

**Список литературы:** 1. ГОСТ 5639 - 82. Стали и сплавы. Методы выявления и определения величины зерна. - 20 с. 2. Ильюшин А.А. Пластичность. М.-Л., Гостехиздат, 1948, 348с. 3. Маркин Л.А., Карнеев С.В. Расчет упругопластического состояния оболочек методом конечных элементов. Исследования в области пластичности и обработке металлов давлением, сб.науч.тр.,Тула, 1980, I-162. 4. Рыбин В. В. Большие пластические деформации и разрушение металлов.-М.: Металлургия, 1977. 336 с.

**УДК 621.771.2**

**ЧУМАКОВ В.П.**, инж. металлург, ст. преподав., НМетАУ, г. Кривой Рог.

## **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПРОКАТКИ В ДУО РЕВЕРСИВНОЙ КЛЕТИ\***

На основании исследований проведенных в лабораторных условиях по использованию резерва трения между рабочими валками и прокатываемым металлом разработана и описана, новая технология прокатки в дуо реверсивной клетки.

Ключевые слова: трение, слиток, валок, дуо реверсивная клетка, технология прокатки.

На підставі досліджень проведених в лабораторних умовах по використанню резерву тертя між робочими валками і прокатуванним металом розроблена і описана нова технологія прокатки в дуо реверсивної кліті.

Ключові слова: тертя, злиток, валок, дуо реверсивна кліть, технологія прокатки.

On the basis of researches conducted in laboratory terms on drawing on reserve of friction between the workings fallings and rolled metal developed and described technology of rolling in дуо of reversible cage is new.

Keywords: friction, bar, roller, дуо reversible cage, technology of rolling.

### **1. Введение**

Технология производства прокатной продукции слиток – блюм (сляб) – заготовка (толстый лист) – сортовой прокат (лист) постепенно совершенствуется. С вводом в эксплуатацию установок непрерывной разливки стали вытесняется первый прокатный передел слиток – блюм (сляб). При разливке на установках непрерывной разливки цветных металлов и некоторых черных металлов вытесняется и второй прокатный передел.

Однако получение полупродукта непосредственно из установок непрерывной разливки требует совершенства технологии выплавки подготовке металла к разливке и самой технологии разливки. Наряду с этим необходимо совершенствовать и технологическое оборудование плавильных и прокатных цехов.

Для получения качественного непрерывнолитого слитка необходимо, чтобы соотношение сторон его соответствовало 1,5 и более [1]. Прокатка непрерывнолитых слитков с соотношением сторон 1,5 и более требует решение многих технологических задач. При прокатке слитков с соотношением сторон более 1,3 необходимо решать задачу по его устойчивости в валках [2]. Редуцирование слитка требует большого вреза ручьев в валки, что значительно

ослабляет их прочность и приводит к неравномерной пластической деформации по высоте [3]. Продольная разрезка непрерывнолитого слитка требует установку специального агрегата для продольного разделения, усложняет привалковую арматуру. При этом происходит вскрытие ликвации и дефектов усадочного происхождения и выход их на поверхность готового проката [4].

Имеющиеся на металлургических заводах Украины обжимные цеха, оборудованы дуо реверсивными клетями прокатывают слитки массой до 15 тонн в блюмы различных размеров, предназначенных для дальнейшей прокатки на заготовочных станах в сортовую заготовку. Совершенствование техники и технологии прокатки в дуо реверсивных клетях является одной из важнейших задач специалистов прокатчиков. Одной из главных задач при разработке технологического процесса прокатки слитков в дуо реверсивной клетки является максимальное использования резерва трения между рабочими валками и прокатываемым металлом, используя максимальную пластичность литого слитка при этом, не нарушая сплошности поверхности металла. Использование максимальной захватывающей способности валков одно из важнейших условий для разработки оптимального режима обжатий с наименьшими затратами энергоресурсов и получение полупродукта (блюмов) надлежащего качества. Теоретические и практические исследования максимального использования резерва трения при прокатке слитков в дуо реверсивных клетях являются весьма актуальными и занимают достойное место при обработке металлов давлением.

