

УДК 621.7.044

Ю.А. НЕВЕШКИН, М. ЧЕХРЕСАЗ, В.В. ТРЕТЬЯК, А.В. ОНОПЧЕНКО

*Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Украина*

## ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛИ ТИПА ПОЛУМУФТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОГРАММНОГО ПАКЕТА DEFORM

*Рассмотрено шесть различных вариантов технологических процессов изготовления заготовки детали типа полумуфта на кузнечно-прессовом и взрывном оборудовании с целью оптимизации технологии, путем моделирования процессов в программном комплексе DEFORM. Моделирование произведено с решением деформационной и термической задач. Анализ полученных результатов позволил выявить процессы приводящие к возникновению дефектов в материале, определить их возможное место, узнать энергию необходимую для деформирования заготовки и сделать рекомендации относительно наиболее приемлемого технологического процесса изготовления заготовки.*

**Ключевые слова:** объемная штамповка, заготовка, деформации, энергия деформирования, разрушение, дефект, программный комплекс DEFORM, взрывное оборудование.

### Введение

В современном машиностроительном (авиадвигателестроительном) производстве постоянно возникает необходимость в изготовлении новых видов продукции, где используются всё более совершенные и сложные детали. Появление новой нетиповой номенклатуры всегда вызывало трудности у инженеров и технологов заводов не только при запуске производства, но и на этапах разработки. Ввиду сложных параметров изготавливаемой продукции даже самые опытные технологи не могут абсолютно точно проанализировать заранее правильность всего разработанного технологического процесса. Особенно остро данная проблема стоит в области обработки металлов давлением, а именно для объёмной штамповки [1].

Стремления технолога кузнечно-прессового производства без проведения эксперимента, на основе расчета, определить необходимую деформирующую силу, рассчитать требуемое число переходов получения поковки заданной формы, предельное формоизменение без разрушения деформируемого материала, получить исходные данные для расчета на прочность и стойкость деформирующего инструмента, а также технологические параметры во многом осуществимы благодаря использованию современных специализированных программных средств.

Применение современных пакетов программ для проектирования технологий различных видов производств в основном ориентировано на уменьшение сроков подготовки производства, отладки технологии, а также минимизации финансовых затрат [2]. Проектирование технологических процес-

сов в современных CAD/CAM/CAE системах позволяет так же сократить затраты, которые могут появиться в процессе производства, так как сейчас возможно более точно прогнозировать дефекты различного рода связанные с недоработкой технологии.

На производстве, очень часто, для рассматриваемой детали не используются процессы обработки металлов давлением, а только механообработка. Деталь испытывает знакопеременные динамические нагрузки, и с целью повышения ресурса было решено исследовать различные варианты реализации получения заготовки объёмной штамповкой.

В статье представлен анализ моделирования различных вариантов технологических процессов изготовления заготовки детали типа полумуфта на кузнечно-прессовом и взрывном оборудовании, осуществлен поиск приемлемого варианта технологического процесса.

### 1. Постановка задачи

С целью поиска приемлемого варианта технологического процесса изготовления заготовки детали типа полумуфта объёмной штамповкой были спроектированы семь технологических процессов.

В качестве программного решения для моделирования был выбран DEFORM.

Состав вариантов моделирования следующий:

- нагрев до ковочной температуры;
- перенос от печи к штампу;
- укладка в штамп;
- деформирование.

В процессах с несколькими операциями деформирования предусмотрено моделирование промежуточного нагрева и переноса.

В базу данных материалов DEFORM нами добавлены кривые упрочнения для используемого материала заготовки сталь 18ХГТ.

Созданная в системе автоматизированного проектирования КОМПАС-3D для каждого варианта технологического процесса геометрия оснастки и детали импортировалась в DEFORM.

Исходными данными для моделирования послужили:

- конструкции штампов;
- геометрии исходных заготовок;
- кривые упрочнения материала детали (сталь 18ХГТ);
- кривые удельной теплопроводности и теплоемкости;
- условия трения (закон Кулона);
- характеристики оборудования (нагружения);
- ковочная температура.

## 2. Моделирование процессов и анализ полученных результатов

Первый вариант моделирования представлен на рис. 1. Нагретая до 1120°C заготовка, представляющая собой цилиндр диаметром 29 мм и высотой 237 мм, переносилась с печи к штампу, укладывалась в штамп и осаживалась пуансоном. В результате моделирования было обнаружено искривление оси заготовки.

