

М249488

Министерство высшего и среднего специального образования СССР

Московское
ордена Ленина и ордена Трудового Красного Знамени
высшее техническое училище имени Н. Э. Баумана

ИСКОВИЧ-ЛОТОЦКИЙ Ростислав Дмитриевич

РАЗРАБОТКА, ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ И
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ НОВОЙ
КОНСТРУКЦИИ ВИБРОПРЕСС—МОЛОТА
ДЛЯ ПРЕССОВАНИЯ ДЕТАЛЕЙ ИЗ МАТЕРИАЛА
НА ОСНОВЕ КАРБИДА КРЕМНИЯ

Специальность/№ 05.03.05 — «Технология и машины
обработки давлением»

Автореферат
диссертации на соискание ученой
степени кандидата технических наук

Работа выполнена в Винницком политехническом институте.

Научные руководители:
доктор технических наук, и. о. профессора БОЧАРОВ Ю. А.
кандидат технических наук, доцент МАТВЕЕВ И. Б.

Официальные оппоненты:
доктор технических наук, профессор ВЛАСОВ В. И. (МАМИ)
кандидат технических наук, доцент СОКОЛОВ А. Ф.
(МИСиС)

Ведущее предприятие: Воронежское специальное конструкторское бюро гидравлических и механических прессов

Автореферат разослан « » 197 г.

Защита диссертации состоится « » 197 г.
на заседании Совета факультета «Автоматизации и механизации производства» Московского ордена Ленина и ордена Трудового Красного Знамени
Н. Э. Баумана по адресу:
ская улица, дом №

Отзывы в 2-х экземплярах
правлять по указанию

С диссертацией
лица.

Ученый секретарь
кандидат технических наук

М 249488.

ВВЕДЕНИЕ

Среди новых и перспективных технологических процессов необходимо выделить вибрационное прессование тугоплавких порошковых материалов на основе карбида кремния. Этот способ позволяет существенно / в десятки раз / уменьшить технологическое усилие, получить равномерное распределение плотности изделия по объему, изготовить деталь практически любой конфигурации.

Прессование изделий из материала на основе карбида кремния в производственных условиях затруднен из-за отсутствия оборудования, позволяющего получить требуемый технологией пиковый характер приложения рабочего усилия в сочетании с периодом разгрузки. Из существующего кузнечно-прессового оборудования, на котором возможно обеспечить периодическое / с заданной частотой / нагружение обрабатываемого объекта, наиболее близки к рассматриваемому случаю гидравлические вибрационные прессы и пресс-молоты. Однако эти машины в большинстве не обеспечивают необходимый характер нагружения. Исследование пикового приложения нагрузки и параметров машины для вибропрессования тугоплавких порошков показало, что в рассмотренном случае более рациональным является переход на инерционную схему нагружения с ниппным приводом.

Исследование посвящено решению вопросов, связанных с разработкой новой конструкции гидравлического инерционного вибропресс-молота с клапаном-пульсатором для прессования изделий из материала на основе карбида кремния.

ГЛАВА I. ОБЗОР СОСТОЯНИЯ ВОПРОСА И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

Разработанный институтом проблем материаловедения АЧ УССР новый тугоплавкий порошковый материал на основе карбида кремния, благодаря высоким физико-механическим свойствам при сравни-

НТБ МГТУ им. Н.Э. Баумана



1249488

Искович-Потоцкий Р.Д. Раз

тельно низкой стоимости находит все более широкое применение в промышленности. По технологии ИПМ АН УССР организован серийный выпуск ряда деталей методом статического прессования на Броварском заводе порошковой металлургии, однако, номенклатура этих изделий ограничена необходимостью создания высоких удельных усилий порядка 1500 кг/см^2 и трудностью, а в некоторых случаях невозможностью, получения изделий сложной конфигурации и больших размеров с равномерным распределением плотности по объему.

Исследованиям процессов прессования порошковых материалов посвящены работы Виноградова Г.А., Радомысльского И.Д., Гнесина Г.Г., Кунина Н.Ф.; непосредственно вибрационному прессованию — работы Шаталовой Н.Г., Горбунова Г.С., Лихтмана В.Н., Ивашенко В.В., Мухи М.М. и др. При этом установлено, что вибрационное прессование порошковых материалов позволяет в десятки раз уменьшить величину технологического усилия, по сравнению со статическим, получить изделие практически любой сложной формы, а для порошков на основе карбида кремния подтверждена особая эффективность вибрации снизу с пиковой формой импульса, когда время действия последнего составляет $1/5 \div 2/5$ части периода, причем пик усилия сочетается с разгрузкой обрабатываемого материала, Указанные преимущества вибрационного прессования были обнаружены при низких частотах.

