

## ОСОБЕННОСТИ ВЫБОРА МЕТОДОВ ИЗГОТОВЛЕНИЯ КРУПНОГАБАРИТНЫХ ДЕТАЛЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРИЕМОВ РЕГУЛИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ НЕСОВЕРШЕНСТВ

Савченко Н.Ф., канд. техн. наук, Сыромятников П.А., студент  
(Харьковский национальный экономический университет)

*Предложен метод стеновой штамповки крупногабаритных изделий и отражены основные особенности оценки технологических параметров*

**Актуальность.** Повышение эффективности использования современных промышленных комплексов с позиций ресурсо- и энергосбережения во многих случаях связаны с расширением области применения крупно-габаритных сооружений, повышением качества крупногабаритных изделий и увеличением их номенклатуры (ассортимента). К этим изделиям относятся, прежде всего, сооружения и агрегаты, изготавливаемые для хранения, переработки и транспортировки продуктов, энергоносителей и сырья. Примеры таких конструкций – это цилиндрические и сферические резервуары диаметрами более 3–5м (рис.1), однослойные или многослойные, а также другие металлоконструкции, изготавливаемые из цельных и штампосварных заготовок.

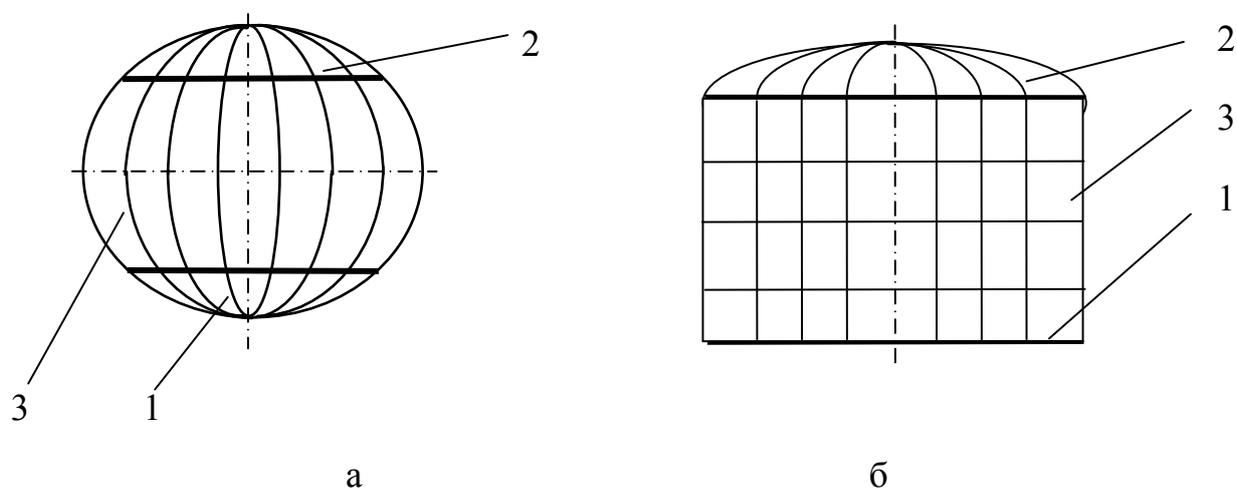


Рис. 1. Типовые сооружения, изготавливаемые с использованием методов штамповки: сферический (а) и цилиндрический (б) резервуары: 1,2 – нижнее и верхнее днище; 3 – пояс резервуара.

Как правило, их изготовление чрезвычайно трудоемко из-за отсутствия эффективных методов изготовления наиболее сложных элементов конструкции, таких, как сферические и эллиптические днища, крышки осесимметричной и неосесимметричной формы в плане. Приемлемых методов изготовления подобных изделий непосредственно в зоне сооружения или примыкающей к ней из-за их больших размеров, достигающих 20-50 и более метров, а также

сложности управления качественными параметрами протяженных участков деталей, практически не существует [1–7].

