

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Сибирский государственный индустриальный университет»**

**НАУКА И МОЛОДЕЖЬ:
ПРОБЛЕМЫ, ПОИСКИ, РЕШЕНИЯ**

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

ВЫПУСК 26

*Труды Всероссийской научной конференции
студентов, аспирантов и молодых ученых
17 – 18 мая 2022 г.*

ЧАСТЬ V

Под общей редакцией профессора С.В. Коновалова

**Новокузнецк
2022**

ББК 74.48.288
Н 340

Редакционная коллегия:

д-р техн. наук, профессор Коновалов С.В.,
д-р техн. наук, профессор Кулаков С.М.,
канд. техн. наук, доцент Алешина Е.А.,
канд. техн. наук, доцент Чаплыгин В.В.
канд. техн. наук, доцент Риб С.В.
канд. техн. наук, доцент Шевченко Р.А.

Н 340

Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения: труды Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, 17–18 мая 2022 г. Выпуск 26. Часть V. Технические науки / Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Сибирский государственный индустриальный университет ; под общ. ред. С.В. Коновалова – Новокузнецк; Издательский центр СибГИУ, 2022. – 446 с. : ил.

ISSN 2500-3364

Представлены труды Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых по результатам научно-исследовательских работ. Пятая часть сборника посвящена актуальным вопросам в области новых информационных технологий и систем автоматизации управления, строительства, перспективных технологий разработки месторождений полезных ископаемых, металлургических процессов, технологий, материалов и оборудования

Материалы сборника представляют интерес для научных и научно-технических работников, преподавателей, аспирантов и студентов вузов.

ISSN 2500-3364

© Сибирский государственный
индустриальный университет, 2022

выплавки рельсовой электростали на качество рельсовой продукции и технико-экономические показатели ее производства / А.А. Уманский, Л.В. Думова // Известия высших учебных заведений. Черная металлургия. 2018. Т. 61. № 11. С. 876-883.

5. Кудрин В.А. Теория и технология производства стали / В.А. Кудрин. – М.: «Мир», ООО «Издательство АСТ», 2003. – 528 с.

6. Исследование технологических особенностей выплавки рельсовой электростали с использованием железа прямого восстановления А.А. Уманский [и др.] // Сталь. 2019. № 7. С. 20-22.

7. Тимофеев Е.С. Влияние горячебрикетированного железа на качество стали / Е.С. Тимофеев, Е.В. Головкин, А.С. Тимофеева // Современные наукоемкие технологии. 2005. № 1. С. 29. URL : <http://top-technologies.ru/article/view?id=22046>.

УДК 669.187

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ОТБРАКОВАННЫХ ЗАГОТОВОК РЕЛЬСОВЫХ СТАЛЕЙ НА СВОЙСТВА ПРОИЗВОДИМЫХ ИЗ НИХ МЕЛЮЩИХ ШАРОВ

Сафонов С.О.

Научный руководитель: д-р техн. наук, доцент Уманский А.А.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, e-mail: umanskii@bk.ru*

На основании проведенных статистических исследований установлено значимое влияние повышения содержания углерода, водорода и серы в заготовках рельсовой стали марки К76Ф на снижение ударной стойкости мелющих шаров, производимых из указанных заготовок. Суммарная степень влияния концентрации указанных элементов в стали К76Ф на ударную стойкость шаров составляет 48%. Оставшуюся долю влияния на ударную стойкость мелющих шаров из стали К76Ф составляет температура прокатки шаров и параметры их термообработки, что подтверждено результатами металлографических исследований.

Ключевые слова: рельсовая сталь, непрерывнолитые заготовки, мелющие шары, микроструктура, ударная стойкость

В последние годы имеет место значительное повышение требований к качеству железнодорожных рельсов, что обуславливает повышенный уровень отбраковки, как готовых рельсов, так и исходных непрерывнолитых заготовок для их производства. В большинстве случаев отбракованные заготовки рельсовых сталей не имеют выраженных дефектов и причиной их отбраковки является несоответствие химического состава требованиям внут-

ренной нормативной документации, которые являются более жесткими по отношению к требованиям ГОСТ. Это обуславливает возможность производства из таких заготовок нерельсовых видов проката, в том числе мелющих шаров [1-3].

На текущий момент массовое производство мелющих шаров из отбраковки заготовок рельсовой стали марки К76Ф освоено на ОАО «Гурьевский металлургический завод». Технология производства шаров на указанном предприятии включает в себя прокатку с последующей закалкой и низким отпускком. При этом шары повышенных групп твердости помимо контроля твердости подвергаются также дополнительным копровым испытаниям на ударную стойкость.

С целью оценки влияния химического состава рельсовой стали на ударную стойкость мелющих шаров провели статистические исследования методом множественного регрессионного анализа. Полученные результаты свидетельствуют, что повышение содержания углерода, водорода и серы в рельсовой стали в фактических пределах изменения концентрации данных элементов (таблица 1) приводит к снижению ударной стойкости шаров – повышению брака по результатам копровых испытаний:

$$B_{\text{КОПР}} = -12,9 + 11,8 \cdot [C] + 3,7 \cdot [H] + 102,3 \cdot [S], \quad (1)$$

где $B_{\text{КОПР}}$ – брак шаров по результатам копровых испытаний, %;

$[C]$, $[S]$ – содержание углерода и серы в стали, %;

$[H]$ – содержание водорода в стали, ppm.

