



УДК 669.

Поступила 19.09.2016

РАЗРАБОТКА СПОСОБА ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ПРОКАТА И ИЗНОСОСТОЙКОСТИ ИНСТРУМЕНТА В УСЛОВИЯХ СТАНА 150 ОАО «БМЗ – УПРАВЛЯЮЩАЯ КОМПАНИЯ ХОЛДИНГА «БМК»

DEVELOPMENT OF A METHOD OF IMPROVEMENT OF QUALITY OF MILL PRODUCTS AND WEAR RESISTANCE OF THE TOOL AT THE ROLLING MILL 150 JSC «BSW – MANAGING COMPANY OF HOLDING «BMC»

И. А. ЗУЕВ, ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК», г. Жлобин, Беларусь, ул. Промышленная, 37. E-mail: zuyeu-ivan@rambler.ru

I. A. ZUYEU, JSC «BSW – Managing Company of Holding «BMC», Zhlobin city, Gomel region, Belarus, 37, Promyshlennaya str. E-mail: zuyeu-ivan@rambler.ru

В статье рассматривается совершенствование калибровки прокатных валков проволочного стана 150 с целью повышения качественных характеристик получаемого проката и, тем самым, эффективности производства.

Enhancement of calibration of mill rolls of the rolling mill 150, to improve of the mill products quality characteristics and to increase efficiency of the whole production is described in the article.

Ключевые слова. Проволочный стан, прокатная шайба, калибр, метод конечных элементов, обжатие.

Keywords. Wire mill, rolling ring, groove, finite-element method, drafting.

В настоящее время одними из приоритетных задач сортопрокатного производства являются повышение эффективности производства и снижение брака, которые могут быть достигнуты уменьшением рабочей температуры прокатки, оптимизацией скоростных режимов и калибровок валков [1].

Повышение эффективности производства горячекатаных сортовых профилей может быть достигнуто снижением рабочей температуры прокатки, оптимизацией скоростных режимов и калибровок валков [2].

В настоящее время существуют проблемы, связанные с отсутствием универсальной методики анализа, позволяющей на стадии проектирования определять форму калибра для получения готового продукта с наименьшими энергозатратами, с равномерным распределением напряжений как по сечению проката, так и на рабочем инструменте (прокатных валках) для увеличения его срока службы.

Для решения данных проблем используются следующие подходы и методы решения:

1. Экспериментальная отработка разных режимов с целью опытного определения оптимальных параметров, повышающих стойкость рабочего инструмента.

2. Аналитическое определение оптимальных режимов с помощью известных теоретических и эмпирических зависимостей.

3. Построение адекватных численных моделей процесса с применением компьютерных вычислений на основе математических зависимостей реальной упругой и пластической деформации металлов.

В связи с изложенным выше остро стоит необходимость в разработке и проектировании оптимальных калибровок валков для снижения энергозатрат прокатного производства, а также высокоточных методик расчета формоизменения полосы при прокатке [3]. Автоматизация проектирования калибровок позволит снизить трудозатраты и повысить оперативность разработки калибровок при освоении новых видов сортамента. Одним из способов решения задачи оптимизации технологического процесса сортовой прокатки является совершенствование формы вытяжных калибров с целью снижения энергозатрат

на формоизменение [4]. Однако до сих пор не существует универсальной методики анализа, позволяющей на стадии проектирования определять форму калибра для получения готового продукта с наименьшими энергозатратами.

Таким образом, возникает задача выбора наилучшего варианта калибровки по тем или иным критериям на базе теории оптимального управления. Одним из основных принципов формообразования различных сортовых профилей является обеспечение максимального формоизменения в каждом технологическом переходе. Это необходимо для сокращения числа переходов заготовки между рабочими калибрами валка. В качестве критериев оптимизации при сортовой прокатке могут выступать минимум энергозатрат; максимальный коэффициент эффективности калибровки; минимальный износ валков или другие критерии. Для осуществления процесса количественной оптимизации необходимо построение адекватной математической модели процесса формоизменения при прокатке в калибрах, определение критерия оптимальности или целевой функции.

