

ВЛИЯНИЕ НЕРАВНОМЕРНОСТИ ДЕФОРМАЦИИ ПО ШИРИНЕ НА ТРАНСФОРМАЦИЮ ПОВЕРХНОСТНЫХ ДЕФЕКТОВ ПРИ ПРОКАТКЕ В КАЛИБРАХ

Ершов С.В., Мостипан Е.Е. (ДГТУ, г. Днепродзержинск)

Рассмотрены вопросы влияния обжатия, а так же формы и месторасположения поверхностных дефектов на их формоизменение при прокатке профиля со значительной неравномерностью обжатия по ширине полосы

Введение. Существующие зависимости для определения глубины поверхностных дефектов после их формоизменения в процессе прокатки, связывают параметры трансформации дефектов, в большинстве случаев, только с общей степенью деформации металла. Это затрудняет использование данных зависимостей при прогнозировании формоизменения поверхностных дефектов в случае прокатки в калибрах с большой неравномерностью деформации по ширине.

Состояние вопроса. Исследования Ю. М. Чижикова [1] и Ю.В. Зильберга [2, 3] позволили установить зависимость между параметрами технологии и геометрическими параметрами поверхностных дефектов. Однако эти работы не учитывают неравномерность течения металла в калибре при определении геометрических размеров дефекта после трансформации.

Поэтому были проведены несколько серий экспериментов по прокатке в разрезном калибре с целью определения влияния расположения искусственного дефекта на его формоизменение при деформации с большой неравномерностью обжатия по ширине [4, 5]. Для исследований была выбрана схема деформации в разрезном калибре, как наиболее ярко иллюстрирующая неравномерность деформации, поскольку здесь присутствуют зоны, как с большим, так и малым обжатием.

В работах [4, 5] изложены результаты исследований, когда дефекты наносились на поверхность образца в зоне, обжимаемой гребнем (рис. 1, позиция а) и зоне, где происходила утяжка высоты полосы (рис. 1, позиция б). Для полноты картины в данной работе рассмотрены случаи трансформации поверхностных дефектов, находящихся в зоне, где наблюдается эффект наплыва (рис. 1, позиция в).

Постановка задачи.

Выполнить экспериментальные исследования по прокатке в разрезном калибре для выявления закономерностей трансформации поверхностных дефектов, находящихся в зоне, где наблюдается эффект наплыва.

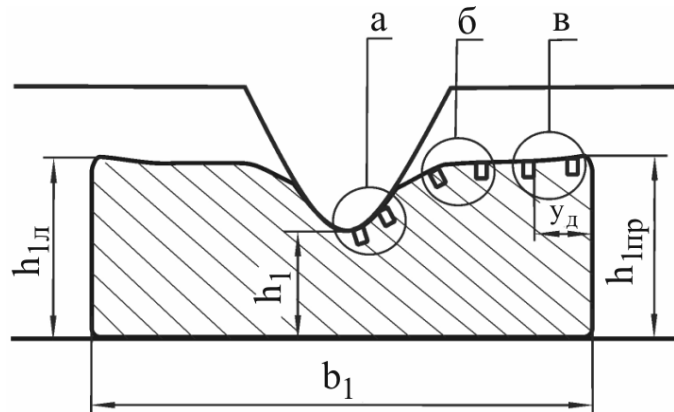


Рисунок 1 – Схема деформации прямоугольной полосы в разрезном калибре: а – расположение дефектов при значении фактора $m_3 = y_d/b_0 = 0,42-0,48$; б – тоже при $m_3 = y_d/b_0 = 0,23-0,35$; в – $m_3 = y_d/b_0 = 0,10-0,21$

Методика проведения экспериментальных исследований.

Исследования проводились на стане 300 прокатной лаборатории Днепродзержинского государственного технического университета. В качестве образцов использовались свинцовые заготовки сечением 20 x 40 мм, длиной 300 мм. Валки изготавливались из стали 45 без термической обработки.

