

**ДОНЕЦКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ**

На правах рукописи

ЛАШКО ИГОРЬ ЕВГЕНЬЕВИЧ

ФОРМИРОВАНИЕ АСИММЕТРИЧНЫХ (В ПЛАНЕ) КОНЦЕВЫХ
УЧАСТКОВ ПОДКАТОВ ПРИ ПРОКАТКЕ В ЧЕРНОВОЙ ГРУППЕ
КЛЕТЕЙ НШС И РАЗРАБОТКА РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО
СОКРАЩЕНИЮ ПОТЕРЬ МЕТАЛЛА В КОНЦЕВУЮ ОБРЕЗЬ

Специальность 05.03.05 - "Процессы и машины обработки давлением"

Автореферат
диссертации на соискание
ученой степени кандидата
технических наук



00754312 (M)

21.77 +
20.22
Диссертация является рукописью

Работа выполнена в проблемной

лаборатории проблемной химической деформации и упрочнения Московского института стали и сплавов и Донецком научно-исследовательском институте черной металлургии.

Научный руководитель:

доктор технических наук, профессор **В. Н. ХЛОПОНИИ**

Официальные оппоненты:

доктор технических наук, профессор **В. С. ГОРЕЛИК**

кандидат технических наук,

ведущий научный сотрудник **Ю. В. ФУРМАН**

Ведущее предприятие:

Мариупольский металлургический комбинат

им. Ильича

Защита диссертации состоится "21" марта 1996г. в 12.00 час.
в аудитории 5.353 на заседании специализированного совета Д 06.04.03
в Донецком государственном техническом университете по адресу: 340000,
г. Донецк, ул. Артема, 58

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Донецкого государственного
технического университета

Автореферат разослан "21" февраля 1996г.

Ученый секретарь

специализированного совета Д 06.04.03,

доктор технических наук

С. М. Сафьянц

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. В условиях, когда расход металла в металлургии на 20%, а энергоресурсов на 25-30% больше, чем в металлургии зарубежных стран становится чрезвычайно актуальной задача сокращения расхода металла и энергоресурсов на всех этапах металлургического производства. Чем быстрее будет решена эта задача, тем быстрее черная металлургия Украины станет конкурентоспособной на мировом рынке и создаст условия для получения высококачественной и конкурентоспособной продукции на последующих этапах производства (машиностроение, электротехника, строительство и т. д.).

Цель и задачи исследования. Цель настоящей работы заключается в разработке технологических предложений, направленных на снижение потерь металла в обрызг при резке концевых участков подката на выходе из черновой группы клетей НШС.

В работе решали следующие основные задачи:

- исследование влияния основных факторов прокатки на процесс образования дефектных концевых участков раската при прокатке в черновой группе клетей НШС;
- установление закономерностей формирования наплывов по кромкам раската во время прокатки в вертикальных валках с асимметричной калибровкой;
- разработка математической модели образования наплывов на боковых гранях раската при прокатке в вертикальных валках с асимметричной калибровкой;
- разработка технологических предложений, позволяющих снизить потери металла в обрызг при резке на летучих ножницах НШС.

Объектом исследования выбраны непрерывные широкополосные станы горячей прокатки. Наиболее типичными представителями НШС выбраны станы 1700 Карагандинского металлургического комбината и 2000 Новолипецкого металлургического комбината.

Научная новизна работы заключается в

- установлении превалирующего влияния неравномерного распределения температуры по ширине нагретых слябов на процесс образования асимметричных концевых участков раскатов;
- обосновании возможности использования асимметричной калибровки вертикальных валков для компенсации негативного влияния неравномерного распределения температуры по ширине сляба;
- создании математической модели, позволяющей прогнозировать изменения наплывов на боковых гранях раската при прокатке его в верти-

кальных валках с асимметричной калибровкой, основу которой составляют регрессионные зависимости, характеризующие влияние совокупности факторов очага деформации на формирование наплывов.

Практическая ценность работы состоит в

- разработке технических и технологических решений (асимметричная калибровка вертикальных валков, дифференцированная по ширине раската подача воды, новое устройство запуска летучих ножниц на рез концевых участков полосы), реализация которых позволяет снизить потери металла в обрезь;

- создании методики, позволяющей определить как искажения концевых участков полосы, так и способ и величину воздействия на раскат, существенно снижающие эти искажения.

Основные положения, выносимые на защиту:

- результаты исследования влияния факторов прокатки - неравномерного распределения температуры по ширине нагретых слябов, угла задачи слябов в вертикальные валки и геометрической формы передних и задних концевых участков слябов, отличной от прямоугольной на формоизменение концевых участков раската при прокатке в черновой группе клетей НШС;

- математическая модель расчета наплывов по кромкам раската во время прокатки в вертикальных валках с асимметричной калибровкой;

- технологические мероприятия, направленные на сокращение потерь металла в концевую обрезь;

- устройство запуска летучих ножниц на рез дефектных концевых участков полосы, обеспечивающий снижение потерь металла в обрезь;

- результаты освоения работы, обеспечивающие экономию металла при резке концевых участков подката на летучих ножницах НШС.

