

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу Варнак Ольги Васильевны
«Влияние структуры на склонность к деформационному старению
и проявлению эффекта Баушингера в низкоуглеродистых сталях
для трубопроводов» на соискание ученой степени кандидата технических наук
по специальности 05.16.01 – «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов»

1. Актуальность темы диссертационной работы

В настоящее время ключевыми районами по добыче углеводородов являются Восточная Сибирь, Ямал, Дальний Восток, а также шельфы северных морей. В этих районах трубопроводы прокладываются в зонах вечной мерзлоты, зонах с сейсмической активностью и в акватории морей. Материал труб должен обладать сочетанием высоких прочностных и вязкопластических свойств, а также способностью к деформационному упрочнению. Высокий комплекс свойств труб обеспечивается за счет применения высокопрочных трубных сталей, содержащих в структуре в основном кристаллографически упорядоченную бейнитную составляющую.

В условиях длительной эксплуатации в металле труб протекают процессы деформационного старения, обусловленные взаимодействием атомов азота и углерода со свежими дислокациями, внесенными при производстве и эксплуатации труб. Деформационное старение приводит к увеличению предела текучести, снижению пластичности и охрупчиванию стали. Для низкоуглеродистых сталей, содержащих в структуре в основном бейнитную составляющую, закономерности развития деформационного старения изучены не в полной мере по сравнению с ферритно-перлитной структурой.

При изготовлении сварных труб по сечению стенки возникают градиенты деформаций, что обуславливает проявление эффекта Баушингера. Кроме того, процедура распрямления сегментов, предназначенных для изготовления поперечных плоских образцов вносит еще дополнительную деформацию слоев стенки трубы. Эффект Баушингера возникает также и в бесшовных трубах, применяемых для обустройства морских подводных трубопроводов. Эффективным способом их укладки является укладка с барабана, установленного на морском судне. Возникающие при таком способе укладки знакопеременные деформации сопровождаются появлением эффекта Баушингера.

В связи с этим представляет интерес, выявление влияния параметров микроструктуры и режимов термической обработки на закономерности изменения механических свойств низкоуглеродистых трубных сталей при деформационном старении и знакопеременной деформации.

2. Структура, объем и содержание работы

Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, общих выводов, изложена на 226 страницах машинописного текста, включающего 101 рисунок, 44 таблицы, список использованных источников из 140 наименований отечественных и зарубежных авторов, 2 приложений, подтверждающих новизну технических решений и внедрение результатов работы в промышленности.

Диссертация написана четким грамотным языком, иллюстрации хорошо дополняют и поясняют текст. Замечаний по оформлению нет. По теме диссертации опубликовано 16 научных работ, из них 8 – в изданиях, рекомендованных ВАК. В публикациях автора достаточно полно освещены основные результаты диссертационной работы.

Выступления автора с докладами на девяти Всероссийских и Международных научно-технических конференциях в различных городах России свидетельствует о том, работы достаточно широко известны научной общественности.

3. Краткое содержание работы

Во введении показаны актуальность работы, цель и задачи исследования, перечислены основные положения, выносимые на защиту, раскрыта их научная новизна и практическая значимость.

В первой главе представлен тщательный анализ отечественных и зарубежных публикаций о закономерностях проявления деформационного старения и эффекта Баушингера в металлических материалах, а также приведены сведения о составе сталей и технологии изготовления труб для трубопроводов.

Вторая глава посвящена описанию материала и методик исследования. Работа выполнена на низкоуглеродистых микролегированных сталях промышленной выплавки, предназначенных для изготовления сварных и бесшовных труб.

В третьей главе представлены результаты исследования по влиянию различного типа структур низкоуглеродистых сталей на склонность к деформационному старению. Эксперименты выполнены на низкоуглеродистых сталях, предназначенных для изготовления сварных труб. Показано, что сталь с ферритно-бейнитной структурой обладает большей склонностью к деформационному старению, чем с ферритно-перлитной. При этом с увеличением объемной доли бейнитной составляющей склонность к деформационному старению повышается. Склонность к деформационному старению уменьшается, если сталь с ферритно-бейнитной структурой подвергнуть высокому отпуску. На стали 06Г2ФБ проведена оценка склонности к деформационному старению в зависимости от различных режимов аустенитизации и горячей деформации. Показано, что склонность к деформационному

старению повышается, когда при аустенитизации образуется крупнозернистая структура, а при последующем охлаждении формируется преимущественно речный бейнит. И наоборот склонность к деформационному старению уменьшается, когда горячая деформация крупнозернистой стали сопровождается рекристаллизацией, обеспечивающей измельчение аустенитного зерна, а при последующем охлаждении уменьшается объемная доля речного бейнита.

Четвертая глава содержит результаты изучения закономерностей проявления эффекта Баушингера на стали 06Г2ФБ в зависимости от типа структуры, объемной доли бейнитной составляющей, высокотемпературного отпуска и температуры аустенитизации.

