

На правах рукописи

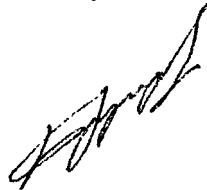
ТУЛУПОВ Дмитрий Николаевич

**ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА СТАЛЬНОЙ
КАТАНКИ НА ОСНОВЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ
И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ
ПРОКАТКИ С НАТЯЖЕНИЕМ**

Специальность 05.02.23 - Стандартизация и управление
качеством продукции

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук



Магнитогорск - 2004

Работа выполнена в Магнитогорском государственном техническом университете им. Г.И. Носова.

Научный руководитель доктор технических наук, профессор
Салганик Виктор Матвеевич

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор
Шеркунов Виктор Георгиевич

кандидат технических наук
Арцибашев Вячеслав Вячеславович

Ведущее предприятие ОАО «Магнитогорский метизно-
металлургический завод»

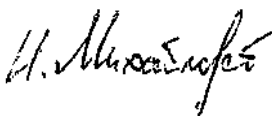
Защита состоится "28" декабря 2004 г. в 16⁰⁰ на заседании диссертационного совета К 212.111.03 в Магнитогорском государственном техническом университете им. Г.И. Носова по адресу: 455000, г. Магнитогорск, пр. Ленина, 38, МГТУ, малый актовЫй зал.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова.

Автореферат разослан "26" ноября 2004 года

Ученый секретарь

диссертационного совета



Михайловский И.А.

2005-4
19317

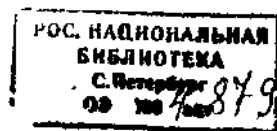
909221
3

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Среди характеристик качества сортового проката по-прежнему важнейшими являются показатели точности геометрических размеров прокатываемых профилей. Традиционно особое внимание уделяется точности таких видов сортового проката, как прутки и катанка. Это объясняется достаточно малыми размерами профилей и жесткими допусками на геометрические размеры.

Несмотря на широкое внедрение новых технологических процессов прокатки и нового оборудования сортовых и проволочных станов, вопросы обеспечения высокой точности прутков и катанки нельзя считать полностью решенными. Так, требует дальнейшей проработки проблема достижения стабильных геометрических размеров по длине проката. В современных условиях наиболее серьезной трудностью в решении этой проблемы является необходимость учета технологического эффекта межклетевых натяжений при непрерывной прокатке, приводящего, зачастую, к неуправляемому влиянию на точность проката. Чаще всего влияние натяжений выражается в снижении точности (увеличении ширины профиля) на переднем и заднем участках полосы. Для обеспечения заданных качественных показателей готовой продукции это приводит к необходимости обрезки названных участков, а, следовательно, к существенным производственным издержкам.

Одним из путей уменьшения влияния натяжения на точность непрерывной сортовой прокатки является минимизация величины натяжений. Однако обеспечение таких условий (отсутствие колебаний геометрических размеров заготовки, заданные ограничения скорости привода и постоянный уровень натяжений в клетях с групповым приводом) крайне сложно. Поэтому остается весьма актуальной проблема гибкого и эффективного управления точностью сортовой прокатки в



режиме наличия натяжений. Выработка обоснованных и своевременных рекомендаций по рациональным режимам натяжений позволяет персоналу стана более эффективно воздействовать на технологический процесс прокатки, а следовательно, на качественные показатели готовой продукции. В связи с этим задача повышения качества прутков и катанки путем обеспечения заданной точности профиля при помощи целенаправленного совершенствования технологических режимов сортовой прокатки с натяжением является актуальной.

Цель работы состоит в достижении более высокого качества стальной катанки по точности при непрерывной сортовой прокатке на основе выявления и использования количественных связей между межклетевыми натяжениями и геометрическими характеристиками профиля.

Указанная цель реализуется путем решения следующих задач:

- Изучение межклетевого натяжения как фактора управления показателями качества готовой продукции при производстве катанки.
- Разработка модели, описывающей влияние межклетевых натяжений на результативность сортовой прокатки и точность размеров прокатываемого профиля.
- Проверка адекватности и корректировка предложенной модели на основе комплекса экспериментальных исследований для различных систем калибров и различных условий натяжения.
- Разработка и практическое использование методики определения рациональных режимов натяжений, обеспечивающих повышение результативности технологии производства катанки - достижение высокого качества по точности и стабильности геометрических размеров.

