



«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МИСиС»  
(НИТУ «МИСиС»)

Ленинский проспект, 4, Москва, 119991  
Тел. (495)955-00-32; Факс: (499)236-21-05  
http://www.misis.ru  
E-mail: kancela@misis.ru  
ОКПО 02066500 ОГРН 1027739439749  
ИНН/КПП 7706019535/ 770601001

№ \_\_\_\_\_

На № \_\_\_\_\_

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по науке и инновациям НИТУ «МИСиС»



\_\_\_\_\_ Филонов М.Р.

«10» мая 2018 г.

## ОТЗЫВ

### ведущей организации

**федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС» на диссертационную работу Мусаева Салиха**

**Джабраиловича «Совершенствование количественных методов исследования материала магистральных трубопроводов из стали марки X70», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.01 – Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов.**

### Актуальность работы

Контролируемая прокатка трубной заготовки является основой производства труб большого диаметра из низкоуглеродистых малолегированных сталей. Известно, что к трубам для прокладки нефтегазовых магистралей предъявляют повышенные требования к качеству, износостойкости и долговечности, которые определяются особенностями их применения в условиях Крайнего Севера и вечной мерзлоты, а также при глубоководной прокладке трубопроводов. Поэтому для обеспечения

надежной эксплуатации магистральных труб необходима разработка эффективных способов оценки их работоспособности на основе количественных характеристик структуры и механических свойств материала труб. В этой связи, несомненно, является актуальной диссертационная работа Мусаева С.Д., посвященная развитию методов количественной оценки влияния коррозионной среды на кинетику роста усталостной трещины в материале магистральных труб, а также развитию текстурных критериев, чувствительных к технологии получения трубной заготовки и анизотропии ее свойств.

### **Характеристика научной новизны**

Важным методическим результатом, полученным в диссертации, является увеличение количества экспериментальных рефлексов на стандартном стереографическом треугольнике, который используется для графического изображения обратных полюсных фигур (ОПФ) за счет использования парных рефлексов. До сих пор парные рефлексy, включающие два рефлекса с одинаковыми межплоскостными расстояниями, но соответствующие отражениям от разных атомных плоскостей, не использовали при построении ОПФ, что существенно снижало информативность метода. Это методическое решение особенно важно для сплавов с кубической решеткой, для которых основным недостатком метода ОПФ является ограниченность количества экспериментальных рефлексов, что существенно снижало эффективность применения этого простого и удобного метода представления текстуры, основным преимуществом которого является возможность непосредственного вычисления параметров анизотропии текстурированных поликристаллов.

В диссертационной работе развиты новые подходы к оценке влияния кристаллографической текстуры на работоспособность магистральных труб. Прежде всего, следует отметить использование анизотропного критерия Хилла для оценки влияния текстуры трубной заготовки на прочность материала трубы при двухосном напряженном состоянии, соответствующим

условиям работы трубы под внутренним давлением. Такой подход, насколько нам известно, не применяли к магистральным трубам. До сих пор критерий Хилла использовали для описания поведения анизотропных материалов в условиях сложнапряженного состояния применительно к композитам или текстурированным сплавам с гексагональной решеткой (сплавы на основе циркония, титана). В работе приведены соотношения, позволяющие на основе количественных текстурных данных рассчитать факторы Закса и с их помощью оценить параметры анизотропии в уравнении Хилла. Это позволило определить разницу между результатами одноосных испытаний и прочностными характеристиками при двухосном растяжении, которое реализуется в условиях эксплуатации трубы под внутренним давлением. Расчеты показали, что в исследуемой трубе за счет текстуры реализуется эффект текстурного упрочнения в 20 % по отношению к прочности при одноосном растяжении, что может быть использовано для корректировки допустимых давлений в трубах.

Известно, что одной из важнейших характеристик работоспособности магистральных труб являются результаты испытания на ударную вязкость падающим грузом с определением доли вязкой составляющей в изломе, при этом характеристики ударной вязкости проявляют сильную анизотропию. В этой связи значительный интерес вызывают результаты исследования влияния текстуры на анизотропию ударной вязкости, которые показали, что на эту анизотропию материала магистральных труб основной эффект оказывает не кристаллографическая, а механическая текстура или волокнистость.

**Достоверность результатов работы** подтверждается тем, что все основные научные выводы и рекомендации получены с использованием комплексного исследования количественных характеристик текстуры и кинетики роста усталостной трещины с использованием современных методик, некоторые из которых были усовершенствованы с целью повышения информативности и надежности измерения, о чем

свидетельствуют полученные в рамках темы диссертации два патента на изобретения и прошедшая госрегистрацию вычислительная программа.

