

УДК 621.7.044

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

*Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Украина***МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ИМПУЛЬСНОЙ ОБЪЕМНОЙ ШТАМПОВКИ**

В статье представлен алгоритм и программная реализация моделирования процесса деформирования объемной заготовки методом конечных элементов в программе DEFORM-2D/3D. Представлена математическая модель детали и технологического процесса для детали типа «вал» авиационного двигателя. Представлены особенности технологического процесса. Приведены алгоритм и расчет параметров нагрева заготовки непосредственно перед процессом импульсной обработки. Показаны результаты моделирования процесса обработки. Рассчитано значение потребной энергии деформации. Сформулированы выводы касательно получения данного типа деталей импульсными методами обработки на специализированной установке.

Ключевые слова: импульсные методы, технологический процесс, моделирование процесса, программная реализация, потребная энергия деформации, метод конечных элементов.

Введение

В современном машиностроительном, в том числе авиадвигателестроительном производстве постоянно возникает необходимость в изготовлении новых видов продукции, где используются все более совершенные и сложные детали. Появление новой не типовой 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 импульсной листовой и объемной штамповки [1, 2].

В процессе работы штампы испытывают большие напряжения, вызываемые деформирующими усилиями, развиваемыми импульсными источниками энергии [4]. Соответственно возникают проблемы с сохранением стойкости штампов. Этот фактор предъявляет особо жесткие требования к качеству разработки технологических процессов.

Для определения стойкости штампов и оптимизации процессов штамповки требуется исследование его напряженно-деформированного состояния. В последнее время широкое распространение получили пакеты программ, основанные на объектном подходе [3] к проектированию технологических процессов, а их эффективность можно проверить, используя идеологию метода конечных элементов или разностей.

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.

1. Исходные данные для моделирования

Для определения потребной энергии деформирования, а также отслеживания дефектов, производилось компьютерное моделирование процесса штамповки для отобранных деталей. Программным решением для проведения моделирования был выбран программный продукт DEFORM-2D/3D.

Схематично постановку и решение задачи, можно представить графически (рис. 1).

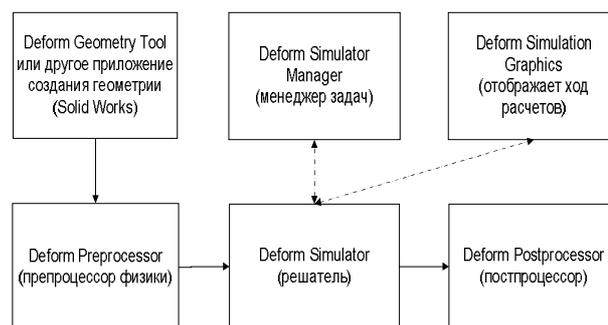


Рис. 1. Схема постановки и решения задачи с использованием пакета DEFORM

Для оценки энергозатрат [5] штамповки детали типа вал было проведено моделирование процесса горячей штамповки в открытых штампах и без облойной канавки. Материал – ВТ-9.

Моделирование процесса штамповки детали «вал» в программном комплексе DEFORM [6].

Исходными данными для моделирования послужили:

- конструкция штампа;
- геометрия исходной заготовки;
- кривые упрочнения материала каждой детали;
- кривые удельной теплопроводности и теплоемкости;
- условия трения (закон Кулона);
- характеристики оборудования (нагружения);
- температура.

2. Моделирование процесса обработки

Рассмотрим моделирование процесса штамповки заготовки детали "вал". Это осесимметричная задача и ее можно рассматривать в двумерной постановке в модуле DEFORM-2D.

По чертежу заготовки (с учетом расширения материала при нагреве) спроектированный штамп был выполнен в среде SolidWorks и импортирован в DEFORM PreProcessor в виде пуансона и нижней матрицы. Геометрия исходной заготовки получена при помощи встроенных примитивов.

