

ДОНБАССКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ
МАШИНОСТРОИТЕЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ

На правах рукописи

Т А Р А С О В Александр Федорович

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ
ШТАМПОВКИ НА ОСНОВЕ СТАТИКОДИНАМИЧЕСКОГО
ДЕФОРМИРОВАНИЯ И РАЗРАБОТКИ
СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ ПРЕСС—МОЛОТОВ

Специальность: 05.03.05 Процессы и машины
обработки давлением

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
доктора технических наук

Краматорск-1996



AB 35,957

Дисертацією являється рукопись.

Робота виконана в Донбасській державній
машинобудівній академії (ДГМА)

Офіційні опоненти: доктор технічних наук,
професор М.Я. БРОВМАН

доктор технічних наук,
професор Р.І. РЕЙ

Доктор технічних наук,
професор В.З. СПУСКАНЮК

Ведуче підприємство: АО "ДНЕПРОПРЕСС"

Захист проводиться "24" листопада 1996 г. в 10⁰⁰ час.
на засіданні спеціалізованого ради Д 28. 01. 02 в Донбас-
ській державній машинобудівній академії по адресу:
343913, г.Краматорськ, ул.Шкадинова, 72.

С дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці ДГМА.

Автореферат розісланий "24" октябрі 1996 г.

Учений секретар спеціалізованого
ради,

кандидат технічних наук, доцент  А.В. Сатонін

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы. Развитие машиностроения вызвало появление труднодеформируемых материалов, сплавов и порошковых композиций, требующих расширения технологических возможностей процессов обработки давлением. Постоянно повышаются требования к качеству деталей при одновременном снижении материальных и энергетических затрат на их производство. Поэтому закономерно развитие методов обработки материалов давлением, включающих различные по характеру виды нагружения заготовки, более сложную кинематику перемещений рабочего инструмента, использование разъемных матриц и других способов интенсификации технологических процессов.

Отмеченное свидетельствует об актуальности разработок в области технологии и оборудования для штамповки с совмещением квазистатического и динамического (статикодинамического—СТД) нагружения заготовок на одной технологической позиции.

Применение СТД нагружения эффективно для ряда процессов листовой и объемной штамповки, формования дискретных материалов, разделения проката и других технологий. Широкому использованию СТД деформирования препятствует отсутствие специализированного кузнечно-прессового оборудования (КПО), совмещающего признаки прессов и молотов. Нет рекомендаций по выбору конструкций и параметров специализированных пресс-молотов (ПМ), отсутствуют схемы оснастки для СТД штамповки. Разрыв связей между вопросами разработки технологии и оборудования приводит к тому, что принимаются нерациональные технические решения, снижающие эффективность как технологических процессов, так и ПМ.

Комплексное решение проблемы создания прогрессивных технологических процессов и оборудования для СТД деформирования материалов и заготовок позволит повысить качество деталей, расширить технологические возможности процессов.

Цель работы. Повышение качества изделий, обеспечение экономии материальных и энергетических ресурсов на основе разработки, совершенствования и внедрения комплекса: технология, оснастка, специализированное оборудование для статикодинамического (СТД) деформирования материалов.

Методы исследования. Объектом исследования явились технологические процессы, оснастка

ИИИ
АН Удмурт. Респ.
Институт Приборостроения
ИИИ

ческом исследовании нагружения заготовок на ПМ использовались многомассовые динамические модели, описываемые системами дифференциальных уравнений, которые решались численными методами на ЭВМ. При построении типоразмерных рядов оснастки и ПМ применялась теория подобия и размерностей. Разработка методики синтеза новых схем ПМ и оснастки основана на системном подходе. В экспериментах применялось тензометрирование, скоростная киносъемка, математические методы планирования и статистической обработки результатов экспериментов.

Основные положения, вынесенные на защиту. Новые технологические способы, приемы СТД деформирования, обеспечивающие повышение экономической эффективности штамповки; новые схемы специализированных ПМ, отвечающих требованиям технологических процессов; обобщенные математические модели СТД нагружения заготовок и материалов на ПМ; математические модели срабатывания специализированных ПМ при нагружении заготовок; результаты экспериментальных исследований СТД деформирования материалов и заготовок; методика синтеза на ЭВМ новых конструкций ПМ: рабочих цилиндров и силовых рам; методика разработки типоразмерных рядов ПМ; параметрическая модель и САПР рабочих цилиндров пресс-молотов.

Научная новизна и личный вклад автора. Обобщение исследований и предложенные классификации технологических схем СТД деформирования и соответствующих схем ПМ позволили установить тенденции развития данного вида оборудования, разработать новые способы и устройства. Выявлены области эффективного применения комбинированных СТД методов деформирования для ряда технологических процессов. Создана методика, алгоритм и программы для синтеза на ЭВМ новых схем рабочих цилиндров и силовых рам ПМ. Разработаны обобщенные многомассовые математические модели нагружения заготовок на ПМ, а также модели разгона подвижных масс специализированных пресс-молотов. Установлены соотношения параметров ПМ, обеспечивающих требуемый режим нагружения материалов.

Экспериментальные исследования позволили получить исходные данные для расчетов параметров процессов и ПМ, установить пути интенсификации ряда технологий за счет СТД деформирования. Разработаны новые технологические схемы СТД штамповки, новые конструкции оснастки и специализированных ПМ в соответствии с требованиями технологических процессов.

Разработан комплекс критериев подбора и научно-методические основы создания типоразмерных рядов специализированных пресс-молотов и штамповой оснастки.

Практическая ценность и реализация результатов работы. Созданы научно обоснованные методики расчета энергосиловых параметров СТД деформирования заготовок на ПМ с учетом схемы и силового режима нагружения. Разработана общая методика, алгоритмы, информационное обеспечение и программы для синтеза на ЭВМ новых схем рабочих цилиндров и силовых рам ПМ, методика проектирования, параметрическая модель и САПР новых цилиндров ПМ. На основе предложенных способов штамповки, теоретических и экспериментальных исследований ряда процессов, оснастки и ПМ создана база для разработки технологий СТД деформирования и проектирования специализированных ПМ с учетом требований технологических процессов.

Разработана методика и рассчитаны параметры типоразмерного ряда ПМ, рекомендации по выбору параметров ПМ для рассмотренных технологических процессов, а также методика испытаний ПМ с ограничением хода разгона подвижных частей.

Предложены новые способы штамповки, переданы в производство и внедрены: процессы, штамповая оснастка и специализированные пресс-молоты. Общий экономический эффект составил 2,078 млн.руб., при этом доля от использования разработок диссертанта — 468 тыс. руб. в ценах 1991г. Отдельные результаты работы внедрены в учебный процесс ДГМА для студентов специальности "Обработка металлов давлением" в курсах "Оборудование цехов ОМД", "Основы технического творчества".

Апробация работы. Материалы диссертации доложены на международных научно-технических конференциях (НТК): Краматорск, 1990г., Винница, 1994г., Днепропетровск, 1995г.; на всесоюзных НТК и семинарах: Харьков, Тирасполь, 1980г., Санкт-Петербург, Ижевск, 1982г., Луганск, Новосибирск, Донецк, 1985г., Барнаул, 1986г., Санкт-Петербург, 1989г., Москва, 1991г.; на республиканских НТК: Махачкала, 1981г., Кишинев, 1982г., 1984г.; на НТК и семинарах Украины: Винница, 1991, Киев, Хмельницкий, 1994г., Краматорск, 1984-1996г., Черкассы, 1996г.; координационных совещаниях по программам ГКНТ: Киев, Донецк, 1993-1995г., "Порошковая металлургия", Минск, 1987г.; на НТС служб заводов: НКМЗ, Краматорск; ЛКМЗ, Лозовая; "Пригма-Пресс", Хмельницкий; Донпрессмаш, Азов; мо-

дель ПМ демонстрировалась на ВДНХ СССР (№959), 1988г.

Публикации. Материалы диссертации опубликованы в 81 печатной работе, в том числе в 38 авторских свидетельствах на изобретения и заявках на патенты Украины.

Объем работы. Работа состоит из введения, 7 разделов, основных выводов, списка литературы, приложений. Текстовый материал изложен на 298 стр., таблиц по тексту 26, рисунков 167, литературных источников 329 наименований.

Работа выполнена на кафедрах "Обработка металлов давлением" и "Детали машин" Донбасской государственной машиностроительной академии.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Введение. Во введении обоснована актуальность рассматриваемой проблемы, сформулирована цель диссертационной работы, ее научная новизна и практическая ценность.

