

*к.т.н. Боровик П.В.,
Петров П.А.
(ДонГТУ, г. Алчевск, Украина, borovikpv@mail.ru)*

ОСОБЕННОСТИ ПРОЦЕССА ХОЛОДНОЙ РЕЗКИ КВАДРАТНОЙ ЗАГОТОВКИ НА СОРТОВЫХ НОЖНИЦАХ

В статті проведені сумісні теоретичні і експериментальні дослідження особливостей процесу поперечного розділення заготовок квадратного перетину в холодному стані паралельними і фасонними ножами.

Ключові слова: *ножиці, сила різання, відносне заглиблення до сколу.*

В статье проведены совместные теоретические и экспериментальные исследования особенностей процесса поперечного разделения заготовок квадратного сечения в холодном состоянии параллельными и фасонными ножами.

Ключевые слова: *ножницы, сила резки, относительное внедрение до скола.*

Основным исходным технологическим параметром, определяющим выбор конструкции и привода ножниц, является усилие резки. Именно этот параметр является определяющим при выборе режимов резки и производительности ножниц, от него на прямую зависит металлоемкость конструкции и надежность оборудования.

С точки зрения инженерных расчетов, применяемых для определения максимальной силы резки, наименее трудоемкими являются хорошо известные методики А.И. Целикова, В.В. Носаля и А.А. Королева [1, 2]. Данные методики базируются на экспериментальных данных резки параллельными ножами и при переходе к профилям более сложного сечения предполагают пересчет по эквивалентной площади разрезаемого сечения.

Очевидно, что площади сечений заготовки в одном и другом случае одинаковы, но характер изменения усилия за цикл резки и его максимальное значение, полученные экспериментально, не будут идентичными, что требует дополнительного уточнения.

Уточнение методов расчета для горячей резки было сделано в работе [3], где фактическое сопротивление резке представлено величиной, зависящей не только от механических свойств и температуры материала, но и от скорости деформации, процентного содержания определен-

ных химических элементов в стали и конструктивных факторов (например, формы ножа и угла раскрытия режущих кромок).

В работе [4] был выполнен анализ энергосиловых параметров процесса разделения на ножницах круглых сортовых профилей в горячем состоянии и предложена методика расчета, которая хорошо согласуется с экспериментальными данными.

Очевидно, что существует необходимость дальнейшего развития и уточнения методов расчета энергосиловых параметров процесса резки сортовых профилей, как в горячем, так и в холодном состоянии.

В качестве цели данной работы ставилась задача исследовать особенности процесса поперечного разделения заготовок квадратного сечения в холодном состоянии параллельными и фасонными ножами.

Для достижения указанной цели проводили совместные теоретические и экспериментальные исследования на примере алюминиевого сплава АА6063.

В основу теоретических исследований была положена методика, предложенная в работе [4].

Применительно к резке квадратной заготовки параллельными ножами (рис. 1а), сила резки определяется выражением:

$$P(\varepsilon) = \tau_{\max} \left(\frac{\varepsilon}{\varepsilon_n} \right)^{\alpha_\tau} \cdot h_\varepsilon \cdot H = \tau_{\max} \left(\frac{\varepsilon}{\varepsilon_n} \right)^{\alpha_\tau} (1 - \varepsilon) \cdot H^2, \quad (1)$$

где τ_{\max} – максимальное сопротивление срезу;

ε – относительное внедрение ножей в заготовку;

ε_n – относительное внедрение ножей до скола;

α_τ – степенной показатель, характеризующий форму распределения сопротивлений срезу;

H , h_ε – соответственно, исходная высота сечения и высота сечения при относительном внедрении ножей ε .

