

ЗАСЕДАНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 999.003.02

Повестка дня:

**ЗАЩИТА ДИССЕРТАЦИИ САПУНОВЫМ ВАЛЕРИЕМ ВИКТОРОВИЧЕМ
НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ *КАНДИДАТА ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК*:**

**«Совершенствование технологии изготовления
абразивного инструмента на бакелитовой связке
с применением микроволнового излучения»**

Специальность:

05.02.07 – Технология и оборудование механической и физико-технической обработки

Официальные оппоненты:

Полянчиков Юрий Николаевич – д.т.н., профессор, профессор кафедры «Технология машиностроения» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет».

Орлова Татьяна Николаевна – к.т.н., доцент, доцент кафедры «Технологические процессы и машины» Волжского института строительства и технологий (филиала) ФГБОУ ВПО «Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета».

Ведущая организация – ФГБОУ ВО «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.».

**ЗАСЕДАНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 999.003.02
от 28 декабря 2015 года**

на заседании присутствовали члены Совета:

- | | | | |
|-----|--|----------------------|------------------------------|
| 1. | Табаков В.П.,
(председатель
Совета) | д.т.н.,
профессор | 05.02.07 – технические науки |
| 2. | Веткасов Н.И.,
(ученый секретарь
Совета) | д.т.н.,
доцент | 05.02.07 – технические науки |
| 3. | Булыжев Е.М. | д.т.н.,
доцент | 05.02.08 – технические науки |
| 4. | Горшков Б.М. | д.т.н.,
профессор | 05.02.07 – технические науки |
| 5. | Денисенко А.Ф. | д.т.н.,
профессор | 05.02.07 – технические науки |
| 6. | Драчев О.И. | д.т.н.,
профессор | 05.02.07 – технические науки |
| 7. | Дьяконов А.А. | д.т.н.,
доцент | 05.02.08 – технические науки |
| 8. | Захаров О.В. | д.т.н.,
доцент | 05.02.07 – технические науки |
| 9. | Зибров П.Ф. | д.т.н.,
профессор | 05.02.08 – технические науки |
| 10. | Кирилин Ю.В. | д.т.н.,
доцент | 05.02.07 – технические науки |
| 11. | Киселев Е.С. | д.т.н.,
профессор | 05.02.08 – технические науки |
| 12. | Клячкин В.Н. | д.т.н.,
профессор | 05.02.07 – технические науки |
| 13. | Ковальногов В.Н. | д.т.н. | 05.02.07 – технические науки |
| 14. | Носов Н.В. | д.т.н.,
профессор | 05.02.08 – технические науки |
| 15. | Салов П.М. | д.т.н.,
профессор | 05.02.08 – технические науки |
| 16. | Унянин А.Н. | д.т.н.,
доцент | 05.02.07 – технические науки |
| 17. | Худобин Л.В. | д.т.н.,
профессор | 05.02.08 – технические науки |

Председатель Совета
д.т.н., профессор

В.П. Табаков

Ученый секретарь Совета
д.т.н., доцент

Н.И. Веткасов



Председатель**Уважаемые коллеги !**

На заседании объединенного диссертационного совета Д 999.003.02 из 20 члена совета присутствуют 17 человек. Необходимый кворум имеем.

Членам совета повестка дня известна. Какие будут суждения по повестке дня? Утвердить? (принято единогласно).

По специальности защищаемой диссертации **05.02.07 – Технология и оборудование механической и физико-технической обработки** (технические науки) на заседании присутствуют 10 докторов наук.

Наше заседание правомочно.

Председатель

Объявляется защита диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук **Сапунова Валерия Викторовича** по теме: **«Совершенствование технологии изготовления абразивного инструмента на бакелитовой связке с применением микроволнового излучения».**

Работа выполнена в Ульяновском государственном техническом университете.

Научный руководитель – д.т.н., доцент, зав. кафедрой, профессор кафедры «Технология машиностроения» ФГБОУ ВПО «Ульяновский государственный технический университет» **Веткасов Николай Иванович.**

Официальные оппоненты:

Полянчиков Юрий Николаевич – д.т.н., профессор, профессор кафедры «Технология машиностроения» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет».

Орлова Татьяна Николаевна – к.т.н., доцент, доцент кафедры «Технологические процессы и машины» Волжского института строительства и технологий (филиала) ФГБОУ ВПО «Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета».

Присутствует 1 оппонент.

Татьяна Николаевна не смогла приехать, но имеется от нее соответствующее письмо, в котором она указывает причину ее отсутствия на нашем заседании.

Письменные согласия на оппонирование данной работы от оппонентов были своевременно получены.

Ведущая организация – ФГБОУ ВО «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.».

Слово предоставляется **ученому секретарю** диссертационного совета д.т.н. **Н.И. Веткасову** для оглашения документов из личного дела соискателя.

Ученый секретарь

Уважаемые коллеги! Соискателем **Сапуновым Валерием Викторовичем** представлены в совет все необходимые документы для защиты кандидатской диссертации (зачитывает):

- заявление соискателя;
- копия диплома о высшем образовании (заверенная);
- удостоверение о сдаче кандидатских экзаменов;
- заключение по диссертации от организации, где выполнялась работа (Ульяновский государственный технический университет);
- диссертация и автореферат в требуемом количестве экземпляров.

Все документы личного дела оформлены в соответствии с требованиями Положения о порядке присуждения ученых степеней.

Основные положения диссертации отражены **Сапуновым В.В.** в **29** научных работах, в т.ч. в **2** статьях в изданиях из перечня **ВАК**. Соискатель представлен к защите **22.10.2015** г. (протокол № **8**). Объявление о защите размещено на сайте ВАК РФ **26.10.2015** г.

Председатель

Есть ли вопросы по личному делу соискателя к ученому секретарю Совета? (Нет).

Есть ли вопросы к **В.В. Сапунову** по личному делу? (Нет).

Валерий Викторович, Вам предоставляется слово для изложения основных положений Вашей диссертационной работы.

Соискатель

Добрый вечер, уважаемые члены диссертационного совета, оппоненты, присутствующие! Вашему вниманию представляется диссертационная работа на тему «Совершенствование технологии изготовления абразивного инструмента на бакелитовой связке с применением микроволнового излучения».

Целью данной работы было повышение производительности изготовления и улучшение качества абразивного инструмента (АИ) на основе совершенствования микроволновой технологии бакелизации полуфабрикатов с применением специальных наполнителей и термостатирования. Для решения поставленной цели были поставлены следующие задачи, которые представлены на втором слайде.

Наиболее длительной и энергоемкой операцией технологического процесса изготовления АИ на органических и терморезистивных связках (ОТС) является операция термообработки, которая может достигать сорока часов в зависимости от типоразмера круга. Кроме этого, на данной операции формируются основные физико-технические характеристики АИ и остаточные напряжения, при этом самой распространенной связкой среди ОТС является бакелитовая связка, которая была выбрана как представитель группы ОТС при проведении экспериментальных и теоретических исследований.

Наиболее распространенным способом нагрева в процессе термообработки полуфабрикатов АИ является конвективный нагрев, когда прогрев полуфабрикатов осуществляется с поверхностей изделий, при этом технологические циклы термообработки весьма длительны, а процесс является энергоемким. Нагрев токами высокой частоты позволяет достаточно быстро и равномерно нагреть полуфабрикат АИ, однако из-за сложности оборудования и высоких требований к формовочным смесям данный способ не получил распространения. Радиационный нагрев также практически не используется при термообработке полуфабрикатов АИ из-за низкого коэффициента полезного действия. Кондуктивный нагрев применяется при изготовлении АИ методом горячего прессования. Наиболее перспективным, на наш взгляд, является микроволновый способ термообработки полуфабрикатов АИ, который позволяет равномерно прогреть полуфабрикаты, при этом нагрев начинается с внутренних областей, что позволяет обеспечить значительную равномерность и сократить длительность термообработки с обеспечением требуемых показателей качества. Однако у данного способа имеется ряд недостатков. Это наличие конвективного и радиационного теплообмена между поверхностью полуфабрикатов и окружающей средой, которая, как правило, менее нагрета, при этом возникает определенная неоднородность нагрева. Кроме этого скорость микроволнового нагрева зависит от рецептуры формовочных смесей, и термообработка не может осуществляться для полуфабрикатов с относительно радиопрозрачными свойствами так и для полуфабрикатов с большими радиопоглощающими свойствами.

Сотрудниками Ульяновского государственного технического университета совместно с сотрудниками ОАО «Димитровградхиммаш» была спроектирована и изготовлена опытно-промышленная СВЧ установка УМБ1Э с загрузкой 150 кг. Данная установка в течение нескольких лет проработала в условиях действующего производства и хорошо себя зарекомендовала. Так, с помощью данной установки удалось сократить длительность технологического цикла в четыре раза, энергоемкость процесса – до восьми раз, твердость получаемых изделий повышалась на одну - две степени. Однако, в связи с вышеуказанными недостатками микроволновая технология не получила распространения в абразивной промышленности. Для повышения производительности микроволновой технологии и расширения областей её применения нами были предложены следующие пути совершенствования данной технологии, а именно применение наполнителей с высоким тангенсом угла диэлектрических потерь, применение сорбционных наполнителей и применение радиопрозрачной теплоизоляции при проведении процесса термообработки.

Для оценки наполнителей ОТС, способных повысить радиопоглощающие свойства, была разработана физическая модель, которая представлена на шестом слайде. На основе представленной модели были выведены зависимости по определению изменения скорости нагрева при модификации полуфабрикатов определенными наполнителями в определенном количестве, также было разработано программное обеспечение для упрощения расчетов по данным и прочим зависимостям.

В процессе полимеризации связки выделяется ряд летучих веществ. Это пары воды, аммиак, фенол и формальдегид. Интенсификация процесса нагрева связки приводит к деформации полуфабриката и появлению брака. Кроме этого, выделение паров воды приводит к уменьшению радиопоглощающих свойств полуфабрикатов и снижению скорости микроволнового нагрева. Таким образом, связывание паров воды в процессе термообработки позволит повысить скорость микроволнового нагрева с обеспечением требуемых показателей качества. В качестве наполнителей, способных связать пары воды можно использовать как физические, так и химические сорбенты. Химические сорбенты вступают с водой в химическую реакцию с образованием твердого вещества – кристаллогидрата. Наиболее эффективным по критерию «цена-качество» является наполнитель сульфат магния, одна молекула которого способна присоединить к себе до семи молекул воды. При этом, теоретически, для связывания всех паров воды выделившихся в процессе бакелизации необходимо 0,7 % сульфата магния от массы полуфабриката.

Для оценки равномерности распределения температур по стопке полуфабрикатов были разработаны физические модели нагрева полуфабрикатов, как без теплоизоляции, так и с учетом радиопрозрачной теплоизоляции, на которых показаны основные направления распространения тепловых потоков.

На основе разработанных физических моделей была получена математическая модель, которая позволила определить равномерность распределения температур после определенного микроволнового нагрева. В качестве начальных условий было принято равномерное распределение температур в начальный момент времени. В качестве граничных условий второго рода был принят частный случай, когда тепловые потоки симметричны относительно оси Oz , а у нижней поверхности диатомитового основания, которая совпадает с осью Og , отсутствует теплообмен с другими телами и окружающей средой.

В качестве граничных условий третьего рода приняты конвективный и радиационный теплообмен открытых поверхностей полуфабрикатов и теплоизоляции с окружающей средой, которые подчиняются законам Ньютона-Рихмана и Стефана-Больцмана. В качестве граничных условий четвертого рода принят кондуктивный теплообмен полуфабрикатов с диатомитовым основанием и теплоизоляцией. Аналогично задавались граничные условия и для физической модели, представленной на рисунке 8.

Теплофизические характеристики полуфабрикатов АИ определялись по зависимостям А.В. Лыкова и В.И. Одолевского как для композиционного материала с учетом наличия пор и наполнителей.

На основе результатов расчетов были построены зависимости теплоемкости и теплопроводности полуфабрикатов с различными наполнителями от температуры. Также была построена на основе экспериментальных данных зависимость удельной мощности энергии, выделенной и поглощенной в полуфабрикате за счет реакции полимеризации. На рисунке 9 видно, что на начальном этапе идет экзотермический процесс с импульсным выделением энергии, а на последних этапах наблюдается эндотермический процесс. Также была построена зависимость изменения напряженности электромагнитного поля от времени, которая

характеризует режим термообработки. Как видно из рисунка подача мощности СВЧ энергии была импульсной, т.е. две минуты нагрев, пять минут выдержка.

На основе вышепредставленной математической модели было проведено численное моделирование процесса микроволнового нагрева в среде NX 7.5. В результате расчетов определена равномерность нагрева стопки полуфабрикатов, выявлено, что градиент температур при нагреве без теплоизоляции составляет 69 %, для стопки полуфабрикатов с теплоизоляцией он не превышает 10 %. Также был проанализирован ряд радиопрозрачных теплоизолирующих материалов, после анализа которых был сделан вывод, что в технологии изготовления АИ рекомендовать вермикулит вспученный фракционный с размером гранул 2 мм.

Были проведены экспериментальные исследования влияния радиопоглощающих наполнителей на скорость нагрева полуфабрикатов в микроволновом поле. Для этого был изготовлен ряд полуфабрикатов с различным содержанием радиопоглощающих наполнителей. Полуфабрикаты укладывали в стопку, в центре стопки проделывали отверстие для установки термодпары. Как видно из рисунка 15, введение в формовочную смесь двух процентов графита повышает скорость нагрева примерно в полтора раза, при этом расхождение экспериментальных и теоретических значений не превышает 10 %.

