

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ УКРАИНЫ  
ВОСТОЧНОУКРАИНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

*На правах рукописи*

**ЛУЦКИЙ МИХАИЛ БОРИСОВИЧ**

**РАЗРАБОТКА, ИССЛЕДОВАНИЕ И ВНЕДРЕНИЕ НОВЫХ  
КОНСТРУКЦИЙ ОБВОДНЫХ И ОХЛАЖДАЮЩИХ  
УСТРОЙСТВ СОРТОВЫХ СТАНОВ**

Специальность 05.03.05 - Процессы и машины обработки давлением

**А в т о р е ф е р а т**  
**диссертация на соискание ученой**  
**степени кандидата технических наук**

Луганск - 1995



Робота виконана в Донбаск

Научний керівитель -

кандидат технічних наук,

доцент

Луценко В.А.

Офіційні опоненти -

доктор технічних наук,

професор

Дорошко В.И

кандидат технічних наук

Кулак Ю.Е.

Ведущая організація - Дніпровський металургічний комбінат

Захист дисертації здійснюється " 28 " серпня 1995 г.  
в 14 годин на засіданні спеціалізованого ради К 18.02.03  
Всхідноукраїнського державного університету за адресою:  
348034, м. Луганськ, квартал Молодіжний, 20 а.

С дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці Всхідно-  
українського державного університету за адресою:  
348034, м. Луганськ, квартал Молодіжний, 20 а.

Автореферат розісланий " 24 " августа 1995 г.

Отзывы на реферат в двух экземплярах, заверенные печатью,  
просим направлять в адрес университета.

Учений секретарь

спеціалізованого ради,

кандидат технічних наук, доцент

Рябичева Л.А.

ЛНБ ім. В. Стефаніка  
АН України

## Общая характеристика работы

Актуальность вопроса. Металлургическое производство, и в том числе прокатное, одно из самых энергоемких производств в народном хозяйстве. Наряду с экономией энергоресурсов, важное место в совершенствовании технологии прокатного производства, в частности производства сортовых профилей, занимает проблема снижения расхода валков и экономии металла.

К причинам, затрудняющим разработку энерго- и материалосберегающих технологий в условиях крупносортовых станов, можно отнести то, что практически отсутствуют исследования в области передачи черновых раскатов швеллерного и балочного типов больших сечений с использованием обводных аппаратов и конструкций обводок, обеспечивающих передачу указанных профилей, недостаточное количество исследований температурного режима прокатки швеллеров и двутавровых балок, отсутствие исследований теплового состояния горизонтальных валков универсальных клетей при различных условиях охлаждения, не совершенство охлаждающих устройств, обеспечивающих дифференцированную подачу охладителя по контуру калибра.

Поэтому разработка принципов конструирования и конструкций обводных устройств для передачи черновых раскатов швеллерного и балочного типов больших сечений, исследование процесса прохождения раскатов в желобе обводки, температурного режима прокатки указанных профилей, разработка методики расчета, модели теплового состояния горизонтальных валков универсальных клетей и ее исследование, разработка и исследование способов и устройств для охлаждения валков черновых и чистовых клетей сортовых станов является актуальной задачей и представляет научный и практический интерес.

Целью работы является снижение энерго- и материальных затрат при производстве профилей на крупносортовых станах за счет приме-

нения обводных и охлаждающих устройств новых конструкций.

Научная новизна. Разработан принцип конструирования обводок для передачи профилей сложной формы швеллерного и балочного типов в условиях крупносортовых станов, на основании которого на уровне изобретений разработана конструкция нового обводного устройства. Исследован температурный режим прокатки двутавровых балок и швеллеров. Разработана и реализована на ЭВМ модель и методика расчета теплового состояния горизонтального вала универсальной клетки, проведен теоретический анализ температурных условий его работы.

На основе теоретических исследований, с использованием модели теплового состояния вала и экспериментальных исследований в производственных условиях крупносортового стана "600", на уровне изобретений разработаны способы и устройства для охлаждения валков сортовых станов, позволяющие повысить их эксплуатационные свойства.

Практическая ценность и реализация работы. Разработана новая конструкция обводного устройства, обеспечивающая передачу профилей крупных сечений швеллерного и балочного типов из клетки в клетку с изменением направления движения на возвратное, повышение температуры передаваемых раскатов, снижение энергозатрат.

Разработана модель теплового состояния валков, которая позволяет получить характер распределения температур в поверхностных слоях и по сечению тела вала, что дает возможность выбрать рациональную систему охлаждения, обеспечивающую дифференцированную подачу охладителя по контуру калибра. Результаты работы использованы при совершенствовании технологического процесса производства профилей на крупносортовом стане "600" ОАО Алчевского металлургического комбината и могут быть рекомендованы для совершенствования технологических процессов на существующих станах и при разработке технологии для проектируемых сортовых станов.

Экономический эффект, полученный от внедрения технологическо-

го процесса на стане "600" АМК, в ценах 1986 года составил 98,3 тыс.руб.