Научная новизна работы заключается в следующем:

- с использованием эффективных методов оценки качества установлено приоритетное значение фактора межклетевого натяжения с точки зрения воздействия на показатели качества катанки по геометрическим размерам непосредственно в процессе прокатки;
- на основе экспериментальных исследований выявлена связь между характером влияния натяжения на точность раската, выраженную через изменение ширины профиля, и порядком чередования равноосных и неравноосных калибров;
- разработаны номограммы, которые дают информационную основу использования натяжения как управляющего фактора для повышения точности поперечного размера раската по длине и увеличения результативности процесса производства катанки;
- разработана расчетная методика определения точности прокатки в калибре при заданном уровне натяжений.

Практическая значимость результатов исследования заключается в следующем:

- экспериментально доказана возможность эффективного использования переменного натяжения как управляющего фактора для повышения качества прутков и катанки по геометрии;
- предложен технологический процесс сортовой прокатки с переменным натяжением, позволяющий повысить качество прутков и катанки за счет стабилизации поперечного размера раската по длине;
- разработаны расчетные методики и номограммы, прошедшие экспериментальную проверку, которые могут быть использованы на мелкосортных станах для повышения качества производимых прутков и катанки путем целенаправленной корректировки скоростных режимов прокатки.

Реализация результатов **работы** заключается в следующем:

- предложенный способ прокатки с переменным натяжением успешно опробован в условиях стана 150 Белорецкого металлургического комбината;

- новые технологические режимы применяются на стане 150 в периоды работы в одну нитку при производстве катанки из качественных марок стали;
- применение разработанных режимов позволило обеспечить повышение точности подката перед чистовым блоком стана 150 - разброс поперечного размера профиля по длине раската снизился приблизительно в два раза и не превышает 0,2 мм; соответственно, разброс поперечного размера готовой катанки не превышает 0,12 мм, а овальность - 0,18 мм, что отвечает требованиям ТУ 14-1-1881 и 14-1-4752;
- разработанные технологические предложения по повышению качества катанки оформлены нормативно-техническими документами в виде изменений и дополнений к технологической инструкции по производству катанки на стане 150 ОАО «Белорецкий металлургический комбинат»;
- разработаны и внедрены в учебный процесс МГТУ методические указания для студентов специальностей 072000 «Стандартизация и сертификация» и 110600 «Обработка металлов давлением» по оценке и использованию влияния натяжений на геометрические параметры раската.

Апробация работы: основные положения работы изложены и обсуждены на Всероссийской научно-технической конференции «Перспективные материалы: получение и технологии обработки», г. Красноярск, 1999 г., Всероссийских научно-технических конференциях студентов, аспирантов и молодых ученых, г. Красноярск, 1998, 1999 гг.; конференции аспирантов и соискателей, МГТУ им. Г.И.Носова, г. Магнитогорск, 2001 год; технических советах ОАО «Белорецкий металлургический комбинат», 2000, 2003 гг.

Публикации. Результаты диссертационной работы отражены в 11 публикациях.

Объем работы. Диссертация состоит из введения, 4 глав и заключения. Она содержит 127 с. машинописного текста, 45 рис., 24 табл., список литературы из 91 наименования и 4 приложения на 4 с.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В первой главе приводится анализ известных данных о влиянии фактора межклетевого натяжения при сортовой прокатке на точность геометрических размеров прокатываемых профилей (прежде всего, наиболее массового вида сортового проката - круглых профилей и катанки), являющуюся важнейшим показателем качества проката.

ТУ 14-1-1881 и ТУ 14-1-4752 регламентируют диаметр катанки с точностью $\pm(0,15-0,20)$ мм при овальности до 0,2 мм. Под овальностью понимают абсолютную разницу вертикального и горизонтального диаметра профиля. Основное внимание уделяется горизонтальному диаметру (поперечному размеру), изменения которого по длине проката в отличие от вертикального диаметра зависят от уширения металла в калибрах (рис. 1).

