

После анализа исследования было установлено, что с увеличением суммарной вытяжки снижаются ликвационные проявления: чем меньше профиль поперечного сечения, тем ниже карбидная сегрегация.

Установлен фактор и определена степень его влияния на снижение карбидной неоднородности – суммарная вытяжка при прокатке. С уменьшением профиля (с увеличением суммарной вытяжки) наблюдается снижение балла карбидной сетки и ликвации. Данный факт объясняется дроблением аустенитного зерна с увеличением длины раската, утончением зоны ликвации в центре и дроблением ее на отдельные элементы.

Л и т е р а т у р а

1. Астапенко, И. В. Анализ влияния гомогенизирующего отжига блюмов подшипниковых марок стали на качество проката / И. В. Астапенко, С. А. Савченко // Современные проблемы машиноведения : материалы XIII Междунар. науч.-техн. конф. (науч. чтения, посвящ. 125-летию со дня рождения П. О. Сухого), Гомель, 22 окт. 2020 г. / М-во образования Респ. Беларусь, Гомел. гос. техн. ун-т им. П. О. Сухого, Филиал ПАО «Компания «Сухой» ОКБ «Сухого» ; под общ. ред. А. А. Бойко. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2020. – С. 100–102.
2. Астапенко, И. В. Оборудование прокатных цехов : практикум по выполнению лаборатор. работ для студентов специальности 1-42 01 01 «Металлургическое производство и материалобработка (по направлениям)», направления 1-42 01 01-01 «Металлургическое производство и материалобработка (металлургия)», специализации 1-42 01 01-02 01 «Обработка металлов давлением» дневной и заочной форм обучения / И. В. Астапенко. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2015. – 47 с.
3. Исследование факторов, способствующих снижению карбидной неоднородности в подшипниковых марках стали / И. А. Панковец [и др.] // Черная металлургия. Бюл. науч.-техн. и экон. информ. 2021. – № 77 (7). – С. 804–810. <https://doi.org/10.32339/0135-5910-2021-7-804-810>
4. Совершенствование технологического процесса производства подшипниковых марок стали на стане 370/150 / В. С. Путеев [и др.] // Литье и металлургия. – 2021. – № 3. – С. 65–73. <https://doi.org/10.21122/1683-6065-2021-3-65-73>
5. Оценка эффективности режимов гомогенизирующего отжига подшипниковых марок сталей на ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК» / С. А. Савченко, В. И. Возная, И. В. Астапенко // Вестн. Гомел. гос. техн. ун-та им. П. О. Сухого. – 2021. – № 2. – С. 52–61.
6. SEP 1520:98. Микроскопическое исследование структуры карбида, содержащегося в стали, методом последовательности диаграмм / Изд. 3-е. – Изд-во Немец. ин-та стандартизации, 1998. – 5 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА ТРЕХНИТОЧНОЙ РЕЗКИ АРМАТУРЫ № 16 ДЛЯ УСЛОВИЙ КОНЦА ПРОКАТКИ НА СТАНЕ 320

В. М. Полетаев

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель И. В. Астапенко

Проведены исследования численным моделированием по методу конечных элементов энергосиловых параметров резки арматуры № 16 при трехниточной прокатке в условиях стана 320. Определена математическая зависимость для расчета усилия реза.

Ключевые слова: численное моделирование, энергосиловой анализ, усилие реза, прокатка, слиттинг-процесс.

Целью работы является разработка методики расчета резки арматуры № 16 класса А500 при трехниточной прокатке для условий делительных ножниц холодильника стана 320.

Поставленная цель достигается решением следующих задач:

- 1) исследование параметров резки в условиях действующего технологического процесса по данным телеметрии стана 320;
- 2) аналитическое определение усилия реза по методу приведенной полосы;
- 3) построение адекватных численных моделей процесса с помощью компьютерных вычислений на основе математических зависимостей реальной упругой и пластической деформации металлов;
- 4) формирование выводов и разработка методики.

