

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Пермский национальный исследовательский политехнический университет»
(ПНИПУ)
614990, Пермский край, г. Пермь, Комсомольский проспект, д. 29
Тел.: +7 (342) 219-80-67. Факс: +7 (342) 212-39-27
E-mail: rector@pstu.ru; <http://pstu.ru/>
ОКПО 02069065 ОГРН 1025900513924 ИНН/КПП 5902291029/590201001

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по науке и инновациям

ФГБОУ ВО «Пермский национальный
исследовательский политехнический
университет»

доктор технических наук, профессор

Коротаев В.Н.

« 26 » ноября 2018 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации о диссертационной работе

Третьякова Андрея Алексеевича

«Разработка и применение метода определения поверхностных остаточных напряжений для оценки технического состояния деталей машин»,
представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук
по специальности 05.02.02 – Машиноведение, системы приводов и детали машин

1. Актуальность темы исследований.

Остаточные напряжения в деталях машин могут возникать как следствие разнообразных явлений, обусловленных тем или иным технологическим процессом. Задача определения остаточных напряжений особенно актуальна при разработке и совершенствовании технологий восстановления деталей машин. Восстановление деталей позволяет повторно и неоднократно использовать до 70% изношенных деталей. При этом себестоимость восстановления обычно невысока, не превышает

30% стоимости новых деталей. Большая часть применяемых способов восстановления предполагает массоперенос с использованием тепловых процессов и сопровождается изменением структуры, фазового и химического состава поверхностного слоя, что в значительной степени осложняет процесс измерения остаточных напряжений.

Современные технологии восстановления должны обеспечивать не только восстановление геометрических параметров детали, но и получение повышенных свойств покрытия: прочностных, триботехнических характеристик, износостойкости, коррозионной стойкости, усталостной прочности. В результате ресурс восстановленных деталей должен составлять 80-100% от ресурса новой детали, а при использовании упрочняющих технологий – до 120-150%. Однако зачастую действительный ресурс восстановленных деталей оказывается значительно ниже ожидаемого. Одной из существенных причин этого является образование неблагоприятных технологических остаточных напряжений.

Анализ современной практики восстановления деталей показывает, что остаточные напряжения зачастую не учитываются или учитываются в недостаточной степени при разработке и совершенствовании технологий восстановления. В первую очередь это связано с недостаточным развитием методов и технических средств измерения. Ввиду особенностей образования и существования технологических остаточных напряжений фактически только их натурное измерение позволяет получить информацию, требуемую для совершенствования технологий восстановления с целью повышения долговечности деталей.

Таким образом, одной из наиболее значимых задач в проблеме оценки технического состояния изготовленных или восстановленных деталей с целью повышения долговечности является измерение остаточных напряжений.

В этом аспекте актуальным является решение задачи разработки методов измерения остаточных напряжений, позволяющих оперативно получать необходимый объем данных. Решению этой задачи посвящена диссертационная работа А.А. Третьякова, тема которой, безусловно, является актуальной как с теоретической, так и прикладной точек зрения.

2. Научная новизна.

При оценке научной новизны основных результатов диссертации Третьякова А.А. вначале отметим следующее: в настоящее время известно значительное число разнообразных методов измерения остаточных напряжений, однако, исходя из особенностей восстановленных деталей, большинство из них неприменимо к решению данной задачи.

Диссидентом приведены данные литературных исследований на предмет состояния вопроса, которые показывают, что в последние годы получило развитие перспективное направление, основанное на использовании упругопластических контактных задач. Показано, что основным представителем этого направления является метод измерения остаточных напряжений с использованием шарового индентора. Не смотря на то, что метод нашел широкое применение, имеется ряд недостатков, ограничивающих его возможности:

- 1) ограничение по твердости поверхностного слоя;
- 2) относительно большие параметры воздействия и база усреднения.

Задача о вдавливании конического индентора достаточно подробно развита в теоретическом и практическом плане и перспективна в решении проблемы измерения остаточных напряжений в восстановленных деталях в рамках указанного подхода.

Научную новизну диссертационной работы Третьякова А.А. определяют следующие основные результаты:

- впервые разработана математическая модель, описывающая зависимость параметров распределения нормальных перемещений в наплыве вокруг отпечатка конического индентора от усилия вдавливания, механических свойств материала поверхностного слоя детали и поверхностных остаточных напряжений. Адекватность полученной модели подтверждена результатами экспериментальных исследований;
- на основании теоретических и экспериментальных исследований установлено, что качественные и количественные характеристики распределения нормальных перемещений в наплыве вокруг отпечатка при вдавливании конического индентора в поверхность детали однозначно связаны с поверхностными остаточными напряжениями.

3. Теоретическая и практическая значимость работы.

Следует особо отметить практическую направленность диссертационной работы и высокую практическую ценность полученных результатов.

В результате проведенных теоретических и экспериментальных исследований разработан новый способ определения поверхностных остаточных напряжений, новизна и изобретательский уровень которого защищен патентом №2572670 от 2016 г. Способ позволяет оперативно получать информацию, необходимую при разработке и совершенствовании технологий восстановления деталей машин, а также для оценки их технического состояния. Отличается высокой чувствительностью, точностью и информативностью измерений, простотой применения, отсутствием ограничений по твердости поверхностного слоя и сравнительно невысоким уровнем воздействия на исследуемую деталь и индентор.

