

Минобрнауки России
федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение
высшего образования

«Казанский национальный
исследовательский технический
университет им. А.Н. Туполева-КАИ»
(КНИТУ-КАИ)

ул. К.Маркса, д. 10, Казань, 420111
Тел.: (843) 238-41-10 Факс: (843) 236-60-32
E-mail: kai@kstu-kai.ru <http://www.portal.kai.ru>
ОКПО 02069616, ОГРН 1021602835275,
ИНН/КПП 1654003114/165501001

На № 16.11.2018 от № 99-1240-3908

УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по научной и инновационной
деятельности ФГБОУ ВО «Казанский
национальный исследовательский
технический университет
им. А.Н. Туполева-КАИ»
доктор технических наук, профессор

Сергей Анатольевич Михайлов

«16» 11 2018 г.

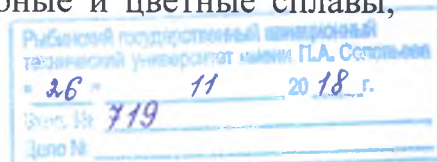


ОТЗЫВ

ведущей организации
ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический
университет им. А.Н. Туполева-КАИ»
на диссертационную работу Гашева Евгения Анатольевича
«Повышение эффективности доводки и полирования пластин интегральной
оптики», представленную на соискание ученой степени
кандидата технических наук по специальности
05.02.07 – «Технология и оборудование механической и физико-
технической обработки».

1. Актуальность избранной темы диссертации

В последние годы с увеличением номенклатуры хрупких материалов в интегральной оптике вопрос о получении изделий из монокристаллов всё чаще вызывает проблемы по внедрению операций механической обработки на производстве. Технологические трудности обуславливаются непростыми физико-химическими свойствами обрабатываемого материала и требованиями к качеству обработанной поверхности. Для достижения данных требований зачастую возможна обработка только с применением абразивных инструментов. Абразивная обработка – это сложный совокупный процесс, в котором протекают как микроударные воздействия абразивных зерен на материал заготовок, так и микрорезание. Следует отметить, что существующие методы механической и ручной притирки и доводки не всегда способны обеспечить стабильное качество и производительность обработки. Станки, реализующие тот или иной метод доводки, отличаются не только конструктивно, но и видом траектории рабочего движения инструмента. При обработке «классических» материалов, таких как черные и цветные сплавы,



оптическое стекло, влияние кинематики рабочего движения на качество обработанной поверхности исследовано довольно глубоко. Однако когда речь идёт о хрупких кристаллических материалах с анизотропными по кристаллографическим направлениям физико-механическими свойствами, от выбора траектории относительного движения заготовки и инструмента в существенной степени зависит качество и стабильность обработки. Поэтому исследование повышения эффективности доводки и полирования пластин интегральной оптики из монокристалла ниобата лития, представленное в диссертации, является своевременным и актуальным.

2. Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

В первой главе представлена физическая сущность процесса доводки на основании исследований, проведенных учеными в области обработки хрупких материалов, таких, как оптическое стекло и керамика. На основании проведенного анализа абразивных материалов, методов финишной обработки и применяемого оборудования сделаны выводы и поставлены основные задачи исследования.

Во второй главе представлены результаты сравнительных исследований влияния кинематики процесса на качественные и количественные показатели обработки. Автором установлено, что более динамичная траектория относительного движения, содержащая в себе знакопеременные ускорения, ведет к образованию трещин и сколов на обрабатываемой поверхности ниобата лития. Сравнительные исследования кинематики рабочего движения показали непригодность использования растровой, циклоидальной траектории. Вывод 1 работы полностью обоснован. Проведен факторный эксперимент по влиянию таких входных кинематических и геометрических параметров, как частота вращения притира и радиус расположения деталей в приспособлении, на формируемую геометрию инструмента. В результате моделирования разработано приспособление, позволяющее увеличить интервалы между правкой инструмента, а значит повысить его стойкость, а также повысить производительность процесса обработки. Поэтому выводы 2-4 также обоснованы.

В третьей главе представлены методики экспериментальных исследований, включающие в себя режимы резания, инструменты, схемы наладки. Методики измерения контролируемых параметров поверхностей, таких как отклонение формы, шероховатость, а также производительность обработки.

Четвертая глава посвящена исследованию процесса доводки торцов пластин из монокристалла ниобата лития. Выявлены рациональные рабочие диапазоны технологических (зернистость и количество абразивной суспензии, время цикла доводки, давление) и кинематических параметров (скорость резания, перепад мгновенных скоростей резания), позволяющих повысить производительность обработки без ущерба для качества. Показано влияние

настраиваемых параметров на формируемый микрорельеф, а также линейный минутный съём материала. Определено критическое недопустимое сочетание параметров, при которых резко снижаются выходные качественные параметры обработки. Обоснована возможность применения инструмента с жёстко закрепленным абразивным слоем. Рассмотрены преимущества и недостатки данного метода обработки. Выводы 5, 6 по работе можно считать обоснованными.

В пятой главе рассматривается процесс полирования, следующий за процессом доводки торцов пластин. Приведены результаты исследования процесса обработки с применением различных полировальников. Представлены технологические рекомендации по выбору зернистости полирующей суспензии и режимам обработки. Установлены закономерности изменения глубины разрушенного слоя в зависимости от величины шероховатости по параметру R_{max} , что позволяет назначить минимальное время цикла полирования, необходимого для его удаления, и получать поверхность, свободную от механических повреждений с шероховатостью, не превышающей Ra 0,003 мкм. Таким образом, выводы 8, 9 являются вполне обоснованными и подтвержденными большим количеством экспериментальных исследований.

3. Достоверность и новизна полученных результатов

Достоверность и обоснованность основных положений, выводов и рекомендаций данной работы определяется использованием положений теории абразивной обработки, теории математического моделирования, теории абразивного изнашивания, теории механизмов и машин, методов математической статистики, многофакторного планирования и регрессионного анализа. Кроме того, достоверность теоретических положений подтверждена в работе достаточно хорошим совпадением с результатами экспериментальных исследований, успешным внедрением созданного комплекса оборудования для доводки и полирования торцов пластин на предприятии УВОК ПАО «ПНППК».

Научная новизна работы заключается в следующем:

Автором определены закономерности влияния кинематики движения инструмента на геометрическую точность обрабатываемых поверхностей при обработке торцов пластин из монокристалла ниобата лития. Установлен экстремальный характер зависимости, позволяющий прогнозировать износ инструмента относительно геометрических размеров рабочей поверхности притира и детали, их взаимного расположения, а также траектории и скорости их движений. Установлены 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.

Таким образом, работа Гашева Е. А. содержит достоверные результаты и имеет новизну в части аналитических исследований.

4. Значимость результатов работы для науки и практики

Ценность результатов диссертационной работы для науки определяется тем, что впервые установлены закономерности изменения глубины разрушенного слоя от величины рельефного слоя, определяемой путём измерения шероховатости обработанной поверхности по параметру R_{\max} при доводке торцов пластин из монокристалла лития. Данная методика выявления глубины разрушенного слоя в производственных условиях позволяет определить минимальное время цикла полирования и повысить эффективность обработки за счёт сокращения операционного времени, уменьшить количество брака, вызванного непрополировкой, а также сократить расход абразивных материалов. Диссертантом получена экстремальная зависимость, устанавливающая взаимосвязь радиуса расположения деталей в приспособлении и частоты вращения притира с величиной локального износа инструмента, которая позволяет повысить эффективность обработки за счёт увеличения интервалов между правками инструмента. Впервые определено влияние вида траектории движения инструмента на качественные показатели процесса доводки, показавшее предпочтительность использования станков с вращательной кинематикой.

Практическая ценность работы заключается в создании комплекса оборудования, состоящего из модернизированных станков с вращательной кинематикой рабочего движения притира, спроектированной и изготовленной оснастки и инструмента. Автором разработаны технологические рекомендации по рациональным режимам обработки, позволяющим обеспечивать параметры шероховатости ($R_a = 0,003$ мкм) и отклонение от плоскостности (менее 1 мкм), при этом сохранить поверхность свободной от механических повреждений при серийной обработке деталей. В ходе проведения исследований по доводке диссертантом получен патент на операцию доводки деталей микроударным методом на нешаржируемом инструменте из оптического стекла с применением микропорошка зернистостью 3–7 мкм с добавлением СОЖ, повышающего производительность и качество обработанной поверхности в 2,5 раза.

Результаты работы внедрены на предприятии УВОК ПАО «ПНПК», г. Пермь, что позволило увеличить программу выпуска пластин из монокристалла ниобата лития в 12 раз.

5. Общая оценка работы

5.1. Степень завершенности и качество оформления

Рецензируемая диссертация представляет собой завершенную работу и состоит из введения, пяти глав, заключения, основных выводов, списка

литературы и приложений. Работа составляет 151 страницу, включает 66 рисунков, 20 таблиц и списка литературы из 86 наименований.

Язык и стиль работы технически грамотный. Изложение материала логически и структурно обосновано, разделы работы взаимосвязаны. Текстовый материал хорошо подготовлен и иллюстрирован. В целом оформление соответствует стандартам.

5.2 Полнота публикации результатов работы

Основные результаты и положения диссертации Гашева Е. А. прошли апробацию на различных научно-технических конференциях и семинарах. По материалам диссертации опубликованы 15 научных работ, в том числе 8 работ в изданиях, рекомендованных ВАК РФ, индексированных в международных базах цитирования WoS и Scopus.

5.3 Оценка автореферата

В автореферате кратко изложены все основные научные положения диссертации, включая выводы. Содержание автореферата полностью соответствует представленной диссертации и требованиям ВАК РФ.

6. Замечания по работе

1. Требование к отклонению геометрической формы торцов пластин представлено отклонением от плоскостности. Автор при оценке данного отклонения приводит результаты измерения отклонения от прямолинейности.

2. Из работы не ясно, как в разработанном автором ПО учитывается исходное отклонение от прямолинейности инструмента.

3. Одной из особенностей материала монокристалла ниобата лития является его высокая хрупкость. Как оценивался данный параметр?

4. На странице 64 работы представлено выражение 2.10 в безразмерном виде. Очевидно, при копировании формулы автор допустил неточность и не изменил коэффициенты.

5. В выводе 2 диссертации не уточняется, для какого диаметра инструмента справедлива зависимость величины локального износа.

6. В работе не исследуется возможность применения полировальников на основе пека - канифольной смолы, получившей широкое применение при полировке оптических деталей.

7. Заключение

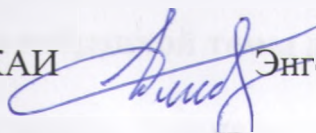
На основании выше изложенного считаю, что рассматриваемая диссертация Гашева Е.А. является законченной и выполнена автором самостоятельно на достаточном научном уровне. На основании выполненных автором исследований найдено решение научной и практической проблемы повышения эффективности финишной обработки кристаллических материалов в машиностроении, внедрение результатов которой имеет важное значение для развития экономики страны и повышения ее обороноспособности. Работа написана техническим языком, грамотно, стиль

изложения доказательный. Диссертационная работа содержит достаточное количество исходных данных, имеет пояснения, рисунки, графики, таблицы, и расчеты. По каждой главе и работе имеются выводы Основные этапы работы, выводы и результаты представлены в автореферате. Автореферат соответствует основному содержанию диссертации.

Диссертационная работа соответствует специальности 05.02.07 – «Технология и оборудование механической и физико-технической обработки», удовлетворяет требованиям п. 9-11, 13, 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 диссертациям, представленным на соискание ученой степени кандидата наук. Автор диссертации Гашев Евгений Анатольевич заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук.

Отзыв подготовлен на основании заключения кафедры «Материаловедение, сварка и производственная безопасность» ФГБОУ ВО «КНИТУ-КАИ им. А.Н. Туполева» по результатам обсуждения диссертации на заседании, протокол № 3 от 12 ноября 2018 г.

Заслуженный деятель науки Республики
Татарстан, доктор технических наук,
профессор, заведующий кафедрой
«Материаловедение, сварка и производственная
безопасность» Казанского национального
исследовательского технического
университета им. А.Н. Туполева-КАИ

 Энгель Рафикович Галимов

Шифр и наименование научной специальности: 05.16.09 – Материаловедение
420111, г. Казань, ул. К. Маркса, д. 10
Тел./факс: +7(843) 238-44-10, E-mail: kstu-material@mail.ru

Полномо *Галимова З.В.*
Заведующий. Начальник управления
делами КНИТУ-КАИ