

УДК 621.7.044

В.К. БОРИСЕВИЧ, В.В. ТРЕТЬЯК, В.Ф. МОЗГОВОЙ, А.А. БРУНАК

Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского “ХАИ”, Украина

РАЗРАБОТКА МЕХАНИЗИРОВАННОЙ ПРОМЫШЛЕННОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЗАГОТОВОК ДЕТАЛЕЙ АВИАЦИОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ МЕТОДОМ ИМПУЛЬСНОЙ ШТАМПОВКИ

Рассмотрены вопросы проектирования новых технологических процессов для изготовления объемных деталей авиационных двигателей. Использование перспективных импульсных технологий позволяет уменьшить материалоемкость оборудования и оснастки и увеличить коэффициент использования материала при изготовлении заготовки. Применение высокопрочных жаропрочных материалов (современных титановых сплавов и специальных сталей) позволяет использовать данное оборудование для получения изделий сложных конструктивных форм с минимальным количеством неразъемных соединений. Исследована перспектива внедрения импульсной объемной штамповки в производство деталей авиационных двигателей. Представлена конструктивная схема установки. Предложена конструкция промышленной установки для получения объемных заготовок.

Ключевые слова: импульсная объемная штамповка, бризантные взрывчатые вещества, деформирующий импульс, радиационный нагрев, прогиб дна.

Введение

Развитие авиадвигателестроения непосредственно связано с уменьшением материалоемкости конструкции, что обеспечивается использованием высокопрочных жаропрочных материалов (современных титановых сплавов и специальных сталей) для получения изделий сложных конструктивных форм с минимальным количеством неразъемных соединений.

Это сопряжено со значительными трудностями из-за плохой деформируемости указанных выше материалов, больших габаритов деталей и дороговизны средств их формоизменения, в основном выпускающихся за рубежом [1 – 3].

Объемная штамповка, как метод изготовления заготовок деталей, широко применяется в современном производстве летательных аппаратов и вообще в машиностроении, и осуществляется на прессах и другом кузнечно-штамповочном оборудовании. Это оборудование, как известно, характеризуется высокой производительностью процесса и идентичностью размеров и конфигурации получаемых заготовок.

Но изготовление заготовок деталей авиационных двигателей этими способами требует использования точных приспособлений, удаления довольно больших припусков, дальнейшей их механической обработки, дополнительных затрат на режущий инструмент и оснастку.

Кроме того, в настоящее время имеющееся на предприятиях кузнечно-штамповочное оборудова-

ние для получения таких деталей имеет большой износ и требует замены. Но для этого только украинским предприятиям требуется более 20 миллиардов долларов [4 – 5].

Поэтому стоит вопрос о внедрении новых технологических процессов, которые могут заменить существующие.

Особенно это относится к объемному деформированию, так как исследований в этой области проведено еще далеко недостаточно, промышленного оборудования не существует, технологические процессы получения объемных заготовок импульсными методами не разработаны и т.д.

Одним из высокоэффективных способов получения объемных заготовок является метод штамповки взрывом. Однако для его внедрения в настоящее время не имеется аналогов оборудования и практики использования данного метода в производстве.

1. Постановка задачи

В авиадвигателестроении возникла крайняя необходимость замены старой технологии новой.

В связи с этим в последнее время были разработаны и исследованы новые технологические процессы изготовления сложных деталей из листовых заготовок, а также объемного деформирования с помощью импульсных источников энергии, разнообразие которых известно.

Внедрение этих процессов в промышленность расширило технологические возможности произ-

водства и позволило улучшить качество выпускаемых машин и изделий.

Дешевизна применяемой энергии, минимальные капитальные затраты, незначительные сроки подготовки производства, высокая точность получаемых изделий, ликвидация на крупногабаритных и особенно сложных деталях большого количества сварных швов, упрочняющая направленность и повышенная пластичность для ряда материалов при высокоскоростном деформировании и ряд других преимуществ обуславливают необходимость импульсной металлообработки для получения деталей самых разнообразных по форме и габаритам.

Для внедрения этих технологических методов в действующие производства возникает проблема определения их рациональной области применения, нахождения своей технологической ниши для различной формы и величины заготовок и соответствующих критериев процесса их нагружения.

Эти критерии должны учитывать различные возможности и варианты технологий.