Для фасонных ножей (рис. 1б) зависимость силы резки от относительного внедрения по диагонали квадрата имеет следующий вид:

$$P(\varepsilon) = 2\sqrt{2}H \int_0^{x_k} \tau_{\max x} \left(\frac{\varepsilon_x}{\varepsilon_{n_x}} \right)^{\alpha_\tau} \left(1 - \frac{\sqrt{2}x}{H} - \varepsilon_x \right) dx, \quad (2)$$

где $\tau_{\max x}$ – максимальное сопротивление срезу для сечения, расположенного на удалении x от оси заготовки;

ε_x – относительное внедрение ножей в заготовку для сечения, расположенного на удалении x от оси заготовки;

ε_{H_x} – относительное внедрение ножей до скола для сечения, расположенного на удалении x от оси заготовки;

x_k – координата, где нарушается сплошность разрезаемого сечения, при суммарном смещении ножей на величину y :

$$x_k = (\sqrt{2}H \cdot \varepsilon_{H_x} - y) / 2\varepsilon_{H_x}. \quad (3)$$

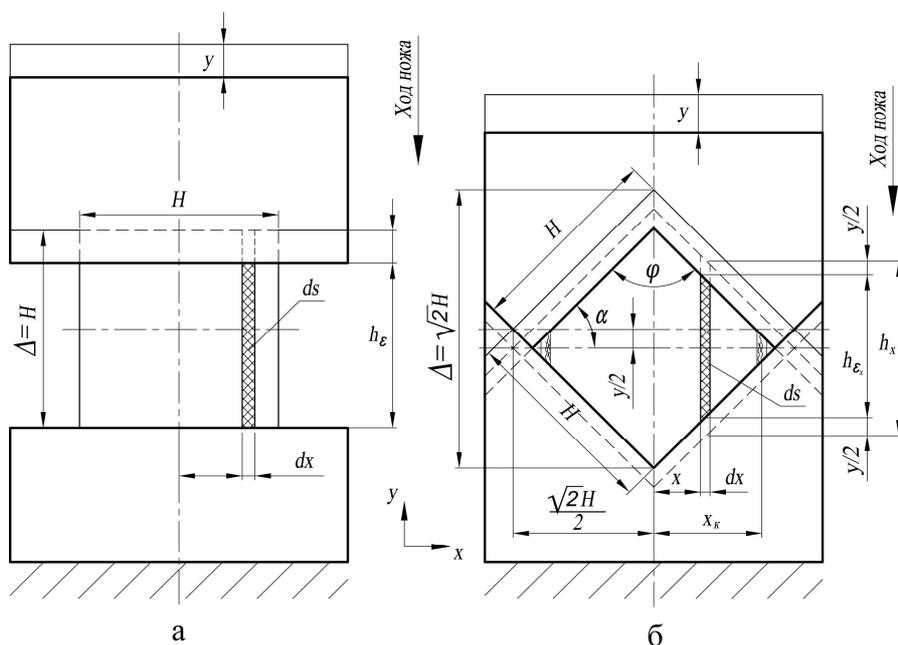


Рисунок 1 – К определению силы резки квадратной заготовки параллельными (а) и фасонными (б) ножами

В работе [5] рекомендуется при расчете процесса резки, для большой группы углеродистых и легированных сталей, использовать аналитически представленные эмпирические зависимости показателя относительного внедрения до скола в виде степенных полиномов для трех диапазонов толщин разрезаемых листов

$$0,0 < h \leq 0,48, \quad 0,48 < h \leq 5,0 \quad \text{и} \quad 5,0 < h \leq 12,0 \text{ мм,}$$

в функции толщины разрезаемого листа.

Учитывая данные работы [5], логично было предположить, что при резке, особенно в холодном состоянии, фасонных профилей, имеющих переменное сечение, относительное внедрение до скола также будет различным в зависимости от исходной высоты. С целью подтверждения данного факта и уточнения значения ε_H , была произведена резка

квадратной заготовки размерами 10x10 мм параллельными и фасонными ножами, на лабораторном оборудовании кафедры “Машины металлургического комплекса и прикладная механика” ДонГТУ – на ножницах с подвижным нижним ножом; для чего в суппортах были установлены специально спрофилированные открытые ножи. Ножницы оборудованы винтовым прижимом. Скорость движения суппорта 30 мм/с.

