

5.76.05 (043)
К 903

Министерство высшего и среднего специального
образования СССР

ЧЕЛЯБИНСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
ИМЕНИ ЛЕНИНСКОГО КОМСОМОЛА

На правах рукописи

КУЛИК Александр Борисович

ПРОКАТКА ЗАГОТОВОК ИЗ КАЧЕСТВЕННЫХ МАРОК СТАЛЕЙ
НА НЕПРЕРЫВНЫХ СТАНАХ

Специальность 05.16.05 -
"Обработка металлов давлением"

Автореферат диссертации
на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Челябинск

1978

Диссертационная работа выполнена на кафедре "Обработка металлов давлением (прокатка)" Челябинского политехнического института имени Ленинского комсомола.

Научный руководитель - заслуженный деятель науки и техники РСФСР, доктор технических наук, профессор В.Н.ИВРИЯ.

Официальные оппоненты: доктор технических наук В.И.ЗОЗИН;
кандидат технических наук, доцент К.И.ЛИТВИНОВ.

Ведущее предприятие - Орско-Халиловский металлургический комбинат.

Защита состоится "___" _____ 1978 года, в 15 часов, на заседании специализированного совета К-597/3 в Челябинском политехническом институте имени Ленинского комсомола по адресу: 454044, г.Челябинск, проспект им.В.И.Ленина, 76.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Челябинского политехнического института имени Ленинского комсомола.

Автореферат разослан "___" _____ 1978 г.

Ученый секретарь специализированного совета -
кандидат технических наук, доцент

О.К.ТОКОВОЙ



АКТУАЛЬНОСТЬ РАБОТЫ. В соответствии с решениями XXV съезда КПСС и планом развития народного хозяйства СССР намечается увеличить производство проката к 1980 году до 115+120 млн. тонн. При этом основной упор делается на повышение выпуска проката из качественных марок сталей. Необходимо отметить, что тенденция к увеличению выпуска проката из качественных сталей имеется и в технически развитых капиталистических странах. В прокатном производстве это может быть достигнуто за счет создания и внедрения новых прогрессивных технологических процессов, улучшения качества продукции, увеличения производительности за счет повышения эффективности производства.

В настоящее время наиболее распространенной схемой прокатки легированных сталей является блеминг - одноклетьевого стан "трио" (либо трех-четырёхклетьевого стан линейного типа) - сортовой стан. Такая схема рациональна для прокатки небольших партий металла из слитков малого развеса. Достигнутая при этом производительность не обеспечивает получения проката в объемах, необходимых для народного хозяйства. В связи с этим перед металлургами встал вопрос об освоении прокатки заготовок из легированных сталей, включая высоколегированные стали, непрерывным способом. За последние годы отечественной промышленностью созданы и освоены высокопроизводительные автоматизированные непрерывно-заготовочные прокатные станы, которые характеризуются не только высокими скоростями прокатки, но и широким сортаментом прокатываемого металла.

Большой вклад по созданию теории и освоению прокатки легированных марок сталей внесли советские ученые: А.И.Целиков, В.Н.Видрин, Д.М.Чихиков, М.Я.Бровман, И.М.Павлов, А.П.Чекмарев, И.А.Тарновский, П.И.Полухин, В.Л.Колмогоров, В.Д.Железнов и др., работы которых способствовали расширению сортамента прокатываемых сталей.

совершенствованию технологии их прокатки и созданию современного прокатного оборудования.

Переход на непрерывный способ прокатки легированных сталей приводят к заметному увеличению производительности прокатного оборудования, повышению качества проката, улучшению условий труда.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ. Создание научно-теоретических предпосылок для освоения прокатки заготовок из качественных сталей на непрерывных прокатных станах. Проведение комплексного исследования распределения температуры по сечению прокатываемого бруса с одновременной разработкой инженерной методики расчета средней температуры по сечению заготовки; определение сопротивления деформации ряда легированных марок сталей с разделением их по прочностным свойствам. Выбор методики расчета энергосиловых параметров для непрерывно-заготовочных станов с учетом особенностей прокатки высоколегированных сталей. Модернизация оборудования непрерывно-заготовочных станов в соответствии с условиями прокатки легированных сталей.

