) изготавливается литьем. Ни один машиностроительный завод не обходится без литейных цехов. Литейные цехи производят литые заготовки для будущих деталей. В механических цехах эти детали обтачивают, строгают, сверлят, фрезеруют и шлифуют. Причем делают это на станках, которые сами состоят более чем на три четверти из литых деталей. Затем в сборочных цехах эти детали собирают. Сначала в узлы, а потом — чаще всего на сборочных конвейерах — в готовые машины.

**Литье — это заготовительная база машиностроения.** А машиностроение в наш век — основной рычаг технического прогресса.

Нет такой отрасли машиностроения, которая не нуждалась бы в отливках. Ведь примерно половину массы наших сельскохозяйственных машин составляют литые детали. В тракторах масса литых деталей доходит до 60%, в прокатных станах она составляет 69%, в тек-

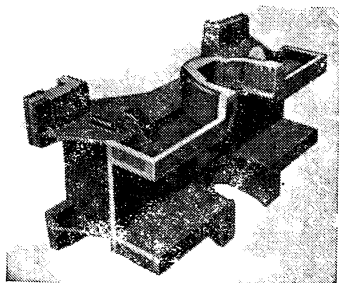


Гидротурбина Камской ГЭС с лопатками направляющего аппарата из высокопрочного чугуна

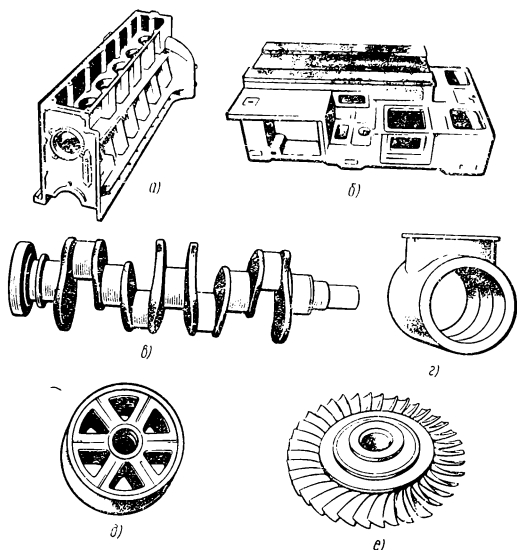


Сектор трубогибочного стана, отлитый из высокопрочного чугуна

Отливка вала эксцентрика конусной дробилки массой 2,5 т

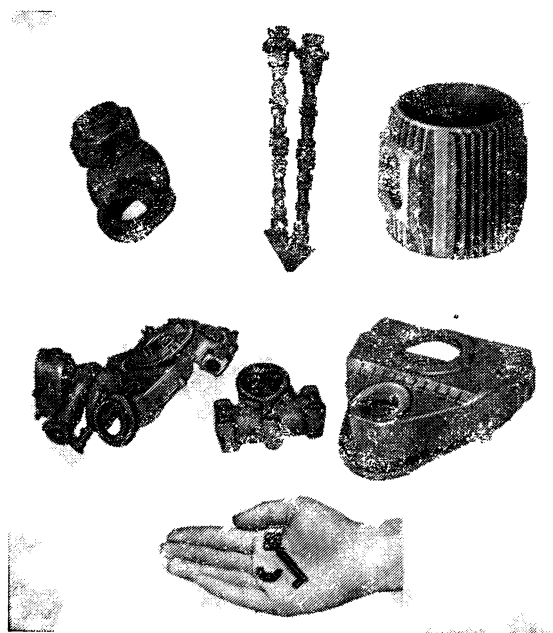


Корпус тормоза непрерывного тонколистового прокатного стана массой 4,1 т, отлитый из высокопрочного чугуна



**Отливки сложных деталей для машиностроения:**

*а* — блок цилиндров двигателя; *б* — станина крупного металлорежущего станка; *в* — коленчатый вал двигателя; *г* — тройник; *д* — шестерня; *е* — крыльчатка



Мелкие  
отливки

стильных машинах — до 78%, в металлорежущих станках — 80—85%, в полиграфических машинах — до 90%, а в химическом машиностроении — 95%.

Литые изделия необходимы и в энергомашиностроении. Паровые машины, паровые и газовые турбины, работающие на тепловых электростанциях, гидротурбины, вращающиеся в потоке падающей воды и приводящие во вращение генераторы электрического тока на гидроэлектростанциях, атомные реакторы на современных АЭС — все это установки, требующие большого количества литых деталей, причем деталей крупногабаритных и весьма ответственных.

**Отливка массой 460 тонн!** Представьте себе такую картину. Широкая Волга вблизи Куйбышева перегорожена искусственной плотиной. С высоты 22 м с гребня плотины низвергается мощный водяной поток — до 700 м<sup>3</sup> воды в секунду! Струи воды бьют по лопаткам водяного колеса турбины. И это мощное колесо диаметром, равным высоте трехэтажного дома, послушно вращается на вертикальном валу. Другой конец вала связан с генератором электрического тока. Вся эта триада: турбина — вал — генератор — по вертикали занимает 30 м. Сооружение, соответствующее высоте десятиэтажного дома!

Вал, соединяющий турбину с генератором, имеет длину 10 м, диаметр — 1,5 м и весит в чистом виде 96 т. Для изготовления такого вала понадобилась отливка массой 180 т! Отливка рабочего колеса турбины весила еще больше — 460 т! Подобные уникальные отливки изготовлялись и для более крупных гидроэлектростанций — Красноярской, Ангарской, Саяно-Шушенской и других.

**Сердце машины — двигатель.** Теперь вспомните транспортное машиностроение с его тепловозами, электровозами, грузовыми и пассажирскими вагонами; судостроение с его мощными теплоходами, катерами, буксирами, ледоколами, кораблями на подводных крыльях; военную и гражданскую авиацию; современную артиллерию и новейшую ракетную технику; искусственные спутники и космические корабли и многое, многое другое.

Какое из перечисленных изделий могло бы обойтись без литых деталей? Достаточно вспомнить только о двигателях внутреннего сгорания. Блоки моторов, го-



ловки блоков, картеры, поршни, поршневые кольца, клапаны, шатуны, коленчатые валы — все это творение рук литейщиков! Даже простейший мопед не обходится без них. А что уж говорить о мотоциклах, автомобилях, морских судах, подводных лодках, лебедках, самолетах — сердцем которых является двигатель внутреннего сгорания.

Станины станков, моторов и прессов, локомотивные и вагонные рамы, судовые валы и гребные винты, траки гусениц для тракторов — чего только не отливают литейщики!

## 5. Так что же такое литье?

**Откуда берется чугун.** Чаще всего отливки изготавливают из чугуна и стали. В природе, однако, нет ни чугуна, ни стали. Оба эти металла представляют собой сплав железа с углеродом и рядом других элементов. В чугуне углерода больше, в стали — меньше. Чугун тверд, но хрупок. Сталь мягка, хорошо куется, легко обрабатывается резцами. Откуда же они берутся, если в природе их нет?

Чистого железа в земной коре тоже нет. Железа в ней много, но все оно окислено, соединено с кислородом, да еще загрязнено другими примесями. Горные породы, содержащие значительное количество железа, называются железными рудами. Горняки в железорудных коях и занимаются добычей железной руды. Большую часть руды отправляют в горнообогатительные комбинаты, где стремятся удалить из руды часть пустой породы. Затем железнодорожники доставляют руду на металлургические заводы. Тут ее доменщики и загружают в доменные печи. В них руда переплавляется вместе с коксом и известняком. Однако из доменной печи получить чистое железо не удастся. Находясь в печи бок о бок с кусками кокса, железо растворяет в себе углерод. Три-четыре процента углерода совершенно меняют свойства железа. Затвердев, такое железо оказывается очень твердым, хрупким, не поддающимся ковке, но в жидком состоянии хорошо заливающимся в формы. Его и называют чугуном.

**А как получается сталь?** Большую часть получаемого в доменных печах чугуна металлурги переплавляют в сталеплавильных печах с тем, чтобы выжечь из него

излишек углерода. И получают совсем иной продукт — сталь. Крепкую, упругую, податливую. Сталь, которую можно не только резать, ковать, штамповать, прокатывать, но и отливать из нее любые изделия.

**Что же делает литейщик?** Итак, дело доменщика выплавить чугун. Дело сталеплавильщика — получить добротную сталь. А дело литейщика — придать чугуну или стали нужную форму, изготовить из них изделие, обладающее необходимыми качествами. При этом литейщик вновь расплавляет эти металлы, доводит их до нужной температуры, вводит в металл необходимые добавки и заливает расплав в заранее приготовленные формы. Умение приготовить нужную форму — это не только сложное мастерство, но и большое искусство. О нем — впереди.

Итак, литейное производство — это та отрасль промышленности, которая занимается изготовлением изделий или заготовок путем заливки расплавленного металла в специально изготовленные формы.

## **6. Как придать металлу нужную форму**

Пройдемся по заготовительным цехам машиностроительного завода. Зайдем в механический цех. Перед нами длинный ряд стоящих параллельно друг другу токарных станков. Монотонный шум вращающихся шпинделей, шелестящий звук срезаемой с заготовки стружки.

«Что вы обрабатываете?» — спрашиваем токаря. — «Да вот, обтачиваю анкерные болты». Такие болты нужны для закрепления на фундаменте станков, молотов, прессов и другого тяжелого оборудования. Чтобы изготовить болт диаметром 25 мм, токарь использует круглый стальной пруток диаметром 50 мм. Небольшую часть заготовки оставляет нетронутой (для головки болта), а с остальной части, по всей ее длине, срезает стружку до тех пор, пока диаметр обточенной части не достигает заданного — 25 мм.

Зайдем в рядом расположенный кузнечный цех.

— «Что вы сейчас куετε?» — спрашиваем у кузнеца. — «Да вот, выполняю заказ на анкерные болты» — отвечает он нам. Взяв тот же 50-миллиметровый стальной пруток кузнец рубит его на сравнительно короткие куски и кладет их в нагревательную печь. Раскаленные

заготовки одну за другой начинает ковать. Оставив нетронутой головку болта, кузнец обрабатывает остальную часть заготовки, постепенно уменьшая ее диаметр. Заготовка при этом становится все длиннее, и, когда диаметр ее достигает 25 мм, кузнец прекращает ковку и лишь отрубает излишек по длине.

Налюбовавшись искусной работой кузнеца, мы отправляемся в литейный цех. Здесь на плацу идет ручная формовка. Формовщики старательно собирали формы. Из желоба электропечи взметнулся вверх и в стороны сноп искр, цех озарился ярким свечением, и в приготовленный ковш потекла золотистая струя расплавленной стали. Разливщик ловко подхватил висящий на подвеске ковш, и он по воздушному рельсовому пути послушно покатился к плацу. Небольшой наклон ковша — и тонкая струя металла заполнила первую форму. Выпуск металла, заливка его — это чудесное зрелище, всегда очаровывающее не только впервые попавшего в цех новичка, но и старых опытных специалистов. Огненные блики, яркие вспышки, охватывающий все вокруг жар льющихся струй металла, звездочки распадающихся в воздухе искр — все это создает впечатление какого-то таинства превращения прирученного огня и металла в нужные человеку изделия.

— «Что же вы отлили в этих формах?» — спросили мы мастера. — «Да вот, выполняем заказ на анкерные болты», — ответил он.

Не кажется ли вам все это странным?

Одно и то же изделие, а делают его в разных цехах и совсем различными путями. Чем же это объяснить?

Основная задача литейного производства — придание металлу нужной формы и заданных свойств. Но нужную форму металлу можно придать не только способом литья. Столь же древним, как и литейное производство, является кузнечное производство. Кузнец, нагрев кусок металла, ударами молота также придает ему нужную форму. И при этом вовсе не доводит металл до жидкого состояния. Кузнецы, штамповщики и прокатчики придают нужную форму металлу, нагревая его до пластического состояния и обрабатывая затем давлением. Тут в ход пускаются кувалда, боек парового молота или гидравлического пресса или валки прокатного стана.

**Какой способ лучше?** Возьмем, например, такую важную деталь любого двигателя, как коленчатый вал.

Коленчатые валы можно изготовлять литьем с последующей обточкой и шлифованием шеек вала. Их можно ковать и штамповать и доводить до точных размеров опять-таки обточкой и шлифовкой. Те же валы можно изготовить из заготовок способом резания на токарных и шлифовальных станках. Какой же способ обработки лучше?

В течение тысячелетий сорвнутся между собою эти способы обработки: резание, давление, литье. И ни один из них не взял окончательно верх над другими. В XX веке к ним присоединился еще один способ придания металлу формы — электросварка. Все эти четыре способа успешно развиваются.

Если все виды заготовок (по массе), применяющихся в машиностроении, принять за 100%, то соотношение между различными способами их изготовления в последние годы оказывается таким: отливки — 43,1%, сварные конструкции — 38,6%, штампованные заготовки — 8,4%, поковки — 4,5%, фасонный прокат — 3,0%, неметаллические заготовки — 2,4%. Это соотношение называется структурой потребления заготовок в машиностроении.

Из приведенных цифр видно, что более новые способы изготовления заготовок — штамповка и сварка — не сумели отвоевать пальму первенства у старого древнего способа литья.

Чем же это объяснить? Мы уже говорили, что каждый из способов изготовления заготовок имеет свои достоинства и недостатки.

У литья есть такие преимущества, которых у других способов нет.

Ковать и штамповать можно только такие металлы, которые обладают свойством пластичности. Чугун и литейная бронза непластичны. Обработке давлением они не поддаются. А литейные их свойства превосходны. Литью поддаются любые металлы, а обработке давлением и резанием — далеко не все.

Далее. Штамповать, например, можно изделия ограниченных размеров. На обычный токарный станок заготовку длиной 20—30 м тоже не поставишь. А подковать блоху сумел разве только знаменитый, по повести Н. С. Лескова, кузнец Левша. А вот литье в этом от-

ношении универсально. Литейщики изготавливают детали массой от долей грамма до 300—460 тонн! Размерами от 1 см до 30 м! Толщиною от 0,5 мм до 0,5 м!

Это еще не все. Кузнец, как и токарь, может изготовить сравнительно простое по форме изделие. Но кто кроме литейщика возьмется осуществить такое сложное изделие, как, например, радиатор для мотоциклетного мотора, блок тракторного или авиационного мотора, секцию отопительной батареи? Никто. Только литьем удается получить весьма сложные по конфигурации изделия.

**Какой способ дешевле?** Мы уже говорили, что машины состоят из 40—95% литых деталей (по массе). А вот стоимость этих деталей составляет только 20—25% стоимости машин. Из этого следует, что литье — это самый экономичный, самый дешевый способ производства деталей машин.

Возьмем такой любопытный пример. На заводе «Русский дизель» коленчатые валы для дизелей сначала ковали, а потом стали отливать. Масса кованой заготовки для одного вала составляла 6,3 т, а литой — только 2,1 т. На изготовление одного вала при ковке затрачивалось 1145 человеко-часов, а при литье — только 694. В результате стоимость кованого вала составляла 410 руб., а литого — только 112 руб.

**Какой способ экономичнее?** Литьем можно сделать заготовку весьма близкой по форме к форме будущей детали. А другими способами этого достичь нельзя. Поэтому, когда заготовку отделывают окончательно на металлорежущих станках, потери металла на стружку оказываются далеко не одинаковыми. Минимальные потери на стружку штампованных деталей составляют 70%, а литых — только 22%. Значит литье не только самый дешевый вид производства заготовок, но еще и способ, позволяющий сэкономить большое количество металла, что для народного хозяйства имеет большое значение. Ведь некоторые детали изготавливают из заготовок, которые в 6 раз тяжелее готовой детали!

Отношение массы готовых деталей к массе заготовок для них называется коэффициентом использования металла. При прокатке он составляет лишь 0,36, при ковке — 0,38, а при литье — 0,80!

Следует добавить, еще, что литые детали оказываются, как правило, более долговечными. К тому же, на

постройку литейных цехов затрачивается меньше средств, чем на сооружение кузнечных и штамповочных цехов.

Вот те преимущества, которые позволили древнему литейному производству развиваться на новой технической основе, не уступая своих позиций другим способам производства заготовок.

## 7. Из чего же такое делают отливки?

Мы уже говорили, что большую часть отливок в наше время изготавливают из чугуна и стали. Но чугун и сталь — не единственные литейные материалы. Вспомним прекрасные скульптуры из античных залов музеев древнего искусства. Ведь почти все скульптуры в них отлиты из бронзы. Бронза была основным литейным материалом древних веков. А ведь бронза — это медь, улучшенная небольшим количеством добавок, чаще всего олова.

Для изготовления отливок помимо меди и бронзы широко используют и ряд других цветных металлов: алюминий, цинк, олово, свинец, магний, титан и их сплавы.

Как ни широк спектр металлов и сплавов, используемых в литейном производстве, все же основой его являются железоуглеродистые сплавы. Более трех четвертей отливок во всем мире в наши годы — это отливки на железной основе. Но отливки изготавливают не только из металлов. Для литья используют и различные виды пластмасс, стекло, фаянс и даже обыкновенные горные породы — базальт, гранит, диабаз.

### III. ФУНДАМЕНТ ЦИВИЛИЗАЦИИ

**Век железа и стали.** «Век железа и стали» не сменился в XIX веке «веком пара и электричества», как принято говорить. Производство железа и стали продолжало и продолжает развиваться. Причем все убыстряющимися темпами. В 1778 году был построен первый железный мост. С тех пор все крупные мосты сооружались из стали. Через десять лет — в 1788 году был сооружен первый водопровод из железных труб. Потребность в железе возросла еще больше.

Начало XIX века ознаменовалось триумфальным развитием паровых двигателей. Паровые машины устанавливались на рудниках, фабриках, заводах, а затем они перекочевали на воду и на рельсы.

В 1818 году было создано первое железное судно. Деревянная, парусная флотилия стала спешно переоборудоваться на железную, паровую. В 1825 году создается первая железная дорога. Паровозы, вагоны, рельсы — все это требовало железа и железа.

Потребность в железе и его сплавах с каждым годом становится все большей. Железо нужно и в промышленности, и в сельском хозяйстве. Оно нужно всем видам транспорта и оборонной технике. Современная жизнь без железа стала просто невозможной.

Производство чугуна и стали — это один из важнейших показателей экономического уровня развития страны.

В. И. Ленин справедливо называл металл фундаментом цивилизации.

#### 1. Металлы в семье элементов

Сколькими металлами располагает человек? Средневековые алхимики имели дело с 6—7 металлами. М. В. Ломоносову было известно уже 13 металлов. Когда Дмитрий Иванович Менделеев составил свою знаменитую периодическую систему элементов, в ней

насчитывалось 92 места для элементов, но известно было лишь 63. Из этих 63 элементов 22 были неметаллами и пять — полуметаллами (к полуметаллам относят мышьяк, олово, сурьму, висмут и германий). Таким образом, в 1969 году было известно уже 36 металлов. Гениальные предсказания Менделеева полностью были оправданы, и все 92 клетки в таблице элементов постепенно были заполнены вновь найденными веществами. Затем началась эпоха открытия трансураниевых элементов, заполнивших клетки с номерами 93, 94 и т. д. Ныне твердо установлено существование 106 элементов. Если из них вычесть 22 неметалла и 5 полуметаллов, то окажется, что число известных металлов достигло 79. Конечно, далеко не все из них достаточно хорошо изучены, а многие до сих пор являются редкими, получение которых связано с большими трудностями.

## 2. Чем металлы отличаются от неметаллов

Всем известно, что металлы легко отличить от неметаллов характерным ярким серебристым или золотистым цветом, блеском их поверхности. Металлы пластичны, их коуют, прокатывают, штампуют. Кроме того, металлы хорошо проводят тепло и электрический ток. Это так называемые физические свойства металлов. Есть у них и химические свойства. Окислы металлов обладают щелочными свойствами, и при соединении с водой они образуют щелочные растворы. Окислы неметаллов имеют кислотные свойства и, соединяясь с водой, образуют кислоты.

Все это было хорошо известно еще более 200 лет тому назад во времена Ломоносова, Лавуазье. А вот причины такого различия свойств металлов и неметаллов были найдены значительно позже, после того как было открыто электронное строение атомов. Напомним, что электрон был открыт лишь в 1895 году.

**Электронное строение металлов.** Каждому элементу Д. И. Менделеев еще в 1869 году приписал определенный атомный номер и поместил его в периодическую систему с этим номером, ничего еще не зная об электронах. Позже выяснилось, что номер элемента точно совпадает с числом электронов, вращающихся по не-



скольким орбитам. По наиболее близкой к ядру орбите вращаются обычно два электрона. По второй орбите, более удаленной от ядра, могут вращаться восемь электронов. Третья, еще более удаленная от ядра орбита, может вместить до 18 электронов. Если номер орбиты обозначить буквой  $n$ , а число электронов, которые она вмещает, через  $N$ , то количество электронов, несущихся на каждой орбите, можно выразить главным квантовым числом:  $N=2n^2$ .

Возьмем, например, такой металл как алюминий. Его атомный номер 13 в таблице Менделеева. Это значит, что вокруг его ядра вращаются по разным орбитам 13 электронов. По первой орбите ( $n=1$ ) число электронов  $N$  окажется равным двум ( $N=2$ ). По второй орбите ( $n=2$ ) число электронов будет равно 8 ( $N=2 \cdot 2^2=8$ ). По третьей орбите будут вращаться все остальные электроны и их окажется  $13-(2+8)=3$ . Это в то время, как третья орбита могла бы вместить 18 электронов. Выходит, что третья, наружная орбита у алюминия недоукомплектована. Три электрона, вращающихся по ней, наиболее удалены от ядра и поэтому наименее прочно связаны с ним. Они могут легко оторваться от своего ядра и перейти к соседнему атому.

**Неукомплектованные орбиты.** Выяснилось, что у всех металлов наружные электронные орбиты оказались недоукомплектованными. По ним вращаются, как правило, один, два, три и в редких случаях — четыре электрона. В то же время у неметаллов наружные электронные орбиты, наоборот, полностью или почти полностью укомплектованы.

Переходом наружных электронов от одних атомов к другим и было объяснено явление электрического тока. Числом электронов на наружной орбите было объяснено свойство валентности металлов. Электронное строение атомов дало ключ к объяснению таких явлений, как ферромагнетизм, полиморфизм, потенциал ионизации. Все эти вопросы получили отражение в разработанной советскими физиками теории металлического состояния.

### 3. Металлы в земной коре

Первые пять мест в земной коре (по массе вещества) занимают следующие элементы: кислород, кремний, алюминий, железо и кальций. На 1 тонну земной коры приходится кислорода 466 кг,

кремния 277,2 кг, алюминия 81,3 кг, железа 50 кг и кальция 36,3 кг. Общая масса этих пяти элементов в одной тонне земной коры составляют около 92% в массе земной коры. На остальные 101 элемент приходится чуть больше 8% ее массы.

Примечательно, что из этих пяти элементов два, занимающих оба первые места, вовсе не являются металлами, а их суммарное количество составляет почти три четверти массы земной коры. Таким образом, на долю алюминия, железа и всех остальных 77 металлов приходится меньше одной четвертой части массы земной коры.

Итак, из восьми десятков металлов, наибольшее количество в земной коре алюминия (более 8%). Парадоксально, но факт, что металл, которого больше всего в земной коре, был открыт намного позже большинства других.

Содержащие алюминий квасцы были известны в древности. О них упоминается в сочинениях древнеримского историка Плиния Старшего. Кстати, квасцы по латыни и назывались «алумен». Средневековый ученый, врач и естествоиспытатель Парацельс нашел, что квасцы представляют собой «соль некоей квасцовой земли». Через девять лет после смерти Парацельса химик Маркграф сумел выделить «квасцовую землю» — глинозем (окись алюминия  $Al_2O_3$ ). Во времена Ломоносова было высказано предположение о том, что в составе квасцов должен быть неизвестный химический элемент. Поисками его и занялся в 1808 году молодой английский ученый Гемфри Деви. Он даже назвал этот элемент алюминием, но получить алюминий так и не смог. 17 лет алюминий существовал лишь в названии. В 1825 году датчанин Эрстед и в 1827 году немец Велер сумели получить первые крупки этого металла. И только в 1854 году французскому химику Сент-Клер-Девиллю удалось получить первый промышленный алюминий. Через 11 лет русский химик Н. Н. Бекетов создал более экономичный способ получения алюминия из глинозема. Этот способ применяли во Франции и Германии до конца XIX века. Но полученный и по этому способу алюминий был по стоимости равноценен золоту.

Наполеон III и члены его семьи, например, во время банкетов пользовались алюминиевыми вилками и ложками, в то время как всем остальным оставалось пользоваться золотыми и серебряными приборами, как более дешевыми.

Лишь после того как русский капитан А. Ф. Можайский создал первый в мире аэроплан, а другой русский капитан О. С. Костович попытался вместо паровой машины поставить на управляемый аэростат двигатель внутреннего сгорания, судьба алюминия была решена. Оказалось, что это именно тот металл, который нужен авиации. Строительство самолетов в первом десятилетии нашего века вызвало к жизни развитие металлургии алюминия, совершенствование его производства и резкое снижение стоимости.

В 1889 году английское Королевское общество чествовало Дмитрия Ивановича Менделеева в связи с 20-летием открытия им периодического закона. Менделееву были преподнесены весы, изготовленные из алюминия и золота.

В 1904 году русская научная общественность готовилась к 70-летию юбилею Д. И. Менделеева. Была собрана большая сумма денег. Деньги были переведены ювелирной фирме. Ей было заказано изготовить большую вазу с розами. Лепестки роз требовалось изготовить из золота, а вазу и листья — из алюминия. Два драгоценных металла!

Теперь после железа, алюминий — самый дешевый металл.

Мировое производство алюминия резко увеличилось за последние годы. Оно намного опередило производство меди, олова, свинца и других металлов. После чугунного и стального, алюминиевое литье теперь самое распространенное во всем мире.

#### 4. Главный металл эпохи

Второе место среди металлов в земной коре занимает широко распространенный на нашей планете металл — железо.

К сожалению, железо, так же как и алюминий и почти все остальные металлы, не содержится в земной коре в чистом виде. Оно окислено, а окислы железа смешаны с рядом окислов других элементов, образуя так называемую пустую породу. Поэтому, добывая железо, приходится руду переплавлять, окислы других металлов переводить в шлак, а железо восстанавливать из его окисла. Задача нелегкая, но, тем не менее, именно железо, а не какой-либо другой металл, стало основой технического прогресса во всем мире. Чем это объяснить? Во-первых, распространенностью железа в природе, во-вторых, относительной легкостью восстановления его из окислов по сравнению с другими металлами, в-третьих, малой стоимостью и, в-четвертых, удивительно широким спектром свойств, которыми обладают железные сплавы.

#### 5. Металлы в океане

Земная кора — не единственный источник нахождения металлов в природе. Моря и океаны, заливы и озера оказываются тоже немаловажными кладовыми металлов.

Подсчитано, что в водных пространствах нашей планеты растворено ни много, ни мало — 10 миллиардов тонн золота! Серебра еще больше — 200 миллиардов тонн. Как выяснилось, в морской воде много молибдена и тория. Их количество доходит до 300 миллиардов тонн каждого. А вот содержание таких металлов как магний и ртуть в водах пучин определяется астрономическими цифрами —  $6 \cdot 10^{16}$  тонн, или 60 квадриллионов тонн!

Пусть миллиарды тонн содержащегося в океане золота не наводят никого из читателей на мысль заняться добычей этого драгоценного металла из воды. В наше время это дело бесполезное. Весь вопрос ведь в концентрации раствора. И прежде чем приступить к подобного рода опытам, надо прикинуть, сколько сотен или тысяч тонн воды надо будет выпарить, чтобы получить хотя бы одну сотую грамма золота!

Другое дело — бор, магний, калий, литий, стронций, вольфрам, мышьяк и ртуть. Их концентрация в воде намного выше. Магний, будучи еще более легким металлом, чем алюминий, тоже стал стратегическим сырьем.

Получение магния, натрия, лития, бора, калия и ряда других металлов из морской воды уже сейчас приобретает большое практическое значение. Литий уже получают из подземных рассолов в ряде стран — США, Японии, Китае. Бор тоже уже извлекают из горячих источников США, Италии, Японии. Из тех же источников извлекают мышьяк и германий.

К настоящему времени установлено, что в водах мирового океана содержится до 80 элементов Периодической системы.

Только одного железа в морской воде содержится по 35 тонн на каждого жителя нашей планеты. А ведь за всю историю человечества на каждого жителя Земли было выплавлено не более 6 тонн!

В 1873—76 гг. экспедиция английского корвета «Челленджер» обнаружила на обломках находящихся в воде кораблей, на осколках снарядов, на зубах акул и на множестве других предметов наслоения в виде корок, пятен и оболочек. Такими же наслоениями устлано дно многих заливов, озер, прибрежных полос морских берегов, так называемых шельфов.

