

Проанализировав данные прокатки и результаты отобранных проб катанки по окалине каждого этапа, были сделаны следующие выводы:

– температура перед виткообразователем и проволочным блоком не влияет на получения пузырчатой окалины;

– температура редуционно-калибровочного блока (РКБ) оказывает влияние на получение «пузырчатой» окалины (минимально при температуре 970 °С).

По итогам исследовательской работы был разработан и внедрен в производственный процесс режим конца прокатки по контрольным точкам: виткообразователь (В/О), проволочный блок (П/Б), РКБ и рольганг охлаждения витков Стельмора (Ст₅₋₆), описанный в таблице.

Предложенные параметры конца прокатки катанки Ø 5,5 мм для стали 80 К, 80 РМЛ

Скорость прокатки, м/с	Температура подката катанки, °С				Вентиляторы	
	В/О	П/Б	РКБ	Ст ₅₋₆	Номер рабочих вентиляторов	Процент включения
От 76 до 80	Не более 970	980 ± 25	Не более 980	Не более 500	1–2	70
От 79 до 85					3–7	65
От 84 до 87					1–2	75
От 86 до 91					3–7	70
От 90 до 105						

Литература

1. Астапенко, И. В. Оборудование волочильных и канатных цехов: пособие по курсу «Оборудование метизных цехов» для студентов специальности 1-42 01 01 «Металлургическое производство и материалобработка (по направлениям)» направления специальности 1-42 01 01-02 «Металлургическое производство и материалобработка (материалобработка)» специализации 1-42 01 01-02 01 «Обработка материалов давлением» дневной и заочной форм обучения / И. В. Астапенко. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2018. – 55 с.
2. Савченко, С. А. Совершенствование технологического процесса горячей прокатки шарикоподшипниковых сталей в условиях стана 370/150 ОАО «БМЗ» УКХ «БМК» / С. А. Савченко // 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, 2019. – С. 282–285.
3. Совершенствование технологического процесса производства подшипниковых марок стали на стане 370/150 / В. С. Путеев [и др.] // Литье и металлургия. – 2021. – № 3. – С. 65–73.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИКИ РАСЧЕТА ДЕФОРМАЦИОННО-КИНЕМАТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПРОКАТКИ В ЧИСТОВОМ КАЛИБРЕ ПЕРИОДИЧЕСКОГО АРМАТУРНОГО ПРОФИЛЯ

Г. А. Слепнев

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

Научный руководитель канд. с.-х. наук, доц. И. В. Астапенко

Целью работы является усовершенствование методики расчета деформационно-кинематических параметров прокатки в чистовых клетях стана 320 с целью повышения качества продукции и снижения энергозатрат.

Поставленная цель достигается решением следующих задач:

- анализ деформационно-кинематических параметров прокатки арматурного профиля № 32 по данным калибровки и телеметрии стана 320;
- проведение аналитического и численного определения параметров прокатки для клетей № 13, 17, 18 по базовому технологическому процессу;
- определение численным экспериментом основных деформационных и кинематических параметров прокатки в калибрах исследуемых клетей для уточнения расчетных методик калибровки;
- совершенствование расчетной методики.

Объектом исследования в работе являются деформационно-кинематические параметры прокатки периодического арматурного профиля № 32 в прокатных клетях № 13, 17, 18 мелкосортного прокатного стана 320 ОАО «Белорусский металлургический завод».

Непрерывный мелкосортный стан 320 предназначен для производства сортового и фасонного проката. Главная линия стана включает в себя черновую группу (8 клетей), промежуточную группу (6 клетей) и чистовую группу (6 клетей) [1].

В табл. 1 представлены размеры валков и прокатываемой полосы, а также параметры прокатки в клетях № 13, 17, 18 в соответствии с действующим технологическим процессом.