Моделирование штамповки вала было разделено следующим образом:

- нагрев заготовки в печи в течение 1 часа и 8 минут (расчет теплообмена и деформирования);
- перенос нагретой заготовки (1011-1045°C) от печи к штампу. Длительность 60 с (расчет теплообмена и деформирования);
- нахождение заготовки на нижнем штампе. Длительность 20 с (расчет теплообмена и деформирования);
- опускание на заготовку пуансона и выдержка 15 с (расчет теплообмена и деформирования). Здесь и выше заготовка была принята по упруго-пластичной модели, а инструмент был выбран жесткий;
- операция штамповки (расчет теплообмена и деформирования). Смена типа заготовки на «пластический».

Моделирование нагрева производилось следующим образом.

Задав температуру окружающей среды 1045°C и температуру заготовки 20°C, перешли к следующему этапу постановки задачи – разбиение заготовки на конечные элементы, задав предварительно необходимые параметры точности сетки. Определение граничных условий теплопередачи заготовки

заклучались в указании поверхностей испытывающих теплообмен с окружающей средой. В качестве таких поверхностей были выбраны один торец и наружная цилиндрическая поверхность (считаем, что заготовка лежит в печи и ее нижняя поверхность (торец) не подвержена теплообмену).

После задания материала кривыми упрочнения (сплав ВТ-9), удельной теплопроводности и теплоемкости, а также зависимость модуля упругости от температуры и еще некоторых параметров было произведено моделирование процесса нагрева заготовки в печи. Анализ показал увеличение размеров заготовки в результате нагрева: диаметр увеличился с 327 мм до 330,9 мм, а высота с 120 мм до 121,45 мм.

Моделирование переноса заготовки от печи к штампу производилось следующим образом.

Для моделирования процесса переноса заготовки от печи к штампу, а именно охлаждения на воздухе, были пересмотрены параметры моделирования. За исходный шаг был выбран последний шаг базы данных предыдущей операции. Также были пересмотрены граничные условия, т.к. теперь уже вся поверхность заготовки будет участвовать в теплообмене со средой. Результаты моделирования представлены на рис. 2.

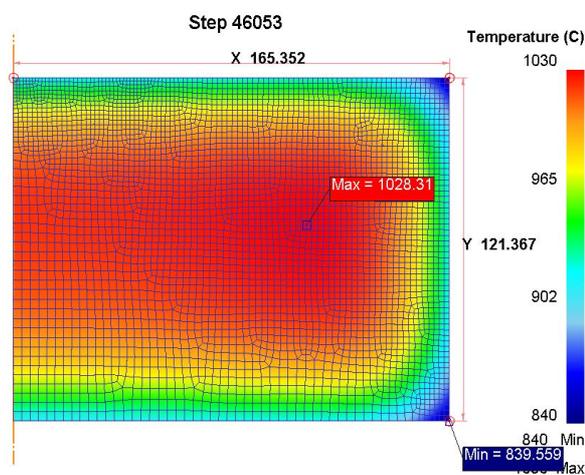


Рис. 2. Распределение температуры в заготовке в результате переноса от печи

При моделировании нахождения заготовки в нижнем штампе (с момента установки ее в штамп и до момента контакта с верхним штампом) понадобилось добавить в задачу геометрию оснастки и задать необходимые параметры точности сетки, данные по материалу, температуре, поверхности взаимодействия с окружающей средой и др. Представление исследуемого объекта с нанесенной сеткой и полем температур после 20 секундной выдержки показан на рис. 3.

