

*ст. преподаватель Боровик П.В.,
к.т.н., проф. Луценко В.А.
(ДонГТУ, г. Алчевск, Украина)*

ВЛИЯНИЕ КОНСТРУКЦИИ НОЖА И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА РЕЗАНИЯ МЕТАЛЛА НОЖНИЦАМИ НА ВЕЛИЧИНУ УДЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Наведені результати експериментальних досліджень щодо кількісної оцінки впливу відносної ширини кромки ножа, температури різання та відносної ширини кромки, що відрізається, на питому роботу різання, шляхом здійснення повного планованого факторного експерименту.

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами. В современных условиях повышение конкурентоспособности производимой металлопродукции возможно только при условии экономии материальных и энергетических ресурсов. В связи с этим, при повышении эффективности существующих технологий, требуется комплексный подход, включающий как внедрение новых высокоэффективных технологических процессов, так и их от дельных операций и оборудования.

Анализ последних достижений и публикаций. В технологических линиях прокатного производства одной из самых распространенных операций является резание металла на ножницах различных конструкций [1, 2]. Так, в частности, при продольной резке листов и для обрезки их боковых кромок применяют дисковые ножницы с числом пар ножей не менее двух.

В условиях современных толстолистовых станов технологическая операция обрезки кромок листов может осуществляться на дисковых ножницах в горячем состоянии [3]. В рамках данной технологии к порезке на дисковых ножницах допускаются толстолистовые раскаты при температуре $t \geq 400$ °С и толщиной H до 40 мм в зависимости от температуры и марки стали. Как показывает опыт эксплуатации и проведенные ранее исследования, данный процесс содержит резервы по снижению энергозатрат, что позволяет расширить диапазон листов разрезаемых на существующей конструкции ножниц в горячем состоянии [4, 5, 6].

В работе [6] была дана количественная и качественная оценка влияния конструкции ножа на удельную работу резания, что является фундаментом для расширенного изучения данного процесса, с учетом

его технологических параметров. Априори, существует ряд факторов, оказывающих влияние на величину удельной работы резания.

Постановка задачи. Целью данной работы является: количественная оценка влияния ширины b режущей кромки ножа, температуры T разрезаемого материала и ширины a отрезаемой кромки на величину удельной работы w резания и получение регрессионной модели, путем проведения полного планированного факторного эксперимента.

Изложение материала и его результаты. Реализация эксперимента осуществлялась на лабораторных гильотинных ножницах кафедры «Машины металлургического комплекса и прикладная механика» Донбасского государственного технического университета.

При реализации эксперимента использовались листы толщиной $H = 10 \pm 0.2$ мм из стали марки А36 ГОСТ 5521–86, поскольку данная марка имеет наибольшие объемы из листов, допускаемых к резке на дисковых ножницах в горячем состоянии.

Всего было реализовано $N_0 = 9$ опытов, из которых $N = 8$ согласно плана и один на нулевом уровне. Каждый опыт имел равное число повторений $f = 3$.

В качестве варьируемых параметров использовались:

– температура резания $T = 650 \dots 800^\circ\text{C}$;

– относительная ширина режущей кромки ножа $b_H = \frac{b}{H} = 0,1 \dots 0,4$;

– относительная ширина отрезаемой кромки $a_H = \frac{a}{H} = 0,5 \dots 1,5$.

Методом, изложенным в работе [6], были получены кривые удельного сопротивления резанию, представленные на рисунке 1, а по ним вычислена удельная работа резания, расчетные значения которой приведены в таблице 1.

С целью выявления тесноты связи между парами величин проводился множественный корреляционный анализ [7]. Полученные результаты позволяют утверждать, что связи следует считать статистически значимыми.

По результатам работы [6], зависимость удельной работы резания от относительной ширины режущей кромки имеет нелинейный характер, но может быть линеаризована путем введения соответствующего преобразования.