**Постановка проблемы.** Решение проблемных вопросов изготовления крупногабаритных изделий непосредственно в зоне их сооружения и минимизация благодаря этому трудоемкости сборочных работ обусловлено, с одной стороны, необходимостью использования достаточно энергетически затратных технологий: либо с использованием специального прессового оборудования [1,2], либо более широкого внедрения методов штамповки взрывом, не всегда приемлемых по соображениям безопасности [3].

Поэтому важнейшими задачами, стоящими перед технологией машиностроения, являются снижение непроизводительных затрат, обусловленных низкой точностью изготовления заготовок, улучшение эксплуатационных и прочностных свойств изделий. Особое значение приобретает совершенствование методов управления процессом формообразования штамповкой, в первую очередь, тонколистовых заготовок в зоне сооружения крупногабаритных конструкций. Это требует решения вопросов предупреждения потери пластической устойчивости в виде гофров (бухтин) на поверхности и локальных утонений стенок, превышающих допустимые значения на различных стадиях их формоизменения (а не только на конечных).

**Цель работы** – разработка прогрессивного метода листовой штамповки с искусственным регулированием технологических несовершенств – допустимой величины гофров на поверхности полуфабрикатов и зон пластической устойчивости.

**Состояние вопроса.** Изготовление крупногабаритных изделий в зоне сооружения конструкций больших габаритов осуществляют специальные строительно-монтажные организации и управления. Большинство методов изготовления изделий предполагает их предварительную поэлементную штамповку на предприятии, как правило, удаленном на значительное расстояние от места сооружения, затем последующее рулонирование отштампованных полуфабрикатов для придания им приемлемых для транспортировки размеров, транспортировку, разворачивание рулона в месте сооружения крупногабаритной конструкции с использованием специальной техники (грузоподъемной и транспортной) и трудоемкую сборку.

Находят также применение и методы последовательного по локальным участкам формообразования изделий из отдельных элементов типа лепестков с последующей их сборкой на монтажных площадках и использованием для повышения точности гидрораздува [3]. Меридиональные лепестки получают газопламенной, плазменной резкой по копиру из листа, фрезерованием стопы листов на копировально-фрезерных станках и др.

От точности изготовления меридиональных лепестков зависит, в конечном счете, качество (например, сферичность) оболочки и трудоемкость ее сооружения. В соответствии с этим способом после соединения стыков производят гидрораздув оболочки для придания ей окончательной формы. Предлагаемый способ изготовления тонкостенной сферической оболочки позволяет изготавливать их на монтажных площадках, используя

подъемные и такелажные механизмы, что снижает трудозатраты на изготовление, транспортирование достаточно объемного полуфабриката к месту монтажа. Способ позволяет снизить сроки изготовления за счет исключения трудоемкого процесса сварки. В то же время возможно получение тонкостенной сферической оболочки, выдерживающей рабочее давление до 4 МПа.

Вместе с тем, использование целого ряда прогрессивных методов штамповки, кроме трудностей, связанных с выбором оборудования и оснастки, ограничено при изготовлении тонкостенных крупногабаритных деталей возникновением гофров на поверхности изделий, способствующих

возникновению чрезмерных локальных утонений, превышающих допустимые иногда в 1,5–2 раза.

Высокая трудоемкость, отсутствие прогрессивных технологий или специального оборудования обуславливает необходимость проведения дальнейших усовершенствований технологии изготовления такого типа изделий с использованием методов штамповки.

Это обусловлено, как правило, необходимостью и сложностью доставки крупногабаритных деталей к месту монтажа, большими объемами сварочных и подготовительных работ, низкой точностью из-за сравнительно небольших размеров отдельных частей изделий.

