

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Шараповой Валентины Анатольевны
**«Научно обоснованные технологические решения упрочнения
и повышения износостойкости машиностроительных материалов
за счет ТРИП-эффекта в структуре метастабильного аустенита»**,
представленной на соискание ученой степени доктора технических наук
по специальности 2.6.1. Металловедение и термическая обработка металлов
и сплавов

Актуальность. Диссертация охватывает несколько ключевых аспектов работы со сталями, включая использование TRIP (Transformation Induced Plasticity) эффекта для улучшения механических свойств материалов. TRIP-эффект основан на способности метастабильного аустенита превращаться в мартенсит при воздействии внешних сил. Такое поведение позволяет материалу сочетать высокие показатели прочности и пластичности, что крайне важно для машиностроительных материалов. Релаксация напряжений в момент мартенситного превращения и формирование высокотемпературной закалкой диссипативной структуры метастабильного аустенита позволяют создавать материалы с высокой сопротивляемостью к разрушению и износу.

Поверхностный слой подвергается наибольшей нагрузке, и его упрочнение играет ключевую роль в повышении долговечности деталей. Деформационное упрочнение поверхности за счет создания сжимающих напряжений уменьшает вероятность появления трещин и отслоений, что критично для уменьшения износа, особенно в условиях абразивных воздействий. Применение нестандартных режимов термообработки позволяет оптимизировать механические характеристики материалов, обеспечивая баланс между прочностью, износостойкостью и устойчивостью к воздействию окружающей среды. Это открывает новые возможности для использования широко применяемых серийных сталей и чугунов в различных областях техники. Таким образом, рассмотренная работа демонстрирует значительный потенциал в области разработки современных материалов, способных эффективно противостоять высоким механическим нагрузкам и экстремальным условиям эксплуатации.

Научная новизна. На основе использования результатов исследования запатентована (патент РФ № 2430187, С22С 35/52) аустенитная TRIP-сталь 03X14H11K5M2ЮТ гарантированной сверхвязкости, которая в закаленном от 1050 °С состоянии имеет высокую ударную вязкость, конструкционную прочность и низкую склонность к хрупкому разрушению вплоть до криогенных температур ($KCV^{20} = 3,69$ МДж/м², $KCV^{-196} = 1,93$ МДж/м²). Указанная сталь имеет рекордную пластичность: подвергается волочению с диаметра 14,3 до 2,77 мм, то есть за 15 переходов «в холодную» без промежуточных нагревов. С другой стороны, значительно упрочняется: после деформации и старения стальная проволока диаметром 0,3 мм имеет $\sigma_b = 2520$ МПа, $\sigma_{0,2} = 2120$ МПа при поперечном сужении $\psi = 40$ %.

Доказано, что аустенит в стали 03X14H11K5M2ЮТ является термически стабильным в широком интервале температур от жидкого гелия до 500 °С. Предложена обработка (по режиму закалка 1050 °С + деформация + старение 500 °С, 1 ч), при которой сталь в состоянии максимального упрочнения обладает высоким сопротивлением релаксации напряжений при

ЗАРЕГИСТРИРОВАНО В ОТДЕЛЕ ДЕЛОПРОИЗВОДСТВА ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И.Носова»	
за № _____	_____
Дата регистрации _____	03.04.2025
Фамилия регистратора _____	_____

длительных нагревах до температуры 400 °С, что подтверждено актом внедрения от ООО «Медтехника», г. Казань.

Впервые экспериментально установлена роль влияния легирования кобальтом (5,0 – 1,0 мас. %) на изменение последовательности, состава и температурных интервалов выделения высокотемпературной χ -фазы в закалённой стали 03X14H11K5M2ЮТ.

Впервые экспериментально с применением электронной микроскопии на закалённых сталях перлитного и ледебуритного классов показано, что благодаря высокотемпературной закалке рабочей поверхности уже после первого однократного фрикционного воздействия образуется деформационный нанокристаллический высокоуглеродистый мартенсит с размером кристаллов 10 – 100 нм. В структуре чередуются кристаллы мартенсита, стойкого против абразивного изнашивания, и аустенита, склонного к фрикционному упрочнению. Вторичная диссипативная структура поверхности обладает способностью к релаксации напряжений в процессе $\gamma \rightarrow \alpha$ превращения, сопровождающегося TRIP-эффектом, впервые показанным в высокоуглеродистой стали.

