

УДК 621.983.044

Шамарин Ю. Е.**Холявик О. В.****Борис Р. С.**

РАБОЧИЕ КАМЕРЫ ЭЛЕКТРОГИДРАВЛИЧЕСКИХ УСТАНОВОК

Эффективность электрогидравлического формообразования определяется тремя параметрами – энергией ударной волны, давлением на ее фронте, а также энергией гидропотока. Следовательно, основными требованиями к рабочей камере являются обеспечение в выходном сечении (плоскости расположения заготовки) параметров, максимально возможных при данном электрическом режиме и, кроме того, необходимость обеспечения равномерности этих параметров по площади выходного сечения, простота изготовления рабочей камеры, стойкость ее в эксплуатации и т. д. Максимальная энергия ударной волны может быть получена при соблюдении следующих условий:

- внутренняя полость камеры должна обеспечить контролируемое отражение ударной волны и направление ее в выходное сечение;
- потери при отражении должны быть минимальными.

При распространении от канала разряда ударная волна имеет два сферических и один цилиндрический участок. Первое условие заключается в том, что внутренняя полость камеры должна при отражении «развернуть» как можно большую долю участков и направить их в выходное сечение. Второе условие в конечном итоге сводится к тому, чтобы стенки камеры изготавливались из материала с большим волновым сопротивлением ρ_a , а площадь различного рода изоляторов в камере была минимальной. Если площадь какого-либо изолятора нельзя уменьшать, он должен опираться на подложку с большим ρ_a и обеспечивать отражение волны от подложки.

Максимальное давление на фронте ударной волны (P_m) обеспечивается при условии, когда отраженные от стенок волны одновременно подходят к выходному сечению. Амплитуда отраженных волн при этом суммируется и величина P_m имеет максимальное значение.

Выполнение этого требования необходимо для обеспечения универсальности установки. При штамповке деталей из плоской заготовки в один разряд им можно пренебречь, так как в этом случае эффективность процесса не зависит от величины P_m . Однако, если деталь за один разряд не проштамповывается или заготовка имеет начальный радиус кривизны, учет величины максимального давления становится обязательным.

Максимальная энергия гидропотока в выходном сечении может быть получена в том случае, если конструкция камеры обеспечит разгон гидропотока только в одном направлении. Для соблюдения этого условия необходимо производить разряд у дна рабочей камеры, имеющей форму усеченного конуса.

Для того чтобы гидропоток до смыкания приобрел большую энергию, высота полости кавитации Δh должна быть значительной. Величина Δh зависит от прогиба заготовки к моменту смыкания Z_{CM} .

Если деталь жесткая и имеет небольшой конический прогиб, то величина Z_{CM} , а с ней и Δh будут малы. Таким образом, энергия гидропотока в выходном сечении жестко связана с прогибом детали. Однако есть способ, позволяющий ослабить эту связь. Если между заготовкой и поверхностью воды перед разрядом оставить воздушный зазор, то энергия гидропотока будет определяться суммой высоты этого зазора и прогиба заготовки к моменту смыкания.

Таким образом, рассматриваемое требование приводит к необходимости образования между заготовкой и водой воздушного зазора, высоту которого можно подсчитать по следующей формуле [1, 2]:

$$h_{6.3} = \frac{10^{-6} E_0}{4,2S} - \frac{W_n}{3S}, \quad (1)$$

где E_0 – полная энергия гидропотока;
 W_n – объем полости штампуемой детали;
 S – площадь выходного сечения.

В результате обработки большого количества экспериментальных данных получена следующая зависимость между полной энергией гидропотока и энергией, выделившейся в канале разряда, E_k :

$$E_0 = 0,55 E_k = 0,55 \frac{CU^2}{2} \eta_3, \quad (2)$$

где C – емкость конденсаторной батареи, мкФ;
 U – напряжение разряда, кВ.

Во избежание разбрызгивания жидкости в зазоре и связанных с ним потерь энергии поверхность жидкости желательнее прикрывать резиновым листом. Максимальная высота воздушного зазора не должна превышать 5–7 мм.

