

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Мишетьян Анны Рубеновны

«Особенности механизмов разрушения и деформационного старения в зависимости от структурного состояния низколегированных трубных сталей», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности

2.6.1. – «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов»

Использование высокопрочного металла класса прочности K65 и выше позволяет повысить эффективность строительства трубопроводов путем снижения металлоемкости, уменьшения объема сварочно-монтажных работ и расходов на транспортировку. Для обеспечения надежности и сопротивления разрушению высокопрочных трубопроводов, работающих при высоких рабочих давлениях, требуется значительное повышение характеристик ударной вязкости и хладостойкости:  $KCV^{-20} \geq 170-250 \text{ Дж/см}^2$ , а доли вязкой составляющей в изломе образцов ИПП<sup>-20</sup>  $\geq 90-100\%$ .

В дополнение к вышеупомянутым свойствам, стали должны иметь возможно низкое отношение предела текучести к пределу прочности из соображений безопасности. Более низкое отношение предела текучести к пределу прочности означает более высокое сопротивление деформации от начала течения до пластической неустойчивости, что предотвращает разрушение. Поэтому при разработке высокопрочных трубных сталей необходимо четко понимать индивидуальное влияние структурных характеристик на эти свойства.

Мировой и отечественный опыт показывают, что обеспечение сочетания высокой прочности (выше K60) и хладостойкости в низколегированных сталях основывается на формировании мелкодисперсной ферритно-бейнитной или полностью бейнитной микроструктуры, поскольку совокупность требуемых свойств не может быть обеспечена при применении традиционных трубных сталей с ферритно-перлитной структурой.

Пластическая деформация металла труб в процессе их производства и особенно длительной эксплуатации может приводить к развитию явления деформационного старения и вызывать снижение сопротивления разрушению. В связи с этим, протекание деформационного старения может приводить к снижению эксплуатационной надежности трубопроводов.

Поскольку трубы из сталей с бейнитным типом структуры эксплуатируются относительно недавно, то данных по их эксплуатационной надежности по сравнению с трубами из традиционных феррито-перлитных сталей недостаточно.

С этой точки зрения тема диссертационной работы, направленная на исследование природы изменения механических свойств и хладостойкости в результате деформационного старения трубных сталей в зависимости от их структурного состояния, является весьма актуальной.

В диссертационной работе получен ряд новых данных, имеющих научную и практическую значимость.

Установлено, что основная доля в суммарной энергоемкости разрушения при пониженных температурах приходится на работу зарождения трещины, поэтому для объективной оценки риска образования протяженных разрушений магистральных трубопроводов важно учитывать интенсивность снижения работы распространения трещины при понижении температуры испытаний, а не суммарной работы разрушения (ударной вязкости).

В диссертационной работе установлена связь между хладостойкостью низколегированных трубных сталей и склонностью к релаксации напряжений в локальном микрообъеме, возникающих при нагружении в упругой области.

На основании обобщения результатов исследования сформулирован механизм деформационного старения низколегированной стали с бейнитной структурой, при котором увеличение сопротивления деформации и упрочнение, вызванное взаимодействием атомов внедрения с дислокациями сопровождается одновременным разупрочнением в результате фазового превращения при деформации (локальный TRIP-эффект), приводящий к исчезновению в структуре стали участков упрочняющей М/А-составляющей.

Показано, что в отличие от стали с феррито-перлитной структурой сталь со структурой бейнитного типа в результате деформационного старения теряет способность к деформационному упрочнению (отношение  $\sigma_t/\sigma_b \rightarrow 1$ ) при степени деформации 2%, что приводит к снижению эксплуатационной надежности.

В качестве замечания по работе можно отметить, что при сравнительном исследовании хладостойкости сталей с разным структурным состоянием не показана их чистота по неметаллическим включениям и примесям.

В целом диссертационная работа Мишетьян А.Р. «Особенности механизмов разрушения и деформационного старения в зависимости от структурного состояния низколегированных трубных сталей» выполнена на высоком научном и методическом уровне, отвечает требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям (п. 9 Положения «О порядке присуждения ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ №842 от 24.09.2013 г. в редакции от 01.10.2018 г. (№1168)), а ее автор заслуживает присуждения степени кандидата технических наук по специальности 2.6.1. (05.16.01) – «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов».

Я, Денисов Сергей Владимирович, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

Главный специалист группы по развитию  
научно-технического центра  
ПАО «ММК»  
д. т. н. (шифр спец.: 05.16.05)



Денисов Сергей Владимирович

18.05.2022

ПАО «Магнитогорский металлургический комбинат»  
455000, Россия, Челябинская область, г. Магнитогорск, ул. Кирова, д. 93.  
E-mail: [infommk@mmk.ru](mailto:infommk@mmk.ru).  
Тел.: +7 (3519) 24-74-16

Подпись руки Денисова С.В. удостоверяю  
Ведущий инженер группы по развитию  
научно-технического центра  
ПАО «ММК»

Добрынина Лариса Петровна