

параметри будуть знаходитися в межах: температура обробки в насичуючому середовищі  $550^{\circ}\text{C} \leq t \leq 650^{\circ}\text{C}$ , час витримки в насичуючому середовищі  $30 \leq \tau \leq 40$  хв., концентрація алюмохромфосфатної солі у водному розчині  $8\% \leq C \leq 14\%$ .

**Висновки.** Обробка деталей масляного насоса в парогазовому середовищі водного розчину АХФС має такі переваги: підвищення експлуатаційних властивостей пар тертя, за рахунок утворення на поверхні деталей аморфних структур, оксидів ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) та шпінелей ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ); скорочення періоду припрацювання пари тертя; значне скорочення часу на обробку деталі порівняно з традиційними технологіями ХТО; забезпечення дифузійного насичення у важкодоступних місцях.

**Список літератури:** 1. *Лахтин, Ю. М.* Поверхностное упрочнение сталей и сплавов [Текст] / Ю. М. Лахтин // *Металловедение и термическая обработка металлов*, -1988.-№ 11. -С.14-25. 2. *Тимофеева, Л. А.* Научные и практические основы экологически чистой химико-термической обработки железоуглеродистых сплавов с использованием водных растворов солей [Текст]: автореф. дис. д-ра.техн.наук:05.16.01 – Киев, ИПМ-1992,-29с. 3. Спосіб хіміко-термічної обробки деталей із металів та сплавів [Текст]: Патент України №45841А: В22F3/24 / *Тимофеева Л. А., Проскура Л. В., Тимофеев С. С., Федченко І. І.*; заявник та патентовласник УкрДАЗТ. - №2001075170; заявл.19.07.2001; опубл. 15.04.2002, Бюл.№4. 4. *Тимофеева, Л. А.* Повышение эксплуатационных характеристик деталей масляного насоса двигателя СМД 60 [Текст] / *Л. А. Тимофеева, Л. В. Проскура, С. С. Тимофеев*// *Високі технології в машинобудуванні*. Зб. наук. пр. НТУ „ХПІ”. - Харків, 2001. Вип.1 (4). –С. 263 – 265.

*Надійшла до редколегії 06.12.2012*

УДК 669.056.9

**Визначення технологічних параметрів процесу обробки в залежності від експлуатаційних властивостей покриття / Л. А. Тимофеева, Л. В. Волошина,** // *Вісник НТУ «ХПІ»*. Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПІ», – 2012. - № 66 (972). – С. 20-23. – Бібліогр.: 4 назв.

В работе проведены металлографические, лабораторные исследования на износ, рентгеноспектральный и фазовый анализ покрытия, которое наносится из водных растворов солей на железоуглеродистые сплавы, работающие в условиях трения; установлены зависимости между технологическими параметрами процесса и эксплуатационными свойствами образованного покрытия.

**Ключевые слова:** технологические параметры, эксплуатационные свойства, покрытия, паротермическая обработка сплавов, износостойкость, микроструктура сплавов

In work metallographic, laboratory researches on wear, the X-ray spectral and phase analysis of a covering which is put from water solutions of salts on the iron-carbon alloys working in the conditions of friction are conducted; dependences between technological parameters of process and operational properties of an educated covering are established.

**Keywords:** technological parameters, operational properties, coverings, vapourthermal treatment of alloys, wear resistance, microstructure of alloys.

УДК 621.7.044

**В. Е. ЗАЙЦЕВ**, д-р техн. наук, доц., НАУ «ХАИ», Харьков;  
**А. П. БРАГИН**, канд. техн. наук, в.н.с., НАУ «ХАИ», Харьков;  
**С. А. ПОЛТАРУШНИКОВ**, канд. техн. наук, доц., НАУ «ХАИ», Харьков;  
**А. А. ХОДЬКО**, аспирант, НАУ «ХАИ», Харьков

### **ОДИН ИЗ НОВЫХ ВАРИАНТОВ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ЦИКЛА ГИДРОДИНАМИЧЕСКОЙ ШТАМПОВКИ ЛИСТОВЫХ ДЕТАЛЕЙ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ**

Проведен анализ существующих технологий гидродинамической штамповки на пресс-пушках,

© В. Е. ЗАЙЦЕВ, А. П. БРАГИН, С. А. ПОЛТАРУШНИКОВ, А. А. ХОДЬКО, 2012

отмечены их основные преимущества и недостатки. Определено направление дальнейшего развития гидродинамической штамповки как перспективной импульсной технологии. Рассмотрен новый способ – гравитационная гидродинамическая штамповка, приведена методика расчета параметров для его реализации. Рассмотрены варианты расширения технологических возможностей способа.