Реализация результатов работы. На стане 2000 НЛМК внедрено устройство запуска летучих ножниц на рез концевых участков подката. Экономический эффект от внедрения составил 85200 руб., доля автора диссертации - 68160 руб. (в ценах 1991 г.).

При реконструкции НШС 1700 металлургического комбината им. Ильича (г. Мариуполь) использованы рекомендации в части влияния факторов прокатки на формоизменение концевых участков раската при прокатке в черновой группе НШС.

Апробация работы. Материалы работы доложены и обсуждены в период с 1988 г. по 1995 г. на: отраслевом научно-техническом семинаре "Пути снижения расхода металла в прокатном производстве" г. Днепропетровск, институт черной металлургии; Всесоюзной научно-технической конференции "Обобщение опыта работы молодых ученых, инженеров и рабочих от-

расли по экономии материальных и энергетических ресурсов" г. Донецк, научно-исследовательский институт черной металлургии; научно-технических семинарах проблемной лаборатории процессов пластической деформации и упрочнения МИСИС; кафедры "Прокатного производства" Приазовского государственного технического университета; кафедры "Обработки металлов давлением" Донецкого государственного технического университета и прокатных отделов ДонНИИЧерМет.

Публикации. Основное содержание работы опубликовано в 5 статьях в научно-технических сборниках, 1 авторском свидетельстве на изобретение.

Структура и объем диссертации. Диссертация изложена на 163 страницах машинописного текста и состоит из введения, 5 глав, заключения, списка использованной литературы из 106 наименований, содержит 52 рисунка, 16 таблиц, 4 приложения.

Личный вклад автора состоит в постановке, проведении, анализе данных всех представленных в работе экспериментов, разработке математической модели расчета наплывов на боковых гранях раската, разработке технологических предложений, направленных на уменьшение потерь металла в концевую обрезь. Публикации описывают результаты исследований, выполненных при непосредственном участии автора.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

1. АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР

Исходя из анализа литературных источников сделаны следующие выводы:

1. Основными направлениями совершенствования НШС горячей прокатки являются экономия энергоресурсов и повышение выхода годного. Причем, первое направление предполагает рациональное использование тепла слябов, накопленного на предшествующем переделе, а также перераспределение затрат между нагревом и прокаткой в сторону прокатки. Второе направление включает мероприятия, направленные на сокращение потерь металла по всей технологической линии стана.

2. Определенное внимание в технической литературе уделено снижению концевой обрезки раскатов перед чистовой группой клетей НШС. Однако, в изученных нами работах не в полной мере исследованы факторы, влияющие на формоизменение концевых участков раскатов (не изучено влияние неравномерного по ширине нагрева слябов, геометрической формы исходных слябов, угла задачи слябов в вертикальные валки).

3. Расширяется использование процесса редуцирования слябов в линии НШС, однако при этом практически не учитывается ухудшение формы концов раската в виде асимметричного "рыбьего хвоста", что вызывает существенное увеличение отходов металла.

4. Обрезь раскатов перед чистовой группой клетей обычно производят без учета фактической формы концевых участков.

Таким образом, теоретическое и экспериментальное изучение процесса формирования искажений формы концов раскатов и поиск рациональных путей предотвращения их образования и устранения продолжает оставаться актуальным.

2. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ МЕТОДИК ИССЛЕДОВАНИЙ

2.1. Методика лабораторных исследований

Экспериментальные исследования проведены на лабораторном стане 170 (ДонНИИЧерМет), в масштабе 1:10 моделирующем универсальную клеть НШС 1700. Соблюдая основные положения теории подобия, смоделировали горячую прокатку слябов в черновой группе клетей НШС.

Опытные образцы (масштаб 1:10) отливали, проковывали и фрезеровали для получения требуемых размеров. В качестве модельного материала использовали технически чистый алюминий, реологические свойства которого в условиях лабораторной прокатки в значительной мере соответствуют таковым стали при горячей прокатке в промышленных условиях. Образцы с размерами поперечного сечения 20x150мм перед прокаткой нагревали в печи до 500 градусов С, а неравномерное распределение температуры по ширине обеспечивали интенсивным подсуживанием боковых поверхностей и созданием разности температур между центром и боковой гранью от 20 до 100 градусов С. Для получения достоверной информации в каждом эксперименте использовали по 3 образца. Изменение температуры фиксировали контактным методом с помощью термоэлектрического цифрового термометра ТТЦ-1-02.

Лабораторные образцы прокатывали в вертикальных и горизонтальных валках универсальной клетки со скоростью около 1м/мин по схеме прокатки в черновой группе клетей НШС 1700.

