

*к.т.н. Боровик П.В.,
Селезнёв М.Е.
(ДонГТУ, г. Алчевск, Украина)*

РАЗВИТИЕ ТЕХНОЛОГИИ ОБРЕЗКИ БОКОВЫХ КРОМОК ЛИСТОВОГО ПРОКАТА ДИСКОВЫМИ НОЖАМИ

У статті розглядається можливість вдосконалення технології обрізання бічних кромок товстих листів. Пропонується новий спосіб розташування дискових ножиць в потоці прокатного стану, що дозволяє обмежити ступінь свободи прокату при різанні, а також поліпшити умови захвату листа дисковими ножами. На базі проведеного кінематичного аналізу руху розкату в дискових ножах встановлені чинники, що впливають на кінематику руху розкату, при різанні, а також створені передумови до розробки рекомендацій відносно застосування запропонованого способу.

Ключові слова: *дискові ножі, різання, правка, розкат, ножиці, швидкість різання.*

В статье рассматривается возможность совершенствования технологии обрезки боковых кромок толстых листов. Предлагается новый способ расположения дисковых ножиц в потоке прокатного стана, позволяющий ограничить степень свободы проката при резке, а также улучшить условия захвата листа дисковыми ножами. На базе проведенного кинематического анализа движения раската в дисковых ножах установлены факторы, влияющие на кинематику движения раската при резке, а также созданы предпосылки к разработке рекомендаций относительно применения предложенного способа.

Ключевые слова: *дисковые ножи, резка, правка, раскат, ножицы, скорость резки.*

Увеличение спроса на продукцию листопрокатного производства делает производство горячекатаного толстого листа одним из приоритетных направлений развития современной металлургической промышленности, а повышение требований к качеству готовой продукции и необходимость расширения технологических возможностей существующего оборудования указывают на необходимость проведения более широкого спектра исследований в этой области.

В различных схемах производства листового проката с целью получения листа заданной ширины применяют операцию обрезки боковых кромок. Согласно работам [1-3] боковые кромки листов толщиной до 40 мм целесообразно обрезать на дисковых ножницах, обеспечивающих высокую скорость порезки (до 120 м/мин) при соблюдении качества боковой поверхности листа.

Характерными недостатками в работе известных [4,5] дисковых ножниц при использовании в известных [6] схемах расположения оборудования листовых прокатных станов, являются возможность появления серповидности листа при резке, а также вероятность смещения надрезанной части при входе в следующую пару ножей, что влияет на качество готовой продукции.

Совершенствование технологии резки листовых раскатов дисковыми ножницами, с целью повышения качества толстолиствого проката представляется возможным путём ограничения степени свободы раската в процессе резки только продольным направлением за счет совмещения процессов правки и резки листа (рис. 1). При этом в потоке прокатного стана дисковые ножницы устанавливаются непосредственно за листопрямительной машиной, в направлении движения проката, таким образом, чтобы правильные ролики 1 листопрямительной машины подавали лист 2 непосредственно в ножи 3-6 дисковых ножниц, во время захвата ножами листа и последующей его резке.