Размеры искусственных дефектов до и после прокатки измерялись при помощи инструментального микроскопа с точностью $\pm 0,005$ мм. Статистический анализ производился при помощи программного пакета Statistica 6.

Схема обозначения размеров исходных дефектов представлена на рис. 2. После прокатки измерялись два параметра, характеризующие глубину дефекта: высоту правой $h_{1прд}$ и левой $h_{1лд}$ стенок дефекта, и два параметра, характеризующие ширину: ширину по дну $b_{1дн}$ и по верху дефекта b_v .

Для проведения исследования был составлен план эксперимента, позволяющий изучить влияние на течение металла трех факторов:

- коэффициента обжатия $m_1 = h_0/h_1 = 1,33 - 2,00$;
- коэффициента формы дефекта $m_2 = h_{0прд}/b_{0дн} = 1,0 - 2,0$;
- коэффициента положения дефекта $m_3 = y_d/b_0 = 0,10 - 0,20$,

где h_0, h_1 – начальная и конечная высота полосы;

$h_{0прд}, b_{0дн}$ – высота и ширина искусственного дефекта до деформации;

b_0 – начальная ширина полосы;

y_d – расстояние от правого края полосы до правой стенки дефекта.

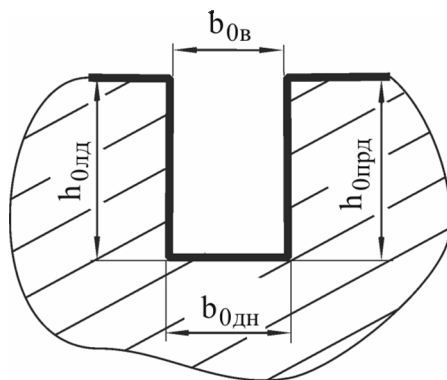


Рисунок 2 – Геометрические параметры дефекта до деформации

Условия опытов, размеры образцов и искусственных дефектов до и после прокатки представлены в табл. 1.

Таблица 1 – Условия и результаты исследования

| № | | | | Размеры полосы | | | | | |
|---|-------|-------|-------|----------------|---------------|---------------|------------------|-------------------|---------------|
| | m_1 | m_2 | m_3 | h_0 , мм | b_0 , мм | h_1 , мм | $h_{л.}$, мм | $h_{пр.}$, мм | b_1 , мм |
| 1 | 1,33 | 0,98 | 0,10 | 20,0 | 40,0 | 15,0 | 19,0 | 19,0 | 42,5 |
| 2 | 2,02 | 0,99 | 0,11 | 20,2 | 40,0 | 10,0 | 18,0 | 18,6 | 46,2 |
| 3 | 1,33 | 1,81 | 0,10 | 20,0 | 40,5 | 15,0 | 19,0 | 19,3 | 42,5 |
| 4 | 2,00 | 1,89 | 0,10 | 20,0 | 40,0 | 10,0 | 18,0 | 18,5 | 46,0 |
| 5 | 1,33 | 0,93 | 0,20 | 20,0 | 40,1 | 15,0 | 19,0 | 19,5 | 42,0 |
| 6 | 2,00 | 0,96 | 0,19 | 20,0 | 40,1 | 10,0 | 18,5 | 18,6 | 46,0 |
| 7 | 1,33 | 1,84 | 0,20 | 20,0 | 40,0 | 15,0 | 19,0 | 19,5 | 42,0 |
| 8 | 2,00 | 1,85 | 0,19 | 20,0 | 40,2 | 10,0 | 18,0 | 19,0 | 46,0 |

