

УДК 621.777.04

Л. В. АВТОНОМОВА, канд. техн. наук, вед. науч. сотр., НТУ «ХПИ»**С. В. БОНДАРЬ**, канд. техн. наук, ст. науч. сотр., НТУ «ХПИ»**И. Д. ПРЕВО**, вед. науч. сотр., ИГ «УПЭК», Харьков**В. Л. ХАВИН**, канд. техн. наук, проф., НТУ «ХПИ»

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ХОЛОДНОГО ВЫДАВЛИВАНИЯ ДЕТАЛИ ТИПА «СТАКАН» ПРИ ПОМОЩИ ПАКЕТА DEFORM

В работе представлено решение задачи расчета напряженно-деформированного состояния заготовки и усилий на пуансоне с целью определения граничных технологических характеристик процесса холодного выдавливания.

Ключевые слова: моделирование, холодное выдавливание, метод конечных элементов, DEFORM.

Введение. Обработка материалов давлением (ОМД) является одним из самых перспективных направлений в современном машиностроении. Используемые методы объёмной штамповки обеспечивают высокую производительность при сохранении качества продукции.

Определение оптимальной технологии процесса является основополагающим фактором при разработке производства нового изделия. Для этого необходимо иметь сведения о напряженно-деформируемом состоянии материала заготовки, матрицы и штампа, а также информацию об отклике системы штамп – инструмент – деформируемая деталь на изменение технологических параметров. Такую информацию можно получить методами экспериментального исследования или математического моделирования. Недостатком экспериментальных методов является то, что для каждого шага исследования необходимо изготовление новой или модернизация старой пары штамп-заготовка. Это ведёт к дополнительным значительным затратам времени и средств и является экономически нецелесообразным при производстве небольшой партии деталей.

Анализ последних исследований. Методы математического моделирования процессов штамповки (выдавливания) не имеют данных недостатков. Наиболее распространённой реализацией этого подхода является метод конечных элементов (МКЭ). Разрешающие уравнения для обработки материалов давлением основаны на теории пластического течения или на деформационной теории пластичности и строятся на основе вариационных принципов теории пластичности и упругости.

Основной сложностью при использовании пакетов, применяющих МКЭ, является постановка задачи, адекватно отражающей физическую природу исследуемого процесса. В настоящее время существует большое количество программных продуктов, реализующих метод конечно – элементного анализа: ANSYS, LS-DYNA, NASTRAN, COSMOS, DEFORM, AutoForm, Qform. Использование того или иного пакета определяется особенностями поставленной задачи. Наиболее применяемыми программными пакетами для решения задач, связанных с ОМД являются пакеты ANSYS, LS-DYNA, DEFORM, Qform [1, 2].

Цель исследования, постановка проблемы. Цель настоящей работы – обоснование возможности применения пакетов, реализующих МКЭ (в частности пакета DEFORM), к решению задач объёмного деформирования материалов. Определение напряженно-деформируемого состояния (НДС) заготовки в каждый момент времени

© Л.В.Автономова, С.В.Бондарь, И.Д.Превос, В.Л.Хавин, 2012

позволяет решить проблемы связанные с прогнозированием возможного разрушения заготовки, определением необходимого усилия деформирования, энергопотреблением процесса и определением оптимальной технологии процесса выдавливания.

Математическое моделирование процесса одноконтурного обратного выдавливания детали типа «стакан» проводилось в расчётном комплексе Deform. Программный комплекс DEFORM является специализированным программным средством, которое позволяет решать задачи, связанные с холодной, полугорячей и горячей штамповкой материалов с учётом нелинейного поведения материалов и больших пластических деформаций.