При решении этой задачи возникают сложные, в большинстве своем противоречащие друг другу проблемы:

- технологическая, определяемая наличием или возможностью обеспечения производства необходимыми техническими средствами (производственными мощностями, специальным и универсальным оборудованием, энергией, инструментом, оснащением и т.д.), научно-технической базой (программами и методиками проектирования технологических процессов, производственными инструкциями, руководящими техническими материалами), специалистами соответствующего уровня;

- организационная, требующая разработки, согласования и утверждения в инстанциях документации, регламентирующей функционирование вновь организуемых производственных участков и оборудования;

- экономическая, связанная с растущим дефицитом основных конструкционных материалов, оборудования и энергетических поступлений;

- социальная, возникшая в связи с изменением ориентации профессиональных приоритетов, возросшими требованиями к условиям труда и культуре производства, включая медицинские и эргономические аргументы;

- экологическая, определяемая современными требованиями защиты и сохранения окружающей среды и др.

2. Выбор схемы нагружения

Наиболее доступный путь нахождения рациональных установок (и их проектирования) для объ-

емной импульсной штамповки необходимо находить в применении модифицированных и соответствующим образом видоизмененных существующих установок, уже опробованных и испытанных производством.

При этом нельзя забывать о том, что длительность импульса (даже при меньших давлениях) нужно увеличивать для того, чтобы скорости деформаций не превышали критические, и характер деформирования заготовки был оптимальным для высокоскоростного деформирования, с точки зрения возможности получения максимальных деформаций в соответствующем материале.

Поэтому для дальнейших исследований предлагается стационарный бассейн, инструментом которого является обычная оснастка, применяемая при динамическом деформировании объемных заготовок на обычных и высокоскоростных молотах [6].

Естественно, эта оснастка должна иметь некоторые особенности, присущие высокоскоростному точному деформированию.

На рис. 1 представлена схема молота для объемной штамповки и прессования порошковых материалов энергией бризантных взрывчатых веществ (БВВ).

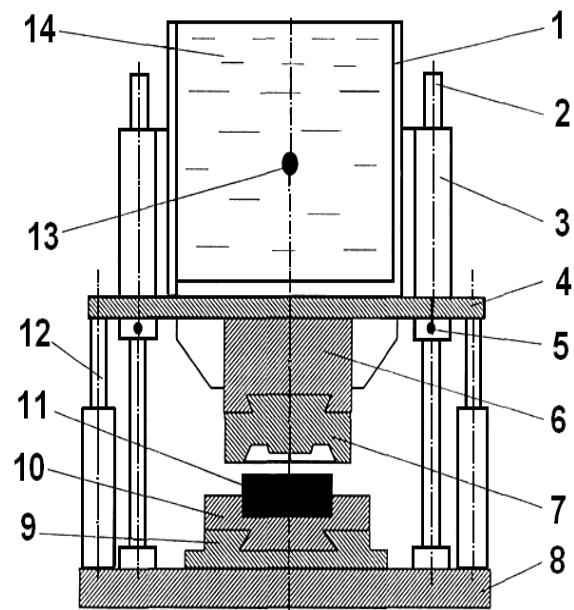


Рис. 1. Схема установки для импульсной штамповки:

- 1 – бассейн, 2 – колонны, 3 – втулки, 4 – траверса,
- 5 – фиксатор, 6 – пуансонодержатель, 7 – пуансон,
- 8 – основание, 9 – стол подвижный, 10 – матрица,
- 11 – заготовка, 12 – цилиндры возврата,
- 13 – заряд БВВ, 14 – вода

По такой схеме была выполнена экспериментальная установка, с помощью которой определялись основные технологические и силовые параметры процесса объемной штамповки на моделях.

3. Особенности конструкции бассейна

Опыт эксплуатации гидровзрывных бассейнов позволил выявить ряд недостатков, среди которых одним из наиболее существенных является недостаточная прочность стенок бассейна.

В проекте для увеличения прочности стенок предложена трехслойная конструкция бассейна (рис. 2).

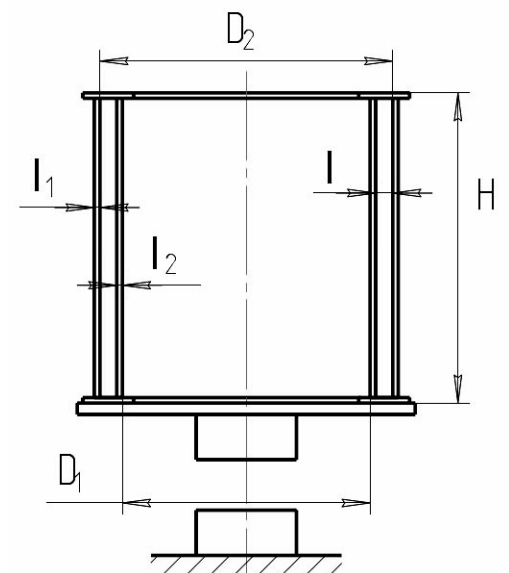


Рис. 2. Схема бассейна

Емкость для передаточной среды выполнена в виде двух стальных цилиндрических обечаек, зазор между которыми заполнен упругой средой, выполняющей роль демпфирующего элемента.

