

Н.А.ГЛАЗУНОВА,

О.П. МАКСИМОВА, магистр техн. наук

ОАО «БМЗ - управляющая компания холдинга «БМК» (Жлобин, Беларусь)

ВЛИЯНИЕ НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИХ ВКЛЮЧЕНИЙ НА КАЧЕСТВО ЧИСТОВЫХ ОСЕЙ

Аннотация

Исследование качества поверхности чистовых осей на наличие дефектов, правильная их классификация, позволит установить причину образования дефектов и поможет устранить их возникновение в дальнейшем. Это даст возможность скорректировать технологический процесс производства осевой непрерывнолитой заготовки размером 300х400 мм из стали марки ОС и предотвратить образование дефектов.

Ключевые слова: осевая заготовка, поверхностные дефекты, волосовины, неметаллические включения, химический состав, черновая ось, чистовая ось.

В ОАО «БМЗ-управляющая компания холдинга «БМК» освоено производство осевых заготовок, представляющих собой непрерывнолитую заготовку (далее – НЛЗ) размером 300х400 мм из стали марки ОС, которая предназначена для изготовления черновых осей для железнодорожного подвижного состава [1].

Каждая плавка непрерывнолитой осевой заготовки подвергается контролю внутреннего качества (макроструктуры). Контроль осуществляется в соответствии с требованиями стандартных спецификаций по методу ГОСТ Р 58228-2018 [2]. Исследование макроструктуры поперечного сечения НЛЗ сечением 300х400 мм из стали марки ОС проводилось с использованием системы анализа изображений Thixomet.

В макроструктуре осевых заготовок не допускаются остатки усадочной раковины, подусадочной рыхлости, флокены, расслоения, трещины, пузыри, корочки, инородные металлические и шлаковые включения [1,3]. Внутреннее качество непрерывнолитой осевой заготовки из стали марки ОС должно соответствовать требованиям ГОСТ 4728-2010.

Содержания неметаллических включений непрерывнолитой осевой заготовки не контролируется, получение требуемого содержания неметаллических включений в черновых осях обеспечивается существующей технологией производства непрерывнолитой осевой заготовки.

Вагонная ось – одна из наиболее ответственных частей вагонной тележки. Она представляет собой стальной брус круглого сечения, на котором укрепляется колесная пара. У вагонной оси имеются две шейки, предподступичные и подступичные части, а также средняя часть оси. Для снижения концентрации напряжений в местах изменения диаметров оси делают плавные переходы-галтели [3,4].

Черновые и чистовые оси для железнодорожного подвижного состава с максимальной расчетной осевой нагрузкой 245,2 кН (РВ2Ш) и 230 кН (РУ1Ш) для грузовых вагонов с конструкционной скоростью до 160 км/ч изготавливаются методом горячего деформирования (свободной ковкой и штамповкой), подвергаются дальнейшей термической обработке, проходят все виды необходимых испытаний в соответствии с требованиями ГОСТ 33200-2014 [5].

Следующий этап контроля качества металла проводят на черновых осях. Предъявляют требования к качеству поверхности, макроструктуре и загрязненности неметаллическими включениями черновых осей [6].

Для принятия мер по улучшению качества осевой заготовки в условиях ОАО «БМЗ-управляющая компания холдинга «БМК» проводится анализ загрязненности неметаллическими включениями черновых осей. Из черновых осей изготавливают чистовые оси. Каждая чистовая ось подвергается контролю качества поверхности и ультразвуковому контролю внутренних дефектов.

К качеству поверхности чистовых осей предъявляются высокие требования, особенно галтелей, так как при эксплуатации осей дефекты поверхности являются концентраторами напряжений и приводят оси к преждевременному разрушению. На поверхности чистовых осей не должно быть дефектов металлургического происхождения в виде трещин и волосовин, размеры и количество которых превышают требования [5] для осей из стали марки ОС, на галтелях волосовины не допускаются.

Несмотря на жесткие требования и контроль качества осевых заготовок и черновых осей выявляются и отсортировываются чистовые оси с поверхностными (по результатам магнитопорошкового контроля) дефектами.

