

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.

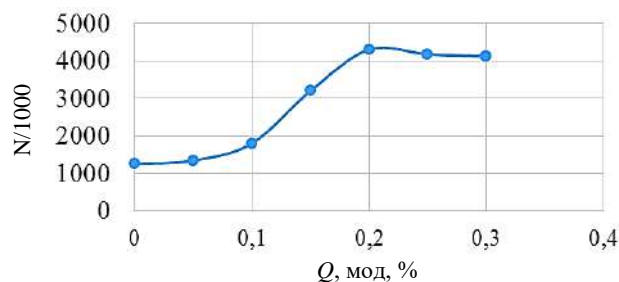


Рисунок 2 – Зависимость число циклов нагружения до потери несущей способности ( $N$ ) от количества модификатора

#### 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-

движного состава является качество автосцепных устройств, включающее в себя механические свойства автосцепных устройств и их эксплуатационную стойкость. В последние годы в связи с растущими потребностями в перевозке грузов и сокращением парка вагонов происходит интенсификация использования подвижного состава за счет увеличения скорости движения и снижения времени на ремонт и обслуживание. Условия эксплуатации вагонов на перспективу будут характеризоваться возрастанием веса грузовых поездов до 10–12 тыс. тс при длине состава 1200–1300 м, увеличением числа вагонов с весом брутто до 176 тс, повышением эффективности тормозов в поезде, увеличением средних скоростей соударения вагонов и т. п. Для нормальной работы в таких условиях автосцепные устройства вагонов должны обладать соответствующей прочностью, повышенной энергоемкостью, необходимой поглощающей способностью и оптимальной формой силовой характеристики.

Поэтому актуальными задачами являются разработка новой технологии изготовления литых деталей автосцепных устройств, повышение чистоты транспортного металла по недеформируемым оксидным неметаллическим включениям с высоким содержанием  $Al_2O_3$ , снижение общей загрязненности стали неметаллическими включениями и повышение эксплуатационной стойкости автосцепных устройств, получаемых из этой стали за счет микролегирования и модифицирования.

Целью работы являются разработка технологии изготовления литых деталей автосцепных устройств подвижного состава железнодорожного транспорта, исследование и совершенствование процессов рафинирования и модифицирования стали в ИТП с использованием комплексного модификатора, разработка технологических процессов, позволяющих производить металл для литых деталей железнодорожного транспорта, исключая отбраковку по такому дефекту, как усталостные трещины.

Опытные плавки проводились на ДП «Литейно-механический завод» в индукционной печи типа «Otto Junker» с ёмкостью 6 тонн с основной футеровкой. В качестве шихтовых материалов использовали отходы стали марки 20ГЛ. После расплавления твердой шихты удаляли шлак и снимали первую пробу на химический анализ. В индукционных печах процесс дефосфорации расплава происходит частично, то есть ниже температуры 1550 °С идёт процесс удаления фосфора и других вредных примесей.

**1-й этап.** Эксперимент начинался введением в новый шлак извести – 16,6 кг и плавящего шпата – 5 кг для десульфурации на 1 тонну стали. В результате добавок образовался белый шлак, который ускорила процесс десульфурации. После десульфурации удалили шлак и сняли вторую пробу для проведения химического анализа. Затем модифицировали химический состав расплава с добавлением ферросилиция ферромарганца до требуемого содержания. После расплавления ферросплавов брали третью пробу для проведения химического анализа. Когда состав сплава соответствует марке 20ГЛ, далее корректируется температура расплава с помощью погружной термопары, затем передаётся в ковш. Конечное раскисление расплава проводилось с добавлением кускового алюминия в стопорный ковш в количестве 0,9–1,2 кг на тонну стали, перед заливанием металла в форму (таблица 1). Измеряется итоговая температура сплава при помощи погружной термопары. Если температура расплава соответствует заливочной температуре сплава, то тогда горячий сплав можно передавать в заливочный участок. Во время заливки отбирается ковшовая четвёртая проба для итоговой проверки химического анализа.

**2-й этап.** Эксперимент проводился аналогично первому после раскисления расплава алюминием добавлением комплексных модификаторов типа ПП-ТМ 14-FeVAiCa проволоку с непрерывной подачей в ковш, в пропорции 1,6–2,5 кг на тонну стали во время заливки металла в ковш (таблица 2).

Результаты механических испытаний образцов после термической обработки по традиционной и по предложенной технологиям показаны в таблице 3.

