

ОТЗЫВ

**официального оппонента на диссертацию
Никифоровой Светланы Михайловны «Формирование структуры
металлической основы износостойких хромистых сталей и чугунов при
термической обработке»,
представленную на соискание ученой степени кандидата технических
наук по специальности 05.16.09 - Материаловедение (в машиностроении)**

Защита поверхности деталей машин от изнашивания при трении остаётся одной из главных проблем материаловедения. Несмотря на большой объём работ по износостойкости метастабильных аустенитных сталей, значительная часть этих работ выполнена на малоуглеродистых и модельных сталях, систематической информации о взаимосвязи структурных превращений с износостойкостью углеродистых промышленных сталей недостаточно. Особенно это относится к научным основам разработки режимов термического упрочнения, данным о влиянии содержания углерода в мартенсите, наличии остаточного аустенита и его влияние на эксплуатационную стойкость деталей и узлов машин из углеродистых хромистых сталей и чугунов при абразивном изнашивании.

Актуальность выбранной темы

В диссертационной работе Никифоровой Светланы Михайловны изучены закономерности формирования метастабильных структурных состояний высокохромистых сплавов ледебуритного класса. Этот путь создания материалов с высокопрочной метастабильной структурой, среди основателей которого видную роль сыграли уральские исследователи В.Д.Садовский и И.Н.Богачёв, сохраняет свою значимость. В этой связи можно ожидать существенного повышения важнейших физико-механических свойств и прежде всего износостойкости сталей и чугунов за счет формирования в металлической основе структурных составляющих, способных к интенсивному деформационному упрочнению в результате фазовых и структурных превращений под действием контактного нагружения. Однако, поведение метастабильных структур при различных условиях изнашивания, методы регулирования кинетики деформационных фазовых и структурных превращений и способы их термической обработки изучены недостаточно. Несомненную актуальность работе в научном плане придаёт изучение структуры и закономерностей формирования в поверхностных слоях нанокристаллического мартенсита трения с размерами кристаллитов до 100 нм, возникающих при абразивном изнашивании, которые играют важную роль в формировании их трибологических свойств. Поэтому актуальность темы диссертационной работы, направленной на изучение влияния исходной структуры и её изменений в процессе

изнашивания углеродистых сталей и чугунов при изнашивании, в научном и прикладном отношении, не вызывает сомнения.

Структура и объем диссертации

Работа состоит из введения, 5 глав, заключения, списка цитируемой литературы включает 115 источников и приложения. Диссертация изложена на 137 страницах машинописного текста и содержит 18 таблиц и 42 рисунка.

Во введении обоснована актуальность выбранной темы, рассмотрена степень ее разработанности, сформулированы цель и задачи исследования, научная новизна и практическая значимость. Сформулированы основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе рассмотрены теории изнашивания и структурные факторы обеспечения износостойкости металлических материалов при абразивном и адгезионном изнашивании. Обоснована роль принципа метастабильности аустенита при выборе износостойких сталей и сплавов. Обобщены результаты исследований термической обработки для повышения абразивной износостойкости метастабильных сталей и факторов, влияющих на количество остаточного аустенита. В связи с прикладным характером данного исследования приведён обзор технологий производства цилиндрических втулок буровых насосов. В заключении сформулированы выводы и постановка задач исследования.

Вторая глава посвящена обоснованию выбора в качестве объекта исследования промышленных марок высокохромистых сталей – штамповой стали X12МФЛ и коррозионностойкой подшипниковой стали 95X18, а также износостойких чугунов с разным содержанием хрома и типом карбидов – 260X16M2 и 250X25MФТ. Выбор литой и деформированной стали обусловлен способом получения заготовок и представляет интерес применительно к разным технологиям производства втулок насосов, используемым на практике. Описан комплекс современных методов испытания служебных свойств и современных методов металлофизического исследования структуры металлов – оптическая, просвечивающая и сканирующая электронная микроскопия с микрорентгеноспектральным анализом, рентгеноструктурный анализ с программным обеспечением.

