



УДК 669

Поступила 06.10.2021

ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТИ ПРУТКА МАРКИ СТАЛИ 100Cr6 ПОСЛЕ ГОМОГЕНИЗИРУЮЩЕГО ОТЖИГА В УСЛОВИЯХ МЕЛКОСОРТНО-ПРОВОЛОЧНОГО СТАНА 370/150

С. Н. ШЕХУРДИН, С. А. САВЧЕНКО, ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК», г. Жлобин, Гомельская обл., Беларусь, ул. Промышленная, 37. E-mail: prokat.ntu@bmz.gomel.by; Тел.: +375–29–7629037

И. В. АСТАПЕНКО, Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», г. Гомель, Беларусь, пр-т Октября, 48. E-mail: astapenko@tut.by.; Тел.+375 (29) 6540086

Исследованы актуальные проблемы производства сортового проката с высокими требованиями к карбидной неоднородности в прутках из подшипниковых марок стали после гомогенизирующего отжига на стане 370/150 ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК». Оценено влияние процесса гомогенизации непрерывнолитых заготовок на качество поверхности производимой продукции в готовом сорте на этапе производства. Исследованы и описаны дефекты, возникающие при производстве сортового проката в прутках из непрерывнолитой заготовки подшипниковых марок стали, предварительно прошедшей гомогенизирующий отжиг. Проведено исследование причин получения неудовлетворительного качества поверхности при прокатке прутков. Выявлены особенности проведения предварительного гомогенизирующего отжига блюмов перед прокаткой в условиях стана 370/150. Приведена классификация полученных дефектов.

Ключевые слова. Подшипниковые марки стали, гомогенизация, микроструктура, прокатка.

INVESTIGATION OF STEEL 100Cr6 BAR SURFACE QUALITY AFTER HOMOGENIZING ANNEALING IN CONDITIONS OF SMALL-SECTION WIRE MILL 370/150

S. N. SHEKHURDIN, S. A. SAVCHENKO, OJSC “BSW – Management Company of the Holding “BMC”, Zhlobin, Gomel region, Belarus, 37, Promyshlennaya str. E-mail: prokat.ntu@bmz.gomel.by

I. V. ASTAPENKO, Gomel State Technical University named after P. O. Sukhoi, Gomel, Belarus, 48, Oktyabrya Ave. E-mail: astapenko@tut.by

The current problems of the production of long products with high requirements for carbide inhomogeneity in rods made of bearing steel grades after homogenizing annealing at the 370/150 mill of OJSC “BSW – Management Company of the Holding “BMC”. Investigated and described the defects arising in the production of long products in bars from a continuously cast billet of bearing steel grades that have previously undergone homogenizing annealing. the conditions of the mill 370/150. The classification of the resulting defects.

Keywords. Bearing steel grades, homogenization, microstructure, rolling.

В рамках совершенствования технологии производства подшипниковых марок стали, направленной на уменьшение карбидной неоднородности, необходимо создание условий для перераспределения атомов карбида железа по всему объему заготовки [1]. Данное условие возможно только посредством гомогенизирующего (диффузионного) отжига. Гомогенизирующий отжиг проводят на слитках и непрерывнолитых заготовках при высоких температурах 1160–1240 °С, так как в этом случае более полно протекают диффузионные процессы, обеспечивающие выравнивание химического состава по всему объему металла [2]. При этом происходит устранение главного недостатка – осевой ликвации, но необходимо оценить влияние процессов на качество поверхности производимой продукции.

Описание эксперимента и отбор исследуемых образцов

В целях улучшения качества производимой продукции из подшипниковых марок стали в условиях стана 370/150 ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК» проведены эксперименты по

снижению карбидной неоднородности, заключающиеся в нагреве заготовок при температуре 1200 °С и выдержке металла не менее 10 ч и последующей прокатке [3–5]. Интенсивное растворение карбидов происходит при температуре 1150–1170 °С, когда ледебуритные участки начинают оплавляться, и встречная диффузия элементов резко возрастает [6, 7]. Однако не рекомендуется нагревать металл выше 1180 °С, так как при этом происходит значительное оплавление ледебуритных участков и возникновение в них разрывов металла при прокатке [8].

