

# ТЕХНИКА



ПОДПИСНАЯ НАУЧНО-ПОПУЛЯРНАЯ СЕРИЯ

1989/11

А. В. Третьяков

В. Ф. Зотов

## О ПРОКАТЕ МЕТАЛЛОВ



**ЗНАНИЕ**

НОВОЕ В ЖИЗНИ, НАУКЕ, ТЕХНИКЕ

ПОДПИСНАЯ НАУЧНО-ПОПУЛЯРНАЯ СЕРИЯ

Новое  
в жизни,  
науке,  
технике

**ТЕХНИКА**

№ 11

Издается  
ежемесячно  
с 1961 г.

## **О ПРОКАТЕ МЕТАЛЛОВ**

---

В ЭТОМ НОМЕРЕ

---

**А. В. Третьяков, В. Ф. Зотов**

### **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОКАТНОГО ПРОИЗВОДСТВА**

---

ИНЖЕНЕРНОЕ ОБОЗРЕНИЕ

---

ИЗ ИСТОРИИ ПРОКАТНОГО ПРОИЗВОДСТВА

---

«КАЛЕЙДОСКОП»

---

НАУКА — ПРОИЗВОДСТВУ

---

МОЗАИКА ДЛЯ ЛЕКТОРА

---

ББК 34.3  
О-11

О прокате металлов. — Сб. — М.: Знание, 1989. —  
О-11 64 с. — (Новое в жизни, науке, технике. Сер.  
«Техника»; № 11).

ISBN 5-07-000287-2

15 к.

Прокат — один из наиболее эффективных способов получения как металлического листа, так и профильных изделий. Прокатные станы представляют собой образцы современной техники — простые в изготовлении и работе, рентабельные, высокопроизводительные. Брошюра знакомит как с конкретными образцами техники проката, так и с тем, что пока еще не покинуло стены лаборатории.

2601000000

ББК 34.3

Научно-популярное издание

## О ПРОКАТЕ МЕТАЛЛОВ

### Сборник

Гл. отраслевой редактор *Л. А. Ерлыкин*

Редактор *Г. И. Флиорент*

Мл. редактор *Л. В. Суворова*

Худож. редактор *П. А. Храмцов*

Техн. редактор *Т. Н. Захаренкова*

Корректор *В. В. Каночкина*

ИБ № 9798

Сдано в набор 25.08.89. Подписано к печати 19.10.89. Т-01282. Формат бумаги 84×108<sup>1</sup>/<sub>32</sub>. Бумага тип. № 2. Гарнитура литературная. Печать высокая. Усл. печ. л. 3,36. Усл. кр.-отт. 3,60. Уч.-изд. л. 3,41. Тираж 33 209 экз. Заказ 1597. Цена 15 коп. Издательство «Знание» 101835. ГСП, Москва, Центр, проезд Серова, д. 4. Индекс заказа 894411. Типография Всесоюзного общества «Знание», Москва, Центр, Новая пл., д. 3/4.

ISBN 5-07-000287-2

© Издательство «Знание», 1989 г.

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Во всем мире подавляющая часть выплавляемой стали, а также большое количество цветных металлов и их сплавов обрабатываются давлением. Полуфабрикаты и изделия в этом случае получают пластическим деформированием исходной заготовки без снятия стружки. Процесс экономичен, выход годного высок, и производительность велика. Можно изготавливать детали самых различных размеров и формы. Обработка металлов давлением обычно преследует две основные цели: получение изделий сложной формы из заготовок простой формы и улучшение кристаллической структуры исходного литого металла с повышением его физико-механических свойств.

К обработке металлов давлением относят прокатку, волочение, прессование, ковку, штамповку и некоторые специальные процессы. Наиболее распространена прокатка. Около 80% выплавляемой стали в нашей стране и наиболее развитых капиталистических странах обрабатывается в прокатных цехах.

Со времени Леонардо да Винчи, который создал первый прокатный стан, и до последнего времени неоднократно высказывалась мысль замены прокатки литьем. Однако проходили столетия, методы обработки металлов давлением развивались и совершенствовались, и это несмотря на значительные успехи в литейном производстве.

Причина незыблемого приоритета обработки металлов давлением в улучшении структуры металла, его прочностных характеристик и высокой производительности. Поэтому можно безапелляционно говорить о дальнейшем совершенствовании в обозримом будущем обработки металлов давлением, особенно прокатки.

Однако в настоящее время созданы и успешно эксплуатируются промышленные литейно-прокатные агрегаты для цветных металлов и опытно-промышленные для черных. Объединение литейного и прокатного производств в один непрерывный комплексный процесс — это

реальность настоящего времени. Такой способ значительно экономичнее традиционных дискретных процессов и хорошо поддается роботизации и автоматизации.

Можно смело утверждать, что самым крупным достижением в металлургии XX в. является интенсивное использование в 60-х годах машин непрерывного литья заготовок — МНЛЗ. Организация производства непрерывнолитых заготовок — это основной путь повышения рентабельности черной металлургии. Благодаря МНЛЗ сокращается цикл металлургического производства, так как в этом случае в сталеплавильном производстве нет отделения разлива стали в изложницы, стрипперного отделения, и отделения по подготовке и ремонту изложниц с тележками, а в прокатном производстве не нужны обжимные и заготовочные станы, работающие на слитках. При этом повышается качество заготовок благодаря высокой степени их однородности, растет выход годного, снижаются капитальные затраты, создаются условия для комплексной автоматизации процесса.

Основной недостаток МНЛЗ — незначительная скорость выхода непрерывной литой заготовки (1—3 м/мин), что затрудняет совмещение этих установок непосредственно с прокатными станами, скорость входа заготовок в которых значительно больше. Тем не менее последние научно-исследовательские работы по интенсификации процесса кристаллизации металла и скорости съема тепла с поверхности слитка позволяют надеяться на значительное увеличение скорости выхода заготовок, что, в свою очередь, интенсифицирует процесс создания и внедрения литейно-прокатных агрегатов.

На прокатное производство влияет и сортамент прокатной продукции, он непрерывно расширяется.

Технический прогресс в прокатном производстве происходит по трем основным направлениям: увеличиваются размеры прокатных станов и их производительность, интенсифицируется технологический процесс прокатки и, наконец, внедряются принципиально новые технологии, обеспечивающие непрерывность технологического процесса при одновременном его совершенствовании.

От десятилетия к десятилетию скорости прокатки и массы прокатываемых заготовок увеличивались. За последние 50 лет скорость прокатки полосовых станов возросла с 5—10 до 40—45 м/с, т. е. значительно превысила физиологически доступную для человека скорость

10 м/с. Но росту скоростей сопутствовал ряд достижений научно-технического прогресса, в том числе в электронике, автоматизации, вычислительной технике, гидравлике и т. д.

## **СОВРЕМЕННЫЕ ЛИТЕЙНО-ПРОКАТНЫЕ АГРЕГАТЫ**

Один из самых прогрессивных технологических процессов в черной металлургии — непрерывная разливка стали, разработанная советскими специалистами и распространенная в мире. Все больше металла разливается сегодня «непрерывкой». Удельный объем стали, разливаемой на машинах непрерывного литья заготовок, в общем объеме производства стали во всем мире в настоящее время составляет около 50 %, при этом в Японии — более 90, в странах ЕЭС — около 60, в США — около 50, в СССР — более 20 %. При этом непрерывным способом разливают все типы рядовых и качественных углеродистых и легированных сталей. Согласно прогнозу Международного института стали в 2000 г. не менее 80 % произведенного в мире этого металла будет разливаться непрерывным способом.

В настоящее время непрерывной разливкой производится большая часть слябов для широкополосных и толстолистовых станов. Кроме того, монопольное положение непрерывная разливка заняла на так называемых мини-заводах производственной мощностью в основном до 600—1000 тыс. т в год, которые работают по схеме дуговая плавка — непрерывная разливка — прокатный стан небольшой мощности. Такое широкое и интенсивное внедрение технологии непрерывной разливки объясняется рядом преимуществ перед разливкой стали в слитки, к которым следует отнести:

- повышение выхода годного металла на 20—25 %;

- уменьшение числа технологических операций в производстве стали и тем самым сокращение технологического цикла производства;

- снижение расхода энергии до 15—20 % на получение непрерывнолитой заготовки;

- снижение капитальных затрат при организации непрерывной разливки стали;

уменьшение количества обслуживающего персонала при разливке металла;

повышение качества конечной продукции из-за большой однородности слитка.

Постоянные требования к снижению издержек производства прокатной продукции, связанные с большими тепловыми потерями, обусловленными многократным нагревом металла при его массовом производстве, расходом металла, определяющимся прерывистостью металлургического процесса, капитальными затратами из-за большого количества транспортного оборудования, складами для металла, нагревательными устройствами, а также проблемы охраны окружающей среды заставляют вести поиск более экономичных безопасных для окружающей среды и гибких производственных процессов.

Совмещение в единый и непрерывный технологический процесс МНЛЗ и прокатного стана — мечта металлургов конца XX в. Однако разность в скоростях выхода заготовки из МНЛЗ (на действующих МНЛЗ до 3 м/мин) и скорости ее подачи в прокатный стан (более 0,5 м/с) отличаются на порядок, что не позволяет объединить их в единый технологический процесс. Несмотря на то что первые опытно-промышленные МНЛЗ были горизонтального и наклонного типов (наших советских ученых Граната и Голдобина), они не были освоены и доведены до промышленного внедрения, что связано с их конструктивными недостатками и сложностью освоения технологического процесса. Первыми МНЛЗ, нашедшими промышленное внедрение, были машины вертикального типа, на которых отработана технология непрерывной разливки, и они успешно эксплуатируются на ряде металлургических заводов и в настоящее время. Однако большая высота этих установок (до 43 м) и малая скорость разливки (до 0,8 м/мин) заставляют постепенно отказываться от них.

В настоящее время основное производство непрерывнолитых заготовок осуществляется на радиальных и криволинейных МНЛЗ (их в мире более 1200 шт.), высота которых 12—25 м, а скорость до 3 м/мин. Тем не менее и эта скорость недостаточна для непосредственного объединения МНЛЗ — прокатный стан. Поэтому последние десять лет во всем мире и у нас в стране ведутся интенсивные разработки горизонтальных МНЛЗ, позволяющих повысить скорость разливки заготовок до

25 м/мин и более. Таких установок во всем мире к настоящему моменту эксплуатируется в промышленных условиях уже более сорока.

Технологический процесс разливки на горизонтальных машинах сложнее, чем на криволинейных, тем не менее можно смело утверждать, что за ними будущее и, видимо, их совершенствование и освоение в промышленных условиях позволят полностью осуществить мечту металлургов о непосредственном совмещении МНЛЗ и прокатных станов различных типов.

В настоящее время проводятся большие работы по использованию различных альтернативных решений для создания непрерывных линий МНЛЗ — прокатный стан. Сюда относятся применение планетарных и маятниковых станов, работающих при малых скоростях входа заготовки и больших скоростях выхода, объединение нескольких МНЛЗ с прокатным станом с промежуточным подогревом заготовок и даже с прямой прокаткой.

Совмещение МНЛЗ с прокаткой имеет целый ряд преимуществ по сравнению с комплексом технологических и вспомогательных операций, связанных с разливкой и прокаткой стали:

- сокращается продолжительность цикла производства готовой продукции в 5 раз;

- исключается необходимость в оборудовании для транспортировки и складирования, на которые приходится более половины всех производственных площадей прокатных цехов;

- снижается масса механического оборудования, поскольку отсутствуют уборочные устройства МНЛЗ и загрузочные устройства прокатных станов;

- сокращаются затраты на сооружение и эксплуатацию нагревательных печей (используется тепло металла), тем самым сокращаются энергозатраты в 2—5 раз;

- меньший объем зачистки металла по сравнению с литыми необжатыми заготовками такого же сечения;

- качественнее поверхность и структура литых заготовок, повышаются параметры механических свойств металла.

Из известных методов совмещения МНЛЗ с прокатными станами наиболее интересна прокатка непрерывно образующейся заготовки по окончании кристаллизации, она по крайней мере не уменьшает достоинств однородности непрерывно литого металла, а дополняет их улуч-



шением механических свойств и расширением возможного сортамента.

Процесс совмещения МНЛЗ с прокатными станами в общем случае осуществляется по следующей схеме: машина непрерывного литья заготовок—подогревательная печь или камера для выравнивания температуры по сечению слитка — прокатный стан или комплекс агрегатов по обработке металлов давлением — ножницы для порезки непрерывнолитой заготовки.

Для совмещенных агрегатов выбирают МНЛЗ, позволяющие переводить непрерывнолитые заготовки в горизонтальное положение, — это машины радиального типа, вертикальные с изгибом непрерывнолитой заготовки, горизонтальные, а также колесноленточные. На совмещенных агрегатах перед прокатными клетями, как правило, имеется подогревательная печь или камера для выравнивания температуры по сечению слитка. Выравнивание температуры — необходимое условие совмещения МНЛЗ с прокатными станами, поскольку разность температур по сечению заготовки после выхода ее из кристаллизатора достигает значительных величин и может стать причиной образования дефектов при деформировании металла в прокатном стане. Выравнивание температуры, а также нагрев непрерывнолитой заготовки перед ее прокаткой могут быть осуществлены либо в газовой, либо в индукционной печи.

Однако при выравнивании температуры практически обеспечивается лишь необходимое повышение температуры поверхности слитка, температура же осевой зоны слитка остается более высокой и достигает 1320—1340° С. Такое распределение температур усиливает осевую деформацию металла.

Стремление получить из крупного непрерывнолитого слитка заготовки малого сечения, а также снизить разницу в скоростях выхода металла из кристаллизатора и входа его в прокатную клеть привело к созданию оборудования для прокатки с интенсивной степенью деформации. В настоящее время на совмещенных агрегатах используют клетки специальной конструкции, маятниковые, универсальные планетарные и др. Их устанавливают между МНЛЗ и прокатным станом как своего рода редуктор между ними. Фирма «Демаг» (ФРГ) разработала конструкцию агрегата, предусматривающего совмещение радиальной МНЛЗ с прокатным станом маят-

никового типа. Непрерывнолитая заготовка выходит из кристаллизатора со скоростью 1,2 м/мин и деформируется в обжимной клетке обычной конструкции до сечения  $250 \times 250$  мм, а затем правится. Скорость прокатки металла в клетке «дуо» составляет 1,6 м/мин.

Обжимная клетка обеспечивает транспортировку заготовки, поддержание заданной скорости вытягивания непрерывно литой заготовки, предварительно обжимает заготовку для уплотнения структуры, а также задает металл в маятниковую клетку. Последняя имеет две пары валков, расположенных во взаимно перпендикулярных плоскостях, которые поочередно обжимают заготовку, осуществляя прерывистый процесс деформации. Квадратная заготовка с исходным сечением до  $250 \times 250$  мм за один проход деформируется до  $70 \times 70$  мм. Прокатанный металл режется на мерные длины и убирается в карманы. Такие агрегаты можно применять при производстве заготовок из труднодеформируемых сталей и сплавов.

В СССР ВНИИМЕТМАШем разработан и внедрен в линию совмещенного агрегата универсальный планетарный стан, в котором обжимают металл не с двух, а с четырех сторон, то есть по высоте и ширине, для чего имеются, кроме валков-сепараторов, расположенных, как у обычных планетарных станков, горизонтально, еще такие же валки, но расположенные вертикально.