**Ключевые слова:** импульсные технологии, гидродинамическая штамповка, пресс-пушка, энергоноситель, калибровка.

**Введение.** Импульсные способы обработки металлов давлением (ОМД) нашли широкое применение в условиях современного производства летательных аппаратов. Главной их особенностью является то, что работа пластического формоизменения исходной заготовки выполняется в результате ее нагружения кратковременным импульсом сил высокой интенсивности [1].

Разработанный в Национальном аэрокосмическом университете им. Н.Е. Жуковского «ХАИ» способ гидродинамической штамповки (ГДШ) является перспективным импульсным методом листовой штамповки с широким спектром технологического применения (в авиа-, ракето- и судостроении). Так, на ГП «Антонов» этот способ успешно реализован при изготовлении элементов высокоресурсных воздухопроводов противообледенительной системы и системы кондиционирования воздуха транспортных самолетов.

#### Анализ существующих технологий гидродинамической штамповки.

Преимущества технологий ГДШ подтверждены производственным опытом [2]. Среди

них: универсальность, возможность изготовления деталей сложной формы из листовых заготовок, возможность холодной обработки заготовок из труднодеформируемых высокопрочных сплавов, высокая точность и чистота поверхности получаемых деталей и т.д.

Сущность способа заключается в преобразовании кинетической энергии летящего тела-снаряда в потенциальную энергию сжатой жидкости, под воздействием которой деформируется заготовка (рис.1). Процесс ГДШ осуществляется на установках работающих на пороховом энергоносителе – пресс-пушках.

Многоэтапность процесса трансформации и энергии (от горения пороха до деформирования заготовки в конечный продукт – деталь) является основной причиной нестабильности результатов ГДШ на пресс-пушках в условиях серийного производства, требует больших технологических энергозатрат и вызывает сложности в обслуживании оборудования.

Использование пороха в качестве энергоносителя приводит к возникновению ряда трудностей, обусловленных, в первую очередь, требованиями безопасности и необходимостью организации специальных условий труда. Поэтому в последнее время порох исключается из технологической линии ГДШ. Взамен порохового энергоносителя предлагается ряд априорных принципиальных конструктивных схем, в которых, тем не менее, остается неизменной технологическая зона, как и не меняется процесс энергетической трансформации от момента вылета снаряда из дульного среза до полного контакта заготовки с поверхностью формообразующей матрицы.

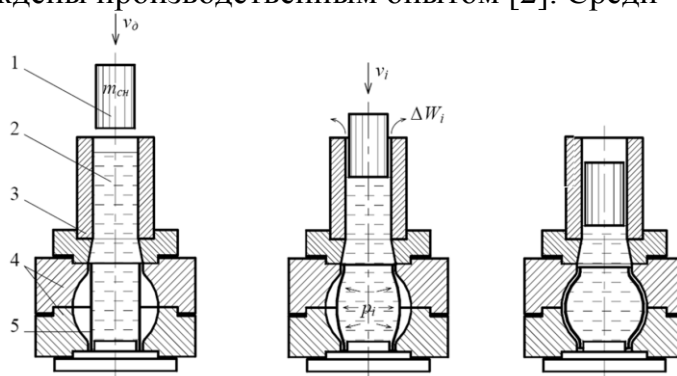


Рис. 1 – Принципиальная схема процесса ГДШ: 1 – снаряд; 2 – передающая среда; 3 – переходник ствола; 4 – оснастка; 5 – заготовка;  $m_{сн}$  – масса снаряда;  $v_0$  – дульная скорость снаряда;  $v_i$  – текущая скорость снаряда;  $\Delta W_i$  – различного рода потери;  $p_i$  – текущее значение давления в формующей камере

Снаряд при своем перемещении кинематически свободен как при разгоне, так и при торможении. Поэтому при его взаимодействии с передающей средой, в последней возникают пульсации давления и, соответственно, возможность кавитации. Принятые для теоретических расчетов допущения о взаимодействии снаряда с жидкостью являются некорректными по отношению к реальному процессу, и при сравнении результатов расчетов с реализованными параметрами дают большой разброс, который в серийном производстве приводит к изготовлению деталей с различными дефектами и отклонениями от заданного поля допусков.

