

В заключение следует отметить:

1. Установлены энергосиловые параметры процесса прокатки в калибрующей клетки № 13.
2. Разработан проект установки трайб-аппарата WD2526 вместо калибрующей клетки № 13, что позволит исключить кантовку до и после контрольного калибра.
3. По результатам численных экспериментов установлено, что отсутствие кантовок до и после контрольного калибра положительно сказывается на стабильности процесса прокатки по слиттинг-схемам и стойкости калибров валков.
4. При сравнительном анализе установлено снижение энергозатрат на производство проката за счет уменьшения мощности привода на контрольном калибре.

Л и т е р а т у р а

1. Васильков, Д. М. Совершенствование конструкции роликовой неприводной кантовующей проводки / Д. М. Васильков, И. В. Астапенко // Беларусь в современном мире : материалы XII Междунар. науч. конф. студентов, магистрантов, аспирантов и молодых ученых, Гомель, 16–17 мая 2019 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, 2019. – С. 255–258.
2. Васильков, Д. М. Анализ влияния процесса поворота полосы в неприводном кантовующем устройстве на энергосиловые параметры привода клетки / Д. М. Васильков, И. В. Астапенко // Исследования и разработки в области машиностроения, энергетики и управления : материалы XIX Междунар. науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, Гомель, 25–26 апр. 2019 г. / 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, 2019. – С. 75–79.
3. Стрельченко, А. В. Исследование влияния геометрии ящичных калибров валков на образование термоциклических трещин в условиях мелкосортно-проволочного стана горячей прокатки 370/150 ОАО «Белорусский металлургический завод – управляющая компания холдинга «БМК» / А. В. Стрельченко, И. А. Зуев, И. В. Астапенко // Черная металлургия. Бюл. науч.-техн. и экон. информ. – 2019. – Т. 75, № 1. – С. 80–86.
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, Филиал ПАО «Компания «Сухой» ОКБ «Сухого» ; под общ. ред. А. А. Бойко. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2018. – С. 114–117.
5. Васильков, Д. М. Исследование параметров очага деформации полосы при прокатке в валках с ящичными калибрами черновой группы клетей стана 370/150 ОАО «БМЗ» / Д. М. Васильков, И. В. Астапенко // Исследования и разработки в области машиностроения, энергетики и управления : материалы XVIII Междунар. науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, Гомель, 26–27 апр. 2018 г. / 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, 2018. – С. 178–182.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ГОРЯЧЕЙ ПРОКАТКИ УГЛОВОЙ СТАЛИ В ЧИСТОВЫХ КАЛИБРАХ СТАНА 320 ОАО «БМЗ»

Д. С. Барановский

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

Научный руководитель И. В. Астапенко

Цель работы – определить и оптимизировать кинематические параметры прокатки угловой стали в чистовых калибрах стана 320 моделированием по методу конечных элементов (МКЭ).

Поставленная цель достигается решением следующих задач:

- 1) расчет деформационно-кинематических и энергосиловых параметров прокатки углового равнополочного профиля $45 \times 45 \times 5$ по аналитическим методикам;
- 2) моделирование по МКЭ прокатки в чистовых калибрах клетей № 18 и 20 углового равнополочного профиля $45 \times 45 \times 5$ на стане 320 СПЦ-1 ОАО «БМЗ»;
- 3) сравнение результатов и оптимизация кинематических параметров прокатки и расчетной методики.

Проектирование новых и модернизация существующих технологических процессов прокатки и прокатного оборудования в современных условиях предполагает высокую степень научной и экономической обоснованности принимаемых решений. Для достижения указанных требований необходимо соответствующее программное обеспечение и математический аппарат, позволяющий учесть достаточное количество факторов, влияющих на показатели процесса прокатки, и определить последние с достаточной степенью точности в необходимом объеме [1].

Прокатка угловых профилей, в отличие от симметричных, является значительно более сложным процессом с точки зрения расчета основных параметров процесса. Это связано с отсутствием симметрии при прокатке в очаге деформации по всей его длине и ширине. Вертикальная симметрия также является достаточно условной [2].

