

УДК 621.967.1

Денищенко П. Н.
Боровик П. В.
Петров П. А.
Стриченко С. М.

АНАЛИЗ ЭНЕРГОСИЛОВЫХ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА РАЗДЕЛЕНИЯ НА НОЖНИЦАХ СОРТОВЫХ ПРОФИЛЕЙ В ГОРЯЧЕМ СОСТОЯНИИ

Развитие и совершенствование методов расчета [1] способствует углублению и расширению представлений о протекании разделительных операций в прокатном производстве, что в свою очередь позволяет уточнить технологические возможности уже существующего и вновь проектируемого оборудования.

На современном этапе развития металлургического производства для поперечного разделения на части сортовых заготовок в горячем и холодном состоянии широко используются дисковые пилы и сортавые ножницы [2–4]. Однако, как показывает опыт эксплуатации, не смотря на весьма широкое использование дисковых пил в технологических схемах различных сортовых станков, данный способ разделения сортавого металлопроката не всегда является единственно возможным и рациональным [5].

Актуальные тенденции по повышению качества производимой продукции при одновременном увеличении выхода годного требуют более рационального подхода при выборе и обосновании способа выполнения разделительных операций сортовых профилей.

Отличительной особенностью реализации разделительных операций фасонных профилей на ножницах является необходимость использования фасонных (фигурных) ножей, с целью минимизации искажения формы профиля в зоне реза. При этом на сегодняшний день вопрос определения сил резки освещен достаточно мало.

В классическом представлении процесса резки на ножницах [2–4] выделяют три стадии (рис. 1): вмятие ножей в металл, сдвиг (собственно рез), отрыв (скол), при этом максимальное значение силы традиционной схемы процесса поперечной резки предложено определять как:

$$P_{\max} = k_1 k_2 k_3 \sigma_b b h (1 - \varepsilon_b), \quad (1)$$

где $k_1 = 0,6 \dots 0,7$ – коэффициент, характеризующий соотношение напряжений сдвига τ_c и предела прочности σ_b металла заготовки, определяемого его химическим составом и температурными условиями реализации процесса резки;

$k_2 = 1,1 \dots 1,2$ – коэффициент, учитывающий увеличение силы резки при затуплении ножей вследствие их длительной эксплуатации;

$k_3 = 1,15 \dots 1,25$ – коэффициент, учитывающий влияние бокового зазора между ножами;

b, h – ширина и исходная толщина разрезаемой заготовки;

ε_b – коэффициент относительной глубины вмятия, равный отношению глубины y_b внедрения ножей в металл к исходной толщине h на завершающей стадии процесса внедрения (см. рис. 1).

Вместе с этим, указывается [1–3], что при определении максимального значения силы резки, в случае реализации процесса разделения простых профилей (квадрат, круг) фасонными ножами можно использовать результаты для случая резки параллельными ножами, заготовки с сечением равным по площади.

Однако, опираясь на результаты работы [5], в которой на базе разработанной математической модели энергосиловых параметров процесса поперечной резки непрерывнолитых заготовок на мерные длины было показано, что распределение силы резки в зависимости от хода ножей и температурно-деформационных параметров имеет сложный характер, можно

констатировать, что по отношению к традиционным методам расчета [1–3] степень уточнения может достигать 50 % и более за счет корректного учета реальной геометрии и кинематики развития очага деформации.

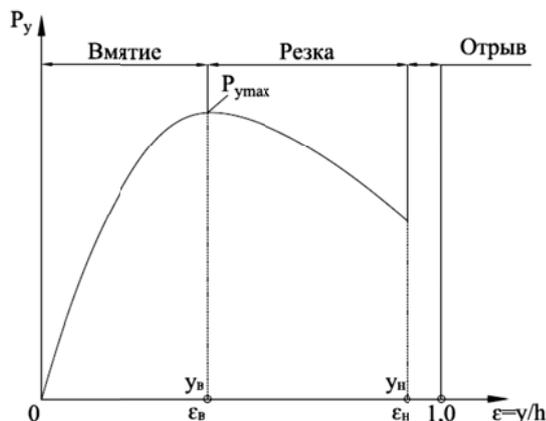


Рис. 1. Изменение силы на ножах при резке в зависимости от глубины внедрения ножей

Таким образом, существует необходимость проведения дополнительных исследований, направленных на расширение представления о разделительных операциях фасонных профилей на ножницах и уточнение методик расчета энергосиловых параметров процесса.

