

УДК 669+621.967.1

Ульяницкий В. Н.
Боровик П. В.
Селезнев М. Е.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА СТОЙКОСТИ ИНСТРУМЕНТА ПРИ РЕЗКЕ ВЫСОКОПРОЧНЫХ СТАЛЕЙ

Востребованным видом продукции металлургического производства является толстолистовой металлопрокат, который широко используется в нефтегазовой отрасли, судо-, мосто- и машиностроении. При этом одним из важных требований относительно показателей качества листового металлопроката является обеспечение ровного среза. Как показывает практика, при разделении высокопрочных материалов, ввиду малых значений относительного внедрения до скола, существенно возрастает вероятность возникновения неровностей в виде бугорков и впадин в виде кривых выходящих на поверхность, появления неровной с рванинами поверхности среза и наличия трещин в прикромочной зоне. Данные негативные явления в существенной степени зависят от износа режущих кромок ножей, что кроме указанного, приводит и к увеличению силы резки. Таким образом, всестороннее исследование износа режущих кромок, а также последствий с этим связанных является важной научно-практической задачей.

Различные технологические схемы производства толстого листа, включают операцию поперечной резки, которая применяется с целью получения готового листа, заданной длины и реализуется на ножницах различных конструкций [1–5]. В настоящее время, при расчете энергосиловых параметров процесса резки параллельными и наклонными ножами широко применяются методики, предложенные А. А. Королевым [1, 2]. При этом износ режущих кромок предлагается учитывать путем умножения на соответствующий коэффициент k_2 , величина которого при холодной резке для параллельных ножей составляет 1,15–1,25, а для наклонных – 1,2...1,3. Кроме того, износ режущих кромок способствует увеличению бокового зазора, что в свою очередь предлагается учитывать коэффициентом k_3 , который при холодной резке для параллельных ножей составляет 1,2–1,3, а для наклонных, при угле наклона до 6° – 1,1...1,2, от 6° – 1,4...1,6.

При перемножении данных коэффициентов можно получить для параллельных ножей 1,38–1,625, для наклонных 1,32–2,08, т. е. расчетное значение силы резки по отношению к силе при острых режущих кромках ножа, может возрасти в указанных диапазонах. Несомненно, что столь широкий диапазон охватывает стали с различными механическими свойствами, однако при проектировании ножниц максимальные значения силы резки получают для сталей с более высокими прочностными характеристиками. Таким образом, очевидно, что при проектировании ножниц может быть завышена их металлоемкость и стоимость.

Из всего сказанного следует, что существует необходимость дополнительных экспериментальных исследований направленных на уточнение величины коэффициентов учитывающих износ режущих кромок k_2 и увеличение бокового зазора k_3 при разделении высокопрочных сталей, что позволит повысить степень научной обоснованности принимаемых технических и технологических решений.

Целью данной работы являлось изучение стойкости ножей при резке высокопрочных сталей и оценка влияния степени износа на величину силы резки.

Для достижения указанной цели проводили экспериментальные исследования на установке лабораторных ножниц с параллельным расположением суппортов (рис. 1, а) кафедры «Машины металлургического комплекса и прикладная механика» Донбасского государственного технического университета. При этом в конструкции лабораторной установки верхний суппорт является неподвижным, а нож устанавливается в него при помощи зубчатого сегмента, с возможностью его наклона с дискретным шагом 3° .



а



б

Рис. 1. Общий вид лабораторных ножниц с параллельным расположением суппортов (а) и измерительной системы (б)

Для экспериментального определения вертикальной составляющей силы резки применялась мессдоза сжатия, тарировку которой осуществляли путем нагружения на гидравлическом прессе с установленным образцовым манометром.

Измерительная система (рис. 1, б) включала в себя десятиканальный усилитель «Топаз – 3», который включен в цепь регулируемого блока питания и IBM совместимого компьютера с установленной на его шине платой L-154A, двенадцатиразрядного многоканального аналого-цифрового преобразователя (АЦП) фирмы L-CARD. Усилитель при работе с тензодатчиками обеспечивает их питание стабилизированным постоянным напряжением, делает их балансировку и тарировку измерительного тракта по методу «масштабных сопротивлений». Гарантируется возможность компенсации дрейфа нуля усилителя и помех термoeлектрического и гальванического происхождения.

Электрический сигнал, который представляет собой напряжение постоянного тока, возникающий при разбалансировании измерительных мостов, по экранированным кабелям поступает на входные каналы усилителя. Затем электрический сигнал подается на вход АЦП, где преобразовывается в 12-ти разрядные двоичные числовые коды. Дальнейшая обработка цифровой информации выполняется ЭВМ в реальном масштабе времени с помощью прикладной программы OSCIL.EXE фирмы L-CARD, поставляемой в комплекте с АЦП.

При проведении эксперимента устанавливаемые ножи были изготовлены из стали 6ХВ2С в двух вариантах термообработки, которые позволили обеспечить твердость 56 и 60 HRC соответственно. В качестве разрезаемых образцов использовали полосы толщиной 8 мм, изготовленные из стали конструкционной высокопрочной высоколегированной 28Х3СНМВФА (СП28; ЭП326А) в двух состояниях – после прокатки $\sigma_b = 1\ 000$ МПа и в термоупрочненном состоянии $\sigma_b = 1\ 500$ МПа.

В процессе проведения исследования с дискретным шагом по числу резов контролировали изменение внешнего вида режущих кромок ножей, а также силу резки.

По внешнему виду режущей кромки ножа определяли площадь ее износа. Для этого производили снятие гипсовых отпечатков путем заполнения специальной металлической формы гипсовым раствором, которую впоследствии прикладывали к ножу и фиксировали там до 10 мин. Полученный гипсовый слепок высушивали и обрабатывали на шлифовальной бумаге с последующим сканированием на сканере. Полученные отсканированные изображения обрабатывали графоаналитическим методом, определяя площадь износа. В качестве примера на рис. 2 представлены отсканированные изображения режущих кромок верхнего и нижнего ножей после 2 400 резов, а на рис. 3 кинетика износа режущих кромок ножей, при разделении материала с $\sigma_b = 1\,500$ МПа, ножами из стали 6ХВ2С с твердостью 60 HRC.

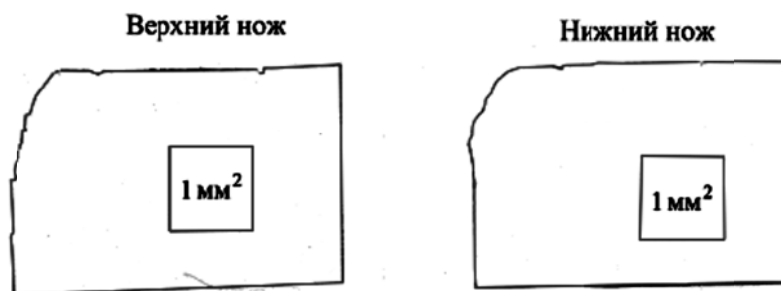


Рис. 2. Отсканированные изображения режущих кромок верхнего и нижнего ножей после 2 400 резов, при разделении материала с $\sigma_b = 1\,500$ МПа, ножами из стали 6ХВ2С с твердостью 60 HRC (белым полем помечен квадрат 1×1 мм)

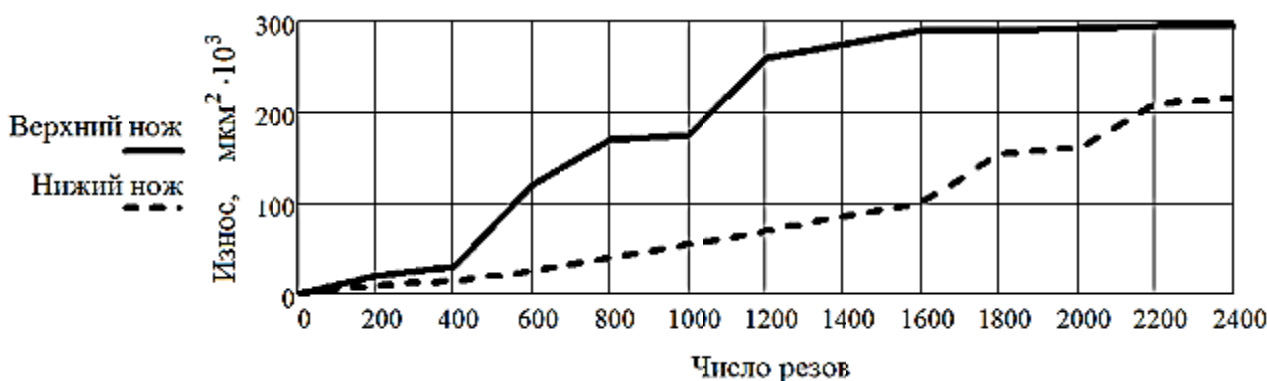


Рис. 3. Кинетика износа режущих кромок верхнего и нижнего ножей при разделении материала с $\sigma_b = 1\,500$ МПа, ножами из стали 6ХВ2С с твердостью 60 HRC

В ходе обработки результатов исследования было установлено, что стойкость ножей с твердостью 56 HRC примерно в 2,5–3,5 раза ниже, чем ножей с твердостью 60 HRC. При этом, в условиях проведения эксперимента, максимально допустимая величина износа режущих кромок ножей, при которой порезка ведет к образованию на поверхности среза заусенца для верхнего ножа составляет $0,5 \text{ мм}^2$, для нижнего – $0,25 \text{ мм}^2$. Величина силы резки, по отношению к резке ножами с острыми кромками для параллельных ножей не превысила 1,25, а для наклонных ножей 1,42.

