

Технология и технологические машины



ТАРАСКИН
Олег Александрович
студент



БАСКАКОВ
Владимир Дмитриевич
кандидат технических
наук, доцент
кафедры «Технологии
ракетно-космического
машиностроения»
(МГТУ им. Н.Э. Баумана)
e-mail: ostgoth@xakep.ru

УДК 621.9.02—229

Математическое моделирование процесса закрепления конической оболочковой детали на конической оправке при механической обработке

О.А. Тараскин, В.Д. Баскаков

Проведены численные исследования процесса деформирования конической оболочковой детали на конической оправке при наличии перекоса между их осями симметрии. Получены графические зависимости перекоса от силы закрепления и коэффициента трения между деталью и оправкой.

Ключевые слова: коническая оболочка, оправка, эквивалентные напряжения, центрирование, численное моделирование.

Mathematical modeling of the process of fixing a part conical shell on a conical mandrel during mechanical treatment

O.A. Taraskin, V.D. Baskakov

The numerical simulation of the deformation process of a part conical shell on a conical mandrel in the presence of bias between their axes of symmetry has been carried out. The graphics dependence of distortion from the fixing force and the friction coefficient between the part and the mandrel is obtained.

Keywords: conical shell, mandrel, equivalent stresses, centering, numerical simulation.

Наиболее важной для обеспечения точности изготовления детали является механическая обработка, в процессе которой происходит формирование поверхностей детали и устранение погрешностей предварительной обработки.

В рамках работы численно моделируется процесс закрепления тонкостенной конической оболочки (КО) на конической оправке для последующей токарной обработки наружной поверхности (рис. 1). Сила закрепления F создается специальным механизмом и прикладывается к основанию КО. При этом необходимо обеспечить плотное, желательно без зазоров, прилегание внутренней поверхности заготовки к оправке [1].

Несовпадение форм внутренней поверхности оболочки и оправки, а также их несоосность приводят к тому, что под действием сил закрепления деталь деформируется и перекашивается. Несоосное расположение детали и оправки в процессе обработки может привести к возникновению разностенности КО. Под разностенностью понимается разность между наибольшим и наименьшим значениями стенки КО в плоскости поперечного сечения.

Для моделирования используется расчетчик Static Structural, входящий в программный пакет ANSYS 13 sp2. Параметры расчетчика задаются в среде Workbench, а построение геометрической и конечно-элементной модели выполняется соответствующими интегрированными компонентами пакета ANSYS 13.

При проведении расчетов приняты следующие исходные данные. Изначально оси заготовки и оправки не совпадают (рис. 1, а). Угловое рассогласование имеет место в вертикальной плоскости и составляет $0,063^\circ$. Это приводит к тому, что вершина заготовки отклоняется на $0,023$ мм от оси OX в вертикальном направлении. Угол раствора конуса оправки больше угла раствора конуса внутренней поверхности заготовки на $0,12^\circ$. Диаметр основания заготовки 40 мм. Выбор значения углового рассогласования обусловлен очевидным желанием обеспечить деформирование КО в упругой области.

Оправка принимается абсолютно жесткой. Модель оправки задает граничные условия для заготовки своей неподвижной внешней поверхностью.

Параметры заготовки приведены в табл. 1. Параметры материала заготовки (алюминиевый сплав) взяты из библиотеки материалов

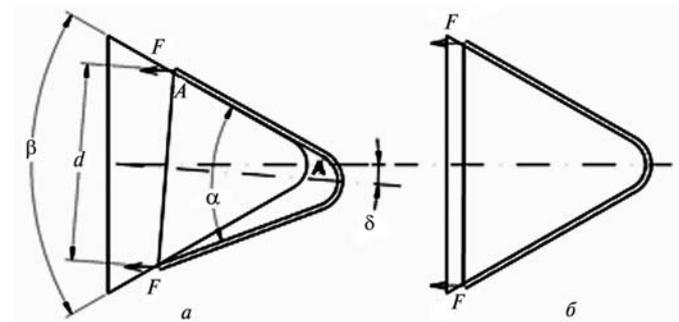


Рис. 1. Схема закрепления заготовки:

a — начальная стадия; b — конечная стадия; α — угол раствора конуса заготовки; β — угол раствора конуса оправки; δ — угол между осями заготовки и оправки; d — диаметр основания заготовки

ANSYS и приведены в табл. 2. Параметры, не имеющие значения в рамках решаемой задачи, опущены.

Таблица 1

Параметры модели заготовки

Объем	$1,4521 \cdot 10^{-6}$ м ³
Масса	$4,0222 \cdot 10^{-3}$ кг
Количество узлов	14 880
Количество элементов	7 490

Таблица 2

Свойства модели алюминиевого сплава

Плотность	$2\,770$ кг·м ⁻³
Предел текучести при сжатии	$2,8 \cdot 10^8$ Па
Предел текучести при растяжении	$2,8 \cdot 10^8$ Па
Модуль Юнга	$7,1 \cdot 10^{10}$ Па
Коэффициент Пуассона	0,33
Объемный модуль сжатия	$6,9608 \cdot 10^{10}$ Па
Модуль сдвига	$2,6692 \cdot 10^{10}$ Па

Рассматривается два варианта системы: с коэффициентом трения $k = 0$ и $k = 0,3$ по соприкасающимся поверхностям. На рисунках 2 и 3 приведены градиентные графики эквивалентных напряжений по фон Мизесу заготовки в конечной стадии процесса для расчетов без трения и с трением соответственно.

Наблюдаемые картины для рассматриваемых случаев имеют сходную концентрацию на-

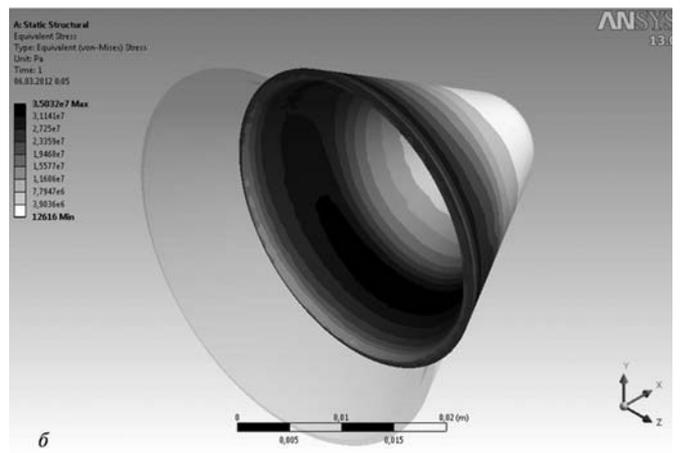
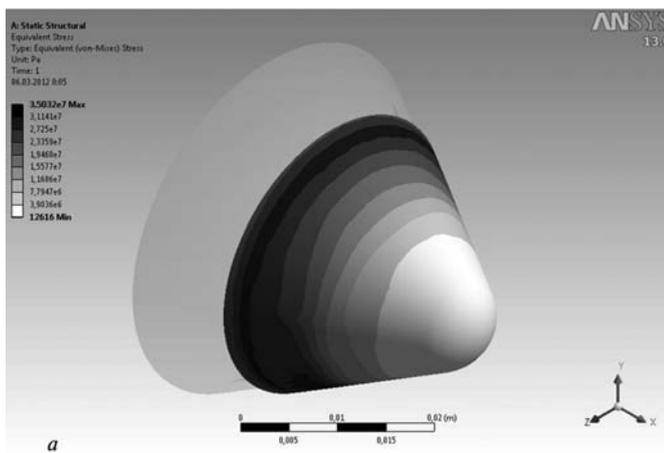


Рис. 2. Градиентные графики эквивалентных напряжений по фон Мизесу для варианта $k = 0$:
 а — внешняя поверхность; б — внутренняя поверхность

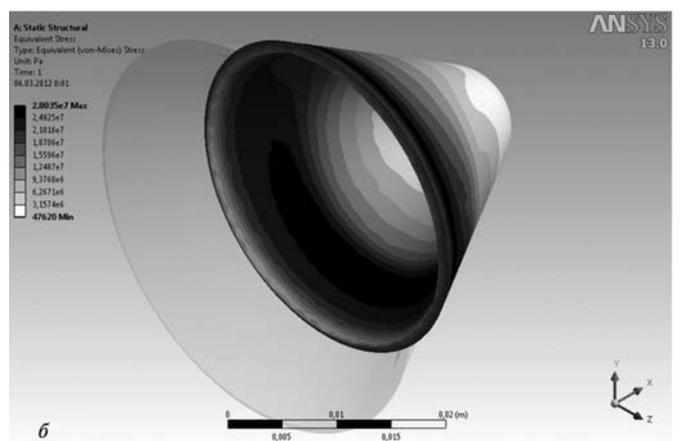
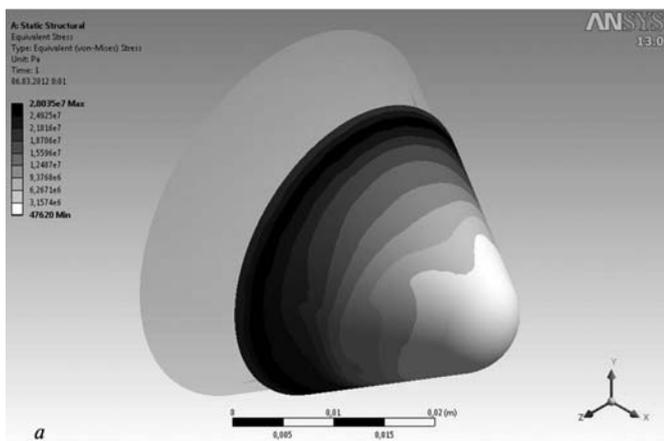


Рис. 3. Градиентные графики эквивалентных напряжений по фон Мизесу для варианта $k = 0,3$:
 а — внешняя поверхность; б — внутренняя поверхность

пряжения в нижней части заготовки. Максимальные значения эквивалентного напряжения для $k = 0$ выше (35 МПа против 28 МПа), но область максимальных напряжений для $k = 0,3$ больше, что особенно заметно на внутренних поверхностях заготовки (рис. 2, б; рис. 3, б). Эта осевая асимметрия и в то же время симметрия относительно вертикальной плоскости свидетельствует о возникновении момента сил, вызывающего изменение угла δ . Также наблюдается нарушение характерной кольцевой структуры напряжений в верхней части заготовки при наличии в системе трения, что объясняется возникновением касательных напряжений по соприкасающимся поверхностям.

Процесс центрирования наблюдается по изменению координат вершины заготовки δx (рис. 4). Изначально вершина имела координату по оси $Y - 0,023$ мм, таким образом, положительные значения перемещения свидетельствуют о том, что в процессе приложения усилия закрепления идет процесс центрирования. Явное различие в процессе для вариантов с трением и без трения свидетельствуют о значимости трения в данной системе. При отсутствии трения в системе уменьшение отклонения вершины от оси оправки сокращается в 2 раза больше, чем при высоком коэффициенте трения. Однако низкий коэффициент трения может привести к прокручиванию заготовки на оправке под действием сил резания. Таким

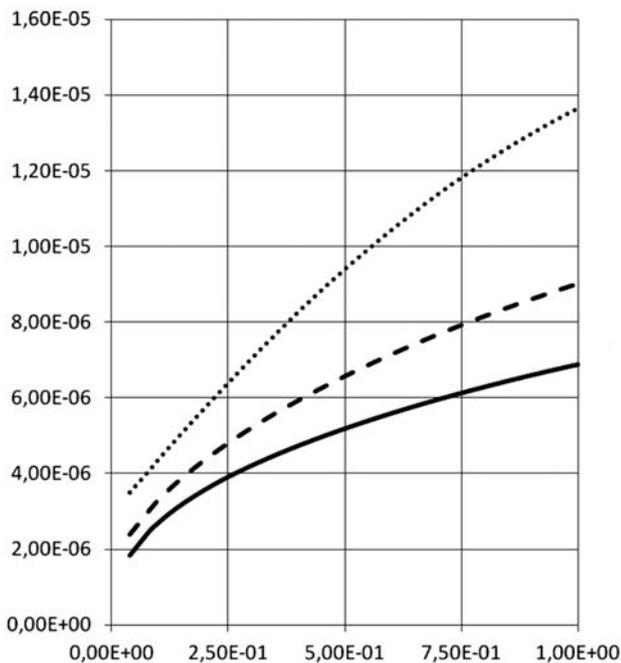


Рис. 4. Перемещения в направлении оси Y вершины заготовки (м) в процессе пошагового расчета системы для рассмотренных вариантов:

··· — $k = 0$; - - - - $k = 0,15$; — — — $k = 0,3$

образом, для данной системы можно рекомендовать минимальный коэффициент трения,

при котором будет обеспечено надежное закрепление заготовки на оправке в процессе обработки.

Выводы

1. Численными расчетами показано, что первоначально несимметрично расположенная относительно оправки заготовка при закреплении деформируется несимметрично как в окружном, так и в меридиональном направлении.

2. Установлено, что в процессе раздачи на конической оправке заготовка центрируется и поворачивается, что способствует уменьшению погрешности базирования.

3. Показано, что снижение коэффициента трения между заготовкой и оправкой улучшает центрирование заготовки.

Литература

1. Тарасов В.А., Баскаков В.Д., Круглов П.В. Научные основы проектирования технологии изготовления прецизионных кумулятивных зарядов // Экстремальные состояния вещества. Детонация. Ударные волны. Труды международной конференции III Харитоновские тематические научные чтения. Саров, 26 февраля — 02 марта 2001. С. 254—257.

Статья поступила в редакцию 02. 05.2012