В третьей главе изложены экспериментальные результаты по изучению влияния температуры закалки на износостойкость сталей X12МФЛ и 95X18 за счет целенаправленного регулирования структуры металлической основы. Показано, что мартенситная структура сталей 95X18 и X12МФЛ, полученная при закалке от 900 °С–1000 °С обеспечивает высокую твёрдость (61-64 HRC), однако при этом не достигается максимальная износостойкость в условиях абразивного изнашивания. Высокотемпературная закалка (от 1050 – 1170 °С), приводит к росту износостойкости при абразивном изнашивании, несмотря на снижение исходной твёрдости в связи с растворением части

карбидов и соответствующим увеличением количества остаточного аустенита (до 25 и 60 % соответственно). Такой эффект обусловлен образованием значительного количества мартенсита деформации при изнашивании. Рассмотрены также изменения износостойкости и твердости сталей при последующем отпуске. Показано, что повышение абразивной износостойкости сохраняется до высокой температуры отпуска вследствие явления вторичной закалки подобно тому, как это имеет место в быстрорежущих сталях. Впервые в данной работе обнаружена периодичность в распределении мартенсита, образующегося в процессе изнашивания. Показано, что в результате высокотемпературной закалки и обработки холодом высокохромистых сталей в процессе трения образуется мартенсит деформации с содержанием углерода 0,55 – 0,70 %. Эти результаты послужили научным обоснованием предложенных в работе режимов термической обработки изученных сталей.

Четвертая глава посвящена описанию результатов исследования по выбору состава и режимов закалки белых хромистых чугунов с нагревом в интервале 900-1170 °С с целью обеспечения износостойкости применительно к рабочим лопаткам дробемётных аппаратов и износостойким вставкам комбинированных втулок буровых насосов типа «сталь-чугун». Исследования проведены по методике, описанной в 3-й главе диссертации, с использованием специальной программы, разработанной в УрФУ для прогнозирования химического и фазового состава износостойких сплавов. Показано, что металлическая основа чугуна 260X16M2 по химическому составу соответствует метастабильной аустенитной хромистой стали 70X12МЛ. Формирование металлической основы чугунов с метастабильным аустенитом позволяет получить высокий уровень микротвёрдости рабочей поверхности и, как следствие, повышенный уровень износостойких сплавов.

По результатам комплексного исследования режимов термообработки, фазового состава, структуры, твердости и абразивной износостойкости чугуна 260X16H2 был рекомендован для изготовления лопаток дробемётных аппаратов и вставок биметаллических втулок грязевых насосов.

В пятой главе описаны результаты практической реализации разработанных в работе режимов высокотемпературной закалки с использованием нагрева токами высокой частоты, обеспечивающих структуру метастабильного аустенита в металлической основе втулок из стали X12МФЛ. Благодаря такой технологии опытная партия втулок, обработанных по предложенной в работе технологии, показала высокую эксплуатационную стойкость, что подтверждает практическую значимость диссертационной работы.

В заключении сформулированы основные выводы и рассмотрены перспективы дальнейшей разработки темы исследования.

Научная новизна и теоретическая значимость работы

В качестве наиболее важных научных результатов диссертационной

работы, с моей точки зрения, можно указать следующие. Впервые сформулированные закономерности формирования нанокристаллических структур мартенсита, возникающих при абразивном изнашивании в поверхностном слое стали X12МФЛ, которые оказывают влияние на износостойкость. Предложена новая схема формирования нанокристаллических кристаллов мартенсита с периодическим распределением, образование которых сопровождается микро-трип-эффектом.

На основании проведенных экспериментов предложен и обоснован оптимальный способ повышения абразивной износостойкости промышленных высокохромистых сталей и чугунов ледебуритного класса, состоящий в высокотемпературной закалке и обработке холодом, обуславливающий образование углеродистых дисперсных кристаллов мартенсита с высоким уровнем фрикционного упрочнения рабочей поверхности.

Практическая значимость и рекомендации по использованию

Диссертационная работа Никифоровой С.М. имеет существенное прикладное значение, состоящее в разработке рекомендаций по выбору химического состава и режимов термической обработки, формирующих фазовый состав и структуру металлической основы – мартенситно-аустенитной металлической матрицы хромистых сталей и чугунов ледебуритного класса для втулок грязевых насосов буровых установок, лопаток дробемётных аппаратов. Предложен новый эффективный способ комбинированной термической обработки сталей и чугунов, включающий высокотемпературную закалку со скоростным поверхностным нагревом с помощью токов высокой частоты и обработку холодом с целью повышения абразивной износостойкости сталей и чугунов. Результаты исследований и рекомендации представленные в работе С.М. Никифоровой по выбору сталей и термической обработке используются на ООО «Уралмаш НГО Холдинг» для изготовления опытной партии цилиндрических втулок буровых насосов.