На электрометаллургическом заводе «Электросталь» успешно эксплуатируется совмещенный агрегат, сооруженный по проекту ВНИИМЕТМАШа для производства катанки диаметром 5—12 мм. Агрегат состоит из одноручьевого МНЛЗ радиального типа, универсального планетарного стана и 6-клеткового непрерывного прокатного стана. Непрерывнолитая заготовка из высоколегированных марок стали прямоугольного сечения с размерами  $115 \times 87$  мм, поступая в универсальный планетарный стан, деформируется до сечения  $11 \times 11$ — $20 \times 20$  мм, затем до размеров катанки на 6-клетковом непрерывном прокатном стане. Промышленная эксплуатация агрегата доказала эффективность производства катанки из высоколегированных марок сталей с использованием в технологической линии стана интенсивной деформации, и этот принцип совмещения рекомендуется разработчикам совмещенных агрегатов на отечественных металлургиче-

ских предприятиях небольшой производительности для изготовления катанки, особенно из спецсталей.

К современным совмещенным агрегатам, производящим сортовую заготовку, следует отнести также колесно-ленточную МНЛЗ в сочетании с прокатными вертикальной и горизонтальной клетями (ротационная непрерывная разливка) японской фирмы «Хитати», впоследствии усовершенствованную фирмой «Корф Энджиниринг» (ФРГ). В настоящее время эксплуатируются два агрегата: один — на заводе «Такаяма» в Нагое, другой — на заводе фирмы «Мариенхютте» в Граце (Австрия).

Оборудование агрегата — МНЛЗ горизонтального типа с движущимся кристаллизатором, с устройством для вторичного охлаждения и правки заготовки и прокатный стан из двух клетей. МНЛЗ состоит из водоохлаждаемого колеса диаметром 3 м с медным желобом по окружности, который в зоне разливки закрывается движущейся водоохлаждаемой стальной полосой толщиной 1,6 мм и служит изогнутым по дуге 90° кристаллизатором. Затвердевшая заготовка выходит из кристаллизатора в горизонтальном направлении, проходит через правильное устройство в зону вторичного охлаждения, где выравнивается температура сердцевины и периферии заготовки и прокатывается сначала в вертикальной, а затем в горизонтальной клетке стана. Заготовка, выходящая из кристаллизатора, имеет трапециевидное сечение для лучшего выхода из желоба. Обжимаясь в вертикальной клетке, заготовка становится прямоугольной, а после горизонтальной клетки — квадратной.

Существенное отличие ротационной непрерывной разливки от классической МНЛЗ в более интенсивном охлаждении стали в кристаллизаторе. И хотя стоимость такого агрегата приблизительно вдвое больше стоимости одноручьевой МНЛЗ, однако ее производительность в 3 раза выше.

Принцип работы МНЛЗ следующий. Расплав из плавильной печи проходит по обогреваемому желобу на копильник, а затем через дозатор в разливочный желоб, на вращающееся колесо с кристаллизатором в виде ручья по окружности колеса, охватывающего его, на 270°. Непрерывнолитая заготовка входит с верхней точки разливочного колеса и поступает по конвейеру на тянущие ролики, затем на летучие ножницы (для обрезки переднего конца заготовки). Далее заготовка поступает

на участок очистки проволочными щетками и через вторую пару тянущих роликов на черновую клеть стана, промежуточные ножницы и чистовую группу стана. Прокатанная на окончательный размер заготовка охлаждается и подается на полуавтоматическую моталку.

Последним достижением в области производства горячекатаных полос на совмещенных агрегатах является установка фирмой «Шлоеман—Зимаг» (ФРГ) опытно-промышленного агрегата для компактного производства полосы (СЗР) на мини-заводе фирмы «Ньюкор» (США). Ее производительность составит 830 тыс. т в год горячекатаной полосы толщиной 2,5—12,7 мм и шириной 1100—1350 мм при максимальной скорости разливки 6 м/мин.

Основными узлами агрегата являются МНЛЗ для получения тонкого сляба, подогревательная печь, четырехклетевой прокатный стан, участки охлаждения и смотки полосы. Горячая заготовка поступает непосредственно в широкополосный стан горячей прокатки, расположенный за МНЛЗ. Такая компоновка существенно изменяет традиционный производственный цикл от выплавляемой стали до катаной полосы. Методическая печь для нагрева полосы и вся черновая группа клетей, применявшаяся прежде на широкополосных станах, оказываются ненужными. Этот опытно-промышленный агрегат предполагается ввести в производство уже в 1989 г.

Совмещения устройств для непрерывной разливки стали с прокатными станами повышают качество производимого металла, кроме того, часть поверхностных дефектов непрерывнолитых слитков устраняется при прокатке, а скрытые дефекты выявляются. На совмещенных агрегатах даже с одной-двумя прокатными клетями устраняются пористость и усадочные раковины в осевой зоне заготовки, улучшаются и механические свойства, и однородность структуры заготовки.

## **СОВРЕМЕННОЕ ПРОИЗВОДСТВО ЗАГОТОВОК И СОРТОВОГО МЕТАЛЛА**

Интенсивное развитие методов непрерывной разливки стали и увеличение производства непрерывнолитых

заготовок сильно влияют на обжимно-заготовочное производство, т. е. уменьшают количество металла, прокатываемого на обжимных и заготовочных станах. Однако производство заготовок в обжимно-заготовочных цехах все еще занимает ведущее место на металлургических заводах большой мощности, на которых успешная работа всего прокатного передела зависит от работы этих станов.

Совершенствование обжимных и заготовочных станов предполагает повышение качества полупродукта, от которого в числе прочего зависит качество готовой прокатной продукции, увеличение выхода годного, унификации оборудования и повышения его единичной мощности.

В последние годы в нашей стране и за рубежом разрабатываются новые конструкции нагревательных устройств, прокатных клетей, устройств охлаждения проката, внедряются новые технологические процессы, такие, как прямая прокатка, продольная резка слэбов, прокатка без калибров, ускоренное охлаждение и др., используются автоматизированные системы управления, позволяющие получать прокат с точными размерами и формой. Технические характеристики на обжимных и заготовочных станах достигли следующих максимальных значений:

диаметр рабочих валков — обжимных станов — 1250—1600 мм, а заготовочных станов — 600—1000 мм;

мощности электродвигателей главных приводов рабочих валков обжимных станов — 12 000—15 000 кВт, заготовочных станов — 2000 кВт;

масса прокатываемых слитков для блюмингов — 20 т, для слэбингов — 45 т;

поперечное сечение блюмов — 500×500 мм, слэбов — 300×2250 мм.

Производительность современных обжимных станов составляет для блюмингов свыше 6 млн. т в год, для слэбингов — 7,5 млн. т в год, годовой объем производства современных отечественных обжимных станов в 1,2—1,3 раза выше, чем на аналогичных зарубежных станах.

Большое влияние на качество металла оказывает нагрев. В настоящее время изыскиваются различные направления его совершенствования, а также технологии

нагрева, позволяющие экономить энергию, снизить расход топлива.

Кроме того, все чаще встречается индукционный нагрев главным образом слябов и заготовок для уменьшения окалинообразования и обезуглероживания. Применяются индукционный одноступенчатый и многоступенчатый виды нагрева. Так, фирма «Мак Лаут стил» (США) работает на одноступенчатом нагреве слябов массой 30 т, размерами  $250 \times 1500 \times 7800$  мм. Многоступенчатый нагрев осуществляется в 2—3 индукторах в течение равных промежутков времени, при этом общее время нагрева такое же, какое необходимо на нагрев металла в одном индукторе.

На слябинге завода фирмы «Ниппон кокан» (Япония) внедрена прокатка слитков без нагрева их в нагревательных колодцах. После разливки кипящей стали и частичного остывания слитков их укладывают по три на теплоизоляционную платформу и накрывают теплоизоляционным колпаком. При погрузке и транспортировке к слябингу температура по их сечению несколько выравнивается. Применение этого способа позволяет увеличить выход годного на 1% за счет уменьшения потерь металла на окалину, а также значительно экономить энергию, расходуемую на нагрев слитков.

Среди построенных в конце 70-х годов обжимных станов следует отметить двухклетевые производительностью 2—3 млн. т в год. Использование двухклетевых обжимных станов — прогрессивное явление, так как не требуется строительства непрерывно-заготовочных станов, а это дешевле. Во второй клетки таких станов получают блюмы и слябы большого числа типоразмеров.

Характерной особенностью развития обжимно-заготовочного производства в Японии является освоение прокатки блюмов широкого сортамента на модернизированных универсальных клетях типа слябинга с уменьшенным расстоянием между горизонтальными и вертикальными валками. В результате сокращается число проходов при прокатке заготовок, значительно повышается производительность станов, сокращается число случаев выхода из строя роллангов и линеек манипуляторов.

Повышается мощность непрерывных заготовочных станов. Кроме диаметров рабочих валков и мощности главных электроприводов, увеличивается сечение прокатываемых заготовок для сортопрокатных станов: для

проволочных станов — до  $100 \times 100$  мм, для мелкосортных — до  $150 \times 150$  мм. Увеличиваются скорости прокатки, для чистовых клетей они составляют 7 м/с. Совершенствуется состав оборудования непрерывных заготовочных станов, которое заключается в установке дополнительных вертикальных клетей или замене горизонтальных клетей вертикальными, обеспечивающими одинаковую деформацию металла в двух взаимно перпендикулярных направлениях и соответственно требуемые свойства заготовок.

Шведскими фирмами «Металмилл» и «Металлформ» разработан прокатный стан новой конструкции «Металмилл Триплет». Стан имеет три пары очень тесно скомпонованных валков, расположенных по схеме: вертикальные — горизонтальные — вертикальные. Расположение валков и их «тесная» компоновка — основной принцип, заложенный в конструкции этого стана. Вертикальные валки предотвращают скручивание заготовки при ее проходе через горизонтальные валки, в которых и происходит максимальное обжатие. У стана следующие особенности:

- прокатные валки имеют гладкую бочку малой длины;

- нет направляющих устройств и манипуляторов;

- производительность стана на 40—60% выше, чем у обычного.

Стан «Металмилл Триплет» работает на заводе «Лесфорс» (Швеция) и имеет диаметр горизонтальных валков 470 мм, а вертикальных — 350 мм. Размеры исходного сляба  $90 \times 270$  мм, прокатной заготовки  $50 \times 50$  мм, производительность стана 35 тыс. т/год. Опыт эксплуатации показал, что на стане достижимы высокий выход годного, низкий расход тепла и невысокие удельные затраты на валки.

В последние годы в производстве заготовок прямоугольного и квадратного сечений появились новые процессы и оборудование, позволяющие получить до 98% деформации за проход. Прокатка с высокими деформациями — перспективное направление, отвечает основным тенденциям развития современного обжимного производства. Их применение повышает производительность труда и качество продукции, экономит энергию и капи-

таловложения, снижает эксплуатационные расходы и себестоимость продукции.

В основу работы станов с высокими деформациями положен принцип циклической обработки металлов, в соответствии с которым заготовка за каждый отдельный цикл продвигается вперед на одинаковую величину (подачу) и в каждом своем сечении многократно подвергается частным или единичным обжатиям. Высокая деформация осуществляется в основном на маятниковых, колебательно-ковочных, планетарно-косоваликовых, поперечно-винтовых, а также на универсальных планетарных станах. Маятниковая клеть фирмы «Демаг» (ФРГ) имеет две пары валков, расположенных во взаимно перпендикулярных плоскостях, которые поочередно обжимают заготовку, осуществляя прерывистый процесс деформации.

\* \* \*

За рубежом появились станы, работающие по принципу колебательно-ковочных машин, специфической особенностью которых является малая скорость задачи и высокая степень деформации за один проход. Станы выпускаются двумя западногерманскими фирмами.

В настоящее время для получения сортовой заготовки из непрерывнолитого слитка внедряются станы поперечно-винтовой прокатки. В ФРГ введен в эксплуатацию планетарный косоваликовый стан фирмы «Шлоеман—Зимаг», на котором вытяжка достигает восьмикратной величины. Из заготовок круглого (диаметром 78—125 мм) и восьмигранного сечения получают круглые профили диаметром 43—51 мм, из заготовок квадратного сечения — квадратные профили с выпуклыми гранями.

Обжатие заготовки на планетарном косоваликовом стане осуществляется с помощью трех конических грибовидных валков, расположенных вокруг оси прокатываемой заготовки под углом  $120^\circ$  и наклонных к этой оси. Благодаря наклону, расположению вращающихся вокруг своих осей и вокруг заготовки валков заготовка поступательно движется вперед. Во избежание вращения заготовки подбирают такой угол наклона осей валков к оси заготовки, при котором сохраняется постоянное отношение диаметра валков к диаметру заготовки во всей зоне деформации. Вращение коническому вал-



ку передается с помощью планетарной передачи с конической шестерней. Основные преимущества планетарного косовалкового стана следующие: малые капиталовложения, компактная конструкция, высокий коэффициент вытяжки, простота обслуживания, простота электрического привода, небольшой шумовой эффект, обеспечение непрерывности процесса прокатки.

Во ВНИИМЕТМАШе и в Московском институте стали и сплавов (МИСиС) проведены исследования и опробована поперечно-винтовая прокатка круглых профилей из непрерывнолитых заготовок. Установлено, что применение поперечно-винтовой прокатки при восьмикратной вытяжке обеспечивает равномерность механических свойств, а при вытяжке, равной 11,6, — однородность микроструктуры металла по сечению профиля. Нарушений сплошности металла после поперечно-винтовой прокатки не наблюдалось. Исследования показали, что процесс поперечно-винтовой прокатки может быть перспективным для обработки непрерывнолитого металла. В дальнейшем на основе этого вида прокатки в МИСиСе был разработан способ обработки металлов давлением, получивший название «радиально-сдвиговая прокатка» (РСП). В процессе РСП металл деформируется тремя рабочими валками, вращающимися в одном направлении и расположенными вокруг оси прокатки через  $120^\circ$ . При этом угол подачи, т. е. угол между осями валков и заготовки, должен быть в пределах  $20\text{--}30^\circ$ . Только при таком условии интенсивные сдвиговые деформации действуют на металл по всей глубине заготовки, и она прокатывается по всему сечению.

Процесс РСП позволяет из литой структуры заготовки получить мелкозернистую, равномерно распределить карбидные составляющие по всему металлу, повысить пластичность металла в 1,8—2,5 раза по сравнению с продольной прокаткой, добиться десятикратной вытяжки за проход, высокого качества поверхности и точности геометрических размеров заготовки.

Донецким политехническим институтом, Донецким металлургическим заводом и Макеевским металлургическим комбинатом освоена технология принципиально нового процесса — многоручьевого прокатки (МНР) на обжимно-заготовочном стане «950/900» Донецкого металлургического завода и заготовочном стане «850» Макеевского металлургического комбината. Многоручьевая

прокатка заключается в прокатке заготовки плоского сечения в валках, имеющих два или три ромбических или квадратных калибра, и получении раската из сочлененных перемычками заготовок квадратного сечения, которые в дальнейшем разделяются непосредственно в валках прокатного стана.