Это позволяет снять часть нагрузки с внутренней оболочки и тем самым повысить прочность и надежность установки.

Днище бассейна (может быть подвижное или жестко скрепленное с обечайкой подвижного бассейна) рассматривается в зависимости от величины и расположения заряда БВВ.

Расчет усилий, действующих на днище, связан с экспериментальным определением части параметров, которые зависят от условий штамповки и характерных размеров донной части.

В данной конструкции на дно действует импульсная рабочая нагрузка, зависящая от прямых и отраженных ударных волн гидротока, возникающего от расширяющегося газового пузыря, его схлопывания, возникающих кавитационных явлений и т. д.

Трудности создает проектирование дна бассейна. Тонкое дно под действием взрыва прогибается и создает нагрузку на заготовку, тем самым растягивая деформирующий импульс, действующий на заготовку, однако существуют определенные сложно-

сти с вычислением толщины дна для оптимального прогиба, исходящих из условий прочности бассейна.

4. Проектирование промышленной установки

Упрощенная схема установки показана на рис. 3.

Для установки выбрана заглубленная схема, имеющая неоспоримые преимущества [7]: упрощается подача заряда в бассейн (то есть, нет необходимости рядом с бассейном строить сооружение, на котором рабочий будет устанавливать заряд и, установив его, возвращаться), лучше используется пространство цеха, а также из соображений техники безопасности.

В качестве опоры для установки используется рама 16, сваренная из швеллеров, расположенных таким образом, чтобы наиболее нагруженные части рамы поддерживали несколько швеллеров. Рама крепится к фундаменту анкерными болтами.

Как и в экспериментальной схеме (рис. 1), основным действующим элементом установки является бассейн, наполненный водой 3.

Бассейн выполнен по трехслойной схеме, причем два слоя – это листовый металл, ограничивающий третий слой – вязкий битум.

Как показали исследования, именно такая схема позволяет значительно увеличить прочность стенок бассейна.

Для залива и слива вязкого битума предусмотрены отверстия с крышками. Для слива воды из бассейна в нижней части ее находится штуцер.

Во избежание возникновения «султана» и выплескивания воды сверху бассейн накрывается сварным рассекателем 5, крепящимся к бассейну с помощью болтов и трех проушин, расположенных на бассейне сверху и ответных – на рассекателе.

В рассекателе в центре выполнено отверстие для подачи через него заряда БВВ.

Для подачи заряда БВВ 4 в бассейн предусмотрен манипулятор 1. Для размещения заряда взрывник закрепляет заряд в манипуляторе, затем, используя пульт, поворачивает балку на 90°, затем начинает действовать механизм, опускающий заряд БВВ 4 через отверстие в рассекателе в бассейн.

Чтобы регулировать глубину установки заряда, на манипуляторе имеется упор, а также ряд отверстий для крепления этого упора, позволяющий устанавливать заряд БВВ 4 на заданной глубине.

Также к манипулятору крепится коническая «юбка», предотвращающая выплескивание воды из бассейна через отверстие для подачи заряда и удар данного султана по манипулятору.

