

УДК 621.967.1

Боровик П. В.

ОТНОСИТЕЛЬНОЕ ВНЕДРЕНИЕ ДО СКОЛА ПРИ РЕЗКЕ МЕТАЛЛА НА НОЖНИЦАХ В ХОЛОДНОМ СОСТОЯНИИ

Перед современным металлургическим машиностроением стоит целый ряд актуальных задач, направленных на расширение технологических возможностей оборудования и повышение его надежности. Одним из основных направлений в решении данного класса проблем следует считать повышение научной обоснованности при принятии проектных и технологических решений за счет роста степени точности производимых конструкторских расчетов.

Неотъемлемой частью современного прокатного и машиностроительного производства являются операции продольной и поперечной резки металлопроката [1–5] для выполнения которых используются разнообразные по кинематике и конструкции ножницы. При этом большая часть ножниц производит операции резки в холодном состоянии металла, который предварительно также может проходить различную термообработку [6].

Опыт в области исследования процессов разделения металла на ножницах показал, что базовым следует считать процесс резки ножницами с параллельными ножами, поскольку все остальные являются его производными.

В практике проектирования ножниц, как правило, за основной параметр при расчетах проектных нагрузок используют предел прочности материала при растяжении [2–4]. Однако в настоящее время, учитывая рост интенсивности производства, повышение требований к качеству готового металлопроката и стремление расширить технологические возможности ножниц, становится очевидным, что существует необходимость дальнейшего развития и совершенствования методов расчета энергосиловых и кинематических параметров ножниц различных конструкций, с целью повышения их точности.

Сопротивление срезу при холодной резке в большей степени зависит от способа производства и термообработки металла до порезки и конечно определяется не только пределом прочности. Так в известной методике Крылова-Тарасова [7] по расчету силы резки наклонными ножами в холодном состоянии указывается, что соотношение между пределом текучести и пределом прочности материала также оказывает влияние на величину максимального сопротивления. Кроме того отмечается, что с уменьшением толщины листа возрастает относительное внедрение до скола, что неизбежно приводит к росту работы резки.

При этом на сегодняшний день, в известных методиках расчета [2–4, 7], величина относительного внедрения до скола определяется в соответствии с рекомендациями А. И. Целикова:

$$\varepsilon_H = (1,2 \dots 1,6)\delta, \quad (1)$$

где δ – относительное удлинение после разрыва.

Столь широкий разброс в коэффициенте пропорциональности, прежде всего, указывает на низкую точность данной зависимости. Кроме того, используются коэффициенты, учитывающие притупление ножей и увеличение бокового зазора в процессе длительной эксплуатации, которые увеличивают расчетное значение силы резки на 40–60 % и нивелируют неточности в используемой величине относительного внедрения до скола.

Очевидно, что всестороннее изучение зависимости величины относительного внедрения до скола и разработка рекомендаций по его определению будут способствовать повышению точности производимых расчетов и научной обоснованности при принятии технологических и конструкторских решений применительно к процессам холодного разделения металлопроката на ножницах.

Априори, для достижения результата в этом вопросе, требуется большой объем экспериментальных данных для различных материалов и условий реализации процесса, что представляется весьма трудоемкой и материально затратной задачей. Однако, учитывая степень развития современной науки и вычислительной техники можно сместить акценты такого исследования в область математического моделирования. В частности, развитие теоретических основ механики сплошной среды и механики разрушения [8], а также базирующегося на них метода конечных элементов (МКЭ) [9], открывает перед исследователями новые возможности.

На сегодняшний день различными исследователями разработано большое количество математических моделей процессов разделения металлопроката на ножницах, способных адекватно описывать реальные процессы [10–13].

Целью данной работы является разработка математической модели расчета относительного внедрения до скола при резке металла в холодном состоянии на ножницах с параллельными ножами, путем реализации планированного эксперимента на базе моделирования МКЭ.

Для достижения указанной цели проводились теоретические исследования на базе программного комплекса ABAQUS, в рамках которых за основу была взята конечно-элементная (КЭ) модель, представленная в работе [10].

