

Боровик П.В.,
д.т.н. Луценко В.А.,
к.т.н. Ульяницкий В.Н.
(ДонГТУ, г. Алчевск, Украина)

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ УДЕЛЬНОЙ РАБОТЫ РЕЗАНИЯ ОТ ШИРИНЫ РЕЖУЩЕЙ КРОМКИ НОЖА

Приведені результати експериментальних досліджень щодо оцінки впливу відносної ширини ріжучої кромки ножа на питому роботу різання для різноманітних матеріалів і умов реалізації процесу різання в паралельних ножах.

Ключові слова: ножиці, ніж, питома робота.

Приведены результаты экспериментальных исследований по оценке влияния относительной ширины режущей кромки ножа на удельную работу резания, для различных материалов и условий реализации процесса резки в параллельных ножах.

Ключевые слова: ножницы, нож, удельная работа.

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами. В современных условиях дальнейшее совершенствование технологических процессов необходимо для повышения конкурентоспособности производимой металлопродукции за счет экономии материальных и энергетических ресурсов. Данная задача требует реализации комплексного подхода, позволяющего дать дальнейшее развитие теоретическим основам исследуемого процесса на базе экспериментальных данных.

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 ряде случаев операция обрезки кромок осуществляется на дисковых ножницах в горячем состоянии [3]. Данный процесс содержит резервы по снижению энергозатрат, что позволит расширить диапазон листов разрезаемых на существующей конструкции ножниц в горячем состоянии [4-8].

В работах [6, 7] приведены результаты экспериментальных исследований направленные на получение количественной оценки влияния конструкции ножа на удельную работу резания для конкретного типа

материала. В работе [8] была предложена математическая модель напряженного состояния контактной поверхности при горячей резке на ножницах, позволяющая установить влияние особенностей контакта между ножом и отрезаемой кромкой на удельную работу резания. Однако требуется проведение дополнительных экспериментов с целью исследования влияния ширины режущей кромки на удельную работу резания для широкого диапазона разрезаемых материалов.

Постановка задачи. Целью данной работы являлось исследование зависимости удельной работы резания от ширины режущей кромки ножа для широкого диапазона разрезаемых материалов.

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

В рамках реализации данного эксперимента производилась резка параллельно установленными ножами, при этом верхний нож (отрезающий кромку) был снабжен конструктивным элементом с шириной b (рисунок 1).

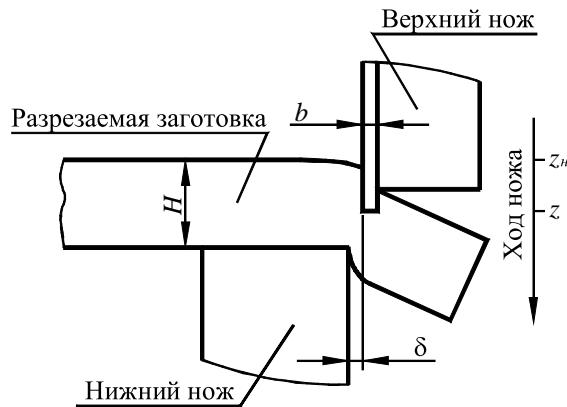


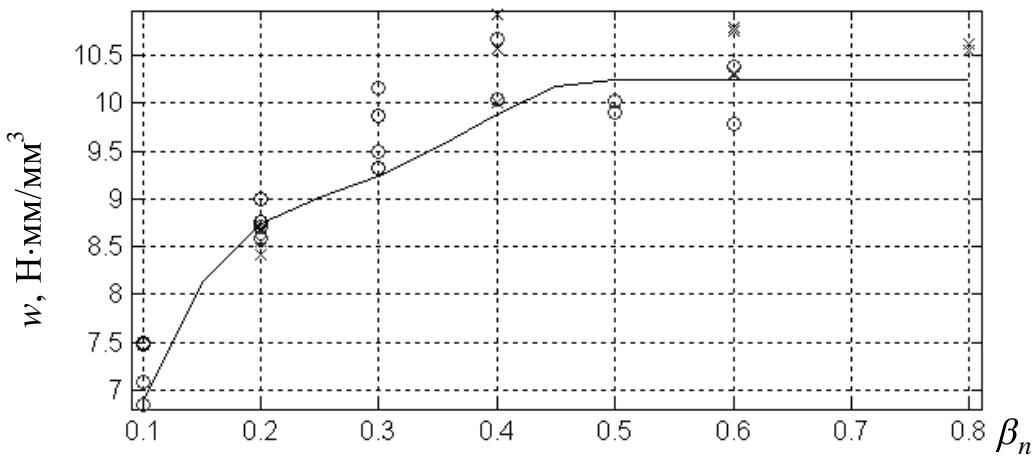
Рисунок 1 – Картина и параметры резания ножом с конструктивным элементом

