

УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ ВАГОННЫХ ОТЛИВОК ИЗ СТАЛИ 20ГЛ В АСПЕКТЕ ВЛИЯНИЯ НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИХ ВКЛЮЧЕНИЙ

Богданов Р.А.

Брянский государственный технический университет, г. Брянск

Ключевые слова: статистический и микроструктурный анализы, ударная вязкость, рама боковая, балка надрессорная, сталь 20ГЛ, неметаллические включения.

Аннотация. Рассмотрено влияние неметаллических включений низколегированной литейной стали 20ГЛ вагонных отливок на основе статистического и микроструктурного анализов мартеновских и электродуговых плавок на повышение ударной вязкости. Методом растровой электронной микроскопии проводили количественный микроанализ неметаллических включений в образцах, выплавленных в мартеновской и электродуговой печах.

QUALITY MANAGEMENT OF CAR CASTINGS OF STEEL 20GL IN THE ASPECT OF THE INFLUENCE OF NON-METALLIC INCLUSIONS

Bogdanov R.A.

Bryansk State Technical University, Bryansk

Keywords: statistical and microstructural analyzes, impact strength, side frame, nadressornoj beam, steel 20GL, non-metallic inclusions.

Abstract. The influence of nonmetallic inclusions of low-alloy casting steel 20GL wagon castings based on statistical and microstructural analyzes of open-hearth and electric arc melts on the increase in impact strength is considered. By scanning electron microscopy, a quantitative microanalysis of non-metallic inclusions in samples melted in an open-hearth and electric arc furnaces was performed.

Неметаллические включения (НМВ) играют важную роль в формировании структуры и свойств литых сплавов. Управление природой неметаллических включений позволяет получать сплавы с заданными свойствами, улучшать их качество, повышать надежность и долговечность литья. Эффективность воздействия НМВ зависит не только от их количества, но и от характера их распределения, структурного состояния, формы и размера, при этом существенную роль играют механические свойства самих включений [1].

На протяжении многих десятилетий предприятие АО «ПО «Бежицкая сталь» получает в мартеновской и электродуговой печах жидкую сталь марки 20ГЛ, модифицированную внепечной обработкой и идущую на отливки «Рама боковая» и «Балка надрессорная» грузовых вагонов.

На основании методики [1] построена частотная диаграмма (рис. 1, 2), показывающая взаимосвязь между количеством мартеновских и электродуговых плавок и одинаковым уровнем ударной вязкости, с наложением микроструктуры НМВ из образцов с различным уровнем ударной вязкости $KCV_{-60} < 2,0$, $KCV_{-60} \geq 2,0$ и выше $KCV_{-60} > 2,0 \cdot 10^2$ кДж/м².