К.П.Д. перехода энергии гидропотока в работу пластической деформации заготовки зависит от массы столба жидкости между каналом разряда и заготовкой. Для конусной камеры с разрядом у дна эта масса равна полной массе жидкости в камере. Расчет показывает, что величина оптимальной массы в этом случае будет:

$$M_{opt} = 0,25 \theta_c \rho_0 a_0 S + 4mS, \quad (3)$$

где θ_c – сумма постоянных времени прямой и отраженной ударных волн в выходном сечении;

ρ_0 – плотность жидкости;
 a_0 – скорость звука в жидкости;
 m – удельная масса заготовки.

При деформации разных участков деталей требуются различные удельные энергии и давление на фронте.

Целью данной работы является повышение К.П.Д. процесса электрогидравлической штамповки, а также обеспечение максимально эффективного преобразования электрической энергии в механическую работу пластической деформации.

Для этого используется рабочая камера, позволяющая получить заданное распределение удельной энергии и давления на фронте в выходном сечении. Однако на данном этапе это практически неосуществимо, и для обеспечения универсальности установки вводится требование равенства удельных энергий ударной волны $E_{y.v.}$, гидропотока $E_{гп}$ и давления P_m в выходном сечении.

Таким образом, к конструкции рабочей камеры желательнее предъявить следующие требования:

- она должна находиться в вертикальном положении с выходным сечением вверху;
- форма внутренней полости разрядной камеры должна быть близка к усеченному конусу с разрядным промежутком у дна;
- геометрия стенок должна обеспечить «развертывание» ударной волны и одновременный подход ее к выходному сечению при равных P_m , $E_{y.v.}$ и $E_{гп}$ по площади сечения;
- стенки рабочей камеры нужно изготавливать из металла с большим волновым сопротивлением (сталь, латунь).

В связи с тем, что спроектировать камеру, полностью отвечающую всем перечисленным требованиям, чрезвычайно трудно, практически конструкция ее всегда будет иметь ту или иную степень приближения к идеальной.

Примеры оснастки, применяемой для электрогидравлической штамповки деталей из различных заготовок, представлены на рис. 1–3.

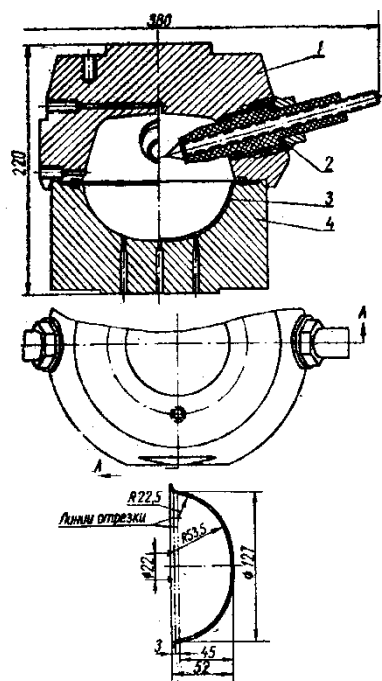


Рис. 1. Оснастка для электрогидравлической штамповки деталей из плоской заготовки: 1 – рабочая камера; 2 – электрод; 3 – заготовка; 4 – матрица

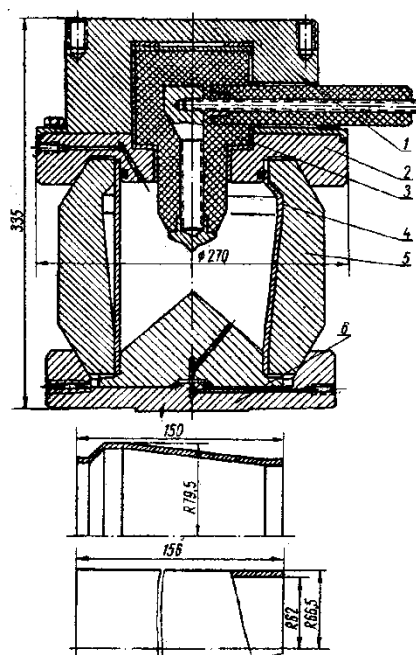


Рис. 2. Оснастка для электрогидравлической штамповки деталей из цилиндрической заготовки:

1 – плита; 2 – верхняя обойма; 3 – электрод; 4 – заготовка; 5 – матрица; 6 – основание

Достижение максимального использования энергии разряда за счет конструкции рабочей камеры является одним из наиболее распространенных способов увеличения К.П.Д. процесса штамповки.