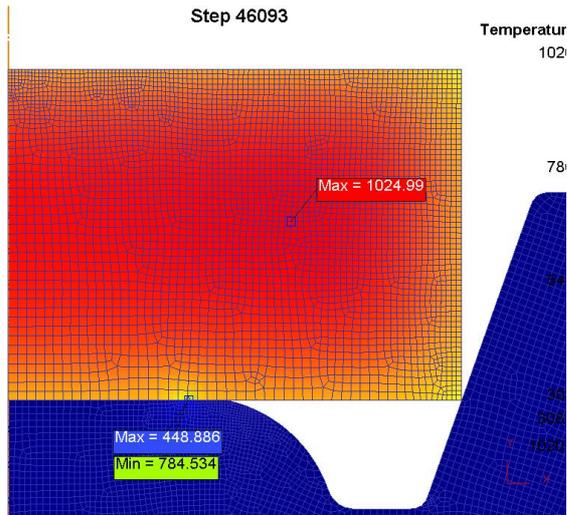


Рис. 3. Результат моделирования 20 секундной выдержки в матрице

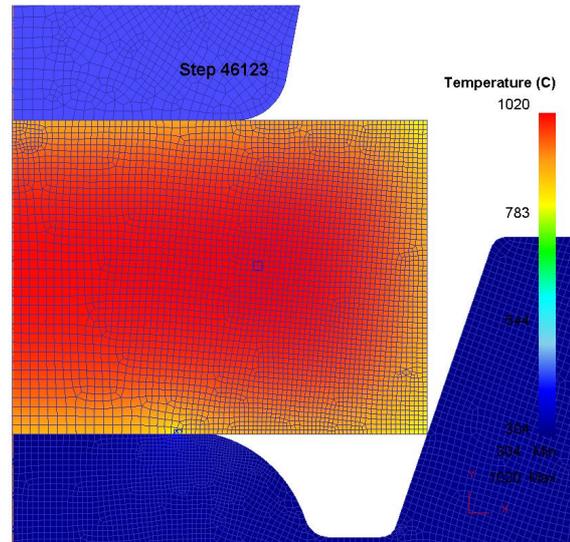


Рис. 4. Распределение температур после 15 секундной выдержки контакта с пуансоном

Аналогичным образом моделировался теплообмен при опущенном пуансоне, 15 секунд (рис. 4).

Для моделирования штамповки были определены граничные условия, заданы параметры движе

ния верхнего штампа и условие останова – расстояние между штампами 19 мм. Результат моделирования представлен на рис. 5.

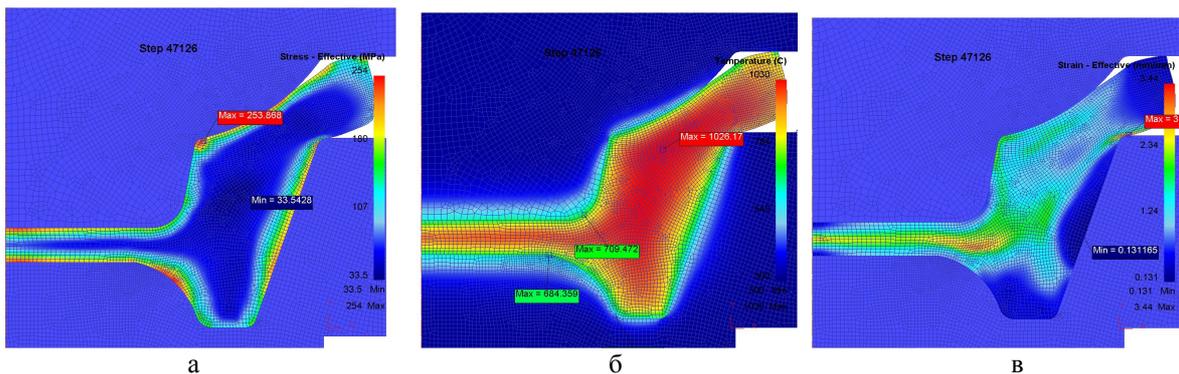


Рис. 5. Результаты моделирования: а – распределение эффективных напряжений; б – распределение температур; в – накопленная степень деформации

Выводы

В результате моделирования было обнаружено незаполнение штампа (рис. б) и используя Лагранжевые линии было замечено образование складки.

Полученное значение потребной энергии деформирования, представленное на рис. 6, показало необходимость корректировки маршрутной и операционной технологии, так как по рассмотренной схеме (а при наличии облойной канавки значение увеличится) выходит за пределы энергетических возможностей данной установки.

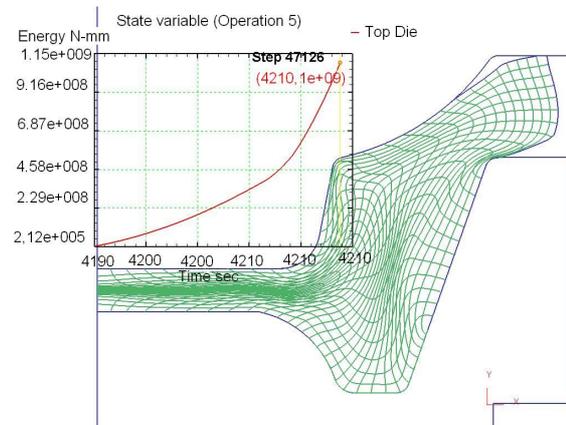


Рис. 6. Значение потребной энергии

Литература

1. Пихтовников, Р.В. Перспектива развития листовой штамповки взрывом [Текст] / Р.В. Пихтовников, В.К. Борисевич // Импульсная обработка металлов давлением. – М.: Машиностроение, 1977. – 144 с.