Целью данной работы является экспериментальная оценка влияния условий реализации процесса резки на энергосиловые параметры при разделении фасонных профилей различной формы равного по площади сечения.

Для достижения указанной цели проводили лабораторные исследования на ножницах поперечной резки Н-20 ДГМА (Донбасская государственная машиностроительная академия, г. Краматорск). Кинематическая схема ножниц представлена на рис. 2.

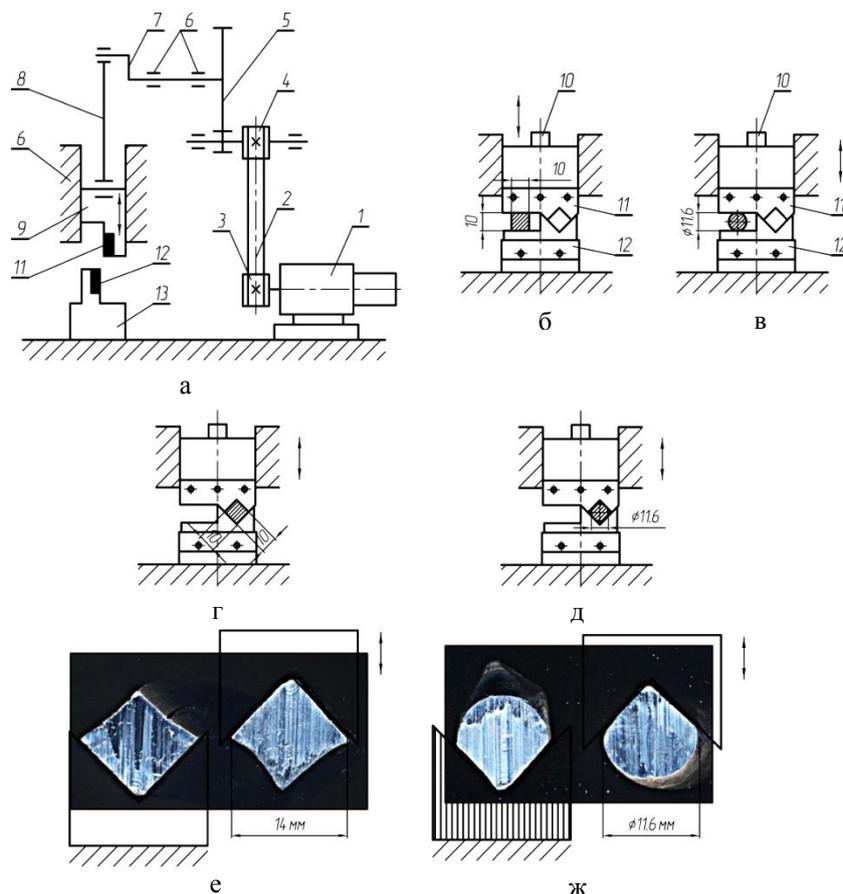


Рис. 2. Кинематическая схема установки ножниц (а), положение квадратной (б) и круглой (в) заготовки при разделении параллельными ножами, положение квадратной (г) и круглой (д) заготовки при разделении фасонными ножами, фотографии поверхности среза квадратной (е) и круглой (ж) заготовки при разделении фасонными ножами

Система регистрации включала в себя осциллограф многоканальный светолучевой Н145, сигнал на который подавался от датчика, установленного в верхнем суппорте ножниц, питание и регистрация изменения сопротивления полумоста датчика осуществлялись посредством усилителя ТА-5.

