

УТВЕРЖДАЮ
Генеральный директор
АО «НПО «Техномаш»
им. С.А. Афанасьева»
кандидат технических наук

Д.В. Власов
2024 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации Акционерного общества «Научно-производственное объединение «Техномаш» имени С.А. Афанасьева» на диссертационную работу, представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук аспирантом Стародубцевым Игорем Геннадьевичем по теме «Проектирование и реализация эффективных технологических процессов изготовления по фотошаблонам прецизионных деталей в опытном производстве» по специальностям: 2.5.6.Технология машиностроения и 2.5.5. Технология и оборудование механической и физико-технической обработки.

Актуальность темы и цель диссертационной работы. Опыт отработки технологичности изготовления наукоемких изделий авиакосмической техники однозначно показал, что при производстве ограниченных партий металлических изделий из тонкого листа наиболее технологичным оказался комбинированный метод электрохимической размерной обработки по одноразовым фотошаблонам, практически не требующих для их изготовления сложного оборудования и легко поддающихся переналадке. Однако в процессе применения шаблонов, в основном из фотоэмульсии, выявился ряд недостатков, ограничивающих их использование даже в опытном производстве. К ним относятся: ограничение глубины зоны разделения материала детали, значительное снижение точности обработки и качества граничных поверхностей по глубине профиля, слабая изученность связей между свойствами фотошаблонов и режимами разделения или обработки контура металлических заготовок с обеспечением требуемого качества деталей, особенно прецизионных, с малым тиражом их изготовления. Это потребовало создания и применения новых видов фотошаблонов, изучения их свойств применительно к комбинированным методам обработки и к опытному производству, отладки технологии изготовления деталей перспективных изделий машиностроения.

Актуальность тематики подтверждается тем, что она выполнялась в соответствии с Федеральной космической программой России на 2016-2025 годы под шифром «Феникс». Основные разделы работы выполнены по тематическим карточкам Государственной корпорации «Роскосмос» в рамках федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» и научным направлением Воронежского государственного технического университета по ГБ НИР 2019.15: «Разработка, исследование и практическое использование нетрадиционных методов и средств проблемно-ориентированного повышения производственной технологичности аэрокосмической техники нового поколения».

Целью работы является создание универсальной ресурсосберегающей технологии ускоренного изготовления по фотошаблонам ограниченных тиражей деталей со сложнопрофильными элементами и повышенной глубиной зоны обработки для выпуска опытных образцов и сборочных единиц, испытание и совершенствование перспективных изделий отечественного производства на последовательных этапах отработки их технологичности с сокращенными сроками и ресурсопотреблением на стадии запуска в серийное производство.

Соответствие диссертации и автореферата установленным требованиям. Представленная диссертационная работа состоит из введения, 4 глав, заключения, списка литературы из 113 наименований, 2 приложений. Материал изложен на 156 страницах с 4 таблицами, 34 рисунками.

Во введении обоснована актуальность решаемой проблемы, сформулированы цель и задачи исследования, изложены основные положения, вынесенные на защиту, показаны научная новизна и практическая значимость результатов работы.

В первой главе изложены результаты анализа особенностей, спроектированных и реализованных технологических систем опытного производства, специфика построения технологического процесса и организации опытного производства запускаемых изделий машиностроения с использованием продуктов интеллектуальной собственности. Выполненные исследования послужили базой для обоснования цели и решаемых в работе задач, приведенных во введении диссертации.

Во второй главе рассмотрены методы, пути и последовательность решения поставленных задач, сформулированы научные гипотезы, автором спроектирован алгоритм, учитывающий специфику организации опытного производства и открывающий пути решения задач для достижения цели, поставленной в работе.

