

УДК 621.98.044

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПЛАСТИЧЕСКОГО
ФОРМООБРАЗОВАНИЯ ТОНКОСТЕННЫХ ИЗДЕЛИЙ С
ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПОДВИЖНЫХ СРЕД**

Земцов М.И.

к.т.н., доцент,

Вятский государственный университет,

Россия, Киров

Егоян А.А.

магистрант,

Вятский государственный университет,

Россия, Киров

Фомина А.А.

аспирант,

Вятский государственный университет,

Киров, Россия

Аннотация

В статье приводятся сравнительные технические характеристики методов электрогидроимпульсной штамповки и сверхпластической формовки, рассматривается последовательность разработки технологических процессов с их использованием, даются рекомендации по выполнению отдельных этапов разработки.

Ключевые слова: метод, тонкостенные изделия, обработка давлением, подвижная среда, формообразование, штамповка, технологический процесс.

DEVELOPMENT OF TECHNOLOGICAL PROCESSES OF PLASTIC SHAPING OF THIN -WALLED ITEMS WITH USE OF MOBILE ENVIRONMENTS

Zemtsov M.I.

c.t.s., associate professor,

Vyatka State University,

Russia, Kirov

Egoyan A.A.

Graduate student,

Vyatka State University,

Russia, Kirov

Fomina A.A.

Graduate student,

Vyatka State University,

Kirov, Russia

Annotation

The article contains comparative technical characteristics of methods of electrohydropulse stamping and superplastic molding, considers sequence of development of technological processes and their use, gives recommendations on fulfillment of separate stages of development.

Key words: method, thin-walled items, pressure treatment, mobile environment, shaping, stamping, technological process.

Одними из эффективных и перспективных методов окончательного формообразования подвижными средами тонкостенных деталей, входящих в изделия сложного дизайна, является электрогидроимпульсная (ЭГИ) штамповка [1]

и сверхпластическая формовка (СПФ) [2]. Деформирование материалов при их использовании происходит в противоположных температурно-скоростных режимах и различной передающей средой: ЭГИ штамповка осуществляется жидкостью при обычной температуре с высокими скоростями деформации ($\dot{\epsilon} = 10^2 \dots 10^4 \text{ с}^{-1}$), СПФ – газом при высокой температуре, равной приблизительно $0,7 T_{пл}$ штампуемого материала, с малыми скоростями деформации $\dot{\epsilon} = (10^{-2} \dots 10^{-4} \text{ с}^{-1})$. Сравнительная характеристика методов приведена в таблице 1.

Кроме того, эти методы имеют следующие общие особенности и преимущества: область применения – предпочтительно мелкосерийное, реже серийное производство; невысокая производительность; универсальность технологической оснастки; четкая проработка мелких элементов, например, декоративного рельефа, особенно при СПФ; подвижная формообразующая среда.

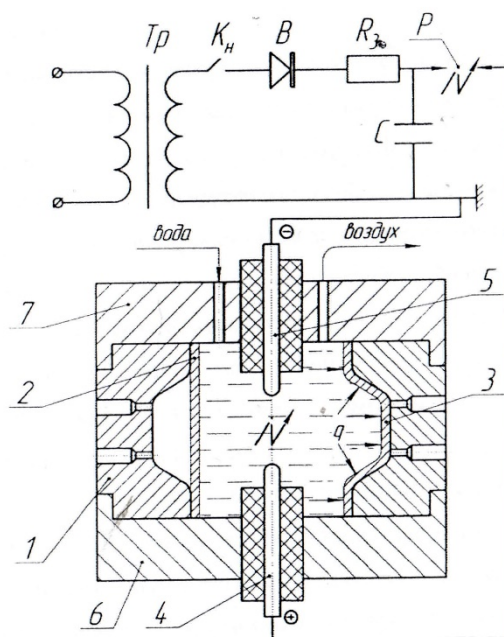
Таблица 1. Сравнительная характеристика методов ЭГИ штамповки и сверхпластической формовки

