

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ
ИНСТИТУТ ФИЗИКИ ПРОЧНОСТИ И МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ СО РАН

ФИЗИЧЕСКАЯ МЕЗОМЕХАНИКА МАТЕРИАЛОВ.
ФИЗИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ ФОРМИРОВАНИЯ МНОГОУРОВНЕВОЙ
СТРУКТУРЫ И МЕХАНИЗМЫ НЕЛИНЕЙНОГО ПОВЕДЕНИЯ

Международная конференция

5–8 сентября 2022 г.

Томск, Россия

Тезисы докладов

Новосибирск
2022

УДК 539(063)+620.18(063)
ББК В251я431+Ж37я431
Ф503

Ф503 Физическая мезомеханика материалов. Физические принципы формирования многоуровневой структуры и механизмы нелинейного поведения : Тез. докл. Междунар. конф., 5-8 сентября 2022 г., Томск, Россия / Ин-т физики прочности и материаловедения СО РАН. – Новосибирск : ИПЦ НГУ, 2022. – 556 с.

ISBN 978-5-4437-1353-3

Издание содержит тезисы международной конференции «Физическая мезомеханика материалов. Физические принципы формирования многоуровневой структуры и механизмы нелинейного поведения». Физическая мезомеханика является научным направлением, в рамках которого материал представляется как иерархическая система взаимосвязанных структурных (масштабных) уровней. В сборнике отражены последние достижения в области развития принципов и методологии физической мезомеханики и результаты их применения к созданию перспективных материалов в интересах развития новых производственных технологий, освоения космического пространства, в том числе дальнего космоса, электроники, атомной энергетики, нефтегазового комплекса, медицины, транспорта и др.

Предназначено научным сотрудникам, инженерам, аспирантам и специалистам, занимающимся вопросами физической мезомеханики, разработки наноструктурных объемных и наноразмерных материалов, наноструктурированием поверхностных слоев, тонкими пленками и покрытиями, нанотехнологиями, компьютерным конструированием новых материалов и технологий их получения, технологиями локальной нестационарной металлургии и обработки материалов, неразрушающими методами контроля.

УДК 539(063)+620.18(063)
ББК В251я431+Ж37я431

ISBN 978-5-4437-1353-3

© Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, 2022

ГРАДИЕНТЫ СТРУКТУРНО-ФАЗОВОГО СОСТОЯНИЯ В ГОЛОВКЕ РЕЛЬСОВ ПОСЛЕ УЛЬТРАДЛИТЕЛЬНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Громов В.Е., Кузнецов Р.В., Шлярова Ю.А., Кормышев В.Е.

Сибирский государственный индустриальный университет, Новокузнецк

Увеличение интенсивности железнодорожного движения и его грузонапряженности вызывает необходимость дальнейшего повышения эксплуатационной стойкости рельсов. Проблема формирования и эволюции структуры и свойств рельсов при длительной эксплуатации представляет сложный комплекс взаимосвязанных научных и технических вопросов. Учитывая, что кинетика процессов формирования структурно-фазовых состояний связана с основами теории прочности и пластичности, представляется исключительно важной информация о параметрах тонкой структуры рельсов в разных сечениях. Рассмотрение поведения рельсов при длительной эксплуатации и анализ причин их изъятия вызывает в последнее время большой интерес.

Целью является установление закономерностей формирования структуры в головке длинномерных рельсов после экстремально длительной эксплуатации (пропущенный тоннаж 1770 млн. тонн).

В результате выполненных исследований было установлено, что в слое толщиной не менее 2,0 мм преобразование зерен и колоний пластинчатого перлита, имеющее место при длительной эксплуатации рельсов, протекает следующим образом. Во-первых, выявляются зерна, сохранившие структуру пластинчатого перлита с фрагментированными пластинами феррита. Во-вторых, наблюдаются колонии перлита, пластины цементита в которых разбиваются на отдельные фрагменты сдвинутые относительно друг друга. В-третьих, наблюдаются колонии перлита, пластины цементита в которых разделены на отдельные частицы карбида Fe округлой формы, декорирующие пластины феррита. Их размеры изменяются в пределах от 10 до 45 нм на поверхности и увеличиваются по мере удаления от поверхности катания на 2 мм до $(80 \div 95)$ нм и $(60 \div 75)$ нм соответственно, при измерении по центральной оси и радиусу выкружки.