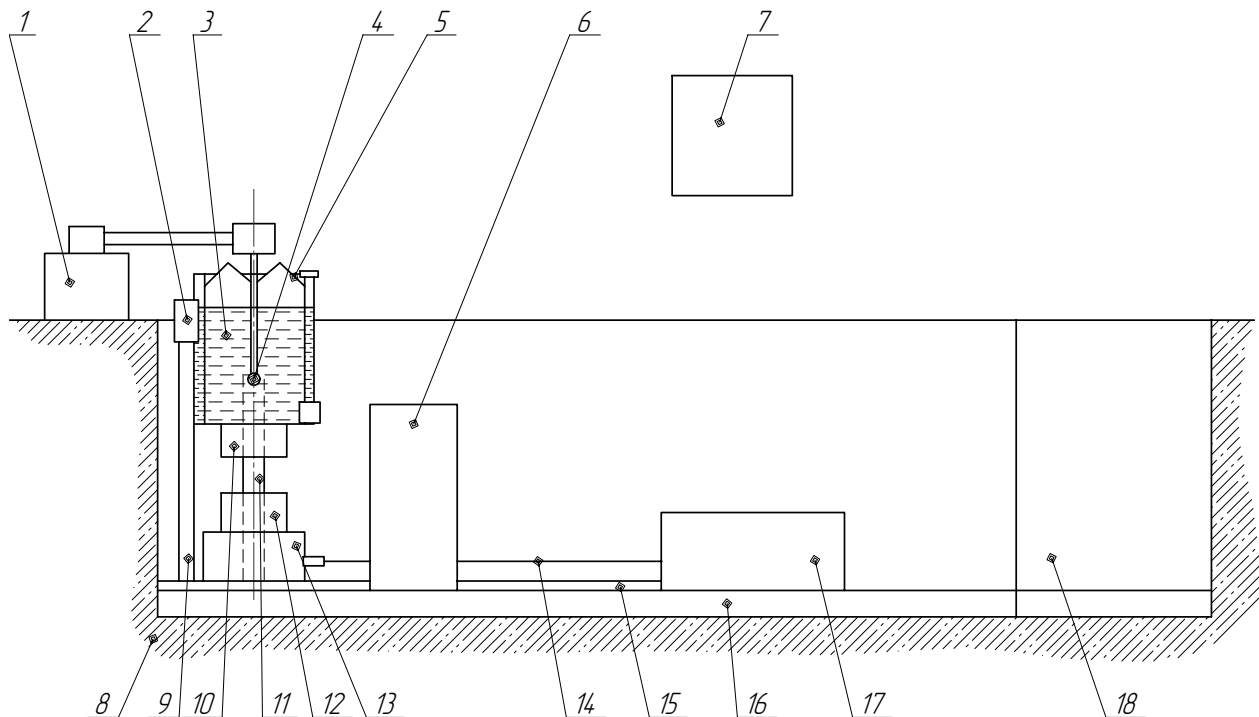


Рис. 3. Схема промышленной установки для объемной импульсной штамповки:

- | | |
|---|-------------------------------|
| 1 – манипулятор подачи заряда; | 10 – верхняя полуматрица; |
| 2 – фиксатор с датчиком подрыва; | 11 – гидроподъемник (2 шт.); |
| 3 – вода; | 12 – нижняя полуматрица; |
| 4 – заряд БВВ; | 13 – каретка с демпфером; |
| 5 – конический рассекатель; | 14 – трос; |
| 6 – печь радиационного секционированного нагрева; | 15 – направляющие каретки; |
| 7 – кран-балка; | 16 – рама; |
| 8 – фундамент (железобетон); | 17 – привод движения каретки; |
| 9 – направляющая (3 шт.); | 18 – место укрытия рабочего |

Точное вертикальное перемещение бассейна обеспечивают три направляющие 9, крепящиеся к бассейну болтами и дающие ему свободно перемещаться в вертикальном направлении.

На каждой из направляющей установлен упор, чтобы избежать непредвиденного соскакивания бассейна с направляющих. Направляющие крепятся к раме болтами (предусмотрены ребра жесткости).

Подъем бассейна в исходное для штамповки положение в установке осуществляется гидроподъемниками 11. Следует отметить, что подъемники не крепятся к бассейну и, подняв его на заданную величину и зафиксировав, они отводятся назад, чтобы избежать удара по подъемникам.

Фиксируется бассейн в заданном (исходном) положении фиксатором 2. Когда подъемники поднимают бассейн на заданную величину, срабатывает фиксатор, и бассейн удерживается на трех опорах. Для приведения в движение бассейна опоры поворачиваются. Когда опоры повернуты в крайнее положение (при котором бассейн уже не удерживается), срабатывает датчик подрыва, который и детони-

рует заряд (для обеспечения техники безопасности датчик подрыва установлен в каждой опоре и заряд детонирует только при срабатывании всех трех датчиков).

В перспективе возможно применение с датчиком реле времени. То есть, возможно, БВВ будет детонировать не сразу, как только опоры достигнут крайнего открытого положения, а через некоторое время (миллисекунды). За это время бочка получит какое-то ускорение, и взрыв даст ей дополнительное движение. Однако данная возможность еще совсем не исследована и присутствует как перспектива и предложение к исследованию. Интересным и многообещающим представляется случай, если совместить момент взрыва с моментом удара по заготовке. При этом совмещается кинетическая энергия движения бассейна с прогибом его дна. То есть полнее используются возможности данной установки.

