

Как видно из данных таблицы 3, в зависимости от режима обработки расплава содержание серы в металле снижалось от исходных значений ( $[S]_{нач}$ ) 0,015 % до 0,011–0,008 %. Содержание общего кислорода в металле, обработанном по варианту 4, в 5,9 раза меньше, чем при использовании технологии по варианту 1 (традиционной для данного предприятия).

Плавки, обработанные порошковой проволокой, отличаются более высокой раскисленностью и степенью десульфурации. Это приводит, прежде всего, к уменьшению количества оксидных, сульфидных и сложного состава неметаллических включений в стали, а также к равномерному распределению их в объеме металла, которые коагулируют в макроскопления и затем частично удаляются из жидкой стали путем всплывания.

Таким образом, результаты исследования качества стали 20ГЛ, обработанной по различным вариантам в ковше, позволяют сделать следующие выводы:

- предложена новая концепция технологии модифицирования металла, которая позволяет повысить качество готовой продукции, улучшить макро- и микроструктуру металла и увеличить выход годных деталей железнодорожных тележек;
- введение ПП позволило получить металл с существенно меньшим содержанием серы (до 0,008 %), общего кислорода (до 0,0016 %);
- технология процесса модифицирования стали в сталеразливочном ковше вместимостью 6 т позволила улучшить механические свойства, особенно значение ударной вязкости (увеличение в 2,7 раза по сравнению с традиционной технологией);
- получены количественные зависимости технологических параметров модифицирования металла, положенные в основу новой технологической инструкции производства стали 20ГЛ;
- на основании комплексных полупромышленных исследований разработана и освоена рациональная технология модифицирования стали 20ГЛ с применением порошковой проволоки, обеспечивающая уникальное сочетание служебных свойств деталей железнодорожных тележек.

Результаты исследования внедрены в промышленное производство ДП «Литейно-механический завод» АО «Узбекистон темир йуллари».

#### Список литературы

- 1 **Турсунов, Н. К.** Оптимизация футеровки индукционных печей при выплавке стали марки 20ГЛ. Обзор / Н. К. Турсунов, Т. М. Турсунов, Т. Т. Уразбаев // *Universum : технические науки*. – 2022. – № 2–2 (95). – С. 13–19.
- 2 **Kayumjonovich, T. N.** Development of a method for selecting the compositions of molding sands for critical parts of the rolling stock / T. N. Kayumjonovich // *Web of Scientist : International Scientific Research Journal*. – 2022. – Vol. 3, no. 5. – P. 1840–1847.
- 3 **Kayumjonovich, T. N.** Justification and choice of rational operating current frequency in induction crucible furnaces / T. N. Kayumjonovich, A. S. Pirmukhamedovich, U. T. Teleubaevich // *Innovative Technologica : Methodical Research Journal*. – 2022. – Vol. 3, no. 06. – P. 40–47.
- 4 **Турсунов, Н. К.** Исследование в лабораторных условиях и индукционной тигельной печи вместимостью 6 тонн режимов рафинирования стали 20ГЛ с целью повышения ее качества / Н. К. Турсунов, А. Е. Семин, Э. А. Санокулов // *Тяжелое машиностроение*. – 2017. – № 1–2. – С. 47–54.
- 5 **Турсунов, Н. К.** Исследование и совершенствование режимов рафинирования стали в индукционных печах с целью повышения качества изделий / Н. К. Турсунов // *Проблемы безопасности на транспорте : материалы XI Междунар. науч.-практ. конф., Гомель, 25–26 нояб. 2021 г. : в 2 ч. Ч. 1.* – Гомель : БелГУТ, 2021. – С. 153–156.

УДК 629.43:69.18

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЧНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК БОКОВЫХ РАМ ТЕЛЕЖЕК ПОДВИЖНОГО СОСТАВА

*Н. К. ТУРСУНОВ, Ш. П. АЛИМУХАМЕДОВ, Т. Т. УРАЗБАЕВ, О. Т. ТОИРОВ*  
*Ташкентский государственный транспортный университет, Республика Узбекистан*

Прочностные показатели стали определяются степенью ее легирования. Характеристики пластичности и вязкости значительно зависят от степени загрязненности металла вредными примесями и дисперсности структурных составляющих металлической матрицы. Отрицательное влияние на пластичность и вязкость стали оказывают сера и фосфор, содержание которых в металле примерно на порядок выше по сравнению с кислородом, азотом или водородом. При этом особенно вредно

влияние серы, выделяющейся в процессе кристаллизации как в виде неметаллических включений различной морфологии, так и образующих сегрегации в приграничных участках [1].

