

## ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ТРАНСФОРМАЦИИ ПОВЕРХНОСТНЫХ ДЕФЕКТОВ ПРИ ПРОКАТКЕ СОРТОВЫХ ПРОФИЛЕЙ ПРОСТОЙ ФОРМЫ

Самсоненко А.А., Данченко В.Н. (НМетАУ, г. Днепропетровск)<sup>1</sup>,  
Миленин А.А. (ГМА, г. Краков, Польша),  
Ярошенко О.А. (ЗАО «Днепрспецсталь», г. Запорожье)

*Проведены исследования деформации поверхностного слоя металла при сортовой прокатке с использованием программного продукта Rolling3. Получены графики изменения глубины поверхностного слоя по стороне заготовки при прокатке в системе калибров «ромб – квадрат» и «овал - квадрат».*

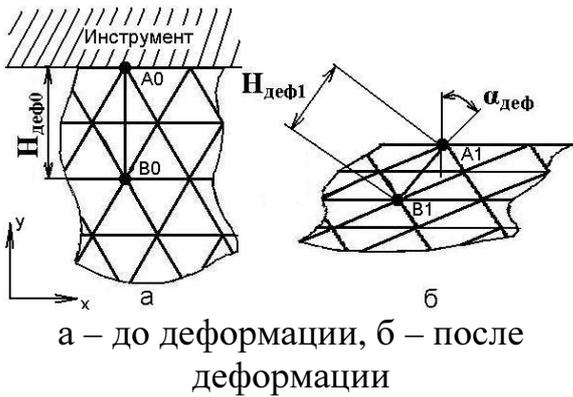
Состояние поверхности металла имеет важное значение для производства сортового проката простой формы из специальных сталей. Одним из главных показателей состояния поверхности является отсутствие поверхностных дефектов. Поскольку достичь получения проката без поверхностных дефектов, как правило, невозможно, то обычно производится механическое удаление поверхностного слоя металла в ходе отделки. Это приводит к снижению производительности стана и к повышению расходного коэффициента металла. Величина потерь металла определяется максимальной глубиной залегания дефектов. В связи с этим представляет интерес исследование влияния системы вытяжных калибров на трансформацию поверхностных дефектов [1, 2].

В данной работе рассмотрены дефекты поверхности проката, представляющие собой узкую (глубина значительно больше ширины) прямую трещину по длине раската: раскатанный пузырь, морщины, риска, закат и трещина напряжения [3, 4].

Исследование изменения глубины залегания поверхностных дефектов при прокатке проводилось с использованием программного продукта Rolling3<sup>2</sup>, предназначенного для расчета теплового, напряженного и деформированного состояния металла при прокатке [5]. Методика проведения исследований изложена в работе [6]: характер поведения поверхностных дефектов нами определяется косвенно на основании деформации отдельных элементов конечноэлементной сетки в поперечном сечении раската (рис. 1). Измерив расстояние между соответствующими узлами поперечного сечения раската после моделирования ( $H_{\text{деф1}}$ ) и определив угол поворота

<sup>1</sup> в выполнении работы принимал участие студент 5 курса НМетАУ Ремез О.А.

<sup>2</sup> автор программы – А.А. Миленин



а – до деформации, б – после деформации  
Рисунок 1 – Вид конечноэлементной сетки в поперечном сечении раската

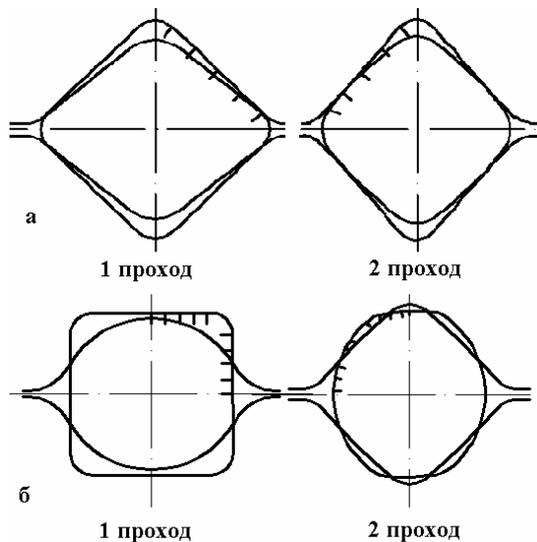


Рисунок 2 – Схема прокатки заготовки 135 x 135 в системе калибров «ромб - квадрат» (а) и «овал - квадрат» (б)

