

Савченко Н. Ф.  
ХНЭУ им. Семена Кузнеца, г. Харьков, Украина

## РАЗРАБОТКА МОБИЛЬНЫХ МАЛОГАБАРИТНЫХ УСТРОЙСТВ БЕСПРЕССОВОЙ ШТАМПОВКИ ДЛЯ МАЛЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

### Введение

В современных условиях в Украине почти во многих отраслях промышленности сложилась ситуация, при которой большинство крупных промышленных предприятий, успешно существовавшие в начале девяностых годов, оказались не в состоянии выживать в новой для них конкурентной среде.

В связи с этим, особое место могут занимать малые предприятия (МП), которые даже в кризисных условиях имеют возможность успешно конкурировать на рынке, развиваться и приносить прибыль. Их преимуществом является то, что МП способны достаточно быстро осваивать и применять прогрессивные технологии в производстве товаров и оказании услуг. Именно малые предприятия (МП) во многих странах считают базисом экономики. Возникая во многих случаях с микропредприятиями, они занимают важное место в экономике развитых стран. Специалисты утверждают, что без них не существовать во многих случаях и крупным предприятиям. В странах Евросоюза насчитывается более 20 млн. предприятий малого и среднего бизнеса (МСП), которые дают более половины общей добавленной стоимости. По численности МСП составляли в 2012 г. до 99,8% всех предприятий региона. Подавляющее большинство из них (92,2%) – микропредприятия [1]. Причем, количество населения, занятого в малом бизнесе Европы, составляет около 70%.

Однако малые предприятия сталкиваются с рядом проблем.

В первую очередь это ограниченный производственный опыт, который оказывает негативное влияние на успешность применения высоких технологий. В отличие от крупных предприятий, каждая новая продукция становится уникальной, что требует разработки технологических процессов с нуля, часто для сложных деталей собственные технологические разработки становятся непосильными. Поэтому обновление станочного парка и совершенствование технологий машиностроения для малых предприятий представляет важную задачу в условиях Украины. Очень сложными они могут быть для «переселенцев» из Донецкой и Луганской областей, которые выехали оттуда через проведение АТО или нежелание оставаться на территории, подконтрольной террористам. Переселенцы при создании МП сталкиваются как с общими человеческими проблемами при вынужденной смене места жительства, так и с проблемами, связанными с переносом собственной предпринимательской деятельности по новому месту жительства.

Поэтому вопросы разработки новых технологий, использующих мобильные, малой стоимости оборудование и учитывающих специфику развития малых предприятий (их минимальные капиталовложения, простота эксплуатации) могут представлять определенный интерес для многих малых предприятий, особенно при использовании высокопроизводительных методов штамповки или проведении ремонтных работ.

Следует отметить, что вопросам исследования методов выбора технологий и оборудования с позиций гибкости, мобильности посвящены исследования методов беспрессовой штамповки с использованием импульсных источников энергии, отраженные в научно-технической литературе [2–10]. Разработаны прогрессивные технологические процессы взрывной, электрогидравлической, магнито-импульсной, с испарением жидких газов и газодетонационной штамповки. Разработаны критерии выбора беспрессовых методов штамповки [4, 5], позволяющие прогнозировать оптимальные условия выбора технологий и оборудования для штамповки изделий. Важнейшие из них такие, как энерговооруженность и металлоемкость оборудования и оснастки, сроки подготовки производства, механические характеристики штампуемого материала, а также конструктивно-технологические (габаритные размеры, форма в плане) и экономические критерии.

Однако часть важных проблемных вопросов, таких как, обеспечение безопасности, высокая мобильность перемещения оборудования или необходимость использования относительно несложных операций, высокие энергетические показатели при осуществлении штамповочных работ не могут быть решены. Это обусловлено либо сложностью осуществления импульсных беспрессовых методов штамповки, например, так, как в сравнении гидровзрывной штамповки с газодетонационной. В этих случаях из-за ограничений или из-за их неосуществимости, например, высокая безопасность работ и высокие энергетические показатели, интенсивность внешней нагрузки, ее длительность

Целью работы является разработка методологии проектирования мобильного, легко транспортируемого и высокоэнергетического газодетонационного оборудования для беспрессовой штамповки и проведения ремонтных работ для предприятий малого бизнеса.