Открытые наслоения были названы конкрециями. Состоят конкреции преимущественно из марганца и железа, но есть в них примеси и других металлов: меди, кобальта, никеля, свинца и цинка. Однако все эти металлы в конкрециях встречаются не в чистом виде, а в виде окислов, соединенных вдобавок еще с водой, то есть в виде гидроокисей. Концентрация металлов в конкрециях во много раз больше, чем в морской воде.

У нас конкреции встречаются в шельфе целого ряда

морей; Белого, Баренцового, в Финском и Рижском заливах, в Аральском море.

Пока еще производство железа и марганца из руд, добытых в земной коре, обходится дешевле, чем из конкреций. Но вполне возможно, что в ближайшем будущем и они будут поставлены на службу человеку.

## 6. Растения — разведчики руд

Металлы можно найти не только в земной коре и в морской воде. Они содержатся во многих растениях и даже в животных организмах.

Как растения, так и животные вдыхают кислород из воздуха и связывают его в сложные соединения. В центре молекул этих соединений находится атом металла. У растений — это атом магния. У животных — атом железа. Кроме того, растения содержат атомы и ряда других металлов.

Знаете ли вы, что красивые, издающие приятнейший запах фиалки содержат и медь, и цинк? Что в корнях растений содержится алюминий, в семенах — молибден, в листьях и хвое — железо и марганец?

Одна из разновидностей морских водорослей — кладоформа — содержит титан, причем в таких значительных концентрациях, что может возникнуть вопрос о добыче титана из нее.

Пока из растений металлы не добывают. Но растения помогают нам в добыче металлов.

В конце XIX века Э. Лидге обнаружил зависимость произрастания различных пород растений от содержащихся в почве металлов. Задолго до Лидге, наш великий соотечественник М. В. Ломоносов установил, что над рудными месторождениями растут только определенные травы. «Ботаническая формула» Ломоносова привела к свое время к открытию залежей меди на территории Казахстана.

В наше время развивается новая наука — биогеохимия. Известно уже свыше 40 растений — «разведчиков» земных недр.

## 7. Сколько в мире производят металлов?

Какие металлы используют в технике больше других? На этот вопрос ответ могут дать сведения о ми-

ровом производстве металлов в разные годы. Точных сведений нет.

Уровень мирового производства отдельных металлов различен. Только производство одного металла — железа — достигает более 700 млн. т в год. За последние два десятилетия резко выросло производство алюминия. До этого на втором месте было производство меди.

Как ни велико ныне производство алюминия, но железа выплавляется все же в 50 раз больше.

Миллионов тонн в год достигла выплавка еще шести металлов: меди, цинка, свинца, марганца, хрома и кремния. Кремний — неметалл, но как элемент, играющий большую роль в металлургии, его часто причисляют к металлам. Производство всех этих металлов в сотни раз уступает железу.

Есть металлы, производство которых за целый год во всех странах мира не достигает и одной тонны: это металлы — иридий и родий.

**Металлы для литья.** В литейном производстве используют многие металлы. Более 96% всех отливок, производимых в СССР, — это отливки из черных металлов — из чугуна и стали. На долю цветных металлов приходится всего 3,7% отливок.

Почти все известные металлы (кроме самых редких и поэтому очень дорогих) вводятся теперь в расплавы железа, меди, алюминия и магния как присадки (добавки), улучшающие свойства или структуру отливок.

Низкий уровень производства отливок из цветных сплавов вызван прежде всего высокой стоимостью цветных металлов.

Из цветных металлов на литье расходуются главным образом медь, алюминий, цинк, олово, титан и тугоплавкие металлы — никель, вольфрам, молибден, тантал, ванадий.

**Истощаются ли запасы железа на Земле?** Как мы уже видели производство железа стало особенно стремительно расти во второй половине нашего века. В 1950 г. мировое производство стали составило 200 млн. т, в 1960 г. — 346 млн. т, в 1970 — 603 и в 1975 г. — 762 млн. т.

Огромный расход запасов железной руды планеты вызывает законный вопрос: а не истощатся ли в ближайшем будущем эти запасы? Не наступит ли на Земле железный голод?

Эти вопросы уже давно волнуют умы ученых.

В 1910 году на Международном геологическом конгрессе было сообщено, что если промышленность и далее будет развиваться

такими темпами, как в начале нашего века, то железа человечеству хватит лишь на 60 лет и к 1970 году запасы его будут исчерпаны.

С тех пор прошло уже более полувека. На наших глазах стала разрабатываться гора Магнитная на Урале, обеспечивающая Магниторский металлургический комбинат железной рудой. Выплавка чугуна на этом комбинате начата была в 1932 году, а уже к семидесятым годам горы Магнитной практически не стало. Она была выработана полностью. Такой же удел постиг и некоторые другие месторождения руды.

Однако на последнем Международном геологическом конгрессе сообщались уже иные данные.

Было подсчитано, что если металлургия будет впредь развиваться в том же объеме, как в середине семидесятых годов, то железа на Земле хватит еще на 240 лет. Если же темпы развития металлургии будут ежегодно убыстряться, как это было до сих пор, то железной руды человечеству хватит лишь на 93 года.

Подобные данные приводились и по другим металлам. Алюминия без убыстрения темпов производства хватило бы еще на 100 лет, а при условии пропорционального развития — только на 31 год.

Хуже обстоит дело с цинком — соответствующие цифры для него: 23 и 18 лет. Прогнозы по меди тоже далеко неблагоприятны. В условиях убыстренного развития ее должно хватить всего на 21 год.

Не ошибочны ли прогнозы? Не показалось ли вам странным то, что полвека тому назад предсказывали исчезновение железной руды через 60 лет, а теперь — через 240? Неужели ученые геологи так грубо ошибаются в своих прогнозах?

Нет, конечно. Дело не в ошибках, а в том, что прогнозы строятся на знании фактического материала. В начале века еще очень многие районы земли не были разведаны, очень крупные железорудные месторождения еще не были открыты. Геологическая служба СССР продолжает свою деятельность непрерывно и вполне вероятно, что в дальнейшем будет открыто еще немало новых рудных месторождений в нашей стране. Но если земные ресурсы металлов действительно станут подходить к концу, у человечества появятся возможности добывать металлы из морской воды, а возможно и из космоса. Появится возможность превращать одни металлы в другие, резко увеличить служебные свойства металлов, чем будет достигнуто значительное снижение расхода их в народном хозяйстве.

## 8. Из истории железа

Мы уже говорили, что более  $\frac{3}{4}$  всех отливок в мире изготавливают из железных сплавов. Познакомимся с железом подробнее.

**Ступени материальной культуры человечества.** Когда впервые человек использовал железо? Когда появилось литейное и кузнечное производство? Когда человек постиг азы металлургии? На эти вопросы наука до сих пор точных ответов дать не может.

На основе многочисленных находок и специально проводившихся раскопок древних поселений, могильников и курганов археологами и историками составлена периодизация истории материальной культуры человечества. В ней каждый весьма длительный период условно назван «веком».

Век	Продолжительность
Древний каменный (палеолит)	От 800 000 до 11 000 лет до н. эры
Новый каменный (неолит)	От 11 000 до 2000 лет до н. эры
Бронзовый	От 2000 лет до н. эры до XIV в. н. эры
Век чугуна и стали	С XIV до XIX века н. эры
Век пара и электричества	С XIX до XX века н. эры

Из приведенной периодизации следует, что металлами человечество овладело примерно 4 тысячи лет тому назад, причем основным металлом этого периода была бронза. В природе бронза не встречается. Бронза — это сплав меди с рядом других примесей: оловом, мышьяком, сурьмой (в последние годы появились и другие виды бронзы: алюминиевая, бериллиевая).

Чтобы получить бронзу, нужно переплавить медь вместе с оловом (или с другим металлом). Это уже металлургический процесс. Почему же получение бронзы так значительно опередило производство железа?

**Действительно ли бронзовый век предшествовал железному?** Чем мотивируют археологи свое заключение о том, что бронзовое литье на несколько тысячелетий опередило стальное и чугунное?

Археология — наука, изучающая быт и культуру древних народов по сохранившимся вещественным памятникам. При раскопках железных предметов, как правило, найти не удавалось. А медные и бронзовые изделия находились почти повсюду.

Этот факт, конечно, убедителен. Однако закономерен вопрос: почему железные изделия археологам не попадались? Потому, что их там не было — говорят археологи. Но для металлургов такой ответ не убедителен. Теперь почти каждому известно, что коррозия (ржавление) разрушает железные изделия во много раз быстрее, чем медные. Установлено, что средняя «продолжительность жизни» железных изделий короче человеческой. Она не превышает 50—55 лет. Не потому ли археологи не находили железных предметов при



раскопках, что они уже давно превратились в труху? Вполне вероятно.

Но если предположить, что древние люди пользовались железом так же, как и медью, то возникает еще один вопрос. Ведь и в наше время можно найти самородную медь. А в старину месторождений самородной меди было куда больше. Вот человек и использовал готовую, природную чистую медь.

А железо? В самородном виде в земной коре его нет. Чтобы пользоваться железом, его нужно было сначала выплавить из руд. А мог ли первобытный человек осилить такую сложную технологию?

Но тут опять возникают возражения. Первое: в земной коре нет самородного железа, но на поверхность земли из космоса нет, нет, да и свалится какой-нибудь метеорит из чистого железа. Один маленький, с килограмм, другой — в виде целой глыбы массой в несколько сотен тонн. Разве не могли люди в разных точках земного шара воспользоваться этим материалом?

Возражение второе: ведь не медный век насчитывает свыше трех тысячелетий, а бронзовый. Топоры, мечи, ножи и копья из меди были бы непригодны для работы. Медь слишком мягка. А бронза, наоборот, тверда и прочна. Но ведь и бронзы в готовом виде в природе не найдешь. Ее нужно приготовить. А как? Переплавить вместе с оловом. Или с мышьяком. Это значит, что первобытный человек знал и отличал олово и мышьяк от других металлов, умел добывать их, смешивал с медью, переплавлял их. Но если он мог постичь такой сложный процесс, то почему не мог освоить выплавку и железа из руды?

**Правомерна ли принятая периодизация?** В наше время накопилось уже много фактов, свидетельствующих о неправомочности описанной выше периодизации в истории материальной культуры человечества. Это факты — литературные, и материальные находки, опровергают установившийся взгляд на то, что первобытные люди не знали железа и не умели использовать его.

Остановимся на них поподробнее.

## **9. Тайны прошлого рассказывают находки**

**Литературные «памятки» о кузнецах железа и меди.** В древней Индии считалась священной книга царя Ригведда. Написана она

была за 3000 лет до нашей эры. И в ней можно было прочесть такие строки: «Бог Индра вооружил своих воинов доспехами и оружием из меди и железа...» Заметьте: из меди и из железа!

В древней Руси почиталась так называемая «Книга бытия». В ней можно прочесть строки о некоем Тубалкаине, который, якобы, представлял собою седьмое колено от Адама и был известным ковачем железа и меди. Оставим на совести авторов Книги бытия сведения о родстве Тубалкаина с мифическим Адамом, но обратим внимание на то, что Тубалкаин слыл известным кузнецом как железа, так и меди.

Среди материалов о древнем востоке была обнаружена переписка египетского фараона Рамзеса II с королем хеттов, жившим в Малой Азии. В послании к королю Рамзес II просит его прислать железо в обмен на золото. Переписка относится к 2000 лет до нашей эры и свидетельствует о том, что четыре тысячи лет назад люди знали железо и ценили его на вес золота.

Греческий историк и путешественник Страбон в своей книге «География» (написанной до нашей эры) сообщает о том, что в Африке за меру железа давали 10 мер золота. Вполне возможно, что здесь речь идет о метеоритном железе.

Известный греческий поэт и историк Гомер в своей «Одиссее», (написанной за 960 лет до нашей эры), описывая олимпийские игры того времени, сообщает, что победители состязаний на играх награждались либо куском золота либо куском железа.

В той же «Одиссее» Гомер в стихотворной форме описывает процесс закалки: «когда оружейный мастер закаляет в ручье остро отточенный топор или ярко сверкающий меч, раскаленный докрасна металл шипит в озере»...

Из этих строк следует, что три тысячи лет тому назад люди не только знали железо, но, более того, они варили из него сталь и познали секреты ее термической обработки. А чтобы дойти до этого, нужен был длинный путь предшествующих открытий!

В летописи храма Балгала в Малой Азии, за девять веков до нашей эры, сообщался следующий рецепт закалки кинжалов: «нагреть пока не засветится, как восходящее в пустыне солнце, затем охладить до цвета царского пурпура, погружая в тело мускулистого раба. Сила раба, переходя в кинжал, придает металлу твердость»...

В «Иллиаде» тот же Гомер писал: «...а остальное вино пышно-кудрые дети ахейцев все покупали, платя кто железом, кто яркой медью»... Значит, железо тысячелетия назад было и исходным металлом для приготовления различных изделий, и средством поощрения, и объектом торговых сделок, и, наконец, платежным средством.

Римский поэт и философ, убежденный атеист и материалист Лукреций Кар (99—55 лет до нашей эры), освещая рост материальной культуры человечества, писал:

...«Прежде служили оружием руки могучие,  
когти, зубы, камня, обломки ветвей  
от деревьев и пламя.

После того была найдена медь и порода железа.

Все-таки в употребление вошла прежде медь,  
чем железо, так как была она мягче,  
притом изобильней гораздо»...

А вот небезынтересное свидетельство другого римского истори-

ка — Плиния Старшего, написавшего в 23—79 годах нашей эры «Естественную историю» в 37 томах:

...«Копи железные руд доставляют человеку превосходнейшее и зловреднейшее орудие. Ибо сим орудием прорезываем мы землю, сажаем кустарники, обрабатываем плодовые сады. Сим орудием выстраиваем дома, разбиваем камни... Но тем же самым железом производим брани, битвы и грабежи и употребляем оное не только вблизи, но и мечем окрыленное вдаль то из бойниц, то из мощных рук, то в виде оперенных стрел. Самое порочнейшее ухищрение ума человеческого!»...

Роль и значение железа ярко подчеркнуты в этих строках древнего философа, уже тогда призывавшего человечество к борьбе за мир!

**Из-под пепла и магмы.** Когда-то в седьмом веке до нашей эры столица древнего Ассирийского государства — Ниневия — была засыпана пеплом и залита вулканической магмой. Не так давно там были произведены раскопки. Когда был найден и расчищен от пепла и магмы дворец царя Саргона, в нем помимо массы других ценных находок были обнаружены различные изделия из железа и стали общей массой до 200 т. Здесь были литые и кованые мечи, топоры, копья, шлемы, утварь и даже железные ящики для хранения манускриптов — древнейших рукописей на пергаменте.

Более двух с половиной тысяч лет пролежали эти изделия из железа и достаточно хорошо сохранились. Почему же они не погибли от коррозии? Для процесса химической коррозии необходимы два начала: кислород атмосферы и влага почвы. Именно этих реагентов в засыпанной горячим пеплом и залитой раскаленной лавой Ниневии не оказалось. И этого было достаточно, чтобы железные предметы прожили не полстолетия, а в 50 раз дольше.

**Загадочная колонна.** Долгие годы загадкой для науки служила знаменитая индийская колонна. Стоит она на площади против одного из старинных храмов в городе Дели, во дворе мечети Куват-уль-Ислам. Колонна эта построена в 415 году в честь умершего царя Чандрагута II. Масса колонны 6,5 т. Она сделана из железа. Ее высота 8 метров, а вместе с заглубленной частью 9,2 м. Диаметр колонны от 300 мм вверху до 420 мм внизу. Почему в условиях полутропического климата, с обильными теплыми дождями, эта колонна не разрушилась в течение более чем полутора тысяч лет?

Одному из путешественников удалось под покровом ночи тайно высверлить из колонны несколько граммов стружки. Когда был произведен химический анализ, выяснилось, что материал колонны представляет собою технически чистое железо (99,72%) с единственной примесью — 0,28% меди.

В наше время лучшей нержавеющей сталью является сталь, содержащая значительное количество хрома и никеля. До изобретения хромоникелевой стали наиболее стойким против коррозии являлось технически чистое железо, легированное несколькими десятими процента меди.

Таким образом, древние индийские мастера знали, из чего изготовить колонну, призванную служить людям не века, а тысячелетия. И все-таки даже такое железо могло бы не выдержать испытания тысячелетиями. Но оно выдержало. В чем же секрет такого долгодетия колонны? Частично его можно объяснить следующим.

По индийскому обычаю дважды в году: перед началом сель-

скохозяйственных работ и после уборки урожая — служителями храма проводились религиозные празднества. К храму стекалось население из всех окрестных сел и поместий. Празднование длилось несколько дней. В числе других мероприятий проводили и такое: из участников отбирали сотню наиболее сильных и ловких юношей, которым предстояло нагишом взобраться на вершину колонны.

Прежде чем принять участие в состязании, каждый юноша должен был предстать перед священнослужителем, чтобы получить благословение на подъем. При этом тело юноши окроплялось благоухающим фимиамом. А фимиам этот представлял собой смесь растительных масел. Взбираясь на колонну, каждый участник состязания производил, таким образом, поверхностную смазку колонны. А юношей была сотня. И повторялось все это дважды в году!

**Кирка из пирамиды Хеопса.** Кто не знает об этом чуде древности, о выдающемся памятнике мировой архитектуры — пирамиде Хеопса? Сложенная из 2300 гранитных глыб, эта пирамида возвышается над окружающей равниной на 147 м. Каждая глыба весит две с половиною тонны. Таковую гробницу создали египетские рабы фараону Хеопсу в третьем тысячелетии до нашей эры. Каждая глыба ровно отесана, глыба к глыбе плотно подогнана, шов залит известковым раствором.

Чем же обрабатывали египтяне эти гранитные глыбы? Вряд ли это можно было сделать инструментом из бронзы.

Ясность в этот вопрос внес один молодой англичанин. В зажиточных семьях довоенной Англии свято выполнялось правило: после того как молодой человек закончит образование и прежде чем обзавестись семьей, ему необходимо поездить по свету, посмотреть на жизнь в разных странах и набраться житейского разума. Маршрут для таких поездок был обычен: английские колонии — Египет, Индия, Китай, благо территория их в несколько раз превышала территорию собственно английских островов.

Однажды в яркий солнечный день у подножия пирамиды стоял молодой человек и думал о том, что и до него сотни таких же путешественников стояли перед пирамидой, любовались ею и, в лучшем случае, фотографировали ее. Ему в голову пришла блестящая мысль: не любоваться пирамидой снизу, а подняться на ее вершину! Сделать это было не просто, ибо угол наклона к горизонту граней пирамиды составлял 30 градусов.

Наш герой нанимает проводников, вооруженных ломami и веревками и осуществляет подъем. И тут ему фортуна улыбнулась. При подъеме что-то ярко блеснуло в глаза. Наблюдательный путешественник не прошел мимо и стал доискиваться причины. Вскоре из расщелины между двумя глыбами гранита был извлечен какой-то предмет.

После очистки стало ясно, что это не что иное как кирка для обтески камня. Кирка была доставлена в Британский музей. Анализ показал, что она изготовлена из углеродистой стали! Значит у древних египтян около 5 тысяч лет тому назад уже был в употреблении стальной инструмент. Возникает вопрос: почему кирка уцелела? Видимо, во время кладки кирка случайно упала в расщелину между двумя глыбами. Расщелина была залита известковым раствором, предохранившим кирку от контакта с внешней атмосферой. Дожди и ветер постепенно размывали известковое покрытие и кирка не успев проржаветь попала на глаза наблюдательному путешественнику.

**В гробнице фараона Тутанхамона.** Гробница Тутанхамона была сооружена за 1350 лет до нашей эры в египетской долине царей. В ноябре 1926 года археологи приступили к исследованию мумии Тутанхамона. Они начали с того, что разрежали покров этой мумии. Затем стали разворачивать просмоленные бинты. Поразительно, но под каждым слоем бинтов оказывались золотые, медные и бронзовые изделия, преимущественно украшения. И вдруг под одним из последних слоев оказалась наибольшая драгоценность — стальной кинжал, полученный фараоном в дар от царя хеттов из Малой Азии.

И в этом случае, находясь в просмоленной среде, лишенный влаги и воздуха, кинжал, изготовленный из стали, сумел прожить долгий век — около трех с половиною тысяч лет, не подвергаясь коррозии.

Все эти находки подтверждают мысль о том, что железо было в употреблении у самых древних народов наряду с медью и бронзой.

## 10. Железо из космоса

Человек познакомился с железом прежде всего благодаря метеоритам.

Закончен вопрос, а много ли метеоритов выпадает из космоса на Землю? Учеными подсчитано, что за 1 год на поверхность Земли их выпадает до одного миллиона тонн. Падающие на Землю метеориты делят на три группы: железные, железокаменные и каменные. Масса отдельных метеоритов колеблется от долей грамма до десятков тонн.

В истории науки метеориты оставили свой особый след. Известно, например, что в 1660 году в Милане упавшим метеоритом в саду был убит монах. В 1675 году метеорит упал на палубу американской шхуны «Эклипс», в результате чего шхуна была затоплена.

Однако в 1751 году австрийский профессор Штюцц обрушился на людей, признававших существование метеоритов. Он писал: «... даже самые просвещенные люди в Германии могли поверить в падение куска железа с неба — настолько слабы были тогда их познания в естественных науках. Но в наше время непрослительно считать возможными подобные сказки...»

Дело дошло до того, что в 1790 году Парижская академия наук приняла решение: «Не рассматривать впредь сообщений о падении камней на землю, как о явлении невозможном»...

Чтобы не делать музеи посмешищем, метеориты из них были выброшены. Даже такой передовой ученый как Лавуазье, был согласен с этим решением.

Однако через 4 года после этого член-корреспондент Петербургской Академии наук рижский профессор Э. Хладни создал теорию космического происхождения метеоритов, обосновав ее на данных исследования красноярской глыбы из железа.

Через 9 лет Парижская Академия наук вынуждена была «признать» небесные камни.

В мире теперь насчитывается до 2000 найденных метеоритов. Как сообщила газета «Правда» 26 сентября 1979 года, сварщик совхоза «Ленинский» Волгоградской области Борис Никифоров узнал, что пахари вывернули плугом необыкновенную глыбу. Никифоров обнаружил еще несколько подобных кусков. Он послал один из кусков в Комитет по метеоритам Академии Наук СССР. Найденный метеорит занесен в каталог СССР под номером 157.

Известный полярный исследователь Роберт Пири, впервые добравшийся в 1909 году на собаках до Северного полюса, обнаружил в Гренландии во льдах огромный железный метеорит массой 33 т! Этот метеорит с большими трудностями был доставлен в Нью-Йорк и до сих пор находится там. В 1920 году в юго-западной части Африки был найден очень крупный железный метеорит, его масса почти 60 т!

Еще больший метеорит, по-видимому, упал в Аризонской пустыне, где была обнаружена гигантская воронка диаметром 1200 и глубиной 175 м. Предполагают, что масса метеорита составляет десятки тысяч тонн.

Из метеоритного железа изготавливали различные изделия. В Риме более двух с половиною тысяч лет тому назад из него был изготовлен щит для царя Нумы Помпилия. Бухарский эмир приказал своим кузнецам отковать ему меч из небесного камня. Но нагретое железо ковке не поддавалось. За это оружейные мастера были эмиром казнены. Откуда им было знать, что они имели дело с железоникелевым метеоритом, который поддается ковке только в холодном состоянии!

Индийский князь Джехангир в 1621 году был вооружен кинжалом, двумя саблями и наконечниками пик из метеоритного железа.

Даже русский царь Александр I не удержался от соблазна заполучить шпагу, изготовленную из метеоритного железа.

А в прошлом веке на Баффиновой земле у эскимосов были найдены ножи и гарпуны, сделанные ими также из железа небесного происхождения.

## 11. Нераскрытые тайны

Много тайн прошлого уже раскрыто, многое прояснилось. Однако далеко не все. Целый ряд загадок прошлого остается еще нераскрытой тайной:

Почему человечество от каменного века сразу перешло к бронзовому? Логически бронзовому веку должен был предшествовать медный век. Как люди научились изготавливать бронзу? Почему производство литых бронзовых изделий было сосредоточено в древние века в Египте и Месопотамии, которые не имели своих залежей оловянной руды? Как древние люди научились различать олово и мышьяк, добывать их, сплавлять с медью?

Когда же появился алюминий? Как все же была изготовлена индийская колонна, о которой мы писали выше? С древней индийской культурой связан еще один загадочный факт. Полтора десятка лет назад во время раскопок на Мадагаскаре был обнаружен скелет огромной вымершей птицы эпиорниса. На скелете оказалось бронзовое кольцо. На нем — печать древней цивилизации Мохенджо-Даро, существовавшей пять тысяч лет тому назад.

В разных местах археологами найдено немало мелких украшений, изготовленных из платины и алюминия? Орнамент, обнаруженный на древнекитайской гробнице Чжау-Чжу, был сделан из алюминия с 10% меди и 5% магния, то есть из того самого алюминия, который был открыт лишь в XIX веке.

Металлургам, археологам и историкам придется еще немало потрудиться, чтобы раскрыть эти неразгаданные тайны прошлого.

## IV. ЛИТЬЕ В ПРОШЛОМ

### 1. Как была изготовлена первая отливка

В своей поэме «О природе вещей», написанной более 2000 лет назад, Лукреций Кар писал:

«Пламени жар, от каких бы причин не возник он,  
дебри лесов пожирал с ужасающим треском и шумом  
и огнем выжигалась почва. вплоть до глубоких корней  
Золото и серебро заструились потоком обильным  
и стекались в углубления, всюду из жил раскаленных земли  
А когда отвердели металлы, так же как медь и свинец.  
и на земле засверкали впоследствии цветом блестящим,  
Люди, плененные блеском и прелестью, их поднимали  
и замечали при этом, что слитки всегда сохраняли форму,  
похожую на замыкающие их углубления.  
Было открыто тогда, что металлам, расплавленным  
жаром, может быть дана фигура и форма какая угодно!»

Давайте мысленно перенесемся в те далекие времена, когда первобытный человек научился пользоваться огнем, но еще не научился добывать его.

Огонь от зажженного молнией дерева, от лесного пожара считался священным. Ему поклонялись, его чтили, охраняли. Ведь огонь стал служить сразу нескольким целям. У огня можно было согреться, огнем можно было высушить одежду, оказалось возможным сварить более вкусную пищу и, что еще более важно, огнем можно было отпугивать диких зверей.

Древние племена, не умевшие еще добыть огонь, тщательно сохраняли его даже во время кочевий, переносили его в жаровнях или глиняных сосудах, подкладывая в огонь ветви и сучья. А на стоянках разводили костры.

Многовековый опыт подсказал, что костер, разведенный у подножия горы, легче сохранить в плохую погоду, чем костер на открытом месте. Разводя костры наши отдаленные предки стремились защитить их от ветра подковообразной стеной из набросанных камней.

Теперь представим себе такой случай. Камни, ис-



пользованные для ограждения костра, оказались не обычными горными породами, а оловянной рудой.

Пусть порывы ветра и близость дождя заставили дежурных по костру увеличить высоту ограждения. Они стали набрасывать «камни» на уже существующее ограждение. Часть камней осыпалась и попала на раскаленные уголья. Мы то теперь знаем, что основу оловянной руды составляет окись олова. Знаем и то, что углерод раскаленных углей обладает бóльшим сродством к кислороду, чем олово. Это приводит к химическому взаимодействию, в результате которого олово восстанавливается, а углерод с кислородом образуют угарный газ; реакция взаимодействия выглядит так:  $\text{SnO}_2 + 2\text{C} = \text{Sn} + 2\text{CO}$ .

Как же была получена первая отливка? Восстановленное олово в костре легко плавится. Ведь его температура плавления составляет всего  $232^\circ\text{C}$ , в то время как в жаркогорящем костре температура достигает  $700\text{—}1100^\circ\text{C}$ . И вот представьте: наши предки с удивлением видят как из-под костра ручейком вытекает серебристо-белая змейка. Может быть кто-нибудь из них пытался ухватить ее за хвост, но отчаянным криком огласил свою неудачу и приписал этой змейке силу злых духов. Ее боязно обходили. Но вот назавтра расшалившиеся подростки подтолкнули своего сверстника к той же змейке и, нечаянно наступив на нее, он убедился в том, что она уже «не кусается».

Более того, выковыряв затвердевший металл из сырого песка, на котором оставались следы ступней человека, наши предки увидели точное изображение своей ступни, овеществленное в металле!

Возможно так и была получена первая отливка. Так родилось литейное производство.

Здесь были налицо все основные элементы процесса литья: расплавленный металл, литейная форма в виде следа ступни человека в сыром песке и затвердевшая в форме, отливка принявшая очертания литейной формы.

Камни, защищавшие костер, могли представлять собой и окислы свинца, меди и железа. Олово, свинец и медь могли плавиться в костре и вытекать из него в виде струек. Что же касается железа, то и оно могло восстанавливаться углеродом при температуре костра, но восстановленное железо оставалось при этом твердым.

Ведь его температура плавления значительно выше температуры в самом горячем костре — она составляет 1535°C. Восстановленное раскаленное железо не превращалось в жидкость, но становилось очень мягким, и достаточно было сверху упасть на него тяжелому камню, чтобы оно сразу сплющилось. Быть может, такое происходило десятки, сотни, тысячи раз, пока какому-то из наших предков не пришло в голову сделать это нарочито. И сделав это, он стал первым кузнецом.