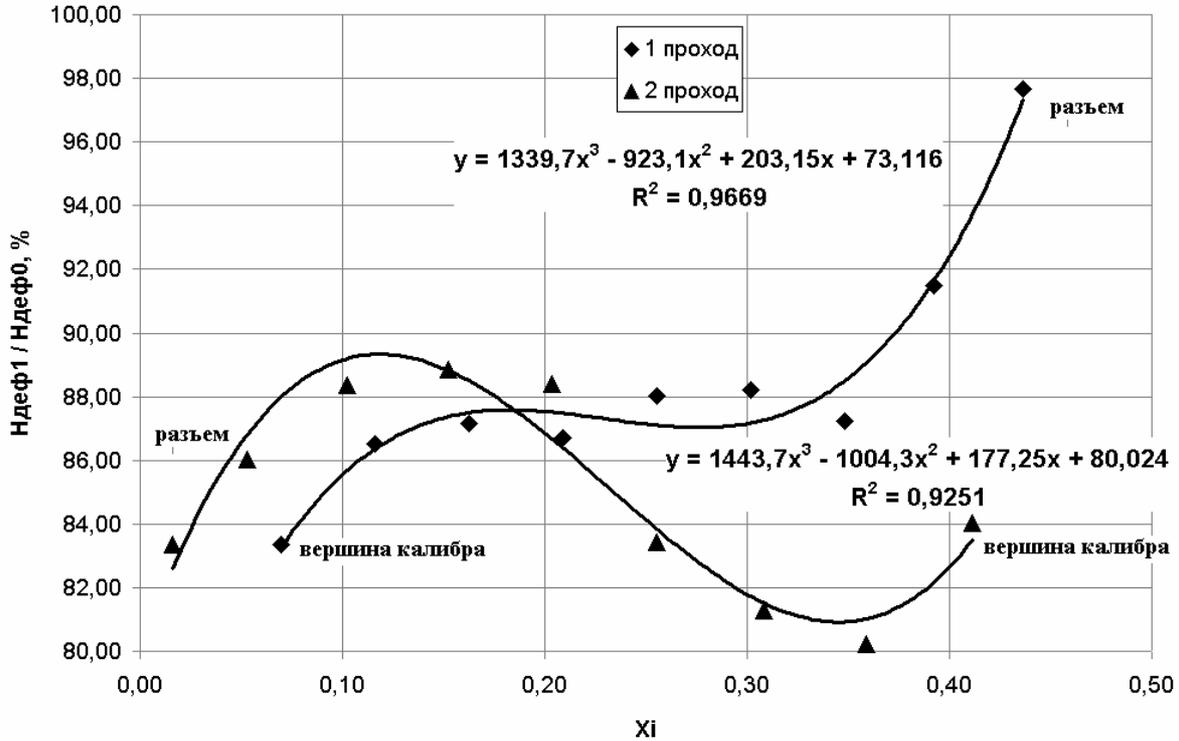
дефекта ( $\alpha_{\text{деф}}$ ), можно сделать вывод о деформации дефекта и глубине залегания дефекта после прокатки.

Проводились исследования двух систем вытяжных калибров: «ромб - квадрат» и «овал - квадрат». Схема прокатки приведена на рис. 2. Размеры калибров выбирались из условия равенства коэффициентов вытяжки по проходам для каждой системы:  $\lambda_{\text{р}} = \lambda_{\text{ов}} = 1,157$ ,  $\lambda_{\text{кв}} = 1,112$ ,  $\lambda_{\Sigma} = 1,287$ . Размеры поперечного сечения заготовки 135 x 135 мм. Конечный прокат 120 x 120 мм. Материал заготовки – сталь 4Х5МФС. Начальная температура – 1170 °С. Скорость прокатки во всех клетях 3,7 м/с. Диаметр валков по буртам – 630 мм. Глубина исследуемого слоя (глубина дефектов)  $H_0 = 2,79$  мм.

Исследование деформации поверхностного слоя в системе «ромб – квадрат» проводилось для одной стороны. Результаты приведены на рис. 3. После первого прохода максимальное изменение глубины слоя наблюдается в приконтактной области, минимальное – у разъема. По нашему мнению, это связано с более благоприятной схемой напряженного состояния у вершины калибра: по результатам моделирования напряжения сжатия у вершины превышают сопротивление деформации в три раза, а у разъема только на три процента. Во втором проходе, после кантовки, наблюдается аналогичная ситуация.

