

УДК 621.982: 669.295

**Боровик П. В.
Селезнёв М. Е.**

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ СИЛ ВНЕШНЕГО СОПРОТИВЛЕНИЯ НА СКОРОСТЬ РЕЗКИ ТОЛСТЫХ ЛИСТОВ ДИСКОВЫМИ НОЖАМИ

Производство горячекатаного толстого листа на сегодняшний день одно из основных направлений современной металлургической промышленности Украины.

Возрастание спроса на продукцию листопрокатного производства повышает актуальность работ, направленных на совершенствование процесса производства, а также повышения качества горячекатаного толстого листа и расширения технологических возможностей существующего и вновь проектируемого оборудования.

При производстве горячекатаных толстых листов после прокатки в чистовой рабочей клети необходимо производить обрезку боковых кромок получаемых листов для придания им необходимой геометрической формы, соответствующей заданным критериям качества [1–3]. С целью обеспечения необходимой плоскостности листов в технологическом процессе применяют также операцию правки, которую производят при помощи листопрямительной машины.

Боковые кромки горячекатаных толстых листов толщиной до 40 мм, согласно работам [1–4] целесообразно обрезать на дисковых ножницах, преимущество которых состоит в возможности обеспечения высокой скорости резки (до 120 м/мин), при одновременном обеспечении высокого качества боковой поверхности получаемых листов.

Известны схемы расположения оборудования листовых прокатных станков [1–4], в которых операция правки и операция резки производятся отдельно вследствие расположения дисковых ножниц на некотором расстоянии от листопрямительной машины, при этом лист подаётся к дисковым ножницам рольгангом.

Характерными недостатками в работе дисковых ножниц известной конструкции [5] являются возможность появления серповидности листа при резке, а также вероятность смещения надрезанной части при входе в следующую пару ножей, что снижает качество готовой металлопродукции.

Перечисленные выше недостатки можно избежать, и тем самым расширить сортамент и повысить качество готового листа, путём объединения технологических процессов правки и резки. Принципиальная схема данного решения иллюстрирована на рис. 1. При этом число пар дисков с одной стороны может быть ≥ 1 , что определяется толщиной разрезаемых листов, механическими свойствами их материалов и диаметрами дисковых ножей.

Процесс резки по данной схеме осуществляли следующим образом: ролики листопрямительной машины 1 подают лист 2 между верхним 3 и нижним 4 дисковыми ножами первой пары, которые, вращаясь, втягивают его и надрезают на определенную величину, определяемую толщиной и свойствами разрезаемого материала, а также числом пар ножей задействованных в процессе, а затем лист дорезается верхним 5 и нижним 6 дисковыми ножами следующей пары [6].

Данная схема позволяет исключить поворот листа в горизонтальной плоскости тем самым избежать появления серповидности и смещения надрезанной части, при этом очевидной является необходимость согласования скоростей правки и резки.

Согласно результатам работы [7] при реализации процесса резки возникают силы внешнего сопротивления, которые влияют на скорость перемещения листа и требуют соответствующей количественной оценки.

Целью данного исследования является экспериментальная оценка влияния силы внешнего сопротивления на скорость раската в дисковых ножницах.

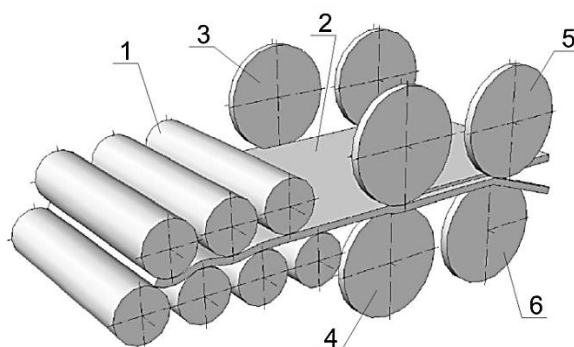


Рис. 1. Принципиальная схема условий реализации процессов правки и обрезки боковых кромок относительно толстых горячекатаных листов

Для достижения указанной цели были проведены экспериментальные исследования, на лабораторной установке однопарных дисковых ножниц кафедры «Машины металлургического комплекса и прикладная механика» Донбасского государственного технического университета.

Принципиальная схема экспериментальной установки однопарных дисковых ножниц и ее конструктивные особенности иллюстрированы рис. 2. Данная установка включает в себя механизм резания 1, направляющий стол 2, промежуточные валы 3 с зубчатыми муфтами 4, шестеренную клетку 5, соединительную втулочно-пальцевую муфту 6, редуктор 7 ($u = 24,9$, $M_{вых} = 465$ Нм), моторную муфту 8 и электродвигатель 9 переменного тока типа 4А1006У3 ($N = 2,2$ кВт), $n = 950$ мин⁻¹). Шестеренная клетка имеет понижающую ступень $u = 3,8$. Окружная скорость дисковых ножей, при диаметре $D = 250$ мм составляет $V = 0,132$ м/с ($V = 7,89$ м/мин).