Технология МПР является принципиально новым процессом в обработке металлов давлением. Увеличение числа одновременно прокатываемых заготовок особенно эффективно при прокатке непрерывнолитых слэбов. Применение МПР значительно улучшает технико-экономические показатели работы прокатных станов. Производительность стана возрастает на 10—30%, снижаются энергозатраты на 8—10%, по сравнению с традиционной прокаткой.

К новым технологическим процессам производства полупродукта за рубежом следует отнести одновременную прокатку нескольких раскатов, размещенных на гладкой бочке параллельно и вплотную один к другому. Для оптимизации температурного режима в процессе прокатки после суммарного относительного обжатия по одной стороне, равного 0,2—0,35, раскаты одновременно кантуют на 90° и меняют местами таким образом, чтобы один из боковых раскатов занял место среднего на последующем этапе прокатки. Данная технология значительно повышает производительность стана.

Среди новых технологических процессов производства полупродукта следует отметить прокатку заготовок в гладких валках. Сущность процесса заключается в попеременном обжатии в вертикальной и горизонтальной плоскостях заготовки, главная ось которой перпендикулярна к оси валков. Этот процесс возможно осуществить только в горизонтальных валках с кантовкой раската на 90° после каждого прохода.

Процесс прокатки в валках без калибров запатентован австрийской фирмой «Коппер рифайнриз». Отличительная особенность процесса — прокатка заготовки с отношением длины большей оси поперечного сечения к меньшей 1,5—2,5. Заготовку подают таким образом, чтобы со стороны входа ее меньшая ось была параллельна рабочим поверхностям валков.

Прокатка заготовок в гладких валках освоена на заготовочном стане завода фирмы «Кавасаки сэйтэцу» (Япония). Применение этой технологии дает более вы-

сокое качество проката и выход годного, большую производительность. Кроме того, уменьшаются капиталовложения и эксплуатационные затраты благодаря работе при прокатке всей площади валков, более быстрой и легкой их переточке, использованию меньшего числа клетей, упрощению перехода с профиля на профиль и настройки стана, унификации схемы обжата на стане, улучшению условий захвата и т. д.

Применяется за рубежом и ускоренное охлаждение полупродукта, которое позволяет экономить тепло и металл, повышать качество продукции; используются устройства типа «водяного колеса», кессонные, брызгала, размещенные на рольганге и конвейере, использующие для охлаждения воду, а также камеры охлаждения, в которых реализуется тепло, выделяемое заготовками, и вентиляторы на рольгангах и холодильниках. Фирмы «Син ниппон сэйтэцу», «Сумитомо киндзоку коге», «Кавасаки сэйтэцу» применяют различных типов системы ускоренного охлаждения, что обусловлено рядом преимуществ:

- повышением выхода годного на 0,5% в результате предотвращения образования вторичной окалины;

- возможностью равномерного и регулируемого охлаждения слябов;

- улучшением планшетности слябов;

- сокращением производственных площадей для складирования горячего металла;

- улучшением условий труда и т. д.

В нашей стране в общем объеме производства проката на долю проката сортового приходится около 57% (в развитых зарубежных странах — около 40%). В зависимости от размеров сортовую сталь условно делят на три категории: крупносортную, среднесортную и мелкосортную, а прокатные станы — на крупносортные станы с валками диаметром 500—750 мм для прокатки тяжелых фасонных профилей сортовой стали, среднесортные станы с валками диаметром 350—500 мм для прокатки средних фасонных и простых профилей сортовой стали, мелкосортные станы с валками диаметром 250—350 мм для прокатки главным образом простых профилей сортовой стали. К сортовым станам также относятся проволочные станы с валками диаметром 150—280 мм для прокатки проволоки (катанки) диаметром от 5,5 до 9,0 мм, полосовые (штрипсовые) станы для прокатки по-

лосовой стали шириной от 30 до 400 мм и толщиной от 1,7 до 15 мм.

В настоящее время сортопрокатное производство совершенствуется и развивается в следующих направлениях:

- непрерывность технологического процесса (совмещаемые прокатки и отделки металлопродукции);

- совершенствование сортопрокатных станов при уменьшении массы прокатного оборудования и оправданном усложнении конструкций рабочих клетей;

- использование заготовок, получаемых непрерывной разливкой;

- разработка и внедрение новых технологий на сортопрокатных станах;

- создание и установка клетей интенсивной деформации и компактных клетей на всех участках линии прокатки;

- расширение сортамента прокатываемых профилей; увеличение доли термообработанного металла на сортопрокатных станах;

- внедрение комплексной автоматизации прокатки с использованием ЭВМ.

Что касается сортопрокатных станов, достигнуты значительные успехи: увеличена мощность прокатных агрегатов, повышены скорость прокатки и масса исходного металла, освоены непрерывный процесс прокатки и ее автоматизация, улучшены технико-экономические показатели работы станов.

Производительность крупносортовых и среднесортных станов достигает 1,5 млн. т/год, а мелкосортных и проволочных — 1 млн. т/год. Сечение заготовки прокатываемой на станах лежит в пределах от  $350 \times 350$  до  $150 \times 150$  мм; скорости прокатки возросли до 10 м/с на крупносортовых станах, до 15 м/с — на среднесортных, до 25—30 м/с — на мелкосортных и свыше 100 м/с — на проволочных станах.

В крупносортовом производстве, помимо специализированных станов, созданы комбинированные прокатные станы, включающие, как правило, две линии — сортовую и балочную.

На всех типах современных станов все шире стали использовать универсальные клетки, т. е. клетки, имеющие в вертикальной плоскости два горизонтальных и два вертикальных вала и позволяющие деформировать про-

кат с четырех сторон одновременно. Применение универсальных клетей при прокате фланцевых профилей всех типов (балок, швеллеров, шпунтовых свай, строительных колонн и др.) способствует достижению высокой производительности, ритмичной работе станов, экономии металла и повышению качества продукции.

Пример современного универсального балочного стана — стан Нижнетагильского металлургического комбината для производства широкополочных балок с параллельными полками, колонных профилей размерами от  $20 \div 100$  до  $1000 \times 440$  мм, длиной от 6 до 30 м. Высокая производительность стана, 1,5 млн. т проката в год, и качество выпускаемой продукции достигнуты благодаря повышению скорости прокатки, увеличению массы и длины исходной заготовки с получением длины раската до 100 м и автоматизации производственного процесса. В состав стана входят блюминг 1500 для фасонной и прямоугольной заготовки для балочного стана и универсальный балочный стан — обжимная клеть с диаметром валков 1300 мм, две промежуточных универсальных балочных клетки с горизонтальными валками диаметром 1350—1500 мм и двух вспомогательных клетей, чистой универсальной клетки диаметром валков 1350—1500 мм.

Универсальный балочный стан есть автоматизированный агрегат, в котором автоматические системы управления обеспечивают устойчивую работу универсальных и вспомогательных клетей в непрерывном режиме при реверсивной прокатке в условиях высокой производительности.

Все чаще мы слышим о применении универсальных клетей при производстве рельс; французская фирма «Вандель—Сиделор», производящая 70% общего количества рельс в стране, разработала способ непрерывной прокатки рельс в универсальных клетях. В нашей стране рельсы с применением универсальных клетей производят на Кузнецком металлургическом комбинате и осваивается прокатка на Мариупольском металлургическом комбинате «Азовсталь».

Совершенствование среднemelкосортных и проволочных станов характеризуется как строительством высокопроизводительных высокоскоростных одниточных прокатных станов (значительные технический и технологический уровни при более низких капитальных и экс-

плуатационных затратах), так и строительством комбинированных станов, особенно мелкосортно-проволочных, имеющих в чистовой части две линии: мелкосортную и проволочную.

В среднесортном производстве следует отметить один из лучших современных станов 16-клетевой стан «450» Западно-Сибирского металлургического комбината производительностью 1,6 млн. т проката в год. Стан предназначен для производства балок и швеллеров повышенной точности с параллельными полками высотой до 300 мм, круглых профилей диаметром 32—60 мм, квадратных профилей со стороной 30—53 мм и полос размерами 9—22×125—200 мм. Скорость прокатки 12 м/с. На стане используются заготовки сечением 150×150, 200×200 и 200×250 мм, длиной 8—12 м и массой 4,7 т. Особенность стана — наличие прокатных клетей различной конструкции, позволяющих получать прокат высокого качества: с горизонтальными валками, с вертикальными, комбинированные, работающие в режиме или горизонтальных, или вертикальных, универсальные. Управляет технологическим процессом на стане ЭВМ. Для улучшения механических свойств готового проката и уменьшения окалинообразования в потоке стана предусмотрена установка для ускоренного охлаждения проката и его термоупрочнения.

Оборудование и технология в сортопрокатном производстве постоянно развиваются. Разрабатывают различные типы прокатных клетей (высокой деформации, универсальные, комбинированные, компактные, консольные и др.), которые устанавливаются на всех участках технологической линии станов, отделочного оборудования (холодильники, многоручьевые правильные машины, зачистные линии и др.). Внедрены и внедряются новые ресурсосберегающие технологии прокатки, снижающие стоимость производства проката и повышающие выход годного на сортопрокатных станах (бесконечная прокатка, прокатка с разделением и в гладких валках, низкотемпературная прокатка и др.).

Бесконечная прокатка свариваемых в стык отдельных заготовок и получение заготовки, плети, практически бесконечной длины разработана отечественными металлургами. В этом случае устраняются динамические удары в линии рабочей клетки и связанные с ними преждевременный износ, поломки деталей привода рабочих вал-

ков, оковывание, застревание полос и т. п. Соответственно улучшается качество проката, значительно повышается производительность труда, появляется возможность автоматизировать процесс производства. «Бесконечная» прокатка осуществлена на мелкосортных станах Западно-Сибирского и Макеевского металлургических комбинатов, а также на зарубежных станах. Так, на прокатных станах в ГДР в результате ее применения часовая производительность повысилась на 10—12%, а потери металла в обрызг уменьшились на 2,6—4,8 кг/т проката.

Пример современных комбинированных сортопрокатных станков являют мелкосортно-проволочные, заработавшие в последнее время на Белорусском, Молдавском и Дальневосточном металлургических заводах. В состав мелкосортно-проволочного стана «320/150» Белорусского металлургического завода входят 20 рабочих клеток сортовой линии и 10-клетевой проволочный блок. Прокатные клетки мелкосортной линии стана технологически разделены на группы: черновую, восемь горизонтальных клеток; промежуточную, шесть горизонтальных клеток; чистовую, четыре горизонтальных, одна вертикальная и одна комбинированная, для работы в режиме горизонтальной или вертикальной клетки. При прокатке катанки раскат за клетью № 20 направляется в сторону 10-клетевого проволочного блока, предназначенного для окончательной скоростной прокатки без кантовки раската.

Проволочные станы за последние годы прошли несколько поколений, увеличивая при этом сечение исходной заготовки, повышая скорость прокатки, позволяя получать сорбитную структуру катанки и увеличенную массу бунтов готовой продукции. В проволочных станах много занимаются применением блочных чистовых клеток, чистовых групп проволочных станков из нескольких клеток, жестко объединенных в один агрегат с общим приводом. Известны различные конструкции блоков.

Блоки фирмы «Кокс» (ФРГ) состоят из клеток, валки которых ориентированы под углом 120° относительно друг друга и соединены между собой коническими передачами.

Блоки фирмы «Шоман» (ФРГ) — это последовательно расположенные двухвалковые клетки, оси валков которых наклонены под углом 45° к горизонтальной плоскости. Привод валков — через распределительный ре-

дуктор двумя двигателями постоянного тока. Эти блоки эксплуатируются на ряде металлургических предприятий зарубежных фирм.

Блоки фирмы «Морган» (США) — распределительные редукторы, выходные валы которых суть опоры для дисковых валков диаметром 150—200 мм, шириной до 65 мм. Каждый дисковый валок может иметь один или два ручья.

Блоки фирмы СКЕТ (ГДР), изготовленные предприятием тяжелого машиностроения в г. Магдебурге, состоят из распределительного редуктора, валковых головок и консольно закрепленных валков диаметром 170 мм. Оси валков попеременно наклонены под углом  $45^\circ$  к горизонтальной плоскости. Блок впервые прошел промышленные испытания на Западно-Сибирском металлургическом комбинате.

Общая особенность блоков фирмы «Шлеман», «Морган», СКЕТ — горизонтально-вертикальное расположение рабочих валков при малом расстоянии между клетями. К их преимуществам следует отнести:

использование валков малого диаметра, позволяющих повысить эффективность деформации и устойчивость полосы при прокатке катанки малых диаметров;

возможность применения калибровки овал—круг, которая в сочетании с малым диаметром валков обеспечивает равномерность деформации и одинаковое распределение обезуглероженного слоя по периметру катанки.

Преимущественное распространение за рубежом получили чистовые блоки фирмы «Морган», а у нас в стране — фирмы СКЕТ. Они позволяют достичь скорости прокатки свыше 10 м/с.

На проволочных станах применяются различные устройства для регулируемого охлаждения катанки, что весьма существенно улучшает ее механические характеристики, позволяя протягивать металл на проволоку с обжатиями до 97—98% без промежуточного патентирования, и одновременно уменьшает потери металла в окатину с 1,0—1,5 до 0,2—0,5%.

Наиболее распространенной является система охлаждения типа «Стелмор», которая обеспечивает выполнение требований, предъявляемых к механическим свойствам катанки, и широкие возможности регулирования охлаждения. В настоящее время в мире на 70 станах установлено свыше 150 систем «Стелмор».



Стандартные линии типа «Стелмор» предусматривают на первой стадии интенсивное водяное охлаждение от температуры конца прокатки до  $750^{\circ}\text{C}$  со скоростью от 4—5 до  $10\text{—}12^{\circ}\text{C/с}$ .

На второй стадии катанка должна охлаждаться при изотермических условиях до полного превращения аустенита в сорбит. Это осуществляется прохождением витков катанки на движущемся цепном транспортере через определенное число зон воздушного охлаждения с принудительной подачей воздуха.

Поскольку система «Стелмор» не решает вопроса получения необходимого качества катанки для ряда марок сталей, на некоторых проволочных станах ее совершенствуют. Для проката из качественных сталей начали применять процесс замедленного контролируемого охлаждения (около  $1\text{—}2^{\circ}\text{C/ч}$ ).

Фирмой «Морган констракшн» (США) разработана система «Опtifлекс», включающая многозонные нагнетательные камеры и воздушные сопла специальной конструкции. Система установлена на проволочном стане завода фирмы «Раритан ривер стил» в Перт-Эмбое (США) и позволяет равномерно охлаждать катанку по окружности витка, получать однородное временное сопротивление по всей ее длине.

Развитие сортопрокатного производства характеризуется получением проката высокого качества в результате создания и использования в линиях прокатных станков машин, механизмов и технологий, отвечающих высоким показателям качества. Приближение сортового проката по своим размерам и свойствам к готовым изделиям, улучшение структуры его производства и его сортамента, повышение его механических свойств дают возможность снижать металлоемкость изделий металлопотребляющих отраслей, повышать их надежность и долговечность.

Из большого числа направлений повышения качества сортового проката наряду с совершенствованием его сортамента следует выделить следующие:

- повышение точности размеров прокатываемых профилей;

- улучшение механических свойств проката путем термического или термомеханического упрочнения;

- повышение качества поверхности проката.

