

ФОРМИРОВАНИЕ ТРЕБУЕМОЙ ТОЛЩИНЫ СТЕНКИ ПОЛЫХ ИЗДЕЛИЙ ЭЛАСТИЧНЫМ ИНСТРУМЕНТОМ

© 2003 В. К. Моисеев, А. Д. Комаров, А. А. Шаров

Самарский государственный аэрокосмический университет

Приведены сведения о разработанных и запатентованных устройствах для формирования требуемой толщины стенки полых изделий. Увеличение толщины достигается за счет обжима волны избыточного материала эластичным инструментом. Предложена математическая модель перераспределения материала. Приведены результаты экспериментальных исследований.

Полые детали типа стаканов, колпачков и т. п. являются самым распространенным классом изделий, получаемых вытяжкой. Существуют различные виды и способы вытяжки, но для всех них характерным недостатком остается большое утонение на радиусе сопряжения стенки и дна. Эта разнотолщинность лимитирует как предельно допустимую степень формоизменения изделия, так и его эксплуатационные характеристики: снижается прочность, надежность, ресурс и увеличивается масса.

Для увеличения толщины материала в ослабленной зоне авторами статьи разработаны технические решения, признанные изобретениями [1, 2].

На рис. 1 представлено устройство, которое за один ход пресса производит вытяжку, обрезку припуска и при этом обеспечивает увеличение толщины материала в зоне сопряжения дна и стенки [1].

Устройство состоит из матрицы 1; пуансона 2, закрепленного через эластичную втулку 3 с помощью винта 4 на пуансонодержателе 5, снабженном металлической втулкой 6 с острой режущей кромкой. Пуансонодержатель 5 винтами 7 закреплен на верхней плите 8. В матрице 1 размещены диск 9 из эластичного материала и выталкиватель, состоящий из упора 10 и штоков 11.

В качестве эластичного материала используются в основном полиуретан и рези-

на. При этом резина является более доступной и дешевой, но может применяться лишь при небольшой нагрузке (давление не более 50...100 МПа). В процессе штамповки пуансон осуществляет вытяжку, а режущая кромка втулки 6 – обрезку припуска по контуру. При этом упор 10 опускается вниз, преодолевая силу буферного устройства (рис. 1а, справа). При наращивании силы пресса эластичная втулка 3 сжимается, пуансон 2 поднимается вверх. Эластичный диск деформи-

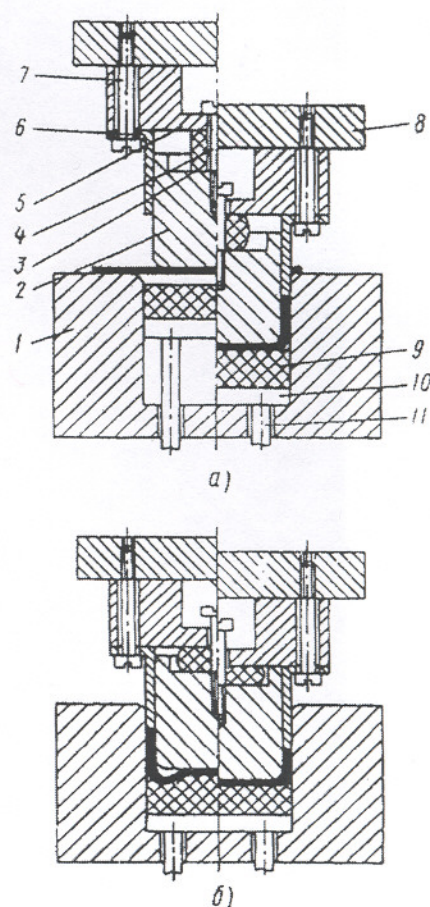


Рис. 1. Устройство для вытяжки заготовки, обрезки припуска и увеличения толщины материала в зоне сопряжения дна со стенкой за один ход пресса: а, б – начальная и конечная стадии процесса

руется и прогибает заготовку в центральной части, образуя волну избыточного материала в зоне радиуса сопряжения дна со стенкой (рис. 1б, слева). Под действием увеличивающегося давления эластичной среды волна избыточного материала обжимается по пуансону, благодаря чему происходит утолщение материала в зоне сопряжения (рис. 1б, справа). Таким образом, за один ход пресса осуществляются вытяжка детали, обрезка припуска и происходит утолщение материала в зоне сопряжения дна со стенкой.