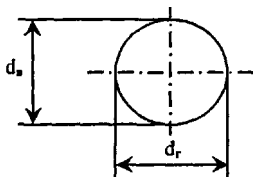


Рис. 1. Геометрические характеристики катанки (d_v - вертикальный диаметр; d_r - горизонтальный диаметр)

На основе литературных данных показано, что межклетевое натяжение при сортовой прокатке является важным технологическим фактором, во многом определяющим стабильность прокатки и точность профиля, а, следовательно, качество металлопродукции. Показано, что натяжение обязательно должно быть учтено при

моделировании процессов деформации в непрерывных группах клеток сортовых станов. В рамках действующих систем минимальных натяжений, а также в сложившейся практике эксплуатации сортовых станов оперативно оценить или измерить влияние натяжения на размер профиля невозможно. Поэтому исследование влияния натяжения на точность сортовых профилей с целью его эффективного использования для достижения заданных геометрических размеров раската является актуальной задачей.

Данный подход, согласно принципам ISO 9000:2000, соответствует использованию технологической группы методов управления качеством для достижения заданных геометрических характеристик проката (рис.2).



Рис. 2. К формированию цели работы

Существующие методы учета натяжения и воздействия на него при сортовой прокатке были разделены следующим образом.

Методы компенсации известного влияния натяжений за счет изменения параметров деформации, позволяющие варьированием

параметров заготовки или режимов деформации получить формоизменение, компенсирующее воздействие продольных усилий.

Методы минимизации натяжений, широко используемые в специальных системах, которые в определенных границах позволяют фактически устранить влияние натяжения. Натяжения минимизируются при помощи алгоритмов автоматизированного управления скоростным режимом на принципах обратной связи.

Методы косвенного обеспечения рациональных натяжений за счет выбора определенных скоростей привода могут быть полезны для стабилизации размеров профиля в непрерывных группах клетей, но требуют большого объема предварительных эмпирических данных по конкретной группе клетей конкретного стана.

Показано, что одним из основных путей уменьшения влияния натяжения на непрерывную сортовую прокатку является использование принципа минимизации натяжений. В тех случаях, когда натяжение не удастся минимизировать основным путем стабилизации процесса и обеспечения высокой точности прокатки, является использование эмпирических моделей рассогласования скоростей, построенных для условий конкретных станов. Известные элементы моделей, непосредственно связывающих величины натяжений с формоизменением профиля в калибрах, являются исключительно эмпирическими, носят узконаправленный характер и применимы к специфическим условиям непрерывных чистовых блоков проволочных станов и отдельным типам калибров.

Поэтому остается очень актуальной проблема гибкого и эффективного управления точностью сортовых профилей (в особенности катанки) в режиме наличия натяжений.

Обеспечение обоснованных и своевременных рекомендаций по рациональным режимам натяжений позволяет персоналу стана более эффективно воздействовать на технологический процесс

прокатки, обеспечивая заданные качественные показатели по геометрическим размерам, а также дает возможность создавать эффективные системы автоматизированного регулирования размеров на непрерывных сортовых станах.

На основании материала главы сформулирована цель и основные задачи диссертационной работы.

Во второй главе на основе известных методов (Исикавы, Парето и контрольных карт) оценки влияния различных факторов процесса на качество катанки по геометрическим размерам установлено, что межклетевое натяжение является приоритетным фактором управления, при помощи которого можно влиять на формировании геометрии катанки непосредственно в процессе прокатки. Обоснована необходимость количественной оценки этого влияния.

С этой целью для исследования зависимости между натяжением и геометрическими размерами профиля при прокатке в калибрах простой формы был проведен лабораторный эксперимент. Для моделирования прокатки с натяжением был использован одноклетевой лабораторный стан 250. Сущность методики проведения эксперимента состоит в следующем: прокатка одинаковых заготовок с определенными размерами и формой поперечного сечения ведется в одном и том же калибре при условиях нулевого натяжения, заднего натяжения, переднего натяжения, заднего и переднего натяжения одновременно. При этом для каждого из перечисленных условий обеспечивается два уровня продольных усилий. В каждом случае производится измерение геометрических размеров исходного и прокатанного образца.

