



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский университет ИТМО»
(Университет ИТМО)

Кронверкский пр-т, д. 49, лит. А,
Санкт-Петербург, Россия, 197101
Тел.: (812) 480-00-00 | Факс: (812) 232-23-07
od@itmo.ru | itmo.ru

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

о диссертации Третьякова Дмитрия Алексеевича

«Акустическая анизотропия конструкционных материалов с накопленной поврежденностью и остаточными пластическими деформациями»,
представленной на соискание учёной степени кандидата технических наук
по специальности 1.1.8 – Механика деформируемого твердого тела

Диссертация Третьякова Дмитрия Алексеевича посвящена исследованию акустической анизотропии металлов при упруго-пластической деформации с учетом начальной анизотропии и приобретенной анизотропной поврежденности в рамках континуального подхода. Основные результаты диссертационного исследования связаны с описанием влияния неоднородной начальной анизотропии упругих модулей, локализации больших пластических деформаций и накопленной в процессе нагружения поврежденности на величину акустической анизотропии металлического проката, определением связи между мерами тензора поврежденности второго ранга, скоростями упругих волн в поврежденном и неповрежденном материале и акустической анизотропией в рамках уравнений континуальной механики разрушения, а также разработкой экспериментального способа определения пластических деформаций и поврежденности в деталях машин и элементах конструкций на основании результатов измерений акустической анизотропии.

Работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы и приложений. Объем диссертации составляет 174 страницы, содержит 75 рисунков и 5 таблиц. Список цитируемой литературы содержит 230 источников.

Актуальность работы связана с необходимостью обеспечения безопасной эксплуатации на производстве деталей машин, ответственных узлов и элементов конструкций, изготовленных из металлического проката. Основным средством

достижения устойчивого функционирования промышленных систем является своевременная диагностика на предмет наличия остаточных деформаций и дефектов, оказывающих влияние на прочность диагностируемых объектов. Таким образом, задача идентификации процессов деградации механических свойств металлов посредством неразрушающего ультразвукового контроля имеет перспективы внедрения на ряде производств в критически значимых отраслях промышленности.

Практическая значимость работы связана с тем, что Третьяковым Д.А. был предложен подход к прямой оценке поврежденности металла по результатам ультразвуковых измерений акустической анизотропии с помощью существующего серийного оборудования. Для экспериментального определения осей анизотропии и направления действия максимальных напряжений в металле был предложен подход к построению угловых диаграмм акустической анизотропии. Его применение наряду с послойным шлифованием поверхности поврежденного материала позволило разработать и запатентовать способ определения величины пластических деформаций металла посредством измерений параметра акустической анизотропии.

Достоверность полученных результатов подтверждается использованием сертифицированного оборудования (ультразвукового анализатора акустической анизотропии), адекватностью физических представлений о наблюдаемых явлениях при изучении акустической анизотропии металлов, опытом проведения натурных измерений и воспроизводимостью результатов экспериментов.

Научная новизна работы связана с обнаружением влияния поверхностных повреждений на акустическую анизотропию при измерениях в промышленном прокате, установлением связи между главными значениями тензора поврежденности и акустической анизотропией и разработкой способа определения вклада пластических деформаций в величину акустической анизотропии при измерении в деталях машин и элементах конструкций. Третьяковым Д.А. с использованием методов механики разрушения были аналитически получены уравнения для континуальной модели ортотропно поврежденной среды, верифицированные экспериментально в ходе ультразвуковых опытов в стали и алюминии.

Результаты диссертационного исследования были опубликованы в 20 работах, в том числе в 1 патенте на изобретение, в 3 работах в изданиях, рекомендованных ВАК РФ и в 8 работах, входящих в международные базы данных Scopus и Web of Science.

