

Рис. 10. Підпірна стінка спеціального типу

Запропонована підпірна стінка містить у собі лицьову 1 і фундаментну 2 плити, жорстко з'єднані одна з одною, утворюючи кутників профіль. Як основа застосовується стовпчастий фундамент із бутобетону 3 (або монолітний залізобетонний). Між фундаментною плитою і стовпчастим бутобетонним фундаментом розташовується шов ковзання 4, який складається з декількох шарів руберойду з низьким коефіцієнтом тертя, що дозволяє сприймати велике вертикальне навантаження з урахуванням зсуваючих сил від дії зсуву. Даний бутобетонний фундамент дозволяє витримувати вплив великих вертикальних навантажень і горизонтальних здвигаючих сил без руйнування його верхньої частини обріза.

Перед заповненням траншеї фундаменту можна застосувати водозахисний екран 5, який перешкоджає би проникненню ґрунтових вод до схилу.

У процесі зсуву підпірної стінки по горизонталі від дії активного тиску ґрунту відбувається мобілізація сил тертя фундаментної плити по ґрунту і пасивному тиску ґрунту на нижню частину лицьової плити. При цьому завдяки прокладкам з руберойду з низьким коефіцієнтом тертя, на фундамент передається незначна частина горизонтального навантаження, що дозволяє йому працювати без особливих деформацій. В залежності від конкретних інженерно-геологічних умов відповідна технологія пристрою фундаменту дозволяє забезпечити стійкість зсувного схилу на період встановлення підпірної стінки.

Запропонована підпірна стінка відрізняється високою надійністю експлуатації в критичній ситуації непередбаченого аварійного зростання зсуваючого навантаження. Залежно від гідрологічних умов ділянок території з низової сторони схилу і відповідно впливу води на зсувні процеси, можливе застосування як бутобетонного так і монолітного залізобетонного фундаменту, що дозволяє одночасно підвищити надійність роботи підпірної стінки, зниження її матеріалоємності і створення водозахисного екрану.

#### Список літератури

1. Деклараційний патент на винахід № 62713 А „Підпірна стінка“, автори Вілкул Ю.Г., Крішко Д.А., Дмитрієва К.Ю., Бондар Ю.М. (отриманий 15.12.2003 р. Бюл.№ 12).
2. Деклараційний патент на винахід № 62714 А „Підпірна стінка“, автори Вілкул Ю.Г., Тімченко Р.О., Крішко Д.А., Дмитрієва К.Ю., Бондар Ю.М. (отриманий 15.12.2003 р. Бюл.№ 12).
3. Деклараційний патент на винахід № 62715 А „Підпірна стінка“, автори Вілкул Ю.Г., Тімченко Р.О., Крішко Д.А., Дмитрієва К.Ю., Бондар Ю.М. (отриманий 15.12.2003 р. Бюл. № 12).
4. Деклараційний патент на винахід № 63578 А „Підпірна стінка“, автори Вілкул Ю.Г., Тімченко Р.О., Крішко Д.А., Дмитрієва К.Ю., Бондар Ю.М. (отриманий 15.12.2003 р. Бюл. № 12).
5. Нагальні питання вирішення проблеми підтоплення ґрунтовими водами територій міст та селищ міського типу. Матеріали II науково-практичної конференції „Підтоплення 2003“. - Київ: „Знання“, 2003. - 91 с.
6. ДБН В. 1. 1. - 5 - 2000. Будинки і споруди на підроблюваних територіях і просідних ґрунтах (Частина 1. Будинки і споруди на підроблюваних територіях). - К.: Державний комітет будівництва, архітектури та житлової політики України, 2000 - 70 с.
7. ДБН В. 1. 1. - 5 - 2000. Будинки і споруди на підроблюваних територіях і просідних ґрунтах (Частина 2. Будинки і споруди на просідних ґрунтах). - К.: Державний комітет будівництва, архітектури та житлової політики України, 2000 - 89 с.

Рукопис подано до редакції 21.02.13

УДК 621.771.2

В.П. ЧУМАКОВ, старший преподаватель, А.Э ТРУНОВА, студентка

КМИ ГВУЗ «Криворожский национальный университет»

Д.В. ГРИНЬ, ст. преподаватель

Кировоградский госдарственный педагогический университет им. В.Винниченка

#### ИНТЕНСИФИКАЦИЯ РЕЖИМА ОБЖАТИЙ ПРИ ПРОКАТКЕ НА БЛЮМИНГЕ

На основе максимального использования резерва трения между рабочими валками и прокатываемым металлом разработана новая технология прокатки слитков в дуо реверсивной клетки.

