

**Горизонтальный бесшаботный молот с гидравлической связью масс**

Кобелев А.Г., Чашкин Д.С.

МГТУ «СТАНКИН»

8 (915) 236-56-94, [dborgir@inbox.ru](mailto:dborgir@inbox.ru), 8 (910) 466-84-96, [shake69@bk.ru](mailto:shake69@bk.ru)

**Аннотация:** В статье описывается конструкция горизонтального бесшаботного молота и принцип его работы. Целью разработки является повышение точности синхронизации встречного движения ударных масс. Результатом разработки является новая конструкция, которая сочетает в себе гидравлический механизм синхронизации и горизонтальную компоновку молота.

**Ключевые слова:** горизонтальный молот, бесшаботный молот, гидравлическая связь, ударные массы, штамповка.

Изготовление заготовок и готовых деталей методами обработки давлением занимают существенное место в технологических процессах, характерных для машиностроительных предприятий оборонно-промышленного, авиастроительного, судостроительного, ракетно-космического и атомного комплексов. Задачи модернизации и повышения эффективности этих предприятий требуют внедрения на них современного импортозамещающего технологического оборудования для обработки давлением (кузнечно-прессового оборудования), позволяющего изготавливать точные заготовки сложной формы из различных материалов с минимальными припусками под механическую обработку. Такое оборудование существенно сокращает время и себестоимость серийного производства продукции, в том числе оборонного значения, следствием чего становится значительная экономия средств государственного бюджета, направляемых на финансирование государственного оборонного заказа.

Изготовление заготовок и готовых деталей методами обработки давлением занимают существенное место в ракетостроении, в атомной энергетике, в производстве медицинского и слесарного инструмента. На смену устаревшему оборудованию для изготовления конкурентно способной продукции должны придти новые виды машин, экономически выгодные по части рационального использования потребляемой энергии [1].

Молоты с горизонтальным встречным движением ударных масс называют импакторами. Такие молоты применяют в промышленности зарубежных стран для штамповки и свободной ковки небольших поковок массой менее 1 кг. Две массы — левая и правая — движутся в горизонтальной плоскости навстречу друг другу под действием сжатого воздуха, который подается одновременно в левый и правый рабочие цилиндры. Плоскость соударения находится в середине исходного расстояния между массами. В этой плоскости должна находиться заготовка. Движение обеих масс должно быть строго синхронизировано, в этом состоит основная трудность наладки и эксплуатации импакторов. Заготовку обычно закрепляют в специальных клещевых захватах, которые в автоматизированных установках перемещаются с помощью специального конвейера [2].