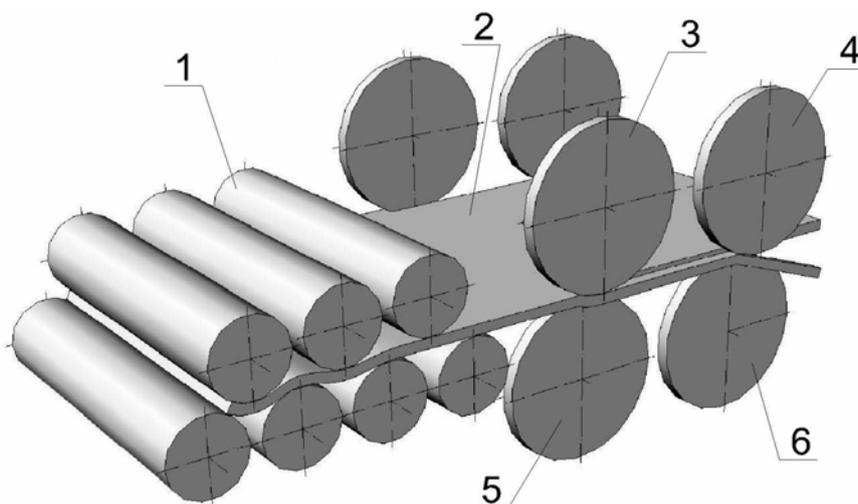


Рисунок 1 – Способ расположения дисковых ножниц в потоке листового прокатного стана

Для эффективной реализации предложенной схемы необходимо обеспечить согласование скорости подачи (правки) и скорости движения раската в дисковых ножах V_n в процессе резки.

Цель данной работы – проанализировать факторы, влияющие на кинематику движения раската в дисковых ножах и установить связь между скоростью его подачи и скоростью движения в процессе резки.

Для достижения указанной цели производили кинематический анализ движения раската в ножах. Рассмотрим схему представленную на рисунке 2.

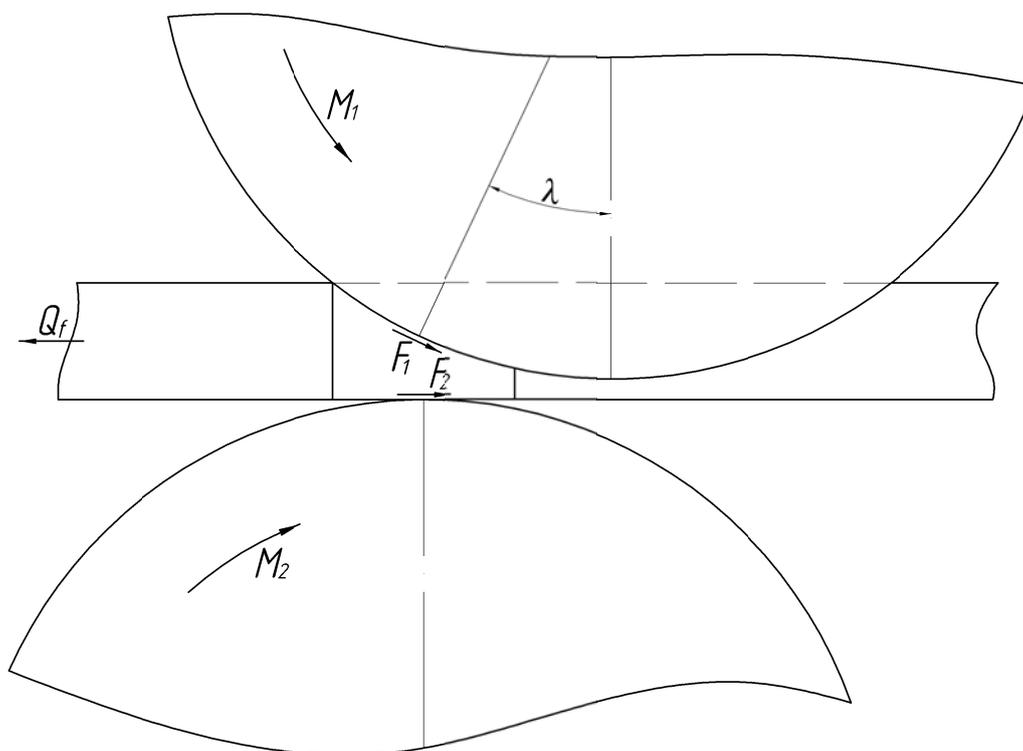


Рисунок 2 – Схема для определения факторов влияющих на скорость листа в дисковых ножницах

