

СПОСОБЫ ОПТИМИЗАЦИИ ФОРМЫ ЧИСТОВЫХ КАЛИБРОВ РЕДУКЦИОННО-КАЛИБРОВОЧНОГО БЛОКА С ЦЕЛЬЮ УВЕЛИЧЕНИЯ ТОЧНОСТИ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ РАЗМЕРОВ КОНЕЧНОГО ПРОФИЛЯ

*И. А. ЗУЕВ¹, инженер-технолог 2-й категории лаборатории прокатного производства
исследовательского центра – отраслевой лаборатории технологий
металлургического и сталепроволочного производств, zuyeu-ivan@rambler.ru;*

*А. В. СТРЕЛЬЧЕНКО¹, инженер-технолог лаборатории прокатного производства исследовательского
центра – отраслевой лаборатории технологий металлургического и сталепроволочного производств;*

*Ю. Л. БОБАРИКИН², канд. техн. наук, заведующий кафедрой
“Металлургия и технологии обработки материалов”, kaf_metallurgy@gstu.by*

*(¹ ОАО “Белорусский металлургический завод – управляющая компания холдинга “Белорусская
металлургическая компания”, Республика Беларусь, г. Жлобин; ² Гомельский государственный технический
университет им. П. О. Сухого, Республика Беларусь, г. Гомель)*

Аннотация. Точность размеров сечения горячекатаного проката является одним из главных показателей качества и, наряду с прочностными и структурными характеристиками металла, определяет качество и конкурентоспособность горячекатаного проката. Повышение точности прокатки позволяет производить прокат в минусовом поле допуска и экономить металл за счет снижения массы погонного метра профиля. Это возможно только при прокатке в точно рассчитанных чистовых калибрах, выполненных с учетом заданной точности прокатки и с выпусками оптимальной формы. Выполнен анализ эффективности применения калибровки овал – круг с применением трехрадиусного построения круглых калибров редуционно-калибровочного блока проволочного прокатного стана при производстве катанки диам. 5,5 мм. Разработана численная модель прокатки катанки диам. 5,5 мм на мелкосортно-проволочном прокатном стане по базовой калибровке овал – круг. Для изучения геометрических размеров катанки диам. 5,5 мм, произведенной на стане 150 с использованием базовой калибровки (овал – круг), были отобраны образцы стали 80К. Отбор осуществлялся с начала и конца бунта. На основе данных энергосиловых и скоростных параметров реального процесса прокатки была построена математическая модель прокатки катанки диам. 5,5 мм с использованием базовой калибровки (овал – круг). Осуществлена оптимизация формы чистовых калибров мелкосортно-проволочного стана 150 с целью увеличения точности геометрических размеров конечного профиля. Осуществлен анализ эффективности применения многорадиусной нарезки прокатных калибров чистовой группы клетей при производстве катанки диам. 5,5 мм.

Ключевые слова: производство катанки, проволочный стан, редуционно-калибровочный блок, чистовой калибр, калибровка овал – круг.

Ссылка для цитирования. Зуев И.А., Стрельченко А.В., Бобарикин Ю.Л. Способы оптимизации формы чистовых калибров редуционно-калибровочного блока с целью увеличения точности геометрических размеров конечного профиля // Черная металлургия. Бюллетень научно-технической и экономической информации. 2019. Т. 75. № 2. С. 222–226.

Doi: 10.32339/0135-5910-2019-2-222-226

METHODS OF REDUCING-SIZING BLOCK FINISHING PASSES FORM OPTIMIZATION AIMED AT ACCURACY IMPROVING OF FINISHED PROFILE GEOMETRIC DIMENSIONS

*I. A. ZUEV¹, engineer-technologist of 2nd category, laboratory of rolling production,
Research Center – industry laboratory of metallurgical and wire production, zuyeu-ivan@rambler.ru;*

*A. V. STREL'CHENKO¹, engineer-technologist, laboratory of rolling production,
Research Center – industry laboratory of metallurgical and wire production;*