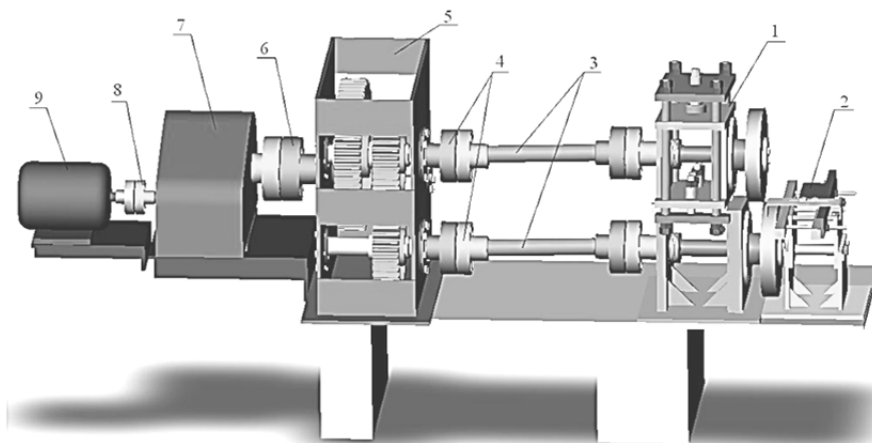


Рис. 2. Принципиальная схема конструкции экспериментальной установки однопарных дисковых ножниц

В рамках проведения экспериментальных исследований резке подвергали свинцовые пластины толщиной 8, 10 и 12 мм, при этом для оценки влияния внешних сил на скорость резки к пластине прикладывалась дополнительная сила, направленная в сторону подачи пластины, имитирующая ее «подпор» и противоположную сторону с целью имитации соответствующей величины натяжения. Поскольку прямыми методами оценить величину внешних сил представлялось весьма сложным, то было принято решение использовать косвенный метод на базе методики расчета процесса резки дисковыми ножами, предложенной в работе [7].

При проведении опытов фиксировались значения моментов на верхнем и нижнем дисковых ножах, а также перемещение разрезаемых листов во времени.

На рис. 3 в качестве примера представлены экспериментальные зависимости изменения моментов резки на верхнем и нижнем дисковых ножах, а также зависимость скорости перемещения разрезаемых пластин.

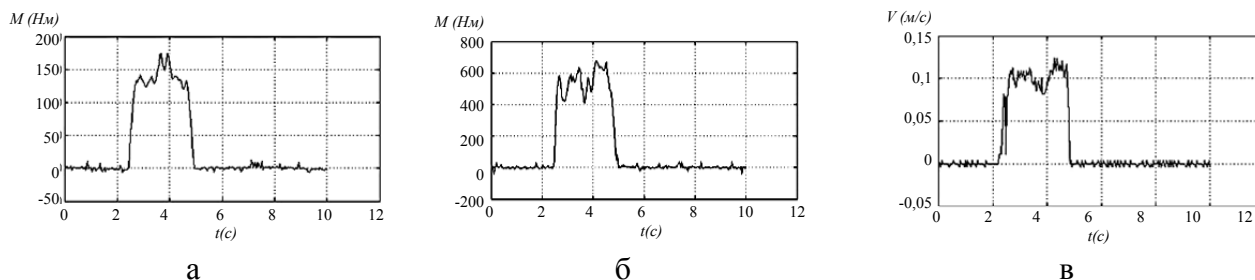


Рис. 3. Экспериментальные распределения момента резки на верхнем (а) и нижнем (б) дисковых ножах, а также скорости перемещения листовых заготовок (в) при их продольной резке

Косвенная оценка силы внешнего сопротивления осуществляли в следующей последовательности:

- для каждого опыта были построены расчётные распределения моментов на нижнем M_1 и верхнем ноже M_2 , а также величины суммарного момента M ;
- по величинам моментов согласно методике [7] расчетным путем определяли величину силы внешнего сопротивления Q_f , методом сопоставления расчётных и экспериментальных значений моментов M_1 , M_2 , M ;
- соответствующие значения скорости, сопоставляли с полученными значениями силы внешнего сопротивления Q_f .

Программная реализация решения предложенного алгоритма осуществлялась в среде системы автоматизации математических расчетов MathLab.

По результатам обработки данных были получены экспериментальные распределения, представленные на рис. 4, величины скорости листа в ножах V_L от отношения силы внешнего сопротивления к суммарному значению силы резки N , определяемого по методике [7]. Для оценки зависимости скорости листа при резке от отношения силы внешнего сопротивления к суммарному значению силы резки N использовали прикладную программу STATISTICA.