Апробация работы. Основное содержание работы опубликовано в 6 статьях, 4 авторских свидетельствах, 2 патентах и доложено: на 3-й Всесоюзной научно-технической конференции "Теоретические проблемы прокатного производства" г.Днепропетровск, на республиканском семинаре "Проблемы повышения качества проката и новые процессы в его производстве" г.Донецк, на конференции "Новые технологические процессы и оборудование прокатного производства - средство повышения качества проката" г.Челябинск, на Всесоюзном научно-техническом семинаре "Расширение сортамента, повышение качества проката и задачи по освоению новых профилей" г.Москва, на республиканском семинаре "Повышение эффективности производства и снижение расхода материальных ресурсов при производстве проката" г.Киев, на областном научно-практическом семинаре "Обмен опытом работы по внедрению научно-технических достижений, новой техники и НИР в производство" г.Лутугино, на научно-технических конференциях Коммунарского горно-металлургического института, на объединенном семинаре кафедры "Обработка металлов давлением" Восточно-украинского государственного университета.

Промышленные образцы охлаждающих устройств демонстрировались на ВДНХ СССР и УССР и отмечены бронзовой медалью и дипломом II степени.

Декларируемый личный вклад диссертанта состоит в: исследовании параметров обводок, разработке принципов конструирования и конструкций обводных устройств для передачи фланцевых профилей, разработке методики расчета и математической модели теплового состояния горизонтальных валков универсальных клетей, разработке новых способов и устройств для охлаждения валков сортовых станов, внедрении новых конструкций обводных и охлаждающих устройств в производство, а также теоретических и экспериментальных исследованиях в производ-

ственных условиях температурного режима прокатки двутавровых балок и швеллеров, теплового режима работы валков, определении эффективности внедренных разработок.

Методика, предмет и объект исследований. В исследованиях применялись методы физического моделирования положения раскатов двутавровых балок и швеллеров в межклетевом промежутке, математическое моделирование теплового состояния горизонтального валка универсальной клетки, экспериментальные исследования температурных условий работы валков и температурного режима прокатки двутавровых балок и швеллеров. Предметом исследований является влияние параметров проходного сечения, элементов обводки и взаимного расположения выдающей и принимающей клетей на положение раскатов относительно плоскости прокатки, тепловое состояние валков черновых, вертикальных и универсальных клетей, способы и устройства, предназначенные для охлаждения валков. Объектом исследования являются параметры проходного сечения, взаимное расположение элементов обводного устройства и положение раскатов в пространстве, относительно плоскости прокатки, температурный режим прокатки и температурные условия работы валков, влияние различных способов подачи охладителя на эксплуатационные характеристики работы валков.

Объем работы: Диссертация состоит из 5 разделов, изложенных на 134 страницах машинописного текста, списка использованной литературы (180 наименований), 6 приложений; содержит 74 рисунка и 2 таблицы.

Работа выполнена на кафедре обработки металлов давлением Донбасского горно - металлургического института, а экспериментальные исследования проведены в производственных условиях крупносортового стана "600" Алчевского металлургического комбината.

Известно, что температура прокатываемого металла является основным фактором, влияющим на энергозатраты, стойкость оборудования и качество сортового проката. Наиболее ощутимо это проявляется при производстве сортовых профилей швеллерного и балочного типов.

Одним из резервов повышения температуры прокатываемого металла, экономии энерго- и материальных ресурсов в условиях крупносортовых станов с шахматным расположением клетей является сокращение времени передачи раскатов при изменении направления движения на возвратное и улучшение условий эксплуатации валков за счет их рационального охлаждения.

Исследованы принципы конструирования и конструкции существующих обводных устройств, предназначенных для передачи простых и фасонных профилей. Установлено, что практически отсутствуют сведения о передаче на крупносортовых станах черновых раскатов профилей швеллерного и балочного типов с использованием обводных устройств. Рассмотрены результаты теоретических и экспериментальных исследований теплового состояния прокатных валков, влияние охлаждения на температурные условия работы и расход валков, существующие способы охлаждения и конструкции охлаждающих устройств.

#### Разработка и исследование горизонтальной обводки между клетями N 10 и 11

При прокатке фланцевых профилей вследствие различия деформаций, вытяжек и геометрических размеров по контуру профиля, как между шейкой и фланцами, так и по длине раската в предчистовых и чистовых клетях возникает значительный перепад температур, что приводит к снижению качества готового проката, преждевременному износу обо-

дования и дополнительному расходу электроэнергии.

Для устранения указанных недостатков и снижения энергозатрат при прокатке фланцевых профилей в клетях 1-й и 2-й линий крупносортного стана "600" АМК, разработана конструкция нового обводного устройства. Экспериментальные исследования положения раскатов в пространстве производились на физических моделях, соответствующих взаимному расположению выдающей и принимающей клетей (рис.1). Установлено, что проходное сечение желоба должно соответствовать естественному положению раскатов в пространстве при заземлении в смежных клетях, которое описывается уравнением (1) [Пат. RU № 1354]:

$$Y = 5.825 \times 10^{-2} + 4.356 \times 10^{-2} \times X^2 \quad (1)$$

где: X - расстояние от центра закругления желоба, м;

Y - расстояние от горизонтальной плоскости до средней линии

Модель, имитирующая положение  
раската в обводке

раската в соответствующем  
сечении.