В-четвертых, области материала, имеющие поликристаллическую структуру, характерное изображение которой приведено на рис. 1. Микроэлектроннограмма, полученная с данной структуры, имеет кольцевое строение (рис. 1 б). Последнее указывает на субмикронаномасштабный размер кристаллитов. Количественный анализ такой структуры показывает, что размеры кристаллитов изменяются в пределах от 150 нм до 250 нм. Дифракционные кольца сформированы отдельно расположенными точечными рефlekсами (рис. 1 б). Такое строение колец свидетельствует о большеугловой разориентации кристаллитов, т.е. о формировании именно зеренной структуры. На границах зерен феррита располагаются частицы карбидной фазы (рис. 1 в, частицы указаны стрелками). Размеры частиц изменяются в пределах от 25 нм до 75 нм. Можно предположить, что данный тип структуры сформировался в результате динамической рекристаллизации стали, имеющей место при циклическом нагружении металла рельс в процессе сверхдлительной эксплуатации.

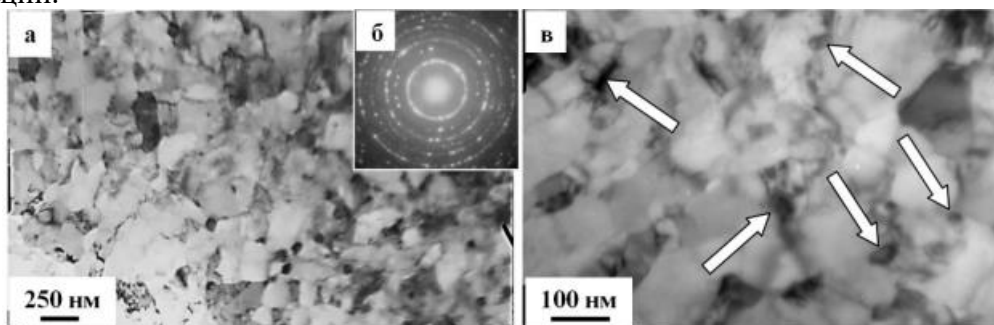


Рис. 1. Субмикрокристаллическая структура поверхности «рабочей выкружки». Светлопольные изображения (а, в); микроэлектроннограмма (б); стрелками на (в) указаны частицы карбидной фазы

Количественный анализ, выполненный с использованием методов стереологии, позволил выявить относительное содержание указанных выше морфологических разновидностей структуры металла вдоль оси скругления рабочей выкружки. Полученные результаты представлены на рис. 2

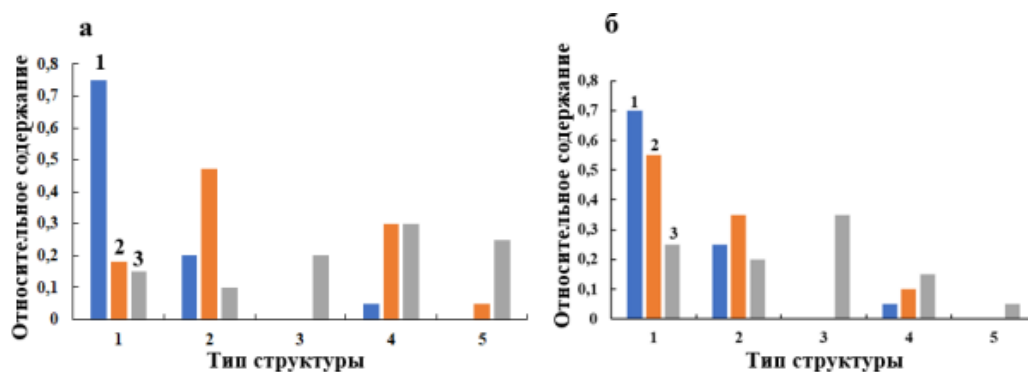


Рис. 2. Относительное содержание различных типов структуры головки рельсов вдоль радиуса скругления рабочей выкружки (а) и вдоль центральной оси (б). 1 – относительное содержание типов структуры в слое, расположенном на глубине 10 мм; 2 – в слое, расположенном на глубине 2 мм; 3 – в поверхностном слое. Обозначены следующие типы структуры: 1 – перлит пластинчатой морфологии; 2 – перлит разрушенный; 3 – вырожденный перлит (феррито-карбидная смесь); 4 – зерна перлита, пластины феррита в которых декорированы наноразмерными частицами цементита; 5 – зерна феррита с субмикрокристаллической зеренно-субзеренной структурой

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ №19-32-60001.