Для крепления верхней полуматрицы к донной части бассейна приварен замок типа «ласточкин хвост» и два упора для точной установки и фиксации матрицы.

Один упор стационарный (приваренный), второй – подобный болту с большой шляпкой, закручивающийся вслед полуматрицы.

Чтобы обеспечить лучшую установку-снятие заготовок, сбор-разбор матриц, удобство работы в установке предусмотрена подвижная каретка 13. Она представляет собой емкость, заполненную чередующимися слоями резины и листового металла – для снижения колебаний и сейсмической активности установки.

Сверху на эти слои закрепляется плита с замком «ласточкин хвост» для крепления нижней полуматрицы.

В качестве направляющих для каретки использованы 2 уголка 15. Для точной установки каретки в поперечном направлении в рабочей зоне на уголки установлены дополнительные направляющие элементы – ролики. В положении для штамповки для обеспечения точной установки каретки в продольном направлении предусмотрены регулируемые упоры. В нерабочем положении каретки также предусмотрены упор.

Соосность верхней и нижней полуматриц выполняется двумя коническими штифтами. Каждый из них запрессован в нижнюю полуматрицу.

Перед началом штамповки необходимо, чтобы верхняя часть каждого штифта находилась в соответствующий отверстиях верхней полуматрицы.

По ходу движения каретки установлена сквозная печь с заслонками. Печь – радиационного нагрева с секционированными нагревательными элементами. То есть, если заготовка небольшая, то включаются только центральные нагревательные элементы.

Если заготовка имеет предельный расчетный размер, то активируются все нагревательные элементы. Каретка, заходя в печь, остается там на некоторое время, достаточное для нагрева заготовки до заданной температуры, и перемещается далее, в рабочую зону.

Данная печь позволяет экономить время и энергию (чтобы исключить ручной перенос заготовок от печи и обратно).

Каретка приводится в движение с помощью троса 14 (предусмотрено крепление троса к каретке и его натяжение). С одной стороны трос перекинут через приемный ролик.

С другой стороны установлены электродвигатель, редуктор и соединяющая муфта между ними. Оптимальной скоростью движения каретки является скорость 0,2 м/с. Рядом с рабочим местом рабочего находятся стеллаж с заготовками (с одной стороны) и стеллаж с поковками (с другой стороны).

Когда весь стеллаж с заготовками «отстрелян», оба стеллажа по очереди поднимаются из ямы с по-

мощью кран-балки 7 (также кран балка используется для подачи в яму и подъема из нее изделий, оснастки, частей, вес которых превышает 50 кг).

Для подъема и спуска рабочих в яму в установке выполнена лестница с перилами. Лестничная площадка, отгороженная от места взрыва бетонной стеной, также служит укрытием для рабочего.

Данная установка предназначена для штамповки деталей диаметром (или наибольшим габаритным размером) до 500 мм. В перспективе возможно проектирование установки для штамповки деталей больших размеров. В перспективе возможно создание в данной установке бассейна с подвижным дном.

Выводы

В статье впервые представлено техническое предложение по конструкции промышленной установки для объемной импульсной штамповки. Конструкция разработана на основе экспериментальной модели установки.

Проведено техническое обоснование перехода на импульсные технологии, разработано техническое предложение по конструкции установки для объемной штамповки БВВ, что делает возможным и целесообразным внедрение разработанного оборудования в производство.

Литература

1. Андреев В.К. О движении конечной массы / В.К. Андреев, В.В. Пухначев // Прикладная механика и техническая физика. – Новосибирск: Наука, Сибирское отд. АН СССР, 1979. – С. 25-43.
2. Овсянников Л.В. Модели двухслойной мелкой воды / Л.В. Овсянников // Прикладная механика и техническая физика. – Новосибирск: Наука, Сибирское отд. АН СССР, 1979. – С. 3-14.
3. Коул Р. Подводные взрывы / Р. Коул – М., 1950. – 495 с.
4. Борисевич В.К. Использование возможностей объектного подхода для изготовления объемных деталей авиационных двигателей на базе импульсных технологий / В.К. Борисевич, В.В. Третьяк, А.В. Шкалова // Тезисы докладов Международной научно-технической конференции молодых специалистов в авиамоторостроении «Молодежь в авиации: новые решения и перспективные технологии». – ОАО «Мотор-Сич», Алушта, 2007. – С. 211.
5. Борисевич В.К. К вопросу математического моделирования импульсной объемной штамповки / В.К. Борисевич, В.В. Третьяк, А.В. Шкалова, В.В. Хоменко // Тезисы докладов Международной научно-технической конференции «Современное состояние использования импульсных источников энергии в промышленности», 3-5 октября 2007г. – Харьков, «ХАИ», 2007. – С. 28.

