

УДК 621.7.044

В.В. ТРЕТЬЯК, А.В. ОНОПЧЕНКО, Т.В. ЛОЗА*Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского “ХАИ”, Украина***РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ ИМПУЛЬСНЫХ ПРОЦЕССОВ
В ОБЪЕКТНОМ ПРЕДСТАВЛЕНИИ**

В зависимости от различных конструкторско-технологических признаков, материала и точности деталей в промышленности используются различные способы обработки материалов импульсными технологиями как листовых, так и объемных деталей. В статье представлены материалы для расчета параметров импульсной штамповки в объектном представлении. Представлена общая схема и алгоритм расчета параметров для штамповки днищ технологией взрывной штамповки. Авторами разработана и представлена программа для расчета параметров взрывной штамповки, которая может быть адаптирована и использована как в научных целях для анализа энергетических возможностей метода, так и в качестве учебного пособия в курсе «Импульсные технологии».

Ключевые слова: импульсные технологии, взрывная штамповка, технологические параметры, штамповка днищ, энергетические возможности.

Введение

Развитие современного авиадвигателестроения происходит в условиях широчайшего внедрения деталей из коррозионно-стойких, жаропрочных материалов и сплавов. Данные материалы наряду с высокими прочностными характеристиками, определяющими долговечность изделий, которые работают в условиях высоких температур при знакопеременных циклических нагрузках, отличаются крайне низкой обрабатываемостью. Эти материалы практически не поддаются обработке резанием (среднее значение коэффициента обрабатываемости по отношению к стали 45 составляет 0,2 – 0,3).

Известно, что импульсные методы обработки материалов обладают высокой энергоемкостью, поэтому их можно использовать для обработки деталей больших габаритов и высокопрочных материалов с высокой точностью.

Преимуществом этих методов перед обычной прессовой штамповкой является отсутствие громоздкого дорогостоящего оборудования; возможность создания высоких давлений, позволяющих обрабатывать трудно деформируемые материалы, возможность повышения точности изготовления деталей из-за уменьшения пружинения. Также одним из преимуществ является возможность получения деталей сложных форм за один переход, улучшение качества поверхности штампуемых деталей, значительное упрощение и удешевление оснастки за счет использования только одной части штампа (матрицы или пуансона), а, следовательно, сокращение сроков подготовки производства.

Помимо общих достоинств импульсные методы штамповки имеют свои, только им присущие достоинства и недостатки, совместную оценку которых необходимо проводить при назначении метода и оборудования. Для правильного выбора процесса и оборудования для импульсной штамповки необходимо рассматривать характерные особенности наиболее распространенных импульсных методов.

Решение данных вопросов является одной из наиболее актуальных задач исследований в области обработки специальных сталей и сплавов.

**1. Гидровзрывная штамповка листовых
деталей типа эллиптических днищ**

Штамповка энергией взрывчатых веществ применяется в самолетостроении, авиадвигателестроении для изготовления различных листовых деталей: днищ, жесткостей, обтекателей, обечаек. Достоинства метода заключаются в возможности формообразования крупногабаритных изделий, повышении точности штамповки деталей, сокращении затрат на изготовление технологической оснастки и оборудования.

Процесс листовой штамповки энергией взрывчатых веществ (ВВ) заключается в следующем [1].

На матрицу 1 (рис. 1.) укладывается заготовка 2. Для предотвращения гофрообразования при вытяжке фланец заготовки прижимается к матрице с помощью прижимного кольца 3.

Над заготовкой монтируется заряд БВВ 4, помещаемый в передающую среду (воду 5), заключенную в разрушаемый бассейн 6, установленный на прижимном кольце 3.

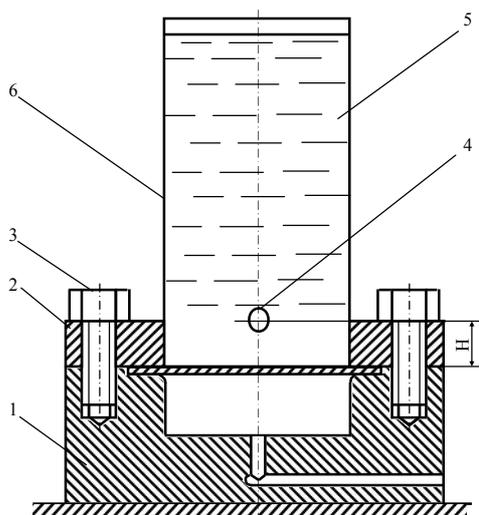


Рис. 1. Схема листовой штамповки энергией БВВ: 1 – матрица; 2 – заготовка; 3 – прижимное кольцо; 4 – заряд БВВ; 5 – передающая среда (вода); 6 – базовый бассейн; 7 – фиксирующие элементы

Полость матрицы герметизируется посредством пластической массы, специальных манжет либо резиновых уплотнительных колец.