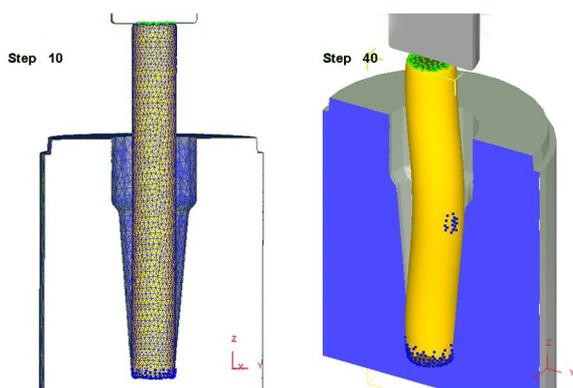


Рис. 1. Первый вариант моделирования

Такой вариант явно нам не подходит, так как приводит к браку.

Второй вариант моделирования представлен на рис. 2. Исходная заготовка – прутки диаметром 55 мм и высотой 66 мм. Деформирование заготовки осуществляется дважды в разной штамповой оснастке.

Как видно из рис. 3 в результате моделирования происходит разрушение по поверхности заготовки, соответственно и такой вариант нас не устраивает.



Рис. 2. Второй вариант. Взаимное расположение объектов перед деформированием: а – первая операция; б – вторая операция

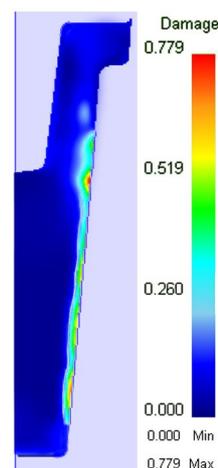


Рис. 3. Распределение нормализованного критерия разрушения Кокрофта – Лейтема для второго варианта

Третий принятый нами вариант отличается от второго тем, что на первой операции штамповки осуществляется получение не цилиндрического, а конического хвостовика заготовки, который полностью помещается в матрицу на второй операции штамповки. Или говоря другими словами на первой операции выдавливание хвостовика, а на второй формирование головки полумуфты. Кроме того исходная заготовка представляет собой цилиндр диаметром имеет следующие размеры: диаметр

Взаимное расположение объектов перед операциями деформирования третьего варианта технологического процесса, представлено на рис. 4.