2. Борисевич, В.К. Тенденции и проблемы развития импульсных технологий [Текст] / В.К. Борисевич // Удосконалення процесів і обладнання обробки тиском в металургії і літакобудуванні: темат. сб. науч. работ. – Краматорськ, Донбаська державна машинобудівна академія, 2002. – С. 16–20.

3. Евгеньев, Г.Б. Систематология инженерных знаний: учебн. пособие для вузов [Текст] / Г.Б. Евгеньев. – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2001. – 346 с.

4. Невешкин, Ю.А. Процесс взрывной объемной штамповки на современном этапе развития [Текст] / Ю.А. Невешкин // Авиационно-космическая техника и технология. – 2007. – № 11 (47). – С. 150–157.

5. Третьяк, В.В. Расчет параметров импульсных процессов в объектном представлении [Текст] / В.В. Третьяк, А.В. Онопченко, Т.В. Лоза // Авиационно-космическая техника и технология. – 2011. – № 7 (84). – С. 92–95.

6. Исследование возможности получения объемных деталей импульсными методами обработки с использованием программного пакета DEFORM [Текст] / Ю.А. Невешкин, А.В. Онопченко, С.А. Стадник, В.В. Третьяк // Проблемы створення та забезпечення життєвого циклу авіаційної техніки: тези доповідей. – Х.: ХАІ, 2012. – С. 111.

Поступила в редакцию 29.05.2012

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

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ ІМПУЛЬСНОГО ОБ'ЄМНОГО ШТАМПУВАННЯ

Ю.О. Невешкін, А.В. Онопченко, В.В. Третьяк

В статті представлений алгоритм та програмна реалізація моделювання процесу деформування об'ємної заготовки методом кінцевих елементів у програмі DEFORM-2D/3D. Представлена математична модель деталі і технологічного процесу для деталі типу «вал» авіаційного двигуна. Представлені особливості технологічного процесу. Наведено алгоритм і розрахунок параметрів нагріву заготовки безпосередньо перед процесом імпульсної обробки. Показані результати моделювання процесу обробки. Розраховано значення потрібної енергії деформації. Сформульовано висновки щодо отримання даного типу деталей імпульсними методами обробки на спеціалізованій установці.

Ключові слова: імпульсні методи, технологічний процес, моделювання процесу, програмна реалізація, необхідна енергія деформації, метод кінцевих елементів.

MODELING OF PULSE FORMING PROCESSES

Yu.A. Neveshkin, A.V. Onopchenko, V.V. Tretyak

This article presents an algorithm and software implementation of modeling deformation process of bulk workpiece using finite element program DEFORM-2D/3D. A mathematical model of a part and manufacturing process for a part of the “shaft” aircraft engine are presented. The features of the manufacturing process are presented. The algorithm and the calculation of the parameters of billet heating just before the pulse treatment are given. The results of simulation processing are shown. The value of the required deformation energy is calculated. The conclusions regarding the details of obtaining this type of pulse processing techniques at a specialized facility are formulated.

Key words: pulse methods, technological process, modeling of process, software implementation, required deformation energy, finite element method.

Невешкин Юрий Александрович – младший научный сотрудник кафедры технологии производства авиационных двигателей, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков, Украина, e-mail: mint_khai@rambler.ru.

Онопченко Антон Виталиевич – аспирант кафедры технологии производства авиационных двигателей, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков, Украина, e-mail: mint_khai@rambler.ru.

Третьяк Владимир Васильевич – кандидат технических наук, доцент кафедры технологии производства авиационных двигателей, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков, Украина, e-mail: mint_khai@rambler.ru.