При исследовании образцов отсортированных чистовых осей с поверхностными дефектами основную часть дефектов представляли волосовины как единичного, так и скученного характера (рисунок 1). Волосовины представляют собой неметаллические включения, попадающие в металл из внешних источников - экзогенные (шлак, огнеупоры, ферросплавы и др.) или образующиеся в металле вследствие реакции раскислителей и десульфураторов с кислородом, серой, азотом и взвесью включений - эндогенные [7, 8, 9].

Волосовина часто является скрытым дефектом и проявляется на поверхности готовых изделий в результате выхода на поверхность неметаллических включений при обточке чистовых осей. Чаще всего волосовины на поверхности чистовых осей единичные (рис. 1а), редко встречались скученного характера (рис. 1б), длина волосовин составляла 1-2 мм.

При исследовании микрошлифов, вырезанных в месте расположения дефекта поверхности «волосовина», выявлены разнообразные неметаллические включения по размеру, цвету, форме и составу, что говорит о различных причинах их образования [10].

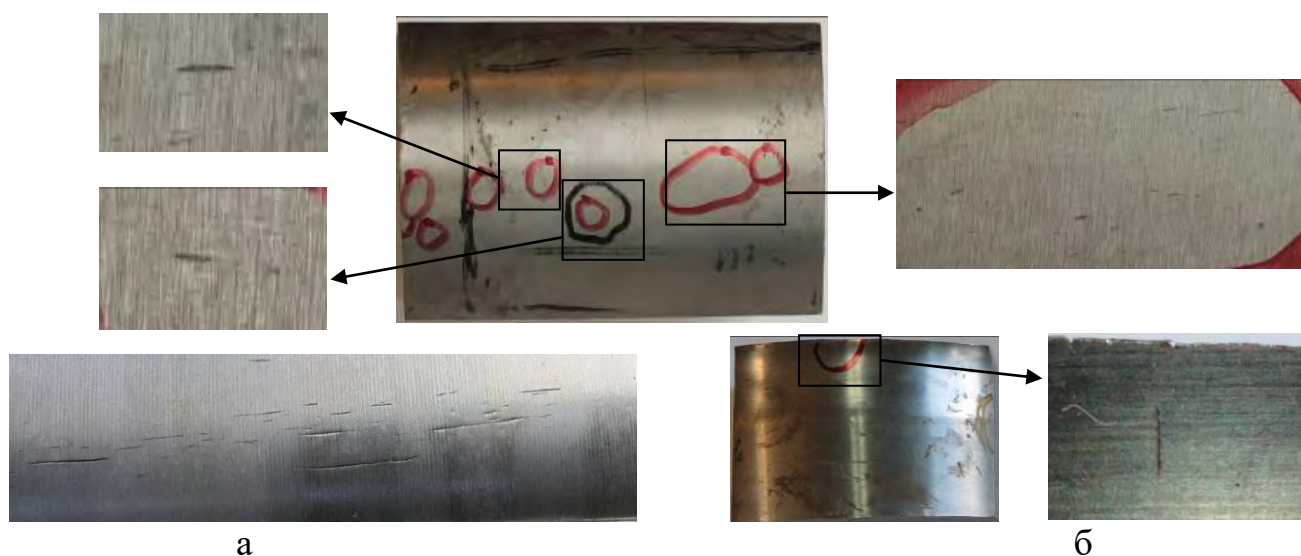


Рис. 1. Волосовины на чистовых осях: а – скученного характера, б – единичная

Состав неметаллических включений, вышедших на поверхность осей после обточки, исследовали на сканирующем электронном микроскопе TESCAN VEGA GMS. По составу неметаллические включения условно разделили на три типа (А, Б, В). Вид включений в поперечном сечении микрошлифа представлен на рисунках 2, 3, 4. Химический состав включений при пересчете на оксиды представлен в таблицах 1, 2, 3.

Учитывая результаты исследования химического состава, размера и формы включений, сделан вывод, что включения попали в металл из огнеупорных материалов, металлопроводок (тип А), шлакообразующей смеси (тип Б) или являются продуктами раскисления (тип В)[9].