Цель данной работы заключается в совершенствовании калибровки прокатных валков проволочного прокатного стана 150 ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК» для повышения качественных характеристик получаемого проката.

В настоящей работе анализируется эффективность перехода с системы калибровки овал–круг на систему калибровки овал–ребровый овал.

Поставленная цель достигается решением следующих задач:

1. Разработка численной модели прокатки катанки диаметром 5,5 мм из стали 80Б на проволочном прокатном стане 150 по базовой калибровке (овал–круг).

2. Анализ полученных результатов моделирования, сопоставление данных с реальным процессом. Вывод по адекватности разработанной модели.

3. Исследование с помощью адекватной численной модели процесса прокатки катанки диаметром 5,5 мм из стали 80Б на проволочном прокатном стане 150 по проектной калибровке (овал–ребровый овал).

4. Сравнительный анализ результатов, полученных при моделировании процесса прокатки по двум калибровкам.

Для решения данных задач было проведено численное моделирование в пакете Simufact Forming.

За основу процесса были выбраны прокатные клетки № 7–8 первой промежуточной группы клеток из технологической схемы производства катанки диаметром 5,5 мм. Целесообразность выбора данных клеток заключается в том, что именно валки (шайбы) промежуточной группы, как правило, испытывают одновременно термоциклический и механический износ, в то время как валки черновой группы в основном подвергаются воздействию только термоциклического разрушения. Валки же чистовых групп вследствие увеличения скоростей прокатки, как правило, испытывают в большей степени механическое воздействие. Поэтому больший интерес вызывает именно промежуточная группа как участок, на котором происходит воздействие двух вместе взятых причин разрушения.

Необходимо построить две адекватные математические модели процесса прокатки катанки по двум калибровкам: базовой (применяемой) и проектной (предлагаемой). По результатам моделирования оценить адекватность полученных выходных данных, а также проанализировать напряженно-деформированное, пластическое и температурное состояние полосы при прокатке катанки при двух различных калибровках.

Данный анализ осуществляли путем сравнения следующих параметров: напряженно-деформированного состояния прокатываемой полосы в круглом калибре; контактных напряжений в прокатываемой полосе в области очага деформации в круглом калибре; напряженно-деформированного состояния полосы в ребровом овальном калибре; пластической деформации в круглом и ребровом овальном калибре.

Используя данные энергосиловых параметров прокатки, калибровку и геометрические размеры подката, соответствующие процессу прокатки катанки диаметром 5,5 мм на стане 150 применительно к 7/8 прокатной клетки, была построена адекватная численная модель процесса прокатки в системе калибровки овал–круг.

Результаты численного моделирования напряженно-деформированного состояния системы калибровки овал–круг приведены на рис. 1.

Из рисунка видно, что происходит неравномерное распределение внутренних напряжений в поперечном сечении катанки. Центральная область имеет меньшее значение напряжений по сравнению с краевой (периферийной) зоной. Данное явление с неравномерностью напряжений по сечению приводит к неблагоприятным последствиям при применении данной катанки в последующих переделах в ме-