№ п/п	Характеристика	ЭГИ штамповка	СПФ
1	Деформирующая среда	Жидкость	Газ
2	Структура деформируемого металла	Используются обычные деформируемые металлы	Специальная мелкозернистая равноосная с размером зерен 5 – 15 мкм
3	Температура деформации	Соответствует температуре производственного помещения	$0,5 - 0,7 T_{пл}$
4	Скорость деформации, с^{-1}	$10^2 - 10^4$	$10^{-2} - 10^{-4}$
5	Скорость деформирования	До 300 м/с	до 5 – 8 мм/мин
6	Относительное удлинение, δ	$\delta_{дин} = (1,0 - 1,4) \cdot \delta_{ст}$	до 300 – 800 %
7	Максимальное давление деформирующей среды, МПа	200 – 500	1,5 – 2
8	Время действия давления, мс	10 – 90	практически не ограничено
9	Относительная производительность	1	0,1 ÷ 0,2
10	Относительная степень проработки мелких элементов (например, радиусов перехода, декоративного рельефа)	0,6 – 0,7	1

Известные принципиальные схемы их реализации показаны на рис. 1, 2.

Практическое использование методов ЭГИ штамповки и сверхпластической формовки является в настоящее время достаточно узким, несмотря на их широкие технологические возможности в своих областях применения, в частности, при изготовлении изделий сложного дизайна из тонкостенных пространственных заготовок, требующих, по сравнению со штамповкой из плоских заготовок, разработки более сложных технологических процессов и технологической оснастки.

Разработку технологических процессов ЭГИ штамповки и СПФ рекомендуется вести в последовательности, приведенной на рисунке 3.



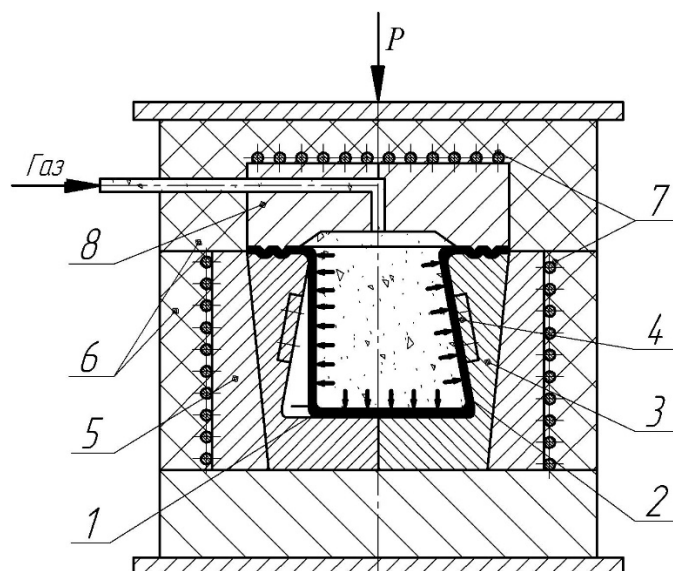
1 – разъемная матрица; 2 – заготовка; 3 – деталь; 4, 5 – электроды; 6, 7 – крышки;
Tr – повышающий трансформатор; K_n – кнопка «пуск зарядки»; В – выпрямитель;
 $R_з$ – зарядное сопротивление; С – батарея конденсаторов; Р - разрядник

Рис. 1. Принципиальная схема ЭГИ штамповки деталей из пространственной заготовки

Исходными данными для разработки технологического процесса является чертеж детали, данные о существующем или типовом технологических процессах

при их наличии и энергетические характеристики имеющихся на предприятии соответствующих установок. Знание программы выпуска изделий позволит оценить в последующем экономическую эффективность процессов и рациональную степень их механизации и автоматизации.