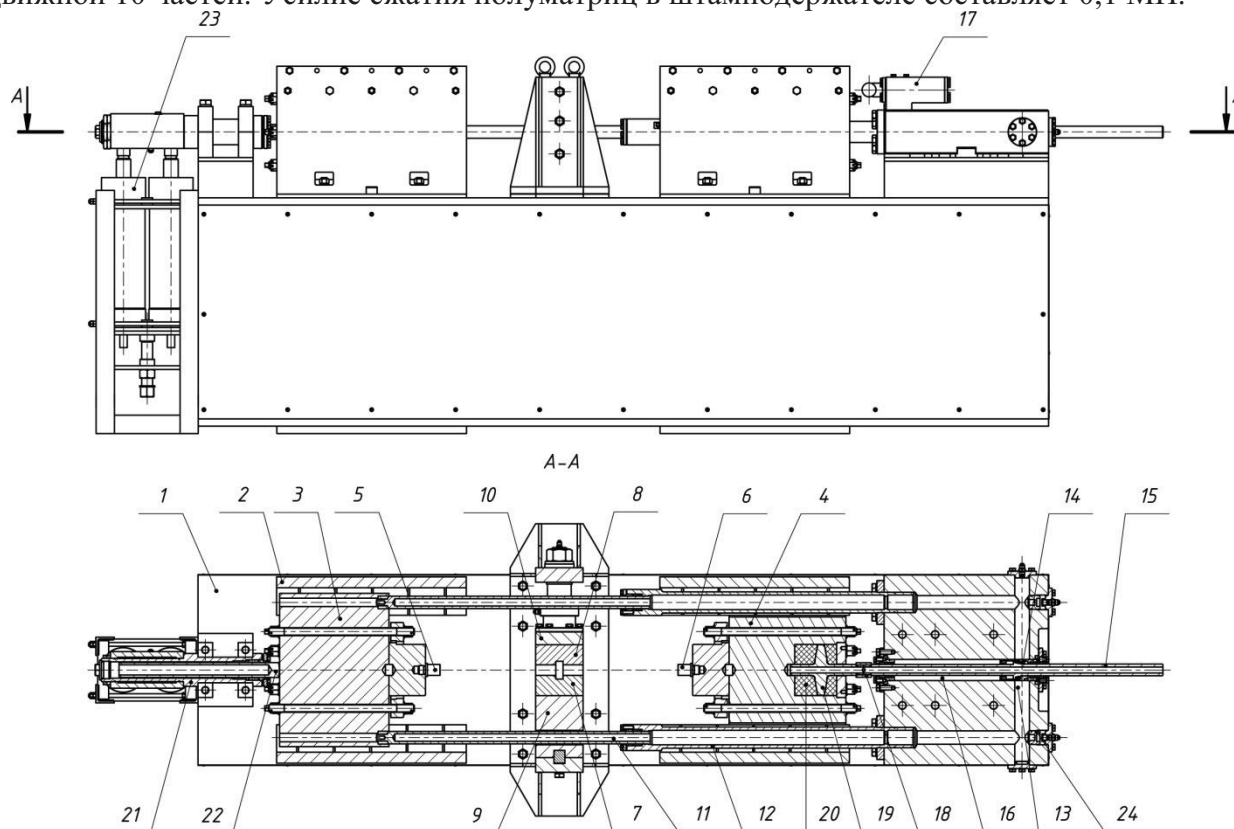
Преимуществом импакторов является то, что работа на них может быть полностью механизирована. Заготовку подвешивают над импактором в захватах конвейера в плоскости удара. Энергия удара частично переходит в теплоту, поглощаемую поковкой. При полной автоматизации это позволяет осуществлять процесс штамповки тонких и труднодеформируемых изделий при небольшом числе ударов за один нагрев.

В силу отсутствия в настоящее время высокопроизводительных и низких по себестоимости молотов отечественного производства, их создание приобретает актуальность.

Исходя из этого был разработан горизонтальный бесшаботный молот с энергией удара 4 кДж, отличительной особенностью которого является применение в качестве механизма синхронизации встречного движения ударных масс, средств гидравлической связи.

Горизонтальный бесшаботный молот предназначен для горячей объёмной штамповки деталей типа крестовина и концевик вала из различных сталей, в том числе труднодеформируемых, и может быть использован в различных отраслях машиностроения.

Молот состоит из сборной станины 1, в X-образных направляющих 2 которых с возможностью возвратно-поступательного перемещения установлены левая 3 и правая 4 ударные массы. На торцах ударных масс, обращённых друг к другу, установлены сменные бойки 5 и 6. Сам штамп представляет две разъемные полуматрицы 7 и 8, на которых выполнена гравюра штампа. Штамп установлен в штамподержателе, состоящем из неподвижной 9 и подвижной 10 частей. Усилие сжатия полуматриц в штамподержателе составляет 0,1 МН.