1. Анализ направлений развития ударных и комбинированных методов обработки материалов давлением. Анализ литературных данных показал, что наиболее целесообразной схемой деформирования для ряда процессов является комбинированное силовое воздействие на заготовку или материал: статическое (прессовое) — на первом этапе и динамическое (ударное) — на втором, т.е. СТД деформирование. При статическом нагружении возможно создание благоприятной схемы напряженно-деформированного состояния, увеличение жесткости заготовок. Использование ударного нагружения для доштамповки дает возможность обработать высокопрочные материалы, получить более точные и сложные по конфигурации изделия, улучшить тепловой режим штамповки, снизить силы трения на контактных поверхностях. Выделены группы технологических процессов, для которых эффективно применение ПМ: штамповка упругими средами, формование порошковых материалов, стружки, гранул, объемная штамповка, отрезка прутков сдвигом и другие. Данные процессы приняты в качестве базовых для исследований СТД деформирования и разработки специализированных ПМ.

Развитию технологии листовой штамповки упругими средами посвящены работы К.Н.Богоявленского, В.К.Борисевича, М.Е.Зубцова, Е.И.Исаченкова, А.Д.Комарова, Г.П.Орленко, Р.В.Пихтовникова, С.М.Поляка, Д.Райнхарта, В.Г.Степанова,

В.А.Ходырева, В.А.Тимошенко, В.Н.Чачина, И.А.Шаврова и других ученых. Высокоэнергетические методы формования порошковых материалов рассмотрены в работах Ю.Г.Дорофеева, М.С.Ковальченко, А.М.Лаптева, Л.А.Максименко, К.К.Мертенса, Л.А.Позняка, И.Д.Радомысельского, О.В.Романа, Г.Г.Сердюка, М.Б.Штерна и др.

Развитию оборудования и технологии ударной штамповки, в том числе высокоскоростных молотов (ВСМ), посвящены работы Ю.А.Бочарова, Б.В.Войцеховского, Л.Г.Гришина, А.А.Дерибаса, В.И.Залесского, А.И.Зими́на, А.Ф.Кагарманова, Ю.Ф.Конаныхина, В.Г.Кононенко, С.Г.Кушнаренко, Р.И.Рея, Л.Л.Роганова, Ю.П.Согришина, Л.Н.Соколова, И.Г.Федосенко, И.А.Чечеты и др.

Разработанные методики расчетов ударных усилий при штамповке в большинстве случаев не учитывают схему нагружения, конструктивные особенности подвижных частей ВСМ и ПМ, влияние технологического процесса и схемы оснастки, что приводит к невозможности оценить реальные нагрузки на заготовку и в элементах конструкции. Известное ранее КПО, кроме разработанного в ДГМА, не обеспечивает реализацию в процессах ОМД схем СТД деформирования, поэтому необходима дальнейшая разработка нового поколения КПО— специализированных ПМ с учетом особенностей различных технологических процессов.

Задачи исследования: 1. На основе классификации схем СТД деформирования выявить пути интенсификации процессов листовой штамповки упругими средами, формования порошковых материалов, горячей объемной штамповки, отрезки прутков сдвигом.

2. Разработать комплекс математических моделей, описывающих процесс нагружения заготовок на ПМ при различных ориентальных направлениях прессовой и ударной нагрузок.

3. Теоретически и экспериментально исследовать влияние схемы нагружения заготовки, конструкции подвижных частей, оснастки и ПМ в целом на параметры СТД деформирования.

4. Экспериментально изучить особенности и преимущества метода СТД деформирования применительно к названным технологиям, разработать требования к специализированным ПМ.

5. Разработать новые схемы штамповки, интенсифицирующие деформирование на базе комбинированного воздействия на заготовку различных по характеру нагрузок.

6. Разработать алгоритм и программы для синтеза с применением ЭВМ новых схем технологической оснастки, силовых рам и САПР рабочих цилиндров ПМ.

7. Разработать на базе теории подобия методику расчета и рекомендации по выбору типоразмерных рядов оснастки и ПМ.

8. Внедрить в промышленное производство ряд новых технологических способов СТД деформирования материалов, штампы и специализированные ПМ с гидроупругим приводом.

2. Разработка классификаций и новых технологических схем, конструкций штамповой оснастки для комбинированного деформирования материалов и заготовок на ПМ. При разработке классификаций использован системный подход, основанный на анализе возможных вариантов нагружения заготовок с представлением информации в виде графов. Выделены следующие признаки классификации силового воздействия на заготовку: назначение нагрузки, характер и направление нагрузок, последовательность приложения нагрузок во времени, геометрия нагружаемой поверхности заготовки. Рассмотрены схемы листовой штамповки на ВСМ и ПМ, в которых усилие прикладывается к заготовке непосредственно подвижными частями машины, а также через промежуточные элементы: жесткие, упругие и их комбинации. Промежуточный пуансон выполняет важные технологические функции: герметизирует упругую среду в контейнере, обеспечивает силовое замыкание рабочей камеры, уменьшает объем упругой среды, что снижает энергетические затраты на штамповку.

Автором предложены новые способы штамповки, конструкции штампов. Разработана схема нагружения через промежуточный пуансон, выполненный в виде ряда элементов: стержней, втулок, колец и др. Нагружение заготовки при ударе происходит в несколько этапов, что целесообразно при штамповке с совмещением операций: вытяжки, формовки, пробивки. Новая схема гидромеханической вытяжки на ПМ обеспечивает повышение качества внутренней поверхности заготовки и снижение энергозатрат. Предложены новые схемы штамповки с изменением формы заготовки в пространстве, с изменением свойств деформирующей среды, с локализацией деформации по толщине листа для снижения пружинения детали при отбортовке. Данные технологические приемы могут быть использованы и при обычной штамповке.

Разработана классификация технологических схем СТД формирования порошков с активными силами трения при прессовом и ударном нагружении, которые интенсифицируют процесс уплотнения. Для повышения плотности и прочности брикетов из трудно-

деформируемых материалов предложено использовать в качестве связующего часть предварительно отожженного порошка брикетированного материала, осуществлять формование с двойной ударной доштамповкой. Рассмотрены также технологические способы ударного и СТД объемного деформирования, которые наиболее эффективны для реализации на ПМ. Проанализированы конструктивные схемы поперечного зажима прутка и отрезаемой заготовки на ПМ, как важнейшего фактора, определяющего качество среза при отрезке проката сдвигом. Предложены новые схемы ПМ и оснастки для разделения сортового проката на заготовки.

3. Разработка новых схем и совершенствование элементов ПМ для реализации предложенных технологических процессов СТД деформирования заготовок. Выполнен анализ схем ПМ (табл.1) и систем, обеспечивающих их работоспособность.

Таблица 1

Схемы нагружения заготовок при штамповке на пресс-молотах

Прессовое усилие		Ударное усилие		С одной стороны заготовки		С двух сторон заготовки	
		В одном направлении	Навстречу прессовому усилию	Одновременно	Последовательно		
С одной стороны заготовки	Ко всей поверхности	* +	* +		* +		
	К части поверхности	* +	*				
С двух сторон заготовки	Ко всей поверхности	*	* +		*		
	К части поверхности	*	*		*		

* — схемы, реализованные на пресс-молотах с участием автора;
+ — варианты, защищенные авторскими свидетельствами.

Разработаны графы функциональных элементов ПМ и конструктивных вариантов исполнения систем: энергопитания, замыкания прессовой, инерционной и ударной нагрузок, рабочих цилиндров. Сравнительный анализ требований технологического процесса и возможностей разработанных ПМ позволяет выбрать рациональную компоновку специализированного оборудования. Разработана структура поисковой САПР в данной области техники. Создан алгоритм, который позволяет синтезировать новые

конструкции без предварительной экспертной оценки элементов с точки зрения достижения поставленных целей. Сущность разработанного алгоритма состоит в выделении основных функций создаваемого объекта и поиска конструктивных решений, обеспечивающих реализацию каждой функции. Информацию об объекте представляли в виде треугольной матрицы взаимодействий. Однозначное описание объектов, последующее распознавание и поиск аналогов в базе данных достигается заданием правил обхода конструкции, например снизу вверх, снаружи внутрь и т.д.

Разработаны программы синтеза новых конструктивных решений применительно к силовым рамам и рабочим цилиндрам ПМ, конструкциям штампов. Программы для ЭВМ содержат ряд процедур, обеспечивающих ввод и редактирование данных, запись, поиск и сравнение информации с имеющейся в базе данных, генерирование новых конструкций с заданной степенью сложности, построение изображений созданных конструкций.

Применение данной методики, анализ выполненных классификаций позволил выявить новые, более эффективные конструкции ПМ. В частности, предложены схемы ПМ, обеспечивающие передачу на заготовку инерционного усилия при разгоне подвижных частей, схемы, снижающие динамические нагрузки в прессовом цилиндре ПМ, схемы с гидросвязью прессового и ударного цилиндров, схемы использования клиновых и клиношарнирных устройств для создания ПМ. Представлены результаты модернизации ударных цилиндров для повышения надежности их работы.

