

Савченко Н. Ф.
ХНЭУ им. Семена Кузнеца, г. Харьков, Украина

БЕСПРЕССОВЫЕ МЕТОДЫ ШТАМПОВКИ КАК ОДИН ИЗ ВОЗМОЖНЫХ РЕЗЕРВОВ РЕСУРСО- И ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ В ЗАГОТОВИТЕЛЬНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Введение

Ресурсо- и энергосбережение в Украине актуально как с позиций энергонезависимости, так и конкурентоспособности продукции отечественных товаропроизводителей. Повышение конструктивно-технологической сложности изделий ограничено в большинстве случаев технологическими возможностями существующего оборудования. Известно, что свыше 90% металла, который выплавляют, перерабатывается разными видами обработки металлов давлением [1-4].

Большинство авторов отмечают, что важнейшими задачами, стоящими перед технологией машиностроения, являются снижение непроизводительных затрат, обусловленных низкой точностью изготовления полуфабрикатов и деталей, улучшение эксплуатационных и прочностных свойств изделий. Необходимо также и устранение доводочных работ, постепенное снижение доли трудоемких и малопроизводительных технологических процессов, таких, как при листовой штамповке – выколотка, обкатка, штамповка на падающих молотах (и, во многих случаях, на прессах).

Вместе с тем, использование целого ряда прогрессивных методов штамповки, кроме трудностей, связанных с выбором оборудования и оснастки, ограничено технологическими сложностями при изготовлении тонкостенных крупногабаритных деталей из-за возникновения гофров на поверхности деталей. Это способствует возникновению чрезмерных локальных утонений, превышающих допустимые, иногда в 1,5-2 раза. Поиск же эффективных методов интенсификации прогрессивных технологических процессов затрудняется из-за проблем, возникающих преимущественно из-за отсутствия методов и приемов управления процессом формообразования тонколистовых заготовок на различных стадиях их формоизменения (а не только на конечных). В Украине наибольший вклад в разработку специальных методов листовой штамповки внесли такие ученые, как Р.В. Пихтовников, Ю.Н. Алексеев, В.К. Борисевич [1-10]. Это позволило беспрессовые методы считать эффективным средством изготовления высокопрочных и высокоточных деталей без использования дорогостоящего прессового оборудования.

Однако задачи предупреждения потери пластической устойчивости создают большие проблемы, особенно, возникновение в сжато-растянутых зонах гофров или бухтин. В то же время существующие решения при интенсификации беспрессовой штамповки практически не предусматривают возможности использования типовой оснастки при получении деталей, различных по геометрическим и технологическим признакам. Поэтому задачи расширения номенклатуры изделий, снижения расходов на оснастку, улучшения качества изделий, получаемых беспрессовыми методами штамповки с использованием принципов системного подхода, чрезвычайно актуальны.

Цель работы – разработка прогрессивного метода листовой штамповки с использованием преимуществ беспрессовых методов штамповки и искусственного управления локальными несовершенствами типа гофров и бухтин.

Основная часть

Беспрессовые методы штамповки с позиций системного подхода предполагают наличие формозадающей поверхности в виде оснастки, устройств для создания и управления внешней нагрузки, а также приемов для искусственного регулирования зон пластической устойчивости [1-5].

При проектировании технологии штамповки с раздачей полуфабриката необходимо учитывать:

- 1) гибкость или относительную толщину детали;
- 2) относительную глубину штамповки, определяемую отношением глубины (высоты) детали к ее диаметру или условному размеру;
- 3) механические характеристики материала (пределы прочности, текучести, относительное удлинение);
- 4) требования к качеству изделий, определяемые величиной утонений, наличием и размерами гофров на поверхности и отклонениями от норм, допустимыми по техническим условиям.

С этой целью может быть предложен метод беспрессовой штамповки с раздачей полуфабрикатов с использованием специальных технологических приемов для интенсификации штамповки и изменения конструктивных и механических характеристик полуфабрикатов и деталей (рис.1) [6-8].

В соответствии с предложенным методом осуществляют предварительное получение полуфабриката, все размеры которого в плане меньше, чем размеры детали. На втором или третьем штамповочном переходе осуществляют раздачу.

При этом сама деталь может не быть геометрически подобной полуфабрикату (рис. 2).

Беспрессовые методы позволяют использовать как формозадающий элемент 1 (рис. 1) жесткие (металлические или композиционные материалы), а также гибкие, эластичные и комбинированные конструкции. Как элементы 2, регулирующие размеры полуфабриката могут использоваться листовые кольца с технологическими вырезами или без них, жесткие или податливые.