## **2. Постановка проблемы**

Анализ режимов обжатий слитков в дуо реверсивных клетях позволяет сделать вывод, что приоритетным фактором при прокатке в дуо реверсивной клетки является захватывающая способность валков, которая зависит от состояния поверхности валков и прокатываемого металла, температуры металла и скорости вращения валков, формы и размеров калибров, пластичности металла и др.

Захватывающая способность валков прямо пропорционально зависит от коэффициента трения между поверхностью валков и прокатываемым металлом и выражается неравенством:

$$f \geq \alpha_c \quad (1)$$

Для повышения коэффициента трения на поверхности рабочих валков выполняют наварку [5], наносят рифление, нарубку, фрезеровку, накатку или насечки различных комбинаций и типов рис.1 [6]. Однако, искусственные меры увеличения захватывающей способности валков, т.е. увеличение коэффициента трения между валками и прокатываемым металлом имеют следующие недостатки: наварка и насечка оставляют следы на прокатываемом металле, которые приводят к появлению плен, трещин, рванин и др., а накатка имеет низкую стойкость.

Затраты на внедрение приведенных мероприятий значительные, но из-за низкой стойкости (до 50% продолжительности кампании [6]) в настоящее время на обжимных цехах применяют ограничено. Следует отметить, что после прокатки 200÷250 тыс. тонн металла на поверхности валков образуется сетка разгара, которая повышает захватывающую способность валков.

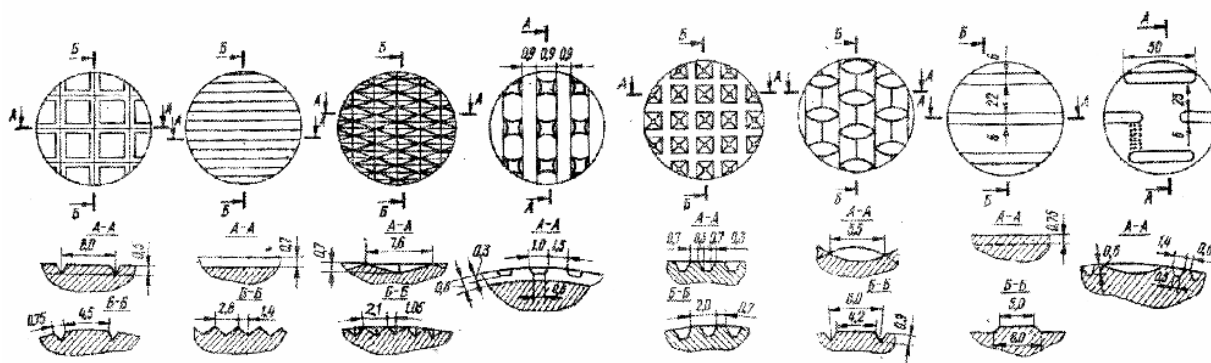


Рис.1 – Виды рифлений на рабочих валках обжимных станов.

На практике для интенсификации процесса прокатки применяют следующие приемы:

- уменьшают величину разового абсолютного обжатия;
- снижают скорость вращения валков;
- совмещают время пропуска время пауз (захват слитка валками осуществляют при работающем нажимном устройстве, опуская валок на слиток),
- поджатием заднего конца слитка в момент выброса из валков,
- захват слитка в режиме торможения [7],
- обжатие слитка на величину половины обжатия за пропуск, далее производят реверс, опускают валок до величины полного обжатия и производят окончательную прокатку.

Как показала практика и исследования, проведенные Чекмаревым А.П. в работе [8] такие приемы негативно сказываются на работе оборудования и, особенно на нажимное устройство. Поэтому, следует вести исследования в направлении максимального использования резерва трения между валками и прокатываемым металлом.

