

УДК 621.774.36

**Мищенко А. В.
Григоренко В. У****ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ СНИЖЕНИЯ ПОПЕРЕЧНОЙ РАЗНОСТЕННОСТИ ТРУБ ПРИ ХОЛОДНОЙ ДЕФОРМАЦИИ НА ОПРАВКЕ**

Современная трубная промышленность активно переходит на изготовление холоднодеформированных труб по зарубежным стандартам с более жесткими требованиями по точности труб (энергетика, ответственное машиностроение: авиа- и ракетостроения, атомной промышленности и прочее).

Используемые трубы заготовки, которые получают после прессования, прошивки и агрегатов горячей прокатки имеют высокий уровень поперечной разностенности. Знание закономерностей снижения поперечной разностенности при холодной прокатке труб позволяет создавать наиболее рациональные режимы деформирования и соответствующие калибровки инструментов.

Уменьшение поперечной разностенности происходит значительно в зоне редуцирования [1]. Авторы этой статьи, интересуют механизм снижения поперечной разностенности на оправке.

В источнике [2] приведены результаты эксперимент по исследованию влияния величины подачи и вытяжки. Видно, что абсолютная разностенность уменьшилась почти в два раза, а относительная незначительно увеличилась.

В источнике [3] авторов этой работы, показан механизм изменения разностенности для условий прокатки на оправке, когда толстая и тонкая стенка находятся по вершинам двухвалкового калибра.

В работе [3] авторы экспериментальным путем рассчитали математическую модель, которая разрешает определять коэффициент неравномерных средних контактных напряжений в зависимости от процесса прокатки.

Авторы [4] занимались определением факторов, которые влияют на уменьшение разностенности при прокатке на непрерывном трубном оправочном стане 30-102. Они установили, что для уменьшения разностенности прокатываемой трубы, должна быть разность средних контактных давлений на металл со стороны верхнего и нижнего вала на поверхности контакта металла с валком.

В работе [5] были разработаны модели для расчетов деформации при прокатке трехслойных симметричных и несимметричных полос.

В своих работах [6] автор предоставляет информацию о том, что основная часть разностенности труб 60–80 % составляет именно эксцентричная составляющая разностенности.

Целью данной работы является получение для дальнейших исследований и разработки эффективных схем деформации металла на станах ХПТ экспериментальные данные по механизму изменения эксцентричной разностенности при прокатке на оправке.

Для качественной оценки предложенного механизма уменьшения поперечной разностенности был проведен эксперимент дробной осадки двух заготовок разной толщины между тремя плитами. При этом было выдержано геометрическое подобие с прокаткой на стане ХПТ-75 по маршруту $63 \times 8,5-38 \times 4,5$ мм.

Опираясь на работы по исследованию реологических данных металлов [7], была поставлена задача обеспечение скорости деформации такой, чтобы она была близка к кривой 2 на рис. 1. При такой скорости деформации свинец, взятый для исследования, будет наклепываться.

На рис. 2 представлена схема, по которой производился выбор образцов для моделирования дробной прокатки разностенной трубы на оправке при помощи осадки двух образцов разной толщины между тремя плитами.

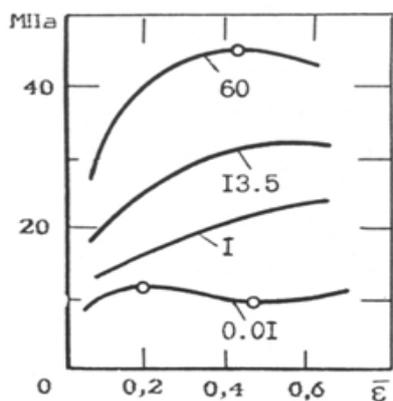


Рис. 1. Реологические данные свинца, использованного в эксперименте

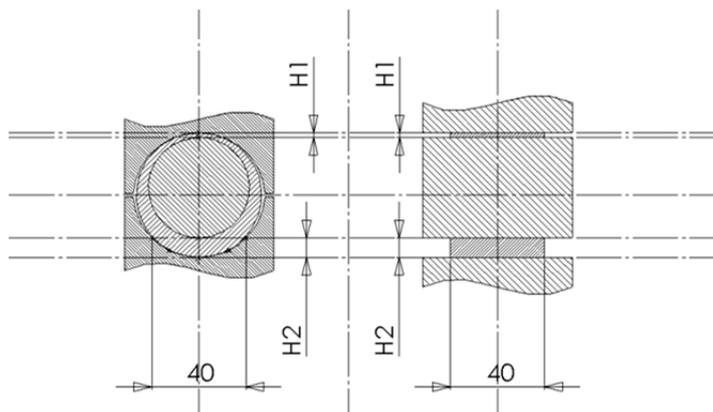


Рис. 2. Схема к объяснению выбора образца для моделирования:

H1 – толщина стенки и толщины образца высотой 6,5 мм; *H2* – толщина стенки и толщина образца высотой 8,5 мм

В таком эксперименте рассматривается мгновенный очаг деформации и приняты следующие допущения:

1. Деформация рассматривается по вершинам калибров, труба повернута так, что толстая стенка и тонкая находятся в вершинах двухвалкового калибра.
2. Длину очага деформации принимаем 10 мм, ширину принимаем 40 мм, что, в определенной мере, уменьшает течение металла в боковом направлении, по аналогии с мгновенным очагом деформации в стане ХПТ.
3. Образцы выбираем высотой 6,5 мм и 8,5 мм.
4. Используем полированные плиты со стали, твердость которой значительно больше, чем твердость образцов.
5. Используем отполированные плиты и смазку, чтобы создать условия трения по аналогии с условиями прокатки в стане ХПТ.

Деформация проводилась при комнатной температуре с обжатиями по 2 мм при каждом приложении усилия. После каждого обжатия образцы измеряли (табл. 1). Если сравнивать абсолютные деформации тонкого и толстого образцов (рис. 3), то можно увидеть, что толстый образец деформируется сильнее тонкого.

Таблица 1

Результаты эксперимента

Запланированные параметры	Результаты эксперимента									
	Высота образцов за обжимом, мм		Абсолютная деформация за обжим, мм.		Относительная деформация за обжим, %		Возрастающая относительная деформация, %		Абсолютная разнотолщинность, мм	Относительная разнотолщинность, %
	S max	S min	S max	S min	S max	S min	S max	S min		
0	8,5	6,5	–	–	–	–	–	–	2	24
2	7,3	5,7	1,2	0,8	14	12	14	12	1,6	22
4	6,1	4,9	1,2	0,8	16	14	28	25	1,2	20
6	5,0	4,0	1,1	0,9	18	18	41	38	1	20
8	4,0	3,0	1	1	20	25	53	54	1	25
10	2,8	2,2	1,2	0,8	30	27	67	66	0,6	21

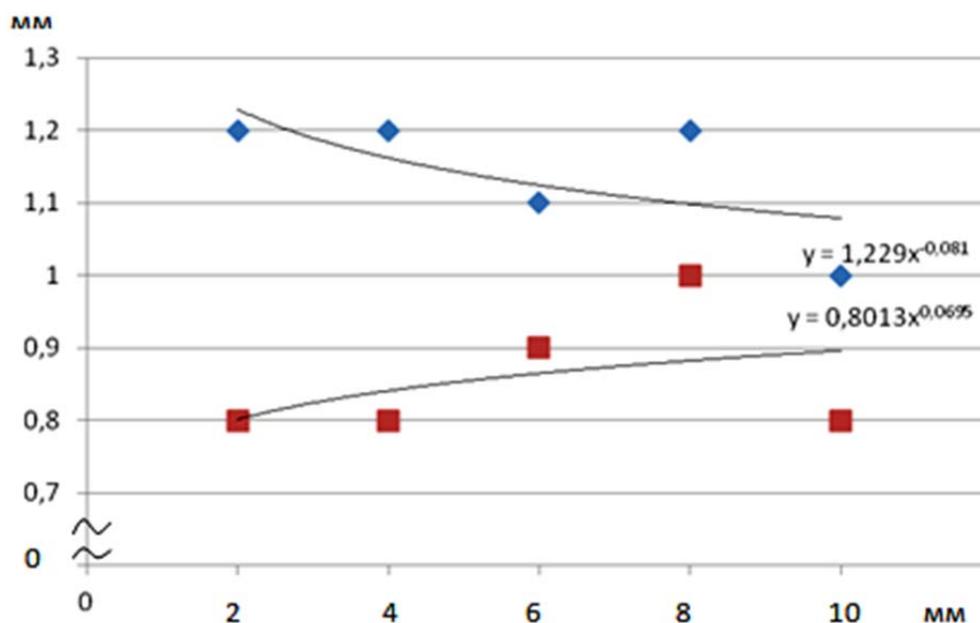


Рис. 3. Изменение абсолютной деформации толстого и тонкого образца в зависимости от обжима по высоте