В качестве разрезаемых образцов использовали свинцовые полосы толщиной 10 и 20 мм, а также полосы из стали марки А36 ГОСТ 5521–86 толщиной $10 \pm 0,2$ мм различной ширины. Реализация процесса резки свинцовых полос осуществлялась при комнатной температуре, а стальных при температуре 650, 725 и 800°C.

При различных условиях проведения эксперимента применяли ножи с шириной режущей кромки, так при резке свинцовых полос ширина b составляла 2, 4, 6, 8, 10, 12 мм, а при резке стальных полос 1, 2,

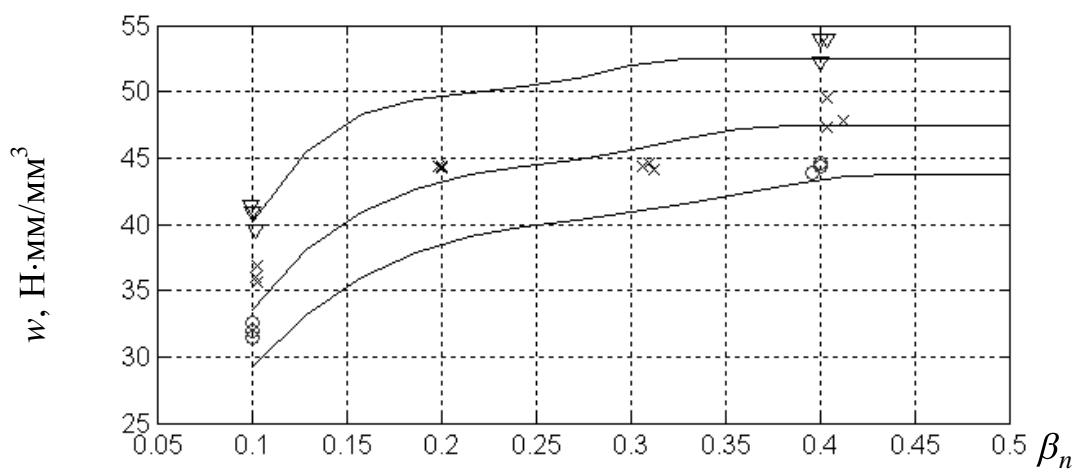
3, 4 мм. Общее число разрезанных образцов составило $N_0 = 56$ шт, при этом из свинца $N_{\text{св}} = 32$ шт, из стали $N_{\text{ст}} = 24$ шт.

Для каждого реза определяли значения удельной работы резания по методике изложенной в работах [6, 7]. На рисунках 2 и 3 представлены эмпирические и теоретические зависимости удельной работы резания от относительной ширины режущей кромки для свинца (рисунок 2) и стали (рисунок 3).



× – заготовка толщиной 10 мм; о – заготовка толщиной 20 мм

Рисунок 2 – Эмпирические и теоретические зависимости удельной работы резания от относительной ширины режущей кромки ножа β_n для свинца ($\sigma_b = 18 \text{ МПа}$)



«▽» – $T = 650^\circ\text{C}$; «×» – $T = 725^\circ\text{C}$; «○» – $T = 800^\circ\text{C}$

Рисунок 3 – Эмпирические и теоретические зависимости удельной работы резания от относительной ширины режущей кромки ножа β_n для стали А36

Полученные экспериментальные данные сопоставляли с теоретическими зависимостями по результатам математического моделирования [8] при этом использовали методы корреляционного и регрессионного анализа [9].

