

КУРМАНГАЛИЕВ ТИМУР БОЛАТОВИЧ

**Повышение производительности и экологической безопасности
инерционной виброабразивной обработки деталей на основе оксида
бериллия**

05.03.01 – Технологии, оборудование механической и
физико-технической обработки

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Республика Казахстан
Алматы, 2010

Диссертационная работа выполнена в Республиканском государственном казенном предприятии «Восточно-Казахстанский государственный технический университет им.Д.Серикбаева»

Научный руководитель

доктор технических наук,
Кадыров Ж. Н.

Официальные оппоненты

доктор технических наук,
академик ИАКР,
заслуженный деятель науки КР,
Муслимов А. П.

кандидат технических наук,
Гаипов Б. Г.

Ведущая организация

Карагандинский государственный
технический университет

Защита состоится 25 ноября 2010 года в 16.00 часов на заседании Диссертационного совета Д14.17.02 при Казахском национальном техническом университете имени К.И.Сатпаева по адресу: 500013 г. Алматы, ул. Сатпаева 22, Институт машиностроения ИМС 304.

E-mail: aspirantura@ntu.kz Факс: 8(727)2926025, т. 2577183 (083).

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Казахского национального технического университета имени К.И.Сатпаева.

Автореферат разослан «23» октября 2010 года.

Ученый секретарь
диссертационного совета Д 14.17.02
доктор технических наук

Б. Сазамбаева

ВВЕДЕНИЕ

Общая характеристика работы. В диссертации приведены теоретические и экспериментальные результаты исследования по решению проблемы повышения производительности и экологической безопасности инерционной виброабразивной обработки деталей на основе бериллия путем разработки многофункционального технологического оборудования.

Актуальность темы. Тенденции развития современного общества, рыночная конкуренция ставят перед производителем очень сложные задачи: снижение стоимости изготовления изделий с учетом обеспечения максимальной безопасности и производительности обработки. Внедрение высокопроизводительных методов обработки с одновременным повышением производственной и экологической безопасности соответствует приоритетным задачам, отраженных в нормативных документах: Программа индустриально-инновационного развития Республики Казахстан на 2010-2014 годы, Концепция экологической безопасности Республики Казахстан на 2004-2015 годы, законы Республики Казахстан "Об охране окружающей среды" и "Об охране атмосферного воздуха". Задача улучшения качества технологического оборудования с учетом того, что от 80 до 90 % отказов оборудования, рабочего инструмента и механизмов происходит из-за износа узлов и деталей, решается двумя путями: внедрением более совершенных конструкций, которые используют в качестве силовой кинематической связи поток газа или жидкости и созданием новых смазочных материалов. При этом современный уровень развития машиностроения предъявляет высокие требования к оборудованию и оснастке для изготовления деталей машин, к их качеству и внешнему виду, которые в значительной мере определяются отделочными операциями. Трудоемкость отделочных операций в различных отраслях промышленности составляет 5...30 % от общей трудоемкости изготовления деталей и имеет тенденцию к возрастанию.

Отделочная обработка деталей в абразивных средах является наиболее производительным методом, так как позволяет механизировать и автоматизировать ручные отделочные операции. Причем можно производить обработку на деталях от нескольких долей грамма до массивных и крупногабаритных.

На машиностроительных и приборостроительных предприятиях многие мелкие комплектующие деталей (основания, подложки, держатели...) для дискретных приборов типа диоды, транзисторы, интегральные схемы, твердые схемы, микрочипы и т.п. в процессе изготовления проходят абразивную обработку, которая отличается, в существующем производстве, низкой производительностью и большим выделением пыли без непосредственной вытяжки. Многие из них выполнены на основе оксида бериллия, который является токсичным в пылевидном состоянии (первый класс опасности). Кроме того, они проходят и другие пылящие технологические переделы, которые требуют отсоса пыли непосредственно из зон обработки. Запыленность рабочих

помещений повышает их пожаро- и взрывоопасность. Для выполнения этих операций на предприятиях в основном используется оборудование с электрическим приводом, применение которого во взрывопожароопасных производствах опасно и не рекомендуется. Оборудование же с пневматическим приводом, не имеющее такого недостатка, не получило широкого распространения.

Таким образом, исследования в направлении повышения производительности, производственной и экологической безопасности изготовления изделий на основе оксида бериллия за счет разработки многофункционального технологического оборудования с пневматическим вибрационным приводом для инерционной виброабразивной обработки являются актуальными.

Идея работы заключается в повышении производительности и экологической безопасности инерционной виброабразивной обработки деталей на основе оксида бериллия за счет разработки многофункционального технологического оборудования, обеспечивающего одновременное колебательное ротационное движение инструмента, эжекцию продуктов обработки и их фильтрацию.

Цель работы в повышении эффективности и расширении функциональных возможностей пневматического вибростола с ротационным приводом для высокопроизводительной и безопасной обработки деталей на основе оксида бериллия.

В соответствии с указанной идеей и для достижения намеченной цели необходимо было решить следующие **задачи исследования**:

- выполнить аналитический обзор научных работ по теме диссертации и провести анализ существующих технологий и типов оборудования для инерционной виброабразивной обработки деталей, установить причины низкой производительности и превышений норм экологической безопасности при обработке деталей на основе оксида бериллия;

- вывести основное динамическое условие, при котором будет осуществлен процесс инерционной виброабразивной обработки деталей и разработать метод, реализующий данный процесс с обеспечением высокой производительности и экологической безопасности;

- усовершенствовать конструкцию вибростола за счет оснащения его пневматическим приводом, обеспечивающим подачей сжатого воздуха ротационное колебательное движение инструмента, эжекцию продуктов обработки и их фильтрацию;

- выделить основные кинематико-геометрические параметры вибростола, влияющие на амплитуду и частоту колебательных движений инструмента для реализации различных технологических вибропроцессов;

- выделить основные геометрические параметры системы подачи сжатого воздуха вибростола, обеспечивающие эжекцию продуктов обработки и их фильтрацию;

- составить математическую зависимость амплитуды и частоты колебательных движений инструмента от основных кинематико-геометрических параметров вибростола;

- разработать методику экспериментальных исследований различных технологических вибропроцессов при применении предлагаемой конструкции вибростола;

- определить рациональные кинематико-геометрические и конструктивные параметры вибростола, в т.ч. системы подачи воздуха, реализующие высокопроизводительные и экологически безопасные технологические вибропроцессы.

Научная новизна работы заключается в том, что впервые:

- выявлены пути повышения производительности технологических методов виброабразивной обработки деталей, определен класс деталей, для которых актуальна проблема экологической безопасности;

- выведено основное динамическое условие при котором реализуются технологические вибропроцессы и разработан метод инерционной виброабразивной обработки деталей;

- разработана оригинальная конструкция пневматического привода вибростола, обеспечивающая за счет подачи сжатого воздуха ротационное колебательное движение инструмента, эжекцию продуктов обработки и их фильтрацию, подтвержденная патентами РК №18692, №18693, №19161 и заявками на полезные модели № 2009/061.2, №2009/062.2, №2010/042.2;

- получены математические зависимости амплитуды и частоты колебательных движений инструмента для различных технологических вибропроцессов от кинематико-геометрических параметров вибростола;

- определены основные геометрические параметры системы подачи сжатого воздуха вибростола, при которых для выделенного класса деталей обеспечивается максимальная эжекция продуктов обработки и их фильтрация;

- разработана методика экспериментальных исследований с помощью предлагаемого пневматического вибростола для различных технологических процессов инерционной обработки деталей на основе оксида бериллия.

Общая методология исследований определяется построением взаимосвязи между актуальными проблемами повышения производительности и экологической безопасности инерционной виброабразивной обработки деталей на основе бериллия и новой, подтвержденной патентами РК №18692, №18693, №19161 и заявками на полезные модели №2009/061.2, №2009/062.2, №2010/042.2, конструкцией многофункционального технологического оборудования, обеспечивающего одновременное колебательное ротационное движение инструмента, эжекцию продуктов обработки и их фильтрацию. Исследования выполнены с использованием теорий аналитической механики, колебания, пневматики, математической статистики, с метрологическим обеспечением экспериментальных исследований и обработкой данных на компьютере.

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов диссертации обеспечивается корректностью постановки задачи и использованием апробированных математических методов, сопоставимостью результатов аналитических и экспериментальных исследований.

Практическая ценность и реализация работы. Результаты диссертационной работы приняты к использованию в ТОО «Проба» при проектировании и расчете оборудования с пневматическим вибрационным приводом, что подтверждено актом внедрения.

Результаты исследований включены в методические указания для магистрантов факультета машиностроения и транспорта ВКГТУ им.Д.Серикбаева, специализирующихся по машиностроительной отрасли и подтверждены актом внедрения в учебный процесс.

Основные положения, полученные автором и выносимые на защиту:

- основное динамическое условие, при котором реализуются технологические процессы инерционной виброобработки деталей с обеспечением высокой производительности обработки и безопасности процесса;

- конструкция пневматического привода вибростола, позволяющая за счет подачи сжатого воздуха осуществить ротационное колебательное движение инструмента, эжекцию продуктов обработки и их фильтрацию, подтвержденная патентами РК №18692, №18693, №19161 и заявками на полезные модели № № 2009/061.2, №2009/062.2, №2010/042.2;

- математические зависимости амплитуды и частоты колебательного движения инструмента от кинематико-геометрических параметров вибростола;

- кинематико-геометрические и конструктивные параметры пневматического привода вибростола, геометрические параметры системы подачи воздуха, обеспечивающие максимальную производительность обработки и сбора образующихся отходов и их фильтрацию;

- методика и результаты экспериментальных исследований процессов инерционной виброобработки с использованием предлагаемого пневматического привода вибростола.

Апробация работы. Основные научные положения и результаты работы докладывались и получили одобрение на Международной научно-методической конференции "Инновационные технологии в образовании и науке" (Зыряновск, 2007), X Республиканской научно-технической конференции студентов, магистрантов, аспирантов и молодых ученых "Творчество молодых - инновационному развитию Казахстана" (Усть-Каменогорск, 2010), XVII Международной научно-практической конференции "Вопросы планировки и застройки городов" (Пенза, 2010), межкафедральных семинарах, заседаниях кафедры "Машиностроение и технология конструкционных материалов" ВКГТУ им.Д.Серикбаева.

Публикации. По теме диссертации опубликовано 13 работ, в том числе три патента на изобретение.

Структура диссертации. Диссертация состоит из введения, четырех разделов, заключения, списка использованных источников и приложений.

Работа изложена на 100 страницах машинописного текста включает 56 рисунков, 33 таблицы, список использованных источников из 112 наименований и восемь приложений

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

В введении дается общая характеристика работы, обосновывание актуальности работы, формулируются цель и задачи исследования, научная новизна и основные положения, выносимые на защиту, приводятся сведения о практической ценности и реализации работы.

Основным содержанием **первого раздела** является аналитический патентный и литературно-технический обзор и анализ существующих технологий отделочных операций и типов оборудования для инерционной виброабразивной обработки деталей. Установлены причины и выявлены пути повышения производительности технологических методов виброабразивной обработки деталей, определен класс деталей, для которых актуальна проблема экологической безопасности, а также, были выявлены причины низкой производительности и превышений норм экологической безопасности при обработке деталей на основе оксида бериллия.

Проведенный аналитический обзор показал, что ротационные пневматические виброприводы являются весьма перспективными для использования их в качестве привода технологического оборудования для инерционной виброабразивной обработки деталей. Конструкции пневматических вибростолов требуют доработки и разработки методики расчета основных параметров колебательного процесса, соответствующих требованиям, предъявляемым технологией виброобработки, в зависимости от кинематико-геометрических параметров оборудования.

Во втором разделе проведены аналитические и экспериментальные исследования пневматического вибростола, предназначенного для инерционной виброабразивной обработки деталей на основе оксида бериллия.

При создании оборудования для виброабразивной обработки на базе технопарка “Алтай” были разработаны новые технические устройства защищенные патентами РК (№18692, №18693, №19161).

Определяющими параметрами пневматического вибростола для инерционной виброабразивной обработки поверхностей деталей являются - амплитуда и частота колебаний абразивного инструмента, закрепленного в вибробункере и эффективность сбора пылевидных отходов обработки.

Пневматические вибрационные приводы, в которых реализуется эффект взаимодействия потока сжатого воздуха с незакрепленным объектом в виде тела вращения, помещенного в замкнутую цилиндрическую камеру, в силу гибкости их характеристик, возможности без значительных затрат изменять амплитуду и частоту колебаний инструмента закрепленного в вибробункере, являются объектами для экспериментального исследования процесса инерционной виброабразивной обработки. Характеристики колебательного

процесса определяются кинематико-геометрическими параметрами корпуса вибрационного привода, незакрепленного объекта в цилиндрической камере, характеристиками упругих элементов (пружин), скоростью и расходом потока сжатого воздуха.

Для проведения исследований на основе опытного образца пневматического вибропривода был создан экспериментальный пневматический вибростол, схема которого приведена на рисунке 1, и разработана методика экспериментальных исследований с помощью предлагаемого пневматического вибростола для различных технологических процессов инерционной обработки деталей на основе оксида бериллия.