На первом этапе исследования были выполнены расчеты калибровки валков для стана 320 и деформационно-кинематических параметров прокатки углового равнополочного профиля $45 \times 45 \times 5$ по ГОСТ 8509–93 для стана 320 по принятым методикам [3], [4].

На втором этапе была построена базовая численная модель в соответствии с действующим технологическим процессом. Исходные данные параметров представлены в табл. 1.

По результатам численного эксперимента были внесены изменения в расчетные методики кинематических и энергосиловых параметров и выполнен контрольный численный эксперимент.

Таблица 1

Исходные данные для численного эксперимента

Технологические параметры	Подкат изклетей № 16	Клеть № 18	Клеть № 20
Высота полосы h , мм	7,5	6,2	5
Ширина полосы b , мм	73,8	74,2	76,4
Обжатие полосы Δh , мм	–	1,3	1,2
Вытяжка, л	–	1,199	1,249
Площадь F , мм ²	632	527	422
Температура полосы на входе в клеть T_0 , °С	992,86	995,05	995,66

Геометрия калибров для клетей № 18 и 20 представлена на рис. 1. Моделирование проводилось в программном пакете SimufactForming 15 с наложением на заготовку сетки конечных элементов 2 мм.

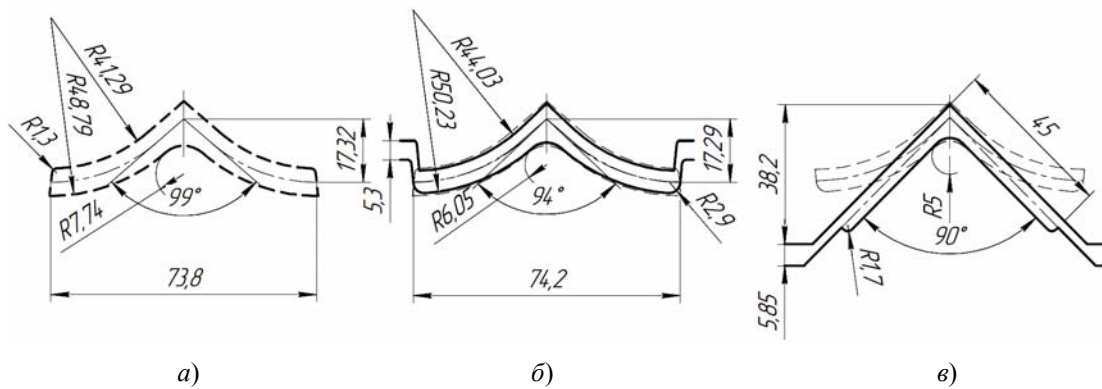


Рис. 1. Геометрия сечения подката из клетки № 16 (а) и калибров валков в клетях № 18 (б) и № 20 (в)

Экспериментальные данные получаем путем установки двух контрольных точек в поверхностном слое модели прокатываемой полосы (первая на расстоянии 100 мм, а вторая в 300 мм от оси валков). Результаты эксперимента представлены в табл. 2.

Таблица 2

Результаты контрольного численного эксперимента

Технологические параметры	Клеть № 18	Клеть № 20
Скорость прокатки на входе в калибр v , м/с	9,33	11,28
Скорость прокатки на выходе v , м/с	11,30	14,06
Обороты валков n , об/мин	653,07	825,25
Вытяжка, л	1,1997	1,2481
Площадь F , мм ²	526,522248	421,916547
Усилие прокатки P_i , кН	210	286
Момент прокатки M_i , кН · м	2,70	6,80

Результаты заполнения калибров при данных технологических параметрах представлены на рис. 2.

