

«УТВЕРЖДАЮ»

Первый проректор ФГБОУ ВО
«Саратовский государственный техни-
ческий университет имени
Гагарина Ю.А.» д.т.н., профессор

А.А. Сытник

2015 г.



ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.» (г. Саратов) на диссертацию Сапунова Валерия Викторовича «Совершенствование технологии изготовления абразивного инструмента на бакелитовой связке с применением микроволнового излучения», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.02.07 – Технология и оборудование механической и физико-технической обработки

Структура диссертации

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, содержит 60 рисунков и 50 таблицы.

Актуальность темы диссертационного исследования

Абразивная обработка конструкционных материалов путем шлифования является высокопроизводительным методом обеспечения точности размера, взаимного расположения поверхностей и их шероховатости деталей различной формы и размеров. Автоматизация контроля параметров качества обработки, включая профилирование и периодическую правку инструмента в технологическом цикле, в настоящее время реализуется в шлифовальных станках и машинных центрах, оснащенных компьютерными системами управления циклом и контроля состояния механизмов станка. Постепенное смещение акцентов в промышленном производстве машин, агрегатов и приборов в сторону уменьшения доли обработки резанием и возрастания операций прецизионной штамповки,

Handwritten mark

прессования, прокатки, 3-D формообразования делает актуальным совершенствование финишных технологий обработки: шлифования, хонингования, доводки. Технологические параметры указанных процессов во многом определяются качественными показателями применяемого абразивного (алмазного) инструмента. Однако, абразивно-алмазный инструмент имеет несколько важных особенностей, связанных с его структурой, образованной абразивными зёрнами и связкой. Среди этих особенностей можно выделить крайнюю неоднородность структуры, хаотичное распределение зёрен, пор и мостиков связки, неравномерность сил удержания зёрен, неравномерность их выступания над связкой (разновысотность), крайне нерациональные углы резания, определяемые формой единичных зёрен. В результате процесс, например, шлифования, сопровождается достаточно высокими силами в контактной зоне и температурной напряжённостью, заполнением пор шламом (засаливанием), вырывом зёрен из связки. Это приводит к нарушению формы профиля инструмента, отражающейся на детали, и снижению производительности. Особенно это характерно для обработки высокотвёрдых и прочных материалов, применяющихся при изготовлении деталей топливных агрегатов, двигателей, подшипников, приборов. Поэтому в цикле шлифования приходится вводить операции правки шлифовального круга. Частые правки увеличивают непроизводительное машинное время, сокращают период эксплуатации инструмента. Поэтому задача повышения стойкости абразивного инструмента и его режущей способности является актуальной.

Одной из наиболее ответственных технологических операций изготовления абразивного инструмента на органических терморезактивных связках и, в частности, на наиболее широко применяемой бакелитовой связке является термообработка его полуфабрикатов, в процессе которой формируются эксплуатационные свойства инструмента (прочность, твердость и др.) и остаточные напряжения. Характеристики абразивного инструмента в основном формируются при изготовлении полуфабриката в процессе термообработки композиции «связка-абразивные зёрна». Неоднородность структуры и состава и, как следствие - тепловых потоков, приводит к неравномерности формирования характеристик полуфабриката. Испарение жидкости в перегретых зонах может привести к нарушению целостности полуфабриката, местной потере прочности и, как следствие, к браку или снижению стойкости инструмента и ухудшению его эксплуатационных характеристик.

Технологическое применение СВЧ диэлектрического нагрева вместо конвективных способов имеет преимуществами сокращение времени на операцию, объёмный характер нагрева, повышающий равномерность формирования характеристик. Поэтому перспективным направлением совершенствования технологий бакелизации полуфабрикатов также можно считать применение диэлектрического нагрева в СВЧ электромагнитном поле, обеспечивающего резкое сокращение длительности технологического цикла термообработки (до пяти раз) и удельных энергозатрат (до двух раз). В настоящее время благодаря работам отечественных и зарубежных ученых: Ю.С. Архангельского, В.А. Коломейцева, Е.В. Колесникова, В.А. Царева, А.Н. Каргина, Г.А. Морозова, О.Г. Морозова, И.А. Рогова, Л.Э. Рикенглаза, Г. Пюшнера, J. R. Cannon, W. C. Chew, A. Rizek, T. L. White и других в основном создана теория СВЧ нагрева ди-

электрических материалов и разработаны научные основы расчета СВЧ камер различного типа и технологических магнетронов, реализованные в установках промышленного и бытового назначения. В работах С.Г. Калгановой, С.К. Слепцовой получены результаты, свидетельствующие о положительном влиянии на прочность и другие свойства стекловолоконных и других полимерных материалов нетеплового СВЧ воздействия. Найдены технические решения СВЧ камер с повышенной равномерностью нагрева, помещаемых в них материалов.