НАУЧНАЯ НОВИЗНА. Разработана методика определения влияния различных технологических факторов на нагрузки при прокатке. Показано, что основное влияние на величину нагрузок при горячей прокатке заготовок оказывает температура прокатываемого металла. Получены новые зависимости для определения температуры прокатываемого металла с учетом неравномерности ее распределения по сечению.

Предложена новая конструкция прокатного стана (авторское свидетельство № 476043), оснащенного прогнозирующим нагрузки устройством, а также способ производства проката (авт.свидетельство № 399299) из слитка, полученного непрерывным литьем. С целью улучшения качества проката из легированных сталей решена теоретическая задача по охлаждению заготовок, покрытых материалами, теплопроводность которых отличается от теплопроводности прокатанного металла.

ПРАКТИЧЕСКАЯ ЦЕННОСТЬ. Инженерная методика расчета температуры заготовок, с учетом ее неравномерности распределения по сечению, может быть использована при освоении прокатки новых марок сталей, разработке технологических режимов, калибровки, а также при проектировании заготовочных станов. Применение прогнозатора в линии стана позволяет рационально использовать оборудование, предотвращая возможные перегрузки в клетях. Предложенный способ производства проката позволяет получить оптимальную, с точки зрения наибольшей производительности, форму заготовки. Варьируя толщиной многогранного слоя (окалиной, шлаком), можно регулировать режим охлаждения заготовок на холодильнике с одновременным улучшением качества проката.

РЕАЛИЗАЦИЯ РАБОТЫ. Инженерная методика расчета температуры была использована при разработке технологических режимов и освоении прокатки легированных сталей на непрерывно-заготовочном стане 900/700/500 Челябинского металлургического завода, при проектировании Джуралмашзаводом стана 800 для Орско-Халиловского металлургического комбината и лабораторного стана Челябинского политехнического института. Прогнозатор спроектирован и изготавливается для непрерывно-заготовочного стана 900/700/500 Челябинского металлургического завода.

АПРОБАЦИЯ РАБОТЫ. Материалы диссертации доложены на:

1. XXII научно-технической конференции Челябинского политехнического института, Челябинск, 1970.
2. Конференции молодых специалистов Джуралмашзавода, Орск, 1971.
3. Всесоюзной научно-технической конференции "Теоретические проблемы прокатного производства", Днепропетровск, 1972.

4. Конференции Оренбургского областного совета НТО "Вопросы прочности", Оренбург, 1974.

ПУБЛИКАЦИЯ. Основное содержание диссертации опубликовано в 5-и статьях и 2-х авторских свидетельствах.

ОБЪЕМ РАБОТЫ. Диссертация изложена на 105 страницах машинописного текста. Состоит из четырех глав с 10 таблицами и 35 рисунками. Список использованной литературы содержит 65 наименований.

ПРОКАТКА ЗАГОТОВОК ИЗ ЛЕГИРОВАННЫХ МАРОК СТАЛЕЙ НЕПРЕРЫВНЫМ СПОСОБОМ

До недавнего времени прокатка заготовок из легированных сталей непрерывным способом не могла быть осуществлена из-за отсутствия специализированного оборудования. Непрерывные прокатные станы, на которых предусматривается прокатка легированных сталей, должны обеспечивать деформацию металла с высокой точностью и при этом отвечать следующим требованиям: обеспечение прочности узлов рабочих клеток, линий привода валков, надежного захвата металла валками, клеймение, пакетирование и зачистка в потоке, получение металла высокого качества. Кроме того непрерывный стан должен обеспечить прокатку заготовок из легированных сталей в узких температурных интервалах. Всем этим требованиям отвечают непрерывно-заготовочные станы 900/700/500, созданные Дзюно-Уральским машиностроительным заводом совместно с ВНИИМЕТМАШем для Криворожского и Челябинского металлургических заводов. Производительность комплекса блеминг-стан 900/700/500 6 млн. т. металла в год, скорость прокатки до 7 м/с с широким сортаментом круглых, квадратных и плоских заготовок. Первые две клетки 900 являются

