

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Мордовского Петра Григорьевича «Повышение физико-механических и эксплуатационных свойств ферритно-перлитной стали при мегапластическом деформировании и низкотемпературном отжиге», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.09. – Материаловедение (машиностроение)

Актуальность темы диссертации. Одной из важнейших задач материаловедения является повышение прочности конструкционных материалов. В последние годы большое внимание уделяется упрочнению материалов за счет формирования субмикронных и наноразмерных структур. При этом актуальной проблемой нанотехнологий остается получение объемных наноструктур, которая решается в основном через измельчение структуры традиционных материалов. К числу эффективных способов обработки металлов относится и технология равноканального углового прессования (РКУП), которое относится к методу мегапластического деформирования.

Несмотря на достаточно большое число публикаций по получению металлических материалов с нано-, субмикроструктурной структурой, в том числе методом РКУП, процессы и механизмы, определяющие их свойства, остаются малоизученными, особенно в случае железоуглеродистых сплавов. Это относится, в частности, к исследованию влияния низких температур на прочность ультрамелкозернистых сталей, на их сопротивление хрупкому разрушению, а также к вопросам износостойкости таких сталей. Кроме того, практика использования металлов с нанодисперсной структурой требует более полных сведений об их поведении при дальнейшей металлообработке, например, резанием.

Исходя из вышеизложенного, диссертационная работа Мордовского П.Г., посвященная изучению не только физико-механических и эксплуатационных свойств ферритно-перлитной стали 09Г2С с наносубмикроструктурной структурой, полученной при комбинировании интенсивной пластической деформации и низкотемпературного отжига, но также особенностей ее влияния на процессы разрушения при ударных и трибологических нагрузках, является актуальной как в плане расширения фундаментального научного знания, так и для возможности решения научно-прикладных задач в области наноматериаловедения.

Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, общих выводов, библиографии, включающей 153 источника. Общий объем работы – 136 страниц, включая 56 рисунков и 16 таблиц.

Научная новизна. Автор подводит итоги исследований повышения физико-механических и эксплуатационных свойств ферритно-перлитной стали 09Г2С при мегапластическом деформировании и низкотемпературном отжиге.

1. Впервые показан эффект формирования наноразмерных и субмикронных структурных элементов в конструкционной стали 09Г2С при комбинировании метода «холодного» РКУП и низкотемпературного отжига. Установлено, что образующиеся в стали нано-, субмикрокристаллические структуры обеспечивают технически значимое улучшение комплекса механических свойств, приближая ее к классу высокопрочных.

2. Выявлены особенности влияния дисперсных структур, образующихся в ферритно-перлитной стали после холодного РКУ прессования, на процессы разрушения и уровень механических характеристик. Исследование строения макро- и мезорельефов изломов, механизмов разрушения позволило показать роль нано-, субмикрокристаллических структур как факторов высокопрочного состояния стали.

3. Установлено, что создание гетерогенной структуры системы «субмикронная ферритная матрица – наноразмерная карбидная фаза», позволяет в несколько раз повысить износостойкость стали. Исследована эволюция строения и микрогеометрия фрикционных поверхностей, основные механизмы повреждения и особенности кинетики изнашивания, указывающие на существенные различия в формировании трибологической прочности в зависимости от уровня дисперсности структуры.

Во введении обоснована актуальность проблемы применения мегапластической деформации методом РКУП, сформулированы цель и задачи исследования, показана научная новизна и практическая значимость полученных результатов.

В первой главе изучены современные данные, полученные отечественными и зарубежными исследователями, показано, что применение мегапластической деформации дает принципиально новые возможности управления структурой металлов и сплавов.

Во второй главе приведены характеристики используемых материалов, представлены описания методов экспериментальных исследований, оборудования, приборов и физико-химических свойств исходных и полученных образцов. Автором предложено в качестве формирующей технологии комбинирование РКУП при комнатной температуре и последующего отжига при относительно низких температурах в диапазоне 250-550⁰С (не более одного часа). Это обусловило получение в стали 09Г2С деформированной субмикрокристаллической ферритной матрицы с равномерно распределенными в ней наноразмерными частицами цементита.

В третьей главе проведен сравнительный анализ структуры стали 09Г2С в исходном крупнозернистом состоянии, после обработки РКУП и дальнейшего низкотемпературного отпуска. В результате анализа изображений, полученных методами оптической и сканирующей электронной микроскопии, распределений микротвердости, автором доказано снижение температуры начала рекристаллизации и сокращение времени, необходимого для ее завершения. Также было выполнено исследование влияния процессов резания на состав, структуру и свойства наносубмикрокристаллической стали, что

имеет существенную практическую значимость для внедрения данных материалов в машиностроении.

В четвертой главе исследовано влияние объемной наносубмикроструктурной структуры на физико-механические свойства стали 09Г2С. Представлены фраттографии поверхностей изломов однократного нагружения и поверхностей трения с подробным анализом соответствующих профилограмм. Автором установлено, что после РКУП наблюдается рост модуля Юнга на 20 % по сравнению с исходным состоянием. Последующая термическая обработка при 350 и 450° С также вызывает рост модуля Юнга на 60 % при нагрузке 1960 мН. Рост модуля Юнга после РКУП является следствием появления или повышения концентрации фазы с высокими упругими характеристиками в структуре материала. Были проведены многочисленные эксперименты по исследованию коэрцитивной силы, электросопротивления, эффекта Баркгаузена, а так же выполнен вихретоковый контроль с целью выявить зависимость амплитуды и фазы электромагнитного поля от его формы и размеров, физико-механических свойств и структуры материала. Установленные взаимосвязи электромагнитных и прочностных характеристик стали 09Г2С, упрочненной методом РКУП и термической обработкой с различными режимами, позволило оценивать величины σ_b и $\sigma_{0,2}$ обработанной стали.