При проведении экспериментальных исследований влияния адсорбирующих наполнителей полуфабрикатов на скорость микроволнового нагрева были изготовлены полуфабрикаты АИ с наполнителем в виде гипса, который применялся в действующем производстве ОАО «Димитровградхиммаш» и с наполнителем из сульфата магния. Было показано, что применение сульфата магния в качестве наполнителя позволило сократить длительность технологического цикла термообработки до полутора раз. При этом, как видно из рисунка 17, введение в формовочную смесь сульфата магния приводит к интенсификации процесса выделения летучих веществ на последних этапах термообработки, когда полуфабрикат уже отвердел и это не приводит к его деформации.

При проведении экспериментального исследования влияния термостатирования на равномерность микроволнового нагрева также были изготовлены полуфабрикаты АИ с радиопоглощающими наполнителями, в каждом из которых был проделан паз. Полуфабрикаты укладывали в стопку, и в каждый паз устанавливали радиопрозрачную трубку, посредством которой термодпара проникала в объем полуфабрикатов. Таким образом, в процессе экспериментальных исследований контролировали температуру по различным сечениям стопки, как в радиальном направлении, так и по высоте стопки. Результаты исследований приведены в таблицах 3 и 4. При этом расхождение данных экспериментальных и теоретических исследований, полученных в результате численного моделирования, расходятся не более чем на 15 %.

Также было проведено исследование влияния наполнителей на структуру АИ, в результате которого был сделан вывод о том, что введение наполнителей приводит к незначительному уменьшению количества пор, при этом введение графита приводит к тому, что он «обволакивает» все компоненты формовочной смеси, что затрудняет оценку распределения других наполнителей по объему полуфабрикатов.

Были проведены экспериментальные исследования равномерности распределения твердости полуфабрикатов в зависимости от наличия теплоизоляции и наполнителей. Твердость измеряли в каждом полуфабрикате стопки (первом, втором, третьем) и в различных точках по радиусу каждого полуфабриката. Как видно из таблицы 5, применение теплоизоляции позволяет уменьшить неравномерность распределения твердости по объему стопки с 4,5 % до 1,5 %. При этом, в целом, применение теплоизоляции незначительно повышает твердость АИ. Введение в формовочную смесь наполнителей до 4 % приводит к незначительному уменьшению твердости полуфабрикатов АИ.

На основе экспериментальных данных были построены регрессионные зависимости показателей эффективности операции термообработки от состава АИ и режимов термообработки. Из данных зависимостей можно определить минимальное время термообработки в зависимости от содержания наполнителей, мощности СВЧ излучения и массы загружаемой стопки. Расхождение регрессионных коэффициентов на несколько порядков объясняется тем, что переменные, стоящие после данных коэффициентов, также различаются на несколько порядков и это не дает право утверждать, что они незначимы или значимы. Все коэффициенты подвергали анализу на значимость и все незначимые коэффициенты отвергали.

Было разработано устройство для засыпки, удаления и хранения сыпучего теплоизолирующего материала, которое устанавливали на СВЧ печь УМБ1Э. Устройство состоит из емкости-накопителя, входного и выходного патрубков, а также фильтра, который препятствует проникновению легкого радиопрозрачного теплоизолятора в вентилятор 3. Для удаления теплоизолятора из рабочей камеры, включали вентилятор 3. В емкости-накопителе создается разрежение, и теплоизолятор посредством трубопровода 5 поступает в емкость-накопитель. Для засыпки полуфабрикатов сыпучим радиопрозрачным теплоизолятором патрубков 4 поворачивали вокруг своей оси до совпадения отверстия в патрубке с отверстием в емкости-накопителе, после чего теплоизолятор начинает поступать посредством трубопровода 5 в рабочую тележку 4, в которой уложены полуфабрикаты АИ.

При проведении исследований работоспособности АИ использовали экспериментальную установку на базе плоскошлифовального станка 3Е711ВФ2, а также автоматизированное рабочее место для измерения сил шлифования и средней контактной температуры, которое состоит из аналого-цифрового преобразователя, усилителя и ЭВМ.

На основе экспериментальных исследований были получены регрессионные зависимости коэффициента шлифования, шероховатости, сил резания и средней контактной температуры от режимов шлифования и содержания наполнителя. Все модели были проверены на адекватность по критерию Фишера и признаны адекватными.

Как видно из рисунка 24 наполнитель в виде графита практически не оказывает влияние на шероховатость обработанной поверхности заготовок из стали ШХ15. При этом при обработке заготовок из стали Р6М5 увеличение содержания наполнителя из графита приводит к снижению шероховатости обработанной по-

верхности до 30 %. Увеличение врезной подачи увеличивает шероховатость обработанной поверхности.

Применение наполнителя в виде графита также снижает среднюю контактную температуру как при шлифовании заготовок из стали ШХ15, так при шлифовании заготовок из стали Р6М5.

Наполнитель – графит благоприятно воздействует на процесс шлифования, способствуя снижению силы резания P_z в среднем на 20 %.

На основе полученных результатов экспериментальных и теоретических исследований были разработаны рекомендации по проектированию технологических процессов изготовления АИ при помощи микроволнового нагрева, которые позволяют повысить производительность операции термообработки до двух раз при неизменном качестве АИ.

Проведены опытно-промышленные испытания АИ с графитом, термообработанного в микроволновом поле. Испытания проводили в ОАО «Автодеталь-Сервис» при обработке крестовины карданного вала. Стойкость кругов до появления прижогов за счет применения опытных образцов была повышена на 20 %, а среднее арифметическое отклонение профиля шлифованной поверхности снижено на 30 %.

Был произведен расчет экономической эффективности применения модернизированной технологии изготовления АИ на бакелитовой связке. При расчете учитывали повышение стоимости сырья в связи с использованием новых наполнителей, а также снижение затрат на электроэнергию при бакелизации, снижение амортизационных отчислений и заработной платы основных производственных рабочих. Совокупный ожидаемый годовой экономический эффект от использования в промышленности результатов полученных в процессе исследований составил 520 тысяч рублей в год.

По результатам исследований были сделаны выводы, которые представлены на слайде 29. С Вашего разрешения я выводы озвучивать не буду. Отмечу лишь тот факт, что результаты диссертационного исследования позволили разработать рекомендации по проектированию технологических процессов изготовления АИ на бакелитовой связке с обеспечением повышения производительности изготовления и качества АИ. У меня всё, спасибо за внимание.

Председатель

Спасибо, так вопросы пожалуйста. Николай Васильевич, пожалуйста.

д.т.н., профессор Носов Н.В.

Качество АИ всем известно как определяется, меня интересует, как вы определяли твердость. С помощью ультразвуковых колебаний?

Соискатель

Измеряли скорость ультразвуковой волны при прохождении сквозь полуфабрикаты, затем определяли звуковой индекс.

д.т.н., профессор Носов Н.В.

Вы сами разрабатывали таблицы для определения твердости?

Соискатель

Нет, таблицы были представлены в паспорте прибора по измерению твердости.

д.т.н., профессор Носов Н.В.

А как тарировался тогда прибор для измерения твердости?

Соискатель

В комплект прибора по измерению твердости входят эталоны, которые позволяют провести поверку прибора.

д.т.н., профессор Носов Н.В.

Ну из какого материала изготовлены эталоны?

Соискатель

Материал там не указан, на вид это стекло.

д.т.н., профессор Носов Н.В.

Не керамический материал?

Соискатель

Не керамический материал, но в таблицах, которые приведены в паспорте прибора есть сведения и для АИ на бакелитовой связке.

д.т.н., профессор Носов Н.В.

Вы определяли структуру круга?

Соискатель

Структуру круга определяли лишь сравнением двух образцов шлифов при стократном увеличении и при сорокакратном увеличении.

д.т.н., профессор Носов Н.В.

Как вы могли по шлифам определять структуру?

Соискатель

По шлифам мы определяли только количество пор в круге.

д.т.н., профессор Носов Н.В.

Известно ли Вам, что технология определяет структуру круга, содержание абразивных зерен?

Соискатель

Да, содержание зерен не менялось, менялось только содержание наполнителя, при этом содержание наполнителя оказывало незначительное влияние на структуру круга.

д.т.н., профессор Носов Н.В.

Вы пористость то определяли?

Соискатель

Определяли визуально количество пор, т.е. сравнивали количество пор визуально для двух образцов с различным содержанием наполнителя.

д.т.н., профессор Носов Н.В.

Какая была упаковка зерен?

Соискатель

Упаковку зерен мы не оценивали.

д.т.н., профессор Носов Н.В.

По пористости вы могли оценить упаковку зерен? Какая пористость была, количественно сколько: 30, 40, 50?

Соискатель

У нас круги, в среднем, соответствовали третьему номеру структуры.

д.т.н., профессор Носов Н.В.

А что является порообразователем?

Соискатель

У нас в рецептуре не предусмотрено применение порообразователей, не выгораемых наполнителей не каких-либо еще. Порообразование определялось лишь усилием пресса при прессовании.

д.т.н., профессор Носов Н.В.

Значит у Вас какая-то решетка образовывалась при прессовании, гексагональная, кубическая или смешанная?

Соискатель

Решетку тоже не оценивали, у нас прессование было с подпрессовкой, что обеспечивало более равномерное распределение пор по объему. Рецептуру и технологию брали за основу ту, которая использовалась в ОАО «Димитровградхимаш» и совершенствовали в ней только операцию термообработки и изменили состав наполнителей.

д.т.н., профессор Носов Н.В.

У меня еще последний вопрос. Коробление было? Как с ним боролись?

Соискатель

Коробление полуфабрикатов?

д.т.н., профессор Носов Н.В.

Ну почему, кругов.

д.т.н., профессор Носов Н.В.

Трещины были?

Соискатель

Да, при завышении режимов термообработки, возникали трещины, и происходило так называемое «вспучивание» полуфабрикатов. При этом данные полуфабрикаты отбраковывались и не учитывались при анализе результатов исследований, т.е. время, которое было указано на слайде, время термообработки, это время действительно только для тех кругов, которые не подвергались короблению или «вспучиванию».

д.т.н., профессор Носов Н.В.

Почему коробление возникает?

Соискатель

Коробление возникает вследствие того, что интенсифицируются процессы выделения летучих веществ, таких как пары воды, аммиак, формальдегид.

д.т.н., профессор Носов Н.В.

А разве коробление возникает не от разности температур?

Соискатель

Нет, смотря какое коробление, если коробление связано с остаточными напряжениями, там да, коробление возникает из-за разности температур. В нашем случае в середине полуфабриката происходит так называемое «вспучивание», вследствие интенсификации процесса выделения летучих веществ, т.е. скачок выделения летучих веществ приводит к деформации и вот к такому короблению, с которым мы боролись введением в состав формовочной смеси адсорбирующих наполнителей.

д.т.н., профессор Носов Н.В.

Для чего графит добавляли?

Соискатель

Графит добавляли для управления радиопоглощающими свойствами полуфабрикатов. Его необходимо добавлять только для полуфабрикатов с низкими радиопоглощающими свойствами для обеспечения возможности и повышения эффективности микроволновой термообработки.

Председатель

Так, еще вопросы, пожалуйста. Владислав Николаевич Ковальногов.

д.т.н. Ковальногов В.Н.

Слайд 9.

Председатель

Девятый слайд, будьте добры.

д.т.н. Ковальногов В.Н.

Прошу прощения, слайд номер восемь. Вот на схеме, что это за эллипсообразные пустоты?

Соискатель

Это схематично показано тепловыделение в процессе микроволновой термообработки, которое происходит только в стопке полуфабрикатов, т.е. мы приняли радиопрозрачными как диатомитовое основание, оно является практически радиопрозрачным, так и теплоизоляцию. В этих телах тепловыделение не происходит, тепловыделение происходит в стопке полуфабрикатов равномерно, т.е. теплогенерация происходит равномерно по объему стопки полуфабрикатов. Это схематичное изображение выделения тепла, которое в математической модели определяется вот по этому слагаемому, т.е. тепловыделение в процессе, ну это – тоже тепловыделение, только за счет экзотермической реакции.

д.т.н. Ковальногов В.Н.

Я правильно понял, это зона внутреннего теплового источника показана?

Соискатель

Да, но это не значит, что источник тепловыделения находится только в пределах этих эллипсов, источник находится по всему объему равномерно. Это показано схематично только для наглядного изображения тепловыделения в стопке полуфабрикатов.

д.т.н. Ковальногов В.Н.

А почему принята гипотеза о том, что равномерно эти источники распределены?

Соискатель

Так как источники будут неравномерно распределены в двух случаях: когда полуфабрикаты обладают высоким тангенсом диэлектрических потерь, тогда волна, плоская волна, проникая в стопку полуфабрикатов, будет затухать на наружных слоях полуфабрикатов. При этом внутренние слои полуфабрикатов будут меньше нагреваться. В нашем случае, полуфабрикаты обладают относительно низкими радиопоглощающими свойствами, поэтому плоская волна, которая будет нагревать данную стопку, будет несколько раз проходить сквозь данные по-

луфабрикаты, прежде чем уменьшится в n раз. В связи с этим здесь не учитывалось влияние высоты стопки, хотя она регламентирована в рекомендациях, на равномерность нагрева. Другой момент, который может привести к неравномерности тепловыделения, это неравномерность электромагнитного поля, однако эта задача, как было отмечено в диссертации, решалась многими учеными и достаточно успешно была реализована в реальных конструкциях СВЧ печей и СВЧ установок. Поэтому в данном примере мы не рассматривали задачу повышения равномерности электромагнитного поля и приняли его равномерным. Здесь мы акцентировали внимание на проблеме тепловых потерь на поверхностях полуфабрикатов, что приводит к неравномерности нагрева. В связи с этим на основании этих двух допущений, что электромагнитное поле равномерно распределено по СВЧ камере и то, что волна, многократно проникая сквозь полуфабрикаты, равномерно нагревает их по всему объему, мы исходили из того, что стопка полуфабрикатов равномерно нагревается при прочих равных условиях.