Литейное и кузнечное ремесла были самыми первыми ремеслами на земле. Они и создали те возможности, которыми стало располагать человечество впоследствии.

## 2. Как развивалось литейное производство

В древние века профессии металлурга, кузнеца и литейщика были неотделимы одна от другой. К этим профессиям примыкала еще одна: профессия «рудознатцев», то есть разведчиков рудных месторождений.

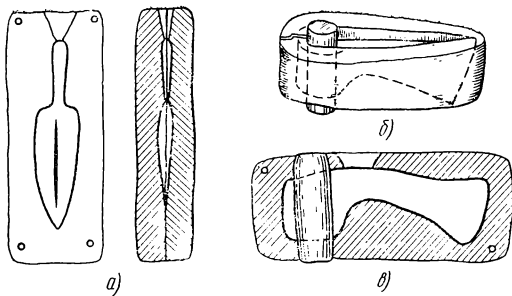
Когда же появились профессии металлургов, литейщиков и кузнецов?

Первое разделение труда в человеческом обществе привело к появлению продолжавших кочевой образ жизни скотоводов и осевших на месте земледельцев. Лишь через много веков наступило второе разделение труда, вызвавшее появление ремесел. Первыми ремеслами и были кузнечно-литейное, гончарное и портняжное.

Изготовлением изделий из металлов стали заниматься целые роды и племена. Они жили обособленно от других племен, их селения и называли селениями «огненных людей».

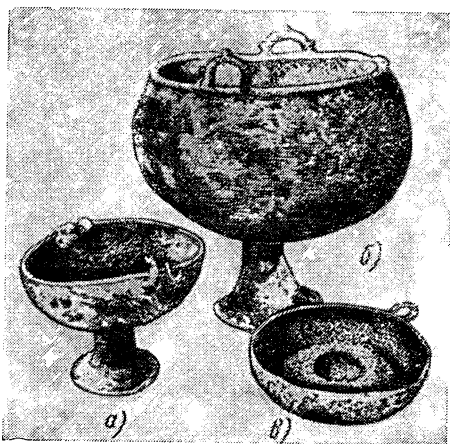
**Какой была древняя технология литья.** В настоящее время твердо установлено, что уже в третьем тысячелетии до нашей эры человеком был накоплен опыт литья украшений, домашней утвари, орудий труда и оружия.

Первоначально литейные формы изготавливали либо из глины, либо из камня. Легко поддающийся обработке ножом белый камень — известняк, как и сланцы, использовали для изготовления литейных форм многие народы. В ту пору применяли уже составные формочки



Древние литейные формы, изготовленные из камня и состоящие из двух половин с центрирующими отверстиями для палочек:

*a* — форма для отливки кинжала; *б* и *в* — открытая и закрытая форма для отливки топора



Древние отливки светильника (*a*), котла (*б*) и сковороды (*в*) из бронзы. Найдены в Толстой могиле (IV век до нашей эры)

из двух частей. Эти полуформы имели отверстия для центрирующих палочек, в них проделывали литниковые каналы и даже ставили выпоры.

Несколько позже для литья стали использовать гипсовые формы. Затем появилось литье по восковым выплавляемым моделям. Из воска выплавляли фигурку, обмазанную снаружи глиной. Затем глину обжигали на огне, а воск от нагрева расплавлялся и вытекал из глиняной оболочки. Внутри ее образовывалась полость,

соответствующая по очертаниям модели. В эту полость и заливали жидкий металл. После его затвердевания глину отбивали и полученную отливку очищали, иногда красили.

Древний способ литья по выплавляемым моделям в 50-е годы нашего века был возрожден как способ, позволяющий получать точное литье.

**Литье в древности на Востоке.** Раскопки, произведенные в древней Халдее, позволили найти немало бронзовых изделий, изготовленных за 3500—2600 лет до нашей эры литьем. То, что это были литые изделия, доказывает и состав металла: это была медь с примесью от 8 до 11% олова, то есть это была бронза. Поскольку бронза не куется, значит все найденные предметы были изготовлены литьем.

В древнем Сионе при раскопках храма было найдено немало бронзовых статуй, мечей, ножей. На острове Самос были найдены литые украшения и крупные бронзовые статуи. Античная Греция оставила в наследство множество литых скульптур работы Мирона, Лизиппа, Фидия. Еще большее наследство в виде литых скульптур оставил нам древний Рим.

Все это говорит о том, что еще в древние века литейное мастерство у ряда народов было доведено до значительного совершенства.

**Литье в древней Руси.** От Днепра до Урала Европейская часть СССР в прошлом была покрыта лесами. Наличие руд, леса и рек благоприятствовало развитию литейного производства. В IV веке селения «огненных людей» были совсем не редкими на территориях Крыма, Украины, Черноземья и Урала. «Волчьи ямы» и сыродутные горны были основными плавильными агрегатами, в которых из руды получалось сварочное железо.

Древние рукописи и находки свидетельствуют о том, что к VIII веку на Руси уже широко использовалось литье по восковым моделям.

В VIII—IX веках собственно литьем занимались преимущественно женщины. Они отливали кольца, серьги, браслеты и другие украшения, посуду и домашнюю утварь, изготавливали мелкие литейные формы. Во многих захоронениях, где покоились трупы женщин, наряду с литыми украшениями и утварью в гробницах находили инструменты и литейные формы.

К X веку потребность во многих литых изделиях резко возросла. К этому времени отливали не только украшения, ножи, топоры, кинжалы, секиры, но и скобы, гвозди, подковы, серпы, косы, мотыги, лемехи. Литейное производство становилось все более тяжелым и трудным. Постепенно оно снова перешло в руки мужчин. К этому времени литейное производство сливается с кузнечным. Они дополняют друг друга. Мастерство русских литейщиков становится известным и в других странах. Начинает развиваться экспорт русского литья за границу.

Насколько Русь в XI веке обогнала европейские страны в развитии литья, можно судить по следующим двум примерам.

В 1066 году в знаменитой битве при Гастингсе англо-саксы во главе с Гарольдом отражали натиск норманов Вильгельма-Завоевателя с помощью каменных топоров.

На Руси же полки Владимира Святославовича и Ярослава Мудрого в борьбе с печенегами использовали только литое и кованое металлическое оружие.

**О чем свидетельствуют летописцы.** Самая старинная, сохранившаяся летопись событий на Руси датирована 1194 годом. Из летописей можно узнать, что в XII веке Русь экспортировала в Европу литые кресты, колокола и мечи. Центрами литейного производства были княжеские дворы и монастыри.

Приезжавшие в Россию иностранцы поражались развитию добычи руды и обработки металлов. Особенно они ценили мастерство киевских литейщиков, восхищались изделиями златокузнецов и превозносили красоту золотоголавого престола киевского князя Владимира.

**Районы железоделания.** К XIV веку в России выделились такие значительные районы железоделания, как Новгород (Водская пята), Великий Устюг (Устюжина железопольская), Тула с ее железоделательными поселениями, Кашира, Кострома, Серпухов. Немало железных изделий экспортировалось в XIV—XV веках в разные страны Европы, и прежде всего в Чехословакию.

**Первое литейное предприятие — пушечная изба.** В 1480 году в России было создано первое государственное предприятие по изготовлению артиллерийских орудий, названное «Пушечной избой». Позднее пушеч-

ная изба была преобразована в «Пушечный двор», ставший первым крупным пушечным заводом России. Пушки, изготовлявшиеся в Пушечной избе и в Пушечном дворе, успешно крушили войска иноземных захватчиков.

### 3. Литье в петровскую эпоху

**Россия преизобилует металлами и минералами.** Возвратившись из Европы, Петр I начал самым усерднейшим образом развивать промышленное производство на Руси. Он рассылал в разные концы страны гонцов и требовал от местных воевод поиска полезных ископаемых. «Наше Российское государство перед многими иными землями преизобилует и потребными металлами и минералами благословению сущь...» — писал Петр в одном из указов. Он самолично награждал «рудознатцев», открывавших месторождения полезных ископаемых.

В конце XVII века были открыты крупные месторождения магнитных железняков на Урале. Их образцы были посланы для испытаний в Амстердам, а также Никите Антуфьеву. Никита Демидович Антуфьев — он же впоследствии Никита Демидов — был кузнецом, оружейным мастером на Тульском оружейном заводе. Об уральском магнитном железняке он отозвался так: «железо из него самое доброе, не плоше свицкого (шведского), а ко оружейному делу лучше свицкого».

Вскоре Демидов становится управителем нового тульского оружейного завода, а в 1702 году Петр делает его владельцем Невьянского завода на Урале, переданного из казны в собственность Демидову. Демидову было дано задание: «...на тех заводах лить пушки и гранаты и всякие ружья».

Демидов, три его сына, а впоследствии и внуки образовали знаменитую династию заводчиков. Они владели рядом заводов на Урале и на Алтае. Их заводы в начале XVIII века давали 25% всей выплавки чугуна в России.

**Петровские заводы.** В XV веке производство железных изделий в России было сосредоточено уже не в кустарных мастерских, а на ряде заводов: казенных, монастырских и боярских. К этому времени были уже открыты многие месторождения золота, серебра, же-

лезных руд, хрусталя, графита, слюды и соли. В 1631 году начинает работать Ницынский завод на Урале, в 1632 году продукцию дают Тульские оружейные заводы, Калужский железоделательный и Муромский завод Баташева.

Однако наибольшего размаха достигает заводское производство в период царствования Петра I. За четверть столетия петровской эпохи было выстроено 16 металлургических заводов. Выплавка чугуна за годы царствования Петра I выросла на 770%.

Начатая Петром I крупная созидательная работа продолжалась и после его смерти.

В течение всего XVIII века только на Урале было выстроено 123 завода черной и 53 завода цветной металлургии. Если в начале века было выплавлено 150 000 пудов чугуна, то к концу века выплавка его достигла 10 миллионов пудов. За 100 лет выплавка чугуна увеличилась в 66 раз, в то время как в Англии за тот же период — только в 9 раз. Франция, Германия и США тогда еще сильно отставали от Англии. Русская металлургия заняла к концу XVIII века первое место в мире.

**Величайшие домы и наилучшее железо.** Известный немецкий историк металлургии Людвиг Бек в своей четырехтомной истории железа пишет о том, что русские доменные печи конца XVIII века были величайшими в мире и в то же время самыми экономичными. Они развивали наибольшую производительность и давали самый дешевый в мире чугун.

Изготовленное из уральских руд и древесного угля русское железо по своим качествам не имело конкурентов. На уральском прокате выбивали клеймо под названием «Старый соболь». Эта марка служила гарантией лучшего качества на международном рынке.

Вот уже два столетия стоят крыши домов, покрытые демидовским железом в ряде поселков Урала. Стоят и не ржавеют. Даже крыши зданий Вестминстерского аббатства в Лондоне и те покрыты демидовским железом, не стареющим и не ржавеющим до сих пор.

В середине прошлого века английская газета «Морнинг пост» вынуждена была признать, что «демидовское железо сыграло важнейшую роль в истории английской промышленности. Оно много способствовало славе шеффильдских изделий».

## 4. Русские колокола

Одна из ярких страниц истории литейного производства в России связана с литьем колоколов. Колоколами русские умельцы славились еще с X—XI столетий. Немало отлитых в России колоколов было вывезено в Чехию, Польшу, Австрию, а позднее даже в Англию.

Колокола в прошлом играли большую роль в жизни общества. Им придавалось различное назначение. Церковные и монастырские колокола предназначались для выполнения культовых и религиозных функций. Различались воскресные, праздничные, будничные колокола, великопостные, зазвонные, трапезные, бденные, полиелейные.

Гражданские (городские) колокола также выполняли различные функции. Одни созывали граждан на вече («вечевые»), под звон других проводились казни. «Вспокошнные» колокола созывали людей на борьбу с пожарами. «Часовые» — отбивали время; «вестовые» — подавали сигналы к сбору для информации. Звон колоколов в сильную пургу давал возможность путникам не заблудиться. Были даже колокола, извещавшие о начале продажи рыбы, о раздаче угля и о времени тушения огней.

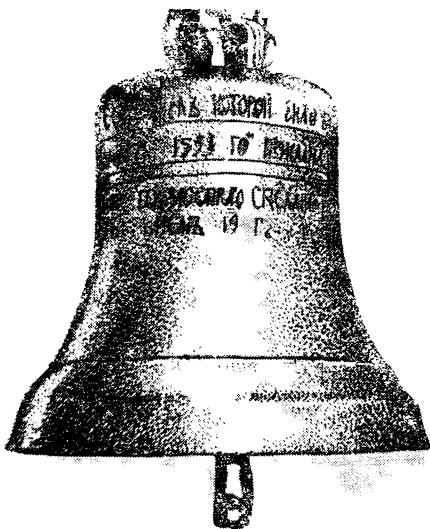
Военные колокола били в набат («набатные»), подавали сигналы к сбору, к восстаниям, били сигналы тревоги, предназначались для осады («осадные») и для создания шума в момент наступления («шумовые»).

Колокола различались размерами, массой, внешним видом, красотой отделки и тембрами звука. Все это требовало от создававших их литейщиков большого умения, опыта и знаний.

В прошлом колоколам придавали такое большое значение, что относились к ним чуть ли не как к людям. Колокола крестили, у них были крестные отец и мать. Имена крестных выбивались на поверхности колоколов. Колоколам давались, как правило, мужские имена. Их хвалили, их наказывали, били, брали в плен и даже казнили.

Особо примечательна судьба Угличского колокола. За звон во время умерщвления царевича Дмитрия этот колокол был сброшен со звонницы, его в исступлении били кнутами, потом отрубили ухо, на колоколе вы-





Угличский колокол

сечены были слова, уличающие его в преступлении. В 1599 году царь Борис Годунов распорядился сослать колокол в ссылку в Сибирь. Через 250 лет жители Углича подали в Синод прошение о помиловании этого колокола. Синод потребовал представить ему положительную характеристику на колокол, и дело было закрыто. Еще через 40 лет жители Углича вновь подняли вопрос о возвращении колокола. И лишь в 1892 году, почти через 300 лет, колокол был помилован и возвращен в Углич. Теперь он находится на Угличском музее.

В 1605 году в России был отлит один из крупнейших для того времени колоколов. Он весил 35 т. Диаметр его широкой части составлял 5,5 м. Язык колокола был столь тяжел, что для того чтобы благовестить, за веревку, привязанную к языку колокола, должны были браться одновременно 20 человек!

Все строения в России в ту пору были деревянными. Деревянной была и звонница, на которую был подвешен колокол. Пожары были частыми бедствиями и уничтожали они иногда целые города. В годы царствования Бориса Годунова случился такой большой пожар.

Сгорела и звонница, а раскаленный от огня колокол упал и разбился.

Через полстолетия царь Алексей Михайлович приказал отлить новый колокол, «поболе прежнего». Для этого из Австрии были приглашены знатные мастера литейного дела, но они отказались выполнить такую необычную работу, требовавшую «трудов весьма великих и бессчетных».

Эти труды взяли на себя русские мастера. Сначала за работу взялся Емельян Данилов, потом — Александр Григорьев с помощниками. С задачей справились великолепно. В 1654 году была закончена отливка колокола, масса которого составляла уже 130 т!

Девять месяцев шли работы по подъему невиданного колокола, и, наконец, он оказался на месте. Теперь, чтобы благовестить, за веревку, привязанную к языку колокола, должны были браться 100 человек. Под мелодичный звон этого 130-тонного колокола вступали на Российский престол один за другим три царя: царь Федор Алексеевич, Иван IV и Петр I.

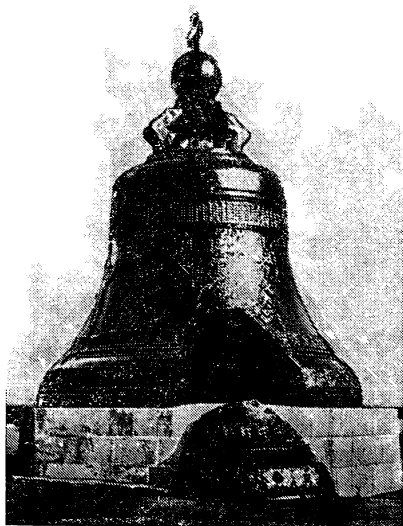
33 года прослужил этот шедевр литейного производства и искусства. А в 1701 году снова в Кремле произошел пожар. Сгорели деревянные балки, на которых был подвешен колокол. Он упал и разбился.

Петр I, занимавшийся важными государственными делами и развитием промышленности, не очень чтит празднества и церемонии и упавшему колоколу внимания не уделил.

В 1731 году племянница Петра I Анна Ивановна приказала перелить разбившийся колокол, сделав его еще большим.

Предложение взять на себя этот труд было передано парижскому королевскому механику Жермену. Услышав о том, что ему предлагают отлить колокол массой 9 тысяч пудов, Жермен решил, что над ним хотят пошутить и выставил царских гонцов за дверь. Не взялись за эту работу и другие прославленные иностранные мастера.

**Царь-колокол.** Смелые мастера нашлись в России. Это были отец и сын Иван Федорович и Михаил Иванович Моторины, литейщики с большим опытом и знанием дела. В 1733 году они начали и в 1736 году закончили отливку совершенно необычайного колокола, прозванного впоследствии «Царь-колоколом».



«Царь-колокол». Работа И. Ф.  
М. И. Моториных

Новый колокол весил свыше 12 тысяч пудов (201 т). Его диаметр составлял 6,9 м, высота 6,3 м. Этот колокол был не только величайшим в мире. (Самые крупные колокола за рубежом — это японский в Киото, весящий 75 т и Бирманский колокол, весящий 80 т). Царь-колокол поражает и в наше время красотой форм, наличием литых барельефов.

Через год после отливки колокола в Кремле снова случился пожар. Колокол еще стоял в яме, но на него стали сваливаться горящие бревна. Сбежавшая охрана решила, что для сохранения уникальной отливки ее следует поливать водой. Из-за неравномерного охлаждения от колокола, в нижней его части, откололся кусок массой 13 т.

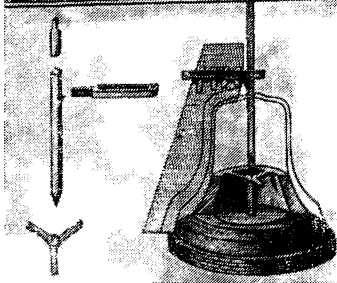
Поврежденный колокол целый век оставался в яме. Лишь в 1836 году его подняли, очистили и установили на пьедестал во дворе Московского Кремля, где он и стоит до сих пор.

Русские литейщики прочно утвердили первенство своей родины в отливке самых выдающихся по размерам, массе, тональности звука и качеству литья коло-

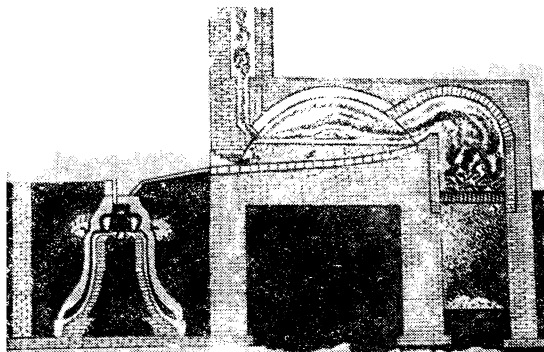
колов. Из 12 крупнейших колоколов мира шесть были отлиты в России, причем три из них не были превзойдены никем.

Как же отливали колокола? Литейную форму для отливки колоколов делали с помощью метода формовки по шаблону. Шаблон — это кусок деревянной доски с вырезами на одной из сторон, соответствующими образующей наружной или внутренней поверхности колокола.

Шаблон укрепляли на стойке, вокруг которой он может вращаться (см. рисунок внизу). На основание стойки наносили песчано-глиняную массу и, вращая шаблон вокруг вертикальной оси, получали стержень, наружная форма которого отвечала внутренней поверхности колокола. Отдсланный стержень показан на рисунке вверху.



Процесс формовки колокола деревянными шаблонами, вращающимися вокруг временной вертикальной стойки



Устройство пламенной печи для плавки бронзы, подвода металла к литейной форме с заформованным в ней колоколом

Другим шаблонам отделявали внутреннюю поверхность формы, отвечающую наружным очертаниям колокола. На том же рисунке вверху слева показан момент установки подвешенной формы на поддон, на котором стоит уже стержень.

Готовую литейную форму устанавливали вблизи пламенной плавильной печи. На колосниковую решетку топки печи забрасывали твердое топливо (на рисунке справа). Продукты горения топлива переходили в плавильную камеру и расплавляли медь. Перед выпуском в жидкую медь забрасывали олово и тщательно перемешивали металл. Затем открывали выпускное отверстие (летку), и жидкая бронза по желобу заливалась в полость литейной формы (на рисунке слева).

## 5. Мастера великих стрельб

Яркие страницы в историю литейного дела на Руси вписали своим трудом и создатели литых пушек.

До XIV века пушки не отливали. Их делали подобно тому, как бондари делают бочки. Несколько длинных медных полос соединяли друг с другом с помощью обручей. Стреляли такие пушки камнями. В войсках того времени были даже специальные войсковые подразделения, занимавшиеся собиранием булыжных камней.

В XV веке началось бурное развитие ствольной артиллерии. Этому способствовали открытая в 1480 году Пушечная изба (превращенная впоследствии в Пушечный двор) в Москве и Пушечные дворы в Новгороде, Пскове и Туле.

Крупными специалистами-литейщиками в Пушечной избе проявил себя мастер Яков, создавший ряд пушек наибольшего для того времени калибра. В начале XVI века своими замечательными пушками прославился литейщик Булгак Новгородов. Как свидетельствует летописец, с помощью пушек Новгородова пушкарь Степан наводил ужас на поляков, захвативших Смоленск: «Ужасными действиями пушек он колебал стены и толпами валил народ».

В середине XVI века наиболее сильно оснащенным артиллерией в Европе был Московский гарнизон.

Кобенцель, посол императора священной Римской империи Максимилиана II, в своем донесении сообщал, что великий князь Московский Иван IV имеет в изоби-

лии всякого рода орудия, «а огнестрельный паряд такой, что кто не видел его, тот и не поверит». У русских всегда наготове не менее 2000 всяких орудий... Некоторые из них так велики, широки и глубоки, что рослый человек в полном вооружении, стоя на дне орудия, не может достать его верхней части».

В этот период времени самым знаменитым литейщиком пушек стал мастер Игнатий. Он изобрел короткоствольное орудие — гауфницу (гаубицу), с помощью которого была изменена тактика ведения боя при осаде крепостей.

**Искусство Чохова.** Одним из наиболее выдающихся литейщиков XVI века был Андрей Чохов. Он отливал и колокола, и пушки. Его рабочий стаж на Московском Пушечном дворе превысил 60 лет. За это время он отлил много замечательных пушек, принесших ему мировую славу. Даже первая его пищаль массой 43 пуда меди, изготовленная в 1568 году (когда он работал учеником у мастера Ганусова), более ста лет находилась в составе действующей артиллерии Смоленской крепости. Там же находилось и другое осадное крепостное орудие работы А. Чохова — «Лисица», стрелявшее двенадцатифунтовыми ядрами.

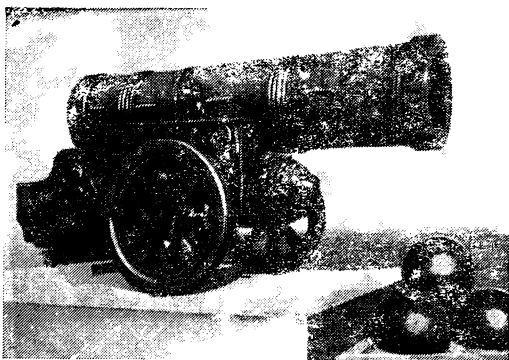
Чоховские пушки «Волк» и «Иврог» принесли успех войску Ивана IV в Ливонском походе и осаде крепости Венден. Об этой осаде летописец Павел Одерборн писал тогда: «Московиты имеют пушку огромной величины и силы, называемую «Волком». Она установлена впереди их лагеря и выбрасывает дротики шестифутовой длины».

Чохов отлил «огненную пищаль» — «Евгуп». Огненные заряды этой пищали зажигались в стволе еще до выстрела. Назначение орудия — стрелять огненными зарядами, которые горят даже в воде.

Когда началась русско-шведская война (1590 г.), Чохов отлил одно за другим пять мощных стенобитных орудий: «Лев», «Троил», «Аспид», «Скоропея», «Соловей». На формовку и отливку каждого из этих орудий потребовалось более года.

Самым выдающимся произведением Андрея Чохова является созданная им «**Царь-пушка**».

«Царь-пушка» имеет калибр 89 см, длину ствола 5,34 м, а массу — 40 т. Она была предназначена для стрельбы ядрами массой 120 пудов (2 т). Название

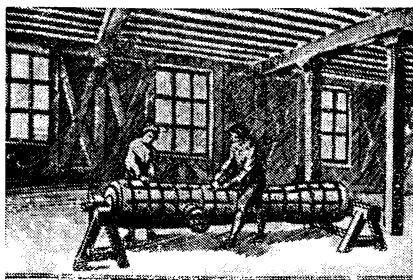


«Царь-пушка». Работа Андрея Чохова

«Царь-пушка» получила в связи с тем, что на стволе ее изображен царь Федор Иванович на коне в военной форме.

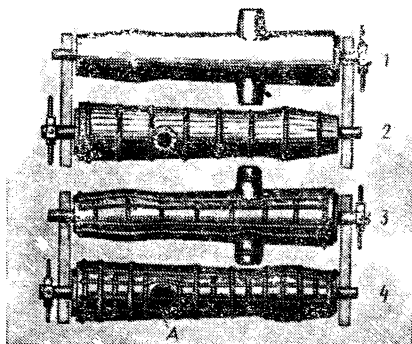
Декоративный чугунный лафет пушки был отлит позже, в 1835 году (равно как и для других пушек, находившихся в Кремле). В 1591 году, когда полчища крымских татар рвались к Москве, все пушки московского гарнизона, и в том числе «Царь-пушка», были приведены в боевую готовность. От мощной артиллерийской канонады татары в страхе бежали от Москвы. А «Царь-пушке» и стрелять не пришлось.

**Как отливали пушки?** Как же изготовляли А. Чохов, его ученики и последователи в то время пушки? Делалось это так. Сначала из дерева или из железа вытачивали длинный (по длине ствола пушки) стержень. В поперечном сечении он был либо восьмигранным, либо круглым, а по длине — слегка конусообразным. Этот стержень укладывали концами на две стойки. На толстом конце стержня вытачивали квадрат, на который надевали вороток. Вращая с помощью воротка стержень, на него навивали соломенный жгут. Затем этот жгут обмазывали несколькими слоями глины. Каждый слой глины сушили на воздухе. В глиняную массу добавляли шерстяные нити, волос, размолотый сухой конский навоз. На последнем слое глины делали отпечатки украшений или надписей, которые должен



Изготовление формы для отливки пушечного ствола методом медленной формовки:

вверху — изготовление формы на козлах; внизу: 1 — готовая форма без бандаж; 2 — форма с поперечными обручами; 3 — форма с продольными полосами; 4 — форма со вторым рядом поперечных обручей; А — отверстия для отливки цапф ствола пушки

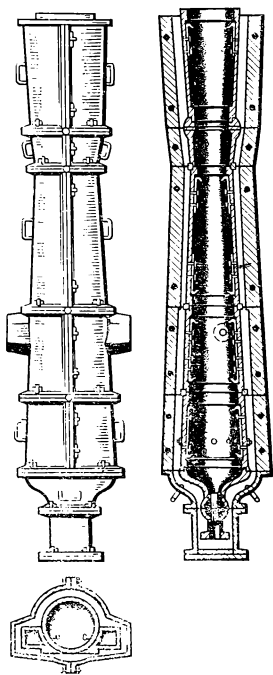


был иметь ствол готовой пушки. Так получали модель наружной части ствола (фальшивую модель).

После окончательной просушки модели приступали к изготовлению литейной формы. Модель смазывали салом и растительным маслом и затем наносили на нее несколько слоев жирной глины с добавками волоса и сухого размолотого конского навоза. Каждый слой сушили подолгу. Так изготовляли литейную форму. Толщина формы 200—300 мм. Сало и масло нужны были для образования изоляционного слоя между моделью и формой, а шерсть, волос и навоз, сгоравшие при заливке металла, образовывали канальчики, через которые из формы удалялись газы.

Форму укрепляли поперечными обручами. На них накладывали продольные железные полосы, а последние скрепляли еще несколькими поперечными обручами. Затем выбивали ударами молота стержень с соломенным жгутом и ставили форму вертикально. В пространство, ранее занимаемое стержнем и жгутом, забрасывали поленья дров. Под действием тепла внутри формы изоляционный слой из сала и масла растапливался, а





Формовка ствола пушки в опоках (быстрая формовка)

оставшуюся глину обжигали, легко разламывали и удаляли из формы.