На рис. 2 представлено устройство для увеличения толщины материала в ослабленной зоне у предварительно вытянутых традиционными способами заготовок [2]. В устройстве пуансон 2 установлен на подштамповой плите 1. Контейнер для эластичного инструмента выполнен в виде металлической втулки 3, которая через опорное кольцо 4 и эластичную шайбу 5 закреплена винтом 7 на верхней плите 6. В образованный контейнер-втулку запрессован диск 8, изготовленный из эластичного материала. Предварительно вытянутую заготовку устанавливают на пуансон 2 и производят штамповку (рис. 2а). При этом втулка 3 опускается на плиту 1 до начала сжатия шайбы 5 и диска 8. При возрастании силы пресса начинает сжиматься шайба 5, которая прижимает втулку 3 к плите 1, и в результате образуется необходимое замкнутое пространство контейнера. Затем диск 8 начинает давить на дно заготовки, прогибая ее в центральной части до торца пуансона. При этом в зоне радиуса сопряжения дна со стенкой образуется волна избыточного материала (рис. 2б). При дальнейшем увеличении давления эластичной среды волна избыточного материала обжимается по скруглению пуансона, и в указанной зоне происходит увеличение толщины материала (рис. 2в), которое зависит от образующегося превышения высоты полуфабриката над высотой детали ΔH между торцом пуансона и нижней поверхностью дна заготовки. Варьируя этим зазором или его аналогом при работе по схеме, приведенной на рис. 1, можно получать задаваемую необходимую толщину на радиусе сопряжения дна со стенкой.

Обжим волны избыточного материала по поверхности скругления пуансона был исследован как экспериментально, так и теоретически. Эксперименты выполнялись на гидравлическом прессе с максимальным усилием 2500 кН в контейнере с внутренним диаметром 100 мм, оснащенный эластичным материалом – полиуретаном марки СКУ-7Л. Наибольшее создаваемое давление полиуретана достигало 318 МПа. В качестве полуфабрикатов использовались образцы из сплава АМцМ толщиной $S_0 = 0,8$ мм, полученные вытяжкой в матрице диаметром 40 мм. Оправкой служил пуансон с радиусом скругления $r = 2,5$ мм. На рис. 3 представлены результаты, полученные после обработки экспериментальных данных.

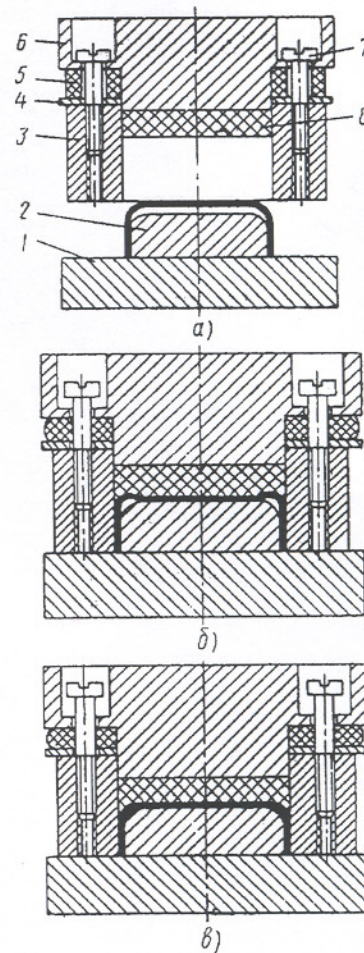


Рис. 2. Устройство для увеличения толщины материала предварительно вытянутой детали в зоне сопряжения дна со стенкой:
а, б, в – соответственно начальная, промежуточная и конечная стадии процесса

Увеличение толщины по контуру осевого сечения происходит неравномерно. В средней части радиуса перехода после вытяжки образцы имели утонение около 8 %, после обжима в этой же зоне наблюдается утонение до 13 % от первоначальной толщины S_0 . По мере удаления от средней части радиуса перехода как утонение до, так и утолщение после обжима уменьшаются.

Эксперимент показал также, что с увеличением ΔH утонение вначале уменьшается, а затем наблюдается утолщение материала. Излишнее увеличение ΔH приводит к потере устойчивости стенки и образованию трудноисправимых складок.

Для теоретического анализа утолщения в первом приближении можно принять, что утолщение стенки изменяется в зависимости от угла α (рис. 3) по линейному закону:

$$\Delta S^+ = \frac{4\Delta S_{max}^+}{\pi} \alpha, \text{ при } \alpha = 0 \dots \frac{\pi}{4};$$

$$\Delta S^+ = 2\Delta S_{max}^+ - \frac{4\Delta S_{max}^+}{\pi} \alpha, \text{ при } \alpha = \frac{\pi}{4} \dots \frac{\pi}{2},$$

где ΔS^+ - утолщение; ΔS_{max}^+ - наибольшее утолщение, наблюдаемое в зоне $\alpha = \frac{\pi}{4}$.