Анализ известных схем машин ударного действия, позволяющих осуществить вибрационное нагружение, показал, что наиболее целесообразно для этой цели использовать гидравлические вибропрессы и вибропресс-молоты. Однако, промышленное применение указанного оборудования затруднено либо по характеру приложения усилия, либо в связи с отсутствием совершенной аппаратуры управления, либо по своим мощностным и экономическим показателям. Эти соображения выявили основную цель данного исследования — разработку конструкции и теоретически обоснованной методики проектирования и расчета гидравлического инерционного вибропресс-молота для порошковой металлургии.

ГЛАВА П. РАЗРАБОТКА НОВОЙ КОНСТРУКТИВНОЙ ПРИНЦИПИАЛЬНОЙ СХЕМЫ ИНЕРЦИОННОГО ВИБРОПРЕСС-МОЛОТА С ГИДРО- ИМПУЛЬСНЫМ ПРИВОДОМ И ЭЛЕМЕНТАМИ ЕЕ УПРАВЛЕНИЯ

Обоснование выбора принципиальной схемы гидроимпульсного привода для вибрационного нагружения материалов на основе карбида кремния проводилось в соответствии с требованиями, предъявляемыми к разрабатываемой машине: обеспечение преимущественного характера нагружения в виде пика усилия, составляющего $1/5 + 2/5$ от времени цикла и сходящегося с полной разгрузкой для снятия внутренних напряжений в обрабатываемом объекте; применение нижнего привода рабочего звена, упрощающего конструкцию, и осуществление инерционной схемы вибропрессования, расширяющей технологические возможности.

Создание машины на основе известных принципиальных схем прессов, например, типа ППН / пресс пульсирующего нагружения / и ГИП / гидравлический инерционный пресс / не обеспечивает выполнение технологических условий обработки тугоплавких порошков. Прессы ППН с нижним приводом не дают нужного ускорения частиц порошка, т.к. мало $\frac{dp}{dt}$ /градиент давления/, обеспечивающее только нарастание давления при статическом режиме. Прессы ГИП известны только с верхним приводом, сложны из-за размещения элементов привода и управления в инерционной массе, их варианты, изготовленные в ЭНИИМаше, не имели отвода инструмента, обеспечивающего разгрузку обрабатываемого объекта.

В качестве вариантов осуществления гидросхемы для вибрационного пикового нагружения был принят нижний привод стола с расположенным на нем обрабатываемым объектом. Такое выполнение машины обеспечивает более простую конструкцию при вибрационном режиме. Возврат стола, выполненного совместно с плунжером цилиндра нижнего привода, после хода вверх производился при помощи упругих элементов. В этом случае технически оправдан переход на полотовую схему без отвода стола-инструмента от изделия с использованием кинетической энергии подвижных частей. Цилиндр нижнего привода стола, являющийся одновременно станиной, неподвижен, а вибрационное пиковое нагружение заготовки осуществляется за счет накопленной энергии элементов,