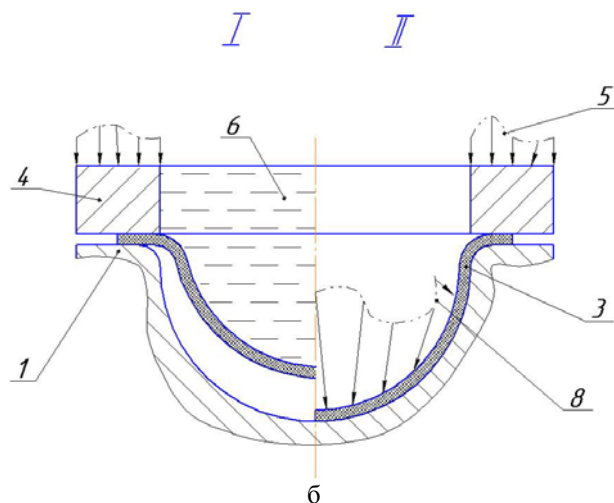
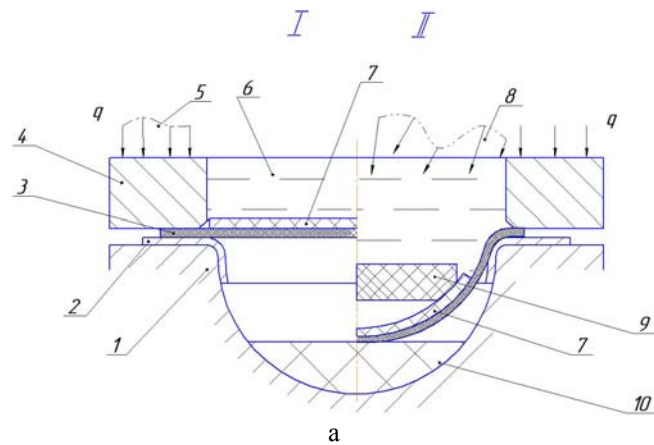


Рисунок 1 – Схема беспрессовой штамповки с раздачей полуфабрикатов: а – получение полуфабриката; б – раздача полуфабриката: 1 – формозадающий элемент; 2 – элементы, регулирующие размеры полуфабриката; 3 – листовая заготовка; 4 – прижимное устройство; 5 – усилия прижима; 6 – среда; 7 – специальные элементы; 8 – внешняя нагрузка; 9 – прокладки со специальными свойствами; 10 – ограничители полуфабриката до размеров готовой детали

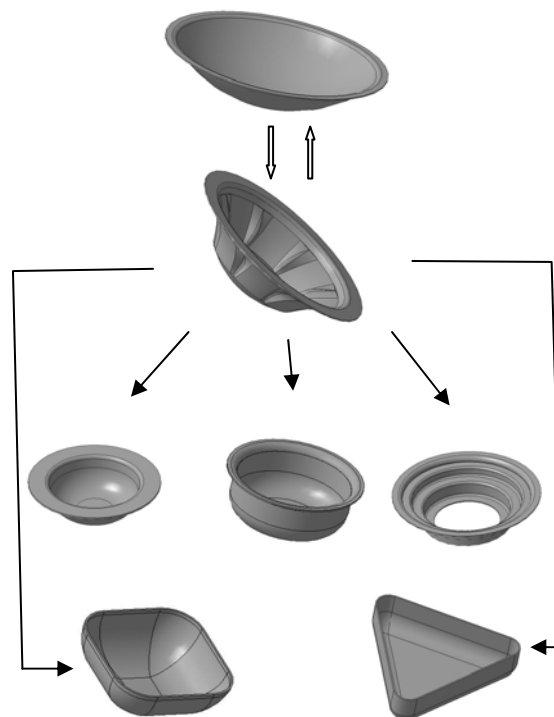


Рисунок 2 – Возможные примеры использования беспрессовой штамповки с раздачей полуфабриката и расширения номенклатуры изделий (имитационные модели)

Для регулирования параметров поверхностного слоя детали могут использоваться прокладки со специальными свойствами 7 и 9 (рис. 1).

Важным преимуществом именно беспрессовых методов можно считать также и возможности в широком диапазоне изменять интенсивность внешней нагрузки, ее распределение по заготовке. Это может быть достигнуто с использованием импульсных источников энергии, например, газодетонационных или электрогидравлических.

При выборе технологических параметров штамповки с раздачей одним из наиболее сложных вопросов является выбор размеров полуфабриката, которые рационально назначать, зная размеры зон двусосного растяжения, располагающиеся в купольной его части. В остальной части полуфабриката (периферийной) преобладают сжато-растянутые зоны. Именно в них и возникают зоны с гофрами в зависимости от принятых технологических мероприятий по их регулированию.