Установлено, что сталь с ферритно-бейнитной структурой обладает большей склонностью к проявлению эффекта Баушингера по сравнению с ферритно-перлитной. Как и в случае экспериментов по оценке склонности к деформационному старению, увеличение объемной доли бейнитной составляющей приводит к повышению эффекта Баушингера. Высокий отпуск ферритно-бейнитной структуры способствует уменьшению склонности к проявлению эффекта Баушингера. Высокотемпературный нагрев стали, сопровождающийся при последующем охлаждении формированием речного бейнита, приводит к повышению склонности к проявлению эффекта Баушингера.

Кроме того, представлены данные показывающие, что склонность к деформационному старению наблюдается не только при проведении однонаправленной деформации перед старением, но и в случае проведения знакопеременной деформации.

В пятой главе рассмотрены закономерности проявления деформационного старения и эффекта Баушингера в низкоуглеродистых сталях, используемых для изготовления бесшовных труб. Результаты исследований показали, что для них реализуется те же закономерности проявления деформационного старения и эффекта Баушингера, что и для сталей, предназначенных для изготовления сварных труб.

Приведены результаты практического применения полученных в работе научных результатов.

4. Достоверность и обоснованность положений и выводов

Полученные в диссертационной работе результаты исследования свидетельствуют о достижении поставленной цели и решении сформулированных задач. Степень их достоверности обеспечена использованием проверенных, апробированных и взаимодополняющих методов испытаний материалов, современного оборудования и программного обеспечения, а также внедрением полученных результатов в производство бесшовных труб.

5. Научная новизна и теоретическая значимость работы

Результаты исследования позволили установить основные закономерности изменения механических свойств при деформационном старении низкоуглеродистых трубных сталей в зависимости от типа микроструктуры. Показано, что ферритно-бейнитная структура обладает большей склонностью к деформационному старению по сравнению с ферритно-перлитной. Наличие в стали крупнозернистой структуры, содержащей преимущественно речный бейнит, приводит к увеличению склонности к деформационному старению. Присутствие в ферритно-бейнитной структуре грубых участков мартенситно-аустенитной составляющей сопровождается резким снижением статической трещиностойкости стали, подвергнутой деформационному старению.

Показано, что низкоуглеродистая сталь с ферритно-бейнитной структурой, сформированной после высокотемпературного нагрева и ускоренного охлаждения, обладает склонностью к обратимой отпускной хрупкости. Проведение высокотемпературной термомеханической обработки ослабляет ее развитие, причем эта обработка не оказывает влияние на охрупчивание, связанное с деформационным старением.

Установлено, что низкоуглеродистая сталь с ферритно-бейнитной структурой обладает большей склонностью к проявлению эффекта Баушингера. Высокотемпературный нагрев, сопровождающийся формированием речного бейнита при охлаждении, способствует повышению эффекта Баушингера.

При исходной ферритно-бейнитной структуре с увеличением объемной доли бейнитной составляющей склонность к деформационному старению и проявлению эффекта Баушингера возрастает.

6. Практическая значимость работы

Практическая ценность работы заключается в том, что полученные автором данные использованы при разработке методики механических испытаний по оценке склонности к деформационному старению № РосНИТИ «Оценка склонности металла труб к деформационному старению в соответствии с DNV-OS-F101, с дополнительным требованием «Р» - «Трубы с повышенной деформационной способностью».

Рекомендован состав низкоуглеродистой трубной стали и технология термической обработки бесшовных труб, применяемых для строительства морских подводных трубопроводов группы прочности Х65 в соответствии с требованиями DNV-OS-F101.

6. Замечания по диссертационной работе

1. При исследовании влияния деформационного старения на свойства бесшовных труб не дана оценка их изменения по сечению стенки труб.

2. Автор считает, что после знакопеременной деформации образцов по режиму сжатие + растяжение и нагрева на 250 °С длительное циклирование приводит к изменению дислокационной структуры. Это предположение не подтверждено исследованиями с помощью просвечивающей электронной микроскопии.

3. В разделе 3 «Влияние структуры на склонность к деформационному старению низкоуглеродистых сталей, используемых для сварных труб» приведены данные по влиянию игольчатого и речного бейнита на склонность к деформационному старению, но отсутствуют данные по влиянию глобулярного бейнита.

Отмеченные отдельные замечания не изменяют общей положительной оценки диссертационной работы.

Заключение по работе

Содержание диссертации полностью соответствует паспорту специальности 05.16.01 – «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов». Текст автореферата в достаточной мере отражает содержание диссертации. Полученные результаты соответствуют целям и задачам диссертационной работы.

Диссертационная работа О.В. Варнак «Влияние структуры на склонность к деформационному старению и проявлению эффекта Баушингера в низкоуглеродистых сталях для трубопроводов» является законченной научно-квалификационной работой, отвечающей критериям пп. 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, а ее автор О.В. Варнак, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.01 – «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов».

Официальный оппонент,
Заместитель директора по научной работе
ФГБУ науки «Институт
машиноведения Уральского отделения
Российской академии наук»,
доктор технических наук

Адрес: 620049 г. Екатеринбург,
ул. Комсомольская, д. 34,
ИМАШ УрО РАН
тел.: (343) 374-25-94
e-mail: shveikin60@mail.ru

Швейкин В. П.

Подпись Швейкина В. П. заверяю
Ученый секретарь ИМАШ УрО РАН
А. М. Волочка