В процессе эксперимента использовали три схемы калибровки «квадрат - шестигранник - ребровой овал - круг»; «квадрат - шестигранник - овал - круг»; «квадрат - шестигранник - квадрат». В качестве исходных заготовок использовали свинцовые заготовки квадратного сечения 25x25 мм. Натяжение при прокатке создавали при

помощи грузов, соединенных через блок стальным тросом с головной, хвостовой или одновременно с обеими концевыми частями раската соответственно. Для высоты (B_1) и ширины (H_1) сечения производилось 10 контрольных замеров через одинаковые участки, равные 0,1 базовой длины. Предел допускаемой основной погрешности составляет $\pm 0,05$ мм. По результатам измерений проводилась статистическая обработка данных: были вычислены выборочные характеристики, проведены отсев грубых погрешностей и проверка нормальности распределения.

Исследование формоизменения при прокатке с натяжением было спланировано по схеме полного факторного эксперимента. В нем реализовались все возможные комбинации двух факторов (X1- переднее натяжение; X2- заднее натяжение).

На первом этапе была проведена серия экспериментов на двух уровнях натяжения - нулевом и первом для различных систем (пар) калибров. В данном эксперименте для сравнительного анализа геометрических характеристик профиля при различных условиях натяжения было удобно использовать относительную утяжку, под которой в работе понимается относительный показатель изменения (уменьшения) коэффициента уширения при наличии натяжения:

$$\Delta\beta = (\beta_{\sigma=0} - \beta_{\sigma \neq 0}) / \beta_{\sigma=0},$$

где $\beta_{\sigma=0}$ - относительное уширение при отсутствии натяжения;

$\beta_{\sigma \neq 0}$ - относительное уширение при наличии натяжения.

На втором этапе была проведена серия экспериментов с тремя уровнями натяжения - нулевым, первым и вторым (в матрице планирования уровни «-1», «0», «+1» соответственно) для всех систем (пар) калибров, задействованных на первом этапе. Полученные в результате эксперимента данные были представлены для анализа в виде регрессионных зависимостей, показывающих влияние переднего и заднего на-

тяжений на величину относительной утяжки (уменьшения коэффициента уширения - в эксперименте по сравнению со случаем отсутствия натяжения) для каждой системы (пары) калибров. Адекватность уравнений регрессии была подтверждена их анализом с использованием критерия Фишера.

Таблица 1
Уравнения регрессии для оценки влияния натяжений на относительную утяжку профиля

Система калибров	Уравнение регрессии	Достигнутое уменьшение коэффициента уширения от натяжения, %	
		переднего	заднего
квадрат-шестигранник	$Y=1,7875+X1*0,3625+X2*0,8375-X1*X2*0,5875$	7,5	3,5-4
овал-круг	$Y=2,985+X1*1,775+X2*0,3-X1*X2*0,90$	6	12-14
шестигранник-квадрат	$Y=1,995+X1*0,72+X2*0,62-X1*X2*0,655$	3,5	4,5
шестигранник-овал	$Y=2,3125+X1*1,067+X2*1,62-X1*X2*1,15$	6	10
Здесь Y – это величина относительной утяжки, а X1 и X2 – нормированные величины переднего и заднего натяжения соответственно.			

По результатам эксперимента было выявлено различное количественное влияние натяжения на поперечную деформацию для систем калибров и различное качественное влияние переднего и заднего натяжений на уменьшение уширения в определенной системе калибров. Было также установлено, что при деформации по схеме «равноосное сечение - неравноосное сечение» наиболее существенное влияние на поперечное формоизменение профиля оказывает переднее натяжение, а при деформации по схеме «неравноосное сечение - равноосное сечение» - заднее натяжение. Выявлено, что заметное влияние на геометрические размеры профиля вызывается относительно небольшим (3,8-12,0% от предела текучести) натяжением.

Таким образом, проведенные экспериментальные исследования закономерностей прокатки в калибрах с натяжением позволили установить относительные уровни переднего и заднего натяжений, оказывающих влияние на параметры конечной деформации, определяющие точность профиля, оценить различное влияние переднего и заднего натяжений на утяжку профиля, получить эмпирические зависимости между продольными усилиями и поперечной деформацией для различных систем калибров.

В третьей главе для обобщения полученных экспериментальных данных о влиянии натяжения на утяжку профиля и возможности их практического использования при сортовой прокатке профилей из углеродистых сталей были разработаны номограммы влияния натяжения на уширение профиля в калибре (рис. 3). В них представлены относительные величины.