4. Теоретическое исследование нагружения заготовок, оснастки и оборудования при различных схемах СТД штамповки. В соответствии с предложенными классификациями выделены две основные расчетные схемы СТД штамповки. Отличие схем заключается в реализации на ПМ различного относительного направления приложения прессового и ударного усилий к деформируемому материалу или заготовке. Расчетные схемы учитывают конструктивное исполнение элементов штамповой оснастки, подвижных частей ПМ и компоновку машины в целом, волновой характер нагружения ряда элементов ударной системы. Возможны также несколько режимов нагружения заготовок, соответствующих данным расчетным схемам: ударная штамповка с полной или неполной разрядкой аккумулятора, СТД штамповка, СТД штамповка с двойным ударом по заготовке за счет потенциальной энергии

прессовой части ПМ, динамическое нагружение с разгоном подвижных частей в процессе деформирования. Расчеты данных режимов отличаются начальными условиями.

Одна из общих схем штамповки на ПМ с встречным приложением прессовой и ударной нагрузок приведена на рис.1.

Расчетная схема статикодинамической штамповки на пресс-молоте

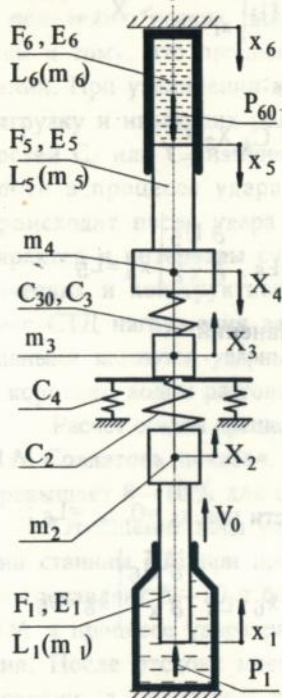


Рис.1

Шток длиной L_1 и площадью $F_1(x_1)$ с бабой m_2 в сечении $x_1 = L_1$ разгоняются усилием привода $P_1 = f\{U_1(x_1, t)\}$ при $x_1 = 0$. Промежуточный пуансон массой m_3 передает ударное усилие на заготовку C_{30} , C_3 и прессовое усилие на раму жесткостью C_4 . Усилие на контакте бабы и пуансона $P_2 = f_2(\Delta_2)$, в общем случае нелинейно. Технологическое усилие $P_3 = f_3(\Delta_3)$, зависит от хода деформации заготовки. Заготовка расположена на ползуне m_4 , связанном с плунжером m_5 длиной L_5 , и предварительно сформирована усилием прессового цилиндра P_{60} . Плунжер опирается на жидкость m_6 в рабочем цилиндре. В данной расчетной схеме использовано представление подвижных частей, плунжера, рабочей жидкости в прессовом цилиндре в виде стержней переменного поперечного сечения.

Дифференциальные уравнения движения произвольных сечений этих элементов и сосредоточенных масс имеют вид

$$\begin{cases} \frac{\partial^2 U_i}{\partial t^2} = a_i^2 \left(\frac{1}{F_i} \frac{\partial F_i}{\partial x_i} \frac{\partial U_i}{\partial x_i} + \frac{\partial^2 U_i}{\partial x_i^2} \right), & i = 1, 5, 6, (1) \\ m_i \frac{d^2 X_i}{dt^2} = P_{a_i}(\Delta_a) - P_{b_i}(\Delta_b), & i = 2, 3, 4, \end{cases}$$

где $U_i(x, t)$ — перемещения сечений x i -того элемента расчетной схемы ($i = 1, 5, 6$); a_i — скорости звука в стержнях; X_i — переме-

шения масс m_i ($i=2,3,4$); $P_{a_i}(\Delta_a)$ и $P_{b_i}(\Delta_b)$ — силы, действующие на массы m_i со стороны контактирующих с ними элементов.

Для бойка — m_2 :

$$P_{a_2} = E_1 F_1 \left| \frac{\partial U_1}{\partial x_1} \right|_{x_1=L_1} ; \quad (2)$$

$$P_{b_2} = f \left[U_1 \Big|_{x_1=L_1} - X_3 \right], \text{ при } U_1 \Big|_{x_1=L_1} > X_3 .$$

Для промежуточного пуансона m_3 :

$$P_{b_3} = f (X_3 + X_4); \quad (P_4 = P_{60} - C_4 X_3) . \quad (3)$$

Для ползуна прессы m_4 :

$$P_{a_4} = P_{b_3}; \quad P_{b_4} = E_5 F_5 \left| \frac{\partial U_5}{\partial x_5} \right|_{x_5=L_5} . \quad (4)$$

Граничные условия волновых уравнений:
для штока при $x_1=0$

$$E_1 F_1 \left| \frac{\partial U_1}{\partial x_1} \right|_{x_1=0} = P_1 ; \quad (5)$$

для границы плунжера и рабочей жидкости при $x_5=0$, $x_6=L_6$:

$$E_5 F_5 \left| \frac{\partial U_5}{\partial x_5} \right|_{x_5=0} = E_6 F_6 \left| \frac{\partial U_6}{\partial x_6} \right|_{x_6=L_6} ; \quad (6)$$

$$U_5 \Big|_{x_5=0} = U_6 \Big|_{x_6=L_6} . \quad (7)$$

$$\text{при } x_6=0 \quad U_6 \Big|_{x_6=0} = \text{const} . \quad (8)$$

Начальные условия в момент соударения $t=0$:

$$\frac{\partial U_1}{\partial t} = V_0, \quad \frac{\partial U_5}{\partial t} = \frac{\partial U_6}{\partial t} = 0, \quad X_2 = X_3 = X_4 = 0 . \quad (9)$$

Заготовка, рама, плунжер и рабочая жидкость находятся под действием прессового усилия P_{60} , вызывающего начальные смещения элементов. Деформации плунжера и жидкости определяли интегрированием выражения (6), приравнивая его к P_{60} . Внутренние деформации в штоке определяли с учетом распределения массы по длине и усилия привода P_1 .

Решение системы уравнений действительно до момента нарушения контакта между подвижными частями и промежуточным пуансоном m_3 . При этом система уравнений распадается на ряд уравнений, а усилия между элементами исчезают. При повторном контакте элементов решается система или системы уравнений с текущими начальными условиями. Решение данной задачи осуществляли на ЭВМ с использованием метода конечных разностей.

Расчеты показали, что увеличение жесткости C_2 приводит к появлению резких пиков усилия P_2 на контакте и в дальнейшем к тому, что процесс нагружения распадается на ряд соударений. При увеличении масс m_4 , m_5 , воспринимающих ударную нагрузку и играющих роль шабота, а также при снижении жесткостей C_4 или C_5 изменение усилий в плунжере и рабочей жидкости в процессе удара незначительно. Увеличение давления происходит после удара при отскоке масс m_4 и m_5 . Определен характер и интервалы существенного влияния основных технологических и конструктивных параметров оснастки и ПМ на процесс СТД нагружения заготовок. Установлено, что более эффективными являются ударные цилиндры с большим диаметром штока и коротким ходом разгона.

Расчет осадки крешеров на ВСМ М7352 (ЭНИКмаш) по данным Н.М.Солдатова показал, что погрешность расчета амплитуды не превышает 8—10% для пути деформирования менее 4 мм.

Отношение хода ударной доштамповки к величине деформации станины ПМ при прессовом нагружении в большинстве случаев составляет 5—10 и более. Поэтому станина в области стола ПМ в процессе удара разгружается от действия прессового усилия. После отскока масс m_1 и m_2 система не находится в равновесии, а прессовый цилиндр ПМ может выполнять функции ударного. Смещение плунжера при полной разрядке прессового цилиндра составляет 1—2 мм, поэтому для создания второго ударного нагружения необходим дополнительный аккумулятор.

Изучен процесс разгона подвижных частей и нагружение заготовок при работе ряда предложенных конструкций ПМ. Установлено, что при наличии гидросвязи прессового и ударного цилиндров ПМ может работать в двух режимах. Энергия прессовой части ПМ расходуется на дополнительный разгон подвижных частей или встречный разгон нижней поперечины. Во втором случае работа ПМ аналогична работе бесшаботного молота, а усилие гидросвязи используется для деформирования заготовки.

При штамповке порошковых материалов, листовой штамповке полиуретаном, объемной штамповке и ряде других процессов резкий подъем усилия происходит на $1/3$ — $1/5$ общего пути деформирования. Предложена конструкция ПМ, у которого часть хода деформирования использована для разгона инструмента и накопления кинетической энергии, расходуемой на преодоление возрастающего усилия. В этом принципиальное отличие предложенных конструкций ПМ от машин ударного действия, где разгон бабы происходит до контакта с заготовкой.