После прокатки образцов в черновой группе клетей измеряли неравномерность удлинений металла по ширине на переднем и заднем концевых участках раскатов, подлежащих обрезке на летучих ножницах. Измерения осуществляли от плоскости реза концов раската.

Исследовано влияние неравномерного распределения температуры по

ширине нагретых слябов - со стороны привода, в центральной части и со стороны перевалки на параметры наплывов, образующихся на широкой грани раската при прокатке в вертикальных валках и соответственно последующее формоизменение концевых участков при прокатке в горизонтальных валках. При этом, геометрию наплывов на широких гранях раската характеризовали их высотой H_{max} и шириной B_n ; формоизменение концевых участков раската при прокатке в горизонтальных валках - вогнутостью f и длиной участка сужения L (по ширине) (рис. 1).

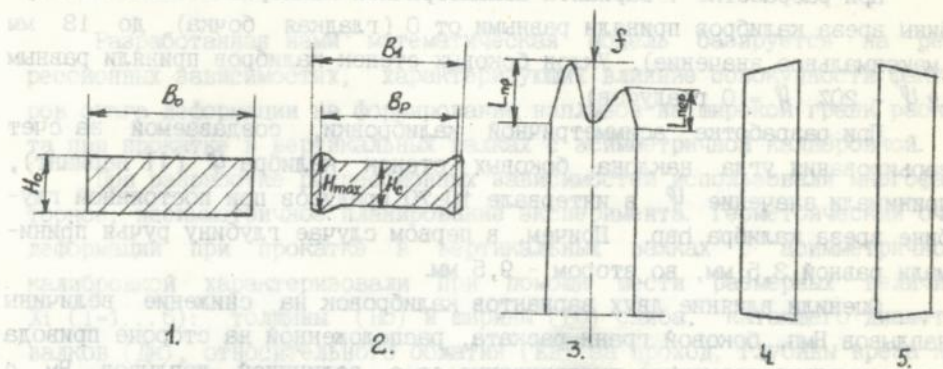


Рис. 1 Форма поперечного сечения образцов до (1) и после прокатки вертикальными валками (2), концевых участков раскатов (3) и форма в плане исходных слябов (4, 5)

Влияние исходной формы передних и задних концевых участков слябов, отличной от прямоугольной формы на величину концевой обрезки раскатов исследовали на образцах, концевые участки которых имеют форму в плане в виде трапеции (рис. 1).

Для оценки влияния угла задачи слябов в валки на формоизменение концевых участков раскатов угол отклонения продольной оси исследуемых образцов от оси прокатки изменяли дискретно в диапазоне от 1 до 5 градусов. Для сравнения прокатали контрольные образцы со строго перпендикулярной задачей в вертикальные валки.

Моделируя процесс прокатки в черновой группе клетей, прокатали образцы, задаваемые ранее в вертикальные валки перпендикулярно и с максимальным углом задачи, равным 5 градусам. Задачу образцов во всех проходах осуществляли перпендикулярно относительно оси прокатки.

Предварительно на столе задачи была выполнена разметка с указанным интервалом несоответствия осей, а задачу образцов в валки в за-

данном интервале углов выполняли с помощью направляющих линеек.

Возможности управления величиной наплывов, образующихся на широкой грани раската при прокатке в вертикальных валках исследовали с помощью вертикальных валков с асимметричной калибровкой, которую выполнили за счет варьирования глубины вреза калибров, имеющей разное значение со стороны привода и перевалки и постоянном угле наклона боковых стенок калибра (I вариант) и угла наклона боковых стенок калибра при постоянной глубине ручья (II вариант).

При разработке I варианта асимметричной калибровки значения глубины вреза калибров приняли равными от 0 (гладкая бочка) до 18 мм (максимальное значение). Уклон боковых стенок калибров приняли равным $\text{tg } \varphi = 20\%$ ($\varphi = 10$ градусов).

При разработке асимметричной калибровки, создаваемой за счет варьирования угла наклона боковых стенок калибра φ (II вариант), принимали значение φ в интервале 10-70 градусов при постоянной глубине вреза калибра $h_{вр}$. Причем, в первом случае глубину ручья принимали равной 3,5 мм, во втором - 9,5 мм.

Оценили влияние двух вариантов калибровок на снижение величины наплывов $H_{мп}$ боковой грани раската, расположенной на стороне привода и максимально возможное выравнивание ее с величиной наплывов H_m с противоположной, более холодной, грани раската (сторона перевалки), а также смещение в сторону центра раската участка наибольшего утолщения $H_{мп}$ боковой грани раската на стороне привода.