Таблица 1 – Химический состав стали марки 20ГЛ после раскисления с алюминием

Номер плавки	Номер пробы	Массовая доля содержания элементов, %					
		C	Si	Mn	S	P	V
150	Ковшовая	0,202	0,365	1,17	0,031	0,028	Следы
151	Ковшовая	0,201	0,367	1,16	0,027	0,028	Следы

Таблица 2 – Химический состав стали марки 20ГЛ после раскисления с комплексным модификатором типа ПП-ТМ 14-FeVAiCa

Номер плавки	Номер пробы	Массовая доля содержания элементов, %					
		C	Si	Mn	S	P	V
152	Ковшовая	0,207	0,382	1,17	0,020	0,027	0,068
153	Ковшовая	0,222	0,365	1,22	0,019	0,028	0,063

Таблица 3 – Результаты механических испытаний образцов после термической обработки

Параметр	Значение параметров				
	ГОСТ 22703–2012	Фактически номер плавки			
		150	151	152	153
Предел текучести, МПа	> 500	502	505	613	577
Временное сопротивление, МПа	≥600	645	647	977	916
Относительное удлинение, %	≥12,0	15,8	16,8	20,8	19,8
Относительное сужение, %	≥25	43,5	43,7	65,3	64,1
Ударная вязкость (KCV <sup>50°C</sup> ), кДж/м <sup>2</sup>	≥15	27,5; 27,5	22,5; 22,5	60,0; 55,0	60,0; 60,0

Как видно из таблицы 3, при внепечной обработке стали с порошковой проволокой типа ПП-ТМ-14-FeVA1Ca стабильно повышаются механические свойства стали. Комплексное модифицирование позволило улучшить и увеличить механические свойства, такие как временное сопротивление – до 51,5 %; предел текучести – до 22,6 %; относительное удлинение – до 31,6 %; относительное сужение – на 50,1 %.

Результаты исследования показывают, что за счёт добавления в расплав комплексных модификаторов ПП-ТМ-14-FeVA1Ca улучшаются механические свойства стали 20ГЛ.

Исходя из проведённых исследований модифицирование стали марки 20ГЛ комплексными модификаторами является целесообразным для выплавки литых деталей автосцепных устройств.

#### Список литературы

- 1 **Турсунов, Н. К.** Снижение дефектности крупных литых деталей подвижного состава железнодорожного транспорта за счет выполнения мощных упрочняющих ребер / Н. К. Турсунов [и др.] // 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. 165–167.
- 2 Improvement of technology for producing cast parts of rolling stock by reducing the fracture of large steel castings / N. K. Tursunov [et al.] // Oriental renaissance: Innovative, educational, natural and social sciences. – 2022. – Vol. 2, no. 4. – P. 948–953.
- 3 **Toirov, O. T.** Development of production technology of rolling stock cast part / O. T. Toirov, N. K. Tursunov // Conmechhydro 2021 : Intern. scientific conference on construction mechanics, hydraulics and water resources engineering. – Tashkent, 2021. – Vol. 264. – P. 05013.
- 4 Development of innovative technology of the high-quality steel production for the railway rolling stock cast parts / N. K. Tursunov [et al.] // Oriental renaissance: Innovative, educational, natural and social sciences. – 2022. – Vol. 2, no. 4. – P. 992–997.
- 5 **Тоиров, О. Т.** Совершенствование технологии внепечной обработки стали с целью повышения ее механических свойств / О. Т. Тоиров, Н. К. Турсунов, Л. А. Кучкоров // Universum: технические науки. – 2022. – № 4–2 (97). – С. 65–68.
- 6 **Турсунов, Н. К.** Повышение качества стали за счёт применения редкоземельных металлов / 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. 156–158.

УДК 656.224:629.016.2

## ОЦЕНКА КАЧЕСТВА НОРМИРОВАНИЯ РАСХОДА ТОПЛИВА ТЕПЛОВОЗОМ

*С. Я. ФРЕНКЕЛЬ, А. П. ДЕДИНКИН, Г. Д. ЗАХАРОВА*  
*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Цель нормирования расхода топлива тепловозом на поездку – оценка теплотехнического состояния тепловоза и качества работы локомотивной бригады по топливосбережению. Это значит, что в идеале, кроме бригады и теплотехнического состояния тепловоза, ничего не должно влиять на выполнение нормы.

Отклонение от нормы расхода топлива

$$\Delta E = (E_n - E_t) / E_n \cdot 100 \%, \quad (1)$$

где  $E_n$  – установленная норма расхода топлива на поездку, кг;  $E_t$  – фактический расход топлива локомотивом за поездку, кг.

Исходные данные для исследования получены из базы данных автоматизированной системы интегрированной обработки маршрутов машиниста (АС ИОММ). Для рассмотрения приняты данные из маршрутов машиниста одного из локомотивных депо Белорусской ж. д. при работе тепловозов 2ТЭ10М за год.

На рисунке 1 приведена гистограмма распределения отклонения от нормы расхода топлива за поездку.