

УДК 621.7.044

М.К. КНЯЗЕВ, Я.С. ЖОВНОВАТЮК, О.В. МАНАНКОВ*Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского “ХАИ”, Украина***РАЗРЯДНЫЕ БЛОКИ ДЛЯ ЭЛЕКТРОГИДРАВЛИЧЕСКОЙ ШТАМПОВКИ НЕГЛУБОКИХ ЛИСТОВЫХ ДЕТАЛЕЙ**

Выполнен анализ влияния формы отражающих поверхностей в коаксиальных электродных парах на распределение давления, создаваемого прямыми и отраженными ударными волнами на плоской преграде. Выявлено неэффективное использование энергии отраженными ударными волнами. Изучены результаты измерения давления, создаваемого взрывом бризантных взрывчатых веществ в параболической камере, а также при разряде в полости коаксиальной электродной пары при переменном осевом положении изолированного электрода. Предложены конструкции многоэлектродных разрядных блоков, объединяющих преимущества параболической формы отражателя и регулируемого положения электродов, для оптимизации параметров нагружения при выполнении операций вырубки, формовки, калибровки и чеканки неглубоких листовых деталей способом электрогидравлической штамповки.

электрогидравлическая штамповка, многоэлектродный разрядный блок, электродная пара, разряд, ударная волна, отражатель, направляющий насадок, параболическая поверхность, распределение давления, плоская преграда

Введение

Для качественного выполнения операций вырубки, формовки, калибровки и чеканки неглубоких листовых деталей способом электрогидравлической штамповки (ЭГШ) зачастую требуется равномерное поле нагружения большой интенсивности. Такое поле можно получить с помощью многоэлектродных разрядных блоков (МРБ) с электродными парами (ЭП) с параболическими отражающими поверхностями. Эта технологическая задача является весьма актуальной при изготовлении листовых деталей авиационных двигателей из высокопрочных сталей и титановых сплавов.

1. Анализ конструкции применяемых разрядных блоков

Существующие МРБ [1, 2] предназначены для широкого спектра технологических задач листовой штамповки, в том числе для относительно глубокой вытяжки. Этим обусловлена конструкция МРБ с электродными парами, оснащенными направляющими насадками (рис. 1), которые позволяют существенно увеличить «дальнобойность» ЭП, т.е. глу-

бину распространения импульса высокого давления.

В установке УЭШ-2 купол полости сформирован преимущественно прямым конусом, что, по замыслу авторов, должно способствовать выходу отраженных волн через направляющий насадок (рис. 1, а). В опытно-промышленном прессе ПЭГ-ХАИ-500 верхняя купольная часть полости образована поверхностями цилиндра и обратным конусом корпуса электрода (рис. 1, б).

Однако указанные формы отражателей и положение изолированного электрода не способствуют выходу отраженных ударных волн в отверстие полости электродной пары, обращенного в сторону заготовки. Анализ распространения ударных волн в полостях ЭП (рис. 1) показал, что большинство отраженных ударных волн гасятся в полости ЭП, не производя полезной работы по деформированию заготовки и разрушая высоковольтный изолятор электрода, тем самым, снижая срок его службы. Особенно это проявляется в разрядном блоке прессы ПЭГ-ХАИ-500, оснащенного разрядными шайбами, которые практически замыкают отраженные волны в верхней полости ЭП.