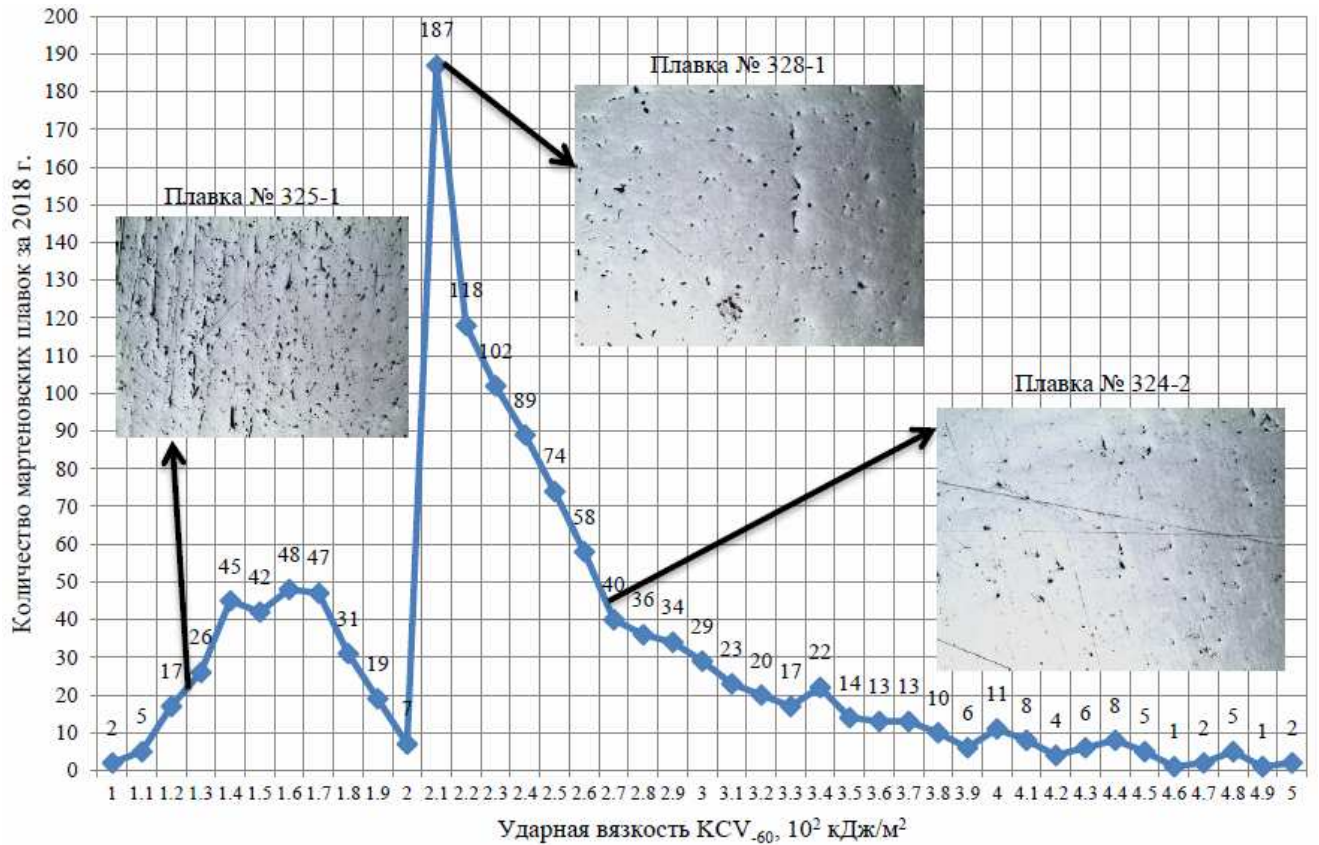


Рис. 1. Вариационная диаграмма количества мартеновских плавков с одинаковым уровнем ударной вязкостью стали 20ГЛ (x100)