При построении кривых текучести учет влияния скорости деформации производился по известной зависимости [14]:

$$\sigma_u = \sigma_{cm} K_v, \quad (2)$$

где σ_{cm} – сопротивление деформации при статических испытаниях;

K_v – скоростной коэффициент.

Сопротивление деформации при статических испытаниях определялось из уравнения, предложенного в работе [15]:

$$\sigma_{cm} = \sigma_{0,2} (\bar{\varepsilon}_p / 0,002)^{m_0}, \quad (3)$$

где $\sigma_{0,2}$ – предел текучести;

$\bar{\varepsilon}_p$ – степень истинной пластической деформации;

m_0 – показатель упрочнения, который зависит от соотношения предела прочности к пределу текучести $\sigma_b / \sigma_{0,2}$.

Для определения показателя упрочнения, по данным работы [15], была получена следующая аппроксимация:

$$m_0 = 0,008 + 0,2515 \ln(\sigma_b / \sigma_{0,2})^{0,818}. \quad (4)$$

Скоростной коэффициент определялся из выражения [14]:

$$K_v = (\dot{\varepsilon} / \dot{\varepsilon}_{cm})^{m_1}, \quad (5)$$

где $\dot{\varepsilon}$ – текущая скорость деформации;

$\dot{\varepsilon}_{cm}$ – скорость деформации при статических испытаниях;

m_1 – степенной показатель, определяемый механическими свойствами материала [14].

Для построения диаграмм пластичности, использовали известную аппроксимацию Г. А. Сминова-Аляева и А. А. Лабутина [16].

Важным этапом в достижении поставленной цели являлось обоснование адекватности разработанной КЭ математической модели, для чего необходимо сравнение результатов симуляций с экспериментальными данными. С этой целью были использованы экспериментальные данные А. И. Целикова [1], а также проведены дополнительные экспериментальные исследования для расширения диапазона параметров реализации процесса.

В рамках договоров о сотрудничестве между ДГМА (Донбасская государственная машиностроительная академия, г. Краматорск, Украина), ДонГТУ (Донбасский государственный технический университет, г. Алчевск, Украина) и ПАО «НКМЗ» (г. Краматорск, Украина) был проведен ряд экспериментов на экспериментальном оборудовании кафедр «АММ и О» («Автоматизированные металлургические машины и оборудование, ДГМА»), «М и ПФ» («Механики и пластического формования», ДГМА) и «ММК и ПМ» («Машины металлургического комплекса и прикладная механика», ДонГТУ).

В частности, в условиях кафедры «АММ и О» использовали установку лабораторных кривошипно-шатунных ножниц с верхним резом (рис. 1, а), в условиях кафедры «М и ПФ» использовали лабораторные пресс-ножницы поперечной резки листового металлопроката (рис. 1, б), установленные на гидравлическом прессе, а в условиях кафедры «ММК и ПМ» кривошипно-шатунные ножницы с нижним резом (рис. 1, в).