Таблица 1 – Статистические характеристики функций и параметра оптимизации для мелющих шаров из рельсовой стали К76Ф

Наименование	Единицы измерения	Область изменения	Среднее значение	Среднее квадратическое отклонение
Брак по результатам копровых испытаний	%	0 – 15,2	3,8	1,1
Содержание углерода в стали	%	0,75 – 0,87	0,78	0,09
Содержание водорода в стали	ppm	1,2 – 2,0	1,7	0,3
Содержание серы в стали	%	0,008 – 0,018	0,012	0,003
Содержание фосфора в стали	%	0,011 – 0,020	0,015	0,004
Содержание ванадия в стали	%	0,07 – 0,11	0,09	0,01
Содержание кремния в стали	%	0,28 – 0,41	0,35	0,04
Содержание никеля в стали	%	0,04 – 0,07	0,05	0,01
Содержание хрома в стали	%	0,04 – 0,09	0,07	0,01
Содержание меди в стали	%	0,01 – 0,05	0,03	0,01
Содержание титана в стали	%	0,001-0,006	0,003	0,001

С целью обоснования механизмов влияния содержания вышеперечисленных химических элементов на ударную стойкость шаров проведены дополнительные металлографические исследования. В результате установлено, что повышение содержания углерода до заэвтектоидных значений приводит к образованию карбидов цементитного типа (рисунок 1). Анализ химического состава мелющих шаров показал, что при содержании углерода в поверхностном слое на уровне 0,78% в осевой зоне содержание углерода составляет до 0,85 %.

Повышение содержания водорода в рельсовой стали марки К76Ф приводит к увеличению вероятности образования флокенов, выявленных в изломе ряда расколовшихся шаров (рисунок 2).

В свою очередь повышение содержания серы в рельсовой стали приводит к увеличению концентрации и образованию скоплений непластичных сульфидов, выявленных в зоне локализации трещин (рисунок 3).



Рисунок 1 – Карбиды цементитного типа в шаре из стали К76Ф, не выдержавшего испытания на ударную стойкость



Рисунок 2 – Флокены в изломе мелющих шаров из рельсовой стали К76Ф

В целом по данным проведенного анализа суммарная относительная степень влияния содержания углерода, водорода и серы в рельсовой стали марки К76Ф на отбраковку шаров при копровых испытаниях составила 48%.

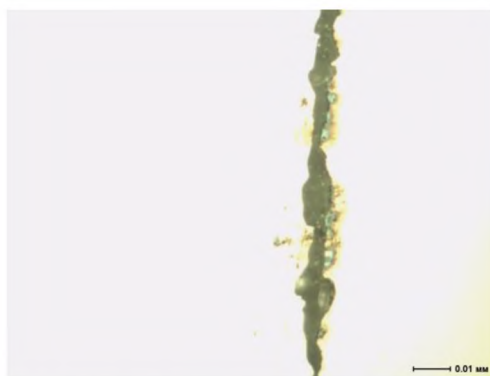


Рисунок 3 – Неметаллические включения в области локализации трещины мелющего шара из рельсовой стали К76Ф

Оставшиеся 52% необъясненной вариации относятся к влиянию параметров прокатки и закалки шаров. Так дополнительно проведенными исследованиями установлено, что повышение температуры прокатки шаров из стали К76Ф в интервале 900-980°C приводит к увеличению их ударной стойкости, то есть снижению отбраковки при копровых испытаниях:

$$B_{\text{КОПР}} = 17,9 - 0,015 \cdot [t], \quad (2)$$

где $B_{\text{КОПР}}$ – отбраковка шаров по результатам копровых испытаний, %;
 t – температура прокатки шаров, °C.

Полученный характер влияния температуры прокатки шаров стали К76Ф на их ударную стойкость связан с повышением пластичности данной стали при увеличении температуры деформации, что подтверждается результатами ранее проведенных исследований [4]. Увеличение пластичности способствует повышению вероятности заваривания внутренних трещин на исходных заготовках в процессе прокатки.

Наличие значимого влияния параметров термообработки мелющих шаров из рельсовой стали К76Ф на их ударную стойкость подтверждается выявленными в ходе металлографических исследований закалочными трещинами по границам раздела фаз (рисунок 4).



Рисунок 4 – Микротрещина по границам зерен в шаре из рельсовой стали К76Ф, не выдержавшем испытание на ударную стойкость

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-29-20170, за счет гранта Кемеровской области - Кузбасса.