Одним из важных результатов, полученных в рамках диссертационного исследования, является то, что при проведении экспериментальных исследований получен большой объем новых данных о величине остаточных напряжений и их характере распределения в деталях, восстановленных при помощи нанесения металлических покрытий. Рассмотрены наиболее широко распространенные способы восстановления цилиндрических деталей, такие как: электроконтактная приварка ленты, металлического порошка, металлической сетки, проволоки.

Показано, что использование данных об остаточных напряжениях позволило усовершенствовать технологию восстановления валов электроконтактной приваркой присадочных материалов и повысить их долговечность на 18...30% по отношению к новой детали.

4. Апробация работы.

Основные положения рецензируемой работы в достаточной мере опубликованы в научных журналах (6 статей в журналах ВАК и одна статья в журнале из базы Scopus, 1 патент на изобретение и 20 статей в прочих научных журналах и сборниках конференций). Результаты исследований докладывались на научных конференциях:

- «Достижения науки – агропромышленному производству» (г. Челябинск, ЧГАА, ЧГАА-ЮУрГАУ, 2013-2017 гг.);
- «Ремонт. Восстановление. Реновация» (г. Уфа, БашГАУ, 2014 г.);

- «Сварка. Реновация. Триботехника» (г. Нижний Тагил, 2015 г.);
- International Conference on Industrial Engineering ICIE-2015 (г. Челябинск, 2015)

Поэтому считаем, что работа Третьякова А.А. в достаточной мере опубликована и апробирована.

5. Рекомендации по использованию результатов диссертации.

Полученные в диссертации результаты и связанные с этим выводы рекомендованы для использования технологическими и научно-исследовательскими отделами предприятий технического сервиса или лабораториях по неразрушающему контролю при разработке и совершенствовании технологии восстановления деталей машин, а также для оценки их технического состояния. С целью внедрения метода измерений в практику предприятий технического сервиса предполагается: 1) повышение уровня автоматизации измерений, 2) разработка измерительного оборудования. Первое направление предполагает разработку специализированного программного обеспечения, предназначенного для автоматического получения, визуализации, обработки информации и предоставления данных. Второе направление включает разработку компактного автономного измерительного прибора, пригодного для приведения натурных измерений в условиях заводской лаборатории или участка восстановления деталей.

6. Замечания по содержанию и оформлению работы.

Замечания по существу работы и её оформлению:

1. Стр.38 – на рисунке 2.4 не указаны оси координат.
2. Стр.39 – рисунок 2.5б – окружная координата определена в миллиметрах.
3. Стр.49 – появилась величина F_y , а расшифровка индекса появилась только на стр.76.
4. Стр.52 – реальный индентор не является абсолютно острым. Можно было провести моделирование вдавливания индентора с различными радиусами при вершине и показать значимость данного фактора.
5. Стр.53 – введен термин «начальные (остаточные) напряжения». Неясно, что подразумевает автор.

6. Стр.55-57 – непонятно о каких остаточных (или начальных) напряжениях идет речь (см.рисунки), так как не приведена схема нагружения образца с соответствующей системой координат.
7. Стр.57 – формула (2.17) получена для случая осесимметричного внедрения индентора. Однако, как показал автор, при действии остаточных напряжений форма наплыва искажается. Как это учитывается?
8. Стр.66 – зачистка образцов с использованием абразивного инструмента приводит к формированию нового поля остаточных напряжений, отличного от исходного.
9. Стр.85 – в образцах искусственно создавались начальные напряжения. А как учитывались исходные остаточные напряжения, уже существующие в образцах?
10. По главам 4 и 5 – проводилось ли сравнение остаточных напряжений определенных предлагаемым автором методом с результатами, полученными другими методами?
11. В работе имеются ошибки, не влияющие на качество работы в целом.

Указанные замечания не снижают общей положительной оценки диссертационной работы в целом, ее научной и практической значимости. Ряд замечаний носит рекомендательный и дискуссионный характер.

Заключение.

Диссертационная работа Третьякова Андрея Алексеевича «Разработка и применение метода определения поверхностных остаточных напряжений для оценки технического состояния деталей машин» является законченным научным исследование по актуальной теме. В работе представлены результаты, имеющие важное научное и практическое значение для специальности 05.02.02 – Машиноведение, системы приводов и детали машин. Результаты исследований, представленные в диссертации, вносят существенный вклад в решение актуальной проблемы разработке методов и технических средств определения остаточных напряжений.

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 А.А. Третьяков, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.02.02 – Машиноведение, системы приводов и детали машин.

Диссертационная работа и отзыв обсуждены на заседании кафедры «Инновационные технологии машиностроения» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Пермский национальный исследовательский политехнический университет» (Протокол № 4 от «22» ноября 2018 г.).

Заведующий кафедрой  Карманов Вадим Владимирович
«Инновационные технологии машиностроения» ФГБОУ ВО
«Пермский национальный исследовательский политехнический университет»
доктор технических наук, профессор

(614990, Пермский край, г. Пермь,
Комсомольский проспект, д. 29)
тел. раб. 8(342) 2-198-113
e-mail: karmanovs@yandex.ru