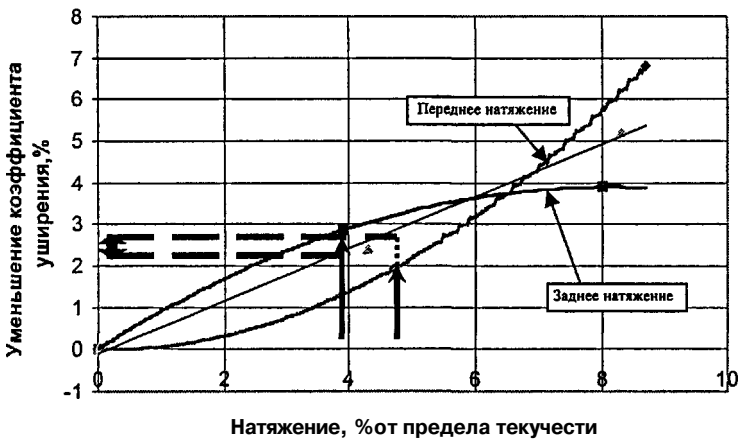


Рис. 3. Определение утяжки профиля при прокатке с натяжением в системе «квадрат-шестигранник»

Полученные номограммы являются инструментом для выбора величины натяжения в зависимости от необходимого изменения ши-

рины раската при управлении точностью геометрических размеров профилей простой формы.

Для создания аналитической математической модели с целью эффективного прогнозирования влияния натяжений на геометрические параметры профиля при сортовой прокатке предложена методика, позволяющая учесть влияние натяжений на уширение, а также разработана модель, позволяющая учесть особенности прокатки в калибрах и являющаяся составной частью базовой методики. Данная методика представляет собой итерационный процесс, состоящий из последовательных шагов, которые необходимо повторять до достижения заранее заданной точности. Одним из важнейших моментов в представленном алгоритме является достоверная оценка энергосиловых параметров (усилия и момента прокатки) на каждом шаге итераций. Поэтому при расчете усилия прокатки было предложено использовать идею пошагового расчета по длине калибра с учетом влияния необжимаемых участков на каждом шаге. В основу расчета положена методика С.А. Тулупова и В.А. Курдюмовой, разработанная в Магнитогорском горно-металлургическом институте. Отличительной особенностью алгоритма являются блоки, в которых определяется коэффициент напряженного состояния с учетом влияния боковых внеконтактных зон на каждом шаге по длине очага деформации в калибре. По разработанному алгоритму был составлен программный модуль при помощи среды программирования Turbo Pascal, позволяющий вести расчеты для всех систем калибров простой формы. В качестве исходных данных в программе используются значения параметров из стандартной таблицы калибровки: диаметр валков, число оборотов валков, предел текучести, температура прокатки, размер сечений и калибров.

Для проверки разработанной методики было проведено сравнение расчетных и экспериментальных данных. Полученные результаты показали, что наблюдается достаточно высокая сходимость

расчета изменения уширения с экспериментальными значениями. Различие по показателю «изменение уширения» составляет 5... 15%, а по абсолютному уширению - не более 7%. Поэтому методика и программные средства для прогнозирования влияния натяжений на уширение в калибрах может быть использована для практических расчетов в условиях действующих непрерывных сортовых и проволочных станов.

В работе был сделан вывод о том, что при наличии боковых внеконтактных зон их величина определяет влияние натяжения на поперечный размер профиля при прокатке в калибре. Механизм влияния таков, что чем «массивнее» эти зоны, тем влияние более выражено. При полном отсутствии боковых внеконтактных зон (прокатка равноосного сечения в неравноосном калибре с передним натяжением) механизм влияния определяется вытяжкой.

В четвертой главе метод определения влияния натяжений на утяжку профиля при помощи номограмм и аналитическая методика итерационного расчета уширения при прокатке с натяжением были подвергнуты проверке на действующих непрерывных проволочных станах 250-2 ММК и 150 БМК.

Для применения натяжений в качестве фактора управления точностью профиля по длине раската разработан способ прокатки в непрерывной группе клетей с переменным натяжением по длине раската. Данный способ использован для решения одной из основных проблем непрерывной прокатки на сортовых и проволочных станах - нестабильности поперечного размера профиля по длине бунта. Основным проявлением этой проблемы являются концевые участки раската (4-20% от общей длины), имеющие большую ширину, чем средняя (90-96% длины) часть раската.