Поэтому, с целью стабилизации конечных результатов процесса, а именно – получения качественных деталей в серийном варианте, следует предотвратить вышеописанные негативные моменты, сохранив при этом положительные стороны импульсной обработки. Для этого необходимо создать условия квазистатического режима.

Таким образом, дальнейшее развитие ГДШ как перспективной импульсной технологии ориентировано на создание новых конструктивных решений оборудования, в основе которых лежит уход от использования порохового энергоузла и замена его более безопасным и простым в эксплуатации, экологически чистым и стабильным аналогом, обеспечивающим бездефектное изготовление деталей путем нормализации поля давления внутри передающей среды за счет придания импульсу давления квазистатического характера и устранения, тем самым, волновых колебательных процессов и кавитации.

**Способ гравитационной гидродинамической штамповки.** Представляющим интерес способом возможного решения указанных проблем без использования специальных энергоносителей, оборудования и устройств для обеспечения эксплуатационного цикла функций снаряда является гравитационная гидродинамическая штамповка [3].

Основной особенностью способа является то, что внешнее нагружение для реализации процесса штамповки создается самим устройством с использованием силы гравитации.

В отличие от ствольных установок для гидродинамической штамповки, где снаряд до контакта с передающей средой разгоняется в стволе, создавая ряд вышеописанных негативных факторов, поршень рассматриваемого устройства изначально находится с ней в беззазорном контакте. За счет этого импульс давления развивается в квазистатическом режиме, без пульсаций и существенных колебаний давления в объеме передающей среды. Кроме того, поршень в процессе нагружения им передающей среды оказывается кинематически ограниченным между жидкостью и твердой преградой, что ограничивает его свободные колебания. В результате процесс деформирования заготовки в деталь принимает установившийся характер, чем обеспечивается стабильность результатов штамповки.

На рис. 2 изображена принципиальная кинематическая схема гравитационной гидродинамической штамповки: а – начальное состояние системы; б – состояние системы в момент подлета к жесткой опоре; в – состояние системы на последней стадии штамповки.

Способ заключается в том, что трубчатую заготовку устанавливают с натягом по краям в матрицу, охваченную обоймой для предотвращения раскрытия ее стыка во время штамповки. Установка комплекта «обойма-матрица-заготовка» осуществляется на основании устройства над цилиндром с находящимся в нем поршнем. Поршень и цилиндр представляют собой плунжерную пару, при этом поршень имеет хвостовик меньшего диаметра, свободно выступающий из нижнего отверстия цилиндра и имеющий на конце ограничительный пояс с демпфером, заканчивающимся сферической

поверхностью. Полости внутри заготовки и цилиндра над поршнем доверху заполняют жидкой передающей средой. Закрывают сверху обойму и матрицу крышкой и скрепляют ее с основанием резьбовыми стяжками, образуя штамповый блок. Собранный механизм поднимают любым подъемником над жесткой опорой на расчетную высоту и устанавливают хвостовиком поршня вниз на убираемые фиксаторы. Для проведения штамповочной операции фиксаторы одновременно убирают, и устройство, под действием собственного веса, свободно падает вниз, накопив к концу свободного падения необходимую кинетическую энергию. При соударении демпфера хвостовика с жесткой опорой (шаботом) поршень проталкивается внутрь цилиндра, создавая импульсное давление в передающей среде, которое, действуя на заготовку, выкладывает ее по матрице. Сферическая поверхность демпфера хвостовика поршня обеспечивает компенсацию перекоса при ударе штампового блока о шабот.