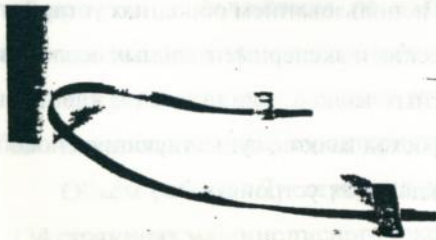


Рис. 1

Для облегчения возврата раската в исходное положение на участке возвратного движения радиус кривизны наружной стенки желоба в горизонтальной плоскости необходимо вы-

полнять уменьшающимся от (0,5-0,68)В в начале участка до (0,25-0,35)В в конце (Пат. RA №... пол.реш. по заяв. №93036111). На основании вышеизложенного сформулирован принцип конструирования обводных устройств, который заключается в том, что проходное сечение желоба в вертикальной плоскости должно соответствовать естественному положению раската, заземленному в выдающей и принимающей клетях; выводной участок возвратного движения раскатов необходимо выпол-

нять с переменной кривизной желоба, радиус которой в горизонтальной плоскости в зависимости от межосевого расстояния выдающей и принимающей клетей уменьшается от начала выводного участка к его концу.

С учетом предложенного принципа разработана новая конструкция горизонтальной обводки между клетями № 10Г, 11Г для передачи черновых раскатов швеллеров № 16-20 и двутавровых балок № 14, 20, которая состоит из нескольких элементов: кантующей стрелки, собственно желоба, состоящего из поднимающей и опускающей частей и выводного участка, выполненного в виде литого носка.

Анализ взаимодействия раскатов с элементами желоба обводки показывает, что при встрече переднего конца с кантующей стрелкой он изгибается и скользит по ней, принимая положение, соответствующее наружной стенке, то есть происходит кантовка и одновременный изгиб раската, "трековый" эффект. При этом скольжение по желобу в вертикальной плоскости ограничено верхней крышкой, а проходное сечение поднимающего желоба, образованное основанием и крышкой наружной стенки, выполнено таким образом, что с увеличением ширины основания высота проходного сечения уменьшается.

Увеличение ширины проходного сечения поднимающей части обусловлено необходимостью регулирования петли при настройке обводки.

При перемещении переднего конца раската в опускающую часть начинается процесс возврата раската в исходное положение. Вследствие

Положение раската в опускающем желобе (а) и носке (б)

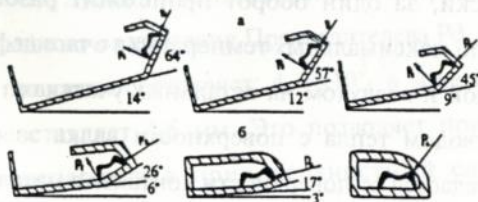


Рис.2

уменьшения радиуса кривизны наружной стенки желоба и параметров проходного сечения, на фланцы раската действуют раскатывающие силы  $P_1$  и  $P_2$  (рис.2), величина которых возрастает по мере переме-

щения к выходу из опускающей части и носка. При этом относительно продольной оси раската возникает крутящий момент, что совместно с уменьшающимися параметрами элементов проходного сечения обводки и радиуса кривизны наружной стенки желоба позволяет исключить искажение поперечного сечения и перекантовку раската на  $180^\circ$ .

Вследствие сокращения времени пауз при прокатке с обводкой снижается интенсивность падения температур фланцевых профилей по проходам, на  $24-44^\circ\text{C}$  повышается усредненная по сечению и длине температура раскатов в клетях № 11-17. При этом из технологического процесса выводятся транспортные рольганги и передаточный шлеппер, расположенные между клетями № 10, 11, в результате чего экономия электроэнергии составляет  $293 \text{ Квт}\cdot\text{Час}$ . Повышение температуры прокатываемого металла, кроме повышения стойкости валков, позволяет снизить энергозатраты на деформацию металла при прокатке в клетях № 11-13: швеллера - на 10 - 14% и двутавровой балки - на 12-16 %.

#### Исследование температурного режима работы валков

Большой практический интерес представляет тепловое состояние горизонтальных валков универсальных клетей, сопрягаемые участки рабочих поверхностей которых испытывают двухсторонний нагрев со стороны полок и стенки. Теоретические и экспериментальные исследования динамики температурных условий работы валков показывают, что значительные колебания температур происходят в приконтактных слоях. При этом, циклически, за один оборот происходит разогрев поверхностных слоев валка до максимальных температур в очаге деформации и их охлаждение водой и воздухом на остальных участках.

Наряду с быстрым отводом тепла с поверхности валка за счет охлаждения, часть тепла передается от поверхности контакта с металлом к центру, вследствие чего температура внутренних слоев по сечению

валка постепенно увеличивается до установления температурного равновесия.

Рассмотрим математическую модель теплового состояния валка при прокатке двутавровой балки. На рис. 3 приведена схема взаимодействия горизонтального валка

Схема охлаждения горизонтального валка при прокатке

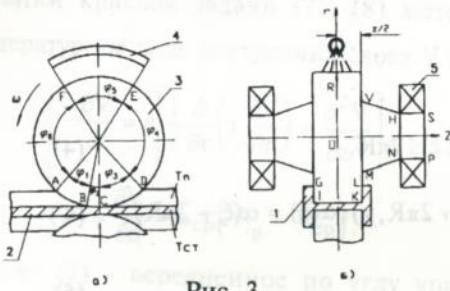


Рис. 3

универсальной клетки с охлаждающей средой. В общем случае температурное поле  $T$  валка описывается линейным дифференциальным уравнением теплопроводности в частных производных:

$$\frac{\partial T}{\partial t} = a \left[ \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left( r \frac{\partial T}{\partial r} \right) + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 T}{\partial \varphi^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \right], \quad (2)$$

где:  $a = \frac{\lambda}{c \times \rho}$  - коэффициент температуропроводности,  $r$  - текущий радиус в рассматриваемой точке,  $\varphi$  - полярный угол данной точки,  $z$  - координата точки по ширине калибра. На поверхности валка задаются соответствующие граничные условия.

Представим температурное поле валка  $T$  в виде суммы температур внутренних слоев по сечению валка  $V$  и температуры приповерхностных слоев  $U$ :

$$T(r, \varphi, z, t) = V(r, z, t) + U(r, z, \varphi + \omega t) \quad (3)$$

Глубина проникновения температуры приповерхностных слоев  $U$  зависит от критерия Предводителя  $Pd$ , который для данных параметров прокатки составляет:  $4,73 \times 10^3$ , а зона падения температуры в 100 раз составляет 4,6 мм. Это позволяет приближенно рассчитать значения температур в приповерхностных слоях  $U$  в декартовой системе координат, заменив цилиндрическое тело валка  $I$  приповерхностным

Зона распространения температуры поверхностных слоев

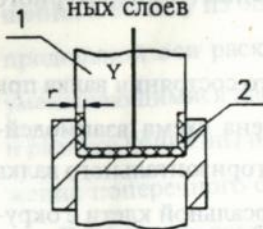


Рис. 4

слоем 2 (рис. 4). Изменение температуры описывается уравнением 4 с условиями периодичности 4' и граничными условиями 5:

$$\begin{cases} \frac{\partial U}{\partial t} = a \left( \frac{\partial^2 U}{\partial \xi^2} + \frac{\partial^2 U}{\partial y^2} \right), & y > 0, \quad 0 \leq \xi \leq 2\pi R, & (4) \\ U = U(\xi + R\omega t, y), \quad U(\xi, y) = U(\xi + 2\pi R, y), \quad \alpha(\xi) = \alpha(\xi + 2\pi R), & (4') \\ \lambda \frac{\partial U}{\partial y} \Big|_{y=0} = \alpha(U|_{y=0} - \bar{U}) & (5) \end{cases}$$

где:  $\alpha$  - коэффициент теплоотдачи в окружающую среду на разных участках,  $\bar{U}$  - температура окружающей среды по длине окружности вала.

Решение задачи (4)-(5), характеризующее затухание температуры от поверхности к центру вала при  $y \rightarrow +\infty$ , искалось в виде ряда:

$$U(x, y) = \frac{A_0}{2} + \sum_{k=1}^{\infty} \left[ A_k^c \cos\left(k \frac{x}{R} - \frac{\beta_k}{R} y\right) + A_k^s \sin\left(k \frac{x}{R} - \frac{\beta_k}{R} y\right) \right] \times e^{-\frac{\gamma_k}{R} y}, \quad (6)$$

где:  $x = \xi + R\omega t$ , а коэффициенты  $A_0, A_k^c, A_k^s, \beta_k$  и  $\gamma_k$  подлежат определению.

Подставляя (6) в (4) и приравнявая коэффициенты при соответствующих членах ряда, получаем коэффициенты  $\beta_k$  и  $\gamma_k$  в виде:

$$\beta_k = \sqrt{-\frac{k^2}{2} + \sqrt{\frac{k^4}{4} + \chi^2 k^2}}, \quad \gamma_k = \frac{\chi k}{\sqrt{-\frac{k^2}{2} + \sqrt{\frac{k^4}{4} + \chi^2 k^2}}}$$

где:  $\chi = \frac{R^2 \omega}{2a} = \frac{Pd}{2}$ . В формуле (6)  $\gamma_k$  характеризует затухание

температуры поверхностных слоев  $U$  от поверхности к центру валка,  $\beta_k$  характеризует запаздывание температуры по углу вследствие вращения валка. Значения  $A_0, A_k^c, A_k^s$  находились численно по разложению в ряд Фурье граничных условий (5).

После осреднения температуры приповерхностных слоев  $U$ , при решении краевой задачи (7), (8) методом сеток рассчитывалось температурное поле внутренних слоев  $V$  по сечению тела валка:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\partial V}{\partial t} = a \left[ \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left( r \frac{\partial V}{\partial r} \right) + \frac{\partial^2 V}{\partial z^2} \right], \end{array} \right. \quad (7)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} -\lambda \frac{\partial V}{\partial n} = \alpha_{cp} (V|_p - V_{cp}), \end{array} \right. \quad (8)$$

где: (7) - осредненное по углу уравнение теплопроводности; (8) - осредненные по углу граничные условия теплообмена на поверхности валка с нормалью  $n$ .

С использованием математической модели теплового состояния валка для конкретных параметров прокатки при существующем способе охлаждения были рассчитаны численные значения температур на сопрягаемых поверхностях в поверхностных слоях горизонтального валка

Характер изменения температур  
поверхностных слоев валка за один оборот

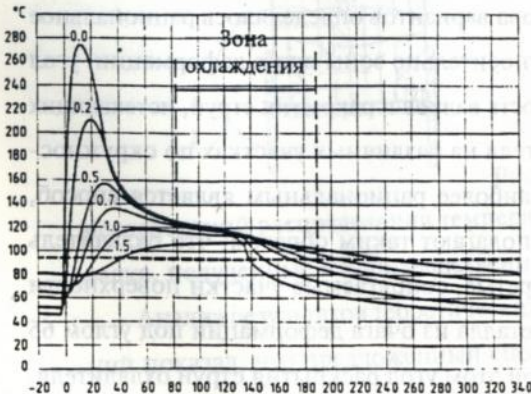


Рис. 5 окружность валка  $\Phi$ , град.

универсальной клетки (рис. 5) и распределение температур по сечению валка (рис. 6).

## Характер изменения температуры по сечению валка

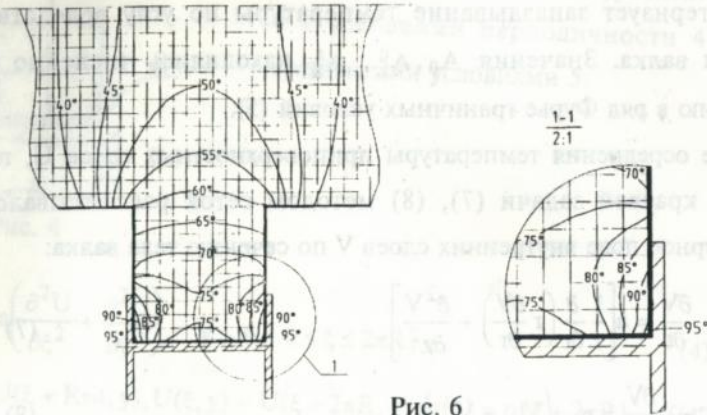


Рис. 6

## Разработка способов и устройств для охлаждения валков

В связи с особенностями деформации при прокатке в универсальных калибрах поверхность горизонтальных валков в местах сопряжения полок с фланцами изнашивается в несколько раз быстрее, чем горизонтальная, в связи с чем к охлаждению горизонтальных валков универсальных клетей предъявляются повышенные требования.

В процессе разработки способов охлаждения, с помощью математической модели методом перебора вариантов определялось рациональное расположение коллекторов относительно зоны очага деформации, угол подачи охладителя на поверхность валков и раскрытия струй, истекающих из коллектора, расход охладителя на различных участках по окружности валка. Установлено, что наиболее рациональным является способ, при котором коллектор 1 располагают таким образом, что охладитель подается на максимально нагретые, сопрягаемые участки поверхности калибра со стороны выхода металла из очага деформации под углом 65–85° к поверхности валка 2. При этом угол раскрытия струй охладителя, истекающих на сопрягаемые поверхности, составляет 30–45° (рис 7).

### Схема подачи охладителя на валок универсальной клетки

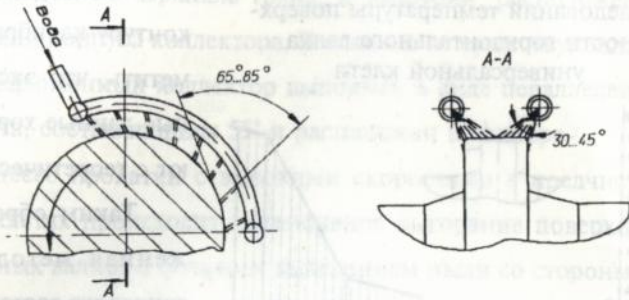


Рис. 7

Результаты теоретических исследований распределения температурного поля по сечению валка при охлаждении валков по разработанному способу приведены на рис. 8, а результаты экспериментальных

### Характер изменения температуры по сечению валка при охлаждении по разработанному способу

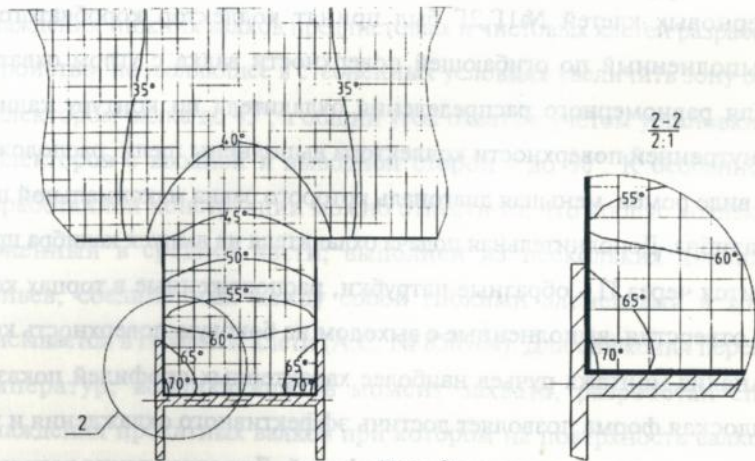


Рис. 8

исследований распределения температур на сопрягаемых поверхностях валка, полученные в производственных условиях приведены на рис. 9.

Анализ результатов теоретических и экспериментальных исследований показал, что предложенный способ охлаждения позволил уменьшить максимальные значения температур сопрягаемых поверхностей

Результаты экспериментальных исследований температуры поверхности горизонтального вала универсальной клети

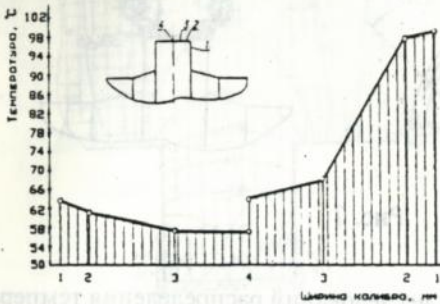


Рис. 9

валка и перепад температур по контуру калибра. Следует отметить, что экспериментальные данные хорошо совпадают с теоретическими.

Таким образом, предложенная методика расчета теплового состояния горизонтальных валков универсальных клеток с учетом конкретных параметров позволяет

выдать рекомендации при разработке охлаждающих устройств для валков сортовых станов, и ее можно рекомендовать к широкому использованию.

При разработке охлаждающих устройств ящичных калибров валков черновых клеток №1Г,2Г был принят коллектор коробчатого типа, выполненный по огибающей поверхности вала с углом охвата  $120^\circ$ . Для равномерного распределения охладителя по контуру калибра на внутренней поверхности коллектора выполнены щели, расположенные в виде ромба, меньшая диагональ которого равна максимальной ширине калибра. Дополнительная подача охладителя на выпуск калибра производится через П - образные патрубки, расположенные в торцах корпуса, и отверстия, выполненные с выходом на боковую поверхность корпуса. Анализ монтажа ручьев наиболее характерных профилей показал, что плоская форма позволяет достичь эффективного охлаждения и унифицировать коллектора для ряда профилей. Для охлаждения валков черновых клеток №4Г-10Г были приняты коллекторы аналогичной конструкции с учетом конкретных параметров калибров.

Дифференцированная подача охладителя в калибры валков вертикальных клеток осуществляется через вертикальные щели, выполненные на внутренней поверхности корпуса коллектора расширяющимися

кверху с заходом на верхнюю грань, и патрубки, расположенные на верхней грани корпуса коллектора. В отличие от существующих конструкций предложенный коллектор выполнен в виде пераллелепипеда с углом охвата, составляющим  $55^\circ$  и расположен в калибре.

В процессе прокатки с высокими скоростями в предчистовых и чистовых клетях происходит интенсивное выгорание поверхностного слоя чугуновых валков с большим выделением пыли со стороны выхода металла из очага деформации. Для повышения интенсивности охлаждения валков и улучшения условий труда вальцовщиков, разработано устройство, обеспечивающее подачу в зону выхода раската из очага деформации водовоздушной смеси (А.С. №829230).

Компоновка привалковой арматуры, ее габариты, расположение вспомогательного оборудования затрудняют установку в этих клетях коллекторов известных конструкций. Для повышения эффективности охлаждения нижних валков предчистовых и чистовых клетей разработано устройство, позволяющее в стесненных условиях увеличить зону охвата коллектором валка до  $45^\circ$ , а общий угол охвата с учетом установки двух коллекторов с вводной и выводной сторон - до  $90^\circ$ . К особенностям разработанной конструкции можно отнести то, что корпус коллектора, утоненный в средней части, выполнен из нескольких подвижных звеньев, соединенных между собой гибкими элементами и хорошо вписывается в габариты клетки (А.С. № 858964). Для снижения перепадов температур, возникающих в момент захвата, разработан способ охлаждения прокатных валков при котором на поверхность валков, со стороны входа металла в очаг деформации подают перегретый пар или воздух с температурой, составляющей 0.4 - 0.6 разности температур поверхности валка в очаге деформации и установившейся температуры поверхности валка (А.С. №995932).

Внедрение новых конструкций коллекторов охлаждения валков вертикальных клетей позволило на 25 % увеличить стойкость калибров,

что позволило на 5000 тонн увеличить съём металла за одну закладку. Кроме того, дифференцированная подача охладителя позволила получить более равномерный износ по контуру калибра и уменьшить интенсивность и глубину сетки разгара, а также увеличить на одну переточку количество закладок. Одновременно на концевых участках готовых профилей - круглой и квадратной стали исключилось образование плен и закатов, что обеспечило повышение качества готовой продукции и снижение выхода вторых сортов. При этом снизились технологические простои стана и уменьшилось общее количество перевалок и переходов.