Комплексными исследованиями с применением профилометрии на примере сталей 0X18A1.2, 100X18, 135СГЛ было выявлено, что после низкотемпературной закалки отделение частиц износа происходит со вдвое большего по глубине слоя поверхности, чем после высокотемпературной закалки. В результате абразивная износостойкость поверхности снижается, т.к. механизм царапания сменяется микрорезанием, что подтверждается увеличением параметров шероховатости.

Впервые экспериментально установлена и научно обоснована роль высокотемпературной закалки в масле экономно легированного чугуна типа нихард (300X2H4), а также износостойких хромистых чугунов (260X16M2 и 250X25MФТ). Износостойкие хромистые чугуны – 260X16M2 и 250X25MФТ – отличаются разным типом карбидного упрочнения – M7C3 и M23C6. Закалка в масло и при обдувке воздухом образцов чугуна 260X16M2 сечением до 30 мм, в интервале температур от 1125 – 1170 °С, а также высокий отпуск 550 °С дают пониженную исходную твердость до испытания, но формируют резервы в структуре для последующего образования самотрансформируемого слоя высокой микротвёрдости на рабочей поверхности в результате развития деформационного мартенситного превращения. По технологическим и экономическим соображениям чугун 260X16M2 рекомендован для изготовления лопаток дробебетных аппаратов и износостойких вставок биметаллических втулок грязевых насосов. Обработанные по предложенной технологии детали показали хорошую эксплуатационную стойкость: на 25% выше стали X12MФЛ.

Описана количественная зависимость между фазовым составом после высокотемпературной закалки и способностью к упрочнению поверхности сталей и хромистых чугунов со структурой метастабильного аустенита, заключающаяся в оценке скорости прироста относительной износостойкости при испытании поверхности на абразивное изнашивание.

Практическая значимость.

Результаты диссертационного исследования подтверждены разработкой новых режимов термической обработки для ряда высокоуглеродистых сталей и чугунов, при использовании которых в рабочем слое образуется вторичная структура повышенной износостойкости. Изготовлена опытная партия износостойких вставок из высокоуглеродистых сплавов разных систем легирования, проведены успешные полупромышленные испытания на предприятии ООО «УЗТЕРМО», г. Екатеринбург, что подтверждено актом от 21 ноября 2023 г. за исх. №170-23.

С привлечением специалистов филиала ООО «Уралмаш НГО Холдинг» проведены промышленные испытания опытной партии втулок буровых насосов из стали Х12МФЛ в климатических условиях региона ЯНАО. Втулки показали высокую эксплуатационную стойкость – отработали более 960 часов и были ещё в работоспособном состоянии, таким образом в 1,8 раза превысив эксплуатационный срок в тех же условиях серийной партии втулок из чугуна ИЧХ20М, что подтверждено актом от 17 ноября 2016 г. за № 37-518.

Язык и стиль изложения. Материал оформлен на высоком научном уровне, качество оформления текста автореферата соответствует ГОСТ.

Критические замечания. Без замечаний.

Диссертационная работа Шараповой В.А. представляет собой законченный научный труд, который охватывает закономерности формирования структуры и свойств в аустенитных TRIP-сталях типа 03X14N11K5M2ЮТ после высокотемпературной закалки, применение высокотемпературной закалки высокоуглеродистых сплавов, как способа термической обработки рабочей поверхности для формирования структурных резервов метастабильного аустенита со способностью к активному фрикционному упрочению за счет TRIP-эффекта уже во время начального однократного акта изнашивания, а также критерий для оценки износостойкости сталей и хромистых чугунов по их способности к фрикционному упрочнению рабочей поверхности в процессе эксплуатации.

Работа **соответствует** паспорту специальности 2.6.1. и требованиям п. 9 Положения о присуждении ученых степеней, а ее автор Шарапова Валентина Анатольевна заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 2.6.1. Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов.

Доктор технических наук, профессор,
заслуженный деятель науки Российской Федерации
Специальность: 05.16.01 – Металловедение и термическая
обработка
625000, Тюменская область, г. Тюмень, ул. Володарского, 38.
Кафедра «Материаловедение и технология конструкционных
материалов», Институт промышленных технологий и
инжиниринга, Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования «Тюменский
индустриальный университет»,
Тел. +7 /3452/ 28-36-60.
E-mail: kovenskijim@tyuiu.ru
Согласен на обработку персональных данных.



Ковенский Илья Моисеевич



Подпись Ковенского И М
Функция руководитель общего отдела ТИУ
24.05.2025