На (рис. 2) представлены характерные изображения сечений, полученные после порезки квадратных заготовок параллельными ножами и фасонными (по диагонали). Как можно видеть из представленных изображений, в поперечном сечении можно выделить две зоны: первая – вмятие (затемненная зона на фото среза) и скол (более светлая часть). Причем, как видно из рисунка 2б, величина вмятия ножей в металл при изменении исходной высоты сечения является величиной переменной.

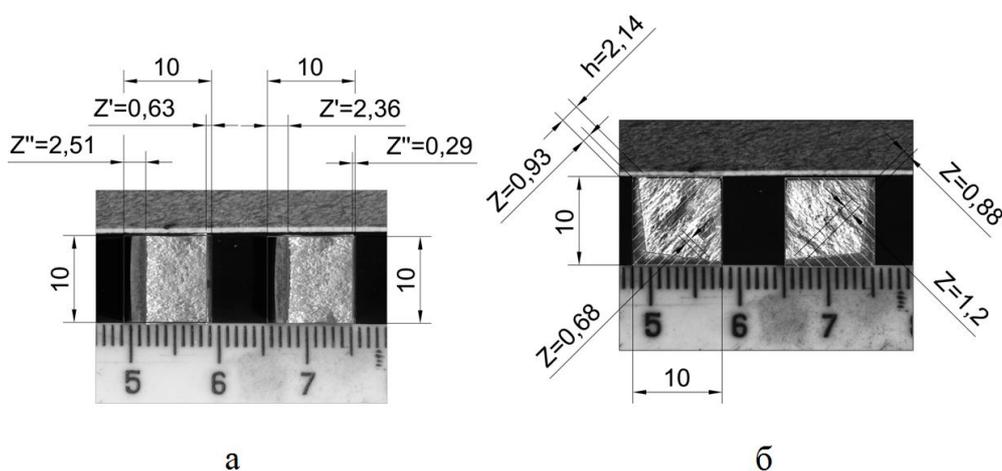


Рисунок 2 – Изображения сечений заготовок (квадрат 10x10мм) после порезки параллельными (а) ножами (развернутые на 90°) и фасонными (б) ножами с указанием абсолютной величины вмятия $z = z' + z''$

Для определения относительной величины внедрения до скола на изображения (рис. 2б) были нанесены параллельные линии с шагом разбиения 1 мм, что позволило определить абсолютную величину вмятия z , а затем величину относительного вмятия $\varepsilon_g(h)$ при различных значениях исходной высоты сечения (рис. 3).

Анализ зависимости относительного вмятия $\varepsilon_g(h)$ представленной на рисунке 3 и осциллограмм, характеризующих зависимость силы резки от относительного внедрения ножей в металл, показал, что относительное внедрение до скола ε_n^{**} (характерные точки, соответствующие окончанию резки квадратной заготовки со стороной 10 мм при

резке параллельными и фасонными ножами) несколько больше относительно вмятия.