| Размеры искусственных дефектов | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------|-------------------|-------------------|------------------|-------------------|----------------------|--------------------|-------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|
| № | $h_{0д.}$, мм | $b_{0д.}$, мм | $u_{д.}$, мм | $h_{1л.}$, мм | $h_{1пр.д.}$, мм | $b_{1дн.}$, мм | $b_{1в.}$, мм | $\frac{h_{л.}}{h_{0д.}}$ | $\frac{h_{пр.}}{h_{0д.}}$ | $\frac{b_{дн.}}{b_{0д.}}$ | $\frac{b_{в.}}{b_{0д.}}$ |
| 1 | 2,15 | 2,19 | 4,15 | 1,84 | 1,77 | 1,60 | 1,78 | 2,15 | 2,19 | 4,15 | 1,84 |
| 2 | 2,15 | 2,17 | 4,35 | 1,55 | 1,57 | 2,15 | 2,42 | 2,15 | 2,17 | 4,35 | 1,55 |
| 3 | 3,90 | 2,15 | 4,15 | 3,75 | 3,65 | 1,77 | 1,85 | 3,90 | 2,15 | 4,15 | 3,75 |
| 4 | 4,10 | 2,17 | 4,05 | 3,67 | 3,35 | 2,01 | 2,66 | 4,10 | 2,17 | 4,05 | 3,67 |
| 5 | 2,07 | 2,22 | 7,86 | 2,10 | 1,95 | 1,90 | 2,30 | 2,07 | 2,22 | 7,86 | 2,10 |
| 6 | 2,15 | 2,25 | 7,70 | 2,20 | 1,75 | 1,82 | 2,35 | 2,15 | 2,25 | 7,70 | 2,20 |
| 7 | 3,95 | 2,15 | 8,00 | 3,97 | 4,00 | 1,91 | 2,15 | 3,95 | 2,15 | 8,00 | 3,97 |
| 8 | 4,08 | 2,20 | 7,65 | 3,65 | 3,77 | 1,67 | 2,10 | 4,08 | 2,20 | 7,65 | 3,65 |

Анализ полученных результатов.

Данные табл. 1 были подвергнуты корреляционному анализу для выяснения зависимости коэффициента уменьшения высоты левой стенки дефекта (находящейся ближе к зоне деформации) $h_{1лд}/h_{0лд}$, коэффициента обжатия правой стенки дефекта $h_{1прд}/h_{0прд}$, коэффициента уширения дефекта по дну $b_{1дн}/b_{0дн}$ и коэффициента уширения дефекта по верху $b_{1в}/b_{0в}$ от факторов m_1 , m_2 и m_3 .

Значения коэффициентов корреляции для этих параметров представлены на рис 3.

В результате анализа значений коэффициентов корреляции можно утверждать, что обжатие оказывает заметное влияние на изменение величины глубины и ширины дефекта, при этом с увеличением обжатия глубина дефекта уменьшается, а ширина увеличивается, происходит раскрытие дефекта. Месторасположение дефекта оказывает сильное влияние на глубину дефекта, и не влияет на изменение ширины. Так же видно, что начальная глубина дефекта не оказывает влияние на изменение всех параметров, кроме величины $h_{1прд}/h_{0прд}$. Такой сложный характер формоизменения объясняется сложным течением металла в исследуемой области.