Для упрощения расчётов использовалась следующая расчётная схема: задача решалась в осесимметричной постановке, матрица и пуансон рассматривались как абсолютно жёсткие тела, исследовалось только напряженно – деформируемое состояние заготовки (рис.1). На рис. 2 показана исходная заготовка и конечная деталь. При разбиении использовались тетраэдрические 4-х узловые элементы с 9-ю степенями свободы [3]. Материал образца – алюминиевый сплав АД1Н ГОСТ 4784-74, $\sigma_T = 150 \text{ МПа}$. Модель механических свойств материала принята вязко упруго-пластичной со степенным упрочнением и записывается в виде :

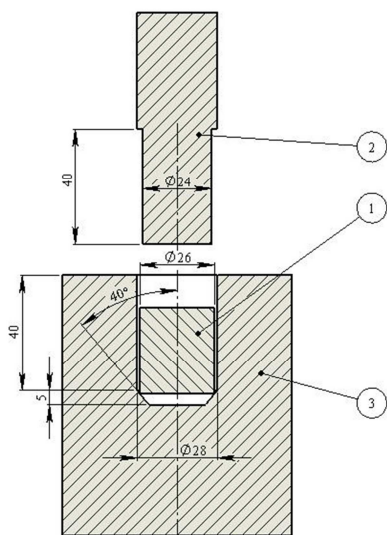


Рис. 1 – Геометрия системы

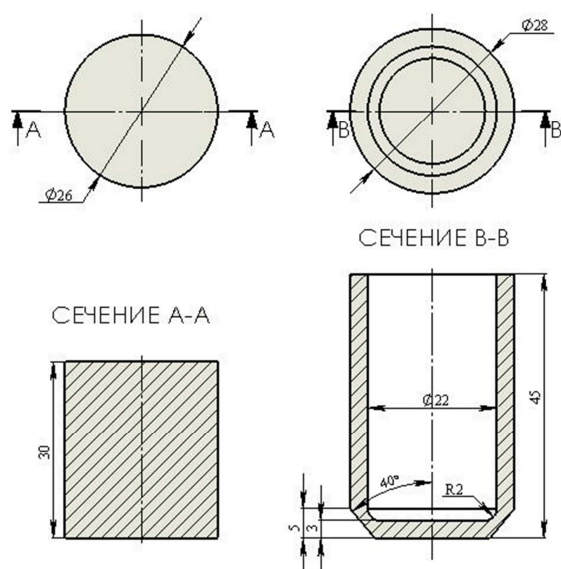


Рис. 2 – Геометрия заготовки и конечной детали

$$\bar{\sigma} = c \bar{\epsilon}^n \dot{\bar{\epsilon}}^m + y, \quad (1)$$

где $\bar{\sigma}$ – эквивалентные напряжения пластического течения по Мизису, $\bar{\epsilon}$ и $\dot{\bar{\epsilon}}$ эквивалентная деформация и скорость деформации по Мизису, c, n, m и y – константы материала, полученные экспериментально. Модель контактного взаимодействия обрабатываемого материала с матрицей и пуансоном принимается в форме закона Кулона:

$$|\tau_{nt}| = f_n \sigma_{nn}, \quad (2)$$

где τ_{nt}, σ_{nn} – контактные касательные и нормальные напряжения, f_n – коэффициент трения скольжения.

Разрешающие уравнения записываются на основе принципа минимума полной энергии системы :

$$\int_V P(\varepsilon_{ij}) dV - A = \min, \quad (3)$$

где $P(\varepsilon_{ij})$ – потенциал деформаций, A – работа внешних сил [4].

Решение проводилось при постоянной скорости движения пуансона $v = 5 \text{ мм/сек}$, которая выбиралась исходя из технологических рекомендаций. Шаг интегрирования выбирался исходя из размеров конечного элемента.

Материалы исследований. На каждом шаге вычислительного процесса определялось НДС заготовки и усилие на пуансоне с целью оценки наличия разрушения материала заготовки и возможности реализации соответствующего сжимающего усилия на технологическом оборудовании. В качестве иллюстрации на рис. 3 показана картина НДС в заготовке типа «стакан».

Результаты исследований. На рис. 4 показана зависимость изменения усилия на пуансоне во времени. На рисунке хорошо видна стационарная стадия выдавливания, что обуславливается стабильностью очага деформаций (в этот момент времени происходит процесс редуцирования заготовки и высота очага пластических деформаций остаётся постоянной).

