ИНСТИТУТ ЛАЗЕРНЫХ И ПЛАЗМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ МИФИ

ИАТЭ НИЯУ МИФИ

ЛАБОРАТОРИЯ МАТЕРИАЛОВ ИАТЭ

XIV МЕЖДУНАРОДНЫЙ СЕМИНАР

СТРУКТУРНЫЕ ОСНОВЫ МОДИФИЦИРОВАНИЯ МАТЕРИАЛОВ

МНТ-XIV

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

13 июня – 15 июня 2017 г.

ОБНИНСК

Международный семинар «Структурные основы модифицирования материалов» МНТ-XIV проведен при поддержке Российского Фонда Фундаментальных Исследований (грант 17-02-20205 г) и ООО «Лаборатория материалов ИАТЭ»

Тезисы докладов опубликованы в авторской редакции.

СОДЕРЖАНИЕ

Балакирев Э.В., Базалеева К.О. **12**
ВЛИЯНИЕ ИСХОДНОГО СОСТОЯНИЯ КОМПОНЕНТОВ НА ПРОЦЕСС ФОРМИРОВАНИЯ МЕТАЛЛОМАТРИЧНОГО КОМПОЗИТА СИСТЕМЫ ИНКОНЕЛЬ 625/TiC МЕТОДОМ ПРЯМОГО ЛАЗЕРНОГО ВЫРАЩИВАНИЯ

Комиссарова И.А., Коновалов С.В., Ю.Ф. Иванов **14**
УСТАЛОСТНАЯ ДОЛГОВЕЧНОСТЬ ТЕХНИЧЕСКИ ЧИСТОГО ТИТАНА, ПРИ ОБРАБОТКЕ ВЫСОКОИНТЕНСИВНЫМ ИМПУЛЬСНЫМ ЭЛЕКТРОННЫМ ПУЧКОМ

Иванов Ю.Ф., Кормышев В.Е., Громов В.Е.,
Коновалов С.В., Мусорина Е.В., Гостевская А.Н. **17**
МОДИФИЦИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ ПОВЕРХНОСТИ НИЗКОУГЛЕРОДИСТОЙ СТАЛИ ЭЛЕКТРОДУГОВОЙ НАПЛАВКОЙ

Громов В.Е., Морозов К.В., Юрьев А.А.,
Перегудов О.А., Рубанникова Ю.А., Мусорина Е.В. **20**
ЭВОЛЮЦИЯ ДЕФЕКТНОЙ СУБСТРУКТУРЫ ФАЗОВОГО СОСТАВА РЕЛЬСОВ ПРИ ДЛИТЕЛЬНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Сарычев В.Д., Невский С.А., Громов В.Е. **24**
МОДЕЛЬ ФОРМИРОВАНИЯ ГЕТЕРОГЕННЫХ ПЛАЗМЕННЫХ ПОТОКОВ ПРИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ ВЗРЫВЕ ПРОВОДНИКОВ

Сидоров Н.В., Палатников М.Н., Теплякова Н.А., Сюй А.В.,
Киле Е.О., Штарев Д.С. **27**
ОПТИЧЕСКАЯ И СТРУКТУРНАЯ ОДНОРОДНОСТЬ КРИСТАЛЛОВ НИОБАТА ЛИТИЯ РАЗНОГО СОСТАВА

Теплякова Н.А., Сидоров Н.В., Палатников М.Н.,
Сюй А.В., Штарев Д.С. **29**
ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА НОМИНАЛЬНО ЧИСТЫХ КРИСТАЛЛОВ НИОБАТА ЛИТИЯ, ВЫРАЩЕННЫХ ИЗ ШИХТЫ РАЗЛИЧНОГО ГЕНЕЗИСА

Сюй А.В., Максименко В.А., Сидоров Н.В.,
Палатников М.Н., Габаин А.А., Теплякова Н.А. **30**
СПЕКТРАЛЬНАЯ ЗАВИСИМОСТЬ ФОТОПРОВОДИМОСТИ КРИСТАЛЛОВ НИОБАТА ЛИТИЯ, ЛЕГИРОВАННЫХ БОРОМ И ЖЕЛЕЗОМ

Литература

1. Капралов Е.В., Будовских Е.А., Громов В.Е. и др. Структура и свойства композиционных износостойких наплавок на сталь. Новокузнецк: Изд-во СибГИУ, 2014. 109 с.
2. Кузьма Ю.Б., Чабан П.Ф. Двойные и тройные системы, содержащие бор: Справочник. М.: Металлургия, 1990. 320 с.