Поскольку натяжение должно определяться исходя из требуемой точности проката, была предложена формула для

определения соответствующего рассогласования линейных скоростей в двух смежных клетях:

$$\Delta V = \sigma V_{\text{вых}}/E,$$

где $V_{\text{вых}}$ - скорость выхода раската из первой клетки;

$V_{\text{вх}}$ - скорость входа раската во вторую клеть;

ΔV - приращение линейной скорости входа во вторую клеть, задаваемое скоростью вращения валков ($\Delta V = V_{\text{вх}} - V_{\text{вых}}$).

Выражение может быть использовано для обеспечения скоростного режима, создающего заданный режим натяжений при непрерывной сортовой прокатке. В определенном межклетевом промежутке рассогласование линейных скоростей осуществляется с учетом диаметров и скоростей вращения валков.

Выполнение способа выглядит следующим образом. Выбранная пара клеток с независимым приводом настраивается на базовый скоростной режим. После подачи нагретой заготовки в черновую группу клеток следует до момента вхождения раската в первую клеть выбранной пары клеток увеличить скорость второй клетки для достижения рассогласования скоростей ΔV , дождаться момента вхождения переднего конца раската в первую клеть и контролировать его длину. После того, как передний участок прокатан, скорость второй клетки снова приводится к базовому значению до момента, когда длина среднего участка, прокатываемого без дополнительного натяжения, достигнет заданной величины. Затем вновь увеличивается скорость второй клетки и оставшуюся заднюю часть раската прокатывают с рассогласованием скоростей ΔV .

На непрерывном проволочном стане 150 БМК подкат диаметром 15,5 мм для задачи в блок имеет эффект разной ширины профиля по длине раската (излишнее уширение концевых участков). Известно, что если вторая промежуточная группа стана настроена на прокатку профиля в средней части с шириной 15,4-15,5 мм, то концевые участки

за этой непрерывной группой будут иметь ширину 16,0-16,2 мм. Исправление этой ситуации при помощи прокатки с переменным натяжением было рекомендовано в клетях 20 и 21 (последние клетки второй промежуточной группы с последовательно расположенными овальным и круглым калибрами). Исходя из приведенных данных, требуемое уменьшение уширения на переднем и заднем концах раската должно составлять 0,6-0,8 мм, чтобы обеспечить стабильную ширину подката, задаваемого в блок.

По разработанной методике для системы «овал-круг» был определен диапазон необходимого увеличения натяжения, выраженного в процентах от предела текучести стали. Для стали 10 необходимое увеличение натяжения составляет $\Delta\sigma=1,1-1,3 \text{ кг/мм}^2$. Далее в расчете скоростного режима была принята величина $\Delta\sigma=1,2 \text{ кг/мм}^2$. Исходя из величины $\Delta\sigma$ было определено требуемое дополнительное рассогласование скоростей $\Delta V = \Delta\sigma V_{\text{вых}}/E=1,2*6,9/10=0,83 \text{ м/с}$, которое для клетей 20 и 21 достигается увеличением оборотов валков (линейной скорости прокатки) в 21-й клетке. Из расчетных и опытных данных была установлена длина концевых участков. Общий вид диаграммы режима переменных натяжений, обеспечиваемого рассогласованием скоростей по длине раската, приведен на рис. 4.

На основании проведенных исследований и экспериментов был разработан комплекс изменений и дополнений в технологическую инструкцию стана 150 при прокатке ответственных партий катанки. Основная суть предложений, включаемых в технологическую инструкцию ТИ 173-ПС-352.2-2003, сводится к следующему:

1. Обеспечить прокатку ответственных партий катанки диаметром 5,5-6,0 мм преимущественно на периоды работы стана в одну нитку.
2. Использовать технологический режим прокатки, при котором:

- 2.1. Клетки 20 и 21 изначально настроены на стандартный скоростной режим.
- 2.2. После прохождения заднего конца предыдущего раската и до момента вхождения раската в клетку 20 увеличить скорость 21 клетки по отношению к клетке 20 для достижения рассогласования скоростей 0,8 м/с.
- 2.3. При вхождении переднего конца раската в клетку 21 через 1 сек. уменьшить скорость валков этой клетки до исходной величины.
- 2.4. После попадания заднего конца раската во вторую промежуточную группу снова увеличить скорость 21 клетки для достижения рассогласования скоростей 0,8 м/с.