6. Борисевич В.К. Использование технологий взрывной штамповки для изготовления деталей на машиностроительных предприятиях Украины / В.К. Борисевич, В.В. Третьяк, А.В. Шкалова // ДВС. Двигатели внутреннего сгорания. Всеукраинский научно-технический журнал. – 2007. – № 2. – С. 111-117.

7. Брунак А.А. Конструкция установки для изготовления деталей методом объемной импульсной штамповки / А.А. Брунак // Міжнародна науково-технічна конференція «Інтегровані комп'ютерні технології в машинобудуванні – ІКТМ'-2008»: Тези доповідей. – Х.: Нац. аерокосмічний ун-т «Харк. авіац. ін-т», 2008. – С. 30.

Поступила в редакцию 15.01.2009

Рецензент: д-р техн. наук, проф., заведующий кафедрой конструкции авиационных двигателей С.В. Епифанов, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков.

РОЗРОБКА МЕХАНІЗОВАНОЇ ПРОМИСЛОВОЇ УСТАНОВКИ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ЗАГОТІВОК ДЕТАЛЕЙ АВІАЦІЙНИХ ДВИГУНІВ МЕТОДОМ ІМПУЛЬСНОГО ШТАМПУВАННЯ

В.К. Борисевич, В.В. Третьяк, В.Ф. Мозговой, А.О. Брунак

Розглянуті питання проектування нових технологічних процесів для виготовлення об'ємних деталей авіаційних двигунів. Використовування перспективних імпульсних технологій дозволяє зменшити матеріаломісткість устаткування і оснащення і збільшити коефіцієнт використання матеріалу при виготовленні заготовки. Застосування високоміцних жароміцних матеріалів (сучасних титанових сплавів і спеціальних сталей) дозволяє використовувати дане устаткування для отримання виробів складних конструктивних форм з мінімальною кількістю нероз'ємних з'єднань. Досліджена перспектива упровадження імпульсного об'ємного штампування у виробництво деталей авіаційних двигунів. Представлена конструктивна схема установки. Запропонована конструкція промислової установки для отримання об'ємних заготовок.

Ключові слова: імпульсне об'ємне штампування, бризантні вибухові речовини, деформуючий імпульс, радіаційний нагрів, прогинання дна.

DEVELOPMENT OF MECHANIZED INDUSTRIAL EQUIPMENT FOR MAKING OF PURVEYANCES OF DETAILS OF AVIATION ENGINES BY METHOD OF IMPULSIVE STAMPING

V.K. Borisevich, V.V. Tretyak, V.F. Mozgovej, A.A. Brunak

Questions are considered of planning of new technological processes for making of by volume details of aviation engines. The use of perspective impulsive technologies allows to decrease expenditures of equipment and rigging and to multiply a coefficient of the use of material at making of purveyance. The use of heatproof materials (modern titanic alloys and special steels) allows to use the given equipment for the receipt of wares of difficult structural forms with the least of the sectional halving. A prospect is explored of introduction of the impulsive by volume stamping in production of details of aviation engines. A structural chart is presented of installation the construction is offered of industrial installation for the receipt of by volume purveyances.

Key words: impulsive by volume stamping, explosives, deforming an impulse, radiation heating, bending of bottom.

Борисевич Владимир Карпович – д-р техн. наук, проф., директор международного института новых технологий и материалов Национального аэрокосмического университета им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков, Украина, e-mai:lmint_khai@rambler.ru.

Третьяк Владимир Васильевич – канд. техн. наук, доц., доц. кафедры производства авиационных двигателей Национального аэрокосмического университета им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков, Украина, e-mai:lmint_khai@rambler.ru.

Мозговой Владимир Федорович – канд. техн. наук, главный технолог ОАО «Мотор Сич», Запорожье, Украина, e-mai:lmint_khai@rambler.ru.

Брунак Андрей Александрович – магистр кафедры производства авиационных двигателей Национального аэрокосмического университета им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», инженер-конструктор ОАО «Мотор Сич», Запорожье, Украина, e-mai:lmint_khai@rambler.ru.