

11 коп.

Индекс 70067

НОВОЕ  
В ЖИЗНИ, НАУКЕ,  
ТЕХНИКЕ

ЗНАНИЕ

с/з 11 кв 4  
Ковалева

4/1975

СЕРИЯ  
ТЕХНИКА

В. Ф. Зотов  
О ПРОКАТЕ



Зотов В. Ф.

3-88 О прокате. М., «Знание», 1975.

64 с. (Новое в жизни, науке, технике. Серия «Техника», 4. Издается ежемесячно с 1961 г.)

В брошюре рассказывается о производстве проката, рассмотрены его роль и место в народном хозяйстве, проанализированы технологические и экономические аспекты применения тех или иных видов проката: заготовок, листа, жести, гнутых и биметаллических профилей и т. п. Кроме того, описаны новые перспективные процессы: прокатка-волочение, прокатка в вакууме и инертных средах.

Материал рассчитан на читателя, который интересуется различными аспектами научно-технической революции.

31000

6П4.2

## Предисловие

Металл называют фундаментом индустрии. От того, какое количество металла накоплено страной, т. е. каков ее «металлический фонд», можно судить о ее промышленном развитии. В СССР этот фонд бурно растет; в период 1951—1970 гг. объем увеличился более чем в 4 раза. По отношению к мировому фонду его доля повысилась с 8,3 до 15,4%. К концу 1975 г. в СССР он достигнет почти 1200 млн. т.

Основные компоненты металлического фонда — прокат, стальное и чугунное литье. Процент прокатной продукции в структуре потребления становится все выше. Так, например, в 1965 г. было выпущено 61,7 млн. т проката, что составило 75,8% от общего объема потребления металлопродукции, а в 1970 г. — 80,6 млн. т и 78,2% соответственно. В 1973 г. выпуск готового проката в нашей стране достиг 91,4 млн. т, т. е. по сравнению с 1970 г. его прирост составил 10,8 млн. т, а за 9 месяцев 1974 г. выпущено готового проката 70,3 млн. т. Производство и потребление проката на душу населения в промышленно развитых странах достигло в среднем 500 кг.

Прокатные изделия — листы и полосы, различные сортовые профили и трубы — стали основным исходным продуктом в машиностроении, строительстве и других отраслях народного хозяйства. Теперь во всех развитых странах около  $\frac{4}{5}$  производимой стали перерабатывается в прокат. Благодаря непрерывности, большой производительности и возможности получения изделий широкого сортамента и высокого качества из всех способов обработки металлов плавлением прокатка получила наибольшее распространение.

На данном историческом этапе о направленности

развития экономики страны можно судить по структуре потребления металлопродукции. Потребление готового проката в народном хозяйстве определяется имеющимися ресурсами. Так, в СССР увеличился спрос на прогрессивные виды проката. Промышленности в первую очередь требуется листовая конструкционная горяче- и холоднокатаная сталь, листовая нержавеющая, трансформаторная и тонколистовая сталь. Это объясняется быстрыми темпами развития машиностроения — основного ее потребителя.

В девятой пятилетке производство листовой стали (особенно тонколистовой) увеличится до 42—45% от общего выпуска проката, а доля сортового проката в общем выпуске прокатной продукции из черных металлов должна снизиться с 62% в 1970 г. до 58% в 1975 г. Однако по абсолютной величине производство и потребление сортового проката также увеличится. Рассчитанная потребность народного хозяйства в сортовом прокате на 1975 г. составляет 60,7 млн. т. Увеличивается выпуск балок и швеллеров, рельс, мелкосортной стали, катанки и особенно конструкционной сортовой стали крупных, средних и мелких размеров.

Технический прогресс в производстве проката — это и разработка новых технологических процессов получения более широкого и рационального сортамента прокатной продукции высокого качества; и соответственно создание высокопроизводительных прокатных станов различного назначения, снабженных средствами механизации и автоматизации; и интенсификация технологических режимов, усовершенствование конструкций действующих станов. Внутри технологии отрасли можно выделить следующие основные направления:

- внедрение непрерывного процесса прокатки;
- повышение веса исходной заготовки (слитка);
- повышение скорости прокатки;
- создание поточных линий, объединяющих прокатные и отделочные операции;
- применение комплексной механизации и автоматизации процессов прокатки с использованием ЭВМ.

Поскольку в тексте встречаются специальные термины, мы считаем нужным дать читателю некоторые пояснения.

Основа всякого прокатного стана — рабочая клеть. В зависимости от количества и расположения валков

в ней клетки бывают: двухвалковые (дуо); трехвалковые (трио); четырехвалковые (кварто); многовалковые; универсальные с горизонтальным и вертикальным расположением валков.

Клетки могут быть реверсивными, т. е. такими, в которых валки вращаются в обе стороны, а металл в них «задается» с обеих сторон; и неререверсивные — в этом случае валки вращаются в одну сторону, металл задается с одной стороны.

В зависимости от расположения рабочих клеток прокатные станы разделяются на одноклетевые, линейные, последовательные, полунепрерывные и непрерывные. В одноклетевых, как явствует из названия, — одна рабочая клеть. К станам этого типа относятся блюминги, слябинги, толстолистовые станы. Станы с последовательным расположением двух клеток носят название «тандем». В последовательных станах полоса в каждой клетке проходит только один раз.

Полунепрерывные станы состоят из непрерывной группы клеток и линейной, или последовательной. В непрерывной группе прокатываемая полоса находится одновременно в нескольких клетях. На этом принципе основана работа непрерывных станов, которые могут состоять из нескольких непрерывных групп клеток.

Обжимные, сортовые и листовые станы обозначаются по диаметру и длине бочки валков. Основной параметр обжимных и сортовых станов — диаметр валков, для сортовых станов — это диаметр валков последней чистовой клетки. Например, блюминг 1300 — диаметр рабочих валков 1300 мм; непрерывно-заготовительный стан 900/700/500 — стан из трех непрерывных групп клеток, а цифры обозначают диаметр валков последней клетки каждой группы; стан 300 — диаметр рабочих валков чистовой клетки 300 мм. Для листовых станов основной параметр — длина бочки валков. Например, стан 1700 — длина бочки валка равна 1700 мм.

Настоящая брошюра заканчивает рассказ о прокате, начатый в вышедших в издательстве «Знание» работах А. И. Целикова «Прокатные станы — настоящее и будущее» и Е. С. Калининкова «Черная металлургия: реальность и тенденции». Основная ее задача — показать прокатное производство на всех технологических стадиях, начиная с нагрева металла, а именно: технологическое производство заготовок листа и жести,

сорта, биметаллов, проката с покрытиями, гнутых профилей. Кроме того, рассматриваются новый процесс, который в настоящее время внедряется в производство — прокатка-волочение, а также прокатка в вакууме и инертных средах, которые в предыдущих работах не рассматривались.

Таким образом, ознакомившись с тремя брошюрами, читатель получит полную информацию о состоянии этой очень важной отрасли народного хозяйства.

## Сортамент прокатной продукции

Под сортаментом прокатной продукции обычно понимают перечень наименований профилей, содержащий сведения об основных их размерах и технических характеристиках. Прокат из металлов и сплавов делят на следующие группы: простой сортовой, фасонный, листовой и прочий специальный. Такое деление обусловлено составом и технической характеристикой основного оборудования прокатных станков (сортопрокатных, листопрокатных и т. д.), технологическими условиями производства, а также геометрической формой и промышленным назначением готового проката. Сортамент устанавливается исходя из требований многочисленных потребителей — предприятий всех отраслей народного хозяйства страны.

Сортамент — одно из важнейших служебных (потребительских) свойств проката, позволяющее потребителю использовать металл непосредственно в том состоянии, в котором он поставлен и с минимальными дополнительными изменениями при последующей пластической деформации или обработке резанием.

Если в процессе производства и применения прокат используется наиболее эффективно при максимальной экономии средств, в этом случае можно говорить о рациональном сортаменте прокатной продукции. Наиболее развитые в техническом отношении страны — СССР, США, Япония, ФРГ, Англия, Франция — имеют довольно широкий сортамент проката общего и специального назначения. В последнее время заметна тенденция к еще большему его расширению.

В нашей стране постоянно проводится работа по обновлению сортамента, чему способствует повышение

технического уровня прокатного производства — ввод в эксплуатацию современных высокопроизводительных станков, планомерная реконструкция действующих агрегатов, внедрение прогрессивных технологических процессов прокатки. Так, сортамент сортового проката только за период с 1960 по 1971 г. обновлен на 40% и расширен в 1,5 раза.

Другая закономерность — увеличение доли производимого листового проката. В 60-е годы его доля в общем объеме производства постоянно повышалась и превысила в некоторых странах 50%, что объясняется быстрым ростом капитального строительства, автомобильной, авиационной, электротехнической, консервной и других отраслей промышленности. В конце 60-х — начале 70-х годов доля листового проката составляла в СССР около 38%, во Франции — 47, ФРГ — 49, Англии — 54—55, Японии — 60—62 и США 62—68%.

Отечественный сортамент листового проката включает в себя в настоящее время более 1000 профилируемых примерно из 800 марок сталей и сплавов. Увеличение его доли в общем выпуске намечено и в дальнейшем. Более широкое его применение намного улучшит коэффициент использования металла, который в машиностроении и металлообработке составляет лишь около 0,75%, а в судостроении — около 0,85%.

Но одним листовым прокатом дело не ограничивается. Необходимо отметить тонкий лист, в том числе и холоднокатаный. В СССР доля тонкого листа в общем выпуске листовой продукции 50%, а в США и Японии 80—85%. Согласно Директивам XXIV сессии КПСС при росте производства проката за 1971—1975 гг. на 25—31% выпуск листа увеличится на 40—45%, в том числе производство холоднокатаного листа возрастет в 1,7 раза, холоднокатаной электротехнической стали в 2,7 раза.

Анализ структуры сортамента проката показывает, что как в СССР, так и во многих зарубежных странах наиболее массовым видом прокатной продукции в послевоенный период были сортовые профили. Так, в начале 70-х годов в общем выпуске сортового проката крупносортовая сталь составила 22,7%, среднесортная — 10,2, мелкосортная — 18,5, а неподразделяемая по размерам катанка и сортовая конструкционная сталь — соответственно 19,1 и 29,5%. Наибольшим спросом поль-

зуются средне- и мелкосортные профили, а также катанка круглой проволоки, их широко внедряют в отечественное машиностроение и строительство: только здесь сохранилась тенденция к увеличению производства — доля всех остальных видов профильного проката (железнодорожные рельсы, обычные балки и швеллеры, простые средне- и крупносортные профили) уменьшилась в общем объеме выпуска.

Прогрессивная тенденция — повышение доли катанки идущей на волочение (в настоящее время примерно 70%). По расчетам экономистов использование тянутой проволоки вместо катанки снижает расход металла на 30—70%.

В зарубежном сортопрокатном производстве также значительно вырос выпуск катанки: в конце 60-х годов ее доля в общем объеме производства сортового проката составила в США 6%, в Японии — 8%, в Англии и ФРГ — 10%, во Франции — 13%; расширился сортамент катаных и сварных широкополочных балок; вместе с тем снизилось количество выпускаемых железнодорожных рельсов, простых сортовых профилей и пр.

Расширение сортамента происходит прежде всего благодаря освоению производства новых экономических профилей, таких, как горячекатаные тонкостенные фасонные (угловая сталь, швеллеры, двутавровые балки и др.), широкополочные горячекатаные и сварные двутавровые балки, холоднокатаные простые и фасонные сортовые профили высокой точности и профили в малотоннажных партиях, специальные фасонные профили с периодическими поперечными сечениями, а также сортовые высокой прочности.

Последнее десятилетие в нашей стране ежегодно в среднем осваивается 60 сортовых профилей. Так, в 1970 г. было освоено 64, в 1971 г. — 59, а в 1973 г. — 73 горячекатаных фасонных профиля.

В настоящее время металлургия СССР производит 4800 разновидностей и размеров проката. Около половины — специальные фасонные профили для машиностроения, транспорта, строительства и других отраслей народного хозяйства. Однако бурно развивающаяся промышленность непрерывно требует новых и новых высококачественных и экономических видов проката.

В период 1971—1975 гг. в нашей стране будет внедрено в практику 500 профилеразмеров новых фасонных

профилей сортопрокатного производства. Уже за первые два года освоено 122 профиля. Причем общий объем их производства превысил 6 млн. т. Это позволило сэкономить в народном хозяйстве свыше 760 тыс. т металла. А всего благодаря выпуску новых экономических профилей, листового и сортового проката с минусовыми допусками и увеличения выплавки низколегированных марок стали потребители сберегают более 1,8 млн. т металла в год.

Кроме того, в девятой пятилетке осваивается производство следующих видов проката:

биметаллического, с плакирующим слоем из цветных металлов и нержавеющей сталей;

стальной полосы, покрытой пластиком (металлопласт) и хромированной (безоловянкой) жести, а также алюминированного листового проката;

термомеханически упрочненного листового проката толщиной до 20 мм и сортового диаметром до 32 мм (временное сопротивление до 200—250 кгс/мм<sup>2</sup>), каждый из которых дает в среднем 20% экономии металла.

Прогрессивные изменения в структуре сортамента черных металлов дадут возможность сберечь в народном хозяйстве в 1975 г. около 8 млн. т металла и получить экономический эффект около 1 млрд. руб.

Как обеспечить производство проката, отвечающего повышенным требованиям? Как расширить сортамент и увеличить выпуск новых экономических видов продукции? В девятой пятилетке мы строим и вводим в действие новые прокатные станы и цехи, в числе которых — первый в стране стан по производству широкополочных балок высотой до 1000 мм и шириной полок 420 мм на Нижне-Тагильском металлургическом комбинате; непрерывный стан 450 на Западно-Сибирском металлургическом комбинате: он позволяет прокатывать тонкостенные профили, а также балки и швеллеры с прямыми полками; цех нержавеющей листовой стали на Челябинском металлургическом заводе — резко возрастут возможности производства тонкой нержавеющей стали различных марок; цех жести на Карагандинском металлургическом комбинате для производства электротехнической луженой, хромированной и алюминированной жести и др. За прошедшие годы девятой пятилетки введены в строй цех холодной прокатки на Верх-Исетском заводе для производства трансформаторной ста-

ли; комбинированный сортовой стан 500/350 на Златоустовском металлургическом заводе, толстолистовой стан 3600 на заводе «Азовсталь», цехи по производству различного рода гнутых профилей и др.