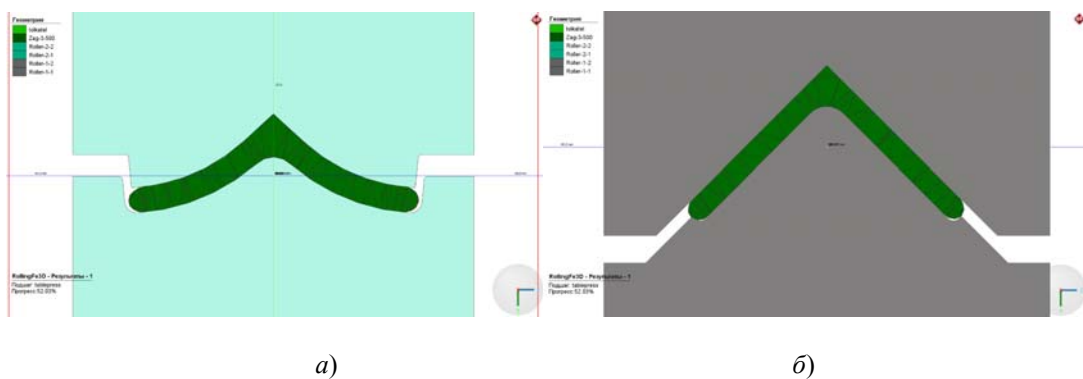


Рис. 2. Результаты заполнения калибров при данных технологических параметрах:
а – калибр 18 клетки; б – калибр 20 клетки

По результатам контрольного численного эксперимента можно сделать следующие выводы:

- калибры в клетях № 18 и 20 заполнены полностью без недокатов и перекатов;
- расчетная скорость прокатки близка по значениям к экспериментальной. Подкат поступает в клетку № 18 со скоростью 9,7 м/с, прокатывается в ней со скоростью 9,33 м/с и выходит со скоростью 11,3 м/с. Далее раскат поступает в клетку № 20 со скоростью 11,28 м/с и выходит из нее со скоростью 14,06 м/с. Также наблюдается согласование скоростей выходящего из клетки раската и поступающего в следующую клетку (9,07 м/с и 9,33 м/с, 11,3 м/с и 11,28 м/с);
- момент прокатки расчетный и экспериментальный для клетки № 18 сходен (3,98 кН·м и 3,7 кН·м соответственно), а для клетки № 20 есть расхождение (4,37 кН·м и 6,8 кН·м соответственно);
- усилие прокатки расчет/эксперимент для клетки № 18: 276,92 кН/210 кН соответственно; для клетки № 20: 316,36 кН/286 кН;
- на экспериментальных графиках видно отсутствие резких перепадов значений.

Таким образом, рассчитанные по оптимизированным аналитическим методикам калибровка, деформационно-кинематические и энергосиловые параметры процесса имеют практически полное соответствие параметрам численного моделирования по МКЭ. Это подтверждает правильность и эффективность выбранных расчетных методик и возможность реализации принятых решений при освоении производства угловых профилей в условиях прокатного стана 320 ОАО «БМЗ – УКХ «БМК».

Литература

1. Смолякова, В. В. Численное математическое моделирование точности геометрических характеристик сортовых профилей при горячей прокатке в чистовых рабочих клетях / В. В. Смолякова // Науч. вестн. Донбас. гос. машиностр. акад. – 2011. – № 1. – С. 20–26.
2. Сатонин, А. В. Математическое моделирование напряженно-деформированного состояния металла при горячей сортовой прокатке угловых профилей // Изв. высш. учеб. заведений. Черная металлургия / А. В. Сатонин, В. В. Смолякова, П. М. Стежкин. – 2010. – № 11. – С. 16–21.
3. Штернов, М. М. Калибровка угловой стали / М. М. Штернов. – М. : Металлургиздат, 1961. – 57 с.
4. Чекмарев, А. П. Калибровка прокатных валков / А. П. Чекмарев, М. С. Мутьев, Р. А. Машковцев. – М. : Металлургия, 1971. – 509 с.

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ЧАСТОТЫ ВРАЩЕНИЯ ВОЛОКИ НА ПАРАМЕТРЫ ПРОЦЕССА ПРИ ВОЛОЧЕНИИ СТАЛИ

В. А. Петрусевиц

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

Научный руководитель И. В. Астапенко

Цель работы – провести энергосиловой анализ процесса волочения в условиях волочильного стана UDZSA 2500/6 ОАО «Речицкий метизный завод» для определения и оптимизации силовой нагрузки на инструмент путем применения вращающихся волок.

Поставленная цель достигается решением следующих задач:

- 1) определение характерных особенностей пластического течения металла в действующем калибре стана UDZSA 2500 методом конечных элементов;
- 2) определение энергосиловых параметров волочения в первом проходе при помощи аналитического расчета и численного моделирования;