

КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНЫЙ АНАЛИЗ ПЛАСТИЧЕСКОГО ТЕЧЕНИЯ МЕТАЛЛА ОВАЛЬНОЙ ПОЛОСЫ ПРИ ПРОКАТКЕ В ГЛАДКИХ БОЧКАХ

В. В. Кухаренко

*Открытое акционерное общество «Белорусский металлургический завод» –
управляющая компания холдинга «Белорусская металлургическая компания»,
г. Жлобин*

А. Ю. Вальковский

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

Научный руководитель И. В. Астапенко

Представлены результаты исследования пластической деформации овальной полосы из рессорной стали при прокатке в гладких бочках моделированием по методу конечных элементов. Определена зависимость уширения овальной полосы при прокатке в валках с гладкой бочкой.

Ключевые слова: рессорная сталь, калибровка, моделирование, метод конечных элементов, уширение, пластическая деформация.

Цель работы – разработать калибровку валков для прокатки полосы 90×24 из рессорной стали 50ХГФАв линии сорта стана 370/150 (рис. 1).

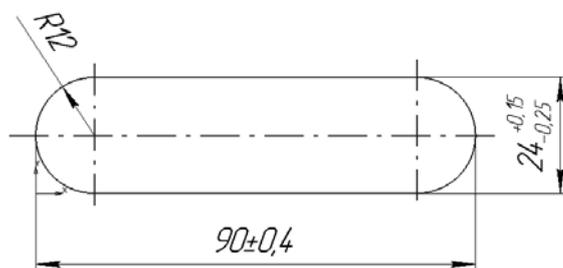


Рис. 1. Форма и геометрия полосовой рессорной стали в соответствии с ГОСТ 7419

Поставленная цель достигается решением следующих задач:

- определение и анализ деформационно-кинематических и энергосиловых параметров прокатки овальной полосы из клетки № 14 в гладких бочках клетки № 16;
- моделирование по МКЭ прокатки овальной полосы в гладких бочках клетки № 16 линии сорта стана 370/150;
- анализ результатов и формулирование выводов.

Объектом исследования в работе является технологический процесс прокатки полосовой рессорной стали.

В настоящее время осуществляется разработка технологии и освоение производства рессорной полосовой стали в соответствии с ГОСТ 14959 и ГОСТ 7419. В сортаменте прокатного производства полосовой прокат не производится. Поэтому при разработке технологии необходимо было решать задачи, характерные для прокатки плоских полос.

Характерными проблемами гладкой прокатки овальной полосы являются:

- определение уширения полосы при прокатке в гладких бочках;

- определение скоростного режима;
- определение энергосиловых параметров.

В условиях ОАО «Белорусский металлургический завод» прокатка на гладких бочках осуществляется на стане 320 при производстве арматурных профилей по «слиттинг-процессу» [1]. Учитывая этот опыт, была разработана калибровка для линии сорта с универсальными калибрами до овала клетки № 14 [2] и дальнейшей прокаткой на гладких бочках в клетях № 16, 18, 20. В чистовом блоке HRSM (клетки № 22–24) прокатка осуществлялась по схеме «плоская бочка – контрольный калибр – плоская бочка». Построение контрольного калибра клетки № 23 для контроля ширины выполняли по опыту «слиттинг-процесса» с учетом боковых радиусов [3].

Поскольку пластическая деформация происходит по схеме «прокатка высокой полосы», аналитический расчет уширения по известным формулам дает высокую погрешность [4]. Для определения уширения в клетке № 16 при прокатке «плоская полоса в гладких бочках» была построена модель и выполнены численные эксперименты по методу конечных элементов.

Исходные данные параметров для моделирования технологического процесса представлены в табл. 1.

Таблица 1

**Исходные данные численного эксперимента
процесса прокатки в клетях № 16**

Технологические параметры	Клеть № 14	Клеть № 16
Диаметр валков D_v , мм	450	450
Ширина полосы в калибре B , мм	80,3	86,3
Относительное обжатие полосы ε_n , %	21,3	3,7
Скорость прокатки v , м/с	1,99	2,06
Частота вращения валков n , об/мин	87,4	87,4

Проектная геометрия раската в клетях № 14 и 16 представлена на рис. 2.

