

ФОРМООБРАЗОВАНИЕ СФЕРООБРАЗНЫХ ОБОЛОЧКОВЫХ ДЕТАЛЕЙ

В.В. Бондарев

*Учреждение образования «Гомельский государственный
технический университет имени П.О. Сухого», Беларусь*

Научный руководитель В.Г. Короткевич

Настоящая работа посвящена решению важной технической задачи – разработке интенсивной технологии формообразования пластическим деформированием одного из необходимых классов деталей из листа – класса сферообразных оболочковых деталей.

Постановка этой задачи вызвана следующим:

1. Широтой и большими перспективами применения сферообразных оболочковых деталей в различных отраслях.
2. Уникальностью оболочек-емкостей сферообразной формы благодаря способности их заключать в себе максимальный объем транспортируемой среды при минимальной поверхности, минимальную массу и наивысшую прочность.

3. Значительное место среди деталей оболочковых конструкций занимают детали типа днищ двойной кривизны сферообразной, эллиптической и куполообразной формы – незамкнутые оболочки, являющиеся замыкающим конструктивным элементом различного рода емкостей, резервуаров, баков, цистерн, баллонов, работающих при значительных внутренних и внешних давлениях, в активных химических средах, а также применяемых при хранении и транспортировке различных материалов [2].

Получение сферообразных оболочек может быть осуществлено следующими технологическими процессами: прямой и обратной вытяжкой в инструментальных вытяжных штампах, формообразованием резиной по жесткому пуансону с подвижным прижимом, реверсивной штамповкой-вытяжкой и другими процессами. Все эти процессы в той или иной мере находят применение в промышленности.

Вместе с тем анализ традиционно применяемых технологий получения класса сферообразных оболочковых деталей показывает, что существующие технологии не обеспечивают в полной мере требований конструкции подобного типа деталей, поскольку сохраняется значительная удельная масса, неравномерность и большое утонение стенки детали, недостаточно высокое качество поверхности, высокая неоднородность механических свойств.

Исключение этих недостатков достигается применением нового двухпереходного процесса [1] фрикционно-реверсивной вытяжки эластичным пуансоном по жесткой матрице (рис. 1).

В связи с изложенным, целью настоящей работы явилась разработка научных и практических основ нового, наиболее эффективного, по сравнению с существующими, технологического процесса фрикционно-реверсивной вытяжки эластичной средой обеспечивающего минимальное утонение, равномерность свойств и высокое качество поверхности стенки детали сферообразной формы.

Для исследования напряженного состояния системы расчленили нагруженную внешними силами деформируемую заготовку на зоны, представляющие собой простейшие геометрические элементы (кольцо, тор, цилиндр и т. д.) с однородными схемами напряженного состояния (рис. 1); рассматривали равновесие каждой зоны под действием внешних и внутренних сил с последующей сшивкой (интергацией) их и установлением величин напряжений в любом сечении очага деформации.

Экспериментальные исследования носили комплексный характер и были направлены на определение ряда параметров технологического процесса.

Для решения поставленных задач наиболее приемлемым оказался метод координатных сеток. В отличие от метода муаровых полос и поляризованно-оптического метода, применение которых, как правило, ограничивается исследованием образцов с плоскими поверхностями, данный метод позволяет проверить исследования деформируемого состояния сферических оболочковых деталей. Метод координатных сеток проще и нагляднее, кроме того, он обладает достаточной точностью и надежностью, диапазон его применения достаточно широк.

В качестве материала заготовок использовались наиболее распространенные в конструкциях летательных аппаратов сплавы на алюминиевой основе: $AM_{ц}AM$ и $D16M$, а также нержавеющая сталь аустенитного класса $12X18H10T$.

Получены типовые полуфабрикаты правильной формы. После проведения экспериментов каждый образец-полуфабрикат подвергался тщательному измерению в четырех направлениях под углом 90° к направлению проката.

