

УДК 621.774.35.016.3

Середа Б. П.
Григоренко В. У.
Онищенко А. Н.
Середа Д. Б.

ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ТРУБ, ПОЛУЧЕННЫХ ПО ПИЛЬГЕРНОЙ ТЕХНОЛОГИИ

Процесс холодной периодической прокатки валками используется, в основном, для прокатки готовых тонкостенных труб средних и больших диаметров, а также заготовок для следующей роликовой прокатки или для волочения. В процессе холодной прокатки труб валками в настоящее время, даже при прокатке труб из металлов и сплавов, которые тяжело деформируются, деформация ε достигает 80 %, а для более пластических материалов и выше [1].

В процессе холодной пильгерной прокатки труб на стане ХПТ формируется рабочий конус деформации [2] (рис. 1).

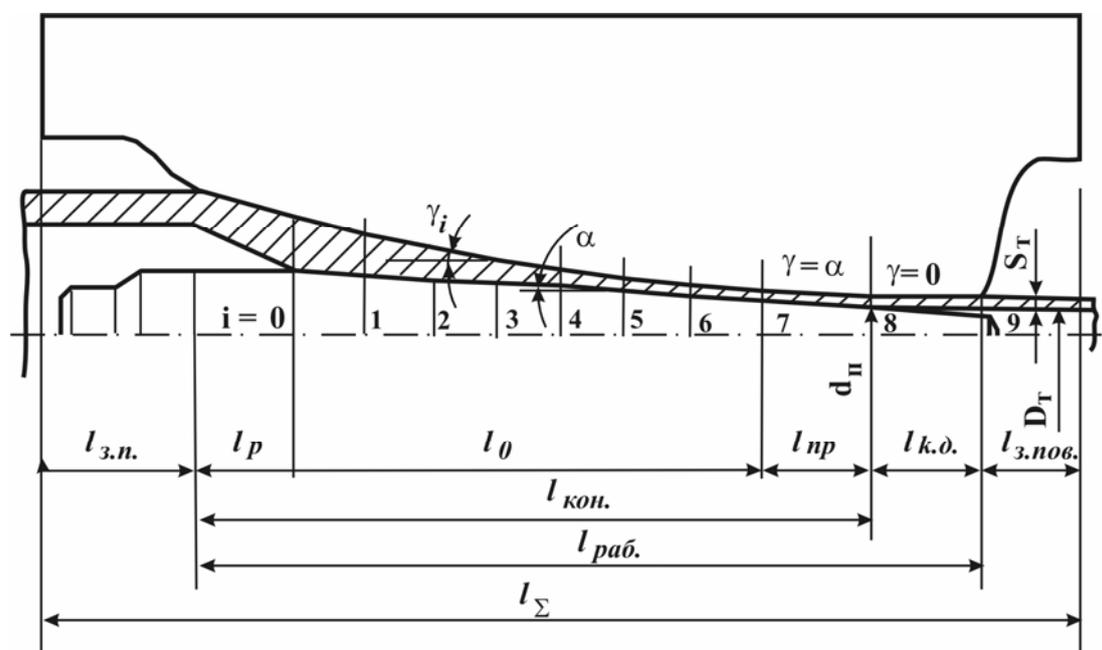


Рис. 1. Рабочий конус и развертка ручья калибра в процессе холодной пильгерной прокатки:

$l_{з.п.}$ – зев подачи; l_p – зона редуцирования; l_0 – зона обжатия стенки; l_{np} – зона калибровки стенки; $l_{к.д.}$ – зона калибровки диаметра; $l_{з.пов.}$ – зона поворота трубы; $l_{кон.}$ – коническая часть оправки; $l_{раб.}$ – рабочая часть конуса раскатки; l_{Σ} – общая длина разверки ручья калибра

Начальный размер рабочего конуса равен внешнему диаметру заготовки, а конечный размер – внешнему диаметру трубы.

Один цикл прокатки осуществляется за двойной ход клетки, который включает прямой и обратный ход.

Процесс прокатки осуществляют двумя способами. Первый и наиболее распространенный. Перед прямым ходом осуществляют подачу (участок подачи), а перед обратным ходом производят кантование трубы (участок зева поворота). Второй способ, который все шире применяют в последнее время. Подачу и поворот осуществляют перед прямым и перед обратным ходом.

Каждое поперечное сечение трубы-заготовки последовательно и многократно обжимается валками от размеров заготовки до размеров готовой трубы. Деформация каждого сечения осуществляется как при прямом, так и при обратном ходе клетки.

В последние годы при производстве труб, в основном из нержавеющей марок сталей и сплавов, используют оправки с криволинейной образующей.

Один цикл прокатки осуществляется за двойной ход клетки, который включает прямой и обратный ход.

Перед прямым ходом осуществляют подачу величиной t (мм), которая совпадает с участком зева подачи $l_{з.п.}$, а перед обратным ходом производят кантование трубы (участок зева поворота $l_{з.пов.}$) [3].

Каждое поперечное сечение трубы-заготовки последовательно и многократно (за n_0 раз, где n_0 – дробность деформации) обжимается валками от размеров заготовки до размеров готовой трубы. Деформация каждого сечения осуществляется как при прямом, так и при обратном ходе клетки. Важной особенностью процесса холодной прокатки труб есть то, что за один рабочий цикл может быть осуществлена деформация $\varepsilon = 75-95\%$ заготовки [2].

Высокая текучесть металла при холодной прокатке труб возможна благодаря двум факторам: дробностью деформации и схемой напряженного состояния.

Усилие, необходимое для деформации:

$$P = p_{cp} F_K, \quad (1)$$

где p_{cp} – среднее давление; F_K – горизонтальная проекция контактной поверхности металла с валком.

Схематически полная поверхность контакта металла с рабочей поверхностью валка представлена на рис. 2.

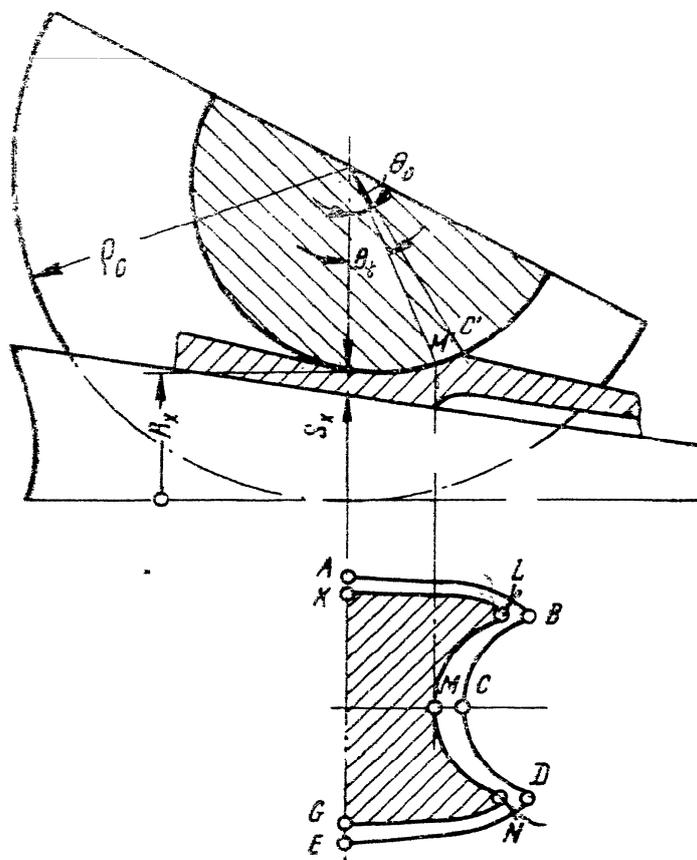


Рис. 2. Зоны деформации и контактная поверхность при холодной прокатке труб:

$ABCDE$ – горизонтальная проекция поверхности контакта металла с валком; $KLMNG$ – горизонтальная проекция контактной поверхности на участке обжатия толщины стенки трубы

Высокая пластичность металла при холодной прокатке труб возможна благодаря следующим факторам: использованием в качестве заготовки металла прошедшего рекристаллизационный отжиг, высокой дробностью деформации и благоприятной схемой напряженного состояния. Исследования изменения структуры и твердости металла по длине рабочего конуса необходимы для экспертной оценки процесса [3] и использовании результатов при разработке технологии прокатки.

Целью настоящего исследования является изучение изменения микроструктуры, твердости, бала зерна металла по длине рабочего конуса, отобранного со стана ХПТ-55.

Рабочий конус отобран при прокатке трубы из стали 20 по маршруту $57 \times 7,5 \rightarrow 31 \times 3,5$, где 57 и 31 начальный и конечный диаметры в мм; 7,5 и 3,5 – начальная и конечная толщина стенки трубы в мм.

Для изучения изменения структуры металла и твердости металла в процессе холодной пильгерной прокатки рабочий конус был разрезан на 14 частей с шагом 50 мм (рис. 3). Разрезы производились без применения дисковых пил или газовых горелок, во избежание изменения структуры металла и механических свойств. Затем было произведено торцевание частей конуса для удаления крупных неровностей образованных при разрезании, а также чтобы сечение реза было перпендикулярно оси прокатки. Были произведены обмеры толщины стенки и диаметра труб на торце каждой части рабочего конуса. Измерения внешнего и внутренних диаметров производились при помощи штангенциркуля с точностью 0,1 мм. На основании этих геометрических обмеров рассчитали величину деформации металла в месте каждого торца патрубков. Из-за наличия разностенности труб, для получения более точных значений относительного обжатия и других параметров, размеры толщин стенок снимались в 5-ти местах по окружности трубы, и для расчета бралось среднее значение.



Рис. 3. Исследуемая заготовка трубы, прокатанная на стане ХПТ-55 по маршруту $57 \times 7,5 \rightarrow 31 \times 3,5$

Приготовление шлифов для исследования микроструктур [4] проводили на шлифовальных и полировальных станках с использованием паст ГОИ, с последующим травлением образцов в 3 % водном растворе азотной кислоты (HNO_3). Изучение и фотографирование микроструктур образцов проводилось на металлографическом микроскопе Neophot 2.

Фазовый состав образцов (рис. 4) представляет собой смесь феррита (белые зерна) и перлита (черные зерна). Видно существенное изменение величины зерна (рис. 5).

Величину зерна определяли в соответствии с ГОСТ 5639-82. Данные о величине бала зерна по сечениям рабочего конуса представлены в табл. 1.

Таблица 1

Изменение бала зерна стали 20 по длине рабочего конуса (маршрут $57 \times 7,5 \rightarrow 31 \times 3,5$)

Номер сечения	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Бал зерна	6	6	7	7	7	7	8	8	8	8	8	8	8	8

Следующим этапом исследования было проведение замеров твердости стали по Бриггеллю на торце каждого патрубка. На рис. 5 приведена зависимость изменения твердости стали 20 при увеличении деформации. Значения твердости в каждом исследованном сечении трубы, измеренные на установке ТШ-2Т.