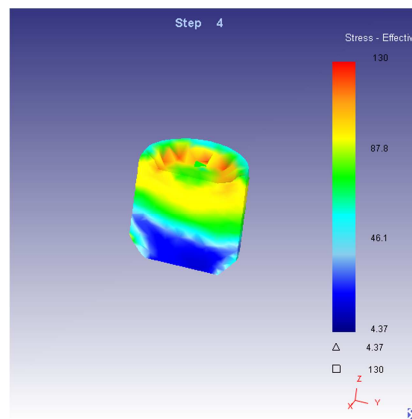


Рис. 3 – НДС заготовки типа «стакан»

Для определения граничных технологических параметров процесса выдавливания, в частности, определения минимальной толщины боковой стенки формируемой детали, которая может быть получена с помощью конкретного пресса, была построена зависимость максимального усилия на пуансоне от толщины стенки (рис. 5). На рисунке приняты следующие обозначения: F – максимальное усилие на пуансоне, d/d_0 – характеристика толщины стенки, равная отношению диаметра пуансона d к диаметру матрицы d_0 .

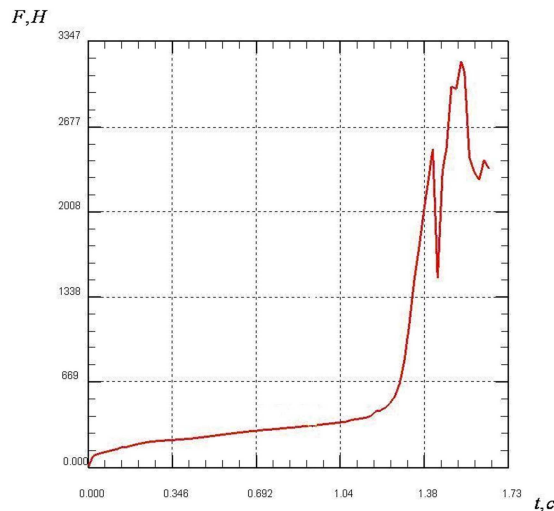


Рис. 4 – Изменение усилия, прилагаемого к пуансону, во времени

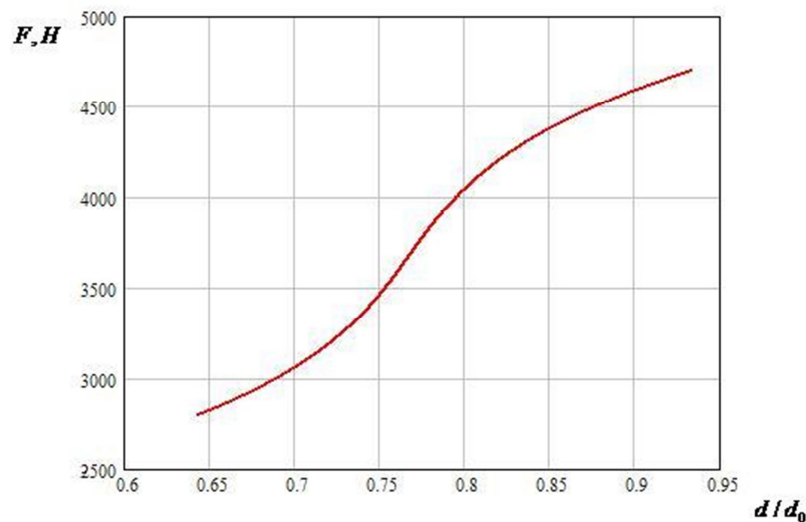


Рис. 5 – Зависимость усилия на пуансоне от толщины стенки выдавливаемой детали

Выводы. В работе при помощи пакета DEFORM осуществлено моделирование процесса холодного выдавливания детали типа «стакан». Определены компоненты напряженно-деформированного состояния заготовки и усилие, действующее на пуансон при холодном выдавливании детали типа «стакан» на всех этапах технологического процесса.

Полученные результаты позволяют из условия прочности обрабатываемого материала и характеристик оборудования получить граничные параметры процесса, например, допускаемое усилие на пуансоне и минимальную толщину стенки детали, которую можно реализовать на используемом оборудовании.