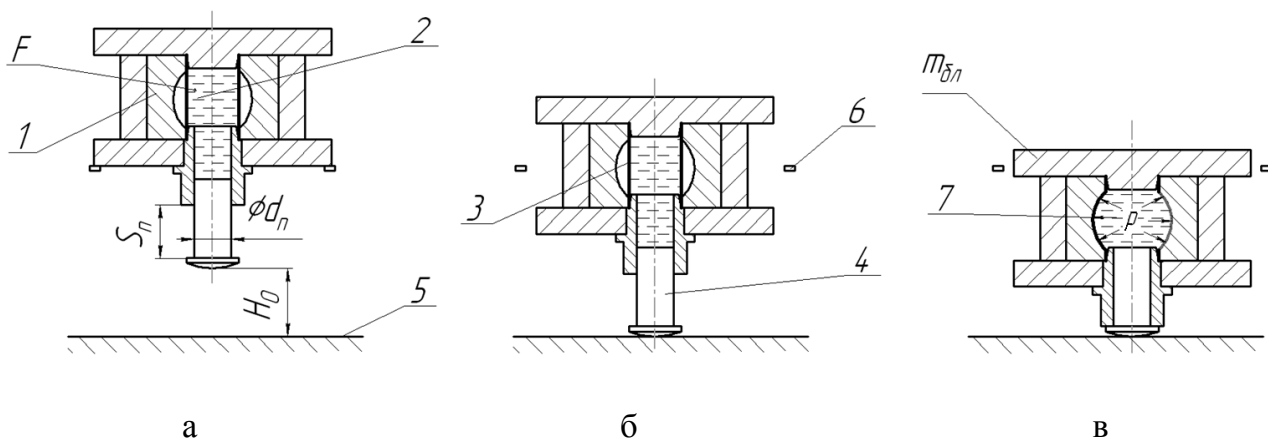


Рис. 2 – Кинематическая схема гравитационной гидродинамической штамповки: 1 – штамповый блок; 2 – передающая среда; 3 – заготовка; 4 – поршень; 5 – жесткая опора; 6 – фиксаторы; 7 – отштампованная деталь;  $F$  – формующая камера;  $d_n$  – диаметр поршня;  $S_n$  – ход поршня;  $H_0$  – расчетная исходная высота системы;  $m_{бл}$  – масса штампового блока;  $p$  – давление внутри формующей камеры

Суммарная масса всех элементов штампового блока должна обеспечивать накопление кинетической энергии при свободном падении с расчетной высоты, которая необходима и достаточна для создания импульса давления, формирующего заготовку.

Необходимые для реализации процесса штамповки параметры обеспечиваются комбинацией массы устройства, высотой его падения, диаметром поршня и его ходом.

Ход поршня, умноженный на площадь его дна, должен равняться объему передающей среды, которая заполняет полость проштамповки (полость между заготовкой и матрицей), с коэффициентом, определенным экспериментально. То есть, объем равен:

$$W_{uu} = \frac{\pi d_n^2}{4} \cdot S_n \cdot k, \quad (1)$$

где  $S_n$ ,  $d_n$  – ход и диаметр поршня, соответственно;  $k \geq 1$  – коэффициент заполнения.

Время заполнения данной полости определяет скорость деформирования, которая должна отвечать рекомендуемым справочным величинам для штампуемого материала. Средняя скорость деформирования равна:

$$V_{деф} = \frac{W_{uu}}{t}, \quad (2)$$

где  $t$  – время заполнения полости проштамповки, равно:

$$t = \frac{W_u}{V_{деф}} \quad (3)$$

С другой стороны:

$$t = \frac{S_n}{V_{бл}} = \frac{S_n}{\sqrt{2gH_0}}, \quad (4)$$

где  $V_{бл}$  – скорость падения штампового блока, равная:

$$V_{бл} = \sqrt{2gH_0}, \quad (5)$$

где  $H_0$  – исходная высота системы.

Из этих зависимостей выводятся разные комбинации  $d_n$  и  $S_n$ , выбор которых определяется технологом.

Кинетическая энергия приобретенная блоком при падении равна:

$$E_k = \frac{m_{бл} V_{бл}^2}{2}, \quad (6)$$

где  $m_{бл}$  – масса штампового блока за исключением массы поршня.

Приобретенная штамповым блоком кинетическая энергия трансформируется в энергию давления жидкости, воздействующую затем на помещенную в камеру заготовку или другой объект обработки давлением. Величину давления можно определить по методике, приведенной графически на рис. 3 или по формуле Тэта, которую для инженерных расчетов может применяться в упрощенном виде:

$$A_{жс} = \frac{P_{max}^2 \cdot W_0}{2K}, \quad (7)$$

где:  $A_{жс}$  – работа адиабатного сжатия жидкости;  $P_{max}$  – максимальное давление внутри формирующей камеры создаваемое под действием силы гравитации;  $W_0$  – первоначальный объем жидкости;  $K$  – модуль объемного сжатия жидкости, равный для пресной воды 22000 кгс/см<sup>2</sup>.