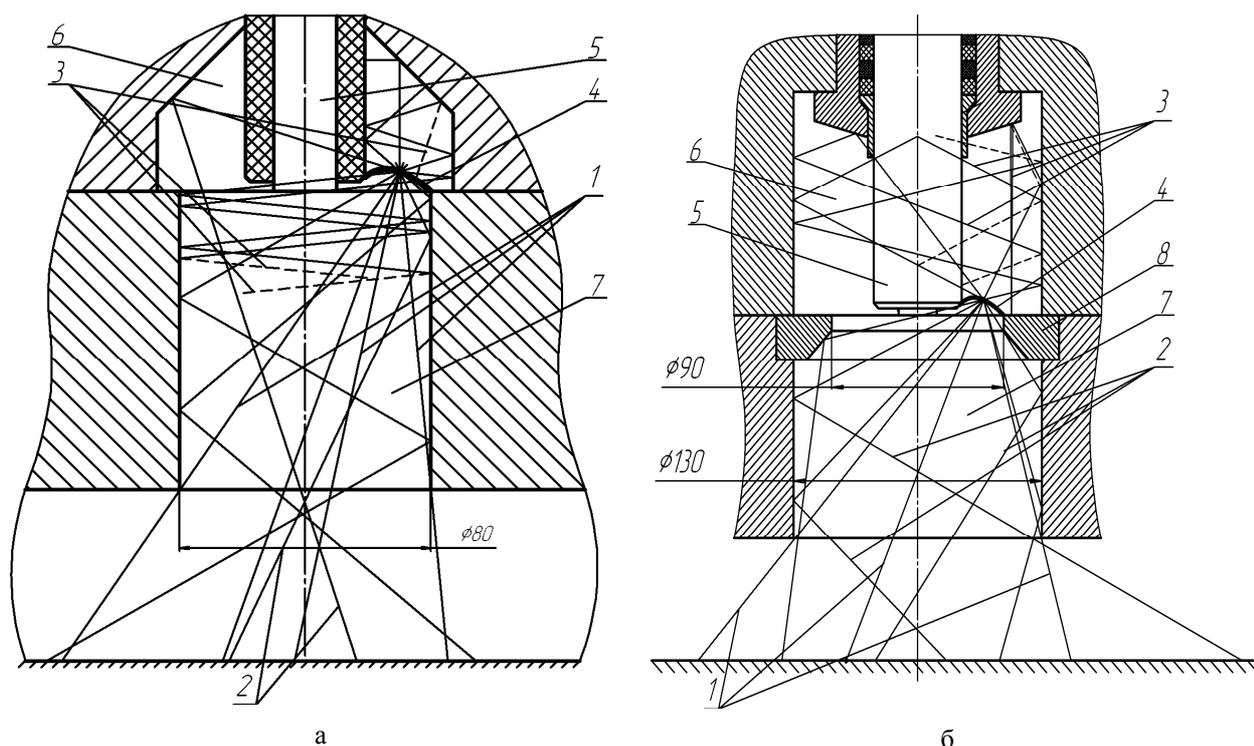


Рис. 1. Схема распространения прямых и отраженных ударных волн в полостях электродных пар МРБ установки УЭГШ-2 (а) и прессы ПЭГ-ХАИ-500 (б):

1 – прямые ударные волны; 2 – однократно отраженные ударные волны; 3 – многократно отраженные ударные волны; 4 – канал разряда; 5 – изолированный электрод; 6 – полость отражателя; 7 – полость направляющего насадка; 8 – разрядная шайба

2. Распределение давления под камерой с параболическим отражателем

В публикациях В.И. Исаенко приведены результаты исследований распределения энергии ударных волн при подрыве заряда бризантных взрывчатых веществ (БВВ) в различных местах по оси параболической камеры. Амплитуда давления, создаваемого в выходном сечении камеры прямой сферической ударной волной при удалении от центра камеры, уменьшается значительно.

При подрыве заряда БВВ у дна камеры ($H = 0$ мм, где H – расстояние от заряда до дна камеры) амплитуда давления в выходном сечении камеры невелика, однако вследствие того, что сферическая и отраженная ударные волны накладываются друг на друга, продолжительность его большая. При подрыве заряда БВВ между дном и фокусом камеры ($H = 18$ мм) образуется отраженная ударная волна с криволинейным фронтом, которая создает наибольший импульс давления на расстоянии $2/3$ радиуса выходного се-

чения камеры. При подрыве заряда БВВ в фокусе камеры ($H = 35$ мм) амплитуда отраженной ударной волны имеет постоянное значение по всему выходному сечению камеры, за исключением ее центра и края. При подрыве заряда БВВ ниже фокуса ($H = 60$ мм) давление в сферической ударной волне по выходному сечению камеры изменяется очень сильно. Поскольку при вырубке и калибровке деталей определяющим является амплитуда давления и равномерность ее распределения по выходному сечению камеры, то наиболее равномерно распределено по выбранному выходному сечению максимальное давление при подрыве заряда БВВ на дистанции, равной половине фокусного расстояния ($H = 18$ мм). Таким образом, изменяя положение заряда, можно изменять амплитуду и распределение давления по выходному сечению камеры.