Таблица 1

Исходные данные телеметрии работы стана и таблицы калибровки для исследования прокатки арматурного профиля № 32

Технологические параметры	Подкат из клетки № 12	Клеть № 13	Клеть № 17	Клеть № 18
Диаметр валков (факт.) D_b , мм	–	293	305	277
Площадь сечения полосы F_i , мм ²	1730	1380	1120	832
Высота полосы h_i , мм	25,20	42,50	27,50	№ 32
Ширина полосы b_i , мм	56,60	50	45,30	
Число оборотов привода для действующего технологического процесса (факт.) n_i , об/мин	–	577	629	717
Коэффициент трения (расчет) f	–	0,202	0,202	0,202
Температура полосы на выходе из клетки № 12 (расчет) T_0 , °C	999,464			
Скорость движения толкателя $v_{та}$, м/с	4,10			

Применяемые методики для аналитического определения параметров прокатки, как правило, используют упрощенное представление очага деформации и адаптирующие коэффициенты, полученные экспериментально для конкретных условий. Это приводит к существенным погрешностям расчета [1].

Для корректного определения деформационно-кинематических параметров процесса прокатки периодического арматурного профиля проведены 2 численных эксперимента с разной скоростью прокатки (10 %) в программном пакете Simufact-Forming 16 с наложением на подкат из клетки № 12 сетки конечных элементов с размером ячейки 1,4 мм по методике, изложенной в [4]. Другие параметры процесса не

менялись. Используя полученные результаты, мы предложили следующую методику расчета основных деформационно-кинематических параметров прокатки.

Катающий диаметр D_{ki} и опережение S_{li} находим из следующей системы уравнений:

$$\left. \begin{aligned} V_{li}^1 - \frac{\pi \cdot D_{ki} \cdot n_i^1 \cdot (1 + S_{li}^1)}{60} &= 0, \\ V_{li}^2 - \frac{\pi \cdot D_{ki} \cdot n_i^2 \cdot (1 + S_{li}^2)}{60} &= 0, \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

где V_{li}^1, V_{li}^2 – скорость движения полосы на выходе из i -й клетки в 1-м и 2-м экспериментах соответственно, м/с; n_i^1, n_i^2 – частота вращения валков в i -й клетки в 1-м и 2-м экспериментах соответственно, об/мин.

Угол прокатки α_i , и отставание S_{oi} находим из следующей системы уравнений:

$$\left. \begin{aligned} V_{oi}^1 - \frac{\pi \cdot D_{ki} \cdot n_i^1 \cdot \cos(\alpha_i) \cdot (1 + S_{oi}^1)}{60} &= 0, \\ V_{oi}^2 - \frac{\pi \cdot D_{ki} \cdot n_i^2 \cdot \cos(\alpha_i) \cdot (1 + S_{oi}^2)}{60} &= 0, \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

где V_{oi}^1, V_{oi}^2 – скорость движения полосы на выходе из i -й клетки в 1-м и 2-м экспериментах соответственно, м/с.

Коэффициент вытяжки λ_i находим по формуле

$$\lambda_i = \frac{V_{li}^1}{V_{oi}^1}. \quad (3)$$

Длину дуги прокатки L_{di} выразим через угол прокатки α по общепринятой формуле (1).

Плечо прокатки a_i выразим через отношение момента M_i к усилию прокатки P_i по формуле

$$a_i = \frac{M_i}{P_i}. \quad (4)$$

Коэффициент плеча прокатки ψ определяем по формуле

$$\psi_i = \frac{a_i}{L_{di}}. \quad (5)$$

В результате численного моделирования определили параметры очага деформации путем построения геометрии и расчета площадей в программном пакете Компас 3D. Результаты аналитического расчета и численного эксперимента представлены в табл. 2.