В первой главе проведен обзор литературы, посвященной акустоупругому эффекту металлов и методам его оценки путем измерения параметра акустической анизотропии. Рассмотрены основные модели линейной акустоупругости и акустопластичности, результаты их экспериментальной

верификации, приведены данные исследований анизотропии скоростей ультразвуковых волн при пластической деформации различных металлов, перечислены основные технологии акустической тензометрии, указаны значимые результаты в области акустоповрежденности.

Во второй главе представлены результаты экспериментов по определению акустической анизотропии поперечных волн в призматических образцах из стального горячекатаного и алюминиевого холоднокатаного проката в исходном состоянии, в процессе одноосного статического нагружения и после разрушения.

Третья глава посвящена описанию модели материала с анизотропной континуальной поврежденностью, разработанной для количественной оценки объемной плотности микротрещин на основании данных измерений скоростей поперечных и продольных волн и параметра акустической анизотропии.

В четвертой главе сформулирован подход к построению угловых диаграмм акустической анизотропии, применяемый для определения ориентации осей ортотропии, направления действия максимальных механических напряжений и установления характера анизотропной поврежденности в случае металлического проката. Изложены основные положения способа определения вклада пластической деформации в величину акустической анизотропии при измерении в деталях машин и элементах конструкции, описанного в одноименном патенте на изобретение.

В заключении обобщены основные результаты работы.

В приложениях приведены копии диплома о присуждении Третьякову Д.А. медали Российской академии наук за цикл работ по материалам диссертации, а также свидетельство о получении патента на изобретение.

По тексту диссертации имеются следующие замечания:

1. В тексте работы не анализируется влияние на результат расчета величины параметра акустической анизотропии измерений групповой скорости, фазовой скорости или скорости фронта волны.

2. В приведенных экспериментах использовались ультразвуковые датчики 5 и 6 МГц, являющиеся как излучателями, так и приемниками отраженных волн. При этом не рассмотрено влияние на результат измерений затухания УЗВ на различных частотах и толщинах объекта контроля.

3. В работе недостаточно подробно раскрыт вопрос, как меняется форма сигнала на разных участках деформирования (в упругой области, при пластической деформации, при интенсивном росте поврежденности перед разрушением образца). Целесообразно было провести анализ изменения спектра УЗВ при росте поврежденности. Также было бы полезно привести оценку влияния на результат измерений возникновения, например, противоположно направленных пластических деформаций по толщине объекта контроля.

Указанные замечания не умаляют значимости диссертационного исследования. Диссертация Третьякова Д.А. является завершённой научно-квалификационной работой, выполненной на высоком научном уровне. Она соответствует пункту 1, пункту 10 и пункту 13 паспорта специальности 1.1.8 – «Механика деформируемого твёрдого тела» и всем требованиям п. II.9 «Положения о присуждении учёных степеней», утверждённого Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842 (с изм. от 30 июля 2014 г., 21 апреля, 2 августа 2016 г., 29 мая, 28 августа 2017 г., 1 октября 2018 г., 20 марта, 11 сентября 2021 г., 26 сентября 2022 г., 26 января 2023 г., 18 марта 2023 г.), предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата наук.

Краткое содержание диссертации изложено в автореферате логически верно, автореферат полностью отражает содержание диссертации.

Третьяков Дмитрий Алексеевич заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 1.1.8. – «Механика деформируемого твёрдого тела».

Согласен на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета и их дальнейшую обработку.

Официальный оппонент,
кандидат технических наук по
специальности 05.11.01 – Приборы и
методы измерения (механические
величины),
доцент факультета систем управления
и робототехники Федерального
государственного автономного
образовательного учреждения
высшего образования «Национальный
исследовательский университет
ИТМО»

Адрес: 197101, г. Санкт-Петербург,
Кронверкский пр., д. 49, лит. А
e-mail: berk.iv@mail.ru
тел.: +7(904) 643-99-36

Беркутов Игорь Владимирович

Дата: 10.11.2023 г.

Подпись
удостоверяю
Менеджер ОПС
Виноградова А.Д.