Этот вывод подтверждают результаты экспериментального исследования, изложенные в работе [2]. Авторы изменяли осевое положение изолиро-

ванных электродов в МРБ установки УЭГШ-2. При этом максимальное давление с наибольшей площадью нагружения на преграде зафиксировано при самом нижнем расположении электродов, на срезе выходного отверстия. Этот результат получен за счет приближения канала разряда к объекту обработки.

3. Анализ конструкции МРБ с параболическим отражателем

Оптимальной формой отражающей поверхности ЭП является параболическая поверхность, создающая при разряде в фокусе плоскую отраженную ударную волну, которая при нормальном падении на заготовку отдает ей максимально возможную энергию и не создает теневых зон, что особенно важно при калибровке детали. Основной задачей при проектировании ЭП с такой отражающей поверхностью является выбор ее фокального расстояния, которое и определяет распределение давления по выходному сечению камеры и к.п.д. электрического разряда.

Используя результаты работы [3] была разработана конструктивная схема МРБ, оснащенная электродной парой с параболической отражающей поверхностью (рис. 2).

При использовании МРБ с параболическими отражающими поверхностями при неизменном уровне выделяемой энергии управление полем нагружения может осуществляться за счет перемещения электродов по оси камеры [2]. Так, при необходимости осуществления операций вырубки, формовки и чеканки, где требуется равномерное поле нагружения, электроды устанавливаются так, чтобы канал разряда проходил через фокус параболы (см. рис. 2, а). Если выполняются операции вытяжки, или необходимо получить более высокий уровень давлений по центру камеры, то электроды необходимо сместить ниже фокуса параболы (рис. 2, б).

При проектировании МРБ с параболическими отражающими поверхностями ЭП необходимо учи-

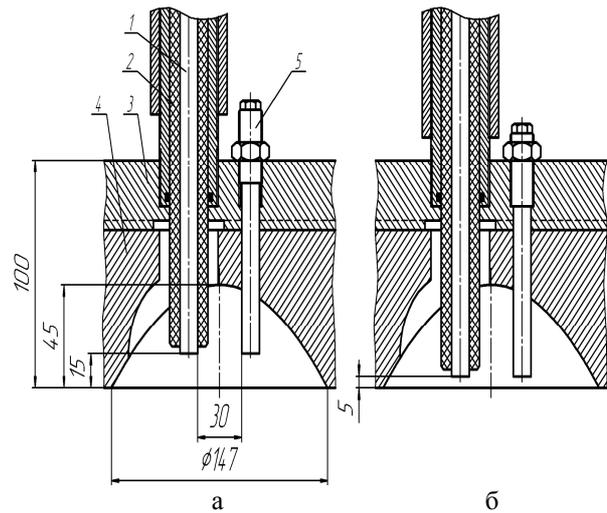


Рис. 2. Схема электродной пары с регулируемым положением электрода:

а – электроды расположены в фокусе параболы;
б – электроды расположены ниже фокуса параболы;

1 – изолированный электрод;

2 – изолятор;

3 – верхняя плита МРБ;

4 – нижняя плита МРБ;

5 – противоэлектрод

тывать также то, что общая глубина полости ЭП должна быть не меньше, чем 1,5 фокусного расстояния. В противном случае возможно неравномерное распределение давления.

Как показало исследование, при использовании разрядных камер с параболическим отражателем, для предотвращения пробоя на стенки отражателя необходимо делать выборки вокруг положительного электрода (см. рис. 2), которые искажают геометрию камеры и поле нагружения. В качестве конструктивного решения можно предложить выполнение корпуса МРБ из диэлектрического материала, например, стеклопластика. Однако выполнение корпуса, как одного целого, из стеклопластика может оказаться технологически и экономически невыгодным. Более выгодным может оказаться использование сборного МРБ, корпус которого выполнен из стали, а отражающие поверхности ЭПНВ – из стеклопластика (рис. 3). В этом случае при повреждении одного отражателя нет необходимости замены всего разрядного блока, производится замена только од-

ного отражателя. Также при использовании сборного МРБ есть возможность применения отражателей с различной формой отражающей поверхности.

