

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ОЧАГА ДЕФОРМАЦИИ  
ПОЛОСЫ ПРИ ПРОКАТКЕ В ВАЛКАХ С ЯЩИЧНЫМИ  
КАЛИБРАМИ ЧЕРНОВОЙ ГРУППЫ КЛЕТЕЙ  
СТАНА 370/150 ОАО «БМЗ»**

**Д. М. Васильков**

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

Научный руководитель И. В. Астапенко

Цель работы: определить параметры очага деформации при прокатке в ящичных калибрах клетей № 1–3 стана 370/150 с целью уточнения методики расчета калибровки.

Поставленная цель достигается решением следующих задач:

- аналитический расчет параметров прокатки;
- разработка численной модели прокатки в клетях № 1–3;
- анализ полученных результатов моделирования, сопоставление данных с реальным процессом; вывод по адекватности разработанной модели;
- исследование с помощью адекватной численной модели геометрии очага деформации в клетях № 1–3 черновой группы стана 370/150;
- выводы и рекомендации производству.

При расчете деформационно-кинематических и энергосиловых параметров процесса прокатки высоких полос с  $l_d / h_{cp} < 1$  в ящичных калибрах основным параметром влияния на напряженное состояние является не сила контактного трения, а внешние зоны (жесткие концы). Это приводит к ряду деформационных особенностей, не учитываемых в традиционных методиках расчета:

- высотной внеконтактной утяжке;
- деформации на выпусках калибров;
- двувыпуклому подъему металла на выпусках калибров.

Определить и учесть эти явления в методике расчетов параметров прокатки в ящичных калибрах и является целью исследования. Исследуемые параметры очага деформации показаны на рис. 1.

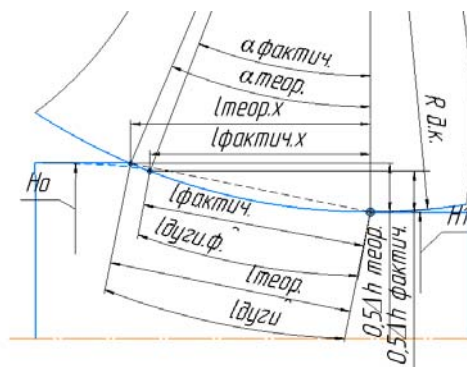


Рис. 1. Исследуемые параметры очага деформации

Исследования проводились в два этапа. На **первом этапе** были выполнены аналитические расчеты параметров очага деформации для прокатки в клетях № 1–3 с ящичными калибрами по известным методикам. Исходные данные для расчетов представлены в табл. 1. Результаты расчетов представлены в табл. 2.

Таблица 1

**Исходные данные для расчета параметров процесса прокатки в клетях № 1–3**

Параметры		Клеть № 1	Клеть № 2	Клеть № 3
Высота полосы, мм	до прокатки $H_0$	300	264,5	365
	после прокатки $H_1$	250	195	206,5
Ширина полосы, мм	до прокатки $B_0$	250	250	195
	после прокатки $B_1$	264,5	265	206,5

Окончание табл. 1

Параметры	Клеть № 1	Клеть № 2	Клеть №3
Диаметр бочки валка $D_{в}$ , мм	850	850	750
Диаметр валка по дну калибра валка $D_{д.к}$ , мм	630	685	568,5
Зазор между валками $S$ , мм	30	30	25

Расчет геометрических параметров выполнен по следующим классическим формулам:

$$\alpha = \sqrt{\frac{\Delta H}{R_k}}; L_{\text{хорды}} = \sqrt{\frac{\Delta H}{\frac{2}{D_k}}}; L_{\text{теор.х}} = \sqrt{\frac{\Delta H}{\frac{2}{D_k}} - \frac{\Delta H^2}{4}}; L_{\text{дуги}} = \alpha R_k.$$