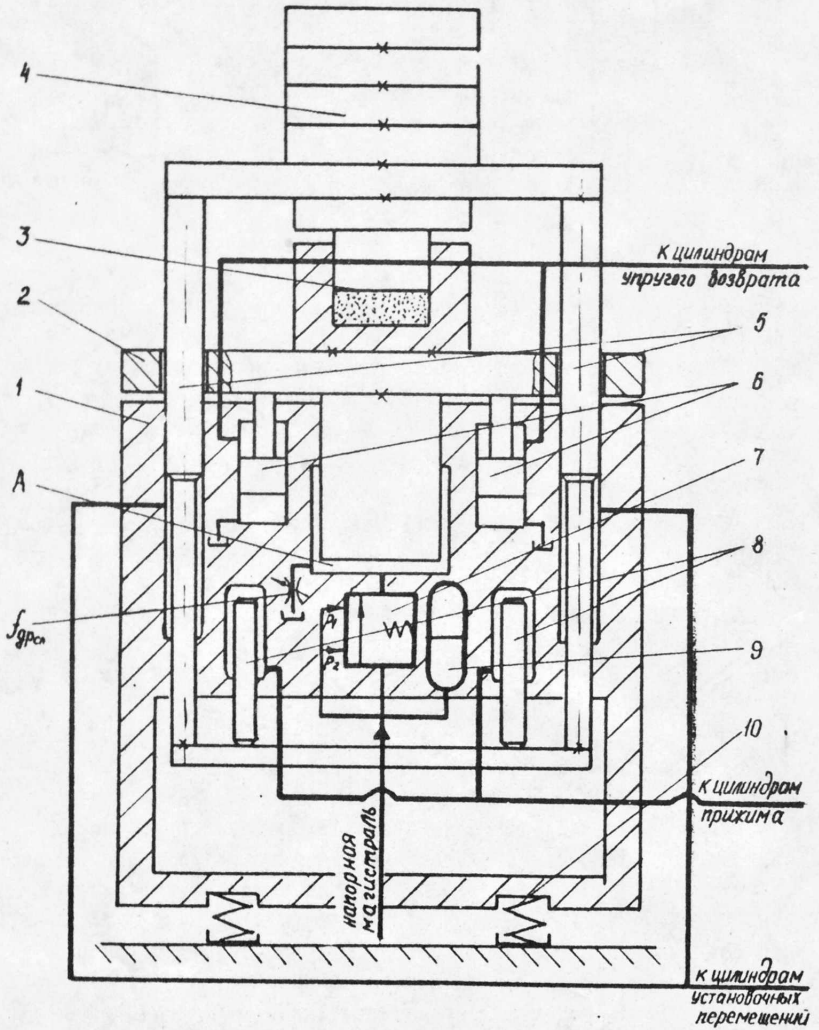


Рис. 1.

5

совершающих возврат стола и траверсы. Увеличение энергии деформирования одного хода возможно за счет использования сменной инерционной массы на траверсе.

В тех случаях, когда отсутствует необходимость получения максимального рабочего усилия в конце хода рабочих частей при возврате стола, достаточно использовать импульсное увеличение давления в рабочей полости цилиндра нижнего привода стола и ход последнего вверх в момент открытия клапана-пульсатора и разрядки аккумулятора.

В соответствии с изложенным спроектирован новый инерционный вибропресс-молот с клапаном-пульсатором, отвечающим повышенным требованиям. Его схема приведена на рис. I и позволяет уточнить конструктивные особенности некоторых узлов машины. На схеме обозначено: станина I; стол 2, выполненный совместно с плунжером; разъемная прессформа с обрабатываемым объектом 3; подвижная траверса 4, на которой возможна установка сменной инерционной массы; направляющие колонны 5, выполненные в виде дифференциальных плунжеров цилиндров установочных перемещений; гидроружья 6 упругого возврата подвижных элементов; клапан-пульсатор 7; плунжеры 8 цилиндров прижима; одноходовой рабочий аккумулятор 9; амортизаторы 10. Рабочая полость А цилиндра нижнего привода стола 2 постоянно соединена со сливом через регулируемый дроссель $f_{дрсл}$. При открытии клапана-пульсатора 7, конструктивные особенности которого на схеме не рассмотрены, разряжается одноходовой аккумулятор 9, обеспечивающий заданную величину энергии импульса давления жидкости, подаваемой в рабочую полость цилиндра нижнего привода стола.

Рассмотренная конструкция позволяет получить заданный пиковый характер нагружения в момент открытия клапана-пульсатора и хода стола вверх, или / при необходимости использования значительных рабочих усилий / в момент возврата подвижных частей под действием упругих элементов и сил тяжести с получением расчетного пикового усилия на обрабатываемом объекте в конце хода.

Выполнение вибропресс-молота для прессования тугоплавких порошков по схеме с нижним приводом и инерционной массой на траверсе обеспечивает существенную универсальность, за-

ключающуюся в возможности работы на разных технологических режимах.

ГЛАВА III. ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО ИНЕРЦИОННОГО ВИБРОПРЕСС-МОЛОТА

Анализ движения основных элементов вибропресс-молота: подвижной траверсы с закрепленной на ней сменной инерционной массой / m_1 /; плунжера рабочего цилиндра, выполненного совместно со столом, на котором расположен обрабатываемый объект / m_2 /; подпружиненной станины / m_3 /; клапана-пульсатора / m_4 /, расположенного в осевой расточке станины, и массы жидкости / m_5 / проводился исследованием системы соответствующих дифференциальных уравнений.