Стержень для образования внутренней полости пушки изготовляли так же, как и первый: вращая его на двух стойках, обматывали его пенькой, обмазывали густым слоем глины и с помощью деревянных шаблонов придавали ему очертания, соответствующие внутренней полости пушечного ствола.

После сушки формы и стержня последний вставляли внутрь формы, точно центрируя его. Затем проводили канавку от печи к форме и пушками по ней расплавленный металл. Такая формовка пушек называлась медленной. Позже она была сменена быстрой формовкой.

В период Великой французской революции, когда республиканцам потребовалось большое количество артиллерии для сохранения завоеваний революции, во Франции Гаспаром Монжем введен был новый способ изготовления пушечных стволов, которые стали отливать в двух опоках, укладывая внутрь их пустотелую бронзовую или чугунную модель.

## 6. Нерусские заводы на русской земле

Во второй половине XVIII века крутой подъем литейного производства сменился спадом. Помимо экономических причин этому способствовала и политика русских царей в послепетровскую эпоху.

Петр I понимал, что для подъема промышленности нужны грамотные специалисты. Он содействовал своему посланцу на Урале и в Сибири — выдающемуся горнозаводскому деятелю Василию Никитичу Татищеву —

в организации горнозаводских школ. Екатерина II, наоборот, боялась просвещения масс и в письме к философу Вольтеру доказывала, что «Черни не должно давать образования».

Петр I выдвигал, всячески поощрял и награждал простых русских людей, которые отличались высоким мастерством. Анна Ивановна, Елизавета Петровна и Екатерина II, наоборот, предпочитали наводнять Россию иностранцами, знания и умения которых часто не шли ни в какое сравнение с высоким мастерством русских умельцев.

**Появление южнорусской металлургии.** Иностранное засилье в России особенно широко проявилось в XIX веке. Попытки организации казенных железоделательных заводов на юге России в Луганске (1795 г.), Керчи (1845 г.) и Лисичанске (1870 г.) не привели к успеху.

В 1869 году предприимчивый англичанин Джон Юз, в прошлом кузнец, ставший владельцем завода, предложил русскому правительству дать ему право построить завод и использовать Криворожскую руду и донецкий уголь. За это он обязался уплачивать царской казне за каждый выплавленный пуд чугуна по 1 копейке.

Юз демонтировал в Англии свой устаревший завод, все оборудование доставил в Мариупольский порт (ныне Ждановский) на берегу Азовского моря, оттуда в село, получившее название «Юзовка» (теперь на этом месте вырос огромный промышленный город Донецк).

С этого началось развитие второго металлургического района России — южной металлургии.

Вслед за Юзовским стали возникать другие южные заводы.

Заводы, где выплавлялись чугун и сталь, производились прокат и литье, были очень мало механизированы. Дешевые рабочие руки, возможность безудержной эксплуатации работающих — вот что привлекало иностранцев на Юге России наряду с дешевыми рудами и углем.

Все административные, инженерные и даже конторские должности на этих заводах занимали только иностранцы. Русскому и украинцу предоставлялась лишь одна возможность — идти в чернорабочие. Поразительно, но факт: русские инженеры не могли получить работы на заводах своей родины. Иван Павлович Бардин, например, ставший впоследствии выдающимся металлургом, вице-президентом Академии Наук СССР, окончив Киевский политехнический институт, не смог получить работу ни на одном из южных заводов России. Ему пришлось уехать в Америку. Там он работал подручным кузнеца, шлаковщиком и разливщиком.

## У. ЛИТЬЕ — СЕГОДНЯ

### 1. Уровень производства

Мрачным было наследство, доставшееся литейщикам от царского строя: старые, тесные, закопченные и захламленные цехи, отсталая, кустарная технология, десятилетиями не обновлявшаяся техника, тяжелый ручной труд, антисанитарные условия труда, плохое освещение, никакой вентиляции.

**Первые успехи.** Справившись с интервентами, внутренней контрреволюцией и многочисленными бандами террористов, оправившись от разрухи, вызванной империалистической и гражданской войнами, советское государство решительно взялось за превращение отсталой России из полуразрушенного аграрного в индустриально-аграрное государство.

Во многих районах страны одновременно началось строительство электростанций, заводов, железных дорог, аэродромов, причалов.

Уже в первой пятилетке начали создаваться новые, современные металлургические, автомобильные, тракторные, авиационные, тепловозостроительные, станкостроительные, энергомашиностроительные и приборостроительные заводы, заводы сельскохозяйственного машиностроения, дорожного и кузнечно-прессового оборудования, медицинского оборудования.

Ни одно из этих производств было бы немыслимо без литья. В каждой из новостроек возводился комплекс литейных цехов нового типа с максимально возможной механизацией труда. Постепенно внедрялась и автоматизация отдельных процессов.

В итоге только за две первые пятилетки производство изделий из серого чугуна увеличилось в 5 раз, из ковкого чугуна — в 12 раз и из стального литья — в 18 раз!

Это дало возможность советским литейщикам совершить скачок из вековой отсталости и оказаться в экономическом отношении в ряду передовых стран.

Литейное производство в нашей стране превратилось в крупномасштабную индустриальную отрасль машиностроения.

**Литье — основа машиностроения.** Бурное развитие литейного производства в СССР как в годы первых пятилеток, так и в настоящее время прочно связано с развитием машиностроения.

Серийное и массовое производство тракторов, сельскохозяйственных машин, автомобилей, станков потребовало перестройки и в технике, и в технологии литья. От ручного изготовления отдельных литейных форм нужно было переходить к конвейерному, поточному производству.

Уже в 1930 году на Кировском заводе в Ленинграде создается первое конвейерное производство литейных форм. Затем поточное производство вводится на новых тракторных заводах — Сталинградском (ныне Волгоградском) и Харьковском, несколько позже — на Челябинском.

Литейные цехи первых советских тракторных заводов, завода сельскохозяйственного машиностроения в Ростове, свердловского Уралмашзавода, Новокраматорского завода тяжелого машиностроения, московского «Станколита» и ленинградского «Центролита» — были крупнейшими по тому времени современными литейными предприятиями.

В литейных цехах советских заводов разрабатываются новые способы литья: по выплавляемым моделям, в оболочковые формы, в металлические формы (кокили), под давлением, центробежное.

Отливки по своей форме и размерам стали значительно ближе к размерам и форме необходимых деталей. Поверхность их стала более чистой, размеры — более точны. Поэтому резко снизилась необходимость в обработке их резанием на станках. Во многих случаях литыми заготовками стали заменять кованные или штампованные заготовки. Рель литейного производства как основы машиностроения возросла еще больше.

Несмотря на то что гитлеровскими ордами во время Великой Отечественной войны были разрушены сотни крупных предприятий, литейщики, как и весь советский народ, своим трудом в тылу ковали победу. В первые же послевоенные годы был достигнут довоенный уровень производства отливок, а затем началось вновь его бурное развитие.

Благодаря мудрой политике Коммунистической партии и Советского государства большая часть заводов

западных и южных районов страны своевременно была эвакуирована на Восток, где в считанные месяцы и дни заработали десятки перебазированных туда заводов.

После освобождения оккупированных фашистами территорий вновь созданные в восточных районах страны заводы продолжали там работать, а на месте довоенных разрушений предприятий фактически создавались новые. Об этом весьма красочно и волнующе написана повесть Л. И. Брежнева «Возрождение». Ежегодно после войны становились в строй все новые и новые заводы и почти в каждом из них — своя заготовительная база, свое литейное производство. Если раньше цех, дававший 10 тысяч тонн литья в год считался крупным, то в 50—60-х годах один за другим стали появляться цехи на 70—100 тысяч тонн отливок в год. И не только цехи, но и самостоятельные литейные заводы — «Центролиты», производящие отливки для ряда других заводов. Их мощность доведена была до 100 и даже до 300 тысяч тонн отливок в год.

Много новшеств за эти годы было внесено в технологию литья, создание и совершенствование новых способов литья.

СССР занимает по выпуску отливок одно из ведущих мест в мире.

## 2. Литейная технология

Современное металлургическое производство дает два вида конечных продуктов. Одним является прокат, представляющий собой профильный металл (прутки с постоянным поперечным сечением) — рельсы, балки, швеллеры, круглое и квадратное железо, полосовое железо, листовое железо. Прокат изготавливается из литых слитков стали, выплавляющихся в сталеплавильных цехах. Другим видом конечного продукта являются литые заготовки.

На общей схеме современного металлургического процесса, изображенной на рис. 1, видно, что добытая из рудников железная руда поступает на горнообогащительные фабрики для удаления из нее части пустой породы; добытый в шахтах уголь направляется на коксохимические заводы для превращения коксующегося угля в кокс. Обогащенная руда и кокс загружаются в доменные печи, выплавляющие чугуны. Жидкий чугун

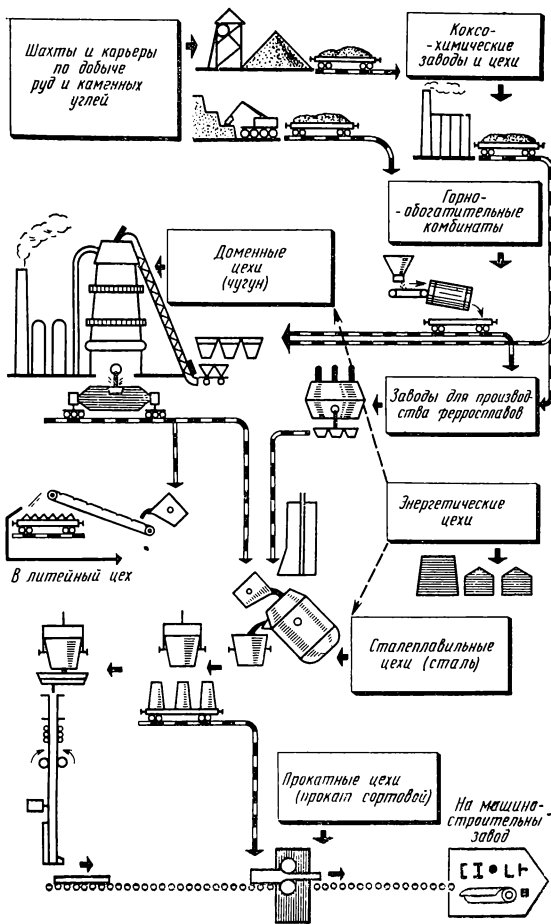


Рис. 1. Схема современного металлургического процесса

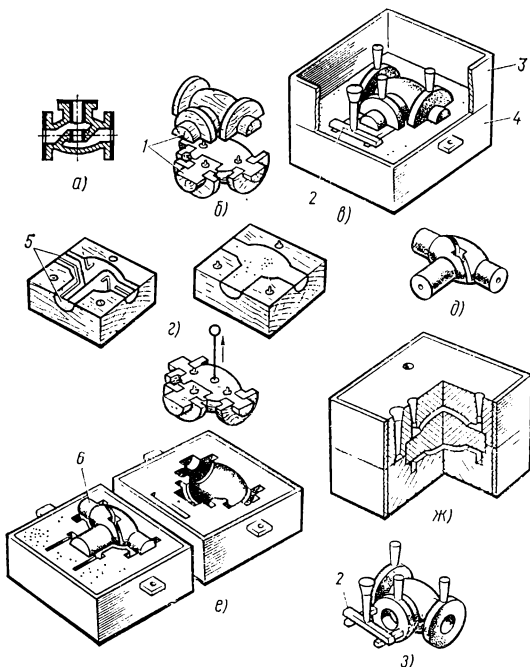


Рис. 2. Литейная форма и ее элементы. Последовательность изготовления отливки в песчаной форме:

*а* — чертеж отливки; *б* — модель отливки; *в* — укладка верхней половины модели на нижнюю и установка верхней опоки; *г* — стержневой ящик; *д* — стержень; *е* — извлечение из полуформ половин модели; *ж* — установка верхней полуформы на нижнюю; *з* — отливка с литниками; *1* — верхняя и нижняя половины модели; *2* — модель литниковой системы; *3* — верхняя опока; *4* — нижняя опока; *5* — формовка стержня; *6* — стержень

передается частично в литейные цехи, частично в сталеплавильные (кислородно-конвертерные, мартеновские, электросталеплавильные). В литейных цехах изготовляют различные по форме заготовки, а в сталеплавильных цехах отливают слитки, идущие затем в прокатные цехи для изготовления металлопроката.

**В чем же суть литейной технологии?** Чтобы изготовить отливку, нужно проделать следующее.

1) произвести расчет: сколько каких материалов нужно ввести в шихту для их плавки. Подготовить эти материалы. Разделить их на куски допустимых размеров. Отсеять мелочь. Отвесить нужное количество каждого компонента. Загрузить материалы в плавильное устройство (процессы шихтовки и загрузки шихты);

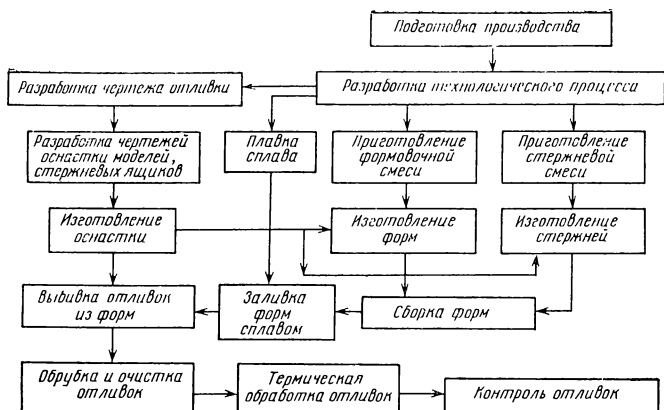


Рис. 3. Последовательность изготовления отливок

2) провести плавку. Получить жидкий металл необходимой температуры, жидкотекучести, должного химического состава, без неметаллических включений и газов, способный при затвердевании образовать мелкокристаллическую структуру без дефектов, с достаточно высокими механическими свойствами;

3) до окончания плавки приготовить литейные формы (для заливки в них металла), способные, не разрушаясь, выдерживать высокую температуру металла, его гидростатическое давление и размывающее действие струи, а также способные пропускать через поры или каналы выделяющиеся из металла и образующиеся вновь газы (процесс формовки);

4) произвести выпуск металла из печи в ковш. Осуществить транспортировку ковша с металлом к литейным формам. Произвести заливку форм жидким металлом, не допуская перерывов струи и попадания в форму шлака;

5) после затвердевания металла раскрыть формы и извлечь из них отливки (процесс выбивки отливок);

6) отделить от отливки все литники (металл, застывший в литниковых каналах, в шлакоуловителе, стояке, чаше, выпоре), а также бразовавшиеся (при некачественной заливке или формовке) приливы и заусенцы;

7) очистить отливки от налипших на их поверхность частиц формовочной или стержневой смеси (операция очистки отливок);



8) произвести внешний осмотр готовых отливок с целью выявления возможных их дефектов (процесс разбраковки отливок). Осуществить контроль качества и размеров отливок.

Последовательность изготовления отливок показана на рис. 2 и на схеме (рис. 3).

Самое главное в литейной технологии состоит в том, чтобы, во-первых, выплавить вполне качественный, обладающий необходимыми свойствами расплав и, во-вторых, приготовить надежную, стойкую, прочную и газопроницаемую литейную форму. Поэтому этапы плавки и формовки являются доминирующими в литейной технологии.

### 3. Плавка

Для перевода металла из твердого состояния в жидкое в литейном производстве используют ряд плавильных агрегатов. Для плавки чугуна во всех странах мира применяют преимущественно вагранки.

**Вагранка** — это вытянутая кверху шахтная печь. Сверху в нее загружают шихту, состоящую из чугуна, топлива (кокса) и флюсов. Снизу подают воздух, необходимый для горения кокса. Температура в печи превышает  $1500^{\circ}\text{C}$ . Чугун плавится и перегревается градусов на сто выше температуры его плавления.

Расплавленный чугун выпускают в ковш, либо в копильник, пристроенный к вагранке, либо в специальный агрегат — обогреваемый миксер, в который сливается чугун из нескольких печей. В копильнике и миксере чугун выравнивается по температуре и составу и может быть подогрет.

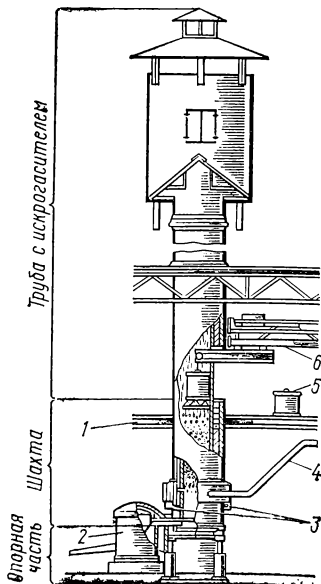


Рис. 4. Схема устройства вагранки:  
1 — загрузочная площадка; 2 — копильник;  
3 — фурмы; 4 — воздухопровод; 5 — бадья для загрузки шихты; 6 — загрузочный край

Вагранка — это самый простой и самый дешевый плавильный агрегат. Ее легко ввести в работу. Через 2—4 часа после разогрева можно получить жидкий чугун. На рис. 4 показано устройство простейшей вагранки.

За последние годы проделаны значительные работы по усовершенствованию конструкции вагранок. Ведь у вагранок есть много недостатков. В них трудно получить чугун с температурой выше  $1400^{\circ}\text{C}$ . А этого часто оказывается недостаточно, особенно когда хотят улучшить свойства чугуна и вводят в него различные добавки (десульфураторы — для уменьшения вредной примеси в чугуне — серы; модификаторы — для получения измельченной структуры отливки и округлой формы включений; легирующие — для повышения механических свойств металла в отливках). Другой существенный недостаток вагранок — выброс в атмосферу пыли и газов, содержащих окись углерода и сернистые соединения. Его можно преодолеть устройством надежных систем газоочистки с использованием газа для нагрева дутья.

**Как нагревается дутье?** В вагранки новых конструкций вводят нагретое дутье, чтобы можно было получить более горячий чугун. Холодный воздух из атмосферы предварительно пропускают через нагревательное устройство — рекуператор. Нагретый воздух вводится в вагранку и сжигает в ней кокс (или природный газ), чем повышается температура в вагранке.

Современная рекуператорная установка для нагрева дутья состоит из двух рекуператоров: радиационного и конвективного. Горелки сжигают природный газ в верхней части радиационного рекуператора. Продукты горения опускаются вниз через всю шахту и опорную камеру и поступают в конвективный рекуператор, проходя в последнем по трубам и нагревая их. Воздух же вентилятором подается в пространство между трубками и нагревается от поверхности стенок их примерно до  $200^{\circ}\text{C}$ . Затем воздух переходит в нижнюю часть радиационного рекуператора и по полости между стенками его движется кверху. За счет лучеиспускания горячих газов воздух здесь нагревается примерно до  $500^{\circ}\text{C}$  и по воздухопроводу горячего дутья подается в фурменную коробку вагранки.

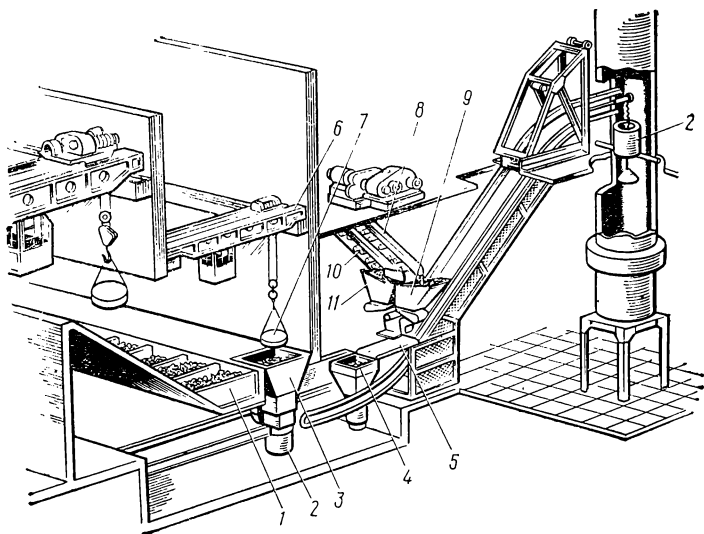


Рис. 5. Загрузка вагранки механизированным способом:

1 — расходные бункера; 2 — загрузочная бадейка; 3 и 4 — загрузочные воронки; 5 — дозировочная тележка; 6 — мостовой кран; 7 — электромагнитная шайба; 8 и 10 — ленточные конвейеры; 9 и 11 — расходные бункеры

**Водоохлаждаемые вагранки.** Раньше футеровку плавильного пояса вагранки ремонтировали ежедневно через одну-две смены работы вагранки. Теперь с целью удлинения межремонтного периода работы вагранки и ради экономии огнеупорных материалов большие вагранки делают водоохлаждаемыми. Наиболее простая система водоохлаждения кожуха вагранки — поливная. Для этого шахту делают слегка расширяющейся книзу. В верхней части плавильного пояса устанавливают перфорированные по всей длине кольцевые трубки, по которым подается вода. Вода из трубок по стенкам кожуха стекает вниз, попадает в воронку и по кольцевому зазору равномерно стекает вниз.

**Как загружают вагранки шихтой?** Современные ваграночные установки обеспечены достаточно совершенной системой механической загрузки шихтовых материалов, при которой руки рабочих не прикасаются к ним. Одна из схем механизации загрузки вагранок шихтой показана на рис. 5. Поступающие в цех материалы выгружаются в закрома. Из них, по мере необходимо-

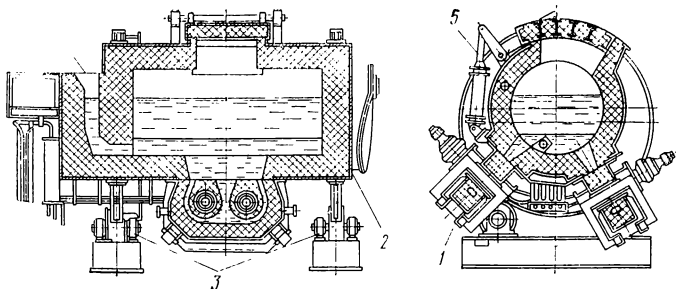


Рис. 6. Индукционный каналный миксер для подогрева ваграночного чугуна:

1 — индукторы; 2 — кожух; 3 — механ. поворота; 4 — сифон; для выдачи металла

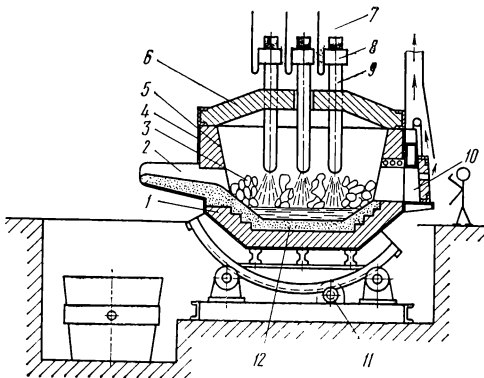
сти, материалы перегружаются в расходные бункера 1. Из расходных бункеров с помощью крана 6 и электромагнитной шайбы 7 металлические материалы попадают в загрузочную воронку 3. Неметаллические материалы: кокс и флюсы берут из бункеров 9 и 11 и загружают в воронку 4 при помощи дозировочной тележки 5, дно которой открывается автоматически. Из воронок 3 и 4 шихтовые материалы поступают в загрузочную бадью 2. Бадья по наклонному подъемнику подается на колошник вагранки и автоматически разгружается.

**Что такое миксер?** При выплавке больших количеств чугуна и при необходимости поддерживать высокую температуру его, вблизи от вагранки устанавливают миксеры. Миксер — это сосуд, в котором смешиваются и выравниваются по составу и температуре отдельные выпуски чугуна из нескольких вагранок.

На рис. 6 показан современный индукционный каналный миксер для чугуна (ИЧКМ). Миксер имеет форму бочкообразного сосуда со встроенными внизу индукторами. В полостях, примыкающих к индукторам, металл дополнительно нагревается и перемешивается с остальной массой металла.

**Исчезнут ли в ближайшее время вагранки?** Этот вопрос продолжает оставаться дискуссионным на протяжении последних двух-трех десятков лет.

С одной стороны, появились более современные плавильные агрегаты — электрические, электроннолучевые, плазменные печи (о них подробнее — впереди). С другой стороны, новые плавильные устройства пока не уде-



**Рис. 7. Схема устройства дуговой электропечи для плавки чугуна и стали:**

1 — футеровка пода кирпичом; 2 — летка для выпуска жидкого металла; 3 — шихтовые материалы; 4 — кожух печи; 5 — задняя стенка; 6 — свод печи; 7 — гибкие кабели для подвода тока; 8 — электрододержатели; 9 — электроды; 10 — рабочее окно; 11 — механизм наклона печи; 12 — подина

шевляют процесс плавки и не обеспечивают непрерывного выпуска чугуна. Старые же вагранки модернизируются, усовершенствуются и в обновленном виде пока еще успешно соперничают с новыми плавильными устройствами.

Наряду с вагранками, сжигающими дефицитное топливо — кокс, появились и работают на ряде заводов коксогазовые и газовые вагранки.

**Электрические печи.** В таких плавильных печах электрическая энергия превращается в тепловую. Топливо здесь не нужно. Раз нет топлива, не нужен и подвод дутья, не нужны вентиляторы или воздуходувки. В электропечах отсутствуют процессы горения топлива, не образуются продукты горения (дым), не нужны дымовые трубы.

В литейном производстве для плавки чугуна и стали применяют электрические печи двух видов: дуговые и индукционные.

В дуговых электропечах теплота выделяется за счет электрической дуги (открытой русским профессором В. В. Петровым еще в 1802 году).

Ток большой силы и низкого напряжения пропускается через два или три электрода так, что между концами электродов вспыхивает электрическая дуга. В центре дуги возникает очень высокая температура —

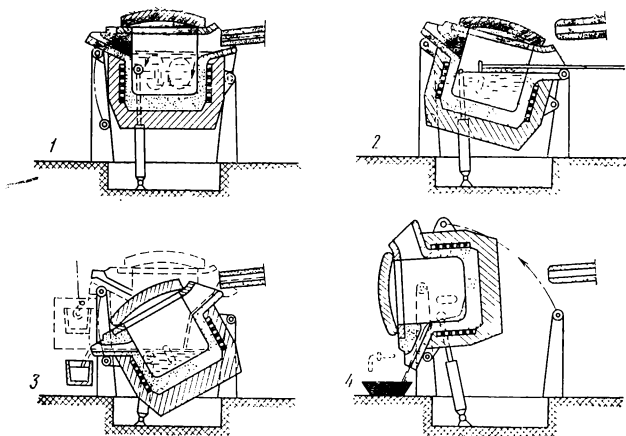


Рис. 8. Индукционная плавильная печь тигельного типа и последовательность операций при плавке:

1 — образование вихревых токов в металле; 2 — скачивание шлака; 3 — выпуск металла в ковш; 4 — слив остатков после выпуска металла

до  $3000^{\circ}\text{C}$ . Дуга может гореть над металлом, нагревая его сверху, или пропускаться через металл. В такой печи можно расплавить и перегреть не только чугун, но и сталь. В металл дуговых печей можно смело вводить даже самые тугоплавкие добавки, не опасаясь того, что они не расплавятся.

Сама по себе электропечь (рис. 7) по конструкции не намного сложнее вагранки, но для дуговых печей требуются трансформаторы для понижения напряжения тока и увеличения его силы. Нужны гибкие кабели, электроды, электрододержатели, механизмы подъема электродов, механизмы регулировки их положения.

Дуговые печи более сложны в эксплуатации, на их строительство требуется значительно больше капитальных затрат, а выплавленный в них чугун оказывается более дорогим, чем ваграночный.

Другой вид электропечей для плавки чугуна, стали и цветных сплавов, — индукционные электропечи (рис. 8). В них тоже электрическая энергия превращается в тепловую, но иным путем.

Индукционная печь — это своего рода трансформатор, имеющий первичную и вторичную обмотки. Если по первичной обмотке пропускать электрический ток, то вокруг нее образуется электромагнитное поле, которое

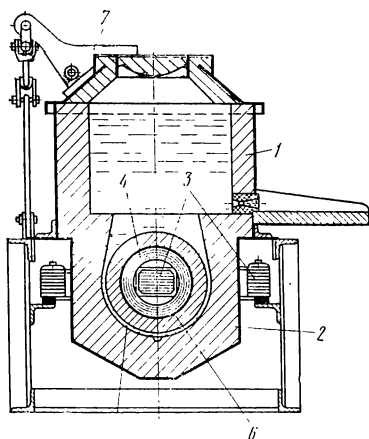


Рис. 9. Индукционная плавильная печь канального типа:

1 — верхняя часть печи; 2 — нижняя часть печи; 3 — магнитная система печи; 4 — первичная обмотка трансформатора; 5 — канал с жидким металлом; 6 — защитный водоохлаждаемый экран; 7 — механизм подъема крышки

устройства индукционной печи канального типа. Здесь вихревые токи возникают не во всем объеме печи, а только в каналах под подом.