**Расширение технологических возможностей способа.** Большинство заготовок, из которых штампуют детали, методом гидродинамической штамповки на начальном этапе имеют малую жесткость. Процесс деформирования заготовки при изготовлении деталей сложной формы можно разделить на два этапа: образование генерального контура и оформление элементов рельефа. Жесткость детали в процессе деформирования резко возрастает, поэтому для оформления элементов рельефа и калибровки требуются высокие давления. В некоторых случаях энергозатраты на образование элементов рельефа могут в несколько раз превысить затраты на формообразование контура.

При штамповке деталей из тонколистовых материалов оптимальным следует считать такое нагружение, когда при оформлении генерального контура заготовка приходит к матрице с минимальной скоростью, а затем происходит калибровка и оформление элементов рельефа высоким давлением. Создание таких условий нагружения связано с определенными трудностями, поэтому обычно штамповку деталей производят за несколько переходов, первые из

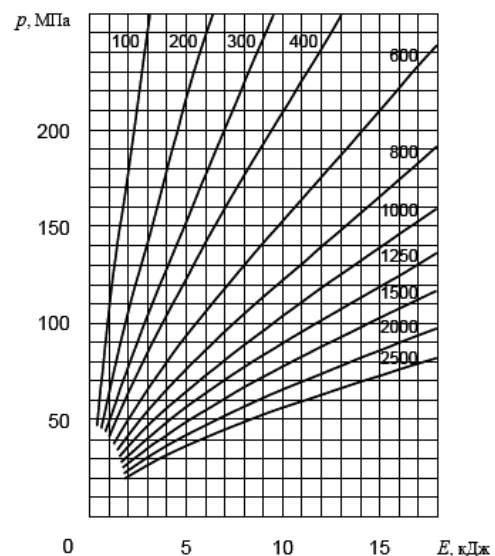


Рис. 3 – Зависимость давления от энергии удара при различных объемах жидкости (см<sup>3</sup>)

которых являются формообразующими, а последние – калибровочными. Однако это увеличивает трудоемкость изготовления деталей.

Вышеописанный способ гидродинамической штамповки не предусматривает обеспечения высокого импульса давления на конечной стадии процесса штамповки. Это приводит к тому, что изготовление деталей сложной формы, в особенности, деталей, которые требуют высокого калибровочного давления, необходимо проводить за несколько переходов. Тем самым увеличивается трудоемкость изготовления детали.

В работе [4] рассмотрено расширение технологических возможностей гравитационной гидродинамической штамповки за счет создания дополнительного импульса давления для калибровки детали. Предложено нагружать передающую среду двумя последовательными импульсами давления. Первый, из которых служит для образования генерального контура детали, а второй, калибровочный, – для оформления элементов рельефа.

Импульс давления, образующий генеральный контур детали, создают аналогично рассмотренному выше способу гравитационной гидродинамической штамповки. Как и основной, калибрующий импульс давления предложено создавать за счет использования силы гравитации. Для этого в устройстве предусмотрена дополнительная плунжерная пара, и калибрующее давление в передающей среде возникает за счет проталкивания калибрующим грузом, падающим с высоты, калибрующего поршня в формующую камеру.

На рис. 4 представлена принципиальная кинематическая схема гравитационной гидродинамической штамповки с калибровкой: а – исходное состояние системы; б – состояние системы на стадии штамповки; в – состояние системы на стадии калибровки.