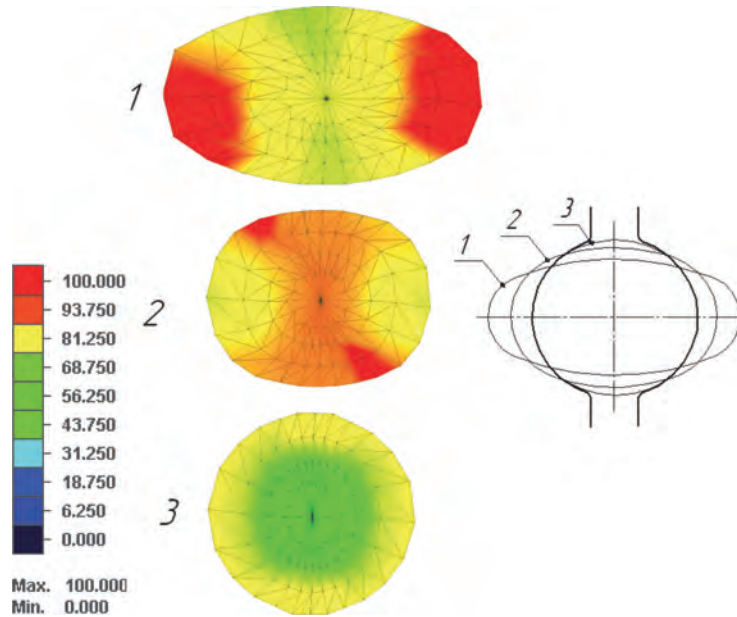


Рис. 1. Распределение напряжений в круглом калибре системы калибровки овал–круг

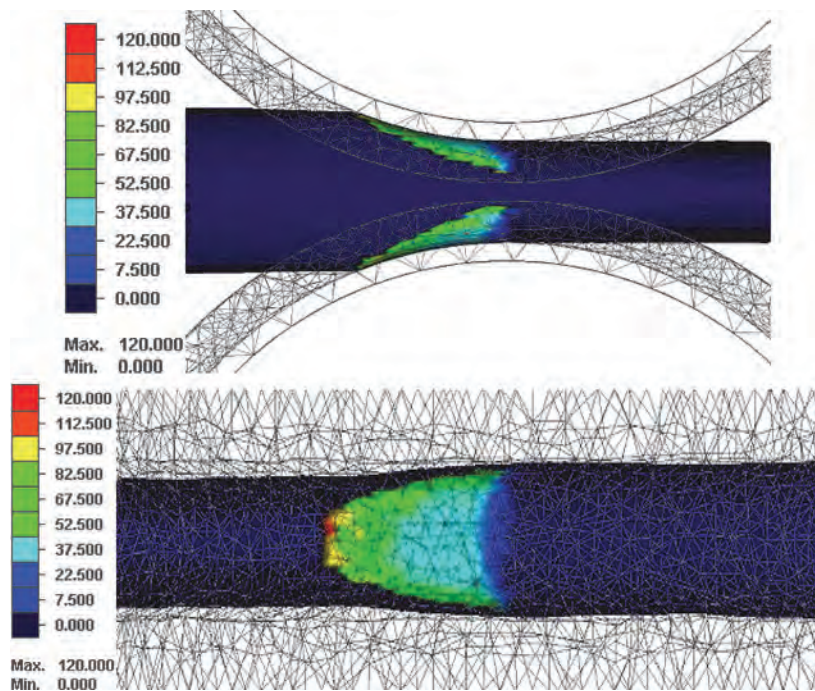


Рис. 2. Распределение контактных напряжений трения в прокатываемой полосе в круглом калибре

тизном производстве. Далее проанализируем контактные напряжения трения прокатываемой полосы и определим места калибра, наиболее подверженные износу.

Из рис. 2 видно, что напряжение трения в прокатываемой полосе сконцентрировано в центре калибра. Следовательно, повышенный износ (выработка) будет именно в центре калибра. Для подтверждения адекватности разработанной математической модели прокатки проведем визуальный анализ путем сравнения поверхности выработанных комплектов валком клетки № 7–8 с результатом моделирования.

На рис. 3 показаны места наибольшего контактного давления по результатам моделирования и поверхность прокатной шайбы клетки № 8 после выработки.

Из анализа результатов моделирования по контактному давлению на калибры прокатных шайб и напряжению трения прокатываемой полосы следует, что наибольшие места износа (выработки) приходятся на дно калибра (рис. 3). Если сопоставить данные моделирования с реальными условиями, то видно, что сетка разгара на прокатных шайбах, применяемых на стане 150, располагается именно по траектории участка наибольшего износа, выявленного с помощью математической модели.