Сортамент сортового проката характеризуется сложной структурой, большим количеством и разнообразием входящих в него профилей. Так, например, масса одного метра длины профилей отечественного сортамента изменяется от 0,22 до 1100 кг. По количеству профилей, профилеразмерам и маркам стали отечественный сортамент не уступает сортаментам США, Японии и других развитых стран и насчитывает в настоящее время около 3900 профилей. Сортамент сортового проката обновляется и расширяется в основном путем освоения производства наиболее экономичных фасонных профилей отраслевого назначения. Освоение 40—50 новых профилей ежегодно обеспечивает в металлопотребляющих отраслях народного хозяйства в среднем экономию 46 тыс. т металла, позволяет экономить 5,6 млн. руб.

У нас в стране изготавливают 1800 фасонных профилей отраслевого и специального назначения, которые нуждаются лишь в минимальной обработке или применяются в качестве готовых изделий. К числу новых профилей относится винтовая арматурная сталь, которая, по данным Госстроя СССР, при ее применении в строительстве существенно снижает трудо- и энергозатраты, а капиталовложения уменьшаются до 20 %.

Большое внимание уделяется повышению точности сортового проката главным образом увеличением жесткости рабочих клетей, а также применением в линии прокатки калибрующих клетей. Увеличение жесткости рабочих клетей обеспечивается созданием новых объемно-напряженных клетей, которые позволяют достичь высоких скоростей прокатки и передавать ее большие усилия.

Объемно-напряженные клетки, разработанные ВНИИМЕТМАШем и Череповецким металлургическим комбинатом и используемые на проволочных станах комбината, позволили уменьшить суммарное отклонение размеров с 1,9 до 0,7 мм и производить катанку в поле допусков повышенного класса точности. В нашей стране в текущей пятилетке предусмотрено оснастить 10 мелко-сортных станов на Западно-Сибирском, Челябинском, Криворожском и им. Дзержинского металлургических комбинатах объемно-напряженными клетями конструкции ВНИИМЕТМАШ и Череповецкого металлургического комбината, изготовленными фирмой СКЕТ (ГДР). Клетки позволяют увеличить производство проката в поле

минусовых допусков и сдачу продукции по теоретической массе до 2% в 1990 г. Экономия металла при этом около 160 тыс. т.

Применение калибрующих клеток, установленных в линии прокатки за чистовыми клетями сортовых станов, также значительно повышает точность прокатываемого металла. На отечественных станах калибрующие клетки снижают отклонения по диаметру проката в среднем до  $\pm 0,15-0,2$  мм, что позволяет значительно снизить затраты на производство калиброванного металла, увеличить выход годного.

Широко используются калибрующие клетки и за рубежом. Так, консорциум фирмы «Шлоеман-Зимаг» (ФРГ) устанавливает фирме «Самми стил» (Южная Корея) мелкосортно-проволочный стан, в проволочную линию которого входит 3-клетевой калибровочный блок, размещенный после 10-клетевого блока.

Одним из наиболее эффективных путей коренного улучшения качества и повышения комплекса свойств проката из углеродистых и низколегированных марок стали является его термообработка. Процессы термического упрочнения, осуществляемые как с прокатного, так и с отдельного нагрева, повышают в 1,5—2 раза прочность проката и существенно увеличивают его усталостные характеристики.

Термическое упрочнение проката с использованием тепла прокатного нагрева с успехом применяют на отечественных сортопрокатных станах при производстве арматурной стали: на Криворожском, Западно-Сибирском, Череповецком, Макеевском комбинатах и т. д. Применение этого способа термоупрочнения позволяет снижать капитальные затраты в 10 раз, эксплуатационные — в 5 раз, уменьшает расход энергии в 400 раз.

Принципиально новым решением было создание технологии термической обработки фасонного проката. На среднесортном стане «450» Западно-Сибирского металлургического комбината разработана конструкция и внедрено устройство для термического упрочнения угловых профилей проката методом прерванной закалки с самоотпуском. В термически упрочненном состоянии угловая углеродистая сталь характеризуется таким же уровнем механических свойств, как и горячекатаная низколегированная сталь, а упрочненная низколегированная

ная сталь обладает уровнем свойств никель- и ванадий-содержащих сталей.

Прогрессивный способ повышения качества сортового проката — его высоко- и низкотемпературная термомеханическая обработка, сочетание горячей деформации с термической обработкой.

Разновидностью термомеханической обработки является контролируемая прокатка сортового металла, внедряемая в настоящее время на отечественных и зарубежных станах и позволяющая повысить механические свойства без применения дефицитных легирующих элементов и усложнения технологии прокатки.

При контролируемой прокатке интенсивное обжигание аустенита в последних пропусках при температуре ниже температуры рекристаллизации ( $850-650^{\circ}\text{C}$ ) дает металл мелкозернистой ферритной структуры. Контролируемая прокатка низколегированной стали способствует получению металла с регламентированной структурой, величиной зерна, с заданными физическими свойствами, с более высокими механическими характеристиками, в том числе по ударной вязкости при минусовых температурах, и с другими параметрами качества, определяемыми условиями службы металла. Тот в зависимости от легирования и режимов прокатки в горячекатаном состоянии после контролируемой прокатки имеет более высокие механические характеристики.

Среди существующих способов отделки поверхности сортового проката (машинная и ручная огневая зачистка, пневматическая вырубка дефектов, абразивная и фрезерная на соответствующих станках и т. д.) наиболее эффективной является машинная огневая зачистка (МОЗ) раската в технологическом потоке обжимных и сортовых станов. Применение МОЗ обеспечивает, кроме того, рост производительности труда на этой операции в несколько раз по сравнению с другими методами зачистки.

Высокоэффективное средство повышения качества поверхности сортового проката — применение МОЗ в технологическом потоке сортового стана. Сплошная огневая зачистка заготовок в процессе окончательной прокатки позволяет гарантировать качество металла и устранять такие поверхностные дефекты, как вкатанные неметаллические включения, окалина, обезуглероженный слой на поверхности готовой прокатной

продукции. Промышленная МОЗ в линии стана внедрена на среднесортном стане «450» ЗСМК.

Однако в связи с большим расходом металла, сильным окислением продуктов зачистки, повышением себестоимости прокатной продукции, сложностью обслуживания МОЗ специалисты ищут другие, более эффективные способы отделки поверхности проката. Все чаще применяют абразивную зачистку проката. Ее используют для сплошной и выборочной зачистки любых дефектов полупродукта и готового сорта глубиной до 10 мм. На многих отечественных предприятиях на этот способ приходится более 60% всех операций по ремонту поверхности проката.

## **НОВОЕ В ПРОИЗВОДСТВЕ СОРТОВОГО ПРОКАТА**

Сейчас стало ясно, что создание компактных блоков клеток весьма перспективно. Компактные блоки состоят из 2—6 пар чередующихся горизонтальных и вертикальных валков в одной станине. Небольшая длина бочки валков, наличие двух опор и жесткое крепление станин снижают упругую пружинность клеток блоков. Такое расположение позволяет увеличить угол захвата в каждой последующей клетки за счет принудительной задачи заготовки предыдущей клетью, а также уменьшить охлаждение раската. Компактные блоки предназначены для производства проката из квадратных заготовок со стороной 100—300 мм. 6-клетевой (4-клетевой) компактный блок может заменить 8-клетевую (6-клетевую) черновую группу на станах обычной конструкции. В результате повышается размер исходной квадратной заготовки. Использование компактного блока способствует снижению капиталовложений примерно на 25% и эксплуатационных затрат. Вследствие малого расстояния между клетями экономятся производственные площади. Так, компактный 2-клетевой блок фирмы «Сентроморгардсхаммер» (Швеция) предназначен для обжатия исходной заготовки со стороной квадрата 160 мм вместо 127 мм. Большая масса заготовки, высокий уровень обжатия (более 40%), быстрая смена валков (10—15 мин) по-

звolyют повысить производительность стана и увеличить выход годного, а отсутствие кантовки раската между клетями и индивидуальное регулирование скорости вращения валков обеспечивают высокое качество проката. Такой компактный блок установлен на мелкосортно-проволочном стане для прокатки специальных сталей на заводе фирмы «Сасилор» (Франция).

Компактные прокатные блоки конструируют и изготавливают также такие известные станкостроительные фирмы, как «Морган констракшн» (США), «Шлосман-Зимаг» и «Кокс» (ФРГ), и др. В нашей стране разработку компактного блока ведет Колпинское отделение ВНИИМЕТМАШа. Совершенствуются и компактные консольные блоки, разработкой которых занимаются фирмы «Помини Фаррел» (Италия) и «Эшлоу энджиниринг» (Великобритания). Кроме того, к ним относятся блоки чистовых клетей проволочных станов, описанных выше.

Кроме обычных преимуществ компактных блоков, эти блоки характеризуются высокой точностью регулирования межвалкового пространства, длительным сроком службы, быстрой сменой и более низкой стоимостью валков. Использование консольных компактных станов повышает производительность прокатных станов.

Консольные компактные блоки используются в черновой, промежуточной и чистовой группах станов. В каждой группе клетки имеют одинаковую конструкцию и используют валки одного размера. Вертикальные и горизонтальные клетки взаимозаменяемы. Передача вращения валкам от электродвигателей только зубчатыми передачами упрощает в целом компоновку блока. Фирма «Даниели» (Италия) разработала однокиточные сорто-прокатные и проволочные станы производительностью 250—350 тыс. т/год. У них высокий уровень автоматизации, компьютерное управление процессами и небольшие габариты, применимы компактные блоки с консольными валками, сокращено количество запасных частей, обеспечена максимальная механизация перевалки валков. Клетки в блоках могут иметь горизонтальное и вертикальное расположение, которое можно дистанционно изменять. Разработаны устройства для торможения проката при выходе из последней клетки и др. Применение разработанного оборудования позволяет уменьшить капитальные затраты на 20—25% и эксплуатационные расходы на 15%.

В состав непрерывных сортопрокатных станов в качестве черновых клетей внедряются клетки интенсивной деформации, поперечно-винтовой прокатки и планетарные косовалковые. Принципы работы этих клетей изложены выше. Цель такого использования — увеличение поперечного сечения исходной заготовки и тем самым повышение производительности станов, а также улучшение качества прокатной продукции. Эффективная вытяжка металла в этих клетях позволяет передать им максимальную работу по обжатию заготовки, а в остальных клетях стана более качественно осуществлять формирование профиля проката.

В результате применения планетарной косовалковой клетки на одном из проволочных станов в ФРГ масса исходной заготовки увеличена до 2240 кг при длине ее 6 м, а масса бунта доведена до 2200 кг. Кроме того, планетарные косовалковые станы установлены на мелко-сортно-проволочном стане фирмы СКФ (Швеция) и на стане фирмы «Санио специал стил» (Япония). В нашей стране клеть поперечно-винтовой прокатки установлена в качестве черновой на мелко-сортном стане электрометаллургического завода «Электросталь».

Эффективно использование в сортопрокатном производстве процесса прокатки в гладких валках (как и в заготовочном), разработанного фирмой «МИМ Хоулдингс» (Великобритания). Он все больше применяется на сортопрокатных станах, особенно с использованием компактных блоков. Например, в компактном блоке, разработанном фирмой «Морган констракшен» (США), с использованием системы регулирования натяжения раската между клетями, разработанной японской фирмой «Сумитомо» и основанной на измерении усилия и регулировании скорости прокатки.

Один из базовых способов продольного разделения раската — технология, получившая название «Слиттинг-процесс». Она считается одной из немногих (из всего многообразия предложенных способов прокатки-разделения), применяемой на металлургических заводах различных стран.

Прокатка-разделение позволяет получать прокат в две и четыре нитки. Однако сегодняшний день прокатки — это однократное разделение на две нитки, как технологичное и более надежное.

Высокая эффективность прокатки-разделения связа-

на со снижением потерь тепла металлом в связи с увеличением скорости в зоне одноручьевого прокатки и уменьшением количества используемого оборудования: клетей, делительных ножниц, холодильников.

Многоручьевая прокатка-разделение успешно внедряется в сортопрокатное производство как в нашей стране, так и за рубежом. Этот процесс применяется на сортопрокатных станах Криворожского металлургического комбината, Белорусского, Нижнесергинского металлургических заводов и др. Многоручьевая прокатка-разделение может также быть использована для производства профилей сложной формы, уголков, швеллеров и др. Опыт производства полособульбовых профилей на отечественных станах показал эффективность применения процесса.

В настоящее время в производство сортового проката внедряется эффективный процесс низкотемпературной прокатки — при температурах 750—950° С. При этом экономится не только топливо и электроэнергия, необходимые на нагрев металла, но и улучшается структура металла, меньше окалина, меньше металл валков устает из-за термических напряжений и т. д.

Внедрение низкотемпературной прокатки на сортовых станах в Швеции убедило в необходимости усилить мощность привода и прочность шеек валков. При прокатке катанки из среднеуглеродистых марок сталей при температурах около 750°С экономится около 180 кВт·ч/т энергии. Успешно прокатывается при пониженных температурах (800—950° С) легированная сталь. Экономия при этом превышает аналогичную при прокатке по принятой технологии. В нашей стране низкотемпературную прокатку предполагается осуществить на среднесортном стане «300» Оскольского электрометаллургического завода, который будет введен в строй в этой пятилетке.

Современный уровень допусков на прокат и показатели качества без достаточно высокой степени автоматизации были бы недостижимы. И хотя уровень автоматизации в сортопрокатном производстве несколько ниже уровня автоматизации листопрокатного производства из-за большого разнообразия сортопрокатной продукции и ее параметров, в настоящее время не входит в строй ни один сортопрокатный стан, который бы ни был оснащен автоматизированной системой управления



технологическим процессом, позволяющей производить сортопрокатную продукцию высокого качества.

Разнообразие сортопрокатных станов и продукции, производимой на них, диктует и разнообразие направлений их совершенствования. Так, например, по мнению одного из специалистов, будущее проволочных станов таится в следующем:

увеличение массы бунта до 2500 кг (при прокатке катанки из специальных сталей до 1200 кг) и размеров исходной заготовки до  $150 \times 150$  мм;

повышение скорости прокатки до 112 м/с (при прокатке катанки из специальных сталей до 60 м/с);

рост производительности станов и постепенный переход на однониточную прокатку, что способствует экономии капиталовложений, более высокому выходу годного и меньшим эксплуатационным затратам;

использование в промежуточной группе стана компактных клетей с валками из наборных дисков, у которых замену валков и валковой арматуры можно осуществлять на стане за несколько минут, и постепенный переход на размещение этих клетей в блоки;

применение бесконечной прокатки с повышением при этом массы бунта до 4000—5000 кг;

обеспечение высокого качества катанки и т. д.

## ПОЛОСЫ И ЛИСТЫ

Основная тенденция развития современного прокатного производства — повышение доли листовой продукции в общем объеме выпуска проката. В развитых капиталистических странах США, ФРГ и Японии доля листового проката в общем объеме производства проката составляет 55—70%, при этом непрерывно увеличивается количество холоднокатаных листов. Эта тенденция имеет место и в нашей стране, а интенсивность роста производства листового проката из года в год увеличивается.