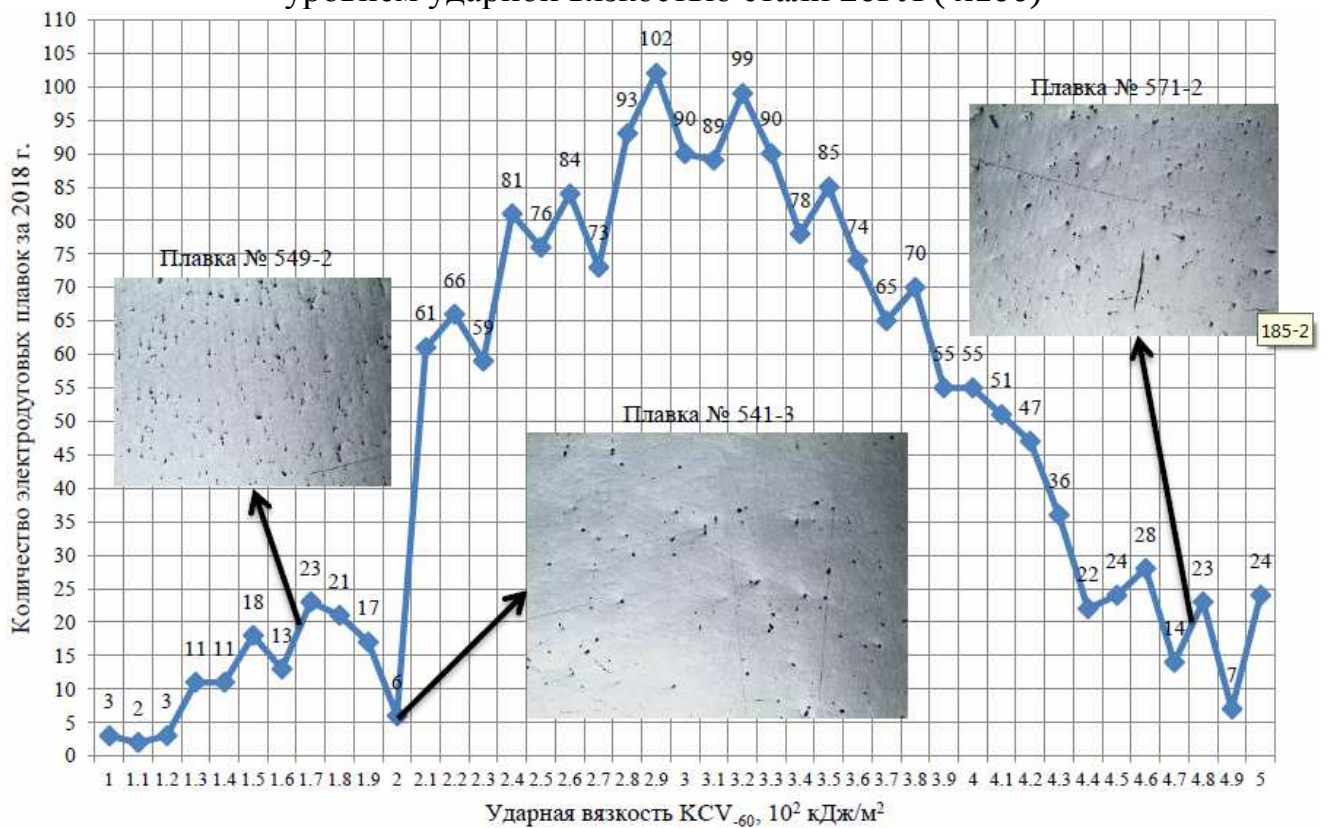


Рис. 2. Вариационная диаграмма количества электродуговых плавков с одинаковым уровнем ударной вязкостью стали 20ГЛ (x100)

Проведенный статистический анализ данных выплавленной в мартеновской и электродуговой печах стали 20ГЛ на предприятии АО «ПО «Бежицкая сталь»

показывает уровень ударной вязкости $KCV_{-60} > 2,0$ достигнут только в 73,8% (873 мартеновских плавок) и $KCV_{-60} > 2,0 \cdot 10^2$ кДж/м² – в 92,9% (1825 электродуговых плавок) от общего количества плавок, соответственно, (1182 плавок) и (1963 плавок).

Отливки «Рама боковая» и «Балка надрессорная» грузовых вагонов должны соответствовать предъявляемым к ним требованиям как по химическому составу, так и механическим свойствам согласно ГОСТ 32400 – 2013.

Для оценки ударной вязкости применяют метод серийных испытаний на ударный изгиб образцов с различными типами надреза при понижающихся температурах по ГОСТ 9454–78.

Металлографический анализ микроструктуры стали 20ГЛ проводили по ГОСТ 1778-70 (метод Л) с помощью программы Vestra Image System и микроскопа Axiovert 40 MAT (Carl C) фирмы Карл Цейсс (Германия).

На электронном растровом микроскопе Zeiss SIGMA VP фирмы «Carl Zeiss» (Германия) проводили количественный микроанализ металлической матрицы и НМВ с общим видом распределения химических элементов образца (рис. 3 – 5), выплавленного в мартеновской и электродуговой печах, с ударной вязкостью $KCV_{-60} < 2,0$, $KCV_{-60} \geq 2,0$ и свыше $KCV_{-60} > 2,0 \cdot 10^2$ кДж/м².