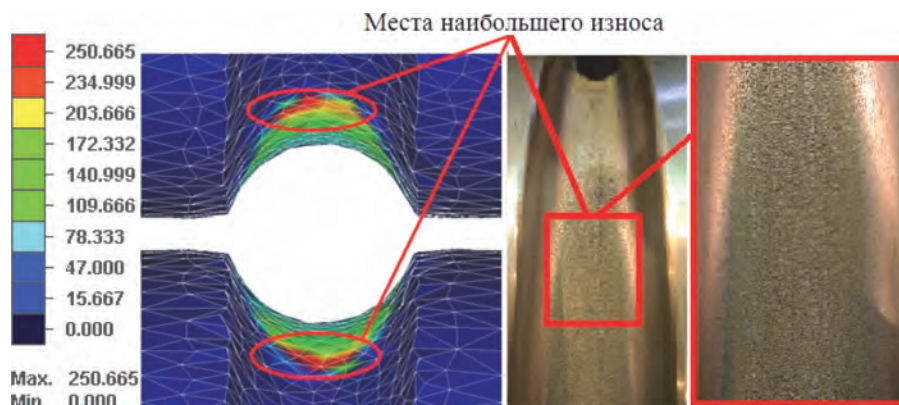


Рис. 3. Контактное давление на прокатный калибр клетки № 8 (круг)

В табл. 1 приведены энергосиловые и скоростные параметры базового процесса прокатки в системе калибровки овал – круг и результаты моделирования.

Таблица 1. Энергосиловые и скоростные параметры базового процесса прокатки

| Калибровка | Параметр | N , кВт | M , кН·м | P , кН | n , об/мин | v , м/с |
|-------------------------------------|-----------|-----------|------------|----------|--------------|-----------|
| Овал-круг (базовый процесс) | 7-я клеть | 238 | 45,9 | 436 | 31,28 | 1,23 |
| | 8-я клеть | 221 | 34,1 | 315 | 40,63 | 1,56 |
| Овал-круг (смоделированный процесс) | 7-я клеть | 231 | 42,3 | 430 | 32,58 | 1,21 |
| | 8-я клеть | 224 | 31,8 | 312 | 41,43 | 1,54 |

Данные энергосиловых и скоростных параметров при прокатке в системе калибровки овал – круг соответствуют реальному процессу прокатки на стане 150.

Вследствие совпадения данных математического моделирования с реальными данными процесса прокатки можно сделать вывод, что математическая модель является адекватной, соответствующей реальным условиям прокатки катанки диаметром 5,5 мм относительно рассматриваемого процесса прокатки в 7/8 прокатной клетки.

Используя данные энергосиловых параметров прокатки, калибровку и геометрические размеры подката, соответствующие процессу прокатки катанки диаметром 5,5 мм на стане 150 применительно к 7/8 прокатной клетки, была построена адекватная численная модель процесса прокатки в системе калибровки овал–ребровый овал.

В табл. 2 приведены энергосиловые и скоростные параметры процесса прокатки катанки применительно к 7/8 прокатной клетки для калибровки овал – ребровый овал.

Таблица 2. Энергосиловые и скоростные параметры процесса прокатки

| Калибровка | Параметр | N , кВт | M , кН·м | P , кН | n , об/мин | v , м/с |
|--------------------|-----------|-----------|------------|----------|--------------|-----------|
| Овал–ребровый овал | 7-я клеть | 211 | 38,9 | 405 | 33,55 | 1,1 |
| | 8-я клеть | 178 | 24,5 | 204 | 45,01 | 1,4 |
| Овал–круг | 7-я клеть | 231 | 42,3 | 430 | 32,58 | 1,2 |
| | 8-я клеть | 224 | 31,8 | 312 | 41,43 | 1,5 |

Результаты численного моделирования напряженно-деформированного состояния системы калибровки овал–круг приведены на рис. 4.

По сравнению с распределением напряжений в круглом калибре системы калибровки овал–круг в ребровом овальном калибре градиент напряжений практически равномерно распределен по всей площади сечения. Данное явление связано с благоприятной формой калибра ребрового овала, позволяющей достигать более равномерного перемешивания прокатываемого металла и получать равномерную картину распределения напряжений по сечению.