д.т.н. Ковальногов В.Н.

Понял, спасибо, больше нет вопросов.

Председатель

Так, еще вопросы, пожалуйста. Александр Анатольевич.

д.т.н., доцент Дьяконов А.А.

Скажите, пожалуйста, у Вас на 11 странице автореферата написано: «... математическая модель (3) взята за основу конечно-элементной модели, созданной в программной среде NX 7.5...». Что из математической модели (3) было взято за основу?

Соискатель

Во-первых, в системе NX 7.5 моделировали 3D тело стопки полуфабрикатов, теплоизолятора и диатомитового основания, которые представлены на физической модели на слайде 8. В математической модели, которая представлена на слайде 9, задавали отдельно два источника тепловыделения, один – тепловыделение от источника СВЧ излучения и второй – тепловыделение за счет экзотермической реакции и теплопоглощение за счет эндотермической реакции. Задавали импульсный график генерации мощности СВЧ излучения и превращения его в тепловую энергию и экспериментально найденное значение мощности тепловых источников от экзотермических и эндотермических процессов.

д.т.н., доцент Дьяконов А.А.

Как Вы их определяли экспериментально?

Соискатель

Мы термообработывали сначала сырые полуфабрикаты, фиксировали через определенные промежутки времени температуру в теплоизолированной стопке полуфабрикатов, затем по тем же режимам термообработывали уже термообрабо-

танные полуфабрикаты. Затем сравнивали два графика, накладывали их друг на друга, и по разности температур определяли мощность источника в конкретный момент времени, который приводил к скачку температуры, либо, наоборот, к понижению температуры.

д.т.н., доцент Дьяконов А.А.

И последнее, зачем Вы тогда вывели эти регрессионные модели, если у Вас такой мощный аппарат в виде такого уравнения и численных моделей?

Соискатель

А какие именно регрессионные модели?

д.т.н., доцент Дьяконов А.А.

Номер 8, 9, 10, 11 в автореферате.

Соискатель

Численное моделирование позволяет определять только равномерность распределения температур по сечению стопки. Оно не учитывает влияние содержания наполнителей на процесс термообработки. Регрессионные зависимости, представленные на данном слайде, позволяют находить время, минимальное время термообработки, которое позволяет производить полуфабрикаты без деформаций, т.е. мы на первом этапе производили термообработку по стандартным режимам, потом эти режимы периодически повышали, т.е. ускоряли процесс термообработки до тех пор, пока полуфабрикаты не деформировались или не вспучивались. Здесь они показывают минимальное критическое время, которое позволяет получить полуфабрикаты без «вспучиваний» при введении наполнителей и генерации определенной мощности СВЧ излучения.

д.т.н., доцент Дьяконов А.А.

Спасибо.

Председатель

Так, кто там еще хотел, Александр Николаевич, пожалуйста.

д.т.н., доцент Унянин А.Н.

Каким образом учитывали термическое сопротивление между кругами в стопке, между кругами и основанием и т.д?

Соискатель

Термическое сопротивление не учитывали. На слайде 8 показано, что на границе раздела сред теплоизоляции и полуфабрикатов не учитывали термическое сопротивление. С учетом четвертого граничного условия принимался кондуктивный теплообмен между теплоизолятором и полуфабрикатом, т.е. здесь на границе раздела сред температура полуфабрикатов приравнивалась к температуре теплоизоляции.

д.т.н., доцент Унянин А.Н.

А между основанием, тоже не учитывалось?

Соискатель

Нет.

д.т.н., доцент Унянин А.Н.

А вот еще такой вопрос. Те вещества или наполнители, которые увеличивают тепловую мощность микроволной энергии, каким образом они оказывают влияние на эксплуатационные свойства кругов, ну хотя бы на самые распространенные.

Соискатель

Вот такой наполнитель, который мы приняли в качестве основного радиопоглощающего наполнителя, как графит, приводит к снижению шероховатости обработанной поверхности и теплосиловой напряженности процесса шлифования, благодаря тому, что он обладает антифрикционными свойствами.

д.т.н., профессор Киселев Е.С.

Он же сгорел.

Соискатель

Нет, графит плавится при температуре свыше 1000 градусов, он не сгорает в процессе шлифования.

д.т.н., доцент Унянин А.Н.

А другие, какие-то есть еще?

Соискатель

Другие наполнители не исследовали, потому что в качестве оптимального, на основе исследования выбранного ряда радиопоглощающих наполнителей и с учетом математических моделей для анализа данных наполнителей, мы выбрали именно графит, круги с которым мы и исследовали на работоспособность.

Председатель

Александр Николаевич, больше нет вопросов?

д.т.н., доцент Унянин А.Н.

Нет.

Председатель

Николай Васильевич, пожалуйста.

д.т.н., профессор Носов Н.В.

Я хотел у Вас узнать, если изменить марку абразива, ну вот допустим на

карбид кремния, Ваши рекомендации подходят по наполнителям, по компонентам или надо заново все делать?

Соискатель

Математическая модель позволяет определить отношение скоростей нагрева для конкретной рецептуры, т.е. надо всего лишь знать физико-технические характеристики абразивного материала, который используется. Если мы используем карбид кремния, нам надо знать диэлектрическую проницаемость карбида кремния и подставить ее в данную зависимость, в данное программное обеспечение.

д.т.н., профессор Носов Н.В.

Понятно, ну тогда еще один маленький вопрос. Вот когда Вы шлифовали деталь – крестовину карданного вала, у Вас глубина резания 0,2 и снимаемый припуск 0,2, это так?

Соискатель

Там установка барабанного типа, шлифовальные круги выставлены на определенную глубину шлифования и в процессе вращения этого барабана, где установлены крестовины, они за один проход снимают полностью этот припуск.

д.т.н., профессор Носов Н.В.

За один проход снимается припуск?

Соискатель

За один оборот барабана снимается весь припуск.

д.т.н., профессор Носов Н.В.

Ну а какая схема тогда шлифования?

Соискатель

Там торцешлифовальный станок.

д.т.н., профессор Носов Н.В.

Здесь не цилиндр шлифуется?

Соискатель

Нет, торец шлифуется.

д.т.н., профессор Носов Н.В.

А, торец шлифуется, ну понятно тогда.

Председатель, д.т.н., профессор Табаков В.П.

Валерий Викторович, можно, пока там думают, я вопрос задам. Вот 23 слайд можно посмотреть. Вот смотрите на 24, 25 слайдах, увеличение содержания графита ведет к снижению сил резания и температуры, правильно да?

Соискатель

Да.

Председатель, д.т.н., профессор Табаков В.П.

Причиной этого является?

Соискатель

Антифрикционные свойства графита.

Председатель, д.т.н., профессор Табаков В.П.

Т.е. снижение коэффициента трения.

Соискатель

Да.

Председатель, д.т.н., профессор Табаков В.П.

А почему тогда снижение коэффициента трения, вот 23 слайд, не ведет к снижению шероховатости. Казалось, шероховатость почти напрямую связана с коэффициентом трения, потому что процессы деформирования в зоне резания определяют высоту микронеровностей.

Соискатель

Да, но при шлифовании стали ШХ15 теплонапряженность процесса шлифования не такая высокая, как при шлифовании стали Р6М5, и там силы шлифования и температура не так значительно влияет на шероховатость обработанной поверхности. При шлифовании стали Р6М5 температура в зоне контакта и силы шлифования более высокие, в связи с чем, введение графита так критически сказывается на снижении шероховатости.

Председатель, д.т.н., профессор Табаков В.П.

Но тем не менее, вы сами говорите, снижается сила и температура. Казалось бы не понятно почему шероховатость не реагирует на это.

Соискатель

Шероховатость определяется не только теплосиловой напряженностью процесса, она определяется и зернистостью АИ и рядом других показателей. При этом нельзя до бесконечности снижать шероховатость обработанной поверхности только путем снижения теплосиловой напряженности. В связи с этим вот для стали Р6М5 введение графита является критическим, а для стали ШХ15 – нет.

Председатель, д.т.н., профессор Табаков В.П.

Снижение трения не обязательно может быть обеспечено за счет снижения температуры и сил, есть и другие технологические приемы, которые позволяют трение снизить. Все-таки тот факт, что если трение снижается, значит, снизится

шероховатость поверхности – факт доказанный. Т.е. вы считаете, что температурный и силовой режим слабенький, поэтому шероховатость не изменяется?

Соискатель

Здесь теплосиловой режим не так сильно сказывается на снижении шероховатости.

Председатель

Так, еще вопросы, пожалуйста. Петр Федорович.

д.т.н., профессор Зибров П.Ф.

Валерий Викторович, вот у Вас на слайдах 19 и 22, представлены регрессионные зависимости, а не могли бы вы подсказать, как Вы их получили, поподробнее.

Соискатель

Мы провели ряд экспериментов при различном содержании графита, сульфата магния в полуфабрикатах при различной массе загружаемой стопки и при различной средней мощности излучения во всем технологическом цикле термообработки. На основе экспериментальных данных была заполнена таблица планирования экспериментов, после чего экспериментальные данные подвергались обработке на ЭВМ при помощи специальной программы. Все экспериментальные данные подвергались статистической обработке, дисперсии проверялись на однородность по критерию Кохрена, на адекватность по критерию Фишера, после чего программное обеспечение выводило нам данные регрессионные зависимости.

д.т.н., профессор Зибров П.Ф.

А планирование эксперимента первого, второго порядка?

Соискатель

Третьего порядка.

Председатель

Так, еще вопросы, пожалуйста.

д.т.н., профессор Горшков Б.М.

Скажите пожалуйста, а вот Вы на слайде 4, говорите о радиационном теплообмене. Какую радиацию вы имеете ввиду? Какое радиационное излучение вы исследуете, когда добавляете специальные наполнители в формовочную смесь?

Соискатель

Я имею ввиду не в смысле, что это радиация радиоактивных веществ, а в том смысле, что радиация – это вид теплового излучения, которое подчиняется закону Стефана-Больцмана.

д.т.н., профессор Горшков Б.М.

Радиационное, не совсем удачное понятие.

Соискатель

Ну вот мы применяем термин радиатор, где тепловыделение происходит за счет тепловой радиации, а не радиоактивных веществ.

Председатель

Так, еще вопросы, пожалуйста. Есть вопросы? Нет? (Нет). Ну тогда заканчиваем наверно, садитесь пожалуйста. Слово предоставляется научному руководителю работы Веткасову Николаю Ивановичу.

Уважаемые коллеги, я дам краткую характеристику соискателя. За время работы над диссертацией, соискатель проявил себя как целеустремленный исследователь, способный решать серьезные научно-исследовательские задачи, успешно сдал кандидатские экзамены в аспирантуре и подготовил кандидатскую диссертацию на тему «Совершенствование технологии изготовления абразивного инструмента на бакелитовой связке с применением микроволнового излучения». Основываясь на системном подходе, решил актуальную задачу повышения производительности и качества изготовления АИ на бакелитовой связке. Совершенствование микроволновой технологии обработки полуфабрикатов АИ было достигнуто за счет применения, как уже говорил соискатель, двух видов специальных наполнителей: радиопоглощающего наполнителя и наполнителя, который обладает свойством химической абсорбции низкомолекулярных летучих продуктов, которые выделяются при термообработке полуфабрикатов АИ на бакелитовой связке. Наличие или выделение этих низкомолекулярных продуктов, ограничивает скорость нагрева. Поэтому длительность технологического цикла при конвективной термообработке достигает 30 – 40 часов, в тоже время как при микроволновой термообработке длительность составляет 5 – 6 часов, а за счет применения специальных наполнителей (адсорбционных и радиопоглощающих) длительность технологического цикла снижается до двух часов или как сказал один исследователь: «Дайте мне СВЧ и я изготовлю шлифовальные круги за десять минут». Кроме того, решение задачи повышения эффективности микроволновой обработки было достигнуто за счет применения специального сыпучего материала для теплоизоляции полуфабрикатов шлифовальных кругов в процессе их термообработки. Это решение было запатентовано соискателем, и оно позволило обеспечить равномерность нагрева полуфабрикатов АИ, находящихся в микроволновой камере, что, в конечном итоге, способствовало повышению качества АИ. Соискателем также был разработан ряд математических моделей и получены регрессионные зависимости, которые позволяют, с одной стороны, оценивать радиопоглощающие свойства наполнителей и распределение теплонапряженности по объему полуфабрикатов, с другой стороны оценивать работоспособность шлифовальных кругов, изготовленных по новой технологии. Все основные результаты работы соискателя опубликованы в 29 публикациях, две из которых опубликованы в рецензируемых изданиях из перечня ВАК. Получены три патента на изобре-

тения. Результаты работы опробированы на международных и всероссийских научно-технических конференциях. Результаты работы, на мой взгляд, отличаются научно-практической новизной и те задачи и цель исследования, которые были поставлены при работе над диссертацией, на мой взгляд, достигнуты. Учитывая большой объем теоретико-экспериментальных исследований, научную и практическую ценность и полезность результатов работы, считаю, что диссертация Сапунова Валерия Викторовича является научно-квалификационной работой, позволяющей решить актуальную для практики задачу повышения производительности изготовления АИ на бакелитовой связке. Это способствует повышению эффективности и развитию технологии механической обработки. Диссертация соответствует требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней, а сам диссертант заслуживает присвоения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.02.07 – Технология и оборудование механической и физико-технической обработки.