На электронных микрофотографиях обнаруживаются сглаженные гребни (рис. 3а, 4б) и ямкообразования (рис. 3б, 5а), что характерно для хрупкого и вязко-хрупкого изломов, соответственно, $KCV_{-60} < 2,0$ и $KCV_{-60} \geq 2,0$, «чашечное» строение матрицы (рис. 4а, 5б), что характерно для вязкого излома и $KCV_{-60} > 2,0 \cdot 10^2$ кДж/м² в образцах мартеновской и электродуговой плавок.

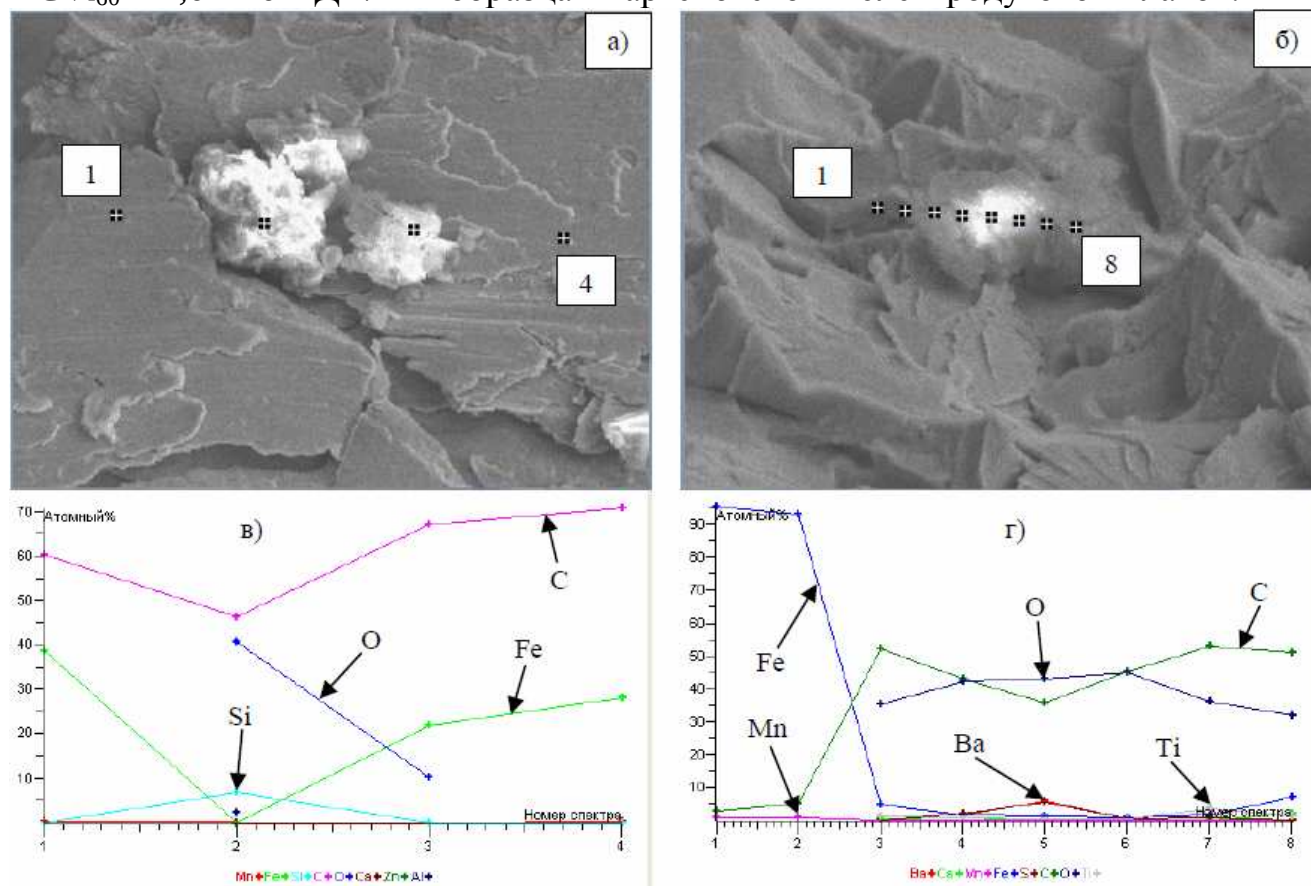


Рис. 3. Фрактограммы образцов с морфологией НМВ мартеновской плавки №325-1 (а) и №328-1 (б), соответственно, распределение химических элементов (в-г)