*YU. L. BOBARIKIN², PhD (Tech), Head of Dpt “Metallurgy and technologies
of materials forming”, kaf_metallurgy@gstu.by*

*(¹ OJSC “Belorussky steel-works” – managing company of holding
“Belorusskaya metallurgicheskaya kompaniya”, Republic of Belarus’, Zhlobin;
² Gomel’ State Technical University after P.O. Sukhoj, Republic of Belarus’, Gomel’)*

Abstract. Accuracy of hot-rolled products dimensions is one of main indices of quality and along with strength and structure metal characteristics, determines quality and competitiveness of the hot-rolled products. Increase of rolling accuracy enables to make the rolled products in “minus” area of tolerance and to save metal at the expense of a profile running metre mass decreasing. It is possible only at rolling in accurately calculated finishing passes, manufactured according to adjusted rolling accuracy and with outlets of optimal form. Analysis of calibration efficiency application accomplished, the calibration being of “oval–circle” version

with application of three-radius construction of reducing-sizing block round passes of wire rod rolling mill at production of 5.5 mm diameter wire rod. A numeral model elaborated for production of 5.5 mm diameter wire rod at a wire-rod mill using a base sizing “oval-circle”. To study geometric dimensions of 5.5 mm diameter wire rod, manufactured at 150 mill with application of “oval-circle” base sizing, samples of 80K steel were collected. The selection was done out of the head and of the tail of a coil. Based on energy-power data and speed parameters of a real rolling process, a mathematic model of 5.5 mm diameter wire rod rolling with application “oval-circle” base sizing was constructed. Wire rod mill 150 finishing gages form optimization was accomplished aimed at an increase of geometric dimensions of final profile accuracy. Analysis of efficiency of multi-radius cutting of finishing stands rolling passes was done for production of 5.5 mm diameter wire rod.

Key words: wire rod production, wire mill, reducing-sizing block, finishing gage, oval-circle calibration.

For citation. Zuev I.A., Strel'chenko A.V., Bobarikin Yu.L. Methods of reducing-sizing block finishing passes form optimization aimed at accuracy improving of finished profile geometric dimensions. *Chernaya metallurgiya. Byulleten' nauchno-tekhnicheskoi i ekonomicheskoi informatsii = Ferrous metallurgy. Bulletin of scientific, technical and economic information*, 2019, vol. 75, no. 2, pp. 222–226. (In Russ.).

Doi: 10.32339/0135-5910-2019-2-222-226

Точность размеров сечения горячекатаного проката является одним из главных показателей качества и, наряду с прочностными и структурными характеристиками металла, определяет качество и конкурентоспособность горячекатаного проката. Повышение точности прокатки позволяет производить прокат в минусовом поле допуска и экономить металл за счет снижения массы погонного метра профиля. В настоящее время в связи с удорожанием энергоносителей особенно актуальным стало повышение точности проката, предназначенного для дальнейшего передела. Использование точного проката для переработки волочением, калибровкой, высадкой позволяет подобрать горячекатаный прокат с размерами, близкими к размерам калиброванного проката, и благодаря этому снизить затраты на передел за счет уменьшения обжатий при калибровке и волочении.

Однако, как показал анализ, достижение указанной точности размеров горячекатаного проката возможно только при прокатке в точно рассчитанных чистовых калибрах, выполненных с учетом заданной точности прокатки и с выпусками оптимальной формы.

Особенностью горячей прокатки круглых профилей является заметное отличие размеров и формы калибра от размеров и формы готового профиля как вследствие температурного расширения, так и в связи с тем, что круглые калибры должны иметь горизонтальный диаметр (замеренный по ширине калибра) несколько больший, чем вертикальный диаметр (замеренный по дну калибра). Это вызвано тем, что если калибр будет иметь форму правильного круга, то даже небольшое переполнение калибра металлом, связанное с изменяющимися технологическими условиями, может привести к образованию “лампы” или “уса”, что является браковочным признаком. Поэтому с целью предотвращения подобных явлений круглые калибры необходимо выполнять с развалом (или выпуском), представляющим собой дополнительную площадь сечения калибра на участке, прилегающем к разъему валков, способную вместить тот или иной объем смещенного в поперечном направ-

лении металла и снизить возможность образования “лампы” или “уса”. Для выполнения такой роли выпуск должен быть достаточно объемным (иметь простор на уширение) и в то же время при полном заполнении калибра металлом не выводить профиль за пределы заданного плюсового допуска соответствующего класса точности. Такое двойственное назначение выпуска требует точного определения формы и размеров выпуска [1].