В результате была построена функция регрессии между эмпирическими значениями скорости листа и соответствующими теоретическими значениями силы внешнего сопротивления (см. рис. 4).

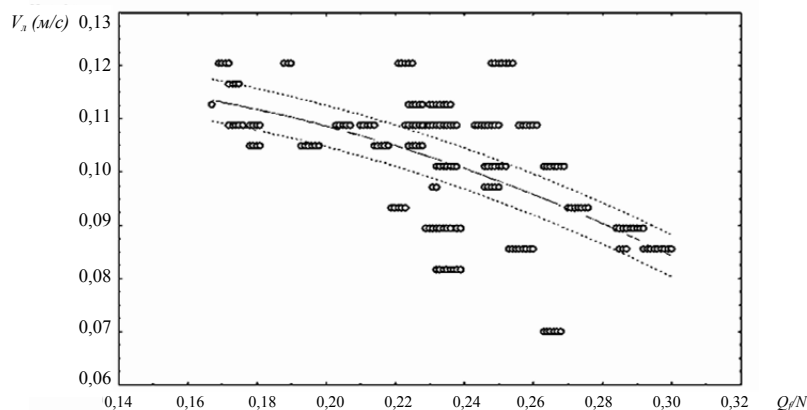


Рис. 4. Экспериментальные значения силы внешнего сопротивления Q_f в зависимости от скорости перемещения листовых заготовок в дисковых ножах V_L

При этом уравнение регрессии для указанных условий реализации имеет следующий вид:

$$y = 0,1139 + 0,1192 x - 0,7264 x^2 ,$$

где x – отношение силы внешнего сопротивления к силе резки.

Данная функция квадратичная, из чего можно сделать вывод, что зависимость скорости движения листа в дисковых ножницах от сил внешнего сопротивления носит нелинейный характер.

Полученные результаты указывают на необходимость проведения дополнительных теоретических и экспериментальных исследований, с целью определения зависимости скорости раската в ножах при резке на дисковых ножницах от сил внешнего сопротивления для совершенствования технологии и оборудования обрезки боковых кромок толстых листов.

ВЫВОДЫ

Совершенствование технологии обрезки боковых кромок толстых листов с целью расширения сортамента и повышения качества готового листа представляется возможным путём объединения технологических процессов правки и резки:

– в условиях реализации данной схемы существует необходимость согласования скоростей правки и резки;

– скорость раската в ножах при резке на дисковых ножницах зависит от сил внешнего сопротивления, причем данная зависимость имеет нелинейный вид;

– необходимо проведение дополнительных теоретических и экспериментальных исследований, с целью определения зависимости скорости раската в ножах при резке на дисковых ножницах от сил внешнего сопротивления для совершенствования технологии и оборудования обрезки боковых кромок толстых листов.

Результаты работы могут быть использованы при исследованиях и развитии методов расчета процесса резки толстых листов на ножницах.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Королёв А. А. *Конструкция и расчет машин и механизмов прокатных станков* / А. А. Королёв. – М. : *Металлургия*, 1985. – 375 с.
2. Коновалов Ю. В. *Справочник прокатчика. Справочное издание в 2-х книгах. Книга 1. Производство горячекатаных листов и полос* / Ю. В. Коновалов. – М. : *Теплотехник*, 2008. – 640 с.
3. Боровик П. В. *Исследование качества порезки горячих толстолистовых раскатов дисковыми ножницами* / П. В. Боровик // *Удосконалення процесів і обладнання обробки тиском в металургії і машинобудуванні* : зб. наук. пр. – Краматорськ : ДДМА, 2006. – С. 180–182.
4. Химич Г. Л. *Толстолистовые станы УЗТМ* / Г. Л. Химич, А. П. Липатов, В. М. Нисковских // *Труды ВНИИметмаш*. – М., 1967. – Вып. 21. – С. 182–192.
5. 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.
6. Пат. 63571 Україна, МПК В23D 19/00. *Дискові ножниці* / Боровік П. В., Селезньов М. Є.; патенто-власник *Донбаський державний технічний університет*; заявл. 28.03.2011; опубл. 10.10.2011, Бюл. № 19.
7. Боровик П. В. *Совершенствование технологии и оборудования процесса продольной резки толстых горячекатаных листов на дисковых ножницах* : дис. ... канд. техн. наук : 05.03.05 / Боровик Павел Владимирович. – Краматорск, 2008. – 225 с.

Боровик П. В. – канд. техн. наук, доц. ДонГТУ;

Селезнёв М. Е. – студент ДонГТУ.

ДонГТУ – Донбасский государственный технический университет, г. Алчевск.

E-mail: borovikpv@mail.ru; mumax@rambler.ru