отдельно-стоящими, две последующие клетки 900 и четыре клетки 700 (из них две с вертикальным расположением валков) составляют первую непрерывную группу; в состав второй непрерывной группы входят шесть клеток с диаметром валков 680 мм (три из которых с вертикальным расположением валков). К преимуществам непрерывно-заготовочных станов 900/700/500 при прокатке легированных сталей следует отнести прежде всего отсутствие кантовки раската на 90° между клетями; надежность захвата металла валками за счет подпора при непрерывной прокатке; малый цикл прокатки (30-40 с), что позволяет выдерживать необходимый температурный интервал; наличие машины огневой зачистки поверхностей бляма; высокая степень автоматизации стана.

В связи с тем, что оборудование непрерывно-заготовочных станов не предназначено для прокатки легированных сталей, вопрос о целесообразности и возможности прокатки той или иной марки стали необходимо решать индивидуально с учетом экономических и технических факторов. Предварительно необходимо провести расчет температурного режима прокатки и охлаждения, калибровки валков, энергосиловых параметров, скоростного режима прокатки. Анализ результатов указанных расчетов позволит дать заключение о возможности и целесообразности прокатки заготовок из легированных сталей на заданном непрерывном стане.

ТЕМПЕРАТУРНЫЙ РЕЖИМ ПРОКАТКИ НА НЕПРЕРЫВНО-ЗАГОТОВОЧНОМ СТАНЕ

Температура прокатываемого металла является одним из основных факторов, определяющих энергосиловые параметры процесса прокатки. Анализ теплового баланса при прокатке заготовок показал, что для непрерывно-заготовочных станов вполне оправданным является учет

потери тепла заготовкой только за счет лучеиспускания. Потери тепла прокатываемыми заготовками за счет конвективного теплообмена с окружающей средой, а также за счет теплопередачи валкам и проводкам — незначительны, они компенсируются притоком тепла к заготовке в процессе ее деформирования за счет внутренних сил трения.

Полученный вывод подтверждается работами М.А.Зайкова, М.М. Сафьяна, О.Павельски, Ш.Гелеи и др.

Покажем влияние различных технологических факторов, в том числе и температуры на условия прокатки

$$P = 1,15 \cdot \varepsilon^{m_2} \cdot U^{m_3} \cdot e^{-m_1 T} \cdot \eta_\sigma \cdot \eta_\delta \cdot \beta \cdot \ell \cdot A, \quad (1)$$

здесь m_1, m_2, m_3, A — постоянные коэффициенты, характеризующие прочностные свойства заданной марки стали;

η_σ, η_δ — коэффициенты напряженного состояния и влияния ширины;

β — ширина;

ℓ — длина дуги захвата.

Продифференцировав данное выражение по степени деформации ε , отношению радиуса вала к начальной толщине $\frac{R}{h_0}$, скорости прокатки V , температуре T , и учтя натяжения, получено приращение давления в виде:

$$\begin{aligned} \frac{\Delta P}{P} = & \left\{ \frac{m_2}{\varepsilon} + \frac{m_3}{\varepsilon} + \frac{\beta \frac{R}{h_0} - \beta(2-\varepsilon)^2}{\left[4 \frac{R}{h_0} \varepsilon + \beta(2-\varepsilon) \right] (2-\varepsilon)} \right\} \Delta \varepsilon + \\ & + \left[-\frac{m_3}{2 \frac{R}{h_0}} + \frac{\frac{2\varepsilon}{2-\varepsilon}}{\frac{2\varepsilon}{2-\varepsilon} \frac{R}{h_0} + \frac{2-\varepsilon}{2} \beta} \right] \cdot \frac{\Delta R}{h_0} + \frac{m_2 \Delta V}{V} - m_1 \Delta T + \\ & + 0,5 d \cdot \frac{\sigma_0}{\rho_{cp}} \cdot \frac{\Delta \sigma_0}{\sigma_0} - 0,5 c \cdot \frac{\sigma_1}{\rho_{cp}} \cdot \frac{\Delta \sigma_1}{\sigma_1}. \quad (2) \end{aligned}$$

