

Таким образом, на основе новых дополнительных параметров описания линий калибра [2], получены аналитические зависимости геометрических параметров изменения круглой заготовки при формировании профиля арматурной проволоки для предварительно напряженных железобетонных шпал в калибре со смещенными парами роликов с минимальным количеством допусшений. Это позволяет более корректно провести дискретизацию очага деформации, что обеспечит не только повышение точности расчетов при определении энергосиловых параметров формоизменения заготовки, но и вычисление распределения напряжений в очаге деформации металла [4].

Список литературы

1. Славин В.С., Норец А.И., Бричко А.Г. Клетки-волоки для получения калиброванного проката: монография. Магнитогорск: МаГУ, 2012. 180 с.
2. Славин В.С. Выбор параметров для описания очага деформации, образованного произвольным количеством роликов // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова, 2009. №4(28). С. 34-35.
3. Славин В.С., Бричко А.Г. Методика описания геометрии калибра при волочении арматурной проволоки в волоке со смещенными парами роликов // Механическое оборудование металлургических заводов: межрегион. сб. науч. тр. / под ред. Корчунова А.Г. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2012. С. 56-61.
4. Славин В.С., Бричко А.Г. Выбор деформирующего оборудования на основе силового анализа, обеспечивающего повышение качества холоднотянутой арматурной проволоки для предварительно напряженных железобетонных шпал // Фундаментальные и прикладные проблемы науки: материалы VII Междунар. симпозиума. М.: РАН, 2012. С. 43-54.

INFORMATION ABOUT THE PAPER IN ENGLISH

METHODS OF ANALYTICAL DESCRIPTION OF DEFORMATION ZONE GEOMETRY DURING REINFORCEMENT WIRE-DRAWING IN THE GROOVE WITH OFFSET ROLLERS PAIRS

Slavin V.S., Brichko A.G.

**Abstract.** Drawing in rollers becomes more and more popular in using technologies for manufacturing of shaped sections and round cold-drawn reinforcement wire. But determination of energy and power parameters is rather complicated because of analytical description of groove lines and its changing deformation zone length. At work, based on new additional parameters, such as the geometrical groove centre (GGC) and the roller nominal diameter, the equation of round deformation during reinforcement wire-drawing in the groove with offset rollers pairs was gotten.

**Keywords:** drawing, rollers, roller nominal diameter, groove with offset rollers pairs, deformation zone, groove lines.

References

1. Slavin V.S., Norets A.I., Brichko A.G. *Kletki-voloki dlja poluchenija kalibrovannogo prokata: monografija*. [Rollers for manufacturing of shaped sections: Monography]. Magnitogorsk: MaSU, 2012. 180 p.
2. Slavin V.S. Vybora parametrov dlja opisaniya ochaga deformacii, obrazovannogo proizvol'nym kolichestvom rolkov. [Choice of parameters describing deformation zone formed by arbitrary number of rolls]. *Vestnik*

*Magnitogorskogo gosudarstvennogo tehniceskogo universiteta im. G.I. Nosova*. [Vestnik Magnitogorsk state technical university named after G.I. Nosov]. 2009, no.4(28), pp. 34-35

3. Slavin V.S., Brichko A.G. Metodika opisaniya geometrii kalibra pri volochenii armaturnoj provoloki v voloke so smeshhennymi parami rolkov. [Description methodology of caliber geometry during reinforcement wire drawing in the offset roller pairs groove]. *Mehanicheskoe oborudovanie metal-lurgicheskikh zavodov: mezhhregion. sb. nauch. tr. / pod red. Korchnova A.G.* [Mechanical equipment for iron and steel works: edited by A.G. Korchnov]. Magnitogorsk: published by Magnitogorsk State University named after G.I. Nosov, 2012, pp. 56-61.
4. Slavin V.S., Brichko A.G. Vybora deformirujushhego oborudovaniya na osnove silovogo analiza, obespechivajushhego povyshenie kachestva holodnotjanutoj armaturnoj provoloki dlja predvaritel'no naprjazhennyh zhelezobetonnyh shpal. [Power analysis for the choice of forming equipment providing high quality of round cold-drawn reinforcement wire for prestressed concrete sleepers]. *Fundamental'nye i prikladnye problemy nauki: materialy VII Mezhdunar. simpoziuma*. [Fundamental and applied problems of science. Papers of the VII International Symposium]. Moscow: RAN, 2012, vol.2, pp. 43-54.

УДК 621.771.23

Найзабеков А.Б., Талмазан В.А., Ержанов А.С.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ВЫКАТЫВАЕМОСТИ ПОВЕРХНОСТНЫХ ДЕФЕКТОВ ПОЛОС ТИПА «НАКОЛ» ПРИ ХОЛОДНОЙ ПРОКАТКЕ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЭВМ

**Аннотация.** Интенсивное развитие производства требует от листопрокатного производства выпуска тонкого высококачественного листа, предназначенного для изготовления различных деталей и оборудования. Листы, помимо оптимальной структуры и требуемых механических свойств, должны обладать высоким качеством поверхности.