В условиях стана 320 ОАО «Белорусский металлургический завод» прокатка арматурных профилей № 8-20 осуществляется по «слиттинг-процессу» в несколько (2–5) линий получения готового проката. Полученный из непрерывнолитой заготовки квадратного профиля (140 мм) в черновой группе клетей раскат круглого профиля (46 мм) далее обжимается в промежуточной группе на гладких бочках до требуемой ширины и высоты полосы в зависимости от применяемой схемы «слиттинг-процесса». За последним обжатием в калибре «гладкая бочка» выполняется кантовка раската перед контрольным калибром в клетке № 13. Для этого за клетью № 12 и 13 установлены неприводные роликовые кантовочные устройства (РКУ) для упругопластического поворота полосы на угол 90° . Далее прокатка проходит в специальных калибрах (клетки № 14, 16, 18), где формируется перемычка. После выхода из клетки № 18 происходит разрыв перемычки в неприводном делительном устройстве. В чистовых калибрах (клетки № 18, 20) окончательно формируется арматурный профиль № 16.

Затем прокат проходит 2-секционную трассу термоупрочнения и поступает на участок холодильника, перед которым установлены кривошипные делительные ножницы, режущие прокат на мерные длины по ширине холодильника [1, 2].

В классическом представлении процесса резки на ножницах выделяют три стадии (рис. 1): вмятие ножей в металл; сдвиг (собственно рез); отрыв (образование заусенца). Основная проблема аналитического расчета по общепринятым методикам максимального усилия реза при прокатке по «слиттинг-процессу» – использование метода приведенной полосы суммарной площади одного сплошного квадратного сечения [3].

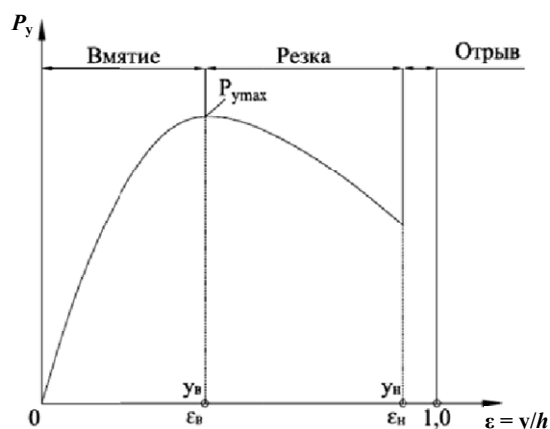


Рис. 1. Изменение усилия реза

Для аналитического расчета усилия резания ($P_{рез}$) по методу приведенной полосы использовали формулу [4] для ножниц с прямыми ножами:

$$P_{рез} = k_1 k_2 k_3 \sigma_B (1 - \varepsilon_B) F_{сеч},$$

где k_1 – коэффициент, равный отношению максимального сопротивления срезу к пределу прочности (τ_{max} / σ_B) $\approx 0,65-0,75$, принимаем $k_1 = 0,75$; k_2 – коэффициент, учитывающий повышение усилия при притуплении ножей, $k_2 = 1,1 \div 1,15$, принимаем $k_2 = 1,15$; k_3 – коэффициент, учитывающий влияние увеличения зазора между ножами при резании, $k_3 = 1,1 \div 1,25$, принимаем $k_3 = 1,25$; σ_B – предел прочности арматуры, Н/мм². Для класса А800 $\sigma_B = 1000-1200$ Н/мм². Так как отсутствуют данные по пределу прочности при температуре резания ($T_{с/о} = 400-460$ °С), принимаем: а) $\sigma_B = 1000$ Н/мм²; б) $\sigma_B = 1200$ Н/мм²; ε_B – коэффициент вмятия, $\varepsilon_B = 0,2$ (холодное резание, сталь 20), $\varepsilon_B = 0,30 \div 0,35$ (горячее резание, сталь 20), принимаем среднее $\varepsilon_B = 0,25$; $F_{сеч}$ – номинальная приведенная площадь поперечного сечения трех стержней.

Номинальная площадь поперечного сечения тройки стержней, подаваемой под ножи, согласно таблице калибровки для арматуры № 16 × 3: $F_{сеч} = 204 \times 3 = 612$ мм².