Полученные данные позволили оценивать качество заготовок и изделий путем неразрушающего контроля, а также проводить мониторинг деформированного состояния в процессе эксплуатации.

В пятой главе исследованы шероховатость фрикционной поверхности и трибологические свойства обрабатываемой стали. Установлены механизмы повреждения и микростроения фрикционных поверхностей, наблюдаются все основные виды повреждения контактных зон: упругое и пластическое отгеснение, микрорезание, выкрашивание, отслоение, вырывы. Обнаружено, что преимущественным является механизм повреждения микрорезанием, обуславливаемый внедрением абразивных частиц контртела в сталь и последующим их перемещением по ее поверхности с образованием борозд, канавок и рисок различной ширины. Установлено, что большая износостойкость обработанных РКУП образцов является следствием роста твердости и прочности, а также структурных изменений (измельчение зерна, рост количества большеугловых границ зерен и др.). После РКУП и последующего отжига происходит дополнительное упрочнение субмикронной ферритной матрицы, обусловленное появлением и более равномерным распределением наночастиц карбидной фазы и снижением деформационных напряжений в образцах.

Степень обоснованности и достоверности научных положений и выводов.

Обоснованность полученных в диссертационной работе результатов и выводов определяется, продуманной методологией, охватывающей необходимый минимум исследований. Используемая классическая парадигма «материал – технологический передел – свойства» дополнена еще одним

звеном, учитывающим условия эксплуатации и предусматривающим понимание механизмов поведения материала при различных температурно-силовых условиях эксплуатации. Это обеспечило системный подход к исследованиям, повысило обоснованность результатов и достоверность данных, которая определяется также привлечением большой группы апробированных и взаимно дополняющих друг друга современных аналитических методов, использованием сертифицированных средств измерений и испытательного оборудования, применением стандартных механических испытаний. Для достижения поставленных задач соискатель использовал широкий спектр материаловедческих инструментов, таких как оптическая и электронная микроскопия, микроиндентирование, механические испытания и фрактографический анализ, что, безусловно, способствует высокой достоверности полученных результатов и выводов.

Полученный фактический материал подтверждается значительным числом иллюстраций и количественных исследований. Данные интерпретируются на основе известных положений металлофизики и соотносятся с имеющимися в литературе сведениями по другим металлам, подвергнутым РКУП. Выводы являются логическим следствием результатов, полученных в ходе работы, и представлены достаточно полно.

Оценка содержания и оформления

Следует отметить грамотную постановку целей и задач диссертационной работы; все ее разделы значимы в научном плане и логически увязаны друг с другом. Имеющийся иллюстративный материал органично дополняет текстовое изложение.

Автореферат и публикации достаточно полно отражают основные идеи, содержание и выводы диссертации. Работы прошла хорошую апробацию на российских и международных конференциях, все результаты опубликованы в периодических изданиях, рекомендованных ВАК РФ.

По содержанию и оформлению диссертация соответствует требованиям ВАК РФ.

Основываясь на результатах диссертационной работы, можно судить о значительном объеме проведенных комплексных научных исследований, оценить личный вклад соискателя в работу как определяющий.

По диссертационной работе имеются следующие замечания и пожелания:

1. Первая глава диссертации содержит не только информацию, непосредственно относящуюся к существу диссертационного исследования, но и несколько излишнюю информацию, которую можно убрать без ущерба для понимания работы. Например, описание работ по структуре и свойствам цветных сплавов, которые в дальнейшем соискатель не использует в своей диссертации.
2. Следовало бы расширить температурный диапазон, при котором исследовалась ударная вязкость, в сторону более низких температур.
3. В работе по сути предложена новая технология объемного наноструктурирования металлов, основанная на сочетании РКУП и

низкотемпературного отжига, достигнут технически значимый эффект в уровне повышения свойств. Не совсем понятно, почему разработка не защищена патентом на изобретение?

4. На рисунке 19 спектрограммы не видны значения кремния.

Сделанные замечания, однако, не снижают достоинств диссертационной работы и не отражаются на положительном заключении по ней.

Заключение

Диссертационная работа Мордовского Петра Григорьевича «Повышение физико-механических и эксплуатационных свойств ферритно-перлитной стали при мегапластическом деформировании и низкотемпературном отжиге», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.09. – Материаловедение (машиностроение), является завершенной научно-квалификационной работой, в которой предложена технология получения нано-, субмикроструктурных структур в низколегированной ферритно-перлитной стали, обеспечивающих повышение ее прочностных и эксплуатационных свойств, а также рассмотрена роль структурных элементов пониженной размерности в развитии процессов разрушения при различных температурно-силовых воздействиях на структурированный материал.

По своей актуальности, научной новизне, теоретической и практической значимости, степени обоснованности научных положений и выводов, достоверности полученных результатов, уровню апробации и опубликованию основных положений в печати диссертационная работа Мордовского П.Г. соответствует требованиям п.9 «Положения о присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ №842 от 24.09.2013 г., предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.09. – Материаловедение (машиностроение).

Официальный оппонент

старший научный сотрудник лаборатории «Функциональных материалов и покрытий» ФГБУН Институт материаловедения ХИЦ ДВО РАН

Адрес: 680042, г. Хабаровск, ул. Тихоокеанская, 153.

доктор технических наук

Николенко Сергей Викторович



Подпись официального оппонента д.т.н. Николенко С.В. заверяю

Ст. учен. по специальности