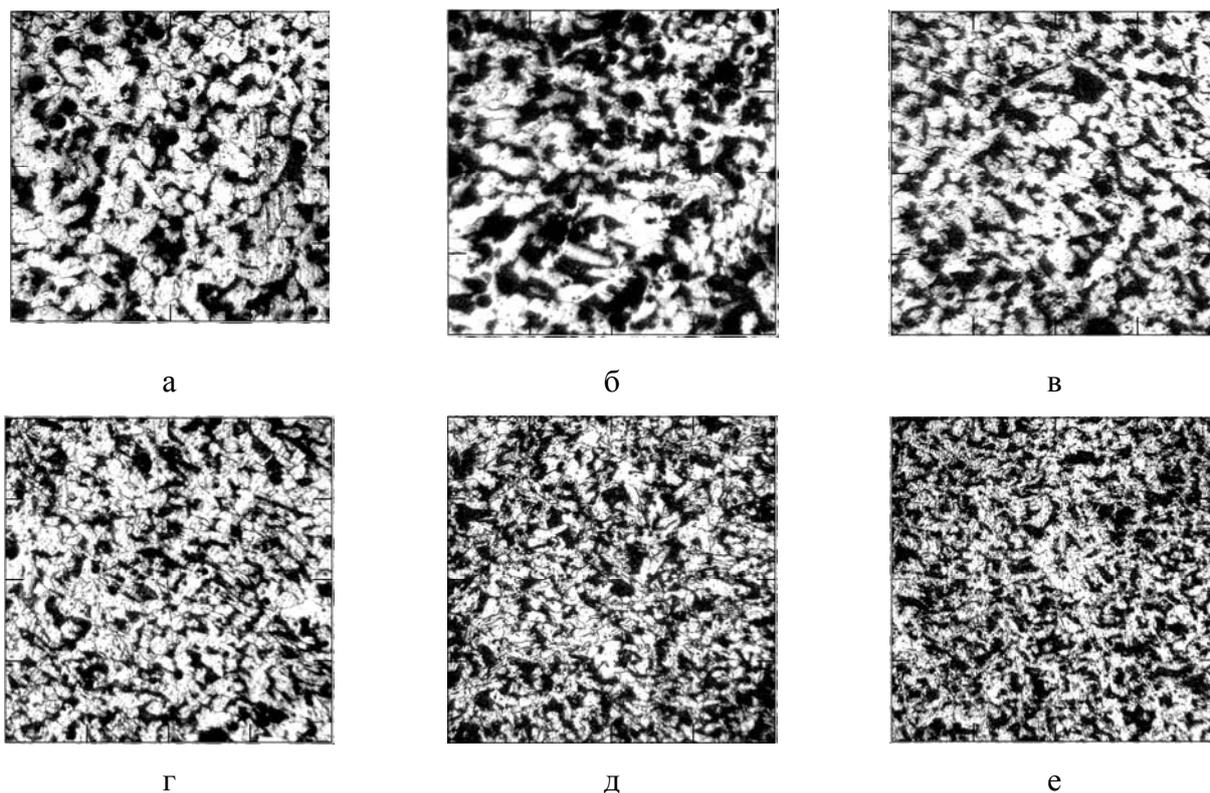


Рис. 4. Структура частей разрезанной трубы и фазовый состав, $\times 100$:

а – $\varepsilon = 0\%$, HB = 123; б – $\varepsilon = 13,36\%$, HB = 149; в – $\varepsilon = 30,78\%$, HB = 196; г – $\varepsilon = 42,33\%$, HB = 212; д – $\varepsilon = 56,88\%$, HB = 232; е – $\varepsilon = 66,18\%$, HB = 240

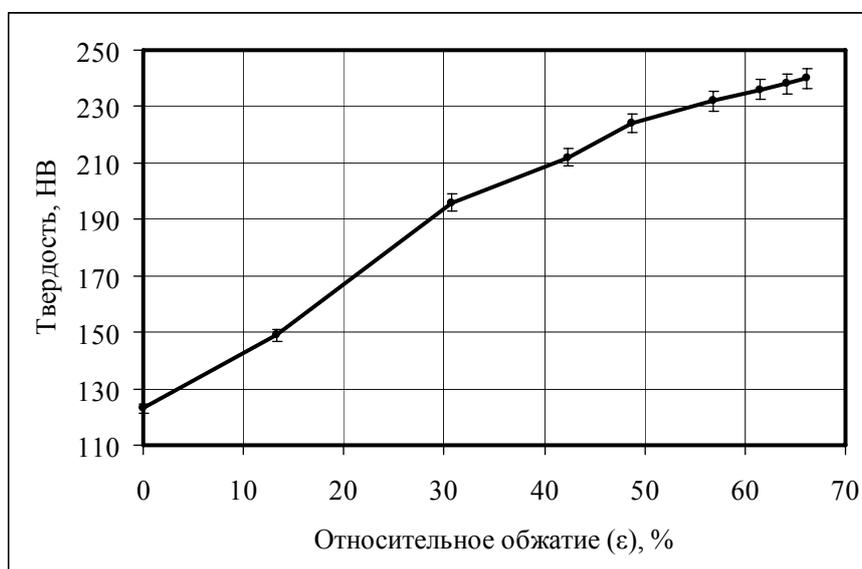


Рис. 5. Изменение твердости по длине рабочего конуса в процессе холодной пильгерной прокатки

Изменения деформации металла по длине рабочего конуса при холодной пильгерной прокатке труб на стане ХПТ-55 по маршруту $57 \times 7,5 \rightarrow 31 \times 3,5$, полученные на основании экспериментальных замеров диаметра и стенки по торцам патрубков, представлены на рис. 6.

Исходная заготовка имеет отожженную структуру, крупные однородные феррито-перлитные зерна, и твердость по Бринеллю HB 123 (рис. 4, а).

При деформации с $\varepsilon = 13,36\%$ (рис. 4, б) происходит увеличение твердости до 149 HB, а также изменения в структуре металла: зерна начинают вытягиваться в направлении

деформации, что наиболее заметно при деформации $\varepsilon = 30,78\%$ (рис. 4, в). При увеличении деформации до $\varepsilon = 66,18\%$ (рис. 4, е) твердость увеличивается до 240 НВ, наблюдается раздробленные зерна, зерна вытягиваются в направлении прокатки. Структура становится мелкозернистой, размер зерен феррита и перлита практически одинаков.