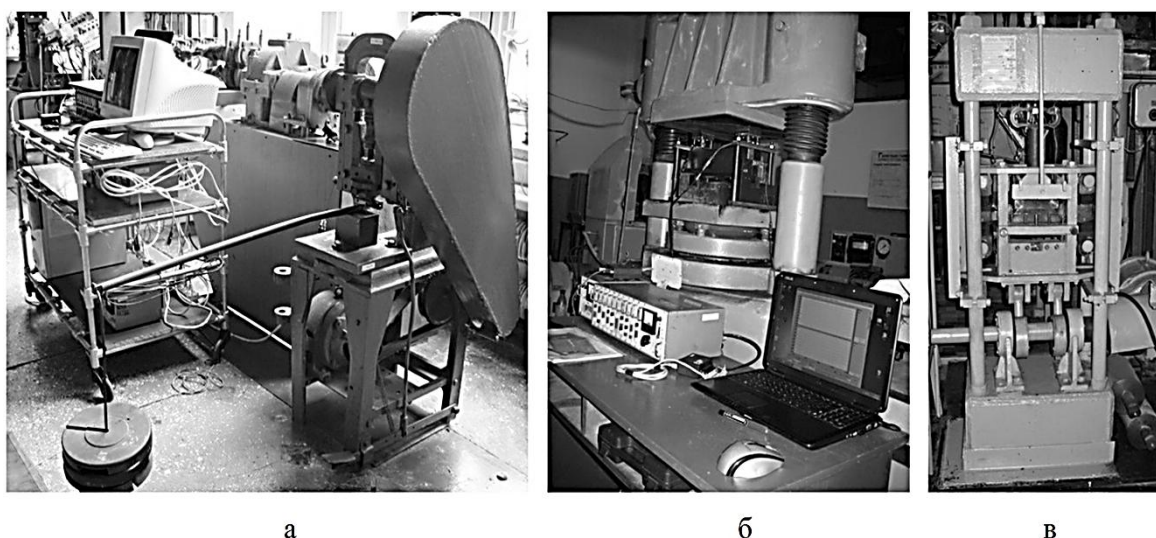


Рис. 1. Общий вид лабораторных установок для реализации процесса поперечной резки параллельными ножами в условиях кафедры «АММ и О» (а), «М и ПФ» (б) и «ММК и ПМ» (в)

Для оценки энергосиловых параметров реализации процесса в конструкции ножниц кафедры «АММ и О» предусмотрены наклеенные на шатун тензодатчики подключенные по мостовой схеме, в конструкции пресс-ножниц кафедры «М и ПФ» были предусмотрены две симметрично расположенные месдозы с пределом измерения 200 кН (20 т), а в конструкции ножниц кафедры «ММК и ПМ» была предусмотрена возможность установки, в зависимости от силы резки, месдозы вдоль линии действия силы резки с пределом измерения 50 кН (5 т) или 200 кН (20 т).

Для приема и последующей обработки сигнала с тензометрических преобразователей в измерительные системы в каждом случае был включен тензометрический усилитель Топаз-3, а также аналогово-цифровой преобразователь фирмы L-card (модель E-154 в 1-м и 2-м случаях, модель L-154A в 3-м), с которого сигнал выводился на ЭВМ с использованием штатного программного обеспечения.

Механические свойства исследуемых образцов, а также их химический состав определяли в лабораторных условиях ПАО «НКМЗ». Характеристика экспериментальных образцов и условий реализации процесса представлены в табл. 1 (позиции с 8 по 19).

По результатам реализации экспериментов были получены зависимости силы резки в функции времени.

Следующим этапом работы было получение результатов моделирования МКЭ. Для этого были использована модель, представленная в работе [7], которая модифицировалась под условия реализации экспериментов. В качестве примера на рис. 2 представлена информация, которую можно получить по результатам симуляции процесса резки.

Таблица 1

Характеристика экспериментальных образцов и условий реализации процесса

№	Марка материала	$\sigma_{0,2}$, МПа	σ_b , МПа	δ	Размер $h \times b$ сечения, мм	Скорость ножа, мм/с	Содержание углерода, %	Источник
1	Сталь 20	418	527	0,217	25 × 25	300	0,2	по данным А. И. Целикова [1]
2	Сталь 45	347	660	0,197	25 × 25	300	0,47	
3	ШХ10	439	822	0,166	25 × 25	300	0,4	
4	Сталь 75	574	989	0,108	25 × 25	300	0,75	
5	Сталь 15	177	373	0,32	25 × 25	300	0,15	
6	Сталь 18Х2Н4ВА	910	1128	0,09	25 × 25	300	0,16	
7	Сталь 12Х18Н9	230	589	0,45	25 × 25	300	0,14	
8	ВСт2кп	310	397	0,22	4,9 × 6,5	60	0,13	Кафедра «АММ и О» ДГМА (г. Краматорск)
9	Сталь 20пс	351	413	0,14	4 × 8,6	60	0,18	
10	Сталь 20пс	277	399	0,11	3 × 17	60	0,2	
11	Сплав алюминевый АА2024-Т3	346	454	0,15	2 × 22	60	–	Кафедра «М и ПФ» ДГМА (г. Краматорск)
12	ВСт2кп	202	385	0,34	1 × 26	60	0,09	
13	ВСт2кп	310	397	0,22	4,9 × 46,5	0,6	0,13	
14	Сталь 20пс	351	413	0,14	4 × 46	0,6	0,18	Кафедра «ММК и ПМ» ДонГТУ (г. Алчевск)
15	Сталь 20пс	277	399	0,11	3 × 45	0,6	0,2	
16	Сплав алюминевый АА2024-Т3	346	454	0,15	2 × 41	0,6	–	
17	Сплав алюминевый АА6066-Т6	360	395	0,18	10 × 10	30	–	Кафедра «ММК и ПМ» ДонГТУ (г. Алчевск)
18	Сталь 28Х3СНМВФА после прокатки	860	1000	0,09	8,2 × 40	30	0,29	
19	Сталь 28Х3СНМВФА после термоупрочнения	1170	1500	0,08	8,2 × 30,8	30	0,29	