Подготовлены соответствующие предложения по корректировке программы управления приводами клеток.

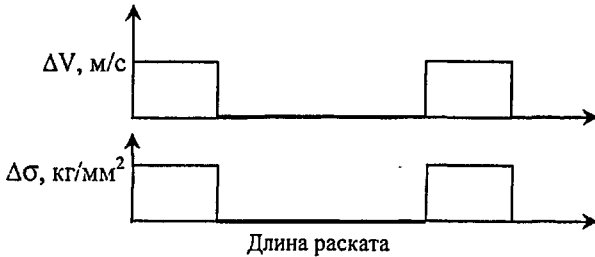


Рис. 4. Диаграмма режима переменных натяжений

В результате применения данного режима увеличилась точность подката перед чистовым блоком стана 150 - разброс поперечного размера профиля по длине раската снизился приблизительно в два раза и не превышает 0,2 мм. При этом разброс поперечного размера готовой катанки не превышает 0,12 мм, а овальность - 0,18 мм.

Повышение результативности процесса производства катанки было определено по известному методу активного нормирования и оценки качества (рис. 5).

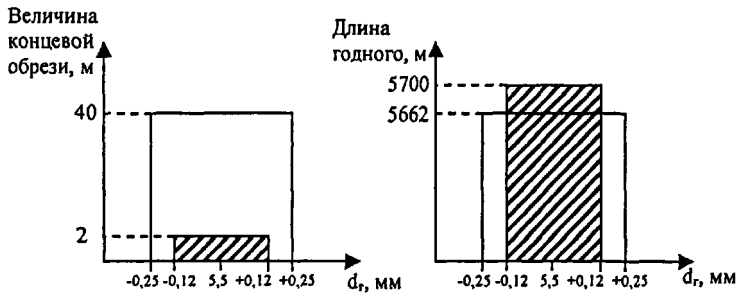


Рис. 5. Повышение результативности производства катанки

Из приведенных диаграмм видно, что предложенные решения по управлению качеством позволили в периоды прокатки в одну нитку существенно снизить обрезь концевых участков и увеличить выход годного по ТУ 14-1-1881 и ТУ 14-1-4752 на 1,5...2,5% .

Учитывая, что объем особо ответственных партий катанки составляет на стане не менее 2500 тонн в год, при средней стоимости тонны такой катанки 11000 руб., увеличение выхода годного на 2% дает прямой экономический эффект около 550 тыс. рублей в год.

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

1. На основе известных методов оценки влияния различных факторов процесса на качество катанки по геометрическим размерам установлено, что межклетевое натяжение является приоритетным фактором управления, при помощи которого можно влиять на формирование геометрии катанки непосредственно в процессе прокатки. Дана классификация существующих методов учета натяжения и воздействия на него при сортовой прокатке.
2. На основе экспериментальных исследований получены эмпирические зависимости между величиной переднего и заднего натяжений и утяжкой профиля для ряда систем калибров, а также установлена связь между характером влияния натяжения на

геометрические характеристики профиля и порядком чередования равноосных и неравноосных калибров при непрерывной прокатке.

3. Количественно определено влияние условий прокатки с натяжением на относительную утяжку профиля в различных системах калибров, составляющее 3,8... 12,0%. Данное влияние выражено через указанную утяжку профиля в зависимости от отношения величины натяжения к пределу текучести стали. Результаты представлены в виде номограмм, позволяющих использовать натяжение как управляющий фактор для повышения точности поперечного размера раската по длине и увеличения результативности процесса производства катанки.
4. Разработана аналитическая методика оценки поперечного размера профиля при заданном уровне натяжений, заключающаяся в итерационном изменении уширения и определении такой его величины, которая соответствует значению момента прокатки с натяжением. Проверка методики на основе экспериментальных данных показала высокую сходимость результатов: различие по величине уменьшения уширения составляет 5... 15%, а по абсолютному уширению - не более 7%.
5. На основе результатов исследований предложен способ прокатки с переменным натяжением. Разработаны методика применения этого способа для действующих станов и технологические режимы прокатки с переменным натяжением для проволочных станов 250-2 ММК и 150 БМК, позволяющие снизить разницу ширины профиля по длине раската, повысить точность геометрических размеров и качество катанки.
6. Предложенный способ прокатки с переменным натяжением успешно опробован в условиях стана 150 Белорецкого металлургического комбината. Разработанные технологические режимы применяются на стане 150 в периоды работы в одну нитку

при производстве ответственных партий катанки, что позволило обеспечить повышение точности подката перед чистовым блоком стана 150, снизив разброс поперечного размера профиля по длине раската до 0,2 мм. Соответственно, разброс поперечного размера готовой катанки не превышает 0,12 мм, а овальность - 0,18 мм, что отвечает требованиям ТУ 14-1-1881 и 14-1-4752 и позволяет увеличить выход годного на 1,5...2,5%.