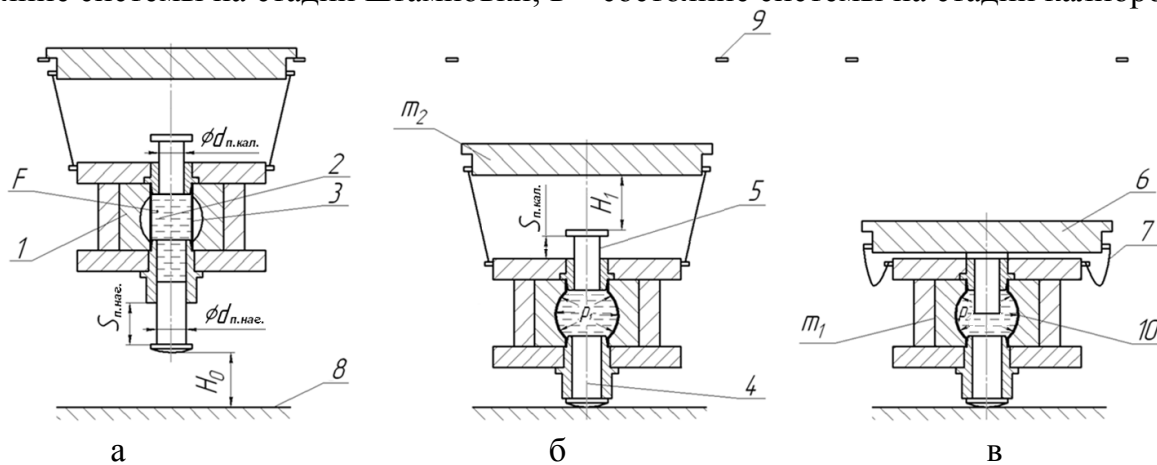


Рис. 4 – Кинематическая схема гравитационной гидродинамической штамповки с калибровкой: 1 – штамповый блок; 2 – передающая среда; 3 – заготовка; 4 – нагружающий поршень; 5 – калибрующий поршень; 6 – калибровочный груз; 7 – цепи; 8 – жесткая опора; 9 – фиксаторы; 10 – отштампованная деталь;  $d_{п.наг.}$  – диаметр нагружающего поршня;  $d_{п.кал.}$  – диаметр калибрующего поршня;  $S_{п.наг.}$  – ход нагружающего поршня;  $S_{п.кал.}$  – ход калибрующего поршня;  $H_0$  – расчетная исходная высота системы;  $H_1$  – расчетное исходное расстояние между грузом и калибрующим поршнем;  $m_1$  – масса штампового блока;  $m_2$  – масса калибровочного груза;  $F$  – формующая камера;  $p_1$  – давление на стадии штамповки;  $p_2$  – давление на стадии калибровки

Параметры нагружения формующей жидкости при этом способе гидродинамической штамповки задаются комбинацией массы штампового блока и калибровочного груза, соответствующей высотой их падения, диаметрами нагружающего и калибрующего поршней и длинами их ходов.

Высота падения калибровочного груза:

$$H = H_0 + S_{n.наг.} + H_1, \quad (8)$$

где  $S_{n.наг.}$  – ход нагружающего поршня;  $H_1$  – исходное расстояние между грузом и калибрующим поршнем.

Значение величины калибровочного давления рассчитывается графически (рис. 3) или по формуле (7).

Таким образом, процесс создания дополнительного импульса давления в формующей камере (для калибровки детали) происходит за счет действия силы гравитации, совместно с основным этапом штамповки и не требует использования специальных энергоносителей (подъем груза осуществляется совместно со всем штамповым блоком). За счет этого снижается трудоемкость и энергозатраты на производство деталей.

С целью возможности автоматизированного управления параметрами калибрующего импульса давления передающей среды предложен способ его создания действием электромагнитных сил [5]. Его принципиальная кинематическая схема представлена на рис. 5: а – исходное состояние системы; б – состояние системы на стадии штамповки; в – состояние системы на стадии калибровки.

