

Научный журнал

ВЕСТНИК

Сибирского
государственного
индустриального
университета

№ 1 (19), 2017

Основан в 2012 году
Выходит 4 раза в год

Учредитель:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский государственный индустриальный университет»

Редакционная коллегия

М.В. Темлянец
(главный редактор)
С.В. Коновалов
(отв. секретарь)

П.П. Баранов
Е.П. Волынкина
Г.В. Галевский
В.Ф. Горюшкин
В.Е. Громов
Л.Т. Дворников
Жан-Мари Дрезет
Стефан Золотарефф
Пенг Као
С.М. Кулаков
А.Г. Никитин
Е.Г. Оршанская
Т.В. Петрова
Е.В. Протопопов
В.И. Пантелеев
Арвинд Сингх
А.Ю. Столбоушкин
И.А. Султангузин
А.В. Феокистов
В.Н. Фрянов
В.П. Цымбал
Си Чжан Чен

СОДЕРЖАНИЕ

МЕТАЛЛУРГИЯ И МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

- Шевченко Р.А., Козырев Н.А., Усольцев А.А., Патрушев А.О., Шишкин П.Е. Статистическая модель управления процессами контактной сварки рельсов.....4
- Кондратова О.А., Громов В.Е., Мартусевич Е.В., Костерев В.Б., Иванов Ю.Ф. Природа формирования наноразмерных фаз при термомеханическом упрочнении стали.....8
- Шевченко Р.А., Козырев Н.А., Усольцев А.А., Башенко Л.П., Князев С.В. Оптимизация технологических параметров процесса контактной стыковой сварки рельсов.....12
- Hongyan Cao, Xizhang Chen, Sergey Konovalov Corrosion behavior overview and analysis of clam steel vs. weldments in liquid lithium lead at 753 K.....16
- Кузнецов С.Н., Рыбенко И.А., Протопопов Е.В., Темлянец М.В., Фейлер С.В. Термодинамическое моделирование процессов восстановления железа при термохимическом окисковании конвертерных шламов.....25

ГОРНОЕ ДЕЛО И ГЕОТЕХНОЛОГИИ

- Гутак Я.М., Рубан Д.А. Несогласия и перерывы: современное состояние международной терминологии и возможности ее использования российскими специалистами.....29
- Поздеев И.А. Разработка алгоритма расчета метанообильности очистного забоя с учетом геомеханических процессов в углеродном массиве.....32
- Исаченко А.А., Петров А.А. Обоснование по результатам численного моделирования параметров крепи сбоек капитальных выработок, пройденных в неоднородном углеродном массиве.....39
- Домрачев А.Н., Риб С.В., Никитина А.М. Выбор и обоснование алгоритма моделирования работы длинного очистного забоя с учетом влияния неравномерности метановыделения.....44

МАШИНОСТРОЕНИЕ И ТРАНСПОРТ

- Стерлигова Я.М., Демина Е.И. Анализ работы ножниц для резки металла.....46

ХИМИЯ И ХИМИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ

- Ганиев И.Н., Муллоева Н.М., Ниезов О.Х., Эшов Б.Б., Ходжаев Ф.К. Влияние щелочноземельных металлов на анодное поведение свинца в нейтральной среде.....49

ЭКОЛОГИЯ И РАЦИОНАЛЬНОЕ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ

- Стерлигов В.В., Татарнинова Е.С., Чикурова И.В. Прогнозирование эмиссии диоксида углерода на основе углеродного потенциала топлива.....54

ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ

Гринкевич О.В., Романенко Ю.Е. Анализ структуры и содержания профессиональных стандартов в области металлургического производства.....59

Казанцева Г.Г. О необходимости и особенностях развития человеческого капитала при инновационной модели развития России.....63

Рефераты.....68

К сведению авторов.....75

Журнал зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор).

Свидетельство о регистрации:
ПИ № ФС77-52991 от 01.03.2013 г.

Адрес редакции:

654007, Кемеровская обл., г. Ново-
кузнецк, ул. Кирова, 42, Сибирский
государственный
индустриальный университет
каб. 433 М
тел. 8-3843-74-86-28
[http: www.sibsiu.ru](http://www.sibsiu.ru)
e-mail: vestnicsibgiu@sibsiu.ru

Адрес издателя:

654007, Кемеровская обл., г. Ново-
кузнецк, ул. Кирова, 42, Сибирский
государственный
индустриальный университет
каб. 336 Г
тел. 8-3843-46-35-02
e-mail: rector@sibsiu.ru

Адрес типографии:

654007, Кемеровская обл., г. Ново-
кузнецк, ул. Кирова, 42, Сибирский
государственный
индустриальный университет
каб. 280Г
тел. 8-3843-46-44-02

Подписные индексы:

Объединенный каталог «Пресса
России» – 41270

Подписано в печать

23.03.2017 г.