Улучшение эксплуатационных и технологических свойств, промышленных изделий, повышение технического уровня и качества выпускаемой продукции является одной из основных задач науки, техники и современного машиностроения. Непрерывное ужесточение требований к надежности работы элементов конструкций заставляет более подробно анализировать конкретные условия их работы. Большинство станков, машин и деталей в процессе эксплуатации подвергаются циклическим нагрузкам. Поэтому проблема выносливости материалов актуальна для железнодорожной, автомобильной, авиационной, судостроительной, станкостроительной, энергетической и других отраслей промышленности.

Одним из основных компонентов этой конструкции является «рама боковая» (рисунок 1), т. к. она объединяет в единую систему надрессорную балку, рессорное подвешивание, колесные пары с буксовыми узлами и навесное тормозное оборудование. «Боковую раму» отливают из стали 20ГЛ согласно ГОСТ 32400–2013 [2–4].

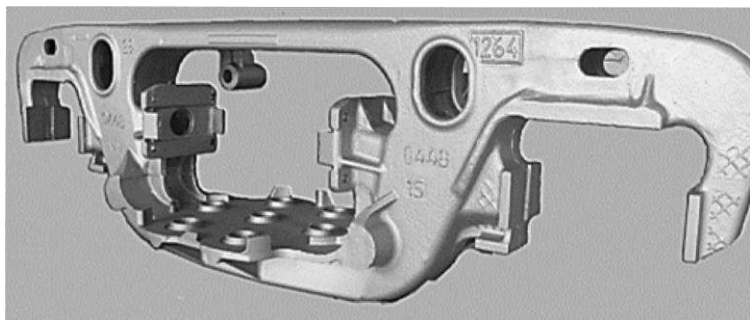


Рисунок 1 – Общий вид боковой рамы тележки модели 18-100

По статистическим данным, с ростом грузоперевозок на железнодорожном транспорте резко увеличились отказы литых деталей тележек модели 18-100 и за последнее 10 лет увеличились изломы боковых рам.

В эксплуатации наблюдаются в основном два вида изломов: хрупкий и усталостный. Основными факторами, способствующими этим изломам, являются: пониженные механические свойства стали; недостатки технологии выплавки и раскисления стали и несовершенство литейной технологии и разливки стали, приводящие к образованию объемных структурных несовершенств и повышенному количеству неметаллических включений в стали. Излом приводит к выходу ее из эксплуатации и, соответственно, к экономическим потерям, а главное – при запоздалом обнаружении дефекта может привести и к людским жертвам.

Несмотря на модификации конструкций и технологий изготовления боковой рамы с целью снижения риска эксплуатационного разрушения, аварии на железных дорогах, количество проблем, связанных с этим дефектом, не уменьшаются, а в ряде случаев увеличиваются.

Центральной заводской лабораторией ДП ЛМЗ проведены исследования по изучению причин изломов боковых рам. Детальный анализ очагов разрушения боковых рам показал, что в большинстве случаях в районе излома повышено содержание вредных примесей (в частности сульфиды и фосфиды), которые приводят к повышению хрупкости металла. Поэтому основным способом предотвращения возникновения излома в эксплуатации является регламентирование содержания вредных примесей в металле.

Как известно, химический состав стали входит в число основных параметров, определяющих механические свойства изделия, от оптимального сочетания которых зависит эксплуатационная стойкость и надежность деталей. Боковую раму тележки отливают из низколегированной стали 20ГЛ, 20ГФЛ или 20ФТЛ. Модификаций стали для боковой рамы несколько, но составы у них близки. Обычно это 20ГЛ или 20ГФЛ.

Для подвергающихся эксплуатационному износу деталей необходимо выбирать оптимальное сочетание всех механических свойств, в том числе при низких температурах, так как отливки эксплуатируются, в том числе в районах Крайнего Севера. Отмеченные задачи можно решить выбором оптимального химического состава стали, её модифицирования, микролегирования и параметров

термической обработки стальных отливок для железнодорожного транспорта, обеспечивающих высокие механические и эксплуатационные свойства отливок с учетом растущих требований.

