



Акционерное общество «КОМПОЗИТ»

Пионерская ул., д. 4, г. Королёв, Московская область,
Россия, 141070

Телеграф БЕРЕЗА

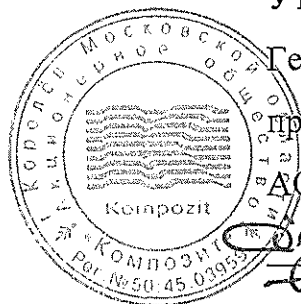
тел. (495) 513-2028, 513-2329
канцелярия 513-2256, факс (495) 516-0617

E-mail: info@kompozit-mv.ru

ОКПО 56897835, ОГРН 1025002043813, ИНН/КПП 5018078448 / 501801001

12.11.2020 исх. № 1112-К20
на № _____ от _____

УТВЕРЖДАЮ



Генеральный директор,
председатель НТС, докт. техн. наук
АО «Композит»

А.Г. Береснев А.Г. Береснев

«12» 11 2020 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации – АО «Композит» на диссертационную работу Ильинского Александра Вячеславовича на тему «Совершенствование метода динамического индентирования и средств контроля твердости материалов изделий, выполненных по аддитивным технологиям», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.11.13 – Приборы и методы контроля природной среды, веществ, материалов и изделий

Диссертационная работа выполнена в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Национальный исследовательский университет ИТМО».

Диссертация содержит 120 страниц печатного текста, включает 54 рисунка, 18 таблиц, библиографический список из 77 наименований использованных источников.

Актуальность темы диссертационной работы

Применение технологий аддитивного производства в современной промышленности играет важную роль при создании изделий со сложной геометрией из новых материалов,

№ 531-9
от 10.12.2020

отличающихся улучшенными свойствами. Но на фоне стремительного развития аддитивных технологий нельзя не заметить проблем, встающих на пути современной промышленности, среди которых можно выделить проблему создания системы контроля и анализа качества получаемых изделий с учетом особенностей данных технологий. Для обеспечения качества продукции помимо проведения прочностных, огневых, пневмовакуумных, гидравлических и других стандартных испытаний ответственных узлов и агрегатов существует необходимость контроля механических свойств их материалов, в том числе твердости.

Существующие и широко применяемые в настоящее время методы контроля твердости материалов изделий аддитивного производства предполагают изготовление специальных образцов-свидетелей и предусматривают лабораторные условия испытаний. При этом проведение контроля твердости и других механических свойств материалов готовых изделий является крайне затруднительным, если невозможным.

Наиболее перспективным с этой точки зрения является метод динамического индентирования, высокая информативность которого позволяет реализовать в портативных приборах гибкие алгоритмы обработки первичной измерительной информации и тем самым решать уникальные задачи контроля механических свойств материалов.

За годы развития, как самого метода динамического индентирования, так и других методов контроля твердости, опубликовано значительное количество работ широкого круга авторов: А.П. Крень, В.А. Рудницкий, Г.А. Ланцман, А.В. Рабцевич, О.В. Мацулевич, В.И. Мощенок, Ю.В. Мильман, П.М. Огар, В.А. Сясько, К.В. Гоголинский, Н. Lee, G.M. Pharr, W.C.Oliver и др. Однако, несмотря на это, вопрос оперативного и гарантированного контроля твердости материалов изделий, аддитивного производства остается открытым.

В свете вышеизложенного тема диссертации Ильинского Александра Вячеславовича: «Совершенствование метода динамического индентирования и средств контроля твердости материалов изделий, выполненных по аддитивным технологиям» является актуальной.

Структура и содержание работы

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованных источников и приложения.

Во введении обоснована актуальность темы диссертации, определена цель и задачи исследования, отмечена научная новизна, теоретическая и практическая значимость, сформулированы научные положения, выносимые на защиту.

В первой главе обоснована актуальность, как использования аддитивных технологий при производстве ответственных узлов и агрегатов в промышленности, так и применения метода динамического индентирования для контроля твердости материалов этих узлов и

агрегатов. Проведен анализ современного состояния развития метода динамического индентирования. Отмечены области его дальнейшего развития.

Во второй главе приведены результаты разработки расчетно-экспериментальной модели, алгоритмического и программного обеспечения оценки параметров контактного ударного взаимодействия сферического индентора с упругопластичным материалом.

В третьей главе предложены математическая модель, алгоритмическое и программное обеспечение, связывающие параметры контактного ударного взаимодействия со значениями объемной динамической твердости при динамическом индентировании. Приведены результаты экспериментальной апробации, в том числе сравнительный анализ с результатами стандартизованных методов твердомерии.

В четвертой главе приведен анализ источников неопределенности предложенного метода и результаты экспериментальной апробации разработанных методов и алгоритмов на реальных изделиях аддитивного производства.

В заключении представлены обобщенные выводы по результатам диссертационной работы.

Содержание диссертация обладает внутренним единством, а ее материалы изложены достаточно грамотно, логически последовательно и представлены в лаконичной форме.

Содержание автореферата в полной мере отражает содержание диссертации, и позволяет составить целостное представление о проделанной работе.