(Отзыв прилагается).

Председатель

Всё да? Спасибо. Слово Николаю Ивановичу для оглашения заключения организации, где выполнялась диссертационная работа, и отзыва ведущей организации.

Ученый секретарь оглашает заключение организации, где выполнялась работа.

(Заключение прилагается).

Диссертация, как Вы знаете, выполнялась в Ульяновском государственном техническом университете, поэтому в диссертационный совет поступило заключение ФГБОУ ВПО «Ульяновский государственный технический университет» на диссертацию Сапунова В.В. В заключении отмечается, что диссертация Сапунова В.В. представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук выполнена на кафедре «Технология машиностроения». В период подготовки диссертации соискатель Сапунов Валерий Викторович работал в ФГБОУ ВПО «Ульяновский государственный технический университет» в должностях ассистента, младшего научного сотрудника и старшего преподавателя.

Отмечается, что по итогам обсуждения на совместном заседании кафедр «Металлорежущие станки и инструменты» и «Технология машиностроения» было принято следующее заключение.

Актуальность работы определяется существенным повышением требований к эксплуатационным свойствам АИ на бакелитовой связке, в частности к его прочности, остаточным напряжениям и наличию микротрещин. Указанные свойства преимущественно формируются на очень трудоемкой операции термообработки полуфабрикатов АИ, которая является наиболее длительной из всех операций технологического процесса изготовления АИ на бакелитовой связке.

Степень достоверности полученных результатов обеспечивается применением современных методов исследований, базирующихся на основных положениях

технологии машиностроения, теории тепломассопереноса и распространения электромагнитных волн, математического моделирования, современного оборудования и подтверждается корректным соотношением результатов теоретических и экспериментальных исследований.

Научная новизна полученных в диссертации результатов теоретических и экспериментальных исследований определяется рядом новых научных положений и выводов, важнейшие из которых получены лично соискателем:

1. Математические модели и зависимости, результаты теоретических исследований влияния количества и вида радиопоглощающих наполнителей на изменение скорости микроволнового нагрева.

2. Математическая модель и результаты численного моделирования процесса микроволнового нагрева полуфабрикатов АИ в условиях радиопрозрачной теплоизоляции.

3. Результаты экспериментальных исследований эффективности нового способа микроволновой термообработки полуфабрикатов АИ с использованием специальных наполнителей связки и теплоизоляции объектов нагрева.

4. Результаты экспериментальных исследований работоспособности АИ изготовленного с использованием специальных наполнителей и термостатирования при микроволновом нагреве.

Практическими результатами диссертационной работы являются:

– рекомендации по проектированию технологических процессов микроволновой термообработки полуфабрикатов АИ на бакелитовой связке, содержащей специальные наполнители, с использованием термостатирования;

– оборудование для обеспечения теплоизоляции полуфабрикатов АИ в процессе их микроволновой термообработки;

– программно-информационный комплекс для определения диэлектрической проницаемости полуфабрикатов АИ, модифицированных радиопоглощающими наполнителями, а также оценки влияния радиопоглощающих наполнителей на скорость их нагрева в микроволновом поле;

– регрессионные зависимости параметров работоспособности АИ от содержания графита, скорости врезной подачи и стола для заготовок из сталей ШХ15 и Р6М5.

Проведены опытно-промышленные испытания шлифовальных кругов, термообработанных в микроволновом поле в условиях теплоизоляции с наполнителем из графита.

Основные результаты работы доложены на 12-ти международных и всероссийских научно-технических конференциях, а также представлены на 11-ти форумах и выставках. Основные положения диссертационной работы в достаточной мере отражены в многочисленных публикациях (29 наименований), в том числе в двух публикациях изданий из перечня ВАК, и доложены на научно-технических конференциях и семинарах различного уровня, получено три патента на изобретения.

Автореферат отражает основное содержание диссертации.

Диссертация Сапунова В.В. написана автором самостоятельно, обладает внутренним единством, является целостной и завершенной научно-

квалификационной работой, посвященной решению актуальных научно-технических задач и соответствуют требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней и званий.

Поставленные в работе задачи раскрыты достаточно полно и последовательно, выводы и рекомендации обоснованы. Новые научные результаты, полученные диссертантом, имеют существенное значение для науки и практики.

Работа Сапунова В.В. соответствует требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.02.07 – Технология и оборудование механической и физико-технической обработки.

Диссертация «Совершенствование технологии изготовления абразивного инструмента на бакелитовой связке с применением микроволнового излучения» Сапунова Валерия Викторовича рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.02.07 – Технология и оборудование механической и физико-технической обработки.

Заключение принято на совместном заседании кафедр «Технология машиностроения» и «Металлорежущие станки и инструменты».

Присутствовали на заседании 15 сотрудников УлГТУ, в том числе 7 докторов технических наук. Результаты голосования: «за» - 15 человек, «против» - нет, «воздержались» - нет. Протокол заседания № 373 от «08» октября 2015 г. Подписан двумя заведующими кафедр Веткасовым Н.И. и Табаковым В.П. Заключение утверждено первым проректором, проректором по научной работе Ярушкиной Надеждой Глебовной, доктором технических наук, профессором.

Председатель

Вопросов нет? (Нет). Пожалуйста, огласите отзыв ведущей организации.

Ученый секретарь зачитывает отзыв ведущей организации.

(Отзыв прилагается).

Ведущая организация – ФГБОУ ВО «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.». Отзыв составлен Янкиным Игорем Николаевичем, профессором кафедры «Проектирование технических и технологических комплексов», доктором технических наук, профессором и Коломейцевым Вячеславом Александровичем, профессором кафедры «Радиоэлектроника и телекоммуникации», доктором технических наук, профессором. Отзыв утвержден первым проректором Саратовского государственного технического университета Сытником А.А. доктором технических наук, профессором. Отзыв ведущей организации структурирован и имеет все необходимые разделы.

В первой части дается характеристика структуры диссертации. Отмечается, что рассматриваемая диссертация состоит из введения, 5 глав основного текста, общих выводов, списка использованных литературных источников из 101 наименования и приложений. Работа изложена на 221 странице машинописного текста.

Отмечается актуальность темы диссертационного исследования, связанной с совершенствованием АИ. При шлифовании процесс сопровождается достаточно высокими силами в контактной зоне и температурной напряженностью, при этом повышение качества АИ способствует повышению производительности операции шлифования.

Технологическое применение СВЧ диэлектрического нагрева вместо конвективных способов имеет преимуществами сокращение времени на операцию, объемный характер нагрева, повышающий равномерность формирования характеристик. Поэтому перспективным направлением совершенствования технологий бакелизации полуфабрикатов также можно считать применение диэлектрического нагрева.

В соответствии с изложенным, задача обеспечения выпуска АИ высокого качества с максимальной производительностью путем СВЧ диэлектрического нагрева полуфабрикатов, на решение которой направлена диссертационная работа В.В. Сапунова, актуальна для ряда отечественных абразивных производств и решения проблемы импортозамещения.

Основные научные результаты, полученные автором в процессе выполнения данного диссертационного исследования:

1. Комплекс математических моделей процессов СВЧ диэлектрического нагрева полуфабрикатов АИ как в условиях радиопрозрачной теплоизоляции, так и без нее, с учетом влияния радиопоглощающих наполнителей полуфабриката на скорость нагрева. Указанные модели послужили основой для разработки технологии термической обработки АИ на бакелитовой связке путем СВЧ диэлектрического нагрева.

2. Подтверждена эффективность применения специальных адсорбирующих наполнителей, способных на определенных этапах термообработки связать выделяющиеся пары воды, тем самым обеспечить возможность повышения скорости нагрева без образования высоких напряжений и нарушения целостности полуфабрикатов. Также следует отметить, как несомненную заслугу автора, обоснование применения электропроводящих наполнителей в связке круга с целью повышения равномерности проникновения СВЧ электромагнитного поля на значительную глубину, определяемую размерами полуфабриката инструмента.

3. Экспериментально выявлена закономерность изменения распределения температур и твердости материала в стопке полуфабрикатов в процессе СВЧ термической обработки в зависимости от вида используемой теплоизоляции, позволяющая обоснованно подойти к выбору способа теплоизоляции при реализации технологии.

4. Научную ценность имеют результаты экспериментальных исследований, проведенных с целью выявления влияния радиопоглощающих наполнителей на скорость СВЧ диэлектрического нагрева.

Отмечается степень обоснованности и достоверности научных положений и выводов. Обоснованность научных положений и выводов, содержащихся в диссертации, подтверждается корректным использованием методов математического моделирования технических объектов и технологических процессов, приемов ис-

следований, основ планирования экспериментов, положений технологии машиностроения.

Отмечается практическая значимость разработок соискателя. Практическая значимость диссертационной работы В.В Сапунова определяется следующими практическими результатами:

- технология СВЧ термической обработки полуфабрикатов АИ на бакелитовой связке, обеспечивающая повышение производительности и снижение неравномерности нагрева;

- программно-информационный комплекс для определения диэлектрической проницаемости полуфабрикатов АИ, модифицированных радиопоглощающими наполнителями, а также оценки влияния радиопоглощающих наполнителей на скорость их нагрева в СВЧ электромагнитном поле;

- рекомендации по проектированию технологических процессов СВЧ термической обработки полуфабрикатов АИ на бакелитовой связке, содержащей специальные гидропоглощающие наполнители, с использованием термостатирования;

- оборудование для обеспечения теплоизоляции полуфабрикатов АИ в процессе их термообработки.

Прикладные разработки соискателя обеспечили возможность сокращения длительности цикла термообработки до двух раз при требуемом обеспечении качества инструмента.

Приводятся рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации. Результаты диссертационной работы рекомендуется использовать на промышленных производственных предприятиях, в том числе ОАО "Лужский абразивный завод", ОАО «Косулинский абразивный завод» и других абразивных заводах, занимающихся производством АИ на бакелитовой связке.

Публикации. По теме диссертации автором опубликовано 29 работ, в том числе 2 статьи в изданиях из перечня ВАК, получены 3 патента РФ на изобретения.

Апробация результатов работы. Результаты исследований, изложенные в диссертации, представлялись автором на 16 международных и российских научно-технических конференциях, симпозиумах и молодежных форумах в 2009-2015 г.г. Проведены производственные испытания технологии в условиях ОАО «Автодеталь-сервис». Данная апробация вполне достаточна.

Замечания по диссертационной работе:

1. В автореферате и в диссертации слабо раскрыта актуальность темы работы. Приведено описание проблем, связанных с использованием технологии СВЧ диэлектрического нагрева при изготовлении АИ. Однако, не обозначены подходы к решению актуальных задач, реализуемых в диссертации.

2. В диссертации приведены исследования по эффективности обработки с использованием АИ на бакелитовой связке, выполненных по усовершенствованной технологии с использованием СВЧ диэлектрического нагрева с термостатированием полуфабрикатов. Вместе с тем не приводятся данные о влиянии применяемых наполнителей на механическую прочность инструмента, как одной из важных характеристик, достигаемой путем использования бакелитовой связки.

3. Вывод автора, что период стойкости шлифовального круга со специальным наполнителем на 25% превышает данный показатель стандартных кругов (стр. 15 автореферата) не раскрыт подробно. В частности не вполне ясен вклад в повышение стойкости собственно наполнителя и СВЧ диэлектрического нагрева.

4. Вызывает некоторое сомнение значимость некоторых коэффициентов в регрессионных зависимостях для температуры и времени СВЧ диэлектрического нагрева, различающихся на 6 порядков.

5. В работе и на стр. 3 автореферата автор утверждает, что нагрев воздействием СВЧ электромагнитного поля начинается внутри полуфабриката. Однако, нагрев идет одновременно по всей глубине проникновения электромагнитной волны. В дальнейшем говорится, что нагрев внутри полуфабриката больше, т.к. поверхность полуфабриката охлаждается естественным путем. Но и это надо уточнить: мощность электромагнитной волны в глубину убывает за счет затухания в верхних слоях, что определяется так называемой глубиной проникновения. Так что в глубине объекта особенно при больших его поперечных размерах (как для случая шлифовальных кругов) тепловыделение может быть незначительным. К тому же, при применении теплоизоляции тепловое излучение с поверхности уменьшится и температура по высоте изделия будет еще более выравниваться.

6. Математическая модель изменения скорости СВЧ диэлектрического нагрева стопки и отдельного полуфабриката базируется на схеме распространения электромагнитной волны в камере (стр. 80 и 81 диссертации и стр. 8 автореферата). Однако эти схемы не учитывают преломления и отражения электромагнитной волны на границе раздела сред. На самом деле прямых линий не будет. Будет двойное преломление. Совершенно не понятно, почему принят угол распространения 45° . Как обосновывается? При этом на рисунке со стопкой полуфабрикатов волна распространяется двумя лучами (?) и отражается от торцевой стенки камеры, при обработке единичного полуфабриката принято однолучевое распространение. Таким образом, построенная на основе указанных схем модель представляется слишком приближенной к реальному волновому процессу в камере. Было бы желательно получить более подробное объяснение принятой схемы и обоснование адекватности модели.