Существенные особенности накладывает на разработку технологии ЭГИ штамповки или СПФ наличие или отсутствие уже внедренных традиционных технологических процессов изготовления деталей. В случае, если деталь на предприятии ранее не изготавливалась, технолог имеет возможность разработать более оптимальный технологический процесс. Необходимо отметить, что в данном случае полное изготовление детали данными методами не всегда целесообразно, а



- 1 – заготовка; 2 – деталь; 3 – съемная матрица; 4 – вкладыши с декоративным рельефом; 5 – корпус; 6 – теплоизоляция; 7 – электронагревательные элементы; 8 – крышка

Рис. 2. Схема СПФ детали из пространственной заготовки

в ряде случаев невозможно. В частности, при получении промежуточной пространственной заготовки вытяжкой наиболее рациональна штамповка статическими методами: в жестких штампах, гидромеханической вытяжкой, вытяжкой с пульсирующим прижимом, ротационной вытяжкой или с использованием эластичных сред вследствие их больших технологических

возможностей применительно к вытяжной операции. В связи с этим при разработке технологических процессов необходимо оптимально сочетать операции, выполняемые традиционными способами штамповки, с ЭГИ методом или сверхпластической формовкой.

Если существует технологический процесс изготовления детали, то заменять ЭГИ штамповкой или СПФ в первую очередь необходимо операции с большей трудоемкостью и операции, после выполнения которых качество деталей не отвечает требованиям чертежа. В некоторых случаях возможно и целесообразно полное изменение существующего технологического процесса.

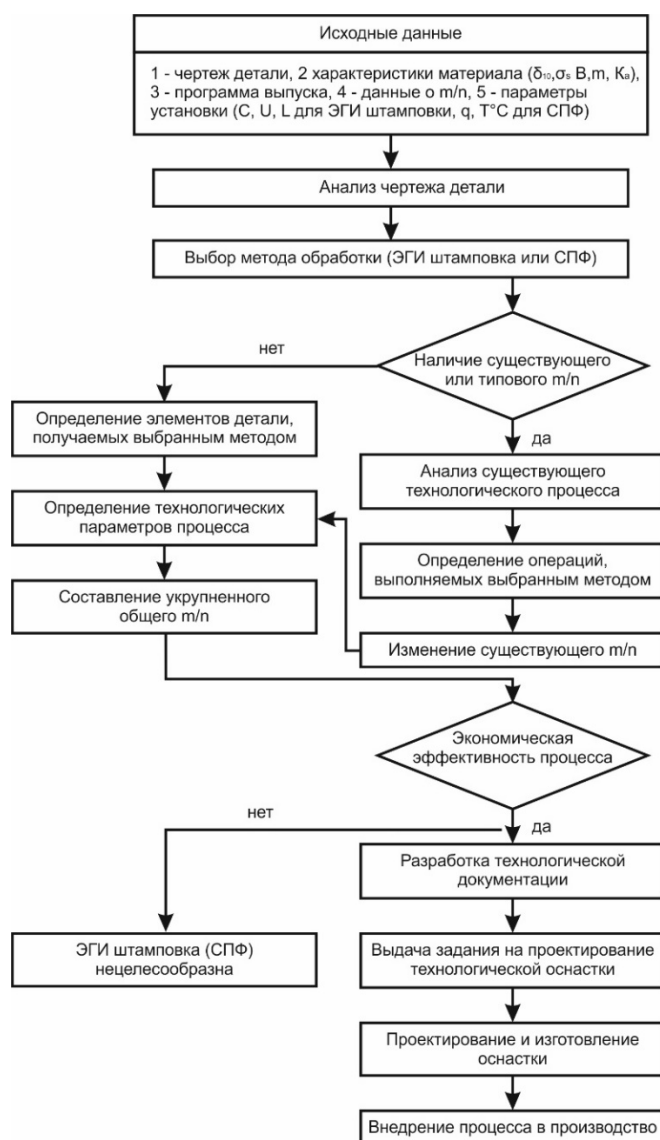


Рис. 3. Последовательность разработки технологических процессов изготовления тонкостенных деталей из пространственных заготовок ЭГИ штамповкой или СПФ

Таким образом, на данном этапе проектирования производится выбор операций, выполняемых методами ЭГИ штамповки и СПФ, и определяется их место в общем технологическом процессе изготовления детали.