Однако, часть научно-практических вопросов технологического применения СВЧ диэлектрического нагрева остается не вполне решенной. В основном это касается обработки неоднородных по структуре и составу материалов, компоненты которых существенно различаются по тепло- и электрофизическим, а также механическим свойствам. Неоднородность структуры и большие габаритные размеры полуфабрикатов абразивного инструмента снижают эффект равномерности нагрева в СВЧ электромагнитном поле, поскольку стабильность тепловых процессов определяется глубиной проникновения электромагнитной волны и частотой. Частотные параметры СВЧ электромагнитного поля тем не менее ограничены разрешенными величинами 432, 950, 2450 МГц, что снижает возможности управления глубиной проникновения волны. Кроме того, резкая активизация образования и выделения летучих веществ при ускоренном СВЧ нагреве полуфабрикатов может приводить к необратимым последствиям, вплоть до разрушения полуфабриката.

В соответствии с изложенным решение задачи обеспечения выпуска абразивного инструмента 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

Автором в процессе выполнения данного диссертационного исследования получены следующие новые научные результаты.

1. Комплекс математических моделей процессов СВЧ диэлектрического нагрева полуфабрикатов абразивного инструмента 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 абразивного инструмента 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 обеспечив возможность повышения скорости нагрева без образования высоких напряжений и нарушения целостности полуфабрикатов. Также следует отметить как несомненную за-

службу 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.

5. По данным проведенных натурных экспериментов разработаны регрессионные зависимости параметров оценивания работоспособности абразивного инструмента, изготовленного с использованием термостатирования при СВЧ диэлектрическом нагреве, от режимов шлифования и объемного содержания наполнителя, адекватность которых реальному процессу подтверждена путем математической обработки экспериментальных данных.

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 исследований, основ планирования экспериментов, положений технологии машиностроения. Достоверность результатов аналитических разработок подтверждается натурными экспериментами и совпадением некоторых результатов с данными других исследователей, апробацией материалов диссертации на конференциях и заседаниях научных и научно-педагогических коллективов, двадцатью девятью опубликованными работами и результатами опытно-промышленных испытаний.

Практическая значимость разработок соискателя

Практическая значимость диссертационной работы В.В. Сапунова определяется следующими практическими результатами:

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

- программно-информационный комплекс для определения диэлектрической проницаемости полуфабрикатов абразивного инструмента, модифицированных радиопоглощающими наполнителями, а также оценки влияния радиопоглощающих наполнителей на скорость их нагрева в СВЧ электро-

магнитном поле;

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

- оборудование для обеспечения теплоизоляции полуфабрикатов абразивного инструмента в процессе их термообработки.

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

Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации

С целью дальнейшего совершенствования технологии изготовления абразивного инструмента на бакелитовой связке с применением СВЧ диэлектрического нагрева целесообразно продолжить работу по этой тематике в Ульяновском государственном техническом университете на кафедре «Технология машиностроения».

Результаты диссертационной работы рекомендуется использовать на промышленных производственных предприятиях, в том числе ОАО "Лужский абразивный завод" 188230, г. Луга, Ленинградская обл., ул. Красноармейская, 32; ЗАО «Росси» 454085, г. Челябинск, Ленина проспект, 2А; ОАО «Косулинский абразивный завод» 624053, Россия, Свердловская область, р.п. Верхнее Дуброво, ул. Победы, 1; в научно-исследовательской деятельности кафедры «Технология машиностроения» Ульяновского государственного технического университета, а также в учебном процессе при подготовке магистров по программе 15.04.05 – «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств».

Публикации

По теме диссертации автором опубликовано 29 работ, в том числе – 2 статьи в изданиях из перечня ВАК и 3 патента РФ.

Апробация 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 абразивных инструментов. Однако, не обозначены подходы к решению актуальных задач, реализуемых в диссертации.

2. В диссертации приведены исследования по эффективности обработки с использованием абразивных инструментов 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, постро-

енная 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: $\varepsilon = \varepsilon'(1 - \operatorname{tg}\delta)$. 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 абразивного инструмента 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 абразивного инструмента 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 техниче-

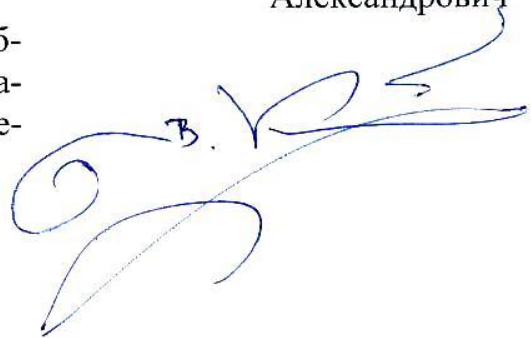
ского университета имени Гагарина Ю.А. « 7 » декабря 2015 года, протокол № 9.

Профессор кафедры «Проектирование технических и технологических комплексов», доктор технических наук, профессор,
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.»
410054, г. Саратов, ул. Политехническая, 77
Тел. (845-2) 99-86-31
E-mail: ptk@sstu.ru


Янкин
Игорь
Николаевич

Профессор кафедры «Радиоэлектроника и телекоммуникации», доктор технических наук, профессор,
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.»
410054, г. Саратов, ул. Политехническая, 77
Тел. (845-2) 99-88-18
E-mail: rt.sstu@gmail.com

Коломейцев
Вячеслав
Александрович



Подписи И.Н. Янкина и В.А. Коломейцева заверяю