При оценке выявленных дефектов в готовой продукции после отжига, учитывая вид, расположение и характер дефекта, необходим глубокий анализ полученных дефектов. Для изучения влияния гомогенизирующего отжига блюмов на качество поверхности после прокатки отобраны пробы на двух этапах производства прутка. Первые образцы были отобраны после черновой группы клетей, а вторые – в промежуточной группе клетей.

Исследование качества поверхности прутка после гомогенизирующего отжига

Одним из требований к готовой продукции из подшипниковых марок стали является глубина поверхностных дефектов не более 0,20 мм. Для определения мест расположения дефектов по сечению раската исследована макроструктура представленных проб. Внешний вид макротемплетов после травления в горячем 50%-ном растворе соляной кислоты показан на рис. 1.

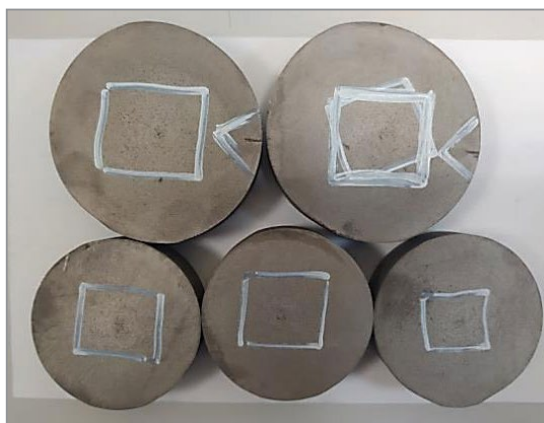


Рис. 1. Макроструктура раската стали марки 100Cr6

При исследовании макроструктуры выявлены дефекты в виде полостей, расположенных под прямым углом к поверхности. Расположение дефектов соответствует малой грани непрерывнолитой заготовки. На поверхности макротемплетов дефекты представляют собой продольные нарушения сплошности в виде трещин.

Дефекты металлургического происхождения (пузыри, шлаковые включения, внутренние трещины и ликвационные полоски) в макроструктуре не выявлены.

Следует отметить, что на поверхности всех исследованных образцов обнаружены множественные отслоения, мелкие пленки и разрывы, расположенные произвольно по периметру темплетов в местах, соответствующих как углам, так и граням непрерывнолитой заготовки – морщины и чешуйчатость (рис. 2).

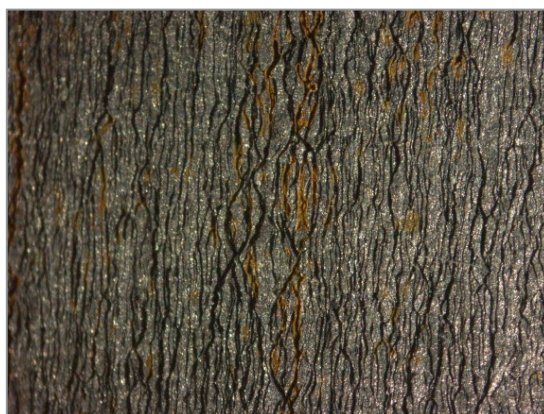


Рис. 2. Внешний вид поверхности макротемплетов стали марки 100Cr6 после стравливания окалины

Для определения причины образования дефектов из макротемплетов раската были изготовлены микрошлифы, микроструктура которых представлена на рис. 3.

При исследовании микрошлифов установлено, что полости дефектов имеют извилистую форму с множеством ответвлений, плавно сужаются в глубь образца. Стенки полостей окислены и в значительной степени обезуглерожены. Глубина дефектов в исследованных сечениях составила 2,6–3,8 мм. Поверхность в зоне дефектов окислена, обезуглерожена и имеет множество мелких углублений – морщин глубиной 0,1–0,2 мм. Дефекты металлургического происхождения (неметаллические включения, науглероживание, ликвация легкоплавких компонентов) в микроструктуре не отмечены. Поверхностные дефекты классифицированы как морщины и чешуйчатость [9, 10]:

- «Морщины» (соответствуют как углам, так и граням НЛЗ) – дефект поверхности в виде группы чередующихся продольных углублений и выступов, располагающихся в основном по всей длине раската, преимущественно в зоне, соответствующей размеру валков, и образовавшихся при повышенных обжатиях боковых граней. Причина образования – перегрев и неудовлетворительная калибровка.

