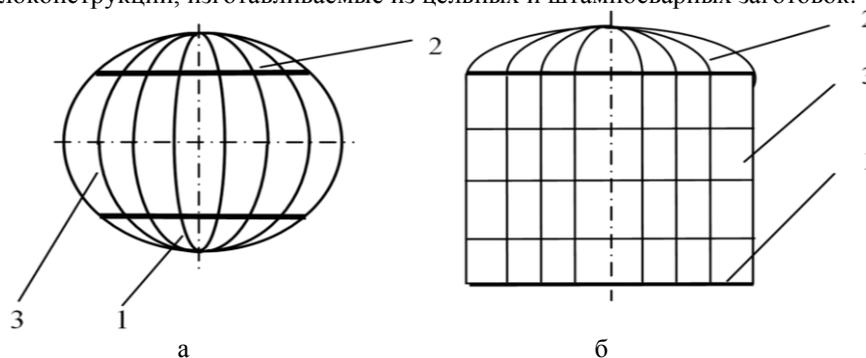


### СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ РЕМОНТНЫХ РАБОТ КРУПНОГАБАРИТНЫХ КОНСТРУКЦИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА ЛОКАЛЬНОЙ ШТАМПОВКИ

**Постановка проблемы.** Повышение эффективности использования современных промышленных комплексов с позиций ресурсо- и энергосбережения во многих случаях связаны с расширением области применения крупногабаритных 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 3–5 м (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.

**Анализ последних исследований и публикаций.** 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]. Во многих случаях внутренняя поверхность в процессе эксплуатации подвергается разрушающему действию коррозии.

Решение проблемных вопросов ремонта крупногабаритных изделий или их элементов непосредственно изготовлением в зоне их сооружения уменьшит в разы стоимость ремонтных работ и позволит повысить точность и качество. Минимизация затрат и трудоемкости ремонтных работ может быть достигнута, с одной стороны, при использовании достаточно энергетически затратных технологий, например, с использованием специального прессового оборудования [1, 2], либо более широкого внедрения методов штамповки взрывом и других методов беспрессовой штамповки [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 и эксплуатации 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 деформации (а не только на конечных).

**Цель работы** – разработка прогрессивного метода листовой штамповки полуфабрикатов и деталей для проведения ремонтных работ непосредственно в зоне эксплуатации крупногабаритных сооружений с искусственным регулированием технологических несовершенств, например, локальных штамповок или гофрирования на поверхности полуфабрикатов, регулирования размеров зон пластической устойчивости.

**Изложение основного материала.** 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.

При проектировании технологии штамповки с ориентацией на снижение объема сварочных работ и на совершенствование методов непосредственного использования штамповки в зоне сооружения крупногабаритных сооружений, необходимо учитывать такие параметры изделий:

1) гибкость (отношение 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 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.

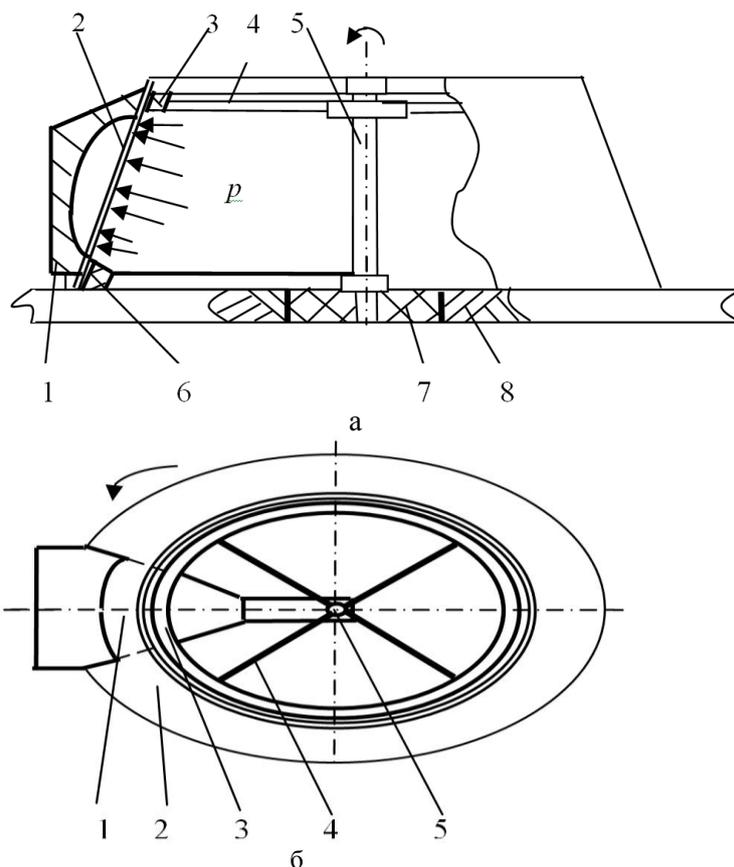
К таким методам можно отнести и предлагаемый метод стандовой штамповки с использованием беспрессовых термофизических методов локального воздействия на плоскую или, в общем случае, пространственную заготовку (рис. 2, рис. 3).