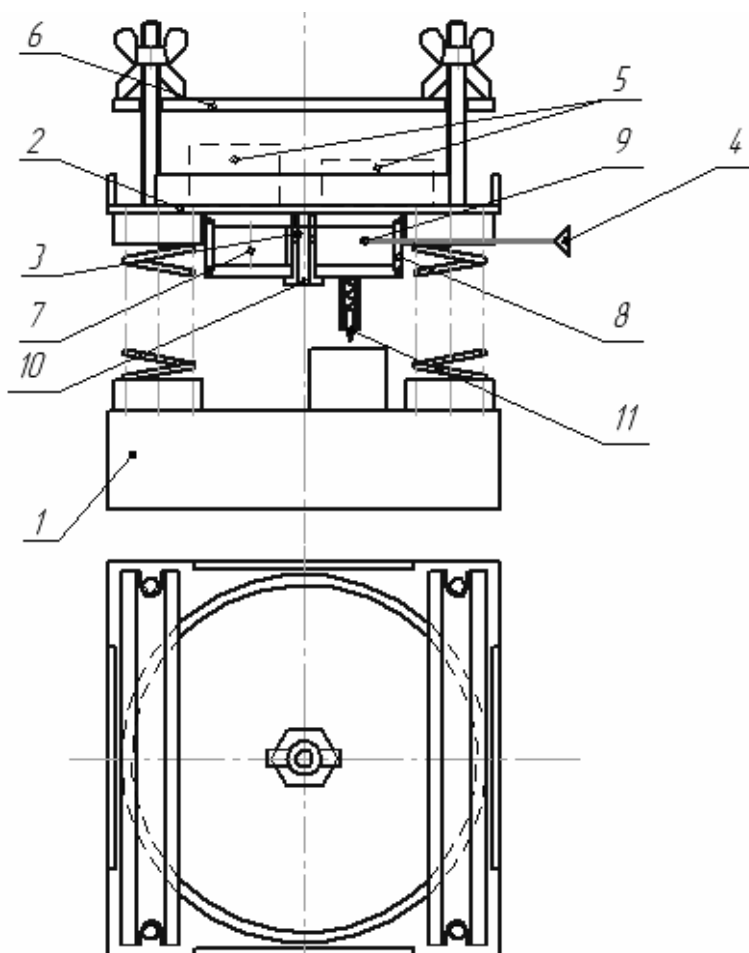


Рисунок 1 - Схема экспериментального пневматического вибростола для исследования процесса инерционной виброабразивной обработки

Экспериментальный пневматический вибростол для исследования процесса инерционной виброабразивной обработки состоит из корпуса 1, на котором подпружинено, с возможностью перемещения в горизонтальной плоскости, размещен вибробункер 2 с закрепленным на нем абразивным инструментом. Соосно вибробункеру, на нижней его поверхности, закреплен вибропривод 3, связанный с источником сжатого воздуха 4. На абразивном инструменте свободно размещены обрабатываемые детали 5. Сверху

вибробункер закрыт прозрачным щитком 6. Вибропривод состоит из свободного ролика 7 обкатывающего внутреннюю поверхность цилиндрического корпуса 8, входного 9 и выходного сопла 10. В нижней части на виброприводе закреплен пишущий элемент 11.

Работает экспериментальный пневматический вибростол следующим образом. При подаче сжатого воздуха к вибрационному приводу, последний приводит в колебательное движение вибробункер с амплитудой - Δ и частотой - f . При соответствующей скорости и амплитуде колебательного процесса обрабатываемые детали, под действием собственной инерции, остаются относительно неподвижны и за счет относительного движения абразивного инструмента с обрабатываемой поверхности происходит съём металла.

На рисунке 2 представлен общий вид экспериментального пневматического вибростола для изучения процесса инерционной виброабразивной обработки.

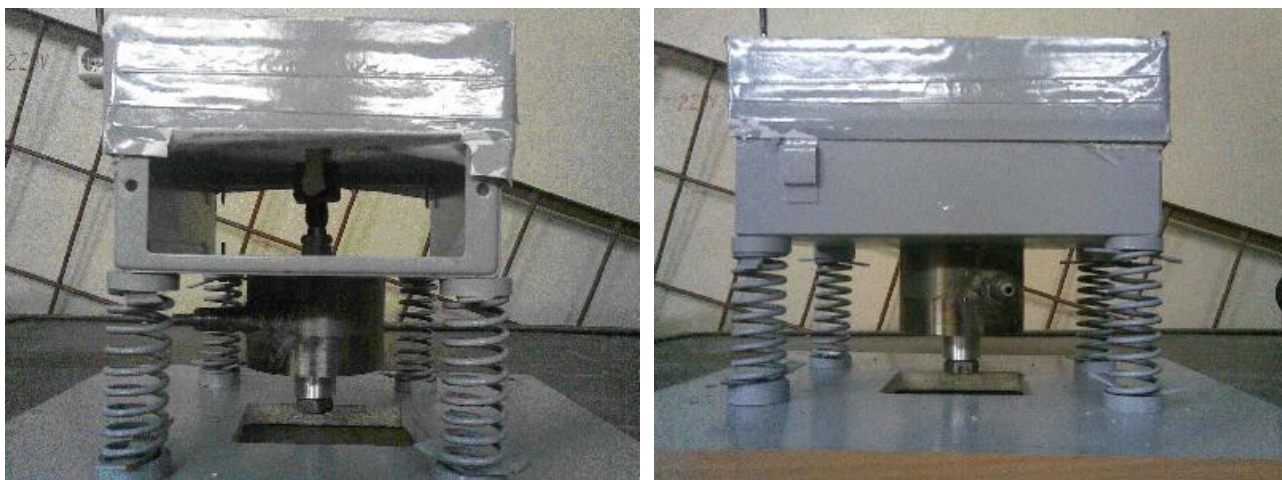


Рисунок 2 - Экспериментальный пневматический вибростол для изучения процесса виброабразивной обработки

Математическая модель пневматического вибростола состоит двух моделей: модель, описывающая воздействие потока сжатого воздуха на ролик в пневматическом приводе вибростола и модель взаимодействия абразивного инструмента, закрепленного в вибробункере пневматического вибростола (в нашем случае шлифбумаги), с обрабатываемой деталью.

Для определения одного из основных параметров колебательного процесса – частоты, из условия баланса сил, действующих на объект в цилиндрической камере пневматического привода, аналитически была выведена зависимость частоты колебательных движений инструмента от изменения основных кинематико-геометрических параметров вибростола:

$$f = \frac{\sqrt{\frac{(C\mu^2 PS - gm_p f_{ск})r_p}{m_p f_{кач} R_k}}}{2 \times \pi}, \quad (1)$$

где C - коэффициент лобового сопротивления; γ - коэффициент расхода воздуха; P - давление питания сжатого воздуха, МПа; S - площадь сечения питающего сопла, мм²; g - ускорение свободного падения, м/с²; m_p - масса ролика, г; $f_{ск}$ - коэффициент трения скольжения между торцом ролика и крышкой корпуса; r_p - радиус ролика, мм; $f_{кач}$ - коэффициент трения качения между корпусом и цилиндрической поверхностью ролика; R_k - внутренний радиус корпуса вибропривода, мм.

Далее для определения следующего основного параметра колебательного процесса пневматического вибростола, амплитуды, из условия баланса сил действующих на вибробункер, аналитически была выведена математическая зависимость амплитуды колебательного движения инструмента от кинематико-геометрических параметров вибростола:

$$\Delta = \frac{m_p \omega^2 R_p}{k_{4хпружин}}, \quad (2)$$

где m_p - масса ролика, г; ω - угловая скорость движения ролика, рад/с; R_p - радиус движения оси ролика, мм; $K_{4хпружин}$ - коэффициент упругости при сдвиге 4-х пружин, Н/мм.

Для проверки корректности аналитических зависимостей было принято решение о проведении полного факторного эксперимента.

Для решения задачи оптимизации необходимо отсеять наименее влияющие и выбрать наиболее значимые кинематико-геометрические параметры вибростола, влияющие на амплитуду и частоту колебательных движений инструмента для реализации различных технологических вибропроцессов. При этом на стадии планирования эксперимента путем статистического метода анализа экспертных оценок были отобраны основные кинематико-геометрические параметры. В составленной опросной анкете указано наименование параметров, их размерности, область изменения и др., количество специалистов участвовавших в ранжировании составляло 10 человек. Анализируя результаты ранжирования построили априорную диаграмму рангов, из которой выявили наиболее значимые параметры: x_1 - радиус входного сопла (r_c), x_3 - давление (P) и x_4 - масса ролика (m_p).