При взрыве заряда БВВ заряда ВВ образуются ударная волна и гидроток, возникающий при расширении газового пузыря, передающие часть энергии, трансформирующейся в механическую работу, на деформирование заготовки.

Последняя, поглощая эту энергию, разгоняется и движется с большой скоростью в полости матрицы, вытесняя имеющийся там воздух.

Для предотвращения появления дефектов, связанных со сжатием воздуха, последний (в большинстве случаев) перед штамповкой из полости матрицы посредством вакуумирования удаляется.

Чаще всего процесс штамповки осуществляется в стационарных гидровзрывных бассейнах (бассейновая штамповка) либо в разрушаемых разовых бассейнах (безбассейновая штамповка). Для штамповки используют комплект оснастки, включающий в себя матрицу, прижимное кольцо, стяжные болты.

Передающую среду и заряд взрывчатого вещества помещают в разрушаемый бассейн, изготовленный из картона, либо в металлический микробассейн.

2. Расчет работы деформирования заготовки

Полная работа деформирования заготовки

$$A = A_{\text{фл}} + A_{\text{сф}}, \quad (1)$$

где $A_{\text{фл}}$ – энергия деформирования фланца, Дж; $A_{\text{сф}}$ – энергия деформирования сферического сегмента, приближенно описывающего эллиптическую донную часть полуфабриката, Дж.

Энергия деформирования фланца

$$A_{\text{фл}} = \frac{K_r K_T \pi B}{1 + \alpha} \left(\frac{2}{\sqrt{3}} \frac{K_0 K_{\Phi}}{K_0 - 1} \ln K_0 \right)^{1+\alpha} D^2 / 4 (K_0^2 - 1) \delta, \quad (2)$$

где K_r – коэффициент, учитывающий дополнительную энергию, затрачиваемую на изгиб материала вокруг перетяжного ребра матрицы; $K_r = (1.1 \dots 1.15)$; $K_T = 1.15$ при $\rho / \delta = 2 \dots 4$; $K_T = 1.10$ при $\rho / \delta > 4$; ρ – радиус закругления перетяжного ребра матрицы, мм; K_{Φ} – коэффициент, учитывающий энергию, необходимую для преодоления сил трения; $K_{\Phi} = 1.1 \dots 1.3$; β и α – коэффициенты степенной аппроксимации кривой упрочнения штампуемого материала; D_0 – диаметр заготовки, м (рис. 1); D – диаметр отверстия матрицы, м;

$$K_{\Phi} = D_{\text{фл}} / D; \quad (3)$$

$$K_0 = D_0 / D. \quad (4)$$

Энергия формообразования сферического сегмента вычисляется по зависимости

$$A_{\text{сф}} = \frac{B}{1 + \alpha} \left(\frac{4f^2}{3D^2} \right)^{1+\alpha} \pi D, \quad (5)$$

где f – конечный прогиб заготовки, м.

3. Расчет коэффициента полезного действия процесса

Энергия, заключенная в заряде бризантного взрывчатого вещества (БВВ), определяется по формуле

$$W = Qm, \quad (6)$$

где Q – теплотворная способность БВВ, Дж/кг; m – масса заряда БВВ, кг.

Коэффициент полезного действия взрывного формообразования

$$\eta = \frac{A}{W} \cdot 100\%. \quad (7)$$

Здесь A – полная работа деформирования заготовки, равная $A = A_{\text{сф}} + A_{\text{ф}}$, где $A_{\text{сф}}$ – работа пластического формоизменения донной части заготовки, $A_{\text{ф}}$ – работа пластического формоизменения фланца заготовки.

4. Разработка программы для расчета параметров взрывной штамповки эллиптических днищ

В современных системах автоматизированного проектирования для описания технологических знаний используются принципы объектного представления знаний.

Математическая модель детали описывается в понятиях конструкторско-технологических элементов, которая может обладать иерархической струк-

турой, состоящей из нескольких уровней элементов. Каждый элемент, также как и деталь представляют собой объект со своим набором свойств.