Расчетное усилие резания составит:

а) при $\sigma_B = 1000$ Н/мм²

$$P_{рез} = 0,75 \cdot 1,15 \cdot 1,25 \cdot 1000 (1 - 0,25) 612 = 564,577 \text{ кН (94 \% от макс.)} < [600 \text{ кН}];$$

б) при $\sigma_B = 1200$ Н/мм²

$$P_{рез} = 0,75 \cdot 1,15 \cdot 1,25 \cdot 1200 (1 - 0,25) 612 = 677,492 \text{ кН (113 \% от макс.)} > [600 \text{ кН}],$$

где [600 кН] – максимальное усилие резания делительных ножниц.

Согласно результатам расчета использование делительных ножниц холодильника с максимальным усилием резания 600 кН при прокатке в три нитки арматуры № 16 класса 800 может привести к их поломке. Однако по данным телеметрии стана по нагрузке на привод ножниц крутящий момент используется только на 60 %.

Опираясь на результаты работы [5], в которой на базе разработанной математической модели энергосиловых параметров процесса поперечной резки на мерные длины можно сделать вывод, что распределение усилия реза, в зависимости от хода ножей и температурно-деформационных параметров, имеет сложный характер и степень уточнения результатов, полученных по методикам традиционных расчетов может достигать 50 %.

На втором этапе исследования была построена численная модель в программном пакете Qform и выполнен расчет по методу конечных элементов по определению усилия реза для полос 3х № 16 (рис. 2).

Полученные значения по усилию реза соответствуют симметричной нагрузке ножей. Полное усилие соответствует удвоенному значению.

Анализ результатов моделирования показал, что при резе сплошного сечения время и работа реза почти в 2 раза больше.

Величина глубины вмятия $\varepsilon_v = 0,41-0,45$, что существенно больше теоретических значений ($\varepsilon_v = 0,2-0,35$).

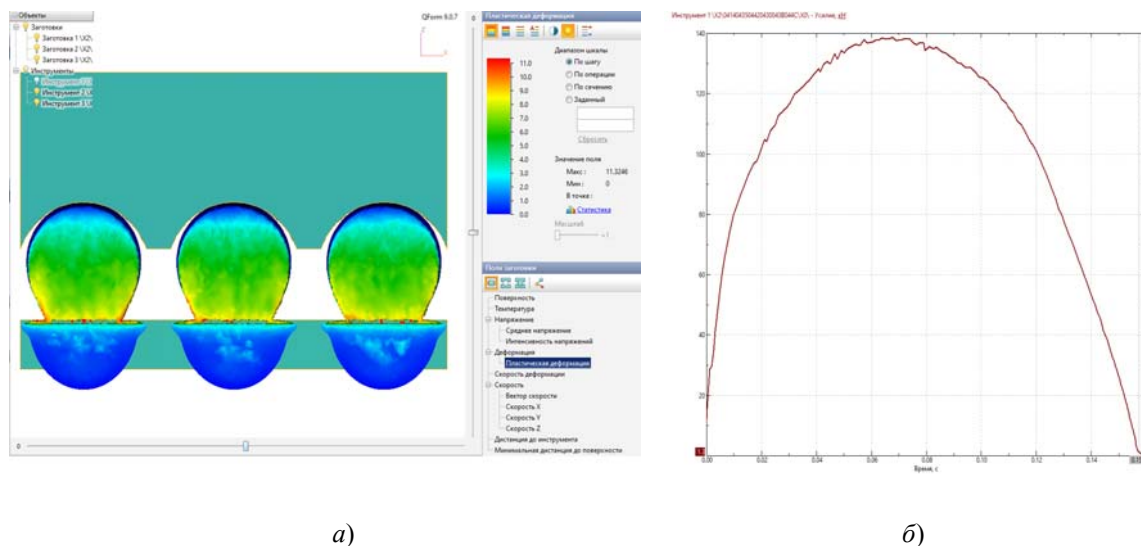


Рис. 2. Результаты численного эксперимента:
а – диаграмма сдвиговых деформаций; б – график изменения
усилия реза в зависимости от глубины внедрения ножей

После обработки результатов численного моделирования в программном пакете математической статистики была проведена линия тренда изменения усилия реза, рассчитано ее уравнение и определена степень достоверности расчета ($R^2 = 0,9851$).