**Рисунок 1. Принципиальная схема горизонтального бесшаботного молота**

1- станина, 2- X-образные направляющие, 3- левая ударная масса, 4- правая ударная масса, 5, 6- сменные бойки, 7, 8- полуматрицы, 9- неподвижный блок штамподержателя, 10- подвижный блок штамподержателя, 11- шток бокового гидроцилиндра, 12- боковой гидроцилиндр, 13- гидравлическая полость связи, 14- поршень центрального штока, 15- центральный шток, 16- управляющая полость, 17- клапан управления, 18- муфта, 19- шток, 20- амортизатор, 21- цилиндр гидропривода, 22- плунжер цилиндра гидропривода, 23- пневмогидравлический аккумулятор, 24- компенсатор

Ударные массы 3 и 4 связаны между собой посредством гидравлического механизма связи, состоящего из боковых штоков 11, левые торцы которых упёрты в опорную поверхность ударной массы 3, а правые размещены в боковых цилиндрах 12, заполненных рабочей жидкостью. Полости цилиндров 12 соединены каналами с полостью центрального цилиндра 13, разделённого поршнем 14 центрального штока 15 на полость 13 и управляющую полость 16. Полость 16 может быть соединена посредством переключения клапана управления 17 с давлением насосного привода для разведения ударных масс 3 и 4 в исходное положение или со сливом для совершения встречного движения ударных масс для удара.

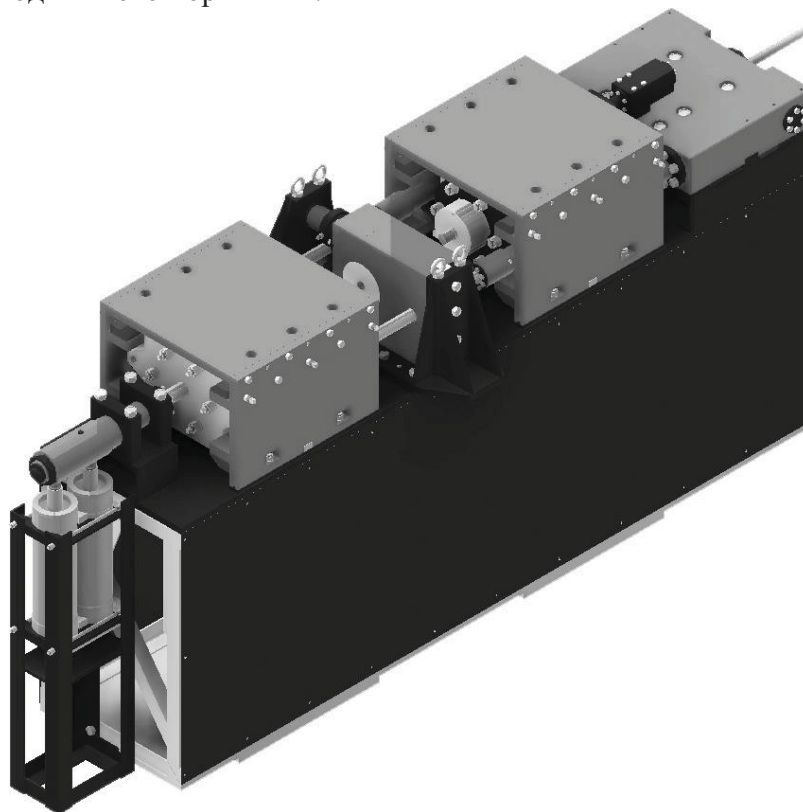
Правая ударная масса 4 соединена со штоком 15 муфтой 18, штоком 19 и упругими элементами 20 для совершения её возвратного хода в исходное для удара положение.

Загрузка заготовки в штамподержатель осуществляется сверху, подвижный блок 10 перемещается относительно неподвижного 9, штамподержатель закрывается.

Встречное движение ударных масс 3 и 4 осуществляют пневмогидравлическим приводом, размещённым в рабочем цилиндре 21, оснащённым плунжером 22 и аккумуляторами

23. При открытии клапана 17 происходит перемещение ударной массы 3 вправо. Её перемещение передаётся через гидравлический механизм связи правой ударной массе 4, которая движется под действием плунжера 22 влево.

До начала хода деформации осуществляют торможение поршня 14, благодаря которому разъединяется гидравлическая связь между левой и правой ударными массами. Правая ударная масса 4 движется с этого момента влево совместно с центральным штоком 15 по инерции относительно неподвижного поршня 14.