Исходя из представленной схемы, при известных значениях моментов на верхнем M_1 и нижнем M_2 ноже, потребляемую мощность резки (при равной угловой скорости ножей ω) можно определить как:

$$W = (M_1 + M_2) \cdot \omega. \quad (1)$$

В то же время, так как при резке лист совершает только прямолинейное движение, потребляемая мощность составит:

$$W = \frac{M_1 \cdot \cos \lambda \cdot V_{\text{л}}}{R} + \frac{M_1 \cdot \sin \lambda \cdot V_{\text{л}}}{R} + \frac{M_2 \cdot V_{\text{л}}}{R} + Q_f \cdot V_{\text{л}}, \quad (2)$$

где $V_{\text{л}}$ – скорость листа в процессе резки;

R – радиус дискового ножа;

Q_f – сила внешнего сопротивления, определяемая условиями движения раската по рольгангу и отрезаемой кромки по проводковой системе;

λ – угол приложения равнодействующей сил трения F_1 , определяющей момент на верхнем ноже.

Приравняв уравнения (1) и (2), после преобразования получим выражение для определения скорости листа в дисковых ножах:

$$V_{л} = \frac{(M_1 + M_2) \cdot \omega}{\frac{M_1}{R} \cdot \cos \lambda + \frac{M_1}{R} \cdot \sin \lambda + \frac{M_2}{R} + Q_f}, \quad (3)$$

или

$$V_{л} = \frac{M_1 + M_2}{M_1 \cdot \cos \lambda + M_1 \cdot \sin \lambda + M_2 + Q_f \cdot R} \cdot V_o. \quad (4)$$

Как видно из уравнения (4) на скорость листа в дисковых ножах помимо энергосиловых параметров процесса резки также оказывает влияние сила внешнего сопротивления.

На основании проведенного кинематического анализа была разработана одномерная математическая модель для оценки влияния силы внешнего сопротивления, принимаемой в отношении к силе резки со стороны верхнего ножа N_1 , на величину скорости листа в дисковых ножах. В рамках полученной модели геометрические и энергосиловые параметры процесса резки определялись по методике, разработанной в работе [7]. Реализация решения осуществлялась в среде системы автоматизации математических расчетов MathLab.

Адекватность разработанной модели устанавливали путём проведения экспериментов с последующим сравнением соответствующих экспериментальных и теоретических значений скорости. Экспериментальные исследования проводились на лабораторной установке однопарных дисковых ножниц кафедры «Машины металлургического комплекса и прикладная механика» Донбасского государственного технического университета [7].

При реализации эксперимента выполнялась резка свинцовых пластин различной толщины, к которым, с целью оценки влияния внешних сил на скорость раската в дисковых ножницах прикладывалось усилие, направленное в сторону подачи пластины («подпор») и противоположную сторону («натяг»). Величина силы внешнего сопротивления опре-

делялась косвенно по значениям моментов на верхнем и нижнем ножах опираясь на методику описанную в работе [7].

Величины крутящих моментов фиксировали при помощи тензорезисторных преобразователей, установленных на ножевых валах и измерительной системы на базе аналого-цифрового преобразователя.

На рисунке 3 представлены эмпирическая и теоретическая зависимости значений скорости листа при резке в функции от силы внешнего сопротивления, полученные при резке свинцовой пластины толщиной 10 мм.