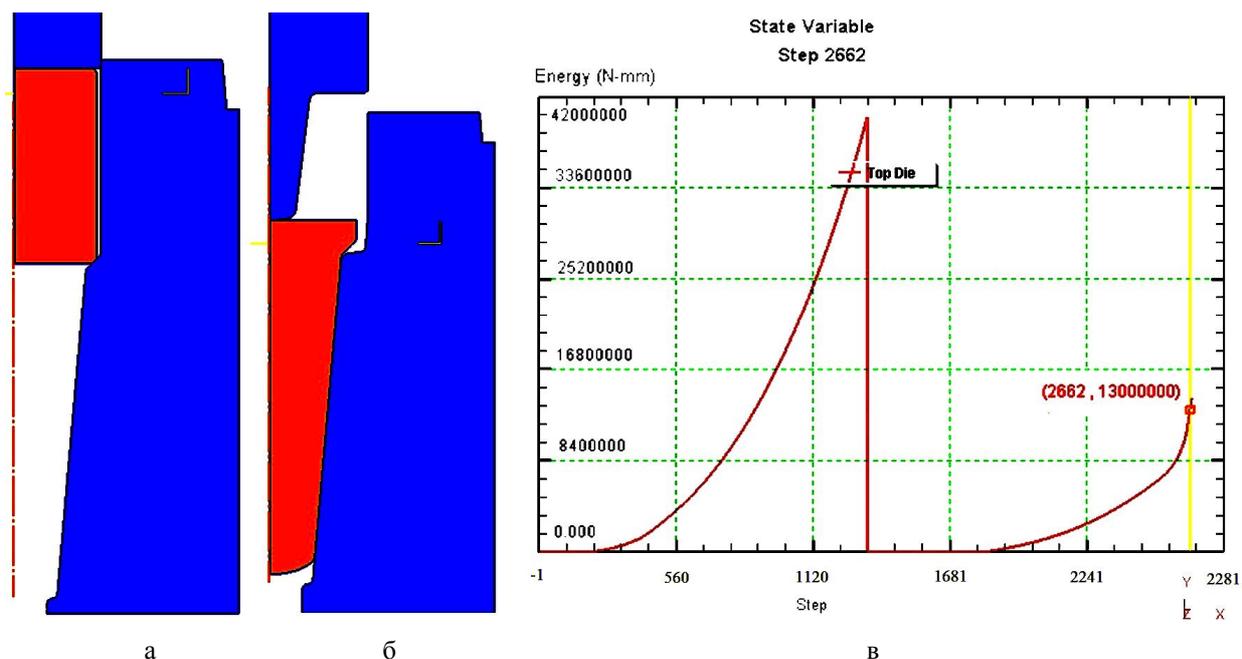


Рис. 4. Третий вариант. Взаимное расположение объектов перед деформированием: а – первая операция; б – вторая операция; в – зависимость накопленной энергии от времени

Из рис. 4, в видно, что на первой операции деформирования необходимо затратить энергию равную 39,8 кДж, а на второй операции деформирования 13 кДж. Дефекты при этом не возникают. Такой вариант технологического процесса можно рассматривать как приемлемый.

На рис. 5 представлен четвертый вариант технологического процесса. В четвертом варианте используется заготовка диаметром 40 мм и высотой 125 мм с конической фаской с одной стороны, которой она должна устанавливаться и центрироваться в

матрице. Деформирование осуществляется за один переход. Как видно из рис. 5, б, наблюдается рост нормализованного критерия разрушения Кокрофта-Лейтема по оси детали. Его значение предельно под конец деформирования, велика вероятность разрушения материала. Энергия необходимая для деформирования заготовки составила (рис. 5, в) 59,1 кДж. Кроме того вызывает сомнение такой способ установки и центрирования заготовки.

Пятый вариант состоит из трех операций штамповки, представленных на рис. 6.

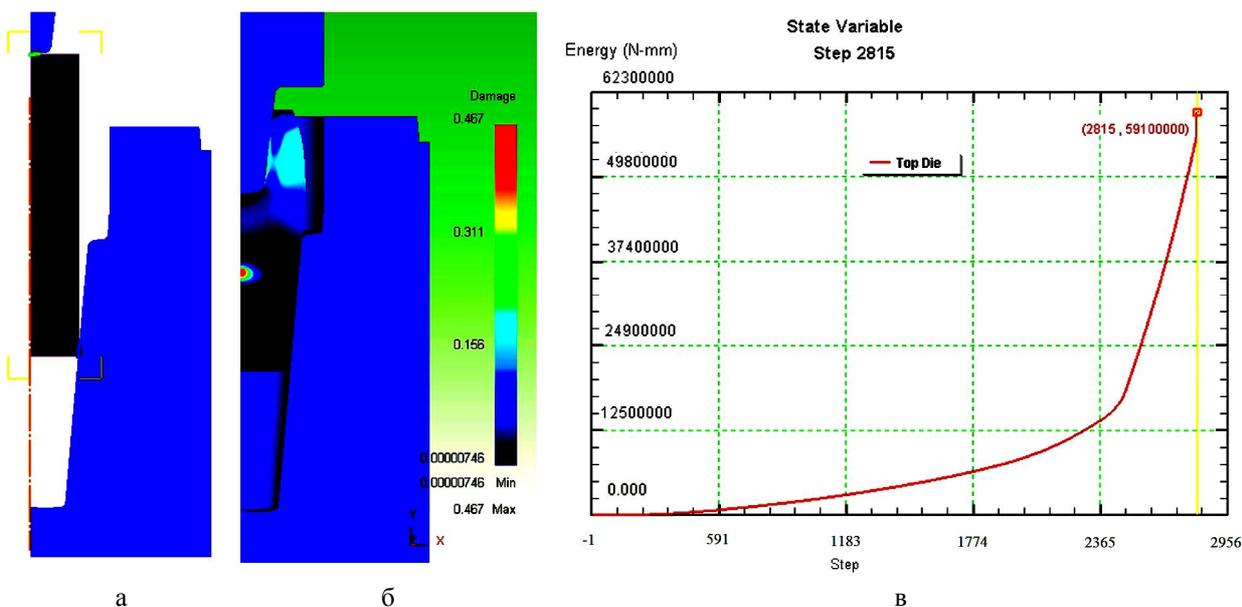


Рис. 5. Третий вариант. Взаимное расположение объектов перед деформированием: а – первая операция; б – вторая операция; в – зависимость накопленной энергии от времени