### Основная часть

При выборе вариантов технологических процессов в машиностроении при изготовлении изделий можно предложить метод комплексной оценки качества инноваций с использованием критериев выбора лучшего решения, как коэффициент использования материала, затраты ресурсов по признакам значимости, энергозатраты, экологические характеристики, относительная масса оснащение, восстанавливаемость ресурсов [4].

По этой причине описание технологического процесса (ТП) для малого предприятия можно представить как последовательную систему операторов:

$$ТП = A \times L \times \dots \times I = \begin{pmatrix} A & B \\ c & m \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} L & K \\ l & k \end{pmatrix} \times \dots \times \begin{pmatrix} I & G \\ s & g \end{pmatrix}, \quad (1)$$

где  $A, B, L \dots I, G$  - соответственно технологические составляющие: материальные ресурсы, оснащение, оборудование, ... новые инновации (снащение, материалы, технологии);  $c, m, \dots g$  - ограничения или исключения варианта по принципу да-нет (1-0).

Отсутствие какой-либо составляющей может характеризовать деятельность малого, а тем более микропредприятия, как рискованную.

Поэтому необходимо с особым вниманием подходить к выбору как ресурсов, особенно оснащения, для минимизации возможных рисков.

Важнейшей задачей при выборе товарной продукции и технологии ее производства или проведения ремонтных работ является разработка маршрутной технологии (типовой технологический процесс).

Например, типовой технологический процесс изготовления изделий штамповкой в малом предприятии может охватывать как полный цикл операций по изготовлению изделия, так и отдельные, определенные их составляющие (специальные методы обработки заготовок). На этом этапе важно выбрать наиболее сложную технологическую составляющую, а также возможности сокращения проблемных вопросов. В обобщенном виде технологический процесс изготовления изделий может характеризоваться как:

Заготовительная (предварительная, например, последовательное резки на гильотинных ножницах заготовок для последующей обработки);

Сварочная (для крупногабаритных изделий).

Механическая (подготовительная, например, слесарная или токарная).

Термическая (при необходимости).

Штамповочная (однопереходная или многопереходная).

Термическая (при необходимости).

Механическая (например, токарная).

Сборочная.

Контрольная.

Среди наибольших ограничений и рисков можно считать риски некомпенсированных затрат времени по изготовлению опытной партии изделий из-за отсутствия высокобезопасного и энергетически приемлемого оборудования.

Для их минимизации и оперативного изготовления изделий в условиях малого предприятия могут быть востребованы газодетонационные беспрессовые устройства типа переносных и легкотранспортабельных устройств (патент Украины № 72357).

Такие устройства по сравнению, например, с прессовым оборудованием (особенно гидравлическим прессом, например П-215И) являются малогабаритными, их масса почти в 100...250 раз меньше, но обеспечивают возможность изготовления тонколистовых деталей (толщиной до 4 мм) методами беспрессовой штамповки. Импульсная камера для беспрессовой штамповки может быть использована как для изготовления, так и для докалибровки различных по габаритам изделий, в том числе и крупногабаритных деталей (более 0,5 м) различной формы в плане, например, изделий антенной техники типа оболочек антенн. При необходимости газодетонационное устройство может применяться в комплекте со специализированной установкой для пневматической (гидравлической) штамповки и импульсной калибровки.

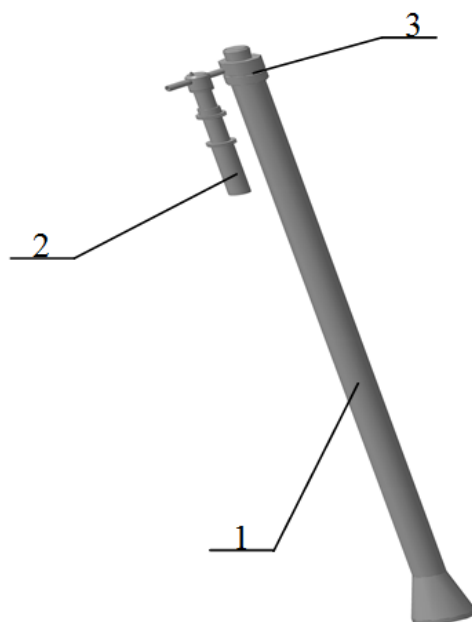


Рис. 1 – Имитационная модель устройства для беспрессовой газодетонационной штамповки:

1 – газодетонационная импульсная камера; 2 – газогенератор; 3 – блок поджига горячей газовой смеси

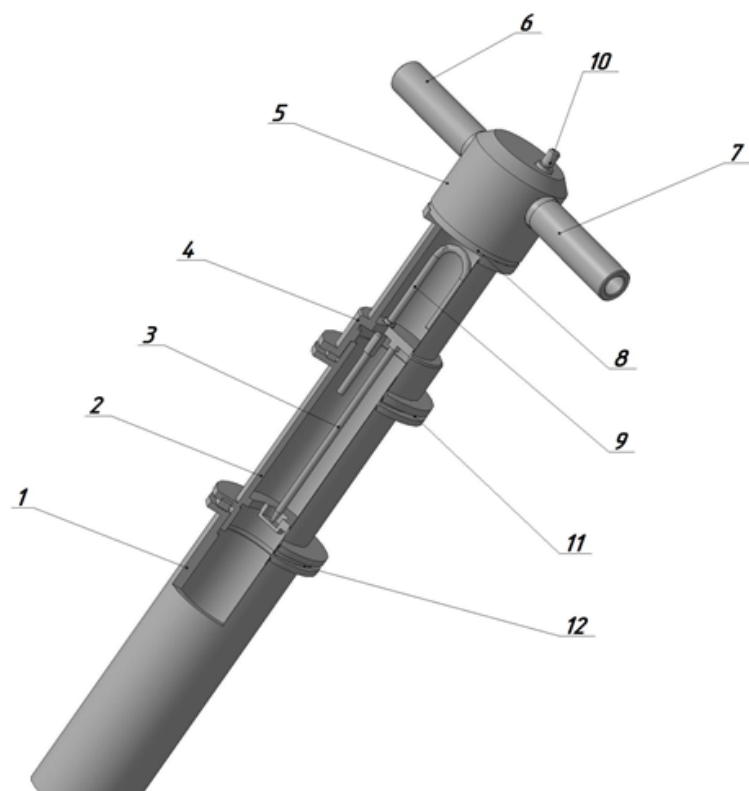


Рис. 2 – Пример выполнения газогенератора для мобильной беспрессовой газодетонационной штамповки (имитационная модель): 1 – корпус; 2 – корпус для реагента (воды); 3 – выталкиватель герметизирующего элемента; 4 – корпус активатора; 5 – газосборник; 6, 7 – трубка (подсоединительная и отводящая); 8, 11, 12 – герметизирующее кольцо; 9 – газоотводящая трубка

Особенностью предложенного решения можно считать наличие встроенного в конструкцию газодетонационного устройства газогенератора для получения горючих газовых смесей (рис. 1). Наиболее простым решением может быть использование в качестве таких смесей газа – ацетилена, получение которого осуществляется по схеме «карбид кальция – вода» в газогенераторе (рис.2). В ее состав газодетонационного устройства входят: собственно импульсная камера и энергоузел с детонационной трубой и энергоносителем (смесь горючего газа и окислителя). Размеры импульсной камеры и ее геометрия выбраны из условия обеспечения стабильного режима создания и распространения ударных волн на эффективную зону детали, которая соответствует либо размерам обрабатываемой заготовки (диаметра донной части 0,9 м), либо ее локальным участкам. Интенсивность и энергоемкость устройства регулируется начальным давлением и объемом горючей газовой смеси ацетилен-воздух, ацетилен-кислород или ацетилена.

Карбид кальция - твердый, кристаллический. При взаимодействии с водой карбид кальция разлагается с бурным выделением ацетилена и большого количества тепла.



Рис. 3 – Детали коробчатой формы, отштампованные беспрессовой штамповкой

Давление при штамповке или калибровке может определяться по формуле Лапласа:

$$p = k \frac{2\sigma_s}{R},$$

где  $k$  - коэффициент динамичности (2 ... 10), определяется экспериментально.

$\sigma_s$  - предел текучести; 24 МПа;

$R$  - радиус условной сферы, вписывается в форму выштампованными изделия, 1,9 м.

Примером использования тонколистовой штамповки в условиях малого предприятия может быть опытные образцы деталей коробчатой формы (рис. 3).