В работе [2] была предложена конструкция камеры для электрогидравлической штамповки листовых деталей. Внутренняя поверхность рабочей камеры выполнена в виде соосных эллиптических параболоидов, имеющих общий фокус и обращенных большими основаниями к матрицам. Электроды установлены в плоскости, проходящей через фокус параболоидов, перпендикулярных их оси. Рабочая камера установлена с возможностью поворота вокруг оси, перпендикулярной оси параболоидов.

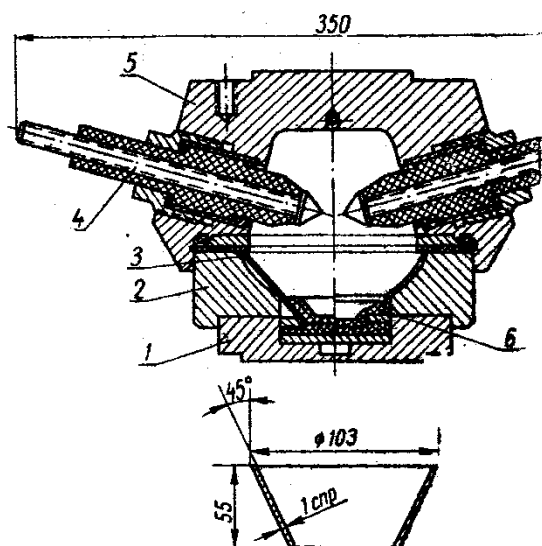


Рис. 3. Оснастка для электрогидравлической штамповки деталей из конической заготовки: 1 – рабочая камера; 2 – матрица; 3 – заготовка; 4 – электрод; 5 – основание; 6 – манжета

На рис. 4. представлено устройство для электрогидравлической штамповки в разрезе, вид спереди; на рис. 5. – то же, вид сбоку.

Устройство для электрогидравлической штамповки содержит рабочую камеру 1, внутренняя поверхность которой выполнена в виде двух соосных эллиптических параболоидов, имеющих общий фокус. В рабочей камере в шаровых опорах 2 установлены электроды 3 и 4. На противоположных торцах камеры 1 расположены рабочие матрицы 5 и 6. В матрицах 5 и 6 выполнены отверстия 7 для вывода воздуха. Крепление матриц 5 и 6 к рабочей камере 1 осуществляется при помощи замков 8. Заготовки 9 устанавливаются на торцах рабочей камеры 1 между камерой 1 и матрицами 5 и 6. Для обеспечения герметичности на стыках рабочей камеры 1 и матриц 5 и 6 размещены резиновые прокладки 10. Камера 1 снабжена коленчатым каналом 11 для заполнения ее рабочей жидкостью. Между торцом камеры 1 и заготовкой 9 установлены переходные кольца 12 с целью обеспечения регулировки величины расстояния от 3 и 4 до заготовки 9. Корпус рабочей камеры 1 соединен со станиной 13 при помощи втулки 14 и подшипника 15 с возможностью поворота вокруг горизонтальной оси.

