

**ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ РАЗМЕРА ЗЕРНА
МИКРОСТРУКТУРЫ ПРОКАТА ОТ СТЕПЕНИ НАКОПЛЕННОЙ
ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ В УСЛОВИЯХ СТАНА 370/150**

С. А. Савченко

*Открытое акционерное общество «Белорусский металлургический завод» –
управляющая компания холдинга «Белорусская металлургическая компания»,
г. Жлобин*

Д. С. Чубарев

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

Научный руководитель И. В. Астапенко

Представлены результаты исследования влияния накопленной пластической деформации на микроструктуру бунтового проката из подшипниковой стали. Исследования проводились на катанке диаметром 6,5 мм с отбором проб после каждой группы клетей и готового проката. Выполнен анализ размеров зерен и динамики их изменения. Определена математическая зависимость изменения максимальных и минимальных размеров зерен в зависимости от накопленной пластической деформации по дистанции линии катанки стана 370/150.

Ключевые слова: подшипниковая сталь, исходная структура, пластинчатый перлит, накопленная пластическая деформация, перлитная колония.

Цель работы – провести анализ изменения микроструктуры раската из непрерывнолитой заготовки шарикоподшипниковой стали ШХ-15 для определения влияния степени обжатия на структурные изменения.

Поставленная цель достигается решением следующих задач:

- изучение и анализ микроструктуры непрерывнолитых заготовок;
- изучение и анализ микроструктуры раскатов и готового проката по дистанции прокатки;
- анализ результатов и формулирование выводов.

Методика исследования:

1) отбор проб и анализ их микроструктуры: непрерывнолитых заготовок прямоугольного сечения 250 × 300 мм; раската после 1-й промежуточной группы клетей (клеть № 13) Ø 63 мм; раската после 2-й промежуточной группы клетей (клеть № 19) Ø 33 мм; раската после предчистовых клетей (№ 25, 26) Ø 20 мм; готового профиля Ø 6,5 мм и анализ его микроструктуры;

2) сравнительный анализ микроструктуры и определение зависимости ее изменения от степени обжатия.

Объектом исследования в работе является технологический процесс прокатки шарикоподшипниковой (ШХ) стали Ø 6,5 мм в условиях линии катанки мелкосортно-проволочного стана 370/150.

Катанка диаметром 6,5 мм прокатывается в линии катанки из непрерывнолитой заготовки 250 × 300 или 140 × 140 мм согласно универсальной схеме калибровки [1], применяемой для прокатки сортовых и арматурных профилей. С загрузочных решеток НЛЗ нагреваются в методической печи до температуры 1100 °С и прокатываются во всех группах клетей. В конце линии осуществляется двухстадийное охлаждение, позволяющее получить требуемую микроструктуру [2].

Согласно калибровке, для указанного профиля были определены деформационные показатели по контрольным точкам с отбором проб обрезки на ножницах, установленных после указанных выше клетей.

На первом этапе был выполнен анализ микроструктуры образцов непрерывнолитой заготовки 250×300 из каждого из четырех ручьев машины непрерывной разливки. Методика и результаты исследования подробно описаны в работах.

Микроструктура образцов блюмов представляет собой крупнозернистую перлитную смесь с выделением цементита II и характерна для литого изделия из заэвтектоидных сталей с содержанием углерода около 1%. После закалки микрошлифов избыточные карбиды четко выражены на фоне мартенситной матрицы. В разных зонах НЛЗ концентрация избыточных карбидов различна — максимальное количество карбидов сконцентрировано в осевой зоне заготовки в виде как отдельных глобулей, так и грубой сетки по границам зерна литой заготовки [3, 4].

Далее был выполнен анализ микроструктуры раскатов и готового профиля (рис. 1, 2). Определение размера перлитной колонии для бунтового проката диаметром 5,5 мм – 10,5–18,5 мм проводили методом подсчета пересечения границ [5].