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

**Введение.** Технология производства прокатки слитков - блюм - заготовка - готовый прокат постепенно вытесняется более прогрессивной технологией с применением машин непрерывного литья [1,2]. Однако, имеющиеся на металлургических заводах Украины обжимные станы прокатывают слитки массой до 15 т в блюмы различных размеров, предназначенных в основном для дальнейшей прокатки на заготовочных станах в сортовую заготовку. Поэтому совершенствование техники и технологии прокатки на обжимных станах является одной из важнейших задач специалистов обработки металлов давлением. Одной из важнейших задач при разработке технологического процесса прокатки слитков в дуо реверсивной клети является максимальное использования резерва трения между рабочими валками и прокатываемым металлом, использование максимальной пластичности 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 на блюмингах и слябингах являются весьма актуальными, о чем свидетельствуют многочисленные исследовательские работы [3-7].

**Постановка проблемы.** Главными факторами, ограничивающими интенсификацию процесса прокатки, в дуо реверсивных клетях являются: захватывающая способность валков их прочность, прочность элементов главной линии прокатного стана и мощность главного привода. Анализом режимов обжатий слитков в дуо реверсивных клетях установлено, что приоритетным фактором при прокатке является захватывающая способность валков, которая зависит от состояния поверхности валков и прокатываемого металла, температуры металла и скорости вращения валков, формы и размеров калибров и др.

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

$$f \geq \alpha_3 / \quad (1)$$

Для повышения коэффициента трения на поверхности рабочих валков выполняют наварку [3], наносят рифление, нарубку, фрезеровку, накатку или насечки различных комбинаций и типов, рис. 1 [4].

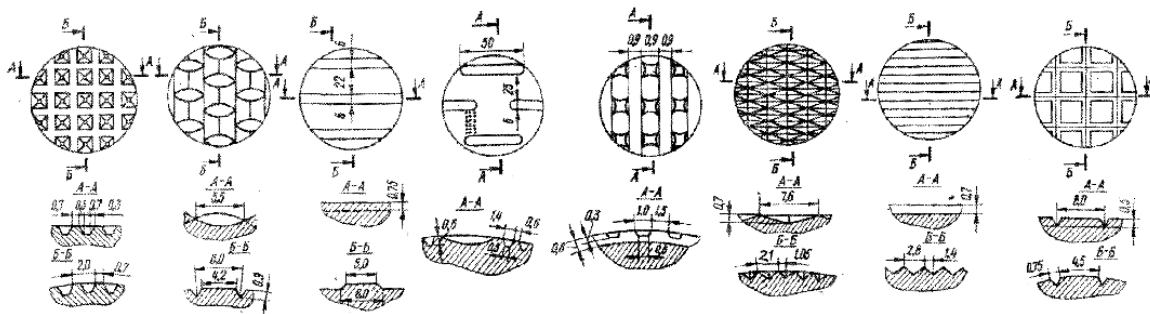


Рис. 1. Виды рифлений на рабочих валках обжимных станов

Однако, искусственные меры улучшения захватывающей способности валков, т.е. увеличение коэффициента трения, имеют следующие недостатки, заключающие в том, что 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 [4]) в настоящее время на обжимных станах применяют ограничено. Следует отметить, что после прокатки 200÷250 тыс. тонн металла на поверхности валков образуется сетка разгара, которая повышает захватывающую способность валков.

На практике для интенсификации процесса прокатки применяют следующие приемы:

снижают скорость вращения валков;

уменьшают величину разового абсолютного обжатия;

поджатием заднего конца слитка в момент выброса раската из валков;

захват слитка в режиме торможения [7];

совмещают время пропуска время пауз (захват слитка валками осуществляют при работающем нажимном устройстве, опуская валок на слиток);

обжатие слитка производят на величину половины обжатия за пропуск, затем опускают верхний валок до величины полного обжатия и производят окончательную прокатку в реверсивном режиме.

Как показала практика прокатки на обжимных станах ОАО «АрселорМиттал Кривой Рог» и исследования, проведенные Чекмаревым А.П. в работе [6] такие приемы негативно сказываются на работе оборудования и, особенно на нажимное устройство. Поэтому, необходимо вести исследования в направлении максимального использования резерва коэффициента трения между валками и прокатываемым металлом при полностью заполненном очаге деформации.