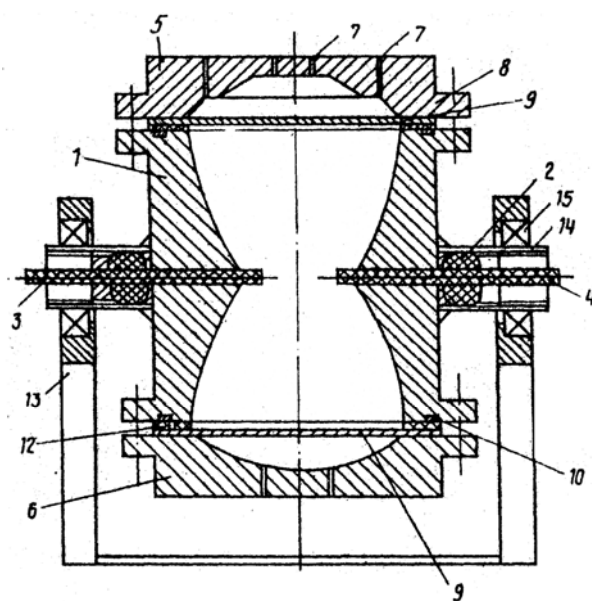


Рис. 4. Рабочая камера для электрогидравлической штамповки (вид спереди)

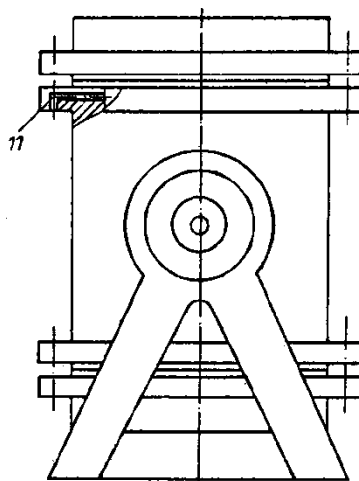


Рис. 5. Устройство для электрогидравлической штамповки (вид сбоку)

Данная конструкция устройства для электрогидравлической штамповки позволяет получить две детали одновременно за более короткое время и максимально использовать выделившуюся энергию разряда для штамповки. Таким образом, данное устройство позволяет повысить полезное использование выделившейся энергии разряда для штамповки деталей за счет сокращения потерь, обусловленных погашением энергии ударной волны стенками камеры, а также рассеиванием вследствие направленного отражения. Данная форма рабочей камеры позволяет после отражения преобразовать сферическую волну в направляемое излучение, распространяющееся в направлении торцов камеры, на которых установлены заготовки. Это дает возможность одновременно нагружать всю поверхность заготовки, что приводит к повышению К.П.Д. устройства.

ВЫВОДЫ

1. За счет оптимизации конструкции рабочей камеры электрогидравлической установки можно значительно повысить К.П.Д. процесса.
2. Конструкция рабочей камеры должна обеспечивать максимально эффективное преобразование электрической энергии в механическую работу пластической деформации заготовки.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шамарин Ю. Е. *Электрогидравлический процесс формообразования металлов* / Ю. Е. Шамарин, В. Н. Чачин, Ю. Е. Шарин. – К. : УкрНИИИТИ, 1971. – 23 с.
2. А.С.158065 в СССР, МКИ В21D26/12. *Устройство для электрогидравлической штамповки* / С. П. Мартюк, Ю. Е. Шамарин, Т. К. Стеценко, И. Г. Антиханович (СССР) №4621767/25-27, заявл. 19.12.88. Зарегистрирован в Госреестре 22.03.90. – 3 с.

REFERENCES

1. Shamarin Ju. E. *Jelektrogidravlicheskiy process formoobrazovanija metallov* / Ju. E. Shamarin, V. N. Chachin, Ju. E. Sharin. – K. : UkrNIINTI, 1971. – 23 s.
2. A.S.158065 v SSSR, MKI V21D26/12. *Ustrojstvo dlja jelektrogidravlicheskoj shtampovki* / S. P. Martjuk, Ju. E. Shamarin, T. K. Stecenko, I. G. Antihanovich (SSSR) №4621767/25-27, zajavl. 19.12.88. Za-registrirovano v Gosreestre 22.03.90. – 3 s.

Шамарин Ю. Е. – д-р техн. наук, проф. НТУУ «КПИ»
Холявик О. В. – канд. техн. наук, доц. НТУУ «КПИ»
Борис Р. С. – канд. техн. наук, ст. преп. НТУУ «КПИ»

НТУУ «КПИ» – Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт», г. Киев.

E-mail: k_omd@ukr.net

Статья поступила в редакцию 10.10.2014 г.