7. Автор использует в своей работе некоторые термины, не принятые в отечественной школе СВЧ диэлектрического нагрева, или не достаточно точные: «микроволновый нагрев» вместо «СВЧ – диэлектрический нагрев», «тепловая мощность энергии» вместо «удельная мощность тепловых потерь», «тангенс диэлектрических потерь» вместо «тангенс угла диэлектрических потерь» и некоторые другие. Также приведены неточные обозначения: $\operatorname{tg}\delta$ и ϵ . В СВЧ термине принято говорить о тангенсе угла диэлектрических потерь $\operatorname{tg}\delta$ и относительной диэлектрической проницаемости ϵ' . Между данными параметрами существует связь: $\epsilon = \epsilon'(1 - \operatorname{tg}\delta)$. Упоминаются энергии электрических и магнитных полей. Но таких отдельных полей в этой задаче нет. В данном случае существует электромагнитная волна, имеющая электрическую и магнитную составляющие.

Указанные замечания касаются отдельных фрагментов теоретического исследования и оформления диссертации, не затрагивая ее научных и практических результатов в комплексе, которые позволили автору обосновать и разработать

новый метод равномерного нагрева АИ на бакелитовой связке в СВЧ электромагнитном поле, базирующийся на использовании дополнительно введенного компонента, повышающего проницаемость материала и наполнителя, адсорбирующего влагу, что позволило повысить качественные характеристики шлифовальных кругов.

Заключение. Диссертация В.В. Сапунова «Совершенствование технологии изготовления абразивного инструмента на бакелитовой связке с применением микроволнового излучения» является законченной научно-квалификационной работой, в которой содержатся новые научно обоснованные результаты, направленные на решение актуальной для отечественных машиностроительных производств задачи совершенствования технологии изготовления АИ на бакелитовой связке. Работа соответствует требованиям п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор Сапунов Валерий Викторович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.02.07 - Технология и оборудование механической и физико-технической обработки.

Настоящий отзыв обсужден и одобрен на совместном заседании кафедр «Проектирование технических и технологических комплексов» и «Радиоэлектроника и телекоммуникации» Саратовского государственного технического университета имени Гагарина Ю.А. «7» декабря 2015 года, протокол № 9.

Председатель

Так, вопросов нет к Николаю Ивановичу? (Нет). Наверное, может тогда, Валерий Викторович ответите на замечания ведущей организации.

Соискатель

С первыми двумя замечаниями ведущей организации я согласен, по поводу других замечаний хотел бы пояснить. Итак, по поводу третьего замечания ведущей организации. Графит, оказывая антифрикционное воздействие в процессе шлифования, снижает вероятность засаливания АИ, а микроволновая термообработка способствует повышению твердости АИ, в связи с этим шлифовальные круги в процессе механической обработки сохраняют более длительный период свои функциональные характеристики.

По поводу четвертого замечания. Как я уже говорил, значимость коэффициентов в регрессионных зависимостях определяется не только порядком самих коэффициентов, но и порядком переменных, которые стоят после данных коэффициентов. Таким образом, если переменные отличаются между собой на шесть порядков, то соответственно и коэффициенты могут отличаться на шесть порядков, при этом нельзя судить о значимости данных коэффициентов без оценки их значимости. Все коэффициенты, которые были приняты, прошли проверку на значимость.

По поводу пятого замечания. В диссертации и на стр. 3 автореферата речь идет о микроволновом нагреве внутренних областей полуфабрикатов, что не противоречит утверждению автора замечания о том, что нагрев идет одновременно

по всей глубине проникновения электромагнитной волны. Температура наружных поверхностей полуфабрикатов, контактирующих с окружающей средой, будет гарантированно ниже температуры внутренних областей за счет теплообмена. Тепловыделение значительно отличается по высоте стопки полуфабрикатов только в том случае, когда глубина проникновения сопоставима с высотой стопки. В рассматриваемом же случае глубина проникновения для полуфабрикатов АИ с относительно радиопрозрачным абразивным материалом в несколько раз превышает максимально допустимую высоту стопки полуфабрикатов, величину которой в рекомендациях было предложено ограничить тридцатью сантиметрами.

Шестое замечание. В процессе микроволнового нагрева на полуфабрикаты воздействуют плоские волны, которые могут быть представлены как множество лучей. Однако при анализе микроволнового нагрева однородного по своим свойствам полуфабриката достаточно рассмотреть один луч, направление которого совпадает с направлением максимума диаграммы направленности микроволнового излучения. При этом направление данного луча под углом 45° выбрано, исходя из опытно-промышленной установки, на базе которой проводили экспериментальные исследования. Т.е. там максимум диаграммы направленности проходит под углом 45° от верхней стенки. В тоже время при анализе процесса микроволнового нагрева полуфабрикатов с различными радиопоглощающими свойствами необходимо рассматривать минимум два луча (вектора направленности), т.к. тепловыделение в полуфабрикатах будет зависеть от того на какой полуфабрикат первоначально попадает луч СВЧ излучения. С целью упрощения математических моделей микроволнового нагрева не учитывали преломление и отражение электромагнитной волны на границе сред, т.к. вышеуказанная модель предназначена для расчета не абсолютных приращений температур, а отношений приращений за определенный промежуток времени. Экспериментальная проверка адекватности модели реальному волновому процессу показала справедливость сделанных допущений. Погрешность расчетов не превышает 15 – 18 %.

Термин «микроволны» заимствован из зарубежной литературы и стал использоваться в последние годы гораздо чаще, чем ранее употребляемый термин «сверхвысокая частота» или «СВЧ», относящийся к тому же диапазону частот (недавно защищенные диссертации: «Определяющие функционалы задачи микроволнового нагрева в одномерном случае» Ермаков И.В., «Эффекты воздействия электромагнитного поля в процессах высокотемпературной микроволновой обработки материалов» – докторская диссертация Рыбакова К.И. и др.). В диссертации используется термин «удельная мощность тепловой энергии», а не «тепловая мощность энергии» и который по нашему мнению не противоречит термину «удельная мощность тепловых потерь». В диссертации во всех восьми случаях используется термин «тангенс угла диэлектрических потерь», в автореферате только в одном случае из трех пропущено слово «угол». У меня всё.

Председатель

Спасибо. На автореферат диссертации поступило 10 отзывов. Сегодня пришло еще три, которые мы с Вашего разрешения включаем в перечень отзывов. Нет возражений? (Нет). Все отзывы положительные. Я традиционно спрашиваю:

заслушаем обзор отзывов или будем зачитывать их полностью? (Предлагается ограничиться обзором поступивших на автореферат отзывов).

Слово для обзора отзывов, поступивших на автореферат диссертации, предоставляется **ученому секретарю совета**.

Ученый секретарь зачитывает обзор отзывов.

(Отзывы прилагаются).

Уважаемые коллеги, как уже сказал Владимир Петрович Табаков, на автореферат поступило 13 отзывов, все они положительные и я остановлюсь только на обзоре замечаний, содержащихся в этих отзывах.

1. ООО «Петербургский абразивный завод «Ильич», г. Санкт-Петербург. Отзыв подписан профессором, д.т.н., начальником отдела абразивной обработки ООО «Петербургский абразивный завод «Ильич» Кременем З.И. Замечания: 1) не приведены вид шлифования, характеристики кругов, режимы шлифования, использованные в исследовании; 2) отсутствуют данные об измерительных средствах для контроля сил резания, параметра Ra , износа круга.

2. Саратовский государственный технический университет им. Гагарина Ю.А., г. Саратов. Отзыв подписан заслуженным деятелем науки РФ, профессором кафедры «Технология машиностроения» д.т.н., А.В. Королёвым. Замечания: 1) из автореферата не понятно, какими характеристиками обладали используемые в АИ абразивные зерна; 2) не ясно, учтено ли в математических моделях влияние абразивных зерен на скорость микроволнового нагрева и характер температурного поля при термообработке полуфабрикатов АИ; 3) в пятой главе диссертации представлена конструкция устройства, однако схема и принцип работы этого устройства в автореферате отсутствуют, что не позволяет оценить его технический уровень и новизну.

3. Ивановский государственный университет, г. Иваново. Отзыв подписан профессором кафедры экспериментальной и технической физики, д.т.н. Годлевским В.А. Замечания: 1) некоторые коэффициенты регрессии в выражениях (8) - (21) имеют настолько малую величину, что возникают сомнения в их значимости. Данных о том, проверялись ли коэффициенты на значимость, не приведены; 2) неравномерность электрического поля при микроволновом нагреве обычно требует перемещения (вращения) нагреваемого объекта, либо излучателя. В автореферате нет данных о том, как решалась эта задача на экспериментальной установке.

4. Севастопольский государственный университет, г. Севастополь. Отзыв подписан заведующим кафедрой «Технология машиностроения» д.т.н., профессором Братаном С.М. и доцентом кафедры «Технология машиностроения», к.т.н. Рощупкиным С.И. Замечания: 1) из автореферата не ясно, каким образом осуществлялась оценка адекватности зависимостей (1) и (2); 2) на стр. 9 автореферата сказано, что введение графита в связку АИ позволяет снизить шероховатость поверхности по параметру Ra до 30 %, а на стр. 14 автор приводит данные о снижении того же параметра на 35%; 3) из материала, представленного в автореферате,

не ясны физикохимические процессы, устанавливающие взаимосвязь между содержанием графита в связке инструмента и шероховатостью поверхности обработанной детали.

5. Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева. Отзыв подписан д.т.н., профессором кафедры «Технология машиностроения», Блюменштейном В.Ю. Замечания: 1) получено ли охранное свидетельство на объект интеллектуальной собственности «Программно-информационный комплекс для определения диэлектрической проницаемости полуфабрикатов АИ...»? 2) к сожалению, в автореферате не приведена схема устройства, которое обеспечивает высокопроизводительную засыпку стопок полуфабрикатов легким сыпучим теплоизолятором, а также его удаление после завершения операции термообработки; это затрудняет оценку данной технологии.

6. Тихоокеанский государственный университет, г. Хабаровск. Отзыв подписан д.т.н., доцентом, профессором кафедры «Начертательная геометрия и машинная графика» Вайнером Л.Г. Замечания: 1) при описании методик и результатов натуральных экспериментальных исследований работоспособности кругов, изготовленных с использованием специальных наполнителей и термостатирования при микроволновом нагреве (глава 4) не указаны характеристики используемого шлифовального круга, а также режимы шлифования; 2) каковы границы применимости полученных регрессионных зависимостей (12) - (21)? 3) следовало бы дать схему устройства для обеспечения теплоизоляции полуфабрикатов АИ в процессе их микроволновой термообработки, тем более, что разработка его конструкции является одним из основных результатов диссертационной работы.

7. Братский государственный университет. Отзыв подписан д.т.н., доцентом, профессором кафедры «Технология машиностроения» Лобановым Д.В.; к.т.н., доцентом, доцентом кафедры «Технология машиностроения» Архиповым П.В. Замечания: 1) в автореферате следовало хотя бы схематично привести конструкцию разработанного устройства, обеспечивающего теплоизоляцию полуфабрикатов АИ в процессе их микроволновой термообработки, для более полного представления оригинальности предлагаемой технологии; 2) в задачах исследования заявлена разработка рекомендаций по проектированию технологических процессов изготовления АИ, однако в выводах по результатам работы отсутствуют четкие практические рекомендации по совершенствованию технологии.

8. Ульяновский государственный университет. Отзыв подписан д.т.н., доцентом, заведующим кафедрой «Проектирование и сервис автомобилей» имени И.С. Антонова Хусаиновым А.Ш. Замечание: хотелось бы увидеть сравнительный анализ расчетов распределения напряженности микроволнового поля с реальным его распределением.

9. ОАО «Косулинский абразивный завод». Отзыв подписан генеральным директором Дубровиным В.Л. Замечание: в автореферате отсутствуют сведения о возможности и целесообразности применения предложенной технологии при формовке полуфабрикатов АИ, получаемых методом горячего прессования.

10. Волжский институт строительства и технологий (филиал) ФГБОУ ВПО «Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет». Отзыв подписан к.т.н., доцентом кафедры «Технологии обработки и производства

материалов» Славиным А.В. Замечания: 1) не достаточно полно освещены структурные особенности термообработанных полуфабрикатов АИ; 2) в автореферате не отражена статистическая обработка результатов экспериментов.

11. Приокский государственный университет. Отзыв подписан д.т.н., профессором, директором НОЦ «ОрелНано» Степановым Ю.С. Замечание: из автореферата не ясно, как обеспечивается защита от микроволнового излучения при проведении экспериментов и в промышленных условиях.

12. Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия. Отзыв подписан д.т.н., профессором, Сорокиным В.М. Замечаний нет.

13. Курганский государственный университет. Отзыв подписан д.т.н., профессором, профессором кафедры «Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты» Курдюковым В.И. и к.т.н., доцентом кафедры «Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты» Андреевым А.А. Замечания: 1) отсутствуют результаты исследования влияния предложенного способа термообработки на физикомеханические характеристики инструмента (прочность, твердость, остаточные напряжения и др.); 2) в «Заключении» перечислены только основные результаты работы и не приведены научные выводы.

Председатель

Спасибо. Валерий Викторович, пожалуйста, ответьте на замечания.

Соискатель

На большинство замечаний, присланных на автореферат, ответы есть в диссертации, с частью замечаний я согласен, а на некоторые хотел бы дать пояснения. Итак, на второе замечание д.т.н., проф. Королёва А.В. я бы хотел ответить, что в математических моделях учтено влияние абразивного материала на скорость нагрева в микроволновом поле. Так, при нахождении исходных данных, в программе «NIELSEN» были определены значения диэлектрической проницаемости абразивного материала, который применялся в исследованиях, т.е. электрокорунда белого. При применении другого абразивного материала были бы введены другие исходные данные.