2.2. Методика промышленных исследований

Распределение температуры по ширине нагретых слябов со стороны привода, центра и перевалки на головной, средней и хвостовой частях исследовали на участке вертикального окалиноломателя черновых групп клеток НШС 1700 КарМК и НШС 2000 НЛМК. Датчик измерения температуры выполнен в виде двухкамерной форсунки, в которую через внешнюю камеру под давлением подается воздух для охлаждения корпуса и стабилизации промежуточной среды датчик-объект излучения. Внутренняя камера содержит фототранзисторы, изготовленные из германиевых или кремниевых транзисторов. Для проведения исследований датчики монтировали в трубе диаметром 40 мм, в которую подавали воздух для охлаждения и которую устанавливали стационарно на расстоянии 500 мм от поверхности сляба. В процессе эксперимента фиксировали также время, в течение которого сляб находился перед окном выгрузки печи в ожидании выдачи.

С целью определения геометрии исходных слябов (отличие от прямо-

угольной формы) на складе холодного металла НШС 1700 КарМК и НШС 2000 НЛМК была исследована торцевая форма соответственно 335 слябов (16 плавов) и 29 слябов (4 плавки) перед их нагревом.

Измеряли форму передних и задних концевых участков через каждые 100 мм по ширине сляба. Выделили форму концевых участков с уклоном торцевой кромки к приводной стороне валков и в сторону перевалки.

3. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ИЗМЕНЕНИЯ НАПЫЛВОВ НА БОКОВЫХ ГРАНЯХ РАСКАТА

Разработанная нами математическая модель базируется на регрессионных зависимостях, характеризующих влияние совокупности факторов очага деформации на формирование напыльвов на широкой грани раската при прокатке в вертикальных валках с асимметричной калибровкой.

При разработке регрессионных зависимостей использовали многофакторное, несимметричное планирование эксперимента. Геометрический очаг деформации при прокатке в вертикальных валках с асимметричной калибровкой характеризовали при помощи шести размерных величин X_i ($i=1...6$): толщины (H_0) и ширины (B_0) сляба, катающего диаметра валков (D_k), относительного обжатия (E_b) за проход, глубины вреза калибра со стороны привода ($h_{вр. пр.}$) и перевалки ($h_{вр. пер.}$).

При разработке матрицы планирования эксперимента варьируемые факторы были представлены в относительном виде: $X_1 = B_0/H_0$, $X_2 = E_b$, $X_3 = h_{вр. пр.}/D_k$, $X_4 = h_{вр. пер.}/D_k$. При этом X_1 варьировали на двух уровнях, X_2 , X_3 , X_4 - на трех уровнях. С учетом принятых на НШС условий прокатки выбрали интервалы варьирования факторов геометрического очага деформации.

В качестве функций отклика Y_j ($j=1...3$) выбрали безразмерные показатели, однозначно характеризующие величину напыльвов, образующихся на широкой грани раската: $Y_1 = H_m пр./H_0$, $Y_2 = H_m пер./H_0$, $Y_3 = B_p/B_1$, где $H_m пр.$ и $H_m пер.$ - максимальная высота напыльвов со стороны привода и перевалки; B_p - расстояние между вершинами напыльвов на широкой грани раската.

Дробный факторный план эксперимента типа $2^1 \times 3^3 // 32$ разработали по методике Аддельмана. После прокатки в вертикальных калиброванных валках согласно матрице планируемого эксперимента фиксировали высоты напыльвов со стороны привода и перевалки, а также расстояние между вершинами напыльвов.

Полученные экспериментальным путем значения функций отклика обрабатывали с использованием аппроксимации линейными и степенными поли-

номами (Y_j), коэффициенты которых (a_i) определяли по методу наименьших квадратов, а их значимость оценивали методами математической статистики.

Для функции отклика Y_1 линейные полиномы получены в виде

$$Y_1 = a_1 X_1 + a_2 X_2 + a_3 X_3 + a_4 X_4 + a_5 X_1 X_2 + a_6 X_1 X_3 + a_7 X_1 X_4 + a_8 X_2 X_3 + a_9 X_2 X_4 + a_{10} X_3 X_4 + a_{11} X_1 X_2 X_3$$

Для функции отклика Y_2 уравнения регрессии получены в виде

$$Y_2 = a_1 X_1 + a_2 X_3 + a_3 X_4 + a_4 X_1 X_2 + a_5 X_1 X_3 + a_6 X_1 X_4 + a_7 X_2^2$$

Изменение расстояния между вершинами наплывов характеризовали с помощью степенных полиномов

$$Y_3 = a_1 X_1 + a_2 X_2 + a_3 X_3 + a_4 X_4 + a_5 X_1 X_2 + a_6 X_1 X_3 + a_7 X_1 X_4 + a_8 X_2 X_3 + a_9 X_1 X_2^2 + a_{10} X_2^2 X_3 + a_{11} X_1 X_2 X_4$$

Проверка регрессионных уравнений по критерию Фишера показала их адекватность экспериментальным результатам с доверительной вероятностью 95%. Расхождение между экспериментальными и расчетными результатами не превышало 4...13%.

4. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ ОСНОВНЫХ ФАКТОРОВ ПРОКАТКИ НА ФОРМОИЗМЕНЕНИЕ КОНЦЕВЫХ УЧАСТКОВ РАСКАТОВ ПРИ ПРОКАТКЕ В ВЕРТИКАЛЬНЫХ И ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ ВАЛКАХ

Экспериментально исследовано влияние неравномерного распределения температуры по ширине слябов, геометрической формы исходных слябов (в плане) и угла задачи слябов в вертикальные валки на формоизменение концевых участков раската при моделировании процесса прокатки в черновой группе клетей НШС.

Установлено, что относительная высота наплывов на подстуженной стороне при прокатке в вертикальных валках ($E_v = 3\%$) для случая максимального температурного перепада между центром и периферией ($\Delta t = 100$ градусов С) в 1,12 раза меньше в сравнении с равномерно нагретыми образцами. Последующая прокатка таких образцов в горизонтальных валках ($E_h = 25\%$) приводит к уменьшению вогнутости ($f/L_{пер.}$) на подстуженной стороне переднего и заднего концевых участков соответственно в 1,28 и 1,32 раза.

При моделировании процесса прокатки в черновой группе клетей (5 проходов) отмечено, что вогнутость ($f/L_{пер.}$) и длина участков сужения ($(L_{пр.} - L_{пер.})/L_{пр.}$) сторон образцов, подстуженных на 100 градусов С меньше для передних концевых участков соответственно в 1,36 и 1,51 раза, для задних - в 1,38 и 1,58 раза в сравнении с равномерно нагретыми образцами.

Следующим исследуемым фактором является несовершенство геометрической формы (в плане) исходных слябов.

Установлено, что чаще концевые участки слябов, подаваемых на НПС имеют форму в виде трапеции (в плане). Во время исследований установлено 10 различных сочетаний косины реза передних и задних концевых участков слябов.

При моделировании процесса прокатки в черновой группе клетей образцов с косиной на стороне привода (рис. 1) отмечено возрастание по проходам длины сужения со стороны перевалки ($f/L_{пер.}$) относительно стороны привода ($f/L_{пр.}$) с 1,2 (1 проход) до 1,5 раза (5 проход) для переднего концевого участка и с 1,1 до 1,3 раза - для заднего конца. Причем, длина сужения со стороны перевалки превышает длину сужения переднего и заднего концевых участков образцов прямоугольной формы соответственно в 1,23 и 1,13 раза (после 5 прохода).

Для образцов с косиной на стороне перевалки, наоборот, после 5 прохода установлено увеличение длины сужения со стороны привода относительно стороны перевалки для переднего концевого участка в 1,8 раза и для заднего - в 1,6 раза. Кроме того, длина сужения со стороны привода передних и задних концевых участков превышает длину сужения передних концевых участков образцов прямоугольной формы в 1,36 раза и задних - в 1,25 раза.

После прокатки образцов в вертикальных валках ($\epsilon_v = 3\%$) с различными углами задачи отмечено, что с ростом угла задачи γ образцов в валки относительно оси прокатки длина сужения на переднем концевом участке увеличивается со стороны привода относительно стороны перевалки ($L_{\gamma=n}^{пр} / L_{\gamma=n}^{пер}$) в 1,7 раза. Кроме того, отмечен рост длины сужения со стороны привода ($L_{\gamma=n}^{пр} / L_{\gamma=0}$), а также уменьшение длины сужения со стороны перевалки ($L_{\gamma=n}^{пер} / L_{\gamma=0}$) по сравнению с перпендикулярной задачей образцов в валки соответственно в 1,4 и 1,7 раза. Полученное изменение длин сужения со стороны привода и перевалки приводит к увеличению вогнутости на переднем конце образцов ($f_{\gamma=n} / f_{\gamma=0}$) по сравнению с перпендикулярной задачей образцов в валки в 1,47 раза. Причем, для заднего концевого участка раската указанных изменений формы с ростом угла задачи не отмечено.

Установлено, что у образцов, предварительно задаваемых под углом $\gamma = 5$ градусов в вертикальные валки, длина сужения со стороны привода превышает длину сужения со стороны перевалки приблизительно в 1,4 раза; длина сужения со стороны привода и перевалки превышает длину сужения образцов, задаваемых перпендикулярно в валки соответственно в 1,58 и 1,8 раза. Полученное соотношение длин сужения приводит к уве-

личению вогнутости по сравнению с перпендикулярной задачей образцов в валки в 1,5 раза.

Установлено, что по мере роста относительной глубины вреза калибра до $h_{вр.}/D_k = 0,18$ относительная высота наплывов H_{max}/H_0 снижается приблизительно в 1,33 раза по сравнению с прокаткой на гладкой бочке, а относительное расстояние между вершинами наплывов V_r/V_1 - в 1,5 раза (I-й вариант асимметричной калибровки). Кроме того, отмечено снижение величины наплывов в 1,19 раза при уменьшении угла наклона боковых стенок калибра с 70 до 10 градусов и постоянной глубине вреза $h_{вр.}/D_k = 0,035$ и в 1,22 раза при постоянной глубине вреза $h_{вр.}/D_k = 0,095$, а также относительного расстояния между вершинами наплывов - соответственно в 1,09 и 1,22 раза (II-й вариант асимметричной калибровки).

5. ВЫЯВЛЕНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ФОРМИРОВАНИЯ НАПЛЫВОВ НА ШИРОКОЙ ГРАНИ РАСКАТА ПРИ ПРОКАТКЕ В ВЕРТИКАЛЬНЫХ ВАЛКАХ С АСИММЕТРИЧНОЙ КАЛИБРОВКОЙ С ПОМОЩЬЮ РАЗРАБОТАННОЙ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ

Закономерности изменения безразмерных показателей Y_j , характеризующих формоизменение наплывов на широкой грани раската, представлены на двумерных полях в виде линий равного уровня. Причем, каждое поле иллюстрирует влияние на Y_j двух факторов, остальные два параметра имеют при этом фиксированные значения среднего уровня.

С помощью разработанной математической модели исследовано влияние асимметричной калибровки валков на высоту наплывов по кромкам со стороны привода и перевалки, а также расстояние между ними. Во время исследований глубину вреза калибровок со стороны привода и перевалки варьировали в пределах соответственно от 0 (гладкая бочка) до 0,09 и от 0,13 до 0,18 относительной глубины ручья. Два других варьируемых фактора - обжатие вертикальными валками и размер фиксировали и принимали равными соответственно $E_v = 3\%$ и $Vo/H_0 = 7,5$.

В процессе исследований отмечен линейный характер зависимости. Так, в случае варьирования значений глубин вреза калибровки со стороны привода и перевалки в указанных выше пределах происходит снижение высоты наплывов соответственно в 1,45 и 1,13 раза, а также расстояния между вершинами наплывов - в 1,15 раза.

Установлено, что с целью выравнивания и уменьшения высоты наплывов со стороны привода и перевалки целесообразно относительную глубину вреза калибров со стороны перевалки принимать равной 0,030-0,035,

со стороны привода - 0,175-0,180.

Исследование влияния размеров слябов на параметры наплывов проводили совместно с относительным обжатием вертикальных валков. При этом значения глубины вреза согласно проведенных исследований принимали равными и постоянными со стороны привода и перевалки соответственно 0,030 нвр. пр./Дк и 0,180 нвр. пр./Дк; значения относительного обжатия варьировали $E_b = 1-6\%$; размера - $Vo/No = 5-9$. Условно весь диапазон рассматриваемых ширин был разделен на два интервала - "узкий" ($Vo/No = 5-6,5$) и "широкий" ($Vo/No = 7-9$).

Установлено, что снижение величины наплывов со стороны привода и перевалки для слябов с $Vo/No = 5-6,5$ соответственно в 1,30 и 1,06 раза и слябов с $Vo/No = 7-9$ - в 1,22 и 1,08 раза, а также выравнивание значений наплывов по обеим кромкам возможно при прокатке "узких" слябов с $Vo/No = 5-5,5$ максимально допустимыми на НШС обжатиями (в математической модели - $E_b = 6\%$), для "широких" слябов - при $Vo/No = 3-8,5$ и обжатиями $E_b = 3-3,5\%$. Кроме того, в указанном интервале значений варьируемых параметров - Vo/No и E_b происходит уменьшение расстояния между вершинами наплывов в 1,23 и 1,14 раза соответственно для "узких" и "широких" слябов.

Исследование влияния относительного обжатия вертикальными валками на параметры наплывов проводили совместно с относительной глубиной вреза калибров. Установлено, что снижение высоты наплывов в 1,15 раза со стороны привода и в 1,12 раза со стороны перевалки "узких" образцов возможно в случае прокатки с предельно допустимыми на НШС обжатиями в вертикальных валках, имеющих на стороне привода относительную глубину вреза, равную 0,13; на стороне перевалки - 0,03. У "широких" образцов уменьшение высоты наплывов в 1,5 раза со стороны привода и в 1,33 раза со стороны перевалки возможно при прокатке в валках с максимальными глубинами вреза со стороны привода и перевалки и минимальном обжатии равном 1%.

6. РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРЕДЛОЖЕНИЙ ПО СНИЖЕНИЮ ПОТЕРЬ МЕТАЛЛА В КОНЦЕВУЮ ОБРЕЗЬ

Выявленные нами зависимости между неравномерным распределением температуры по сечению сляба и формой концевых участков раската позволили предложить способ уменьшения искажений концов раскатов за счет искусственно создаваемого температурного градиента по сечению раската. Этот градиент предложено создавать за счет поочередного включения секций коллектора гидросбива окалины по мере прохождения раската. При

этом, коллектор предлагается выполнить трехсекционным с независимой работой секций. Очередность включения секций определяется вытяжкой краевых участков раската относительно центра.

