

Рис.1 иллюстрирует влияние относительной жесткости слоев оболочки на картину установившегося процесса. При этом кривые 1–3 соответствуют  $\gamma = \rho = 100, 150, 200$  при  $c^* = 0.3, a^* = 1, \kappa_2 = 0.004$  соответственно

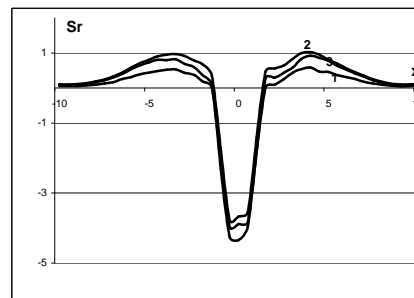
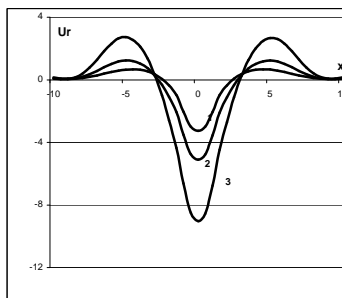


Рис.2. Зависимость нормального напряжения от скорости движения Нагрузки

Влияние скорости движения нагрузки на картину деформации представлено на рисунке 2. Аналогично предыдущим рисункам графики построены для следующих значений безразмерной скорости движения нагрузки:  $c^* = 0.1, 0.2, 0.3$ , при  $\gamma = \rho = 150$ .

### 3. Выводы

Рассмотрена стационарная задача динамики двухслойной цилиндрической оболочки с упругой прослойкой. Основной акцент уделен рассмотрению особенностей влияния несовершенной связи между неодинаковыми по механическим характеристикам слоями. Разработан и апробирован алгоритм, позволяющий рассчитывать значения компонент напряженно-деформированного состояния в произвольной точке конструкции с упругим соединением слоев.

В результате исследований получены графики, наглядно демонстрирующие влияние податливости соединения на закономерности распределения перемещения и напряжения. Показано, что учет податливости склейки и наличия диссипации позволяет более точно описывать динамическую картину деформации слоистой конструкции.

**Список литературы:** 1. Горшков А.Г. Стационарные задачи динамики многослойных конструкций / Пожув В.И. –М.: Машиностроение, 1992. –224 с. 2. Крылов В.И. Методы приближенного преобразования Фурье и обращения Лапласа / Скобля Н.С. – М.: Наука, 1974. –223с. 3. Jones J.P. Waves at a flexibly bonded interface / Whitter J.S. // Trans/ ASME. Ser.E. J. Appl. Mech. –1967. –V. 34, №4. –P. 178–183.

*Поступила в редколлегию 15.03.2012*

**УДК 621.735**

**Т.Н. КОВШАНОВА**, маг., НТУ «ХПИ», Харьков,

**В.Н. ЛЕВЧЕНКО**, канд. техн. наук, доц, НТУ «ХПИ», Харьков

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ГОРЯЧЕЙ ОБЪЕМНОЙ ШТАМПОВКИ ДЕТАЛИ ТИПА «КРЫШКА» С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИСТЕМЫ КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Проведено математическое моделирование процесса штамповки поковки на молоте с использованием пакета Deform-3D. Изложены результаты теоретического исследования течения металла цилиндрических заготовок в полость штампа в зависимости от скорости деформирования.

Проведено математичне моделювання процесу штампування поковки на молоті з використанням пакета Deform-3D. Викладено результати теоретичного дослідження перебігу металу циліндричних заготовок в порожнину штампа в залежності від швидкості деформування.

Mathematical modeling of the stamping process of forging the hammer using the package Deform-3D. The results of theoretical investigations of metal flow in a cylindrical cavity of the die blanks, depending on the strain rate.

Разработка технологии горячей штамповки традиционными методами требует длительного времени, затрат труда, материалов, использования оборудования для проведения пробных штамповок и т. п.

Появление систем конечно-элементного моделирования позволяет находить необходимые решения, сокращая значительно время и затраты на разработку технологии горячей штамповки [1].

Целью данной работы является определение оптимальных параметров заготовки для ГОШ детали типа «Крышка», а также определение параметров, обеспечивающих получение бездефектных поковок.

Исследование данного технологического процесса осуществляли при помощи системы конечно-элементного моделирования Deform-3D [2].

Данная поковка изготавливается штамповкой на молоте с массой падающих частей, равной 2 т.

Точное моделирование процесса штамповки на молоте требует достаточного количества данных о молоте и задания некоторых дополнительных параметров расчета. Поэтому вначале для упрощения скорость штампа была принята постоянной. Это позволило определить полное усилие, необходимое для изготовления детали, а также изучить кинематику течения металла.

Для проектирования процесса в КОМПАС-3D были смоделированы геометрия заготовки и штамповой оснастки, которая включает в себя верхний и нижний штампы.

В качестве исходного материала для ГОШ стальных поковок использовали прокат круглого поперечного сечения по ГОСТ 2590. В качестве деформируемого материала заготовки использовалась Сталь 45. Температура нагрева под штамповку – 1250°C.

Так как поковка относится к поковкам второй группы, для штамповки используем штучную заготовку с размерами:

- высота  $h=128$  мм;
- диаметр  $d=80$  мм.