Натурализированная формула уравнения регрессии имеет вид для амплитуды:

$$y_a^* = 3,68 + 2,26 (r_c - 2) + 0,011 (P - 200). \quad (3)$$

Для частоты колебаний спроектированного вибростола:

$$y_q^* = 15,9 + 5,92 (r_c - 2) + 0,0429 (P - 200) - 0,065 (m_p - 100). \quad (4)$$

Параллельно с экспериментами для проверки аналитически выведенных формул провели расчет амплитуды колебаний с теми же параметрами, что и проведенные опыты.

По полученным массивам рассчитали коэффициент корреляции для амплитуды – 0,96, для частоты – 0,98. Таким образом, экспериментально установлено, что выведенные аналитические зависимости амплитуды и частоты колебательного движения инструмента от кинематико-геометрических параметров вибростола соответствуют реальному экспериментальному образцу, а максимальные отклонения между теоретическими и экспериментальными данными не более 12%.

Что особенно интересно, влияние третьего фактора (массы ролика) на амплитуду колебаний, оказалось не значимым, как и парные взаимодействия всех факторов. Объяснение данного явления следует искать, видимо, в том, что центробежная сила остается одинаковой при любой массе ролика (при увеличении массы ролика падает угловая скорость ω , а при уменьшении - возрастает, т.о. их производная – сила, изменяется не значительно).

Для расчета условий работоспособности предложенной технологии обработки аналитически было получено основное динамическое условие, при котором реализуются технологические вибропроцессы (виброшлифования, виброполирования и другие) инерционной виброобработки деталей, гласящее, что предлагаемый вид обработки возможен только при превышении силы инерции обрабатываемых деталей над силами трения между обрабатываемыми поверхностями деталей и трущейся поверхностью вибростола.

Из полученного основного динамического условия была выведена формула минимальной частоты колебаний закрепленного в вибробункере инструмента, необходимая для реализации процесса инерционной виброабразивной обработки:

$$f_{\min} = \frac{K \sqrt{gf_T}}{2\pi \Delta}, \quad (5)$$

где Δ – амплитуда колебаний закрепленного инструмента, f - коэффициент трения в зоне контакта обрабатываемой детали с закрепленным инструментом; K - коэффициент запаса.

Максимальное значение амплитуды, в процессе проведения опытов, достигнуто при диаметре входного сопла – $r_c = 5$ мм; давлении – $P = 300$ кПа; массе ролика – $m = 150$ г. и равно 6,3 мм.

Максимальное значение частоты достигнуто при диаметр входного сопла – $r_c = 5$ мм; давлении – $P=300$ кПа; массе ролика – $m=50$ г. и равно 28 Гц.

Для определения рациональных параметров вибропривода были проведены эксперименты.

В третьем разделе представлены результаты экспериментальных исследований вибростола для инерционной виброабразивной обработки

усовершенствованного за счет оснащения его пневматическим приводом, обеспечивающим за счет подачи сжатого воздуха ротационное колебательное движение инструмента, эжекцию продуктов обработки и их фильтрацию.

Вибростол работает следующим образом: незакрепленный объект (ролик) – 10 (см. рисунок 3), приводимый в движение потоком сжатого газа, поступающего через тангенциально расположенное впускное отверстие – 5, обкатывая внутреннюю цилиндрическую поверхность корпуса вибропривода – 4, образует колебания, что, соответственно, заставляет колебаться вибробункер – 2, на упругих опорах – 3, установленных на основании – 1. Отработанный газ выходит через тангенциально расположенные выпускные отверстия – 6 во внешней трубке – 7 центрального трубчатого элемента. Далее газ закручиваясь проскальзывает через зазор эжектора, образованный торцом внутренней трубки – 8 и внутренней кольцевой конусной проточкой внешней трубки – 7, образуя таким образом эжекторную форсунку, создает область разрежения перед торцом внутренней трубки – 8, которая с другой стороны соединена с внешней поверхностью подвижной рамы на которой происходит виброобработка деталей и вытягивает отходы обработки. Закрученный газ, смешанный с отходами обработки, поступает в цилиндрическую камеру – 9 с внутренней фасонной поверхностью, образующей центробежный фильтр, на стенках которого оседают вытянутые отходы обработки, а очищенный отработанный газ выходит через отверстие в верхней части цилиндрической камеры – 9.

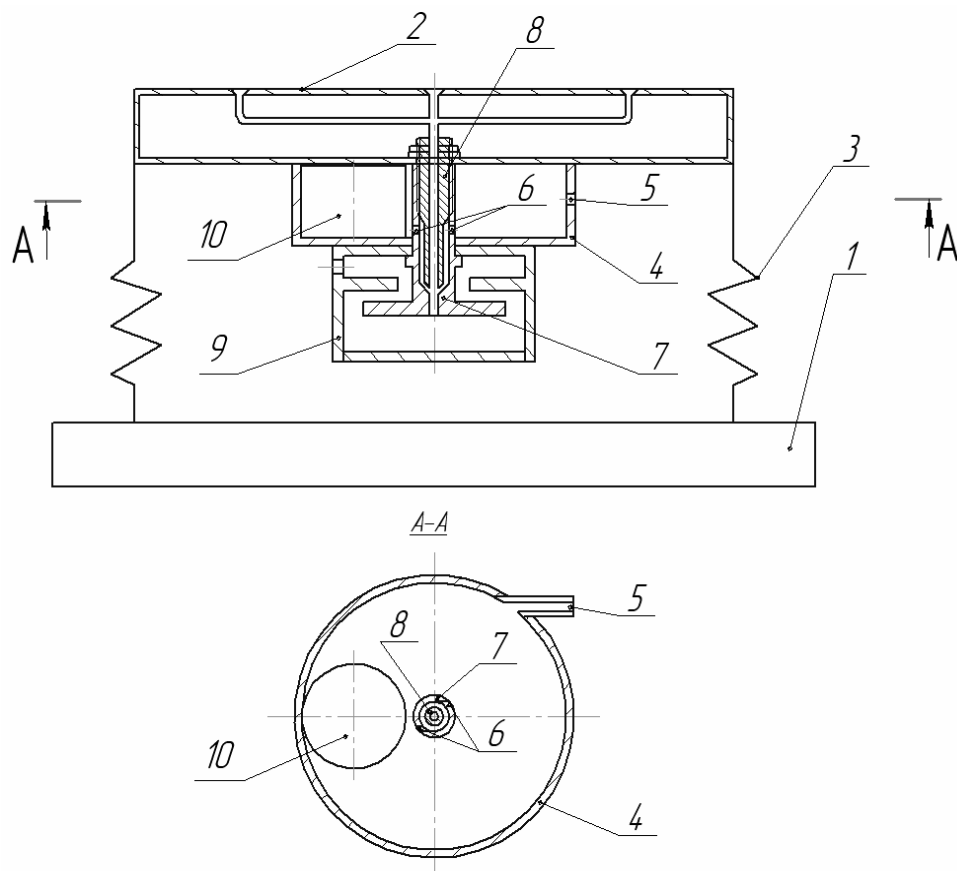


Рисунок 3 – Схема разработанного пневматического о вибростола

Разработанный вибрационный привод имеет следующие достоинства: простота конструкции, неприхотлив в работе, может работать со сжатым воздухом любого качества и без смазки, малогабаритность, надежность, прост в изготовлении, эксплуатации и ремонте.