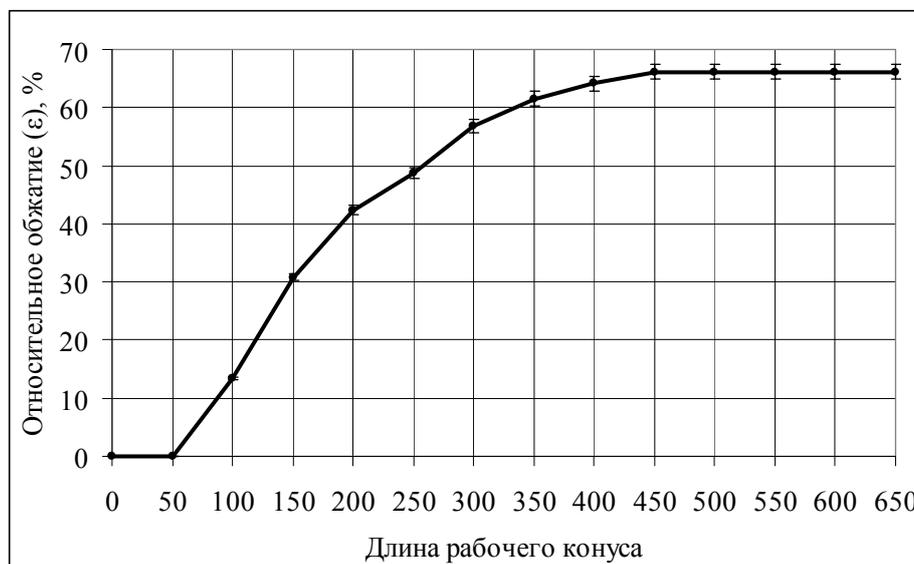


Рис. 6. Изменение величины деформации по длине рабочего конуса

ВЫВОДЫ

Исследование изменения структуры и твердости стали 20 по длине рабочего конуса при прокатке труб на стане ХПТ-55 по маршруту $57 \times 7,5 \rightarrow 31 \times 3,5$ показало, что неоднородные по величине и форме зерна металла заготовки кардинально изменяются. Зерна вытягиваются в направлении прокатки. Установлено, что по длине рабочего конуса недокатанной заготовки сталь упрочняется. После прокатки сталь имеет 8 балл зерна.

ЛИТЕРАТУРА

1. Серета Б. П. Прокатне виробництво : [навчальний посібник з грифом МОНУ] / Б. П. Серета. – Запоріжжя : РІО ЗДІА, 2008. – 312 с.
2. Григоренко В. У. Холодная пильгерная прокатка труб : [учебное пособие] / В. У. Григоренко. – Днепропетровск НМетАУ, 2006. – 48 с.
3. Экспертная оценка процесса холодной пильгерной прокатки труб / В. У. Григоренко, Б. П. Серета, И. В. Кругляк, А. С. Нагний // Металургія : наукові праці ЗДІА. – Запоріжжя : РВВ ЗДІА, 2006. – Вып. 13. – С. 80–86.
4. Григоренко В. У. Режим деформирования рабочего конуса на станах холодной периодической прокатки труб с учетом упругих деформаций деталей клетки / В. У. Григоренко, А. С. Нагний // Системні технології регіон. міжвуз. збірник наук. праць. – Дніпропетровськ : НМетАУ, 2005. – № 5 (40). – С. 75–81.
5. Серета Б. П. Металознавство та термічна обробка чорних та кольорових металів : [підручник] / Б. П. Серета. – [2-изд.]. – Запоріжжя : РІО ЗДІА, 2008. – 302 с.

Серета Б. П. – д-р техн. наук, проф. ЗГИА;

Григоренко В. У. – д-р техн. наук, проф. НМетАУ;

Онищенко А. Н. – аспирант ЗГИА;

Серета Д. Б. – студент ЗГИА.

ЗГИА – Запорожская государственная инженерная академия, г. Запорожье.

НМетАУ – Национальная металлургическая академия Украины, г. Днепропетровск.

E-mail: OnishchenkoAN@yandex.ru