Исходя из указанной проблематики улучшения качественных характеристик горячекатаного проката катанки и увеличения результативности производства, целью работы является достижение более высокой точности размеров сечения горячекатаной катанки на основе выявления и использования количественных связей между калибровкой прокатных валков редуционно-калибровочного блока и геометрическими характеристиками профиля.

В данной работе анализируется эффективность применения калибровки овал – круг с построением трехрадиусных круглых калибров редуционно-калибровочного блока проволочного прокатного стана при производстве катанки диам. 5,5 мм.

Указанная в данной работе цель реализуется путем решения следующих задач:

1. Изучение геометрических размеров катанки диам. 5,5 мм, получаемой при прокатке с применением на редуционно-калибровочном блоке системы калибровки овал – круг с построением однорадиусных круглых калибров с прямыми выпусками (базовая калибровка) (рис. 1, б).

2. Разработка адекватной численной модели прокатки катанки диам. 5,5 мм на мелкосортно-проволочном прокатном стане по базовой калибровке овал – круг.

3. Исследование с помощью адекватной численной модели процесса прокатки катанки диам. 5,5 мм с применением на редуционно-калибровочном блоке системы калибровки овал – круг с построением трехрадиусных круглых калибров, позволяющих исключить прямые выпуски калибра (проектная калибровка).

4. Сравнительный анализ полученных результатов.

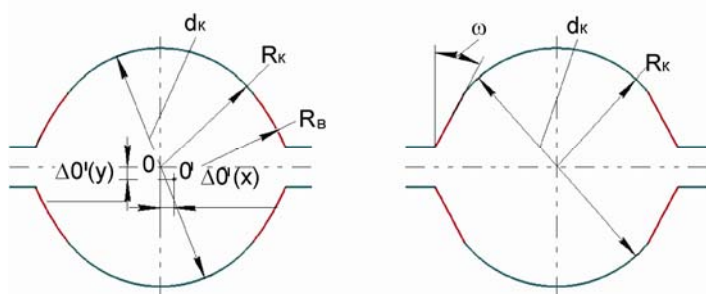


Рис. 1. Схема построения круглых калибров проектной (а) и базовой (б) калибровки:

dk — катающий диаметр; R_k — радиус калибра;
 R_v — радиус выпуска; $\Delta 0'(x)$ — смещение центра дуги выпуска относительно оси x ; $\Delta 0'(y)$ — смещение центра дуги выпуска относительно оси y ;
 ω — угол выпуска калибра

Fig. 1. Diagram of construction of design (a) and base (b) sizing round passes:

dk — rolling diameter; R_k — pass radius; R_v — outlet diameter; $\Delta 0'(x)$ — outlet curve center shifting relating x axis; $\Delta 0'(y)$ — outlet curve center shifting relating y axis; ω — pass outlet angle

Для изучения геометрических размеров катанки диам. 5,5 мм, произведенной на стане 150 с использованием базовой калибровки (овал – круг), были отобраны образцы стали 80К. Отбор осуществлялся от начала и конца бунта. На ос-

нове данных энергосиловых и скоростных параметров реального процесса прокатки была построена математическая модель прокатки катанки диам. 5,5 мм с использованием базовой калибровки (овал – круг) (рис. 2) [2].