Выход в свет

27.03.2017 г.

Формат бумаги 60×88 1/8.

Бумага писчая.

Печать офсетная.

Усл.печ.л. 4,5.

Уч.-изд.л. 4,9.

Тираж 300 экз.

Заказ № 144.

Цена свободная.

МАШИНОСТРОЕНИЕ И ТРАНСПОРТ

УДК 621.967.1:621.77

Я.М. Стерлигова, Е.И. Демина

Сибирский государственный индустриальный университет

АНАЛИЗ РАБОТЫ НОЖНИЦ ДЛЯ РЕЗКИ МЕТАЛЛА

Несмотря на успешное развитие материаловедения, проявляющееся в создании новых сплавов, композиционных материалов, новых структур и др., современные технологии практически во всех отраслях основаны на использовании черных материалов – до 70 % от всего объема [1]. Поэтому производство проката, выпуск новых профилей является современной и актуальной проблемой. Наличие затянувшегося мирового экономического кризиса привело к возрастанию конкуренции за рынок металла, где победителем окажется тот производитель, который выпускает продукт с наиболее точными и экономичными профилями. Такие условия обеспечивают постоянное возрастание требований не только к качеству производимого проката, но и к максимально возможной точности раскроя, что дает экономию металла производителю и пользователю прокатной продукции.

Резка проката в соответствии с заданными размерами осуществляется на ножницах разного типа и конструкции, что на современном этапе определяет повышенный интерес и к технологии резки, и к самим ножницам.

Кроме вышепредставленных соображений по ресурсосбережению, не менее важным является и аспект энергосбережения [2, 3].

Все это определяет цель при исследовании работы ножниц для резки металла – обеспечение ресурсо- и энергосбережения в технологическом процессе резки металлопроката. Задачи, решение которых обеспечит достижение поставленных целей, могут быть определены при изучении и анализе процесса резки.

Даже при больших различиях в технологии резания, типах и конструкциях ножниц можно выделить основной параметр – механизм резки. Наиболее распространенным («базовым») является процесс с нижним резом на параллельных ножах [4]. На рис. 1 представлена схема установки для резки раската.

Нижний нож смонтирован на суппорте (ползуне), который может подниматься с помощью электромеханического (кривошипного) или гидравлического привода. Верхний нож

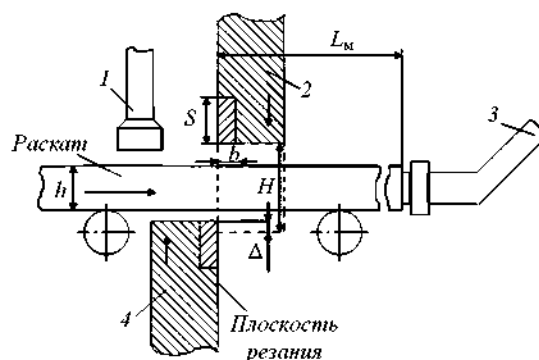


Рис. 1. Схема резки раската на ножницах с параллельными ножами: 1 – прижим; 2 – верхний нож; 3 – передвижной упор; 4 – нижний нож

также установлен на суппорте и может перемещаться по вертикали. Для фиксации положения разрезаемого раската используется прижим.

Перед началом процесса резки нижний нож находится ниже уровня роликов рольганга, и раскат входит в зазор между верхним и нижним ножами. Металл останавливается при помощи упора (на схеме не показан). Затем суппорт верхнего ножа опускается до контакта с поверхностью металла. При дальнейшем подъеме нижнего ножа начинается процесс резания.

В соответствии с данными работ [4, 5] процесс резания состоит из трех периодов (рис. 2): 1 – вмятие ножей в металл, при этом усилие на ножи постепенно увеличивается до максимального значения $P_{\max}$; 2 – собственно резание (сдвиг металла по плоскости резания); 3 – скалывание (отрыв) оставшейся неразрезанной части.

Длительность первого периода характеризуется коэффициентом E_b , равным отношению глубины z_b внедрения ножей в металл при вмятии к исходной высоте h сечения металла, т. е. $E_b = z_b / h$.