Взаимодействие между подвижной траверсой и столом обусловлено характеристикой обрабатываемого материала. Не рассматривая физическую сторону процесса прессования, усилие подаваемое от рабочего звена через заготовку на траверсу выражается функцией относительного перемещения подвижных элементов $\Psi(x_1 - x_2)$, а характер изменения усилия в зависимости от свойств материала и параметров изделия определяется экспериментальным коэффициентом B . Учитывая то, что масса жидкости подтекущей в рабочую полость цилиндра нижнего привода стола на порядок и более меньше, чем масса рабочего звена, достаточно точно динамику процесса импульсного нагружения обрабатываемого объекта на вибропресс-молоте при ходе рабочего звена вверх можно исследовать при совместном решении системы четырех дифференциальных уравнений:

$$\left\{ \begin{array}{l} m_1 \ddot{x}_1 = -C_1(x_{01} + x_1 - x_2) + B \cdot \Psi(x_1 - x_2) - m_1 g - R_1; \\ m_2 \ddot{x}_2 = -C_2(x_{02} + x_2 - x_3) + p(x) \cdot F - B \cdot \Psi(x_1 - x_2) - m_2 g - R_2; \\ m_3 \ddot{x}_3 = C_3(x_{03} + x_3) - p(x) \cdot F - C_2(x_2 - x_3) - m_3 g - R_3; \\ m_4 \ddot{x}_4 = -C_4(x_{04} + x_4) + p(x) \cdot f - m_4 g - R_4, \end{array} \right. \quad (I.III)$$

где: C_i - приведенные коэффициенты жесткости;
 $p(x)$ - давление в рабочей полости цилиндра в процессе разгона;
 X_i - текущие координаты перемещения масс;
 F, f - соответственно площади плунжера стола и торца клапана;
 R_i - постоянные составляющие сил сопротивления.

Точное совместное решение системы уравнений движения элементов вибропресс-молота / I.Ш/ можно получить численным интегрированием на ЭВМ, подставляя конкретные значения параметров исследуемой машины.

Однако, получение такого решения затруднено наличием нелинейных составляющих; связано с необходимостью составления исходной программы для ввода в машину, что является громоздким и сложным процессом.

Для создания теоретически-обоснованной методики проектирования и расчета нового инерционного вибропресс-молота, позволяющей упростить исходные аналитические зависимости на первой стадии проектирования с учетом реальных особенностей конструкции с несколькими степенями свободы, проведен дополнительный анализ системы уравнений. С достаточной степенью точности, приняв ряд допущений можно ограничиваться исследованием характера движения рабочего звена вибропресс-молота под действием импульса давления, определяемого на основании "жесткой" модели жидкости. Приведенная масса рабочего звена учитывала массы стола, заготовки и верхней траверсы, а исходное дифференциальное уравнение движения рабочего звена преобразовывалось к виду

$$\ddot{X} + (K \cdot X + p) \cdot \dot{X}^2 + n \cdot \dot{X} + q \cdot X = At + B, \quad (2. III)$$

где K ; p ; n ; q ; A и B - коэффициенты и постоянные уравнения, а $X_1 = X_2 \approx X$, т.к. величину перемещения стола можно считать равной перемещению подвижной траверсы со смесенной инерционной массой.

Методом численного интегрирования были определены значения $\dot{X}$, $\ddot{X}$ и $\ddot{\dot{X}}$ уравнения /2.Ш/.

Полученные результаты сравнивали с решением линейризованного исходного выражения:

$$\ddot{x} + (g+n) \cdot x + qx = At + B, \quad (3. III)$$

для которого

$$x = \bar{x} + \check{x} = e^{-\frac{g+n}{2} \cdot t} \left[C_1 \cos \sqrt{q - \left(\frac{g+n}{2}\right)^2} \cdot t + C_2 \sin \sqrt{q - \left(\frac{g+n}{2}\right)^2} \cdot t \right] + \frac{A}{q} \cdot t + \frac{B \cdot q - (g+n)A}{q^2} \quad (4. III)$$

Проведенный анализ подтвердил возможность использования зависимости /3. III/ для исследования параметров движения рабочего звена вибропресс-молота. Определены выражения для расчета энергии импульса

$$A_{имп} = M \int_{x_0}^x \ddot{x} dx \quad (5. III)$$

и гидравлического к.п.д. машины

$$\eta = \frac{A_{имп} \cdot 100\%}{A_{погв.}}, \quad (6. III)$$

где: $A_{погв.}$ — величина подведенной энергии.