5. Экспериментальные исследования СТД деформирования материалов на ПМ с гидроупругим приводом. Эксперименты по ударному и СТД деформированию материалов проводили на ряде ВСМ и ПМ, разработанных в ДГМА с участием автора: ПМГИ 70/0.55, 80/0.6, 250/10, 630/13, 1600/15, 2500/25, ГДУ-32, ГДУ-40, Т-3426, и др. Исследован ряд основных схем нагружения заготовок, порошковых материалов и ПМ— СТД и ударное нагружение в одном направлении и с встречным приложением усилий. На основе изучения разгона подвижных частей и скоростной киносъемки удара определены кинематические характеристики ВСМ и ПМ. Результаты использованы для повышения точности расчетов нагружения заготовок при штамповке. Установлено, что ход разгона должен быть на 20—30% больше расчетного пути разрядки аккумулятора, чтобы исключить сдвиг удара, снизить время контакта инструмента с заготовкой.

Изучение сжатия полиуретана СКУ-ПФЛ с порошковыми наполнителями и магнитореологической рабочей среды показало снижение энергозатрат на объемное сжатие упругой среды. Использование СТД режима нагружения (при $p \geq 50$ МПа) устраняет влияние нелинейного начального участка сжатия полиуретана на процесс ударной доштамповки и повышает к.п.д. удара.

СТД штамповка по сравнению с ударной обеспечивает возможности управления процессом разделения. В образцах толщиной 0,4 — 0,8 мм из АМг, Л63, Стали 10, М1 полиуретаном пробивали отверстия с диаметрами до 2,5—2 мм в условиях СТД деформирования. Установлено, что прессовое нагружение создает концентратор по контуру разделения, который при ударе инициирует разрушение. Поэтому выполнение разделительных операций происходит с более высокой точностью по сравнению как со статической, так и с ударной штамповкой. При отношении тол-

щины полиуретана к диаметру контейнера $S/D = 0,2 - 0,15$ возможна пробивка отверстий малых диаметров 3 — 5 мм напровал, что упрощает автоматизацию штамповки.

Разработан новый процесс гидромеханической вытяжки на ПМ. При вытяжке заготовки в прессовом режиме рабочая жидкость разделяет поверхности заготовки, прижима и пуансона за счет создания в ней давления. На заключительной стадии штамповки в жидкости создается импульс давления, который калибрует заготовку по матрице. Установлены интервалы энергосиловых параметров для получения качественных деталей. Использование данной технологии STD штамповки обеспечивает повышение качества внутренней поверхности деталей, получение рельефа в донной части деталей, не требуется подгонка пуансона по матрице. Объем рабочей жидкости и энергозатраты на ее сжатие снижены за счет применения предложенного способа штамповки и ПМГИ 2500/25 в 8 — 9 раз (по сравнению с ударной штамповкой жидкостью детали $\varnothing 400$ мм из 12X18H10T).

Исследовано STD формирование порошковых материалов различного назначения: Р6М5К5, Р5М3Ф3К2 без предварительного отжига и пластификаторов; ПЖ4М1, ПМС-В, алюминиевых сплавов, титана; антифрикционных материалов (Cu + Sn + C или MoS_2); фрикционных материалов ФМК-79 и ФМК-М1; высокотемпературного сверхпроводника $YBa_2Cu_3O_{7-x}$.

Результаты экспериментов (рис.2) показывают существенное положительное влияние подпрессовки на повышение плотности и прочности деталей. За счет создания активных сил трения в процессе STD формирования и образования поверхностного слоя из частиц с повышенной степенью деформации получены брикеты из порошков быстрорежущих сталей, которые на прессах не формуруются без специального отжига. Для оценки прочности брикетов предложена методика испытаний образцов малых размеров ($\varnothing 12$ мм) на кольцевой срез. При увеличении плотности возрастает величина сопротивления срезу, ход до образования первой трещины и разрушения. Повышение динамичности нагружения приводит к интенсификации усадки при спекании. Поэтому STD нагружение использовали не только для уплотнения, но и механической активации порошка $YBa_2Cu_3O_{7-x}$ перед термообработкой. В результате критическая плотность тока возросла в 5—30 раз (по данным к.ф.м.н. В.Н.Тулупенко). Таким образом, STD формирование позволяет улучшить служебные характеристики изде-

лий, упростить технологию их получения, в ряде случаев можно отказаться от спекания под давлением.

Зависимости плотности брикетов из Р6М5К5 от параметров СТД формования

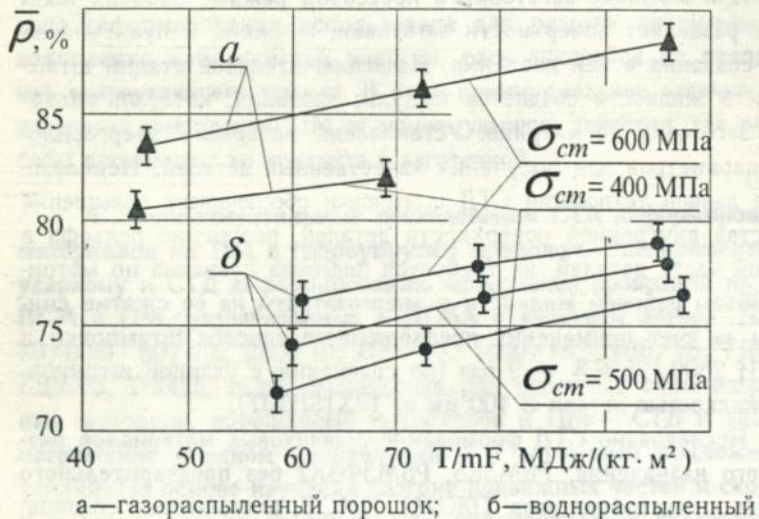


Рис. 2

При исследовании горячей штамповки получали поковки трех типов из ВТ5—1 до \varnothing 80 мм на МГП—40. Для характерной детали “Диск с отростками” штамповку моделировали на свинцовых образцах. Отношение усилий на участках, соответствующих прессовому и ударному нагружению, равно 6. Предложена схема одновременной штамповки двух деталей с поворотом гравюры одного из пуансонов на 90° , которая позволила устранить образование утяжин возле отростков при снижении усилия выдавливания по сравнению со штамповкой одной поковки в 1,8 раза.

Для проверки теоретических расчетов выполнены исследования усилий в элементах ВСМ, ПМ и оснастки (в штоках, колоннах, поперечинах, аккумуляторах, рабочих цилиндрах, промежуточных пуансонах) при разгоне, ударном и СТД сжатии полиуретана в контейнере, формовании порошков, осадке. Использовались промежуточные пуансоны с различной формой контактной поверхности. Эксперименты подтверждают влияние волновых процессов в подвижных частях ПМ на характер нагружения заготовки (время удара $(5-10) \cdot 10^{-4}$ с). Осциллограммы, полученные в производственных условиях на ПМГИ 630/13, подтвержда-

ют теоретические данные о разгрузке станины в процессе удара от действия прессового усилия. При увеличении прессового усилия перед ударной доштамповкой снижается влияние зазоров, масляных пленок между элементами, на которые опирается оснастка. В частности, при увеличении давления в прессовом цилиндре ПМГИ 80/0,6 более 7 — 8 МПа соответствие теоретических расчетов экспериментальным данным при STD штамповке существенно улучшается (погрешность в пределах 10 — 20%).

6. Методика разработки технологических процессов, оснастки и специализированного КПО ударного и STD деформирования материалов. Рассмотрена последовательность разработки технологических процессов STD штамповки, выбора исходных данных, схемы и силовых режимов нагружения на ПМ, основные принципы выбора конструкций оснастки и промежуточных пуансонов.

Проведенные теоретические и экспериментальные исследования показали, что параметры промежуточного пуансона оказывают существенное влияние на процесс передачи энергии деформируемой заготовке. Поэтому разработаны рекомендации по выбору конструкций и размеров пуансонов для различных технологических процессов и ПМ. Величина жесткости на контакте промежуточного тела и бабы молотовой части ПМ (C_2) выбирается таким образом, чтобы не происходило нарушение контакта между ними при ударе: $C_2 \leq (5-7)C_3$, где C_3 — приведенная жесткость заготовки после деформирования в прессовом режиме. Для снижения жесткости C_2 — рекомендуется выполнять пуансон с контактной поверхностью в виде части тора. Использование упругой вставки в пуансоне обеспечивает снижение контактной жесткости до 20 раз и более по сравнению с жесткостью пуансона.

Для расчета параметров рядов специализированных ПМ, имеющих одно технологическое назначение, использовали теорию подобия. Основными параметрами ПМ являются: номинальное усилие, энергия, давление рабочей жидкости, ход ползуна и штока, открытая или закрытая штамповая высота, количество ходов в единицу времени, массы штока и машины. Из полученных на ЭВМ вариантов были выбраны шесть независимых критериев подобия ПМ. Для разработки ряда ударных цилиндров ПМ выбран коэффициент подобия по энергии удара, чтобы каждому значению усилия пресса соответствовали два ударных цилиндра с различной энергией. Приведены рекомендации по выбору энергии цилиндров для раз-

личных технологических процессов. Рассчитаны параметры оснастки для листовой штамповки (диаметр и высота полиуретана), при использовании которой полностью реализуются возможности прессовой и молотовой частей ПМ.