В третьей главе рассмотрены вопросы моделирования процесса изготовления по фотошаблонам прецизионных деталей в опытном производстве ограниченного выпуска с использованием в качестве покрытия фоторезистов. С учетом научных гипотез, сведений о фоторезистах сформулирована физическая модель, определяющая возможность назначения и расчета технологических режимов электрохимической и комбинированной обработки по быстропереналаживаемым фотошаблонам высокоточных деталей в опытном производстве. Научно обосновано (применительно к фоторезистам и изделиям машиностроения) применение наиболее эффективных способов и схем нанесения на шаблоны различных видов покрытий. На базе физической модели проведено математическое моделирование и создана система управления размерным формообразованием по быстропереналаживаемым фотошаблонам на базе фоторезистов.

В четвертой главе рассмотрено проектирование, реализация и перспективы расширенного использования технологии обработки деталей по фотошаблонам с учетом специфики и перспектив снижения затрат на ограниченные партии деталей с использованием преимуществ опытного производства. Обоснована и реализована возможность регулирования управления технологическими режимами и электромагнитными полями с помощью многослойных шаблонов для изменения геометрии сечений, и положения осей каналов и отверстий для создания перспективных изделий преимущественно для авиакосмической отрасли машиностроения, в том числе для замены покупных изделий в импортозамещении. Раскрыты перспективы расширенного использования новых технологий с развитием аддитивных технологий автоматизированного получения шаблонов.

Результаты проведенной работы представляют научную ценность, что подтверждено научными статьями, патентом Российской Федерации на способ и инструмент, отражающими основное содержание работы, внедрением исследований на крупных машиностроительных предприятиях и в учебный процесс вузов.

По теме диссертации опубликовано 13 научных работ, в том числе 1 монография (в соавторстве), 6 публикаций в изданиях, рекомендованных ВАК Российской Федерации, 2 публикации в международной базе «Scopus», 1 патент на изобретение.

Автореферат соответствует содержанию диссертации.

Представленную работу характеризует высокий уровень научных исследований и адекватный способ изложения. Поставленные цели достигнуты,

задачи решены. В работе научно обоснованы критерии для выбора и отработки технологичности при изготовлении по разработанным фотошаблонам, в том числе с покрытием фоторезистами, ограниченных партий сложнопрофильных металлических изделий высокой точности для получения деталей с различным профилем и наклоном поверхностей в зоне разделения листовых материалов и стенок углублений с учетом специфики опытного производства, что обеспечивает ускорение на порядок и более темпов запуска в серийное производство перспективных изделий.

Содержание кандидатской диссертации Стародубцева Игоря Геннадьевича на тему «Проектирование и реализация эффективных технологических процессов изготовления по фотошаблонам прецизионных деталей в опытном производстве» по специальности 2.5.6. Технология машиностроения соответствует:

- п. 1 «Технологичность конструкции машины, как объекта производства»;
 - п. 3 «Математическое моделирование технологических процессов и методов изготовления деталей и сборки изделий машиностроения»;
 - п. 4 «Совершенствование существующих и разработка новых методов обработки и сборки с целью повышения качества изделий машиностроения и снижения себестоимости их выпуска»;
 - п. 6 «Технологическая наследственность в машиностроении»;
- и по специальности 2.5.5. Технология и оборудование механической и физико-технической обработки соответствует
- п. 2 «Теоретические основы, моделирование и методы экспериментального исследования процессов механической и физико-технической обработки, включая процессы комбинированной обработки с наложением различных физических, химических и комбинированных воздействий»;
 - п. 3 «Исследование механических и физико-технических процессов в целях определения параметров оборудования, агрегатов, механизмов и других комплектующих, обеспечивающих выполнение заданных технологических операций и повышение производительности, качества, экологичности и экономичности обработки»;
 - п. 7 «Новые технологические процессы механической и физико-технической обработки и создание оборудования и инструментов для их реализации»
- паспортов номенклатуры специальностей научных работников (технические науки).

Обоснованность и достоверность научных исследований. При построении работы использовались теоретические положения классических закономерностей в области технологии комбинированных методов обработки в машиностроении, вопросы отработки технологичности, что послужило базой для создания и построения технологических процессов эффективного изготовления

по фотошаблонам с покрытием резистами прецизионных металлических деталей из листа с повышенной до 2 раз глубиной зоны обработки, возможностью получения произвольного профиля и положения оси формируемой зоны.