Главные достоинства индукционных печей: легкость управления, возможность достичь высокой температуры, быстрый нагрев, равномерность температуры металла во всем объеме.

Большим преимуществом индукционных печей является и то, что они не выбрасывают в атмосферу пыль и газы. Санитарные условия их обслуживания более благоприятны. Такие печи могут работать в жилых районах, не причиняя вреда окружающей среде.

Однако производительность индукционных печей пока меньше, чем вагранок. Работают они прерывисто. Металл из них выдается по окончании каждой плавки. Вагранки же практически выдают металл непрерывно, что очень важно для современных автоматических формовочных линий.

При плавке цветных металлов такая высокая температура, как для чугуна и стали, не нужна. Для плавки олова, цинка, свинца, магния и алюминия наряду с

возбуждает (индуктирует) вихревые токи во вторичной обмотке. Если в электромагнитное поле вместо вторичной обмотки поместить тигель с загруженным в него металлом, то вихревые токи будут возникать в металле. Чем больше сопротивление прохождению электрического тока в тигле, тем больше электрическая энергия будет превращаться в тепловую. Чем больше частота тока, тем легче происходит это превращение.

Индукционные печи проще дуговых, но для них требуется дорогое электрооборудование. На рис. 9 приведена схема

дугowymi печами нередко используют электропечи иного типа — печи сопротивления. В них также электрическая энергия превращается в тепловую, но другим путем. В электрическую цепь включают металлическую спираль или пластины с низкой электрической проводимостью. Большое сопротивление прохождению электрического тока вызывает нагрев спиралей или пластин. Этот метод хорошо знаком всем по бытовым электроплиткам, электрочайникам и электроутюгам. Но в печах сопротивления применяют не тонкие нихромовые спирали, а довольно толстые пластины из того же никрома. Плавка в таких печах обходится дешевле, но пластины довольно часто выходят из строя и требуют замены.

#### 4. Формовка

**Литейная форма.** В технологии литья используют немало разновидностей литейных форм. Чаще всего применяют разовые формы, пригодные для использования только один раз. Но на практике применяют и полупостоянные и постоянные литейные формы.

Разовые (песчаные) формы изготавливают из формовочных смесей, основу которых составляют кварцевый песок и глина. Песок играет роль основного «строительного» материала формы, а глина — роль связующего. Песок должен быть достаточно огнеупорным, с температурой плавления не ниже  $1700^{\circ}\text{C}$ .

К полупостоянным относятся углеродистые (графитовые) и реже — керамические формы. Они значительно дороже песчаных форм, но зато из каждой такой формы можно получить по нескольку десятков отливок.

Постоянными называют металлические формы (кокили). Конечно, и кокили, в общем, непостоянны, но в каждом из них удается получить по нескольку сотен и даже тысяч отливок. Металлические формы избавляют литейщиков от необходимости иметь дело с песком и глиной. В литейных цехах, где используют металлические формы, намного чище, санитарно-гигиенические условия значительно лучше.

Однако для отливок, имеющих сложную конфигурацию, очень трудно изготовить металлические формы, причем они оказываются очень дорогими и, главное, во-



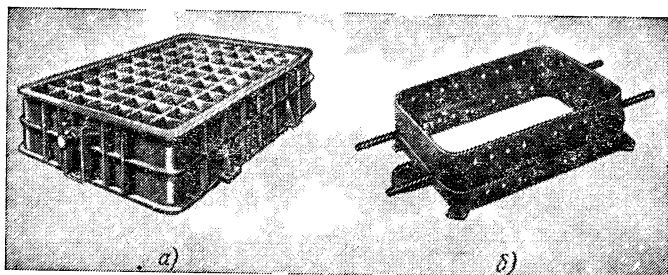


Рис. 10. Опоки для изготовления отливок:  
 а — литые; б — штампо-сварные

все нестойкими. Форма, стоимость которой составляет несколько тысяч рублей, может выйти из строя при первых же заливках металла.

Поэтому сложные по форме отливки чаще всего делают в песчаных формах.

**Модели.** Модели делают из дерева, пластмасс или алюминиевых сплавов. После удаления модели в форме остается полость, очертания которой соответствуют по размерам и внешнему виду той детали, которую нужно отлить. В эту полость и заливают металл.

Чтобы иметь возможность вынуть модель отливки, формы делают из двух половин. Это — разъемные формы, состоящие из верхней и нижней полуформ.

**Формовка.** Для изготовления полуформ используют опоки — ящики без дна (рис. 10), стоящие на подопочной плите. Внутри опоки на подопочную плиту укладывают половину модели (иногда и всю модель) и опоку наполняют формовочной смесью. То же делают и со второй опокой. Затем обе половины модели осторожно вынимают, верхнюю полуформу переворачивают и укладывают на нижнюю. Перед этим в одной из полуформ вырезают литниковый канал для подвода жидкого металла к полости формы, извлекают модель для образования стояка (вертикального канала), в верхней полуформе, у стояка, вырезают чашу для приема металла и задержания первичного шлака. Для удаления воздуха из полости формы в верхней опоке ставят «выпор» — вертикальный канал, соединенный с литниковой системой, а для предупреждения образования усадочных раковин в массивных частях отливки ставят прибыли.

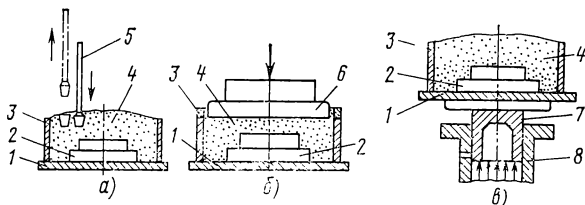


Рис. 11. Способы уплотнения формовочной смеси:

*а* — трамбовками; *б* — прессованием; *в* — встряхиванием; 1 — модельная плита; 2 — модель; 3 — опока; 4 — формовочная смесь; 5 — трамбовка; 6 — прессовая колодка; 7 — подвижные части машины; 8 — стол машины

Устройство обычной литейной формы и ее отдельных частей показано на рис. 2.

Формовочную смесь, введенную в опоки, необходимо уплотнить.

**Как уплотняется формовочная смесь?** Это зависит от размеров отливок и их числа, которое необходимо изготовить, т. е. от характера производства (единичное, серийное, массовое). В единичном производстве небольших по размерам отливок формовочную смесь уплотняют вручную в небольших опоках. Однако при изготовлении таких же небольших отливок в массовом производстве, например на автомобильных заводах, формовочную смесь в опоках, уплотняют на формовочных машинах-автоматах.

На рис. 11 показаны три способа уплотнения смеси: ручными или механическими трамбовками *а*, прессованием *б* и встряхиванием *в*. На рис. 12 приведена схема уплотнения формовочных или стержневых смесей для крупных отливок с помощью пескомета.

В литейных цехах современных крупных машиностроительных заводов можно встретить все указанные на рисунках типы уплотняющих машин: встряхивающих, прессовых, пескометных. В последние годы предпочтение отдается прессо-

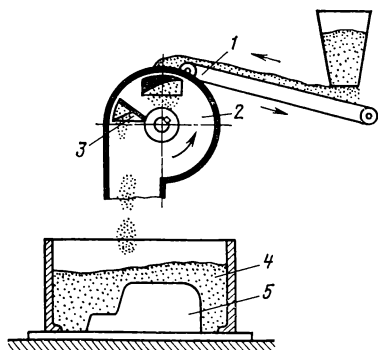


Рис. 12. Уплотнение формовочной смеси пескометом:

1 — ленточный конвейер со смесью; 2 — пескометная головка; 3 — ковш; 4 — опока; 5 — модель

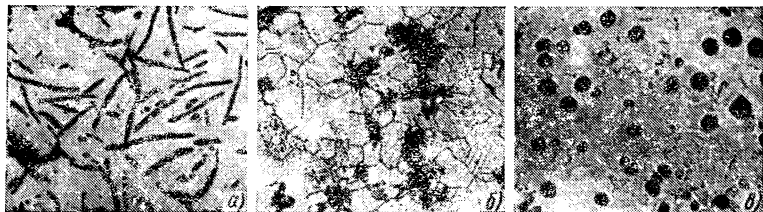


Рис. 13. Структуры чугунов:

*а* — серого (пластинки графита перерезают металлическую основу чугуна); *б* — ковкого (выделения графита имеют хлопьевидную форму); *в* — высокопрочного (выделения графита имеют шаровидную форму)

вым машинам, поскольку встряхивающие машины производят сильный шум в цехах.

## 5. Чугун необычной прочности

«Крепка как сталь». Сколько раз вы слышали такое? Но ни разу не слышали: «Крепок как чугун». Многовековая история чугуна привела металлургов, литейщиков и конструкторов к убеждению, что чугун хорошо воспринимает лишь сжимающие нагрузки. Он хорошо работает на сжатие. Там же, где нужна высокая прочность при растяжении, чугун непригоден. Причина малой прочности чугуна объясняется его природой. Ведь чугун отличается от стали более высоким содержанием углерода. В железе же растворяется лишь часть его. Остальное количество образуют графитовые включения. В структуре обычного серого чугуна эти включения выглядят как удлиненные пластинки, разрезающие железную основу (рис. 13, *а*). Они хорошо видны под микроскопом. Включения пластинчатого графита можно уподобить трещинам в металле, заполненным мягким материалом — графитом. Включения графита и являются концентраторами напряжений. Стоит появиться растягивающему усилию, как чугунные изделия легко разрываются. И причиной такой слабой прочности являются включения пластинчатого графита.

А нельзя ли эти включения графита уменьшить в размерах? Придать им не удлиненную (вытянутую) форму, а сделать эти включения более компактными? Приблизить их к сферической форме?

**Ковкий чугун, который не куется.** Опыт показал, что если изделие отлить из белого чугуна (в котором весь углерод находится в связанном состоянии в виде карбида железа) и затем эту отливку подвергнуть длительному отжигу при высокой температуре (выше  $1000^{\circ}\text{C}$ ), то включения графита принимают совсем иную форму. Форма их становится хлопьевидной (рис. 13, б). Эти включения более компактны, они меньше подрезают металлическую основу, и такой чугун оказывается значительно более прочным. Он уже может работать на растяжение. Такой чугун называют «ковким», хотя в действительности он еще не настолько пластичен, чтобы его можно было ковать.

Теперь сделаем количественное сравнение. Прочность при растяжении измеряется в килограммах, отнесенных к одному квадратному миллиметру сечения. Представим себе проволоку сечением  $1\text{ мм}^2$ . Подвесим один конец ее к потолку, а к спущенному вниз концу будем подвешивать грузы. Какой максимальный груз выдержит проволока прежде чем разорвется? Проволока из чистого железа выдерживает примерно 25, а стальная до  $70\text{ кгс/мм}^2$ .

Серый чугун, как мы уже говорили, на растяжение работает плохо и выдерживает лишь  $12\text{—}15\text{ кгс/мм}^2$ . А вот ковкий чугун оказывается прочнее — он может выдержать от 30 до  $60\text{ кгс/мм}^2$ . Но ковкий чугун дорог. Дорог из-за того, что отлитые детали нужно еще запаковать в ящики, пересыпать их либо коксиком, либо рудой, погрузить в печь и выдержать их при температуре  $950\text{—}1050^{\circ}\text{C}$  в течение по крайней мере суток. Раньше цикл отжига длился 4—5 суток. Теперь его сумели сократить до  $24\text{—}20\text{ ч}$ , но и это значительно удорожает чугун.

**Чугун прочнее стали?** За счет чего выросла в 2—3 раза прочность ковкого чугуна? Только за счет изменения формы графитовых включений. Вместо длинных пластинок углерод после отжига белого чугуна принял более компактную форму (в виде хлопьев), размеры их значительно уменьшились по сравнению с размерами пластинок углерода в сером чугуне.

А нельзя ли размеры включений углерода сделать еще меньшими, а форму их — еще более компактной?

Оказалось и это возможно. Достичь этого удалось модифицированием чугуна, т. е. введением в жидкий

чугун небольших добавок таких веществ, которые обеспечивают выделение графита в чугуне в виде крошечных шариков (рис. 13, в). Чугун с шаровидным графитом получается при вводе в него магния, церия, иттрия, бария. Способствуют этому кремний, кальций и некоторые другие элементы.

Чугун с шаровидным графитом произвел целую революцию в литейном производстве. Его прочность увеличилась до небывалых размеров — от 40 до 120 кгс/мм<sup>2</sup>. Этот поистине высокопрочный чугун превзошел обычную углеродистую сталь и успешно конкурирует с низколегированной сталью. Высокопрочный чугун, к тому же, дешевле ковкого чугуна и стали.

**Отливки из серого чугуна.** Почти 95% чугунных отливок, производящихся в нашей стране, изготовляют из серого чугуна. Это объясняется тем, что серый чугун имеет хорошие литейные свойства: прекрасную жидкотекучесть и наименьшую усадку при затвердевании. А главное состоит в том, что серый чугун — самый дешевый литейный материал.

Как мы уже говорили, серый чугун плохо работает на растяжение. Однако прогресс в технологии литья способствовал тому, что теперь мы можем получать отливки из того же серого чугуна, но уже с прочностью при растяжении в 3—4 раза большей. Теперь серый чугун высшей марки соответствует прочности 44 кгс/мм<sup>2</sup>.

Чем это было достигнуто? Главным образом развитием способов, так называемой ковшевой обработки чугуна. После выпуска чугуна из печи в ковш забрасывают добавки, которые существенно влияют на качество чугуна. Одни добавки десульфуруют чугун, т. е. удаляют из него вредную примесь — серу. Другие — модифицируют его, измельчая и округляя зерно как металлической основы чугуна, так и его графитовых включений. Третьи — легируют чугун, т. е. повышают его механические или специальные свойства.

Кроме отливок из обычных чугунов и чугунов с высокими механическими свойствами, наше литейное производство выпускает много отливок из жаростойкого, антифрикционного, коррозионностойкого, немагнитного и износостойкого чугунов.

**Отливки из ковкого чугуна.** Для деталей ряда машин, особенно таких как автомобили, тракторы, комбайны, сеялки, серый чугун малопригоден. Он не обеспе-

чивает ни надежности, ни долговечности конструкций. Это особенно относится к ходовым частям машин, к их трансмиссионным узлам, испытывающим при работе знакопеременные нагрузки. Такие детали отливают из ковкого чугуна. Прочность их намного выше, они надежно работают длительное время без поломок.

Отливки из ковкого чугуна дороже, чем из серого. Это связано с необходимостью длительного отжига отлитых деталей в термических печах. Раньше цикл отжига превышал 100—120 ч. Теперь отжиг осуществляют за 20—30 ч. Как сумели литейщики добиться такого значительного результата? Главным образом за счет модифицирования белого чугуна микродобавками таких элементов, как алюминий, висмут, бор, сурьма и теллур.

Теперь в литейных цехах ковкого чугуна работают модернизированные вагранки, выдающие жидкий чугун непрерывно в течение целой недели. В паре с вагранками устанавливают дуговые электрические печи или индукционные каналные печи, накапливающие чугун и выравнивающие его состав.

**Отливки из высокопрочного чугуна.** Ни один конструкционный материал в мире не получил такого стремительного продвижения в промышленное производство, как высокопрочный чугун. За три десятилетия, прошедшие со времени рождения высокопрочного чугуна, он занял ведущее место. Отливками из высокопрочного чугуна успешно заменяют отливки из стали, ковкого чугуна и цветных металлов.

Из высокопрочного чугуна отливают крупногабаритные тьюбинги для метрополитенов, трубы больших диаметров для магистральных газопроводов, каландровые валы для бумагоделательных машин, изложницы для слитков стали, коленчатые валы для автомашин и тракторов и много других изделий для разных отраслей промышленности.

Из высокопрочного чугуна отливают коленчатые валы для автомашин «Волга», «Жигули», для тракторного двигателя СМД-14. За создание автоматической линии для отливки из высокопрочного чугуна коленчатых валов к двигателю СМД на Харьковском заводе «Серп и молот» большой группе ученых и производственников была присуждена Государственная премия СССР.

В нашей стране строятся новые заводы по произ-

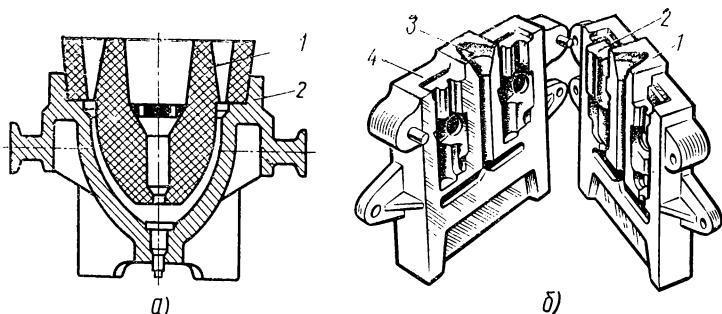


Рис. 14. Кокили (металлические формы):

*а* — неразъемный кокиль с отливками, вытряхиваемыми после остывания (1 — стержень; 2 — кокиль); *б* — разъемный кокиль (1 и 4 — полуформы; 2 — вставка; 3 — литниковая система)

водству изделий из высокопрочного чугуна: труб большого диаметра, тубингов для метрополитена, тракторных агрегатов и др.

## 6. Многообразны способы литья

**Литье в кокиль.** Отливки, полученные в песчаных формах, имеют ряд недостатков. У них шероховатая поверхность, а размеры их недостаточно точны.

Отливки же полученные в кокилях, отличаются большой точностью размеров и высокой чистотой поверхности.

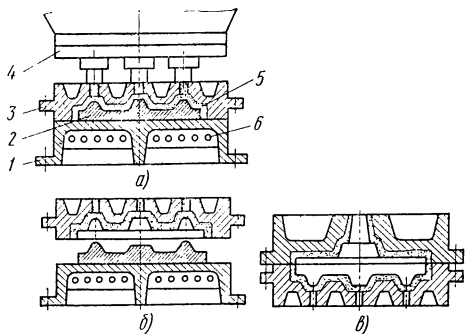
Кокили (рис. 14) изготовляют из чугуна, стали или алюминиевых сплавов. Используют их не один раз, как песчаную форму, а многократно. Кокили обладают высокой теплопроводностью, поэтому залитый в них металл охлаждается и закристаллизовывается значительно быстрее, чем в песчаной форме. В результате повышается производительность труда и снижается стоимость отливок.

Однако изготовить кокиль гораздо сложнее, чем песчаную форму. Чем сложнее конфигурация отливки, тем труднее изготовить кокиль, тем он дороже. Высокая стоимость кокиля оправдывается только в том случае, если он выдерживает по крайней мере две-три сотни заливок.

При быстром затвердевании чугуновых отливок в кокиле на их поверхности образуется твердый отбеленный слой, трудно поддающийся обработке режущим инстру-

Рис. 15. Процесс облицовки кокиля:

*a* — вдув смеси; *б* — съем кокиля с плиты; *в* — форма в сборе; *1* — плита; *2* — модель; *3* — кокиль; *4* — пескострельная головка; *5* — облицовка; *6* — нагреватели



ментом. Это долго сдерживало развитие кокильного литья для получения чугуновых отливок.

Ученые Одесского научно-исследовательского института специальных способов литья (НИИСЛ) создали способ литья в облицованные кокили, в которых отливки остывают не столь быстро и без отбеленного слоя на их поверхности (рис. 15).

Облицовка внутренней полости кокиля достигается вдуванием внутрь кокиля плакированной песчано-смо-

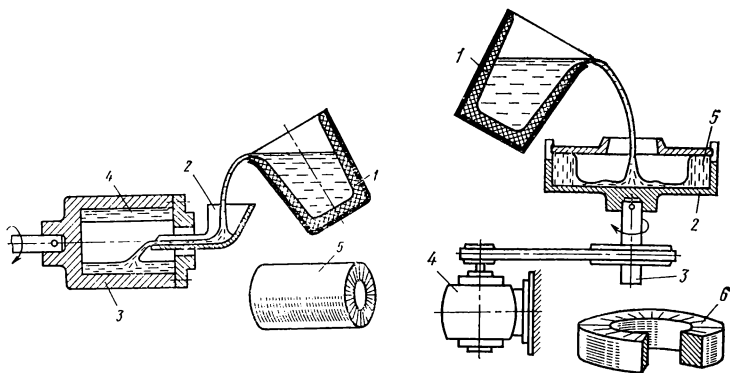


Рис. 16. Схема устройства горизонтальной машины для центробежного литья:

*1* — ковш с жидким металлом; *2* — желоб; *3* — форма, вращающаяся вокруг горизонтальной оси; *4* — затвердевающая полая отливка; *5* — готовая отливка

Рис. 17. Схема устройства вертикальной машины для центробежного литья:

*1* — ковш с жидким металлом; *2* — литейная форма, вращающаяся вокруг вертикальной оси; *3* — шпиндель, передающий вращение форме; *4* — электродвигатель; *5* — затвердевающая отливка в форме; *6* — готовая отливка



ляной смеси с 2—3% пульвербакелита. Эта смесь вдвигается в пространство между рабочими поверхностями кокиля и металлической моделью отливки. Облицовочный слой имеет толщину 3—5 мм. При нагревании кокиля до 200—220° С облицовка затвердевает и кокиль готов к заливке.

За создание этого способа литья группе ученых и производственников была присуждена Государственная премия СССР.

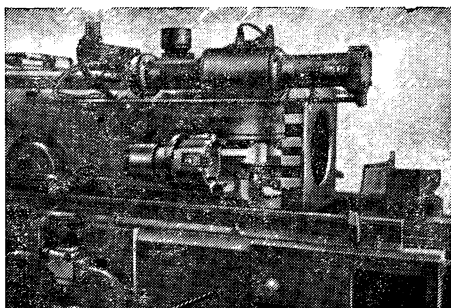
В СССР создан ряд кокильных машин: однопозиционных (с одним кокилем), карусельных многопозиционных (с шестью — восемью кокилями) и конвейерных с большим количеством кокилей.

**Центробежное литье.** Такие отливки, как колеса, маховики, шестерни, втулки, кольца, трубы и др., имеющие форму тел вращения, получают во вращающихся формах (рис. 16, 17).

Зачем вращать форму при заливке ее металлом? Дело в том, что расплавленные металлы способны растворять в себе газы: кислород, азот, водород. Чем больше перегрет металл, тем больше в нем растворено газов. Когда же форма залита и отливка начинает остывать, растворимость газов в металле снижается и они в виде пузырей выделяются из расплава. Во время затвердевания отливки многие пузырьки газа не успевают всплыть кверху и застревают между кристаллами металла. Отливка получается пористой, неплотной. Механические свойства ее при этом, естественно, снижаются. Вот тут на помощь литейщику приходят законы физики. Если заливку производить не в стационарную, а во вращающуюся форму, то в частицах расплава возникают центробежные силы, которые прижимают их к стенкам вращающейся формы и, тем самым, уплотняют металл.

Но выгоды от такого способа литья не исчерпываются улучшением качества металла. Для получения центральных отверстий стержни не нужны. Ведь под действием центробежных сил металл сам распределяется у стенок формы и центральное отверстие получается само собою. Кроме того, форма для центробежного литья не нуждается в изготовлении всех элементов литниковой системы: не нужны чаша, стояк, шлакоуловитель, литниковые каналы. Процесс подготовки форм значительно упрощается. Машины для центробежного

Рис. 18. Центробежная литейная машина для отливки чугунных раструбных труб с полуавтоматическим режимом работы. Выпускает по 34 трубы в час. Длина труб 4 м, диаметр 100—150 мм



литья выпускают с вертикальной и горизонтальной осью вращения.

Наибольшее распространение получили машины для центробежного литья труб (рис. 18). Формы для такой отливки делают либо металлическими, либо футеруют их песчано-глинистыми смесями. Металлические формы при литье крупных труб выдерживают по 200—300 заливок. При отливке же цилиндрических втулок (диаметром до 100 мм) форма выдерживает до 3500 заливок.

**Литье под давлением.** Повысить качество и размерную точность отливок, улучшить их поверхность и получить более плотный металл можно еще одним способом — литьем под давлением. Жидкий металл в металлической пресс-форме подвергают значительному внешнему давлению.

Создано большое количество машин для литья под высоким и низким давлением. На них производится множество деталей машин, приборов и аппаратов настолько точных, что никакой дальнейшей обработки эти детали не требуют. Литьем под давлением можно получить миниатюрные детали с такой малой толщиной стенок (до 0,8 мм), какую никакими другими способами литья получить не удастся. Давление на металл осуществляется либо сжатым воздухом (компрессорные машины), либо поршнем (поршневые машины). В компрессорных машинах осуществляется литье под низким давлением (обычно 5—8 ат), а в поршневых — под высоким давлением, достигающим сотен или даже нескольких тысяч атмосфер.

В машинах с холодной камерой прессования (рис. 19) металл 4 мерными порциями заливается из

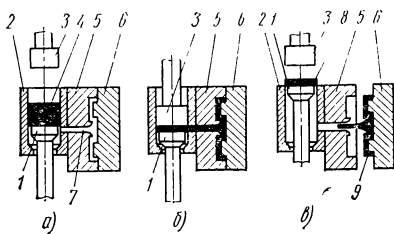


Рис. 19. Схема процесса литья под давлением в машине с холодной камерой прессования:

*а* — металл залит в камеру прессования; *б* — прессование; *в* — раскрытие пресс-формы; 1 — прессовый поршень; 2 — камера прессования; 3 — поршень; 4 — металл; 5 и 6 — половины пресс-формы; 7 — литник; 8 — остаток металла; 9 — отливка

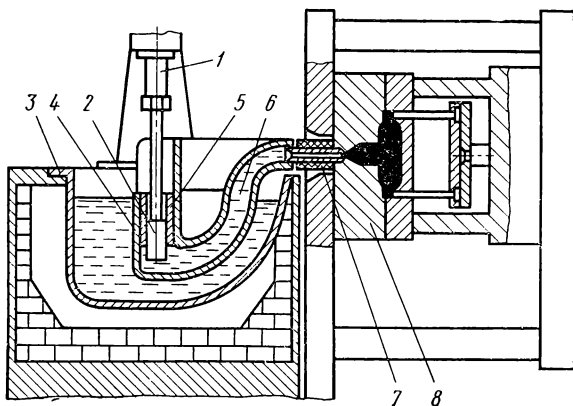


Рис. 20. Схема процесса литья под давлением в машине с горячей камерой прессования:

1 — цилиндр прессования; 2 — прессовый плунжер; 3 — чугунный тигель; 4 — отверстие для поступления металла в прессовый стакан; 5 — прессовый стакан; 6 — металлопровод; 7 — мундштук; 8 — пресс-форма

печи в камеру прессования 2, а затем он прессовым поршнем 1 выдавливается в пресс-форму 5 и 6.

В машинах с горячей камерой прессования (рис. 20) камера прессования находится внутри тигля 3 и окружена расплавленным металлом. Через отверстие 4 порция металла попадает в горячую камеру прессования. Нажатием рычага плунжер 2 движущийся внутри цилиндра прессования 1, опускается вниз и выдавливает жидкий металл через металлопровод 6. Из металлопровода через мундштук 7 металл попадает в металлическую пресс-форму 8 и затвердевает в ней, образуя отливку.

На рис. 21 изображена установка для литья под низким давлением. Это машина компрессорного типа. В ней воздух вводится в тигель 1 с жидким металлом, накры-

тый массивной крышкой 2. Воздух давит на поверхность металла, и под его давлением металл поднимается по опущенному вниз металлопроводу 3 и попадает в литейную форму 4. Когда отливка в форме затвердевает, давление в тигле 1 снижают, открывая клапан 10. Остаток расплавленного металла сливается обратно в тигель. Этот способ литья не требует развитой литниковой системы, и поэтому расход жидкого металла на каждую отливку меньше, чем при других способах литья.

Производительность машин для литья под давлением высокая. Однако этот способ литья целесо-

образно применять в массовом производстве, когда окуцается высокая стоимость изготовления пресс-форм, особенно если отливки имеют сложную конфигурацию.

Пресс-формы изготавливают из дорогих, специальных сортов инструментальной стали. При литье алюминиевых сплавов стойкость пресс-форм достаточно высока — от 50 000 до 200 000 заливок. При литье же медных сплавов пресс-формы выходят из строя быстрее. Они выдерживают от 5000 до 50 000 заливок.

В течение длительного времени литье под давлением применяли только для цветных сплавов со сравнительно невысокой температурой плавления. В настоящее время литейщиками проблема литья под давлением успешно решена и для чугуна, и для стали, и для ряда сплавов с высокой температурой плавления. Уже серийно выпускается несколько моделей машин, способных производить до 40 запрессовок в час стальных отливок массой до 2,8 кг, до 12 запрессовок стальных отливок массой до 13 кг и титановых — до 8 кг.