На стане ХПТ-75 при прокатке по маршруту $63 \times 8,5$ – $38 \times 4,5$ мм труб из сплава титана ПТ-1М остановили клеть и извлекли рабочий конус (рис. 4). Стенка трубы при прокатке по данному маршруту близка с толщинами образцов при лабораторном эксперименте.

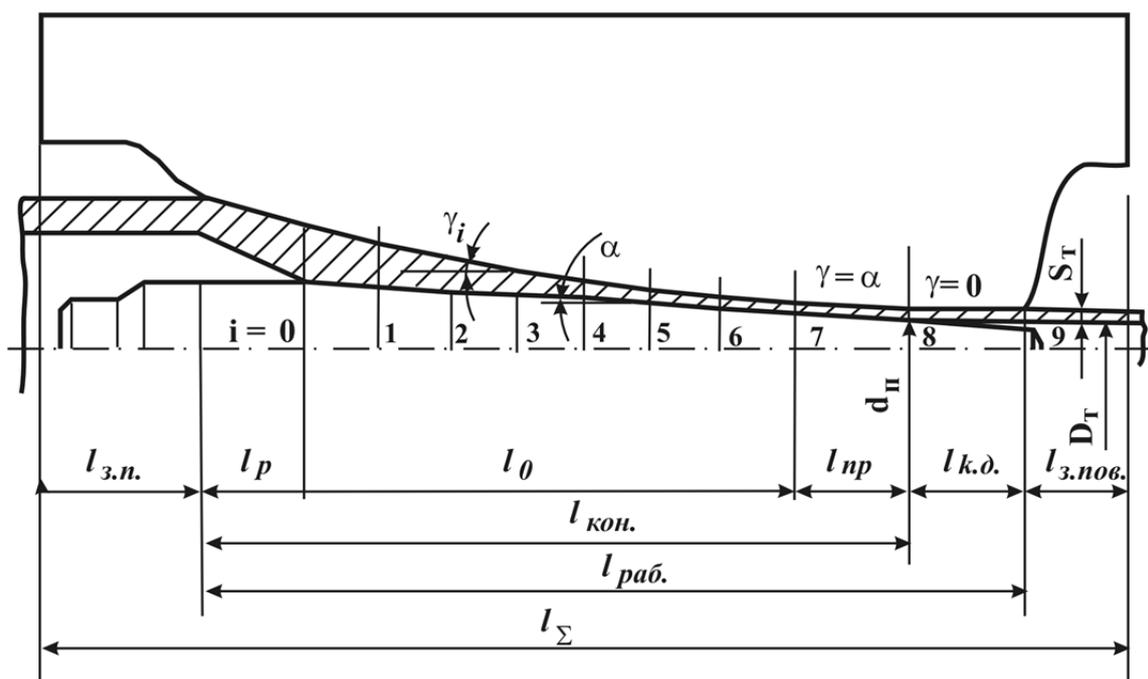


Рис. 4. Конус раскатки в стане ХПТ:

$l_{з.п.}$ – длина участка зева подачи; l_p – длина участка редуцирования; l_0 – длина участка обжатия стенки; $l_{нр.}$ – длина участка калибрования стенки; $l_{к.д.}$ – длина участка калибрования диаметра; $l_{з.пов.}$ – длина зева поворота трубы; $l_{кон.}$ – длина конической части оправки; $l_{раб.}$ – длина рабочей части конуса розкатки; l_{Σ} – длина развертывания перетока

Для сравнения были взяты поперечные сечения, находящиеся за зоной редуцирования, т. е. там, где металл контактирует как с валком, так и с оправкой (рис. 4). Поскольку именно в этих сечениях происходит деформация трубы на оправке.

Большое значение в понимании механизма имеет корреляция характера падения абсолютной разностенности при деформации как в лабораторном эксперименте (рис. 5), так и в промышленном эксперименте.