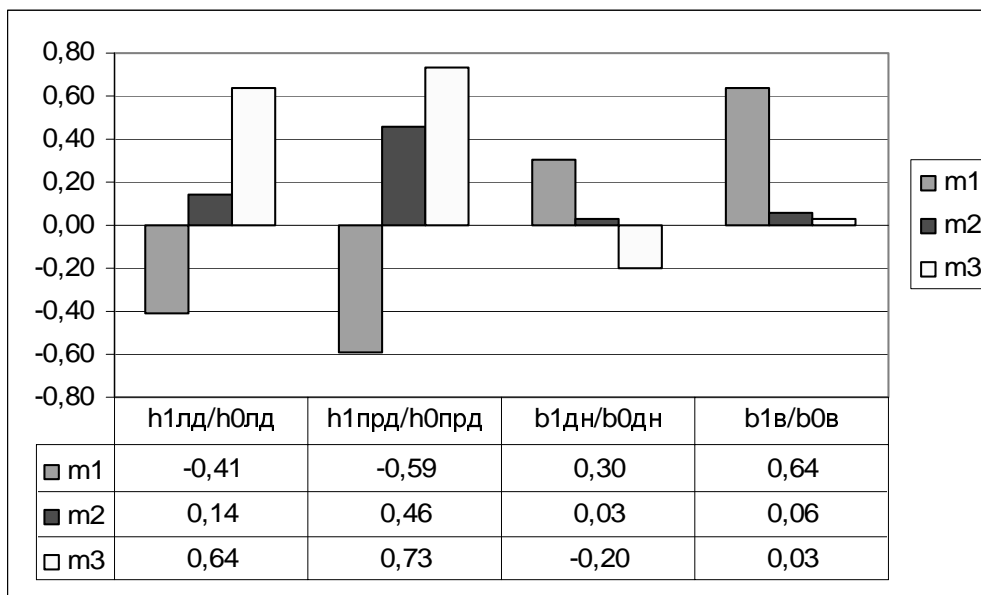


Рисунок 3 – Коэффициенты корреляции

Кроме того, были определены уравнения регрессии для определения геометрических параметров дефекта. Для параметра $h_{1лд}/h_{0лд}$ фактор m_2 признан статистически незначимым и уравнение регрессии имеет вид $h_{1лд}/h_{0лд} = 3,578 - 0,0291m_1 - 40,085m_3 + 138,649m_3^2$. Коэффициент множественной корреляции для этого уравнения равен 0,81, что говорит о высокой степени взаимосвязи исследуемого параметра и факторов эксперимента m_1 и m_3 .

Для параметра $h_{1\text{прд}}/h_{0\text{прд}}$ уравнение регрессии имеет вид $h_{1\text{прд}}/h_{0\text{прд}} = 0,180 - 0,180m_1 + 0,117m_2 + 10,93m_3 - 32,98m_3^2$. Коэффициент множественной корреляции для этого уравнения равен 0,98.

Для параметра $b_{1в}/b_{0в}$ уравнение регрессии имеет вид $b_{1в}/b_{0в} = 0,613 + 0,235m_1$. Коэффициент корреляции для этого уравнения равен 0,64.

Вывод.

Установлено, что при прокатке в разрезном калибре, когда дефект оказывается на поверхности не обжимаемой гребнем и близкой к краю, где наблюдается эффект «наплыва», в диапазоне значений коэффициента обжатия $h_0/h_1 = 1,33 \div 2,00$ и параметра положения дефекта $y_d/b_0 = 0,10 \div 0,20$ обжатие полосы и местоположение дефекта оказывают заметное и близкое по силе влияние на глубину дефекта после прокатки. При этом на изменение ширины определяющее влияние оказывает только обжатие полосы.

Литература

1. Чижиков Ю. М., Кондрашин С. Е. Влияние формы и размеров исходного слитка на качество поверхности железнодорожных рельсов. *Сталь*. – 1972. - №11, с.1009-1111.
2. Зильберг Ю.В. Исследование закономерностей формоизменения поверхностных дефектов при прокатке. *Сталь*. – 1997. - №10, с.44-464.
3. Зильберг Ю.В., Родман М.М., Ревякин С.В., Боровенский Е.А. Изменение поверхностных дефектов при прокатке трубной заготовки из коррозионностойкой стали // *Сталь*. – 1991. – №10, с.33-36.
3. Ершов С.В., Мостипан Е.Е. Экспериментальное исследование трансформации поверхностных дефектов при прокатке в условиях неравномерной деформации. *Теория и практика металлургии*. – 2008. - №1, с. 35-39.
4. Ершов С.В., Мостипан Е.Е., Демина Н.А. Экспериментальное исследование влияния технологических факторов на трансформацию поверхностных дефектов при прокатке в условиях неравномерной деформации. Удосконалення процесів і обладнання обробки тиском в металургії і машинобудуванні. Тематичний збірник наукових праць. Краматорськ: ДДМА, 2008, с.201-205.

© Ершов С.В., Мостипан Е.Е. 2008