На следующем этапе производится определение технологических параметров процессов (рис. 4). На рисунке 4 приведены следующие условные обозначения: ϵ_{\max} – максимальная деформация, получаемая заготовкой при СПФ или ЭГИ штамповке; $\epsilon_{\text{кр}}$ – критическая деформация, являющаяся предельной при выполнении определенной операции; $W_{\text{зап}}$, W_{max} – соответственно потребная запасенная и максимально возможная энергия ЭГИ установки; $P_{\text{заж}}$ – потребное усилие зажима фланца (торца) заготовки; $P_{\text{пр}}$ – номинальное усилие гидравлического пресса или усилие, создаваемое гидроприводом, используемым для зажима заготовки.

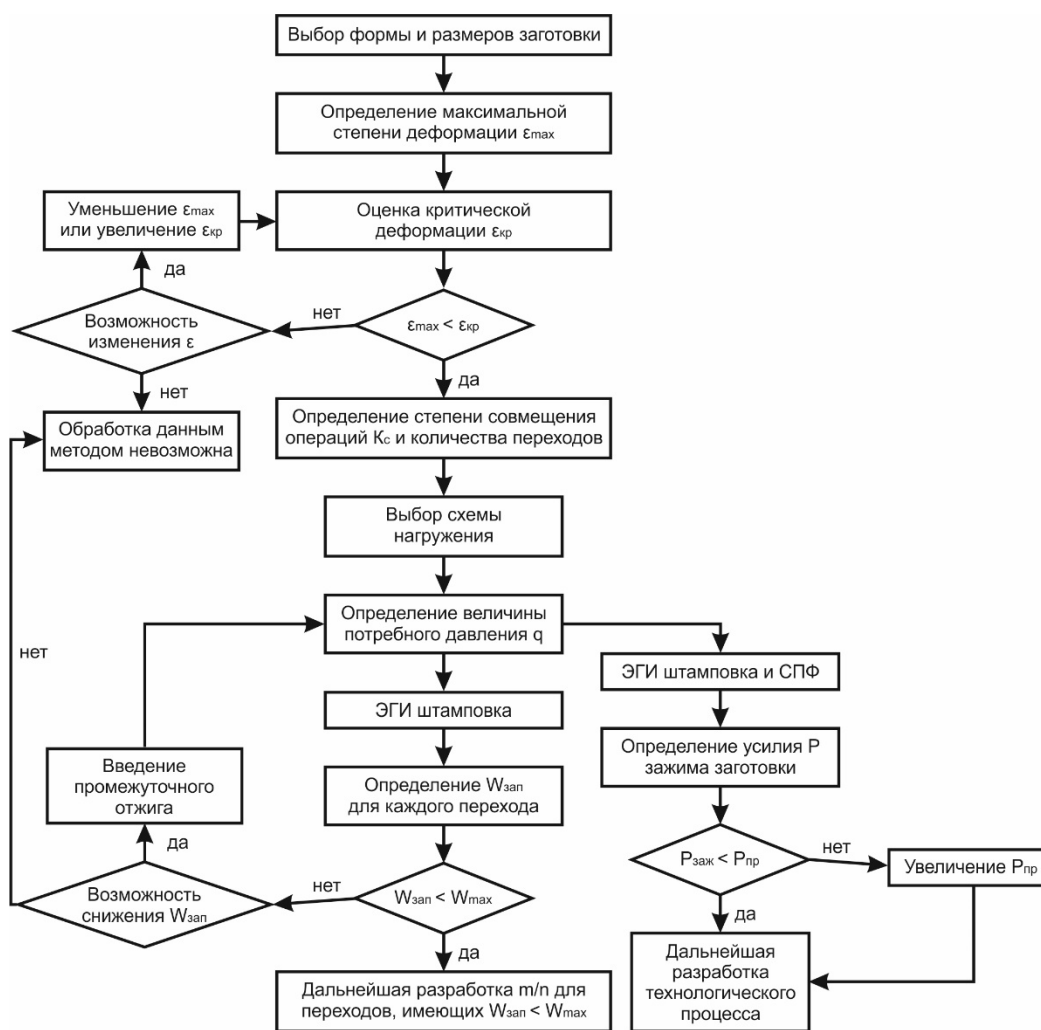


Рис. 4. Последовательность определения технологических параметров процессов

Форма и размеры тонкостенных пространственных заготовок во многом определяют схему нагружения, количество одновременно выполняемых операций (степень их совмещения), конструкцию технологической оснастки, а также качество получаемых деталей, особенно сложного дизайна.