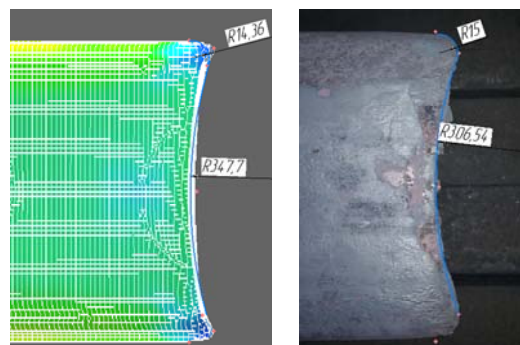
Таблица 2

### Результаты аналитического расчета параметров процесса прокатки в клетях № 1–3

Параметры		Клеть № 1	Клеть № 2	Клеть № 3
Проекция дуги на ось $x$ , мм		122,9	150,3	125,6
Длина хорды дуги, мм		125,5	154,29	128,9
Длина дуги, мм		125,5	154,3	128,9
Угол захвата $\alpha$ , мм	22,8	25,8	26,9	–
	19,6	24,53	23,18	–

На *втором этапе* выполнен численный эксперимент процесса прокатки в клетях № 1–3 с ящичными калибрами и сопоставление полученных результатов с натурными измерениями в условиях СПЦ-2 ОАО «БМЗ», по результатам которого анализировались следующие параметры очага деформации:

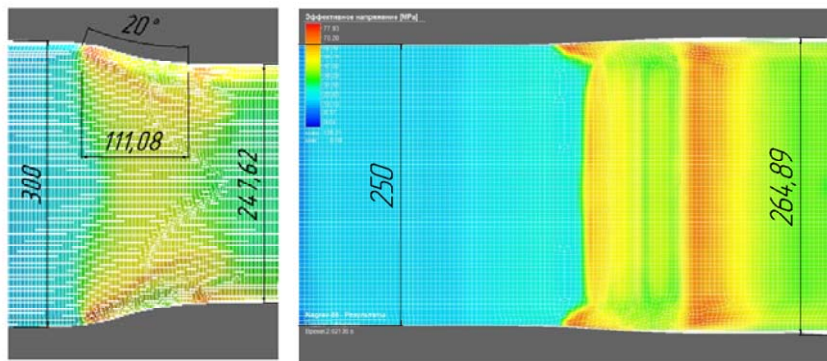
- форма и геометрия переднего конца недоката после клетки № 1 (рис. 2);
- форма и геометрия очага деформации в клетях клетки № 1–3 (рис. 3);
- энергосиловые параметры деформации в клетях клетки № 1–3 (рис. 4).



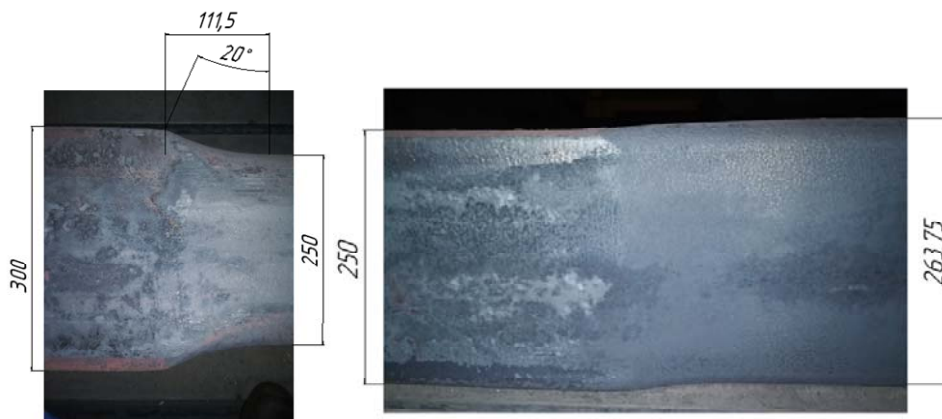
а)

б)

Рис. 2. Форма и геометрия переднего конца недоката после клетки № 1: а – по результатам моделирования; б – по результатам натурных измерений