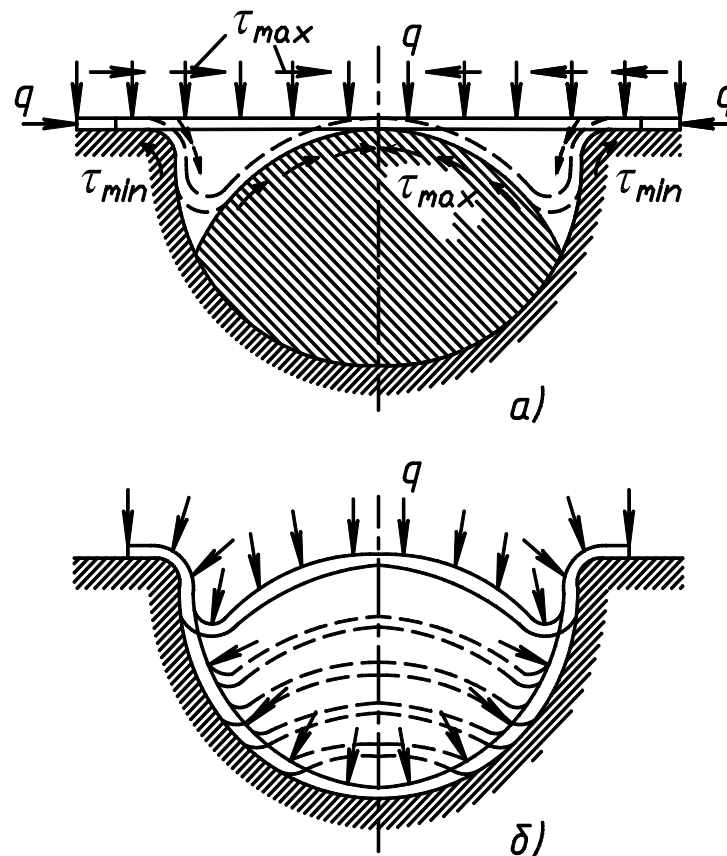


Рис. 1. Принципиальная технологическая схема
фрикционно-реверсивной вытяжки сферообразных деталей:
а – исходное положение и процесс формообразования кольцевого рифта (первая стадия);
б – выворачивание оформленного рифта и калибровка рельефа (вторая стадия)

По искажению диаметров окружности координатной сетки была получена информация о напряженном состоянии, главных деформациях (тангенциальной, меридиальной и радиальной или толщинной), интенсивности деформации, которые определились по соотношениям:

$$- \text{тангенциальная деформация: } \varepsilon_{\theta} = \frac{r_i}{r_0} - 1;$$

$$- \text{радиальная (толщинная деформация): } \varepsilon_s = \frac{S_i}{S_0} - 1;$$

$$- \text{меридеальная деформация: } \varepsilon_p = -(\varepsilon_{\theta} + \varepsilon_s).$$

Интенсивность деформации определялась:

$$\varepsilon_i = \frac{\sqrt{2}}{3} \cdot \sqrt{(\varepsilon_p - \varepsilon_{\theta})^2 + (\varepsilon_{\theta} - \varepsilon_s)^2 + (\varepsilon_s - \varepsilon_p)^2}.$$

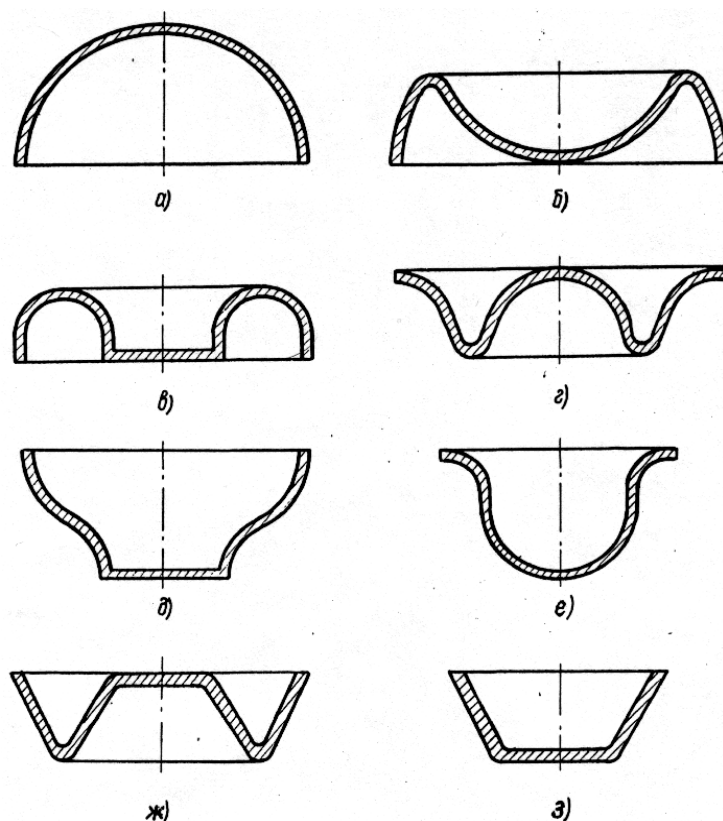


Рис. 2. Типовые формы деталей, формообразуемых процессом фрикционно-реверсивной вытяжки эластичной средой по жесткой матрице: *a* – сферические и сферообразные детали-оболочки; *б* – детали знакопеременной кривизны, в том числе полуфабрикаты для получения сферообразных оболочковых деталей с равномерной толщиной стенки; *в* – горообразные детали или полуфабрикаты для получения конусообразных оболочек со знакопеременной образующей (*д*); *г, ж* – сложноконтурные полуфабрикаты для получения глубоких сферообразных (*е*) и конических (*з*) деталей из плоской заготовки

На базе исследования напряженного и деформированного состояний заготовки при формообразовании сферообразных оболочек новым технологическим процессом установлены его наивысшие по сравнению с другими процессами вытяжки технологические возможности, какими являются минимальное утонение и равномерность толщины стенки детали. Этим процессом можно получить детали следующих форм (рис. 2).

Литература

1. Исаченков, Е.И. Особенности процесса формообразования сферообразных оболочек /Е.И. Исаченков, В.Г. Короткевич, С.В. Жигилий //Сборник науч. тр. – М., 2003. – С. 136-144.
2. Мельников, Э.Л. Холодная штамповка днищ /Э.Л. Мельников. – М.: Машиностроение, 1986. – 192 с.