Достоверность результатов подтверждается получением воспроизводимых результатов при моделировании и экспериментальном исследовании процессов при изготовлении по разработанным фотошаблонам, в том числе, с покрытием резистами, ограниченных партий сложнопрофильных металлических деталей высокой точности для получения деталей с различным профилем и наклоном поверхностей в зоне разделения листовых материалов и стенок углублений с учетом специфики опытного производства, обеспечивающем ускорение на порядок и более темпы запуска в серийное производство перспективных, в том числе импортозамещающих, изделий.

Научная и практическая значимость кандидатской диссертации Стародубцева Игоря Геннадьевича включает:

- научные обоснования назначения материалов и способов нанесения светочувствительных материалов на фотошаблоны для достижения требуемых эксплуатационных характеристик изготовленных деталей;

- моделирование механизма формирования на фотошаблоне и детали контура зоны обработки с учетом технологических режимов, параметров получаемого углубления детали и эксплуатационных свойств фотошаблона;

- формализацию связей между свойствами фотошаблонов и технологическими режимами для изготовления металлических деталей из листа с поэтапным совершенствованием конструкции и технологического процесса;

- закономерности управления направлением вектора анодного растворения через фотошаблон для получения прецизионных контуров в деталях с заданными углублениями и контурами.

Практическое использование результатов работы в опытном производстве:

- повышение уровня производственной технологичности на стадии освоения перспективной продукции, особенно наукоемких изделий новых поколений в авиакосмическом машиностроении;

- ускорение и удешевление в несколько раз технологической подготовки производства в условиях многократного совершенствования геометрии и свойств одноразовых фотошаблонов и использования их для изготовления малых партий точных деталей в условиях опытного производства;

– развитие отечественного машиностроения для замены импортной продукции машиностроения технологичными изделиями собственного изготовления;

– расширение области использования технологии разделения листовых материалов и локальная размерная обработка углублений на управляемую глубину точного контура с различным положением оси зоны обработки.

Значимость диссертационной работы подтверждена практической реализацией и результатами внедрения в серийном производстве жидкостных ракетных двигателей на «Воронежском механическом заводе» - филиале АО «ГКНПЦ им. М.В. Хруничева», а также нашли использование в АО КБХА с реальным экономическим эффектом.

Результаты работы рекомендуются к расширенному использованию в машиностроении, учебных и научных организаций машиностроительного профиля.

Замечания и рекомендации по диссертационной работе.

1. В условиях действия международных санкций одной из актуальных проблем государственного уровня в машиностроении России стало импортозамещение. Это стало сдерживающим фактором при создании наукоемких изделий, особенно, в авиакосмической отрасли машиностроения. Потребовалась разработка большого количества новых изделий, значительная часть которых ранее поставлялась из-за рубежа. В работе имело смысл детально проанализировать публикации по импортозамещаемым изделиям не только по отечественным, но и по зарубежным источникам. К сожалению, в диссертации (глава 1) подобная информация приведена крайне ограниченно, хотя такие сведения могли способствовать ускорению освоения и удешевлению продукции на этапе освоения актуальной продукции машиностроения.

2. В разделе 4.2 диссертации содержатся рекомендации по нанесению резистов по аддитивным технологиям. В главе 1 (раздел 1.1) утверждается, что такие технологии освоены в машиностроении. Однако анализ работы и публикаций автора по этому вопросу не дают исчерпывающих рекомендаций по разработке технологической документации при использовании исследованных в работе покрытий на базе перспективных для машиностроения фоторезистов.

3. В разделе 4 диссертации было бы целесообразно систематизировать объекты производства типовых деталей и привести типовые технологии, что дало бы возможность расширить область использования предлагаемых

технологий (раздел 4.1) при отработке технологичности осваиваемой продукции.