Обоснованность установленных в работе закономерностей влияния текстуры на анизотропию механических свойств не вызывает сомнения, поскольку эти закономерности основаны на современных научных моделях поведения текстурированного поликристалла в упругой и пластической области.

**Практическая значимость работы** заключается в том, что на основе испытаний полноразмерных образцов в виде фрагментов труб разработана комплексная методика испытания материала труб для оценки влияния на их ресурсные характеристики воздействия статической и циклической нагрузок, и коррозионной среды, которая включает испытания в коррозионной среде статической нагрузкой с последующим усталостным испытанием на базе  $60 \cdot 10^3$  циклов после чего этот цикл испытаний повторяется вплоть до разрушения. Такая комплексная методика позволяет достаточно полно имитировать условия эксплуатации и осуществлять в лабораторных условиях различные варианты ресурсных испытаний, такие как сравнительные испытания различных новых материалов (марок сталей, условий их обработки), при этом сопоставление ресурсных параметров можно осуществлять при варьировании условий силового и коррозионного воздействий. Эта методика позволяет также оценивать остаточный ресурс магистральных труб для конкретных условий эксплуатации на основании определения времени до разрушения при усталостных испытаниях материала новых труб и труб, отработавших известное время в данных условиях.

Разработаны новые методические подходы к исследованиям влияния кристаллографической текстуры на характеристики анизотропии материала магистральных труб, включающие прогнозирование деформационного поведения текстурированных труб на основе критерия Хилла, а также оценку текстурного коэффициента, на основании которого можно на любой стадии эксплуатации трубы оценить его технологическую историю, что позволит

накапливать информацию о влиянии технологии изготовления труб на их ресурсные характеристики

**Замечания:**

1. К недостатку работы следует отнести отсутствие связи текстурного направления исследований с изучением кинетики распространения усталостной трещины, при том, что кристаллографическая ориентация поверхности усталостных образцов должна оказывать существенное влияние на зарождение и рост усталостной трещины.
2. Предложенная в работе методика оценки остаточного ресурса на основе изучения кинетики роста усталостной трещины была бы более убедительной, если бы в качестве материала для исследования выбрали бы несколько различных труб, которые существенно отличались бы по своей наработке.
3. Вывод об отсутствии влияния текстуры на анизотропию ударной вязкости совпадает с некоторыми литературными данными, однако он вступает в противоречие с другим результатом этой работы, который показал с помощью критерия Хилла наличие 20% эффекта текстурного упрочнения при двухосном растяжении. Трудно согласиться с тем, что текстура влияет на прочность, но не влияет на ударную вязкость, возможно, что использованные в работе текстурные критерии ударной вязкости не полностью описывают влияние текстуры на эту характеристику и в этом направлении следует продолжить работу.
4. В работе присутствуют неточности оформления, так в списке литературы имеется дублирование одних и тех же источников, например, позиции 2» и «183», «1» и «44, «3» и «184».

Сделанные замечания не снижают научной и практической ценности диссертации и общей высокой оценки работы.

В целом диссертация является законченной научно-квалификационной работой, в которой на основе совершенствования количественных методов

оценки влияния коррозионной среды на кинетику роста усталостной трещины и методов получения количественной текстурной информации разработан комплекс методов оценки работоспособности материала магистральных труб из сталей марки X70.

Результаты диссертационной работы, выносимые на защиту, прошли апробацию на 5 научно-технических конференциях, опубликованы в 11 печатных работах, в том числе 4 статьях в ведущих рецензируемых журналах, входящих в перечень ВАК. Получено 2 патента на изобретения и одна вычислительная программа прошла государственную регистрацию. Результаты диссертационной работы могут быть использованы при производстве и эксплуатации нефтегазовых трубопроводов.

Автореферат и опубликованные работы полностью отражают содержание диссертации.

По научному уровню, полученным результатам, содержанию и оформлению представленная диссертационная работа удовлетворяет всем требованиям п.п. 9-14 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденном Постановлением правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842, а ее автор, Мусаев Салих Джабраилович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.01 – Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов.

Отзыв рассмотрен на заседании кафедры Металловедения и физики прочности НИТУ «МИСиС», протокол № 12 от 07 мая 2018 года.

Заведующий кафедрой Металловедения и физики прочности,

профессор, д.т.н. Никулин Сергей Анатольевич

Тел.: (495) 955-00-91; e-mail: [nikulin@misis.ru](mailto:nikulin@misis.ru)



Россия, г. Москва, 119049, Ленинский проспект, д. 4

**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»**

<http://misis.ru>

[press@misis.ru](mailto:press@misis.ru)

Телефон: +7 495 955-00-32