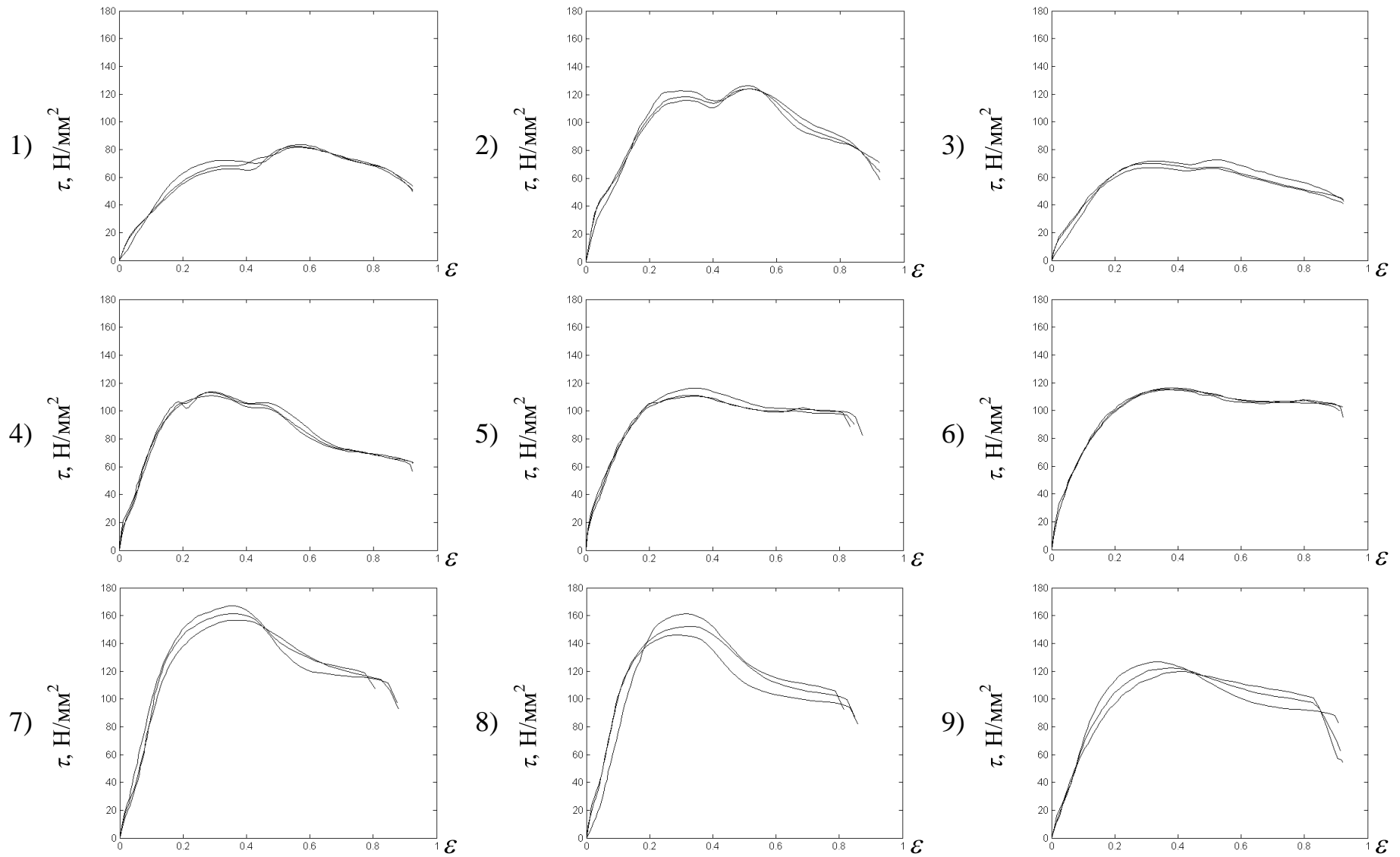


Рисунок 1 – Экспериментальные кривые удельного сопротивления резанию

Таблица 1 – План-матрица планированного эксперимента 2^3

№	План-матрица							Удельная работа резания, $H/мм^2$		
	x_1	x_2	x_3	x_1x_2	x_1x_3	x_2x_3	$x_1x_2x_3$	w_1	w_2	w_3
1	-1	+1	+1	-1	-1	+1	-1	5,8219	6,006	5,8839
2	-1	-1	+1	+1	-1	-1	+1	9,0553	9,034	9,0573
3	-1	+1	-1	-1	+1	-1	+1	5,5373	5,2071	5,1253
4	-1	-1	-1	+1	+1	+1	-1	8,0486	7,8295	7,8619
5	+1	+1	-1	+1	-1	-1	-1	8,2154	8,4755	8,1649
6	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	9,321	9,226	9,3786
7	+1	-1	+1	-1	+1	-1	-1	10,999	10,649	10,999
8	+1	-1	-1	-1	-1	+1	+1	9,6345	9,7393	10,107
9	0	0	0	0	0	0	0	9,0043	9,0488	9,0854