## Нагрев металла перед прокаткой

В технологии производства проката исключительную роль играет нагрев металла. От нагрева в большой степени зависит качество готового проката, производительность прокатных станов, расход энергии и материала, стойкость оборудования и другие показатели работы прокатных цехов. Правильно выбранная технология нагрева в сочетании с правильным режимом пластической деформации и охлаждения металла в значительной степени улучшает все характеристики готового проката.

Нагрев металла перед прокаткой повышает его пластичность, снижает сопротивление деформации, улучшает физико-механические и физико-химические свойства. Однако в обычных атмосферных условиях поверхность многих металлов и сплавов под воздействием высоких температур окисляется. Чем продолжительнее нагрев и выше температура, тем больше угар металла. В металлургическом производстве безвозвратно теряется из-за окалины в среднем около 4% металла. Одновременно в процессе нагрева выгорает углерод. В результате на глубине 1—1,5 мм от поверхности изменяется химический состав металлов, снижаются их механические и коррозионные свойства. Удаление окисленного и обезуглероженного слоев требует больших затрат и времени. Короче, при производстве отдельных видов продукции в отходы идет огромное количество металла, в некоторых случаях 25—30%.

Стоимость нагревательных печей не превышает 5—6% стоимости всего прокатного комплекса, затраты на нагрев перед прокаткой—2,02—3,5% себестоимости готового проката. Очевидно, что рационально увеличивать размер капитальных вложений в совершенствование нагревательных устройств.

В настоящее время развитие процессов нагрева идет как в направлении улучшения его средств и способов, так и направлении разработки новых методов, позволя-

ющих повысить и качество нагрева металла, и производительность самих устройств.

Уменьшение окалинообразования и безуглероживания — важнейшее направление повышения качества металлургической продукции. Существует несколько путей уменьшения окалинообразования и обезуглероживания металла, один из которых — сокращение длительности нагрева. Так, установлено, что скоростной нагрев (50—100 с/см толщины) до 1200°С заготовок квадратного сечения со стороны 45—100 мм уменьшает глубину обезуглероженного слоя на 25—30% от величины слоя, образующегося при обычных методах нагрева.

Сократить время нагрева можно, если использовать беспламенный способ (электронагрев) и при пламенном нагреве — в печах с шагающими подом и балками, а также при различных комбинациях этих двух методов.

Данные об относительной продолжительности нагрева заготовок различными методами следующие: если принять время нагрева в методической толкательной печи с односторонним обогревом за единицу, то в печи с шагающими балками оно будет  $\frac{1}{6}$  его, в секционной многокамерной печи —  $\frac{1}{8}$ , в индукционной установке —  $\frac{1}{15}$ , в электроконтактной установке —  $\frac{1}{20}$ .

Необходимо также отметить, что сокращение нагрева позволяет увеличить производительность нагревательных устройств и связать их работу непрерывным циклом с прокатным станом.

Как сократить длительность пребывания металла в зоне высоких температур? В настоящее время широко применяют и продолжают строить в нашей стране и за рубежом печи с шагающими балками и подом. У них, помимо указанных преимуществ, — высокий уровень механизации, соответствующий современным требованиям комплексной автоматизации производства. Они перспективны и для использования в непрерывном производстве с агрегатами, работающими в разном ритме, например, УНРС — прокатный стан или сварочная машина — прокатный стан при бесконечной прокатке. А высокая тепловая мощность позволяет нагревать заготовки за 25—30 мин.

Первые печи с шагающими балками в нашей стране были введены в действие на мелкосортном стане 250 Челябинского металлургического завода, а в настоящее

время таких печей эксплуатируется около десяти. Они могут нагревать заготовки и на широкополосных станах. Подобного рода агрегаты строятся на целом ряде металлургических заводов страны.

Для снижения окалинообразования и обезуглероживания в ряде случаев используют системы из двух печей: в одной заготовка подогрывается до  $800^{\circ}\text{C}$  и выдерживается при этой температуре, в другой — быстро окончательно нагревается. Такая система в то же время гарантирует равномерный нагрев заготовок по длине и толщине.

Прогрессивный способ скоростного нагрева металла перед прокаткой — электрический. Незначительное обезуглероживание и окалинообразование, меньшие потери тепла, простота обслуживания электропечей, возможность полной их автоматизации, экономия площади цеха и другие преимущества делают способ технически и экономически выгодным. В настоящее время применяют три вида электронагрева металла: индукционный, электроконтактный, косвенный — электросопротивлением.

Энергично используется на металлургических заводах индукционный нагрев, который играет прогрессивную роль в развитии техники обработки металлов. Метод дает высокое качество нагрева, малоинерционен, чем упрощает автоматизацию, требует небольшой по размерам установки и т. д. Индукционные установки легко размещаются в единой технологической линии с установкой непрерывного литья стали (УНРС) и прокатным станом. Основная же его особенность (и достоинство) — скорость. Благодаря большой скорости и ограничению циркуляции воздуха в рабочем пространстве окалины образуются значительно меньше. Кроме того, при кратковременном индукционном нагреве поверхности заготовки не обезуглероживаются.

Необходимо отметить и отсутствие верхнего и нижнего пределов рабочих температур, что позволяет использовать одну и ту же установку с самыми различными целями. При нагреве металла в ней возможность перегрева и обезуглероживания после прекращения процесса уменьшается, потому что футеровка индукторов нагревается только от заготовок.

Активно используются индукционные установки для нагрева различных легированных сталей. Так, на Златоустовском металлургическом заводе перед прокаткой

на стане 280 работает проходная индукционная печь. Отработаны режимы заготовок квадратного и круглого сечения 75—85 мм для углеродистых, мало-, средне-, высоколегированных марок сталей. Продолжительность нагрева 4—7 мин. Перепад температур поверхности и центра заготовки к концу процесса колеблется в пределах  $20\text{—}35^{\circ}\text{C}$ . После выдачи заготовки перепад температур уменьшается и к началу деформации температурное поле по сечению заготовки становится равномерным.

Эксплуатация установки показала уменьшение обезуглероживания более чем в 3 раза. Кроме того, значительно снизились потери металла в окалину, в среднем они не превышают 0,3%. Преимущества индукционного метода сказались и на качестве проката — с точки зрения чистоты поверхности и механических свойств. Использование установки позволило получить значительный экономический эффект — 55 тыс. руб. в год.

Перспективен двухступенчатый пламенно-индукционный нагрев заготовок. Процесс идет следующим образом: пламенный нагрев заготовок до  $800^{\circ}\text{C}$ ; индукционный нагрев от 800 до  $1200^{\circ}\text{C}$ . Такая технология позволяет примерно в 2 раза сократить время нагрева заготовок и значительно уменьшить обезуглероживание и окалинообразование, т. е. повышается качество проката, снижается его себестоимость.

В последние годы в ряде зарубежных стран и у нас активно применяют электронагрев прямым сопротивлением — контактный нагрев. Эффективность метода — когда к концам заготовки подается электрический ток — зависит от соотношения контактных сопротивлений и сопротивления самой заготовки. Его используют для нагрева длинных заготовок (более 1,5 м) с постоянным поперечным сечением. Длина нагреваемого изделия незначительно влияет на расход электроэнергии, но для максимальной эффективности установки (электрический к. п. д. 80%) отношение длины к диаметру должно быть больше 30.

Электроконтактный способ реализуют на переменном токе промышленной частоты; скорость нагрева очень высока. Так, заготовка сечением  $60\times 60$  мм нагревается до  $1200^{\circ}\text{C}$  приблизительно за 40 с! При таком темпе поверхность отдает лишь небольшое количество

тепла окружающей среде, в результате качество нагрева заготовок высокое.

Первые электроконтактные установки были разработаны и изготовлены фирмой Борун Бовери (ФРГ). Они предназначались для нагрева заготовок из высоколегированных сталей перед прокаткой на мелкосортных станах. Поскольку снизились потери металла на окисление и обезуглероживание, экономический эффект от внедрения этих установок вместо топливных составил 20%. В нашей стране эксплуатируются несколько подобных агрегатов, один из них — на стане 280 завода «Сибэлектросталь».

Большая доля в обезуглероживании конечного продукта приходится на обезуглероживание при нагреве слитка. В связи с этим на металлургических заводах для нагрева специальных и высоколегированных сталей устанавливают электрические нагревательные колодцы. Их применяют главным образом в тех странах, где стоимость электроэнергии низка. В рабочем пространстве таких колодцев сжигания топлива не происходит, почему в них и легко создать необходимую среду с повышенным углеродным потенциалом (предотвращающую обезуглероживание). Нагревательные элементы — карборундовые желоба, заполненные нефтяным коксом. Электроэнергия подводится от трансформаторов через графитовые электроды, контактирующие с коксом.

Благодаря герметичной конструкции в колодцах можно создать любую атмосферу — от окислительной до восстановительной. Нагрев слитка в атмосфере продуктов неполного сгорания коксика позволяет сократить потери в окалину до 0,2—0,5% от веса нагретого металла; отсутствуют поджоги, оплавления и другие дефекты; обеспечивается равномерный нагрев слитка по высоте и сечению, полная автоматизация нагрева; улучшаются санитарные условия. Капитальные затраты на строительство электрических колодцев меньше, чем на строительство топливных. Положительные результаты их эксплуатации имеются на металлургическом заводе «Красный Октябрь».

Наряду с созданием новых нагревательных устройств совершенствуется технология нагрева металла. Вот, к примеру, экономичный процесс с минимальным образованием окалины; суть его — в регулируемом го-

рении богатой газовой смеси с предварительно нагретым воздухом. Газы движутся противотоком к перемещению нагреваемого металла. Окалинообразование в этом случае уменьшается почти в 10 раз по сравнению с процессом в обычной нагревательной печи. Так, при выдержке металла в печи в течение 8 ч окалины образуется менее 0,3%.

На большинстве металлургических заводов нашей страны и за рубежом применяют «горячий» посад слитков (т. е. слитков, имеющих температуру примерно 800°С и выше) в нагревательные колодцы, что улучшает качество их нагрева и технико-экономические показатели работы колодцев. Так, эксплуатация нагревательных колодцев Западно-Сибирского металлургического завода показала, что повышение температуры поверхности слитков горячего посада на 50°С увеличивает производительность колодцев примерно на 7%, а также снижает в 2 раза угар металла (по сравнению с нагревом холодных слитков).

Один из способов уменьшения потерь металла при нагреве — применение защитных покрытий, особенно на основе стекла. Они защищают металл не только при нагреве перед прокаткой, но и перед прессованием, штамповкой и при термической обработке. Применяют и металлические покрытия, в частности алюминиевые. Их наносят на поверхность металла диффузионным методом.

Следует отметить силикатные эмали кратковременного действия, разработанные учеными Всесоюзного ордена Ленина научно-исследовательского института авиационных материалов (ВИАМ). Это сплав окислов кремния, кальция, алюминия, получаемый из смеси песка, мела, соды, глинозема и прочих недефицитных и дешевых компонентов. Технология их изготовления не сложна. Эмали плавятся при температуре 1000—1500°С; расплав гранулируется в воду и размальевывается с добавками глины, воды и тугоплавких окислов.

Эмали наносят на поверхность заготовок погружением, обливанием или напылением. При нагреве до 600—1200°С слой эмали расплавляется, образуя сплошную газонепроницаемую пленку, прочно сцепленную с металлом. После нагрева и выполнения технологических операций покрытия удаляют. Технологический процесс прост, не требует сложного оборудования. Расход

смеси на квадратный метр не превышает 0,2—0,5 кг. Если обрабатывать новым составом слитки и слэбы при нагреве перед прокаткой, угар стали уменьшается в 10—30 раз, улучшается качество поверхности проката, снижается трудоемкость его отделки.

Применение покрытий при нагреве конструкционных и углеродистых сталей позволяет снизить глубину обезуглероженного слоя в 10—15 раз и добиться высокого качества проката, что и подтверждено практикой московского металлургического завода «Серп и молот».

При некоторых технологических операциях защитная пленка в процессе охлаждения самопроизвольно удаляется с поверхности. Стало быть сокращается время механической очистки, а применение обычных печей вместо печей с нейтральной атмосферой увеличивает производительность труда в несколько раз; кроме того, снижается расходный коэффициент металла. Так, на Новосибирском заводе им. Кузьмина при изготовлении проката нержавеющей стали ЭП-410Ш он снизился на 25—30%; качество же проката повысилось.

Среди новых эффективных способов нагрева, которые в настоящее время внедряются в металлургическое производство, можно отметить, например, инфракрасный нагрев. Источник излучения здесь — специальная кварцевая лампа с вольфрамовой нитью (температура нагрева до 2400°С) и азотной средой. Водоохлаждаемый рефлектор с кварцевым обрамлением фокусирует тепловой поток. Заготовку окружают со всех сторон такими лампами.

Несколько лет назад появился и отлично зарекомендовал себя — в плане резкого повышения скорости нагрева и качества продукции при минимальном образовании окалины — скоростной струйный нагрев. Здесь скорости процесса выше, чем при других способах, благодаря прямому удару струи раскаленных до 1900°С газов о поверхность металла со скоростью более 100 м/с. Струя растекается по поверхности заготовки и тем самым увеличивается поверхность теплообмена. Образуется она высокоинтенсивным сжиганием газообразного топлива в специальной горелке.

Следует отметить разработку теоретических основ использования тепла атомных реакторов в черной металлургии. В последние два-три года начато создание необходимого оборудования атомных энергометаллур-

гических комплексов. Один из факторов, стимулирующих развитие подобных работ, — возможность использования при нагреве металла тепловой энергии вещества-охлаждителя и дешевой электрической энергии, поступающей в систему. Предполагают, что уже в 1980 г. стоимость электроэнергии будет столь низка, что станет более выгодно применять электронагрев.

Активно ведутся работы и по использованию плазмы в нагревательных устройствах различных типов и назначений. Полученные данные говорят о возможности ее применения и в прокатных цехах.

Наряду с этим достигнуты определенные успехи в использовании в качестве газообразного топлива водорода. Как считают ученые, в случае гарантирования безопасных условий работы при использовании водорода металлургии получают в неограниченных количествах самое дешевое газообразное топливо, которое можно будет использовать в разнообразных нагревательных устройствах.

## Производство заготовок

Обжимно-заготовочное производство — самостоятельный прокатный период, обеспечивающий заготовками квадратного или прямоугольного сечения листовые, полосовые, сортовые, проволочные и другие станы. Обжимные станы — блюминги и слэбинги<sup>1</sup> стали основным звеном металлургического завода, связывающим сталеплавильные и прокатные цехи. Это предопределило требования к ним и в первую очередь к их производительности. Широкое развитие УНРС поставило под сомнение целесообразность использования существующих и дальнейшее развитие обжимных станов (блюмингов и слэбингов). Однако проведенные в последнее время технико-экономические исследования показали, что эксплуатация действующих и строительство новых обжимных станов не остановилось, а лишь относительно затормозилось. Так, в СССР введен в эксплуатацию блюминг 1150, вскоре вступят в строй непрерывно-заготовочные станы, а также заготовочный стан 950/900.

