

Таким образом, модификация металлоорганического перовскита при помощи катиона этилендиаммония приводит к повышению качества покрытий.

Литература

1. McNelis, B. The Photovoltaic Business: Manufactures and Markets. / B. McNelis // Series on Photoconversion of Solar Energy. – 2001. – N 1. – P. 713.
2. El-Mellouhi, F. Hydrogen Bonding and Stability of Hybrid Organic–Inorganic Perovskites / F. El-Mellouhi [et al.] // Chem. Sus. Chem. – 2016. – Vol. 9, N 18. – P. 2648–2655.
3. Амины с длинными «хвостами» повысили стабильность перовскитных солнечных элементов. – URL: https://elementy.ru/novosti_nauki/433621/Aminy_s_dlinnymi_khvostami_povysili_stabilnost_perovskitnykh_solnechnykh_elementov (дата обращения: 08.02.2025).

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗОН МИКРОСТРУКТУРЫ БУНТОВОГО ПРОКАТА ИЗ ПОДШИПНИКОВОЙ СТАЛИ

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 диаметра бунтового проката из подшипниковой стали ШХ15 на формирование микроструктуры при двухстадийном охлаждении в линии Стелмор. Определена исходная микроструктура для профилей. Ø 5,5–18,5 мм и представлен результат ее трансформации после проведения сфероидизирующего отжига.

Ключевые слова: подшипниковая сталь, сфероидизирующий отжиг, исходная структура, пластинчатый перлит, маятниковый (циклический) отжиг, цементитные пластины и глобулы.

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

Поставленная цель достигается решением следующих задач:

- изучение и анализ исходной микроструктуры катанки;
- изучение и анализ исходной микроструктуры катанки после сфероидизирующего отжига;
- анализ результатов и формулирование выводов.

Методика исследования включает:

- 1) отбор проб и анализ первичной микроструктуры катанки Ø 5,5–18,5 мм после поточного охлаждения на линии Стелмор;
- 2) отбор проб и анализ микроструктуры катанки Ø 5,5–18,5 мм после сфероидизирующего отжига;
- 3) сравнительный анализ микроструктуры.

Объектом исследования в работе является технологический процесс бунтовой прокатки шарикоподшипниковых (ШХ) сталей.

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

Для получения равномерной микроструктуры и стабильного ОБС при проведении с маятникового (циклического) сфероидизирующего отжига был разработан усовершенствованный режим поточной термообработки бунтового проката на линии Стелмор. В основе разработки были положены результаты собственных исследований [3, 4] и аналогичных научных работ. Изменения касались ускоренного охлаждения витков в начале транспортера витков линии Стелмор с последующей выдержкой под термоэкранами (термоизолирующими крышками). Поскольку при быстром снижении температуры ниже 727°C скорость превращения увеличивается и достигает максимума при $\sim 550^\circ\text{C}$, разработанный режим должен увеличить время и полноту структурных превращений с уменьшением межпластинчатого расстояния в перлите. Начальная температура охлаждения в зоне виткообразователя была принята равной $870 \pm 20^\circ\text{C}$ (несколько выше температуры A_{C3}) как наиболее эффективной для формирования мелкодисперсной структуры без образования заметной карбидной сетки при разных скоростях охлаждения.

Исходная микроструктура проката диаметром 6,5 мм при таком режиме поточной термообработки была мелкодисперсной перлитной с межпластинчатым расстоянием $0,126\text{--}0,235\text{ мкм}$ и размером пластин цементита не более $0,8\text{ мкм}$.

По размеру зерен отчетливо определялись 2 зоны (рис. 1): периферийная (толщина $1,1\text{--}1,4\text{ мм}$), мелкозернистая и центральная крупнозернистая. Поэтому в дальнейших исследованиях и анализе структурных превращений было принято выполнять их для обеих зон.



Рис. 1. Микроструктура катанки из стали ШХ15 диаметром 6,5 мм, $\times 50$

После прокатки и поточного охлаждения бунтового проката диаметром 6,5 мм из подшипниковой стали ШХ15 были обеспечены все качественные характеристики по ГОСТ 801, в том числе и повышение качественных показателей ОБС (минимизация участков остаточного пластинчатого перлита) (рис. 2).

Учитывая получение мелкодисперсной перлитной структуры на линии Стелмор и применяемый далее циклический тип сфероидизирующего отжига бунтового проката диаметром 6,5 мм, представляет интерес изучение влияния исходной микроструктуры разных размеров сечений на полноту структурных превращений при сфероидизации пластин цементита в глобули.

4. Совершенствование технологического процесса производства подшипниковых марок стали на стане 370/150 / В. С. Путеев, С. А. Савченко, И. А. Панковец [и др.] // Литье и металлургия. – 2021. – № 3. – С. 65–73. – DOI 10.21122/1683-6065-2021-3-65-73
5. Особенности формирования мелкодисперсной структуры бунтового проката подшипниковой стали / С. А. Савченко, И. А. Ковалева, И. В. Астапенко, А. Б. Сычков // Черные металлы. – 2024. – № 4. – С. 32–38. – DOI 10.17580/chm.2024.04.05

ЗАВИСИМОСТЬ ДЛЯ НАПРЯЖЕНИЯ ВОЛОЧЕНИЯ В ДЕФОРМИРУЮЩЕЙ ЗОНЕ ВОЛОКИ

Д. В. Деревянко

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

Научный руководитель Ю. Л. Бобарикин

Отмечено, что при проектировании и совершенствовании процессов волочения металлической проволоки и прутков необходимо иметь возможность аналитического расчета значения усилия волочения. Традиционно при расчете величины усилия волочения основной упор делается на определение усилия волочения через основную деформирующую зону волоки. Однако величина практического усилия волочения также зависит и от сопротивления протяжки металла через цилиндрическую калибрующую зону волоки. Представлена зависимость для аналитического расчета напряжения волочения через коническую деформирующую зону волоки.

Ключевые слова: волочение, волока, деформирующая зона волоки, формула для напряжения волочения.

Величина напряжения волочения в деформирующей зоне волоки используется для аналитического определения значения усилия проволоки и прутков [1–3]. Усилие волочения зависит от сопротивления протяжки металла через деформирующую, чаще коническую, зону волоки и через цилиндрическую калибрующую зону волоки. Основная доля величины усилия волочения приходится на деформирующую зону волоки. Поэтому аналитическая оценка значения напряжения волочения в деформирующей зоне волоки является актуальной.

Для получения зависимости для расчета напряжения волочения в деформирующей зоне волоки рассмотрим схему волочения заготовки круглого сечения через коническую деформирующую зону волоки (рис. 1).

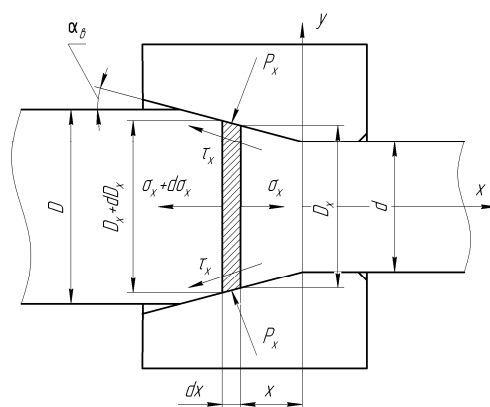


Рис. 1. Схема напряженного состояния в деформирующей
конической зоне волоки