7. Технологические предложения и режимы по стабилизации геометрических размеров проката перед чистовым блоком клетей и повышению качества катанки оформлены нормативно-техническими документами в виде изменений и дополнений к технологической инструкции по производству катанки на стане 150 ОАО «Белорецкий металлургический комбинат». Результаты работы внедрены в учебный процесс МГТУ.

Основное содержание диссертации опубликовано в работах:

1. Тулупов Д.Н. Метод учета продольных усилий в матричных моделях непрерывной сортовой прокатки // Тез. докл. Всероссийской научно-технической конференции; Фонд НТИ и ТДМ; Красноярск, 1998. С. 44.
2. Адаптивный анализ технологических схем сортовой прокатки на базе структурно-матричной модели / Моллер А.Б., Евтеев Е.А., Тулупов О.Н., Тулупов Д.Н. Деп. в ВИНТИ 1997. №1960 В 97.
3. Тулупов Д.Н. Исследование заднего натяжения при прокатке в калибрах // Тез. докл. Всероссийской научно-технической конференции; Фонд НТИ и ТДМ, Красноярск, 1999. С. 61.
4. Салганик В.М., Тулупов Д.Н. Исследование уширения металла при сортовой прокатке с натяжением // Перспективные материалы, технологии, конструкции: Сб.науч.тр. КГАЦМИЗ. -Красноярск, 1999. Вып. 5. С. 327-329.

5. Салганик В.М., Тулупов Д.Н., Колясов Д.В. Экспериментальное исследование особенностей конечной деформации при сортовой прокатке с натяжением // Моделирование и развитие процессов обработки металлов давлением: Сб. научн. тр. аспирантов и соискателей. Магнитогорск: МГТУ, 2000. С. 152-160.
6. Салганик В.М., Тулупов Д.Н., Тулупов О.Н. Исследование механизма влияния натяжений на уширение в калибрах и использование натяжений для повышения точности сортовой прокатки // Обработка сплошных и слоистых материалов: Межвуз. сб. науч. тр. / Под ред. Г.С.Гуна. -Магнитогорск: МГТУ, 2001. С.92-100.
7. Тулупов Д.Н. Разработка и анализ методики расчета поперечной деформации при сортовой прокатке с натяжением // Современные технологии и материаловедение: Сб. науч. тр. -Магнитогорск: МГТУ, 2003. С. 290-296.
8. Формоизменение при прокатке в калибрах. Натяжение / Моллер А.Б. Тулупов Д.Н., Колясов Д.В. Зайцев А.А. Методические указания для выполнения лабораторной работы для студентов спец. 072000 и 110600. Магнитогорск: МГТУ, 2002.
9. Тулупов Д.Н., Евтеев Е.А. Оценка влияния натяжений на точность прокатки в калибрах и использование дифференцированного натяжения при непрерывной прокатке катанки // Вестник МГТУ. 2003. №3. С. 34-36.
10. Салганик В.М., Тулупов Д.Н. Исследование и совершенствование процесса непрерывной сортовой прокатки с натяжением // Производство проката. 2004. № 7. С. 26-31.
11. Тулупов Д.Н. Исследование и использование межклетевого натяжения для совершенствования процесса непрерывной сортовой прокатки // Моделирование и развитие технологических процессов: Сб. науч. тр. -Магнитогорск: МГТУ, 2004. С. 43-47.

Подписано в печать 24.11.04,
Плоская печать. Уел печ.л.1,0.

Формат 60x84 1/16.
Тираж 100 экз.

Бумага тип.№ 1.
Заказ 822.

455000, Магнитогорск, пр. Ленина, 38
Полиграфический участок МГТУ

21970

РНБ Русский фонд

2005-4
19317