В случае замены ЭГИ штамповкой или СПФ ряда операций в существующем технологическом процессе заготовка обычно заимствуется с какой-либо промежуточной операции. Если при этом форма и размеры заготовки не удовлетворяют требованиям новой технологии, то они корректируются по возможности с минимальным изменением имеющегося технологического процесса и технологического оснащения.

При изготовлении новых деталей в случае полной замены традиционного технологического процесса заготовка может быть выбрана оптимальной, однако при этом необходимо сочетать простоту ее изготовления с возможностью максимального совмещения операции, особенно при ЭГИ штамповке.

К заготовкам предъявляются следующие основные требования:

- качество поверхности заготовок должно удовлетворять требованиям чертежа детали; не допускается наличие на поверхности трещин, надрезов, глубоких царапин, являющихся концентраторами напряжений, которые могут привести к разрыву стенки детали;
- заготовка должна свободно входить в матрицу;
- размеры заготовки должны быть такими, чтобы максимальные степени деформаций для всех операций не превышали предельно допустимые значения;
- размеры и форма заготовки должны обеспечивать полное формообразование наиболее труднодеформируемых элементов деталей, а также возможность максимального совмещения операций;
- торцы заготовки должны обеспечивать надежную герметизацию ее внутреннего объема в течение всего процесса штамповки.

Максимальная величина деформации, получаемая при изготовлении какой-либо конкретной детали из промежуточной пространственной заготовки, в

значительной степени зависит от формы и размеров детали и формы и размеров выбранной промежуточной заготовки. Поэтому можно дать только общую рекомендацию по ее определению – она будет иметь место на тех участках заготовки, которые оформляются по матрице в последнюю очередь.

Критическая же величина деформации зависит от большого числа факторов: марки материала и его состояния, толщины стенки, формы и размеров штампуемых элементов, величины деформации, полученной при предварительном формообразовании.

Поэтому, если отсутствуют аналитические зависимости для определения ϵ_{\max} и $\epsilon_{\text{кр}}$, реальные для практического использования (что возможно в большинстве случаев), то рекомендуется оценить возможность получения «критичного» элемента детали на опытном образце, имитирующем его форму и размеры.

На следующем этапе в соответствии с рисунком 4 определяется степень совмещения операций, то есть количество и вид операций, выполняемых за одну установку заготовки.

Сверхпластическая формовка при изготовлении рассматриваемых деталей из пространственных заготовок всегда осуществляется за одну установку с совмещением двух операций – раздачи и рельефной формовки.

Более разнообразным и эффективным является совмещение операций при ЭГИ штамповке. Рациональное совмещение в этом случае позволяет значительно снизить трудоемкость изготовления изделий и металлоемкость технологической оснастки. Один штамп для ЭГИ штамповки заменяет в ряде случаев до 8 жестких штампов при совмещении количества операций до 8 ... 10.

Следует отметить, что без максимального совмещения операций ЭГИ штамповки в большинстве случаев экономически нецелесообразна. Исключения составляют лишь те случаи, когда другими способами получать деталь требуемой формы и качества невозможно или очень трудоемко для данных условий производства. Подробная информация и рекомендации по совмещению операций при данном методе обработки приведена в работе [3].

Далее технолог определяется со схемой нагружения заготовки. При СПФ она соответствует рисунку 2. Значительно более разнообразными являются схемы нагружения, реализуемые при ЭГИ штамповке, выбор которых зависит от размеров и формы заготовки и детали, вида операций и последовательности их выполнения в совмещениях, а также от механических характеристик материала детали. Рекомендации по выбору схем нагружения при ЭГИ штамповке приводятся в работе [4].