Так, при примерно симметричном относительно центра полосы удлинении краевых участков на переднем конце раската (в плане) предлагается подачу струй воды под высоким давлением начинать из крайних секций непосредственно перед появлением раската под (над) этими секциями коллектора. При асимметричном относительно центра полосы удлинении краевых участков подачу струй воды осуществляют из крайней секции, расположенной на стороне с большим удлинением края раската. После этого, с момента попадания под (над) коллектор средней части раската подачу струй воды под высоким давлением осуществляют из сопел средней (и другой крайней) по ширине раската секции. В результате уменьшают течение краевых частей раската, как более холодных и увеличивают в средней его части, как более горячей и снижают асимметрию концевых участков.

Разработан также способ горячей прокатки полосового металла, позволяющий управлять формированием наплывов на широкой грани раската. Основой предложенного способа горячей прокатки является снижение высоты наплывов боковой грани раската со стороны привода и выравнивание ее с величиной наплывов со стороны перевалки, а также дополнительное смещение в сторону центра раската участка с наибольшей высотой.

С этой целью предложено выполнять на вертикальных валках на стороне привода (где боковая грань сляба более нагрета) калибровку с большей глубиной вреза, а именно 0,1-0,2 от диаметра валка, на валках с противоположной стороны - калибровку с глубиной ручья $h_{вр} = 0-0,1D$.

Снизить потери металла в обрызг можно также за счет повышения точности определения и удаления дефектных концевых участков подката перед чистой группой клетей.

В разработанном нами способе подача сигнала на запуск летучих ножниц на рез производится по результатам фиксирования очертания концевого участка раската, которое осуществляется одновременным обкатыванием по обоим боковым граням раската специальных роликов, выступающих из направляющих линеек на 80 мм для контакта с движущейся полосой.

Предлагаемое устройство запуска летучих ножниц на рез концевых участков полосы внедрено в условиях НИС 2000 НЛМК. Точность реза оценена на 36 слябах размерами 240x1500 мм (из них 20 шт. - с помощью существующего на стане способа) и 18 слябах, имеющих размеры 250x1710 мм (8 шт. - существующим способом).

Установлено, что устройство запуска летучих ножниц на рез концевых участков полосы повысило точность реза концов раската и снизило потери металла в обрызг на 2,3 кг/т.

ВЫВОДЫ

1. Экспериментальным путем исследовано влияние неравномерного распределения температуры по ширине нагретых слябов, угла задачи слябов в вертикальные валки и формы исходных слябов, отличной от прямоугольной на формоизменение концевых участков раската при прокатке в вертикальных и горизонтальных валках черновой группы НШС. Наиболее значительное влияние на формоизменение концевых участков раската отмечено от действия температурного перепада по ширине слябов, проявляющееся в образовании наплывов на боковой грани раската и имеющих разную высоту со стороны привода и перевалки.

2. Для уменьшения негативного влияния неравномерного распределения температуры по ширине нагретых слябов предложено использовать асимметричную калибровку вертикальных валков, созданную за счет варьирования глубины вреза калибров при постоянном угле наклона боковых стенок и путем изменения угла наклона стенок калибра и постоянной глубине ручья.

3. Разработана математическая модель формоизменения наплывов на широкой грани раската при прокатке в вертикальных валках с асимметричной калибровкой. Основу модели составляют регрессионные уравнения, характеризующие формоизменение наплывов на боковых гранях полосы.

4. С помощью разработанной математической модели, реализованной на ЭВМ, определены закономерности формоизменения наплывов на широкой грани раската в случае варьирования факторов геометрического очага деформации при прокатке в вертикальных калиброванных валках. Отмечена возможность управления формированием наплывов за счет варьирования соотношения глубин вреза калибров со стороны привода и перевалки, размера слябов и обжатия, а также обжатия и глубины ручья вертикальных калиброванных валков. Для этого на вертикальных валках на стороне перевалки предлагается выполнять калибровку с глубиной ручья $h_{вр.} = 0,0,1Д$, на стороне привода - с большей глубиной ручья $h_{вр.} = 0,1-0,2Д$, поскольку боковая грань имеет большую температуру и соответственно большую высоту наплывов.

5. С целью уменьшения асимметрии концевых участков раскатов и потерь металла в обрызг при прокатке в черновой группе клетей НШС

предложено для снижения негативного влияния температурного перепада по ширине слябов осуществлять секционную по сечению сляба подачу струй охладителя, при этом коллектор выполнить трехсекционным с независимой работой секций. Очередность включения секций определяется вытяжками краевых участков раската относительно центра полосы.