Создана параметрическая модель и САПР нового короткоходового цилиндра ударного действия с учетом энергетического, силового, прочностного расчетов деталей и их взаимной компоновки. В результате расчетов формируются файлы данных для каждой детали и цилиндра в целом для вывода на графопостроитель. Разработанные цилиндры могут быть установлены непосредственно в штамповом пространстве прессов и обеспечивать STD штамповку без существенной модернизации станины пресса.

Пресс-молоты позволяют заменить прессы, которые в несколько раз мощнее базового оборудования для разработки этих ПМ. Прессы накапливают в рабочем цилиндре и станине значительную упругую энергию ($P_{пр}$), которая после создания необходимой нагрузки P_c не утилизируется. Сравнение энергии, накапливаемой в приводе ПМ ($P_{пм}^*$ — энергия ПМ с учетом прессового цилиндра и станины) и заменяемого пресса (табл.2), показывает, что ПМ по затратам энергии более эффективны, чем гидравлические прессы, эквивалентные по технологическим возможностям. Данные R_d/P_c получены при экспериментальных исследованиях.

Таблица 2

Сравнение энергозатрат при работе пресс-молотов и прессов, эквивалентных по технологическим возможностям

Пресс-молот $R_c/P_{пм}$, кН/кДж	Увеличение усилия ПМ R_d/P_c	Энергия привода ПМ $P_{пм}^*$, кДж	Усилие эквивал. пресса $R_c^э$, МН	Энергия эквивал. пресса $P_{пр}$, кДж	$\frac{P_{пр}}{P_{пм}}$	$\frac{P_{пр}}{P_{пм}^*}$
250/10	8,75	11,4	4,0	20,5	2,05	1,80
630/13	5,4	15,7	4,0	19,4	1,49	1,24
1600/15	2,8	23,5	5,0	27,0	1,80	1,15
2500/25	7,6	39,6	20,0	145,4	5,82	3,67

7. Совершенствование и внедрение штамповки на ПМ, разработка конструкций штампов и оборудования с гидроупругим приводом. В результате выполненных исследований разработаны технологические способы штамповки на ПМ, получены экспериментальные данные для разработки процессов STD штамповки,

оснастки и специализированных ПМ для их реализации.

Изучены и усовершенствованы процессы штамповки листовых деталей полиуретаном на установках МГП—40 и ГДУ—32. Разработана методика энергосилового расчета нагружения заготовок, рекомендации по проектированию матриц и блоков оснастки. Результаты экспериментов положены в основу создания штамповой оснастки модуля ГАП на базе ГДУ—32, механизированной оснастки ПМ ГДУ—16 и ГДУ—40 (совместно с СКТБ "Градиент", г.Донецк), внедренных в промышленное производство.

В процессе освоения ПМГИ 1600/15 в НИАТ, г.Москва, предложена и опробована методика испытаний ПМ с ограничением хода разгона подвижных частей ударного цилиндра, что позволило снизить размеры демпфера в 5 — 7 раз. Эксперименты показали, что в этом случае энергия, передаваемая подвижным частям на ходе сжатия демпфера, соизмерима с энергией разгона. Разработан проект короткоходового цилиндра энергией 10 кДж для ПМ, у которого разгон шток-бабы происходит в процессе выполнения технологической операции.

Выявленные закономерности СТД нагружения элементов ПМ подтверждены экспериментами на ПМГИ 630/13 (внедрен на СПЗ, г.Севастополь). Экспериментально установлено, что при вырезке-пробивке полиуретаном ПМГИ 630/13 на базе прессы 0,63 МН заменяет пресс 4 МН (см.табл.2).

Технология СТД гидромеханической вытяжки листовых деталей, оснастка и ПМГИ 2500/25 внедрены на МЗТО, г.Мариуполь. Увеличение усилия штамповки P_d/P_c по сравнению с базовым прессом составляет 7,6 раза (см.табл.2).

Внедрение технологии получения дисков из фрикционных материалов на ПМГИ 250/10 показало, что СТД формование повысило плотность и прочность изделий. Снижена высота дисков и деформация их торцов при спекании, увеличена масса садки.

Брикеты для последующего горячего выдавливания порошка Р6М5К5 также получали на ПМГИ 250/10 СТД формованием. Достигнута плотность брикетов из газораспыленного порошка Р6М5К5 выше 90 % (при массе 50 г). Для расчетов плотности порошков в зависимости от параметров СТД уплотнения получены уравнения регрессии, которые адекватно описывают процесс СТД формования газораспыленного и воднораспыленного порошков. Результаты экспериментов положены в основу проектирования промышленных штампов: для отрезки хвостовиков инструмента с

дифференцированным зажимом проката (внедрен на ПО "Стройгидравлика", г.Одесса); для горячего выдавливания; для получения брикетов со средствами механизации и ПМГИ 1600/20 (проекты для ПО "Завод Арсенал"). Торцевые фрезы, полученные в ИПМ АНУ из брикетов, изготовленных на ПМГИ 250/10, показали при обработке титановых сплавов стойкость в 2 — 4 раза выше, чем обычные (по данным ИПМ АНУ).

СТД формование позволяет повысить плотность брикетов из конструкционных материалов нахолодно до 95—97%. Разработаны рабочие проекты специализированного ПМГИ 2500/25 с дифференциально-плунжерным цилиндром и блока технологической оснастки. Схема ПМ предусматривает возможность работы в режиме прессы тройного действия или двойного действия с ударной допрессовкой, принудительное смещение матрицы для извлечения брикетов и использования активных сил трения.

Брикеты из алюминиевых сплавов после горячего брикетирования в вакууме и ударной доштамповки на МГП—40 деформировали с применением горячей изотермической штамповки. Полученные данные использованы для разработки оснастки и ПМГИ 6300/100 для горячего брикетирования в вакууме. Элементы ударной части ПМ, штамповая оснастка и вакуумная камера изготовлены на АО "Донпрессмаш", г.Азов, для ЦНИИматериалов, г.Санкт—Петербург.

С участием автора разработан клиновой и клиношарнирный пластометры для исследований характеристик металлов и сплавов при СТД деформировании в изотермических условиях. Клиновой пластометр внедрен на ВСМПО, г.Верхняя Салда.

Проведенные эксперименты по горячей объемной штамповке позволили получить исходные данные для разработки проекта штамповой оснастки и пресс-молота Т—3428 усилием 4МН и энергией 100 кДж. При разработке этого ПМ использован опыт эксплуатации ГДУ—32 и испытаний Т—3426 для отрезки прутков сдвигом. Т—3426 изготовлен на АО "Донпрессмаш", г.Азов.

Разработан рабочий проект ПМГИ 4250/490 для горячего брикетирования стружки (ВТОРЧЕРМЕТ, г.Константиновка).

Предложены ударные цилиндры, у которых положение равновесия подвижных частей находится над заготовкой, что позволяет снизить время контакта штампов с заготовкой, улучшить торможение подвижных частей при отрезке проката.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

1. Анализ данных в области технологии и оборудования высокоскоростного и комбинированного деформирования материалов показал перспективность СТД нагружения для совершенствования ряда технологических процессов, в частности, листовой штамповки упругими средами, формования порошковых материалов, объемной штамповки, отрезки проката сдвигом.

2. С использованием графов выполнены классификации известных и разработанных автором технологических способов ударного и комбинированного деформирования материалов, которые позволяют интенсифицировать указанные технологические процессы за счет применения СТД деформирования.

3. Выполнен анализ функций основных систем пресс-молотов и схем штамповки заготовок на ПМ, разработан алгоритм и программное обеспечение для синтеза на ЭВМ новых схем силовых рам и рабочих цилиндров ПМ, что позволило модернизировать и предложить новые конструкции специализированных ПМ и ударных рабочих цилиндров для различных технологических процессов.

4. Разработан ряд математических моделей, адекватно описывающих процесс ударного и комбинированного СТД нагружения заготовок на ПМ с учетом волновых явлений при ударе, а также особенностей конструкции элементов ударной системы.

5. Разработаны математические модели, описывающие поведение рамы и ее отдельных элементов в процессе разгона подвижных частей при наличии гидросвязи между прессовым и ударным цилиндрами пресс-молота. Гидросвязь позволяет использовать энергию станины и прессового гидроцилиндра, составляющую для разработанных ПМ до 55% от энергии ударного привода, для дополнительного разгона подвижных частей ПМ.