**Основная часть.** При проектировании технологии штамповки с ориентацией на снижение объема сварочных работ и совершенствуя методы непосредственного использования штамповки в зоне сооружения крупногабаритных сооружений, необходимо учитывать такие параметры изделий как:

1) гибкость (отношение ее диаметра или условного размера к толщине стенки) или относительную толщину детали (обратное гибкости значение);

2) относительную глубину штамповки, определяемую отношением глубины (высоты) детали к ее диаметру или условному размеру;

3) механические характеристики

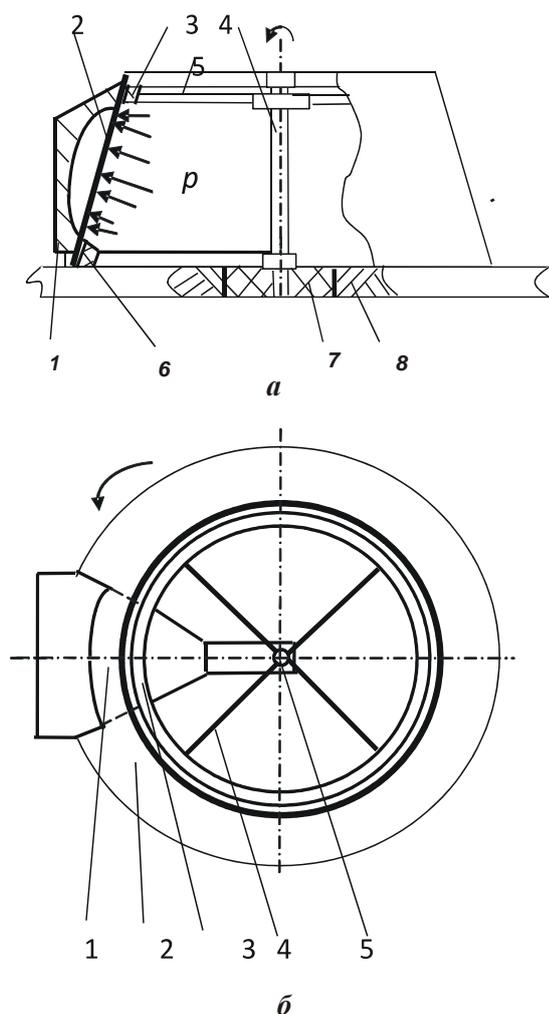


Рис. 2. Схема стандовой штамповки с использованием термофизических методов локальной штамповки: фронтальный (а) и горизонтальный (б) вид: 1 – матрица-сектор; 2 – пространственный полуфабрикат; 3 – прижим; 4 – упор; 5 – ось; 6 – основание; 7 – втулка

материала (пределы прочности, текучести, относительное удлинение);

4) требования к качеству изделий, определяемые величиной утонений, наличием и размерами гофров на поверхности.

Важно также и условие минимизации затрат на транспортировку заготовок и формообразование их до получения оболочки крупногабаритного сооружения – резервуара.

К таким методам можно отнести и предлагаемый метод стеновой штамповки с использованием термофизических методов локального воздействия на плоскую или, в общем случае, пространственную заготовку (рис. 2).

Пространственная или плоская заготовка 2 в соответствии со способом фиксируется на основании 6 с помощью колец-прижимов 3. Термофизическое воздействие оказывается, используя специальной конструкции камеру для создания внешних воздействий (с термовоздействием, например паром).

При выборе технологических параметров локальной выштамповки на плоской заготовке и полуфабрикате можно использовать условие, сформулированного из энергетических соображений:

$$W_{ДЧ} \leq W_{ПЗ}, \quad (1)$$

где  $W_{ДЧ}$  и  $W_{ПЗ}$  – работа пластической деформации соответственно купольной (донной, “несущей”) и периферийной (фланцевой) зон штампуемой заготовки.