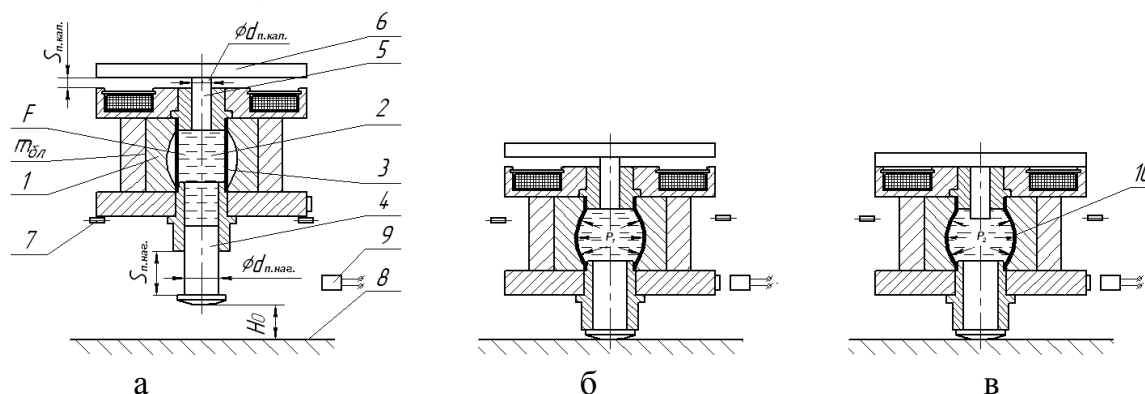


Рис. 5 – Кинематическая схема гидродинамической штамповки с калибровкой при помощи электромагнитных сил: 1 – штамповый блок; 2 – передающая среда; 3 – заготовка; 4 – нагружающий поршень; 5 – калибрующий поршень; 6 – якорь электромагнита; 7 – фиксаторы; 8 – жесткая опора; 9 – датчик положения; 10 – отштампованная деталь;  $d_{п.наг.}$  – диаметр нагружающего поршня;  $d_{п.кал.}$  – диаметр калибрующего поршня;  $S_{п.наг.}$  – ход нагружающего поршня;  $S_{п.кал.}$  – ход калибрующего поршня;  $H_0$  – расчетная исходная высота системы;  $m_{бл.}$  – масса штампового блока;  $F$  – формующая камера;  $p_1$  – давление на стадии штамповки;  $p_2$  – давление на стадии калибровки

Этот способ предполагает создание калибровочного давления передающей среды путем внедрения калибрующего поршня в формующую камеру под действием силы тяги электромагнита. Процесс формирования генерального контура детали аналогичен вышерассмотренным способам. При достижении штамповым блоком своего крайнего нижнего положения, в момент когда нагружающий поршень полностью вошел в канал переходника ( $S_{п.наг.} = 0$ ), срабатывает датчик положения, который подает сигнал в схему управления электромагнитом. Тот, при срабатывании, притягивает свой якорь, заталкивая калибрующий поршень в формующую камеру, создавая в ней калибровочное давление, равное:

$$P_2 = \frac{F_э}{S_{п.кал.}}, \quad (9)$$

где  $F_э$  – тяговое усилие электромагнита;  $S_{п.кал.}$  – площадь дна калибрующего поршня.

Применение электромагнитных систем в качестве энергетического узла в оборудовании для ГДШ представляется очень перспективным в виду возможности

создания необходимых параметров давления формирующей жидкости и длительности импульса нагружения.

### **Вывод.**

Рассмотренный в статье способ гравитационной гидродинамической штамповки представляется перспективным методом импульсной обработки металлов давлением. Внешнее нагружение для реализации процесса штамповки создается самим устройством с использованием силы гравитации, что исключает применение специальных энергоносителей, оборудования и устройств для обеспечения эксплуатационного цикла функций снаряда. Таким образом, процесс гравитационной гидродинамической штамповки не требует больших технологических энергозатрат и не вызывает сложности в обслуживании оборудования. Отказ от применения пороха позволяет решить ряд проблем, определяемых, в первую очередь, требованиями безопасности и необходимостью организации особых условий труда, повышает надежность и долговечность оборудования, не требует его изоляции от основного производства.

Нормализация поля давления внутри жидкостной передающей среды путем придания импульсу давления квазистатического характера позволяет устранить негативные волновые колебательные процессы в объеме передающей среды и кавитацию, в результате чего процесс деформирования заготовки в деталь принимает установившийся характер, что обеспечивает стабильность результатов штамповки. Возможность калибровки деталей сложной формы в процессе штамповки устраняет необходимость многопереходной штамповки и снижает трудоемкость изготовления деталей.

**Список литературы:** 1. Степанов В. Г. Высокоэнергетические импульсные методы обработки металлов / Степанов В. Г., Шавров И. А. – Л.: Машиностроение, 1975. – 278 с. 2. Мельничук А. П. Моделирование технологических процессов гидродинамической штамповки законцовок трубопроводов воздушных систем летательных аппаратов: Дис. ... канд. техн. наук: 05.07.04 – Х.: ХАИ, 2006. – 207 с. 3. Пат. 93598 Україна, МПК В 21 D 26/06. Спосіб гідродинамічної штамповки та пристрій для її здійснення / Брагін О. П., Бичков С. А., Зайцев В. Є., Полтарушников С. А.; Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут» (UA). – № a200907028, заявл. 06.07.2009; опубл. 25.02.2011, Бюл. №4. – 5 с. 4. Пат. 96191 Україна, МПК В 21 D 26/021, В 21 D 26/06. Спосіб гідродинамічного штампування та пристрій для його втілення / Брагін О. П., Зайцев В. Є., Полтарушников С. А., Федкович Ю. А.; Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут» (UA). – № a200912339, заявл. 30.11.2009; опубл. 10.10.2011, Бюл. №19. – 4 с. 5. Рішення про видачу патенту на винахід №21845/ЗА/12 від 19.09.2012 Україна, МПК В 21 D 26/06. Спосіб гідродинамічної штамповки та пристрій для його здійснення / Брагін О. П., Зайцев В. Є., Полтарушников С. А., Ходько О. О.; Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут» (UA). – № a201108357, заявл. 04.07.2011. – 2 с.