Своевременное выявление поверхностных дефектов исключает попадание брака на последующие операции, а также позволяет определить возможность образования брака, его причину и принять меры по предотвращению образования дефекта.

В данной работе приведены результаты исследований о возможности улучшения качества поверхности холоднотянутой полосы за счет повышения выкатываемости поверхностных дефектов типа «накол» при помощи ЭВМ.

**Ключевые слова:** поверхностный дефект, регрессионная модель, холодная прокатка, метод конечных элементов, выкатываемость, исследование, прокатный стан, формоизменение, относительная глубина дефекта, коэффициент трения, рабочий валок, суммарное обжатие, напряженное состояние, координатная сетка, моделирование.

Экспериментальное моделирование промышленных процессов прокатки полосы с дефектами является трудоемким процессом. В значительной степени применение ЭВМ облегчает процесс моделирования.

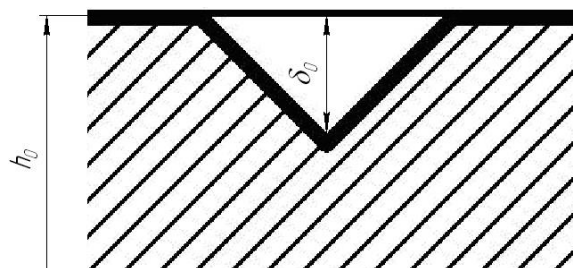
В настоящей работе проведено моделирование процесса холодной прокатки полос с поверхностными дефектами типа «накол» при помощи специализированного программного комплекса «DeForm3D».

Смоделирован процесс формоизменения объемных поверхностных дефектов типа «накол» при холодной прокатке полос на непрерывном пятиклетевом стане 1700. С целью увеличения точности расчетов и согласно сортаменту стана 1700 смоделирована область (50×100 мм) вязкопластичной полосы толщиной 4,5 мм. Дефекты наносились в виде углублений на поверхности полосы.

Материал рабочих валков принимали сплошным, несжимаемым диаметром 600 мм. Материал полосы – сталь 08кп. На полосе смоделированы три поверхностных дефекта конической формы (рис. 1) с различной начальной относительной глубиной  $\delta_0/h_0$ .

По результатам исследования работ [1-5] на практике поверхностные дефекты встречаются с относительной глубиной  $\delta_0/h_0 = 0,37$ . В связи с расширением области исследования принято увеличить на 7% предельную относительную глубину поверхностного дефекта. Таким образом, начальные относительные глубины дефектов варьировали в пределах 10-44% от толщины полосы. Исследования проводили при постоянной скорости прокатки. С целью сниже-

ния времени расчетов на полосу задали оптимальную координатную сетку (100 тысяч элементов). Коэффициент трения принимали равным 0,03 и 0,07. Формоизменение поверхностных дефектов с различной начальной относительной глубиной  $\delta_0/h_0$ , прокатанных с разными суммарными обжатиями  $\epsilon_\Sigma$  и при разных коэффициентах трения  $f$ , приведены в таблице.



$h_0$  – толщина полосы, мм;  $\delta_0$  – глубина дефекта, мм

Рис. 1. Профиль поперечного сечения полосы с дефектом конической формы типа «накол»

Формоизменение поверхностных дефектов

Начальная относительная глубина дефекта $\delta_0/h_0$	Начальный вид дефекта	Коэффициент трения	
		$f = 0,03$	$f = 0,07$
0,1		$\epsilon_\Sigma = 19,18\%$	
			дефект выкатан
		$\epsilon_\Sigma = 35,11\%$	
		дефект выкатан	дефект выкатан
0,23		$\epsilon_\Sigma = 19,18\%$	
		$\epsilon_\Sigma = 35,11\%$	
$\epsilon_\Sigma = 45,56\%$		дефект выкатан	дефект выкатан
0,44		$\epsilon_\Sigma = 19,18\%$	
		$\epsilon_\Sigma = 35,11\%$	
$\epsilon_\Sigma = 45,56\%$		дефект выкатан	дефект выкатан

Изменение ширины дефектов в процессе исследований не учитывалось.

Проведен анализ напряженного состояния внутренней части поверхностных дефектов. При этом в области дефектов выбирали точки, как показано на рис. 2. Далее проводили отслеживание напряженного состояния в данных точках (рис. 3).