Потребность в листовом прокате вызвала в мире интенсивное строительство новых листовых станов горячей и холодной прокатки. Повышение требования различных отраслей промышленности обусловило резкое повышение качества листового проката, которое неразрывно связано с разработкой оптимальных технологических режимов горячей и холодной прокатки, созданием более совре-

менных конструкций прокатных станов, оснащением их контрольно-измерительной аппаратурой и средствами автоматического управления с использованием ЭВМ.

В нашей стране за последние 15 лет в производстве полос и листов достигнуты определенные успехи. Отечественный сортамент листового проката включает в себя в настоящее время несколько тысяч профилеразмеров примерно из 800 марок сталей и сплавов.

В ГОСТах на листовую сталь приведены номинальные размеры и допускаемые отклонения фактических размеров от номинальных, так как получить листы и полосы с размерами, соответствующими их номинальным значениям, практически невозможно. Согласно ГОСТам допускаемые отклонения размеров листового проката по толщине могут быть как в минус (минусовой допуск), так и в плюс (плюсовой допуск). Сумма плюсового и минусового допусков определяет максимально допустимую разность в толщинах полос данного сортамента, т. е. поле допусков.

Резервом экономии проката является использование несимметричных и односторонних минусовых допусков с поставкой проката по теоретической массе.

По способу производства листовая сталь бывает горячекатаной и холоднокатаной, как та, так и другая поставляется в рулонах и листах. По толщине листовая сталь подразделяется на две основные группы — тонколистовая и толстолистовая. Тонколистовая — листы и полосы толщиной менее 4 мм, толстолистовая — листы и полосы более 4 мм. Листы толщиной более 60 мм называют плитами.

Изучение качества листовой продукции отечественного и зарубежного производства показало, что отечественный листовой прокат находится на уровне лучших образцов импортного металла, по некоторым показателям, особенно по химическому составу, отечественный листовой металл превосходит импортный. Так, по данным автомобильного завода им. Лихачева, фактическое содержание остаточных элементов: серы, фосфора и кремния в отечественной листовой стали меньше, чем в импортной. Однако из-за недостаточной эффективной термообработки и более низкого качества поверхности отечественная листовая сталь по свойствам в большинстве случаев хуже импортной.

Как показывает опыт, для получения горячекатаной

листовой стали с хорошим качеством поверхности и удовлетворительными механическими свойствами толщина слитка должна в 12—20 раз превышать толщину готового листа. Исходным полупродуктом для производства горячекатаных листов являются катаные или непрерывнолитые слябы. Несмотря на широкое использование в настоящее время катаных слябов, наиболее современны и качественны непрерывнолитые слябы, получаемые на машинах непрерывного литья заготовок (МНЛЗ). Качество непрерывнолитых слябов выше, чем катаных, вследствие более высокой химической и структурной однородности с меньшими ликвациями и неметаллическими включениями.

Тенденция постепенного свертывания производства катаных слябов на обжимных станах с заменой их МНЛЗ существует как у нас в стране, так и за рубежом. В будущем эта тенденция сохранится, так как на многих строящихся и проектируемых заводах непрерывный метод литья становится основным процессом получения заготовок. В то же время толщина литых слябов практически не может быть более 400 мм, поэтому для производства листов и плит толще 30 мм в качестве заготовки сохранится слиток. Таким образом, расширение производства непрерывнолитой заготовки имеет определенные ограничения.

Для производства горячекатаной листовой стали применяют толстолистовые 1- и 2-клетевые станы, непрерывные, «3/4 непрерывные», полунепрерывные, реверсивные — универсальные и с моталками в печах, а также планстарные станы. На толстолистовых станах 1- и 2-клетевых можно прокатывать толстые листы практически всех размеров, указанных в ГОСТах. Они имеют одну или две рабочие клетки с горизонтальными валками. Количество рабочих клеток определяется необходимой производительностью стана и требованиями к качеству полос. При производстве от 0,3 до 0,8 млн. т в год обычно устанавливают 1-клетевые станы, а для производительности от 1,0 до 2,5 млн. т в год — 2-клетевые. В качестве рабочих клеток толстолистовых станов применяют реверсивные клетки дуо и кварто и клетки с горизонтальными и вертикальными валками — универсальные.

Современный толстолистовой стан в СССР — стан «3600», введенный в эксплуатацию в 1973 г. на металлургическом комбинате «Азовсталь». У этого стана как

черновая, так и чистовая клеть четырехвалковая. Диаметр опорных валков обеих клетей 1800 мм, а рабочих—1100 мм для черновой клетки и 1000 мм для чистовой, вертикальные валки перед черновой клетью диаметром 900 мм. Стан рассчитан на прокатку толстых листов от 5 до 50 мм и плит 200 мм шириной 2000—3200 мм и длиной до 28 м.

В 1984 г. на Мариупольском металлургическом комбинате им. Ильича введен в эксплуатацию стан «3000», наиболее современный толстолистовой стан для «контролируемой» прокатки листов. Здесь следует отметить, что сооружаемые в последнее время толстолистовые станы имеют, как правило, возможность для проведения «контролируемой» или «регламентируемой» прокатки с тем, чтобы получить мелкозернистую структуру и комплекс заданных механических свойств листовой стали.

Самый крупный толстолистовой стан у нас — стан «5000», введенный в эксплуатацию в последние годы на Ижорском заводе.

В конце 60-х годов новые толстолистовые станы кварто с длиной бочки валков более 4000 мм строили в США, Японии, ФРГ, Франции и в других странах. Строительство это связано с большими капиталовложениями, осуществляется в несколько стадий с постоянным расширением производства толстых листов. Известное расширение получают за рубежом комбинированные обжимно-листовые станы, на которых прокатка проходит в два нагрева, т. е. слябов из слитков в рабочей клетке с валками дуо, а затем толстых листов из слябов в той же рабочей клетке, но с рабочими валками кварто. Такие станы наиболее эффективно используют при выполнении небольших заказов широкого сортамента.

При производстве толстолистовой стали широко применяют термическую обработку. Благодаря ей улучшаются пластические свойства и структуры (нормализация, высокий отпуск, отжиг), повышаются прочностные характеристики (закалка с отпуском) толстолистовой стали. В последние годы на многих заводах термическое упрочнение толстолистовой стали осуществляют с помощью прокатного нагрева (разновидность термомеханической обработки, основанной на сочетании процессов термической обработки и пластической деформации металла).

Для производства горячекатаных полос в рулонах

(а это основная часть горячекатаных полос) толщиной от 1 мм до 16 мм и толстых листов толщиной до 32 мм и более основными агрегатами являются непрерывные и полунепрерывные широкополосные станы. Это объясняется большими технико-экономическими преимуществами непрерывных и полунепрерывных широкополосных станов перед реверсивными и планетарными полосовыми станами. Так, производительность станов с моталками в печах до 0,6 млн. т в год, универсальных до 0,4 млн. т в год и планетарных до 0,15 млн. т в год. При этом худшее качество поверхности и относительно более низкая точность полос определили медленные темпы развития и весьма ограниченное применение этих станов. Универсальные станы в последние годы не строятся, а станы с моталками в печах и планетарные станы устанавливаются только на металлургических заводах с небольшим объемом производства, главным образом для прокатки сравнительно узких полос из легированных и труднодеформируемых сталей.

Таким образом, наиболее эффективным направлением дальнейшего увеличения производства стальных листов следует признать эксплуатацию новых широкополосных непрерывных и полунепрерывных станов, у них постоянно растет производительность, расширяется сортмент, повышается качество полосовой стали.

Широкополосные станы последнего поколения в нашей стране — это прежде всего широкополосный стан «2000» Череповецкого металлургического комбината, введенный в действие в 1975 г. При проектировании этого стана было принято решение об установке трех последних клетей черновой группы одна вблизи другой, благодаря чему впервые удалось осуществить непрерывную прокатку в черновой группе. Объединение черновых клетей в одну общую непрерывную группу резко сократило протяженность стана, снизило капиталовложения и соответственно уменьшило потери тепла прокатываемого сляба, что позволило регулировать температуру конца прокатки в более широких пределах.

Полностью автоматизированный широкополосный стан «2000» оборудован четырьмя методическими печами с шагающими балками производительностью 400 т/ч каждая. Обработанные на складе слябы подают на приемный рольганг методических печей, и после нагрева до 1280° С слябы поступают на черновую группу стана, со-

стоящую из вертикального окалиноломателя, клетки дуо, универсальной клетки кварто и трех таких же клеток, объединенных в непрерывную группу. Вышедший из черновой группы раскат после обрезки концов на летучих ножницах и обработки его в окалиноломателе и гидросбивом поступает на семь клеток чистовой группы стана. Готовая полоса свертывается в рулоны массой до 35 т на моталках, откуда, пройдя устройства для обвязки рулонов, весы и клеймитель, направляется через поворотный круг на склад. Таков общий технологический процесс на стане «2000».

Годовая производительность этого стана составляет 6 млн. т горячекатаных полос толщиной от 1,2 до 16 мм, шириной 900—1850 мм.

Увеличение производительности широкополосных станов достигается главным образом благодаря увеличению массы рулонов и скорости прокатки. Характерными особенностями оборудования станов последнего поколения являются:

- применение нагревательных печей с шагающими балками;

- перевод последних двух-трех клеток черновой группы на непрерывную прокатку;

- увеличение количества чистовых клеток до семи-восьми и резервирование места для установки девятой;

- установка отдельных моталок для тонких и толстых полос;

- широкое внедрение систем автоматического регулирования толщины полос и устройств регулирования прогиба валков;

- применение метода нарастания скорости прокатки в чистовой группе с целью регулирования температуры конца прокатки полос;

- полное освоение управления технологическим процессом с помощью ЭВМ.

Одновременно с совершенствованием оборудования широкополосных станов развивается и прогрессирует технология горячей прокатки полос в следующих направлениях:

- применения технологических смазок в чистовых клетках для уменьшения трения, износа валков и окалинообразования на полосе;

- снижения динамических нагрузок при прокатке за

счет специальной фигурной обрезки передних концов полос;

применения регламентируемых температурно-скоростных режимов прокатки;

усовершенствования гидросбива окалины, как первичной с нагретых склябов, так и вторичной окалины с раскатов;

внедрения новых конструкций машин огневой зачистки склябов и т. д.

Современные полунепрерывные широкополосные станы горячей прокатки по таким параметрам, как скорость прокатки, толщина сляба, толщина раската перед чистовой группой и конечная толщина полосы, не отличаются от непрерывных.

В отличие от непрерывных широкополосных станов полунепрерывные станы вместо черновой группы имеют одну или несколько клетей, в одной из которых раскат обжимается до нужной толщины за несколько проходов. Иногда в черновой группе устанавливают две реверсивные рабочие клетки. В этом случае черновая группа клетей не отличается от обычного 2-клетевого толстолистостана.

Чистовая группа полунепрерывных широкополосных станов — это обычно четыре—семь клетей кварто. На некоторых станах перед чистовой группой установлены чистовые окалиноломатели дуо.

К преимуществам полунепрерывных широкополосных станов горячей прокатки по отношению к непрерывным можно отнести меньшую массу оборудования, более широкий сортамент и высокую гибкость технологического процесса, а также возможность прокатки труднодеформируемых сталей. В то же время они имеют ряд недостатков. Это меньшая производительность и худшее качество поверхности листов. Несмотря на указанные недостатки, полунепрерывные широкополосные станы широко эксплуатируются и планируются к установке на некоторых новых заводах.

Если черновая группа стана включает реверсивную универсальную клеть кварто, а за ней последовательно расположены универсальные клетки кварто, то такие станы называют «3/4 непрерывные» или «квазинепрерывные». Например, стан «2250» японской фирмы «Син ниппон сэйтэцу» производительностью до 6,0 млн. т в год. В последние годы в Японии исследуют различные вари-

анты дальнейшего совершенствования «3/4 непрерывных» станов с приближением последней черновой клетки к чистовой группе. Опыт эксплуатации различных полунепрерывных станов показывает, что они в будущем могут найти широкое применение.

Технологический процесс производства холоднокатаной стали сложнее, чем горячекатаной, у него большое количество переделов, что требует разнообразного и более сложного оборудования и больших энергетических затрат. Капиталовложения при производстве холоднокатаной тонколистовой стали примерно на 20—25% больше, а эксплуатационные расходы в среднем на 10% выше, чем при производстве горячекатаной тонколистовой стали. Несмотря на это, тонкие горячекатаные полосы будут постепенно заменяться в машиностроении и строительстве на холоднокатаные, что выгодно из-за более высокой прочности и точности размеров холоднокатаных полос. А стоимость сэкономленного металла будет гораздо выше затрат на холодную прокатку и отделку полос.

Холодная прокатка полос имеет ряд особенностей, связанных с пластической деформацией металла в холодном состоянии, а именно: процесс деформирования проходит при весьма высоких удельных давлениях (до 200 кг/мм<sup>2</sup>), которые вызывают упругие деформации валковой системы и всей клетки, соизмеримые с толщиной прокатываемых полос, деформируемый металл при холодной прокатке упрочняется, т. е. повышаются его механические свойства. Кроме того, к холоднокатаным листам предъявляются высокие требования к качеству поверхности и весьма жесткие допуски к разнотолщинности в поперечном и продольном направлениях. В то же время холодная прокатка широких полос не приводит к уширению, так как металл в соответствии с законом наименьшего сопротивления течет в вертикальном и продольном направлениях, в поперечном направлении его течение затруднено и при достаточно широких полосах практически отсутствует. Поэтому относительная поперечная разнотолщинность подката (горячекатаной полосы) в процессе холодной прокатки не может быть уменьшена без нарушения плоскостности полосы.

Во всех случаях исходный материал (подкат) в виде горячекатаных полос, свернутых в рулоны, поступает в цех холодной прокатки по междцеховому конвейеру из



цеха горячей прокатки или железнодорожным транспортом с других металлургических заводов. Поступившие в цех горячекатаные рулоны складываются в штабели перед агрегатом для очистки от окалины. После очистки полосы вновь сворачиваются в рулоны и передаются на прокатные станы. Холодная прокатка их производится на реверсивных или непрерывных прокатных станах путем постепенного обжатия полосы в валках клетей. Тип стана выбирается в зависимости от производительности цеха и сортамента выпускаемой продукции.

Конструкционный металл из углеродистой стали, предназначенный для автомобильной промышленности, изготовления бытовых приборов и аппаратов, поступает на отжиг в рулонах. Отжиг производится в колпачковых печах для снятия внутренних напряжений, образовавшихся в процессе холодной прокатки, а также для придания металлу структурных, прочностных и пластических свойств. Отожженный металл незначительно (0,5—5,0%) обжимают на дрессировочном стане с тем, чтобы повысить механические свойства, сделать металл штампуемым, хорошего внешнего вида и планшетности. После дрессировки полосы вновь сворачиваются в рулоны и поступают на агрегаты поперечной или продольной резки, где разрезаются на листы или полосы, упаковываются в виде пакетов и рулонов и отправляются заказчику.

Металл, предназначенный для производства жести, после прокатного стана поступает на агрегаты очистки полос от загрязнений, образующихся при прокатке, где химическим и электролитическим способами очищается и поступает на отжиг. Отжиг в зависимости от требуемых свойств производят в колпачковых печах или в непрерывных агрегатах отжига с башенными или протяжными печами. Отожженный металл для жести дрессируют на 2-клетевом дрессированном стане и затем покрывают оловом в агрегате электролитического лужения. Пачки покрытой оловом жести сортируются, упаковываются и отправляются заказчику; полоса в рулонах иногда покрывается лаком.