Выведенная формула позволяет аналитически оценить влияние каждого технологического параметра на усилие прокатки в данной клетке. Анализ (2) показывает, что из всех параметров, определяющих усилие прокатки, наибольшее влияние оказывает температура прокатки-

ваемого металла. При расчетах температурного режима прокатки обычно используют температуру поверхности, что допустимо только для малых сечений. Для заготовок размером более 80x80 мм температура поверхности существенно отличается от средней по сечению. Поэтому при расчетах температурного режима прокатки заготовок, а следовательно, и энергосиловых параметров, необходимо использовать среднюю по сечению температуру. Пренебрежение этим условием может привести к значительным ошибкам при определении усилий и моментов прокатки, которые определяют размеры и возможности клетей и стана в целом.

Экспериментальные данные, полученные Н.А.Челышевным, П.Н.Тайцом, А.А.Динником и др., показывают, что перепад температур между поверхностью и центром заготовки достигает 100+300°C. Чем больше сечение проката, тем больше перепад температуры между центром и поверхностью. С целью определения закона распределения температуры по сечению заготовки нами было экспериментально определено температурное поле в блате сечением 350x350 мм и заготовках 150x150 и 80x80 мм. Эпюра распределения температуры по сечению описывается параболой и выражается формулой

$$T = T_c(1 - K'a^2), \quad (3)$$

где T_c — температура центра;

K' — коэффициент, определяемый экспериментально и зависящий от размеров заготовки;

a — расстояние от точки, в которой определяется температура, до поверхности заготовки.

На основании экспериментальных данных разработана методика расчета температурного режима при прокатке крупных сечений с уче-

том неравномерности распределения температуры по сечению. Принимая, что изменение температуры проката происходит в основном за счет лучеиспускания, с учетом закона Стефана-Больцмана и зависимости (3), получены следующие формулы для определения температуры средней по сечению

$$T_{cp} = T_4 \left(1 - \frac{K' a^2}{3} \right) \quad (4)$$

и температуры поверхности

$$T_n = T_{cp} \left(1 - 0,67 K' a^2 \right). \quad (5)$$

Температура поверхности в зависимости от времени охлаждения находится из выражения

$$T_n = \frac{T_{оп}}{1 + \frac{T_{оп}^3 F C t}{c G 10^8 (1 - 0,67 K' a^2)}} \quad (6)$$

здесь C - коэффициент излучения, ккал/м² г град⁴;

F - поверхность излучения, м²;

$T_{оп}$ - температура поверхности в начале охлаждения, град;

t - время охлаждения, ч;

c - удельная теплоемкость, ккал/кг град;

G - вес охлаждаемого металла.

Для квадратных сечений со сторонами h от 60 до 400 мм величина коэффициента K' по нашим экспериментальным данным, а также данным А.А. Динника удовлетворительно описывается гиперболической зависимостью

$$K' = \frac{2,1}{h} \quad (7)$$

В производственных условиях был проведен замер температуры поверхности при прокатке 770 заготовок на непрерывно-заготовочном стане 900/700/500 Челябинского металлургического завода.

Полученные данные позволили построить гистограммы и статическую функцию распределения температуры раската после первой клетки стана. С вероятностью 0,95 можно утверждать, что температура поверхности металла в начале прокатки на заготовочном стане изменяется от 990 до 1175⁰С. На основании экспериментальных данных с использованием зависимостей (3)-(7) был рассчитан диапазон изменения температуры по всем клетям непрерывного стана.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ И ПРОЧНОСТНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ОБОРУДОВАНИЯ ПРИ НЕПРЕРЫВНОЙ ПРОКАТКЕ ЛЕГИРОВАННЫХ МАРОК СТАЛЕЙ

