

УДК 621.77.01

**АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ГОМОГЕНИЗИРУЮЩЕГО ОТЖИГА БЛЮМОВ
ПОДШИПНИКОВЫХ МАРОК СТАЛИ НА КАЧЕСТВО ПРОКАТА**

И. В. Астапенко

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

С. А. Савченко

*ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК», г. Жлобин,
Республика Беларусь*

Методы устранения карбидной ликвации лежат в основе технологии выплавки и разлива, в прокатном производстве при термообработке возможна лишь минимизация негативных факторов, влияющих на потребительские свойства подшипников. Основным мероприятием в прокатном производстве, направленным на уменьшение карбидной ликвации, является создание условий для диффузии – равномерное распределение атомов карбида железа по всему объему заготовки [1]. Равномерное распределение атомов карбида железа достигается при гомогенизирующем (диффузионном) отжиге. Гомогенизирующий отжиг проводят на слитках и непрерывнолитых заготовках при высоких температурах (около 1100–1200 °С), так как в этом случае более полно протекают диффузионные процессы, обеспечивающие выравнивание химического состава по всему объему металла [2].

Для отработки технологии гомогенизирующего отжига было выбрано два основных маршрута: маршрут 1 – отжиг в печи прокатного стана 850; маршрут 2 – отжиг в печи прокатного стана 370/150.

Основным отличием маршрута 1 от маршрута 2 является возможность планирования отжига в печи стана 850 малыми партиями во время технологического ремонта прокатного оборудования. При этом максимальная вместимость печи на стане 850 составляет 150 т, на стане 370/150 – 550 т. Наиболее оптимальным был признан отжиг в печах стана 850, так как работа проводилась в период планового ремонта, поэтому простои прокатных станов были сведены к минимуму.

Главными критериями оценки эффективности гомогенизирующего отжига принята степень влияния процесса на снижение себестоимости продукции и уровень снижения брака по карбидной неоднородности в готовом сорте согласно SEP 1520.

Проведенные испытания показали, что оба варианта – термообработка малотоннажных партий в печи стана 850 и крупнотоннажных партий в печи стана 370/150 – позволили достигнуть требуемых значений карбидной неоднородности в готовом сорте CZ6 не более 6,3 и CZ7 не более 7,4.

Риски, связанные с гомогенизацией. Риски, связанные с проведением гомогенизации, можно разделить на очевидные и неочевидные. К очевидным рискам можно отнести увеличение угара металла и, как следствие, появление поверхностных дефектов, к неочевидным – получение аварийного брака по причине расслоения раската.

Интенсивное выгорание поверхности блюмов в окислительной атмосфере печи приводит к обезуглероживанию поверхностного слоя, а также способствует появлению поверхностных дефектов прокатного происхождения, таких как прокатная пленка и чешуйчатость. Решить проблему удалось ограничением температуры и времени нагрева в печи, а также сохранением первородной и вторичной окалины [3]–[5].

Секция 2. Современные материалы, наноматериалы в машиностроении 101

Основным риском, связанным с гомогенизацией, является аварийный брак, проявляющийся при прокате подшипниковых марок сталей, легированных марганцем и кремнием, таких как ШХ15СГ и ШХ20СГ. За период использования гомогенизирующего отжига с 01.01.2020 г. по 01.09.2020 г. было отмечено несколько случаев разрушения заготовки при прокате. При металлографических исследованиях дефект был классифицирован как расслой.

Расслой – продольное нарушение сплошности металла различной протяженности, приводящее к его разрушению [6]. Расслой, приведший к получению аварийного брака, произошел вследствие возникновения в осевой части заготовки напряжений, связанных со структурными превращениями при неравномерном нагреве. Зарождение трещины во всех зафиксированных случаях произошло на расстоянии от 300 до 500 мм от торцов непрерывнолитой заготовки. В процессе развития под действием структурных напряжений осевая трещина выходит на грани и торец блюма, достигает критического размера при прокатке и приводит к его разрушению по типу расслоя (рис. 1).



а)

б)

Рис. 1. Дефекты, выявленные при аварийном браке:
а – внешний вид трещины на блюме 250×300 после гомогенизирующего отжига; б – расслой на прутке

Для поиска корневой причины были проанализированы режимы выплавки и разливки, охлаждение под колпаками и дальнейший гомогенизирующий отжиг, проведенный в печах прокатных станов 850 и 370/150. Было выявлено, что дефекты проявлялись только на первых блюмах плавов, которые проходили гомогенизацию на стане 850 [7], [8].