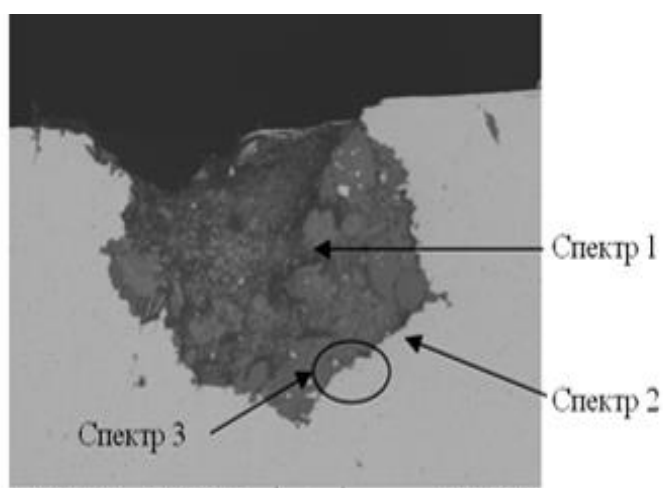


Рис. 2. Вид неметаллического включения (тип А) в зоне поверхностного дефекта «волосовина» чистовой оси в поперечном сечении микрошлифа

Табл. 1. Химический состав неметаллического включения (тип А) при пересчете на оксиды

Наименование спектра	Na ₂ O ₃	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	K ₂ O	CaO	ZrO ₂	Итого
Спектр 1	9.77	4.79	45.18	1.86	4.68	33.73	0.00	100.00
Спектр 2	10.24	0.58	74.06	0.66	0.00	14.46	0.00	100.00
Спектр 3	0.00	0.47	0.40	0.00	0.88	25.88	72.37	100.00

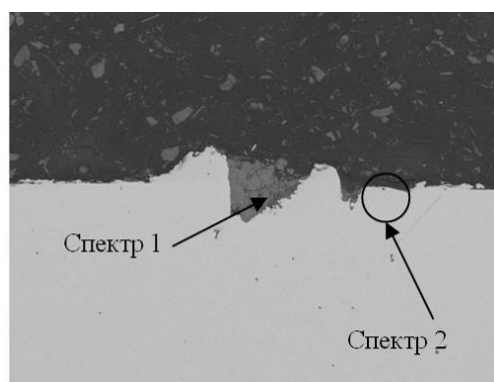


Рис. 3. Вид неметаллического включения (тип Б) в зоне поверхностного дефекта «волосовина» чистовой оси в поперечном сечении микрошлифа

Табл. 2. Химический состав неметаллического включения (тип Б) при пересчете на оксиды

Наименование спектра	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	CaO	Итого
Спектр 1	20.62	11.67	38.74	28.96	100.00
Спектр 2	20.60	11.16	38.65	29.59	100.00

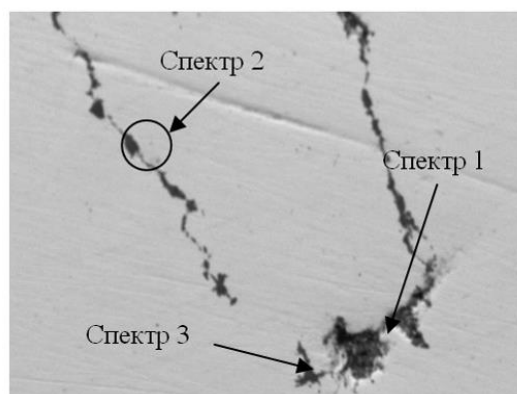


Рис. 4. Вид неметаллического включения (тип В) в зоне поверхностного дефекта «волосовина» чистовой оси в поперечном сечении микрошлифа

Табл. 3. Химический состав неметаллического включения (тип В) при пересчете на оксиды

Наименование спектра	MgO	Al ₂ O ₃	CaO	Итого
Спектр 1	22.87	76.47	0.66	100.00
Спектр 2	1.57	90.82	7.61	100.00
Спектр 3	5.56	88.98	5.46	100.00

Для предотвращения отсортровки по металлургическим дефектам чистовых осей был реализован комплекс мероприятий, направленный на минимизацию попадания эндогенных и экзогенных частиц в тело слитка:

- разработан технологический маршрут для проведения глубокой степени десульфурации;

- разработаны и внедрены оптимальные режимы вакуумного и флотационного рафинирования стали для максимального удаления продуктов раскисления;

- определены оптимальные диапазоны остаточного содержания алюминия и кальция в стали для снижения степени эрозии огнеупорных материалов промежуточного ковша и выпадение докристаллизационных и кристаллизационных эндогенных включений;

- разработаны режимы охлаждения слитка с целью минимальной сегрегации основных ликвирующих элементов при кристаллизации;

- с целью исключения попадания частиц металлопроводки в тело слитка были произведены ограничения в серийности разливки стали на одном шлаковом поясе.