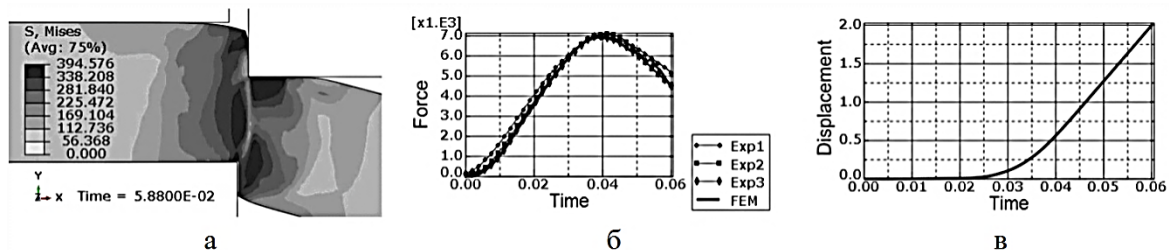


Рис. 2. Результаты моделирования МКЭ процесса резки на примере образца № 8 (см. табл. 1): а – напряженно-деформированное состояние перед разрушением сечения (МПа); б – зависимость силы резки (Н) от времени (с) протекания процесса по результатам экспериментов и МКЭ; в – проникновение ножа в тело заготовки (мм)

При оценке сходимости результатов симуляций МКЭ и экспериментальных данных определяли коэффициент корреляции между соответствующими зависимостями силы резки. Для условий, представленных в табл. 1, величина коэффициента корреляции составила не менее 0,95.

Учитывая столь высокую степень сходимости результатов симуляций МКЭ с экспериментальными зависимостями, на следующем этапе было решено воспользоваться планированием эксперимента [17] на базе разработанной математической модели.

Как следует из табл. 1, на результаты моделирования оказывают влияние шесть основных факторов, однако использование всех факторов в их абсолютных значениях не представляется возможным, поэтому два из них было решено использовать в виде соотношений (табл. 2).

Таким образом, был реализован полный факторный эксперимент 2^6 . В ходе обработки результатов эксперимента не было отмечено прямой линейной связи факторов с определяемым параметром. С целью приведения модели к линейному виду использовали линеаризацию факторов путем применения показателей степени для каждого из них методом перебора.

Таблица 2

Факторы планированного эксперимента и их граничные значения

№	Наименование фактора	Обозначение	Ед. изм.	Границы областей факторов	
				min	max
1	Предел прочности материала при растяжении	σ_b	МПа	375	1500
2	Высота разрезаемого сечения	h	мм	1	25
3	Отношение скорости движения ножа к высоте разрезаемого сечения	V/h	c^{-1}	0,122	70
4	Относительное удлинение после разрыва	δ		0,08	0,45
5	Отношение предела текучести к пределу прочности материала при растяжении	$\sigma_{0,2}/\sigma_b$		0,393	0,911
6	Содержание углерода*	C	%	0,09	2,14

* – для образцов из алюминия принимали 2,14 %

Как известно [17], в планировании эксперимента для упрощения записи условий эксперимента и обработки экспериментальных данных используют кодированные значения фактора. При условии использования линеаризующих показателей степени факторов (табл. 3), функция перехода к кодированным значениям факторов имела вид:

$$x_i = f(X_i, n_i) = \frac{X_i^{n_i} - \left[\max(X_i^{n_i}) + \min(X_i^{n_i}) \right] / 2}{\left[\max(X_i^{n_i}) - \min(X_i^{n_i}) \right] / 2}, \quad (6)$$

где X_i – абсолютное значение фактора;

n_i – линеаризующий показатель степени фактора.