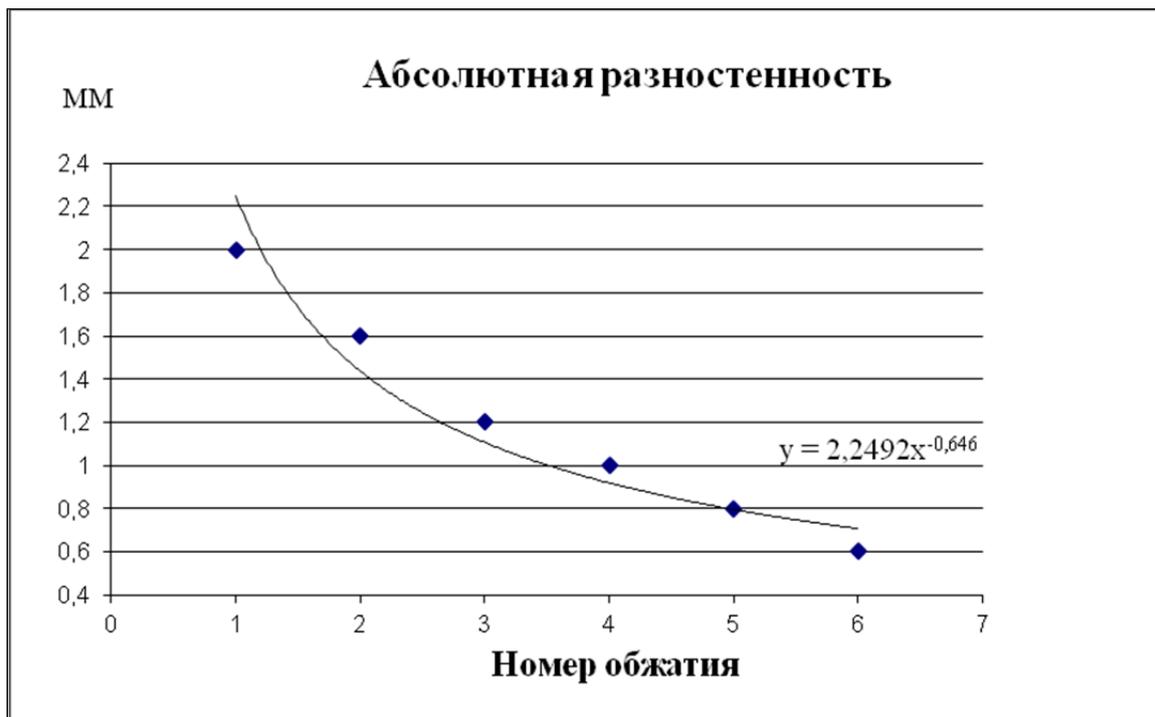


Рис. 5. Изменение абсолютной разностенности при осадке свинцовых образцов

Для этого сравним два уравнения, которые описывают кривые на графиках изменения абсолютной разностенности (рис. 6) лабораторного эксперимента и промышленного:

$$y = 4,6663 x^{-0,173}; \quad (1)$$

$$y = 25,355 x^{-0,252}. \quad (2)$$

Уравнение в общем виде описывает начальную точку кривой и дальнейший характер её изменения. Если привести уравнения к одинаковой начальной точке, то разница в количественном показателе будет на уровне 20–30 %, что объясняется различием материалов.