По результатам исследования поверхностных дефектов на чистовых осях внедрены следующие мероприятия:

- проведен анализ причин образования дефектов (рассмотрены вопросы по переработке металла у потребителей черновых осей, рассмотрена текущая технология выплавки и разливки у производителя);

- проведена корректировка технологии производства: изменен химический состав стали – уменьшен диапазон по содержанию максимального значения кремния и серы, увеличено минимальное содержание алюминия, введены ограничения по содержанию неметаллических включений; увеличена доля использования «чистых» компонентов металлошихты.

Выводы:

Большинство дефектов чистовых осей из стали марки ОС связано с наличием неметаллических включений. Поверхностные дефекты, образовавшиеся в результате выхода на поверхность в процессе обточки неметаллических включений, классифицируются по ГОСТ 21014 как волосовины. Оценка загрязненности неметаллическими включениями черновых осей на каждой плавке, позволяет контролировать и, при необходимости, корректировать технологический процесс производства осевой непрерывнолитой заготовки, отсортровывать несоответствующую требованиям продукцию на

стадии производства черновых осей. Классифицировав дефекты поверхности чистовых осей, изучив состав неметаллических включений и установив природу их образования, скорректирован технологический процесс производства осевой непрерывнолитой заготовки, что позволило снизить отсортировку чистовых осей по поверхностным дефектам.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Заготовки осевые для железнодорожного подвижного состава. Технические условия = Загатоукі восевыя для чыгуначнага рухомага саставу : ГОСТ 4728-2010. – Взамен ГОСТ 4728-96; введ. РБ 27.07.2011. – Минск : Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2011. – 8 с.
2. Заготовка стальная непрерывнолитая. Методы контроля и оценки макроструктуры - Загатоука стальная бесперапынналітая. Метады кантролю і ацэнкі макраструктуры : ГОСТ Р 58228-2018; введ. 25.03.2021 – Минск : Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2021. – 55 с.
3. Особенности макро- и микроструктуры ступицы железнодорожных колёс Ø 957 мм, изготовленных из непрерывнолитой заготовки / А.И. Бабаченко, Е.Г. Дёмина, А.В. Кныш, Е.А. Шпак // Фундаментальные и прикладные проблемы черной металлургии: Сб. научн. тр. –Днепропетровск. ИЧМ НАН Украина, 2013.– Вып. 27. – С. 222–234.
4. Вагонная ось [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.aswn.ru/wheelpair/axis>. – Дата доступа: 08.07.2024.
5. Оси колесных пар железнодорожного подвижного состава. Общие технические условия = Восі колавых пар чыгуначнага рухомага складу : ГОСТ 33200-2014.– Взамен ГОСТ 22780—93, ГОСТ 31334—2007; введ. РБ 01.04.2016. – Минск : Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2016. – 42 с.
6. Васенев Ю. Г. Особенности выявления металлургических дефектов в заготовках, выполненных литьем и влияние дефектов на контролепригодность изделий [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.ntcexpert.ru/documents/uzk-defektov-litya.pdf>. – Дата доступа: 08.07.2024.
7. Дефекты стали : справочник / С. М. Новокщенова, М. И. Виноград, Б. А. Клыпин [и др.] ; под ред. С. М. Новокщеновой, М. И. Винограда М. : Металлургия, 1984. – 199 с.
8. Металлопродукция из стали и сплавов. Дефекты поверхности. Термины и определения ГОСТ 21014.
9. Дефекты стальных заготовок и металлопродукции: Справочник - атлас / З. А. Микирова, Е. А. Перетягина, В. И. Грицаенко; Руководитель проекта и составитель В. И. Грицаенко. – Минск: "СтройМедиаПроект", 2019. – 327 с.
10. Виноград М. И. Включения в стали и ее свойства. М.: Металлургиздат, 1963. – 252 с.

Контакты:

nmv.czl@bmz.gomel.by (Максимова Ольга Петровна
Глазунова Наталья Александровна)