На рисунке 4 а представлен пневматический привод разработанного вибростола в разобранном виде, а на рисунке 4 б - в собранном.



а)



б)

Рисунок 4 - Пневматический привод разработанного вибростола

Вибрационный привод для получения наилучших частотных характеристик должен обладать оптимальными конструктивными параметрами. Для этого были проведены опыты с целью определения оптимальных кинематико-геометрических и конструктивных параметров пневматического привода вибростола в т.ч. системы подачи воздуха реализующие высокопроизводительные и экологически безопасные технологические вибропроцессы обеспечивающие максимальную эжекцию продуктов обработки и их фильтрацию.

Различные конструкции атмосферного отверстия вибрационного привода приведены на рисунке 5. На рисунке 5 а - три отверстия в крышке корпуса вибропривода. На рисунке 5 б - тангенциальное отверстие в цилиндрической части корпуса вибропривода. На рисунке 5 в - радиальные отверстия в центральном трубчатом элементе вибропривода.

Для каждого типа конструктивного расположения атмосферного отверстия была проведена серия опытов с различной величиной площади поперечного сечения атмосферного отверстия и различными величинами давления питания, при этом остальные параметры были зафиксированы.



а)

б)

в)

Рисунок 5 - Различные конструкции атмосферного отверстия разработанного вибрационного привода

Анализ результатов экспериментов показал, что наилучшие частотные характеристики (при одних и тех же параметрах) получены при применении сопла третьего типа (рисунок 5 в). Данное расположение входного сопла принято при конструировании вибрационного привода.

Были произведены исследования по определению рациональных величин радиуса входного сопла, радиуса атмосферного отверстия, массы ролика.

Для обеспечения максимальной производительности обработки и сбора образующихся отходов и их фильтрации производилось о регулирование геометрических параметров системы подачи воздуха. В результате экспериментов установлено, что наибольшую производительность удаления пылевидных отходов обработки выделенного класса деталей дает соотношение зазора эжектора к внутреннему диаметру трубчатого элемента в пределах 3...3,5.

Оксид бериллия является токсичным в пылевидном состоянии (первый класс опасности) по этой причине станок в существующем производстве герметично закрыт в бункере.

Предельно допустимая концентрация по оксиду бериллия $0,0006 \text{ мг/м}^3$.

Содержание пыли оксида бериллия при существующем производстве в атмосфере внутри бункера $0,0024 \text{ мг/м}^3$, снаружи - в рабочей зоне помещений $0,0014 \text{ мг/м}^3$, что в 2,3 раза превышает ПДК.

Концентрация определялась методом местного отсоса на эталонный фильтр и его сжиганием с последующим химическим анализом и определением улавливаемого количества вещества.

Предлагаемый пневматический вибростол позволяет не использовать герметизирующего бункера, вытягивание воздуха с продуктами обработки происходит непосредственно из зоны обработки и далее, частично фильтруясь в центробежном фильтре, попадает в вытяжную фильтровентиляционную систему предприятия, снижая концентрацию оксида бериллия в рабочей зоне помещений до $0,0004 \text{ мг/м}^3$ что в 1,5 раза меньше ПДК и в 3,5 раза ниже чем

при существующем производстве. Испытания проводились на керамических изоляторах, при оптимальном зазоре эжектора, установленным в предыдущем опыте и равном 0,5 мм, что дало наибольшую производительность сбора пылевидных отходов обработки. Также были проведены испытания по определению производительностей съема материала, выделения продуктов обработки и сравнение этих результатов с результатами существующем оборудовании.

На основе полученных результатов исследований была разработана конструкция вибропривода пневматического вибростола для инерционной виброабразивной обработки деталей на основе оксида бериллия, которая позволяет улучшить условия труда работающих за счет обеспечения эффективного удаления токсичных пылевидных отходов обработки непосредственно из зоны обработки и за счет исключения времени на наклейку и переклейку деталей повысить производительность обработки.

Аналитически установлено и экспериментально подтверждено, что для увеличения расхода сжатого воздуха через входное отверстие давление воздуха в цилиндрической камере пневматического вибропривода нужно уменьшать, а для увеличения эжекции пылевидных отходов обработки - увеличивать.

Экспериментально установлено, что при увеличении вертикальной нагрузки на вибробункер пневматического вибростола с 10 Н до 100 Н амплитуда колебаний уменьшилась, частота колебаний при этом осталась неизменной, а при оптимальных параметрах проточной части разработанного пневматического вибростола максимальная эжекция пылевидных отходов обработки составляет 97%.

В четвертом разделе представлены основные показатели процесса инерционной виброабразивной обработки деталей на основе оксида бериллия.

Для прогнозирования формы обработанной поверхности была проведена серия опытов.

Натурализированная формула уравнения регрессии максимальных величин завалов обработанной поверхности детали при инерционной виброабразивной обработке без закрепления выглядит следующим образом

$$K_d = 1.55 - (0.26 (d - 47.5) / 22.5) + (0.41 (H - 12.6) / 9.1) - 0.25 ((d - 47.5) / 22.5) ((H - 12.6) / 9.1), \quad (6)$$

где h - высота центра масс обрабатываемой детали, мм;

d - диаметр обрабатываемой поверхности детали, мм.

Влияние третьего фактора массы образца оказалось незначимым.

Таким образом, в результате экспериментальных исследований разработан пневматический вибростол для виброабразивной обработки деталей на основе оксида бериллия, который от аналогов отличается простотой конструкции и надежностью работы. Он позволяет значительно повысить производительность обработки, за счет исключения вспомогательного времени на установку, снятие и переустановку деталей, при этом уменьшилась трудоемкость операции в 1,8 раза и снизилась запыленность рабочей зоны помещений токсичными пылевидными отходами обработки в 3,5 раза и этим

самым обеспечивался необходимый уровень фильтрации, обеспечивающей концентрацию пыли в рабочей зоне помещений в пределах ПДК.

В результате исследований пневматического привода вибростола и анализа полученных зависимостей основных параметров колебательного процесса от давления питания можно сделать вывод, что с увеличением давления питания растет частота и амплитуда колебаний, а с увеличением массы ролика частота колебаний уменьшается, амплитуда практически не изменяется.

Экспериментально установлено, что с увеличением величины зерна обрабатываемого инструмента растет и производительность предложенного способа обработки.

