

ОТЗЫВ

официального оппонента, доктора технических наук, профессора, профессора кафедры металловедения и физики прочности Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС» Кудри Александра Викторовича на диссертацию Ливановой Надежды Олеговны «Закономерности замедленного хрупкого разрушения высокоуглеродистого закаленного мартенсита в рельсовой и колесной стали», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.1 - Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов

Актуальность темы диссертационной работы

Производство современных железнодорожных рельсов осуществляется из непрерывнолитой заготовки (НЛЗ) из высокоуглеродистой рельсовой стали. Применяемая в настоящее время технология производства дифференцированно-закаленных рельсов предусматривает принудительное охлаждение поверхности головки и подошвы рельса, а шейка охлаждается на воздухе, что может быть недостаточно для полного протекания процессов самоотпуска закаленной стали в области возникновения неоднородных закалочных структур. К тому же центральная ликвационная зона НЛЗ характеризуется повышенным содержанием углерода, легирующих элементов и примесей. При производстве железнодорожных колес центральная область НЛЗ вырубается, то наследование ликвационной зоны при прокатке рельсов и последующей термообработке может приводить к формированию неоднородных закалочных структур в отдельных элементах готовых рельсов.

Известно, что структурная неоднородность, наследуемая из центральной ликвационной зоны НЛЗ, преимущественно локализуется в шейке железнодорожного рельса, следовательно, возможно неблагоприятное воздействие сдвиговых структур в этой области рельса вследствие повышения остаточных микронапряжений и развития замедленного хрупкого разрушения.

Наиболее полно исследована природа замедленного хрупкого разрушения низкоуглеродистых и среднеуглеродистых сталей, а замедленное хрупкое разрушение в высокоуглеродистых сталях менее изучено. Это обстоятельство и определило актуальность данной диссертационной работы.

Общая характеристика работы

Диссертация состоит из введения, 5 глав, заключения, списка литературы. Диссертационная работа изложена на 130 страницах машинописного текста и включает 75 рисунков, 14 таблиц.

Предметом исследования являлись феноменология и механизма замедленного хрупкого разрушения в высокоуглеродистых сталях.

Объектом исследования были выбраны высокоуглеродистые рельсовые и колесные стали марок 2, Л и Т и Э76Ф.

Достоверность и обоснованность основных научных положений, результатов, заключения и рекомендаций работы подтверждается использованием современных методов изучения структурного состояния (оптическая металлография с применением компьютерного анализа изображений, сканирующая электронная микроскопия, рентгеноструктурный анализ, оценка склонности стали к замедленному хрупкому разрушению); стандартных и специальных свойств сталей. Объем исследований достаточен для анализа полученных результатов и формирования заключительных положений.

Оценка содержания автореферата, оформления и апробации диссертационной работы. Содержание автореферата в полной мере отражает основные результаты, полученные в диссертационной работе. Работа написана на хорошем научно-техническом уровне, оформление текста автореферата и диссертации в целом соответствует предъявляемым требованиям. Результаты исследования опубликованы в 19 печатных работах, из которых 10 – в журналах, рекомендованных ВАК РФ. Результаты диссертационной работы прошли апробацию на 18 отечественных и международных научно-технических конференциях.

Научная новизна и практическая значимость работы

Научная новизна

Ключевые научные положения диссертационной работы без сомнения обладают научной новизной, особенно следует выделить установленную впервые немонотонную зависимость уровня остаточных микроискажений ($\Delta a/a$) кристаллической решетки от величины приложенного упругого напряжения в закаленном высокоуглеродистом мартенсите: при увеличении напряжений сначала их снижение, а затем – возрастание. Показано, что минимум на немонотонной зависимости микроискажений $\Delta a/a$ от упругого напряжения близок по величине к пороговому напряжению при ЗХР, т.е. напряжению нагружения, ниже которого оно не наблюдается, что подтверждает физическую природу порогового напряжения, как напряжения, при котором изменяется механизм релаксационных процессов под влиянием внешнего напряжения – при низких напряжениях их релаксация, а при высоких - их возрастание, вызывающее зарождение трещины.

Практическая значимость. По результатам разработанных технологических рекомендаций по совершенствованию сквозной технологии производства НЛЗ и рельсов

изготовлены 193 партии рельсов (28 тыс. т) в условиях ТОО «АРБЗ» из НЛЗ производства АО «ОЭМК», показавшие отсутствие отбраковки продукции по мартенситно-бейнитным дефектам.

Следует подчеркнуть, что автор при анализе причин появления неоднородности свойств рельсов, исходил из того обстоятельства, что это – результат реализации различных механизмов эволюции структур и дефектов по всей технологической цепочке. В этой связи, совершенно обоснованно усилия были направлены на обеспечение оптимального функционирования всей технологической цепочки в целом, что, в конечном итоге, и обеспечило успешное решение поставленных в работе задач.

Анализ работы по разделам

Введение содержит обоснование актуальности работы, степень ее разработанности, описание цели, задач, объекта исследования; включает научную новизну, теоретическую и практическую значимость работы, методологию и методы исследования.

В первой главе приведен обзор литературных источников, в котором проанализированы результаты основных исследований, направленных на изучение влияния структурного состояния высокоуглеродистых сталей на сопротивление разрушению, а также особенности технологии производства железнодорожных колес и рельсов из высокоуглеродистой стали, влияние технологии производства железнодорожных рельсов и колес на структурное состояние и образование дефектов, структурное состояние закаленной стали и склонность к ЗХР.

Во второй главе приведены сведения о материалах и методах исследования.

В третьей главе рассмотрены особенности явления замедленного хрупкого разрушения высокоуглеродистого закаленного мартенсита. Показано влияние структуры стали на склонность к ЗХР и уровень остаточных напряжений высокоуглеродистой стали. Проанализировано влияние остаточных микронапряжений на склонность высокоуглеродистого закаленного мартенсита к замедленному хрупкому разрушению. Установлена физическая природа порогового напряжения при ЗХР высокоуглеродистой стали т.е. напряжения, при нагружении ниже которого не наблюдается разрушение.

В четвертой главе рассматриваются дефекты мартенситно-бейнитного происхождения, возможность их наследования из непрерывнолитой заготовки в различных областях профиля рельсового проката. Рассмотрено влияние мартенситно-бейнитных неоднородностей на качество и свойства рельсовой стали. Металлографические и рентгеноструктурные исследования по определению температуры самоотпуска шейки рельсов с участками мартенситной структуры показали, что температура самоотпуска металла шейки рельса составляет 220 ± 10 °С. На основании проведенных исследований выданы рекомендации по снижению скорости охлаждения

шейки дифференцированно-закаленных рельсов с целью повышения температуры самоотпуска и более полного протекания релаксационных процессов.

В пятой главе приводятся рекомендации по совершенствованию технологии производства НЛЗ и рельсов.

В конце каждой главы приводится отдельное заключение. Основные выводы диссертационной работы содержатся в заключении.

Замечания по диссертационной работе

1. Известно, что склонность к замедленному разрушению зависит от времени между закалкой и испытанием. Из текста диссертации не ясно, какова длительность между закалкой и проведением испытаний на замедленное разрушение высокоуглеродистой стали и было ли оно постоянным?

2. В работе установлено, что химическая неоднородность стали наследуется из НЛЗ в готовых рельсах. Однако в диссертации не показано, что является более важным: технология непрерывной разливки рельсовой стали или особенности прокатки и термообработки готовых рельсов.

3. Поскольку полностью исключить химическую неоднородности в центральной области НЛЗ не представляется возможным, и наследование этой неоднородности происходит в основном при формировании шейки рельса, не следует ли предусмотреть в ГОСТ 51685 ограничение требований по микроструктуре в области шейки.

4. Наблюдаемое явление – наличие в изломах образцов, разрушенных по дефектам мартенситно-бейнитной неоднородности, признаков распространения трещины, частично по межзеренному механизму (с множественными вторичными трещинами), требует дополнительного обсуждения причин появления такого разрушения.

5. В тексте встречаются выражения, требующие дополнительного пояснения, например, в аналитическом обзоре литературы (стр. 11): «Установлено, что *при испытаниях на изгиб образца на внецентренное растяжение* (для сталей с ферритной и перлитно-ферритной структурой) на расстоянии не более 0,05 мм от поверхности усталостной трещины усталостные микрповреждения перлитных колоний и ферритных колоний значительно различаются».

Заключение

Представленная диссертация является законченной научно-квалификационной работой, выполненной на хорошем научно-методическом уровне. Тематика исследования соответствует пунктам 1, 2, 3, 4, 5 и 6 Паспорта специальности ВАК 2.6.1. – Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов.

В целом, диссертационная работа Ливановой Надежды Олеговны на тему «Закономерности замедленного хрупкого разрушения высокоуглеродистого закаленного мартенсита в рельсовой и колесной стали» по актуальности, научной новизне, теоретической и практической значимости отвечает требованиям п.9 Положения о порядке присуждения ученых степеней, утвержденного Постановлением Правительства РФ №842 от 24.09.2013. а Ливанова Надежда Олеговна заслуживает присуждения степени кандидата технических наук по специальности 2.6.1. – Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов.

Официальный оппонент,
д.т.н., профессор,
профессор кафедры металловедения
и физики прочности
НИТУ МИСИС


16.15.25

Кудря А.В.

Контактная информация:

119049, Россия, Москва, Ленинский пр-т, 4, стр. 1

Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования «Национальный

исследовательский технологический университет «МИСИС» (НИТУ МИСИС)

Кудря Александр Викторович,

Телефон +7 495 955-00-13,

Веб-сайт <https://misis.ru/>

Адрес электронной почты AVKudrya@misis.ru