Используются возможности наследования свойств от старшего объекта к младшему. В САПР системах описаны принципы описания детали и технологического процесса для методов механообработки.

Для расчета основных технологических параметров разработана программа, выполненная в объектном представлении [2].

Данная программа может быть использована для расчетов, как технологами, так и студентами в лабораторных работах и дипломном проектировании в курсе «Импульсные технологии».

На рис 2 представлен эскиз детали днище. а на рис 3. представлено меню программы для расчета параметров технологического процесса.

На рис 3 представлено меню программы для расчета параметров технологического процесса. Расчет можно производить как для отдельных параметров детали так и для диапазона признаков (рис. 4 и 5).

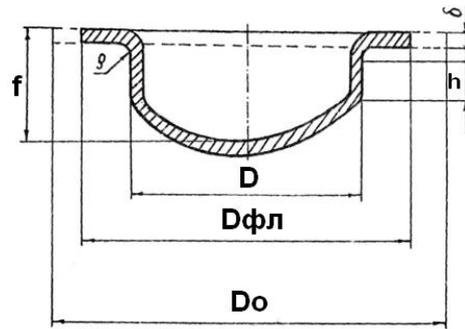


Рис. 2. Геометрические параметры детали

Литература

1. *Высокоэнергетические методы листовой штамповки: учеб. пособие по лаб. практикуму / В.К. Борисевич, А.И. Волков, Н.И. Семшов, В.В. Третьяк, Ю.И. Чебанов. – Х.: Гос. аэрокосм. ун-т «ХАИ», 1998. – 75 с.*
2. *Третьяк В.В. Математическая модель и расчет импульсных технологических процессов в объектном представлении / В.В. Третьяк // Вісті академії інженерних наук. Спец. вип. Машинобудування та прогресивні технології. – 2009. – № 1 (38). – С. 126-133.*

Штамповка БВВ

Расчет работы деформирования заготовки

Входные параметры

- Кoeffициент энергии на изгиб по перетяжному ребру - Kt: 1,15
- Радиус закругления перетяжного ребра - r0, мм: 4
- Кoeffициент преодоления трения - Kt: 1,3
- Кoeffициент первой степенной аппроксимации кривой прочтения материала - beta: 327000000
- Кoeffициент второй степенной аппроксимации кривой прочтения материала - alpha: 0,24
- Диаметр заготовки D0, м: 0,208
- Диаметр фланца Dфл, м: 0,201
- Диаметр отверстия матрицы - D, м: 0,150
- Толщина заготовки - delta, м: 0,001
- Конечный прогиб заготовки - f, м: 0,027

Выходные параметры

- Энергия формообразования сферического сегмента - Асф, Дж: 378,830987187
- Энергия деформирования фланца - Афл, Дж: 18,0851362094
- Полная работа деформирования заготовки - А, Дж: 396,916123397

$$A = A_{фл} + A_{сф}$$

$$A_{ср} = \frac{B}{1 + \alpha} \left(\frac{4f^2}{3D^2} \right)^{1+\alpha} \pi D_0$$

$$A_{фл} = \frac{K_t K_f \pi B}{1 + \alpha} \left(\frac{2 K_o K_{фл}}{\sqrt{3} K_o - 1} \ln K_o \right)^{1+\alpha} D^2 / 4 (K_o^2 - 1) \delta$$

Расчет коэффициента полезного действия процесса

Входные параметры

- Полная работа деформирования заготовки - А, Дж: 396,916123397072
- Теплотворная способность БВВ - Q, Дж/кг: 4290000
- Масса заряда БВВ - m, кг: 0,003

Выходные параметры

- Энергия заряда БВВ - W, Дж: 12870
- Кoeffициент полезного действия - eta: 3,08404136283