В качестве такого преобразования была выполнена замена фактора относительной ширины контактной поверхности ножа $b_H = \frac{b}{H}$, на фактор являющийся величиной ей обратной $H_b = \frac{H}{b}$. Остальные факторы использовались без преобразований.

По результатам обработки планированного эксперимента [7] были получены коэффициенты уравнения регрессии, проверка значимости которых осуществлялась по t – критерию Стьюдента.

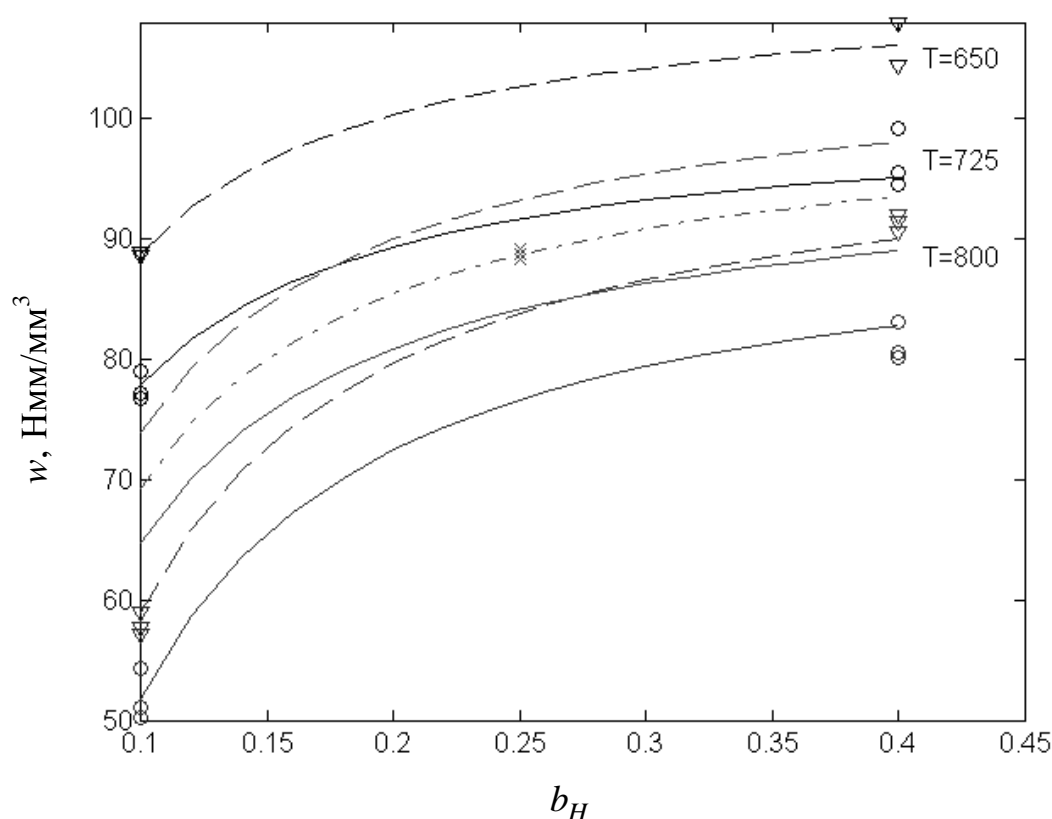
Результаты оценки значимости коэффициентов регрессии показали значимость всех трех исследуемых факторов на величину удельной работы резания, а также значимость двух эффектов взаимодействия первого порядка.