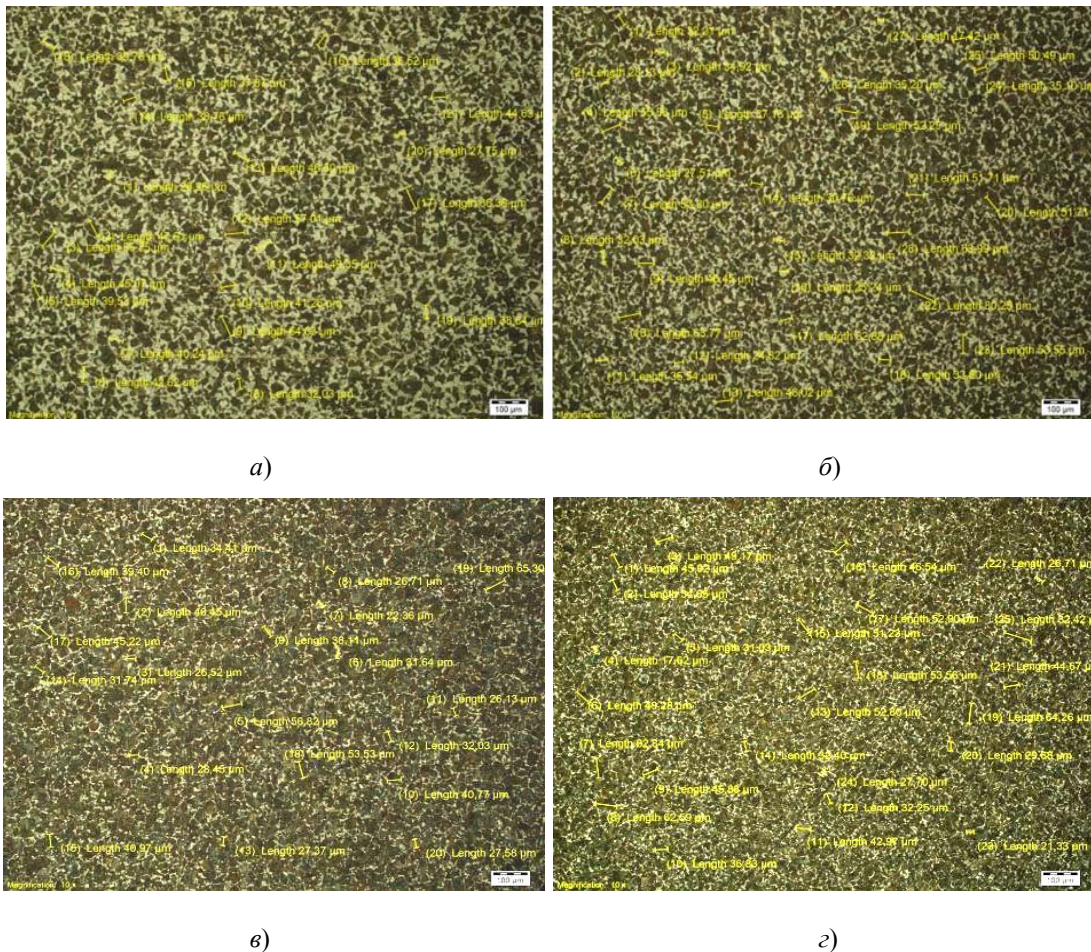


Рис. 1. Микроструктура образцов:
а – $\varnothing 123$; б – $\varnothing 62$; в – $\varnothing 33$; з – $\varnothing 20$

Метод состоит в подсчете зерен, пересеченных отрезком прямой, и определении среднего условного диаметра – в случае равноосных зерен или количества зерен в 1 мм^2 – в случае неравноосных зерен. Подсчет количества пересечений равноосных зерен проводят на двух взаимно перпендикулярных отрезках прямых, проведенных в каждом из пяти мест шлифа (приложение 4 ГОСТ 5639).

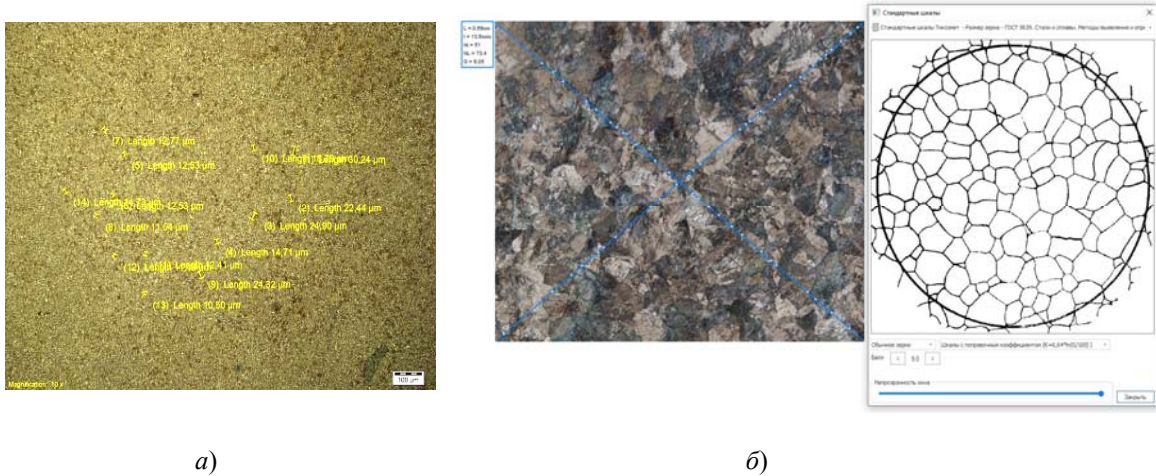


Рис. 2. Анализ микроструктуры:
 а – готового профиля Ø 6,5 мм; б – перлитных колоний

Результаты анализа микроструктуры раскатов и расчетных параметров представлены в таблице.