В случае нагружения обрабатываемого объекта при возвратном ходе подвижных элементов вибропресс-молота главное значение имеет характер совместного движения вниз траверсы со сменной инерционной массой под действием сил тяжести и упругих элементов возврата. Процесс указанного рабочего нагружения описывается выражением:

$$\ddot{x}_a + a \dot{x}_a^2 + cx_a - A_1 = 0, \quad (7. III)$$

решение которого известно.

ГЛАВА IV. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ НОВОЙ КОНСТРУКЦИИ ВИБРОПРЕСС-МОЛОТА

Целью экспериментального исследования инерционного гидравлического вибропресс-молота явилось изучение особенности работы машины, что позволило наиболее полно использовать эти данные при проектировании и эксплуатации, выявить оптимальное соотношение конструктивных элементов, подтвердить получение заданного характера нагружения и соответствие экспериментальных данных полученным по теоретическим зависимостям. Поэтому при исследовании новой конструкции машины необходимо было решить

две группы задач. К первой группе следует отнести: исследование на лабораторной модели вибропресс-молота простейших способов регулировки кинематических и энергетических параметров: анализ характера движения рабочего звена под действием импульса давления жидкости. Ко второй группе относятся исследования на стенде для испытания клапана-пульсатора по выявлению его оптимальных соотношений конструктивных элементов и изыскания возможностей расширения пределов быстрогодействия и высокорасходности. В ряде экспериментов записывались: частота вибраций элементов, находящихся под действием импульсов давления жидкости, прибором ВР-I; амплитуда перемещения рабочего звена индикатором часового типа.

Основные параметры машины: давление в рабочих полостях клапана и цилиндра; перемещения стола и распределительных элементов; величина рабочего усилия регистрировались пленочным магнитоэлектрическим шлейфовым осциллографом Н-700 при помощи тензометрических датчиков давления и перемещения, изготовленных применительно к решению поставленных задач. Для измерений применялась низкочастотная тензостанция 8АНЧ-7М.

При определении изменения амплитуды и частоты рабочего звена вибропресс-молота, определяющих режимы вибрационного прессования тугоплавких порошковых материалов, в зависимости от площади проходного сечения дросселя слива из полости цилиндра нижнего привода и величины усилия статического прижима обрабатываемого объекта были построены графики:

$$\omega = \varphi(f_{cl}); A = \varphi(f_{cl}); \omega = f(\rho_{np}); A = f(\rho_{np}),$$

по которым возможно судить о ширине эксплуатационных диапазонов регулирования рабочих режимов машины. Установлено, что при настроенном давлении клапана-пульсатора равном 100 кг/см^2 частота вибраций рабочего звена вибропресс-молота изменяется от 10 до 25 кол/сек, а амплитуда от 3 до 0,5 мм при соответственном изменении проходного сечения дросселя от 0,05 до 0,5 см^2 и постоянном усилии прижима 20 кг. Для случая с постоянным проходным сечением дросселя слива $f_{дрсл} = 0,2 \text{ см}^2$ и изменением усилия прижима от 10 до 100 кг частота регулируется в пределах от 10 до 25 кол/сек, а амплитуда от 3 до 1 мм. Эти способы регулирования применимы при настройке рабочих режимов вибропрессования, что подтверждено технологическими испытаниями на Броварском заводе порошковой металлургии, выявившими оптимальные

режимы обработки, например, порошкового материала С-2 в пределах 20-25 кол/сек и амплитуде $1,5 + 2$ мм. Эти же данные подтверждают возможность вибропрессования порошков на нижних пределах частот, что позволяет использовать более простые и надежные варианты инерционных вибропресс-молотов с гидроимпульсным приводом.

Экспериментально оценены основные параметры машины и подтверждено получение заданного характера нагружения. Типичная осциллограмма рабочего режима вибропресс-молота содержит четко выраженное импульсное увеличение давления в рабочей полости цилиндра нижнего привода при разрядке аккумулятора, определяющее величину пикового приложения усилия на обрабатываемый объект в момент хода вверх рабочего звена. Качественный анализ рабочего процесса показывает полное соответствие полученного характера нагружения с заданным.

Количественная оценка перемещения рабочего звена и величины давления в полости цилиндра нижнего привода, пересчитанного на усилие по осциллограммам записи рабочих режимов вибропресс-молота позволяет экспериментально определить величину энергии импульса, а также значение гидравлического к.п.д. машины.