Затем в соответствии с рисунком 4 определяются силовые параметры процесса. При СПФ они ограничиваются величиной максимального давления, равной 2 МПа, которое обеспечивают редукторы баллонов со сжатым газом. В процессе СПФ конкретных деталей величина давления может изменяться от некоторого минимального значения на первом этапе формообразования для обеспечения основной деформации до максимальной величины на последнем этапе для окончательного и полного оформления заготовки по матрице или пуансону.

Величина потребной энергии установки для ЭГИ штамповки определяется исходя из:

- величины максимального давления, необходимого для формообразования наиболее труднодеформируемых элементов детали;
- схемы нагружения, определяющей закон распределения давления по поверхности заготовки и величину гидродинамического к.п.д. процесса;
- величины электрического к.п.д. ЭГИ установки.

Если величина потребной энергии для некоторых переходов больше максимальной энергии прессы, то необходимо вводить промежуточный отжиг. Если это не дает положительных результатов, то выполнение выбранных операций методом ЭГИ штамповки невозможно.

После определения технологических параметров следует разработки укрупненного общего или корректировка существующего технологического процесса (рис. 3). В первом случае назначаются операции, необходимые для получения заготовки, а также операции, следующие за ЭГИ штамповкой или СПФ.

При корректировке существующего технологического процесса вносятся изменения в операционные карты и чертежи оснастки, если размеры заготовки для ЭГИ штамповки или СПФ не соответствуют размерам промежуточных заготовок, получаемых по существующему технологическому процессу.

На данном этапе проектирования технологического процесса имеются все данные для оценки его экономической эффективности, которая производится по известным методикам. Если процесс эффективен, то идет дальнейшая его разработка, а именно, выдача задания на проектирование, проектирование и изготовление технологической оснастки.

Технологическая оснастка для ЭГИ штамповки и СПФ должна обеспечивать требуемое качество получаемых деталей в сочетании с технологичностью ее изготовления, достаточной прочностью и стойкостью отдельных элементов.

Конструкция оснастки определяется формой детали и заготовки и видом выполняемых на ней операций. В случае совмещения операций оснастка должна удовлетворять требованиям, предъявляемым к каждой операции в отдельности.

При проектировании оснастки необходимо конструктивно решить следующие задачи, наиболее значительно влияющие на качество получаемых деталей и производительность процесса:

- надежное уплотнение заготовки в течение всего процесса формообразования;
- полное удаление воздуха из пространства между заготовкой и матрицей при выполнении формообразующих операций;
- жесткий зажим торцев заготовки в случае их обрезки (при ЭГИ штамповке);
- свободное и быстрое, без механических повреждений, удаление детали из матрицы после окончания штамповки;
- полное и быстрое удаление отходов при выполнении разделительных операций (осуществляются только ЭГИ штамповкой);
- унификация отдельных элементов технологической оснастки.

На этапе внедрения разработанных технологий уточняются последовательность выполнения отдельных операций (изменения должны быть минимальны), режимы обработки (при СПФ – давление формообразующего газа на различных этапах формовки и время его действия на каждом этапе; при ЭГИ штамповке – количество разрядов и величина энергии в каждом из них) и конструкция отдельных элементов формообразующей оснастки.

Приведенные в работе сведения основаны на многолетних исследованиях и практической реализации методов ЭГИ штамповки и СПФ.

Библиографический список:

1. Степанов В.Г. Высокоэнергетические импульсные методы обработки металлов/ В.Г. Степанов, И.А. Шавров. – Л.: Машиностроение, 1975. – 278 с.: ил.
2. Смирнов О.М. Обработка металлов давлением в состоянии сверхпластичности. – М.: Машиностроение, 1979. – 184 с.
3. Земцов М.И., Поляков С.М. Электрогидроимпульсная штамповка деталей из тонкостенных, пространственных заготовок с совмещением операции // Кузнечно-штамповочное производство. Обработка материалов давлением. – 2007, №9, с. 34 – 38.
4. Электрогидроимпульсная обработка материалов в машиностроении. В.Н. Чачин, К.Н. Богоявленский, В.А. Вагин и др. – Мн.: Наука и техника, 1987. – 231 с.