Исследование деформации поверхностного слоя в системе «овал – квадрат» проводилось для контактной и для боковой стороны (рис. 4). Как для контактной, так и для боковой грани наблюдается одинаковая картина: максимальная деформация поверхностного слоя в угловой части профиля и минимальная (а в некоторых случаях – и увеличение глубины) в середине профиля. Обращает на себя внимание минимальная деформация на контактной поверхности в середине калибра: анализ напряженного состояния в этой области показывает наличие растягивающих напряжений. Во вто-

ром проходе, после кантовки, происходит интенсивная деформация поверхностного слоя на контакте со стороной квадратного калибра и некоторое увеличение глубины на неконтактных участках.



**Рисунок 3** – Изменение глубины поверхностного слоя по стороне квадрата при прокатке в системе калибров «ромб - квадрат»

Полученные значения изменения глубины поверхностного слоя можно описать как функцию начального положения дефекта в виде полинома третьей степени:

$$\frac{Ндеф_1}{Ндеф_0} = A_3 \cdot x^3 + A_2 \cdot x^2 + A_1 \cdot x + A_0$$

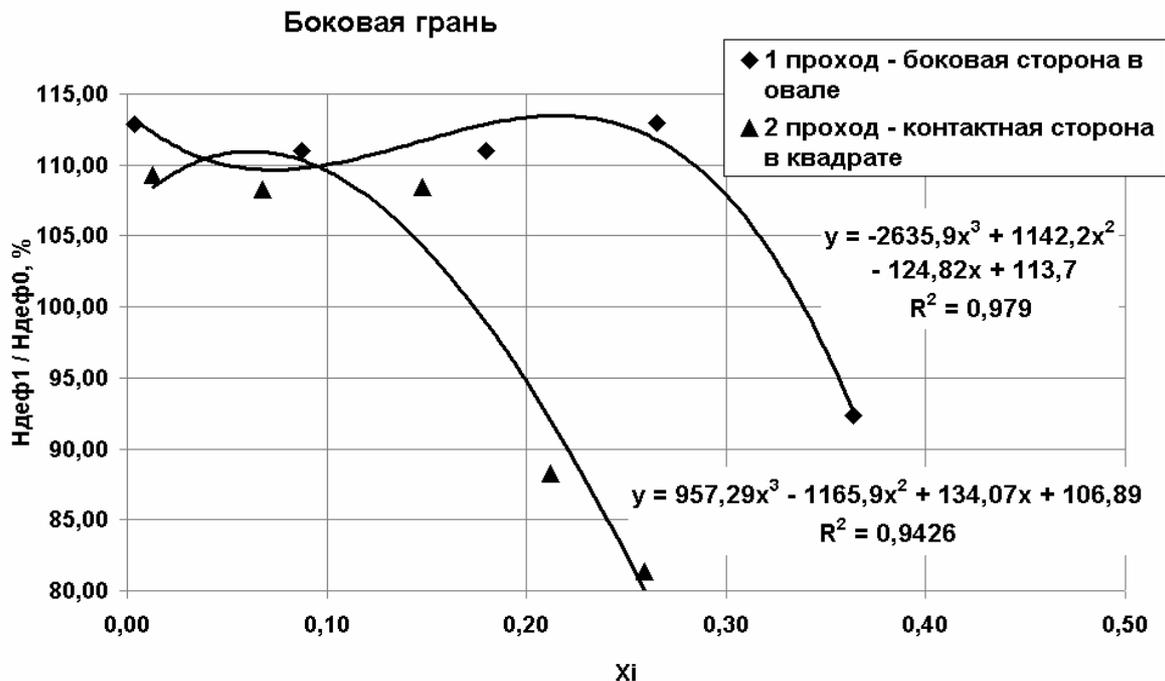
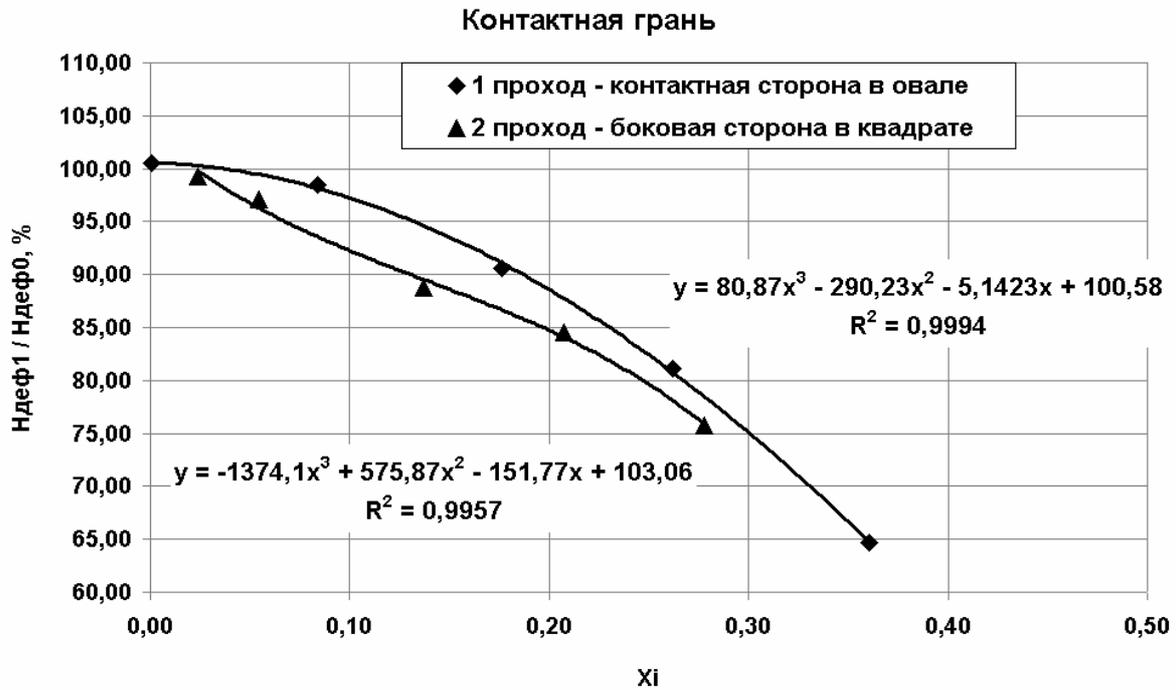
или