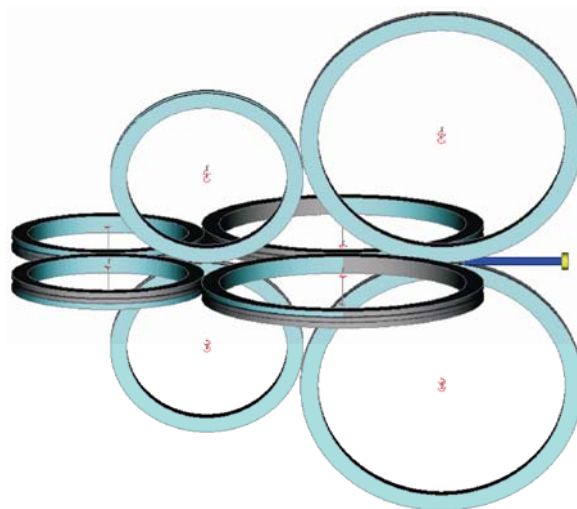


Рис. 2. Трехмерная математическая модель процесса прокатки

Fig. 2. 3-dimensional mathematical model of rolling process

Усредненные результаты фактических геометрических размеров профиля, измеренные в лабораторных условиях, а также полученные в результате моделирования, представлены в табл. 1.

ТАБЛИЦА 1. ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ РАЗМЕРЫ КАТАНКИ ДИАМ. 5,5 мм, ПОЛУЧЕННОЙ ПРИ ПРОКАТКЕ В СИСТЕМЕ КАЛИБРОВКИ ОВАЛ – КРУГ С ПРИМЕНЕНИЕМ БАЗОВОЙ КАЛИБРОВКИ ВАЛКОВ РЕДУКЦИОННО-КАЛИБРОВОЧНОГО БЛОКА

TABLE 1. GEOMETRICAL DIMENSIONS OF 5.5 mm DIAMETER WIRE ROD, PRODUCED BY THE ROLLING PROCESS IN OVAL-CIRCLE SIZING SYSTEM WITH APPLICATION OF REDUCING-SIZING BLOCK ROLLERS BASE SIZING

Номинальный диаметр, мм	Система калибровки	Минимальный диаметр, мм	Максимальный диаметр, мм	Максимальная овальность, мм
5,5	Овал – круг (базовый процесс)	5,370	5,677	0,30
	Овал – круг (результаты моделирования)	5,399	5,686	0,29

Анализ результатов табл. 1 показал, что адекватность математической модели составила 96,6 %, таким образом можно сделать вывод, что результаты моделирования соответствуют реальному процессу прокатки катанки диам. 5,5 мм на стане 150 [2].

На основе адекватной численной модели процесса прокатки построена математическая модель прокатки катанки по системе калибровки

овал – круг с построением трехрадиусных круглых калибров (см. рис. 1, а). С использованием полученной модели осуществлен многократный процесс моделирования прокатки катанки диам. 5,5 мм в системе калибровки овал – круг. Полученный в результате моделирования конечный профиль катанки диам. 5,5 мм был исследован по показателю точности геометрических размеров с учетом допуска (5,5±0,2) мм (рис. 3).

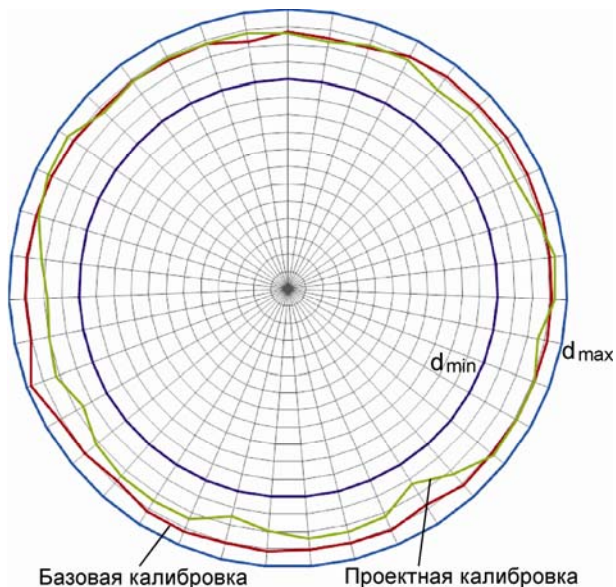


Рис. 3. Схема поперечного сечения катанки с построением фактической геометрии профиля, полученного по двум различным в построении калибровкам с указанием предельных допусков на геометрические размеры