Для определения усилия реза полосы в три линии ($P_{рез}$) для ножниц с прямыми ножами в соответствии с действующими технологическими параметрами процесса, кН:

$$P_{рез} = 2[-38004\varepsilon_v^2 + 5446,2\varepsilon_v + 89,308],$$

где $\varepsilon_v = 0,41$ – глубина вмятия для прокатки арматуры № 16×3 класса А800.

Результаты исследования: 1) изучены условия и параметры работы делительных ножниц на стане 320; 2) разработана численная модель процесса резки в делительных ножницах JW-KSR 1540 стана 320 по действующей технологии для трехноточной резки; 3) выполнен аналитический расчет по типовой методике усилия реза для арматуры № 16×3 класса А800; 4) определена математическая зависимость для определения усилия резки, установлен коэффициент глубины вмятия ε_v .

Литература

1. Барановский, Д. С. Конструктивные решения контроля ширины полосы для горячей прокатки по «слиттинг-процессу» / Д. С. Барановский, И. В. Астапенко // Беларусь в современном мире : материалы XIV Междунар. науч. конф. студентов, магистрантов, аспирантов и молодых ученых, Гомель, 13–14 мая 2021 г. / М-во образования Респ. Беларусь, Гомел. гос. техн. ун-т им. П. О. Сухого, Гомел. обл. орг. о-ва «Знание» ; под общ. ред. В. В. Кириенко. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2021. – С. 250–253.

2. Барановский, Д. С. Совершенствование прокатки по «слигтинг-процессу» в контрольном калибре стана 320 ОАО «БМЗ» / Д. С. Барановский, И. В. Астапенко // Исследования и разработки в области машиностроения, энергетики и управления : материалы XXI Междунар. науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, Гомель, 22–23 апр. 2021 г. В 2 ч. Ч. 1 / М-во образования Респ. Беларусь, Гомел. гос. техн. ун-т им. П. О. Сухого ; под общ. ред. А. А. Бойко. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2021. – С. 93–97.
3. Астапенко, И. В. Оборудование прокатных цехов : практикум по выполнению лаборатор. работ для студентов специальности 1-42 01 01 «Металлургическое производство и материалообработка (по направлениям)», направления 1-42 01 01-01 «Металлургическое производство и материалообработка (металлургия)», специализации 1-42 01 01-02 01 «Обработка металлов давлением» днев. и заоч. форм обучения / И. В. Астапенко. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2015. – 47 с.
4. Королев, А. А. Конструкция и расчет машин и механизмов прокатных станов / А. А. Королев. – М. : Metallurgia, 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. – Дніпропетровськ : ДніпроВАЛ, 2002. – 506 с.

ОПТИМИЗАЦИЯ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА И РЕЖИМА ДВУХСТАДИЙНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ ПРИ ОСВОЕНИИ ПРОИЗВОДСТВА АРМАТУРЫ № 6 КЛАССА А500

А. А. Кучков, Г. А. Слепнев

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель И. В. Астапенко

Проведены исследования по оптимизации химического состава и режима двухстадийного охлаждения в процессе освоения производства бунтовой арматурной катанки № 6 на стане 370/150.

Ключевые слова: горячая прокатка, бунтовая арматура, двухстадийное охлаждение, химический состав, катанка.

Цель работы – провести анализ технологического процесса двухстадийного охлаждения катанки в условиях СПЦ-2 для его совершенствования на второй стадии воздушного охлаждения на рольганге конструкции Стельмора с целью получения требуемой микроструктуры проката.

Поставленная цель достигается решением следующих задач:

- определение и корректировка оптимального химсостава НЛЗ;
- определение оптимального режима двухстадийного охлаждения для получения требуемых механических свойств;
- анализ результатов и формулирование выводов и предложений производству.

Объектом исследования в работе является технологический процесс горячей прокатки арматуры № 6 класса А500С конфигурации формы 2ф (рис. 1) по ГОСТ 34028–2016 [1] в условиях линии катанки стана 370/150 ОАО «Белорусский металлургический завод».