$$\frac{Ндеф_1}{Ндеф_0} = B_3 \cdot y^3 + B_2 \cdot y^2 + B_1 \cdot y + B_0,$$

где  $\frac{Ндеф_1}{Ндеф_0}$  — относительная глубина поверхностного слоя после деформации;  $A_3, A_2, A_1, A_0, B_3, B_2, B_1, B_0$  — коэффициенты уравнения, зависящие от параметров процесса прокатки. Уравнения и коэффициенты корреляции, полученные для условий рассматриваемых в статье, приведены на рис. 3 и 4.

Таким образом, для рассматриваемых систем калибров описание деформации поверхностного слоя по стороне раската возможно с использо-

ванием полинома третьей степени. Более благоприятные условия для уменьшения глубины поверхностных дефектов имеют место в системе «ромб - квадрат», поскольку деформация поверхностного слоя в ней распределена более равномерно по стороне раската.



**Рисунок 4** – Изменение глубины поверхностного слоя по стороне квадрата при прокатке в системе калибров «овал - квадрат»

Литература

1. Производство трубной заготовки / Чекмарев А.П., Машиковцев Р.А., Носенко О.П., Нозадзе А.Д., Рамишвили Ш.Д. – М.: Металлургия, 1970. – 304 с.
2. Юдович С.З., Канев М.С. Причины образования морщин на круглом профиле в крупносортном стане // Сталь №10
3. ГОСТ 21014 – 88 – Прокат черных металлов. Термины и определения дефектов поверхности.
4. Дефекты стальных слитков и проката. Справочник / В.В. Правосудович, В.П. Сокурченко, В.Н. Данченко, С.В. Кондратьев, Ю.А. Ключник, Е.Н. Панюшкин. – М.: Интермет Инжиниринг, 2006. – 384 с.
5. Миленин А.А. Проблемы разработки и применения трехмерных численных моделей для оптимизации процессов прокатки // Наукові вісті: сучасні проблеми металургії. – Т. 5. - Пластична деформація металів. – Дніпропетровськ: Системні технології, -2002. С. 36-46.
6. Самсоненко А.А. Численное моделирование трансформации поверхностных дефектов в процессе прокатки / А.А. Самсоненко, А.А. Миленин, И.К. Огинский, В.Н. Данченко// Удосконалення процесів і обладнання обробки тиском у металургії і машинобудуванні: тематич. зб. наук. праць. – Краматорськ: ДДМА. – 2007. – С. 62-66.

© Самсоненко А.А., Данченко В.Н., Миленин А.А.,  
Ярошенко О.А. 2008