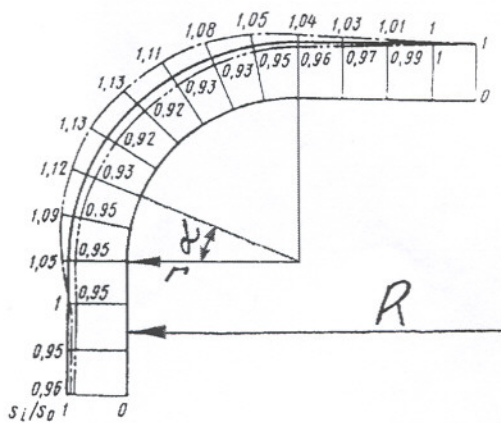


Рис. 3. Распределение толщины материала после вытяжки образцов в зоне радиуса перехода дна со стенкой:
 — - начальная толщина материала;
 - - - толщина после вытяжки;
 - · - толщина после стесненного изгиба

По такому же закону изменяется и утонение ΔS^- после вытяжки, достигая в зоне

$$\alpha = \frac{\pi}{4} \text{ наибольшей величины } \Delta S_{max}^-.$$

Принимая во внимание известное допущение о несжимаемости, можно утверждать, что объем избыточного материала

$$V = 2\pi \left(R + \frac{S_0}{2} \right) S_0 \Delta H$$

равен объему набора толщины на радиусе перехода дна со стенкой. Этот объем можно считать состоящим из двух частей (рис. 4):

- часть, необходимая для восстановления толщины до начальной, исходной после утонения (V^-);

- часть, обеспечивающая утолщение (V^+).

Эти объемы могут быть рассчитаны, исходя из принятых законов распределения утолщения и утонения по углу α .

Объем металла для компенсации утонения ΔS^- :

$$V^- = \int_0^{\frac{\pi}{2}} 2\pi \left(R + S_0 - \left(r + S_0 - \left(r + S_0 - \frac{\Delta S^-}{2} \right) \cos \alpha \right) \right) \left(r + S_0 - \frac{\Delta S^-}{2} \right) \Delta S^- d\alpha$$

Объем металла на утолщение стенки на величину ΔS^+ по отношению к начальной толщине S_0 :

$$V^+ = \int_0^{\frac{\pi}{2}} 2\pi \left(R + S_0 - \left(r + S_0 + \frac{\Delta S^+}{2} \cos \alpha \right) \right) \left(r + S_0 + \frac{\Delta S^+}{2} \right) \Delta S^+ d\alpha$$

Величины $\frac{\Delta S^-}{2}$ и $\frac{\Delta S^+}{2}$ по сравнению с $(r + S_0)$ пренебрежимо малы (составляют не более 5 %), и поэтому можно принять:

$$V^- = \int_0^{\frac{\pi}{2}} 2\pi (R + S_0 - (r + S_0 - (r + S_0) \cos \alpha)) (r + S_0) \frac{4\Delta S_{max}^-}{\pi} \alpha d\alpha + \int_0^{\frac{\pi}{4}} 2\pi (R + S_0 - (r + S_0 - (r + S_0) \cos \alpha)) (r + S_0) \left(2\Delta S_{max}^- - \frac{4\Delta S_{max}^-}{\pi} \alpha \right) d\alpha$$

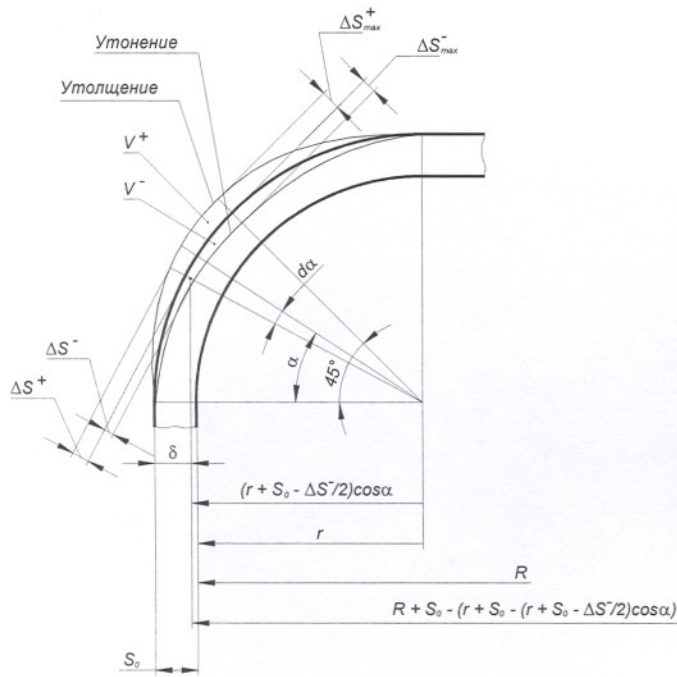


Рис. 4. Схема к расчету объемов

Аналогичную зависимость можно записать и для V^+ .