По полученным результатам можно сделать следующие выводы: применение системы калибровки овал–ребровый овал позволяет достичь более равномерного распределения напряжений и температуры в прокатываемой полосе; получить более равномерную структуру металла, что повышает качество и механические характеристики проката; равномерное распределение напряжений способствует более рав-

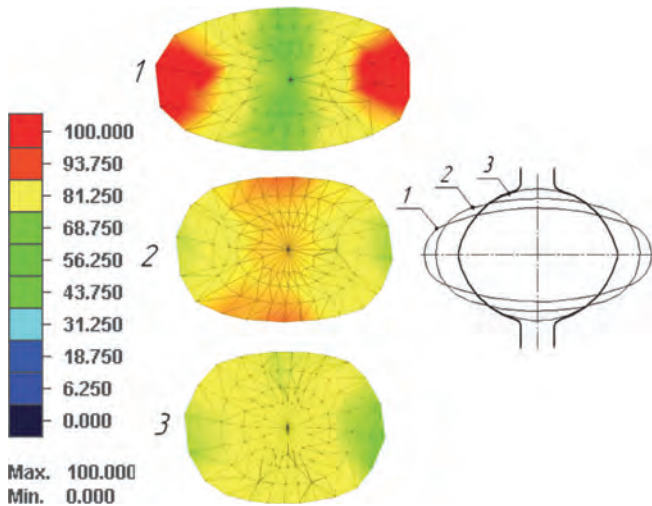


Рис. 4. Распределение напряжений в ребровом овальном калибре системы калибровки овал – ребровый овал

полосы при прокатке в системе калибровки овал–круг, а также по системе калибровки овал–ребровый овал, целесообразно применение системы калибровки овал–ребровый овал на стане 150 ОАО «БМЗ».

В соответствии со схемой базовой калибровки (овал – круг) на редуционно-калибровочном блоке используется сочетание калибров (овал–круг–круг–круг), представленное на рис. 6.

Предлагаемая калибровка (овал – ребровый овал) может быть использована на последних проходах прокатки и редуционно-калибровочном блоке (рис. 7).

номерному износу калибра валков, что позволяет увеличить срок их службы.

Рассмотрим пластическую деформацию в круглом и ребровом овальном калибре по трем продольным сечениям прокатываемой полосы.

Результаты численного моделирования заготовки после прокатки приведены на рис. 5.

Из рисунка видно, что пластическая деформация при прокатке в круглом калибре имеет неоднородный характер, присутствуют участки более интенсивного течения металла; пластическая деформация в ребровом овальном калибре имеет более равномерное распределение, что видно по градиенту пластической деформации в продольном сечении. Исходя из этого, можно судить о более равномерной структуре и свойствах по сечению проката.

Проанализировав результаты моделирования по напряженно-деформированному состоянию

