

цессе напыления составил 40 л/мин. Температура детали в процессе напыления не превышала 210 °С. Проплавление поверхности основного металла клапана составило 10–50 мкм, различимы поры и очаги шлака. Глубина перехода металла подложки в покрытие – не более 30 мкм.

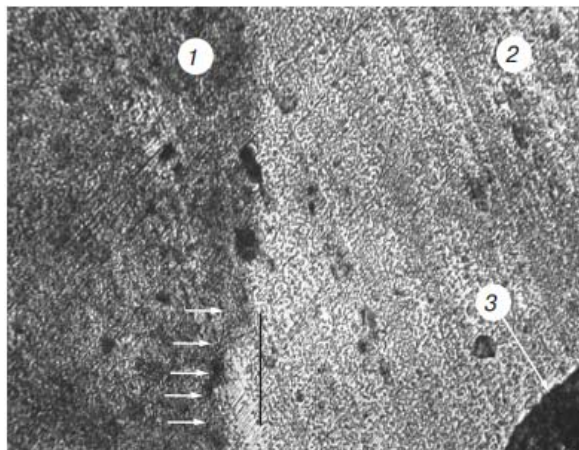


Рис. 2. Область плазменного напыления на поверхности выпускного клапана:
1 – основной металл; 2 – напыленный слой;
3 – пора и шлаковые включения

Анализ полученных результатов показывает перспективность применения вышеуказанного метода упрочнения поверхности выпускного клапана при условии их дальнейших исследований и совершенствовании.

Л и т е р а т у р а

1. Газотермические покрытия из порошковых материалов : справочник / Ю. С. Борисов [и др.]. – К. : Наукова думка, 1983. – 568 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ МИКРОСТРУКТУРЫ КОНЦОВ РАСКАТОВ ПО ДИСТАНЦИИ ПРОКАТКИ В ЛИНИИ КАТАНКИ СТАНА 370/150

Л. А. Соколовская

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

Научный руководитель И. В. Астапенко

Проведены исследования изменения микроструктуры непрерывнолитых заготовок из шарикоподшипниковой стали ШХ-15 в зависимости от степени деформации по дистанции линии катанки стана 370/150.

Ключевые слова: горячая прокатка, микроструктура, непрерывнолитая заготовка, катанка, шарикоподшипниковая сталь.

Цель работы – провести анализ изменения микроструктуры раската и непрерывнолитой заготовки из 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 по дистанции прокатки в линии катанки;
- анализ результатов и формулирование выводов.

Объект исследования: технологический процесс прокатки круглого профиля Ø 18,5 мм из стали ШХ15 в линии катанки стана 370/150 ОАО «Белорусский металлургический завод».

Методика исследования:

- 1) отбор проб непрерывнолитых прямоугольных заготовок 250 × 300 мм и анализ их микроструктуры;
- 2) отбор проб после первой промежуточной группы клетей (клеть № 13) Ø 55 мм и после второй промежуточной группы клетей (клеть № 19), овал 30 × 25 мм и анализ их микроструктуры;
- 3) отбор пробы готового проката круглого профиля Ø 18,5 мм и анализ его микроструктуры;
- 4) сравнительный анализ микроструктуры и определение зависимости ее изменения от степени обжатия.

Катанка диаметром 18,5 мм прокатывается в линии катанки из непрерывнолитой заготовки 250 × 300 или 140 × 140 мм согласно универсальной схеме калибровке [1]. 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 (табл. 1).

Таблица 1

Деформационные показатели прокатки круглого профиля Ø 18,5 по контрольным точкам

Сечение заготовки, раскатов и проката, мм	Площадь сечения, мм ²	Вытяжка между контрольными точками λ^1	Суммарная вытяжка по дистанции λ
250 × 300	75000	0	0
Ø 55	2376	31,57	31,57
30 × 25	785,9	3,02	95,43
Ø 18,5	276,4	2,84	271,35

На первом этапе был выполнен анализ микроструктуры (рис. 1) образцов непрерывнолитой заготовки 250 × 300 из каждого из четырех ручьев машины непрерывной разливки. Методика и результаты исследования подробно описаны в работах [3, 4].

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 (рис. 1, а, б). В середине малого и большого радиусов имеет место выделение единичных частиц карбидов (рис. 1, в, г).

