

СТРУКТУРА РЕЛЬСОВ ПОСЛЕ ЭКСТРЕМАЛЬНО ДЛИТЕЛЬНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ*

Ю.Ф. Иванов¹, В.Е. Громов², Р.В. Кузнецов²,
Ю.А. Шлярова², А.А. Юрьев³, В.Е. Кормышев²

¹ *Институт сильноточной электроники СО РАН, г. Томск, Россия*

² *Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия*

³ *АО «Евраз – Западно сибирский металлургический комбинат», г. Новокузнецк, Россия*

Методами просвечивающей электронной дифракционной микроскопии изучено структурно-фазовое состояние и дефектная субструктура в головке дифференцированно закаленных 100-метровых рельсов на различной глубине после экстремально длительной эксплуатации (пропущенный тоннаж 1770 млн тонн брутто). Исследования проведены вдоль оси симметрии головки рельсов и радиуса скругления рабочей выкружки на расстояниях 0, 2, 10 мм от поверхности катания. Дислокационная субструктура феррита представлена хаотически распределенными дислокациями и сетками. Скалярная и избыточная плотность дислокаций увеличивается по мере приближения к поверхности головки рельсов. Значения этих параметров на поверхности более чем в 2 раза превышают соответствующие величины на глубине 10 мм. Величина избыточной плотности дислокаций ниже величины скалярной плотности, что указывает на упругий характер изгиба-кручения кристаллической решетки. Выполнена количественная оценка дислокационных механизмов упрочнения.

Ключевые слова: тонкая структура, рельсы, эксплуатация, дислокации, механизмы упрочнения.

Введение

Сложные процессы, протекающие в рельсах при длительной эксплуатации, приводят к накоплению многочисленных дефектов, что сопровождается ухудшением механических свойств и является причиной выхода рельсов из строя [1–9]. В объемно-закаленных рельсах производства «Евраз-ЗСМК» при пропущенном тоннаже 500–1000 млн тонн выявлено формирование наноразмерной многофазной структуры в слое металла, прилегающем к рабочей поверхности, характеризующейся полным разрушением колоний пластинчатого перлита; протеканием начальной стадии динамической рекристаллизации зерен структурно свободного феррита; фрагментацией зерен феррито-карбидной смеси с образованием структуры, в которой частицы карбидной фазы расположены преимущественно по границам субзерен [1].

Для дифференцированно закаленных рельсов после пропущенного тоннажа 691.8 и 1411 млн тонн в работах [10, 11] выявлен градиентный характер структуры, фазового состава и дефектной субструктуры, характеризующийся закономерным изменением скалярной и избыточной плотности дислокаций, кривизны кручения кристаллической решетки и степени деформационного преобразования структуры пластинчатого перлита по сечению головки рельсов.

Партия дифференцированно закаленных 100-метровых рельсов категории ДТ350, выпущенных на этом комбинате в 2013 г., достигла беспрецедентной в практике наработки 1.77 млрд тонн брутто пропущенного тоннажа на экспериментальном кольце РЖД.

В настоящей работе изучена тонкая структура поверхности катания и выкружки головки 100-метровых дифференцированно закаленных рельсов после пропущенного тоннажа 1770 млн тонн и проведена оценка механизмов упрочнения головки рельсов дислокационной субструктурой и внутренними полями напряжений.

Материал и методика исследования

Материалом исследования являлись образцы 100-метровых дифференцированно закаленных рельсов типа Р65 категории ДТ350 из стали Э76ХФ. По содержанию химических элементов металл рельсов соответствует требованиям ТУ 0921-276-01124323-2012 РЖД: С – 0.73%; Мп – 0.75%; Si – 0.58%; Р – 0.012%; S – 0.007%; Cr – 0.42%; Ni – 0.07%; Cu – 0.13%; Al – 0.002%; Ti – 0.003%; Мо – 0.006%; V – 0.04%.

Дефектную субструктуру металла рельсов изучали методами просвечивающей электронной микроскопии [12–14]. Как и в [10, 11], объекты исследования для просвечивающего электронного

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

Уважаемые читатели!

Доступ к полнотекстовой версии журнала
«Известия высших учебных заведений. Физика»
осуществляется на платформе
Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU
на платной основе:

<https://elibrary.ru/contents.asp?titleid=7725>