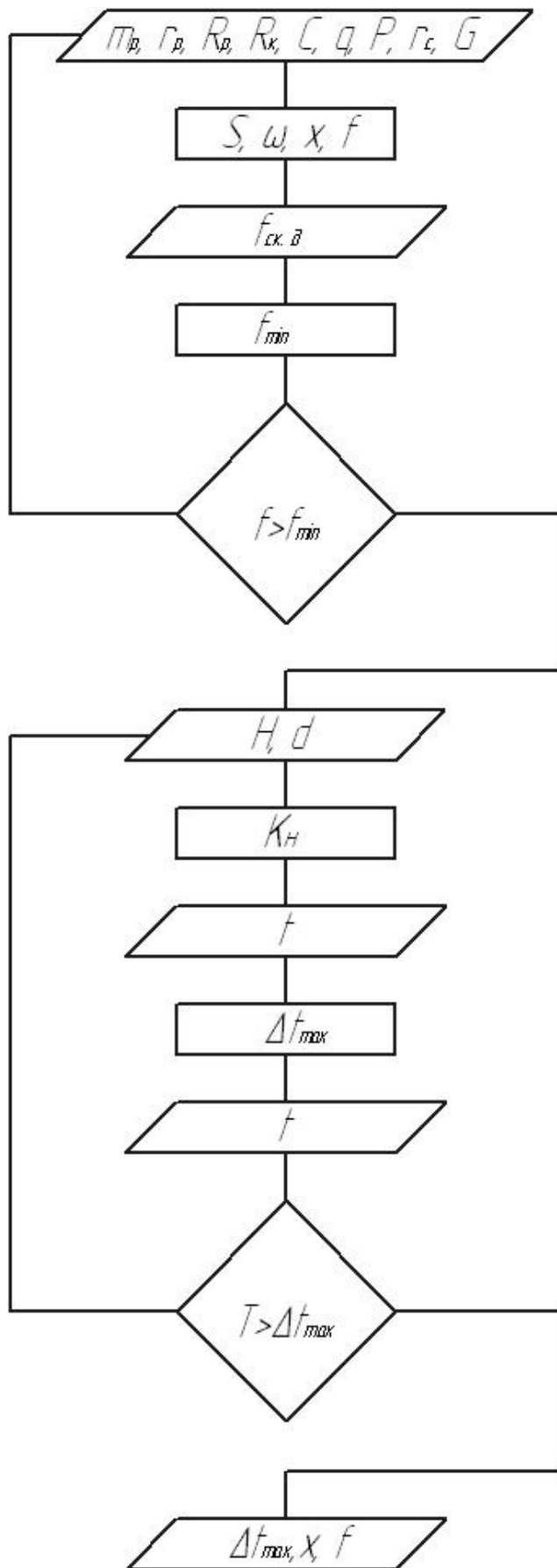
Для оценки экономической эффективности разработанного пневматического вибростола провели расчёт стоимости и ориентировочный расчет окупаемости проведя сравнительную оценку временных затрат на операции плоского шлифования конденсаторных прокладок в виде пластин 48*60 мм. производимой на Конденсаторном заводе г. Усть-Каменогорска на плоскошлифовальном станке - 3Л722, таким образом, приближенная рыночная стоимость готового оборудования "под ключ" 223544 тг., а расчетная годовая прибыль от внедрения разработанного вибростола - 265 тыс. тг.

В результате проведенного научного исследования был создан алгоритм и программа расчета показателей инерционной виброабразивной обработки в зависимости от основных геометрических параметров вибростола и обрабатываемой детали.

Из аналитических зависимостей (1), (2) можно предельно частоту f и амплитуду Δ колебаний инструмента, закрепленного в вибробункере, зная площадь сечения тангенциального питающего сопла S и угловую скорость движения незакрепленного объекта в цилиндрической камере (в нашем случае ролика) ω .

Из условия работоспособности такой схемы обработки можно определить минимальную частоту колебаний вибробункера f_{\min} , необходимую для реализации процесса инерционной виброабразивной обработки деталей по формуле (5). Таким образом, сравнивая f и f_{\min} можно определить диапазон частот данного вибростола для реализации процесса инерционной виброабразивной обработки. По формуле (6) рассчитывается K_n который позволит нам зная, припуск на обработку, рассчитать максимальную величину завалов по краям обработанной детали в случае варианта обработки без прижима или закрепления $\Delta t_{n \max}$.

Блок схема разработанного алгоритма представлена на рисунке 6.



где,
 m_p – масса ролика, г;
 r_p – радиус ролика, мм;
 R_p – радиус движения оси ролика, мм;
 R_k – внутренний радиус корпуса, мм;
 C – коэффициент лобового сопротивления;
 q – коэффициент расхода воздуха;
 P – давление сжатого воздуха, МПа;
 r_c – радиус входного сопла, мм;
 G – коэффициент упругости при сдвиге 4-х пружин, Н/мм;
 S – площадь поперечного сечения входного отверстия, мм²;
 ω – угловая скорость движения ролика, рад/с;
 x – амплитуда движения инструмента закрепленного в вибробункере, мм;
 f – частота колебаний привода, Гц;
 $f_{ск,д}$ – коэффициент трения скольжения между абразивом и деталью;
 f_{min} – минимальная частота колебаний вибробункера необходимая для реализации процесса инерционной виброабразивной обработки деталей, Гц;
 H_c – высота центра масс детали, мм;
 d – диаметр детали, мм;
 K_n – коэффициент влияющий на максимальную величину завалов по краям обработанной детали в случае варианта обработки без прижима или закрепления;
 t – припуск на обработку, мм;
 Δt_{max} – максимальную величину завалов по краям обработанной детали в случае варианта обработки без прижима или закрепления, мм;
 T – допуск на отклонение от плоскостности, мм.

Рисунок 6

По алгоритму была разработана программа расчета основных показателей инерционной виброобразивной обработки. При не выполнении условий $f > f_{\min}$ или $T > \Delta t_{\max}$ программа выдает предупреждение.

На рисунке 7 показан общий вид интерфейса программы.

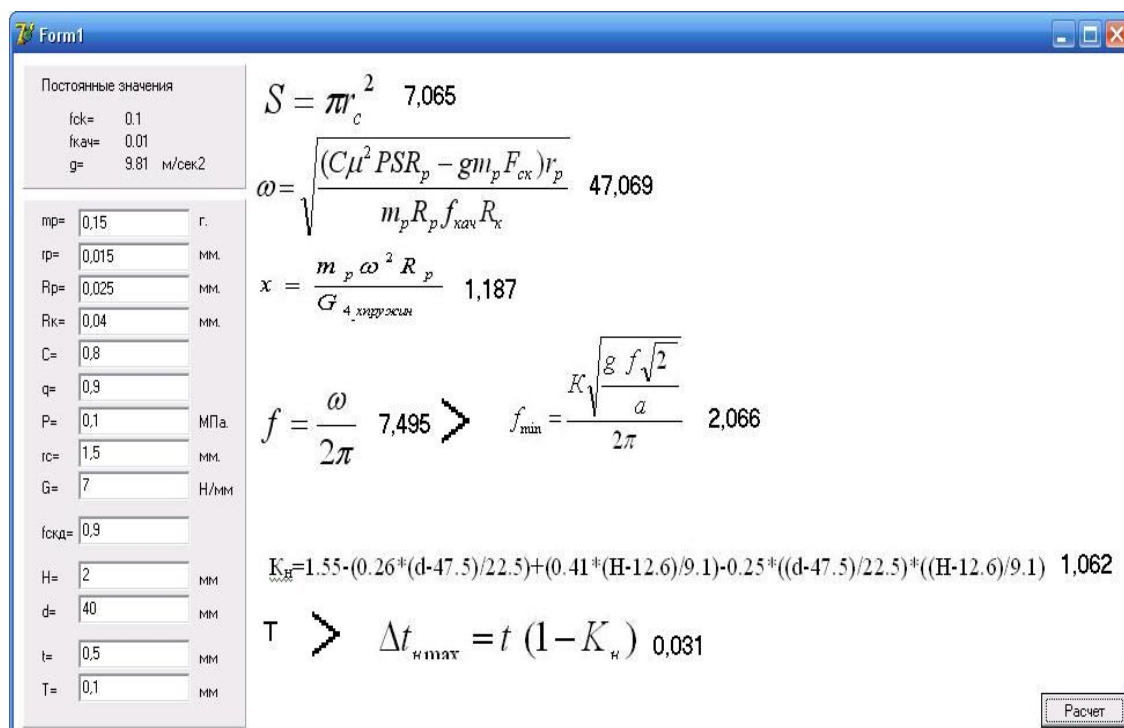


Рисунок 7 - Общий вид интерфейса программы расчета основных показателей инерционной виброобразивной обработки