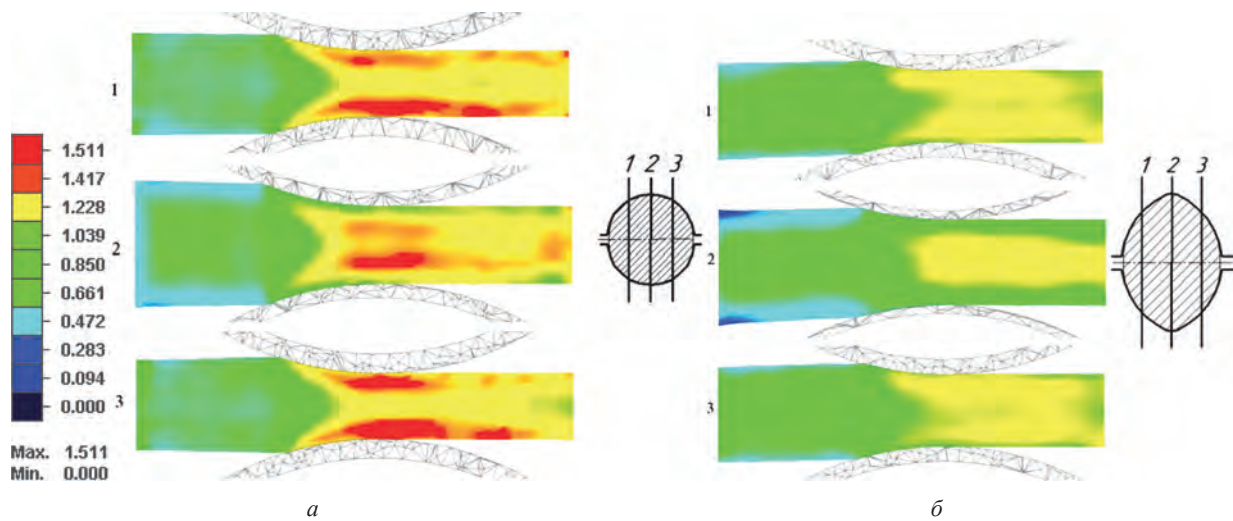


Рис. 5. Пластическая деформация по трем продольным сечениям прокатываемой полосы в круглом (а) и ребровом овальном (б) калибре

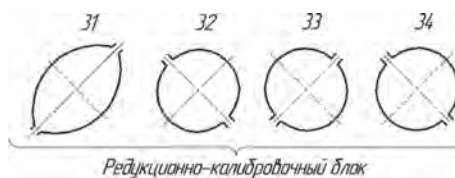


Рис. 6. Схема калибровки последних четырех проходов прокатки катанки диаметром 5,5 мм (базовая калибровка)



Рис. 7. Схема калибровки последних шести проходов прокатки катанки диаметром 5,5 мм (предлагаемый вариант)

Данное сочетание калибров позволит положительно воздействовать на окончательное формирование однородности структуры и механических свойств готового проката.

Вывод

Анализ математического моделирования доказывает, что применение калибровки овал – ребровой овал благодаря равномерности деформации по ширине овального калибра ребровой овальной полосы, а также вследствие более равномерной деформации в ребровом овальном калибре позволит получать не только повышенное качество поверхности, но и равномерную структуру по сечению проката на микроуровне.

Литература

1. Харитонов В. А., Таранин И. В. Направления развития калибровок валков для прокатки заготовки под волочение // Калибровочное бюро. 2014. Вып. 3. С. 34–51.
2. Эффективность деформации сортовых профилей / С. А. Тулупов, Г. С. Гун, В. Д. Онискив, В. А. Курдюмова, К. Л. Раджуевич. М.: Металлургия, 1990. 280 с.
3. Совершенствование существующих технологических схем прокатки на основе оптимизации форм калибров с целью повышения качества сортовой продукции / С. А. Левандовский, А. Б. Моллер, Д. В. Назаров, А. А. Зайцев // Моделирование и развитие процессов обработки металлов давлением: Сб. науч. тр. / Под ред. В. М. Салганика. Магнитогорск: МГТУ, 2006. С. 129–137.
4. Кинзин Д. И. Оптимизация формы вытяжных калибров // Калибровочное бюро. 2013. Вып. 1. С. 20–28.

References

1. Haritonov V. A., Taranin I. V. Napravlenija razvitija kalibrovok valkov dlja prokatki zagotovki pod volochenie [Areas of calibration rolls for rolling a blank drawing]. *Kalibrovochnoe bjuro = Calibration Bureau*, 2014, vyp. 3, pp. 34–51.
2. Tulupov S. A., Gun G. S., Oniskiv V. D., Kurdjumova V. A., Radjukevich K. L. *Jefferktivnost' deformacii sortovyh profilej* [The effectiveness of the deformation section bars]. Moscow, Metallurgija Publ., 1990, 280 p.
3. Levandovskij S. A., Moller A. B., Nazarov D. V., Zajcev A. A. Sovershenstvovanie sushhestvujushhijh tehnologicheskijh shem prokatki na osnove optimizacii form kalibrov s cel'ju povyshenija kachestva sortovoj produkcii [Improvement of existing technological rolling schemes on the basis of optimization of forms caliber in order to improve the quality of long products]. *Modelirovanie i razvitie processov obrabotki metallov davleniem: Sb. nauch. tr.* Pod red. V. M. Salganika. Magnitogorsk, MG TU, 2006, pp.129–137.
4. Kinzin D. I. Optimizacija formy vytjazhnyh kalibrov [Shape optimization of exhaust calibers.]. *Kalibrovochnoe bjuro = Calibration Bureau*, 2013, vyp. 1, pp.20–28.