По поводу замечаний д.т.н., проф. Годлевского В.А. На первое замечание вопрос я уже отвечал, что значимость коэффициентов регрессионных зависимостей определяется не только порядком этих коэффициентов, но и порядком переменных. Второе замечание. В микроволновой камере объемом 30 литров объекты нагрева совершали вращательные движения, в опытно-промышленной установке УМБ1Э – возвратно-поступательные. Третье замечание. Зависимости теплоемкости и теплопроводности компонентов АИ приведены на указанном рисунке табличные, а для полуфабрикатов – расчетные.

Третье замечание д.т.н., проф. Братана С.М. Графит представляет собой достаточно инертный материал и не вступает в химические реакции в процессе шлифования, при этом он имеет слоистую структуру, что позволяет ему оказывать антифрикционное воздействие в контакте абразивного материала с заготовкой. Как следствие, применение графита в качестве наполнителя способствует снижению теплосиловой напряженности процесса шлифования.

Первое замечание Блюменштейна В.Ю.: в ближайшем будущем планируется подать заявку на патент «Программно-информационный комплекс для определения изменения скорости нагрева полуфабрикатов и физико-механических параметров полуфабрикатов с наполнителями различной природы».

Первое замечание Дубровина В.Л.: формирование полуфабрикатов АИ, получаемых методом горячего прессования с использованием метода микроволнового нагрева, вполне возможно, однако требует проведения дополнительных исследований и разработки сложного оборудования. У меня всё.

Председатель

Так, спасибо большое. Слово для отзыва предоставляется официальному оппоненту - **д.т.н., профессору Полянчикову Юрию Николаевичу.**

д.т.н., профессор Полянчиков Ю.Н.

Добрый вечер уважаемые коллеги. Я весь отзыв не буду читать, вы работаете уже восемь часов, а приведу краткие, основные на мой взгляд положения из каждого раздела. На взгляд диссертанта и я с ним согласен, одной из принципиальных отличий бакелизации с использованием микроволновой энергетики от традиционной бакелизации при конвективном нагреве заключается в том, что прогрев полуфабрикатов начинается с их внутренних областей, т.к. мощное микроволновое излучение проникает в полуфабрикаты на большую глубину. В связи с этим, разработка новых способов изготовления АИ на ОТС, позволяющих обеспечить повышение производительности их изготовления и качества является актуальной. Достоверность и новизна научных положений подтверждена результатами промышленных экспериментов, позволивших получить ожидаемый годовой экономический эффект от внедрения новой технологии изготовления АИ 520 тысяч рублей. Практическая значимость разработок соискателя. Основным практическим результатом выполненных соискателем исследований является создание новой технологии изготовления АИ на бакелитовой связке с использованием микроволнового излучения, обеспечивающее повышение производительности изготовления и качества АИ. Перспектива использования предлагаемой технологии предприятиями, изготавливающими АИ на бакелитовой связке, весьма широка, особенно в свете решения проблемы импортозамещения. Ну и основной раздел – это замечания, их у меня шесть.

1. В первой главе диссертации очень много внимания уделено технологии изготовления АИ, при этом недостаточно подробно описаны методы достижения равномерности микроволнового нагрева, что не позволяет в достаточной степени объективно оценить перспективность выбранного метода достижения равномерности микроволнового нагрева полуфабрикатов АИ на бакелитовой связке.

2. В диссертации рассматривается несколько методов повышения равномерности микроволнового нагрева за счет повышения равномерности электромагнитного поля, однако автор не использует данные методы и ограничивается лишь снижением тепловых потерь на открытых участках термообрабатываемых полуфабрикатов.

3. Во второй главе, при разработке физической модели нагрева полуфабрикатов АИ с различными радиопоглощающими свойствами в одной микроволновой камере не учитываются потери при отражении электромагнитных волн от стенок камеры, что, очевидно, скажется на точности анализа влияния радиопоглощающих наполнителей на скорость микроволнового нагрева.

4. Не ясно, почему автор проводил исследования микроволнового нагрева полуфабрикатов на примере кругов типоразмера 1 150' 25' 32, но при проведении лабораторных испытаний работоспособности применил АИ типоразмеров 1 150' 25' 32 и 1 300' 40' 76, при опытно-промышленных испытаниях – круги типоразмером 1 600' 75' 305.

5. В списке использованных источников около 18 % составляют публикации ученых, изданных свыше 30 лет тому назад.

6. Вместо термина «средняя квадратическая погрешность» уже давно существует термин «стандартное отклонение».

Общая характеристика диссертационной работы Сапунова Валерия Викторовича. Диссертационная работа является законченной научно-квалификационной работой, в которой изложены новые научно-обоснованные технические и технологические разработки, направленные на решение актуальной для отечественных промышленных производств АИ задачи совершенствования АИ, тем самым диссертация соответствует критериям раздела 2 Положения о порядке присуждения ученых степеней, утвержденному постановлением правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года № 842. Тема, цель, задачи и содержание диссертации соответствуют заявленной специальности 05.02.07 – Технология и оборудование механической и физико-технической обработки (технические науки). Работа выполнена на достаточно высоком научно-техническом уровне. Методики и средства для выполнения исследований адекватны решаемым задачам. Результаты теоретических и экспериментальных исследований, выполненных соискателем, достоверны и достаточны для обоснования сделанных выводов. Диссертация имеет определенную практическую ценность, т.к. предложенные соискателем технология и оборудование для изготовления АИ на бакелитовой связке, с применением микроволнового излучения обеспечивает существенное повышение производительности их изготовления и качества самого инструмента. Перспектива использования предлагаемой технологии на предприятиях изготавливающих АИ на бакелитовой связке весьма широки, особенно в свете решения проблем импортозамещения. Степень апробации результатов работы путем опубликования основных положений в печати, выступления на научно-технических конференциях, форумах, выставках и внедрения в действующее производство достаточно. Общая подготовленность и научный потенциал соискателя весьма высоки. Общие выводы отражают в полном объеме полученные в ходе диссертационного исследования основные результаты работы. Содержание автореферата диссертации отражает основные положения работы и доказательство их достоверности. На основании вышеизложенного, считаю, что рецензируемая диссертационная работа отвечает требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук, а ее автор Сапунов Валерий Викторович заслуживает присуждения ученой степени кан-

дидата технических наук по специальности 05.02.07 – Технология и оборудование механической и физико-технической обработки (технические науки). Спасибо за внимание.

(Отзыв прилагается).

Председатель

Спасибо Юрий Николаевич. Соискателю предоставляется слово для ответа на замечания оппонента.

Соискатель

Я бы хотел поблагодарить Полянчикова Юрия Николаевича за детальное рассмотрение моей диссертации, ваши замечания очень ценны и с первым, вторым и шестым замечаниями я полностью согласен, а по поводу второго, третьего и четвертого замечания я хотел бы пояснить, что решению проблемы повышения равномерности распределения электромагнитного поля посвящено множество исследований, по результатам которых предложены конструкции микроволновых установок, которые обеспечивают достаточно равномерное распределение электромагнитного поля. При этом до сих пор остается нерешенной задача снижения тепловых потерь на открытых участках нагреваемых объектов, решение которой позволит существенно повысить равномерность микроволнового нагрева даже при обеспечении идеальной равномерности распределения электромагнитного излучения. Особенно актуально решение данной задачи при небольших скоростях микроволнового нагрева, которые рассматривались в рамках данной диссертационной работы.

Третье замечание. Рассматриваемая физическая модель разработана для случая, когда полуфабрикаты АИ с различными радиопоглощающими свойствами термообработывают в одинаковых условиях (в одной микроволновой камере). При этом потери при отражении электромагнитных волн от стенок камеры будут одинаково сказываться на скорости нагрева всех одновременно термообработываемых полуфабрикатов.

Четвертое замечание. Круги с наружным диаметром 150 мм применяли для проведения экспериментальных исследований микроволнового нагрева в микроволновой камере объемом 30 литров, обеспечивающей возможность контроля температуры по сечению стопки полуфабрикатов в процессе нагрева. Для оценки влияния модернизированной технологии на показатели работоспособности АИ в зависимости от его типоразмера применяли шлифовальные круги диаметром 150 мм и 300 мм. Шлифовальные круги с наружным диаметром 600 мм были выбраны при проведении опытно-промышленных исследований, исходя из пожелания предприятия, на котором проводились испытания. У меня всё.

Председатель

Юрий Николаевич, Вас удовлетворяют ответы?

д.т.н., профессор Полянчиков Ю.Н.

Да, я удовлетворен ответами.

Председатель

Так, ну у нас второй оппонент работы к.т.н. Орлова Татьяна Николаевна, как мы уже говорили, отсутствует, ее отзыв зачитает Николай Иванович Веткасов.

Ученый секретарь зачитывает отзыв оппонента к.т.н., доцента Орловой Татьяны Николаевны.

(Отзыв прилагается).

Отзыв поступил от официального оппонента к.т.н., доцента Орловой Татьяны Николаевны. Отзыв положительный и содержит все необходимые разделы.

Актуальность темы диссертационного исследования. Перспективным направлением совершенствования технологий термообработки полуфабрикатов АИ на бакелитовой связке является применение сверхвысокочастотной технологии нагрева, позволяющей существенно сократить длительность технологического цикла термообработки и удельные энергозатраты при обеспечении требуемых качественных показателей. Но резкая активизация образования и выделения летучих веществ при быстром и непродолжительном нагреве полуфабрикатов в микроволновом поле может привести к необратимым последствиям вплоть до разрушения полуфабриката. Кроме того микроволновый нагрев не обеспечивает требуемую равномерность распределения температур из-за наличия теплообмена наружных поверхностей термообрабатываемых полуфабрикатов с относительно холодной окружающей средой. В связи с этим задача совершенствования технологии изготовления АИ на бакелитовой связке с применением микроволнового излучения, свободной от приведенных выше недостатков, является актуальной.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации. Соискателем проведена определенная работа по повышению производительности изготовления и улучшению качества АИ на основе совершенствования микроволновой технологии бакелизации полуфабрикатов путём применения специальных наполнителей и термостатирования. Обоснованность научных положений, выводов, рекомендаций и заключений, полученных в диссертации, подтверждается корректным использованием современных методов математического и компьютерного моделирования, а также приведенными результатами натурных экспериментов.

Положения и результаты, выносимые на защиту:

1. Математические модели и зависимости, результаты теоретических исследований влияния количества и вида радиопоглощающих наполнителей связки на изменение скорости микроволнового нагрева полуфабрикатов АИ на бакелитовой связке.

2. Математическая модель и результаты численного моделирования процесса микроволнового нагрева полуфабрикатов АИ в условиях радиопрозрачной теплоизоляции.

3. Результаты экспериментальных исследований эффективности нового способа микроволновой обработки полуфабрикатов АИ с использованием специальных наполнителей связки и теплоизоляции объектов нагрева.

4. Результаты экспериментальных исследований работоспособности АИ, изготовленного с использованием специальных наполнителей и термостатирования при микроволновом нагреве.

Достоверность и новизна научных положений, выводов и рекомендаций. Научные положения, выносимые на защиту, обладают новизной, заключающейся в разработке математической модели и зависимостей, результатов теоретических исследований влияния количества и вида радиопоглощающих наполнителей бакелитовой связки на изменение скорости микроволнового нагрева полуфабрикатов АИ, моделирования процесса микроволнового нагрева полуфабрикатов АИ в условиях радиопрозрачной теплоизоляции. Впервые представлены результаты экспериментальных исследований работоспособности АИ, изготовленного с использованием специальных наполнителей и термостатирования при микроволновом нагреве.

Использование диссертантом методов компьютерного моделирования посредством программного продукта NX 7.5 с одновременным применением современной лабораторной контрольно-измерительной аппаратуры дает основание говорить о высокой достоверности научных положений, выводов и рекомендаций.

Оценка содержания диссертации, ее завершенность. Оппонируемая диссертационная работа обладает всеми признаками законченного научного исследования, что вытекает из ее структурного построения, внутренней логики и системного подхода к рассматриваемым задачам. Диссертация написана грамотно, с использованием современной терминологии. Достаточная апробация результатов в научно-технических изданиях, на конференциях разного уровня обеспечила публичность доступа научной общественности к выносимым на защиту положениям, экспериментальным данным, что убеждает в мысли о состоятельности данного диссертационного исследования и его завершенности.

Значимость для науки и практики полученных автором диссертации результатов. В ходе выполнения диссертационной работы соискателем были получены новые научные результаты:

1. Создан программно-информационный комплекс для определения диэлектрической проницаемости полуфабриката АИ, модифицированных радиопоглощающими наполнителями, а также оценки влияния радиопоглощающих наполнителей на скорость их нагрева в микроволновом поле.

2. Разработана математическая модель микроволнового нагрева полуфабрикатов АИ в условиях радиопрозрачной теплоизоляции для оценки влияния параметров теплоизолирующего материала и режимов термообработки на равномерность нагрева полуфабрикатов и энергоемкость процесса.

3. Определена регрессионная зависимость параметров работоспособности АИ от содержания графита, врезной подачи и скорости стола для заготовок из стали ШХ15 и Р6М5.

4. Разработаны рекомендации по проектированию технологических процессов термообработки полуфабрикатов АИ на бакелитовой связке, содержащей специальные наполнители, с использованием термостатирования.

5. Создано оборудование для обеспечения теплоизоляции полуфабрикатов АИ в процессе их микроволновой термообработки.

