

В Диссертационный совет Д212.210.01
ФГБОУ ВО «Рыбинский государственный
авиационный технический университет
имени П.А. Соловьева»
Ученому секретарю
д.т.н., профессору Надеждину И.В.
152934, г. Рыбинск, ул. Пушкина, д.53.

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу Гашева Евгения Анатольевича «Повышение эффективности доводки и полирования пластин интегральной оптики», представляемой на соискание ученой степени кандидата технических наук в диссертационный совет Д212.210.01 по специальности 05.02.07 – «Технология и оборудование механической и физико-технической обработки».

1. Общая характеристика структуры и содержания диссертации

Материалы диссертации изложены на 151 странице достаточно грамотным литературно-техническим языком, проиллюстрированы необходимым количеством таблиц - 20, рисунков и графиков - 66. В приложениях представлены акты внедрения результатов работы на производстве и в учебном процессе. Библиографический список включает 86 наименований, в том числе зарубежные работы, посвященные абразивной обработке.

Структура диссертации: первая глава посвящена обзору и анализу отечественной и зарубежной научно-технической информации по изучаемому вопросу, постановке цели и задач исследований. Обзор представляет собой обстоятельное информационное исследование, в котором отражено современное состояние научной проблемы процесса доводки и полирования хрупких оптических материалов. В целом с анализом и выводами автора, приведенными в первой главе, можно согласиться.

Вторая глава содержит результаты теоретических и экспериментальных исследований влияния траектории рабочего движения инструмента на показатели процесса доводки торцов пластин интегральной оптики. Произведён анализ существующей технологии ручной доводки и полирования торцов пластин из монокристалла ниобата лития. Выявлены существенные недостатки данной технологии, ограничивающие производительность и отрицательно сказывающиеся на качестве обработанной поверхности. Впервые показано влияние различных траекторий на качественные показатели процесса и на производительность доводки при обработке торцевых поверхностей малой площади (по отношению к площади инструмента) из хрупкого материала монокристалла ниобата лития. Установлена предпочтительность круговых траекторий относительного движения притира и деталей. Представлено описание модернизированного оборудования с вращательной кинематикой инструмента для серийной доводки и полирования пластин интегральной оптики с возможностью широкого регулирования параметров процесса. С целью повышения программы выпуска готовых деталей разработано приспособление для закрепления и обработки пластин пакетом (до 6

№	20	11	20 18 г.
Вх. №	692		
Дело №			

пакетов одновременно) по 5 штук в пакете, повышающее производительность механизированной обработки по сравнению с ручной в 12 раз. Также разработанная оснастка позволяет решить присущие ручной обработке недостатки, такие как «завал краёв» (отклонению от плоскостности менее 1 мкм) и обеспечение угла наклона торцевой поверхности $10^0 \pm 15'$. Особое внимание автор уделяет исследованию факторов, влияющих на износ инструмента в процессе доводки. Путём регрессионного анализа установлен экстремальный характер зависимости износа инструмента от частоты вращения притира и радиуса расположения пакетов деталей в оснастке, что позволило уменьшить величину износа инструмента в 13 раз и повысить точность геометрической формы торцов пластин в процессе абразивной доводки.

В третьей главе приведены методики экспериментальных исследований, представлено описание спроектированного и изготовленного инструмента для доводки, а также полировальников и абразивных материалов. Представлены методики определения основных показателей процесса доводки и полирования торцов пластин и приборы для их измерения. Разработана методика оценки глубины разрушенного слоя. Представленные в этой главе разработки, имеют скорее практическую ценность, нежели научную.

Четвёртая глава посвящена исследованию процесса доводки торцов пластин. На основе экспериментальных исследований получены зависимости шероховатости обработанной поверхности и производительности процесса доводки от зернистости и количества применяемого абразива, материала инструмента, времени обработки, давления и скорости резания. Рассмотрены технологические приёмы с применением свободного вращения приспособления, снижающие перепад значений мгновенной скорости резания и повышающие качественные параметры обработки. Автором определена возможность использования при доводке инструмента с жёстко закреплённым алмазным слоем на бакелитовой связке. При исследовании разрушенного слоя установлено, что наибольшее влияние на его глубину оказывает зернистость и твердость абразивного материала. Определены рекомендуемые режимы обработки для производительной доводки и получения требуемых величин шероховатости и отклонения от плоскостности с минимальной глубиной разрушенного слоя перед операцией полирования.

Получено расчетное выражение для определения глубины разрушенного слоя в зависимости от величины рельефного слоя, т.е. шероховатости поверхности измеренной по параметру R_{\max} .

Основной целью представленных в пятой главе исследований является установление технологических и кинематических рекомендаций при полировании торцов пластин из монокристалла ниобата лития для обеспечения стабильной производительности, требуемой шероховатости обработанных поверхностей и точности геометрической формы. Автором установлено, что наиболее рациональным является использование нетканых полировальников с ворсистой структурой, обладающих свойством «приспосабливаемости» к обрабатываемой поверхности. Для данного типа полировальников определён нижний предел зернистости алмазной полировальной суспензии, равный $1/0,5$ мкм. Для расчета минимального времени полирования, необходимого для удаления разрушенного

слоя, определены удобные расчётные выражения, связывающие производительность процесса полирования с величиной рельефного слоя (R_{max}).