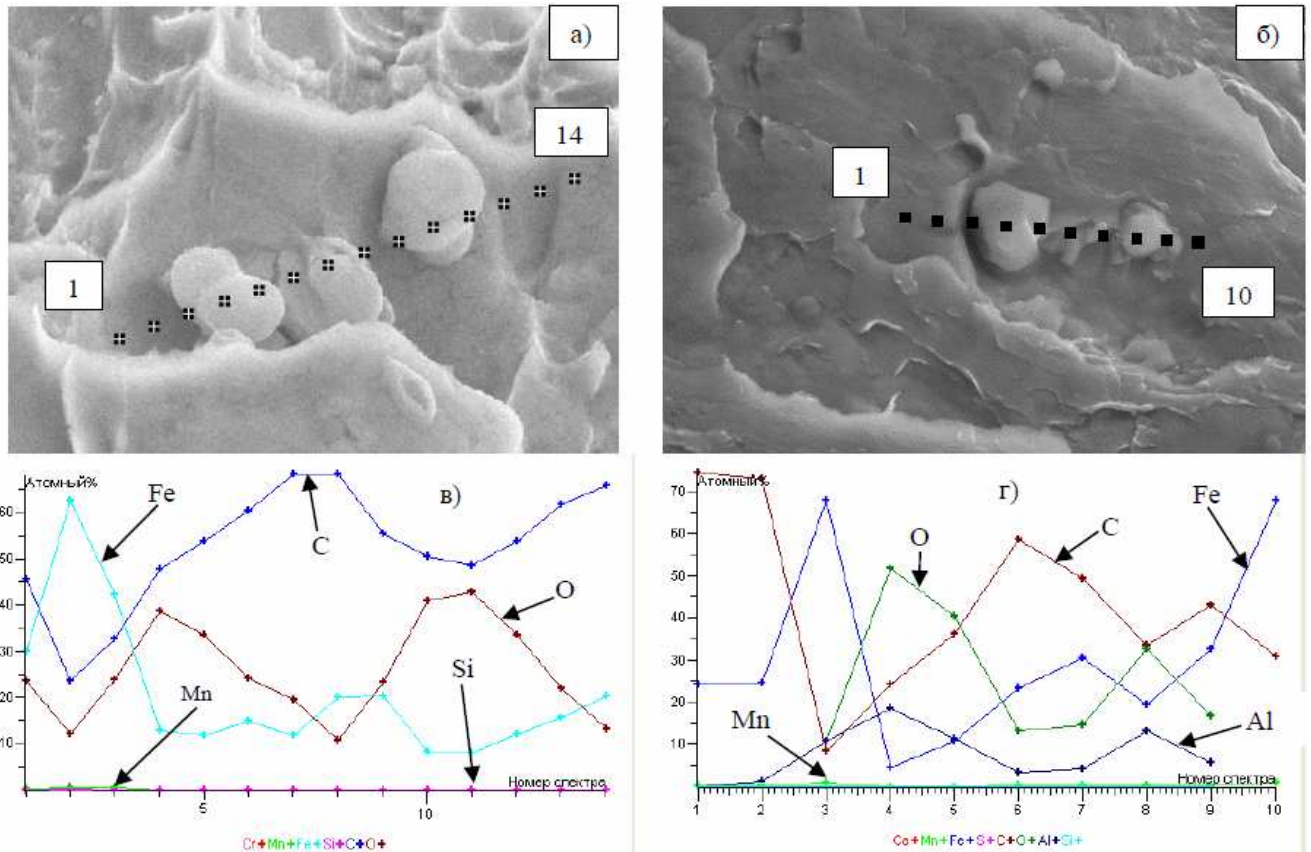


Рис. 4. Фрактограммы образцов с морфологией НМВ мартеновской плавки №324-2 (а) и электродуговой плавки №549-2 (б), соответственно, распределение химических элементов (в-г)