Научная новизна

Наиболее значимыми результатами работы, обладающими научной новизной, являются следующие:

1) разработаны расчетно-экспериментальная модель и алгоритм обработки исходного сигнала ЭДС магнитоиндукционного преобразователя, позволяющие строить диаграмму зависимости «контактное усилие-глубина внедрения» и определять значения основных параметров контактного ударного взаимодействия сферического индентора с упругопластическим полупространством. Новизна их состоит в том, что в отличие от существующих моделей и алгоритмов значения данных параметров рассчитываются согласно дифференциальным уравнениям, описывающих движение индентора;

2) предложен, теоретически обоснован и экспериментально подтвержден метод оценки динамической твердости материала позволяющий учитывать эффекты «sink-in» («прогиб») и «pile-up» («навал»), возникающие при контактном ударном взаимодействии сферического индентора с упругопластическим полупространством, а также осуществить

корректный переход от объемной динамической твердости к стандартизованной шкале твердости по Бринеллю.

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, подтверждается результатами экспериментальных исследований и их сходимостью с результатами теоретического анализа; признанием основных результатов диссертации широким кругом специалистов при их апробации на конференциях. Результаты работы докладывались на 8 конференциях, где получили положительную оценку.

Основные результаты диссертационной работы достаточно полно представлены в публикациях соискателя, в том числе в 4 статьях - в изданиях из перечня рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук (далее – Перечень ВАК), из них в 1 статье - в изданиях, входящих в международные базы данных и системы цитирования Scopus и Web of Science.

Значимость полученных результатов для науки и производства заключается в разработке и апробации моделей и алгоритмов, которые вносят вклад в совершенствование динамических методов контроля твердости, а также создают научный задел для создания и внедрения современных портативных приборов контроля твердости материалов изделий аддитивного производства.

Рекомендации по использованию результатов и выводов, приведенных в диссертации

Результаты исследований и выводы, приведенные в диссертации, рекомендуется использовать при создании новых и совершенствовании имеющихся приборов динамического инструментального индентирования, а также при их внедрении в технический производственный контроль твердости титановых и никелевых сплавов изделий, получаемых селективным лазерным спеканием.

Замечания по диссертационной работе

В процессе ознакомления с содержанием диссертации и автореферата отмечены следующие замечания:

1) согласно ГОСТ Р 56474-2015 метод динамического индентирования позволяет определять не только динамическую твердость материала, но и динамический модуль упругости, что является крайне важным фактом, на котором автором работы не акцентируется должного внимания;

2) в тексте диссертации (п. 2.1, стр. 45) недостаточно полно рассмотрен алгоритм проверки точности оценки значений параметров контактного взаимодействия на основе уравнения сохранения импульса силы при ударе, который в дальнейшем может быть использован при поэлементной поверке (калибровке) приборов динамического индентирования;

3) автором отмечено (п. 3.1, стр. 78), что значение характеристики C^2 зависит от значений показателя деформационного упрочнения материала n (экспоненты упрочнения), отношения $\frac{\sigma_y}{E}$, относительной глубины внедрения $\frac{h}{R}$ и коэффициента трения μ . Однако, в дальнейшем, без должного обоснования, при оценке характеристики C^2 учитывается лишь показатель деформационного упрочнения материала n ;

4) при анализе источников неопределенности измерений твердости (п. 4.1) автор не отметил источники, связанные с остаточной пористостью, наличием внутренних напряжений, анизотропией свойств и др.;

5) при экспериментальных исследованиях определения динамической твердости материалов изделий, выполненных по аддитивным технологиям (п.4.2) имело бы смысл провести корреляционный анализ результатов, полученных методом измерения твердости по Бринеллю и методом динамического индентирования.

Указанные замечания не влияют на общую положительную оценку работы.

Заключение

Диссертация Ильинского А.В. является законченной научно-квалификационной работой, содержащей решение научной задачи по совершенствованию метода и разработке алгоритмического обеспечения приборов динамического индентирования, которая имеет существенное значение для обеспечения оперативного и достоверного контроля твердости металлических материалов изделий, получаемых с использованием аддитивных технологий, и направленно на повышение качества продукции.

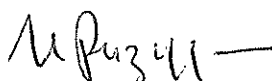
Диссертация «Совершенствование метода динамического индентирования и средств контроля твердости материалов изделий, выполненных по аддитивным технологиям», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.11.13 – Приборы и методы контроля природной среды, веществ, материалов и изделий, соответствует требованиям раздела 2 «Положения о присуждении ученых степеней» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет», утвержденного приказом ректора

Горного университета от 26.06.2019 № 839адм., а ее автор – Ильинский Александр Вячеславович – заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.11.13 – Приборы и методы контроля природной среды, веществ, материалов и изделий.

Отзыв подготовлен отделением «ММиМТ».

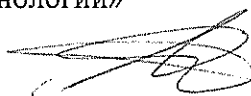
Отзыв рассмотрен и одобрен на заседании НТС АО «Композит», протокол № 12/11 от 12 ноября 2020 года.

Ученый секретарь НТС,
главный научный сотрудник,
докт. физ.-мат. наук



Разумовский Игорь Михайлович
Телефон: (495) 513-21-24

Начальник отделения «Металлические
материалы и металлургические технологии»
докт. техн. наук



Логачева Алла Игоревна
Телефон: (495) 513-21-26

Сведения о ведущей организации:

Акционерное общество «Композит» (АО «Композит»)

Адрес: 141070, Московская обл., г. Королев, ул. Пионерская, 4

E-mail: info@kompozit-mv.ru