После преобразований и вычислений получено:

$$V^- + V^+ = (4,93R - 1,62r + 3,31S_0)(r + S_0)(\Delta S_{max}^- + \Delta S_{max}^+)$$

Таким образом, объем металла от превышения ΔH равен найденной сумме $V^- + V^+$

$$2\pi \left(R + \frac{S_0}{2} \right) S_0 \Delta H = (4,93R - 1,62r + 3,31S_0)(r + S_0)(\Delta S_{max}^- + \Delta S_{max}^+)$$

откуда

$$\Delta H = \frac{1,57R - 0,516r + 1,054S_0}{2R + S_0} \cdot \frac{r + S_0}{S_0} (\Delta S_{max}^- + \Delta S_{max}^+). \quad (1)$$

Для изделий с $R \gg S_0$ можно принять

$$\Delta H = \frac{1,57R - 0,516r}{2R} \cdot \frac{R + S_0}{S_0} (\Delta S_{max}^- + \Delta S_{max}^+).$$

На практике чаще всего принимается $r = 3 S_0$, и в этом случае из формулы (1) следует, что

$$\Delta H = \frac{6,28R - 1,97S_0}{2R + S_0} (\Delta S_{max}^- + \Delta S_{max}^+). \quad (2)$$

Для изделий с $R \gg S_0$ и $r = 3 S_0$

$$\Delta H = \pi (\Delta S_{max}^- + S_{max}^+). \quad (3)$$

Из последней зависимости следует, что при больших относительно толщины радиусах кривизны в плане R и типовых величинах радиусов скругления r кривизна в плане перестает влиять на разнотолщинность. Это является вполне логичным, так как в этом случае конструкция изделия вырождается в прямолинейный борт.

Полученные зависимости позволяют обеспечить заданное утолщение путем изменения величины ΔH , то есть управлять разнотолщинностью полых изделий. Эти же зависимости можно использовать для управления разнотолщинностью сопряжения основания и борта для криволинейных и прямолинейных бортов, получаемых гибкой.

Для описанного выше эксперимента максимальные значения утонения и утолщения составляют (рис. 3): $\Delta S_{max}^- = 0,064$ мм и $\Delta S_{max}^+ = 0,104$ мм. Для того, чтобы утонение, полученное при вытяжке, снизить до нуля, необходимо изготовить полуфабрикат с превышением высоты, рассчитанным по формуле (2) при $\Delta S_{max}^- = 0,064$ и $\Delta S_{max}^+ = 0$. Произведя расчеты, можно получить, что $\Delta H = 0,019$ мм.

Для получения указанного утолщения величиной 0,104 мм необходимо обеспечить превышение высоты, рассчитанное по формуле (2) при $\Delta S_{max}^- = 0,064$ мм и $\Delta S_{max}^+ = 0,104$ мм. После вычислений можно получить, что в этом случае $\Delta H = 0,5$ мм. При расчете по упрощенной зависимости (3) для изделий с $R \gg S_0$ ($R = 20$ мм, $S_0 = 0,8$ мм) это превышение составит 0,53 мм, что по сравнению с результатом расчета по форму-

ле (2) больше на 6 %, и поэтому такую разницу можно считать незначительной для технологических расчетов.

Эксперименты показали, что разработанные и запатентованные устройства позволяют увеличивать толщину на радиусе сопряжения стенки и дна полых деталей, полученных вытяжкой. В результате теоретического анализа перераспределения материала получены выражения для расчета размеров полуфабриката, обеспечивающих требуемое утолщение.

Список литературы

1. Патент 2173597 РФ, МКИ В21D 22/30. Устройство для вытяжки и обрезки деталей

эластичной средой.

2. Патент 2175585 РФ, МКИ В21D 22/10. Устройство для упрочнения деталей эластичной средой.

3. Комаров А. Д., Барвинок В. А., Моисеев В. К., Евдокимова Е. Ю., Шаров А. А. Устройство для вытяжки деталей // Кузнечно-штамповочное производство. 2002. № 11. С. 41-43.

4. Комаров А. Д., Барвинок В. А., Шаров А. А., Моисеев В. К. Разработка и исследование процесса стесненного изгиба листовых заготовок эластичной средой // Кузнечно-штамповочное производство. 1996. № 10. С. 25-29.

CONTROLLING THICKNESS DIFFERENCES OF HOLLOW PIECES BY PLASTIC TOOLS

© 2003 V. K. Moissejev, A. D. Komarov, A. A. Sharov

Samara State Aerospace University

Devices for controlling wall thickness of hollow pieces have been designed and patented. Thickness is increased due to wave pressure of surplus material by an elastic tool. A mathematical model of material redistribution and simple dependences for practical use have been proposed. The results of experimental investigations are given.