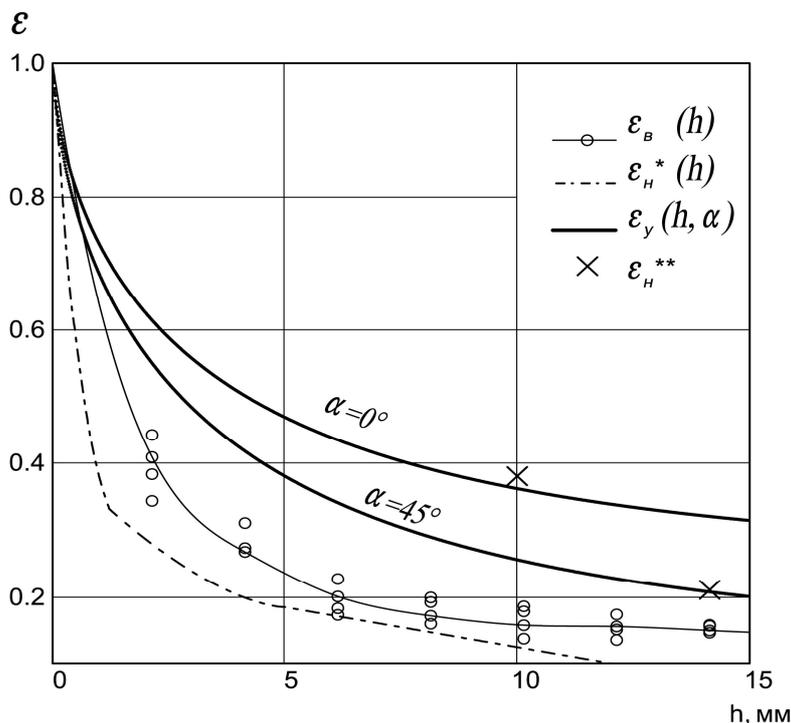


Рисунок 3 – Кривые относительного внедрения ножей в металл: $\varepsilon_B(h)$ – зависимость относительного вмятия от толщины сечения h , по результатам измерений (см. рис. 2б); $\varepsilon_n^*(h)$ – по данным работы [5]; ε_n^{**} – максимальные значения ε_n , полученные по осциллограммам сил резки (рис. 4,5); $\varepsilon_y(h, \alpha)$ – предлагаемая зависимость для ε_n , учитывающая изменение толщины заготовки h и значение половины угла между режущими кромками ножей α (см. рис. 1б)

В результате обработки полученных данных, была предложена следующая зависимость:

$$\varepsilon_{n_x} = 1 - \frac{1 - e^{-A \left(\frac{h}{h_{\max}} \right)^{0,625}}}{1 - e^{-A}} \cdot \left(1 - \varepsilon_n (\cos \alpha)^2 \right), \quad (4)$$

где A – эмпирический коэффициент, который определяется свойствами разрезаемого материала;

h – текущая, отсчитываемая от оси к периферии сечения, толщина заготовки;

h_{\max} – толщина заготовки, при которой значения относительного внедрения до скола асимптотически приближаются к своему минимуму;

α – половина угла между режущими кромками ножей (см. рис. 1б), что при резке квадрата параллельными ножами составляет $\alpha = 0^\circ$, а фасонными – $\alpha = 45^\circ$.

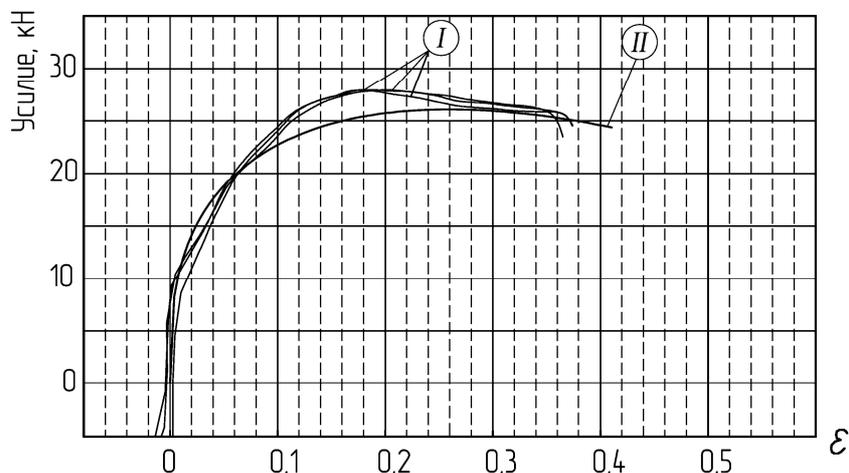


Рисунок 4 – Осциллограммы *I* и теоретические зависимости *II* силы резки параллельными ножами квадратной заготовки сечением 10x10мм