<sup>1</sup> Блюмы — заготовки квадратного сечения, слэбы — прямоугольного.

Возможно, что в связи со строительством установок непрерывной разливки стали строительство обжимных станов в ближайшее время сократится. Однако в настоящее время наблюдается еще отставание производства литых заготовок непрерывным способом от старого — в изложницы, что можно объяснить следующими причинами:

- низкой скоростью литья заготовок на УНРС;
- необходимостью использования большого числа кристаллизаторов для широкого сортамента полупродукта;
- нерешенностью ряда важных технологических и конструкторских проблем процесса непрерывной разливки заготовок, связанных с расширением и улучшением сортамента;
- необходимостью усовершенствования конструкций обжимных станов в плане повышения их производительности.

За последнее десятилетие разработчики обжимных станов стремились к универсальности и расширению сортамента проката, увеличению диаметра рабочих валков, повышению мощности главного привода, применению индивидуального привода каждого рабочего валка, увеличению скорости перемещения верхнего валка, а также более широкому использованию средств автоматического регулирования процесса прокатки.

Как в СССР, так и за рубежом вводятся в строй новые высокопроизводительные обжимные станы с диаметром валков до 1300—1370 мм. Распространенным типом обжимных станов стали одноклетевые реверсивные блюминги-слябинги, доля которых — свыше 50%, прокатывающие слитки в блюмы сечением до 350×350—400×400 мм и слябы толщиной до 250—300 мм и шириной до 2130—2240 мм. Наиболее совершенными считаются блюминги, блюминги-слябинги и слябинги 1250—1370 годовой производительностью до 4—6 млн. т. На них скорость прокатки достигла 5—6 м/с, а масса прокатываемых слитков — 10—13 т у блюмингов и 40—45 т у блюмингов-слябингов и слябингов.

Среди построенных в СССР обжимных станов необходимо отметить блюминг 1300 — высокопроизводительный агрегат (6 млн. т в год), предназначенный для прокатки блюмов сечением до 370×370 мм и слябов толщиной 100—200 и шириной 700—1000 мм из слитков массой до 13 т со скоростью до 6 м/с, что соответст-

вует темпу прокатки блюмов и слябов в 40 и 70 с соответственно.

Рабочая клеть блюминга имеет литую стальную станину закрытого типа весом 105 т; валки диаметром 1300 мм и длиной бочки 2800 мм; мощность привода каждого валка достигает 6800 кВт. Скорость подъема верхнего валка 220 мм/с. За рабочей клетью установлены машина огневой зачистки (для зачистки блюмов и слябов с четырех сторон) и ножницы горячей резки с нижним резом усилием 1250 тс. После порезки металл непосредственно направляется на непрерывно-заготовочный стан 900/700/500 или на склад блюмов и слябов.

Блюминг 1300 оснащен современными средствами автоматизации, включающими универсальные вычислительные машины, которые позволяют полностью автоматизировать управление всем технологическим процессом. Система комплексной автоматизации имеет несколько ступеней управления.

Трудности, возникающие при прокатке тяжелых слитков на реверсивном стане, заставляют передавать все большую часть работы по деформации металла на заготовочные станы, в которых увеличивается диаметр валков, число клетей, мощность двигателей, скорость прокатки. У современных отечественных непрерывно-заготовочных станов 850/700/500 и 900/700/500 с 12—14 клетями с горизонтальным и вертикальным расположением валков, установленных в одну линию с блюмингом, производительность 3,5—5,5 млн. т в год. Скорость прокатки на этих станах достигает 5—7 м/с.

Необходимо отметить, что отечественные блюминги 1300, слябинги 1250 и заготовочные станы 900/700/500 — наиболее производительные в мире. Благодаря введению в строй современных обжимных и заготовочных станов наша страна занимает одно из первых мест в мире по производству катаного полупродукта.

Прогрессивное решение, имеющее большое значение для повышения производительности обжимных станов — кольцевая подача слитков от нагревательных колодцев к приемному рольгангу. При кольцевой слиткоподаче слитковозы передвигаются последовательно друг за другом со скоростью 5 м/с, по рельсам замкнутого пути, рабочая ветвь которого находится в пролете нагревательных колодцев, а холостая — вне этого пролета.

Впервые кольцевая слиткоподача была разработана конструкторами Уральского завода тяжелого машиностроения (УЗТМ) при реконструкции блюминга 1150 Нижне-Тагильского металлургического комбината, а затем использована с некоторыми изменениями как для других блюмингов 1150 и 1300, так и для слябингов 1150 и 1250.

Кольцевая система гарантирует надежную и ритмичную подачу слитков к стану, создает возможность практически неограниченного роста производительности, условия для полной автоматизации работы слитковозов и характеризуется высокими технико-экономическими показателями по сравнению с системами подачи других типов.

На отечественных заводах была отвергнута теория «осторожных обжатий», и начиная с первых проходов прикладываются повышенные усилия, максимально возможные по условиям захвата, мощности двигателей и прочности приводных деталей. Таким образом, практика обжимного производства и строительство обжимных станов в нашей стране развиваются по своему, оригинальному пути. Производительность подобных агрегатов значительно выросла. Так, например, в августе 1974 г. на блюминге 1300 Криворожского металлургического завода был установлен мировой рекорд суточной производительности — 20 004 т.

Один из резервов повышения производительности обжимных станов — парная прокатка слитков. Производительность блюмингов возрастает примерно на 30%, слябингов и того больше. Способ освоен на блюмингах металлургического завода им. Ф. Э. Дзержинского, на Криворожском, Череповецком и других заводах.

При организации процесса на слябингах преимущества парной прокатки выражается более явно, чем на блюмингах, в связи с тем, что на слябингах происходит всего одна кантовка после начальных ребровых проходов (прокатку узких слитков вообще можно проводить без кантовки), имеется большой запас мощности и выше доля пауз в ритме работы. Кроме того, на слябинге металлургического завода им. Ильича при производстве некоторых типоразмеров слябов осваивали строенную прокатку слитков. Как показала проведенная опытная серия, пропускная способность главной линии стана увеличивается уже на 40—70%.

Достигнутые технико-экономические показатели и успешное внедрение парной прокатки слитков на заводах Советского Союза позволили рекомендовать этот прогрессивный способ металлургам Польской Народной Республики и Народной Республики Болгарии. Опыт отечественных заводов используется на обжимных станах некоторых фирм США и в других капиталистических странах.

Широкое применение в отечественной и зарубежной практике производства полупродукта нашли машины огневой зачистки, на которых снимается поверхностный слой металла, имеющий наибольшее количество дефектов. Зачистка производится с помощью кислородно-ацетиленовых горелок, а шлак удаляется водой. Установка машин в потоке обжимного стана способствует не только улучшению качества изделия, но одновременно дает возможность механизировать трудоемкие операции по зачистке металла и тем самым повысить производительность труда в прокатных цехах. Машины позволяют зачищать листовые, сортовые и круглые заготовки на глубину 0,5—3,5 мм со скоростью до 0,5—0,8 м/с; потери металла — всего 3%.

В СССР в последние годы проведены серьезные исследовательские и проектные работы по разработке технологии и оборудования машин огневой зачистки, в которых газорезущая часть по своим эксплуатационным показателям выгодно отличается от зарубежных конструкций. Так, время зажигания для резаков нового типа — 1,5—2 с, равномерность съема металла лежит в пределах  $\pm 0,2$ — $0,3$  мм по сравнению с  $\pm 0,75$  мм.

Реализация комплекса мероприятий по машинной огневой зачистке дала возможность перейти на приемку готового металла в потоке. Так, на Магнитогорском металлургическом комбинате (ММК) в сортопрокатном цехе 80%, а в проволоочноштрипсовом 96% металла принимается в потоке. Стоимость удаления поверхностных пороков и дефектов одной тонны металла снижена с 92 до 21 коп., т. е. более чем в 3 раза.

Машины огневой зачистки успешно работают на ММК, Челябинском, Западно-Сибирском и других металлургических заводах. В девятой пятилетке ими будут оборудованы все современные обжимные станы страны.

Среди других эффективных средств зачистки, при-

меняемых в потоке, необходимо отметить термофрезерные машины. Основной их рабочий инструмент — фрезы большого диаметра, которые, вращаясь в сторону, противоположную движению металла, снимают с его поверхности дефектный слой. Машина, внедренная на одном из отечественных заводов, предназначена для зачистки заготовок поперечного сечения  $140 \times 140$ — $200 \times 200$  мм со скоростью движения заготовки от 0,309 до 0,560 м/с при толщине снимаемого слоя 1,5—3 мм. Благодаря внедрению машины на 40% снились затраты труда и появилась возможность подавать 55,8% металла на сортовые станы без дополнительной подзачистки, что дает экономический эффект примерно 650 тыс. руб. в год.

Другое направление в создании эффективных средств зачистки металла — плазменно-дуговой способ. Проведенные в Челябинском Научно-исследовательском институте металлургии (НИИМ) работы показывают его высокую эффективность и перспективность. По сравнению с абразивной, которая в основном применяется на металлургических заводах для поверхностной обработки специальных сталей, себестоимость плазменно-дуговой зачистки в 5—8 раз ниже. Плазменно-дуговая аппаратура легко управляема и позволяет создать полностью механизированные и автоматизированные машины для сплошной и выборочной зачистки специальных сталей и сплавов.

Большое значение имеет ускоренное и равномерное охлаждение заготовок, в частности, слябов. Дело не только в сокращении производственных площадей, как непосредственно в потоке стана, так и на складе заготовок, но и в возможности уменьшения искривления слябов — следствия неравномерного нагрева их в печах широкополосных и толстолистовых станов. Наибольший эффект в этом плане дает холодильник ротационного типа, рационально использующий охлаждающую воду.

Линия с ротационным холодильником работает на универсальном слябинге 1330 фирмы Сумитомо Метал Индастрис Компани (Япония) — четыре колеса наружным диаметром 8600 мм, посаженных на вал и приводимых во вращение от гидравлического привода. Каждое колесо имеет 16 пазов (камер) для загрузки в них горячих слябов. Слябы, нагретые до  $900$ — $1000^\circ\text{C}$ , по

рольгангу поступают к ротационному холодильнику и толкателем отправляются в один из пазов. Затем все колеса поворачиваются на заданный угол, сляб оказывается в ванне с морской водой и охлаждается до  $100^\circ\text{C}$  в среднем за 30 мин, что в 70—150 раз быстрее охлаждения в штабелях с одновременным душированием водой. Вместе с тем для охлаждения слябов таким способом требуется в 8 раз меньше производственных площадей.

В 70-х годах в СССР предполагается разработать средства ускоренного охлаждения полупродукта в потоке обжимных и заготовочных станов, в том числе и конструкции ротационных холодильников для охлаждения слябов из низкоуглеродистых сталей.

Один из важных элементов современных заготовочных станов — летучие ножницы, установленные за чистовой группой рабочих клетей. Такие ножницы различных конструкций были созданы как в СССР, так и за рубежом. Благодаря применению созданных Всесоюзным научно-исследовательским институтом металлургического машиностроения и Старо-Краматорским машиностроительным заводом скоростных летучих ножниц, а именно кривошипно-эксцентриковых и рычажно-планетарных, стали возможными высокие скорости прокатки (5—7 м/с), которые мы сейчас имеем на отечественных непрерывно-заготовочных станах. Основные требования, предъявляемые к летучим ножницам, — получение необходимых длин разрезаемых заготовок (5—12 м), обеспечение их требуемой точности  $\pm 30$ —70 мм, хорошее качество торца заготовки и разрезки полос при заданной скорости движения.

В последнее время при производстве заготовок используются такие конструкции, которые обеспечивают за один проход значительное обжатие и вытяжку, заменяют работу нескольких клетей и даже целых непрерывных прокатных станов. Это колебательно-ковочные машины, планетарные косовалковые станы, универсальные планетарные клетки и клетки маятникового типа. Так, например, колебательно-ковочные машины фирмы Кокс (ФРГ), предназначены для производства заготовок квадратного сечения размеров  $50 \times 50$ — $120 \times 120$  мм из блюмов сечением до  $200 \times 200$  мм за один проход. Обжатие такой машины предполагает восьмикратную вытяжку металла! Скорость прокатки здесь примерно

20 м/мин, точность геометрических размеров прокатаваемого металла  $\pm 1$  мм, а выход годного 97%.

Станы подобного типа могут работать самостоятельно или в потоке с другим прокатным оборудованием. Кроме того, их применение позволяет ликвидировать разницу в скоростях с УНРС, что является основной причиной ограниченного использования последних на заводах черной металлургии.

Автоматизированные системы управления технологическими процессами находят все большее применение в металлургии. Благодаря управляющим вычислительным машинам появилась возможность, например, увеличить выпуск проката на том же технологическом оборудовании без расширения производственных мощностей. К важным достижениям отечественной науки и техники можно причислить создание и широкое внедрение автоматических систем управления раскромом проката, в частности, и при производстве заготовок. Высокая надежность работы таких систем (полезное время работы 97—99% фактического), их высокая эффективность позволяют экономить значительное количество проката. По проведенным расчетам, при увеличении его производства совершенствование управления раскромом в 20 раз выгоднее, чем простое наращивание производственных мощностей. В настоящее время в нашей стране для управления раскромом применяют системы типа «Сталь», в том числе на обжимных и заготовочных станах.

Несмотря на ориентацию преимущественного строительства в 70-х годах установок непрерывной разливки стали вместо обжимных и заготовочных станов, одна из первоочередных задач в этой области — освоение изготовления литых заготовок прокатного сечения. Вместе с тем необходимо и дальше совершенствовать конструкции обжимных и заготовочных станов с тем, чтобы повышать их производительность при производстве полупродукта.

## О сортовом прокате

Производство сортового проката характеризуют расширение номенклатуры и повышение качества сортовой продукции: отсюда создание большого числа станов

различных конструкций. За основу взято непрерывное расположение их рабочих клеток. Эти станы в большей степени позволяют сохранить тепло прокатываемой заготовки и, следовательно, на них можно получать тонкостенные фасонные горячекатаные профили. В наиболее полном виде непрерывная прокатка реализована в мелкосортных и проволочных станах. В производство крупных фасонных профилей она внедряется медленнее.

В последние годы в совершенствовании сортовых станов определялись в основном три направления: повышение выхода годного (увеличением размеров и веса заготовок), возрастание скорости прокатки (в плане повышения производительности стана), усовершенствование механического оборудования, что связано с улучшением качества проката.