Металл, предназначенный для покрытия цинком или алюминием, после холодной прокатки поступает на агрегаты цинкования и алюминирования, на которых выполняются операции подготовки полосы (электролити-

ческая очистка), термической обработки, покрытия слоем цинка или алюминия, разрезки на листы и т. д.

Основным и определяющим оборудованием цеха холодного проката является прокатный стан. Все современные полосовые станы холодной прокатки делятся на реверсивные и непрерывные. Станы холодной прокатки бывают прокатные, дрессировочные и прокатно-дрессировочные. Валковые системы станов холодной прокатки могут быть двухвалковые (дуо), четырехвалковые (кварто) и многовалковые.

Реверсивные станы холодной прокатки строятся четырехвалковыми и многовалковыми, последние преимущественно для производства тончайшей ленты и специальных сталей. Реверсивные станы кварто состоят из следующих основных технологических систем и машин: разматывателя для установки рулона и разматывания полосы при первом пропуске, рабочей клетки для обжатия полосы между рабочими валками, моталки за станом для смотки и размотки полос при обжатии в рабочей клетки, моталки перед станом для размотки и смотки полосы с натяжением при обжатии в рабочей клетки, эмульсионной системы для подачи в очаг деформации эмульсии с целью уменьшить коэффициент трения и охлаждение рабочих и опорных валков и полосы.

Кроме основных технологических машин, реверсивный стан оснащается машинами для подачи рулонов к стану и выдачи их со стана, для установки рулонов в разматыватель, снятия с барабана моталки прокатанного рулона, механизмами для перевалки рабочих и опорных валков, для смазочных и гидравлических систем, приводами и др. Привод рабочих валков стана осуществляется от специальных двигателей, расположенных в машинном зале, через комбинированный редуктор или шестереночную клеть и шпиндельные соединения.

Установка валков на заданную толщину полосы производится нажимными устройствами, расположенными на рабочей клетки, а с целью уменьшения коэффициента трения и охлаждения рабочих и опорных валков и полосы в очаг деформации и на валки подается эмульсия или технологическая смазка и вода.

Непрерывные станы холодной прокатки характеризуются большой производительностью и высокой степенью автоматизации. Они предназначены для выпуска сравнительно узкого сортамента полос и устанавливаются в

специализированных цехах с большим объемом производства.

В 1969 г. на заводе фирмы «Ниссин сейко» (Япония) был пущен первый в мире непрерывный стан с двадцативалковыми клетями системы Сендзимира. Особенность этого стана в том, что, помимо четырех рабочих двадцативалковых клеток, имеются еще две клетки дуо, установленные в головной и хвостовой частях стана, которые служат для проглаживания соответственно исходной и конечной неплоскостности полос, а также для выравнивания натяжений по ширине полосы.

В настоящее время 6-клетевые станы строятся главным образом для производства жести, 4-клетевые — преимущественно для производства конструкционных сталей, а 5-клетевые — как для производства жести, так и для производства конструкционных автомобильных сталей.

Непрерывный прокатный стан состоит из следующих основных технологических машин и систем: разматывателя для установки рулона и разматывания полосы при первом пропуске, рабочих клеток для обжатия полосы между рабочими валками, моталки для смотки с натяжением полосы после прокатки, эмульсионной системы или системы технологической смазки для подачи в очаг деформации и на валки эмульсии или технологической смазки и воды.

Кроме основных технологических машин, непрерывный прокатный стан оснащается машинами для подачи рулонов к стану и выдачи их со стана, для установки рулонов в разматыватель, снятия с барабана моталки прокатанного рулона, для перевалки рабочих и опорных валков, для смазочных и гидравлических систем.

В СССР крупные цехи для производства холоднокатаных тонких листов и жести введены на Магнитогорском, Новолипецком, Череповецком, Мариупольском, Карагандинском металлургических комбинатах и др.

В настоящее время на непрерывных станах холодной прокатки используется прогрессивный способ бесконечной прокатки полос, т. е. осуществляется стыковая сварка концов полосы перед прокаткой двух соседних рулонов, что позволяет реализовать непрерывность процесса и повысить производительность станов. Способ бесконечной прокатки полос исключает потери времени на заправку и выдачу конца полосы, снижает отходы ме-

талла на недокатанные концы и расход валков. Опыт эксплуатации первых станов бесконечной прокатки подтвердил целесообразность их применения.

Стан такого типа установлен в 1979 г. на Новолипецком металлургическом комбинате, это 5-клетевой непрерывный стан «2030». Управляют станом вычислительные устройства. Производительность стана 2,5 млн. т/год. Он предназначен для холодной прокатки полос шириной от 900 до 1850 мм и толщиной от 0,35 до 3,5 мм в рулонах массой до 45 т. Диаметры рабочих валков от 550 до 615 мм, а опорных — от 1490 до 1600 мм. Скорость прокатки до 30 м/с. Стан оборудован гидравлическими нажимными устройствами. Смена рабочих валков осуществляется автоматически с полосой в клету. Стан оснащен современными приборами и различными дополнительными устройствами, в настоящее время он самый эффективный стан холодной прокатки, и его можно отнести к станам последнего поколения.

В 1982 г. на Карагандинском металлургическом комбинате пущен отечественный, конструкции Уралмашзавода, шестиклетевой стан «1300» бесконечной прокатки жести. Этот стан по своим техническим характеристикам находится на современном уровне и является в настоящее время одним из лучших жестикатальных станков в мире.

На основании всего изложенного можно смело утверждать, что в ближайшие годы будут вводиться в эксплуатацию новые, более производительные и экономичные станы холодной прокатки.

Весьма важны автоматизация работы непрерывных и реверсивных станков и оснащение их датчиками контроля энергосиловых и технологических параметров. Наивысшая ступень автоматизации — автоматическое управление процессом прокатки с помощью управляемых вычислительных машин. Такие машины установлены в настоящее время на ряде непрерывных (и даже реверсивных) станков.

Особое место в производстве холоднокатаных полос занимает прокатка тончайших и наитончайших лент из труднодеформируемых металлов и сплавов. Прокатывать такие ленты на обычных четырехвалковых станах невозможно из-за упругих деформаций валков и клету, которые больше толщины тончайших лент. Поэтому в последние 30 лет появились различные многовалковые станы

с рабочими валками малого диаметра.

Основное преимущество многовалковых станов заключается в том, что малый диаметр рабочего вала уменьшает длину зоны деформации, сопротивление деформации, давление и расход энергии при прокатке, прочность же стана и соответственно точность прокатки обеспечиваются опорными валками, большой диаметр которых непосредственно не связан с условиями самой деформации металла. Кроме того, опорные валки многовалковых станов воспринимают основную часть изгибающих усилий.

Кроме двенадцати-и двадцативалковых станов, в последнее время для прокатки тончайшей ленты применяют так называемые комбинированные многовалковые станы, в которых процесс прокатки происходит между валками большого и малого диаметра, четырехвалковые станы с приводными опорными валками и рабочими валками малого диаметра, а также маятниковые станы. Все же наиболее распространены у нас в стране и за рубежом двенадцати- и двадцативалковые станы, это объясняется возможностью прокатки на них полос с наибольшим отношением ширины к ее минимальной толщине, что недостижимо для станов иного типа.

Технологический цикл отделочных операций по улучшению качества поверхности и свойств холоднокатаных полос заканчивается, как правило, дрессировкой. Последующие операции по отделке полос связаны либо с резкой полос на листы, сортировкой и упаковкой готовой продукции, либо с нанесением покрытий на поверхность полос, а затем уже с резкой, сортировкой и упаковкой готовой продукции. Дрессировка играет важную роль в повышении качества горячекатаного и холоднокатаного металла, так как в результате этого процесса улучшается штампуемость, качество поверхности и планшетность листа.

## **ЗАВОДЫ БУДУЩЕГО**

В ближайшие годы как у нас в стране, так и за рубежом основной прирост производства толстых и тонких горячекатаных полос будет получен за счет новых широкополосных станов с более рациональным сочетанием их с машинами непрерывного литья слябов усовершенствованной конструкции. Разместят их в общем зда-

нии с машинами для непрерывного литья и с конвертерами или дуговыми электропечами, т. е. будет образован единый технологический комплекс. Производительность стана при этом повысится до 8—10 млн. т/год в связи с повышением скорости прокатки.

Сочетание стана с МНЛЗ требует общей транспортной системы для слабов, обеспечивающей «прямую прокатку» с незначительным подогревом боковых сторон сляба или непрерывную и быструю доставку горячих слабов к методическим печам стана с целью «горячего всада».

Для сочетания стана с МНЛЗ требуется также, чтобы толщина и ширина отливаемых слабов были по возможности ограниченными, что позволит иметь ограниченный парк кристаллизаторов и избежать частых перестроек на литье слабов другого сечения. Конструкция реверсивной клетки, устанавливаемой в головной части черновой группы стана, должна редуцировать слаб по ширине и толщине в пределах, которые необходимы для удобства эксплуатации МНЛЗ. Но следует отметить, что в последнее время возможности МНЛЗ значительно расширяются благодаря успешному внедрению раздвижных кристаллизаторов, позволяющих получать слобы различной ширины.

Первоочередные проблемы для широкополосных станов горячей прокатки — как можно больше уменьшить потери тепла в процессе прокатки и добиться равномерности распределения температуры по длине раската. Уменьшить теплотери в стане можно, в частности, экранированием и смоткой подката. Фирмы Великобритании, Японии и др. успешно эксплуатируют тепловые экраны на промежуточных рольгангах еще с 1977 г.

Принципиально новым решением по совершенствованию конструкций полунепрерывных широкополосных станов является промежуточное устройство («Койл-бокс»), разработанное канадской фирмой «Стилко». В таком устройстве производится смотка раската, выходящего из черновой клетки, при этом исключается промежуточный рольганг и сокращается длина стана. Одновременно предыдущий подкат подается в чистовую группу и смотку в рулон последующего подката, выходящего из черновой группы. При этом температура по длине раската уменьшается. Так, например, подкат толщиной 25 мм остывает на промежуточном рольганге со ско-

ростью  $1,7^{\circ}\text{C/с}$ , а в рулонированном виде — со скоростью  $0,06^{\circ}\text{C/с}$ .

Кроме этого, устройство позволяет сохранять 90—95% раската при аварийных задержках до 10 мин, так как его с прокатки не снимают, а удаляют остывшие меньше допустимой температуры верхние витки рулона, остальную часть раската прокатывают в чистовой группе. Описанное промежуточное перемоточное устройство впервые было установлено на стане «2050» фирмы «Джон Лайсэт» в 1978 г. в Вестенпорте (Австралия). Длина этого стана 341 м, удельная масса рулона  $21,5\text{ т/м}^2$ , производительность около 4,5 млн. т/год. На этом стане прокатывают полосы толщиной 1,6—12,0 мм, шириной 620—1830 мм из низкоуглеродистых и низколегированных сталей. В настоящее время уже несколько фирм успешно используют устройство «Койлбокс».

В последние годы были разработаны новые способы воздействия на профиль и форму полосы существенным изменением конструкций валковых узлов широкополосных станов. К этим разработкам относятся шестивалковые клетки, опорные валки с изменяемым профилем в клетях кварто и др.

Для регулирования формы полосы в Японии использован специальный валок с гидравлическим регулированием профиля его бочки. С этой же целью для валков, перемещающихся вдоль своих осей, используют специальную шлифовку.

Основными направлениями совершенствования современных широкополосных станов можно считать снижение их капиталоемкости, повышение компактности, уменьшение энергозатрат в процессе прокатки, повышение качества продукции и снижение расхода металла.

Экономия энергии прокатки обусловлена применением различных смазок. И если в настоящее время системами технологической смазки оборудуют чистовые клетки широкополосных станов, то в дальнейшем технологическую смазку, очевидно, будут применять и при прокатке полос в клетях черновой группы.

Для повышения качества проката будут разработаны более совершенные системы регулирования профиля и плоскостности полос, а применение новейших средств автоматизации позволит оптимизировать технологиче-

ский процесс, который в ближайшем будущем будет почти полностью роботизирован.

Значительный прогресс можно ожидать в технологии непрерывной разливки полос с размерами, близкими размерам готовой продукции. Технически эта задача может быть решена ускоренной кристаллизацией металла. Прямое литье изделий с конечными или близкими к конечным размерам означает полное или частичное исключение прокатки, термообработки, травления и других операций. Результат — значительная экономия капиталовложений, энергии и материалов.

В настоящее время в Японии, США и Великобритании уже используется прямое непрерывное литье узких полос из специальных сплавов. В перспективе — прямое литье тонких слэбов толщиной 25—50 мм и полос толщиной до 5 мм. Следует отметить, что, несмотря на множество различных предложений, лабораторных установок и проектов, способ разливки полосы толщиной 10 мм и менее, который позволил бы полностью исключить необходимость горячей прокатки, пока еще не разработан. Однако интенсивные разработки в этом направлении ведутся во многих странах мира, и поэтому можно надеяться на определенный успех в обозримом будущем. Последствием же непрерывного литья тонких слэбов и полос, реализация которого, по прогнозам иностранных фирм, ожидается уже в этом веке, вероятно, будет изменение концепции полосовых станов горячей прокатки.

Очевидно, станы будущих поколений не будут иметь черновой группы клетей, и не исключено, что в начале XXI в. они вообще станут лишними. Непрерывное литье стальной полосы конечных размеров будет важным шагом по пути совершенствования металлургического производства.

Рассмотрим теперь перспективные тенденции в производстве холоднокатаных полос.

Современные высокопроизводительные и высокоскоростные станы холодной прокатки характеризуются высокой степенью автоматизации, повышенной жесткостью отдельных деталей и клетки стана, высокой точностью регулирования натяжения между клетями, применением подшипников жидкостного трения с гидростатическими



и гидродинамическими смазочными слоями, мощными системами охлаждения, применением систем гидравлического профилирования валков, большой оснащённостью технологическими и контрольно-измерительными приборами и т. д.

Несмотря на непрерывное и успешное совершенствование производства холоднокатаных полос, создание станов бесконечной прокатки, проектируемые станы рассчитаны на существующий дискретный, т. е. прерывный, технологический процесс получения холоднокатаных полос. В то же время автоматизированные цехи холодного проката с полностью непрерывным технологическим процессом — это реальность ближайшего будущего.

Уже в настоящее время введены в промышленную эксплуатацию различные установки непрерывной разливки стали, реально стоит вопрос проектирования прокатных станов, совмещённых с непрерывной разливкой, а все современные цехи горячей прокатки давно являются непрерывными. Хуже обстоит дело с применением непрерывного процесса в цехах холодной прокатки полосового металла.

Современный цех холодной прокатки — это комплекс отдельных высокомеханизированных и автоматизированных агрегатов для выполнения небольших комплексов операций всего технологического процесса производства. После обработки полосы на каждом таком агрегате непрерывность технологического потока нарушается, а связь между агрегатами поддерживается через промежуточные склады полупродуктов. Отдельные агрегаты имеют высокие технические характеристики, снабжены всеми известными в настоящее время приборами командного и показывающего типа, т. е. рассчитаны на высшую степень механизации и автоматизации почти всех операций технологического потока. В то же время в связи с прерывным технологическим процессом автоматизация и механизация операций на отдельных агрегатах теряют смысл и не дают существенного эффекта.

