

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу
МИХАИЛА ИВАНОВИЧА ОЛЕНИНА «Разработка научно-технических
основ термической обработки хладостойких перлитных и мартенситных
сталей для ответственных конструкций атомной техники», представленную
на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности
05.16.01 «Металловедение и термическая обработка металлов»

В настоящее время в районах Крайнего Севера и Сибири идёт интенсивная хозяйственная деятельность, имеющая большое экономическое значение для страны. В связи с этим с учетом хрупкости экологической системы Севера исключительно высоки риски и цена отказов конструкций, предназначенных для перевозки и длительного хранения отработавшего ядерного топлива (ОЯТ). Поэтому чрезвычайно актуальной является тема настоящей диссертации, посвященной разработке процессов, обеспечивающих требуемую высокую хладостойкость и безопасность материалов и соединений конструкций контейнеров для перевозки и длительного хранения ОЯТ в климатических условиях Крайнего Севера.

В диссертации была поставлена сложная задача существенного повышения хладостойкости материалов, и без того обладающих достаточно высоким сопротивлением хрупким разрушениям при применении, например, в строительных металлических конструкциях или в машиностроении, т.е. необходимо было установить резервные возможности материалов в части обсуждаемых свойств за счет использования принципиально новых технологических схем обработки сталей.

При решении поставленных задач диссертант получил ряд результатов, имеющих научную новизну, важнейшими из которых являются.

1. Установлено, что в случае термически улучшенных конструкционных сталей как малоуглеродистых строительных, так и среднеуглеродистых многокомпонентных хладостойкость можно существенно увеличить при повторном среднетемпературном отпуске на 450°C за счет стабилизации структуры путём выделения углерода из

Федеральное государственное учреждение ЦНИИ КМ «Прометей»	
Вх. № 1348	в ДЕЛО
25.04.2019 г.	№
Осн. 6 л.	

перенасыщенного твердого раствора и глобулирования карбидной фазы. При этом величина KCV^{-50} поднимается до высокого требуемого уровня.

При рассмотрении процессов отпуска закаленной стали описываемые существенные изменения физических и механических свойств классифицировались даже как специальное четвертое превращение при отпуске (акад. К.Ф.Стародубов). В диссертации показано, что эффекты отпуска на 450°C «возвращаются» после повторной обработки термически улучшенных сталей, в чём, по моему мнению, заключается серьёзный вклад диссертанта в общую теорию отпуска конструкционных сталей.

2. Показано, что при дополнительном отпуске улучшенной стали 09Г2СА-А из-за наличия перенасыщенного твердого раствора наблюдаются те же температурные области аномального снижения ударной вязкости (рис.2.3 дис.) 350°C и 500°C , что и при отпуске закалённых среднеуглеродистых сталей (по данным школы акад. В.Д. Садовского), что также можно считать серьёзным научным результатом.

3. Исследования кинетики карбидообразования по зависимостям микроструктуры, твёрдости и параметров кристаллической решетки от времени выдержки металла при дополнительном отпуске позволили определить время выдержки, при которой достигается микроструктурное состояние, оптимальное для получения максимальных значений ударной вязкости стали. Таким образом установлены принципы выбора режимов термической обработки, обеспечивающей максимальную хладостойкость исследуемой стали, обеспечивающую высокие требования конструкторов к эксплуатационным свойствам обсуждаемых материалов.

4. Научную новизну имеет построенная диаграмма структурно-фазовых превращений мартенсито-старееющей стали (рис. 4.23).

5. Показано, что в случае высокохромистых нержавеющей сталей мартенситного и мартенсито-ферритного класса эффективное снижение содержания δ -фазы и, соответственно, существенное повышение ударной

вязкости достигается при проведении гомогенизации изделий при $\sim 1150^{\circ}\text{C}$ перед термическим улучшением.

Практическая ценность работы состоит в том, что на основании разработанных научных положений, направленных на максимальное использование возможности рассматриваемых сталей в части достижения максимальной хладостойкости, прежде всего за счёт эффективности дополнительного среднетемпературного отпуска, предложен целый ряд новых технологий, позволивший обеспечить требуемую высокую эксплуатационную надежность материалов и соединений конструкции для хранения ОЯТ при температуре эксплуатации минус 50°C .

Специально следует отметить эффективность предложенной технологии среднетемпературного отпуска применительно к сварным соединениям (в сочетании с оригинальной технологией противфлокеной обработки) и повышению качества азотирования стали 38X3M1Ф1А и др.

Разработанные диссертантом технологии освоены на большом количестве заводов, из сталей с новой требуемой высокой хладостойкостью, полученной по разработанным технологиям, изготовлено более 200 контейнеров для перевозки и длительного хранения ОЯТ. Внедрение полученных результатов на заводах удостоверено соответствующими документами.

В своих исследованиях диссертант использовал широкую и представительную гамму сталей и сплавов и разнообразные варианты схем и режимов термической обработки, что связано с многообразием материалов, используемых в конструкции контейнеров для хранения ОЯТ.