Статистическая обработка полученных результатов осуществлялась с использованием прикладной программы STATISTICA [10].

Теснота связи между эмпирическими и теоретическими значениями определялась при помощи корреляционного анализа.

Учитывая широкий диапазон применения разработанной математической модели, а также существенное различие реологических свойств материалов разрезаемых при реализации эксперимента коэффициенты корреляции определяли отдельно для каждого материала и совместно.

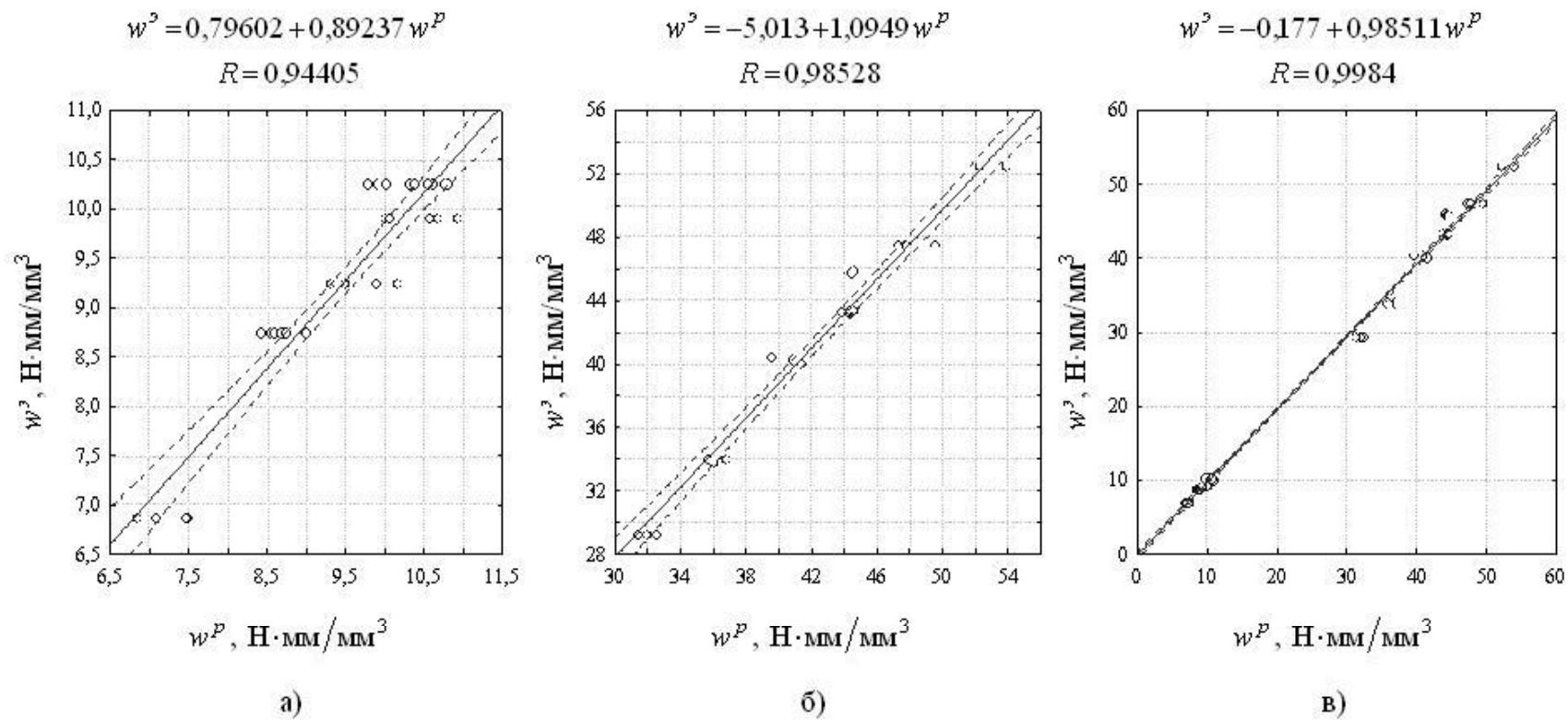
Графическое представление стохастических связей между теоретическими w^p (согласно модели) и эмпирическими значениями w^q , описываемых соответствующими регрессионными уравнениями для удельной работы резания, представлены на рис. 4. Как можно видеть из представленных зависимостей и соответствующих им коэффициентов корреляции, расчетные и экспериментальные величины имеют высокую тесноту связи.