Заключение о возможности прокатки той или иной марки стали на заданном прокатном стане (при известных допускаемых по прочности оборудования усилиях и моментах прокатки в каждой клетке, скоростном режиме и т.п.) можно сделать только после расчета энергосиловых параметров. Достоверный расчет энергосиловых параметров прокатки возможен лишь при определении средней по сечению температуры заготовки. Последующее сравнение расчетных величин с допускаемыми позволяет сделать вывод о целесообразности прокатки рассматриваемой стали на стане. В случае, если расчетные усилия и моменты выше допускаемых, необходимо пересмотреть схему прокатки с целью уменьшения величин обжатий в перегруженных клетях, для чего производится перерасчет скорректированной схемы прокатки.

Основной характеристикой прокатываемого металла является величина сопротивления деформации, которая определяет общее усилие и момент при прокатке, а также оказывает влияние на выбор схемы прокатки, форму и размеры калибров. Величина сопротивления деформации зависит как от свойств самого металла, так и от режима его обработки, т.е. от скорости и степени деформации, температуры и характера изменения деформации. Поскольку основной сортамент легированных сталей, подлежащих прокатке на непрерывно-заготовочных станах,

содержится в Государственном стандарте 4543-71, основное внимание при расчетах было сосредоточено на этих сталях. Проведено экспериментальное определение сопротивления деформации ряда легированных марок сталей (38ХА, 10Г2, 20Н4ФА) на пластометре Джуральмашзавода, воспроизводящем не только температуру, степень и скорость деформации, но и закон развития ее во времени. Используя данные по сопротивлению деформации, полученные на пластометре, а также данные других авторов, были рассчитаны энергосиловые параметры свыше семидесяти сталей из ГОСТа 4543-71 при прокатке на непрерывном четырнадцатиклетьевом заготовочном стане. При проведении расчетов диапазон изменения температуры блямов в начале прокатки был выбран по полученным фактическим данным.

Анализ расчетов энергосиловых параметров показал целесообразность разделения всех сталей на три группы. К первой группе можно отнести наименее прочные стали. Энергосиловые параметры при прокатке этих сталей на непрерывно-заготовочном стане не превосходят допускаемых величин усилий и моментов по клетям, и их прокатка возможна по существующей калибровке. К этой группе относятся, например, следующие стали: 33ХС, 35ХН, 25ХГСН, 10Г2 и т.д., всего 30 марок.

Во второй группе следует отнести 16 марок, например: 40ХН, 40ХФА, 20ХН, 40ХС и др. Эти стали могут быть прокатаны на стане по существующей калибровке, но при ограничении температуры бляма в начале прокатки величиной не ниже $1080+1090^{\circ}\text{C}$.

К третьей группе относятся наиболее труднодеформируемые стали, как 20ХН4ФА, 45ХН2МФА, 1Х15, 25Х2Н4МА и др. Для осуществления прокатки этих сталей необходим жесткий интервал температур прокатки (температура бляма не ниже 1100°C), а также уменьшение исходного сечения бляма, подаваемого на непрерывный стан, и уменьшение обжатий в клетях стана. Сечение готового проката также должно быть изменено в сторону увеличения. С уменьшением поперечного сечения бля-

на увеличивается его длина, а раскатное поле бляминга ограничено; поэтому минимальное сечение может быть 320x320 мм при весе бляма 5,5+6 т. Часовая производительность стана при этом падает на 18+20%. Технико-экономические расчеты показывают, что трудно деформируемые стали (из третьей группы) целесообразно прокатывать в случае, когда разовый заказ на эти заготовки не менее 100+120 тыс. тн. Сделан вывод, что 42% марок сталей из ГОСТа 4543-71 можно прокатать без каких-либо изменений калибровки стана, 22% по существующей калибровке, но при ограничении температуры бляма, а остальные 36% можно прокатать только лишь при изменении калибровки и ограничении нижнего предела температуры бляма. Результаты проведенного анализа нашли применение при освоении прокатки легированных сталей на непрерывно-заготовочном стане 900/700/500.