**Рисунок 2. Модель горизонтального бесшаботного молота**

Правая ударная масса движется с момента торможения поршня 14 вправо под действием силы гидропривода 21. Боковые штоки 11 сжимают жидкость гидравлической связи, находящейся в замкнутом объёме полостей 12 и 13, силой привода.

Величина повышения давления жидкости в гидравлической связи зависит от соотношения площадей поршня компенсатора 24. Она создаёт силу, которая постоянно прижимает боковые штоки 11 к опорной поверхности ударной массы 3. Повышение давления жидкости в гидравлической связи при разгоне незначительно снизит скорость перемещения ударной массы 3 к началу рабочего хода, но зато исключит повторное несанкционированное нанесение удара после деформации заготовки.

По завершении рабочего хода, заканчивающегося деформированием заготовки, произойдёт отскок ударной массы 3 влево и ударной массы 4 вправо. Одновременно с отражением ударной массы 3 влево переместятся влево боковые штоки 11, отслеживающие перемещение массы 3 под действием силы давления жидкости в гидравлической связи на их торцы, размещённые в боковых цилиндрах 12.

Правая ударная масса 4 отразится совместно со штоком 15 после удара вправо. Благодаря гидравлическому демпферу, образуемому в центральном узле гидравлической связи вследствие перемещения штока 15 относительно неподвижного поршня 14, произойдёт частичное гашение энергии отражения массы 4 при отскоке [3].

Вследствие снижения давления жидкости в гидравлической связи при отскоке, ввиду перемещения штоков 11 влево, произойдёт возврат жидкости из компенсаторов 24 в гидравлическую связь, что приведёт к увеличению объёма жидкости в полостях 12 и 13 по сравнению с объёмом жидкости в них в процессе соударения. Благодаря изменению объёма жидко-

сти в гидравлической связи и снижению энергии отражения массы 4 при отскоке исключается повторное нанесение удара.

Возвратный ход ударных масс 3 и 4 начинается с момента подачи жидкости под давлением в полость 16 центрального цилиндра. Для осуществления возвратного хода переключают клапан 17 перед началом рабочего хода, длящегося сотые, а порой и тысячные доли секунды. Под действием давления жидкости в полости 16 поршень 14 перемещает через штоки 15 и 19 массу 4 вправо. Давление жидкости на торцы штоков 11 перемещает ими ударную массу 3 влево. При этом часть жидкости из цилиндра 21 гидропривода вытесняется плунжером 22 в пневмогидравлические аккумуляторы 23, давление сжатого воздуха в которых повышается до номинального давления.

Одновременно с разведением ударных масс происходит открытие штамподержателя, выгрузка происходит снизу. Готовая деталь под своим весом падает в лоток. При достижении ударных масс 3 и 4 своих исходных для удара положений молот готов к следующему циклу.

Молот оснащен системой числового программного управления с модульной архитектурой, которая управляется со встроенной панели управления и станочной клавиатуры, а также может быть использован присоединенный ПК.

В настоящее время, несмотря на значительную потребность, производство молотов в стране не налажено. Парк паровоздушных штамповочных молотов, созданный в СССР для производства монтажного инструмента, шатунов, коленвалов, монорельс и других деталей вытянутой формы, с тонкими полотнами, в нынешних экономических условиях считается нерентабельным.

Таблица 1

#### Технические характеристики горизонтального бесшаботного молота

№ п/п	Наименование	Норма
1	Энергия удара, кДж	4
2	Диапазон плавной регулировки, кДж	0,6...4
3	Скорость соударения максимальная, м/с	8
4	Время цикла, расчётное, с	Не более 5
5	Допустимый эксцентриситет приложения силы при максимальной энергии удара, мм	15
6	Давление воздуха в аккумуляторе с резиновым мешком, зарядки/ номинальное расчётное, МПа	9/ 16
7	Рабочее / номинальное давления жидкости, МПа	16/32
8	Максимальная сила зажима штампа в штамподержателе, расчётная, при давлении жидкости 16 МПа, кН	100
9	Максимальный диаметр обоймы штампа, мм	140
10	Ход разгона ударных масс, мм	600
11	Гидропривод	насосно-аккумуляторный
12	Габаритные размеры, мм длина ширина высота	3100 840 1300
13	Масса молота, кг	2000
14	Система управления	Электронно-гидравлическая

Система управления молотом электронно-гидравлическая. Она построена на элементах и устройствах электронной автоматики, управляемой гидравлическими распределителями высокого давления жидкости.