Внедрение нового способа охлаждения горизонтальных валков универсальных клетей позволило наряду с уменьшением износа рабочей поверхности валков уменьшить съём металла за одну переточку и увеличить количество переточек, увеличить срок службы валков. Кроме того, вследствие повышения стойкости валков увеличился съём металла с комплекта за одну кампанию в клетях № 11У-13У - на 20%, а в клетки № 17У - на 10%, а также улучшились качественные показатели благодаря исключению таких дефектов, как рябизна, отпечаток, сетка разгара, отклонение по геометрии. Все это обеспечило устойчивую работу при производстве указанных профилей с более стабильными геометрическими размерами в пределах допусков, как в течение одной смены, так и всей кампании.

Наряду с улучшением качественных показателей и повышением температуры прокатки в предчистовых и чистовых клетях двутавровых балок и швеллеров, улучшение условий эксплуатации валков позволило получить экономию металла вследствие более равномерного изменения массы погонного метра готового профиля в количестве 1,5% от объема произведенной продукции.

## Итоговые выводы диссертационной работы

1. Применение обводок позволяет уменьшить падение температуры прокатываемого металла и снизить энергозатраты на производство, однако существующие конструкции обводок, применяемые на сортовых станах не позволяют передавать черновые раскаты профилей швеллерного и балочного типов больших сечений. Известные способы и устройства, предназначенные для охлаждения валков черновых и чистовых клетей сортовых станов, не обеспечивают дифференцированной подачи охладителя по контуру калибров.

2. На основании опыта эксплуатации и с учетом экспериментальных исследований положения раскатов, разработан принцип конструирования обводных устройств для передачи черновых раскатов швеллерного и балочного типов больших сечений, который заключается в следующем: проходное сечение желоба в вертикальной плоскости должно соответствовать естественному положению раската, защемленному в выдающей и принимающей клетях; выводной участок возвратного движения раскатов необходимо выполнять с переменной кривизной желоба, радиус которой в горизонтальной плоскости в зависимости от межосевого расстояния выдающей и принимающей клетей уменьшается от начала выводного участка к его концу.

3. С использованием принципа конструирования обводных устройств разработана новая конструкция обводки ( Пат. R.U № 1354, Пат. R.A №..., по заявке № 93036111 ) для передачи черновых раскатов двутавровых балок и швеллеров в условиях полунепрерывного крупносортового стана "600". Применение обводки позволяет вывести из технологического процесса часть транспортного оборудования, расположенного между клетями № 10 и 11 и получить экономию электроэнергии в количестве 293 кВт\*ч; при прокатке в клетях № 11-13 на 24 - 44°C повысить усредненную по сечению и длине температуру раскатов швеллеров и

двухавровых балок и снизить на  $\approx 1100-1350$  кВт\*ч энергозатраты на деформацию металла в клетях № 11 - 13.

4. Разработана математическая модель теплового состояния горизонтальных валков универсальных клетей, суть которой заключается в разделении температурного поля валка на циклически быстро изменяющееся температурное поле приповерхностных слоев и квазистационарное температурное поле тела валка по его сечению.

5. С использованием разработанной математической модели теплового состояния валка определены численные значения температурного поля внутренних и поверхностных слоев горизонтального валка универсальной клетки, позволяющие оценить температурные условия работы валков при различных условиях охлаждения. Разработан и внедрен в производство в условиях крупносортового стана "600" АМК способ охлаждения горизонтальных валков универсальных клетей, позволяющий улучшить условия охлаждения сопрягаемых поверхностей, уменьшить максимальные значения и перепад температур по контуру калибра, уменьшить расход валков (А.С. № 995934).

6. Проведены экспериментальные исследования распределения температур по контуру калибров валков вертикальных и универсальных клетей при различных режимах охлаждения. На основании экспериментальных исследований распределения температур по контуру калибров разработаны и внедрены в производство новые конструкции охлаждающих устройств ящичных, черновых и вертикальных клетей, обеспечивающие дифференцированную подачу охладителя по контуру калибра, улучшение температурного режима и повышение стойкости валков.

7. Разработаны устройства для охлаждения валков предчистовых и чистовых клетей, позволяющие в ограниченном пространстве увеличить зону охвата коллектором валка (А.С № 858964), улучшить условия труда вальцовщиков за счет осаждения вредных выбросов пыли при помощи подачи на поверхность валков водовоздушной смеси (А.С.

№ 829230) и снизить перепад температур, возникающий в очаге деформации в момент захвата, с использованием перегретого пара или воздуха (А.С. № 996932).

8. Разработанные способы и охлаждающие устройства, с учетом конкретных условий, можно рекомендовать к использованию при реконструкции систем охлаждения существующих и разработке технологии для проектируемых крупносортовых и среднесортовых прокатных станов.

9. Внедрение новых способов и устройств охлаждения валков черновых, вертикальных и универсальных клетей позволило на 25% повысить стойкость калибров, снизить количество перевалок и переходов, при прокатке двутавровой балки и швеллеров на 20% увеличить съем металла с одного калибра, на 1,5% увеличить производительность стана.

Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах:

1. Разработка и внедрение системы охлаждения валков сортовых станов: "Новые технологические процессы и оборудование прокатного производства - средство повышения качества и экономии металла": Тез. докл. науч.-тех.-нич. конф. Челябинск, 16-18 сентября 1980г.
2. К вопросу об охлаждении валков сортовых станов: Тез. докл. и сообщ. Всес. науч.-техн. конф. "Теоретич. проблемы прок. произва", Днепропетровск, ноябрь 1980г. - С.143.
3. Новая конструкция коллекторов охлаждения валков сортовых станов /М.Б.Луцкий, М.Д.Залесов, Б.М.Барбашин и др.// Черн. металлургия: Бюл. НТИ / Черметинформация.- 1981.- Вып.1.- С.43-44.
4. Устройство для охлаждения валков вертикальных клетей крупносортовых станов / М.Б.Луцкий, М.Д.Залесов, Ю.Ю.Проценко и

- др. // Черн. металлургия: Бюл. НТИ / Черметинформация.- 1981.- Вып.6.- С.49-50.
5. А.с. 829230 СССР, МКИ В21В 27/10. Устройство для охлаждения рабочих валков сортовых станов / М.Б.Луцкий и др.; Коммунарский горн.-метал. ин-т.- № 2750962; Заявл. 12.04.79; Оpubл.15.05.81, Бюл.№ 18.
  6. А.с. 858964 СССР, МКИ В21В 27/10. Устройство для охлаждения рабочих валков сортовых станов / М.Б.Луцкий и др.; Коммунарский горн.-метал. ин-т.- № 2858788; Заявл. 27.12.79; Оpubл.30.08.81, Бюл.№ 32.
  7. Новая система охлаждения валков обжимного стана / М.Б.Луцкий, М.Д.Залесов, А.Н.Несмачный, С.Д.Челядин и др. // Сталь.- 1982.- 11.-С.41-42.
  8. Дифференцированное охлаждение валков - средство повышения качества проката / М.Б.Луцкий, Н.П.Козин, Ю.Ю.Проценко и др. // Черн. метал-лургия: Бюл. НТИ / Черметинформация.- 1983.- Вып.2.- С.55.
  9. А.с. 995932 СССР, МКИ В21В 27/06. Способ охлаждения прокатных валков / М.Б.Луцкий и др.; Коммунарский горн.- метал. ин-т.- № 2858788; Заявл. 27.07.81; Оpubл.25.02.83, Бюл.№ 6.
  10. А.с. 995934 СССР, МКИ В21В 27/06. Способ охлаждения калибров прокатных валков / М.Б.Луцкий и др.; Коммунарский горн.- метал. ин-т.- № 3323708; Заявл. 27.07.81; Оpubл.25.02.83, Бюл.№ 6.
  11. Пат. 1354 UA, МКИ В21В 39/18. Обводка для передавания раскатів в кліти / М.Б.Луцкий, И.К.Дорожко, В.А.Луценко и др.- N 5020957; Заявл.10.12.91; Оpubл. Бюл.№ 1, 1994.
  12. Пат. U.R №... (пол. реш.) по заяв. № 93036111. МКИ В21В 39/18. Обводка для передачи раскатов в клетки / М.Б.Луцкий, И.К.Дорожко, В.А.Луценко и др.-; Заявл.23.07.93.

## АНОТАЦІЯ

Луцький М.Б. Розробка, дослідження та упровадження обвідних та охолоджувальних пристроїв сортових станів.

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

Східноукраїнський державний університет, Луганськ, 1995.

Захищається 6 наукових праць, 4 авторських свідоцтва та 2 патенти.

У дисертації на основі теоретичних та експериментальних дослідів запропонован принцип конструювання і розроблена конструкція обвідного пристрою для передавання розкатів фланцевих профілів, досліджена поведінка розкатів при проходженні через нього та температурний режим прокатування двотаврових балок і швелерів. Розроблена методика розрахунку та модель теплового становища валків універсальної кліті, досліджен розподіл температур по контуру калібрів, що дало можливість розробки способів та пристроїв для охолодження валків.

Здійснено промислове упровадження обвідного пристрою та пристроїв для охолодження валків, наводяться дані про ефективність їх експлуатації.

Ключові слова: обвідний пристрій, фланцевий профіль, валок, теплове становище, математична модель, калібр, пристрої для охолодження валків.

4545/9

Lutsky M.B. Working out, investigation and inculcation of new repeaters' constructions and cooling arrangements of bar mills.

This thesis submitted for degree of candidate of sciences on PROCESSES AND MACHINES FOR WORKING BY PRESSURE. Speciality's code 05.03.05.

Eastukrainian State University, Lugansk, 1995.

There are defended 6 articles, 4 author licences and 2 patents.

In this dissertation according to the theoretical and experimental investigations the principle of repeaters' design was offered. It is intended for the transmission of flange sections feeds.

Also the construction of the repeater was worked out. The behavior of feeds during their passing - by through the repeater was researched, too. The temperature state of I-bars' and U-bars' rolling was investigated. The method of calculation and temperature model of universal mill stand rolls' state were also worked out. The temperature distribution on the shape of pass was researched. This one gave the opportunity to work out the ways and devices for the effective roll cooling.

The industrial installation of repeater and devices for the roll cooling were carried out. Data of their exploitation efficacy are cited, too.

Key words: repeater, flange section, roll, temperature state, mathematic model, groove, roll cooling device.