Обработка результатов планированного эксперимента позволила получить уравнение регрессии для относительного внедрения до скола, как функцию 6-ти факторов.

Таблица 3

Параметры перехода к кодированным значениям факторов планированного эксперимента

Фактор	σ_b	h	V/h	δ	$\sigma_{0,2}/\sigma_b$	C
Обозначение степени	n_1	n_2	n_3	n_4	n_5	n_6
Показатель степени	1,07	0,9	3,07	3	3	0,5
Кодированный фактор	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6

При этом в исследуемом диапазоне значений факторов минимальное и максимальное значения относительного внедрения до скола составили соответственно 0,049 и 0,593, а в центре плана 0,305.

На рис. 3 представлены эффекты частного влияния каждого из факторов на величину относительного внедрения до скола в центре плана, года кодированные значения остальных факторов равны 0.

Из представленных зависимостей видно, что с ростом четырех (x_1, x_2, x_5, x_6) из шести факторов относительное внедрение до скола увеличивается, с ростом двух других (x_3, x_4) снижается. При этом наиболее значимыми являются предел прочности материала и высота разрезаемого сечения.

В результате сравнения расчетных значений относительного внедрения до скола с экспериментальными данными было отмечено, что отклонение от прогнозных показателей находится в пределах $\pm 5\%$.

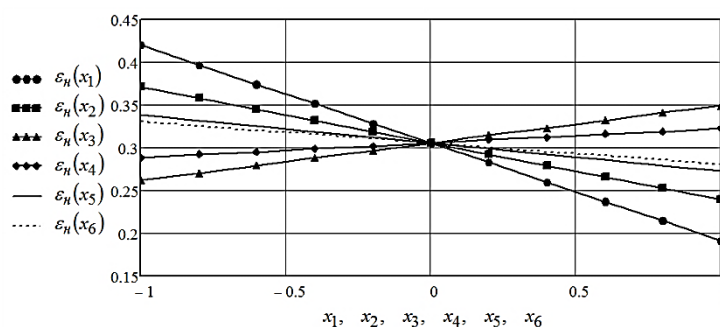


Рис. 3. Эффекты частного влияния факторов на величину относительного внедрения до скола в центре плана

Таким образом, можно утверждать, что полученная регрессионная модель по расчету относительного внедрения до скола имеет высокую степень достоверности и может быть рекомендована к использованию при принятии проектно-конструкторских и технологических решений в вопросах холодного разделения металла на ножницах.

ВЫВОДЫ

По результатам работы можно сделать следующие выводы:

- существующие методики расчета энергосиловых параметров процессов разделения металлопроката на ножницах в холодном состоянии имеют невысокую степень точности, по причине грубой оценки величины относительного внедрения до скола;
- повышение точности прогнозирования величины относительного внедрения до скола представляется возможным путем реализации планированного эксперимента на базе конечно-элементной математической модели процесса разделения металлопроката на ножницах в холодном состоянии;
- в качестве факторов, оказывающих влияние на величину относительного внедрения до скола, были выделены следующие: предел прочности и предел текучести материала, относительное удлинение после разрыва, содержание углерода, высота разрезаемого сечения и скорость движения ножа;
- полученное уравнение регрессии по расчету относительного внедрения до скола при разделении металлопроката на ножницах в холодном состоянии имеет доверительный интервал $\pm 5\%$.