Молот может работать в 3-х режимах: наладочный режим обеспечивает медленное сведение и разведение ударных масс или их раздельное перемещение, ручной режим обеспечивает штамповку одиночными ударами по поковке или по бойку, в автоматическом режиме конструкция молота обеспечивает нанесение ударов штампа о штамп с одинаковыми по



энергии ударами.

Реализация на горизонтальном бесшаботном молоте технологий изготовления различных по габаритам, массе и геометрии поковок, горячей и полугорячей, открытой и закрытой штамповкой в условиях мелкосерийного и крупносерийного производства в ручном режиме и на автоматизированных комплексах даст значительный вклад в развитие экономики страны и повышение её обороноспособности за счёт снижения металлоёмкости и затрат на механическую обработку сложных по форме поковок, изготовленных из любых, в том числе и дорогостоящих высокопрочных и композиционных материалов.

#### Литература

1. Колотов Ю.В. Разработка новой конструкции и методики проектирования бесшаботного молота с гидравлическим механизмом связи ударных масс. – Дисс. канд. техн. наук; спец. 05.03.05. – М.- Новосибирск, 1984. – 208с.
2. Банкетов А.Н., Бочаров Ю.А., Добринский Н.С., Ланской Е.Н., Прейс В.Ф., Трофимов И.Д. Кузнечно-штамповочное оборудование: Учебник для машиностроительных вузов. М.: Машиностроение. 1982. 576 с.
3. Патент на изобретение № 2438824 (РФ) Бесшаботный молот, Авт. Колотов Ю.В., Оpubл. 10.01.2012, Бюл №1.

#### **Исследование процесса накопления повреждаемости в деталях кузнечно-прессового оборудования и инструмента магнитными методами**

д.т.н. проф. Корнилова А.В., Идармачев И.М.,  
МГТУ «Станкин»

8(499)972-94-54, 8(910)422-68-45, ANNA44@yandex.ru

*Анотация.* В статье рассмотрены возможности магнитных методов неразрушающего контроля (в частности измерения коэрцитивной силы) для определения повреждаемости и остаточного ресурса материала штампового инструмента и оборудования. Экспериментально выявлен ряд закономерностей для инструмента, применяемого для горячей (объемной) и холодной (как листовой, так и объемной) штамповки.

*Ключевые слова:* магнитные методы, коэрцитивная сила, повреждаемость.

Микро- и макродефекты структуры, накапливаясь в металле в процессе циклического нагружения, являются отображением силового режима работы конструкции. В качестве основного контролируемого параметра нами была принята коэрцитивная сила  $H_C$  (А/м), так как она однозначно связана с остаточной пластической деформацией, т.е. с уровнем повреждаемости металла (имеется ввиду суммарная повреждаемость от действия всех разрушающих процессов и привнесённая в металл в процессе изготовления инструмента). По своему физическому смыслу коэрцитивная сила – это напряженность магнитного поля, необходимая для полного размагничивания предварительно намагниченного до насыщения ферромагнетика, и может быть представлена, как

$$H_C = \frac{B}{E} + \left( \frac{B}{K} \right)^{\frac{1}{n}}, \quad (1)$$

где  $B$  – остаточная индукция;  $K$  – циклический коэффициент напряжения;  $n$  – циклический коэффициент упрочнения;  $E$  – модуль упругости.

Остаточная деформация  $E_P$  определяется аналогичными параметрами:

$$E_P = \frac{\sigma}{E} + \left( \frac{\sigma}{K} \right)^{\frac{1}{n}}, \quad (2)$$