Поэтому использование предложенного метода листовой штамповки цельных изделий беспрессовыми методами не только позволяет в разы снизить капитальные затраты на оборудование и оснастку, исключить последующую сварку секций деталей и их правку и термообработку, но и может быть эффективным при расширении номенклатуры деталей, их габаритов, усложнении их конструктивной сложности, повышении качества изделий.

### Выводы

Разработан и может рекомендоваться метод штамповки с искусственным регулированием зон двухосного растяжения. Целенаправленное регулирование размеров полуфабриката упрощает и может быть особенно эффективным мероприятием при изготовлении крупногабаритных деталей, например кузовных для автомобиля или резервуаров. Штамповкой с раздачей полуфабриката на втором или последующих переходах может обеспечиваться и улучшение также условий формообразования самого полуфабриката: снижение утонений стенок, более равномерное распределение гофров на его поверхности. При изготовлении крупногабаритных деталей и отсутствии соответствующего их размерам прессового оборудования такой метод может быть достаточно эффективным при изготовлении деталей сложной формы и большой гибкости (соотношение диаметра и толщины заготовки). Штамповка с раздачей полуфабриката позволяет использовать с целью интенсификации штамповки такие методы, как снижение усилий прижима фланца заготовки (в отдельных случаях исключить необходимость в прижимных устройствах) или искусственно увеличить радиус протяжного ребра матрицы или матричных колец. Как дальнейшая задача предполагается исследование особенностей выбора условий регулирования размеров, расположения и количества гофров для штамповки изделий с формой в плане, отличной от осесимметричной.

**Перечень источников литературы:** 1. Балановська Т. І. Особливості функціонування малого підприємництва в Україні / Т. І. Балановська, О. П. Гоголя, К. Л. Тужик // Інноваційна економіка. – 2012. – № 8 (34). – С. 22 – 31. 2. Ресурсосбережение промышленных предприятий / Н.И. Иванов, А.В. Бреславцев, Л.Т. Хижняк и др. – Донецк: ИЭПНАН Украины, 1999. – 356 с. 3. Кириченко Л.Р. Научная школа профессора ПИХТОВНИКОВА РОСТИСЛАВА ВЯЧЕСЛАВОВИЧА / Л.Р. Кириченко, В.К. Борисевич, Н.Ф. Савченко // Физические и компьютерные технологии: труды 13-й Международной научно-технической конференции, 19–20 апреля 2007, г. Харьков. – Харьков: ХНПК “ФЭД”, 2007. – С. 271–276. 4. Проектирование современных производств обработки металлов давлением / Ю. Н. Стасовский, Ю.С. Кривченко, Г.С. Бабенко; под ред. д.т.н. Ю. Н. Стасовского. – Днепрпетровск: МОНОЛИТ, 2009. – 746 с. 5. Тараненко М.Е. Интенсификация процесса ЭГ-штамповки листовых коробчатых деталей./ М.Е. Тараненко. - М.: Кузнечно-штамповочное производство, 2001, №9. – С. 19-23. 6. Савченко Н.Ф. Беспрессовая штамповка в системе ресурсо- и энергосберегающих технологий заготовительного-штамповочного производства / Н.Ф. Савченко, В.Г. Чистяк, Н.Н. Савченко // Вестник Инженерной академии Украины. – Киев, 2000. – С. 75–79. 7. Мазуровский Б.Я. Электрогидравлический эффект в листовой штамповке / Б.Я. Мазуровский, А.Н. Сизев. – Киев: Наукова думка, 1983. – 192 с. 8. Савченко Н.Ф. О проектировании технологических процессов гидровзрывной тонколистовой штамповки-вытяжки крупногабаритных деталей типа днищ / Н.Ф. Савченко // Импульсная обработка металлов давлением: сб. статей под ред. канд. техн. наук В.К. Борисевича. – М.: Машиностроение. 1977. – С. 51-56. 9. Савченко Н.Ф. Беспрессовая штамповка как вариант адаптационного развития предприятия / Н. Ф. Савченко // Ресурсосбережение и энергоэффективность процессов и оборудования обработки давлением в машиностроении и металлургии: труды IV научно-технической конференции, 7-9 ноября 2012 г., Харьков. – Х.: НТУ “ХПИ”, 2012. – С. 98–100. 10. Савченко Н.Ф. Изготовление крупногабаритных деталей емкостей и резервуаров / Н.Ф. Савченко // Вісник Харківського державного технічного університету сільського господарства: “Підвищення надійності відновлюємих деталей машин”. – Харків: ХДТУСГ, 2003. – Вип. 18. – С. 179–183.