Существенный недостаток цехов холодной прокатки — низкая механизация и автоматизация вспомогательных операций и операций отделки проката. Наконец, следует особо отметить, что отдельные агрегаты современных цехов холодной прокатки характеризуются

различными скоростями движения металла — от 3 до 40 м/с. Естественно, что такой диапазон скоростей комплекса агрегатов и их успешная работа на различных сортаментах проката делают невозможным сочленение даже двух или нескольких разнородных агрегатов.

На основании изложенного ясно, что создание непрерывного технологического процесса в цехе холодной прокатки не может быть осуществлено механически, а требует большой творческой и экспериментальной работы ученых, конструкторов и технологов. Безусловно, цех холодной прокатки ближайшего будущего будет иметь одну или ряд параллельных производственных линий с высокими скоростями движения металла, непрерывным действием и совмещением всех операций обработки.

Стремительное развитие техники и ее современный уровень позволяют уже сейчас вплотную приступить к проектированию автоматизированного цеха холодной прокатки с полностью непрерывным технологическим процессом. Для определения экономической целесообразности создания такого цеха необходим полный анализ всех технико-экономических показателей технического проекта этого комплекса. Однако уже сейчас ясно, что совмещение даже отдельных агрегатов даст определенный экономический эффект. Так, например, экономическая эффективность установки непрерывного комплекса НТА с 4-клетевым прокатным станом не вызывает сомнений.

Дальнейшее развитие потребует разработки непрерывных и интегрированных производственно-технологических процессов. В перспективе для стана холодной прокатки будет иметь место технологическое соединение оборудования для удаления окислы непрерывного стана и установки для непрерывного отжига полосы, а также и другого технологического оборудования.

В будущем холодной прокатки полос видится не повышение производительности, как это было до настоящего времени, а прежде всего повышение конкурентоспособности на мировом рынке. Этому будут соответствовать мероприятия, ведущие к повышению качества, экономии человеческого труда, энергии и производственных расходов.

Задача же работников листопрокатных цехов метал-

лургических заводов, а также конструкторов, технологов и исследователей — дальнейшее усовершенствование технологий, действующих машин и механизмов, освоение новых станов холодной прокатки, намеченных к изготовлению и вводу в эксплуатацию в ближайшее время.

*УВАЖАЕМЫЕ ЧИТАТЕЛИ!*

**В 1990 ГОДУ ПОДПИСЧИКИ ПОЛУЧАТ 12 НОМЕРОВ.  
СРЕДИ НИХ:**

**ДВЕНАДЦАТАЯ ПЯТИЛЕТКА —  
ПЯТИЛЕТКА МАШИНОСТРОЕНИЯ**  
Сборник

**ДОСТИЖЕНИЯ СОВРЕМЕННОЙ ТЕХНИКИ**  
(О работах, удостоенных Ленинской  
и Государственной премий)  
Сборник

**ВТОРИЧНЫЕ РЕСУРСЫ ЭКОНОМИКИ**  
Сборник

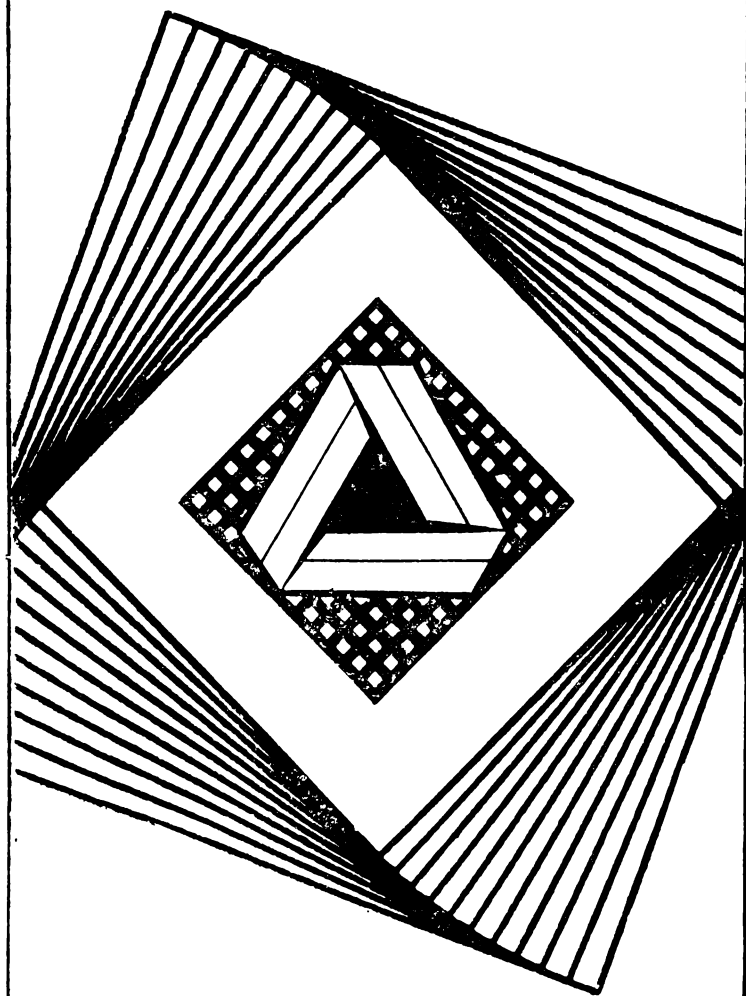
**Николаев Г. Н., академик и др.**  
**СОЕДИНЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ**  
Сборник

**ИНЖЕНЕР И ИТД**  
(индивидуальная трудовая деятельность)  
Сборник

**ПЕРЕСТРОЙКА КАЧЕСТВА**  
Сборник

**ПОДПИСНАЯ ЦЕНА НА ГОД — 1 РУБ. 80 КОП.  
ИНДЕКС СЕРИИ В КАТАЛОГЕ «СОЮЗПЕЧАТИ» — 70067**

# ИНЖЕНЕРНОЕ ОБОЗРЕНИЕ



# **ИЗ ИСТОРИИ ПРОКАТНОГО ПРОИЗВОДСТВА. «ДОЩАТОЕ» И «ЧЕТВЕРОУГОЛЬНОЕ» ЖЕЛЕЗО**

В историю отечественной металлургии немало славных страниц вписано талантливыми уральскими мастерами. Одним из них был замечательный изобретатель-самоучка, создатель первых русских прокатных станов Егор Григорьевич Кузнецов (1725—1805) — крепостной известных горнозаводчиков и землевладельцев Демидовых.

Будущий знаменитый механик родился в семье кузнеца Выйского завода и сам с малых лет трудился здесь у кузнечного горна (по-видимому, отсюда и фамилия). В 1757 г. Кузнецов получает повышение по службе — его переводят в слесари, а спустя еще пять лет «в угодность воли и желания его высокородия Никиты Акинфиевича» направляют на более крупный Нижнетагильский завод «в слесарную фабрику для лучшего обучения учеников слесарному мастерству с поденной платой 10—12 коп.». На Нижнетагильском заводе и суждено было раскрыться его изобретательскому таланту.

Более всего Кузнецова интересовало прокатное дело. Ему пришла мысль приспособить плющильную машину не для «оглаживания» (выравнивания) «дощатого» железа, а для его получения путем прокатки. Не зная грамоты, не умея чертить и читать чертежи, Кузнецов сумел тем не менее изготовить пужные валки и саму машину «для приготовления листового железа». Летом 1766 г. первые образцы прокатанного металла были посланы «на досмотр» в Москву, где находился владелец завода Н. А. Демидов.

Вскоре оттуда пришло письмо, в котором Демидов, знавший толк в горнозаводском деле, выступил в роли строгого судьи: «Присланные железные плющильные листы мною осмотрены и оное, как то объявляется, против делаемого под молотами не чисто». Одобрив в целом идею прокатки, Демидов требовал подвергнуть рабочие валки обточке и тщательной отшлифовке. Крити-

ка «сверху», разумеется, была учтена, и в 1766 г. первый в России листопрокатный стан Нижнетагильского завода начал выпускать свою продукцию — «дошчатое железо».

Успешная работа этого, по сути дела, первого листопрокатного стана навела изобретателя на мысль о том, что подобным способом — прокаткой в горячем состоянии — можно получать и «четвероугольное» железо. Идея понравилась Демидову. В письме в Нижнетагильскую контору он писал: «Жепинского (под этой кличкой Кузнецов был известен на заводе) обнадежить, ежели он постарается для сортового железа машину привести в хорошее действие, то моею милостью оставлен не будет. Наипаче не найдет ли способ, чтоб в пропусках на тех же валках поаккуратнее прорезы привести, дабы можно было пропустить круглые и осьмигранные сорта. Буде же того нельзя, то и при одном четвероугольном останусь доволен».

В 1768 г. Демидову была прислана модель новой «диковинной машины» слесаря Кузнецова. Опытный заводчик понимал, какие перспективы открывает перед ним это изобретение, однако он усомнился в том, что его работник сможет сам построить эту машину, более сложную по конструкции, чем плющильная.

Для оказания крепостному изобретателю квалифицированной помощи на Урал был направлен иностранный механик Шталмеер, которому поручалось построить на Нижнетагильском заводе сортовой стан по модели Кузнецова. Шталмеер оказался неважным механиком, но зато, мягко выражаясь, сообразительным дельцом. Прежде всего он отстранил от работы автора модели, а чтобы самому обрести права на конструкцию стана, решил слегка изменить размеры и расположение прокатных валков. Но не тут-то было: при первом же опробовании стана в мае 1770 г. «оный сразу же сломался, и от того надлежащего действия в порядок привести учинено препятствие».

Однако новый «автор» стана не отказался от своих корыстных планов: переделав слабые узлы, он вновь попытался испытать стан, но, как и при первом испытании, «оный сразу же сломался». Настырный Шталмеер еще несколько лет занимался «модернизацией» стана, пока наконец вернувшийся из длительной заграничной поездки Демидов не пресек его бесплодную конструктор-

скую деятельность. Теперь уже сооружение стана было поручено Кузнецову. Вскоре, в 1775 г., сортовой стан дал первый прокат.

И качество продукции, и производительность стана, по-видимому, были на должном уровне, если от такого ответственного и придирчивого потребителя металла, каким, безусловно, являлось адмиралтейство, на Нижнетагильский завод поступил заказ: в 1776 г. поставить 12 400 пудов «четвероугольного» прокатного железа.

## **НАДЕЖНАЯ БРОНЯ И НЕНАДЕЖНЫЙ КНЯЗЬ**

Одна из ярких и драматичных страниц в истории прокатного производства — судьба изобретения замечательного русского металлурга прошлого века Василия Степановича Пятова (1823 или 1824—1892).

Его инженерный талант в полной мере проявился во время работы на Холуницких железоделательных и чугунолитейных заводах, что находились в Вятской губернии. Здесь по проектам Пятова были сооружены печи для получения чугуна и стали, вагранки, нагревательные устройства, прокатные станы разнообразного назначения. Но главным делом всей его жизни стало изобретение высокопроизводительного способа изготовления броневых плит прокаткой с последующим упрочением их поверхности путем цементации.

Спрос на броню, в которую облачились крупные морские суда, был в то время очень большим. Но качество броневых плит, почти повсеместно изготовлявшихся путем кузнечной сварки нескольких листов, оставляло желать лучшего: внутри брони встречалось много непроваренных мест, раковин, кусков окалины.

Пятов не только предложил прокатывать броневые плиты из раскаленных железных листов, но и построил в 1856 г. на Холуницком заводе предназначенную для этой цели «листокатальную машину». По описаниям этого оригинального прокатного стана оба его валка имели собственный привод — каждый от своего водяного колеса. Кроме того, конструкция предусматривала устройство для подъема верхнего валка. Рядом со станом была сооружена крупная нагревательная печь, в которую вентиляторы нагнетали воздух, предварительно

нагретый в специальном «воздухонагревательном снаряде» теплом отходящих газов. Печь служила для нагрева железных листов, пакеты которых прокатывались на стане в броневые плиты.

Производительность стана была очень высокой: броня изготовлялась на нем в несколько раз быстрее, чем проковкой и сваркой под ударами молота. При этом броневые плиты оказывались заметно прочнее прежних, а обходились они намного дешевле. Главное же достоинство нового способа заключалось в том, что он позволял прокатывать плиты столь крупных размеров, какие не удавалось изготовлять старым способом. Словом, налицо был несомненный успех изобретателя. В 1859 г. Пятов подал заявку на свое изобретение. Казалось бы, его ждут успех, признание, слава — ведь броня была нужна русскому флоту, а ее приходилось за немалые деньги приобретать за границей.

Увы. Год подачи заявки на изобретение стал для Пятова началом многолетних мытарств, явных несправедливостей и горьких обид. Составив подробное описание своего способа производства корабельной брони, изобретатель направил его в военно-морское ведомство с предложением организовать в России массовое производство броневых плит. «Понимая громадное значение своего изобретения для целого света и убежденный собственным опытом в его возможности, но желая принести особую пользу своему отечеству, — писал Пятов, — ...прошу допустить меня выполнить свой проект на счет правительства на одном из казенных заводов; помимо технических преимуществ... предоставились бы миллионные сбережения для нашего государства. Миллионы звонкой монеты могли бы остаться в нашем отечестве.»

Дальнейшие события развивались как в дурном спектакле, главными действующими лицами которого были великий князь Константин — генерал-адмирал, шеф военно-морского ведомства — и английский промышленник Джон Браун — глава фирмы «Браун и К<sup>о</sup>», поставлявшей британскую броню для российского флота. Пятову же в этом спектакле была отведена отнюдь не ведущая роль.

Именно с Брауном решил посоветоваться князь Константин относительно изобретения русского металлурга. Стоит ли удивляться, что мнение заводчика оказалось



резко отрицательным. Еще бы: дай объективную, а стало быть, хорошую оценку новому процессу, и придется расставаться с архивыгодными заказами, приносящими солидные прибыли — те самые «миллионы звонкой монеты», о которых писал Пятов.

Тем временем изобретателю любезно предоставили возможность ознакомиться с Ижорским заводом. Вскоре он составил проект модернизации завода — оснащения его новыми мощными прокатными станами. В записке на имя Константина Пятова, словно предчувствуя, как может повернуться дело, с тревогой писал: «Если таковой способ, сделавшись уже известным за границей, войдет в употребление прежде нашего, то тамошние флоты будут иметь это железо с большой выгодностью, дешевым, ранее нас и более усилятся, а наш флот будет или покупать это железо за границей и платить огромные суммы, или же оставаться без средств к равенству в морской силе с иностранными флотами».

Но то, что волновало скромного изобретателя, было глубоко безразлично его высочеству с царской фамилией и высокопоставленным членам Морского учебного комитета, которому было доверено рассмотрение проекта своего соотечественника. Вердикт комитета был для Пятова ударом: «Оставить дело без последствий».