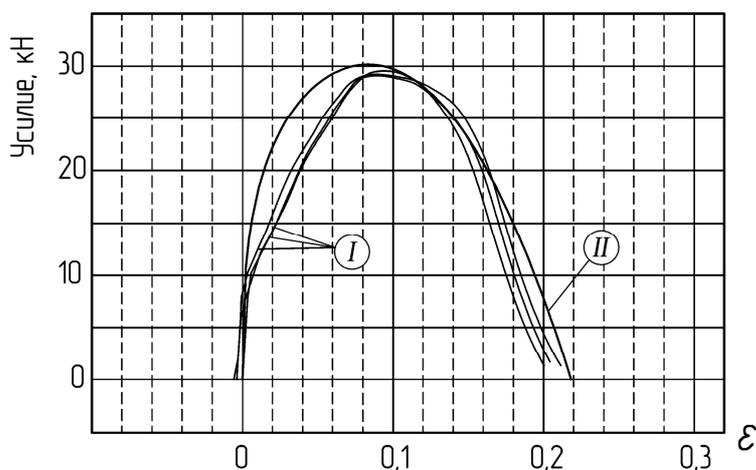


Рисунок 5 – Осциллограммы *I* и теоретические зависимости *II* силы резки фасонными ножами квадратной заготовки сечением 10x10мм по диагонали

Для контроля основных силовых параметров, была собрана измерительная система, включающая тензорезисторный преобразователь и усилитель. Месдоза представляла собой динамометрический датчик по краям которого с обоих торцов были наклеены тензодатчики. Для тарировки месдозы применялся эталонный динамометр. Для on-line регистрации сиг-

налов использовался компьютер с установленным в него многоканальным аналого–цифровым преобразователем (АЦП) фирмы L–CARD.

В результате были получены осциллограммы силы резки от относительного внедрения ножей в металл для параллельных (см. рис. 4) и фасонных (см. рис. 5) ножей, на которые были наложены теоретические зависимости. Как можно видеть, теоретические и экспериментальные зависимости имеют высокую степень сходимости.

По результатам работы можно сделать следующие выводы:

– величина внедрения ножей в металл является величиной переменной и зависит от исходной высоты разрезаемого сечения и половины угла между режущими кромками ножей;

– предложенные теоретические зависимости силы резки дают высокую степень сходимости с экспериментальными данными;

– предложенная методика расчета позволяет уточнить величину максимальной силы резки и расширить представление о разделительных операциях при резке заготовок в холодном состоянии.

Результаты работы могут быть использованы при расчете энергосиловых параметров процесса холодной резки, а также при дальнейших исследованиях разделительных операций фасонных профилей на ножницах.

Библиографический список

1. Целиков А. И. Прокатные станы : учебник для вузов / А. И. Целиков, В. В. Смирнов. – М. : Металлургиздат, 1958. – 432 с.

2. Королев А. А. Конструкция и расчет машин и механизмов прокатных станов / А. А. Королев. – М. : Металлургия, 1985. – 375 с.

3. Иванченко Ф.К. Розрахунок машин і механізмів прокатних цехів. навч. посіб. / Ф.К. Иванченко, В.М. Гребеник, В.І. Ширяєв. – К.: Вища шк., 1995. – 455с.: іл.

4. Математическое моделирование энергосиловых параметров процесса поперечной резки круглых сортовых профилей / П.А. Петров, С.М. Стриченко, И. И. Бойко, А. А. Сытник // Обработка материалов давлением: сборник научных трудов. – Краматорск: ДГМА, 2012. – №1 (30). – 320 с. – (С. 227–232).

5. Нотченко В.Д. К расчету энергосиловых параметров процесса резания листового металлопроката / В. Д. Нотченко, В. А. Сатонин, А.Н. Бойденко // Изв. вузов. Черная металлургия. – 1999. – №6. – С. 78.

Рекомендована к печати к.т.н., проф. Ульяницким В.Н.