4. В разделе 1.5 диссертации приведены материалы по технико-экономическому обоснованию применения типовых и групповых методов в опытном производстве. Но на стадии разработки и освоения опытных изделий требуется индивидуальная доводка технологичности как самого изделия, так и средств технологического оснащения для его изготовления. К сожалению, в главе 4 работы детальные рекомендации по этому вопросу практически отсутствуют.

5. В разделе 4.6 следовало бы дать рекомендации для расширения области использования разработанных автором новых процессов по изобретениям и привести источники информации по этим вопросам.

6. При анализе результатов экспериментов (разделы 3, 4 работы, рис. 3, 4 в автореферате) соискатель не привел детального анализа обработки результатов, что ограничило оценку точности полученных зависимостей из-за возможного рассеивания показателей.

Указанные замечания не снижают общей положительной оценки результатов представленной диссертации и не влияют на её главные теоретические и практические результаты.

Заключение по диссертационной работе. Диссертация Стародубцева Игоря Геннадьевича «Проектирование и реализация эффективных технологических процессов изготовления по фотошаблонам прецизионных деталей в опытном производстве» по специальностям 2.5.6. Технология машиностроения и 2.5.5. Технология и оборудование механической и физико-технической обработки представляет собой законченную научно-квалификационную работу, имеет четкую структуру, написана доступным языком, отвечает требованиям п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней»,

Содержание работы в полной мере отражено в автореферате. Большая часть выносимых на защиту научных и практических результатов получена соискателем лично. Результаты диссертационной работы Стародубцева Игоря Геннадьевича содержат решение значимой научно-производственной задачи по разработке технологии изготовления и научно обоснованных критериев для выбора и отработки технологичности изготовления опытных партий сложнопрофильных металлических деталей высокой точности по разработанным фотошаблонам, в том числе, с покрытием фоторезистами, что обеспечивает ускорение запуска в серийное производство перспективных изделий.

Проведенные исследования дают основания утверждать, что автор является компетентным специалистом в рассматриваемой области и способен решать сложные технические задачи.

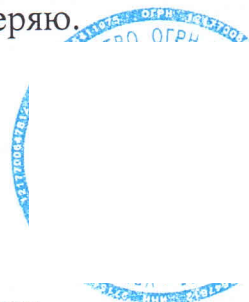
В целом, учитывая актуальность, новизну, а также научную и практическую значимость, диссертационная работа Стародубцева Игоря Геннадьевича на тему «Проектирование и реализация эффективных технологических процессов изготовления по фотошаблонам прецизионных деталей в опытном производстве» удовлетворяет требованиям п. 9-14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утверждённого Постановлением Правительства Российской Федерации от 27 сентября 2013 г. №842, а соискатель достоин присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по научным специальностям: 2.5.6. Технология машиностроения и 2.5.5. Технология и оборудование механической и физико-технической обработки.

Отзыв на диссертацию и автореферат Стародубцева Игоря Геннадьевича рассмотрен и одобрен на заседании секции №1 научно-технического совета АО «НПО «Техномаш» им. С.А. Афанасьева», протокол № 1 от « 26 » 02 2024 г.

Эксперт научно-технологического центра,
доктор технических наук
«26» 02 2024 г.

В.Г. Бещеков

Подпись Бещекова В.Г. заверяю.
Учёный секретарь НТС,
кандидат технических наук



Б.И. Омигов

М.П.

Бещеков Владимир Глебович,

доктор технических наук по специальностям 05.07.02 – «Проектирование, конструкция и производство летательных аппаратов» и 05.02.09 – «Технологии и машины обработки давлением», доцент, заслуженный изобретатель РФ, академик Российской академии космонавтики имени К.Э. Циолковского, эксперт отдела технологий пайки и плазменных покрытий управления сварки и родственных технологий научно-технологического центра акционерного общества «Научно-производственное объединение «Техномаш» имени С.А. Афанасьева», 3-й проезд Марьиной Рощи, д. 40, а/я 131, Москва, 127018, тел. (495) 689-95-71 доб. 97-27,

e-mail: V.Beschekov@tm.fsa