При оценке размеров зон пластической неустойчивости можно исходить из инженерных зависимостей (1):

$$R \cdot \alpha_{\partial p} = r \cdot \left(1 + \frac{2}{3} e_{\theta}\right); \quad (1)$$

$$2\pi \cdot R \cdot \sin \alpha_{\partial p} = 2\pi \cdot R \cdot \left(1 + \frac{\sigma_s}{E}\right),$$

где R , r – соответственно радиус купольной части оболочки и радиус зоны двусосного растяжения; $\alpha_{\partial p}$ – угол между осью оболочки и зоной двусосного растяжения; e_{θ} – тангенциальная деформация; σ_s , E – соответственно предел текучести и модуль упругости.

Исключив параметры r и R , получим:

$$\frac{\alpha_{\partial p}}{\sin \alpha_{\partial p}} = \frac{1 + \frac{2}{3} e_{\theta}}{1 + \frac{\sigma_s}{E}}. \quad (2)$$

Из уравнения (2) можно установить максимально допустимое значение $\alpha_{\partial p}$:

$$\alpha_{\partial p} \leq \frac{\pi}{6} \cdot \frac{\left(1 + \frac{\sigma_s}{E}\right)}{\left(1 + \frac{2}{3} e_{\theta}\right)}. \quad (3)$$

Тогда можно определить максимальные размеры зоны двухсосного растяжения, задав ее радиусом

$$r = r_{\partial p} = R \cdot \sin \alpha_{\partial p}. \quad (4)$$

Зная размеры зоны $r_{\partial p}$, можно более точно оценить качество штампуемых деталей (распределение и величину утонений, размеры зоны возникновения гофров и прогнозировать их величину гофров), назначить рациональную величину степени раздачи полуфабриката, определяемую отношением диаметров (или условного размера) детали и полуфабриката. Также можно определить и величину работы пластической деформации, необходимую для определения параметров внешней нагрузки.

Проведенные эксперименты по раздаче осесимметричных полуфабрикатов показали, что наиболее приемлемые степени раздачи $k_p \leq 1,15$ (рис. 3).

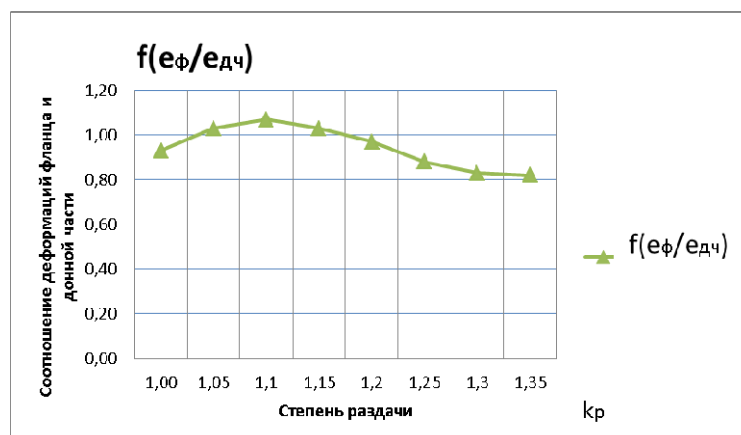


Рисунок 3 – Зависимость средних степеней деформации периферийной (фланцевой) и купольной (донной) частей заготовки от степени раздачи

При этом, чем больше количество гофров на поверхности полуфабриката, тем их размеры меньше колеблются друг от друга и тем больше вероятность равномерного распределения (или близкого к нему) материала

сгофрированной оболочки и, следовательно, лучшие условия для устранения гофров при двухосном растяжении. Регулирование размеров гофров и их расположения может проводиться с использованием методов моделирования или непосредственно в процессе изготовления опытной партии деталей (изменением степени раздачи, уменьшением прижима фланца заготовки, использованием технологических вкладышей).

Возможность устранения гофров и бухтин на поверхности при последующей штамповке-раздаче (второй или последующие переходы) позволяет улучшить также и условия формообразования самого полуфабриката. Это может достигаться снижением усилий прижима фланца заготовки (в отдельных случаях исключить необходимость в прижимных устройствах) и искусственным увеличением протяжного ребра матрицы или матричных колец на 20...50% по сравнению с традиционными методами штамповки. Такие мероприятия позволяют не только снизить на 5-20 % утонения в опасных зонах детали (при штамповке беспрессовыми методами, как правило, купольных), но и соответственно увеличить при необходимости глубину штамповки полуфабриката и детали.

Регулирование размеров полуфабриката упрощает изготовление крупногабаритных деталей, например кузовных для автомобиля или деталей или секций резервуаров, и может быть особенно эффективным мероприятием интенсификации листовой штамповки. При этом для регулирования размеров полуфабриката предполагается использование одного комплекта оснастки и сменных матричных колец. В качестве сменных матричных колец могут использоваться прокладки из листового металла, геометрически подобные отверстию матрицы или со специальными вырезами.