Библиографический список

1. Баранов Н.А. Производство мелющих шаров из рельсовой стали / Н.А. Баранов, О.Н. Тулупов // Актуальные проблемы современной науки, техники и образования. 2017. Т. 1. С. 96-99.
2. Pater Z., Tomczak J., Bulzak T., Andrietti S., Barbelet M. An innovative method for producing balls from scrap rail heads // International Journal of Advanced Manufacturing Technology. 2018. Vol. 97. No. 1-4. P. 893-901.
3. Tomczak J., Pater Z., Bulzak T. The flat wedge rolling mill for forming balls from heads of scrap railway rails // Archives of Metallurgy and Materials. 2018. Vol. 63. No. 1. P. 5-12.
4. Уманский А.А. Разработка технологии производства мелющих тел с повышенными эксплуатационными свойствами из отбраковки рельсовых сталей / А.А. Уманский, А.С. Симачев, Л.В. Думова // Черные металлы. 2021. № 5. С. 57-62.

УДК 620.92

ВНЕДРЕНИЕ ВОДОРОДНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В КУЗБАССЕ

Гашникова А.О., Панфилов В.Д.

Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Михайличенко Т.А.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, e-mail: gashnikova20172017@gmail.com*

В данной статье рассматривается внедрение водородной энергетики в Кузбассе: разработка проекта по производству водорода, его территориальное расположение, охрана труда при проведении работ, способы получения водорода, влияние на экологию и перспективные качества использования водорода.

Ключевые слова: водородная энергетика, угольная шахта, пиролиз метана, экология.

В последнее время одной из наиболее часто встречающихся прогрессивных концепций является водородная энергетика. Водород изображается в СМИ как экологически чистое топливо.

Основной идеей использования данной технологии является стремление к декарбонизации атмосферного воздуха. Другими словами, снижение доли «парниковых» выбросов углекислого газа. Резкое снижение выбросов CO₂ в атмосферу, подразумеваемое Парижским соглашением, зависит от глобального перехода к «зелёной» энергетике. С каждым разом данное

ПРИМЕНЕНИЕ АЛГОРИТМОВ SLAM В УСЛОВИЯХ БЕЗЛЮДНОЙ ВЫЕМКИ УГЛЯ <i>Мананников С. Д., Панфилов В. Д.</i>	357
СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ КОМПЛЕКСНОГО ОСВОЕНИЯ НЕДР УГОЛЬНОЙ ОТРАСЛИ, ОПЫТ И ПЕРСПЕКТИВЫ РЕАЛИЗАЦИИ В КУЗБАССЕ <i>Панфилов В.Д.</i>	361
ОРГАНИЗАЦИЯ СТЕНДА ДИАГНОСТИРОВАНИЯ И ИСПЫТАНИЯ ГИДРОЦИЛИНДРОВ НА РАЗРЕЗЕ «ЕРУНАКОВСКИЙ» <i>Апенкин Д.Е.</i>	366
ОПТИМИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРИ ОТКРЫТОЙ РАЗРАБОТКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ <i>Гельгенберг И.О.</i>	369
АВТОМАТИЗАЦИЯ АЭРОГАЗОВОГО КОНТРОЛЯ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАСПРЕДЕЛЁННЫХ СИСТЕМ МОНИТОРИНГА ЗАПЫЛЁННОСТИ <i>Панфилов В.Д., Мананников С.Д.</i>	373
ПРОБЛЕМЫ УТИЛИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОТХОДОВ ПРИ ВЕДЕНИИ ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТ В СЕВЕРНЫХ РЕГИОНАХ РОССИИ. <i>Коновалова О.Ю., Курдюков М.О.</i>	378
РЕКОНСТРУКЦИЯ ТОРМОЗА МЕХАНИЗМА ХОДА ЭКСКАВАТОРА ЭКГ-5А <i>Васильев В.С.</i>	382
IV МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ, ТЕХНОЛОГИИ, МАТЕРИАЛЫ И ОБОРУДОВАНИЕ	387
АНАЛИЗ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ЖЕЛЕЗА ПРЯМОГО ВОССТАНОВЛЕНИЯ ПРИ ВЫПЛАВКЕ РЕЛЬСОВОЙ ЭЛЕКТРОСТАЛИ <i>Думова Л.В.</i>	387
АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ОТБРАКОВАННЫХ ЗАГОТОВОК РЕЛЬСОВЫХ СТАЛЕЙ НА СВОЙСТВА ПРОИЗВОДИМЫХ ИЗ НИХ МЕЛЮЩИХ ШАРОВ <i>Сафонов С.О.</i>	391
ВНЕДРЕНИЕ ВОДОРОДНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В КУЗБАССЕ <i>Гашишкова А.О., Панфилов В.Д.</i>	395
ЭНЕРГЕТИКА/ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА РОССИИ В СВЕТЕ ВЫПОЛНЕНИЯ ПАРИЖСКОГО СОГЛАШЕНИЯ <i>Кириляк М.В.</i>	401
ИССЛЕДОВАНИЕ НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИХ ВКЛЮЧЕНИЙ В КОНВЕРТЕРНОЙ СПОКОЙНОЙ СТАЛИ <i>Есмаков Е.М., Есмакова А.С.</i>	406
АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ВЫПЛАВКИ, ВНЕПЕЧНОЙ ОБРАБОТКИ И РАЗЛИВКИ СТАЛИ НА КАЧЕСТВО СЛИТКОВ <i>Есмаков Е.М.</i>	410