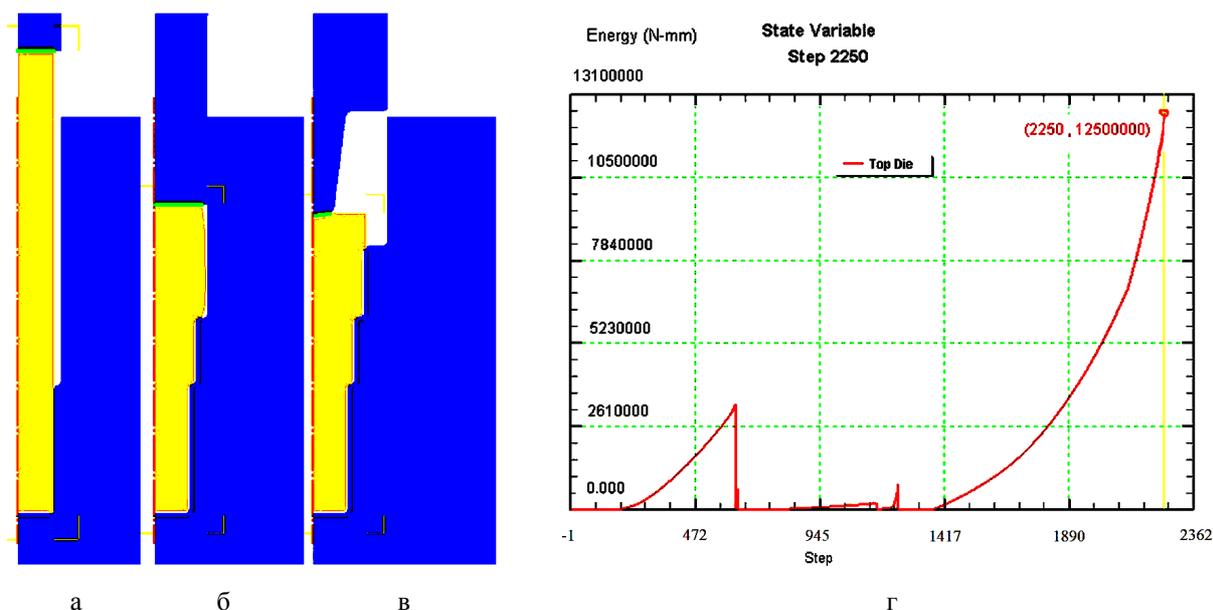


Рис. 6. Пятый вариант технологического процесса (операции деформирования):  
а – первая операция; б – вторая операция; в – третья операция;  
г – зависимость накопленной энергии от времени

Размеры исходной заготовки: цилиндр диаметром 29 мм и высотой 192 мм. Моделировалось три операции деформирования с промежуточными нагревами и переносами.

Диаметр осаживаемой части выбирался с расчета увеличения на 30 % относительно диаметра исходной заготовки во избежание искажения оси заготовки. Полученная моделированием деталь не имела дефектов, а энергия необходимая для деформирования на последней операции составила (см. рис. 6г) 12,5 кДж.

Затем в ПреПроцессоре программного комплекса DEFORM была изменена задача путем изменения характеристик движения деформирующего инструмента, соответствующие взрывному оборудованию. Моделирования для таких условий осуществлялось для последней операции формообразования пятого варианта технологического процесса (см. рис. 6в). Полученная энергия деформирования, согласно рис. 7, составила около 14,4 кДж. Дефекты не наблюдались.

### Заключение

Таким образом, в результате моделирования нами сделаны следующие выводы:

- использование программного комплекса DEFORM позволяет моделировать процессы обработки металлов давлением и термообработки;

- проверка большого количества различных вариантов технологического процесса путем моделирования менее затратна чем проведение натуральных испытаний;

– из шести рассмотренных нами вариантов технологического процесса наиболее подходящими являются третий, пятый и шестой.