Результаты исследования

Геометрические параметры прокатки полосы		Клеть № 13	Клеть № 17	Клеть № 18
Высота полосы H , мм	до прокатки H_0	56,60	40,37	45,15
	после прокатки H_1	42,50	30,50	31,00
Ширина полосы B , мм	до прокатки B_0	35,20	42,50	30,50
	после прокатки B_1	40,37	45,15	33,60
Длина очага деформации L , мм	$L_{\text{расч}}$	44,80	35,55	43,07
	$L_{\text{конт}}$	46,92	35,97	47,93
Угол прокатки α , град	расчет	19,23	15,12	19,26
	модель	19,28	15,04	18,92
Длина дуги прокатки L_d , мм	расчет	42,02	37,90	42,55
	модель	41,90	37,61	42,85
Площадь контактной поверхности F_K , мм ²	расчет	1266,35	1335,24	1050,95
	модель	1281,55	1075,55	1376,07
Площадь поперечного сечения раската S_n , мм ²	расчет	1380	1145	832
	модель	1373,56	1142,13	841,28
Катающий диаметр валков D_{K_i} , мм	расчет	250,43	287,22	253,16
	модель	249,0679	286,6542	259,5554
Опережение S_{1i}	модель	0,0371	0,0353	0,0423
Отставание S_{0i}	модель	0,1130	0,1018	0,2016
Коэффициент вытяжки λ	расчет	1,254	1,205	1,376
	модель	1,2386	1,1935	1,3799
Момент прокатки M , кНм	расчет	7,76	7,94	7,43
	модель	4,05	3,12	3,62
Усилие прокатки P , кН	расчет	185,36	210,67	175,84
	модель	174,90	157,52	161,52
Мощность прокатки W , кВт	расчет	288,97	340,18	454,58
	модель	157,78	127,71	221,48
Коэффициент плеча ψ	расчет	0,498	0,497	0,496
	модель	0,552	0,527	0,523
Плечо прокатки a , мм	расчет по модели	23,14	19,81	22,41

Литература

1. Астапенко, И. В. Оборудование прокатных цехов : практикум по выполнению лаборатор. работ для студентов специальности 1-42 01 01 «Металлургическое производство и материалобработка (по направлениям)» направления 1-42 01 01-01 «Металлургическое производство и материалобработка (металлургия)» специализации 1-42 01 01-02 01 «Обработка металлов давлением» днев. и заоч. форм обучения / И. В. Астапенко. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2015. – 47 с.
2. 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, Гомель, 22–23 апр. 2021 г. : в 2 ч. / М-во образования Респ. Беларусь, Гомел. гос. техн. ун-т им. П. О. Сухого ; под общ. ред. А. А. Бойко. – Гомель. – Ч. 1. – С. 93–97.

3. 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. / М-во образования Респ. Беларусь, Гомел. гос. техн. ун-т им. П. О. Сухого, орг. о-ва «Знание»; под общ. ред. В. В. Кириенко. – Гомель, 2021. – С. 250–253.
4. 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 // 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, 2018. – С. 178–182.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВРАЩЕНИЯ ВОЛОКИ НА ДИНАМИКУ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ И ПОВЫШЕНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРИ ВОЛОЧЕНИИ СТАЛИ

В. А. Петрусевич

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

Научный руководитель канд. с.-х. наук, доц. И. В. Астапенко

Целью работы является исследование влияния частоты вращения волоки на динамику пластической деформации и повышение механических характеристик при волочении стали в 1-м проходе стана UDZSA 2500/6.

Поставленная цель достигается решением следующих задач:

- 1) разработка базовой численной модели процесса волочения на первом переходе без использования вращающейся волоки по технологическим параметрам стана UDZSA 2500/6;
- 2) анализ полученных результатов моделирования, сопоставление данных с реальным процессом. Вывод по адекватности разработанной модели;
- 3) проведение 4-х численных экспериментов процесса волочения с использованием вращающейся волоки в первом проходе стана UDZSA 2500/6 с различной частотой вращения;
- 4) сравнительный анализ полученных результатов. Выводы.

Объектом исследования является технологический процесс волочения проволоки-заготовки шурупного производства на стане UDZSA 2500/6 магазинного типа цеха предварительного волочения ОАО «Речицкий метизный завод».

Для совершенствования технологического процесса было предложено применить в процессе волочения вращатели волок, позволяющие добиться [1], [2]:

- повышения ресурса волок;
- снижения энергозатрат;
- улучшения механических характеристик проволоки.

На первом и втором этапах исследований анализировалась эффективность применения вращателей 1-й и 6-й волок для стана UDZSA 2500/6 в соответствии с действующими режимами технологического процесса по следующим направлениям:

- температура контактной поверхности в очаге деформации;
- температура по сечению проволоки в очаге деформации;
- усилие волочения;
- распределение полей осевых, радиальных и тангенциальных напряжений на выходе из очага деформации по сечению проволоки;