По диссертации можно отметить следующие недостатки:

- при формировании цели исследования, сообразуясь с логикой работы, следует учитывать положительные стороны традиционной технологии производства АИ на бакелитовой связке, существующей в настоящее время на заводах - изготовителях АИ (исключение составляет операция термообработки), а именно:

- теорией и практикой на протяжении многих лет доказано высокое водопоглащающее свойство оксида кальция, целесообразно было в табл. 4.1 расширить количество компонентов рецептуры, добавив для сравнения известный наполнитель;

- для проведения исследований, выбраны характеристики, не применяемые широко в АИ на бакелитовой связке, содержащие меньшее содержание воды (соответственно паров воды) в круге, а хотелось, чтобы исследования пошли дальше - исследовались твёрдости СТ, Т.

- отсутствуют данные по возможности проведения термообработки АИ, армированного металлическими элементами.

Указанные замечания не затрагивают основные положения и выводы диссертации, являющейся законченной научно-квалификационной работой, в которой содержатся новые научно-обоснованные технологические разработки, направленные на решение актуальной для отечественных машиностроительных производств задачи совершенствования технологии изготовления АИ на бакелитовой связке.

Тем самым диссертация соответствует требованиям п. 9 раздела II Положения о порядке присуждения ученых степеней, утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842., а ее автор Сапунов В.В. заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.02.07 – Технология и оборудование механической и физико-технической обработки (технические науки). Официальный оппонент, доцент кафедры «Технологические процессы и машины» Волжского института строительства и технологий (филиала) Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета, директор научно- производственного центра «Волжский научно-исследовательский институт абразивов и шлифования» кандидат технических наук Орлова Татьяна Николаевна. Диссертация защищена по специальности 05.03.01. – Технологии и оборудование механической и физико-технической обработки.

Председатель

Спасибо большое. Слово для ответа на замечания оппонента предоставляется соискателю.

Соискатель

С первым замечанием и со вторым пожеланием я согласен, а по поводу третьего замечания хотел бы отметить, что термообработка АИ с металлическими элементами возможна, в частности в ОАО «Димитровградхиммаш» проводилась термообработка АИ с наружным диаметром 600 мм, армированного металлическими кольцами. У меня всё.

Председатель

Спасибо большое. Так, пожалуйста, переходим к дискуссии. Кто хочет выступить? Николай Васильевич, пожалуйста.

д.т.н., профессор Носов Н.В.

Я не буду говорить об актуальности. Она всем очевидна, поэтому я просто поддерживаю, что эта работа актуальна. Ну я в общем-то посмотрел как поставлена цель и как решены эти задачи. Ну, цель работы – повышение производительности изготовления АИ. Это определяет три задачи исследования, тут у меня вопросов нет, этот вопрос был решен положительно. Вторая цель, которая поставлена диссертантом это улучшение качества АИ. А вот в задачах он определил другую, и по-моему более правильно определил эту цель. Значит это экспериментальное исследование влияния наполнителей на технологию, на производительность, структуру и твердость АИ. Т.е. он под качеством понимает структуру и твердость. Я согласен, но это не качество, это параметры АИ, его характеристики. Целью должно быть не качество. Если он качество сделал, тогда понятно, но ведь качество это прочность на разрыв. Вот тогда был бы прямой эксперимент, технология – прочность на разрыв, между прочим, по моему, и первый оппонент говорил и второй, что нужно было прямые эксперименты сделать. Вот тогда можно было бы назвать качество целью, которая была бы достигнута. И третье. Вот по качеству или по характеристикам, АИ один пункт в задачах и один пункт был по экспериментальным исследованиям по работоспособности. Для меня всё равно остался неясным вопрос: какая область материалов может быть охвачена вот этими АИ, потому что стали ШХ15 и Р6М5 – высокотвердые, а опытно-промышленные испытания провели на заготовках из стали 20Х. Почему, ведь можно было эти испытания провести на заготовках из инструментальных и шарикоподшипниковых сталей. Это было бы более объективно. Было бы доказано, что круги подходят для обработки заготовок из высокотвердых материалов. Такие можно высказать замечания по работе. Несмотря на высказанные замечания, считаю, что работа очень интересная, перспективная, тем более об этом все говорили. Я всегда ее буду поддерживать. Спасибо.

Председатель

Спасибо. Петр Михайлович Салов.

д.т.н., профессор Салов П.М.

Я буду краток. Работа мне очень понравилась, четко поставленная и четко решена, что, в общем, отличает её от многих работ, которые выполнялись по кандидатским диссертациям. Охватывает широкий круг вопросов, связывающих заявленную специальность со смежными: технология машиностроения и др., а также затрагивает многие вопросы технологии машиностроения, микроволновой технологии, химической технологии, способов термостатирования, моделирования микроволновых процессов и другие. Затронуты многие интересные физические

ские эффекты. Для нас они интересны, потому что они новые. В достаточной степени большинство из этих вопросов осуществлено именно самим диссертантом. Ну и безусловно с большой помощью, без этого не могло обойтись в той грандиозной, как я считаю, работе которая выполнена. Ну конечно безусловно помощь руководителя и естественно соруководителя Леонида Викторовича безусловно была здесь оказана, почему, потому что невозможно, как я говорю, в классическом машиностроении охватить все вопросы. Работа заслуживает достойной оценки, нет сомнений в том, что работа будет продолжена диссертантом уже в новом качестве и эта работа, конечно, имеет большую научно-практическую ценность. Я думаю, что она уже реализуется эта работа и будет реализована именно в тот момент, когда мы практически мало делаем свой инструмент, надо делать его самим, ну и конечно хорошо, если он будет делаться здесь у нас на Волге. У меня всё. Я буду голосовать «за» двумя руками.

Председатель

Спасибо. Так, еще желающие, кто хочет выступить? Владислав Николаевич.

д.т.н. Ковальногов В.Н.

Я работу поддерживаю и считаю, что мы долго ее обсуждали. Выяснили, что работа соответствует всем критериям, я работу поддерживаю.

Председатель

Так, еще есть какие-нибудь предложения? Замечания есть?

Соискателю предоставляется заключительное слово.

Соискатель

Я бы хотел поблагодарить кафедру «Технология машиностроения» за те знания, которые она мне дала и которые пригодились мне при написании данной диссертационной работы. Хотел бы поблагодарить диссертационный совет за ценные замечания, которые обязательно будут учтены при дальнейших исследованиях. Лично хотел бы поблагодарить научного руководителя Веткасова Николая Ивановича за поддержку при написании и лично хотел поблагодарить Капустина Анатолия Ивановича за ценные замечания и наставления при написании диссертационной работы. Спасибо всем.

Председатель

Спасибо. Переходим к голосованию. По составу счетной комиссии поступило следующее предложение: избрать в счетную комиссию Унянина Александра Николаевича, Захарова Олега Владимировича и Денисенко Александра Федоровича. Очень хороший состав.

Прошу проголосовать: кто за данный состав? Так, все, единогласно.

Председатель

Прошу счетную комиссию приступить к работе.

(Счетная комиссия организует тайное голосование.)

Председатель

Уважаемые коллеги! Все у нас на месте? Продолжим работу. Слово предоставляется председателю счетной комиссии Денисенко А.Ф.

Оглашается протокол счетной комиссии.

(Протокол счетной комиссии прилагается).

Кто за? (Все).

Кто против? (Нет).

Кто воздержался? (Нет).

Протокол счетной комиссии утверждается единогласно.

Таким образом, на основании результатов тайного голосования (за - 16 , против - нет , недействительных бюллетеней - нет) диссертационный совет Д 999.003.02 при Ульяновском государственном техническом университете признает, что диссертация **В.В. Сапунова** содержит решение задачи по повышению производительности изготовления и качества АИ на бакелитовой связке, имеющее существенное значение для развития технологии механической обработки. Работа соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям (п. 9 Положения о порядке присуждения ученых степеней), и присуждает **Сапунову Валерию Викторовичу** ученую степень кандидата технических наук по специальности **05.02.07 - Технология и оборудование механической и физико-технической обработки (технические науки).**

Председатель

У членов Совета имеется проект заключения по диссертации **В.В. Сапунова**. Есть предложение принять его за основу. Нет возражений? (Нет). Принимается.

Какие будут замечания, дополнения к проекту заключения?

(Обсуждение проекта).

Председатель

Еще есть замечания? (Нет). Тогда, если всё, прошу Вас проголосовать за принятие заключения в целом с учетом редакционных замечаний.

Кто за? (Все).

Кто против? (Нет).

Кто воздержался? (Нет).
Принимается единогласно.

Заключение объявляется соискателю.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ОБЪЕДИНЕННОГО ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА
Д999.003.02 НА БАЗЕ

федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Ульяновский государственный технический университет» и федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Тольяттинский государственный университет» по диссертации
НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 28.12.2015 № 11

О присуждении Сапунову Валерию Викторовичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Совершенствование технологии изготовления абразивного инструмента на бакелитовой связке с применением микроволнового излучения» по специальности 05.02.07 – «Технология и оборудование механической и физико-технической обработки» принята к защите 22.10.2015, протокол № 8, объединенным диссертационным советом Д999.003.02 на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения (ФГБОУ) высшего профессионального образования (ВПО) «Ульяновский государственный технический университет» Министерства образования и науки Российской Федерации 432027, г. Ульяновск, ул. Северный Венец, д. 32 и ФГБОУ ВПО «Тольяттинский государственный университет» Министерства образования и науки Российской Федерации, 445667, Самарская область, г. Тольятти, ул. Белорусская, д. 14, приказ о создании диссертационного совета №123/нк от 17 февраля 2015 года.

Соискатель Сапунов Валерий Викторович, 1987 года рождения. В 2010 году соискатель окончил ФГБОУ ВПО «Ульяновский государственный технический университет». В 2013 году окончил очную аспирантуру ФГБОУ ВПО «Ульяновский государственный технический университет»; работает старшим преподавателем на кафедре «Технология машиностроения» ФГБОУ ВПО «Ульяновский государственный технический университет» Министерства образования и науки Российской Федерации.

Диссертация выполнена на кафедре «Технология машиностроения» ФГБОУ ВПО «Ульяновский государственный технический университет» Министерства образования и науки Российской Федерации.

Научный руководитель - доктор технических наук, доцент Веткасов Николай Иванович, ФГБОУ ВПО «Ульяновский государственный технический университет», кафедра «Технология машиностроения», заведующий кафедрой, профессор кафедры.

Официальные оппоненты:

Полянчиков Юрий Николаевич, д.т.н., профессор, ФГБОУ ВО «Волгоград-

ский государственный технический университет», кафедра «Технология машиностроения», профессор кафедры;

Орлова Татьяна Николаевна, к.т.н., доцент, Волжский институт строительства и технологий (филиал) ФГБОУ ВПО «Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет», кафедра «Технологические процессы и машины», доцент кафедры

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация ФГБОУ ВО «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.», г. Саратов, в своем положительном заключении, подписанном Янкиным Игорем Николаевичем (д.т.н., профессор, кафедра «Проектирование технических и технологических комплексов», профессор кафедры), Коломейцевым Вячеславом Александровичем (д.т.н., профессор, кафедра «Радиоэлектроника и телекоммуникации», профессор кафедры) и утвержденном Сытником Александром Александровичем, д.т.н., профессором, первым проректором ФГБОУ ВО «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.» указала, что диссертация Сапунова Валерия Викторовича на тему «Совершенствование технологии изготовления абразивного инструмента на бакелитовой связке с применением микроволнового излучения», представленная к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.02.07 – «Технология и оборудование механической и физико-технической обработки», является научно-квалификационной работой, в которой содержатся новые научно-обоснованные результаты, направленные на решение актуальной для отечественных машиностроительных производств задачи совершенствования технологии изготовления абразивного инструмента (АИ) на бакелитовой связке.

Соискатель имеет 33 опубликованных работы, в том числе по теме диссертации 29 работ, 2 статьи в рецензируемых научных изданиях. Получены 3 патента РФ на новые способы изготовления АИ на бакелитовой связке. Общий объем работ по теме диссертации составляет 7,25 п.л., из них авторский вклад соискателя составляет 2,8 п.л.). Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Худобин, Л.В. Работоспособность шлифовальных кругов с наполнителями из углеродсодержащих материалов, бакелизированных в СВЧ-поле / Л.В. Худобин, Н.И. Веткасов, С.М. Михайлин, В.В. Сапунов // Вектор науки Тольят. гос. ун-та. – 2011. – № 1(15). – С. 56 – 62.

2. Сапунов, В.В. Математическое моделирование микроволнового нагрева полуфабрикатов абразивного инструмента / В.В. Сапунов, Н.И. Веткасов, Л.В. Худобин // Вектор науки Тольят. гос. ун-та. – 2015. – № 3-1 (33-1). – С. 117 – 122.

3. Способ СВЧ-термообработки полуфабрикатов из композиционных материалов на органических термореактивных связках: пат. 2545939, Рос. Федерация : МПК8 В 24 D 18/00 / А.И. Капустин, Л.В. Худобин, В.В. Сапунов, Н.И. Веткасов, С.М. Михайлин, А.А. Капустин; заявитель и патентообладатель Ульянов. гос. техн. ун-т. – № 2013157961/02; заявл. 25.12.13, опубл. 10.04.15, Бюл. № 10. – 7 с.

4. Веткасов, Н.И. Модификация связки абразивных инструментов для ускорения полимеризации полуфабрикатов при нагреве в сверхвысокочастотном поле / Н.И. Веткасов, Л.В. Худобин, В.В. Сапунов // Инжиниринг техно 2014 : сб. тр. II

междунар. науч.-практ. конф. / Саратов. гос. техн. ун-т. – Саратов, 2014. – Т.2. – С. 216 – 224.

5. Веткасов, Н.И. Термообработка полуфабрикатов абразивного инструмента в микроволновом поле с применением радиопрозрачной теплоизоляции / Н.И. Веткасов, В.В. Сапунов // Современные направления и перспективы развития технологий обработки и оборудования в машиностроении: труды междунар. науч.-техн. конф. / ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет». – Севастополь, 2015. – С. 20 – 25.

