

правке вырезанных из труб сегментов, предназначенных для изготовления полноразмерных плоских образцов для механических испытаний. Эффект Баушингера возникает и в бесшовных трубах при прокладке морских подводных трубопроводов с трубоукладочного судна, оборудованного барабаном. При таком способе укладки в стенке труб возникают знакопеременные деформации, сопровождающиеся возникновением эффекта Баушингера.

Для высокопрочных трубных сталей отсутствуют комплексные исследования по влиянию ферритно-бейнитной структуры на склонность к деформационному старению и проявлению эффекта Баушингера. Учитывая сказанное, исследования, направленные на выявление закономерностей изменения механических свойств низкоуглеродистых сталей с различным типом структур при деформационном старении и проявлении эффекта Баушингера, являются актуальными.

Структура и содержание диссертации

Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, общих выводов по работе, списка использованных источников и двух приложений. Объем диссертации составляет 226 страниц, список использованных источников содержит 140 наименований.

Во введении автором обоснована актуальность работы, сформулированы цель и задачи исследования, показана новизна и практическая значимость работы.

В первой главе представлен обзор научно-технической литературы по основным закономерностям проявления деформационного старения и эффекта Баушингера в металлических материалах. Приведены общие сведения о составе сталей и технологии изготовления сварных и бесшовных труб.

Во второй главе описаны материалы и методы исследования. Исследования проводились на низкоуглеродистых микролегированных сталях промышленной выплавки, используемых для сварных и бесшовных труб.

В третьей главе рассмотрены результаты исследования по влиянию деформационного старения на изменение механических свойств низкоуглеродистых трубных сталей с ферритно-перлитной и ферритно-бейнитной структурами. Показана склонность к деформационному старению низкоуглеродистых сталей с ферритно-бейнитными структурами в зависимости от объемной доли бейнита, режимов горячей деформации и высокотемпературной термомеханической обработки.

В четвертой главе изучены особенности проявления эффекта Баушингера в низкоуглеродистых сталях в зависимости от типа структуры. Показано, что в низкоуглеродистых сталях с ферритно-бейнитной структурой с увеличением объемной доли бейнита склонность к проявлению эффекта Баушингера возрастает.

В пятой главе исследована склонность к деформационному старению и проявлению эффекта Баушингера низкоуглеродистых сталей, используемых для производства бесшовных труб. Показано, что для них реализуются те же закономерности, которые установлены для сталей сварных труб. Представлены данные об использовании полученных в диссертации результатов при освоении в условиях АО «ВТЗ» производства бесшовных труб из низкоуглеродистой марганцевой стали комплексно легированной

молибденом, ванадием и ниобием, предназначенных для строительства морских трубопроводов с укладкой труб с барабана.

По каждой главе сделаны выводы. В конце диссертации сформулированы общие выводы, которые отражают наиболее важные результаты работы в целом.

Основные научные результаты и их значимость для производства

К основным **научным результатам** диссертационной работы следует отнести:

1. Оценка свойств, определенных при статическом и динамическом нагружениях, позволила установить, что низкоуглеродистая сталь с ферритно-бейнитной структурой обладает большей склонностью к деформационному старению по сравнению с ферритно-перлитной, причем наиболее неблагоприятной является крупнозернистая структура, содержащая преимущественно речный бейнит. Присутствие грубых участков мартенситно-аустенитной составляющей в ферритно-бейнитной структуре оказывает отрицательное влияние на статическую трещиностойкость стали, подвергнутой деформационному старению.

2. Показано, что низкоуглеродистая трубная сталь с ферритно-бейнитной структурой обладает заметной склонностью к обратимой отпускной хрупкости. Осуществление высокотемпературной термомеханической обработки ослабляет ее развитие. При этом такая обработка не оказывает влияния на охрупчивание, связанное с деформационным старением.

3. Установлены закономерности проявления эффекта Баушингера в зависимости от типа структуры низкоуглеродистых трубных сталей.

4. Показано, что с увеличением объемной доли бейнита склонность к деформационному старению и проявлению эффекта Баушингера низкоуглеродистых трубных сталей возрастает.

Практическая значимость:

1. Разработана методика механических испытаний №РосНИТИ 16-06-13 «Оценка склонности металла труб к деформационному старению в соответствии с DNV-OS-F101, дополнительным требованием «Р» - «Трубы с повышенной деформационной способностью», которая устанавливает метод определения склонности металла труб к деформационному старению в соответствии с требованиями DNV-OS-F10-2013;

2. Полученные в диссертации результаты использованы при разработке химического состава стали и режима термической обработки бесшовных горячедеформированных труб группы прочности Х65, предназначенных для обустройства морских трубопроводов с укладкой труб с барабана, в соответствии с требованиями международного стандарта DNV- OS- F101- 2013.

Достоверность полученных результатов

Основные результаты исследований широко опубликованы в научных изданиях, в том числе восемь статей опубликовано в изданиях, рекомендованных ВАК РФ, также

результаты исследований обсуждались на конференциях различного уровня, в том числе, международных.

Автореферат диссертации правильно отражает ее основное содержание, научную новизну, выводы и другие ключевые моменты. Материалы диссертации соответствуют заявленному паспорту специальности 05.16.01 – «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов».

Полученные результаты отличаются научной новизной и практической значимостью. Достоверность выводов и рекомендаций не вызывает сомнений в связи с использованием автором современного уровня техники, методов исследования и программного обеспечения, а также внедрением полученных в диссертации результатов в производство бесшовных труб, используемых для строительства морских подводных трубопроводов.

Замечания по диссертационной работе

1. В работе нет объяснения выбора степени деформации (5-10% при прокатке и 7% при сжатии) при исследовании деформационного старения.

2. Не ясна трактовка прироста твердости (рис. 3.15), поскольку эти изменения находятся в пределах ошибки.

3. Структуры исследованы после термической обработки (нагрев до различных температур и охлаждение с заданными скоростями), но время аустенитизации образцов не указано.

4. В работе получены данные о том, что молибден снижает склонность к деформационному старению, но объяснения такого действия молибдена не дается.

5. В работе не приведены данные о влиянии эффекта Баушингера на эксплуатационные свойства труб.

Отмеченные выше замечания не являются принципиальными и не влияют на общую положительную оценку диссертации.

Общее заключение по диссертационной работе

Ознакомление с содержанием и анализ результатов, изложенных О.В. Варнак в диссертационной работе, позволяют сделать вывод, что представленная к защите работа является законченным научным исследованием, в котором установлено влияние параметров микроструктуры и режимов термической обработки на склонность низкоуглеродистых трубных сталей к деформационному старению и проявлению эффекта Баушингера. В работе представлены результаты, имеющие важное научное и практическое значение для специальности 05.16.01 – «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов».

Диссертационная работа соответствует критериям, установленным пп. 9-14 Положения о порядке присуждения 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».