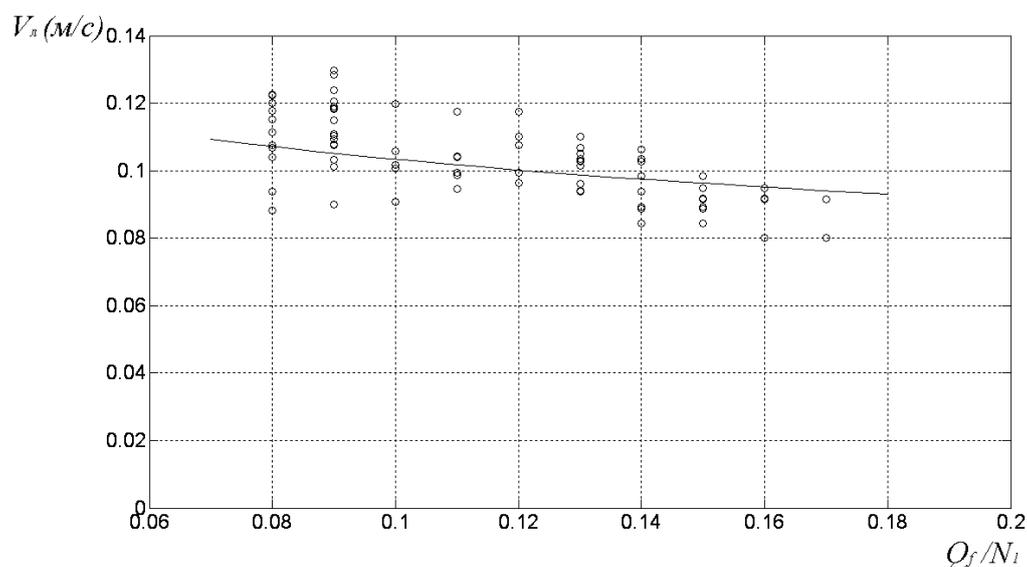


Рисунок 3 – Эмпирическая и теоретическая зависимости значений скорости листа в дисковых ножах от силы внешнего сопротивления

Теснота связи между эмпирическими и теоретическими значениями определялась по средней относительной ошибке аппроксимации, которая составила $\varepsilon = 6.88\%$. Средняя относительная ошибка аппроксимации $\varepsilon < 10\%$, что свидетельствует о достаточной степени достоверности [8] разработанной математической модели.

Обобщённый анализ полученных распределений позволяет сделать вывод о том, что зависимость скорости движения листа в дисковых ножницах от сил внешнего сопротивления носит обратный нелинейный характер.

Также анализ выражения (4) показывает, что на скорость движения раската в дисковых ножницах влияет окружная скорость дисков, следовательно, для согласования скорости подачи (правки) и скорости движения раската в процессе резки целесообразно установить зависимость между окружной скоростью дисков и скоростью подачи.

Данную зависимость можно получить из выражения (4) приняв допущение о том, что в данном случае скорость раската при резке V_{λ} равна скорости подачи (правки) V_{Π} . Таким образом, получим:

$$V_o = \frac{M_1 \cdot \cos \lambda + M_1 \cdot \sin \lambda + M_2 + Q_f \cdot R}{M_1 + M_2} \cdot V_{\Pi}. \quad (5)$$

Полученное выражение может послужить основой для разработки рекомендаций относительно применения предложенного способа расположения дисковых ножей в потоке прокатного стана.

На рисунке 4 представлен пример распределения значений окружной скорости дисковых ножей в зависимости от скорости подачи, полученного на базе разработанной одномерной математической модели применительно к резке толстых листов в горячем состоянии из стали марки Ст3 толщиной 40 (мм), при температуре 700°C, ножами диаметром 1000 (мм), с радиальным зазором между дисками 8 (мм), шириной отрезаемой кромки 80 (мм). Значение силы внешнего сопротивления принималось постоянным и определялось в отношении к значению силы резки со стороны верхнего ножа.

