

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

Метастабильный аустенит – структура диссипативного типа, которая во время контактно-фрикционного взаимодействия трансформирует энергетическое воздействие деформационного процесса в $\gamma \rightarrow \alpha$ превращение, может быть в значительных количествах сформирован высокотемпературной закалкой поверхности в высокоуглеродистых сплавах, широко применяемых для серийного производства деталей, работающих в условиях абразивного изнашивания (втулки и крышки буровых и водоотливных насосов, лопатки дробеструйных аппаратов). Это объясняет **актуальность** решения проблемы упрочнения рабочей поверхности за счет микро-ТРИП-эффекта в метастабильном аустените и разработки новых режимов высокотемпературной закалки деталей из серийных широко применяемых сталей и чугунов, а также подходов к прогнозированию и оценке резервов структуры в отношении эксплуатационной стойкости, внедрение которых вносит значительный вклад в расширение эффективного использования сплавов и технологий их термической обработки для металлургической и машиностроительной отраслей промышленности.

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 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 закаленной стали 03X14H11K5M2ЮТ.

Впервые экспериментально с применением электронной микроскопии на закаленных сталях перлитного и ледебуритного классов показано, что благодаря высокотемпературной

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

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 (300X2Н4), а также износостойких хромистых чугунов (260X16М2 и 250X25МФТ). Износостойкие хромистые чугуны – 260X16М2 и 250X25МФТ – отличаются разным типом карбидного упрочнения – М7С3 и М23С6. Закалка в масло и при обдувке воздухом образцов чугуна 260X16М2 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 260X16М2 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 Х12МФЛ.

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 качественно, на достойном докторской диссертации научном уровне, оформление текста автореферата соответствует ГОСТ Р 7.0.11-2011.

Критические замечания. Без замечаний.

Диссертационная работа Шараповой В.А. представляет собой законченный научный труд, который отражает важные аспекты исследований в области металловедения. Это ТРИП-эффект – эффект превращения остаточного аустенита в мартенсит при деформации, что способствует увеличению прочности и пластичности ТРИП-сталей, которые известны своей высокой стойкостью к износу. Закономерности формирования структуры и свойств в зависимости от температуры закалки, высокотемпературная закалка для формирования метастабильной аустенитной фазы в высокоуглеродистых сплавах, где аустенит играет ключевую роль в обеспечении повышенной абразивной износостойкости, а также количественный показатель, позволяющий оценить способность стали к сопротивлению абразивному изнашиванию непосредственно при 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.

Ведущий инженер-технолог ТО ИПУ
АО "Уралэлектромедь"

Павленко Игорь Владимирович
« 18 » 03 2025 г.

Специальность: 150108

Согласен на обработку персональных данных.

624091, Свердловская область, город Верхняя Пышма, Успенский проспект, д. 1. Акционерное общество «Уралэлектромедь». Тел. +7 /343/ 684-61-47.

E-mail: I.Pavlenko@uralcopper.com

Подпись Павленко И.В. заверяю.

Начальник отдела кадров



Н.Л. Кулемина