Результаты работы могут быть рекомендованы к использованию при принятии проектно-конструкторских и технологических решений в вопросах холодного разделения металла на ножницах.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ginzburg V. B. *Flat-rolled steel processes: Advanced Technologies* / V. B. Ginzburg. – CRC Press, 2009. – 372 p.
2. Лукашин Н. Д. *Конструкция и расчет машин и агрегатов металлургических заводов: учебник для вузов* / Н. Д. Лукашин, Л. С. Кохан, А. М. Якушев – М. : ИКЦ «Академкнига», 2003. – 456 с. : ил.
3. *Машиностроение. Энциклопедия. Т. IV-5. Машины и агрегаты металлургического производства* / Н. В. Пасечник, В. М. Сеницкий, В. Г. Дрозд и др. ; под. общ. ред. В. М. Сеницкого, Н. В. Пасечника ; ред. совет: К. В. Фролов (пред.) и др. – М. : Машиностроение, 2000. – 912 с.
4. Иванченко Ф. К. *Розрахунок машин і механізмів прокатних цехів : навч. посіб.* / Ф. К. Иванченко, В. М. Гребеник, В. І. Ширяев. – К. : Вища шк., 1995. – 455с. : іл.
5. *Современные ножницы для порезки полосового проката* / Г. С. Суков, В. Н. Тунов, Ю. Н. Белобров и др. // *Восточно-Европейский журнал передовых технологий.* – 2010. – № 1/1 (43). – С. 25–26.
6. *Maintenance of Required Mechanical Properties of Sheets with the Use of Rolling Heat* / I. E. Davydov, I. V. Rakova, M. V. Lutskiy, V. A. Lutsenko, P. V. Borovik // *Metallurgical and Mining Industry.* – 2010. – Vol. 2. – No. 4. – P. 298–301.
7. Крылов Н. И. *Усилия резания металлов на ножницах* / Н. И. Крылов, Б. М. Тарасов // *Труды ВНИИМетмаш : сб. №27 / под ред. А. А. Королева, В. Г. Дроздова.* – М. : Изд-во ВНИИМетмаш, 1970.
8. *Ductile fracture: Experiments and computations* / H. Li, M.W. Fu, J. Lu, H. Yang // *International Journal of Plasticity,* 2011. – Vol. 27. – P. 147–180.
9. Liu G. R. *The Finite Element Method : A Practical Course* / G. R. Liu, S. S. Quek. – 2003. – 348 p.

10. Боровик П. В. Метод построения кривых сопротивления резке в процессе горячего разделения металла на ножницах / П. В. Боровик // *Металлургическая и горнорудная промышленность*. – 2014. – № 2 (287). – С. 25–29.
11. Modelling and numerical simulation of thick sheet double slitting process using continuum damage mechanics / Y. Ghozzi, C. Labergere, K. Saanouni, A. Parrico // *International Journal of Damage Mechanics*. – 2014. – Vol. 23(8). – P. 1150–1167.
12. Bohdal L. Application of FEM and Vision-Based Methods to Analysis of Shearing Processes in the Aspect of Scrap Reduction / L. Bohdal // *Annual Set The Environment Protection*. – 2015. – Vol. 17. – P. 90–103.
13. Strain and stress conditions at crack initiation during shearing of medium- and high-strength steel sheet / E. Gustafsson, S. Marth, L. Karlsson, M. Oldenburg // *International Journal of Mechanical and Materials Engineering*. – 2017. – Vol. 12, no 1. – 15 p.
14. Ушаков М. В. Учет влияния скорости деформации и температуры на процессы, происходящие в зоне первичной деформации при резании металлов / М. В. Ушаков, С. Ю. Ильюхин, И. А. Воробев // *Известия ТулГУ. Технические науки*. – Тула : ТулГУ, 2010. – Вып. 4. – Ч. 2. – С. 89–93.
15. Механические свойства сталей и сплавов при нестационарном нагружении : справочник / Д. А. Гоффельд, Л. Б. Гецов, К. М. Кононов [и др.]. – Екатеринбург : УрО РАН, 1996. – 408 с.
16. Огородников В. А. Оценка деформируемости металлов при обработке давлением. / В. А. Огородников. – Киев : Вища школа, 1983. – 175 с.
17. Адлер Ю. П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий / Ю. П. Адлер, Е. В. Маркова, Ю. В. Грановский. – М. : Наука, 1976. – 279 с.