По каждой главе и в целом по работе автором сделаны достаточно четкие и обоснованные выводы. Полученные в работе результаты соответствуют поставленной в работе цели и задачам. Содержание диссертации соответствует содержанию научных работ диссертанта, 8 публикаций в изданиях по списку ВАК и 1 патент на изобретение. Содержание автореферата соответствует тексту диссертации и отражает основные ее положения и содержание.

2. Актуальность темы диссертации

Монокристалл ниобата лития – основа для создания приборов оптической промышленности. В настоящее время ниобат лития является востребованным материалом, применяемым в лазерной технике, опто- и квантовой электронике. Необходимость производства деталей из монокристалла ниобата лития возрастает с каждым годом, однако его обработка, вследствие особенностей его физико-механических свойств, весьма затруднительна. Кроме стандартных, но довольно «жестких» требований, предъявляемых к качеству обработанной поверхности, таких как шероховатость (R_a не более 0,003 мкм) и отклонение от плоскостности (не более 1 мкм), к той же поверхности предъявляются требования по сохранению острой кромки на пересечении граней, а также отсутствие механических дефектов в приповерхностном слое. Достижение описанных требований осложняется также размерами самой обрабатываемой поверхности. При ширине пластины 3,04 мм площадь её торцевой поверхности чуть более 3 мм². Учитывая высокую хрупкость обрабатываемого материала, малейшее превышение параметров процесса доводки (таких как давление, скорость резания, зернистость абразива и др.) более допустимых величин ведет к возникновению сколов, выколок и трещин. Поэтому изыскание таких условий процесса доводки и полирования, при которых выполнялось бы одновременное обеспечение всех предъявляемых требований, с производительностью отвечающий условиям серийного производства является актуальной задачей.

В этой связи, тема диссертационной работы Гашева Е.А., посвященная повышению эффективности доводки и полирования пластин интегральной оптики, является актуальной.

Тема диссертации, ее цель, задачи, решенные для достижения этой цели, и ее содержание соответствует заявленной научной специальности 05.02.07 – «Технология и оборудование механической и физико-технической обработки».

3. Научная новизна и теоретический уровень диссертации

С целью повышения эффективности доводки и полирования пластин интегральной оптики по параметрам качества и производительности соискатель предпринял серьезные теоретико-экспериментальные исследования, результаты которых сосредоточены главным образом во второй, четвертой и пятой главах.

В итоге выполненных исследований Е.А. Гашев получил ряд новых научных результатов, важнейшими из которых, на взгляд оппонента, являются:

1. Закономерности влияния кинематики инструмента на геометрическую точность обрабатываемых поверхностей, показавшие предпочтительность круго-

вых траекторий относительного движения притира и деталей;

2. Экстремальный характер зависимости, позволяющей прогнозировать износ инструмента относительно геометрических размеров рабочей поверхности притира и детали, их взаимного расположения, а также траектории и скорости их движений, что позволило уменьшить величину износа инструмента в 13 раз и повысить точность геометрической формы торцов пластин в процессе абразивной доводки;

3. Закономерности изменения глубины разрушенного слоя в зависимости от высотных параметров рельефного слоя (R_{max}) для достижения шероховатости поверхности торцов пластин монокристалла ниобата лития по параметру Ra 0,003 мкм, свободной от механических повреждений.

Исходя из вышеизложенного, можно заключить, что поставленную в работе цель повышения эффективности доводки и полирования путём механизации процесса финишной абразивной обработки торцов пластин монокристалла ниобата лития соискатель достиг при достаточно высоком теоретическом уровне.

4. Обоснованность и достоверность результатов исследования

Разработанные в диссертации научные положения и выводы достаточно убедительно аргументированы, адекватность математических зависимостей подтверждена натурными экспериментами, причем лабораторные и опытно-промышленные исследования корректно спланированы и выполнены с использованием современного технологического оборудования, оснастки и научной аппаратуры.

Для качественной и количественной оценки разработанных научных положений использован достаточно большой массив собственной эмпирической технологической информации, полученной при лабораторных исследованиях и внедрении результатов работы в производство на профильном предприятии по производству интегрально оптических схем.

Все вышеизложенное гарантирует достоверность сделанных выводов и воспроизводимость полученных закономерностей.

5. Значимость работы для практики

Практическая ценность работы несомненна. Очевидную практическую ценность имеют следующие разработки, апробированные в условиях действующего производства:

1. На основании проведённых исследований создан комплекс оборудования, состоящий из модернизированных станков с вращательным к рабочим движением притира, оснастки, инструмента, а также выданы рекомендации по его использованию для серийной доводки и полирования торцов пластин с обеспечением требуемых параметров качества поверхности.

2. Разработаны технологические рекомендации по рациональным режимам обработки, позволяющим обеспечивать параметры шероховатости ($Ra = 0,003$ мкм), отклонение от плоскостности (менее 1 мкм) и при этом сохранить поверхность, свободную от механических повреждений.