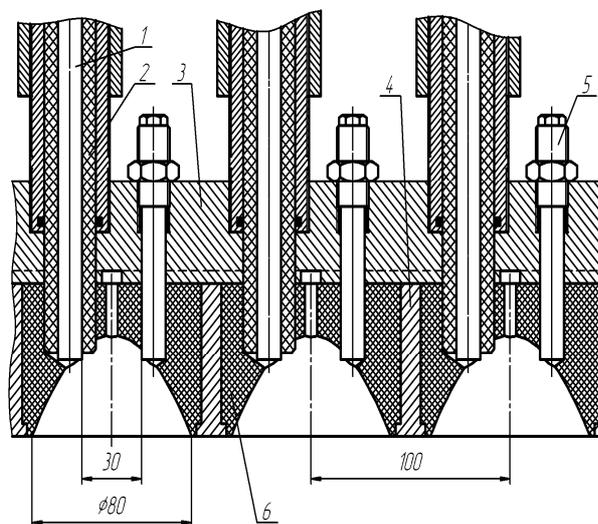


Рис. 3. Схема разрядного блока со сменными отражателями и регулируемым положением электродов:

- 1 – изолированный электрод;
- 2 – стеклопластиковый изолятор;
- 3 – корпус МРБ;
- 4 – корпус полостей;
- 5 – противоэлектрод;
- 6 – сменный диэлектрический отражатель

При изготовлении корпуса МРБ, отражающих поверхностей ЭП и изоляторов электродов из стеклопластика актуальным является вопрос об утилизации разрушенных деталей, поскольку стеклопластик невозможно использовать вторично. Более рационально использование комбинации материалов, например, полиэтиленовых отражателей и стеклопластиковых изоляторов электродов. Хотя срок службы полиэтилена примерно в 2 раза меньше, чем стеклопластика, однако при разрушении возможно его вторичное использование, что при массовом производстве запасных частей значительно снижает их стоимость.

Заключение

Предлагаемые конструкции многоэлектродных разрядных блоков позволяют значительно повысить

эффективность существующего и вновь проектируемого электрогидроимпульсного оборудования за счет более рационального использования энергии отраженных ударных волн, более точного управления полем нагружения, подбора материалов для изготовления деталей разрядных блоков. Конечно, для уточнения параметров нагружения и конструктивных решений необходимо провести дополнительные экспериментальные исследования.

Для технологической задачи штамповки-вытяжки глубоких листовых деталей необходимо разрабатывать разрядные блоки соответствующей конструкции или дополнительные устройства, позволяющие усовершенствовать блоки существующих и предлагаемых конструкций.

Литература

1. Тараненко М.Е. Технологические возможности многоконтурных электрогидравлических установок // Импульсная обработка металлов давлением. Межвуз. темат. сборник научн. трудов. – Х.: ХАИ, 1997. – С. 15 – 22.
2. Князев М.К., Кириенко П.Г., Гадяцкая И.Ю. Оптимизация конструкции разрядных блоков для электрогидравлической штамповки листовых деталей летательных аппаратов // Вопросы проектирования и производства летательных аппаратов. – Х.: Нац. аэрокосмич. ун-т им. Н.Е. Жуковского "ХАИ". – Вып. 30(3). – 2002. – С. 67 – 76.
3. Исаенко В.И., Борисевич В.К., Каныгин С.Л. К вопросу выбора параметров камер для взрывных прессов // Импульсная обработка металлов давлением. – Х.: ХАИ. – 1982. – Вып. 8. – С. 129 – 132.

Поступила в редакцию 25.05.2005

Рецензент: д-р техн. наук, проф. А.И. Бабушкин, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского "ХАИ", Харьков.