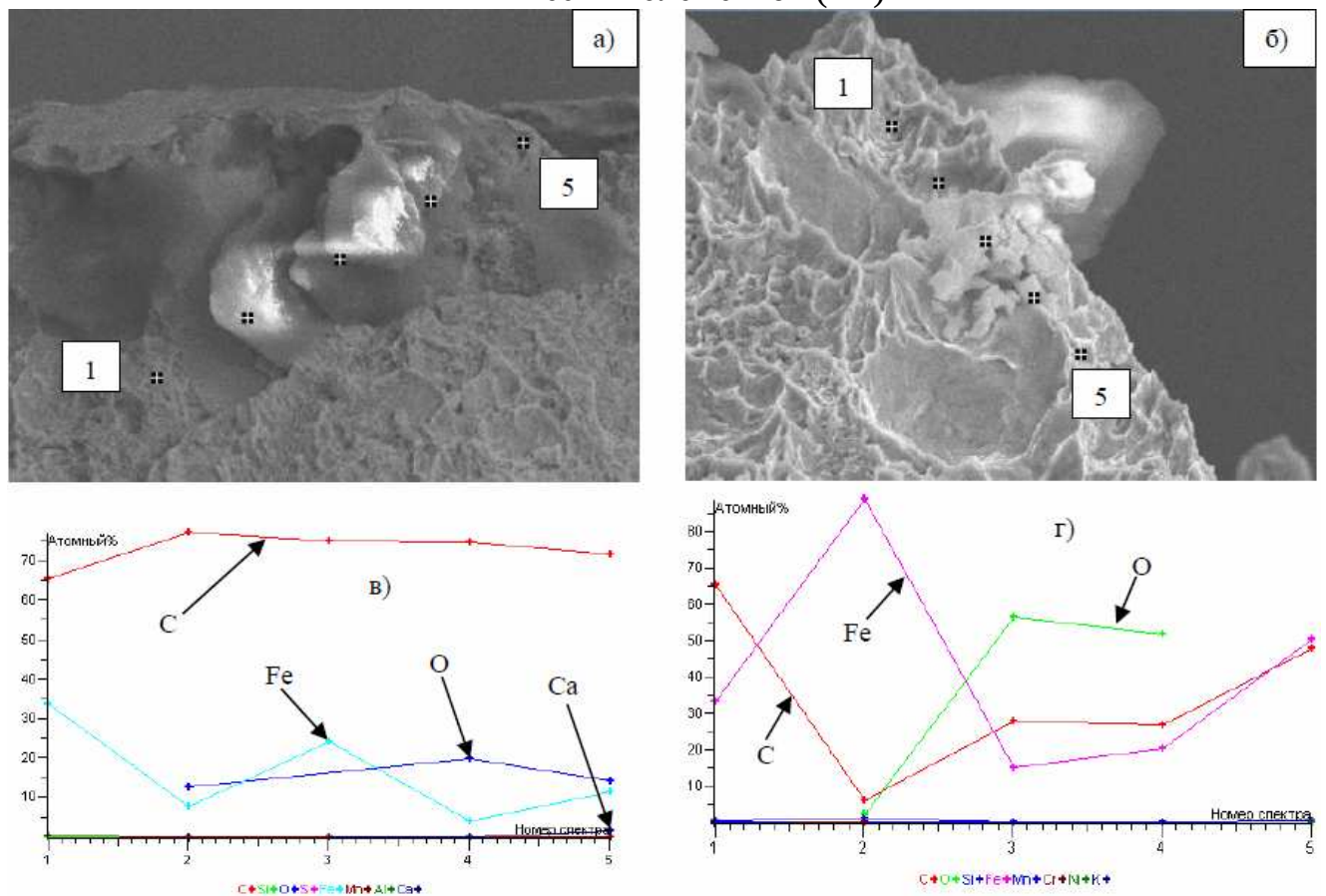


Рис. 5. Фрактограммы образцов с морфологией НМВ электродуговой плавки №541-3 (а) и №571-2 (б), соответственно, распределение химических элементов (в-г)

Выводы

Микрорентгеноспектральный анализ показал наличие кислорода (О) в НМВ во всех образцах мартеновских и электродуговых плавов из стали 20ГЛ с ударной вязкостью $KCV_{-60} < 2,0$, $KCV_{-60} \geq 2,0$ и $KCV_{-60} > 2,0 \cdot 10^2$ кДж/м², что однозначно можно сказать о наличии оксидов: SiO₂, MnO, CaO, BaO и FeO·Al₂O₃.

Низкие значения ударной вязкости $KCV_{-60} < 2,0 \cdot 10^2$ кДж/м² в образцах мартеновской и электродуговой плавов обусловлены следующими факторами:

1. Металл, выплавленный в мартеновских печах вследствие невозможности проведения в них диффузионного раскисления значительно уступает стали, выплавленной в дуговых печах, по уровню газонасыщенности, загрязненности (рис. 1-2) и размеру НМВ [3]. Для получения металла, отвечающего современным требованиям по ударной вязкости, мартеновская сталь должна пройти дополнительный этап рафинирования в дуговой электропечи или в агрегате для комплексной обработки стали.

2. Неконтролируемые колебания химического состава стали 20ГЛ [4], прежде всего по С, Mn, Si, Cr, Ni, Cu, Al, Ti, S, P и неравномерно крупные зерна матрицы [5].

Список литературы