Современные сортовые станы в зависимости от того, какую продукцию они выпускают, могут быть разделены на три основных типа: крупносортные, среднесортные и мелкосортные. Однако деление условно, так как в последнее время предпочитают строить сортопрокатные станы с широким сортаментом прокатываемых профилей. Кроме того, к этой группе относятся проволочные станы.

По производительности сортовые станы можно разделить также на три группы: малой производительности (25—130 тыс. т в год); средней (200—300 тыс. т в год); высокой производительности (более 350 тыс. т в год). Наиболее высокую производительность имеют станы непрерывного и полунепрерывного типов. Так, в СССР доля непрерывных и полунепрерывных сортовых станов от общего количества около 45%, а выпуск сортового проката на них достигает 60% всего производства.

Пути совершенствования крупносортных станов можно рассмотреть на примере стана 600 Коммунарского металлургического завода, который был введен в строй в 1966 г. Это первый крупносортный стан полунепрерывного типа, самый высокопроизводительный в мировой практике — 1,6 млн. т в год. Он состоит из 17 клеток с горизонтальным и вертикальным расположением валков. Клетки имеют повышенную жесткость. Различные профили прокатывают из одного размера заготовки (квадрат 300×300, длина 6000 мм). Готовый про-

дукт выпускается длиной от 6 до 24 м. Скорость выхода раската из последней чистовой клетки — 10 м/с, а наибольшая длина раската — 96 м.

Уровень технологии отделочных работ на стане выше, чем на других отечественных и зарубежных агрегатах. Новая система резки — десять дисковых пил и вспомогательное оборудование — позволила совместить во времени транспортирование и резку; в результате получена возможность резки раскатов по одной штуке при цикле 12 с.

Кроме оборудования в потоке, полунепрерывный крупносортовый стан 600 располагает тремя отдельными участками: доотделки (доправки и резки) сортового проката на правильном прессе и пиле холодной резки, отделки рельсов, отделки круглого проката.

Создание новых крупносортовых станков в нашей стране в 70-х годах пока на намечается. Не предполагается широкое строительство крупносортовых станков и за рубежом ввиду невозможности получения на них экономичных балок широкого сортамента.

Характерным для отечественных и зарубежных средне- и мелкосортных станков является прокатка в несколько ниток, увеличение массы заготовок, повышение скорости процесса, что позволило довести их производительность до 800—1000 тыс. т в год. Кроме того, следует отметить расширение сортамента выпускаемых ими средне- и мелкосортных профилей: включены экономичные строительные профили.

На Череповецком и Днепровском им. Дзержинского металлургических заводах построены новые 15-клетевые полунепрерывные среднесортные станы 350 отечественной конструкции. Скорость прокатки на них доходит до 17 м/с, производительность — 1 млн. т в год. Более совершенны среднесортный непрерывный стан 450 производительностью 1,5 млн. т в год, который в настоящее время устанавливается на Западно-Сибирском металлургическом заводе.

Типичный среднесортный зарубежный стан — стан 400 в Рейнхаузене (ФРГ). Особенность его — весьма широкий сортament, охватывающий 500 мелкосортных профилирумеров. Все профили на стане прокатывают из заготовок сечением 80×80—150×150 мм длиной до 12 м. Производительность — около 550 тыс. т в год.

Сегодня интенсивно строят мелкосортные станы не-

прерывного типа производительностью 400—800 тыс. т в год. Они предназначены для проката как бунтовой стали, так и прямой диаметром 16—40 мм, а в некоторых случаях диаметром свыше 50 мм. Причем наблюдается тенденция к увеличению веса бунта.

В последние годы выявилась четкая тенденция к установке однониточных мелкосортных станков с чередующимися рабочими клетями, снабженными горизонтальными и вертикальными валками со средней производительностью 250—300 тыс. т в год, на которых прокатывают простые профили из углеродистых сталей без кантовки, что свидетельствует о стремлении обеспечить высокую точность и высокое качество поверхности металла. Вопрос повышения точности получаемых прокаткой профилей имеет важнейшее народнохозяйственное значение. Повышение точности прокатки наряду со значительной экономией металла позволяет резко снизить затраты по переделу в машиностроительной, метизной и других отраслях промышленности.

Одно из основных направлений решений этой проблемы (наряду с использованием прокатных клетей высокой жесткости) — установка дополнительных прокатных клетей за чистовой клетью стана для калибровки прокатываемых профилей. Принципиально новый процесс, предложенный кафедрой прокатки Челябинского политехнического института, называется горячей калибровкой. Промышленные испытания показали: точность прокатки круга, например, новым способом в 2 раза превышает точность, достигнутую при обычных способах. Результат этот получен без снижения производительности стана. В настоящее время горячая калибровка применяется на целом ряде заводов страны.

В связи с возросшими требованиями потребителей к качеству катанки в процессе производства ее произошли коренные изменения: масса бунтов возросла в 2—3 раза и составляет 1500 кг и более, увеличилась скорость прокатки в 1,5—2 раза, ныне она равна 50 м/с.

Наиболее характерно для процесса совершенствования проволочных станков — применение чистовых блоков и использование линий ускоренного охлаждения. Начиная с 1966 г. за рубежом строят в среднем от 3 до 5 проволочных станков с чистовыми блоками различных конструкций в год. Успешно эксплуатируется чистовой

блок и в нашей стране на Западно-Сибирском металлургическом заводе.

Применение линий ускоренного охлаждения позволяет получить металл однородной структуры и высокой пластичности и увеличить допустимую суммарную деформацию катанки при волочении без промежуточной термообработки до 90—95%, а также стабилизировать механические свойства металла в объеме бунта в пределах  $\pm 3$  кг/мм<sup>2</sup>.

Внедрение чистовых блоков и линий двухстадийного охлаждения повысило точность размеров катанки диаметром 5—6 мм до  $\pm 0,15$  мм, уменьшило количество окалины до 3—6 кг/т и глубину обезуглероженного слоя до 1,0—1,5%.

В настоящее время пытаются прокатывать катанку при скоростях до 100 м/с, разрабатывают новые конструкции линий двухстадийного охлаждения, строят проволочные станы, рассчитанные на прокатку крупнотоннажных заготовок, в результате чего вес бунтов повышается до 2500 кг. Предполагается дальнейшее расширение производства катанки, улучшение ее качества, повышение уровня автоматизации высокосортных проволочных станов.

Большое внимание уделяется созданию станов по производству широкого сортамента сортового проката в малотоннажных партиях — от 5 до 300 т. В нашей стране разработана схема такого стана производительностью около 150 тыс. т в год, строительство которого начато на Донецком металлургическом заводе. Особенность его — расположение клетей в две линии: крупнотоннажной и среднесортно-мелкосортной, работающей отдельно и поочередно. Стан рассчитан на производство крупнотоннажных, среднесортных, мелкосортных профилей и фактически заменяет четыре обычных стана, необходимых для производства этого проката. При производстве 150 тыс. т в год профилей малотоннажными партиями, как предполагают, годовая экономия составит 27 млн. руб.

Повысить качество заготовок, подаваемых на сортовые станы, могут помочь машины огневой зачистки, которые устанавливают между нагревательными печами и черновой группой клетей стана. Положительный опыт эксплуатации таких машин на мелкосортных станах по-

казал эффективность использования метода: практически отсутствуют трещины и обезуглероженный слой.

Потребность в крупных катаных профилях заставляет устанавливать на полунепрерывных крупнотоннажных и среднесортных станах универсальные клетки, в которых горизонтальные и вертикальные валки расположены в одной вертикальной плоскости и которые на рельсо-балочных станах с традиционным расположением клетей работают как реверсивные. Универсальные клетки приобретают все большую популярность, в них прокатывают рельсы, узкополочные балки, универсальные листы и другие профили. При прокатке рельсов в универсальных клетях создается прямое давление ходовой поверхности головки, которое невозможно реализовать при прокатке в калибрах; в результате разрушается первоначальная литая структура и, кроме того, равномерно обжимаются различные части профиля. Рельсы, прокатанные в универсальных клетях, не имеют искривлений и внутренних напряжений, у них меньшая величина зерна и лучшие механические свойства, что делает их более стойкими в эксплуатации.

Много говорят в последнее время об усовершенствовании технологических процессов в прокатном производстве. Одно из таких усовершенствований — бесконечная прокатка благодаря предварительной сварке заготовок. Бесконечная прокатка — дальнейшее развитие идей непрерывной прокатки, поскольку прокатка отдельных заготовок заменяется прокаткой раската практически неограниченной длины. Прокатка заготовки неограниченной длины позволяет устранить неустановившиеся периоды, свойственные поштучному процессу во время входа заготовки в стан и выхода из него.

В СССР разработана технология процесса бесконечной прокатки и создается специальное оборудование для его практического осуществления. Во время многочисленных опытов на непрерывном стане 350 Макеевского завода им. С. М. Кирова и непрерывным стане 250 Западно-Сибирского металлургического завода этим методом получены тысячи тонн металла. Определены параметры сварки, гарантирующие высокое качество шва, который по механическим свойствам не уступает основному металлу. Разработаны конструкции стыкосварочной машины.

Преимущества процесса бесконечной прокатки соз-

дают объективные условия для ликвидации пауз между раскатами, сведения к минимуму числа заходов полосы в клеть и связанных с этим переходных процессов, ударов, потерь металла. «Бесконечное» движение металла на всех участках технологического потока неизбежно связывает их работу в единый, наиболее эффективный ритм. Таким образом, удастся полностью избежать большинства потерь, присущих поштучному методу, полнее использовать мощности действующих станов, улучшить экономику прокатного производства. Проведенные опыты доказали, что замена поштучной прокатки на бесконечную снижает расход металла и эксплуатационные затраты на его производство, а кроме того, увеличивает производительность стана на 25—30%.

Процесс бесконечной прокатки сорта и катанки разрабатывается и за рубежом — в ГДР, Японии, ФРГ и других странах.

В Директивах XXIV съезда КПСС по девятому пятилетнему плану определен курс на коренное улучшение качества металлопродукции на основе внедрения прогрессивных способов производства. Успешное решение поставленной задачи в прокатном производстве неразрывно связано с совершенствованием существующей технологии, благодаря чему растет эффективность использования металла в народном хозяйстве. Именно так намечено сберечь в машиностроении и металлообработке за нынешнюю пятилетку 18—20% и в строительстве 9—11% черных металлов. При современном уровне потребления металла в народном хозяйстве экономия 1% проката — это около 1 млн. т в год. Таким образом, в одном только строительстве, где используется его пятая часть, предполагается сберечь за девятую пятилетку около 10 млн. т металла.

В этой связи особое внимание уделяется производству таких профилей, которые способствуют значительному снижению расхода металла, улучшению механических и прочностных свойств конструкций, что в конечном счете приводит к уменьшению расхода материальных и трудовых затрат, к снижению себестоимости изделий. Такие профили носят название экономичных.

Какие же основные задачи следует решать в данной области? Это расширение сортамента простых профи-

лей промежуточных размеров, производство облегченных и тонкостенных профилей, а также получение металла с минусовыми допусками и поставка сортового проката по теоретическому весу.

Высокую экономическую эффективность расширения сортамента профилей определяют следующие данные. От 23 до 48% металла, поступающего в машиностроение, идет в отходы; из этого количества почти половина — в стружку: а затраты на снятие с заготовки 1 т стружки — свыше 300 руб.

Создание экономичных горячекатаных профилей проката идет следующими путями: повышение точности прокатываемых профилей, рационализация существующих профилей, особенно массовых, — изменение соотношения элементов поперечного сечения; создание новых профилей.

Повышение точности особенно эффективно при производстве мелкосортного проката, катанки и профилей с тонкими элементами сечений. Объясняется это тем, что при сравнительно небольших абсолютных изменениях толщины (диаметра) профиля, обусловленных ГОСТ, разница в массе погонного метра составляет, например, 31% для катанки диаметром 6,5 мм, 15,7% — для круга диаметром 10 мм, т. е. при прокатке профилей большей толщины (диаметра) колебания массы одного метра за счет отклонения размеров поперечного сечения в пределах поля допусков значительно меньше.

Коллектив отраслевой лаборатории прокатки и калибровки экономичных профилей при кафедре обработки металлов давлением Днепропетровского металлургического института создал технологию производства 84 экономичных профилей угловой стали с переменной толщиной полок и 22 экономичных швеллеров с параллельными полками постоянной и переменной толщины стенки. Вес стального уголка при той же прочности снижен в среднем на 8,5%. Переход металлургических заводов страны на производство экономичных профилей только уголка сэкономит 630 тыс. т металла в год. В деньгах это составит 63 млн. руб. Швеллеры с параллельными полками и переменной толщиной стенки легче швеллеров с уклоном внутренней грани полок на 4,8% при тех же прочностных характеристиках. Кроме того, их применение упрощает конструирование и изготовление элементов металлоконструкций: отпадает не-

обходимость в предварительной подготовке стыков сочленяемых деталей, нет нужды в использовании косых шайб и подкладок при установке болтовых соединений.

Народное хозяйство очень нуждается в тонкостенных сортовых профилях, особенно средних и крупных размеров, прокатка которых на действующих станах затруднительна, а иногда и невозможна. Украинским научно-исследовательским институтом металлов создана и опробована в полупромышленных условиях технология прокатки-гибки. На непрерывном штрипсовом стане прокатывается полоса — развертка необходимого сортового профиля. Она сразу поступает в профилирующий стан, в котором в горячем состоянии сгибается в фасонный профиль. Последний ускоренно охлаждается, термоупрочняется, правится и разрезается на мерные длины электродуговым способом.

Эта технология значительно облегчает производство тонкостенных сортовых профилей. Упрощаются калибровки валков прокатного стана, повышается их универсальность, увеличивается стойкость. Горячее профилирование не требует применения массивных рабочих клеток и мощных двигателей. Метод позволяет получить, например, замкнутые и полузамкнутые профили с переменной толщиной по сечению, которые недоступны горячей прокатке и холодному профилированию.

Внедрить технологию предполагают на штрипсовом стане 300 Макеевского металлургического завода, где намечено прокатывать до 150 тыс. т в год тонкостенных профилей специального назначения. В дальнейшем будет построен специальный среднесортный стан. Из 150 тыс. т существующих профилей, составляющих по длине 41,4 млн. м, при использовании облегченных профилей той же массы можно получить 53,1 млн. м, т. е. на 11,7 млн. м больше. Экономия металла в условиях Макеевского металлургического завода при внедрении облегченных профилей вместо ныне прокатываемых составит 33 тыс. т проката и даст государству около 1 млн. руб.

Директивы XXIV съезда КПСС по пятилетнему плану развития народного хозяйства СССР на 1971—1975 гг. предусматривают рост производства в основном в связи с повышением его эффективности и более полного использования резервов. Решение поставленной задачи достигается главным образом рациональным

использованием имеющихся мощностей и сокращением расходов сырья и материалов на единицу продукции. Значительный источник экономии металла — проката при максимальном использовании поля минусовых допусков.

Минусовые допуски снижают отходы металла у потребителей, сокращают затраты на обработку деталей, значительно облегчают конструкции изделий и машин. Кроме того, в одном погонном метре металла получается больше, чем в продукции, прокатанной по номинальному размеру или по плюсовому допуску.

Организация технологического процесса прокатки металла с минусовыми допусками предусматривает целый комплекс мероприятий: улучшение качества подготовки и нагрева металла перед прокаткой, рационализация калибровок и режимов прокатки, использование жестких клетей, совершенствование валкового хозяйства и привалковой арматуры, контроль за профилем и др.

Внедрение новой технологии прокатки и методики определения теоретического веса проката позволяет экономить металлургическому предприятию примерно 2% металла. Так, например, Западно-Сибирскому металлургическому заводу это дало 1 млн. 700 тыс. руб. экономии в год. А методика определения теоретического веса, применяемая на Криворожском металлургическом заводе, позволила сэкономить 870 тыс. руб. в год при снижении расхода металла на прокат на 15 тыс. т в год, увеличении объема его производства на 11,5 тыс. т и повышении производительности труда на 10,4%. По этой методике теоретический вес партии металла определяют по формуле:  $Q_T = Q_F = q_H / q_F$ , где  $Q_T$  — теоретический вес металла;  $Q_F$  — фактический вес металла;  $q_H$  — вес 1 м по номинальным размерам;  $q_F$  — фактический вес 1 м.

Среди мероприятий, направленных на улучшение качества готовой металлопродукции, важное место принадлежит упрочняющей термической обработке (закалке с последующим отпусканием). Здесь важно отметить, что повышение качества металла — это не только уменьшение окажинообразования и обезуглероживания, но и сокращение цикла термической обработки полупродукта и готовой продукции. Ну, а как следствие — уменьшение производственных площадей в потоке станов и

на складах прокатных цехов, снижение себестоимости проката. А значительное увеличение прочности определяет большую экономию металла в строительстве, на транспорте, в деталях машин. По отдельным видам проката экономия составляет от 15—20 до 50—60%. По данным Госстроя СССР, при использовании, например, термически упрочненной стали экономия напряженной стержневой арматуры для железобетона достигает 40%. Срок службы термически упрочненных рельсов возрастает в среднем в 1,7 раза, износостойкость их повышается примерно на 70%. В ряде случаев упрочненной углеродистой сталью можно заменить легированную, благодаря чему уменьшается стоимость машин и экономится дефицитные легирующие материалы.

В последние годы потребность в термически улучшенных сталях интенсивно растет. Упрочненные стали применяют для сварных мостов, сосудов высокого давления, конструкций промышленных зданий, экскаваторов, грузовых машин и др.

Строительство установок для термического упрочнения проката требует, как правило, небольших капиталовложений. Промышленная установка для упрочнения арматуры в потоке прокатки производительностью до 500 тыс. т в год стоит всего 500—700 тыс. руб. Себестоимость же упрочнения, как правило, очень низка. При производстве сортового проката в количестве 100 тыс. т в год она не превышает 1,5 руб. на тонну. На современном уровне производства проката в СССР термическое упрочнение позволяет сэкономить не менее 5—7 млн. т металла в год, резко уменьшить вес конструкций и машин, повысить их надежность в эксплуатации, в частности, хладостойкость.

На металлургических заводах осуществляют следующие разновидности термического упрочнения: нормализацию, закалку без отпуска, закалку с прокатного нагрева с отпуском или без отпуска, закалку с высоким отпуском (улучшением), которая особенно эффективна.

В последние годы в СССР построен ряд опытно-промышленных линий упрочнения металла в потоке станов с использованием тепла прокатного нагрева. На Макеевском металлургическом заводе установлена линия из четырех закалочных агрегатов, совмещенная с непрерывным мелкосортным станом 350, для упрочнения круглых профилей и арматурной стали диаметром

16—28 мм. На Криворожском металлургическом заводе построена двухрядная линия, совмещенная с непрерывным мелкосортным станом 250 для упрочнения круглых профилей и арматурной стали диаметром 10—14 мм при скорости около 15 м/с. Как показывают подсчеты, экономический эффект в расчете на 1 т арматурной стали при упрочнении закалкой с прокатного нагрева — 60—166 руб.

Термическое упрочнение фасонных профилей с прокатного нагрева в потоке стана 650 завода «Азовсталь» отработано институтом черной металлургии на опытной установке. Оно позволяет повысить предел текучести всех элементов тонкостенных профилей (швеллеров и двутавровых балок).

Разработан режим термического упрочнения угловых профилей с прокатного нагрева в потоке непрерывного мелкосортного стана 250 № 2 Криворожского металлургического завода. В расчете на 1 т упрочненных уголков экономия приведенных затрат — 12,9 руб., а капитальных — 26,6 руб.

За рубежом в последние годы также начали упрочнять сортовые профили из углеродистых сталей с прокатного нагрева. В больших масштабах проводятся соответствующие исследования на металлургических заводах США, Англии, ФРГ.

Особенность термической обработки пруткового и бунтового проката — применение проходных печей с роликовым подом. Такие печи для отжига бунтов круглой стали диаметром 8—23 мм спроектированы институтом «Стальпроект».

Следует сказать несколько слов о скоростном нагреве при термической обработке проката. Он позволил в корне изменить и усовершенствовать технологический процесс термической обработки и значительно улучшить качество металлопродукции. Так, при помощи индукционного нагрева, как показали опыты Златоустовского металлургического завода, можно осуществить термическую обработку следующих видов: рекристаллизационный отжиг, отпуск, закалку-отпуск; улучшение микроструктуры и др. Работающие на заводе высокопроизводительные малогабаритные индукционные установки токов высокой частоты имеют производительность 1—2 ч. при диаметре прутков от 10 до 65 мм. Температура нагрева 650—800°С, скорость продвиже-

ния прутков до 200 мм/с. Технологический цикл обработки каждого прутка — 1—1,5 мин. Благодаря поточности термической обработки эти установки можно встраивать в поточные линии отделки.

В последнее время для повышения прочности и пластичности конструкционных легированных сталей разработан новый метод обработки, в котором совмещены пластическая деформация и термическая обработка. Он назван термомеханической обработкой. В результате термомеханической обработки прочность стали возрастет на 15—30% в сравнении с обычной закалкой; то же произойдет и с ее пластичностью.

Центральным научно-исследовательским институтом черной металлургии, Московским институтом стали и сплавов и другими организациями выполнен ряд работ по исследованию процессов термомеханического упрочнения проката, в частности сортового. Деформация стали типа 40ХНМА и 30ХГСНА при 800—1000°С и последующая закалка через 20—25 с значительно повышают циклическую прочность деталей машин. Так, у круглой стали диаметром 32 мм повышается ударная вязкость, прочность, кроме того, прокат удлиняется.

Технология термомеханической обработки высокопрочных среднеуглеродистых и азотсодержащих бейнитных сталей, легированных хромом, марганцем, молибденом и бором, разработана Институтом металлургии АН Грузинской ССР. Оптимальный режим термомеханической обработки этих сталей — деформация с обжатием в 20—30% при 750°С. После термомеханической обработки сталь обладает следующими механическими свойствами: временное сопротивление 120—160 кг/мм<sup>2</sup>, предел текучести 110—130 кг/мм<sup>2</sup>, относительное удлинение 10—12%, относительное сужение 35—50%, ударная вязкость 6—10 кгм/см<sup>2</sup>.

Большое значение при производстве сортового проката придается его отделке, так как именно отделка характеризует общий технико-экономический уровень современного производства. Получение качественной готовой продукции при снижении трудовых затрат и повышении производительности труда на отделочных операциях — одна из главных задач отрасли. Поэтому много внимания уделяется улучшению качества металла на промежуточных стадиях передела, с тем чтобы

исключить или свести к минимуму операции по отделке готовой продукции.

В прокатных цехах современных металлургических заводов в операциях отделки проката имеются определенные достижения. Прокат очищают от окалины химическим травлением или механической обработкой. Первый способ — это растворение слоя окалины в растворе кислоты или в растворе соли и щелочи. Механическая очистка производится попеременным изгибанием металла (или катанки) или струйной обработкой его стальной дробью и абразивными материалами.

Правят круглую сталь диаметром 15—60 мм преимущественно на косовалковых машинах с гиперболическими роликами со скоростью 15—60 м/мин. Для точной правки фасонных профилей применяют роликовые правильные машины с роликами, расположенными в двух перпендикулярных плоскостях. Скорость правки на таких машинах — 15—30 м/мин.

Зачистка проката может быть выборочной и сплошной. Для сплошной зачистки созданы машины с вращающимися резцовыми головками. На них можно обрабатывать прутки диаметром 20—300 мм со скоростью до 16 м/мин. Перспективным способом зачистки считается протягивание металла через резцовые волокна: скорость процесса — 0,91 м/с. А для того чтобы получить особо чистую поверхность, прутки шлифуют.

В ряде зарубежных стран созданы центры обслуживания потребителей прокатной продукции. Они закупают крупные партии металлопроката и продают его потребителям малыми партиями, заказы на которые неэкономично выполнять на современных мощных станах. Кроме того, эти центры обрабатывают прокат по заказам потребителей, для чего они располагают соответствующим оборудованием: ножницами, машинами огневой резки, пилами холодной резки, правильными машинами, сортировочными линиями и пр. Через центры обслуживания проходят около 20% всего производимого проката, причем 60—70% из этого количества обрабатывается.

## Листовой прокат

Тенденция к увеличению доли листа в общем производстве проката, особенно холоднокатаного, в по-

следние годы характерна для развития прокатного производства многих стран. В нашей стране и за рубежом наиболее совершенные и высокопроизводительные станы — многовалковые широкополосные полунепрерывного и непрерывного типов, и одно-двухклеточные толстолистовые станы кварто.

Наиболее современные станы горячей прокатки листов — широкополосные многоклетевые непрерывные станы кварто 2000—2300, годовой производительностью 3—6 млн. т в год, на которых скорость прокатки достигла 20—23 м/с, а масса рулонов — 45 т. Среди них можно отметить стан 2000 Ново-Липецкого металлургического завода СССР, стан 2030 фирмы Инланд Стил Компани (США), стан 2235 фирмы Август Тиссе-Хюе (ФРГ), стан 2285 фирмы Кавасаки Стил Корпорейшн (Япония) и др.

Современные станы холодной прокатки — пятиклетевые листовые станы кварто 2030—2185 и шестиклетевые жестекатальные станы кварто 1220—1420 производительностью до 1,5 и 0,5—0,7 млн. т в год соответственно, а также многовалковые станы. Скорость процесса возросла до 30 м/с, а масса рулонов до 45—60 т; у жестекатальных станов эти параметры достигли 38 м/с и 30—35 т соответственно. Здесь можно упомянуть четырехклетевый стан 2500 ММК, СССР, пятиклетевый стан 2185 фирмы Явата Айрон энд Стил Корпорейшн (Япония), стан 2185 фирмы Армко Стил Корпорейшн (США) и др.

Потребность различных отраслей промышленности в толстых листах и плитах для изготовления стальных конструкций мостов и зданий, резервуаров высокого давления, корпусов морских судов, магистральных трубопроводов и прочего предопределила широкое строительство новых высокопроизводительных специализированных толстолистовых станов во всех странах мира. Толстолистовые станы, в зависимости от назначения и расчетной производительности, строят с одной или двумя рабочими клетями кварто, расположенными последовательно. Станы с длиной бочки валков до 3300 мм проектируют преимущественно реверсивными двухклетевыми кварто по типу тандем. Большинство современных толстолистовых станов построено с длиной бочки валков 2000—4000 мм, а в ряде случаев — до 5000 мм, даже 5590 мм. Минимальная толщина листов, про-

катываемых на них, — 4 мм. Причем при прокатке на станах кварто толстых листов толщиной 8—10 мм и шириной 1800—2200 мм допуск по толщине на заводах СССР, например,  $\pm 0,7$ —0,9 мм.

Для современных толстолистовых станов характерны широкий сортамент, повышенная точность работы и высокая производительность. Толстолистовые станы из одной-двух (реже трех) рабочих клеток кварто работают со скоростью прокатки до 4—5 м/с при массе слитков или слябов до 20—30 т, производительность их лежит в пределах от 0,5—0,6 до 1,0—1,2 млн. т в год.

Отечественная металлургия переходит в основном на двухклетевые станы, в состав которых входят черновая клеть дуо с отдельной клетью с вертикальными валками перед ней и универсальная чистовая клеть кварто. Они работают по новой технологии: прокатывают толстые листы из слябов, отделяют их на механизированных поточных линиях и, наконец, термически обрабатывают.

Из наиболее совершенных и высокопроизводительных работающих станов можно отметить следующие: стан 3600 завода «Азовсталь», двухклетевой стан 4065 фирмы Бетлехем Стил Корпорейшн и стан 5335/4065 фирмы Юнайтед Стайтс Стил Корпорейшн (США), стан кварто 3300 на металлургическом предприятии в Гала-те (Румыния), двухклетевой стан кварто 4560 фирмы Явата Айрон энд Стил Корпорейшн (Япония) и др.

Стан 3600, введенный в строй на металлургическом заводе «Азовсталь» в 1973 г., — самый крупный толстолистовой агрегат этого типа в Европе. Он предназначен для прокатки листов и плит из углеродистых, конструкционных и низколегированных сталей. Размеры листов и плит, прокатываемых на стане, следующие: толщина от 8 до 200 мм, ширина от 2000 до 3200 мм, длина от 6 до 28 м.

Исходная заготовка для листов и плит — слитки, катаные слябы, литые слябы, полученные на установках непрерывной разливки стали. Вес слябов достигает 16 т, слитков до 23 т. В перспективе предполагается довести вес последних до 37 т.

Стан 3600 состоит из трех клеток:

клеть с вертикальными валками для разрыхления окалины;

черновая реверсивная клеть кварто с рабочими вал-

ками максимальным диаметром 1130 мм и длиной бочки 3600 мм;

чистовая реверсивная клеть кварто с рабочими валками максимальным диаметром 1030 мм и длиной бочки 3600 мм.