Экспериментальное исследование нового варианта клапана-пульсатора позволило установить оптимальное соотношение параметров конструкции, влияющих на ее быстродействие и высокорасходность. Так, отношение площадей поперечных сечений толкателя и клапана-пилота $(d/g)^2 = m$ необходимо выбирать в пределах от 2 до 9. Самое высокое быстродействие достижимо при меньших значениях " m ", однако при $m < 2$ наступает неустойчивый режим срабатывания основного клапана как пульсатора и его переход в режим работы предохранительного клапана. Построены экспериментальные зависимости частоты срабатывания клапана-пульсатора от величины настроенного давления $\omega = f(p_n)$, подводимого расхода $\omega = f(Q)$, проходного сечения регулируемых дроссельных каналов подвода жидкости в корпусе клапана - $\omega = \psi(f_1; f_2; f_3)$.

Исследован характер срабатывания основного элемента управления вибропресс-молотом осциллографированием перемещений клапанов первого и второго каскада. Полученные осциллограммы подтверждают расчетный характер срабатывания клапана-пульсатора,

позволивший принять при теоретическом анализе открытие основного распределительного элемента релейным по отношению к перемещению рабочего звена вибропресс-молота.

Полученные экспериментальные данные о зависимости между регулируемыми параметрами вибропресс-молота в процессе вибрационного прессования были аппроксимированы методом наименьших квадратов в функциональные эмпирические зависимости, которые могут быть использованы при наладке машины и в процессе ее проектирования. Так зависимость частоты вибрации рабочего звена вибропресс-молота от площади проходного сечения дросселя при постоянном усилии прижима выражается в виде:

$$\omega = 10 + 2,46 \sqrt{f_{gr} - 5}, \quad (1.1V)$$

а изменение амплитуды:

$$A = 6,8 - 3,52 \cdot e^{-f_{gr}}. \quad (2.1V)$$

Аналогично определены эмпирические зависимости для остальных опытных данных.

ГЛАВА У. РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ПРОЕКТНОГО РАСЧЕТА И ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ВНЕДРЕНИЯ

Обоснование ряда типоразмеров вибропресс-молотов для порошковой металлургии проведено с использованием известных разработок применяемых длительное время и оправдавших себя на практике. По аналогии с размерным рядом, предложенным Воронежским заводом им.Калачина для молотов, разработан ряд гидравлических инерционных вибропресс-молотов /ИВПМ/ со знаменателем для наибольших рабочих усилий, пропорциональных подкоренным выражениям из последовательного ряда энергий различных типоразмеров молотов /2500, 9500, 16000, 27000/, разработана методика проектирования ИВПМ, приведен примерный расчет машины для наибольшего рабочего усилия $100 \cdot 10^4$ н, развиваемого при ходе вниз подвижных частей под действием сил тяжести и элементов упругого возврата. За исходные параметры приняты частота приложения рабочей нагрузки порядка 25 кол/сек и энергия импульса $500 + 600$ дж. В результате расчета получена мощность, по которой выбраны элект. двигатель /N₂=20квт/ и насос привода постоянной производительности /НШ-98К/. Также определены основные конструктивные соотношения параметров ИВПМ-100 :размеров рабочего плунжера нижнего привода стола; объема одноходового аккумулятора; жесткостей пружин упругого возврата; величин площади проходного сечения дросселя регулятора, установленного на сливе из полости рабочего цилиндра. Для инженерных

методов расчета кинематических и энергетических параметров ИВПМ могут быть использованы аналитические зависимости движения рабочего звена под действием импульса давления жидкости.

Технологические испытания по вибрационному прессованию деталей из тугоплавкого порошкового материала на основе карбида кремния, проведенные Броварским заводом порошковой металлургии совместно с Киевским политехническим институтом на экспериментальных моделях ИВПМ, показали улучшение физико-механических свойств обрабатываемых изделий, снижение величины рабочего усилия по сравнению со статическим, более чем в 25 раз, возможность получения деталей сложной конфигурации. Применение ИВПМ, независимо от технологических показателей, экономически оправдано незначительными габаритами, малой стоимостью машины, небольшими усилиями, позволяющими понизить прочность прессформ и довольно широкой универсальностью.