6. Проведенные экспериментальные исследования СТД деформирования показали, что комбинированное нагружение позволяет повысить усилие прессы при установке на нем ударного цилиндра в 3 — 9 раз и интенсифицировать ряд техпроцессов:

- при листовой штамповке упругими средами повышается точность разделительных операций за счет создания концентратора по контуру разделения перед ударным нагружением;

- расширяются возможности и повышается качество при СТД гидромеханической вытяжке. Усилие прессовой части ПМ увеличено с 2,5МН в 7,6 раза, энергия удара снижена в 8 — 9 раз

по сравнению с гидродинамической штамповкой за счет уменьшения объема рабочей жидкости;

- при формировании порошковых материалов предварительное прессовое нагружение повышает плотность порошка, удаляет воздух из пор между частицами и увеличивает плотность (до 95 — 97%) и прочность деталей. Получены брикеты с плотностью до 90% (до 96% после спекания) из порошков быстрорежущих сталей, которые на прессе не формуются без отжига;

- при объемной штамповке расширяются технологические возможности за счет получения деталей более сложной формы, появляется возможность штамповки в разъемных матрицах;

- при разделении прутков на заготовки прессовое усилие обеспечивает зажим прутка, нанесение концентратора.

7. Разработаны новые способы СТД деформирования:

- способы листовой штамповки упругими средами, обеспечивающие повышение точности при разделительных и формообразующих операциях;

- способ СТД гидромеханической вытяжки на пресс-молотах;

- способы СТД формирования порошковых материалов с повторным ударным нагружением, с термообработкой части порошка — а также новые конструкции штамповой оснастки для реализации предложенных способов и схем нагружения.

8. Разработаны новые специализированные ПМ, обеспечивающие рациональные для каждого процесса режимы нагружения, в частности, с использованием сил инерции при разгоне подвижных частей, с гидросвязью между рабочими цилиндрами, с дополнительными клиновыми приводами, схемы, обеспечивающие работу гидроцилиндра прессы в качестве ударного, приставки к прессам для СТД штамповки.

9. На основе теории подобия и размерностей разработан комплекс критериев подобия, методика расчета, определены параметры типоразмерного ряда ударных цилиндров и ПМ. Установлено, что по затратам энергии ПМ эффективнее эквивалентных по технологическим возможностям прессов в 1,15 — 3,6 раза.

10. Определены расчетные зависимости и построены таблицы выбора параметров контейнеров для листовой штамповки упругими средами, обеспечивающих полное использование возможностей прессовой и молотовой частей пресс-молота при заданном отношении ударного и прессового усилий.

11. Создана методика проектирования, параметрическая

модель и САПР новых короткоходовых динамических цилиндров ПМ с разгоном шток-бабы в процессе штамповки, высота цилиндров по сравнению с известными снижена в 2 — 3 раза.

12. Разработаны и переданы в производство методики расчетов энергосиловых параметров нагружения заготовок на ПМ, разработаны проекты ПМ и оснастки (отмечены *), внедрены процессы, штамповая оснастка и ПМ: для разделительных операций листовой штамповки полиуретаном и формовки (ГДУ-16, ГДУ-32, ГДУ-40 —СКТБ “Градиент”, г.Донецк; ПМГИ 630/13 —СПЗ, г.Севастополь); гидромеханической вытяжки (ПМГИ 2500/25—МЗТО, г.Мариуполь); для формования фрикционных и конструкционных порошковых материалов (ПМГИ 250/10, ПМГИ 2500/25*—КМЗ, г.Киев; ПМГИ 1600/15 — НИАТ, г.Москва), алюминиевых порошков в вакууме с нагревом (ПМГИ 6300/100 —изготовлены основные узлы—ЦНИИ материалов, г.Санкт-Петербург), порошков быстрорежущих сталей (ПМГИ 1600/20*— ПО “Завод Арсенал”, г.Киев); для горячей объемной штамповки титановых сплавов, брикетирования, резки (Т-3428 4000кН/100кДж*—ПО “Завод Арсенал”, г.Киев); приставка к гидропрессам для безударной STD штамповки (ПМГИ 630/10*); для брикетирования стружки (ПМГИ 4250/490* —ВТОРЧЕРМЕТ, г.Константиновка); для отрезки прутков сдвигом (Т-3426 —ПО Донпрессмаш, г.Азов); клиновой пластомер для STD испытаний образцов в изотермических условиях (на базе ПМГИ 70/0,55 —ВСМПО, г.Верхняя Салда); для экспериментальных исследований (ПМГИ 80/0,6 —ДГМА). Общий экономический эффект от внедрения разработок составил 2,078 млн.руб., доленое участие автора —468 тыс. руб. в ценах 1991г.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ ОТРАЖЕНО В ПУБЛИКАЦИЯХ

1. Вырезка-пробивка тонколистовых деталей упругими средами на новом высокоскоростном молоте /Л.Н. Соколов, А.Ф. Тарасов, Л.Л. Роганов, А.А. Кулишов //Тез.докл. II Всесоюз. науч.- техн. конф. “Совершенствование разделительных процессов ОМД”. —Тирасполь, 1980. —С.127—128.

2. Штамповка полиуретаном при статическом и динамическом нагружении /И.С.Алиев, К.Д.Махмудов, А.Ф.Тарасов, Д.Д.Темирханов //Там же. —С.128—130.

3. Роганов Л.Л., Тарасов А.Ф. Разработка импульсного гидropружинного привода для машин ударного действия /Крамат.

индустр. ин-т. —Краматорск, 1980. —7с. —Деп. в ЦНИИТЭИ-ТЯЖМАШ 24.09.80, №617.

4. Тарасов А.Ф., Соколов Л.Н., Роганов Л.Л. Методика определения усилий при высокоскоростной листовой штамповке упругими средами //Тез. докл. респ. конф. "Пути повышения эффективности производства, качества выпускаемой продукции и экономии материальных, энергетических ресурсов за счет внедрения прогрессивных технологических процессов механической обработки и формообразования". —Махачкала, 1981. —С.39.

5. Лаптев А.М., Роганов Л.Л., Тарасов А.Ф. Высокоскоростное формование фрикционных порошковых материалов //Там же. —С.57.

6. Расчет параметров нагружения упругой среды при гидродинамической штамповке /Л.Н. Соколов, А.Ф. Тарасов, А.Н. Обухов, Л.Л. Роганов //Обработка металлов давлением в машиностроении: Сб. науч. работ. —Харьков: Вища школа, 1981. —Вып.17. —С.66—70.

7. Расчет осевых напряжений в штоках высокоскоростных молотов при штамповке упругими средами /Л.Н. Соколов, А.Ф. Тарасов, А.Н. Обухов, Л.Л. Роганов //Там же. —С.70—72.

8. Новые типы прогрессивного оборудования для холодной листовой и объемной штамповки /Л.Л. Роганов, И.С. Алиев, А.Ф. Тарасов, В.В. Харлашкин //Тез. докл. семинара "Внедрение прогрессивных технологических процессов в холодноштамповочном производстве". —Л.: ЛДНТП, 1982. —С.79—83.

9. Тарасов А.Ф., Роганов Л.Л., Лаптев А.М. Исследования по СТД спрессовыванию порошковых материалов //Тез. докл. У Всесоюз. конф. "Совершенствование кузнечно-штамповочного оборудования ударного действия и создание робототехнических комплексов горячей штамповки". —Ижевск, 1982. —С.51—53.

10. Роганов Л.Л., Соколов Л.Н., Тарасов А.Ф. Импульсные машины ударного действия с гидropружинным приводом //Обработка металлов давлением в машиностроении: Сб. науч. работ. —Харьков: Вища школа, 1982. —Вып.18. —С.79—82.

11. Формование фрикционных порошков на пресс-молоте с гидроимпульсным приводом /Л.Н. Соколов, В.Н. Беляев, Л.Л. Роганов, А.М. Лаптев, А.Ф. Тарасов //Авиационная промышленность. —1983. —№10. —С.71—72.

12. Роганов Л.Л., Тарасов А.Ф., Иванов А.Д. Комбинированное деформирование заготовок статическими и динамическими

нагрузками //Тез.докл. респ. науч.-техн.конф. "Высокоэффективные локальные методы обработки металлов давлением". — Краматорск, 1984. —С.97—98.

13. Роганов Л.Л., Тарасов А.Ф. Совершенствование оборудования ударного действия с гидроимпульсным приводом для локальных процессов ОМД //Там же. —С.95—96.

14. Соннов А.П., Тарасов А.Ф., Харлашкин В.В. Процесс и оборудование комбинированного формирования порошков статической и динамической нагрузками //Тез. докл. респ. науч.-техн. конф. "Высокопроизводительные металлосберегающие процессы обработки металлов". —Кишинев, 1984. —С.63—65.

15. Роганов Л.Л., Тарасов А.Ф., Соннов А.П. Новые схемы пресс-молотов //Тез.докл. конф. "Экономия материальных, трудовых и финансовых ресурсов". —Кишинев, 1984. —С.49—51.