Главный привод выполнен индивидуальным для каждого вала. Клеть стана 3600 — жесткой конструкции, а увеличенный диаметр бочки и шеек опорных валков способствует высокой жесткости валкового узла. Для удаления печной окалины служит специальная камера гидросбива с давлением воды 150 ат. Готовые листы поступают на отделку, где их режут, правят и термобработывают.

Стан 3600 — первый из серии подобных станов, намеченных к установке в нашей стране.

Повышение производительности толстолистовых станов, повышение выхода годного, реализация высоких требований потребителей к качеству поверхности листа прямо зависят от размеров и веса прокатываемых слэбов, а также их формы.

Производительность стана и качество их продукции определяют рабочие клетки. Конструкции клетей совершенствуются: увеличиваются их габариты, повышается жесткость. Сечение стойки клетки дошло до 10 тыс. см<sup>2</sup>, максимальный вес станины при этом достиг 280—310 т, а максимальный диаметр опорного вала — 2000—2100 мм.

Улучшить качество поверхности листа позволяют окатиноломатели или установки для гидросбива и удаления окалины с нагретых слэбов. Наиболее распространены последние: они состоят из нижнего коллектора с соплами расположенного ниже уровня рольганга и верхнего, который находится на подводящем рольганге. В установках для сбива печной окалины давление воды достигает 170 ат.

В связи с высокой скоростью прокатки (5—6,5 м/с) и повышением требований к точности размеров листов, эффективное управление станом стало возможно с появлением систем автоматического регулирования толщины (САРТ). В задачу таких систем входит: получение более точных размеров по толщине, уменьшение отходов в обрезь, полное использование энергосиловых параметров главных приводов и прочностных характеристик механического оборудования стана, оптимальное

распределение пропусков между черновой и чистовой клетями, автоматическое управление рольгангами и управляющими линейками. С помощью САРТ на одном из толстолистовых станов более 97% продукции прокатывается с отклонением размеров по толщине в пределах 0,2 мм.

Еще одно важное новшество — уменьшение поперечной разнотолщинности листов как результат применения гидромеханического изгиба рабочих или опорных валков. На толстолистовых станах в основном применяют три схемы профилирования противоизгибом; благодаря простоте конструкции наиболее распространено профилирование с помощью гидравлических цилиндров, установленных между подушками рабочих и опорных валков.

Значительное место в общем объеме производства листового проката занимает жель. Она выпускается трех видов: черная нелуженая, белая и хромированная. Особенно широко применяется белая жель с оловянным покрытием, производство и потребление которой с каждым годом возрастает. Это объясняется тем, что если желтая жель использовалась ранее в основном для производства консервной тары, то в настоящее время из нее изготавливают также тару для кондитерских, парфюмерных, химических, лакокрасочных и других продуктов.

При производстве белой жести добиваются уменьшения толщины стальной основы и оловянного покрытия; кроме того, стремятся увеличить выпуск хромированной и алюминированной жести.

Исходя из условий расхода металла (и тем самым снижения его стоимости), а также достаточной жесткости и прочности за рубежом производят жель толщиной 0,15—0,16 мм, которая по способу изготовления называется «желью двойной прокатки» и которой выпускают примерно 35—45% всего объема производства. Кроме того, освоено выпуск фольги или тончайшей жести — 0,025—0,089 мм (вскоре, возможно, 0,01—0,005 мм), которая используется для упаковки главным образом с картоном, бумагой и пластмассой. Такую жель производят на двух- или трехклетевых станах вторичной прокатки. Причем необходимо отметить стремление снизить ее среднюю толщину.

Большое внимание уделяется и химическому составу

ву стали, идущей на изготовление жести. Считается, что в жести для упаковки наиболее агрессивных продуктов, фосфора должно быть не более 0,015%, а кремния и других примесей — не более 0,01%; в жести повышенной прочности содержание фосфора доводится до 0,14%, а азота — до 0,008%.

Уменьшение толщины оловянного покрытия связано с дефицитностью и большой стоимостью олова. В связи с этим выпуск горячелуженой жести с тяжелыми оловянными покрытиями постепенно сокращается, а быстро развивается производство жести электролитическим способом. Такая жесь имеет минимальное оловянное покрытие 2,2 г/м<sup>2</sup>, что в 10 раз меньше минимального покрытия на горячелуженом металле. Для того чтобы покрытие было достаточно антикоррозионным, на поверхность жести наносят тонкую окисную (пассивную) пленку в один-два слоя. В этом случае основные защитные свойства жести обеспечиваются не оловянным покрытием, а лаками и эмалью. Назначение же оловянного покрытия сводится в основном к тому, чтобы банки можно было запаивать, получать хороший товарный вид; кроме того, оно создает дополнительную защиту стальной основы при повреждении лакового слоя.

Другой способ экономии олова — применение жести с дифференцированным (различным на верхней и нижней сторонах листа) покрытием, что делает тоньше ту часть банки, которая не подвергается коррозии.

Много предприятий выпускают безоловянистую жесь двух видов: с покрытием металлами (хромом, алюминием и др.) или их окислами и с покрытием из органических (полимерных) материалов. Различают три вида хромированной жести:

с покрытием, состоящим главным образом из окиси хрома, толщиной 0,05—0,1 мкм. По стойкости против коррозии уступает белой и применяется для упаковки непивных материалов, сухих материалов и т. д.;

с электролитическим покрытием металлическим хромом с толщиной слоя около 0,05 мкм, применяется так же, как жесь с покрытием из окиси хрома;

двухслойная жесь, получаемая электролитической обработкой, покрытие состоит из внутреннего слоя металлического хрома в 0,02 мкм и наружного слоя окис-

лов толщиной около 0,04 мкм; может быть использована для упаковки пищевых продуктов.

Кроме того, выпускают жесь, покрытую с каждой стороны методом осаждения в вакууме слоем алюминия толщиной около 0,5 мкм с хорошими коррозионными свойствами.

В СССР на Лысьвском металлургическом заводе организовано производство хромированной жести. Отличительная особенность применяемой технологии — совмещение процессов нанесения хромового покрытия, хроматной пленки и лака в одном агрегате.

Следует отметить особую перспективность алюминирования жести в вакууме. Как показали исследования в нашей стране и ГДР, такая жесь может с успехом применяться взамен электролуженой. В ГДР она нашла широкое применение для изготовления тары для пищевых продуктов и др. Стоимость алюминированной жести примерно на 20% ниже луженой.

При производстве высококачественной жести ее перед лужением или хромированием специально подготавливают: обезжиривают рулоны после прокатки, отжигают, обязательно осматривают и формируют рулоны большого веса, сваривая места обрыва. Жесь двойной прокатки после отжига прокатывают второй раз с обжатием до 50%. Технологию и оборудование агрегатов подготовки совершенствуют: повышают скорости и тем самым производительность, уменьшают габариты, механизуют различные операции, сокращают паузы в работе. Максимальная скорость агрегатов подготовки жести к покрытию — 1500 м/мин, что соответствует производительности агрегатов электролитического лужения жести в 200—220 тыс. т в год.

Одно из современных направлений производства листового проката — его термическая и термомеханическая обработка. Так стальные листы обрабатывают в специализированных агрегатах непрерывного действия. Они включают в себя механизированные и автоматизированные нагревательные печи для закалки и отпуска (а также нормализации и отжига) листов, средства быстрого охлаждения — закалочные прессы или машины, конвейеры и тележки для транспортирования листов, правильные машины и другое вспомогательное оборудование. Нагревательные печи для листов выполняют с роликовым подом. В закалочных прессах процесс

идет по режиму, предусматривающему минимальное коробление. Для этого прессы должны обеспечивать необходимое давление на лист.

После термической обработки (закалки с отпуском) временное сопротивление сталей достигает 80—120 кгс/мм<sup>2</sup>.

В СССР для термической обработки толстых листов на ряде металлургических заводов вступили в действие автоматизированные агрегаты для нормализации и закалки листов с отпуском. Прочностные характеристики обработанной стали увеличились в среднем на 20—25 %.

Большие работы ведутся в СССР и за рубежом по совершенствованию способов термической обработки толстолистового проката. Интересным представляется непрерывный агрегат — закалочная машина с двумя рядами роликов, между которыми лист в процессе закалки совершает возвратно-поступательное движение и охлаждается водой под высоким давлением. На роликовой закалочной машине можно получить толстолистовой прокат с равномерными механическими свойствами. По сравнению с прессом время закалки сокращается на 30—50 %.

На Орско-Халиловском металлургическом комбинате смонтирована машина роликового типа отечественной конструкции для термообработки листов толщиной 6—50 мм, шириной до 2500 мм и длиной до 20 м с прокатного нагрева в потоке толстолистового стана 2800 со скоростью транспортирования листов через машину 0,5—3 м/с.

Перспективно термическое упрочнение горячекатаных полос — вместо термической обработки полос разрезанных на отдельные листы. Термическая обработка полос в рулонах — подтверждение одной из наиболее прогрессивных тенденций в области упрочнения листового проката: стремления к высокой производительности и повышенному качеству обрабатываемой продукции.

В нашей стране разработано техническое предложение о создании агрегата для термической обработки полос толщиной 4—16 и шириной до 1850 мм в рулонах массой до 36 т, а также листов из низколегированных сталей. Как результат — повышение временного сопротивления металла после закалки и отпуска до 70—

80 кгс/мм<sup>2</sup>. В будущем эти агрегаты несомненно найдут применение для термической обработки не только стальных, но и алюминиевых полос.

Для упрочнения листового проката применяется и термомеханическая обработка. В Чехословакии таким способом обрабатывают толстые листы толщиной 8—14 мм. А Всесоюзным научно-исследовательским институтом металлургического машиностроения разработан проект участка термомеханической обработки толстых листов из низколегированных сталей толщиной 10—25 мм с временным сопротивлением до 250 кгс/мм<sup>2</sup> в потоке стана 1700, который намечено пустить на одном из металлургических заводов нашей страны.

Наиболее прогрессивный способ — термическая обработка холоднокатаной листовой продукции в непрерывных агрегатах. В этом случае температура каждого участка полосы одинакова, что гарантирует однородность структуры и свойств отожженного металла. Кроме того, значительно сокращается время отжига — оно составляет всего несколько минут. Способ допускает полную механизацию и автоматизацию всех операций непрерывного процесса отжига. Вместе с тем из-за большой скорости охлаждения полоса после непрерывного отжига приобретает мелкозернистую структуру с повышенной твердостью.

На Ново-Липецком металлургическом заводе построен непрерывный агрегат с башенной печью для термической обработки трансформаторной полосы толщиной 0,35—0,85 и шириной 500—1000 мм. Транспортируется полоса через печь со скоростью 0,3—5 м/с.

Как одно из прогрессивных направлений в термической обработке полос из нержавеющей сталей следует отметить закалку в непрерывных агрегатах с вертикальными безмуфельными печами (с применением защитной атмосферы), производительность которых достигла 50 тыс. т в год.

Более интенсивное развитие производства листового проката — одна из главных задач прокатного производства в целом в нашей стране. Наряду со строительством новых станов для производства широкополосной горячей и холоднокатаной стали в ближайшее время в СССР предполагается установить еще один толстолистовой стан 3600, а также толстолистовой стан кварто с длиной бочки валков 5000—5500 мм.

## Прокат с покрытиями

Защита металла от коррозии — одна из важнейших технических проблем (около 10% годового производства металла гибнет от коррозии). В связи с этим большое значение имеет организация на металлургических заводах непрерывного процесса нанесения покрытий на полосу с высокой степенью механизации и автоматизации. Последнее обстоятельство важно, поскольку позволяет создать наиболее благоприятные условия для нанесения покрытий — в плане способов подготовки поверхности в зависимости от требований потребителя и выбора типа покрытия.

Технологический процесс производства металлопродукции с покрытиями состоит из десятка операций, причем хорошее качество покрытий может быть получено только в том случае, если они наносятся на свежую, только что подготовленную поверхность. Высокое качество стальной полосы и высокая эффективность ее использования в различных отраслях хозяйства объясняют причины заинтересованности в этом материале во многих развитых странах.

За последние десять лет в полный голос заявил о себе листовой прокат с полимерными покрытиями. Выпуск этого материала достиг большого масштаба. Линии для нанесения полимерных покрытий работают в Англии, Франции, ФРГ и других странах и будут введены в эксплуатацию в ГДР, в Болгарии, в ЧССР. В Советском Союзе в стадии завершения строительства находится агрегат для нанесения поливинилхлоридной пленки на стальную полосу.

Высокая коррозионная стойкость и внешняя декоративность обуславливают применение стали с полимерными покрытиями в различных отраслях промышленности; они частично заменяют цветные металлы, нержавеющей сталь и значительно удлиняют срок службы изделий из обычной углеродистой стали.

В качестве органических покрытий полосового проката применяют различные полимерные и лакокрасочные материалы, к которым предъявляют следующие требования: высокие физико-механические свойства, атмосферостойкость, сохранение декоративного вида и защитных свойств после деформации.

Полимерные материалы для отделки полосового проката можно разделить на две основные группы: термореактивные — на основе акриловых, силико-акриловых, алкидных, полиэфирных, силикон-полиэфирных, эпоксидных смол и их модификаций; термопластичные — на основе поливинилхлоридных, поливинилиденфторидных смол и их сополимеров.

Наибольшее распространение получила полосовая сталь, покрытая пигментированными лакокрасочными материалами на основе акрилатов и полиэфиров. Особенно хорошие результаты дает применение силикон-полиэфиров и силикон-акрилатов. Так, силикон-полиэфирные покрытия наряду с высокой атмосферостойкостью отличает хорошая деформируемость, износостойкость и цветостойкость. В атмосферных условиях силикон-полиэфирные покрытия надежно защищают металл от коррозии на протяжении 10—15 лет. Полиэфирные покрытия имеют срок службы до 20—25 лет.

Поливинилхлоридную пленку можно имитировать под кожу, дерево, шелк, с тем, чтобы использовать ее для отделки интерьеров. Производство металлопласта на основе поливинилхлоридной пленки на заводе «Запорожсталь» (75 тыс. т в год) дает народному хозяйству экономию более 14,5 млн. руб.

Наносят полимерные покрытия на полосовой прокат на непрерывных высокопроизводительных линиях с высокой степенью механизации и автоматизации. Современные линии работают при скорости движения полосы от 10 до 120 м/мин. Ширина полосы достигает 1850 мм, толщина 0,15—2,0 мм.