$$W = Qm$$

$$\eta = \frac{A}{W} \cdot 100\%$$

Построение графиков

Число точек: 10

Минимальное значение: 0,01

Максимальное значение: 0,1

Расчет цикла График

d:\Работа деформирования

Рис. 3. Главное меню программы

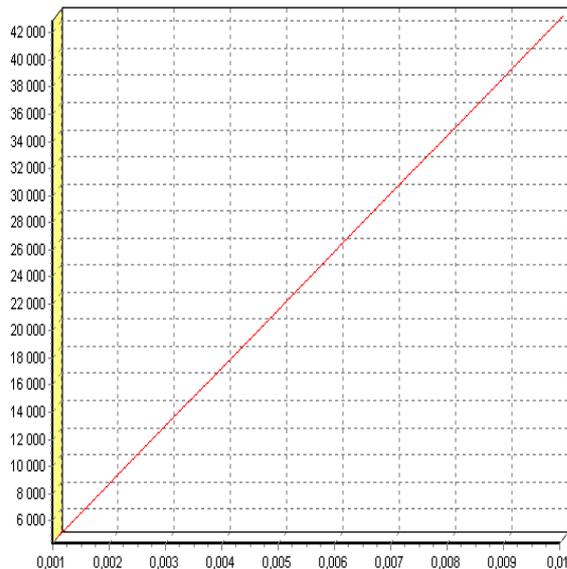


Рис. 4. Зависимость работы деформирования (Дж) от прогиба заготовки (м)

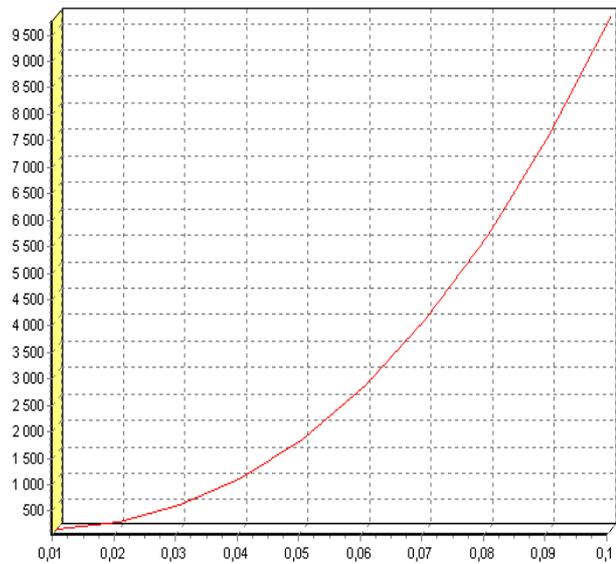


Рис. 5. Зависимость энергии БВВ от массы заряда

Поступила в редакцию 31.05.2011

Рецензент: д-р техн. наук, проф. В.К. Борисевич, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков, Украина.

РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ ІМПУЛЬСНИХ ПРОЦЕСІВ В ОБ'ЄКТНОМУ УЯВЛЕННІ

В.В. Третьяк, А.В. Онопченко, Т.В. Лоза

Залежно від різних конструкторсько-технологічних ознак, матеріалу і точності деталей в промисловості використовуються різні способи обробки матеріалів імпульсними технологіями як листових, так і об'ємних деталей. В статті представлені матеріали для розрахунку параметрів імпульсного штампування в об'єктному уявленні. Представлена загальна схема і алгоритм розрахунку параметрів для штампування днищ технологією вибухового штампування. Авторами розроблена і представлена програма для розрахунку параметрів вибухового штампування, яке може бути пристосований і використаний як в наукових цілях для аналізу енергетичних можливостей методу, так і як навчальний посібник в курсі «Імпульсні технології».

Ключові слова: імпульсні технології, вибухове штампування, технологічні параметри, штампування днищ, енергетичні можливості

COMPUTATION OF PARAMETERS OF IMPULSIVE PROCESSES IN OBJECTIVE PRESENTATION

V.V. Tretyak, A.V. Onopchenko, T.V. Loza

Depending on different designer-technological signs, material and exactness of details in industry different ways are used of treatment of materials by the impulsive technologies of both sheet and by volume details. In article the materials are presented for computation of parameters of the impulsive stamping in the objective presentation. A general chart is presented and algorithm of computation of parameters for stamping of bottoms by technology of the explosive stamping. Is developed by authors and presented program for computation of parameters of the explosive stamping, which can be adapted and used both in the scientific targets for the analysis of power possibilities of method, and as a train aid in course «Impulsive technologies».

Key words: impulsive technologies, explosive stamping, technological parameters, stamping of bottoms, power possibilities

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

Онопченко Антон Витальевич – аспирант кафедры производства авиационных двигателей Национального аэрокосмического университета им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков, Украина.

Лоза Татьяна Витальевна – младший научный сотрудник кафедры производства авиационных двигателей Национального аэрокосмического университета им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков, Украина.