С целью подтверждения правильности расчетов было проведено экспериментальное исследование. В задачи исследования входило определение фактических нагрузок на клетки при прокатке легированных сталей, освоение их прокатки, сравнение с расчетными величинами. Исследования проводились на непрерывно-заготовочных станах 900/700/500 Челябинского и Криворожского металлургических заводов. Были измерены усилия и моменты по клетям стана, определены межклетевые натяжения (подпоры), температура раската, скорость прокатки и другие технологические параметры. Исследования проводились при прокатке сталей 60Г2, 45Х, 25Г2С, 35ГС, 20ХГ2С (Челябинский металлургический завод) и 35ГС (Криворожский металлургический завод). Одновременно для сравнения определялись все силовые и технологические параметры при прокатке обычных углеродистых сталей. Прокатка на непрерывно-заготовочном стане указанных марок сталей осуществляется по той же технологии, что и для углеродистых сталей, т.е. сохранялась система калибров, обхвата по клетям и скорость прокатки.

При этом фактические нагрузки, имевшие место на стане 900/700/500 при прокатке легированных сталей, хорошо согласуются с расчетными величинами.

Разработанная методика позволяет теоретически предсказать возможность и необходимые ограничительные условия для прокатки различных легированных сталей на заданном прокатном стане.

Температурный режим прокатки и режим остывания на холодильниках для легированных сталей имеет свои специфические особенности. В связи с этим представляет интерес вопрос об отводе тепла от заготовок, покрытых слоем материала с более низкой теплопроводностью (окалиной, шлаком, искусственным покрытием для предотвращения окисления и т.п.). Варьируя толщиной слоя покрытия и его теплопроводностью, можно добиться заданного режима охлаждения.

Поэтому при отдаче тепла от заготовки, поперечный размер которой d , покрытой слоем инородного материала теплопроводностью α и толщиной h , получены следующие зависимости для расчета удельного теплового потока q , количества тепла Q и температуры поверхности T_n :

$$q = \frac{2\alpha(T_0 - T_n)}{\alpha\left(1 + \frac{2h}{d}\right) \ln\left(1 + \frac{2h}{\alpha}\right)}; \quad (8)$$

$$Q = \frac{\pi(T_0 - T_c) \cdot \alpha \cdot d \cdot z}{1 + \frac{\alpha \cdot d}{2\lambda} \cdot z \ln z}; \quad (9)$$

$$T_n = \frac{T_0 + T_c \cdot \frac{\alpha \cdot d}{2} \cdot z \ln z}{1 + \frac{\alpha \cdot d}{2\lambda} \cdot \ln z \cdot z}, \quad (10)$$

где $z = 1 + \frac{2h}{d}$

Если имеет место экстремум, то при $h = h_0$; $z = z_0$; $\frac{dQ}{dz} = 0$

получаем $z_0 = \frac{2\lambda}{\alpha \cdot d}$;

$$h_0 = \frac{d}{2} \left(\frac{2\lambda}{\alpha \cdot d} - 1 \right) \quad (II)$$

Разумеется, для реализации экстремума необходимо $\frac{\lambda}{\alpha \cdot d} > 0,5$. При охлаждении заготовок на холодильниках может существовать экстремальная толщина поверхностного слоя, при которой количество отдаваемого тепла максимально, что следует учитывать при выборе режима охлаждения, а в некоторых случаях и управлять им.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ НАГРУЗОК В КЛЕТЯХ НЕПРЕРЫВНОГО СТАНА

В настоящее время основным контролируемым параметром при прокатке, который косвенно определяет прочностные свойства прокатываемого металла, является температура его поверхности. Из-за неточного определения температуры возникает перегрузки в оборудовании, что приводит к преждевременному выходу его из строя. При значительном расширении сортамента прокатываемых сталей даже относительно точное измерение температуры еще не позволяет судить о возможности прокатки того или иного объема в непрерывном стане. Актуальным является вопрос об установке в линии стана устройства, позволяющего произвести прогнозирование по всем клетям.