На диссертацию и автореферат поступили 13 отзывов:

ООО «Петербургский абразивный завод «Ильич». Отзыв подписан д.т.н., профессором, начальником отдела абразивной обработки ООО «Петербургский абразивный завод «Ильич» Кременем З.И. Отзыв положительный, замечания: 1. Не приведены вид шлифования, характеристики кругов, режимы шлифования, использованные в исследовании. 2. Отсутствуют данные об измерительных средствах для контроля сил резания, параметра Ra , износа круга. **ФГБОУ ВО «Саратовский государственный технический университет им. Гагарина Ю.А».** Отзыв подписан д.т.н., Заслуженным деятелем науки РФ, профессором кафедры «Технология машиностроения» Королёвым А.В. Отзыв положительный, замечания: 1. Из автореферата не понятно, какими характеристиками обладали используемые в АИ абразивные зерна. 2. Не ясно, учтено ли в математических моделях влияние абразивных зерен на скорость микроволнового нагрева и характер температурного поля при термообработке АИ. 3. В пятой главе диссертации представлена конструкция устройства, однако схема и принцип работы этого устройства в автореферате отсутствуют, что не позволяет оценить его технический уровень и новизну. **ФГБОУ ВПО «Ивановский государственный университет».** Отзыв подписан д.т.н., профессором кафедры экспериментальной и технической физики Годлевским В.А. Отзыв положительный, замечания: 1. Некоторые коэффициенты регрессии в выражениях (8) - (21) имеют настолько малую величину, что возникают сомнения в их значимости. Данных о том, проверялись ли коэффициенты на значимость, не приведены. 2. Неравномерность электрического поля при микроволновом нагреве обычно требует перемещения (вращения) нагреваемого объекта либо излучателя. В автореферате нет данных о том, как решалась эта задача на экспериментальной установке. 3. Непонятно, какие результаты представлены на рис. 4: экспериментальные или расчетные. 4. Желательно было сформулировать более основательно обоснование выбора химической природы наполнителей. **ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет».** Отзыв подписан д.т.н., профессором кафедры, заведующим кафедрой «Технология машиностроения» Братаном С.М.; к.т.н., доцентом кафедры «Технология машиностроения» Рощупкиным С.И. Отзыв положительный, замечания: 1. Из автореферата не ясно, каким образом осуществлялась оценка адекватности зависимостей (1) и (2); на стр. 9 автореферата сказано, что введение графита в связку АИ позволяет снизить шероховатость поверхности по параметру Ra до 30 %, а на стр. 14 автор приводит данные о снижении того же параметра на 35 %. 2. Из материала, представленного в автореферате, не ясны физико-химические процессы, устанавливающие взаимосвязь между содержанием графита в связке инструмента

и шероховатостью поверхности обработанной детали. **ФГБОУ ВО «Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева»**. Отзыв подписан д.т.н., профессором кафедры «Технология машиностроения», Блюменштейном В.Ю. Отзыв положительный, замечания: 1. Получено ли охранный свидетельствование на объект интеллектуальной собственности «Программно-информационный комплекс для определения диэлектрической проницаемости полуфабрикатов АИ ...»? 2. К сожалению, в автореферате не приведена схема устройства, которое обеспечивает высокопроизводительную засыпку стопок полуфабрикатов легким сыпучим теплоизолятором, а также его удаление после завершения операции термообработки; это затрудняет оценку данной технологии.

ФГБОУ ВО «Тихоокеанский государственный университет». Отзыв подписан д.т.н., доцентом, профессором кафедры «Начертательная геометрия и машинная графика» Вайнером Л.Г. Отзыв положительный, замечания: 1. При описании методик и результатов натуральных экспериментальных исследований работоспособности кругов, изготовленных с использованием специальных наполнителей и термостатирования при микроволновом нагреве (гл. 4) не указаны характеристики используемого шлифовального круга, а также режимы шлифования. 2. Каковы границы применимости полученных регрессионных зависимостей (12) - (21)? 3. Следовало бы дать схему устройства для обеспечения теплоизоляции полуфабрикатов АИ в процессе их микроволновой термообработки, тем более, что разработка его конструкции является одним из основных результатов диссертационной работы.

ФГБОУ ВО «Братский государственный университет». Отзыв подписан д.т.н., доцентом, профессором кафедры «Технология машиностроения» Лобановым Д.В.; к.т.н., доцентом, доцентом кафедры «Технология машиностроения» Архиповым П.В. Отзыв положительный, замечания: 1. В автореферате следовало хотя бы схематично привести конструкцию разработанного устройства, обеспечивающего теплоизоляцию полуфабрикатов АИ в процессе их микроволновой термообработки, для более полного представления оригинальности предлагаемой технологии. 2. В задачах исследования заявлена разработка рекомендаций по проектированию технологических процессов изготовления АИ, однако в выводах по результатам работы отсутствуют четкие практические рекомендации по совершенствованию технологии.

ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный университет». Отзыв подписан д.т.н., доцентом, заведующим кафедрой «Проектирование и сервис автомобилей» имени И.С. Антонова Хусаиновым А.Ш. Отзыв положительный, замечание: хотелось бы увидеть сравнительный анализ расчетов распределения напряженности микроволнового поля с реальным его распределением.

ОАО «Косулинский абразивный завод». Отзыв подписан генеральным директором Дубровиным В.Л. Отзыв положительный, замечание: в автореферате отсутствуют сведения о возможности и целесообразности применения предложенной технологии при формовке полуфабрикатов АИ, получаемых методом горячего прессования.

Волжский институт строительства и технологий (филиал) ФГБОУ ВПО «Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет». Отзыв подписан к.т.н., доцентом кафедры «Технологии обработки и производства материалов» Славиным А.В. Отзыв положительный, замечания: 1. Не достаточно полно освещены структурные особенности

термообработанных полуфабрикатов АИ. 2. В автореферате не отражена статистическая обработка результатов экспериментов. **ФГБОУ ВО «Приокский государственный университет»**. Отзыв подписан д.т.н., профессором, директором НОЦ «ОрелНано» Степановым Ю.С. Отзыв положительный, замечание: из автореферата не ясно, как обеспечивается защита от микроволнового излучения при проведении экспериментов и в промышленных условиях. **ФГБОУ ВО «Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия»**. Отзыв подписан д.т.н., профессором, Сорокиным В.М. Отзыв положительный, замечаний нет. **ФГБОУ ВПО «Курганский государственный университет»**. Отзыв подписан д.т.н., профессором, профессором кафедры «Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты» Курдюковым В.И. и к.т.н., доцентом кафедры «Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты» Андреевым А.А. Отзыв положительный, замечания: 1. Отсутствуют результаты исследования влияния предложенного способа термообработки на физикомеханические характеристики инструмента (прочность, твердость, остаточные напряжения и др.). 2. В «Заключении» перечислены только основные результаты работы и не приведены научные выводы.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их компетентностью, научным и практическим опытом в области исследования по теме диссертации, подтверждаемыми публикациями по теме диссертации в рецензируемых научных изданиях, а также способностью определить научную и практическую ценность диссертации.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработана научная концепция формирования температурного поля в объектах нагрева под воздействием микроволнового излучения в зависимости от наличия радиопоглощающих наполнителей в объектах и применения специальной радиопрозрачной теплоизоляции в процессе нагрева;

предложен системный подход к анализу эффективности применения адсорбирующих и радиопоглощающих наполнителей АИ на бакелитовой связке, а также различных материалов, способных обеспечить теплоизоляцию объектов в процессе микроволнового нагрева;

доказана целесообразность и перспективность использования результатов диссертационной работы при разработке технологических процессов изготовления АИ на бакелитовой связке в промышленности и их оптимизации при проведении научных исследований.

введен новый рабочий термин «сыпучая радиопрозрачная теплоизоляция», определяющий новый способ термостатирования объектов в процессе их микроволнового нагрева.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказана возможность повышения качества АИ на бакелитовой связке и производительности процесса его термообработки с использованием микроволнового излучения путем применения адсорбирующих и радиопоглощающих наполнителей и сыпучей радиопрозрачной теплоизоляции;

применительно к проблематике диссертации результативно (эффектив-

но, то есть с получением обладающих новизной результатов) **использованы** адекватные решаемой задаче современные методы исследования, базирующиеся на основных положениях теорий тепломассопереноса и распространения электромагнитных волн; программный комплекс конечно-элементных расчетов NX 7.5, позволяющий проводить численное моделирование процессов тепломассопереноса.

изложены основные закономерности изменения скорости микроволнового нагрева полуфабрикатов АИ на бакелитовой связке в зависимости от вида и содержания радиопоглощающих и абсорбирующих наполнителей;

раскрыты ключевые понятия, имеющие существенное значение для интерпретации основных результатов исследования влияния микроволнового нагрева на эффективность процесса полимеризации полуфабрикатов АИ;

изучены современные концепции отечественных и зарубежных исследователей в области совершенствования микроволнового способа термообработки изделий из композиционных материалов на органическом связующем;

проведена модернизация существующих математических моделей микроволнового нагрева композиционных материалов, учитывающая наличие сыпучей радиопрозрачной теплоизоляции и радиопоглощающих наполнителей и обеспечивающая получение новых научных результатов по теме исследований.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

разработаны и внедрены в учебный процесс ФГБОУ ВПО «Ульяновский государственный технический университет» программно-информационный комплекс для определения диэлектрической проницаемости полуфабрикатов АИ, модифицированных радиопоглощающими наполнителями, а также оценки влияния радиопоглощающих наполнителей на скорость нагрева полуфабрикатов в микроволновом поле, методики численного моделирования процесса микроволнового нагрева и исследования работоспособности АИ на бакелитовой связке, изготовленного по модернизированной технологии; на предприятии ООО «Автодеталь-Сервис» проведены опытно-промышленные испытания АИ, термообработанного в микроволновом поле в условиях теплоизоляции с наполнителем из графита;

определены перспективы практического использования предложенных способов термообработки и рецептур АИ на бакелитовой связке, обеспечивающих улучшение их качества, повышение производительности их изготовления и работоспособности;

создана система практических рекомендаций по проектированию технологического процесса изготовления АИ на бакелитовой связке с применением специальных наполнителей связки и термостатирования при микроволновом нагреве полуфабрикатов АИ;

представлены методические рекомендации по использованию численных методов решения разработанных математических моделей, а также новые способы термообработки полуфабрикатов АИ на бакелитовой связке, защищённые тремя патентами РФ на изобретения.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ использовали сертифицированное оборудование с применением современного программного обеспечения; доказана воспроизводимость результатов исследования в различных условиях;

теория построена на известных, проверяемых данных, характеризующих эффективность применения микроволнового способа термообработки и специальных наполнителей, и методах оценки работоспособности АИ, применяемых другими исследователями в области абразивной обработки;

идея базируется на обобщении и анализе передового опыта абразивной промышленности в технологии изготовления АИ на бакелитовой связке и опыта его применения на машиностроительных предприятиях;

использованы сравнения авторских данных и данных, полученных ранее по рассматриваемой тематике в таких областях как: СВЧ диэлектрический нагрев, работоспособность АИ, химическая абсорбция, а также сравнения с практическим опытом решения поставленных задач;

установлено качественное и количественное соответствие результатов исследования с аналогичными, представленными в научной литературе по формированию температурных полей при воздействии микроволнового излучения и технологических свойств АИ, модифицированного специальными наполнителями;

использованы современные методики сбора и обработки исходной информации, программный комплекс NX 7.5, программные пакеты Mathcad и Microsoft Excel, методики статистической обработки данных, полученных в ходе экспериментальных исследований;

Личный вклад соискателя состоит в его непосредственном участии на всех этапах выполнения исследования, включая проведение теоретических исследований, разработку методов и средств повышения качества АИ на бакелитовой связке и производительности его изготовления, модернизацию опытно-промышленной СВЧ-установки УМБ1Э; получение, обработку и интерпретацию результатов экспериментальных исследований; апробацию результатов исследования на международных и всероссийских конференциях; подготовку публикаций по выполненной работе.

Диссертация охватывает основные вопросы поставленной научной задачи и соответствует критерию внутреннего единства, что подтверждается наличием последовательного плана исследований и основной идейной линии, взаимосвязью поставленных задач и полученных выводов.

Диссертационный совет пришел к выводу о том, что диссертация представляет собой научно-квалификационную работу, в которой содержится решение задачи по повышению производительности изготовления и улучшению качества АИ на бакелитовой связке, имеющей существенное значение для развития технологии механической обработки.

Работа соответствует критериям, установленным Положением о порядке присуждения ученых степеней, утвержденным Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842.

На заседании 28.12.2015 диссертационный совет принял решение присудить Сапунову Валерию Викторовичу ученую степень кандидата технических наук по

специальности 05.02.07 – Технология и оборудование механической и физико-технической обработки (технические науки).

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 17 человек, из них 10 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 20 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: за 16, против нет, недействительных бюллетеней нет (член совета проф. Драчев О.И. временно покидал заседание по состоянию здоровья и не принимал участие в голосовании).

Защита окончена. Есть ли замечания по процедуре защиты? (Нет).

Поздравляет соискателя с успешной защитой. Благодарит членов совета и всех участников за внимание.

Заседание объявляется закрытым.

Председатель
диссертационного совета
Д 999.003.02
д.т.н., профессор



В.П. Табаков

Ученый секретарь
диссертационного совета
Д 999.003.02
д.т.н., доцент

У.В.с.

Н.И. Веткасов