В приводе ножиц для понижения частоты вращения приводного вала и снижения скорости резки использовался мотор–редуктор 1 типа МЦ2С–63 с электродвигателем переменного тока, что позволило получить скорость перемещения верхнего суппорта равную 2 мм/с. Кинематическая схема ножиц представлена на рис. 2, а. От мотор–редуктора 1, посредством клиноременной передачи 2, имеющей в своем составе ведущий шкив 3 и ведомый 4, крутящий момент передается на быстроходный вал одноступенчатого цилиндрического редуктора 5, установленного в станине 6 ножиц. Исполнительным элементом ножиц является эксцентриковая передача, состоящая из эксцентрика 7, закрепленного на выходном валу цилиндрического редуктора 5, и шатуна 8. Возвратно-поступательное движение шатуна 8 передается верхнему суппорту 9, установленному в расточках станины 6 ножиц, вертикальность перемещения суппорта 9 регулируется соответствующими направляющими, закрепленными на внутренней поверхности расточек. Между нижней головкой шатуна 8 и верхним основанием подвижного суппорта 9 установлен датчик 10. В нижней части верхнего подвижного суппорта 9 размещен верхний нож 11, нижний нож 12 закреплен в нижнем неподвижном суппорте 13, жестко сопряженным с узлом станины 6.

Подвижный 11 и неподвижный 12 ножи были изготовлены из стали 5ХВС с термообработкой до $HRC = 50...55$. Конструкция режущих кромок несимметрична относительно вертикальной оси и выбрана таковой, чтобы можно было моделировать условия резки сортовых заготовок и параллельными ножами (см. рис. 2, б, в), и ножами с фигурной в виде прямоугольного треугольника режущей кромкой (см. рис. 2, г, д).

В ходе проведения эксперимента в качестве исследуемых образцов использовали свинцовые заготовки равной площади поперечного сечения: квадрат сечения $10,2 \times 10,2$ мм и круг $\varnothing 11,6$ мм. При этом, для сравнения, образцы разрезали двумя способами: в первом случае рез производился параллельными ножами (см. рис. 2, б, в); во втором – резали фасонными треугольными ножами (см. рис. 2, г, д). Поверхности разделения на части исследуемых образцов фасонными ножами представлены на рис. 2, е, ж. При этом, показаны ножи на соответствующих контактных поверхностях.

С целью исследования энергосиловых параметров процесса измеряли силу резки. Результаты измерений представлены на рис. 3.

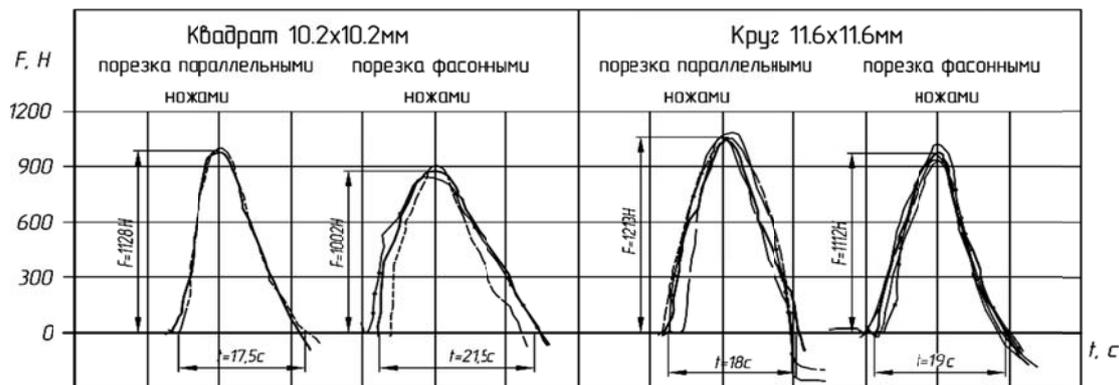


Рис. 3. Осциллограммы измерения силы резки параллельными и фасонными ножами заготовок различной формы равного поперечного сечения

Анализ полученных зависимостей показывает, что максимальная сила резки выше при выполнении разделительных операций на ножницах с параллельными ножами. Так, при порезке квадрата сечением $10,2 \times 10,2$ мм, максимальная сила резки на параллельных ножах составила 1128 Н, а при использовании фасонных ножей – 1002 Н; для круга $\varnothing 11,6$ мм максимальная сила резки на параллельных ножах равна 1213 Н, а на фасонных – 1112 Н.