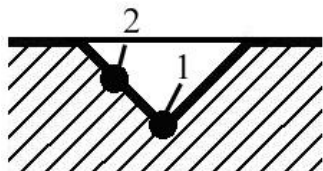


Рис. 2. Схема отслеживания напряжения в дефектах

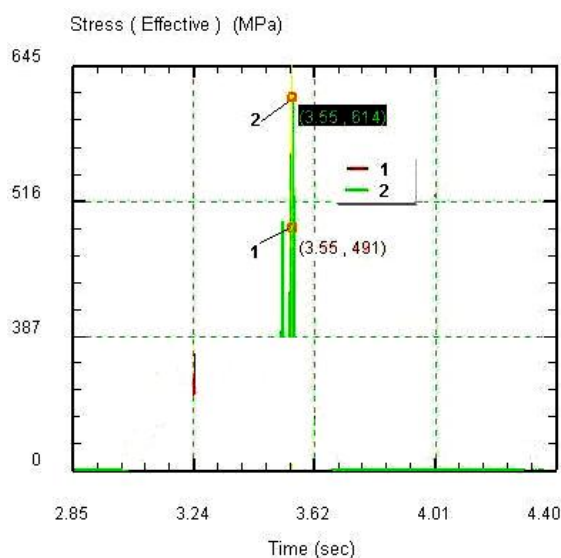


Рис. 3. Напряженное состояние в точках дефекта

На рис. 4 представлена зависимость относительной глубины дефекта типа «накол» от суммарного обжатия.

Анализ полученных данных показывает, что точки, расположенные на грани поперечного сечения объемного поверхностного дефекта типа «накол» (т. 2 на рис. 2), испытывают наибольшее напряжение по сравнению с точками в узлах граней (т. 1 на рис. 2). Относительно большая разность напряжений в т. 1 и 2 (см. рис. 3), составляющая 123 МПа, объясняется наличием своеобразного концентратора напряжений, что обусловлено геометрическим строением дефектов конической формы.

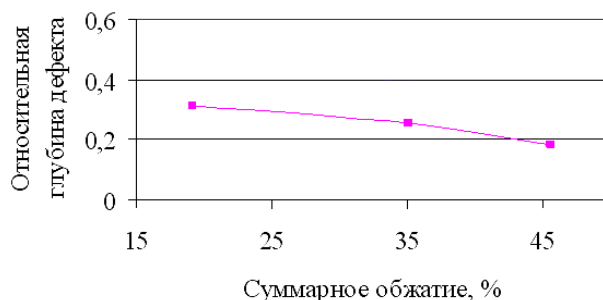


Рис. 4. Зависимость относительной глубины дефекта «накол» от суммарного обжатия

По данным моделирования корреляционно-регрессионным анализом определена модель, характеризующая влияние выкатываемости поверхностных дефектов от параметров прокатки.

$$\frac{d}{h} = -0,003 \cdot e - 0,4 \cdot f + 0,27. \quad (1)$$

Результаты таблицы, свидетельствуют о положительной роли внешнего трения на процесс формоизменения поверхностных дефектов. Внешние силы трения активизируют напряжения в точках, расположенных на гранях (т. 2 на рис. 2), тем самым увеличивают формоизменение дефекта. С увеличением сил трения усиливается процесс «выпучивания» донной части дефекта.

Выводы. Проведены математическое моделирование процесса холодной прокатки полосы с поверхностными дефектами типа «накол» и анализ напряженного состояния в зоне дефекта. Определена модель зависимости относительной глубины дефекта от параметров прокатки.

#### Список литературы

1. Зенченко Ф.И., Чернов П.П., Мазур В.Л. Предупреждение порывов при холодной прокатке полос // Прокатное производство. 1990. №3. С. 35-42.
2. Скороходов В.Н., Бармин Г.Ю., Чернов П.П. Выкатываемость дефектов поверхности при холодной прокатке и качество полосы // Сталь. 1991. №5. С. 45-48.
3. Зильберг Ю.В. Исследование закономерностей формоизменения поверхностных дефектов при прокатке // Сталь. 1997. №10. С. 44-46.
4. Зильберг Ю.В., Миленин А.А. Теоретическое и экспериментальное исследование формоизменения поверхностных впадин при прокатке // Изв. вузов. Черная металлургия. 1998. №11. С. 27-29.
5. Ершов В.Н. Исследование интенсивности выработки поверхностных дефектов металла при прокатке // Изв. вузов. Черная металлургия. 1985. №12. С. 48-50.

#### INFORMATION ABOUT THE PAPER IN ENGLISH

### SIMULATION BURNISHING OF SUPERFICIAL DEFECTS OF THE «PIN-HOLE» TYPE IN COLD ROLLING USING COMPUTERS

Naizabekov A.B., Talmazan V.A., Erzhanov A.S.

**Abstract.** Intensive development of production demands from sheet-rolling production of release of the thin high-quality leaf intended for manufacturing of various details and the equipment. Sheets besides optimum structure and demanded mechanical properties, should possess high quality of a surface.

Timely detection of superficial defects excludes marriage hit on the subsequent operations, and also allows to define in due time possibility

of formation of marriage, its reason and in due time to take measures for prevention of formation of defect.

Results of researches are given in this work about possibility of improvement of quality of a surface of a cold rolling strip at the expense of increase of a burnishing of superficial defects of the «pin-hole» type by means of the COMPUTER.

**Keywords:** surface defect, regression a sample piece, cold rolling,