- «Чешуйчатость» (как местная, так и по всему периметру образцов) – множественные поверхностные отслоения и разрывы в виде сетки сильно разветвленных мелких плен, расположенные произвольно по всему периметру или его части на участках различной длины. Появление чешуйчатости является следствием огрубления зеренной структуры и окисления границ заготовок из-за чрезмерного повышения температуры заготовок. В результате этого в периферийной зоне при первом обжатии возникают мелкие разрывы, которые при последующих проходах раскатываются в чешуйки, связанные с основным металлом. Чешуйчатостью может быть покрыта вся поверхность или ее часть. Причины образования – перегрев периферийной зоны металла.

Для получения необходимого качества поверхности производимой продукции (проката) следует контролировать качество поверхности прокатного инструмента (прокатных валков). При изучении вопроса о повышении качества поверхности готового проката прослеживается прямо пропорциональная зависимость между качеством поверхности проката и износом прокатного инструмента.

Выводы

1. Длительный отжиг блюмов из марки стали 100Ст6 вызывает снижение качества продукции, приводя к образованию поверхностных дефектов.
2. Дефекты «морщины» и «чешуйчатость» образуются после продолжительного нагрева и развиваются при последующей прокатке.
3. Износ прокатных валков оказывает негативное воздействие на качество производимой продукции, вследствие чего необходим контроль и своевременная замена инструмента.

ЛИТЕРАТУРА

1. Спектор, А. Г. Структура и свойства подшипниковых сталей / А. Г. Спектор, Б. М. Зельберт, С. А. Киселева. М.: Metallurgia, 1980. 264 с.
2. Влияние факторов нагрева на формирование карбидной сетки в стали ШХ15СГ / А. Б. Стеблов и др. // Литье и металлургия. 2015. № 2(34). С. 77–80.
3. 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. С. 100–102.
4. Оценка эффективности режимов гомогенизирующего отжига подшипниковых марок сталей на ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК» / С. А. Савченко, В. И. Возная, И. В. Астапенко // Вест. ГГТУ им. П. О. Сухого. 2021. № 2. С. 52–61.



Рис. 3. Микроструктура шлифа, вырезанного в области дефекта

5. Исследование факторов, способствующих снижению карбидной неоднородности в подшипниковых марках стали / И. А. Панковец, С. А. Савченко, В. И. Возная, М. Н. Верещагин, И. В. Астапенко // *Черная металлургия. Бюл. науч.-техн. и эконом. информации*. 2021. Т. 77. № 7. С. 804–810.
6. **Бернштейн, М. Л.** Термомеханическая обработка стали / М. Л. Бернштейн, В. А. Займовский, Л. М. Капуткина. М.: Металлургия, 1983. 480 с.
7. Оптимизация нагрева заготовок из стали ШХ15СГ перед прокаткой / А. Б. Стеблов, В. И. Тимошпольский, Д. В. Ленартович и др. // *Сталь*. 2005. № 5. С. 58–61.
8. Снижение карбидной сетки в стали ШХ15СГ / П. И. Ящерицын, В. И. Тимошпольский, Д. В. Ленартович, А. Б. Стеблов // *Докл. НАН Беларуси*. 2004. Т. 48. № 3. С. 117–121.
9. ГОСТ 21014-88 «Прокат черных металлов. Термины и определения дефектов поверхности».
10. Дефекты стальных заготовок и металлопродукции: справ.-атлас / З. А. Микирова, Е. А. Перетягина, В. И. Грицаенко. Минск: «СтройМедиаПроект», 2019. 327 с.