Рассматривались стали классов феррито-перлитного (09Г2С А-А), бейнитного (23X1МФ, 10ГН2МФА, 15X2МФА, 38X3M1Ф1А, 38ХН3МФА), нержавеющей стали аустенитного, мартенситного, мартенсито-ферритного класса, марок 12X18 Н10Т1, 07X16Н4Б, 15X11МФБ), мартенсито-старяющие стали и нимоник. При этом рассматривались самые различные схемы низко-, средне-, высокотемпературного отпуска с различными, в том числе

многотысячасовыми выдержками. Проведенные работы по улучшению свойств такого большого разнообразия материалов свидетельствуют о высокой эрудиции и квалификации диссертанта как металловеда. Оригинальность и новизна полученных результатов засвидетельствована многочисленными патентами (15 патентов РФ).

При проведении исследований диссертант показал хорошее владение современной металлофизической методикой: оптической и электронной металлографией, рентгеноструктурным и рентгеноспектральным локальным анализами, методом оценки электросопротивления, магнитных и механических свойств.

Достоверность полученных в работе результатов, положений и выводов полностью доказана чрезвычайно большим объёмом тщательно выполненных исследований, прежде всего в промышленных условиях, а также эффективным внедрением конструкций из фактически новых материалов с высокой хладостойкостью.

По диссертации имеются следующие замечания.

1. Исходным материалом исследования служила улучшенная сталь 09Г2СА-А после температуры отпуска на 670°C , что представляется нерациональным - сталь «переотпущена» (рис. 2.2, дис.) (оптимальная температура лежит около 640°C). Чем объясняется выбор исходного режима?

2. Место выбора образцов по сечению крупных поковок влияет на величину ударной вязкости, из-за процессов ликвации: чем ближе к оси поковки, тем значения меньше, на что указывается и в диссертации (рис. 3.10-3-13). Как отбирались образцы в работе? По стандартам для поковок: $1/3$ радиуса от поверхности или иным способом?

Дополнительный отпуск прежде всего увеличивает стадию зарождения трещины (рис. 2.7). Следовало привести результаты влияния этого отпуска хотя бы на содержание волокна в изломе при рассматриваемых температурах.

3. Крепёж в рассматриваемых контейнерах изготавливается из стали 38ХНЗМФА. Какой диаметр болтов и, соответственно, исследуемых заготовок? (п. 3.2). Это болты 8.8? При сборке контролируется величина зазора или усилие затяжки?

4. Приведённый в п.1.3 и гл.4 обширный материал о мартенсито-старяющих сталях мог быть существенно сокращён без снижения научной и практической ценности работы. Решающим свойством, полезным в рассматриваемом случае и достигаемым при отпуске под напряжением, является получение высокого сопротивления этих материалов малым пластическим деформациям (с. 54), т.е. требуется развитая область упругости. Представляется, что диссертанта должны были интересовать величины $\sigma_{0,01}$ и т.п. данных сталей, а также форма диаграммы « σ - ϵ » на соответствующем участке, а не $\sigma_{0,2}$, σ_b , твердость и т.п. На основе чего сделано заключение о высокой хладостойкости в трубах уплотнения с сердечником из стали 01Н17К13МБТЮ при минус 50°С? из-за небольшой толщины стенок? или были проведены исследования.

Сделанные замечания не снижают положительной оценки диссертации.

Диссертация написана хорошим языком, в тексте хорошо отражена большая научная и практическая работа по выбранному направлению за многие годы. Объём текста несколько превышает оптимальный в части описания мартенсито-старяющих сталей.

Специально следует отметить информативность и высокое качество иллюстративного материала и микрофотографий.

Результаты работы опубликованы в научной печати с достаточной полнотой, защищены 15-ю патентами РФ и хорошо отражены в автореферате.

Переходя к общей оценке работы, прежде всего следует отметить направленность диссертации на решение актуальной проблемы обеспечения высокой эксплуатационной надежности конструкции для хранения ОЯТ в

условиях хрупкой экологической среды Крайнего Севера и Сибири, где в настоящее время имеет место интенсивная хозяйственная деятельность.

Научное значение работы заключается в разработке принципов термической обработки конструкционных сталей, обеспечивающей требуемую высокую хладостойкость материалов и соединений металлических конструкций для хранения ОЯТ. Практическое значение работы заключается в разработке и промышленном освоении технологий, обеспечивающих эксплуатационную надежность конструкций.

Работа полностью соответствует паспорту специальности 05.16.01. «Металловедение и термическая обработка металлов».

Диссертация полностью соответствует критериям, установленным «Положением о порядке присуждения ученых степеней», утверждённым постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2014 - №842, а её автор – МИХАИЛ ИВАНОВИЧ ОЛЕНИН безусловно заслуживает присвоения ученой степени доктора технических наук.

Официальный оппонент

Заслуженный деятель науки РФ,

профессор, доктор технических наук,

Зав. сектором прочности проката и соединений

ЦНИИСК им. В.А.Кучеренко

АО «НИЦ «Строительство»

(109428, Москва, 2-я Институтская ул., д.6

т.8-499174 77 77, e-mail: odesskiy@cstroy.ru)



П.Д.Одесский



Подпись *Д. Одесского* *удостоверено.*

И. спец. ... *на прокату* *Л. С. Н. Милошова*