### 3. Теоретическое исследование

Величина максимального обжатия при захвате металла валками (при неустановившемся процессе прокатки) зависит от угла захвата и размеров рабочей части валков и находится в зависимости:

$$\Delta h_{\zeta, \max} = \alpha_{\zeta}^2 \cdot R \quad (2)$$

Здесь  $\alpha$  – угол захвата при неустановившемся процессе прокатки;

$R$  – радиус валков, мм;

Анализ режимов прокатки слитков в первых проходах на станах 1250 и 1300 комбината «АрселорМиттал Кривой Рог» показывает, что коэффициент формы очага деформации  $l_{\bar{a}}/h_{cp} < 0,5$  [8]. С целью обеспечения надежного захвата скорость прокатки не должна превышать 1,5м/с [9]. Исследованиями [10] установлено, что при прокатке на блюминге на валках всегда имеется сетка разгара, которая способствует увеличению коэффициента трения, а отношение  $\alpha_{\delta}/\alpha_{\zeta} = 1 \div 2$ . При таких условиях прокатки деформация сжатия не проникает на всю высоту раската, а зона прилипания в этом случае распространяется на всю дугу захвата и скольжение металла не значительное [11].

Учитывая, что при прокатке на блюминге критический угол практически равен нулю, то в этом случае максимально возможный угол захвата достигает величины  $\alpha=2\beta$  откуда

$$\frac{\alpha}{\beta} = \frac{\alpha_{\delta,\max}}{\alpha_{\zeta,\max}} = \sqrt{\frac{\Delta h_y}{R}} = 2 \quad (3)$$

Упростив выражение (3) получим

$$\frac{\Delta h_{y,\max}}{\Delta h_{\zeta,\max}} = 4 \quad (4)$$

Анализ полученного выражения (4) позволяет сделать вывод, что при установившемся процессе прокатки абсолютное обжатие можно увеличить до четырех раз, чем при захвате. При этом необходимо учитывать и другие параметры прокатки. По полученному выражению (4) были проведены расчеты и построен график зависимости отношения  $\frac{\Delta h_{y,\max}}{\Delta h_{\zeta,\max}}$  от угла захвата с учетом

режимов обжатий действующих при прокатке на станах 1250 и 1300 комбината «АрселорМиттал Кривой Рог» представленный на рис.2.

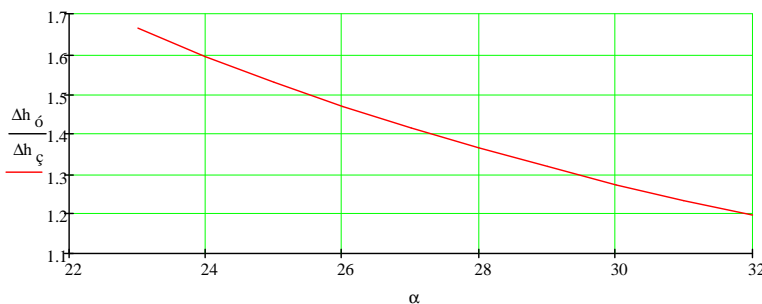


Рис.2 – Зависимость  $\Delta h_y/\Delta h_{\zeta}$  от угла захвата прокатки на блюминге.

Так как прокатка в дуо реверсивных клетях осуществляется при углах захвата в пределах  $24\div 30^\circ$ , то руководствуясь графиком рис.2 отношение  $\frac{\Delta h_{y,\max}}{\Delta h_{\zeta,\max}}$

необходимо принимать в пределах  $1,28\div 1,6$ . Анализ графика рис.2 показывает, что после полного заполнения

очага деформации имеется значительный резерв трения между прокатываемым металлом и рабочими поверхностями валков, позволяющий увеличение угла захвата  $\alpha$ , следовательно, возможно увеличение абсолютного обжатия до двух раз за проход.