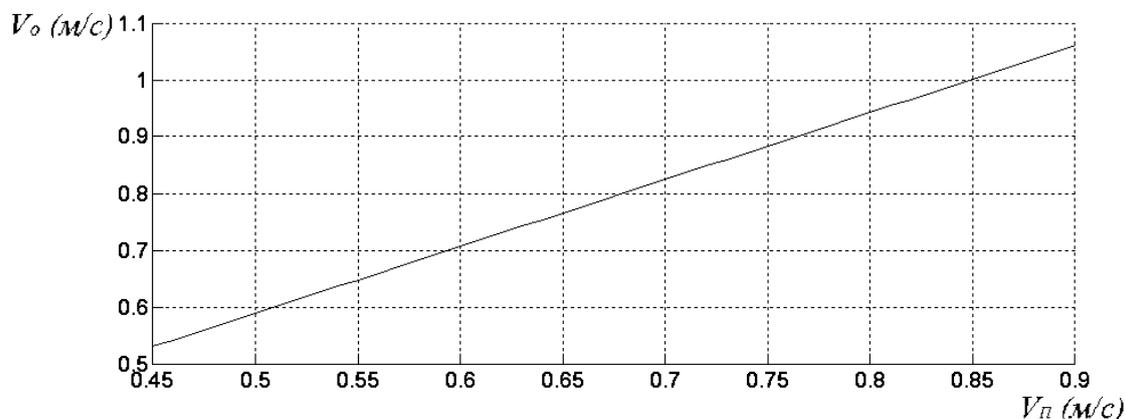


Рисунок 4 – Распределение значений окружной скорости дисковых ножей V_o в зависимости от скорости подачи V_{Π}

В тоже время, существует необходимость проведения дополнительных теоретических и экспериментальных исследований направленных на совершенствование предложенной схемы совместной реализации операций правки и резки.

Выводы:

1. Совершенствование технологии резки листовых раскатов дисковыми ножницами, с целью повышения качества толстолистового про-

ката представляется возможным путём ограничения степени свободы раската в процессе резки за счет совмещения процессов правки и резки листа.

2. Основными факторами, влияющими на кинематику движения раската при резке дисковыми ножницами являются: величина силы внешнего сопротивления и окружная скорость дисков

3. Зависимость скорости движения листа в дисковых ножницах от сил внешнего сопротивления носит обратный нелинейный характер.

4. При разработке рекомендаций относительно эффективного применения предложенной схемы окружную скорость дисков необходимо принимать в зависимости от скорости подачи.

5. Необходимы дополнительные теоретические и экспериментальные исследования для разработки рекомендаций относительно применения предложенной схемы совместной реализации операций правки и резки.

Результаты работы могут быть использованы при исследовании процесса резки толстых листов дисковыми ножами и при проектировании оборудования для обрезки боковых кромок толстых листов.

Библиографический список

1. Королев А. А. *Конструкция и расчет машин и механизмов прокатных станков*. – М. : Металлургия, 1985. – 375 с.

2. Целиков А. И. *Прокатные станы : учебник для вузов / А. И. Целиков, В. В. Смирнов*. – М. : Металлургиздат, 1958. – 432 с.

3. Химич Г. Л. *Толстолистовые станы УЗТМ / Г. Л. Химич, А. П. Липатов, В. М. Нисковских // Труды ВНИИметмаш*. – М., 1967. – Вып. 21. – С. 182-192.

4. А.с. 429900 СССР, МКИ В23D19/04. *Дисковые ножницы / Вацлав Хаичек; «Шкода, народни podnik» (ЧССР)*. – №1663835/25-27; заявл. 24.05.71; опубл. 30.05.74, Бюл. №20.

5. Пат. №63571 Украина, МПК В23D 19/00. *Дискові ножниці / Боровік П. В., Селезньов М. Є.; патентовласник «Донбаський державний технічний університет» ; заявлено 28.03.2011; опубл. 10.10.2011, Бюл. №19.*

6. *Прокатное производство (справочник) : в 2-х т. / под ред. Е. С. Рокотяна*. – М. : Металлургиздат, 1962 – Т. 2. – 1962. – 686 с.

7. Боровик П. В. *Совершенствование технологии и оборудования процесса продольной резки толстых горячекатаных листов на дисковых ножницах : дис. на соискание учен. степени канд. техн. наук: 05.03.05 / Боровик Павел Владимирович*. – Алчевск, 2008. – 225с.

8. Підлипенська Л. Є. *Математична статистика навчальний посібник для студентів 2 курсу технічних спеціальностей денної та заочної форм навчання / Л. Є. Підлипенська – Алчевськ, 2004. – 171с.*

Рекомендована к печати к.т.н., проф. Уляницьким В.Н.