Разработан и изготавливается промышленный вариант инерционного вибропресс-молота усилием $20 \cdot 10^4$ н /ИВПМ-20/ по заказу Броварского ЗПМ для цеха с последующим расширением номенклатуры выпускаемых изделий.

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ ПО РАБОТЕ

1. Инерционный гидравлический вибропресс-молот по схеме, основанной на кратковременной разрядке одноходового аккумулятора через клапан-пульсатор на цилиндр нижнего привода с созданием рабочего усилия инерционной массой, рекомендуется для технологического процесса вибрационного прессования тугоплавких порошковых материалов на основе карбида кремния, т.к. уменьшается требуемое удельное усилие и улучшается равномерность по сравнению со статическим прессованием.

2. Экспериментальное исследование нового инерционного гидравлического вибропресс-молота, реализующего схемную новизну предложенной машины, показало ее работоспособность и технологическую применимость для вибрационного прессования изделий из материала 02.

3. Теоретическое исследование динамики процесса вибропрессования при помощи системы четырех дифференциальных уравнений, описывающих движение основных элементов машины, и включающее цифровой анализ нелинейного дифференциального уравнения движения рабочего звена вибропресс-молота на примере расчета методом

численного интегрирования показало, что с достаточной степенью точности оно может быть заменено линеаризованным уравнением движения рабочего звена с учетом масс подвижной траверсы и заготовки.

4. Экспериментально установлена возможность регулировки параметров рабочих режимов вибропресс-молота при помощи дросселя слива и усилия статического прижима, а также путем переналадки клапана-пульсатора.

5. Приложение нагрузки к рабочему звену вибропресс-молота наблюдалось в виде пика усилия, сочетающегося с периодом полной разгрузки. Соотношение времени действия импульса усилия к полному времени цикла имеет величину $1/5 + 2/5$, равную расчетной.

6. Новая конструкция клапана-пульсатора обеспечивает время срабатывания порядка 10^{-2} сек, что отвечает повышенным требованиям быстродействия и высокорасходности, предъявляемым элементам распределения гидроимпульсного привода.

7. Результаты исследований позволяют направить заинтересованным организациям /ГУКМАШ МС и ИП СССР, ~~Всероссийский союз машиностроителей СССР~~ техническое предложение на ряд инерционных вибропресс-молотов новой конструкции для порошковой металлургии.

8. Производственные испытания на Броверском ЗПМ по вибропрессованию деталей из материала С2 по программе завода на вибропресс-молоте усилием $5 \cdot 10^4$ н / ИВПМ-5 / показали необходимость увеличения производственных мощностей для перехода на выпуск серийной продукции и изготовления нового промышленного варианта машины усилием $20 \cdot 10^4$ н / ИВПМ-20 /.

Основное содержание диссертации изложено в следующих разделах:

1. Искович-Лотоцкий Р.Д., Матвеев И.Б. Гидроинерционный вибропресс-молот двухстороннего действия. "Гидропривод и пневмоавтоматика", сб. №10, 1974 г.
2. Искович-Лотоцкий Р.Д., Матвеев И.Б. К расчету устройства для листовой штамповки жидкостью. "Кузнечно-штамповочное производство", №4, 1974 г.
3. Искович-Лотоцкий Р.Д., Матвеев И.Б. Гидроприводы машин ударного и вибрационного действия. Изд-во "Машиностроение", М., 1974 г. /гл.У, §6/.

4. Иск ви.-Лотоцкий Р.Д., Матвеев И.Б., Пишенин В.А. Гидравлический инерционный вибропресс. Авторское свидетельство № 429877 Булл. №2С, 1974г.
5. Искович-Лотоцкий Р.Д., Матвеев И.Б. Трубчатый клапан-пульсатор. Решение о выдаче авторского свидетельства по заявке № 1790784/25-8 от 31 мая 1972 г.
6. Искович-Лотоцкий Р.Д., Матвеев И.Б. Трехступенчатый клапан-пульсатор. Решение о выдаче авторского свидетельства по заявке № 1611584/25-8 от 18 июля 1972 г.
7. Искович-Лотоцкий Р.Д., Матвеев И.Б. Двойной клапан-пульсатор. Решение о выдаче авторского свидетельства по заявке № 1840328/25-8 от 26 октября 1972г.
8. Искович-Лотоцкий Р.Д., Матвеев И.Б. Клапан на высокое давление. Решение о выдаче авторского свидетельства по заявке № 1847321/25-8 от 20 ноября 1972 г.