Таким образом, можно утверждать, что при проектировании ножниц с параллельными или наклонными ножами, рассчитанных на порезку высокопрочных сталей, при расчете максимальной нагрузки на ножницы следует использовать минимальные значения коэффициентов учитывающих увеличение силы резки по причине износа режущих кромок и увеличения бокового зазора, поскольку при разделении более «мягких» сталей величина максимальной силы резки будет ниже, чем при разделении высокопрочных.

ВЫВОДЫ

По результатам работы можно сделать следующие выводы:

– совершенствование оборудования для разделения листов из высокопрочных материалов параллельными и наклонными ножами, требует уточнения величин, используемых при проектировании, коэффициентов, учитывающих износ режущих кромок и увеличение бокового зазора;

– в условиях проведенного эксперимента максимально допустимая величина износа режущих кромок ножей, при которой порезка ведет к образованию на поверхности среза заусенца для верхнего ножа составляет $0,5 \text{ мм}^2$, для нижнего – $0,25 \text{ мм}^2$;

– при проектировании ножниц с параллельными или наклонными ножами, рассчитанных на порезку высокопрочных сталей, при расчете максимальной нагрузки на ножницы следует использовать минимальные значения коэффициентов учитывающих увеличение силы резки по причине износа режущих кромок и увеличения бокового зазора.

Результаты работы могут быть использованы при проектировании ножниц с параллельными и наклонными ножами ориентированных на разделение высокопрочных материалов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. 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.
2. *Машиностроение. Энциклопедия* / ред. Совет: К. В. Фролов (пред.) [и др.] – М. : Машиностроение, 2000. – Т.IV-5: *Машины и агрегаты металлургического производства* / Н. В. Пасечник, В. М. Синицкий, В. Г. Дрозд [и др.]; под. Общ. Ред. В. М. Синицкого, Н. В. Пасечника. – 2000. – 912 с.
3. Ginzburg V. B. *Flat-rolled steel processes: Advanced Technologies* / V. B. Ginzburg – Danvers (USA) : CRC Press, 2009. – 372 p.
4. Clark M. T. 'SmartShear' – The new Siemens VAI hydraulic shear / M. T. Clark // *Proceedings of Rolling & Processing Conference '08. – Linz, Austria, 2008. – Paper No. 7.4 / P. 1–6.*
5. Qin Qin *Optimal design of mechanism parameters of rolling-cut type cut-to-length shears* / Qin Qin, Liming Zhang, Diping Wu, Yong Zang // *International Conference on Mechanic Automation and Control Engineering. – Wuhan, China, 2010. – P. 5562–5565.*

REFERENCES

1. Lukashin N. D. *Konstrukcija i raschet mashin i agregatov metallurgicheskikh zavodov: uchebnik dlja vuzov* / N. D. Lukashin, L. S. Kohan, A. M. Jakushev – M. : IKC «Akademkniga», 2003. – 456 s.
2. *Mashinostroenie. Jenciklopedija* / red. Sovet: K. V. Frolov (pred.) [i dr.] – M. : Mashinostroenie, 2000. – 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. – 2000. – 912 s.
3. Ginzburg V. B. *Flat-rolled steel processes: Advanced Technologies* / V. B. Ginzburg – Danvers (USA) : CRC Press, 2009. – 372 p.
4. Clark M. T. 'SmartShear' – The new Siemens VAI hydraulic shear / M. T. Clark // *Proceedings of Rolling & Processing Conference '08. – Linz, Austria, 2008. – Paper No. 7.4 / P. 1–6.*
5. Qin Qin *Optimal design of mechanism parameters of rolling-cut type cut-to-length shears* / Qin Qin, Liming Zhang, Diping Wu, Yong Zang // *International Conference on Mechanic Automation and Control Engineering. – Wuhan, China, 2010. – P. 5562–5565.*

Ульяницкий В. Н. – канд. техн. наук, проф. ДонГТУ
Боровик П. В. – канд. техн. наук, докторант ДГМА
Селезнев М. Е. – аспирант ДГМА

ДонГТУ – Донбасский государственный технический университет, г. Лисичанск;
ДГМА – Донбасская государственная машиностроительная академия, г. Краматорск.

E-mail: borovikpv@mail.ru