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные результаты и выводы:

1. На основе обзора и анализа существующих технологических процессов виброобработки деталей установлено, что они не обеспечивают высокопроизводительную обработку из-за необходимости затрат времени на вспомогательные операции: установка, переустановка и снятие деталей;
2. Доказано, что технологический процесс инерционного виброшлифования, виброполирования реализуются при превышении силы инерции обрабатываемых деталей над силами трения между обрабатываемыми поверхностями деталей и трущейся поверхностью вибростола;
3. Математически получены и экспериментально подтверждены основные кинематико-геометрические параметры вибростола, влияющие на амплитуду и частоту ротационных колебательных движений инструмента. Так увеличение массы незакрепленного объекта в корпусе вибропривода (ролика) с массой 50 г. до 150 г. приводит к уменьшению частоты колебаний с 9,7 Гц до 7,7 Гц, а на амплитуду практически не влияет. Увеличение же диаметра входного сопла с 3 мм. до 5 мм. приводит к увеличению частоты колебаний с

9,7 Гц до 19,5 Гц и амплитуды колебания с 1,5 мм до 3,1 мм., а изменение давления сжатого воздуха со 100 кПа до 300 кПа приводит к увеличению частоты колебаний с 9,7 Гц до 22,5 Гц и амплитуды колебания с 1,5 мм до 3,2 мм. Рациональные вариации частотно-амплитудных характеристик были получены при расположении выходного отверстия в трубчатом элементе привода;

4. Экспериментально установлены рациональные геометрические параметры системы подачи сжатого воздуха вибростола, обеспечивающие эжекцию продуктов обработки и их фильтрацию. Так при соотношении зазора эжектора к внутреннему диаметру трубчатого элемента в пределах 3.. 3,5 обеспечивается эжекция 97% отходов обработки и поддерживается необходимый уровень фильтрации, обеспечивающей концентрацию пыли в рабочей зоне помещений в пределах ПДК;

5. Повышение производительности обработки и обеспечение экологической безопасности за счет одновременного ротационного колебательного движения инструмента, эжекции продуктов обработки и их фильтрации за счет единой подачи сжатого воздуха обеспечиваются оригинальной конструкцией пневматического привода вибростола, новизна которого подтверждена патентами РК №18692, №18693, №19161 и заявками на полезные модели №2009/061.2, №2009/062.2, №2010/042.2, ожидаемый экономический эффект от внедрения нового оборудования составил 265 тыс. тг., при этом срок окупаемости затрат на создание предлагаемого оборудования один год.

Таким образом диссертационная работа содержит новые научно обоснованные результаты, позволившие решить важную задачу повышения эффективности и экологической безопасности инерционной виброабразивной обработки деталей на основе оксида бериллия.

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Курмангалиев Т.Б., Гольцев А. Г., Тимошин В.И. Вибростол Патент №18692 РК МПК В07В 1/28. Оpubл. 15.08.2007, бюл. № 8.

2. Курмангалиев Т.Б., Гольцев А. Г., Тимошин В.И. Вибростол Патент №18693 РК МПК В07В 1/28. Оpubл. 15.08.2007, бюл. № 8.

3. Курмангалиев Т.Б., Гольцев А. Г., Тимошин В.И. Вибростол. Патент №19161 РК МПК В07В 1/28. Оpubл. 14.03.2008, бюл. № 3.

4. Курмангалиев Т.Б. Виброприводы шлифовальной машины для виброабразивной обработки поверхностей деталей. / Сборник научных трудов II Международной научно-методической конференции "Инновационные технологии в образовании и науке" 2007 III часть. Зыряновск, РК -С. 120-122.

5. Курмангалиев Т.Б. Машины для реализации вибрационного способа обработки поверхностей деталей. / Сборник научных трудов II Международной научно-методической конференции "Инновационные технологии в образовании

и науке " 2007 III часть. Зыряновск, РК -С. 122-125.

6. Курмангалиев Т.Б. Пневматические виброприводы шлифовальной машины для виброабразивной обработки поверхностей деталей. / Сборник научных трудов II Международной научно-методической конференции "Инновационные технологии в образовании и науке " 2007 III часть. Зыряновск, РК —С. 125-128.

7. Курмангалиев Т.Б. Математическое моделирование установки для инерционного виброшлифования с пневматическим виброприводом. / Материалы X Республиканской научно-технической конференции студентов, магистрантов, аспирантов и молодых ученых. 2010 Часть II. -Усть-Каменогорск, -С. 141-143.

8. Курмангалиев Т.Б. Установка для инерционного виброшлифования. / Материалы X Республиканской научно-технической конференции студентов, магистрантов, аспирантов и молодых ученых научно-практ. конф. 2010г. Часть II. - Усть-Каменогорск, -С. 143-145.

9. Курмангалиев Т.Б., Гольцев А. Г., Бицоев Г.Д. Математическое моделирование пневматического вибропривода установки для инерционного виброшлифования и полирования художественных изделий. /. Материалы XVII Международной научно-практической конференции, Пенза: ПГУАС, 2010 - С.165-169.

10. Курмангалиев Т.Б., Гольцев А. Г., Бицоев Г.Д. Математическое моделирование амплитуды движения виробункера установки для инерционного виброшлифования и полирования художественных изделий. / Материалы XVII Международной научно-практической конференции, Пенза: ПГУАС, 2010 - С.169-172.

11. Курмангалиев Т.Б. Анализ машин для отделочно-зачистной обработки деталей и их приводов. Вестник ВКГТУ, 2010. - №1., С. 93-97

12. Курмангалиев Т.Б., Гольцев А. Г. Обзор патентных материалов пневматических ротационных виброприводов. Вестник ВКГТУ; 2010. - №2. С.89-93.

13. Курмангалиев Т.Б., Гольцев А. Г. Математическое моделирование пневматического вибропривода установки для инерционного виброшлифования. Вестник ВКГТУ; 2010. - №2. С.93-97.