Предложен новый прокатный стан для горячей прокатки полосы (авт.свидетельство № 476043), отличительной особенностью которого является наличие в линии стана устройства для прогнозирования нагрузок по всем клетям. Прогнозатор представляет собой клеть дуо с диаметром валков 200 мм, один из которых гладкий, а другой, осуществляющий вдавливание в прокатываемый блан, имеет кулачок. Усилие вдавливания кулачка регистрируется месдозами, установленными под нажимными винтами. Работа прогнозатора осуществляется следующим образом. Включается нажимное устройство верхнего валка, опуская его

до соприкосновения с бльмом. После чего нажимные винты останавливаются и включается привод нижнего вадка. Вадки делают один оборот, вдавливая кулачок в металл. Усилие вдавливания кулачка, фиксируемое месдозами, передается на пост управления. В случае, когда величина этих усилий не превосходит допускаемой для данной марки стали, оператор задает бльм в стан для дальнейшей прокатки. Если же величина нагрузки выше допускаемой, прокатка на непрерывно-заготовочном стане этого бльма невозможна. Предложено между прогнозатором и первой клетью установить нагреватели индукционного типа, способные поднять температуру бльма до необходимой величины. Обогреватель установлен на подводящем рольганге и состоит из восьми секций. Индуктор работает на частоте тока 2500 Гц и рассчитан на повышение температуры поверхности бльма до 40°C. Время работы индуктора равно времени прохождения бльма по рольгангу. Перед установкой прогнозатора в линии непрерывного стана необходимо провести подготовительную расчетную работу.

Рассчитываются усилие и момент прокатки в первой клетке стана по ожидаемым величинам сопротивления деформаций для всех сталей, которые подлежат прокатке на стане. Для каждой марки стали существует допускаемая величина сопротивления деформации $\sigma_{доп}$. В случае, когда $\sigma_s > \sigma_{доп}$ следует включать нагревательное устройство, которое повысит температуру бльма. Кроме того, производится расчет энергосиловых параметров по всем клетям стана. Получив информацию о величине усилия вдавливания кулачка прогнозатора, легко определить сопротивление деформации σ_s . По величине σ_s и известной калибровке определяются усилия и момент прокатки в первой и последующих клетях стана. Зная теоретические величины усилий и моментов при прокатке во всех клетях, легко рассчитать прогнозирующие коэффициенты для каждой клетки. Для i -ой клетки стана имеем

$$m_i = \frac{P_i}{P_1}, \quad n_i = \frac{M_i}{M_1} \quad (12)$$

Проведены расчеты коэффициентов прогнозирования для всех рассмотренных легированных сталей. Результаты расчета показали возможность использования одних коэффициентов прогнозирования для всех сталей данной группы. При этом существенной погрешности не наблюдается, что для практических условий вполне допустимо. Информация поступает на пост управления в следующей последовательности: усилие вдавливания кулачка прогнозатора P , сопротивление σ , определяемое по величине P , усилие P_1 и момент M_1 в первой клетке стана, определяемые по величине σ , усилия P и M определяются по всем клеткам стана с помощью коэффициентов прогнозирования. Схематически это можно представить в виде:

$$P \rightarrow \sigma \rightarrow P_1 \rightarrow P_2, P_3, \dots, P_{14}$$

$$P \rightarrow \sigma \rightarrow P_1 \rightarrow M_1 \rightarrow M_2, M_3, \dots, M_{14}$$

По данным прогнозатора могут быть определены усилия и моменты прокатки во всех клетках стана еще до поступления раската в первую клетку. В случае отсутствия прогнозирующего устройства перед станом его роль в ограниченной мере может выполнять первая клетка стана, оснащенная месдозами. При этом коэффициенты прогнозирования остаются прежними. В случаях, когда ожидается нагрузка по клеткам стана выше допустимых, необходимо увеличивать раствор валков ряда клеток. Прогнозатор может быть включен в систему автоматического регулирования режима работы стана.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

I. Анализ технологических и прочностных характеристик непрерывного прокатного стана с целью выявления возможности получения на нем заготовок из легированных сталей показал ряд преимуществ непрерывной прокатки.