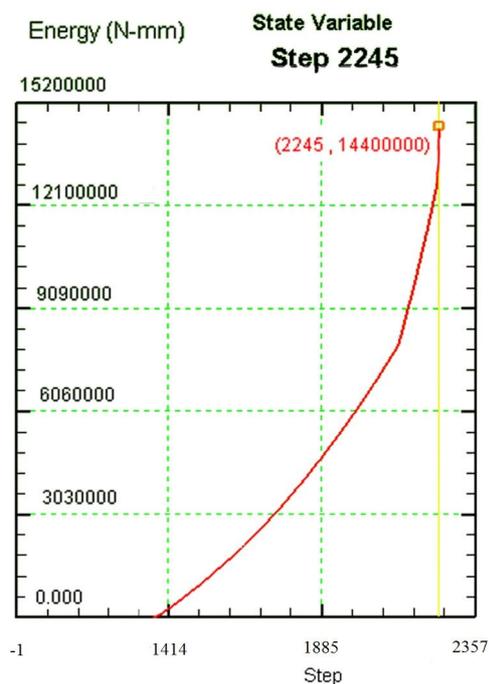


Рис. 7. Энергия, необходимая для деформирования заготовки на последней операции шестого варианта ТП

### Литература

1. Борисевич, В.К. Тенденции и проблемы развития импульсных технологий [Текст] / В.К. Бори-

севиц // Удосконалення процесів і обладнання обробки тиском в металургії і літакобудуванні: Темат. сб. науч. работ / Донбаська державна машинобудівна академія. – Краматорськ, 2002. – С. 16-20.

2. Борисевич, В.К. К расчету необходимой энергии деформирования объемных деталей им-

пульсной штамповкой [Текст] / В.К. Борисевич, Ю.А. Невешкин, В.В. Третьяк // Нові рішення в сучасних технологіях: темат. випуск. – Вісник Національного технічного університету "ХПІ": збірник наук. праць. – Вип. 43. – Х.: НТУ "ХПІ", 2010. – С. 79–85.

Поступила в редакцію 31.05.2013, рассмотрена на редколлегии 17.06.2013

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф., проф. кафедры В.Ф. Сорокин, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «Харьковский авиационный институт», Харьков, Украина.

## ОПТИМІЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЙ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ ТИПУ ПОЛУМУФТА З ВИКОРИСТАННЯМ ПРОГРАМНОГО ПАКЕТУ DEFORM

*Ю.О. Невешкін, М. Чехресаз, В.В. Третьяк, А.В. Онопченко*

Розглянуто шість різних варіантів технологічних процесів виготовлення заготовки деталі типу полумуфта на ковальсько-пресовому та вибуховому обладнанні з метою оптимізації технології шляхом моделювання процесів в програмному комплексі DEFORM. Моделювання здійснено з вирішенням деформаційної та термічної задач. Аналіз отриманих результатів дав можливість виявити процеси, що приводять до виникнення дефектів у матеріалі, визначити їх можливе місце, дізнатися величину енергії необхідної для деформування заготовки і зробити рекомендації відносно найбільш прийняттого технологічного процесу виготовлення заготовки.

**Ключові слова:** об'ємне штампування, заготовка, деформації, енергія деформування, руйнування, дефект, програмний комплекс DEFORM, вибухове обладнання.

## OPTIMIZATION TECHNOLOGY MANUFACTURING DETAIL TYPE COUPLING HALF USING A SOFTWARE PACKAGE DEFORM

*Yu.A. Neveshkin, M. Chehresaz, V.V. Tretyak, A.V. Onopchenko*

Six different variants of technological processes for harvesting details such coupling half on the forging and explosive equipment in order to optimize the technology through a process modeling software package DEFORM is considered. Simulation with the decision deformation and thermal problems is made. Analysis of the results allowed us to identify the processes leading to the appearance of defects in the material, to determine their possible place to find the energy required to deform the workpiece and make recommendations regarding the most appropriate technological process of harvesting.

**Keywords:** forging, the workpiece, deformation, strain energy, destruction, defect, software package DEFORM, explosive equipment.

**Невешкин Юрий Александрович** – младший научный сотрудник кафедры технологии производства авиационных двигателей Национального аэрокосмического университета им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков, Украина, e-mail: emeraldnev@gmail.com.

**Чехресаз Маджид** – магистр кафедры технологии производства авиационных двигателей Национального аэрокосмического университета им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков, Украина, e-mail: majid\_chh@yahoo.com.

**Третьяк Владимир Васильевич** – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры технологии производства авиационных двигателей Национального аэрокосмического университета им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков, Украина, e-mail: vladimir.tretjak@mail.ru.

**Онопченко Антон Виталиевич** – аспирант кафедры технологии производства авиационных двигателей Национального аэрокосмического университета им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков, Украина, e-mail: anton.onopchenko@yandex.ru.