Түйіндеме

Курмангалиев Тимур Болатович

БЕРИЛИЙ ТОТЫҒЫ НЕГІЗІНДЕГІ БӨЛШЕКТЕРДІ ИНЕРЦИОНДІ ДІРІЛАБРАЗИВТІ ӨНДЕУДЕГІ ӨНІМДІЛІКТІ ЖӘНЕ ЭКОЛОГИЯЛЫҚ ҚАУІПСІЗДІКТІ АРТТЫРУ

05.03.01 –Механикалық және физика-техникалық өндеудің технологиялары мен жабдықтар

Диссертацияда көп функционалды технологиялық жабдықты жобалау арқасында бериллий тотығы негізіндегі бөлшектерді инерционді дірілабразивті өндеудегі өнімділік пен экологиялық қауіпсіздікті арттырудағы теориялық және тәжірибелік зерттеулер келтірілген

Мәселелердің маңыздылығы. Машинажасау және аспапжасау кәсіпорындарындағы диод, транзистор, интегралды схемалар, қатты схемалар, микрочиптер және т.с.с. дискретті аспаптар бөлшектерінің көптеген ұсақ құрауыштары, қазіргі өндірісте, абразивті өндеуден төмен өнімділік пен тікелей сорғысыз үлкен шаң бөлінумен жүреді. Олардың көбі, шаң тәріздес күйде ұйтты болатын (қауіптіліктің бірінші класы), бериллий тотығы негізінде жасалған. Бұдан басқа, олар басқа да, өндеу аумақтарынан тікелей шаңды сорып алуды қажет ететін, шаң бөлінумен жүретін технологиялық өзгертулерден өтеді. Жұмыс бөлмелерінің шаңдануы олардың өрт және жарылыс қауіптілігін арттырады. Кәсіпорындарда бұл операцияларды жүзеге асыру үшін негізінен, өрт-жарылыс қауіпті өндірістерде қолдану қауіпті әрі ұсынылмаған, электржетекті жабдықтар қолданылады.

Абразивті орталарда әрлеу өндеуі, қолмен істейтін әрлеу операцияларын механикаландыру және автоматтандыруға мүмкіндік беретін, ең өнімді тәсіл болып табылады. Оның үстіне өндеуді грамның бірнеше бөлігінен үлкен габаритті бөлшектерге жүргізуге болады.

Осы жолмен, өнімділікті, бериллий тотығы негізіндегі бұйымдарды жасаудағы көп функционалды, инерционді дірілабразивті өндеуге арналған, пневматикалық діріл жетекті технологиялық жабдықты жобалау арқасында өндірістік және экологиялық қауіпсіздікті арттыру бағытындағы зерттеулер, көкейкесті.

Жұмыстың мәселесі бір уақытта сайманның тербелмелі ротационды қозғалысын, өндеу өнімі эжекциясын және оларды сүзуге мүмкіндік беретін, көп функционалды технологиялық жабдықтың арқасында бериллий тотығы негізіндегі бөлшектерді инерционді дірілабразивті өндеу өнімділігін және экологиялық қауіпсіздігін арттыру болып табылады.

Жұмыстың мақсаты бериллий тотығы негізіндегі бөлшектерді жоғары өнімді және қауіпсіз өндеуге арналған ротационды жетекті пневматикалық діріл үстелінің тиімділігін арттыру және функционалды мүмкіншіліктерді кеңейту.

Ғылыми жаңалық алғашқы рет:

- бөлшектерді дірілабразивті өңдеудің технологиялық тәсілдердің өнімділігін арттырудың жолдары ашылды, экологиялық қауіпсіздік мәселесі көкейкесті деген бөлшектер класы анықталды;
- технологиялық діріл процестері жүретін негізгі динамикалық шарт шығарылды және бөлшектерді инерционді дірілабразивті өңдеу тәсілі жасалды;
- дірілүстелдің пневматикалық жетегінің, қысылған ауаның біртұтас берісінің арқасында сайманның ротационды тербелмелі қозғалысын, өңдеу өнімі эжекциясын және оларды сүзуді қамсыздандыратын, бірегей құрылымы жасалды РК №18692, №18693, №19161 патенттерімен және №2009/061.1, №2009/062.2, № 2010/042.2 пайдалы моделге өтінішпен расталған;
- әр түрлі технологиялық діріл процестерге қолданылатын сайманның тербелмелі қозғалысының амплитудасы мен жиілігінің, дірілүстелдің кинематика-геометриялық көрсеткіштерінен математикалық тәуелділіктер шығарылды;
- бөлінген бөлшек класына өңдеу өнімдерінің максималды эжекциясы және оларды сүзу қамсыздандырылатын, дірілүстелге қысылған ауа берісі жүйесінің негізгі геометриялық көрсеткіштері белгіленді;
- бериллий тотығы негізіндегі бөлшектерді инерционды өңдеудің әр түрлі технологиялық процесстеріне арналған пневматикалық дірілүстелімен жүзеге асырылатын тәжірибелік зерттеулер әдістемесі жасалды.

RESUME

Kurmangaliyev Timur Bolatovich

THE INCREASING OF OUTPUT AND ECOLOGICAL SAFETY OF INERTIAL VIBROABRASIVE PART CUTTING ON THE BASIS OF BERYLLIUM OXIDE

05.03.01 – Technologies, instrumentation of mechanical and physicotecnical processing

In the dissertation there are presented theoretical and experimental examining for solving the problem of increasing output and ecological safety of inertial vibroabrasive cutting of parts on the basis of beryllium due to multi-functional technological equipment

The general characteristics of the work. Many small component parts for discrete instruments like diodes, transistors, integral schemes, hard schemes, microchips, and similar go through abrasive processing which differs now by low output and large amount of dust escape without direct drawing out at mechanical engineering and instrument engineering factories. Many of them are produced on the basis of beryllium oxide which is toxic in the powder-like state (first class of danger). Besides, they go through other dust-forming technological limits that need dust exhaust directly out of the cutting zones. Suspended materials concentration in working buildings increases their fire and explosive risk. To carry out these operations at enterprises they mainly use the equipment with the electric driving gear which is dangerous and not recommended at fire and explosive risky productions.

Finishing treatment in abrasive media is the most productive methods because it allows to mechanize and automate manual operations. It is also possible to cut large and smaller parts which can weigh parts of a gram.

Thus, the research of increasing the output, production and ecological safety of making parts on the basis of beryllium oxide due to the development of multi-functional technological equipment with the pneumatic vibration gear for inertial vibro-abrasive cutting is urgent.

The goal of work is to increase the output and ecological safety of inertial vibro-abrasive cutting of parts on the basis of beryllium oxide due to the development of multi-functional technological equipment providing simultaneous oscillatory rotation movement of the instrument, ejection of the processed products and their filtration.

The objects of research is to increase effectiveness and expanding functional opportunities of pneumatic vibration exciter with the rotation gear for highly productive and safe cutting of parts on the basis of beryllium oxide.

The scientific novelty of the research work under discussion is:

- the ways of technological methods output increasing for vibro-abrasive cutting of parts have been revealed; the class of parts having the challenge of ecological safety has been determined;

- we have found out the main dynamic condition under which technological vibro-processes are realized and developed the method of inertial vibro-abrasive processing of cutting parts;

- we have developed an original structure of vibration exciter pneumatic gear which provides the instrument rotation oscillatory motion, the products of processing and filtration ejection due to just a single air input, which has been confirmed by RK patents №18692, №18693, №19161 and applications for utility models №2009/061.1, №2009/062.2, № 2010/042.2;

- we have got mathematical dependencies of amplitude and frequency of vibration motions of the instrument used for different technological vibro-processes of kinematic-geometrical parameters of the vibration exciter;

- we have determined general vibration exciter compressed air feeding system parameters under which maximum ejection of processed products and their filtration is provided;

- we have developed the methodology of experimental testing with the help of the proposed pneumatic vibration exciter for different technological processes of inertial processing of cutting parts on the basis of beryllium oxide.