Широко используют в промышленности процесс нанесения различных покрытий на металл в вакууме. Атомы испаренного металла перемещаются в вакууме прямолинейно и конденсируются на поверхности основного материала, температура которого ниже температуры испарителя. Техника напыления в глубоком вакууме применяется уже давно для многих производственных процессов в оптике, электронике и др. Однако в металлургии заметных успехов добились только с появлением электронно-лучевых пушек значительной мощности. Электронно-лучевое напыление имеет следующие преимущества:

универсальный характер, так как одна и та же уста-

новка без существенного переоснащения может напылять совершенно разные металлы: алюминий, цинк, олово, хром, титан, никель и др.;

возможность одновременного нанесения различных металлов и с различной толщиной слоев на обе стороны стальной ленты;

возможность получения многослойных покрытий из различных материалов;

высокая интенсивность процесса.

Интенсивно применяют антикоррозионные покрытия и на сортовом прокате. Практика показывает, что более целесообразно покрывать прокат сразу после изготовления. В этом случае исключается последующая коррозия металла при его хранении. Покрытие осуществляется напылением краски (грунтовка) на очищенную поверхность профильного проката. Для нанесения грунтового покрытия в прокатных цехах устанавливают непрерывно действующие линии.

В ряде зарубежных стран в последние годы уделяют внимание горячему цинкованию стальных конструкций. Прокат перед цинкованием тщательно очищают от окалины, масла и грязи, а затем погружают в ванну с жидким цинком, покрытым слоем флюса (хлористый аммоний). Цинковое покрытие защищает металл от коррозии в течение 15—20 лет.

Один из важных резервов экономии металла — применение холодногнутых профилей с защитными полимерными покрытиями. Некоторые конструкции машин, изделий или строительных сооружений по условиям прочности могут быть выполнены из тонкостенных профилей, однако, учитывая коррозию и длительность срока службы изделия, применяют профили повышенной толщины. Поэтому защита тонкостенных фасонных профилей приобретает первостепенное значение.

Гнутые профили, покрытые различными полимерными материалами, обладают свойствами, присущими как металлу, так и пластмассам, что позволяет использовать их во многих отраслях народного хозяйства. Их применяют в транспортном машиностроении при изготовлении пассажирских вагонов, тепловозов, вагонов метро, для обшивки боковых стен, настилов полов, а также для декоративной отделки. Кроме того, самый главный потенциальный их пользователь — строительство: как облицовочный материал для стен, крыш и

полов, для ступеней и поручней, а также для различных стеллажей, складских сооружений, конвейеров и др. В этом случае необходимы угловые, швеллерные, зетобразные, корытные и замкнутые профили с полимерными покрытиями, а также профили специального назначения.

## Биметаллический прокат

Использование биметаллов<sup>1</sup> — один из путей экономии дорогостоящих и дефицитных высоколегированных сталей, сплавов и цветных металлов. Кроме того, они улучшают технические характеристики и увеличивают срок службы машин и механизмов благодаря удачному сочетанию прочности, износостойкости, способности противостоять ударным нагрузкам, антифрикционным и другим свойствам, которые трудно получить в однородном материале. Так, биметалл, в котором основной слой — высокопрочная конструкционная сталь (80% общей толщины листа), а плакирующий — коррозионно-стойкая сталь заменяет саму коррозионно-стойкую сталь; при этом повышается прочность основного слоя. Ну, а благодаря этому уменьшается общая толщина листа, а следовательно, и масса конструкции: как результат (а также потому, что двухслойный лист значительно дешевле листа из коррозионно-стойкой стали) — снижается стоимость машин и конструкций.

В СССР и за рубежом освоено производство многих видов биметаллических полуфабрикатов:

крупногабаритные листы с плакирующим слоем из коррозионно-стойких сталей, титана, меди, латуни, никеля, монеля;

полосы с износостойким слоем;

лента из малоуглеродистой стали с антифрикционными сплавами;

<sup>1</sup> Биметаллы — пластинки, ленты, листы, проволока и другие изделия из двух слоев разнородных металлов. Один слой — дешевый металл (основа), другой — дорогостоящий, со специфическими свойствами. Основа несет силовую нагрузку, а металл, нанесенный на нее, выполняет основные функции. Такие материалы в настоящее время используются в пищевой, химической, судостроительной промышленности, приборостроении и т. д. Изготавливают их главным образом прокаткой.

листы и ленты из малоуглеродистой или нержавеющей стали с алюминием и сплавами на его основе;

листы, полосы и ленты полностью или локально плакированные (алюминий+медь);

плиты и листы из алюминиевых сплавов с тонким плакирующим слоем алюминия;

ленты и полосы из сочетания различных цветных металлов и сплавов титан+сталь, титан+алюминий, золото или серебро+латунь, тербиметаллы и др.;

ленты и полосы с плакирующим слоем из тугоплавких металлов и сплавов.

В настоящее время существует целый ряд методов получения биметаллических соединений: проката на обычных станах; сварка взрывом; прокатка на вакуумных станах; совместное прессование и др. Прокатка — один из наиболее дешевых способов. Ежегодно расширяется марочный и размерный сортамент прокатываемых биметаллов благодаря применению новых марок сталей и сплавов, а также расширению диапазона толщин и ширин прокатываемых листов, в частности увеличения общей толщины и габарита листа.

В настоящее время освоена технология производства крупногабаритных (толщиной 80 и шириной до 3000 мм) биметаллических листов массой до 3,5 т с плакирующим слоем из коррозионно-стойкой стали. Технология производства тонких коррозионно-стойких биметаллических листов (углеродистая сталь — нержавеющая сталь марки X18H10T) разработана на Челябинском металлургическом заводе, где их прокатывают на полунепрерывном стане 2300/1700. После холодной прокатки и термической обработки холоднокатаный биметаллический лист толщиной 1,5 мм отличается высокой пластичностью и достаточными прочностными характеристиками.

Технология изготовления биметалла с основой из стали марок 10, 15 и плакирующим слоем из марок стали P9, P18, PЭМЗ, X12M разработана на Горьковском металлургическом заводе. Изготовленные ножи для резки холоднокатаной трансформаторной стали с карлитовым покрытием показали стойкость в 4—5 раз выше, чем из сталей 6ХВ2С и 6ХС.

Наиболее прогрессивный способ производства тонколистового биметалла — рулонная прокатка. Благодаря ей можно увеличить выпуск биметаллического проката

на тех же площадях, повысить производительность труда в 1,5—2 раза, улучшить качество продукции, условия труда, механизировать и автоматизировать технологические операции. Расчеты показали, что ее использование для выпуска, например, биметаллической ленты томпак—сталь—томпак вместо поштучного способа пакетной прокатки позволяет благодаря снижению себестоимости на 14,2% получить экономический эффект 1,3 млн. руб.

Высокую экономическую эффективность применения биметаллического проката в самых различных областях народного хозяйства подтверждают следующие данные. Изготовление вкладышей подшипников скольжения тракторных двигателей из антифрикционного биметалла сталь—сплав АСМ сэкономило на каждом двигателе до 8 кг свинцовистой бронзы и 20 кг стальной трубы: а общая экономия от применения антифрикционных биметаллов в тракторной промышленности составила более 50 млн. руб. в год. Применение толстолистного биметалла сталь—медь в судостроении и химическом машиностроении позволяет экономить несколько тысяч тонн дефицитной меди в год. Биметалл сталь—латунь Л90 с пружинящими свойствами, заменивший разнородные бронзы в электроустановочных изделиях, сэкономил порядка 1000—1200 руб. на тонну биметаллической ленты.

Существенно прогрессирует способ изготовления двухслойного листового проката с использованием энергии взрыва. Работы, проведенные в институте гидродинамики Сибирского отделения АН СССР, показали его перспективность. Процесс протекает несколько микросекунд и не успевают образовываться в «опасном» количестве хрупкие интерметаллиды, влияющие на прочность сцепления слоев биметалла. И, кроме того, метод не знает «размерных» ограничений. Например, был получен биметаллический лист (сталь—нержавеющая сталь) размером 3500×5000 мм. Наконец, значительно сокращается толщина плакирующего слоя. Так удалось получить плакирующий слой нержавеющей стали толщиной до 1% от толщины изделия.

Способ следует считать рациональным для производства биметаллов с таким сочетанием металлов и сплавов, которые прокаткой изготовлены быть не могут. Нелегко получить биметалл с плакирующим слоем

из труднодеформируемых металлов на обычных листопрокатных станах. Нелегко изготовить прокаткой и биметаллы плохо свариваемых компонентов или таких, температуры сварки которых сильно различаются (сталь — титан, сталь — молибден, сталь — вольфрам и др.). Увеличить габариты двухслойных листов не позволяют мощности прокатных станов. И все эти трудности отпадают, если использовать энергию взрыва.

\* На отечественных заводах накоплен определенный опыт использования взрыва при изготовлении биметаллических листов с основным слоем из низко- и среднеуглеродистых и низколегированных сталей и плакирующим из стали марок 1Х8Н10Т, ЭИ811, ОХ13, ЗХ13 и других, а также цветных металлов алюминия, никеля, свинца, серебра, титана, меди и ее сплавов.

Марочный и размерный сортамент расширяется благодаря новым маркам сталей и сплавов основного и плакирующего слоя, а также изменению диапазона толщин и ширин прокатываемых листов, в частности увеличения общей толщины и габарита листа. Но одновременно с расширением сортамента повышаются требования к качеству биметаллических соединений.

## Производство гнутых профилей

Другой важнейший фактор экономии металла, улучшение технологии изготовления и повышения качества машин, механизмов и сооружений — применение гнутых профилей проката. Опыт показывает, что они позволяют снизить расход металла в среднем на 20—25%, трудоемкость изготовления изделий на 30%. Развитие производства гнутых профилей существенно изменит структуру сортамента прокатной продукции.

Гнутые профили — один из новых экономичных видов металлопродукции. Их получают профилированием листов, полос и ленты различной толщины и длины на профилегибочных станах из стали, цветных металлов и сплавов. Высокопроизводительные профилегибочные станы установлены на металлургическом заводе «Запорожсталь», Череповецком и других заводах. Сортамент — профили общего назначения: уголки, швеллеры, зетовые, корытные, С-образные, замкнутые, а также

профили специального назначения и гофрированные листовые.

Гнутые профили по сравнению с другими видами проката имеют целый ряд преимуществ, а именно: коэффициент использования металла при профилировании 99,5—99,8%, величина брака в 3—5 раз меньше, чем при горячей прокатке;

методом профилирования можно получить форму профиля, позволяющую заменить сочетание нескольких профилей;

у гнутых фасонных профилей наиболее рациональное распределение металла по сечению и в связи с этим максимальная жесткость и прочность при минимальном расходе металла;

существует возможность получать практически любую конфигурацию профиля в поперечном сечении — в широком диапазоне размеров по ширине, толщине и длине;

процесс профилирования можно совмещать в одной непрерывной линии с другими производственными процессами, например, автоматической шовой или точечной сваркой, пайкой, резкой металла замкнутых профилей и т. д.;

точность размеров гнутых значительно выше точности размеров горячекатаных профилей.

Сортамент гнутых профилей насчитывает около 600 профилеразмеров, из них 335 освоено на заводе «Запорожсталь». За период с 1959 по 1973 г. в СССР изготовлено и применяется 4,2 млн. т гнутых профилей, что позволило сэкономить в народном хозяйстве около 700 тыс. т металла.

По мере расширения сферы использования гнутых профилей их форма усложняется. Объясняется это тем, что гнутые профили — в основном готовые детали и их можно использовать без дальнейшего изменения формы и размеров. В будущем их сортамент (специального назначения) значительно увеличится, что позволит удовлетворить возрастающий спрос промышленности и строительства.

Широко применяют и перфорированные профили: в сборно-разборных сооружениях они снижают вес металлоконструкций на 18—20%, ускоряют сборку и монтаж конструкций, устраняют сварочные работы при монтаже, уменьшают трудоемкость монтажных работ.

Перфорированные профили — это такие, в которых по всей длине через определенные расстояния имеются различные по форме и размерам отверстия. Перфорированные профили уголкового и швеллерного типов можно соединять при помощи болтов в различных комбинациях, что обеспечивает получение металлоконструкций всевозможных видов и назначений. Опыт эксплуатации подтвердил, что возможности применения перфорированных профилей еще далеко не исчерпаны.

Один из новых видов металлопроката — замкнутые сварные профили различной конфигурации поперечного сечения: в основном применяется прямоугольное и квадратное. Существует несколько способов их изготовления. Наиболее выгодно, производительно и перспективно использование профилегибочных станков в сочетании с высокочастотной сваркой. В этом случае себестоимость производства значительно ниже, чем при сварке горячекатаных профилей (на 14%), горячей формовке (на 17%), волочении (на 45%), холодной формовке электросварных труб (на 8%). Сортамент же замкнутых профилей, полученных профилированием на стане, в несколько раз шире и разнообразнее сортамента профилей, полученных другими способами.

Замкнутые сварные профили выгодно применять в сжатых, сжатоизогнутых и скручиваемых элементах конструкций, так как они в большей степени приспособлены для работы на поперечный изгиб, чем круглые трубчатые. Прочностные характеристики замкнутых гнутых профилей при одинаковой площади поперечного сечения выше, чем у сварных горячекатаных.

Одно из важнейших направлений рационального и эффективного использования металла — широкое применение в промышленном и гражданском строительстве, а также на транспорте специальных холодногнутых профилей проката, подвергнутых термической обработке, что позволяет дополнительно экономить металл.

В сортамент термообработанных гнутых профилей входят швеллеры, С- и S-образные, замкнутые, корытообразные и угловые профили толщиной 1—8 мм. Термическое упрочнение проводят интенсивным охлаждением профилей, нагретых в печах до температуры закалки 950—1000°С. Окончательные свойства и структура металла определяются режимом охлаждения и

температурой последующего отпуска (600—700°С) в отпускной газовой печи.

Один из перспективных видов экономичных профилей проката — гнутые профили, усиленные периодически повторяющимися гофрами жесткости. Они широко применяются в конструкциях обшивок боковых и торцевых стен, дверей, крышек люков грузовых цельнометаллических вагонов и полувагонов. Разработана и освоена новая технология изготовления двух типов обшивок — с продольными и поперечными периодически повторяющимися гофрами. Технология предусматривает формовку периодически повторяющихся гофров на непрерывно движущейся полосе в паре специализированных валков (один из которых имеет выпуклые, а второй — вогнутые формирующие элементы) высокопроизводительных профилегибочных станков. По данным Алтайского вагоностроительного завода, применение гнутых профилей, изготовленных по новой технологии, только в конструкциях грузовых цельнометаллических вагонов позволит экономить 2,2 млн. руб. в год, благодаря более высокой технологичности сборки, повышению эксплуатационных качеств вагонов, увеличению их межремонтных сроков.