Полученные результаты теоретических исследований хорошо согласуются с выводами А.П. Грудева [12] – «на практике в большинстве случаев коэффициент трения хотя и снижается после начального захвата, но не вдвое, а меньшей степени; поэтому сохраняется соотношение  $\alpha_{y,\max} > \alpha_{z,\max}$ . Таким образом, захватывающая способность валков при установившемся процессе прокатки, как правило, оказывается более высокой, чем в начальный момент касания полосы с валками», а также и результатами исследований Я.С. Галлая [13].

#### 4. Постановка задачи исследования

На основании теоретических исследований основное направление работы для решения поставленной проблемы – разработка технологии процесса прокатки в дуо реверсивных клетях, которая предусматривает максимальное использования резерва трения при полностью заполненном очаге деформации,

обеспечивающая сокращение количество пропусков, тем самым сократится темп прокатки и повысится производительность стана.

### 5. Результаты исследований

Для проверки теоретических исследований была разработана технология прокатки образцов рис.3а, позволяющая получить за два пропуска тройное абсолютное обжатие [14]. Исследования проводили на лабораторном стане с диаметром валков 127мм Криворожского металлургического факультета Национальной металлургической Академии Украины на серии образцов изготовленных из свинца различной толщины. Прокатку производили на грубо и тонко шлифованных валках. Скорость прокатки при проведении опытов не превышала 0,5 м/с. Для увеличения абсолютного обжатия в процессе прокатки было использовано специальное устройство. Для прокатки в прямом направлении верхний валок устанавливали на максимальное обжатие. В процессе прокатки после заполнения очага деформации с помощью специального устройства поднимали нижний валок, т.е. увеличивали абсолютное обжатие образца до двух раз. В результате прокатки был получен раскат с переменной толщиной по его длине рис. 3б. После прокатки в прямом направлении раскат с переменной толщиной задавали в валки узкой стороной (прокатка в обратном направлении) с максимальным обжатием, при этом расстояние между валками в процессе прокатки не изменяли рис.3в. Таким образом, за два прохода в прямом и обратном направлениях было получено тройное обжатие образца. При этом буксовка валков не наблюдалась как при прокатке на грубо шлифованных валках, так и на тонко шлифованных валках. Отсутствие буксовок валков при увеличении обжатия до двух раз подтверждает вывод о наличии достаточного резерва трения для увеличения абсолютного обжатия во время прокатки до двух и более раз. Однако при этом необходимо учитывать прочность валков, элементов главной линии прокатного стана соединяющих рабочие валки с приводом и мощность привода.

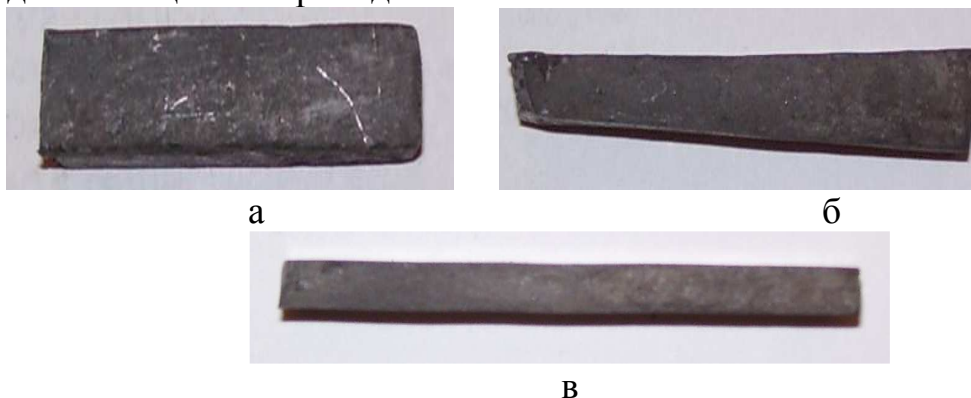


Рис. 3 – Результаты прокатки образцов по разработанной технологии  
а – исходный образец; б – раскат после прокатки в прямом направлении;  
в – раскат после прокатки в обратном направлении.

