

проведённых исследований получены необходимые данные и разработаны методики проектирования техпроцесса и технологического оснащения для стеснённого изгиба прямолинейных и криволинейных бортов полиуретаном. Экспериментально изготовленные

стеснённым изгибом детали имеют хорошее качество, отличаются меньшим углом пружинения, меньшим диапазоном разброса углов пружинения, набор толщины в зонах, где при обычной штамповке наблюдается наибольшее утонение, составил до 8%.

## ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА СТЕСНЕННОГО ИЗГИБА ПРЯМОЛИНЕЙНЫХ БОРТОВ ЛИСТОВЫХ ДЕТАЛЕЙ ЭЛАСТОМЕРОМ

© 2012 Шаров А.А., Плотников А.Н.

ФГБОУ ВПО «Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королева (национальный исследовательский университет)», Самара

## THEORETICAL RESEARCH OF PROCESS OF THE STRAITENED BEND OF RECTILINEAL BOARDS OF SHEET DETAILS ELASTOMER

© 2012 Sharov A.A. Plotnikov A.N.

Carried out theoretical study of the process of stamping sheet details elastomer in conditions restrained bending. Methods have been developed determining the working pressure of the elastomer and the necessary excess of the board to implement the constrained bending of polyurethane in a container with a closed volume. The developed method showed a good agreement with experimental data.

Стеснённый изгиб листовых заготовок эластичной средой, как отмечалось в работе, обеспечивает повышение показателей качества деталей летательных аппаратов при незначительном усложнении технологической оснастки. При этом процесс штамповки осуществляется в два этапа, как представлено на рисунке 1.

На первом переходе (рисунок 1, а) заготовка 1 изгибается по гибочной оправке 2 под действием давления эластомера 3, заключенного в контейнер. Затем под торец борта заготовки 4 (рисунок 1, б) устанавливается опорная пластина 5 для создания определённого зазора  $\Delta H$  между верхней плоскостью гибочной оправки и стенкой заготовки (рисунок 1, б, слева). Для предотвращения потери устойчивости изогнутого борта заготовки 4 на опорную пластину 5 ставятся эластичные подпоры 6. затем осуществляется второй переход штамповки. Под действием давления эластомера стенка заготовки вначале прогибается в центральной части, а затем

образуется волна избыточного материала в зоне скругления гибочной оправки с радиусом  $r_0$  (см. рисунок 1, б, справа).

При дальнейшем увеличении давления эластомера толщина заготовки в зоне радиусагиба увеличивается, а пружинение борта уменьшается за счёт изменения схемы напряжённо-деформированного состояния материала.

Для определения параметров процесса пластической осадки радиусной зоны детали получено решение на основе задачи обжима толстостенной трубы внешним давлением.

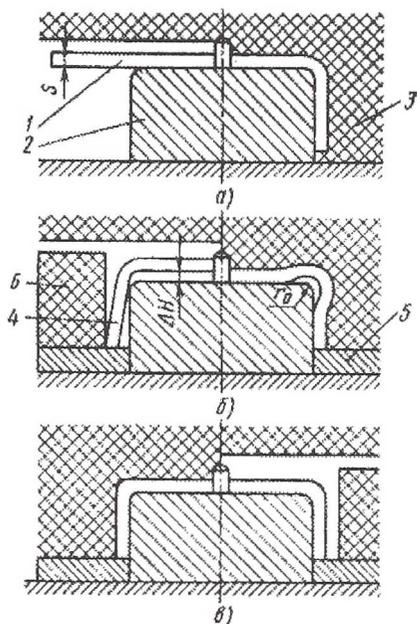


Рис. 1. Последовательность штамповки деталей стеснённым изгибом

Для согласования напряжённо - деформированного состояния материала в зоне пластического деформирования с заданными силовыми и геометрическими параметрам процесса стеснённого изгиба при штамповке эластомером получено решение краевой упругопластической задачи осадки цилиндрической волны материала детали в процессе выполнения окончательной операции штамповки эластомером методом стеснённого изгиба.

**Моделирование, таким образом, заключается в решении краевой задачи пластического деформирования трубы с исчезновением упругой зоны под действием равномерного внешнего давления.**

В результате решения краевой задачи получены выражения для определения утолщения материала детали в радиусной зоне её борта  $\delta$ , и для

определения давления эластомера  $p^*$  в виде:

$$\delta = \frac{\sqrt{1+2\nu+\nu^2+2a\nu}-1}{\nu},$$

$$p^* = \frac{2}{\sqrt{3}} k \left( \frac{2a+\nu}{2(1+a)} \right)^n \cos \left( \frac{7\pi}{6} - \Theta_2 \right),$$

где  $a = \frac{2 \Delta H_1}{\pi R_1^*}$ ,  $\nu = \frac{s}{R_1^*}$ , - безразмерные параметры.

Значение  $\Theta_2$  определяется в результате численного решения трансцендентного уравнения, которое с учётом (17) представлено в следующем виде:

$$\sin \Theta_2 e^{\left( \frac{2\pi}{\sqrt{3}} - \sqrt{3}\Theta_2 \right)} = \frac{\sqrt{3}}{2(1+2\nu+\nu^2+2a\nu)},$$

причём значение  $\Theta_2$  определено на интервале от  $\frac{2\pi}{3}$  до  $\pi$ .

Сравнивая полученные теоретические и экспериментальные величины давления эластомера, сделан вывод, что расчётные формулы, полученная исходя из условия плосконапряжённого состояния материала заготовки, дают достаточно точное соответствие с экспериментальными величинами давления эластомера, создаваемого при штамповке детали со стеснённым изгибом.

**Выводы.** Разработанная методика расчета рабочего давления полиуретана, учитывающая утолщение и упрочнение материала в процессе формообразования бортов листовых деталей стеснённым изгибом имеет хорошее соответствие с экспериментальными данными.

УДК 629.7.036.3

## ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ДИНАМИКИ ТРУБОПРОВОДОВ АВИАЦИОННОГО ДВИГАТЕЛЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ANSYS

© 2012 Швецов А.В.

Самарский государственный аэрокосмический университет  
имени академика С.П. Королева  
(национальный исследовательский университет), Самара