Во втором периоде, по окончании вмятия ножей в металл, возникшее усилие превышает механический предел прочности металла, и начинается касательная деформация (сдвиг) металла, что выражается как

$$P_{\max} = \tau_{\max} F_{\text{рез}} = k_1 \sigma_b F_{\text{рез}}, H, \quad (1)$$

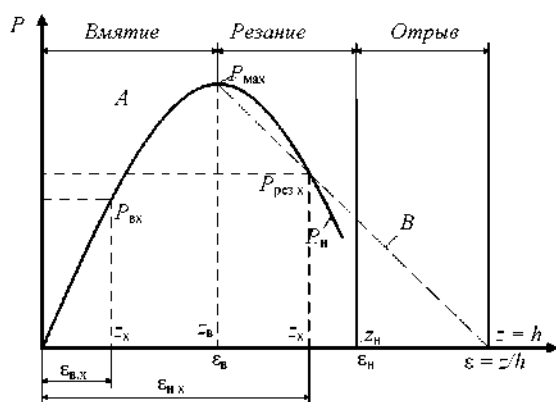


Рис. 2. Изменение усилия на ножи при резании в зависимости от глубины внедрения ножей: A – экспериментальная кривая; B – прямая на участке разреза

где $\tau_{\max}$ – максимальное касательное напряжение при резании (сдвиге металла), Н/м²; $F_{\text{рез}}$ – сечение металла в момент начала сдвига (резания), м²; $k_1 = \tau_{\max} / \sigma_b$ – коэффициент, равный отношению максимального сопротивления срезу к пределу прочности.

В момент окончания вмятия ножей (начало собственно процесса резания) высота сечения металла равна $h - z_v = h(1 - E_v)$, соответственно площадь начала резания составит

$$F_{\text{рез}} = h(1 - E_v)b = hb(1 - E_v),$$

где b – ширина полосы металла.

Поскольку при резании будет происходить изменение толщины раската (глубины площади сдвига), то возникает линейное уменьшение требуемого усилия резания.

В третьем периоде при достижении некоторой толщины за счет распорных усилий (рис. 2) будет происходить обрыв (скалывание) необрезанной части, поэтому кривая усилий в ножницах представлена штриховой линией как гипотетическое допущение.

Таким образом, величиной, определяющей эффективную работу ножниц, является значение максимального усилия резания. Для практических условий резания полученное аналитически выражение (1) требует некоторых корректив, с учетом чего окончательная расчетная формула будет иметь следующий вид:

$$P_{\max} = k_1 k_2 k_3 \sigma_b hb(1 - E_v), \quad (2)$$

где k_2 – коэффициент, учитывающий увеличение усилий реза при затуплении ножей; k_3 – коэффициент, учитывающий повышение усилий реза при увеличении бокового зазора между ножами.

И если смысл введения коэффициента k_2 очевиден, то для k_3 нужны некоторые разъяснения с использованием рис. 1.

При вмятии ножей раскат будет стремиться к повороту по часовой стрелке под действием момента, равного P_a . При этом со стороны кромок ножей возникнут горизонтальные усилия T , создающие момент $T_l = P_a$. Очевидно, что с увеличением зазора между ножами, определяющего величину α , горизонтальные усилия T будут возрастать, что требует затраты дополнительной мощности. Аналитически не представляется возможным определить величины α и l , поэтому невозможно теоретически вычислить дополнительные затраты усилия. Из практики находят следующие значения:

- при горячем резании $k_2 = 1,10 \div 1,20$; $k_3 = 1,15 \div 1,25$;
- при холодном резании $k_2 = 1,15 \div 1,25$; $k_3 = 1,20 \div 1,30$.

Выражение (2) является основным для определения отдельных направлений (задач), на решении которых следует сосредоточиться на повышении ресурсо- и энергосбережения работы ножниц по резке проката. При этом чисто формально каждая составляющая этого выражения, за исключением коэффициента k_1 , может рассматриваться как некий регулирующий фактор. Величина $\tau_{\max} / \sigma_b = k_1$ приводится в работе [4]:

- для мягких металлов $k_1 \approx 0,6$;
- для твердых металлов $k_1 \approx 0,7$.

Необходимо отметить, что здесь не определена граница различия твердых и мягких металлов. Логично было бы предполагать, что это, хоть и приблизительная, но постоянная величина, связанная и зависящая от молекулярного строения металла, и не может быть изменена без качественного изменения самого материала.

Все остальные величины можно рассматривать как оперативный фактор для достижения поставленной цели. Существующие технологии и оборудование для резки металла являются подтверждением этого.