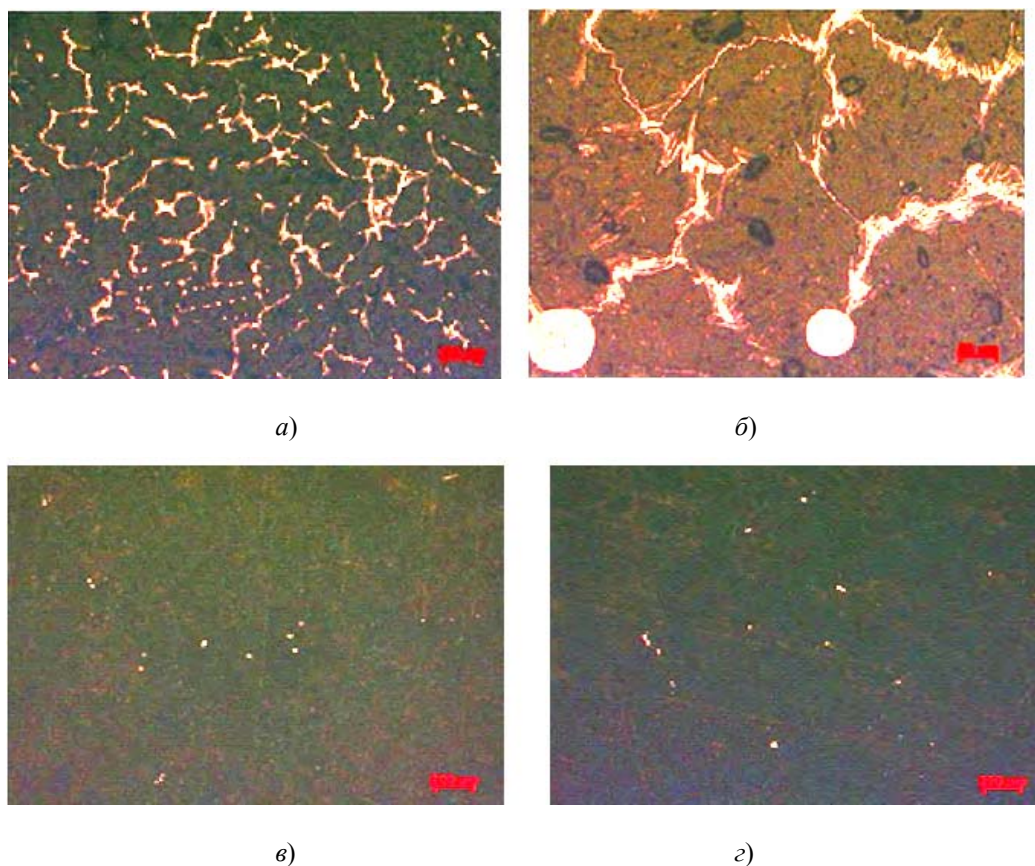


Рис. 1. Микроструктура образца НЛЗ 250 × 300:
а, б – избыточные карбиды в виде глобулей и грубой сетки по границам зерна в осевой зоне НЛЗ; в, г – единичные частицы карбидов в зоне середины малого и большого радиусов НЛЗ

Далее заготовки после гомогенизирующего отжига, описанного в работе [5], были прокатаны согласно штатной калибровки. Был выполнен анализ микроструктуры раскатов и конечного профиля. Величина карбидной сегрегации по шкалам CN5/CZ6/CZ7 стандарта SEP 1520 [6] представлена в табл. 2.

Таблица 2

Карбидная сегрегация по шкалам CN5/CZ6/CZ7 стандарта SEP 1520

Сечение заготовки, раскатов и проката, мм	Карбидная сегрегация, баллы		
	CN5	CZ6	CZ7
250 × 300	Выше максимума	Выше максимума	Выше максимума
Ø 55	5,4	6,6	7,4
30 × 25	5,3	6,3	7,2
Ø 18,5	5,1	6,1	7,0

После анализа исследования было установлено, что с увеличением суммарной вытяжки снижаются ликвационные проявления: чем меньше профиль поперечного сечения, тем ниже карбидная сегрегация.

Установлен фактор и определена степень его влияния на снижение карбидной неоднородности – суммарная вытяжка при прокатке. С уменьшением профиля (с увеличением суммарной вытяжки) наблюдается снижение балла карбидной сетки и ликвации. Данный факт объясняется дроблением аустенитного зерна с увеличением длины раската, утончением зоны ликвации в центре и дроблением ее на отдельные элементы.

Л и т е р а т у р а

1. Астапенко, И. В. Анализ влияния гомогенизирующего отжига блюмов подшипниковых марок стали на качество проката / И. В. Астапенко, С. А. Савченко // Современные проблемы машиноведения : материалы XIII Междунар. науч.-техн. конф. (науч. чтения, посвящ. 125-летию со дня рождения П. О. Сухого), Гомель, 22 окт. 2020 г. / М-во образования Респ. Беларусь, Гомел. гос. техн. ун-т им. П. О. Сухого, Филиал ПАО «Компания «Сухой» ОКБ «Сухого» ; под общ. ред. А. А. Бойко. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2020. – С. 100–102.
2. Астапенко, И. В. Оборудование прокатных цехов : практикум по выполнению лаборатор. работ для студентов специальности 1-42 01 01 «Металлургическое производство и материалобработка (по направлениям)», направления 1-42 01 01-01 «Металлургическое производство и материалобработка (металлургия)», специализации 1-42 01 01-02 01 «Обработка металлов давлением» дневной и заочной форм обучения / И. В. Астапенко. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2015. – 47 с.
3. Исследование факторов, способствующих снижению карбидной неоднородности в подшипниковых марках стали / И. А. Панковец [и др.] // Черная металлургия. Бюл. науч.-техн. и экон. информ. 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. Оценка эффективности режимов гомогенизирующего отжига подшипниковых марок сталей на ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК» / С. А. Савченко, В. И. Возная, И. В. Астапенко // Вестн. Гомел. гос. техн. ун-та им. П. О. Сухого. – 2021. – № 2. – С. 52–61.
6. SEP 1520:98. Микроскопическое исследование структуры карбида, содержащегося в стали, методом последовательности диаграмм / Изд. 3-е. – Изд-во Немец. ин-та стандартизации, 1998. – 5 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА ТРЕХНИТОЧНОЙ РЕЗКИ АРМАТУРЫ № 16 ДЛЯ УСЛОВИЙ КОНЦА ПРОКАТКИ НА СТАНЕ 320

В. М. Полетаев

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

Научный руководитель И. В. Астапенко

Проведены исследования численным моделированием по методу конечных элементов энергосиловых параметров резки арматуры № 16 при трехниточной прокатке в условиях стана 320. Определена математическая зависимость для расчета усилия реза.

Ключевые слова: численное моделирование, энергосиловой анализ, усилие реза, прокатка, слиттинг-процесс.