REFERENCES

1. Ginzburg V. B. Flat-rolled steel processes: Advanced Technologies / V. B. Ginzburg. – CRC Press, 2009. – 372 p.
2. Lukashin N. D. Konstrukcija i raschet mashin i agregatov metallurgicheskikh zavodov: uchebnik dlja vuzov / N. D. Lukashin, L. S. Kohan, A. M. Jakushev – M. : ИКС «Академикна», 2003. – 456 с. : il.
3. Mashinostroenie. Jenciklopedija. T. IV-5. Mashiny i agregaty metallurgicheskogo proizvodstva / N. V. Pasechnik, V. M. Sinickij, V. G. Drozd i dr. ; pod. obshh. red. V. M. Sinickogo, N. V. Pasechnika ; red. sovet: K. V. Frolov (pred.) i dr. – M. : Mashinostroenie, 2000. – 912 s.
4. Ivanchenko F. K. Rozrahnok mashin i mehanizmov prokatnih cehiv : navch. posib. / F. K. Ivanchenko, V. M. Grebenik, V. I. Shirjaev. – K. : Vishha shk., 1995. – 455s. : il.
5. Sovremennye nozhnicy dlja perezki polosovogo prokata / G. S. Sukov, V. N. Tiunov, Ju. N. Belobrov i dr. // *Vostochno-Evropskij zhurnal peredovyh tehnologij*. – 2010. – № 1/1 (43). – S. 25–26.
6. Maintenance of Required Mechanical Properties of Sheets with the Use of Rolling Heat / I. E. Davydov, I. V. Rakova, M. B. Lutskiy, V. A. Lutsenko, P. V. Borovik // *Metallurgical and Mining Industry*. – 2010. – Vol. 2. – No. 4. – P. 298–301.
7. Krylov N. I. Usilija rezanija metallov na nozhnicah / N. I. Krylov, B. M. Tarasov // *Trudy VNIIMetmash : sb. №27 / pod red. A. A. Koroleva, V. G. Drozdova*. – M. : Izd-vo VNIIMetmash, 1970.
8. Ductile fracture: Experiments and computations / H. Li, M.W. Fu, J. Lu, H. Yang // *International Journal of Plasticity*, 2011. – Vol. 27. – P. 147–180.
9. Liu G. R. The Finite Element Method : A Practical Course / G. R. Liu, S. S. Quek. – 2003. – 348 p.
10. Borovik P. V. Metod postroenija krivyh soprotivlenija rezke v processe gorjachego razdelenija metalla na nozhnicah / P. V. Borovik // *Металлургическая и горнорудная промышленность*. – 2014. – № 2 (287). – С. 25–29.
11. Modelling and numerical simulation of thick sheet double slitting process using continuum damage mechanics / Y. Ghozzi, C. Labergere, K. Saanouni, A. Parrico // *International Journal of Damage Mechanics*. – 2014. – Vol. 23(8). – P. 1150–1167.
12. Bohdal L. Application of FEM and Vision-Based Methods to Analysis of Shearing Processes in the Aspect of Scrap Reduction / L. Bohdal // *Annual Set The Environment Protection*. – 2015. – Vol. 17. – P. 90–103.
13. Strain and stress conditions at crack initiation during shearing of medium- and high-strength steel sheet / E. Gustafsson, S. Marth, L. Karlsson, M. Oldenburg // *International Journal of Mechanical and Materials Engineering*. – 2017. – Vol. 12, no 1. – 15 p.
14. Ushakov M. V. Uchet vlijanija skorosti deformacii i temperatury na processy, proishodjashhie v zone pervichnoj deformacii pri rezanii metallov / M. V. Ushakov, S. Ju. Il'juhin, I. A. Vorobev // *Izvestija TulGU. Tehniceskie nauki*. – Tula : TulGU, 2010. – Vyp. 4. – Ch. 2. – S. 89–93.
15. Mehanicheskie svojstva stalej i splavov pri nestacionarnom nagruzenii : spravochnik / D. A. Go-hfel'd, L. B. Gecov, K. M. Kononov [i dr.]. – Ekaterinburg : UrO RAN, 1996. – 408 s.
16. Ogorodnikov V. A. Ocenka deformiruемости metallov pri obrabotke davleniem. / V. A. Ogorodnikov. – Киев : Vishha shkola, 1983. – 175 s.
17. Adler Ju. P. Planirovanie jeksperimenta pri poiske optimal'nyh uslovij / Ju. P. Adler, E. V. Markova, Ju. V. Granovskij. – M. : Nauka, 1976. – 279 s.

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

ДонГТУ – Донбасский государственный технический университет, г. Лисичанск.

E-mail: borovikpv@ukr.net

Статья поступила в редакцию 02.03.2018 г.