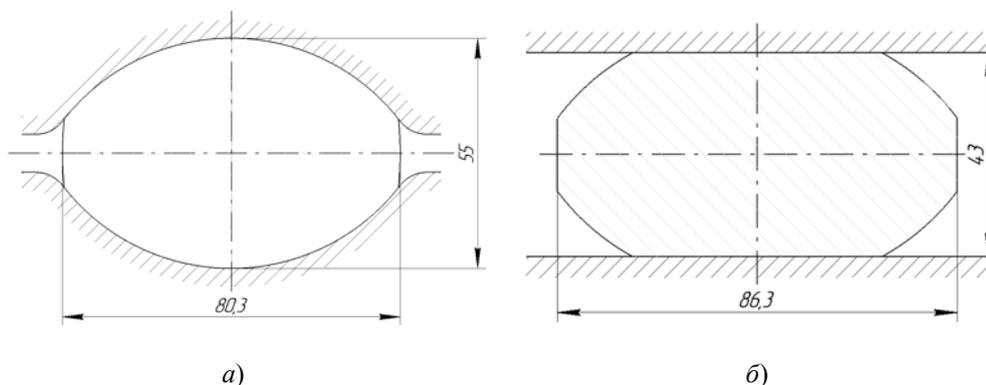


Рис. 2. Проектная геометрия раската:
а – клеть № 14; б – клеть № 16

По результатам численного эксперимента были получены данные по уширению плоской полосы в клетке № 16 в зависимости от величины обжатия (табл. 2).

Энергосиловые и скоростные параметры процесса прокатки в клетях № 16

Обжатие Δh , мм	4,0	8,0	12,0	14,0	18,0
Уширение Δb , мм	1,2	2,75	6,0	10,2	16,2

После проведения числительных экспериментов была выполнена обработка их результатов инструментами математической статистики в программном пакете EXEL. Определена математическая зависимость уширения овальной полосы $80,3 \times 55$ при прокатке в гладких бочках с диапазоном обжатий $\Delta h = 4\text{--}18$ мм (рис. 3).

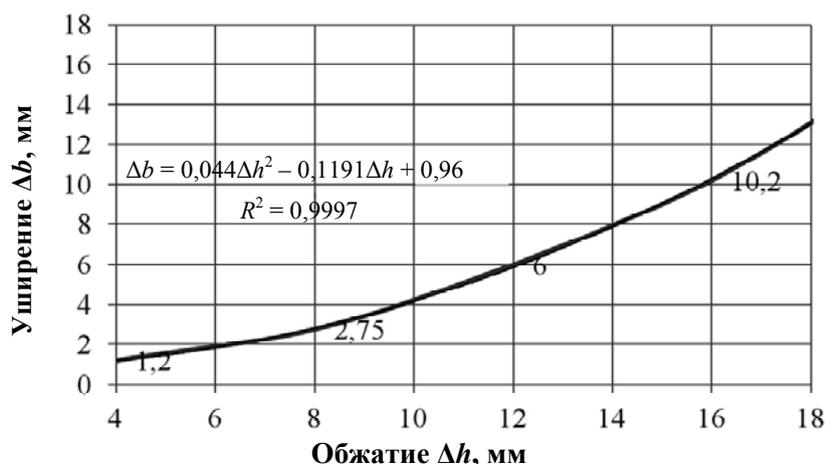


Рис. 3. Зависимость уширения полосы в клети № 16 от степени обжатия

В результате исследования можно сделать следующие выводы:

- 1) изучен и выполнен анализ особенностей уширения овальной полосы в гладких бочках путем численного моделирования по методу конечных элементов;
- 2) определена математическая зависимость изменения ширины полосы в клети № 16 в зависимости от степени обжатия.

Литература

1. Барановский, Д. С. Конструктивные решения контроля ширины полосы для горячей прокатки по «слиттинг-процессу» / Д. С. Барановский // Беларусь в современном мире : материалы XIV Междунар. науч. конф. студентов, магистрантов, аспирантов и молодых ученых, Гомель, 13–14 мая 2021 г. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2021. – С. 250–253.
2. Разработка технологии и освоение производства арматуры № 6 класса прочности А500С формы 2ф в бухтах по требованиям ГОСТ 34028–2016 / С. А. Савченко [и др.] // Литье и металлургия. – 2024. – № 1. – С. 39–46. <https://doi.org/10.21122/1683-6065-2024-1-39-46>
3. Барановский, Д. С. Совершенствование прокатки по «слиттинг-процессу» в контрольном калибре стана 320 ОАО «БМЗ» / Д. С. Барановский // Исследования и разработки в области машиностроения, энергетики и управления : материалы XXI Междунар. науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых : в 2 ч. Ч. 1, Гомель, 22–23 апр. 2021 г. / под общ. ред. А. А. Бойко. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2021. – С. 93–97.
4. Астапенко, И. В. Особенности горячей прокатки высоких полос в ящичном калибре / И. В. Астапенко, Д. М. Васильков // Современные проблемы машиноведения : материалы XII Междунар. науч.-техн. конф. (науч. чтения, посвящ. П. О. Сухому), Гомель, 22–23 нояб. 2018 г. / М-во образования Респ. Беларусь, Гомел. гос. техн. ун-т им. П. О. Сухого. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2018. – С. 114–117.