16. Соколов Л.Н., Тарасов А.Ф., Соннов А.П. STD формирование фрикционных порошков на специализированном пресс-молоте //Тез.докл. IV Всесоюз.конф. "Обработка материалов импульсными нагрузками". —Новосибирск, 1985. —С.124—125.

17. Пути повышения эффективности гидроупругого привода машин для гидростатической обработки материалов /Л.Л. Роганов, И.С. Друзьяка, А.Ф. Тарасов, А.П. Соннов //Тез.докл. IV Всесоюз. конф. —Донецк, 1985. —С.282.

18. Берез В.Г., Тарасов А.Ф., Друзьяка И.С. Гидропружинная машина для резки профилей и труб в процессе прессования //Тез. докл. Всесоюз. семинара "Совершенствование кузнечных машин ударного действия". —Ворошиловград, 1985. —С.47—48.

19. Тарасов А.Ф., Соннов А.П., Кандыба Ю.В. Высокоскоростной пресс-молот с гидравлическим импульсным приводом энергией 32 кДж //Там же. —С.45—46.

20. Роганов Л.Л., Тарасов А.Ф., Соннов А.П. Пресс-молот гидравлический импульсный. —Донецк, 1986. —4 с. —(Информ. листок о науч.-техн. достижении /ЦНТИ; №86-041; Вып.15).

21. Универсальная технологическая оснастка для листовой штамповки полиуретаном на ПМ /Л.Н. Соколов, А.Ф. Тарасов, В.С. Клеус, А.П. Соннов, Ю.В. Кандыба //Тез. докл. Всесоюз. науч.-техн. конф. "Прогрессивные процессы и оборудование листовой и объемной штамповки". —Барнаул, 1986. —С.61—62.

22. Роганов Л.Л., Тарасов А.Ф., Соннов А.П. Разработка ряда пресс-молотов с использованием теории подобия и размерностей //Там же. —С.25—26.

23. Тарасов А.Ф., Соннов А.П. Технология и оборудование для получения порошковых заготовок под объемную штамповку методом STD нагружения // Там же.—С.135—136.

24. Устройство для определения пластических свойств /Л.Н. Соколов, Л.Л. Роганов, В.Н. Ефимов, А.Ф. Тарасов, А.Д. Иванов, А.С. Перебийнос.—Донецк, 1987.—4 с.—(Информ. листок о науч.-техн. достижении /ЦНТИ; №87-074; Вып.14).

25. Тарасов А.Ф., Клеус В.С. Ударная и комбинированная листовая штамповка полиуретаном на пресс-молотах с гидроимпульсным приводом // Тез. докл. конф. "Опыт освоения новой техники, оснастки, материалов в кузнечно-штамповочном производстве".—Пенза, 1988.—С.71—72.

26. Тарасов А.Ф., Клеус В.С. Повышение качества изделий за счет STD штамповки // Совершенствование процессов и машин обработки металлов давлением.—Киев: УМК ВО, 1988.—С.69—75.

27. Совершенствование оснастки для листовой штамповки эластичными средами /Л.Л. Роганов, А.Ф. Тарасов, В.С. Клеус, Л.В. Болдырь // Опыт создания гибких технологических систем холодноштамповочного производства.—Л.: ЛДНПП, 1989.—С.22—25.

28. Машина для обработки металлов давлением /Л.Л.Роганов, А.В. Исаев, В.Н. Трофимов, А.Ф. Тарасов, А.П. Соннов.—К.: Реклама, 1989.—2с.

29. Роганов Л.Л., Соколов Л.Н., Тарасов А.Ф. Новые кузнечно-прессовые машины на основе гидроупругого привода и их технологические возможности // Современные технологические процессы и металлургическое оборудование в тяжелом машиностроении /НПО "НИИПТмаш".—Краматорск, 1990.—С.112—116.

30. Роганов Л.Л., Тарасов А.Ф., Соннов А.П. Импульсные цилиндры для модернизации гидропрессов.—Донецк, 1990.—4 с.—(Информ. листок о науч.-техн. достижении /ЦНТИ; №90-008).

31. Тарасов А.Ф. Особенности расчетов технологических процессов штамповки на ПМ // Тез. докл. респ. конф. "Теоретические и прикладные проблемы развития наукоемких и малоотходных технологий ОМД".—Винница, 1991.—С.57—58.

32. Тарасов А.Ф., Роганов Л.Л., Клеус В.С. Новая технология вытяжки с гидродинамической калибровкой детали типа мойка // Листовая и горячая объемная штамповка.—М.: МДНТП, 1991.—С.31—34.

33. Карнаух С.Г., Роганов Л.Л., Тарасов А.Ф. Штамп с дифференцированным зажимом для отрезки проката // Тез. докл.

респ. науч.-техн. конф. "Социально-экономические аспекты и ресурсосбережение на автомобильном транспорте". —Винница, 1992. —С.78—79.

34. Тарасов А.Ф., Роганов Л.Л., Соннов А.П. Исследование СТД брикетирования порошковых материалов //Сб. науч. ст. /Крамат. индустр. ин-т. —Краматорск, 1993. —Вып.1. —С.26-34.

35. Карнаух С.Г., Тарасов А.Ф., Роганов Л.Л. О точности заготовок, получаемых резкой в штампах с дифференцированным зажимом //Там же. —С.52-56.

36. Системы привода клапанов импульсных формовочных машин /Л.Л. Роганов, А.Ф. Тарасов, А.Е. Мучник, Л.Н. Абрамова //Сб. науч. ст. /Донбас. гос. машиностроит. акад. —Краматорск, 1994. —Вып. 2. —С.50—56.

37. Тарасов А.Ф., Роганов Л.Л., Клеус В.С. Разработка технологических процессов, оснастки и оборудования для СТД листовой штамповки упругими средами //Там же. —С.57—67.

38. Тарасов А.Ф., Роганов Л.Л., Карнаух С.Г. Расчет СТД нагружения заготовок на ПМ при одинаковом направлении статического и ударного усилий //Там же. —С.91—99.

39. Тарасов А.Ф., Роганов Л.Л. Расчет параметров нагружения заготовок, оснастки и оборудования при различных схемах СТД штамповки на пресс-молотах //Там же. —С.100-108.

40. Тарасов А.Ф., Роганов Л.Л. Применение СТД деформирования материалов для повышения эффективности технологии ОМД и разработка оборудования //Тез. докл. междунар. науч.-техн. конф. "Новые технологии и организационные структуры на автомобильном транспорте". —Винница, 1994. —С.135—137.

41. Тарасов А.Ф., Карнаух С.Г., Роганов Л.Л. Разработка и исследование штампа для точной резки сортового проката //Там же. —С.135—137.

42. Роганов Л.Л., Тарасов А.Ф. Использование энергии упругой деформации твердых, жидких и газообразных тел для высокоэнергетической обработки материалов //Высокоэнергетическая обработка материалов: Сб. науч. работ. —Днепропетровск: ГГАУ, 1995. —С.56—60.

43. Тарасов А.Ф. Разработка САПР рабочих гидроцилиндров пресс-молотов //Надежность режущего инструмента и оптимизация технических систем: Сб. науч. работ. —Краматорск: ДГМА, 1996. —Вып.6. —С.68-72.

44. А.с. 969401 СССР, МКИ³ В30В 13/00. Устройство для

штамповки деталей. /Л.Л. Роганов, Л.Н. Соколов, А.Ф. Тарасов. — № 3273944/25-27; Заяв. 09.04.81; Опубл.30.10.82; Бюл. №40.

45. А.с. 1098619 СССР, МКИ В21Д 35/00. Способ получения отбортованных отверстий /Л.Н. Соколов, Л.Л. Роганов, А.Ф. Тарасов, В.А. Мамотенко, Ю.С. Каракуц (СССР). — № 2988265/25-27; Заяв. 08.10.80; Опубл.23.06.84, Бюл. №23.

46. А.с. 1219220 СССР, МКИ⁴ В21J 11/00. Вертикальная установка для штамповки деталей /Л.Л. Роганов, А.Ф. Тарасов, А.П. Соннов, А.Д. Иванов, Ю.В. Кандыба (СССР). — № 3837926/25-27; Заяв. 08.01.85; Опубл.23.03.86, Бюл. №11.

47. А.с. 1415117 СССР, МКИ⁴ G01N 3/00. Способ испытания материала образца сжатием /Л.Н. Соколов, Л.Л. Роганов, В.К. Катая, В.Н. Ефимов, А.Ф. Тарасов и др. (СССР). — № 4481813/25-28; Заяв. 13.01.87; Опубл.07.08.88, Бюл. №29.

48. А.с. 1546208 СССР, МКИ⁵ В22F 3/02, В30В 15/02. Устройство для прессования изделий из порошков /Л.Л. Роганов, А.Ф. Тарасов, А.П. Соннов (СССР). — № 4206305/31-02; Заяв. 06.03.87; Опубл. 28.02.90, Бюл. №8.

