

УДК 621.77.01

## **ОСОБЕННОСТИ ГОРЯЧЕЙ ПРОКАТКИ ВЫСОКИХ ПОЛОС В ЯЩИЧНОМ КАЛИБРЕ**

**И. В. Астапенко, Д. М. Васильков**

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

При горячей прокатке высоких полос в ящичных калибрах возникают характерные зоны очага деформации, отличные от прокатки на гладких валках. Они

вливают на характер и длительность стадий процесса прокатки, а также на формирование механических свойств полосы. Определение закономерностей геометрии очага деформации и длительности стадий горячей прокатки высоких полос позволит точно установить длину обрезки переднего и заднего концов раската после черновой группы клетей непрерывных станов и получать прокат с требуемыми механическими характеристиками без их изменения по длине проката.

Цель работы – с помощью исследования напряженно-деформированного состояния очага деформации горячей прокатки высоких полос в ящичном калибре определить зональность очага деформации и стадии прокатки с целью определения оптимальной длины обрезки концов раската после черновой группы клетей стана 370/150 ОАО «БМЗ».

Задачи исследования:

1. Провести численные эксперименты процесса горячей прокатки высокой полосы в ящичном калибре вертикальной клетки № 1 черновой группы в соответствии с технологическими условиями стана 370/150 ОАО «БМЗ» при характерном ряде обжатий.

2. Выполнить анализ полученных результатов численного моделирования и определить:

а) характер и параметры зон очага деформации;

б) стадии процесса прокатки и их длительность для определения длины концов полосы с нестабильными механическими характеристиками.

Для решения поставленных задач был применен способ численного моделирования методом конечных элементов. Построена численная модель прокатки в соответствии с действующей геометрией калибра (рис. 1) и технологическими режимами для клетки № 1 стана 370/150 при прокатке непрерывнолитой заготовки  $300 \times 250$ .

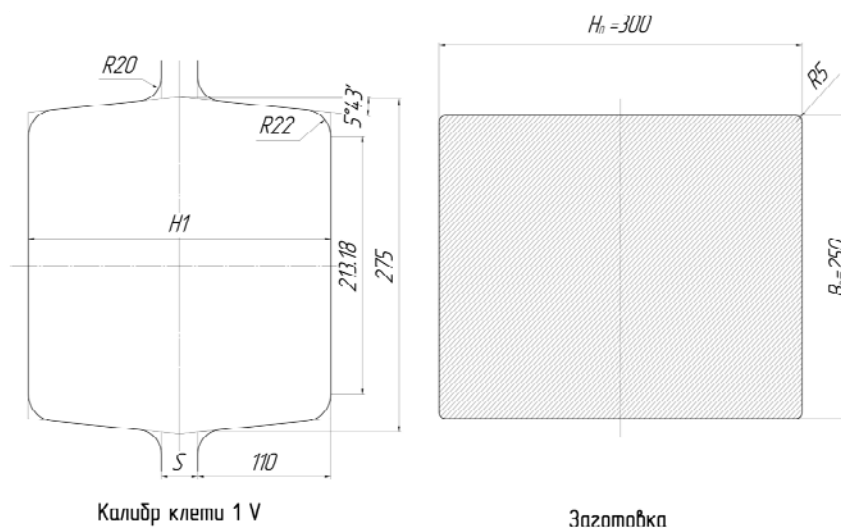


Рис. 1. Геометрия калибра клетки № 1V черновой группы стана 370/150 и размеры непрерывнолитой заготовки:  $H_1$  – изменяемая высота полосы, мм;  $S$  – изменяемый межвалковый зазор, мм

При прокатке высоких полос напряженно-деформированное состояние определяют не контактные напряжения трения, как при прокатке средних и тонких полос, а приконтактные внешние зоны [1]. Установившийся режим наступает после формирования переднего «жесткого конца» и заканчивается потерей устойчивых парамет-

ров задним концом. Ключевым параметром влияния на эти процессы является отношение длины дуги контакта к средней высоте полосы ( $l_d/H_{cp}$ ). Длина дуги контакта при прокатке высокой прямоугольной полосы в ящичном калибре – параметр условный, определяемый из соотношения и формы зон контактной поверхности (рис. 2).