Работа пластической деформации в общем случае [3-5]:

$$W = \xi(n) \sigma_b V_o l_i^{1+n},$$

где  $\xi(n)$ ,  $n$  – коэффициенты, зависящие от механических характеристик материала заготовки,  $\xi(n) = 1,55$ ;  $n \approx 0,10 \dots 0,65$ ;  $V_o$  – объем плоской заготовки (или ее части); для донной части осесимметричной заготовки:  $V_{одч} = 0,785 \pi d^2$ ; для сопрягающейся с ней периферийной, фланцевой, части:  $V_{опз} = 0,785 \pi d^2 (k^2 - 1)$ , здесь  $k$  – степень вытяжки, определяемая отношением диаметра заготовки к диаметру детали (отверстия матрицы);  $l_i$  – средняя интенсивность деформации соответствующего участка заготовки (фланца или донной части).

Подставляя эти значения в условие (2) можно оценить степень деформации в опасном сечении (размещенного при штамповке гидроэластичным пуансоном, как правило, в куполе донной части детали) в зависимости от размеров фланца заготовки и его деформации. Дополнительным преимуществом можно считать и вытекающий из условия вывод о возможности использования при интенсификации процесса вытяжки методов искусственного регулирования размеров зон деформации [2].

**Выводы.** Таким образом, разработан и может рекомендоваться метод последовательной локальной штамповки с искусственным регулированием зон двухосного растяжения. Как дальнейшая задача предполагается исследование особенностей штамповки изделий с формой в плане, отличной от осесимметричной. Разработки ХНЭУ позволяют 80–90 % деталей крупногабаритных сооружений (днища и пояса) изготавливать непосредственно в зоне их монтажа без использования или с минимальным использованием дорогостоящего оборудования. Технологии, разработанные в ХНЭУ на кафедре техники и тех-

нологии (а.с. № 1540121,1573631, 1575418, 1658477 и других), позволяют существенно (в 10 и более раз) снизить сроки и стоимость изготовления резервуаров.

### Список литературы

1. Мошнин Е.Н. Технология штамповки крупногабаритных деталей [Текст] / Е.Н. Мошнин. – М.: Машиностроение, 1973. – 240 с.
2. А.с. СССР № 755388 В 21D 51/08. Способ изготовления сферических оболочек // Скакунов М.Г., Липодат К.К. и др. – Е 04Н 07/14 от 27.09.77 г.
3. Степанов В.Г. Гидровзрывная штамповка элементов судовых конструкций [Текст] / В.Г. Степанов, П.М. Сипилин и др. – Л.: Судостроение, 1966. – 292 с.
4. Шамарин Ю.Е. Высокопроизводительные методы обработки металлов давлением [Текст] / Ю.Е. Шамарин и др. – К.: Техника, 1991. – 102 с.
5. Савченко Н.Ф. О проектировании техпроцессов гидровзрывной тонколистовой штамповки-вытяжки крупногабаритных деталей типа днищ. Импульсная обработка металлов давлением. Сб. статей под ред. канд. техн. наук В.К. Борисевича [Текст] / Н.Ф. Савченко. – М.: Машиностроение, 1977. – С. 51-56.
6. Савченко Н.Ф. Изготовление крупногабаритных деталей емкостей и резервуаров: Современное состояние использования импульсных источников энергии в промышленности. Междун. научно-техн. конф.: Тезисы докладов [Текст] / Н.Ф. Савченко, Е.Н. Рубан. – Х. : Национальный аэрокосмический университет “Харьковский авиационный институт”, 2007. – С. 103-104.
7. Технологичность авиационных конструкций, пути повышения. [http://venec.ulstu.ru/lib/2003/4\\_Kolganov\\_Dubrovski\\_Arhipov.pdf](http://venec.ulstu.ru/lib/2003/4_Kolganov_Dubrovski_Arhipov.pdf)

### Анотація

**Особливості вибору методів виготовлення великогабаритних деталей з використанням прийомів регулювання технологічних недосконалостей**

Запропоновано метод стендового штампування великогабаритних виробів і відображені основні особливості оцінки технологічних параметрів

### Abstract

**Features choice of methods of manufacture of large parts with the use of receptions regulation of technological imperfections**

We propose a method for forming large-sized poster of products and reflects the main features of the evaluation process parameters