Степень достоверности результатов

Достоверность и воспроизводимость полученных экспериментальных результатов комплексного исследования четырёх промышленных металлических сплавов обеспечена использованием совокупности современных взаимодополняющих методов и оборудования для металлофизического исследования (просвечивающей и растровой электронной микроскопии с микроанализом, оптической микроскопии, а также рентгеноструктурного анализа с применением современного апробированного программного обеспечения расшифровки данных. Обсуждение результатов базируется на современных положениях теории фазовых и структурных превращений и не противоречит имеющимся в

литературе представлениям о формировании структуры сплавов с метастабильным аустенитом.

Замечания по работе

1. Вывод 2 диссертации не совсем корректен, так как образование структуры, которая определяет сопротивление абразивному изнашиванию, зависит от температуры нагрева, а не определяется средой охлаждения.

2. В работах В. Д. Садовского при исследовании влияния обработки холодом на свойства высокоуглеродистых сталей было показано, что охлаждение в области отрицательных температур приводит к образованию трещин. Как автору удалось избежать образование трещин при обработке холодом исследуемых материалов.

3. Образование мартенсита из метастабильного аустенита при деформационном воздействии впервые было отмечено в работах Л.Г. Коршунова и затем подтверждено многочисленными работами других авторов. Среди научных объяснений этого явления необходимо отметить работы В. Г. Гаврилюка, в которых утверждается, что в ходе низкотемпературного изотермического превращения образуются дислокации, которые захватывают часть углерода, и тем самым увеличивая прочность мартенсита, повышают его износостойкость.

4. В главе 3 периодический характер расположения кристаллов мартенсита деформации автор объясняет действием однородного поля напряжений при одинаковой ориентации кристаллической решетки аустенита. Другое объяснение этого явления может быть связано с наличием сильной текстуры, как это было показано в работах сотрудников ИФМ УрО РАН.

5. Нужно отметить что большой объем исследования по хромистым чугунам, в том числе по износостойкости, был проведён в МГТУ имени Г.И. Носова, город Магнитогорск, Колокольцевым В. М., Емелюшиным А. Н., Петроченко Е. В. К сожалению, в диссертации отсутствуют ссылки на эти работы.

6. Несмотря на грамотное оформление диссертации, можно сделать следующие замечания, в основном редакционного характера. В главе 3 после вывода 3 идет вывод 2 и отсутствует вывод о нанокристаллическом строении мартенсита и его периодичности распределения на поверхности стали X12MФЛ, хотя этот вывод вынесен в научную новизну работы.

Отмеченные замечания не снижают общей положительной оценки диссертационной работы, являющейся законченным исследованием, о чем

свидетельствуют предложенные рекомендации по результатам проведенных исследований для разработки технологии термической обработки втулок грязевых насосов буровых установок, показавших высокую эксплуатационную стойкость. Автор работы обладает достаточными научно-техническими знаниями и владеет информацией о современном состоянии материаловедческих достижений в проблеме эксплуатационной стойкости деталей машин, что позволило ей получить в работе новые научные и практические результаты представляющие существенное значение для материаловедения в машиностроении.

Заключение

Диссертация Никифоровой С.М. является научно-квалификационной работой, результаты которой на основании выполненных автором исследований вносят вклад в решение значительной научно-технической проблемы в части разработки научных основ выбора составов и технологии обработки высокоуглеродистых хромистых сплавов ледебуритного класса для формирования оптимального структурного состояния рабочей поверхности с целью обеспечения повышенной износостойкости деталей машин.

Основные выводы работы об эффективности использования метастабильного аустенита, как и разработанные эффективные режимы термической обработки для повышения износостойкости деталей машин логично следуют из экспериментальных результатов и не вызывают возражений.

Содержание диссертации полностью соответствует формуле специальности 05.16.09 Материаловедение (в машиностроении) и п. 1.3 паспорта специальности «1.Теоретические и экспериментальные исследования фундаментальных связей состава и структуры материалов с комплексом физико-механических и эксплуатационных свойств с целью обеспечения надежности и долговечности материалов и изделий. 3.Разработка научных основ выбора материалов с заданными свойствами применительно к конкретным условиям изготовления и эксплуатации изделий и конструкций.»

Текст автореферата в достаточной мере отражает содержание диссертации. Полученные результаты соответствуют целям и задачам диссертационной работы и отражены в 3 публикациях автора, в журналах, включенных в перечень ВАК.

Рецензируемая диссертация Никифоровой Светланы Михайловны «Формирование структуры металлической основы износостойких хромистых сталей и чугунов при термической обработке» является законченной научно-исследовательской работой, имеющей несомненное значение как для теории, так и для практики материаловедения. Диссертация соответствует требованиям п.п; 9, 10, 11, 13, 14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской