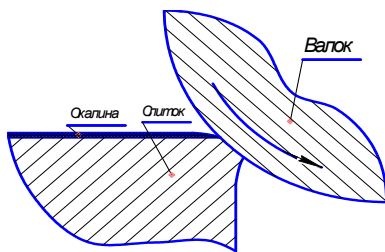
*Теоретическое исследование.* При нагреве в нагревательных устройствах на поверхности заготовок образуется печная окалина толщина, структура и свойства, которой сильно зависят, помимо химического состава нагреваемого металла, от температуры, длительности и среды нагрева. Окалина, образующаяся при высоких температурах, имеет очень слабое сцепление с поверхностью металла. Толщина слоя печной окалины составляет до 4,3мм [7]. Известно, что печная окалина состоит из трех фаз: на поверхности располагается тончайший слой гематита ( $Fe_2O_3$ ), затем тонкий слой магнетита ( $Fe_3O_4$ ) и вюстита ( $FeO$ ), который составляет до 80% от общей толщины слоя окалины. Из указанных фаз окалины наименьшей прочностью обладает вюстит. Вюстит по своей структуре порист и содержит инородные включения в виде силикатов и др. соединений. При температурах 1200–1250 °С сопротивление сдвигу слоя вюстита становится близким к нулю [8].

Ни на одном из блюмингов, находящихся в эксплуатации на Украине не предусмотрена установка по удалению окалины с поверхности слитка перед прокаткой в обжимной клети. Отсутствие установок по удалению печной окалины в технологическом потоке прокатных станов приводит к попаданию ее в очаг деформации, которая снижает захватывающую способность валков, а, следовательно, не возможность осуществления максимального возможного абсолютного обжатия за проход.

При горячей прокатке основным видом трения следует считать полусухое трение, которое характеризуется наличием на поверхности прокатываемой заготовки печной окалины, воды, пара и других загрязнений, попадающие в очаг деформации.

В момент подхода заготовки к вращающимся валкам их взаимный контакт происходит по кромке (линии). При дальнейшем продвижении металла в зев валков за счет волнистости и шероховатости поверхности валков происходит очистка кромки слитка от печной окалины и других загрязнений, а также ее пластический сдвиг рис. 2.

Рис. 2. Состояние металла перед захватом валками



на.

В результате пластического сдвига кромки заготовки резко увеличивается плотность контакта металла с валками, которая достигает размеров номинальной площади. Таким образом, в месте контакта происходит молекулярное схватывание поверхностей валка и заготовки в точках истинного контакта. В этом случае, создающееся внешнее трение, согласно исследованиям [11] с достаточной точностью подчиняется закону Г. Амонтона.

$$T=f \cdot N. \quad (2)$$

После достижения площадки контакта металла с валками достаточной для захвата в очаг деформации увлекается часть печной окалины, вода и другие загрязнения рис. 2, которые снижают площадь контакта металла с валками.

В результате контакта кромки слитка с валком происходит разрушение печной окалины и пластическая деформация выступов металла, находящихся на поверхности слитка. При этом начинает возрастать фактическая площадь контакта металла с валками (схватывания) и увеличиваются и силы трения.

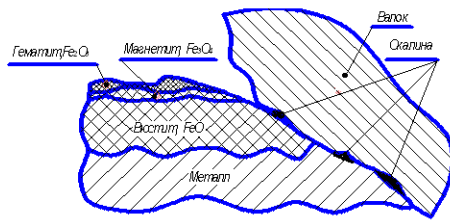


Рис. 3. Механизм захвата металла валками при горячей прокатке

Таким образом, на площадке контакта металла с валками происходит пластическое трение, которое зависит от нормальных давлений на контактной поверхности среднее значение, которых достигает до 500 МПа. Однако, оставшаяся на поверхности площадки окалина и другие загрязнения вдавливаются в металл, создавая между прокатываемым металлом и валками легкоподвижную разделительную среду. Наличие разделительной среды приводит процесс прокатки к полусухому трению, при этом силы трения, которые теперь подчиняются закону (условно) Э. Зибеля

$$t = f_{\sigma} \cdot \sigma_t \quad (3)$$

здесь  $f_{\sigma}$  - показатель сил трения;  $\sigma_t$  - предел текучести деформируемого металла.

Если предел текучести деформируемого металла определяют опытным путем для каждой марки стали, то показатель сил трения определяют в зависимости от условий прокатки. При горячей прокатке степень деформации не превышает 70% поэтому для определения показателя сил трения можно использовать формулу

$$f_{\sigma} = f \left[ 1 + 0.004 \cdot \varepsilon - 0.005 \cdot \left( \frac{l_d}{h_{cp}} \right) \right] \quad (4)$$

Анализ выражения (4) показывает, что показатель сил трения зависит от коэффициента трения между прокатываемым металлом и валками, степени деформации и коэффициента формы очага деформации.