После отсева коэффициентов регрессии и пересчета факторов в абсолютные величины была получена регрессионная модель следующего вида:

$$w = 120,54 - 0,03872T + 5,6447 \frac{H}{b} + 27,42 \frac{a}{H} - 0,01223 \frac{TH}{b} - 0,02527 \frac{Ta}{H}.$$

Результаты экспериментальных значений удельной работы резания в узловых точках плана эксперимента и в его центре (на нулевом уровне), а также аппроксимирующие зависимости, полученные по уравнению регрессии, приведены на рисунке 2.

Анализ полученной зависимости показывает, что за счет совершенствования конструкции режущего инструмента можно снизить величину удельной работы резания порядка 16...35 %, причем большая величина соответствует температуре резки $T = 800^{\circ}\text{C}$, а меньшая $T = 650^{\circ}\text{C}$. Данный факт позволяет утверждать, что возможно увеличить толщину листов допускаемых к резке на дисковых ножницах, при внесении изменений в конструкцию ножа.



«--» и « ∇ » – относительная ширина отрезаемой кромки $a_H = 1,5$;

«-x-» и «x» – относительная ширина отрезаемой кромки $a_H = 1,0$

«—» и «o» – относительная ширина отрезаемой кромки $a_H = 0,5$

Рисунок 2 – Экспериментальные значения удельной работы резания по плану эксперимента и аппроксимирующие кривые при различных значениях относительной ширины режущей кромки ножа b_H и температуре T для различных значений относительной ширины отрезаемой кромки a_H

Выводы и направление дальнейших исследований:

– удельная работа резания является зависимой от ширины b режущей кромки ножа, температуры T разрезаемого материала и ширины a отрезаемой кромки;

– при уменьшении относительной ширины режущей кромки ножа до $b_H = 0,1$ возможно снизить величину удельной работы резания порядка 16...35 %;

– большая величина снижения удельной работы соответствует температуре резки $T = 800^\circ\text{C}$, а меньшая $T = 650^\circ\text{C}$;

– увеличение относительной ширины отрезаемой кромки в интервале $a_H = 0,5 \dots 1,5$, приводит к увеличению удельной работы резания;

– применение ножа с конструктивным элементом и соответствующее варьирование технологическими параметрами процесса резания позволят увеличить толщину листов допускаемых к резке на дисковых ножницах.

Результаты работы могут быть использованы при дальнейших исследованиях процесса горячей резки толстолистовых раскатов на дисковых ножницах, а также при автоматизированном расчете энергосиловых параметров процесса резания дисковыми ножами с конструктивным элементом.

Приведены результаты экспериментальных исследований по количественной оценке влияния относительной ширины режущей кромки ножа, температуры резания и относительной ширины отрезаемой кромки на удельную работу резания, путем проведения полного факторного эксперимента.

The results of experimental researches are resulted by quantitative estimation of influencing of relative width of cutting edge of knife, temperatures of cutting and relative width of the cut edge on specific work of cutting, by the implementation of complete factor experiment.

Библиографический список.

1. Королев А.А. Конструкция и расчет машин и механизмов прокатных станков. Изд-во “Металлургия”, М. 1985. – 375 с.

2. Целиков А.И., Смирнов В.В. Прокатные станы. – М.: Металлургиздат, 1958. – 412 с.

3. Боровик П.В. Исследование качества порезки горячих толстолистовых раскатов дисковыми ножницами. // Удосконалення процесів і обладнання обробки тиском в металургії і машинобудуванні: Зб. наук. пр. – Краматорськ, 2006. – с. 180-182.

4. Патент України 4860, МПК 7 B23D19/04. Дискові ножниці / Боровик П.В.; заявник і патентовласник Донбаський гірничо-металургійний інститут – №20040503435 заявлено 06.05.2004; опубл. 15.02.2005, Бюл. №2.

5. Боровик П.В. Исследование влияния конструкции ножа на качество и энергосиловые параметры резания толстолистовых раскатов в горячем состоянии. // Удосконалення процесів і обладнання обробки тиском в металургії і машинобудуванні: Зб. наук. пр. – Краматорськ –, с. 588-590.

6. Боровик П.В., Луценко В.А. Влияние конструкции ножа на величину работы в процессе резания металла на ножницах. / Алчевск. Сб. науч. тр. ДонГТУ. – 2007, выпуск 24. – с. 264-270.

7. Львовский Е.Н. Статистические методы построения эмпирических формул: Учеб. пособие для втузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1988. – 239 с.