В 1972 г. на Череповецком металлургическом заводе введен в эксплуатацию цех гнутых профилей. Такие же цехи строятся и на ряде других предприятий страны.

## Прокатка-волочение

В последнее время усилия ученых и производственников направлены на создание новых прогрессивных, рациональных технологических процессов. Один из таких принципиально новых процессов производства холоднокатаных листов и ленты разработан в Челябинском политехническом институте под руководством В. Н. Выдрина: он получил название прокатка-волочение и запатентован в США, Японии, Италии, Швеции и других странах.

Сущность процесса прокатка-волочение в том, что полоса в процессе прокатки охватывает каждый из валков клети на угол более 180°; к ее концам прикладывается натяжение, на дугах охвата валков возникает

трение покоя, а на контактных поверхностях силы трения равны и направлены в противоположные стороны. Благодаря этому, в отличие от существующего способа прокатки, удельное и полное давление снижаются в несколько раз. В результате повышается эффективность прокатки, в частности: увеличиваются усилия разовых обжатий, снижается расход энергии и повышается коэффициент полезного действия процесса, а эффективность прокатки-волочения возрастает с уменьшением толщины полосы.

Все это позволяет получать прокаткой особо тонкую ленту толщиной до нескольких десятых миллиметра, которую на обычном стане из-за прогиба валков получить крайне затруднительно. Кроме того, возможно создать более компактное и производительное оборудование для холодной прокатки листов и лент. Так, стан для прокатки-волочения по весу и размерам вдвое меньше пятикатетового стана той же производительности.

Процесс прокатки-волочения в настоящее время внедряется на ряде предприятий страны. Для Новосибирского металлургического завода изготовлен уникальный стан 800 для прокатки-волочения полос из труднодеформируемых сталей и сплавов.

Новая технология прокатки потребовала создания принципиально нового оборудования, которое на существующих станах еще не встречалась. Стан 800 имеет следующие характеристики: длина бочки валков — 800 мм, диаметр бочки валков — 700 мм, скорость полосы на выходе стана — 5 м/с, толщина входящей полосы — 2,3 мм, а выходящей — до 0,3 мм.

У процесса есть еще одна сфера применения — его можно использовать для правки высокопрочных тонких листов практически любой минимальной толщины со строго фиксированным обжатием по всей длине рулона. Именно такой принцип выбран для строящегося сейчас крупнейшего в стране цеха холодной прокатки на Челябинском металлургическом заводе.

Как показывают расчеты, переход на новую технологию в действующих цехах холодной прокатки может дать значительный экономический эффект. Например, если один из двух дрессировочных станов цеха жести Магнитогорского металлургического комбината перевести на процесс прокатки-волочения, то выпуск металла возрастет в 1,8 раза. Затраты на перестройку составят

всего 136 тыс. руб., а ожидаемая экономия превысит 11 млн. руб. в год. Кроме того, появится возможность прокатывать жести толщиной на 0,04 мм тоньше, чем сейчас. А это позволит из того же количества металла производить консервных банок на 20% больше.

Экспериментальные данные подтверждают высокую экономическую эффективность процесса при прокатке тонких и особотонких листов и лент из трудноформируемых и сильно упрочняющихся цветных металлов и сплавов.

## Прокатка в вакууме и инертных средах

Современная техника все настойчивей «требует» от проката особых физико-механических свойств, минимального содержания газов и неметаллических включений. Таким требованиям не может удовлетворить материал, полученный обычной высокотемпературной обработкой давлением на воздухе, которую сопровождают окисление металла и его насыщение газами (водородом, азотом). Например, при обработке вольфрама на воздухе в нагретом состоянии из каждой тонны металла в окислы перейдет до 120 кг, т. е. 12%, а горячая деформация ниобия и тантала сопровождается 30% его потерями. При этом в результате диффузии газов в металл значительно понизятся его пластические свойства.

Применение в ряде случаев способов предохранения металла от окисления — защитные покрытия, нагрев в защитной атмосфере — не всегда достигает цели. Чтобы сохранить высокую чистоту металлов, а одновременно и улучшить их технологические и физические свойства, советские металлурги начали применять при горячей обработке давлением вакуум и атмосферу инертных газов. Это дало поразительный результат: почти в 20 раз снизилось содержание примесей в высокочистом инертном газе по сравнению с их содержанием в воздухе, а при разряжении в  $10^{-6}$  мм рт. ст. количество примесей уменьшается в 760 млн. раз. В связи с этим в последние годы разработана технология и создано оборудование для вакуумной прокатки, которое используется также и для работы с инертными газами.

Вакуумные прокатные станы рассчитаны на нагрев, прокатку и охлаждение металла без доступа воздуха. Они позволили обрабатывать химически активные и тугоплавкие металлы и сплавы на основе высокоактивных металлов, а также получать новые композитные материалы. Вакуумная прокатка значительно улучшает эксплуатационные и технологические свойства некоторых прецизионных сплавов. Станы подобного типа в последние годы стали строиться в США и Японии.

Если для многих сплавов железа, тугоплавких и редких металлов горячая деформация в вакууме или в инертной среде позволяет усовершенствовать технологию обработки, улучшить свойства и существенно увеличить выход годной продукции, то для некоторых металлов новой техники обработка давлением в вакууме — вообще единственный способ реализации самого процесса горячего деформирования.

При нагреве, прокатке и охлаждении некоторые сплавы дополнительно рафинируются, поскольку в них растворены газы. Содержание газа в металле во многих случаях оказывает решающее влияние на его механические свойства. Так, после прокатки в вакууме пластические свойства стали марок 50ХФА и 40Х выше (относительное удлинение на 10—60%, относительное сужение на 30—60%), а прочностные свойства ниже (временное сопротивление на 23—30% и предел текучести на 34—47%), чем после прокатки на воздухе. Кроме того, у сплавов, прокатанных в высоком вакууме, на 10—15% неметаллических включений меньше по сравнению со сплавами, прокатанными на воздухе.

Результаты работ, проведенных в Московском институте стали и сплавов под руководством А. В. Крупина и в других организациях, показали, что эффективность относительного улучшения качества и технологической пластичности стали обеспечивается и при прокатке в вакууме порядка  $10^{-1}$ — $10^{-2}$  мм рт. ст. После прокатки в вакууме устраняется красноломкость, повышается пластичность и коррозионная стойкость ряда сплавов.

В некоторых случаях получить биметаллы с легкоокисляющимися компонентами при горячей прокатке на воздухе трудно, а иногда практически невозможно. В связи с этим в последние годы применяют высоко-

температурную деформацию в вакууме и инертных средах.

Применение вакуума или инертных газов при прокатке композиционных, в том числе двух- и многослойных, материалов особенно эффективно. Прочность соединения двух- и многослойных материалов достаточно после обжатия в 15—20%, в то время как прокатке на воздухе тех же соединений для получения заданной прочности необходимы обжатия не менее 70—80%. Полученные биметаллы, у которых тонкий рабочий слой — дорогостоящий коррозионно-стойкий металл, а основная часть — толстый лист дешевой малоуглеродистой стали, экономят до 80% дефицитных материалов.

К настоящему времени создано много различных по конструкции лабораторных вакуумных прокатных станков. Для получения композитивных материалов все шире используют совмещенные способы их производства (энергию взрыва с горячей прокаткой в вакууме и последующей раскаткой на воздухе).

Принимая во внимание хорошие показатели при использовании вакуума и инертных газов в производстве проката из ряда сплавов и биметаллов, предусматривается развитие соответствующих мощностей на заводах черной металлургии — установка непрерывных и одноклетевых вакуумных станов.

Ряд вакуумных прокатных станов будет пущен и на заводах цветной металлургии.

## Заключение

По производству основных видов металлургической продукции СССР занимает одно из ведущих мест в мире. Исходя из потребности в прокате на период до 1990 г. предусматривается значительное увеличение выпуска экономичных видов проката: листового, в том числе холоднокатаного и с покрытиями, в особенности жести и оцинкованного листа; фасонных профилей; гнутых профилей и термически обработанного проката. Если исходить из настоящего уровня производства проката, то к 1990 г. в нашей стране будет производиться уже 160—170 млн. т в год, т. е. в 1,5 раза больше, чем в 1975 г.

Чтобы успешно решить поставленные задачи, сле-

дует, чтобы основными агрегатами массового производства стали непрерывные прокатные станы с максимальной степенью автоматизации, объединяющие в одном потоке как можно больше технологических операций.

Кроме того, будут созданы новые механизированные станы небольшой мощности, реконструированы некоторые действующие станы для производства проката малотоннажными партиями, разработаны новые процессы производства проката.

Прогнозы развития металлургии говорят, что в ближайшие 30—40 лет, несмотря на значительный выпуск различных пластмасс и других синтетических материалов, основой машиностроения и строительства останутся металлы. Как считают прогнозисты, производство стали в мире 2080 г. достигнет своей кульминационной точки, будет выплавляться около 5000 млн. т в год. Из этого огромного количества стали на прокат придется примерно 4000—4500 млн. т в год и по сравнению с 1970 г. его производство увеличится в 10—11 раз.

В прокатном производстве в связи с достигнутым уровнем развития контрольно-измерительной аппаратуры и счетно-вычислительной техники в предстоящие годы будет идти ускоренными темпами процесс автоматизации. Ближайшие задачи, которые ставит перед собой прокатчик, — создание полностью автоматизированного прокатного производства, при котором оптимальную программу выпуска прокатной продукции будет определять ЭВМ, исходя из существующих потребностей в прокате.

Цель, которую поставил себе автор, — показать читателю «мир» технологии проката, убедить его в том, что он многообразен и динамичен. И если, прочитав книжку, читатель согласится с этим, автор будет считать свою задачу выполненной.

## ЛИТЕРАТУРА

- Директивы XXIV съезда КПСС. М., Политиздат, 1973.  
Адьюстажное оборудование для отделки сортового проката за рубежом. М., «Черметинформация», 1971, сер. 7, инф. 5.  
Байлхауэр Х., Шмакке Э. Мир в 2000 году. М., «Прогресс», 1973.  
Бень Т. Г., Кольцова А. П., Шишацкая Р. В. Экономическая эффективность термического упрочнения проката и труб. М., «Металлургия», 1974.

Борисенко Г. П., Чернобрювченко Ю. С., Носов В. Д. Информация института «Черметинформация», 1974, сер. 7, вып. 3. Развитие производства катанки на современных проволочных станах за рубежом.

Виткин А. И., Тейндл И. И. Металлические покрытия листовой и полосовой стали М., «Металлургия», 1971.

Выдрин В. Н. Сб «Научно-технический прогресс в прокатном производстве». Южно-Уральское книжное издательство, 1972.

Грицук Н. Ф., Сапрыгин Х. М., Гунин И. В. и др. Производство сортового проката в широком сортаменте. М., «Металлургия», 1973.

Засуха П. Ф., Корщиков В. Д., Бухвалов О. Б., Ершов А. А. Биметаллический прокат. М., «Металлургия», 1971.

Зусман Л. Л. Металлический фонд СССР и США. М., «Черметинформация», 1974.

Казанец И. П. Черная металлургия в девятой пятилетке. М., «Металлургия», 1972.

Крупин А. В., Линецкий Б. Л., Чернышев В. Н. и др. Обработка металлов давлением в вакууме и в инертных средах. М., «Черметинформация», 1972.

Липухин В. А. Современные зарубежные толстолистовые станы. М., «Черметинформация», 1972, сер. 7, вып. 4.

Липухин В. А. Современные среднесортные и мелкосортные станы за рубежом. М., «Черметинформация», 1973, сер. 7, вып. 6.

Механизация адьюстажных работ на предприятиях черной металлургии. М., «Черметинформация», 1972.

Николаева Н. П., Колюбякина Г. С. Бюлл. института «Черметинформация», 1972, № 14, с. 8—44.

Ницкевич Е. А. Бюлл. института «Черметинформация», 1973, № 21, с. 3—12, 24.

Новые профили проката. М., «Черметинформация», 1974.

Новые экономические профили проката. М., «Черметинформация», 1973.

Тришевский И. С., Клепанда В. В., Хижняков Я. В. Холодногнутые гофрированные профили проката. Киев, «Техника», 1973.

Целиков А. И., Зюзин В. И. Современное развитие прокатных станов. М., «Металлургия», 1972.

Целиков А. И. Прокатные станы — настоящее и будущее. М., «Знание», 1974.

Чекмарев А. П. Металлургическая и горнорудная промышленность, 1972, № 6, с. 27—30.

Шефтель Н. И. Улучшение качества и сортамента проката. М., «Металлургия», 1973.

Шефтель Н. И., Мурзин И. И. и др. Отделка сортового проката. М., «Металлургия», 1974.

Просим Вас ответить на предлагаемую анкету. Ответить объективно — это будет неоценимая помощь в нашей работе.

Ваш возраст \_\_\_\_\_

Образование \_\_\_\_\_

Профессия и специальность \_\_\_\_\_

Где живете (в городе или в сельской местности) \_\_\_\_\_

С какого времени являетесь подписчиком этой серии \_\_\_\_\_

Намерены ли в дальнейшем остаться подписчиком этой серии (если нет — то почему) \_\_\_\_\_

Встречались ли трудности при подписке на брошюры серии «Техника» \_\_\_\_\_

Какие темы Вас наиболее интересуют \_\_\_\_\_

## СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие . . . . .	3
Сортамент прокатной продукции . . . . .	6
Нагрев металла перед прокаткой . . . . .	10
Производство заготовок . . . . .	17
О сортовом прокате . . . . .	24
Листовой прокат . . . . .	37
Прокат с покрытиями . . . . .	46
Биметаллический прокат . . . . .	49
Производство гнутых профилей . . . . .	52
Прокатка-волочение . . . . .	55
Прокатка в вакууме и инертных средах . . . . .	57
Заклучение . . . . .	59
Литература . . . . .	60

Зотов Валентин Федорович

## О ПРОКАТЕ

Редактор Г. И. Флиорент  
Обложка художника В. Ф. Лукина  
Худож. редактор Т. И. Добровольнова  
Техн. редактор Ф. Е. Ривилис  
Корректор О. Ю. Мигун

А 02445. Индекс заказа 55004. Сдано в набор 10/II 1975 г. Подписано к печати 7/II 1975 г. Формат бумаги 84×108<sup>1/32</sup>. Бумага типографская № 3. Бум. л. 1. Печ. л. 2. Усл.-печ. л. 3,36. Уч.-изд. л. 3,38. Тираж 68 700 экз. Издательство «Знание». 101835, Москва, Центр, проезд Серова, д. 3/4. Заказ 268. Типография Всесоюзного общества «Знание», Москва, Центр, Новая пл., д. 3/4.  
Цена 11 коп.