49. А.с. 1652876 СССР, МКИ⁵ G01N 3/18. Клиновой пластометр /Л.Л. Роганов, В.Н. Ефимов, В.И. Трофимов, В.В. Харлашкин, А.Ф. Тарасов, А.С. Перебейнос (СССР). — № 4700724/28; Заяв. 05.06.89; Опубл. 30.05.91, Бюл. №20.

50. А.с. 1722656 СССР, МКИ⁵ В21Д 22/20. Способ изготовления полых изделий /Л.Л. Роганов, А.Ф. Тарасов, В.С. Клеус. — № 4754291/27; Заяв. 30.10.89; Опубл. 30.03.92, Бюл. №12.

51. А.с. 1750801 СССР, МКИ⁵ В21Д 26/06. Способ гидромеханической вытяжки листовых заготовок /Л.Л. Роганов, А.Ф. Тарасов, В.С. Клеус, В.М. Усенко (СССР). — №4802071/27; Заяв. 05.01.92; Опубл. 30.07.92, Бюл. №28.

52. Заявка 93006886, МКИ⁵ В21J 11/00. Устройство статикодинамического нагружения /А.Ф. Тарасов, Л.Л. Роганов, С.Г. Карнаух (Украина). — № 93006886; Заяв. 16.07.93.

53. Заявка 93006483, МКИ⁵ В23D 21/00. Механизм упора к штампу для отрезки проката /А.Ф. Тарасов, С.Г. Карнаух, Л.Л. Роганов (Украина). — № 93006483; Заяв. 16.07.93.

54. Заявка 94042791, МКИ⁵ В21J 5/08. Импульсный пресс-молот /А.Ф. Тарасов, Л.Л. Роганов, С.Г. Карнаух (Украина). — № 94042791; Заяв. 29.04.94.

55. Заявка В4501607, МКИ⁵ В21J 7/04. Молот /А.Ф. Тарасов, Л.Л. Роганов, С.Г. Карнаух (Украина). — Заяв. 05.05.94.

56. Заявка 94062179, МКИ⁵ В23/Д 31/00. Устройство прижима заготовок на ножницах /А.Ф. Тарасов, Л.Л. Роганов, С.Г. Карнаух (Украина). — № 94062179; Заяв. 1.06.94.

57. Заявка 94096869, МКИ⁵ В23Д 31/00. Установка для разделения проката /А.Ф. Тарасов, Л.Л. Роганов, С.Г. Карнаух (Украина). — № 94096869; Заяв. 06.09.94.

58. Заявка 95020843, МКИ⁵ В21J 11/00. Пресс-молот /А.Ф. Тарасов, Л.Л. Роганов (Украина). — № 95020843; Заяв. 23.02.95.

59. Заявка 95020844, МКИ⁵ В21J 7/28. Импульсный цилиндр /А.Ф. Тарасов, Л.Л. Роганов (Украина). — № 95020844; Заяв. 23.02.95.

60. Заявка 95020845, МКИ⁵ В21D 22/02. Геликоидный штамп для гибки изделий из проволоки /А.Ф. Тарасов, Л.Л. Роганов (Украина). — № 95020845; Заяв. 23.02.95.

61. Заявка 95020846, МКИ⁵ В21J 13/02. Штамп для горячего выдавливания стержневых деталей /А.Ф. Тарасов, Л.Л. Роганов (Украина). — № 95020846; Заяв. 23.02.95.

62. Заявка 95020908, МКИ⁵ В23D 23/00. Штамп для комплексного заготовительно-разделительного процесса /А.Ф. Тарасов, Л.Л. Роганов, С.Г. Карнаух (Украина). — № 95020908; Заяв. 27.02.95.

63. Заявка 95020915, МКИ⁵ В21J 7/24. Рабочий цилиндр молота /А.Ф. Тарасов, Л.Л. Роганов, С.Г. Карнаух (Украина). — № 95020915; Заяв. 27.02.95.

64. Заявка 95042925, МКИ⁵ F16j 10/00. Импульсный цилиндр /А.Ф. Тарасов, Л.Л. Роганов, П.В. Шишлаков (Украина). — № 95042925; Заяв. 26.04.95.

65. Заявка 95073464, МКИ⁵ В21J 3/00. Устройство для подачи смазывающе-охлаждающей жидкости при штамповке /А.Ф. Тарасов, Л.Л. Роганов, В.М. Гридасов (Украина). — № 95073464; Заяв. 24.07.95.

66. Заявка 95104573, МКИ⁵ В23 D 23/00. Способ отрезки проката во втулочных ножах /А.Ф. Тарасов, Л.Л. Роганов, С.Г. Карнаух (Украина). — № 95104573; Заяв. 19.10.95.

67. Заявка 95114866, МКИ⁵ В23 D 23/00. Штамп для отрезки проката /А.Ф. Тарасов, Л.Л. Роганов, С.Г. Карнаух (Украина). — № 95114866; Заяв. 14.11.95.

А также авторские свидетельства №: 768084, 1043893, 1166406, 1200055, 1234070, 1340875, 1378247, 1449184, 1531304, 1533095, 1555020, 1559524, 1598300, 1617755, 1801668, 1814253, 5034418/08/080127 (положит. решение).

АНОТАЦІЯ

Тарасов О.Ф. Удосконалення технологічних процесів штампування на основі статикодинамічного деформування і розробки спеціалізованих прес-молотів.

Дисертація на здобуття вченого ступеня доктора технічних наук за фахом 05.03.05 — Процеси та машини обробки тиском, Донбаська держ. машинобуд. академія, Краматорськ, 1996р. Захищаються 43 наукові роботи та 38 авторських свідоцтв, які містять в собі теоретичні дослідження силових параметрів навантаження матеріалів та заготовок комбінованими квазістатичними та ударними зусиллями для різних технологічних процесів; методики пошуку за допомогою ЕОМ нових силових схем деформування матеріалів на прес-молотах та їх конструктивних схем, аналізу статикодинамічного (СТД) навантаження системи: заготовка, штамп та елементи прес-молоту, а також результати експериментальних досліджень особливостей СТД деформування різних матеріалів та заготовок. Встановлено, що комбіноване СТД деформування дозволяє розширити технологічні можливості процесів штампування листових заготовок пружними середовищами, формування порошкових матеріалів, гарячого об'ємного штампування, відрізки прокату на заготовки. Розроблено математичні моделі СТД навантаження заготовок та спеціалізованих прес-молотів, які адекватно відображають процеси в усіх елементах ударної системи. Виявлено закономірності СТД деформування та галузі раціонального застосування прес-молотів. На основі теорії подібності розроблено ряди параметрів штампового оснащення та прес-молотів, необхідні рекомендації по впровадженню процесів та обладнання, САПР динамічних циліндрів. Здійснено промислове впровадження розроблених процесів, штампового оснащення та прес-молотів, приводяться дані про їх ефективність.

Ключові слова: статикодинамічне навантаження, об'ємне штампування, штампування листів, порошкових матеріалів, штампи, спеціалізовані прес-молоти.

A B S T R A C T

TARASOV A.F. Improvement of forging technological processes on the bases of static-and-dynamic deformation and development of specialised presslike-acting hammers.

Dissertation for the scientific degree of Doctor of Science (technical), speciality 05.03.05 — processes and machines for pressure treatment, Donbass State Machine-Building Academy, Kramatorsk, 1996.

43 scientific papers and 38 author's certificates being defended contain the theoretical research of force parameters of loading materials and parts by combined quasistatic and impact efforts for various technological processes; methods of PC search of the new force schemes of deforming materials on presslike-acting hammers and their constructive variant, analysis of static-and-dynamic (STD) loading the system: part, rigging and presslike-acting hammer's elements, as well as the results of experimental research of STD deforming peculiarities of various materials and parts. It has been found out that the combined STD deforming allows to enrich technological capacities of the processes of sheet-metal forming by elastic materials, forming of powder materials, hot die forging, cutting profiles. The mathematical STD load models of parts and specialised presslike-acting hammers have been developed, these models reflecting the processes in all the elements of impact system adequately. The characteristic features of STD forming and spheres of presslike-acting hammers rational application have been defined. On the basis of the theory of similarity a set of parameters for forging rigging and presslike-acting hammers, necessary recommendations of processes' and equipment application, systems of automated design of dynamic cylinders have been developed. Industrial application of the processes developed for die rigging and presslike-acting hammers has been made, the data of effectiveness being added.

Key words: static-and-dynamic loading, sheet-metal forming, die forging, powder materials forging, dies, specialised presslike-acting hammers.



449468

Формат бумаги 60x90 1/16. Объем 2 печ. листа. Заказ № 706
Тираж 100 - Подписано к печати " 2 " октября 1996 г.

Издано на ротопринтере Донбасской государственной
машиностроительной академии
343913, г.Краматорск, ул. Шкадинова, 72