Список литературы: 1. *Иванов В.Н.* Моделирование процесса выдавливания методом конечных элементов / В.Н. Иванов, К.М. Иванов, Е.А. Пригоровский, Д.В. Усманов // *Инструмент*. – 2006, №23, стр. 94-102. 2. *Биба Н.В.* Эффективное применение моделирования для разработки технологии штамповки / Н.В. Биба, А.И. Лишний, С.А. Стебунов // *Кузнечно-штамповочное производство*. – 2001, №5, стр. 22-36. 3. DEFORM 3D Version 5.03 User's manual, Scientific Forming Technologies Corporation, 2001, 286 p. 4. *Писаренко Г.С.* Уравнения и краевые задачи теории пластичности и ползучести / Г.С. Писаренко, Н.С. Можаровский // Киев, Наукова думка, 1981, 496 с.

Надійшла до редколегії 18.10.2012

УДК 621.777.04

Моделирование процесса холодного выдавливания детали типа «стакан» при помощи пакета DEFORM // Автономова Л.В., Бондарь С.В., Прево И.Д., Хавин В.Л. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Харків: НТУ «ХПІ». – 2012. – №46(952). – С. 3–7. – Бібліогр.: 4 назв.

У роботі представлено рішення задачі визначення напружено-деформованого стану заготовки і зусиль на пуансоні з метою отримання граничних технологічних характеристик процесу холодної штамповки.

Ключові слова: моделювання, холодне витискування, метод скінченних елементів, DEFORM.

The decision of a problem of definition of the stress-strain condition of workpiece for a finding and the puansons forces boundary technical characteristics on process of cold forming is presented.

Keyword: imagineering, cold squeezing out, method of finite elements, DEFORM.

УДК 621.7

Л. И. АЛИЕВА, канд. техн. наук, доц., ДГМА, Краматорск

С. В. МАРТЫНОВ, ассистент, ДГМА, Краматорск

К. В. ГОНЧАРУК, магистрант, ДГМА, Краматорск

ИССЛЕДОВАНИЕ СИЛОВОГО РЕЖИМА ПРОЦЕССА ВЫСАДКИ ВНУТРЕННЕГО ФЛАНЦА ИЗ ТРУБНОЙ ЗАГОТОВКИ МЕТОДОМ ВЕРХНЕЙ ОЦЕНКИ

Проведено исследование силового режима процесса высадки внутреннего фланца методом верхней оценки из трубчатой заготовки с использованием оправки с острой и радиусной переходной кромкой. Оптимальным значением параметра i , характеризующего положение очага деформации, является 0,7. Установлено влияние трения, относительной высоты фланца и относительного радиуса закругления переходной кромки оправки на приведенное давление деформирования.

Ключевые слова: высадка, фланец, метод верхней оценки, давление.

Процессы точной холодной объемной штамповки позволяют получать заготовки и детали взамен обработки резанием, литья и горячей штамповки. При этом достигается значительная экономия металла (в некоторых случаях коэффициент использования металла достигает 98 %) и увеличивается прочность металла в следствии деформационного упрочнения.

В машиностроении получили распространение детали типа накидных гаек, подпятников, корпусов, стаканов с отверстием. Основные способы получения подобных втулок методами холодной штамповки – это прямое и обратное выдавливание с просечной перемычки, торцовая раскатка, высадка и радиальное выдавливание трубчатой заготовки. При прямом и обратном выдавливании критическая высота перемычки (до просечки) должна быть равна толщине стенки детали [1], что ограничивает номенклатуру штампуемых изделий и увеличивает технологические припуски под механообработку. Процесс торцовой раскатки требует специализированного оборудования [2] и менее производителен по сравнению с процессами штамповки. При радиальном выдавливании трубчатой заготовки в штампах приходится использовать узлы запираания, что усложняет конструкцию штампа [3]. Одним из распространенных методов анализа процессов выдавливания является энергетический метод верхней оценки. В работе [4] рассмотрен процесс радиального выдавливания фланца из сплошной заготовки, силовая оценка которого не учитывает коэффициент трения. В работе [5] проведена верхняя оценка силовых параметров при выдавливании инструментом с криволинейным профилем, в которой нарушается принцип равенства внешних и внутренних сил за счет деления не на активную длину линии контакта заготовки и инструмента. Также дважды учитывается граница

© Л.И.Алиева, С.В.Мартынов, К.В.Гончарук, 2012