Характеристики раскатов по контрольным точкам

Сечение заготовки, раскатов и проката, мм	Площадь сечения, мм ²	Вытяжка между контрольными точками λ	Балл/размер зерна, мкм
250 × 300	75000	0	0
Ø 123	11882	6,3	6/(29–65)
Ø 62	2828	4,2	6–7/(25–55)
Ø 33	831	3,4	7/(19–48)
Ø 20	360	2,3	7/(17–41)
Ø 6,5	34,2	10,5	8–9/(8–22)

По полученным результатам был построен график изменения размеров зерен и обработан инструментами математической статистики в программном пакете Excel (рис. 3).

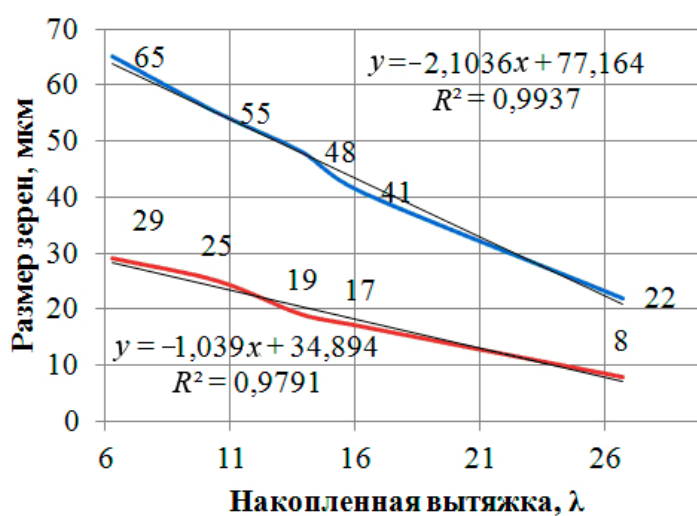


Рис. 3. График влияния накопленной степени деформации на размер зерна проката:
— макс; — мин

Таким образом, установлен фактор и определена степень его влияния на изменение размеров зерен микроструктуры катанки из подшипниковой стали ШХ-15 – суммарная вытяжка при прокатке. С увеличением суммарной вытяжки наблюдается снижение размеров максимальных и минимальных размеров зерен и разницы значений между ними.

Результаты исследования:

1) получены новые данные о характере и особенностях влияния на изменение микроструктуру проката обжатий при пластической горячей деформации непрерывнолитых заготовок из ШХ-сталей;

2) определена математическая зависимость изменения размеров зерен в зависимости от степени накопленной пластической деформации.

Литература

1. Разработка технологии и освоение производства арматуры № 6 класса прочности А500С формы 2ф в бухтах по требованиям ГОСТ 34028–2016 / С. А. Савченко, С. М. Волосович, А. А. Кучков [и др.] // Литье и металлургия. – 2024. – № 1. – С. 39–46. <https://doi.org/10.21122/1683-6065-2024-1-39-46>
2. Разработка технологии и освоение производства арматуры № 7 класса прочности А400С формы 4ф в бухтах по требованиям ГОСТ 34028–2016 / А. А. Кучков [и др.] // Вестн. Гомел. гос. техн. ун-та им. П. О. Сухого. – 2023. – № 4 (95). – С. 70–80.
3. Исследование факторов, способствующих снижению карбидной неоднородности в подшипниковых марках стали / И. А. Панковец [и др.] // Черная металлургия. Бюл. науч.-техн. и экон. инф. – 2021. – № 77 (7). – С. 804–810. <https://doi.org/10.32339/0135-5910-2021-7-804-810>
4. Совершенствование технологического процесса производства подшипниковых марок стали на стане 370/150 / В. С. Путеев [и др.] // Литье и металлургия. – 2021. – № 3. – С. 65–73. <https://doi.org/10.21122/1683-6065-2021-3-65-73>
5. Особенности формирования мелкодисперсной структуры бунтового проката подшипниковой стали / С. А. Савченко [и др.] // Черные металлы. – 2024. – № 4. – С. 32–38. <https://doi.org/10.17580/chm.2024.04.05>