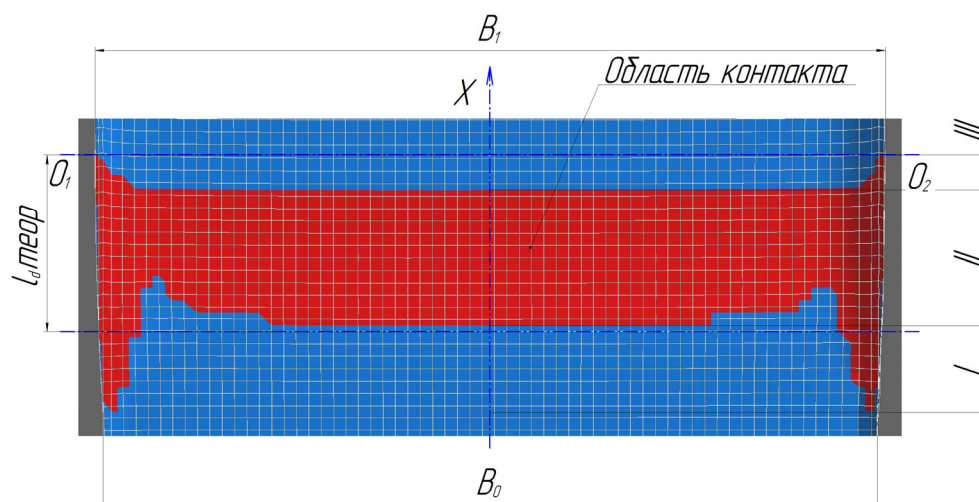


Рис. 2. Очаг деформации в калибре клетки № 1:  $O_1-O_2$  – плоскость осей валков;  $X$  – ось прокатки;  $B_0, B_1$  – исходная и конечная ширина полосы;  $I$  – зона контакта по выпускам калибра на входе в очаг деформации (ОД),  $II$  – зона одновременного контакта по выпуску и дну калибра,  $III$  – зона контакта по выпускам калибра на выходе из ОД;  $l_{d\text{теор}}$  – теоретическая длина дуги контакта

Для анализа влияния внешних зон были выполнены 8 численных экспериментов с соотношением  $l_d/H_{cp} = 0,1-0,7$ . Эта область соотношений соответствует условиям прокатки в черновой группе клеток стана 370/150 ОАО «БМЗ» и большинства других современных непрерывных мелкосортно-проволочных прокатных станов. Результаты численных экспериментов представлены в таблице.

### Параметры и результаты эксперимента

Параметр	Результаты эксперимента								
	1	2	3	4	5	6	7	8	
Конечная высота $H_1$ , мм	298	289,77	277,899	270,667	262,774	245,333	226,596	207,283	
Длина дуги прокатки $l_d$ , мм	по дну калибра	27,62	48,09	67,79	78,83	89,33	110,7	130	147,8
	по выпуску	68,89	88,71	117,7	126	139,4	157,6	176,6	192,1
Фактор формы ОД $l_{d\text{теор}}/H_{cp}$	0,1	0,2	0,3	0,35	0,4	0,5	0,6	0,7	
Усилие прокатки $P$ , кН	504,72	809,534	1207,22	1396,95	1592,85	1948,07	2271,56	2594,4	
Момент прокатки $M$ , кН · м	8738,1	33309,7	66767,8	86597,1	108440	157651	212230	273871	
Время до установившегося режима $t$ , с	2,1057	2,104	2,11914	2,09737	2,12869	2,10256	2,19385	2,18294	

## Секция 2. Современные материалы, наноматериалы в машиностроении 117

Для среднего и крайних значений фактора формы ОД ( $l_d/H_{cp} = 0,1; 0,35; 0,7$ ) был построен график зависимости усилия прокатки  $P$  (рис. 3). Он позволяет определить начало установившегося режима и длину переднего конца полосы с нестабильными механическими свойствами, подлежащего обрезке.

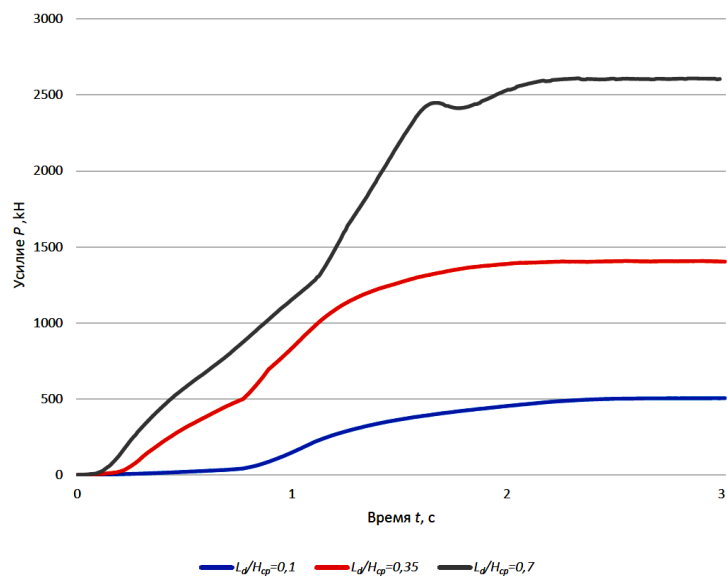


Рис. 3. Зависимость усилия прокатки  $P$  от времени прокатки для различных значений фактора формы ОД ( $l_d/H_{cp}$ )

Таким образом, независимо от фактора формы ОД ( $l_d/H_{cp}$ ) установившийся режим наступает после формирования переднего жесткого конца в одинаковом временном интервале (2,1–2,2 с) с момента начала контакта полосы с валками. Поскольку скорость прокатки для всех численных экспериментов одинакова и соответствует действующему технологическому процессу  $v_{п} = 0,16$  м/с, длина обрезки определяется расчетом по известным формулам с учетом опережения и отставания. Для заднего конца полосы зависимости аналогичны.

### Литература

1. Клименко, П. Л. Контактные напряжения при прокатке / П. Л. Клименко, В. Н. Данченко. – Днепропетровск : ПОРОГИ, 2007. – 285 с.