### Выводы

Лабораторные исследования подтвердили наличие достаточного резерва трения между рабочими поверхностями валков и прокатываемым металлом, позволяющее при полностью заполненном очаге деформации увеличить абсолютное обжатие до двух и более раз.

На основании теоретических расчетов и лабораторных исследований разработана технология прокатки слитков в дуо реверсивной клетки, позволяющая значительно сократить количество проходов.

Разработанная новая технология прокатки в дуо реверсивной клетки позволит за счет максимального использования резерва сил трения при полностью заполненном очаге деформации между поверхностью рабочего валка и слитком получить за каждую пару пропусков тройное абсолютное обжатие.

Разработанная технология прокатки слитков в дуо реверсивных клетях позволит сократить такт прокатки и повысить производительность прокатного стана.

**Библиографический список:** 1. М.С. Бойченко. Непрерывная разливка стали. Металлургиздат. Москва. 1957г. с. 171. 2. Чекмарев А.П., М.С.Мутьев, Р.А.Машковцев. Калибровка прокатных валков М.Металлургия, 1971г., с. 509. 3. Ю.М.Чижилов. Редуцирование и прокатка металла непрерывной разливки. М.Металлургия 1974г. с.384. 4. В.П.Следнев. Спаренная прокатка сортовых профилей. М. Металлургия. 1978г., с.168. 5. В.К.Кобызев, Электродуговая наплавка фасонных калибров прокатных станов. Труды межвузовской научно-технической конференции. т.2. Ленинград. 1959. 6. Бобров В.В., Полещук В.М., Гладуш В.Д. Оптимизация нестационарных процессов прокатки. Киев. Техника. 1984. с.125. 7. Б.П.Зуев. Интенсификация работы блюминга Кузнецкого металлургического комбината и использование передовых методов труда. Труды НТО ЧМ. т.1. Днепропетровск. 1956. 8. А.П. Чекмарев и др. Прокатка сдвоенных слитков на блюминге 1150. Сталь. 1959. №3. 9. Чумаков В.П., Коренко М.Г. Пути снижения расхода металла при прокатке на блюминге. Металлургическая и горнорудная промышленность №2. 2009г. с.39-42. 10. М.М. Горенштейн. Интенсификация режима обжатий при прокатке по условию трения. Труды межвузовской научно-технической конференции. Ленинград. 1958. 11. А.И. Целиков. Основы теории прокатки. М. Металлургия, 1965. с. 247. 12. А.П. Грудев. Теория прокатки. М. Металлургия. 1988. с. 240. 13. Я.С. Галлай. О коэффициенте трения при прокатке. Труды межвузовской научно-технической конференции. «Современные достижения прокатного производства». т.2.Ленинград. 1959. 14. Патент 52990 МПК (2009) В21В1/00 Спосіб Чумакова прокатки злитків в дуо реверсивній кліті. В.П. Чумаков опубл. 27.09.2010р . Бюлл.№18.

**УДК 628.16:621.981.3**

**ТРИШЕВСКИЙ О.И.**, докт. техн. наук, проф., ХНТУСХ, г.Харьков  
**САЛТАВЕЦ Н.В.**, инженер, ХНТУСХ им. П.Василенко, г.Харьков

## **ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЗАВИСИМОСТИ КОЭФФИЦИЕНТА ТЕПЛОПЕРЕДАЧИ ОТ ТОЛЩИНЫ ОКАЛИНЫ В СИСТЕМЕ ПОЛОСА-ВАЛОК**

Рассмотрены процессы теплообмена в системе металл-окалина-инструмент при горячей прокатке тонкого листа. Создана лабораторная установка и выполнены экспериментальные исследования зависимости коэффициента теплопередачи от толщины образовавшейся в системе полоса-валок окалины. Предложена методика определения коэффициента теплообмена полосы с валками для упрощения расчётов при математическом моделировании теплообменных процессов при листовой прокатке.

Ключевые слова: полоса, валок, окалина, горячая прокатка, тепловое состояние, коэффициент теплопередачи, методика расчёта.