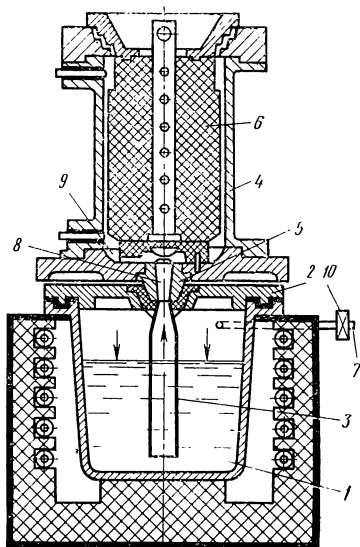


Рис. 21. Установка для литья под низким давлением:

1 — тигель с жидким металлом; 2 — крышка; 3 — металлопровод; 4 — форма; 5 — литниковая втулка; 6 — стержень; 7 — воздухопровод; 8 — литник; 9 — коллектор; 10 — клапан

**Точное литье.** Литье в кокили, имеющие разъем, не всегда обеспечивает получение точной отливки. Хотя обе полуформы стараются тщательно центрировать, получить отливку без «шва», соответствующего плоскости разъема, оказывается делом трудным. Кроме того, в зазор между обеими половинами формы нередко затекает металл и на поверхности отливки образуются ненужные выступы — «заусенцы», которые потом приходится обрубать и стачивать.

Литье по выплавляемым моделям. Избежать всего этого можно лишь отказавшись от применения двух полуформ, имеющих плоскость разъема. Но как тогда удалять из формы модель?

В середине XX века вспомнили о древних способах литья по восковым моделям. И древний способ снова ожил, правда, на современной технической основе.

Вместо дорогого воска и говяжьего жира теперь выплавляемые модели делают из смеси стеарина и парафина. В эти смеси вводят торфяной битум, буроугольный воск, озокерит, канифоль, а также полимеры (полистирол и полиэтилен).

Модель стремятся изготовлять из дешевого и весьма легкоплавкого материала, который при нагревании легко расплавляется, столь же легко вытекает из неразъемной формы, обеспечивая точность размеров и очертаний литейной формы. Получаемые при этом отливки имеют высокую размерную точность и малую шероховатость поверхности.

Схема литья по выплавляемым моделям приведена на рис. 22. Сначала изготовляют модель отливки 1, заливая расплавленный модельный состав в специально приготовленную пресс-форму 2. После затвердевания модельного состава пресс-форму раскрывают и извлекают из нее модели. Модели 3 с питателями собирают в один блок, включающий литниковую систему 4 из того же модельного состава. Затем приступают к изготовлению оболочки на моделях. Весь блок с моделями опускают в сосуд, содержащий сметанообразную суспензию пылевидного кварца и этилсиликата. Этилсиликат — сложное химическое соединение, обладающее вязущими свойствами. Налипший на модели слой суспензии посыпают кварцевым песком и сушат 2—4 ч. Таким же путем наносят следующий слой.

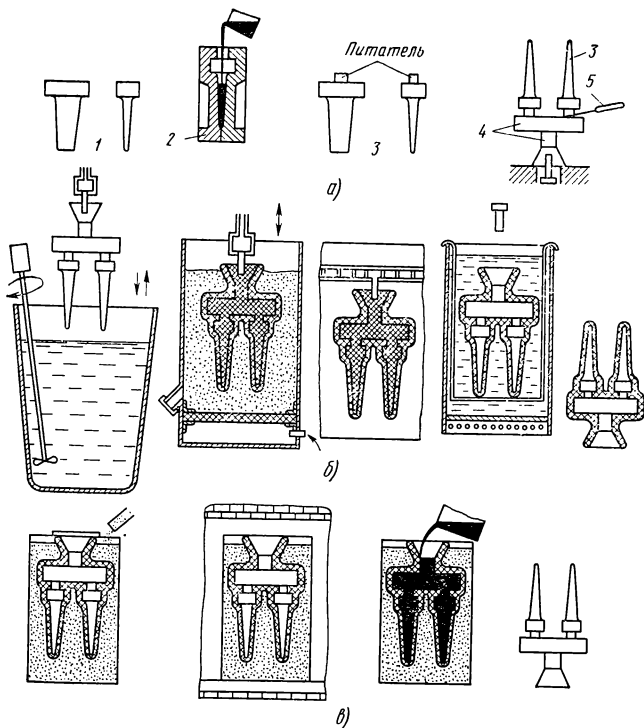


Рис. 22. Схема процесса изготовления отливок по выплавляемым моделям:

*а* — изготовление модели; *б* — изготовление формы; *в* — заливка формы литейным сплавом. 1 — отливка; 2 — пресс-форма для модели; 3 — модель; 4 — модели с литниковой системой; 5 — паяльник

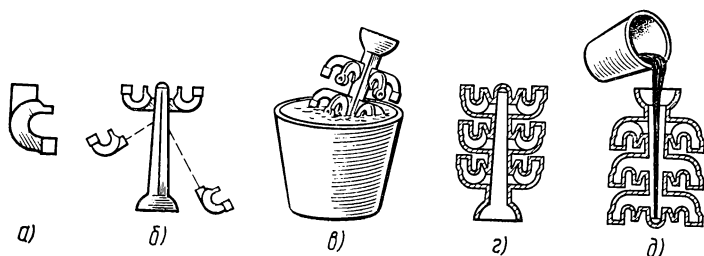


Рис. 23. Схема литья по выплавляемым моделям скобы:

*а* — модель скобы; *б* — составление блока моделей; *в* — нанесение огнеупорной облицовки; *г* — выплавление моделей; *д* — заливка формы металлом

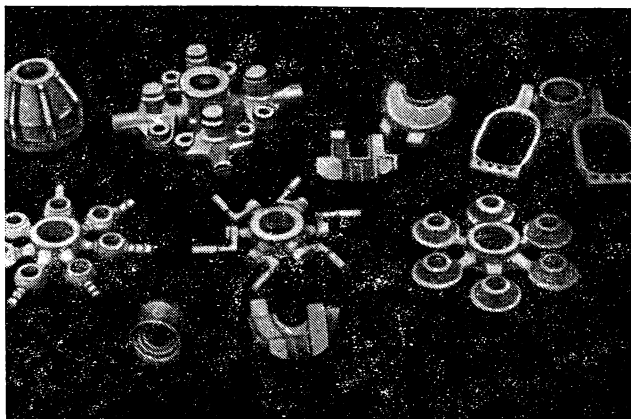


Рис. 24. Выплавляемые модели точных отливок

Так поступают до тех пор, пока не получится оболочка необходимой толщины. После этого формы нагревают до температуры около  $90^{\circ}\text{C}$  и выплавляют модельный состав. Затем неразъемную, точную форму прокаливают при температуре до  $1000^{\circ}\text{C}$  для удаления остатков модели. После этого форма готова к заливке.

На рис. 23 показан процесс изготовления скоб способом выплавляемых моделей.

Такой способ получения отливок дает возможность резко уменьшить обработку отливок резанием, а во многих случаях вовсе устранить последующую механическую обработку.

Литье по выплавляемым моделям пока является самым дорогим. Оно требует специального оборудования для изготовления модельного состава, для запрессовки этого состава в пресс-формы для термической обработки полученных форм.

Этот способ литья чаще всего используют для получения отливок из стали или тугоплавких металлов, не поддающихся обработке резанием. Наиболее широкое применение способ нашел для отливки мелких, но сложных по конфигурации стальных деталей (рис. 24).

Достижения современной химии полимеров привели к созданию еще одного высокопористого материала — пенопласта. Пенопласт — это пористый полистирол. Он

имеет удивительные свойства. Он неимоверно легок, очень хорошо поддается обработке и режется даже нагретой проволокой, быстро склеивается. И ко всему этому он легко загорается.

Из пенопласта стали изготавливать модели для литья. Легкость обработки позволила делать сложные по конфигурации модели, тем более что их можно делать из отдельных частей, которые потом легко склеить.

Но самое ценное заключается в том, что такие модели не нужно вынимать из литейной формы. Их не нужно и выплавлять. При заливке металла они просто сгорают! Сгорая, высвобождают место для жидкого металла, который заполняет образовавшуюся пустоту, то есть полость литейной формы.

С помощью пенополистироловых моделей уже изготавливают отливки массой до 15 т.

Полистироловые модели дают возможность получать мелкие отливки с такой же точностью размеров, как и при литье по выплавляемым моделям.

**Литье в оболочковые формы.** Отливки сравнительно высокой точности можно получить еще одним способом. Металлическую плиту с закрепленной на ней моделью нагревают до 250—300° С и накрывают ею бункер, в котором находится формовочная смесь. Эта смесь состоит из песка и порошковидной смолы — пульвербакелита. Бункер переворачивают на 180° так, чтобы смесь покрыла плиту с моделью. В таком положении бункер выдерживают 15—20 с и снова переворачивают в исходное положение.

Во время выдержки частицы смолы, соприкасаясь с горячей моделью, плавятся и склеивают песчинки между собою. В результате на модели образуется затвердевшая оболочка. Толщина ее регулируется длительностью выдержки смеси на горячей плите. Для небольших отливок изготавливают оболочки толщиной 5—8 мм. При возвращении бункера в исходное положение оболочка остается на модели, а вся остальная формовочная смесь осыпается вниз и используется в дальнейшем для изготовления следующих оболочек (рис. 25).

Оболочки представляют собой полуформы, подлежащие склеиванию. Перед этим их обязательно нагревают в печах с температурой 250—400° С для полной полимеризации связующей смолы и ее окончательного твердения.



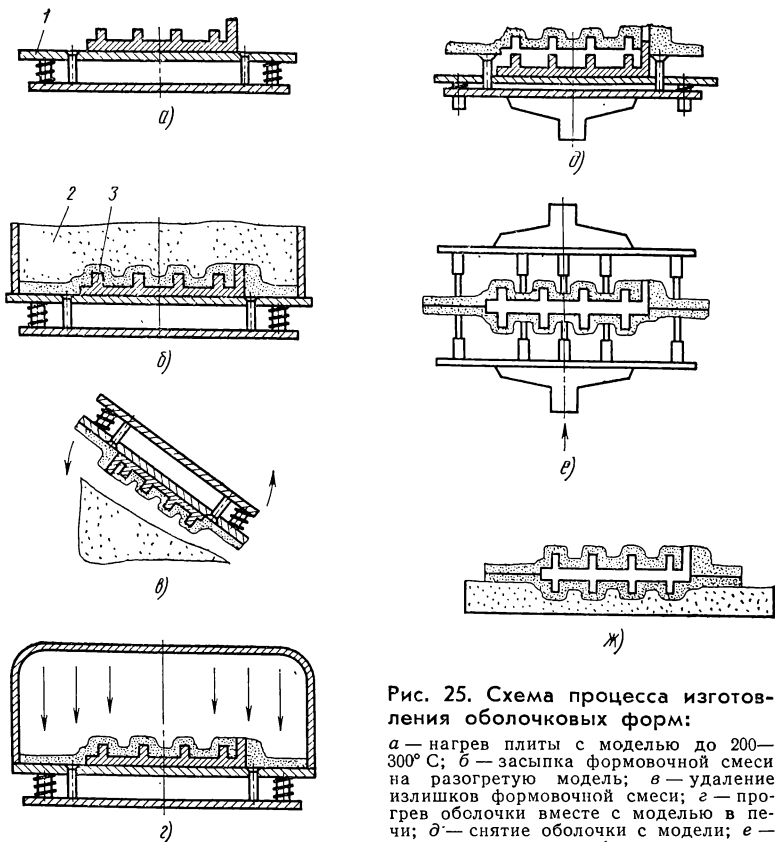


Рис. 25. Схема процесса изготовления оболочковых форм:

*a* — нагрев плиты с моделью до 200—300° С; *б* — засыпка формовочной смеси на разогретую модель; *в* — удаление излишков формовочной смеси; *г* — прогрев оболочки вместе с моделью в печи; *д* — снятие оболочки с модели; *е* — склеивание двух полуформ; *ж* — подача

оболочковой формы под заливку; *1* — металлическая плита с моделью; *2* — формовочная смесь; *3* — модель

С применением оболочковых форм резко уменьшается количество используемой формовочной смеси. Отливки получаются с высокой чистой поверхностью и повышенной точностью размеров.

В оболочковых формах изготавливают отливки массой до 100 кг с размерами сторон до 800 мм.

Недостаток этих литейных форм — высокая стоимость и дефицитность термореактивной смолы — пульвербакелита, а также значительная его газотворная способность, ведущая к загазованности атмосферы в цехах.

## 7. Автоматизация литья

От ручной формовки до автоматических линий. До 30-х годов нашего века в литейных цехах формовка велась вручную. Лишь кое-где применяли первые ручные формовочные машины. Они позволяли механизировать две-три из полутора-двух десятков операций, производимых при формовке. Наряду с ручными формовочными машинами шагом вперед было изготовление модельных плит с закрепленными на них половинами моделей. Появление прессовых, встряхивающих и пескометных формовочных машин было уже революцией в области оборудования литейного производства.

Механизация изготовления литейных форм на этих машинах повлекла за собой и механизацию их транспортировки. При малой производительности литейных цехов в них осуществлялся ступенчатый режим работы, при котором формы изготавливали, собирали, заливали и выбивали на одном и том же месте — на формовочном плацу.

Когда появилась надобность в отливке большого количества однотипных изделий (серийное и массовое производство), литейные цехи стали переходить на параллельный режим работы. Все операции стали производиться одновременно, но в разных местах. Полуформы стали изготавливать на машинах в одном месте, собирать их — в другом, заливать — в третьем и т. д. Таким образом возникла надобность в перемещении форм. Первыми устройствами были горизонтальные формовочные конвейеры, по которым формы механически передвигались с одного участка на другой.

**Автоматы и автоматические линии.** С 50-х годов литейная техника стала развиваться с необычайной быстротой. Появляются первые полуавтоматы, а затем и автоматы, совмещающие операции изготовления формы, ее заливки и выбивки. Создаются раздаточные бункеры для формовочных и стержневых смесей, оснащенные дозаторами, выдающими заданное количество формовочной смеси.

Первые четырехпозиционные автоматы сменяются автоматами карусельного типа, выполняющими полный цикл всех операций.

Создаются автоматические и комплексно-автоматические линии для формовки, заливки и выбивки отли-

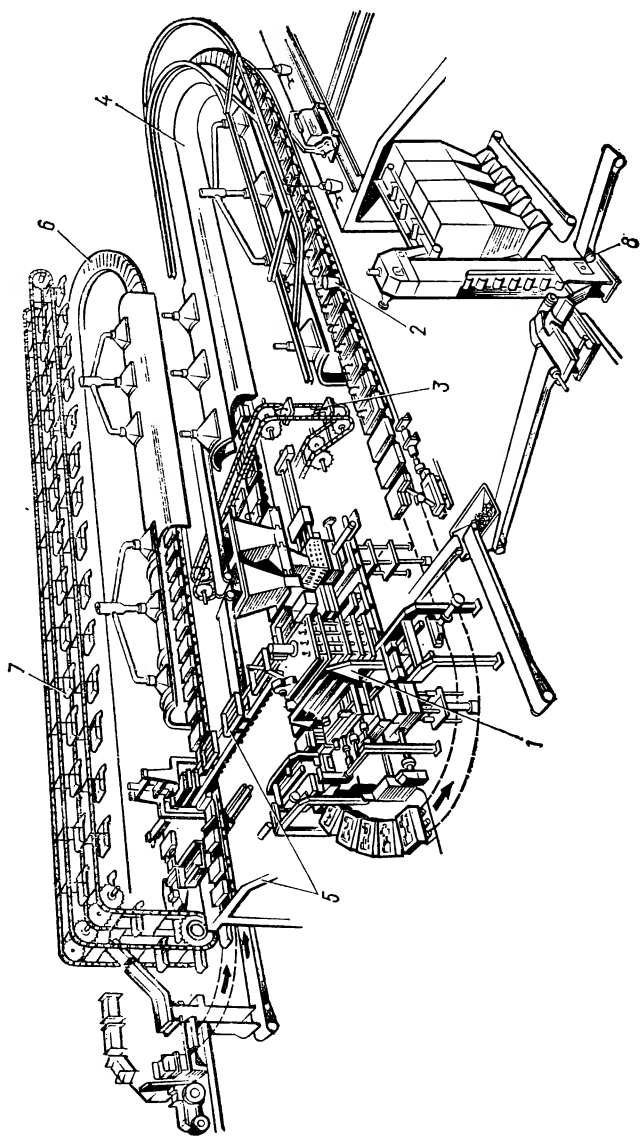


Рис. 26. Комплексная автоматическая линия формовки — заливки-выбивки:

1 — формовочный автомат; 2 — заливочный участок; 3 — грузоуладчик; 4 — охлаждательная вставка ковшей; 5 — конвейер для подачи форм на дополнительное охлаждение и возврата пустых опок; 6 — конвейер дополнительного охлаждения; 7 — вертикально-замкнутый конвейер дополнительного охлаждения отливок; 8 — участок регенерации смеси.

вок (рис. 26). Они заменили тяжелый труд рабочих.

В нашей стране хорошо зарекомендовали себя автоматические линии Научно-исследовательского института тракторного и сельскохозяйственного машиностроения (НИИТракторосельхозмаш) и Всесоюзного научно-исследовательского института литейного машиностроения (ВНИИЛИТмаш) для производства мелких и средних отливок массового и крупносерийного выпуска. При изготовлении более крупных отливок хорошо показали себя автоматические линии завода Сиблитмаш.

**ЭВМ на службе литейного производства.** Производство отливок становится все более сложным. Номенклатура изделий ряда литейных цехов насчитывает более 500 наименований и размеров отливок. А ведь отливки нужно изготавливать в комплекте, разными способами и из различных материалов. Одни нужно модифицировать, другие — нет; одни обязательно легируют, другие — нет. Ряд отливок требует дополнительной термобработки. Даже одно планирование производства становится чрезвычайно трудно осуществить. И тут на помощь литейщикам приходит электронно-вычислительная техника.

Во многих цехах и заводах как у нас, так и за рубежом для управления процессами литья используют электронно-вычислительные машины (ЭВМ).

На ЭВМ в литейном производстве возложены многие разнообразные функции. Они выполняют всю работу по планированию производства отливок в необходимом ассортименте, контролируют температуру в печах, температуру жидкого металла при выпуске и при заливке, следят за составом газов, за анализами металла. Они контролируют расход электроэнергии и регулируют подачу тока к печам. ЭВМ производят расчет шихты, расчет количества добавок. Они регистрируют наличие на складах материалов и указывают избыток или недостаток их против суточной потребности. Кроме этого на ЭВМ возлагаются все расчетно-финансовые операции и учет личного состава.

Выгоды от использования ЭВМ в литейном производстве значительны.

**Научные основы литейного производства.** Тысячелетиями литье считалось мастерством. И в древние времена, и в наше время мастерство литейщиков нередко достигало вершин искусства.

Однако в наш век научно-технической революции мастерства, опыта, практической сметки и интуиции недостаточно. Необходимы твердые знания закономерностей всех явлений, протекающих в плавильных печах, в ковшах, в литейных формах.

Научные основы литейной технологии были заложены еще в прошлом веке выдающимися русскими учеными П. А. Аносовым, применившим впервые в мире микроскоп для изучения металлов и Д. К. Черновым, создавшим начала современного металловедения.

В наше время научные основы металлургии и технологии литья, механизации и автоматизации литейного производства в СССР разрабатываются институтом проблем литья Академии наук УССР, Всесоюзным научно-исследовательским институтом литейного машиностроения (ВНИИЛИТмаш), Научно-исследовательским институтом специальных способов литья (НИИСЛ) в Одессе, Центральным научно-исследовательским институтом технологии машиностроения (ЦНИИТмаш), 50 кафедрами литейного производства вузов и многими другими исследовательскими и конструкторскими учреждениями страны.

# VI. НЕМНОГО О БУДУЩЕМ ЛИТЬЯ

## 1. Цехи и заводы

**Литейные заводы.** До середины XX века литейное производство не считалось самостоятельной отраслью производства. Оно было представлено в СССР более чем пятью тысячами литейных цехов различных заводов.

В 50—60-х годах начали создаваться самостоятельные литейные заводы, способные обеспечивать литьем целый ряд заводов различных министерств, расположенных в данном регионе. Такие заводы получили название «Центролитов». В них широко проводится специализация производственных процессов. Унифицируется литейная оснастка. Управляют такими заводами специалисты-литейщики. Литье в центролитах получается более качественным и менее дорогим, чем в неспециализированных цехах машиностроительных заводов.

В ближайшем будущем многие мелкие, непроизводительные литейные цехи уступят место специализированным литейным заводам. Литейное производство станет самостоятельной отраслью промышленности.

**Литейные цехи.** Старые литейные цехи всегда ассоциируются с представлением о дыме, копоти, пыли, о пышущем жаре, исходящем от залитых литейных форм, о людях, вынужденных копошиться в песке.

Уже сейчас такое представление никак не согласуется с действительностью для всех новых литейных цехов, построенных за последние годы.

Литейные цехи оболочкового литья, литья по выплавляемым моделям, литья под давлением, кокильного и центробежного литья уже сейчас больше похожи на научные лаборатории, чем на старые литейные цехи.

Литейные цехи ближайшего будущего на заводах серийного и массового литья — это просторные залы с чистым воздухом, с десятками «умных» машин, которые все операции по плавке, изготовлению и заливке форм, выбивке и очистке литья будут производить без участия рабочих.

Изменяются и литейные специальности в профессии литейщика: исчезнут смесеприготовители, обрубщики, выбивщики, а в дальнейшем и формовщики и стерженщики.

## 2. Будущее формовки

**Литейные формы.** Литье в сырые песчаные формы в будущем, по-видимому, сохранится только для единичных и очень крупных отливок. Для изготовления же сотен и тысяч однотипных деталей сырые песчаные формы постепенно уступят место кокилям, оболочковым формам и формам с выплавляемыми, сжигаемыми и газифицируемыми моделями. Широкое применение получат специальные способы литья — литье под давлением, центробежное литье, литье всасыванием и выжиманием.

**Самотвердеющие смеси.** Отливку крупных изделий вряд ли возможно будет и в будущем перенести в металлические формы. Расход же формовочных материалов и связующих для них велик. Велики и затраты труда на уплотнение смесей ручными или механическими трамбовками. Большие трудности представляет и сушка таких форм. Поэтому надо полагать, что в ближайшие годы еще более широкое применение получат химически твердеющие и жидкие самотвердеющие смеси (ЖСС).

В качестве связующего в химически твердеющих смесях в основном будут использовать жидкое стекло. После изготовления из такой смеси формы необходимо продуть струей углекислого газа в течение нескольких минут. Под действием газа жидкое стекло быстро твердеет, образуя сравнительно прочный песчаный монолит. Его прочность выше прочности обычных песчаных форм в 2—3 раза.

Еще более широкое применение получают жидкие самотвердеющие формовочные и стержневые смеси, изобретенные А. М. Ляссом и его сотрудниками. Суть изобретения состоит в том, что в формовочную смесь вводят некоторое количество поверхностноактивных веществ, способных образовать стойкую пену. Пена обволакивает песчинки, разделяет их и резко уменьшает их трение друг о друга. Песчинки как бы скользят на микроскопических воздушных подушках. В результате сыпу-

чая смесь приобретает свойства, аналогичные жидкости. Она легко заполняет полость формы, щели, отверстия, через несколько минут твердеет и без всякой сушки превращается в прочный монолит. В качестве поверхностноактивных веществ используют дешевые и недефицитные отходы химической и металлургической промышленности. Созданные в СССР новые жидкие самоотвердеющие смеси вызвали большой интерес у литейщиков всех стран мира. Применение их названо в ряде стран «русской революцией в литейном деле».

#### **От полной механизации к автоматизации формовки.**

В литейном цехе с полной механизацией формовки одна пара формовочных машин в лучшем случае способна выдать 60 форм в час. При этом одна из машин изготавливает верхние, другая — нижние полуформы. Формовкой, выбивкой и очисткой отливок при этом занимаются семь человек. Автоматическая же линия формовки, сборки, заливки и выбивки обслуживается пятью рабочими. Она выдает за один час 240 форм. Каждые 15 секунд на линию поступает очередная форма. Выработка на одного рабочего увеличивается почти в 6 раз!

К концу десятой пятилетки в нашей стране работало уже 100 таких автоматических линий в литейных цехах. Число их будет ежегодно увеличиваться, и в ближайшие годы все отливки массового и серийного производства будут изготавливаться только на автоматических линиях.

### **3. Плавка и транспортировка металла**

**Как будет плавиться металл?** Вагранки уже сейчас в значительной мере заменяют электропечами в литейных цехах и заводах. Эта замена будет продолжаться и в ближайшие годы.

Применение индукционных и электродуговых печей для плавки металлов позволит избежать загрязнений воздушного бассейна городов. Оно избавит литейщиков от необходимости сжигать в вагранках дорогой кокс, позволит выпускать из печей металл с более высокой температурой, даст возможность шире применять процессы модифицирования и легирования металла и тем самым повысить качество отливок.



Кроме индукционных и электродуговых печей находят применение новые, еще более прогрессивные установки. Это установки электрошлакового переплава (ЭШП), плазменные и электронно-лучевые печи, печи плазменно-дугового и вакуумно-дугового переплава и установки для левитационной плавки металлов.

**Литье под слоем шлака.** В 1948 году в Запорожье во время сварки под слоем флюса кожуха доменной печи (при ее ремонте) горение электрической дуги внезапно прекратилось. А приборы показывали, что ток идет и сварка продолжается. Это было совершенно неожиданно. Был сделан вывод о том, что выделяющегося под действием тока джоулева тепла под слоем флюса достаточно, чтобы расплавлять металл. Так был открыт новый способ бездуговой электросварки — электрошлаковый.

Когда же был исследован металл сварного шва, то оказалось, что по качеству он был превосходным — в нем не было пор, рыхлот и трещин, газовых раковин и неметаллических включений.

Тогда и родилась идея: проплавлять под шлаком слиток. Идея оказалась весьма плодотворной. В 1958 году на заводе Днепроспецсталь в Запорожье была пущена в работу первая в мире печь электрошлакового переплава (ЭШП). Затем был построен целый цех ЭШП. Французские, японские, шведские и американские фирмы закупили в СССР лицензии на установки ЭШП.

Но печи ЭШП дают лишь слитки высококачественной стали, которые затем нужно обрабатывать давлением или резанием. А нельзя ли сразу получать таким путем готовые отливки? Ученые института электросварки им. Е. О. Патона решили и эту задачу. Капли растворяющегося металла от расходуемого электрода, пройдя через шлаковую ванну, попадают теперь прямо в кристаллизатор. А кристаллизатору придается форма отливки. Если раньше металл плавился в печи, затем переливался в ковш и после этого заливался в литейную форму, то теперь металл плавится прямо в литейной форме. Отпали операции заливки металла в ковш и в литейную форму.

Металл не входит в контакт ни со стенками ковша, ни с атмосферой. А шлак, через который проходят капли металла, и нагревает металл, и защищает его от

Рис. 27. Схема установки для электрошлакового переплава:

1 — расходуемый электрод; 2 — водоохлаждаемый кристаллизатор; 3 — жидкий шлак; 4 — переплавляемый слиток

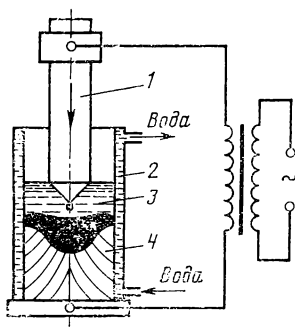
атмосферы, и очищает от вредных примесей, газов и неметаллических включений.

Новый способ литья особенно ценен для отливки крупногабаритных деталей и изделий. Этим способом уже изготовлены корпуса атомных реакторов, сосуды, работающие под высоким давлением, валки прокатных станов, коленчатые валы дизелей. За внедрение этого способа в практику большой группе ученых и инженеров присуждена Государственная премия УССР

Новому способу литья, несомненно, принадлежит большое будущее.

На рис. 27 приведена схема установки для электрошлакового переплава. При подаче тока в установку исходный слиток 1, служащий анодом, расплавляется в слое заранее приготовленного жидкого шлака 3. Этот слиток называют расходным электродом. Капли металла проходят через слой жидкого шлака, находящегося внутри кристаллизатора 2, очищаются от газов и неметаллических включений и попадают на перемещаемый книзу поддон, где затвердевают, образуя слиток 4. Получаемый слиток отличается от исходного высокими механическими свойствами, плотностью, однородностью строения.

**Плазма плавит металл.** Как известно, нагревание веществ ведет к увеличению энергии теплового движения молекул. При нагреве до  $2000^{\circ}\text{C}$  начинает проявляться нарушение молекулярного состояния. Распадаются на атомы многоатомные молекулы. Вблизи  $3000^{\circ}\text{C}$  наблюдается диссоциация уже и двухатомных молекул, происходит и их распад. Когда температура достигает  $4000^{\circ}\text{C}$ , почти все вещества находятся не в молекулярном, а в атомарном состоянии. Выше  $5000^{\circ}\text{C}$  начинается процесс распада атомов на ионы; нарушаются внутриатомные связи. При  $6000\text{--}7000^{\circ}\text{C}$  происходит деформация электронных оболочек атомов, отрыв электронов от атомных ядер. К  $8000^{\circ}\text{C}$  вещества нахо-



дятся уже не только в атомарном, но и, частично, в ионизированном, плазменном, состоянии. Плазма — это ионизированная газовая система.