Зато в Англии дело без последствий не осталось: уже в 1862 г. Браун (да-да, он самый!) взял привилегию на «свое» изобретение способа производства корабельной брони путем прокатки. «Почему-то» английская технология оказалась как две капли воды схожей с той, которую безуспешно пытался внедрить на отечественных заводах Пятов. То, что его не оказалось в числе соавторов Брауна, вполне понятно. А вот по отношению к великому князю Константину британский железозаводчик поступил, можно сказать, явно бестактно: ведь вклад этого сиятельного и влиятельного русского вельможи в английское изобретение поистине трудно переоценить.

Теперь уже военно-морское ведомство и горный департамент, ведавший в России металлургическими делами, проявили огромный интерес к тому самому изобретению, на которое еще недавно они смотрели как на ничтожную пустяковину, не заслуживающую их высокопоставленного внимания. Чтобы ознакомиться с передовым зарубежным опытом, в Англию была срочно коман-

дирована группа инженеров, и те поспешили дать новой технологии высокую оценку. Вскоре фирма Брауна получила дополнительные заказы на броню для русского флота, а русской казне пришлось отсчитывать английскому промышленнику и дельцу очередные миллионы рублей.

А что же Пятов? «С ужасом узнал я, — писал изобретатель, — что в Англии, на заводе «Браун и К<sup>о</sup>», проект мой выполнен... Так губительно для меня и для моего отечества кончилось дело». Он продолжал обивать пороги департаментов и комитетов, подавал куда можно прошения и ходатайства, но чиновники всех рангов отмахивались от него, словно от назойливой мухи. Никому не было дела до какого-то неудачника и его идеи, обретшей прописку на британских островах.

Правда, в конце 1862 г. морское ведомство решило соорудить на Ижорском заводе бронепрокатный цех. Проект цеха был закуплен у англичан. Спустя четыре года цех, работавший по «способу Брауна», дал первые броневые плиты.

Так печально закончилась история изобретения, которым вправе была бы гордиться русская инженерная мысль. Да, поистине нет пророка в своем отечестве...

\* \*

## **«КАЛЕЙДОСКОП».**

### **ПОДЗЕМНЫЙ ДВОРЕЦ**

Одной из красивейших станций московского метрополитена по праву считается «Маяковская». Удивительной легкостью форм и изяществом линий очаровывает она москвичей и гостей столицы. Но видимо, немногим известно, что эта парящая ажурность подземного вестибюля достигнута благодаря тому, что при его сооружении впервые в практике отечественного метростроения были применены стальные конструкции, сумевшие воспринять чудовищную нагрузку многометровой толщи грунта.

Строители станции использовали сталь и как отделочный материал. По проекту для облицовки арочных конструкций требовалась гофрированная нержавеющая

сталь. Большую помощь метростроевцам оказали специалисты «Дирижаблестроя». Дело в том, что это предприятие располагало новейшей для того времени техникой, в том числе единственным в стране широкополосным профилировочным станом. Наряду с полужесткими воздушными кораблями там как раз велся тогда монтаж модели цельнометаллического складывающегося дирижабля конструкции К. Э. Циолковского. Оболочка этого дирижабля состояла из металлических «скорлуп», соединяемых в подвижный «замок». Для прокатки таких деталей и был сооружен специальный стан.

Почетный заказ метростроевцев дирижаблестроевцы выполнили в срок, а для надежности направили на станцию метро своих монтажников, которые и глубоко под землей оказались на высоте.

## **«ТОГДА-ТО И СДЕЛАЛ ВЫБОР»**

Прогресс в области прокатного производства и других сферах металлургического машиностроения второй половины XX в. связан с именем выдающегося советского металлурга академика Александра Ивановича Целикова (1904—1984). Он с детства мечтал стать конструктором самолетов. Когда в начале 20-х годов юноша поступил в Московское высшее техническое училище и стал изучать самолетостроение, казалось, что его мечта вот-вот сбудется. Но судьба распорядилась иначе: студента третьего курса Александра Целикова направили на практику не на авиационный завод, а на металлургический.

«Если говорить честно, — вспоминал Александр Иванович, — то, конечно, я не особенно обрадовался, когда узнал, что на практику мне придется ехать на Днепропетровский металлургический завод. Очень хотелось своими руками попробовать «делать самолеты».

Но завод поразил меня. Огненные фейерверки расплавленного металла, раскаленные полосы, стрелой мчащиеся в валки прокатных станков, и обливающиеся потом рабочие, вручную изгибающие их и направляющие из калибра в калибр.

Пожалуй, именно впечатления от тяжелого труда вальцовщиков и сталеваров заставили меня по-новому посмотреть на жизненные планы. Я мечтал стать конструктором, так может ли быть что-нибудь значительнее и благороднее, чем создание машин, которые освободят человека от невероятно трудной работы рядом с огненным металлом? Тогда-то и сделал выбор».

Да, студенту Целикову в те далекие годы «не повезло», но зато, бесспорно, повезло прокатному производству, которое уже вскоре обрело в его лице талантливое специалиста, ставшего затем основоположником научного металлургического машиностроения.

## СПОР ДИРЕКТОРОВ

В годы войны один из первенцев советской металлургии завод «Запорожсталь» подвергся варварским разрушениям. Территория завода представляла собой хаотическое нагромождение деформированных металлоконструкций, засыпанных осколками стекла, обломками кирпича и бетона. Были повалены все дымовые трубы, взорваны железнодорожные пути. В суровом безмолвии замерли поверженные наземь домны и каупера. Гитлеровцы подорвали внутренние колонны металлических каркасов мартеновских и листопрокатных цехов. Падая, колонны увлекли за собой стропильные фермы и кровлю зданий.

«Запорожсталь» восстанавливала вся страна. Поезда, грузовики, самолеты доставляли на стройку необходимые материалы и оборудование. Героически трудились строители и металлурги. И вот уже восстановлен мартеновский цех, дала первый послевоенный чугуна доменная печь, вступил в строй слябинг.

Первоочередной задачей стал теперь выпуск тонколистового стана, продукцию которого с нетерпением ждали автомобилестроители. В августе 1947 г. на стройку приехал директор Московского автозавода И. А. Лихачев (ставший вскоре министром автомобильного транспорта и шоссейных дорог СССР). Вместе с директором «Запорожстали» А. Н. Кузьминым (впоследствии министр черной металлургии СССР) он долго ходил по прокатным цехам, где одновременно со строительными работами полным ходом шел монтаж оборудования. Тем не менее казалось, что до завершения работ еще дале-

го и, значит, намеченный график не удастся выдержать.

«Неужели через полмесяца будет пущен стан?» — спросил Лихачев. «Обязательно будет», — заверил его Кузьмин. Гость усомнился в этом и предложил пари на бутылку коньяка.

Прошло две недели, и в Москву на автозавод пришла телеграмма: **«СТАН ПУЩЕН РАБОТАЕТ НОРМАЛЬНО ПЕРВЫЕ ЛИСТЫ ПРОКАТАНЫ ВЫ ПРОИГРАЛИ КУЗЬМИН»**. Едва ли кто-нибудь был в тот момент более счастлив, чем И. А. Лихачев, проигравший этот спор.

## **НАУКА — ПРОИЗВОДСТВУ.**

### **БИОЛОГИ В ПРОКАТНОМ ЦЕХЕ**

Казалось бы, биологи могут находиться в прокатном цехе только в роли экскурсантов. Иного мнения придерживаются работники Института ботаники АН УССР и Мариупольского металлургического комбината имени Ильича, которых связывает давнее и плодотворное сотрудничество.

Неужели у биологов и металлургов есть общие проблемы? Как выяснилось, есть. Известно, что прокатные станы в процессе работы не могут обходиться без смазочно-охлаждающих эмульсий, в состав которых входят нефтепродукты — любимое лакомство многих микроорганизмов. В результате их «подрывной деятельности» эмульсии быстро теряли свои «деловые качества» и нуждались в замене.

А нельзя ли умерить аппетит этих «гурманов»? Поставив перед собой такую задачу, ученые Института ботаники начали вести кропотливые исследования в цехе холодной прокатки завода. В итоге им удалось создать **антимикробный препарат**, который не только улучшил свойства смазочно-охлаждающих эмульсий и снизил их расход, но и позволил повысить качество прокатываемого металла.

## НА СТАНЕ РАБОТАЕТ «СОКРАТ»

Современный прокатный стан — сложнейшая система, состоящая из множества механизмов, при работе которых время от времени могут возникать те или иные неполадки. При этом десятки лампочек на пульте управления станом почти одновременно сигнализируют оператору об отклонениях от нормального хода процесса. Но как выделить среди многочисленных сигналов тот, что оповещает о первопричине нарушения или аварии?

Работники Государственного института «Тяжпромэлектропроект» Минмонтажспецстроя СССР создали специальную систему диагностики неисправностей прокатного стана и испытали ее в промышленных условиях на стане «2000» Череповецкого металлургического завода. Контроль за работой этого стана осуществляет ЭВМ, которая неусыпно следит за состоянием пяти тысяч ответственных точек агрегата. Если возникает аварийная ситуация, от соответствующих датчиков в ЭВМ начинают поступать сигналы «отказов», которые «электронный мозг» регистрирует с интервалом 0,01 с и с помощью пишущей машинки фиксирует на бумажной ленте. Теперь уже оператору достаточно нескольких минут, чтобы выяснить причину аварии.

Уметь быстро находить причину неполадок — это хорошо, но еще лучше устранить всякую вероятность возникновения подобных ситуаций. Вот почему инженеры «Тяжпромэлектропроекта» разработали для того же стана новую профилактическую систему, которой они дали звучное имя СОКРАТ: система, огибающего контроля и регистрации аварийных температур. СОКРАТ способен надежно оберегать прокатный стан от всех «болезней» — температура стана всегда будет оставаться нормальной.

## ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯ В ...ВАЛКЕ

Технологи недаром называют иногда наш век веком сверхрежимов: колоссальных значений достигли рабочие скорости, температуры, нагрузки. Это, в свою очередь,

привело к заметному увеличению размеров различных машин и агрегатов. Фанерный аэроплан «Блерио», например, рядом с аэробусом Ил-86 показался бы детской игрушкой, а современный стан холодной прокатки так же отличается по габаритам от своего «предка», как голубой кит от красноперки. Но ведь и сегодняшние режимы — не предел. Значит, завтра, когда скорость прокатки станет еще выше, а стальные заготовки, попадающие в объятия прокатных валков, толще, понадобятся большие усилия для сжатия металла и рабочие клетки прокатных станов окажутся величиной с высотное здание? Не мудрено, что ученые и конструкторы постоянно ищут такие пути, которые позволили бы приостановить «акселерацию» технологических агрегатов.

Интересную идею предложили специалисты по обработке металлов давлением Института металлургии имени А. А. Байкова АН СССР. В чем же суть этой идеи?

Известно, что при нагревании металл расширяется. Но зажатый словно в тиски прокатными валками металл лишен возможности поступать так, как того требуют законы природы. И тогда возникшие в нем напряжения порождают силы, направленные в глубь заготовки, т. е. действуют как бы заодно с прокатными валками. Иными словами, металл начинает сжимать себя, тем самым облегчая задачу, стоящую перед валками. Но, чтобы это произошло, нужно нагреть металл непосредственно в зоне деформации. Такие функции мог бы взять на себя электрический ток, правда, как показали расчеты, для этой цели нужен ток в миллион ампер.

Если получение столь сильного тока не представляет трудностей для современной электротехники, то передача его на вращающиеся с огромной скоростью валки — проблема, сегодня вряд ли разрешимая. Ведь никакие скользящие контакты не смогут работать в таких адских условиях. Тогда-то и возникла смелая мысль: вмонтировать в тело валка электромагнитные обмотки, превратив его тем самым в якорь униполярного генератора, способного рождать токи колоссальной силы.

Разумеется, это не могло не усложнить конструкцию валка, но эксперименты убедили ученых в том, что игра стоит свеч: помимо главной намеченной цели — уменьшения размеров валка, неожиданно выявились дополнительные преимущества нового способа холодной прокатки.

Оказалось, в частности, что там, где в металле имеются микротрещины и поры, неизбежно возрастает плотность тока, следовательно, эти участки сильнее нагреваются, металл здесь становится более пластичным, благодаря чему легче воспринимает усилия деформации.

Новый валок упрощает задачу автоматического управления процессом прокатки. Как только в рабочую клеть попадает лист чуть толще, чем нужно, устройство, питающее током обмотки валков-генераторов, получит соответствующий сигнал. Тотчас же повысится сила тока, а значит, и нагрев металла, в результате чего возрастут внутренние напряжения, помогающие валкам обжать лист до нужной толщины.

## МОЗАИКА ДЛЯ ЛЕКТОРА

«Эпоха железа» насчитывает немногим более 3,5 тыс. лет и в настоящее время находится в «расцвете сил».

\* \* \*

За все существование человечества до 1900 г. произведено 1,2 млрд. т стали, а за 85 лет XX столетия — около 15 млрд. т.

\* \* \*

Примерно 90% выплавляемой стали в нашей стране подвергается обработке давлением, при этом 80% выплавляемой стали обрабатывается в прокатных цехах.

\* \* \*

Производство металла из лома обходится в 25 раз дешевле, чем из чугуна.

\* \* \*

Замена 1 т чугуна 1 т лома экономит 210 руб. капиталовложений.

\* \* \*

Транспортных средств для перевозки лома требуется в 5—6 раз меньше, чем при перевозке материалов, нужных при производстве чугуна.

\* \* \*

Металлофонд СССР к 1990 г. составит около 2 млрд. т.

\* \* \*

Расход стали на 1 т готового проката в нашей стране непрерывно снижается. Так, в 1970 г. он составлял



1290 кг, в 1982 г. снизился до 1270 кг, а в 1988 г. — до 1260 кг.

\* \* \*

Чтобы получить 1 т готового проката, требуется добыть 6—7 т железной руды.

\* \* \*

Экономия 1% металла сберегает за год свыше 1 млн. т готового проката и почти 1,5 млн. т стали.

\* \* \*

Размеры экономии от повышения качества металла и выпуска экономичных видов проката колеблются в большинстве случаев от 10—65 руб./т металла по показателю приведенных затрат.

\* \* \*

Конструкции из металла с повышенными прочностными характеристиками, прежде всего из низколегированного, легированного и термоупрочненного проката, можно делать более легкими, экономя в среднем 15—20% металла.

\* \* \*

Применение холоднокатаных листов взамен горячекатаных позволяет экономить около 30% металла. В то же время при производстве холоднокатаных листов эксплуатационные расходы в среднем только на 10—15% больше, чем при производстве горячекатаных, а капиталовложения увеличиваются не более чем на 20—25%.

\* \* \*

В строительном производстве применение малоуглеродистой термоупрочненной стали позволяет сократить расход металла на 13%, а использование низколегированной стали повышает прочность на 21%.

\* \* \*

Анализ структуры себестоимости различных видов стального проката свидетельствует, что 80—95% затрат приходится на исходный металл, т. е. слитки, и только 5—20% составляют расходы по переделу стальных слитков и заготовок в готовую продукцию.

\* \* \*

В результате коррозии в СССР теряется около 10% стали, т. е. около 15 млн. т в год, а при механической обработке в стружку переводится ежегодно свыше 7 млн. т металла.

15 коп.

1-9  
Индекс 70067



СЕРИЯ

**ТЕХНИКА**