Основным дефектом, возникающим при штамповке высоких поковок, является незаполнение верхнего штампа, главным образом у выступов, углов, закруглений и ребер. В процессе исследования было установлено, что скорость деформирования оказывает существенное влияние на характер течения металла. Процесс был смоделирован для скорости 5 мм/с (рис. 1а) и 150 мм/с (рис. 2а) для поковки с отношением высоты к диаметру  $h/d=0,5$ , и (рис. 1б, 2б) для тех же скоростей для поковки с отношением высоты к диаметру  $h/d=0,65$ . При этом объем заготовки, коэффициент трения  $\mu$  ( $\mu=0,2$ ) в обоих случаях были

одинаковыми. Из рис. 2б видно, что при скорости 150 мм/с штамп заполняется полностью, а при скорости 5 мм/с (рис.1б) наблюдается незаполнение углов верхнего штампа. Отсюда следует вывод, что чем больше скорость штампа, тем интенсивней течет металл, как следствие, лучше происходит заполнение штампа.

На рис. 3 показана поковка, полученная при моделировании процесса штамповки на молоте. Результаты моделирования процесса штамповки свидетельствуют о том, что материал заготовки полностью заполнил ручей штампа без дефектов формы (рис. 3),

а выбранная ширина мостика облойной канавки позволила создать нужное сопротивление течению металла, и таким образом заполнить по высоте выступы до вытекания металла в облойную канавку.

В процессе исследования факторов, влияющих на заполнение верхнего штампа, мы столкнулись с тем, что во время штамповки в чистовом ручье возможно образование зажима. Было решено более детально изучить причины возникновения этого дефекта.

Исследования показали, что образование зажимов происходит из-за слишком большого трения, возникающего в результате охлаждения поковки за счет контакта с инструментом, а также из-за низкой скорости деформирования. Их можно избежать уменьшением коэффициента трения, увеличением скорости деформирования или подогреванием штампов.

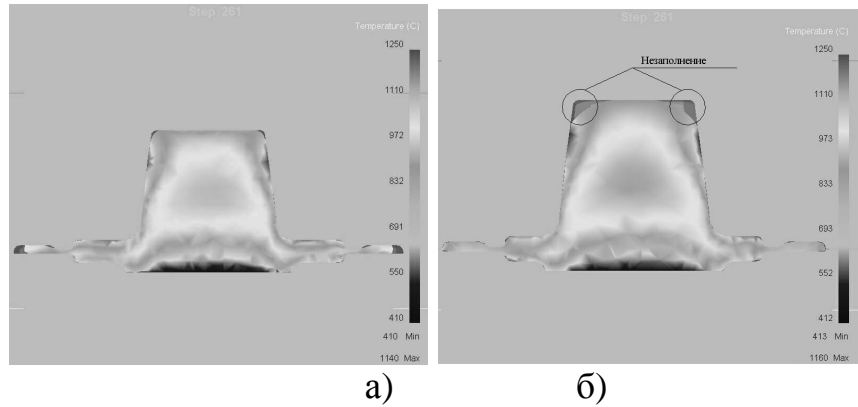


Рис. 1. Штамповка в чистовом ручье с постоянной скоростью 5 мм/с (объем заготовки  $V_{заг}$  в обоих случаях одинаковый): а)  $h/d=0,5$ ; б)  $h/d=0,65$ .

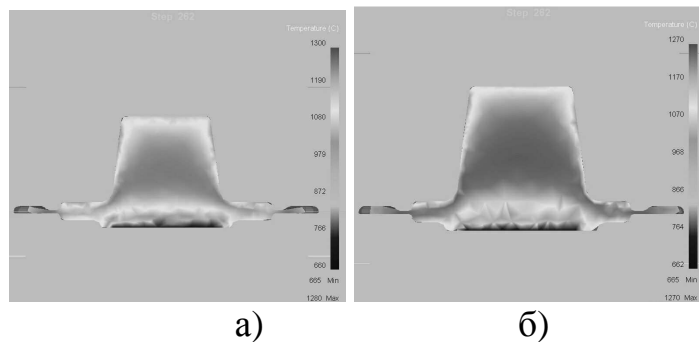


Рис. 2. Штамповка в чистовом ручье с постоянной скоростью 150 мм/с (объем заготовки  $V_{заг}$  в обоих случаях одинаковый): а)  $h/d=0,5$ ; б)  $h/d=0,65$ .

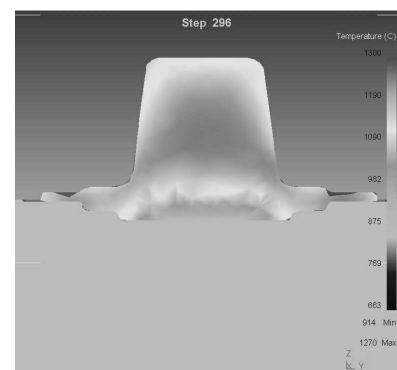


Рис. 3. Штамповка в чистовом ручье на молоте с  $МПЧ=2Т$ ;  $h/d=0,65$

**Список литературы:** 1. Сидоров А. Настоящее и будущее моделирования процессов обработки металлов давлением/ А.Сидоров// САПР и графика.- 2007.- №10.- С.78. 2. Букарев И.М. Моделирование процесса объемной штамповки в Deform-3D и QForm-3D/ И.М. Букарев, Д.М. Бабин// Наука и образование.-2008.-№6.

*Поступила в редколлегию 15.03.2012*