2. Аналитически показано, что основным фактором, определяющим нагрузку на оборудование клетей стана, является температура прокатываемого металла.

3. Разработана инженерная методика расчета температурного режима прокатки заготовок с учетом распределения температуры по сечению заготовки.

4. Рассчитан температурный режим прокатки заготовок на непрерывно-заготовочном стане 900/700/500. Измерения фактической температуры прокатываемых заготовок показали удовлетворительное совпадение с расчетными величинами.

5. На пластометре DUNS определено сопротивление деформации ряда легированных сталей; рассчитаны энергосиловые параметры при непрерывной прокатке свыше семидесяти марок легированных сталей.

6. На основании расчетов все стали по прочностным свойствам условно разделены на три группы.

7. Измерение энергосиловых параметров на непрерывно-заготовочных станах 900/700/500 при прокатке легированных сталей (35ГС, 60С2 и др.) показало удовлетворительное совпадение фактических и расчетных величин.

8. Теоретически показано, что наличие окалины при определенном соотношении ее толщины к размеру заготовки способствует увеличению теплоотвода.

9. Предложен способ прокатки, предусматривающий прогноз нагрузок по всем клетям стана. Предложена методика расчета коэффициентов прогнозирования.

10. Разработан технический и рабочий проект устройства прогнозирования нагрузок и обогрева блюмов в движении перед первой клетью стана.

11. Разработанные в диссертации теоретические, экспериментальные и практические вопросы позволили освоить прокатку ряда легированных марок сталей на непрерывном заготовочном стане 900/700/500, что дает годовой экономический эффект в 33,5 тыс. рублей.

Основное содержание диссертации опубликовано в следующих работах:

1. М.Я.Бровман, В.Х.Римен, А.Б.Кулик. Инженерная методика расчета температурного режима прокатки на заготовочных станах. - "Известия вузов. Черная металлургия". 1974, № 8.

2. В.Х.Римен, А.Б.Кулик. Расчет изменения температуры при прокатке крупных сечений. - В сб. "Теоретические проблемы прокатного производства". М., "Металлургия", 1975.

3. В.Х.Римен, А.Б.Кулик. Конструктивные возможности непрерывных заготовочных станов 900/700/500 при прокатке легированных сталей. - "Оборудование для прокатного производства". В сб. I-77-16, М., "НИИИНФОРМТЯЖМАШ", 1977.

4. М.Я.Бровман, В.Х.Римен, В.Н.Выдрин, А.Б.Кулик. Оборудование для проката заготовок из легированных сталей. - "Металлургическое оборудование". В сб. I-77-33, М., "НИИИНФОРМТЯЖМАШ", 1977.

5. Ф.Л.Ермохин, С.Ф.Четырбок, А.Б.Кулик и др. Трехкулачковый пластометр. - "Заводская лаборатория", 1978, № 6, М., "Металлургия".

6. М.Я.Бровман, В.Н.Выдрин, В.Х.Римен, А.Б.Кулик, Е.Н.Березин. Способ производства проката. Авторское свидетельство № 399299. -

"Открытия, изобретения, промышленные образцы и товарные знаки",
1973, № 39.

7. И.Я.Бровман, В.Х.Римен, А.Б.Кулик . Стан для горячей про-
катки полосы. Авторское свидетельство № 476043.- "Открытия, изо-
бретения, промышленные образцы и товарные знаки", 1975, № 25.

Кулик А.Б.

ПРОКАТКА ЗАГОТОВОК ИЗ КАЧЕСТВЕННЫХ МАРОК СТАЛЕЙ
НА НЕПРЕРЫВНЫХ СТАНАХ

ФБ 00194. Подписано к печати 2/XI-78 г. Формат бумаги 60x90 1/16.
Объем 1,25 п.л., I уч.-изд.л. Тираж 100 экз. ЧИИ. Заказ 466/1370.