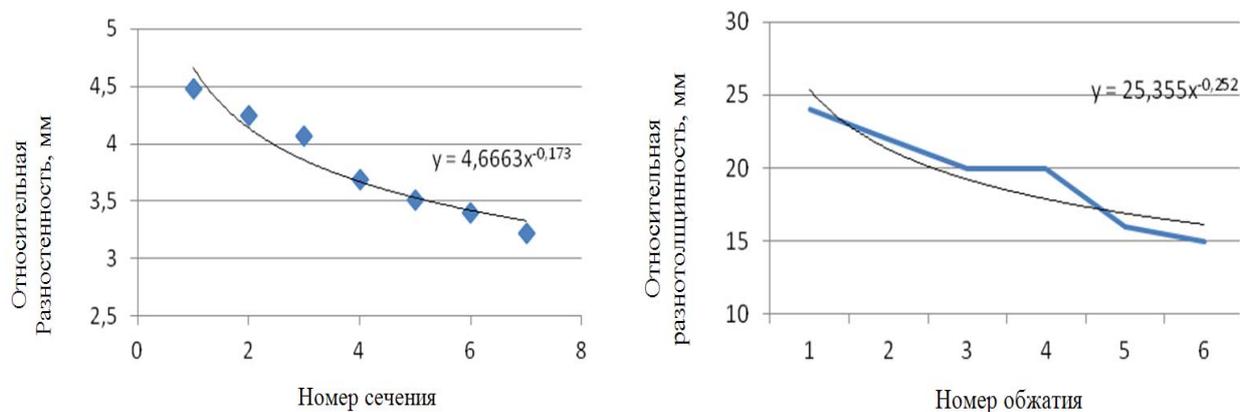


Рис. 6. Графики относительной разностенности эксперимента при осадке свинца и относительной разностенности в зоне обжима стенки конуса со стана ХПТ-75, сплав ПТ-1М

Данные, полученные в результате эксперимента, свидетельствуют, что интенсивность падения разностенности у свинца в два раза больше. Падение относительной разностенности при осадке свинца имеет похожую природу с графиками падения относительной разностенности при холодной прокатке, но есть определенные расхождения в связи с разностью материалов.

Это свидетельствует о существующем, определенном механизме, который характеризует изменение разностенности. Из эксперимента видно, что материал образца не влияет на качественный результат изменения разностенности.

Полученные в ходе эксперимента и обработки статистической информации качественные и количественные данные разрешают говорить о подтверждении теории «механизма уменьшения эксцентричной разностенности на оправке» [8].

ВЫВОДЫ

Анализируя деформацию разных металлов в холодном стане, можно проследить тенденцию к определенному механизму изменения разностенности. На данный момент эта тематика важна, поскольку на предприятиях постоянно внедряются новые технологические схемы, которые рассчитаны на большие обжимы металла, что приводит к повышению разностенности. Знания о работе механизма позволят прогнозировать уровень разностенности, которую мы получим в конце прокатки трубы, применяя различные режимы деформации и калибровки рабочего инструмента.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Григоренко В. У. *Исследование снижения поперечной разностенности труб при редуцировании в условиях непрерывной периодической роликовой прокатки труб* / В. У. Григоренко, В. Н. Данченко, А. А. Миленин // *Системні технології*. – 2003. – № 6 (29). – С. 140–148.
2. Мищенко О. В. *До пояснення механізму зменшення поперечної різностінності труб при холодній прокатці на оправці* / О. В. Мищенко, В. У. Григоренко // *Обработка материалов давлением : сб. науч. тр. – Краматорск : ДГМА, 2011. – № 3(28). – С. 216–219.*
3. Данченко В. Н. *Определение наведенной эксцентрической разностенности труб при прокатке в непрерывном оправочном стане* / В. Н. Данченко, С. А. Скоромный // *Обработка металлов давлением*. – М. : Металлургия, 1976. – № 59. – С. 274–279.
4. Данченко В. Н. *Изменение эксцентрической составляющей разностенности труб при продольной прокатке на оправке* / В. Н. Данченко, А. В. Чус // *Продольная прокатка труб*. – М. : Metallurgia, 1984. – С. 110–114.
5. Кузнецов Е. В. *Неравномерность деформации при прокатке слоистых полос* / Е. В. Кузнецов, В. Г. Павлов // *Праці V Міжнародної науково-технічної конференції НМетАУ*. – Дніпропетровськ, 2000. – С. 362–364.
6. Орлов Г. А. *Основы теории точности труб* / Г. А. Орлов. – Екатеринбург : УГТУ-УПИ, 2001. – 105 с.
7. Шломчак Г. Г. *Реологические свойства металлов и сплавов*.
8. *Исследование изменение разностенности по длине рабочего конуса на станах холодной прокатки труб роликами* / А. В. Мищенко, В. У. Григоренко, Х. Дья, М. Кнапински // *Сборник статей XIV International Scientific Conference*. – Czestochowa, 2013. – P. 400–404.

Мищенко А. В. – аспирант НМетАУ;

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

НМетАУ – Национальная металлургическая академия Украины, г. Днепропетровск.

E-mail: ms0662@bigmir.net

Статья поступила в редакцию 22.12.2013 г.