Рецензент: Клименко Г.П., д.т.н., проф., ДГМА

## РАЗРАБОТКА МОБИЛЬНЫХ МАЛОГАБАРИТНЫХ УСТРОЙСТВ БЕСПРЕССОВОЙ ШТАМПОВКИ ДЛЯ МАЛЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Савченко Н. Ф.

Предложен с позиций ресурсо- и энергосбережения метод беспрессовой штамповки как вариант снижения затрат ресурсов в заготовительном производстве. Особенностью способа штамповки является целенаправленное изменение размеров зон двухосного растяжения и размеров полуфабриката. Использование предложенного метода листовой штамповки цельных изделий беспрессовыми методами не только позволяет в разы снизить капитальные затраты на оборудование и оснастку, исключить последующую сварку секций деталей и их правку и термообработку, но и может быть эффективным при расширении номенклатуры деталей, их габаритов, усложнении их конструктивной сложности, повышении качества изделий.

Предложенный метод беспрессовой штамповки с раздачей полуфабрикатов может быть благодаря целенаправленному управлению распределением деформаций стенок полуфабриката и детали использован как при штамповке осесимметричных, так и неосесимметричных деталей. Это позволит повысить не только качество деталей, но и расширит их номенклатуру. Установлены рациональные значения степени раздачи.

## РОЗРОБКА МОБІЛЬНИХ МАЛОГАБАРИТНИХ ПРИСТРІЙ БЕЗПРЕСОВОГО ШТАМПУВАННЯ ДЛЯ МАЛИХ ПІДПРИЄМСТВ

Савченко М. Ф.

Запропоновано з позицій ресурсо- і енергозбереження метод безпресового штампування як варіант зниження витрат ресурсів в заготівельному виробництві. Особливістю способу штампування є цілеспрямована зміна розмірів зон двохосного розтягнення і розмірів напівфабрикату. Використання запропонованого методу листового штампування цілісних виробів безпресовим методами не тільки дозволяє в декілька разів знизити капітальні витрати на устаткування і оснащення, виключити подальше зварювання секцій деталей і їх правку і термообробку, а й може бути ефективним при розширенні номенклатури деталей, їх габаритів, ускладненні їх конструктивної складності, підвищенні якості виробів. Запропонований метод безпресового штампування з роздачею напівфабрикатів може бути завдяки цілеспрямованому управлінню розподілом деформацій стінок напівфабрикату і деталі використаний як при штампуванні осесиметричних, так і неосесиметричних деталей. Це дозволить підвищити не лише якість деталей, але й розширить їх номенклатуру. Встановлено раціональні значення ступеня роздачі.

## DEVELOPMENT OF MOBILE SMALL-SIZED UNITS FOR UNSPECIFIED FORGING FOR SMALL ENTERPRISES

Savthenko N. F.

A from the standpoint of resource - and energy-saving method of forming without using the press as an option reduce the cost of resources in the blank production. A feature of the method of stamping is a purposeful change the size of the zones biaxially stretched and semi-finished product sizes. The use of the proposed method stamping whole articles without using presses not only allows several times to reduce the capital cost of equipment and tooling, to exclude the subsequent welding of sections of parts and their editing and heat treatment, but can be effective in expanding the range of items, their size, the complexity of their constructive complexity, improve product quality. The proposed method of forming without using the press with the distribution of semi-finished products may be due to the purposeful management of the distribution of semi-finished wall deformations and parts used as in stamping axisymmetric and non-axisymmetric parts. This will improve the quality of parts and expand their range. Installed rational values of the degree distribution.

Ключевые слова: ресурсосбережение, интенсификация процессов листовой штамповки, полуфабрикат, деталь

Ключові слова: ресурсозбереження, інтенсифікація процесів листового штампування, напівфабрикат, деталь

Keywords: resource, the intensification of the processes stamping, semi-finished product detail

Дата подання статті до редакції 5 вересня 2017 р.