Поэтому использование предложенного метода листовой штамповки цельных изделий беспрессовыми методами не только позволяет в разы снизить капитальные затраты на оборудование и оснастку, исключить последующую сварку секций деталей и их правку и термообработку, но и может быть эффективным при расширении номенклатуры деталей, их габаритов, усложнении их конструктивной сложности, повышении качества изделий.

Выводы

Разработан и может рекомендоваться метод штамповки с искусственным регулированием зон двухосного растяжения. Целенаправленное регулирование размеров полуфабриката упрощает и может быть особенно эффективным мероприятием при изготовлении крупногабаритных деталей, например кузовных для автомобиля или резервуаров. Штамповкой с раздачей полуфабриката на втором или последующих переходах может обеспечиваться и улучшение также условий формообразования самого полуфабриката: снижение утонений стенок, более равномерное распределение гофров на его поверхности. При изготовлении крупногабаритных деталей и отсутствии соответствующего их размерам прессового оборудования такой метод может быть достаточно эффективным при изготовлении деталей сложной формы и большой гибкости (соотношение диаметра и толщины заготовки). Штамповка с раздачей полуфабриката позволяет использовать с целью интенсификации штамповки такие методы, как снижение усилий прижима фланца заготовки (в отдельных случаях исключить необходимость в прижимных устройствах) или искусственно увеличить радиус протяжного ребра матрицы или матричных колец. Как дальнейшая задача предполагается исследование особенностей выбора условий регулирования размеров, расположения и количества гофров для штамповки изделий с формой в плане, отличной от осесимметричной.

Перечень источников литературы: 1. Волков Б.Н. Основы ресурсосбережения в машиностроении / Б.Н. Волков, Г.А. Яновский. – Л.: Политехника, 1991. – 180 с. 2. Ресурсосбережение промышленных предприятий / Н.И. Иванов, А.В. Бреславцев, Л.Т. Хижняк и др. – Донецк: ИЭПНАН Украины, 1999. – 356 с. 3. Кириченко Л.Р. Научная школа профессора ПИХТОВНИКОВА РОСТИСЛАВА ВЯЧЕСЛАВОВИЧА / Л.Р. Кириченко, В.К. Борисевич, Н.Ф. Савченко // Физические и компьютерные технологии: труды 13-й Международной научно-технической конференции, 19–20 апреля 2007, г. Харьков. – Харьков: ХНПК “ФЭД”, 2007. – С. 271–276. 4. Проектирование современных производств обработки металлов давлением / Ю. Н. Стасовский, Ю.С. Кривченко, Г.С. Бабенко; под ред. д.т.н. Ю. Н. Стасовского. – Днепропетровск: МОНОЛИТ, 2009. – 746 с. 5. Задорский В.М. Системный подход к решению вопросов экологизации и энергосбережения / В.М. Задорский // Энергосберегающие технологии. Перспективы их внедрения на предприятиях металлургической отрасли: материалы научно-практического семинара. – Донецк, 2006. – 56 с. 6. Савченко Н.Ф. Беспрессовая штамповка в системе ресурсо- и энергосберегающих технологий заготовительно-штамповочного производства / Н.Ф. Савченко, В.Г. Чистяк, Н.Н. Савченко // Вестник Инженерной академии Украины. – Киев, 2000. – С. 75–79. 7. Мазуровский Б.Я. Электрогидравлический эффект в листовой штамповке / Б.Я. Мазуровский, А.Н. Сизев. – Киев: Наукова думка, 1983. – 192 с. 8. Савченко Н.Ф. О проектировании техпроцессов гидровзрывной тонколистовой штамповки-вытяжки крупногабаритных деталей типа днищ / Н.Ф. Савченко // Импульсная обработка металлов давлением: сб. статей под ред. канд. техн. наук В.К. Борисевича. – М.: Машиностроение. 1977. – С. 51-56. 9. Савченко Н.Ф. Беспрессовая штамповка как вариант адаптационного развития предприятия / Н. Ф. Савченко // Ресурсосбережение и энергоэффективность процессов и оборудования обработки давлением в машиностроении и металлургии: труды IV научно-технической конференции, 7-9 ноября 2012 г., Харьков. – Х.: НТУ “ХПИ”, 2012. – С. 98–100. 10. Савченко Н.Ф. Изготовление крупногабаритных деталей емкостей и резервуаров / Н.Ф. Савченко // Вісник Харківського державного технічного університету сільського господарства: “Підвищення надійності відновлюємих деталей машин”. – Харків: ХДТУСГ, 2003. – Вип. 18. – С. 179–183.