Например, гильотинные ножницы с наклонным ножом используют геометрический фактор – поскольку нельзя изменить геометрию раската, определяемую параметрами h и b , то наклон ножа приводит к тому, что разрезается не вся полоса, а только какой-то треугольник сечения и это позволяет резко снизить требуемое максимальное усилие резания.

Другие конструкции ножниц (дисковые, ленточные и др.) соответствуют требованиям технологий и не более того. Если при периодиче-

ском процессе нарезания листов (кроме полосы) используются гильотинные ножницы, то для обрезки, особенно при непрерывной прокатке, используются дисковые ножницы.

Вторым членом выражения (2) по своей значимости является коэффициент вмятия E_v . Из структуры формулы (2) следует, что чем больше коэффициент вмятия, тем меньше $P_{\max}$. Представленные в работе [4] таблицы показывают, как можно использовать эту зависимость.

Ниже приведены экспериментальные значения коэффициента вмятия E_v :

Марка стали	Значение коэффициента E_v при	
	горячем резании	холодном резании
10	0,32 – 0,40	0,30
20	0,30 – 0,35	0,25
50	0,25 – 0,30	0,20
53С2	0,25 – 0,28	0,20
12Х18Н9Г	0,25 – 0,30	0,35
ШХ15	0,20 – 0,25	0,15

Так как для всех марок сталей при горячем резании значение E_v всегда больше, чем при холодном, то из этого следует, что при проектировании и реализации прокатных технологий необходимо отдавать предпочтение «горячим» процессам. Учитывая, что прокатное производство является многоэтапным и может включать в себя несколько переделов, то использование «горячего» металла приведет к значительной экономии ресурсов, что очень важно, т.к. металлургия является энергоемким производством (17 % всего используемого в стране природного газа потребляется в черной металлургии [6]).

Оставшиеся два члена k_2 и k_3 формулы (2) являются наиболее действенными. Если сравнить их произведения на низшем уровне ($k_2 \cdot k_3$ низшее и $k_2 \cdot k_3$ высшее), то можно увидеть очень большую разницу: 25 – 50 %. Эта величина и показывает возможный резерв снижения максимального усилия резания.

Коэффициент k_2 определяет состояние ножей и возрастает по мере их затупления. Очень важно организовать контроль над состоянием ножей, который сводится к следующим основным мероприятиям:

- выбор сплава режущих кромок;
- наплавка специальных материалов;
- периодический осмотр и смена режущих кромок;

– набор статистических данных по работе ножей для разных марок стали, профилей и других условий эксплуатации;

– создание системы прогнозно-плановой замены ножей.

Коэффициент k_3 учитывает положение ножей и для его снижения необходимо осуществлять следующее:

- регулярный контроль зазора;
- регистрацию усилий поджатия и контроль над соответствующим оборудованием;
- автоматическое поджатие ножей друг к другу.

Процесс резки металла является немаловажным звеном в полном цикле производства металлопроката. Одним из способов снижения энергозатрат при резке проката является технология резки предварительно изогнутой полосы [7], при которой усилие резания меньше, чем при резке прямой полосы на 40 %.

Выводы. При дальнейшей оптимизации работы ножей по резке металла возможно снижение энергозатрат на производство и обеспечение надлежащего качества выпускаемой продукции, что в свою очередь и определяет конкурентоспособность предприятия производителя.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Темлянец М.В., Темлянец Н.В. Металлургия черных металлов и теплотехника. История развития науки и техники с древнейших времен до наших дней: учеб. пособие – М.: Теплотехник, 2008. – 170 с.
2. Электронный ресурс www.unfccc.int
3. Государственная программа РФ по энергосбережению и повышению энергетической эффективности на период до 2020 г. (Утверждена Постановлением Правительства РФ от 27.12.2010 г. № 2446-р).
4. Целиков А.И. Машины и агрегаты металлургических заводов. В 3-х томах. – М.: Металлургия, 1988. Т. 3. – 680 с.
5. Королев А.А. Механическое оборудование прокатных и трубных цехов. – М.: Металлургия, 1987. – 480 с.
6. Хрестоматия энергосбережения / Под ред. В.Г. Лисиенко. В 2-х томах. – М.: Теплоэнергетик, 2002. Т. 1. – 586 с.
7. Никитин А.Г., Епифанцев Ю.А., Демина Е.И. Определение усилия резания на ножницах предварительно изогнутой полосы // Изв. вуз. Черная металлургия. 2015. № 5. С. 386, 387.

© 2017 г. Я.М. Стерлигова, Е.И. Демина
Поступила 14 февраля 2017 г.