1. Солнцев Ю.П. и др. Литейные хладостойкие стали / Ю.П. Солнцев, А.К. Андреев, Р.И. Гречин. – М.: Металлургия, 1991. – 176с.
2. Цой Б., Лаврентьев В.В. Основы создания материалов со сверхвысокими физическими характеристиками / Под ред. Э.М. Карташова, В.В. Шевелева. – М.: Энергоатомиздат, 2004. – 400 с.
3. Богданов Р.А. Влияние неметаллических включений на ударную вязкость вагонных отливок из стали 20ГЛ / Р.А. Богданов, С.В. Давыдов, Д.Г. Чухчин // Материалы международной научно-технической конференции «Обеспечение и повышение качества изделий машиностроения и авиакосмической техники», 19-20 февраля 2020г. – Брянск: БГТУ, 2020. – С. 45-50.
4. Богданов Р.А. Влияние химического состава на ударную вязкость ответственных вагонных отливок из стали 20ГЛ / Р.А. Богданов, С.В. Давыдов, Д.А. Болдырев // Сталь. – 2019. – №12. – С. 48-51.
5. Богданов Р.А. Влияние параметров зерна матрицы на ударную вязкость вагонных отливок из стали 20ГЛ / Р.А. Богданов, С.В. Давыдов, А.Г. Панов // Материалы международной научно-технической конференции «Обеспечение и повышение качества изделий машиностроения и авиакосмической техники», 19-20 февраля 2020г. – Брянск: БГТУ, 2020. – С. 50-56.

Сведения об авторе:

Богданов Роман Александрович, – к.т.н., доцент кафедры «Промышленная теплоэнергетика», БГТУ, г. Брянск.