Плазменная струя газа обладает необычными свойствами. Газы — диэлектрики в плазменном состоянии становятся проводниками электрического тока. В обычном состоянии газы нейтральны, а в ионизированном они обладают уже электрическим зарядом. В плазме наблюдается очень высокая концентрация энергии (до  $100 \text{ кВт/см}^2$ ).

Если плазменную струю сжать, нагреть электрической дугой и направить на поверхность металла, то металл будет плавиться. На этом принципе созданы плазменные горелки. Чем меньше сечение плазменной струи, чем больше плотность тока, сопротивление и мощность установки, тем выше температура, развиваемая плазменной горелкой — плазмотроном. Плазмотроны уже серийно выпускаются как в СССР, так и в США, Японии и ФРГ. Используются они для резки металлов, сварки, наплавки и напыления, а в ряде случаев и для плавки тугоплавких металлов.

В плазменных печах плавят от нескольких килограммов до нескольких тонн металла. На них устанавливают от одного до пяти плазмотронов. В качестве газов используют аргон или азот. На каждый килограмм полученной расплава расходуется  $0,8 \text{ кВт}$ , т. е. примерно столько же, сколько и на дуговой электропечи. Азотная плазма развивает температуру более  $6000^\circ \text{C}$ . Это позволяет получить очень высокий коэффициент полезного действия:  $60\text{—}70\%$  больше, чем у любых других печей.

В плазменных печах возможно получение металла весьма высокого качества. Металл не соприкасается с воздухом и не образует окислов и нитридов. В печи нет графитовых электродов и поэтому не происходит науглероживания расплава. Медная водоохлаждаемая ванна исключает попадание в металл неметаллических включений. Все это обеспечивает высокую пластичность и достаточную прочность металлов, выплавляемых в плазменных печах.

На рис. 28 приведены схемы плазменно-дуговых печей. Печь с огнеупорной футеровкой (рис. 28, а) аналогична обычной электродуговой печи с той разницей, что вместо обычных графитовых электродов через свод

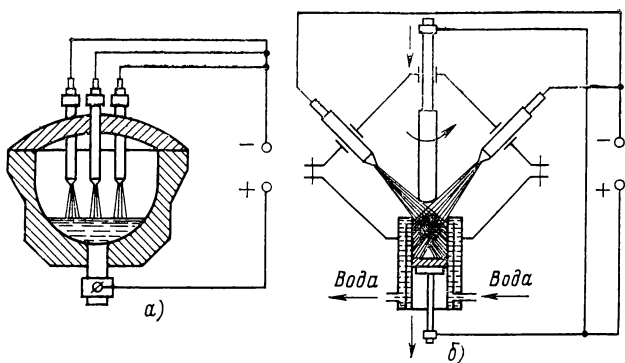


Рис. 28. Схема устройства плазменной дуговой печи:  
 а — с огнеупорной футеровкой; б — с водоохлаждаемым катализатором

печи в ванну вводятся плазменные горелки — плазмоторны. На рис. 28, б показана плазменно-дуговая печь с водоохлаждаемым кристаллизатором, в котором расплавляемый металл затвердевает на поддоне, равномерно опускающемся вниз.

**Плазма плюс высокие частоты.** В институте проблем литья АН УССР при исследовании плазменных процес-

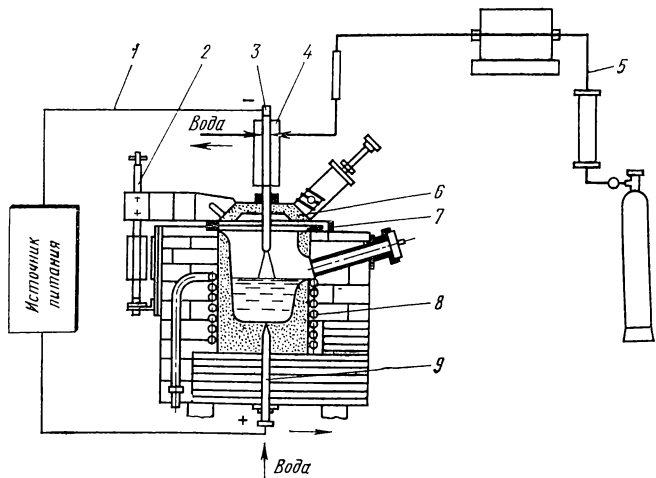


Рис. 29. Схема устройства плазменно-индукционной печи:  
 1 — система электропитания; 2 — крышка; 3 — плазмоторн; 4 — механизм перемещения плазмоторна; 5 — система газоочистки; 6 — плазменная приставка; 7 — уплотнительное устройство; 8 — индукционная печь; 9 — донный водоохлаждаемый анод

сов возникла идея: сочетать возможности плазменного нагрева с преимуществами индукционного. Эта идея реализована в 1970 году на Челябинском электрометаллургическом комбинате.

Первая плазменно-индукционная печь на этом комбинате имела небольшую вместимость — 160 кг и предназначалась для плавки самых различных сплавов. В сущности, это индукционная плавильная печь, снабженная плазменной приставкой 6 (рис. 29). Приставка представляет собой водоохлаждаемую крышку 2, на которой смонтированы плазмотрон 3, механизм 4 его перемещения, дозирочный бункер и термopара. По сравнению с обыкновенной индукционной печью длительность плавки в плазменно-индукционной печи сокращается в 1,5—2 раза. При мощности печи, равной 100 кВт, расход энергии составляет 0,95 кВт·ч на килограмм металла.

**Электроны бомбят металл.** Еще возник любопытный способ плавки металлов — с помощью пушки, стреляющей, однако, не ядрами и не снарядами, а электронами.

Физические исследования показали, что если пучку свободных электронов придать значительное ускорение в электромагнитном поле высокого напряжения и направить этот пучок на металл, то значительное количество кинетической энергии, развиваемой электронами, будет передано частицам металла. Под действием бомбардировки электронами металл будет не только нагреваться, но и плавиться.

В качестве источника энергии используется электронная пушка. Она содержит термокатод, который эмитирует электроны, фокусирующие электроды и магнитную систему фокусирования.

В атмосфере получить плотный, не рассеивающийся поток электронов не удастся, поэтому в электронно-плавильных установках применяется вакуум.

На рис. 30 приведены схемы устройства двух электронно-лучевых плавильных печей. В одной (а) поток электронов испускается кольцевым катодом 2, проходит через фокусирующий экран 3 и попадает на поверхность расплавленного металла, стекающего в водоохлаждаемый кристаллизатор 4. Нарастиваемый на поддоне с затравкой слиток (или отливка) по мере затвердевания перемещаются книзу. В другой схеме (б)

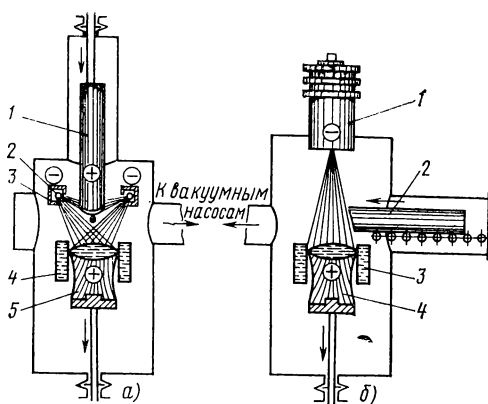


Рис. 30. Схема электроннолучевой плавильной установки:

*а* — с кольцевым катодом; 1 — расходимый электрод; 2 — кольцевой катод; 3 — экран; 4 — водоохлаждаемый кристаллизатор; 5 — наплавляемый слиток; *б* — с аксиальной электронной пушкой; 1 — электронная пушка; 2 — переплавляемый металл; 3 — водоохлаждаемый кристаллизатор; 4 — наплавляемый слиток

поток электронов вылетает из электронной пушки 1, плавит пруток металла 2, капли которого стекают в водоохлаждаемый кристаллизатор 3.

Электронно-лучевые печи используют уже для плавки самых тугоплавких металлов — вольфрама, молибдена, титана, циркония, ниобия, тантала. Плавка в таких печах проходит быстро — за 20—30 мин. За один час такие печи выдают 150—400 кг расплава при мощности 200—1200 кВт.

**Левитационная плавка.** Этот вид плавки представляет особый интерес. Выплавляемый в обычных печах металл соприкасается с футеровкой печи, со шлаком и с атмосферой и взаимодействует с ними. В результате он загрязняется примесями. Чтобы выплавить совершенно чистый металл, нужно устранить контакт его со шлаком, огнеупорами и атмосферой. Как же этого можно добиться? Должен же металл на чем-то лежать, на что-то опираться?

Можно ли сделать так, чтобы сплошной металлический шар оказался парящим в пространстве? Оказывается, да. Если металлический шар поместить между двумя противоположно включенными катушками, по которым течет переменный ток, то при достаточно большой силе отталкивания между токами, индуктируемыми

в шаре, и током в соленоиде, возникает состояние плавки шара в переменном магнитном поле. Шар как бы висит в пространстве между катушками. Если он и сместится в сторону от оси симметрии, то сила отталкивания станет больше и шар возвратится в исходное положение.

Этим обстоятельством и воспользовались металлурги для плавки во взвешенном состоянии чистых металлов, не соприкасающихся ни со стенками тигля или ванны печи, ни со слоем шлака над металлом.

В Ленинграде, в Физико-техническом институте имени академика А. Ф. Иоффе научились отливать шарики сверхчистых металлов. Эти шарики в состоянии невесомости не соприкасаются не только со шлаками и футеровкой, но и с атмосферой печи. Они выплавляются в вакууме.

**Космическая технология.** На земле состояние невесомости достигается с большим трудом. А в космосе оно дается «даром». Естественно, что советских ученых заинтересовала возможность проведения экспериментов по получению чистых металлов в условиях космоса.

В октябре 1969 года советские космонавты В. Кубасов и Г. Шонин на корабле «Союз-6» впервые в мире провели космическую электронно-лучевую сварку, резку металлов и плавку на специализированной исследовательской установке «Вулкан», созданной институтом электросварки им. Е. О. Патона.

Лишь через четыре года американские космонавты повторили опыт советских ученых и космонавтов на своей орбитальной станции «Скайлэб».

В 1975 году во время полета орбитального комплекса «Союз — Аполлон» в универсальной печи была выполнена большая серия экспериментов по получению новых материалов и отработке способов плавки. С тех пор эксперименты по космической технологии являются неизменной частью программ научных исследований во время космических полетов. В 1980 году такие эксперименты были продолжены сначала космонавтами Л. Поповым и В. Рюминым на установке «Кристалл», а затем прибывшими к ним на корабле «Союз-36» В. Кубасовым и Б. Фаркашем.

**Сверхчистые металлы.** Левитационная плавка обеспечивает возможность получения сверхчистых металлов.

Такие металлы нужны для атомной и полупроводниковой техники, а также в химической промышленности для нужд катализа. В машиностроении их используют при изготовлении гафниевых электродов, а эти электроды необходимы при плазменной резке труб. Сверхчистые металлы нужны также при исследовании явлений сверхпроводимости.

Чистым металлам предстоит большое будущее.

**Может ли металл течь вверх?** Оказывается, может. Жидкий металл из печи или тигля можно погнать по трубе и заставить его течь не только вниз, но и по горизонтали. Можно даже заставить его подняться вверх!

Все это можно сделать с металлами, обладающими магнитными свойствами или, по крайней мере, имеющими хорошую электропроводимость. Первую конструкцию индукционного насоса для перекачивания по трубам жидких металлических расплавов с помощью движущегося магнитного поля создал советский изобретатель А. Верте.

Институтом проблем литья АН УССР под руководством В. П. Полищука разработаны и внедрены на нескольких заводах магнитогидродинамические насосы (МГДН), успешно перекачивающие по желобам жидкие алюминиевые и цинковые расплавы. Проведены работы по использованию таких насосов для перекачки жидкого чугуна и такие установки уже работают.

Футеровку желобов и труб делают из обычных огнеупорных материалов. Они не являются проводниками электрического тока, однако это не препятствует созданию магнитного поля в трубах. Сами же насосы устанавливают с внешней стороны.

Институтом проблем литья АН УССР создана также весьма эффективная установка МДН-6. В ней сочетаются индукционный нагрев и расплавление алюминиевых или цинковых сплавов в раздаточной индукционной печи канального типа с электромагнитным насосом. Насос подает жидкий металл из печи по желобам в литейную форму, причем строго дозирует количество подаваемого металла. Такие установки успешно работают на заводах в Киеве, Москве, Запорожье, Конотопе.

**Жидкий чугун в железнодорожных цистернах.** Чугун выплавляют в доменных печах на металлургических заводах. Большая часть чугуна идет на выплавку ста-



ли, а меньшая — предназначена для литья. Но литье осуществляется преимущественно на машиностроительных заводах, а эти заводы бывают расположены далеко от металлургических. Чтобы перевести чугуны с одного завода на другой, его приходится охлаждать, превращать в твердые отливки — чушки. На машиностроительном заводе эти чушки нужно снова расплавлять, для чего в литейных цехах применяют вагранки или электропечи. На повторный переплав затрачивается дефицитный и дорогой кокс или расходуется немало электроэнергии.

Как избежать напрасной потери тепловой или электрической энергии, напрасных затрат человеческого труда, работы плавильных печей?

В 70-х годах этот вопрос был практически решен. Жидкий чугун из доменной печи сливается в передвижной миксер — сосуд, напоминающий железнодорожную цистерну. Миксер изнутри футерован толстым слоем теплоизоляционного и огнеупорного кирпича. Между футеровкой и стенками миксера проложен листовой асбест. Почти полуметровая толщина футеровки позволяет избежать значительных потерь теплоты. За час температура чугуна снижается всего на пять градусов. Миксер расположен на двух железнодорожных платформах. В миксер заливают 150—165 т жидкого чугуна и увозят его по железной дороге на близрасположенные заводы — на расстояние 100—150 км.

#### **4. Как будут очищать отливки**

Поверхность отливок бывает шершавой, на них остаются оплавленные крупинки формовочных материалов (так называемый пригар). Поэтому отливки обычно подвергают еще одной операции — очистке. Очистку столетиями производили вручную — напильниками, зубилами, стеклянной или наждачной бумагой. Потом стали применять станки с наждачными кругами и проволочными щетками; очистные барабаны. Затем появились пескоструйные, гидравлические и гидropескоструйные установки, в которых отливки подвергают обработке струями песка, воды или смеси песка и воды под сильным давлением. Сейчас применяют современные дробеструйные и дробеметные барабаны и камеры, в которых отливка буквально обстреливается стальной или чугунной дробью.

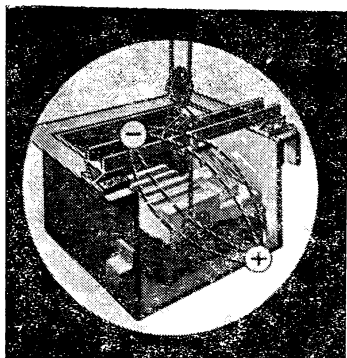


Рис. 31. Установка для электрогидравлической очистки отливок

Не так давно для очистки отливок было применено явление электрогидравлического эффекта. Отливки помещают в ванну с водой (рис. 31). В ванну опускают два электрода и включают их в электрическую цепь. Между электродами возникают электрические разряды. Каждый разряд сопровождается сильным гидравлическим ударом. Давление в результате удара достигает нескольких десятков тысяч атмосфер. Через 5—7 минут из ванны извлекают отливающие серебристым цветом чистые и гладкие отливки.

**Лазерный луч**, направленный в воду, также способен вызвать гидравлический эффект. Однако ударные волны, образующиеся под действием лазерного луча, вызывают давление, измеряемое уже не десятками тысяч, а миллионами атмосфер. Кроме того, лазерный луч может проникнуть в такие узкие щели и полости отливки, куда ввести электроды просто невозможно.

Нет сомнения в том, что в ближайшем будущем прогресс в деле очистки поверхности отливок будет достигнут с помощью лазеров.

## 5. Заводы-автоматы

**Роботы вместо рабочих.** Несколько лет тому назад на выставке «Интерлитмаш — 75» одна из итальянских фирм демонстрировала изготовленный ею первый в литейном производстве робот.

Чудесная машина неизменно привлекала внимание всех посетителей, которые подолгу стояли в специальном павильоне, любуясь работой этого механического литейщика.

Через определенные промежутки времени открывалось выпускное отверстие печи и по желобу в подставленный ковш сливалось заданное количество металла. Робот поворачивался к печи, своими захватами брал

ковш и переносил его к тому месту, где были установлены литейные формы. Дойдя до очередной формы, робот наклонял ковш и содержимое его выливалось в литейную форму. Затем робот возвращал ковш снова к желобу печи.

Во Всесоюзном институте литейного машиностроения — ВНИИЛИТмаше — проектируют в настоящее время различные типы роботов (манипуляторов) для литейных цехов.

Роботы призваны заменить тяжелый физический труд рабочего.

В XI пятилетке первые советские работы будут уже трудиться в нашем литейном производстве.

**Завод-автомат.** Первые шаги по устранению тяжелого физического ручного труда в литейном производстве обеспечила механизация труда. От механизации мы успешно переходим к автоматизации отдельных процессов литья. При автоматизации машины и механизмы не только выполняют ту работу, которую раньше приходилось выполнять вручную, но и управляют сами собою.

Десятки различных процессов в современных литейных уже автоматизированы. Но впереди еще более сложная и важная задача — создать полностью автоматизированные предприятия.

Рассмотрим, например, как работает завод-автомат, изготавливающий литые алюминиевые поршни для автомобильных двигателей. Его продукция — литые алюминиевые поршни для автомобильных двигателей. Все без исключения операции по плавке, заливке кокилей и обработке готовых отливок на этом заводе автоматизированы.

Только укладка алюминиевых чушек на транспортер перед загрузкой в печь выполнялась вручную. На эту операцию затрачивалось 4—5 минут в течение часа.

Через определенные промежутки времени загрузочная дверка плавильной печи автоматически открывается и в печь с транспортера толкателем сталкивается очередная чушка алюминиевого сплава. Дверка автоматически закрывается. Уровень жидкого металла в печи поддерживается постоянным. Через определенные промежутки времени автоматически на несколько секунд поднимается металлическая игла, закрывающая выход расплава из дозатора. Из него в литейную фор-

му выдается необходимое количество жидкого металла.

Формы установлены на поддоне карусельной машины. Их шесть. Они расположены вокруг оси вращения этой машины. Машина вращается, перемещая формы с одной позиции на другую. В то время как в одну форму металл заливается, в другой, уже залитой, отливка остывает, в третьей производится разъем кокиля и выталкивание готовой отливки, на четвертой — происходит продувка кокиля и его очистка, на пятой — установка стержней и на шестой — закрытие кокиля. Готовая отливка попадает на транспортер, оттуда на станок-автомат, отрезающий литники и прибыли.

Отливки по конвейеру передаются в печь для термообработки. Потом они проходят механическую обработку и автоматический контроль размеров, а также контроль наличия внешних и внутренних дефектов. Годные отливки поступают на склад, где производится их автоматическая упаковка. На заводе работают только диспетчеры, наладчики и инструментальщики — всего 10 человек в смену.

Можно ожидать, что для деталей массового производства такие заводы-автоматы станут в ближайшем будущем обычным явлением.

## 6. Новые способы литья

**Непрерывное литье.** Во всех ранее описанных способах литья процесс получения отливок является прерывистым. Металл заливается в форму и остывает в ней. Затем форма раскрывается и затвердевшая отливка извлекается из нее. Песчано-глинистая форма служит один раз, и на этом ее «жизнь» заканчивается: форма разрушается. Кокили служат многократно, и поэтому после извлечения отливки форма очищается, смазывается, обе половинки формы скрепляются, в форму вставляются стержни — и процесс начинается сначала.

А нельзя ли сделать так, чтобы одна и та же форма служила непрерывно? Чтобы с одной стороны в форму заливался жидкий металл, а с другой — из формы выходила готовая отливка?

Такой способ литья, называемый непрерывным, показан на рис. 32. Из ковша 1 жидкий металл равномерной струей подается в металлическую форму — кристаллизатор 2. Кристаллизатор непрерывно охлаждает

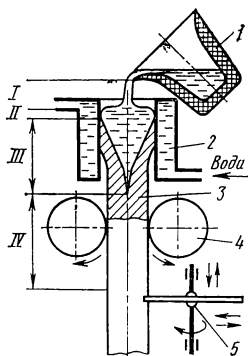


Рис. 32. Схема непрерывного литья:

1 — ковш; 2 — кристаллизатор; 3 — затвердевающий слиток; 4 — валки, вытягивающие металл из кристаллизатора; 5 — пила для резки заготовок.

Стадии охлаждения металла:

I — заполнение кристаллизатора металлом; II — отвод теплоты перегрева; III — отвод теплоты кристаллизации; IV — охлаждение затвердевшей отливки

ся проточной водой, и поэтому жидкий металл, соприкасаясь со стенками кристаллизатора, сразу же затвердевает. Затвердевший металл 3 подхватывается валками 4, которые смещают получаемую отливку вниз. Заготовка может служить слитком для дальнейшей прокатки, ей по сечению можно придавать различную форму — круглую, квадратную, фасонную. В нижней части установки показано режущее устройство — пила 5, которая разрезает полученную заготовку на куски нужной длины.

Этот способ позволяет получать отливки практически неограниченной длины, легко поддается автоматизации. Сначала его применяли для алюминиевого литья, потом — медного, стального и чугуна. При непрерывной заливке резко повышается выход годного металла, намного улучшается качество поверхности отливки, снижается трудоемкость.

Непрерывная отливка стальных слитков — это крупное советское изобретение. Лицензии на его применение куплены у СССР многими странами мира.

В настоящее время разрабатываются установки, позволяющие непрерывным способом литья получать пустотелые слитки, полые стальные заготовки.

**Штамповка жидкого металла.** В постановлениях партии и правительства значительное внимание уделяется вопросу развития безотходных процессов в промышленности. Многие способы литья не являются безотходными. Значительное количество металла теряется в литейной форме на литниковую систему. Непрерывное литье приближает нас к решению этого вопроса. Но непрерывным способом можно получать лишь профильные заготовки и изделия, имеющие одинаковое сечение на различных участках по длине.

При обработке металлов давлением наиболее экономичным является способ штамповки изделий, но и здесь

Рис. 33. Штамповка жидкого металла:

*a* — схема заполнения формы; *b* — эскиз отливки; 1 — матрица; 2 — пуансон; 3 — жидкий металл; 4 — отливка; 5 — излишек металла

немало металла теряется на обрезки, облой, на потери при раскросе листового металла.

И вот возникает идея: а что если соединить воедино два различных способа: литья и штамповки? Залив в штамп мерное количество металла, можно отштамповать изделие действительно безотходным методом.

Схема процесса изготовления детали штамповкой жидкого металла показана на рис. 33.

Штампы для штамповки жидкого металла, состоящие из пуансона и матрицы, стоят дорого и оправдывают себя пока только в массовом производстве.

Высокое давление, применяемое при жидкой штамповке, позволяет резко улучшить механические свойства изделий за счет уплотнения металла, удаления газов, получения мелкокристаллической структуры.

**Бесслитковая прокатка.** Сваренную в печи сталь обычно заливают в изложницы, где она затвердевает, образуя многотонные слитки. Затем холодные слитки помещают в нагревательные колодцы и доводят их до температуры прокатки (1200—1280°C). После этого раскаленные слитки подвергают деформации в прокатных станах.

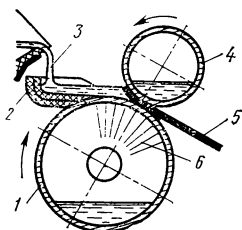
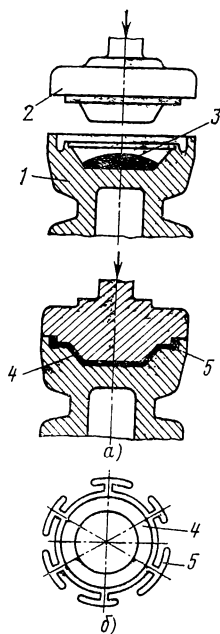


Рис. 34. Схема бесслитковой, или жидкой, прокатки путем намораживания металла в валках:

1 — нижний валок, охлаждаемый изнутри водой; 2 — сливной желоб; 3 — струя металла; 4 — верхний валок; 5 — прокатанный металл; 6 — охлаждающая вода

А нельзя ли сразу жидкий металл заливать в металлоприемник так, чтобы он тут же затвердевал и сразу же прокатывался на нужный профиль?

На рис. 34 показана схема такого устройства для бесслитковой прокатки. Жидкий металл из ковша струей 3 заливается в сливной желоб 2, откуда попадает в зазор между двумя вращающимися валками. Как верхний валок 4, так и нижний валок 1 охлаждаются изнутри водой. Попадая в зазор между двумя валками, жидкий металл мгновенно намораживается.

Валки под давлением деформируют металл и выталкивают наружу готовую полосу, ленту или лист. Применим этот способ только для тонкостенных изделий. Этим способом получают тонкий кровельный лист из чугуна с толщиной до 1 мм.

Ныне новые литейно-прокатные станы уже работают в заводских цехах. На некоторых алюминиевых заводах из жидкого металла прокатывается алюминиевый лист толщиной 3—8 мм при ширине листа 1000—1600 мм. Каждая тонна листа, полученного таким способом, оказалась дешевле обычного на 34 рубля!

Теперь перед металлургами стоит задача усовершенствования литейно-прокатных станов для получения готовых профильных изделий из меди и стали.

Литейно-прокатные станы должны получить в ближайшем будущем широкое распространение.

**Получение многослойных отливок.** Коррозионно-стойкая (нержавеющая) сталь значительно дороже обычной. Представьте многотонную отливку, которая должна работать в агрессивной среде. Целесообразно ли всю отливку делать из нержавеющей стали? Ведь корродировать будет только ее поверхностный слой! Возникает идея: а нельзя ли отлить такое изделие двухслойным? Чтобы наружный слой был изготовлен из нержавеющей стали, а сердцевина — из обычной стали.

Много убытков приносят, например, металлургам прокатные валки, так как они быстро изнашиваются. С поверхности они должны быть весьма твердыми, малоизнашивающимися. Если весь валок сделать из твердого металла, то он станет хрупким и при обжатии может разломиться. Значит, валки нельзя делать целиком из твердого металла. Когда валки отливают из чугуна, то стараются обеспечить их быстрое охлаждение на поверхности. Это приводит к «отбеливанию» чугу-

на. В отбеленном чугунае углерод образует с железом твердое химическое соединение — карбид железа. Отбеленные с поверхности валки меньше изнашиваются, а мягкая сердцевина их препятствует поломкам.

Так обстоит дело с чугунными валками. А как быть, если нужны стальные валки? Опять возникает идея: отливать их из двух различных по свойствам слоев.

Отливка биметалла (двухслойного металла) и создание многослойной отливки — одна из проблем, решение которой ожидается в ближайшем будущем.

**Литье вакуумным всасыванием.** Еще один оригинальный способ литья получает распространение в связи с развитием вакуумной техники. Это способ литья с помощью всасывания расплавленного металла из печи в кристаллизатор, представляющий собой литейную форму (рис. 35). Установка состоит из печи 2, кристаллизатора 1, охлаждаемого водой, и вакуумного насоса 4.

Литьем всасыванием можно быстро получить большое число отливок, имеющих цилиндрическую или трубчатую форму, прямоугольное сечение.

**Литье выжиманием.** Представим себе литейную форму, состоящую из двух половинок, соединенных общим шарниром (рис. 36). На внутренней поверхности половинок нанесен рельеф, отвечающий поверхности отливки. В разомкнутом состоянии (1) внутрь половинок формы заливается металл. Половинки формы смыка-

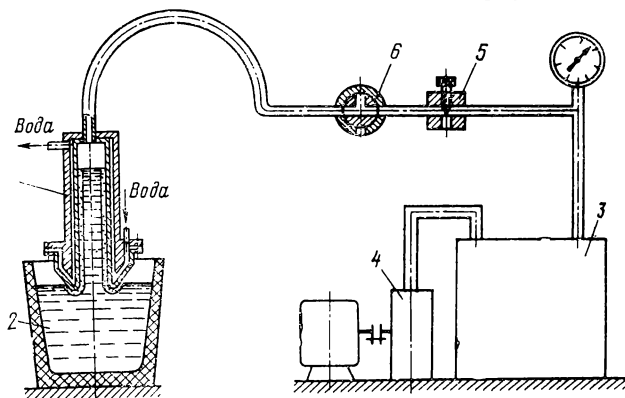


Рис. 35. Схема литья вакуумным всасыванием:

1 — кристаллизатор; 2 — печь; 3 — вакуумный ресивер; 4 — вакуумный насос; 5 — натекаль; 6 — распределительный кран



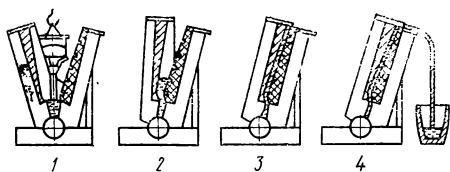


Рис. 36. Схема выжиманием:

1 — заливка металла; 2 и 3 — постепенное смыкание полуформ; 4 — слив избыточного металла

ются (2 и 3) и избыточный металл выливается наружу (4). Способ прост и удобен, особенно для деталей пластинчатой формы.