ЭВОЛЮЦИЯ ДЕФЕКТНОЙ СУБСТРУКТУРЫ ФАЗОВОГО СОСТАВА РЕЛЬСОВ ПРИ ДЛИТЕЛЬНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Громов В.Е.[1], Морозов К.В.[2], Юрьев А.А.[1], Перегудов О.А.[1], Рубанникова Ю.А.[1], Мусорина Е.В.[1]

[1]Россия, Новокузнецк, Сибирский государственный индустриальный университет, gromov@physics.sibsiu.ru

[2]Россия, Новокузнецк, ООО «Евраз – Объединенный Западно-Сибирский металлургический комбинат»

Увеличение интенсивности железнодорожного движения и его грузонапряженности вызывает необходимость дальнейшего повышения эксплуатационной стойкости рельсов. Срок службы рельсов зависит от разных факторов: чистоты стали, технологии закалки головки рельсов, смазывания, условий эксплуатации и т.д. Формирование многочисленных дефектов при эксплуатации является одной из основных причин выхода рельсов из строя [1].

Целью данной работы является изучение закономерностей и природы формирования структуры, фазового состава и дислокационной субструктуры стали рельсов при разных сроках и режимах эксплуатации.

В качестве материала исследования использовали рельсы Р65 производства Кузнецкого металлургического комбината (ныне «Евраз-ЗСМК»). Образцы рельсов были вырезаны из изделий в исходном состоянии и после эксплуатации на железной дороге.

После пропущенного тоннажа 500 и 1000 млн. тонн брутто дефектную структуру разрушенных образцов анализировали методами просвечивающей электронной дифракционной микроскопии (ПЭМ) тонких фольг. Микротвердость измеряли методом внедрения индентора Виккерса на приборе HVS-1000A с цифровым дисплеем, отображающим микротвердость числами

твердости HV. Нагрузка на индентор составляла 0,02 Н [2]. Фазовый состав модифицированных слоев, то есть качественные и количественные характеристики наличия в них различных фаз, их содержание, дисперсность, структуру и химический состав, помимо электронной дифракционной микроскопии определяли также методом рентгенофазового анализа

В исходном состоянии рельсов методами ПЭМ по морфологическому признаку были выделены следующие структурные составляющие рельсовой: колонии пластинчатого перлита, весьма подробно описанного в (рис. 1, а), зерна (области) феррито-карбидной смеси (рис. 1, б) и зерна структурно свободного феррита (рис. 1, в). Основным типом структуры исследуемой стали являются зерна перлита, относительное содержание которых в материале ≈0,7; относительное содержание зерен феррито-карбидной смеси ≈0,25; остальное – зерна структурно свободного феррита [3].

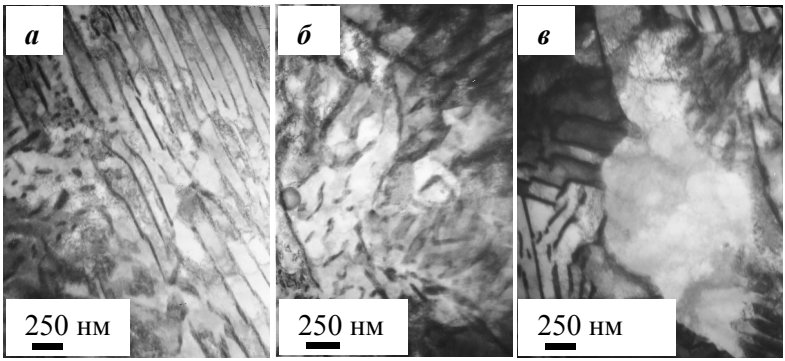

Рисунок 1 - Электронно-микроскопическое изображение структуры металла рельсовой стали

В ферритной составляющей структуры стали (в ферритных прослойках колоний перлита, областях феррито-карбидной смеси и зернах структурно-свободного феррита) наблюдается дислокационная субструктура в виде хаотически распределенных дислокаций или дислокационных сеток.