Пространственная или плоская заготовка 2 фиксируется на основании 6 с помощью колец-прижимов 3. Термофизическое воздействие оказывается благодаря использованию специальной конструкции камеры для создания внешних воздействий (с термовоздействием, например, паром). При выборе технологических параметров локальной выштамповки на полуфабрикате можно использовать условие, сформулированное из энергетических соображений:

$$W_{ДЧ} \leq W_{ПЗ}, \quad (1)$$

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

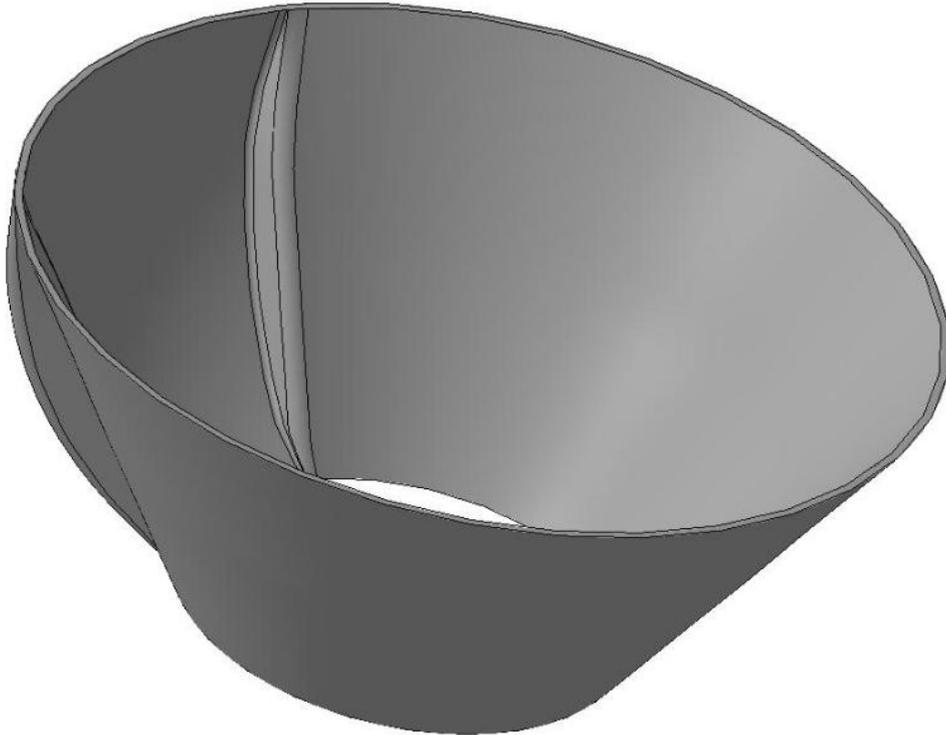
Работа пластической деформации в общем случае определяется [3-5]:



**Рис. 2.** Схема стандовой штамповки с использованием термофизических методов локальной штамповки: а, б – фронтальный и горизонтальный вид: 1 – матрица-сектор; 2 – пространственный полуфабрикат; 3 – прижим; 4 – упор; 5 – ось; 6 – основание; 7 – втулка; 8 – основание.

$$W = \xi(n) \sigma_b V_o l_i^{1+n}, \quad (2)$$

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:  $V_{одч} = 0,785 \cdot \pi d^2$ ; для сопрягающейся с ней периферийной, фланцевой, части:  $V_{опз} = 0,785 \cdot \pi d^2 (k^2 - 1)$ ;  $k$  – степень вытяжки, определяемая отношением диаметра заготовки к диаметру детали (отверстия матрицы);  $l_i$  – средняя интенсивность деформации соответствующего участка заготовки (фланца или донной части).



**Рис. 3.** Полуфабрикат, изготавливаемый стандовой штамповкой (3D-модель)

Подставляя эти значения в условие (2), можно оценить степень деформации в опасном сечении (размещенном 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

В работе предложен метод стандовой штамповки крупногабаритных изделий с искусственным регулированием технологических несовершенств, например, локальных штамповок или гофрирования на поверхности полуфабрикатов. Дополнительным преимуществом можно считать возможность использования для интенсификации процесса вытяжки методов искусственного регулирования размеров зон деформации. В качестве дальнейшей задачи предполагается исследование особенностей штамповки изделий с формой в плане, отличной от осесимметричной. Разработки Харьковского национального экономического университета позволяют 80 – 90 % деталей крупногабаритных сооружений изготавливать непосредственно в зоне их эксплуатации или монтажа без использования дорогостоящего оборудования.

Использование технологий, разработанных в ХНЭУ на кафедре техники и технологии (А.С. № 1540121, 1573631, 1575418, 1658477 и других), позволяют существенно (в 10 и более раз) снизить сроки и стоимость ремонтных работ крупногабаритных сооружений, например, резервуаров.

*Перечень ссылок*

1. *Мошнин Е.Н.* Технология штамповки крупногабаритных деталей / *Е.Н. Мошнин.* – М.: Машиностроение, 1973. – 240 с.
2. *Скакунов М.Г.* Способ изготовления сферических оболочек / *М.Г. Скакунов, К.К. Липодат* и др. // А.с. № 755388 СССР МКИ В 21D 51/08, Е 04Н 07/14 от 27.09.77 Бюл. № 14.- 4с.
3. *Степанов В.Г.* Гидровзрывная штамповка элементов судовых конструкций / *В.Г. Степанов, П.М. Сипилин* и др. – Л.: Судостроение, 1966.–292 с.
4. *Шамарин Ю.Е.* Высокопроизводительные методы обработки металлов давлением / *Ю.Е. Шамарин Ю.Е.* и др. – К.: Техніка, 1991. – 102 с.
5. *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.
6. *Савченко Н.Ф.* Изготовление крупногабаритных деталей емкостей и резервуаров / *Н.Ф. Савченко, Е.Н. Рубан.* // Современное состояние использования импульсных источников энергии в промышленности: тезисы докладов Междун. научно-техн. конф. – Харьков: Национальный аэрокосмический университет "ХАИ", 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)

Рецензент: д. т. н., проф. Суглобов В. В.

*Статья поступила 10.12.2014*