При оценке адекватности математической модели соответствующие статистические показатели также определяли отдельно для каждого материала и совместно. Расчетные значения данных величин представлены в таблице 1, из которой видно, что требование $F \geq F_T$ выполняется во всех рассмотренных случаях.

Таблица 1 – Статистические показатели при оценке адекватности математической модели

Статистические показатели	Свинец	Сталь А36	Совместно
Размер выборки	32	24	56
Общая дисперсия, S_y^2	1,3452	41,228	296,73
Остаточная дисперсия, $S_{\text{ост}}^2$	0,20494	2,9095	1,2992
Расчетный критерий Фишера, F	6,564	14,17	228,4
Табличный критерий Фишера, F_T	1,835	2,01	1,56

Для оценки качества предсказания математической модели использовали критерий Фишера [10], который подтвердил адекватность разработанной модели с доверительной вероятностью 95%.



— доверительная вероятность 95%

Рисунок 4 – Графическое представление стохастических связей между теоретическими w^p (согласно модели) и эмпирическими значениями w^3 , описываемых соответствующими регрессионными уравнениями с коэффициентами корреляции R для удельной работы резания для свинца (а), стали марки А36 (б) и совместного (в)

Выводы и направление дальнейших исследований. По полученным результатам можно сделать вывод, что теоретические данные, полученные в результате математического моделирования [8], хорошо согласуются с эмпирическими, а сама модель может быть применима для исследования влияния ширины режущей кромки ножа на энергосиловые параметры процесса резки на ножницах для широкого диапазона разрезаемых материалов.

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.

Библиографический список

1. Королев А. А. Конструкция и расчет машин и механизмов прокатных станов / А. А. Королев. – 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. Боровик П. В. Исследование качества порезки горячих толстолистовых раскатов дисковыми ножницами / П. В. Боровик // Удосконалення процесів і обладнання обробки тиском в металургії і машинобудуванні : темат. зб. наук. пр. – Краматорськ, 2006. – С. 180-182.
4. Пат. 4860 Україна, МПК⁷ B23D19/04. Дискові ножиці / Боровік П.В.; заявник і патентовласник Донбаський гірниче–металургійний інститут. – №20040503435; заявл. 06.05.04; опубл. 15.02.05, Бюл. №2.
5. Боровик П. В. Исследование влияния конструкции ножа на качество и энергосиловые параметры резания толстолистовых раскатов в горячем состоянии / П. В. Боровик // Удосконалення процесів і обладнання обробки тиском в металургії і машинобудуванні : темат. зб. наук. пр. – Краматорськ, 2003. – С. 588-590.
6. Боровик П. В. Влияние конструкции ножа на величину работы в процессе резания металла на ножницах / П. В. Боровик, В. А. Луценко // Сборник научных трудов / ДонГТУ. – Алчевск, 2007. – Вып. 24. – С. 264-270.
7. Боровик П. В. Влияние конструкции ножа и технологических параметров процесса резания металла ножницами на величину удельной работы / П. В. Боровик, В. А. Луценко // Сборник научных трудов / ДонГТУ. – Алчевск, 2007. – Вып. 25. – С. 187-193.
8. Боровик П. В. Моделирование напряженного состояния контактной поверхности при горячей резке на ножницах / П. В. Боровик, В. А. Луценко, В. Н. Ульянцкий // «Обработка материалов давлением» : сб. науч. тр. / ДГМА. – Краматорск, 2008. – №1(19). – С. 105-109.

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

10. Боровиков В. П. *STATISTICA® – Статистический анализ и обработка данных в среде Windows®* / В. П. Боровиков, И. П. Боровиков. – М. : Информационно-издательский дом «Филинъ», 1997. – 608 с.

Рекомендовано к печати д.т.н., проф. Петрушевым С.Н.