*Надійшла до редколегії 20.11.2012*

УДК 621.7.044

**Один из новых вариантов обеспечения энергетического цикла гидродинамической штамповки листовых деталей летательных аппаратов / В. Е. Зайцев, А. П. Брагин, С. А. Полтарушников, А. А. Ходько // Вісник НТУ «ХП». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХП», – 2012. - № 66 (972). – С. 23-31. – Бібліогр.: 5 назв.**

Проведено аналіз існуючих технологій гідродинамічної штамповки на прес-пушках, відзначені їх основні переваги та недоліки. Визначено напрямок подальшого розвитку гідродинамічної штамповки як перспективної імпульсної технології. Розглянуто новий спосіб – гравітаційне гідродинамічне штампування, наведено методику розрахунку параметрів для його реалізації. Розглянуто варіанти розширення технологічних можливостей способу.

**Ключові слова:** імпульсні технології, гідродинамічна штамповка, прес-пушка, енергоносій, калібровка.



Analysis of the existing technologies for hydrodynamic stamping on press-guns has been conducted; its advantages and disadvantages have been marked. The further development of the hydrodynamic stamping as a promising impulse technology has been determined. A new method – gravitational hydrodynamic stamping has been examined, the method of calculating of the parameters for its implementation has been described. The variants of the expansion of technological capabilities of the process have been examined.

**Keywords:** impulse technology, hydrodynamic stamping, press-guns, energy source, calibration.

**УДК. 621.7.044**

*Р. Г. ПУЗЫРЬ*, канд. техн. наук, доц. КрНУ им. М. Остроградского, Кременчуг

## **ПРИМЕНЕНИЕ МНОГОСЛОЙНЫХ МЕТАЛЛОВ И ОСОБЕННОСТИ ИХ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ**

Показаны преимущества использования слоистых материалов при изготовлении деталей и изделий машиностроения и судостроения. Детали, применяемые из таких материалов, подвергаются различным видам нагрузок, поэтому технология изготовления каждого конкретного изделия должна учитывать условия последующей эксплуатации. Листовой биметалл, подвергаемый плоскому деформированию, как правило, обладает анизотропией, неоднородностью механических свойств, обусловленной маркой материала и технологическими режимами его получения. Описывается напряженное состояние заготовки в очаге деформации с учетом механической неоднородности.

**Ключевые слова:** деформация, биметалл, технология, изгиб, вытяжка.

**Введение.** В плакированных металлах толщина плакирующего слоя колеблется от десятых долей до нескольких миллиметров, что значительно больше, чем слой лаков, красок, смол, различных пластиков, и обеспечивает более надежную защиту от коррозии [1]. Металлический плакирующий слой физически неразделим с основой при обработке и эксплуатации материала. Используемые в машиностроении двухслойные стали, состоящие из углеродистой или низколегированной основы и высоколегированного нержавеющей покрытия, изготавливают методом горячей совместной прокатки пакета из листов основы и покрытия либо прокаткой двухслойного слитка, полученного отливкой.

**Анализ последних исследований и литературы.** В последнее время в судостроении находят применение сталь, плакированная титаном [1, 2].. Наиболее экономичный и простой способ плакирования – соединение листов титана с листами низколегированной стали без промежуточных прослоек. Прочность на срез биметалла сталь – титан получается при этом выше прочности биметалла углеродистая сталь – нержавеющей сталь. Технология плакирования стали титаном остается той же, что и технология сочетания других металлов, но требует более тщательной очистки соединяемых поверхностей и нагрева пакета перед прокаткой в среде аргона. Функциональные возможности данного материала зависят от способа получения деталей из него. Детали, применяемые из таких материалов, подвергаются различным видам нагрузок, поэтому технология изготовления каждого конкретного изделия должна учитывать условия последующей эксплуатации. Из двухслойных композиций в судостроении изготавливают в основном детали обшивки корпуса и другие крупногабаритные детали, которые в процессе изготовления подвергаются пластическим деформациям на валковых машинах, гидравлических прессах, листогибочных станках. Деформирование биметаллов вносит свои особенности в процесс пластической деформации.

**Цель исследований, постановка проблемы.** Определение напряженного состояния заготовки с неоднородными механическими характеристиками в процессе

© Р. Г. ПУЗЫРЬ, 2012