Ключевым фактором, выявленным в процессе анализа причин аварийного брака, является возникновение трещин на расстоянии около 400 мм, т. е. исключительно в местах контакта блюма с водоохлаждаемой балкой. Предположительно, негативному воздействию подвергались только первые заготовки ввиду большого градиента температур. По мере последующей загрузки блюмов в печь температура снижается и не происходит теплового удара на остальных заготовках. Для предотвращения возникновения дефектов была разработана альтернативная схема нагрева, заключающаяся в предварительном прохождении через подогревательную печь 850 с последующим нагревом в нагревательной печи 850 стана.

Проведение гомогенизирующего отжига привело к росту себестоимости продукции на стане 850 на 10 %, а на стане 370/150 около 3 %. Анализируя период применения гомогенизирующего отжига с 01.01.2020 г. по 01.09.2020 г, выход годной

продукции увеличился на 10 %, при этом снижение себестоимости продукции, с учетом проведения гомогенизирующего отжига, составило 7 %.

Таким образом, можно сделать следующие выводы:

1. Гомогенизирующий отжиг позволил достичь уровня карбидной сегрегации, необходимого для выполнения контрактных требований CZ6 не более 6,3 и CZ7 не более 7,4.

2. Анализ аварийного брака показал, что ключевым фактором, негативно влияющим на качество заготовки, является высокий градиент температур и водоохлаждаемая балка, места соприкосновения с которой являются местами зарождения трещин. Для снижения вероятных причин брака была проведена корректировка режима гомогенизации.

3. Эффективностью проведения гомогенизирующего отжига является снижение себестоимости продукции на 7 % и увеличение выхода годной продукции с уровнем карбидной неоднородности в готовом сорте CZ6 (не более 6,3) и CZ7 (не более 7,4) на 10 %.

Литература

1. Бокштейн, Б. С. Атомы блуждают по кристаллу / Б. С. Бокштейн. – М. : Наука, 1984. – 208 с.
2. Чередниченко, В. С. Материаловедение / В. С. Чередниченко. – М. : Омега-Л, 2008. – 752 с.
3. Темлянцев, М. В. Окисление и обезуглероживание стали в процессах нагрева под обработку давлением / М. В. Темлянцев, Ю. Е. Михайленко. – М. : Теплотехник, 2006. – 200 с.
4. Тлустенко, С. Ф. Теория и режимы нагрева и термообработки заготовок и деталей в процессах ОМД / С. Ф. Тлустенко. – Самара : Изд-во Самар. гос. аэрокосм. ун-та, 2012. – 80 с.
5. Савченко, С. А. Анализ влияния деформационных параметров прокатки на качество прутка из шарикоподшипниковой стали в условиях стана 370/150 ОАО «БМЗ» / С. А. Савченко, И. В. Астапенко // Исследования и разработки в области машиностроения, энергетики и управления : материалы XIX Междунар. науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, Гомель, 25–26 апр. 2019 г. / М-во образования Респ. Беларусь, Гомел. гос. техн. ун-т им. П. О. Сухого ; под общ. ред. А. А. Бойко. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2019. – С. 116–119.
6. ГОСТ 21014–88. Прокат черных металлов. Термины и определения дефектов поверхности.
7. Савченко, С. А. Совершенствование технологического процесса горячей прокатки шарикоподшипниковых сталей в условиях стана 370/150 ОАО «БМЗ» УКХ «БМК» / С. А. Савченко, И. В. Астапенко // Беларусь в современном мире : материалы XII Междунар. науч. конф. студентов, магистрантов, аспирантов и молодых ученых, Гомель, 16–17 мая 2019 г. / М-во образования Респ. Беларусь, Гомел. гос. техн. ун-т им. П. О. Сухого, Гомел. обл. орг. о-ва «Знание» ; под общ. ред. В. В. Кириенко. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2019. – С. 282–285.
8. Исследование дефектов непрерывнолитой заготовки диаметром 200 мм и причин их образования в условиях ОАО «БМЗ» / И. А. Ковалева [и др.] // Литье и металлургия. – 2012. – № 3. – С. 59–62.

УДК 669.27:519

РАСШИРЕННАЯ ОЦЕНКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СЛОЖНОСТИ ОТЛИВОК НА ОСНОВЕ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДОВ НЕЙРОСЕТЕЙ

И. Б. Одарченко, В. А. Жаранов, И. Н. Прусенко

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

Многокритериальная оценка технологической сложности отливок служит основой для выбора способа проектирования литниково-питающих систем (ЛПС)