В свою очередь, при резке круга $\varnothing 11,6$ мм наблюдается увеличение максимальной силы, как при порезке параллельными, так и фасонными ножами, при этом резка круга сопровождается увеличением максимальной величины по сравнению с квадратом на 7–10 % для ножей соответствующей формы.

Сравнение продолжительности процесса резки в зависимости от формы профиля и ножей указывает на то, что, разделительные операции, связанные с размещением квадратного профиля «на угол» и резки фасонными ножами, приводят к увеличению времени собственно реза на 4 с, в то же время при порезке круглой заготовки зависимость продолжительности операции от формы используемых ножей менее выражена – разница в продолжительности реза составляет – 1 с. Увеличение продолжительности разделительной операции при резке круга фасонными ножами можно объяснить деформацией разрезаемого сечения в процессе резки (см. рис. 2, ж).

В целом можно указать на тот факт, что при определении максимальной силы резки даже в случае реализации процесса разделения простых профилей (квадрат, круг) фасонными ножами наблюдается отличие результатов от случая резки параллельными ножами, заготовок с сечением равным по площади.

ВЫВОДЫ

По результатам работы можно сделать следующие выводы:

- максимальная сила резки равных по площади сечений заготовок зависит от положения профиля (направления движения ножей) и формы используемых ножей;
- величина максимальной силы резки параллельными ножами квадрата и круга на 9–13 % выше, чем при резке фасонными ножами на угол, при этом большая разница наблюдается при резке квадрата;
- несмотря на равную площадь разрезаемого сечения и форму используемых ножей, максимальное усилие при резке круга на 7–10 % больше, чем при резке квадрата.

Результаты работы могут быть использованы при дальнейших исследованиях разделительных операций фасонных профилей на ножницах с целью расширения представления о процессе резки и повышения степени точности энергосиловых параметров процесса.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Численная методика расчета энергосиловых параметров процесса горячей поперечной резки непрерывнолитых сортовых заготовок / А. В. Сатонин, С. М. Стриченко, А. В. Завгородний, А. А. Житлова // *Обработка материалов давлением : сб. науч. тр. – Краматорск : ДГМА, 2011. – № 2 (27). – С. 43–47.*
2. Целиков А. И. *Прокатные станы : учебник для вузов / А. И. Целиков, В. В. Смирнов. – М. : Металлургиздат, 1958. – 432 с.*
3. *Машины и агрегаты металлургических заводов : учебник для вузов. В 3 т. Т. 3. Машины и агрегаты для производства и отделки проката / А. И. Целиков, В. М. Полухин, В. М. Гребеник [и др.]. – М. : Металлургия, 1988. – 680 с.*
4. Королев А. А. *Конструкция и расчет машин и механизмов прокатных станов / А. А. Королев. – М. : Металлургия, 1985. – 375 с.*
5. Илюкович Б. М. *Прокатка и калибровка. В 6 т. Т. 1. Основы теории калибровки. Калибровка блюмов и заготовки, кругов и шестигранников, квадратной стали, проволоки и арматуры : справочник / Б. М. Илюкович, Н. Е. Нехаев, С. Е. Меркурьев ; под. ред. Б. М. Илюковича. – Днепропетровськ : РВА «ДніпроВАЛ», 2002. – 506 с.*

Денищенко П. Н. – канд. техн. наук, доц. ДонГТУ;

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

Петров П. А. – ст. преп. ДонГТУ;

Стриченко С. М. – вед. инженер ЕМЗ.

ДонГТУ – Донбасский государственный технический университет, г. Алчевск.

ЕМЗ – Енакиевский металлургический завод, г. Енакиево.

E-mail: amm@dgma.donetsk.ua; borovikpv@mail.ru

Статья поступила в редакцию 29.12.2011 г.