Были проведены исследования зависимости числа циклов нагружения до потери несущей способности ( $N$ ) рамы боковой от количества модификатора. В качестве модификатора была использована порошковая проволока Fe-V-Al-Si от компаний NPP. Результаты исследования приведены на рисунке 2.

Как видно из данных, приведенных на рисунке 2, с увеличением количества модификатора число циклов нагружения до потери несущей способности увеличивается. Лучшие результаты наблюдали при обработке расплава модификатором в количестве 0,2 % от массы металла. Это достигается за счет снижения количества неметаллических включений и нейтрализации вредных примесей. Также модификаторы, очищая сталь от вредных примесей, улучшают ее литейные свойства, жидкотекучесть, условия питания и трещиностойчивость отливок, снижают анизотропию механических характеристик стали. Высокая эффективность влияния комплексного модифицирования на свойства стали обусловлена их благоприятным воздействием на состав, тип, форму, количество и равномерность распределения образующихся НВ, существенным улучшением макро- и микроструктуры заготовки, снижением ее физической и химической неоднородности, обеспечением повышенной плотности и дисперсности кристаллической структуры во всех зонах литой заготовки, в том числе малого сечения.

Обработка стали, комплексными модификаторами заметно повышает ее прочностные характеристики боковых рам тележек подвижного состава. Наиболее высокие значения числа циклов нагружения до потери несущей способности получили при обработке металла при вводе 0,2 % от общей массы металла, т. е. значения числа циклов 3,5–3,7 в 1,5–1,9 раза больше, чем при технологии по базовому варианту.

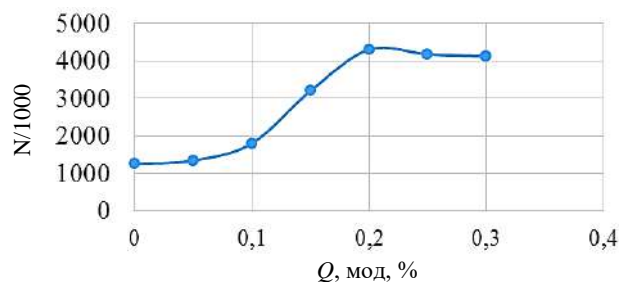


Рисунок 2 – Зависимость число циклов нагружения до потери несущей способности ( $N$ ) от количества модификатора

#### Список литературы

- 1 Analysis of the coatings selection for machine-building parts / A. A. Riskulov [et al.] // Web of Scientist : International Scientific Research Journal. – 2022. – Vol. 3, no. 6. – P. 1285–1297.
- 2 Турсунов, Н. К. Исследование процессов дефосфорации и десульфурации при выплавке стали 20ГЛ в индукционной тигельной печи с дальнейшей обработкой в ковше с использованием редкоземельных металлов / Н. К. Турсунов, А. Е. Семин, Э. А. Саноккулов // Черные металлы. – 2017. – № 1. – С. 33–40.
- 3 Турсунов, Н. К. Исследование в лабораторных условиях и индукционной тигельной печи вместимостью 6 тонн режимов рафинирования стали 20ГЛ с целью повышения ее качества / Н. К. Турсунов, А. Е. Семин, Э. А. Саноккулов // Тяжелое машиностроение. – 2017. – № 1–2. – С. 47–54.
- 4 Features of minerals and mineral-based materials / A. A. Riskulov [et al.] // Web of Scientist : International Scientific Research Journal. – 2022. – Vol. 3, no. 6. – P. 1310–1320.
- 5 Technological preproduction features of the parts manufacturing and material selection / A. A. Riskulov [et al.] // Web of Scientist : International Scientific Research Journal. – 2022. – Vol. 3, no. 6. – P. 1276–1284.

УДК 621.74.94

## РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЛИТЫХ ДЕТАЛЕЙ АВТОСЦЕПНЫХ УСТРОЙСТВ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

Н. К. ТУРСУНОВ, Т. Т. УРАЗБАЕВ, Т. М. ТУРСУНОВ, У. Т. РАХИМОВ

Ташкентский государственный транспортный университет, Республика Узбекистан

Значительная доля грузовых перевозок в Республике Узбекистан приходится на железнодорожный транспорт. Повышенные скорости маневровых соударений вагонов, увеличение средней по сети и максимальной массы поездов обусловили более интенсивную нагруженность автосцепных устройств продольными силами. Безопасность и эффективность перевозок в значительной мере зависят от надежности подвижного состава. Одним из важнейших показателей в ходе эксплуатации по-