Fig. 3. Diagram of wire rod cross section with construction of actual profile geometry, obtained by two different in construction sizing with nomination of maximum tolerances for geometric dimensions

ТАБЛИЦА 2. ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ РАЗМЕРЫ КАТАНКИ ДИАМ. 5,5 мм, ПОЛУЧЕННОЙ В РЕЗУЛЬТАТЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССА ПРОКАТКИ В СИСТЕМЕ КАЛИБРОВКИ ОВАЛ – КРУГ С ПОСТРОЕНИЕМ ТРЕХРАДИУСНЫХ КРУГЛЫХ КАЛИБРОВ

TABLE 2. GEOMERICAL DIMENSIONS OF 5.5 mm DIAMETER WIRE ROD, PRODUCED AS A RESULT OF ROLLING PROCESS SIMULATION IN THE OVAL-CIRCLE PASSES SYSTEM WITH CONSTRUCTION OF 3-RADIUS ROUND PASSES

Номинальный диаметр, мм	Система калибровки	Минимальный диаметр, мм	Максимальный диаметр, мм	Максимальная овальность, мм
5,5	Овал – круг (базовый процесс)	5,370	5,677	0,30
	Овал – круг (результаты моделирования)	5,399	5,686	0,29
	Овал – круг (проектная калибровка)	5,428	5,638	0,21

Вывод

Анализ математического моделирования показывает, что применение калибровки овал – круг с построением трехрадиусных круглых калибров на последних проходах прокатки способ-

ствует получению готового профиля проката с наименьшими отклонениями геометрических размеров в пределах размерного допуска и, как следствие, минимальной овальности профиля.

Результаты исследования точности геометрических размеров катанки diam. 5,5 мм, полученной в результате моделирования в системе калибровки овал – круг с построением трехрадиусных круглых калибров редуционно-калибровочного блока, позволяющих исключить прямые выпуски калибра, представлены в табл. 2.

Из табл. 2 видно, что точность геометрических размеров катанки, полученной в результате моделирования процесса прокатки в проектной системе калибров овал – круг, значительно выше по сравнению с геометрическими показателями катанки, получаемой при прокатке в системе калибровки овал – круг с применением базовой калибровки валков редуционно-калибровочного блока.

Анализ результатов, представленных в табл. 2, показал, что точность геометрических размеров катанки, полученной в результате моделирования процесса прокатки в системе калибровки овал – круг с построением трехрадиусных круглых калибров, значительно выше геометрических показателей катанки, получаемой при процессе прокатки в системе калибровки овал – круг с построением однорадиусных круглых калибров с прямыми выпусками.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Биба В.И., Олейник В.А. Разработка универсальной калибровки валков для прокатки круглых профилей высокой точности // Фундаментальные и прикладные проблемы черной металлургии: сб. научн. тр. — Днепропетровск, 2009. № 20. С. 174–187.
2. Зуев И.А., Бобарикин Ю.Л. Способы повышения качественных показателей проката мелкосортно-проволочного стана 150 ОАО “БМЗ – управляющая компания холдинга “БМК” // Литье и металлургия. 2017. № 3. С. 24–26.

Поступила 9 ноября 2018 г.

REFERENCES

1. Biba V.I., Olejnik V.A. *Razrabotka universal'noi kalibrovki valkov dlya prokatki kruglykh profilei vysokoi tochnosti* [Elaboration of universal rollers sizing for round profiles rolling with a high accuracy]. *Trudy IChM "Fundamental'nye i prikladnye problemy chernoi metallurgii"* [Proc. of the IHM "Fundamental and applied problems of ferrous metallurgy"]. Dnepropetrovsk, 2009, no. 20, pp. 174–187.
2. Zuev I.A., Bobarikin Yu.L. Methods of quality indices increasing at OJSC "BMZ – managing company of "BMK" holding 150 wire rod mill rolling. *Lit'e i metallurgiya*, 2017, no. 3, pp. 24–26. (In Russ.).

Received November 9, 2018