Анализ режимов прокатки слитков в первых проходах на станах ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог» показывает, что коэффициент формы очага деформации  $l_d / h_{cp} < 0,5$  [7], а скорость прокатки не превышает 1,5 м/с [4].

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

$$\Delta h_{z, \max} = \alpha_z^2 \cdot R \quad (5)$$

Здесь  $\alpha$  - угол захвата при неустановившемся процессе прокатки;  $R$  - радиус валков, мм;

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

$$\frac{\alpha}{\beta} = \frac{\alpha_{y, \max}}{\alpha_{z, \max}} = \frac{\sqrt{\frac{\Delta h_y}{R}}}{\sqrt{\frac{\Delta h_z}{R}}} = 2 \quad (6)$$

Анализ полученного уравнения (6) показывает, что максимально возможное обжатие при установившемся процессе прокатки больше в четыре раза, чем при захвате. Однако такой вывод справедлив в том случае, когда скорость прокатки ничтожно мала.

Исследованиями [10] установлено, что при прокатке на блюминге на валках всегда имеется сетка разгара, которая способствует увеличению коэффициента трения, а отношение  $\alpha_o / \alpha_c = 1 \div 2$ . 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 незначительное [11].

Таким образом, учитывая условия прокатки на блюмингах и принимая среднее значение отношения углов захвата решая выражение (6) относительно абсолютного обжатия получим

$$\Delta h_{y, \max} = \frac{\alpha_z^2 \cdot R}{1,5} \quad (3)$$

Анализ графика представленного на рис. 4 показывает, что при создании оптимальных режимов обжатий (после полного заполнения очага деформации) имеется значительный резерв трения между прокатываемым металлом и рабочими поверхностями валков, увеличение угла захвата а, следовательно, возможно увеличение абсолютного обжатия до двух раз за проход.

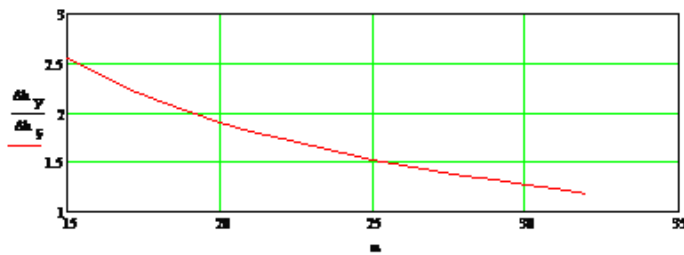


Рис. 4. Залежність  $\Delta h_1/\Delta h_2$  від кута захоплення прокатки на блюмінге

валков при установившемся процессе прокатки, как правило, оказывается более высокой, чем в начальный момент касания полосы с валками» и Я.С. Галлая [13].

**Постановка задачі дослідження.** На основі теоретических досліджень основне напрямлення - розробка технології процесу прокатки на блюмінге, котра передбачує максімальне використання резерву тріння при повністю заповненому очагу деформации, забезпечує сокращение количество пропусков, тем самым сократится темп прокатки и повысится производительность стана.

**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 127 мм Криворожского металлургического института на серии образцов изготовленных из свинца различной толщины. Прокатку производили на грубо и тонко шлифованных валках. Скорость прокатки при проведении опытов не превышала 1,0м/с. Для изменения расстояния между валками в процессе прокатки было использовано специальное устройство. Во время прокатки в прямом направлении верхний валок устанавливали на максимальное обжатие. После заполнения очага деформации с помощью специального устройства поднимали нижний валок с целью изменения величины зазора между валками, т.е. увеличивали абсолютное обжатие образца до двух раз рис. 3б. После прокатки в прямом направлении клинообразный раскат задавали в валки узкой стороной (прокатка в обратном направлении) с максимальным обжатием, при этом расстояние между валками 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. Отсутствие буксовки валков при увеличении обжатия до двух раз подтверждает вывод о наличии достаточного резерва трения, что позволяет, увеличить абсолютное обжатие во время прокатки до двух и более раз. Однако при этом необходимо учитывать прочность валков, элементов прокатного стана соединяющих рабочие валки с приводом и мощность привода.



Рис. 5. Результати прокатки зразків по розробаній технології: а – початковий зразок; 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.

Разработанное техническое решение позволит за счет максимального использования резерва сил трения при полностью заполненном очаге деформации между поверхностью рабочего валка и слитком получить за каждую пару пропусков тройной абсолютный обжим слитка за один проход.