б. В диссертации разработан способ определения момента запуска летучих ножиц на рез концевых участков раската, обеспечивающий более точное попадание линии реза на границу между прямоугольной (ширина раската постоянна) и непрямоугольной (дефектной) частями раската и сводящий к минимуму потери металла в концевую обрезь.

Основные положения диссертации изложены в работах:

1. Исследование геометрической формы слябов с целью сокращения потерь металла в обрезь. Чупров В. Б., Лашко И. Е., Вивенцов А. С. Известия вузов, 1989, N 3, с. 154-155.

2. Влияние ряда факторов прокатки на формоизменение концевых участков раската в вертикальных и горизонтальных клетях НШС. Хлопонин В. Н., Чупров В. Б., Лашко И. Е. Рукопись деп. в Черметинформации, 10.05.90, N 5464, с. 42-44.

3. Влияние неравномерного распределения температуры в слябе на формоизменение концевых участков раската. Чупров В. Б., Лашко И. Е., Вивенцов А. С. Известия вузов, 1990, N 6, с. 103.

4. Влияние асимметричной калибровки вертикальных валков на формоизменение концевых участков раската. Хлопонин В. Н., Чупров В. Б., Лашко И. Е. и др. Известия вузов, 1990, N 9, с. 51-54.

5. А. С. N 1712013 СССР, 1991. Способ горячей прокатки полосового металла. Лашко И. Е., Хлопонин В. Н., Чупров В. Б.

6. Закономерности изменения показателей формы концевых участков раската при прокатке. Чупров В. Б., Лашко И. Е. Известия вузов, 1990, N 11, с. 112.

А Н О Т А Ц І Я

Лашко І. С. "Формування асиметричних (в плані) кінцевих участків підкатів при прокатці в чорновій групі ВШС та розробка рекомендацій по скороченню втрат металу в кінцеву обрізь.

Дисертація на здобуття наукового ступеню кандидата технічних наук за фахом 05.03.05 - "Процеси та машини обробки тиском".

Донецький державний технічний університет. Донецьк, 1996.

Захищається 5 наукових праць та 1 авторське свідоцтво.

В дисертації проведено дослідження про вплив технологічних факторів прокатки на формозмінення кінцевих участків розкату при прокатці в чорновій групі БШС.

Обґрунтовано та експериментально підтверджено з метою зниження негативного впливу нерівномірного розподілу температури по ширині нагрітих слябів, застосування вертикальних валків з асиметричною калібровкою, асиметрію, якої створювали за рахунок варіювання глибини візю калібрів з боку приводу та перевалки.

Запропонована математична модель формування напливу на бокових гранях розкату при прокатці в вертикальних валках з асиметричною калібровкою.

Розроблені технологічні заходи спрямовані на зниження втрат металу в кінцеву обрізь при прокатці в чорновій групі БШС.

В промислових умовах реалізовано пристрій запуску летючих ножниць кінцевих участків підкату.

Ключові слова - листова прокатка, фактори прокатки, формозмінення напливів, зниження втрат металу, кінцева обрізь, асиметрична калібровка.

ЛНС ім. В. Стефаника
АН України

ABSTRACT

Lashko I. E. "Formation of asymmetric (plan view) end areas of semi-finished rolled products during rolling within the rough group of continuous ball-rolling mill and development of the recommendations relating to the way of decreasing any loss of metal in the shape of crop ends".

This is to obtain an Engineer Master's degree in the field of "The Processes and the Machines Used for Treatment Under Pressure" (05.03.05).

Donetsk State Technical University, Donetsk, 1996.

Five scientific-research works and one Certificate of authorship are defended.

The influence of technological factors on the shape changing in the end areas of the rolled products within the rough group of continuous ball-rolling mill is covered by this thesis.

To minimize negative influence of unequal distribution of heat over the width of the heated slabs by using the vertical rollers

with asymmetrical pass which asymmetry is provided by means of drive and a roll changing-this is the goal of this thesis proved and properly verified.

A mathematic model of sag formation on the side edges of the work pieces rolled by using the rollers with asymmetrik pass is offered.

The technological measures directed to the decreasing of loss of metal in the shape of crop ends during rolling within the rough group of continuous ball-rolling mill are developed.

Flying shears applicable for cutting the end areas of the semi-finished rolled products are put into operation under productional conditions.

Key terms: plate rolling, factors of rolling, changing of sag shape, decreasing of loss of metal, crop ends, asymmetrical pass.

Abstract

ABSTRACT

Five scientific-research works and one Certificate of authorship are defined.

The influence of technological factors on the shape changing in the end areas of the rolled products within the rough group of continuous ball-rolling mill is covered by this thesis.

To minimize negative influence of unequal distribution of metal over the width of the heated strips by using the vertical rollers recommendations relating to the way of decreasing any loss of metal in the shape of crop ends.

Lists to obtain an engineer's degree in the field of the process and the machines used for treatment under pressure.

(88.08.05).

Donetsk State Technical University, Donetsk, 1988.

444917

AB 34.164