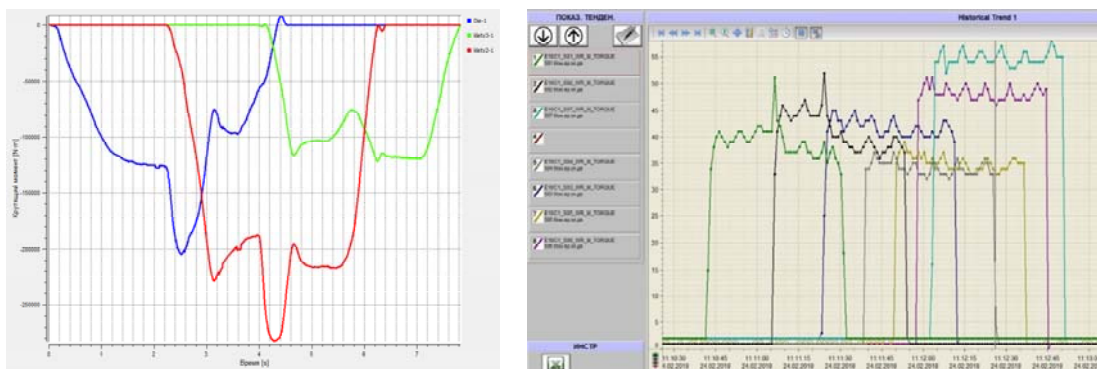


а)



б)

Рис. 3. Форма и геометрия очага деформации в клетях клетки № 1–3:  
а – по результатам моделирования; б – по результатам натуральных измерений



а)

б)

Рис. 4. Энергосиловые параметры деформации в клетях клетки № 1–3:  
а – по результатам моделирования; б – по результатам натуральных измерений

Величина высотной утяжки определялась по центру калибра и по краям по схеме на рис. 5. Полученные результаты представлены в табл. 3.

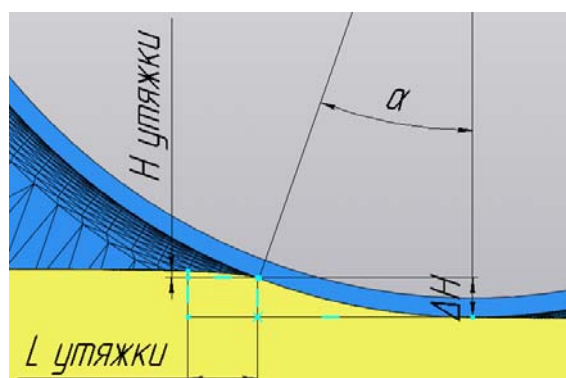


Рис. 5. Схема определения высотной утяжки в клетях № 1–3

Таблица 3

**Результаты численного эксперимента процесса  
прокатки в клетях № 1, 2, 3**

Параметры		Клеть № 1	Клеть № 2	Клеть № 3
Высота утяжки, мм,	по дну калибра	2,64	5,39	3,68
	по выпускам	3,12	2,38	2,01
Обжатие факт, мм	теоретическое	50	69,5	58,5
	фактическое	44	58,72	48,5
Длина очага деформации $L$ , мм	теоретическая	125,499	154,285	128,952
	фактическая	118,425	142,844	120,716
Угол прокатки $\alpha$ , град.	теоретический	22,83	25,81	25,99
	фактический	21,54	23,9	23,84
Площадь контакта $F_k$ , мм <sup>2</sup>	теоретическая	32890,554	26250,248	20089,956
	фактическая	21143,54/ –35,72 %	20681,284/ –21,22 %	14251,608 –29,06 %

Анализ полученных результатов позволяет сделать вывод о существенном (на 35 % и более) влиянии высотной утяжки и формоизменения полосы в предыдущих калибрах на фактические параметры очага деформации.

**Заключение**

1. Разработана адекватная численная модель процесса сортовой прокатки в клетях № 1–3 стана 370/150, которая позволяет определить точные параметры очага деформации.

2. Рассчитаны и проверены с помощью численной модели уточненные параметры очага деформации полосы в клетях № 1–3 стана 370/150 ОАО «БМЗ».