**Литейное производство в XI пятилетке.** В решениях XXV и XXVI съездов КПСС большое внимание уделяется литейному производству, как основной заготовительной базе машиностроения.

От литейного производства зависит развитие всех отраслей машиностроения, а само по себе литейное производство, в свою очередь, зависит от развития литейного машиностроения.

За годы X пятилетки выпуск литейного оборудования в СССР значительно возрос. Освоено производство автоматических линий формовки, заливки и выбивки отливок. Созданы комплекты современного смесеприготовительного оборудования. Выпускаются новые автоматы и полуавтоматы для изготовления стержней в горячей и холодной оснастке.

Освоен выпуск целой гаммы машин для литья под давлением и других специальных способов литья. Существенно возрос уровень автоматизации литейного оборудования. Появились первые автоматические манипуляторы (роботы).

На XI пятилетку запланирован выпуск еще более высокопроизводительного литейного оборудования. Литейные предприятия получат за пятилетие много тысяч литейных автоматов и полуавтоматов, комплектов автоматических линий, роботов с программным управлением.

Новые, удобные и более надежные в эксплуатации машины помогут увеличить производительность труда в литейном производстве в 1,5—2 раза, повысить качество отливок.

## VII. ПРОФЕССИИ ЛИТЕЙЩИКОВ

### 1. Рабочие профессии в литейном производстве

Людей, занимающихся литьем, называют литейщиками. Литейщик — это профессия в самом широком смысле. Однако современное производство в связи с разделением труда вызвало к жизни десятки литейных профессий. Среди них профессии специфически литейные, не встречающиеся в других производствах, и такие, которые можно встретить и на предприятиях других отраслей.

Из специфически литейных рабочих профессий можно назвать такие: смесеприготовитель, шихтовщик, вагранщик, плавильщик, шлаковщик, заливщик, ковшевой, модельщик, формовщик, стерженщик, выбивщик, обрубщик.

К более универсальным профессиям рабочих литейных цехов относятся водители электрокаров и автопогрузчиков, крановщики, электрики, слесари, станочники, наладчики, механики, термисты, пирометристы, огнеупорщики, контролеры.

**Смесеприготовители.** Рабочие этой специальности занимаются приготовлением формовочных смесей, а также смесей для изготовления стержней. Смеси готовят из песка, глины, смол или других связующих и различных добавок. Смеси увлажняют водой, причем настолько, чтобы они не теряли пластичности (не разваливались при уплотнении), но и не растекались.

В старых литейных цехах смеси готовили вручную — лопатами. В современных литейных цехах смесеприготовители лишь обслуживают целый комплекс машин и механизмов: транспортеров, дозаторов, грохотов, смесителей, бегунов, разрыхлителей, азраторов.

**Шихтовщики.** Комплекс материалов, загружаемых в печь для плавки, называется шихтой, а сами материалы называются шихтовыми. Шихтовщики занимаются подбором нужных материалов в заданной пропорции, заботятся о том, чтобы материалы имели определенные размеры, не были сырыми. Сыпучие материалы не долж-

ны содержать пыль и зерна слишком мелких фракций. Их необходимо предварительно просеивать. Все материалы должны быть точно взвешены.

Современные шихтовые отделения цехов оборудуются мостовыми кранами с грейферами и магнитными шайбами, чушколомателями, грохотами, копровыми установками, эстакадами с железнодорожными путями, бункерами с дозаторами и передвижными вагон-весами.

**Вагранщики, плавильщики и сталевары.** Люди этих «огненных» профессий управляют процессом плавки чугуна, стали или цветных сплавов в плавильных агрегатах литейных цехов. Это, как правило, люди высокой квалификации, знающие суть физико-химических процессов, протекающих в печах, разбирающиеся в химических анализах металла, показаниях контрольно-измерительных приборов.

**Заливщики и ковшевые.** Эти рабочие готовят литейные ковши к плавке, следят за наполнением ковшей металлом. Транспортируют ковш с металлом к месту заливки и заполняют жидким металлом литейные формы.

**Формовщики.** Наряду с плавильщиками формовщики представляют группу рабочих высшей квалификации. Они должны уметь приготовить литейную форму для отливок любой сложности.

Формовщики ручной формовки выполняют все без исключения операции приготовления литейных форм из песчано-смоляных смесей.

Формовщики машинной формовки теперь более похожи на операторов, так как почти все операции по изготовлению литейных форм производятся на формовочных автоматах или полуавтоматах.

**Стерженщики.** Рабочие этой специальности занимаются изготовлением стержней. Работа по изготовлению стержней — одна из наименее физически трудных в литейном производстве.

Стержни изготавливают путем набивки стержневой смеси в разъемные стержневые ящики. После изготовления стержни обязательно сушат. Раньше стержни изготавливали вручную. Теперь литейные цехи оборудованы стержневыми машинами и автоматами.

**Модельщики.** Эти рабочие изготавливают как простые, так и сложные модели для будущих отливок. Самая первая модель делается, обычно, из дерева, и поэтому

модельщик — это, прежде всего, высокой квалификации столяр. Он должен хорошо разбираться в чертежах, работать ручным столярным инструментом, обрабатывать заготовки на деревообделочных станках. Он должен хорошо знать свойства разных пород древесины, уметь надежно склеивать отдельные части модели.

Модельщики по металлическим моделям должны быть высококвалифицированными слесарями.

Модельщики — это высокооплачиваемая группа рабочих литейных цехов.

**Выбивщики и обрубщики.** Выбивщики выполняют работу по раскрытию (распаровке) литейных форм, извлечению из форм отливок. Обрубщики отделяют от отливок литники, прибыли, выпоры. Они же ведут работы по очистке отливок.

В современных литейных все эти тяжелые работы выполняются на машинах: распаровщиках опок, выбивных решетках, на обдирочных и наждачных станках. Очистка литья производится в очистных барабанах, в гидropескоструйных и гидравлических камерах, в дробеструйных барабанах и в дробеметных камерах, а также в электрогидравлических установках.

## 2. Какими знаниями и качествами должны обладать работники литейных цехов

Смесеприготовители, обслуживая целый комплекс механизмов и машин, должны быть знакомы с механикой и электротехникой.

**Шихтовщики** также должны быть знакомы с механикой и электротехникой. Работая с крановым оборудованием и транспортировкой опасных грузов, шихтовщики должны быть внимательны, осторожны, обладать хорошим здоровьем и крепкой закалкой.

**Вагранщики, сталевары и плавильщики** должны иметь элементарные знания по физике, химии и теплотехнике, а также по общей металлургии. Они должны быть физически выносливыми к резким изменениям температуры, выдержанными, наблюдательными. От них, как и от водителей автомашин, требуется быстрота реакции и мгновенное принятие решений.

**Заливщики и ковшевые** также должны иметь элементарные знания по физике, химии, теплотехнике, а также по металлосведению.

Заливщики должны иметь хорошее зрение, у них должен быть развит глазомер и хорошее восприятие цвета. Заливщиками должны быть люди физически крепкие и выносливые.

**Формовщики и стерженщики** должны знать основы литейного дела, требования, предъявляемые к формовочным и стержневым смесям, разбираться в результатах испытаний смесей, знать режимы сушки форм и охлаждения отливок.

Люди этой профессии должны обладать хорошим глазомером, пространственным воображением, хорошей координацией движений, наблюдательностью и сообразительностью.

**Модельщики** должны знать элементарную математику, черчение, физику и основы литейного производства. Они должны уметь пользоваться измерительными инструментами и работать на станках.

Модельщики должны обладать пространственным воображением, быть весьма внимательными, аккуратными и точными.

**Выбивщики и обрубщики** должны хорошо знать устройство и работу всех выбивных и очистных машин, а значит, и элементы механики и электротехники.

Выбивщиками и обрубщиками обычно работают люди сильные, выносливые. Они должны быть внимательными и обладать хорошей реакцией.

### **3. Профессии, вызывающие почет и уважение**

В нашей стране любая профессия почетна. С самого начала существования советского государства люди труда были окружены вниманием и заботой государства. Любой полезный для общества труд почетен, будь это труд пекаря или сталевара, повара или врача.

Не столь важно, над чем ты трудишься, сколь важно, как ты трудишься. И если ты отдаешь своему делу весь жар своей души, то дело у тебя будет спориться, ты постигнешь все трудности, все «тайны» своей профессии и получишь заслуженное уважение окружающих тебя людей.

Все профессии поэтому почетны и в любой можно проявить себя наилучшим образом. Но есть все же профессии более или менее трудные. Есть профессии, в которых могут хорошо проявить себя лишь люди целеустремленные, вслепые, выносливые, сообразительные, решительные, не способные отступить перед первыми трудностями. Именно такими и являются профессии «огненных дел мастеров» — металлургов и литейщиков. Вот почему эти профессии окружены в нашей стране особым вниманием и заботой.

Вряд ли можно найти хоть один состав делегатов съездов партии, хоть один состав Центрального Комитета нашей партии, хоть один состав Верховного Совета СССР и Верховных Советов республик, в которых не нашлось бы знатных литейщиков и металлургов.

Передовые литейщики и металлурги постоянно избираются в состав всесоюзного и республиканских советов профессиональных союзов. Проявившие себя молодые литейщики и металлурги избираются членами Центрального Комитета Коммунистического союза молодежи.

А сколько литейщиков было награждено Ленинскими и Государственными премиями СССР и отдельных республик! Большому отряду передовых литейщиков в разное время было присуждено самое почетное звание — Героя Социалистического Труда. Орденами и медалями СССР награждены тысячи лучших представителей этой славной профессии.

Ленинскими премиями были отмечены коллективы ученых, инженеров и рабочих, разработавших и внедривших в производство новые способы литья, новые способы изготовления литейных форм и стержней.

Почетное звание «заслуженный работник культуры СССР», например, присвоено одному из старейших мастеров художественного литья В. В. Лукьянову. Более 500 художественных отливок выполнил он для Третьяковской галереи. Это он воплощал в металл творения советских скульпторов В. И. Мухиной, М. Г. Манизера, Е. В. Вучетича, С. Т. Коненкова, Н. А. Андреева, А. С. Голубкиной. Его руками созданы памятники В. И. Ленину, М. Горькому, Л. Н. Толстому, А. С. Грибоедову, М. В. Ломоносову, П. И. Чайковскому, С. П. Королеву. Это Лукьяновым отлита знаменитая скульптура Е. В. Вучетича «Перекуем мечи на

орала», установленная в Нью-Йорке перед зданием Организации Объединенных Наций. Литейщик В. В. Лукьянов был принят в члены Союза художников СССР.

Лауреат Ленинской премии Н. Н. Смеляков в прошлом был руководителем литейного цеха Горьковского завода «Красное Сормово». В нашей стране Н. Н. Смеляков известен не только как специалист-литейщик, имеющий труды по конструированию и технологичности литых деталей, и не только как государственный деятель, но и как автор двух весьма популярных книг «Деловая Америка» и «С чего начинается Родина». Эти книги — продукт наблюдений и размышлений автора над вопросами организации и экономики капиталистической и социалистической индустрии и, в частности, литейного производства.

Не будет лишним напомнить и о том, что космонавт № 1 — Юрий Гагарин с отличием окончил в 1951 году ремесленное училище и получил свою первую квалификацию литейщика-формовщика.

В городе Жданове установлен первый в стране памятник сталевару Макару Мазая. Сын красноармейца, зарубленного белогвардейцами в 1919 году, Макар Мазай в 30-х годах высоко поднял знамя социалистического соревнования. Он добился небывало высоких съемов стали с одного квадратного метра площади пода мартеновских печей.

Не успев эвакуироваться, Макар Мазай попал в руки фашистов. Его хотели заставить пустить печь и работать на немцев. Но человек, варивший сталь, сам оказался крепче стали. Мазая пытали, но сломить его волю гитлеровцам так и не удалось. Замученного Макара Мазая фашисты расстреляли. В память о подвиге сталевара его именем названа улица и на ней установлен литой памятник герою.

#### 4. Льготы для литейщиков

Учитывая более тяжелые условия труда в литейных цехах (по сравнению с другими цехами машиностроительных заводов) правительством установлен для работников литейного производства ряд льгот.

Работникам литейных цехов устанавливается более высокая (чем в других цехах завода) заработная пла-

та. Литейщики ежегодно получают дополнительный отпуск. Им отдается предпочтение в получении жилой площади или улучшении жилищных условий.

Работники литейных цехов пользуются первоочередным правом на получение путевок в санатории и дома отдыха.

Пенсионный возраст для литейщиков снижен против обычного: для формовщиков на 5 лет, для плавильщиков медных сплавов — на 10 лет.

Все рабочие литейных цехов бесплатно обеспечиваются спецодеждой. Всем им бесплатно выдается и спецпитание.

При поступлении в вузы и техникумы на литейные специальности также устанавливаются льготы. Подробно о них написано ниже.



## VIII. ПОДГОТОВКА КАДРОВ ДЛЯ ЛИТЕЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА

### 1. Подготовка рабочих кадров

**Формы подготовки.** Стать квалифицированным рабочим-литейщиком можно, конечно, пройдя на заводе форму бригадного ученичества. Однако высокий уровень современного развития литейного производства требует не только от инженеров и техников, но и от рабочих определенных знаний. Поэтому у нас в стране организована специальная подготовка квалифицированных рабочих — литейщиков — с неполным или полным средним образованием.

Закончившие 8 классов средней школы юноши и девушки в возрасте от 15 лет могут поступить в профессиональные технические училища (ПТУ). Зачисление в ПТУ производится на основе конкурса оценок успеваемости в школе. Однако детям инвалидов Великой Отечественной войны (I и II групп), воспитанникам детских домов, сиротам, демобилизованным из Советской Армии и направленным в училища предприятиями отдается предпочтение при зачислении в училища. Таким же правом пользуются дети работающих на базовых предприятиях.

Закончившие полную среднюю школу и имеющие аттестат о среднем образовании могут поступить в технические училища (ТУ).

**Забота об учащихся.** Государство берет на себя заботу о предоставлении молодежи среднего образования и высокой квалификации. Обучаются в ПТУ и ТУ бесплатно. Учащиеся ПТУ обеспечиваются питанием, спецодеждой и обмундированием или стипендией. Стипендия выплачивается в размере 30—37 рублей в месяц, а отличникам — на 25% больше.

В технических училищах воспитанники детских домов, круглые сироты и дети инвалидов Великой Отечественной войны (I и II групп) получают бесплатное питание, обмундирование и спецодежду.

Кроме того, учащиеся получают денежные выплаты за работы, выполненные ими в процессе обучения в мастерских училища или в цехах заводов.

Окончившим средние ПТУ после экзаменов выдается диплом о среднем образовании. Им также присваивается рабочий разряд.

Отличники, закончившие ПТУ и ТУ, получают диплом с отличием. Этот диплом дает право преимущественного выбора места будущей работы при распределении.

Получившие диплом с отличием приравниваются к медалистам средних школ. Они могут быть приняты без экзаменов в технические вузы на остродефицитные специальности, к которым и относится специальность литейщика.

**Специальности.** В ПТУ и ТУ производится подготовка рабочих-литейщиков по таким специальностям: модельщики по деревянным моделям, модельщики по металлическим моделям, формовщики ручной формовки, формовщики художественного литья, формовщики машинной формовки, стерженщики, наладчики формовочных и стержневых машин.

Списки и адреса ПТУ и ТУ, готовящих рабочие кадры для литейного производства, публикуются в справочниках для поступающих в профессионально-технические учебные заведения.

## 2. Подготовка техников-литейщиков

Обучение техников по литейному производству производится в ряде машиностроительных, механических и металлургических техникумов.

На дневные отделения техникумов принимаются юноши и девушки в возрасте до 30 лет. На вечерние и заочные отделения ограничений в возрасте нет.

Для поступления в техникум нужно иметь либо законченное среднее образование, либо восьмилетнее образование.

При техникумах также созданы платные подготовительные четырех- и восьмимесячные курсы.

Лица, поступающие на учебу в техникумы по литейной специальности, пользуются рядом льгот.

Без вступительных экзаменов зачисляются медалисты и отличники ПТУ и ТУ, а также награжденные после окончания восьмилетней школы похвальными грамотами и грамотой «За особые успехи в изучении от-

дельных предметов», если по этим предметам установлены вступительные экзамены:

Без экзаменов зачисляются уволенные в запас офицеры, прапорщики и мичманы Вооруженных Сил СССР.

Предпочтение при зачислении отдается лицам, имеющим двухлетний стаж практической работы, и лицам, направленным в техникумы предприятиями и организациями.

Учащиеся техникумов обеспечиваются стипендией. Минимальный ее размер — 30 рублей в месяц. Поступившие в техникум по направлению получают стипендию на 15% большую, чем остальные. Отличникам размер стипендии повышается на 25%. Для особо отличившихся учащихся установлена Ленинская стипендия в размере 75 рублей в месяц.

В процессе обучения учащиеся техникумов выполняют до трех курсовых проектов, проходят на заводах производственную практику, выполняют дипломный проект и защищают его перед государственной экзаменационной комиссией.

Окончившие техникум распределяются на места будущей работы, где обязаны проработать в течение 3 лет. Получившие же диплом с отличием могут непосредственно продолжать учебу в вузах без обязательной отработки на заводах в течение 3 лет.

Списки и адреса техникумов, готовящих специалистов по литейному производству, приводятся в ежегодно издающихся «Справочниках для поступающих в средние специальные учебные заведения СССР».

### 3. Подготовка инженеров-литейщиков

**Что должны знать инженеры литейного производства?** Литейное производство — разносторонняя, многогранная отрасль промышленности. Поэтому инженеры и техники-литейщики должны обладать широкими познаниями в различных областях науки.

Чтобы изготовить металл или сплав необходимых качеств, литейщик должен быть прежде всего металлургом. Чтобы изготовить надежную литейную форму — он должен быть хорошим технологом. Чтобы управлять многочисленными машинами и автоматами — он дол-

жен быть знающим механиком, электронщиком, автоматчиком. Чтобы обеспечить наиболее высокую производительность труда и наименьшую себестоимость литья — он должен быть еще и хорошим экономистом. Чтобы не останавливаться на достигнутом, а создавать новые, более прогрессивные процессы, он должен еще быть и исследователем. Чтобы успешно руководить коллективом людей, уметь их увлечь и повести за собой — он должен обладать способностями организатора, вожака.

Вот сколько разнообразных требований предъявляется к инженерам-литейщикам!

Поэтому в вузах учебный план строится на принципе подготовки специалистов широкого профиля. Будущие инженеры должны быть вооружены марксистско-ленинским мировоззрением, уметь хорошо чертить и знать математику, физику, химию, гидравлику, теплотехнику, электротехнику, электронику и автоматизацию. Они изучают широкий цикл дисциплин механического профиля: теоретическую механику, теорию механизмов и машин, сопротивление материалов, детали машин, грузоподъемные устройства. Знание этих дисциплин позволяет им успешно освоить специальные курсы оборудования, электроники, автоматизации и проектирования литейных цехов и заводов.

Знание математики, физики, химии, теплотехники и химической термодинамики дает возможность усвоить специальные курсы металлургического цикла: теорию металлургических процессов, литейные сплавы, плавку литейных сплавов, печи и сушила.

Знание основ тех же дисциплин необходимо для усвоения специальных дисциплин технологического цикла: формовочные материалы и их испытания, литейная форма, формирование отливок в литейной форме, специальные способы литья, контроль литейного производства.

В процессе учебы студенты проходят несколько производственных практик непосредственно в цехах завода и выполняют ряд лабораторных и исследовательских работ. Кроме того, они работают над курсовыми проектами по ряду дисциплин, а после окончания теоретической учебы направляются на преддипломную практику, выполняют дипломный проект и защищают его перед Государственной экзаменационной комиссией.

**Направление молодых специалистов на работу.** Госплан дает министерствам план распределения молодых специалистов в целом по отрасли. На основе этих планов производится распределение оканчивающих вузы по местам будущей работы. В течение трех лет каждый молодой специалист обязан трудиться на том предприятии, куда он направляется комиссией по распределению молодых специалистов. Право выбора места будущей работы предоставляется в первую очередь тем выпускникам, которые имеют лучшую успеваемость за все годы обучения.

**Кем будут работать молодые специалисты-литейщики.** На какие же должности направляются молодые специалисты-литейщики?

В литейных цехах они работают мастерами смен или участков, старшими мастерами, начальниками смен и участков, технологами, диспетчерами, старшими инженерами, начальниками плановых бюро и отделов технического контроля цеха, заместителями начальника цеха и начальниками цехов.

В заводууправлении они работают в должности инженеров и старших инженеров отделов, руководителями групп в производственном отделе, в отделах главного металлурга, главного технолога, главного механика и главного энергетика, в бюро по изобретательству и рационализации (БРИЗ) и в бюро по научно-технической информации (БТИ), главными специалистами завода, заместителями главного инженера и директора завода, главными инженерами и директорами заводов.

Выпускники вузов направляются также в центральные заводские лаборатории (ЦЗЛ), в специальные конструкторские бюро (СКБ) и в научно-исследовательские институты (НИИ), где работают в должностях инженеров-исследователей, конструкторов, технологов, руководителей групп, младших и старших научных сотрудников, руководителей секторов и отделов, главных инженеров проектов, НИИ, СКБ и начальников (директоров) их.

Проявившие способности к научной деятельности выпускники вузов оставляются при кафедрах и работают инженерами-лаборантами, инженерами кафедр, инженерами научно-исследовательского сектора вуза (НИС), младшими и старшими научными сотрудниками, заведующими лабораториями, ассистентами, стар-

шими преподавателями, а затем и доцентами, и профессорами.

**Подготовка инженеров-литейщиков в вузах.** Подготовка инженеров-литейщиков в нашей стране ведется в металлургических, машиностроительных и политехнических вузах.

Инженеры-литейщики обучаются в вузах по двум специальностям: инженеры-механики по литейному производству и инженеры-металлурги по литейному производству.

Всего в СССР насчитывается свыше 50 кафедр литейного производства в вузах страны: 29 из них выпускают инженеров-механиков по литейному производству, остальные — инженеров-металлургов по литейному производству.

С перечнем вузов, готовящих инженеров-литейщиков, и с их адресами можно ознакомиться по справочникам для поступающих в высшие и средние специальные учебные заведения. Такие справочники ежегодно издаются и поступают в широкую продажу во все книжные магазины и киоски.

#### **4. Льготы для литейщиков при поступлении в институт**

Специальность литейщика отнесена в СССР к категории острodefицитной. Поэтому для поступления на учебу в вузы по этой специальности с 1980 года установлены особые льготы.

Юноши и девушки, закончившие школы с золотой и серебряной медалью, а также выпускники техникумов, ТУ и ПТУ, получившие дипломы с отличием, могут зачисляться на специальность литейного производства без всяких вступительных экзаменов. При поступлении на другие (не острodefицитные) специальности они должны сдавать один экзамен и зачисляются в вуз только в том случае, если сдадут этот экзамен на «отлично».

Для облегчения поступления в институты в них организованы подготовительные отделения и подготовительные курсы.

На подготовительные отделения зачисляются молодые люди в возрасте до 35 лет, получившие направление от предприятий, колхозов или от воинских частей. Занятия на подготовительном отделении ведутся 8 ме-

сяцев, Все слушатели подготовительного отделения получают такую же стипендию, как и студенты первого курса.

Слушатели подготовительного отделения сдают лишь выпускные экзамены и при положительных оценках они без вступительных экзаменов зачисляются в вуз вне конкурса.

Кроме подготовительных отделений при вузах созданы платные восьмимесячные, четырехмесячные и одномесячные подготовительные курсы.

Уволенные в запас из рядов Советской Армии, а также лица, имеющие двухлетний практический стаж работы и успешно сдавшие вступительные экзамены, зачисляются в вуз вне конкурса.

Всем зачисленным на первый курс институтов начисляется стипендия. После сдачи первой экзаменационной сессии отличникам выплачивается повышенная стипендия (на 25% больше обычной). Для отличников, совмещающих хорошую учебу с активной общественной работой, установлены Ленинские стипендии в размере 100 рублей в месяц.

Повышенную стипендию получают также те студенты, которые были приняты в институт по направлениям предприятий и колхозов. По окончании института эти лица распределению не подлежат. Они должны возвратиться на свое предприятие и отработать там не менее трех лет.

На вечернее и заочное отделения вузов правила приема такие же, как и на дневное. Отпадает только ограничение возраста поступающего на учебу.

## ЧТО ЧИТАТЬ О ЛИТЕЙНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ?

Рубцов Н. Н. История литейного производства в СССР. М.: Машгиз, 1962.

Петриченко А. М. Книга о литье. Киев: Техніка, 1972.

Дорошенко С. П., Зинкович П. А. О литейщиках. Киев, Радянська школа, 1976.

Гинер П. Г. Тайны огненной страны. Днепропетровск: Промінь, 1972.

Пешкин И. С. Покорение железа. М.: Металлургия, 1964.

Валентинов А. А. Что нового в Старом Осколе. М.: Металлургия, 1979.

Мезенин Н. Занимательно о железе. М.: Металлургия, 1972.

Павловский Б. В. Каслинский чугунный павильон. Свердловск, Средне-Уральское книжное издательство, 1979.

# СОДЕРЖАНИЕ

I. ПРОФЕССИИ И СУДЬБЫ	
1. Героизм берет истоки не из профессии	3
2. Каким быть?	8
3. Об одной из увлекательнейших профессий	11
II. ЧТО ТАКОЕ ЛИТЬЕ?	
1. Оглянитесь вокруг	12
2. Выдающиеся произведения искусства	13
3. Отливки у нас дома	19
4. От сверлильного станка до космического корабля	20
5. Так что же такое литье?	24
6. Как придать металлу нужную форму	25
7. Из чего же делают отливки?	29
III. ФУНДАМЕНТ ЦИВИЛИЗАЦИИ	
1. Металлы в семье элементов	30
2. Чем металлы отличаются от неметаллов	31
3. Металлы в земной коре	32
4. Главный металл эпохи	34
5. Металлы в океане	34
6. Растения — разведчики руд	36
7. Сколько в мире производят металлов?	36
8. Из истории железа	38
9. Тайны прошлого раскрывают находки	40
10. Железо из космоса	44
11. Нераскрытые тайны	45
IV. ЛИТЬЕ В ПРОШЛОМ	
1. Как была изготовлена первая отливка	47
2. Как развивалось литейное производство	49
3. Литье в петровскую эпоху	53
4. Русские колокола	55
5. Мастера «великих стрельб»	60
6. Нерусские заводы на русской земле	64
V. ЛИТЬЕ — СЕГОДНЯ	
1. Уровень производства	66
2. Литейная технология	68
3. Плавка	72
4. Формовка	79
5. Чугун необычайной прочности	82
6. Многообразны способы литья	86
7. Автоматизация литья	97



## VI. НЕМНОГО О БУДУЩЕМ ЛИТЬЯ

1. Цехи и заводы	101
2. Будущее формовки	102
3. Плавка и транспортировка металла	103
4. Как будут очищать отливки	112
5. Заводы-автоматы	113
6. Новые способы литья	115

## VII. ПРОФЕССИИ ЛИТЕЙЩИКОВ

1. Рабочие профессии в литейном производстве	121
2. Какими знаниями и качествами должны обладать работники литейных цехов	123
3. Профессии, вызывающие почет и уважение	124
4. Льготы для литейщиков	126

## VIII. ПОДГОТОВКА КАДРОВ ДЛЯ ЛИТЕЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА

1. Подготовка рабочих кадров	128
2. Подготовка техников-литейщиков	129
3. Подготовка инженеров-литейщиков	130
4. Льготы для литейщиков при поступлении в институт	133
Что читать о литейном производстве?	134

ИБ 3395

Леонид Павлович Владимиров

### ЧТО ТАКОЕ ЛИТЬЕ?

Редактор *Н. С. Степанченко*  
Художественный редактор *Ю. Г. Ворончихин*  
Технический редактор *Н. М. Михайлова*  
Корректор *И. М. Борейша*  
Обложка художника *Л. С. Вендрова*

---

Сдано в набор 08.06.81. Подписано в печать 14.09.81. Т-23647. Формат 84×108<sup>1</sup>/<sub>32</sub>. Бумага типографская № 2. Гарнитура литературная. Печать высокая. Усл. печ. л. 7,14. Уч.-изд. л. 7,6. Тираж 40 000 экз. Заказ 812. Цена 25 к.

---

Издательство «Машиностроение», 101076, Москва, Стромьинский пер., 4

---

Московская типография № 32  
Союзполиграфпрома при Государственном комитете СССР по делам издательств полиграфии и книжной торговли.  
Москва, 103051, Цветной бульвар, 26.



25 коп.

**КЕМ БЫТЬ ?!**



«МАШИНОСТРОЕНИЕ»