3. Разработан способ и получен патент на операцию доводки деталей микроударным методом на нешаржируемом инструменте из оптического стекла с

применением микропорошка зернистостью 3–7 мкм с добавлением СОЖ, повышающий производительность и качество обработанной поверхности.

4. Результаты работы внедрены на предприятии УВОК ПАО «ПНППК», г. Пермь. Программа выпуска пластин монокристалла ниобата лития увеличена в 12 раз.

6. Апробация работы и публикации

Материалы диссертации прошли апробацию на научно-технических конференциях и семинарах в 2009-2015 гг. Результаты работы в достаточном объеме опубликованы в центральных изданиях: 8 статей в журналах из списка рекомендуемых ВАК, 1 патент на изобретения, - всего более 15 работ.

Научные идеи диссертанта и исследования, выполненные им и представленные в диссертации, поддержаны конкурсным выполнением федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» по теме «Создание технологий и исследование процесса прецизионной обработки монокристалла ниобата лития для интегрально-оптических схем».

Кроме того, изучение метода доводки и полирования пластин интегральной оптики внедрено в учебный процесс подготовки магистров по направлению подготовки 15.04.01 «Машиностроение», дисциплина «Технология и оборудование для прецизионной обработки».

Результаты работы апробированы также путем внедрения комплекса оборудования для серийной доводки и полирования торцов пластин из монокристалла ниобата лития на УВОК ПАО «ПНППК», г. Пермь.

7. Замечания

1. Для решения задачи равномерного распределения следов обработки по поверхности притира разработано программное обеспечение, позволяющее прогнозировать износ инструмента. Автор не уточняет, какие конкретно входные параметры обработки задаются в программном обеспечении? Каков возможный диапазон их изменения?

2. В главе 3, страница 83, приведена методика измерения линейного съёма материала. Более корректно оценивать производительность обработки путём измерения объёмного съёма материала.

3. Каким образом назначалось время обработки при проведении факторного эксперимента по износу инструмента во второй главе?

4. При исследовании доводки с принудительным и свободным вращением приспособления (табл. 4.6 стр. 104 и табл. 4.9 стр. 111), автор использует коэффициент интенсивности съёма I . Какой физический смысл данного коэффициента? Для чего он приведён?

5. В работе присутствует ряд неточностей. К примеру, выражение 2.10 и следующая за ним формула имеют одинаковые коэффициенты. Хотя при переходе к безразмерному виду коэффициенты формулы 2.10 должны измениться. Также соискатель постоянно употребляет выражение «кинематика движения». Такое сочетание не совсем корректно т.к. термин кинематика уже включает в себя понятие движения.

6. Выводы по главам представляют собой в основном перечисление проде-

ланной работы, т.е. являются результатами работы, кроме того, данные «выводы» чрезмерно растянуты.

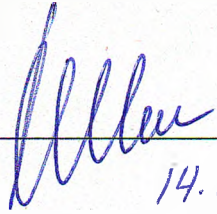
7. В работе применялись только отечественные абразивные и алмазные материалы. Хотелось бы видеть сопоставительный анализ с зарубежными материалами, особенно в условиях импортозамещения.

8. Общее заключение

Высказанные замечания не влияют на общую положительную оценку диссертационной работы Е.А. Гашева, в которой решена актуальная научная проблема повышения эффективности по параметрам качества и производительности доводки и полирования пластин интегральной оптики. На взгляд оппонента, полученные автором результаты следует классифицировать как научно обоснованные технические и технологические решения, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие экономики страны.

Диссертация Гашева Евгения Анатольевича «Повышение эффективности доводки и полирования пластин интегральной оптики» представляет собой цельное и завершенное научное исследование, по своей актуальности, новизне, научной и практической значимости соответствует п. 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней» ВАК Министерства образования и науки Российской Федерации (утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. №842), предъявляемым к кандидатским диссертациям. Все это дает основание считать, что автор работы Гашев Евгений Анатольевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.02.07 – «Технология и оборудование механической и физико-технической обработки».

Доктор технических наук, доцент

 / Шиляев С.А. /
14.11.18

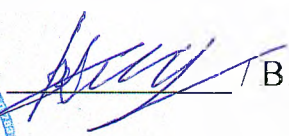
Подпись С.А. Шиляева удостоверяю:

Ученый секретарь ФГБОУ ВО

«Ижевский государственный технический университет имени М.Т.Калашникова»

доктор технических наук, профессор



 / В.А. Алексеев /

Сведения

Шиляев Сергей Александрович,

профессор кафедры «Автомобили и металлообрабатывающее оборудование» ФГБОУ ВО «Ижевский государственный технический университет имени М.Т.Калашникова», доктор технических наук, доцент

Докторская диссертация по специальности 05.02.13 – Машины, агрегаты и процессы (машиностроение)

Почтовый адрес: 426069, Удмуртская Республика, г. Ижевск, ул. Студенческая, д. 7

Тел. (3412) 77-60-55, (3412) 58-53-58

e-mail: info@istu.ru, shiljaev@mail.ru