Анализ структуры стали методом тонких фольг позволил обнаружить присутствие изгибных контуров экстинкции, что

однозначно указывает на кривизну-кручение кристаллической решетки материала, обусловленную внутренними полями напряжений.

Эксплуатация стали сопровождается существенным изменением структуры поверхностного слоя. После пропущенного тоннажа 500 млн. тонн брутто наблюдается полное разрушение пластин цементита колоний перлита (рис. 2). В объеме колоний пластинчатого перлита выявляются частицы цементита округлой формы, размеры которых составляют (30-50) нм (рис. 2, а) и (10-15) нм (рис. 2, б). Можно предположить, что частицы большего размерного класса сформировались в результате разрушения пластин цементита; частицы меньшего размерного класса – в результате распада пересыщенного твердого раствора, сформировавшегося при пластической деформации стали.

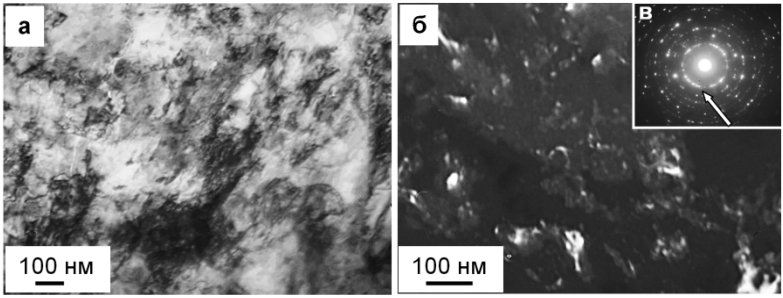

Рисунок 2 - Электронно-микроскопическое изображение структуры поверхностного слоя рельсовой стали; а – светлое поле; б – темное поле, полученное в рефлексе [112] Fe_3C; в – микроэлектронограмма, стрелкой указан рефлекс, в котором получено темное поле

Структурно-фазовое состояние участка рельсов, расположенного на расстоянии 10 мм от поверхности катания, по морфологическому признаку подобно исходному структурно-фазовому состоянию. А именно, выявляются зерна пластинчатого перлита, зерна феррито-карбидной смеси и зерна структурно-свободного феррита. Отличие от структуры материала исходного состояния заключается в несколько более высоком уровне

скалярной плотности дислокаций во всех указанных составляющих структуры стали.

Результаты трибологических испытаний рельсовой стали показывают, что с увеличением пропущенного тоннажа до 1000 млн. тонн брутто износостойкость поверхности катания рельсов снижается в ≈3,4 раза. Отметим, что после пропущенного тоннажа ≈500 млн. тонн брутто износостойкость рельсов уменьшилась в ≈3 раза по отношению к исходному состоянию металла рельсов.

Рассмотрены механизмы упрочнения рельсов на пределе текучести [4]. Проведены теоретические оценки предела текучести металла рельсов. Для области материала, формирующего поверхность катания, установлено, что эксплуатация рельсов при пропущенном тоннаже 500 млн. тонн брутто сопровождается упрочнением (повышением твердости) поверхностного слоя. Наиболее значимыми физическими механизмами, обеспечивающими высокие прочностные свойства рельсовой стали является субструктурный, обусловленный формированием субграниц, и дислокационный. Увеличение пропущенного тоннажа до 1000 млн. тонн брутто приводит к разупрочнению (снижению твердости) поверхностного слоя металла поверхности катания рельсов.

Исследование выполнено при финансовой поддержке гранта Российского научного фонда (проект №15-12-00010).

Литература

1. В. Е. Громов, А. Б. Юрьев, К. В. Морозов, Ю. Ф. Иванов. Микроструктура закаленных рельсов. Новокузнецк: ИнтерКузбасс: 2014.
2. М. М. Хрущов. Трение, износ и микротвердость материалов. Москва: Красанд: 2012.
3. Л. И. Тушинский, А. А. Батаев, Л. Б. Тихомирова. Структура перлита и конструктивная прочность стали. Новосибирск: ВО Наука: 1993.
4. Ю. Ф. Иванов, Е. В. Корнет, Э. В. Козлов, В. Е. Громов. Закаленная конструкционная сталь: Структура и механизмы упрочнения. Новокузнецк: Изд-во СибГИУ: 2010.