На основании теоретических расчетов и лабораторных исследований разработана технология прокатки слитков на блюмінге, позволяющая значительно сократить количество проходов.

Разработанная технология прокатки слитков на блюмінге позволит сократить такт прокатки и повысить производительность прокатного стана.

*Список литературы*

1. А.П. Грудев,, Л.Ф. Машкин, М.И. Ханин «Технология прокатного производства» М. Металлургия, 1994. - 656 с.
2. А.И. Целиков, В.И. Зюзин «Современное развитие прокатных станов» М. металлургия, 1972. - .399 с.
3. В.К. Кобышев Электродуговая наплавка фасонных калибров прокатных станов. Труды межвузовской научно-технической конференции. т.2. Ленинград. 1959.
4. Бобров В.В., Полещук В.М., Гладуш В.Д. Оптимизация нестационарных процессов прокатки. К.: Техника. 1984. - 125 с.
5. Б.П. Зуев Интенсификация работы блюминга Кузнецкого металлургического комбината и использование передовых методов труда. Труды НТО ЧМ. т.1. Днепропетровск. 1956.
6. А.П. Чекмарев и др. Прокатка сдвоенных слитков на блюминге 1150. Сталь. 1959. №3.
7. В.В.Гетманец, В.П.Чумаков Рациональные схемы прокатки слитков кипящих сталей на блюминге. Сталь. 1974. №8.
8. А.П. Грудев, Ю.В. Зильберг, В.Т. Тилик Трение и смазки при обработке металлов давлением. Справ. Изд. – М.: Металлургия, 1982. - 312 с.
9. Чумаков В.П., Коренко М.Г. Пути снижения расхода металла при прокатке на блюминге. Металлургическая и горнорудная промышленность №2. 2009. - 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. - 247 с.
12. А.П. Грудев Теория прокатки. М. Металлургия. 1988. - 240 с.
13. Я.С. Галлай О коэффициенте трения при прокатке. Труды межвузовской научно-технической конференции. «Современные достижения прокатного производства». - Т.2.Ленинград, 1959.
14. В.П. Чумаков Спосіб Чумакова прокатки злитків дуо реверсивній кліті. Патент на корисну модель №52990, Бюлетень №18, 27.09.2010.

Рукопис подано до редакції 30.03.2013

УДК 622.271.012.3

В.А. АЗАРЯН, канд. техн. наук, доц., ГВУЗ «Криворожский национальный университет»

## **ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ МОБИЛЬНЫХ ДРОБИЛЬНО-СОРТИРОВОЧНЫХ РАДИОМЕТРИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ В УСЛОВИЯХ ЖЕЛЕЗОРУДНЫХ КАРЬЕРОВ КРИВБАССА**

Рассмотрено обоснование применения мобильных дробильно-сортировочных комплексов в условиях железорудных карьеров Кривбасса для повышения качества руды, добываемой из забоев приконтактной зоны «руда-порода». Рассмотрена функциональная схема МДСРК, определены технологические задачи и ожидаемые показатели от его применения.

Украина обладает 18 % от общемировых запасов железной руды. Из всех разведанных месторождений основные запасы - около 70 % и добыча - более 80 % приходится на Криворожский железорудный бассейн. Кременчугский железорудный район вместе с рудными районами Запорожской, Кировоградской и Полтавской областей составляет железорудную провинцию Большой Кривой Рог [1].

**Проблема и ее связь с основными научными и практическими заданиями.** Имея относительно невысокое содержание полезного компонента при высоких содержаниях вредных примесей в железной руде, Украина уступает основным мировым экспортерам. Вследствие этого цены на отечественное железорудное сырье оказываются ниже среднемировых. Финансовые потери украинских горнодобывающих предприятий на каждом миллионе тонн реализованной товарной руды составляют около 11 млн. долларов. [ 1 ]

Вопросы стабилизации качества рудного потока в условиях открытой разработки были и остаются весьма актуальными. Особенно остро этот вопрос возник на фоне кризиса на мировом рынке сырьевых ресурсов, вызвавшего общее снижение цен на железорудное сырье, что усилило конкуренцию производителей.

При этом предъявляются более высокие требования к качеству железорудного сырья при общем тренде снижения цен. Таким образом, возможность сохранения позиций производителей железорудного сырья Украины заключается в решении двуединой задачи повышения качества при оптимизации себестоимости, что позволит блокировать процесс уменьшения общего показателя рентабельности производства.

**Анализ исследований и публикаций.** Ранее известные варианты мобильных дробильно-