

УДК 623.983

**М.В. Высоцкий (6 курс, каф. МиТОМД), К.И. Поздов, инж.,  
В.С. Мамутов, д.т.н., проф., С.М. Тарелкин, к.т.н., доц.**

## **ПУТИ ОПТИМИЗАЦИИ ЭЛЕКТРОГИДРОИМПУЛЬСНОЙ ШТАМПОВКИ**

Одной из главных проблем электрогидроимпульсной штамповки является низкий коэффициент полезного действия процесса. При электрогидроимпульсной штамповке в камерах реальный КПД обычно ниже (10-20)%. Оптимизируя процесс, для электрического разряда в жидкости можно добиться следующего расклада энергии: энергия ударной волны - 30%; энергия пузыря (гидропотока) - 22%; потери энергии при пробое - 10%; потери на излучение - 10%; прочие потери - 28%. Таким образом, предельно можно достичь КПД примерно 50 %. Ниже рассмотрены основные пути увеличения КПД электрогидроимпульсной штамповки.

Регулирование межэлектродного расстояния при разных уровнях напряжения в пределах  $U_0 = 20-40$  кВ. Межэлектродный промежуток можно оптимизировать за счет уменьшения потерь энергии на образование канала разряда, которые в случае свободного пробоя могут достигать 20-60 % всей запасенной энергии. По данным Г.А. Гулого зависимость оптимального межэлектродного расстояния  $l$  от характеристик разрядного контура

$$l = 1.14 \cdot 10^{-3} U_0 \sqrt[4]{LC},$$

где  $U_0$  - начальное напряжение заряда конденсаторной батареи;  $L$  - индуктивность разрядного контура;  $C$  - емкость конденсаторной батареи.

Применение проводника между электродами. При правильном выборе размеров проволоки и ее материала потери энергии на образование канала разряда можно уменьшить до 10 %. Оптимальная длина и диаметр проволоки зависит от удельной электропроводности материала, его плотности материала, удельной теплоты плавления, удельной теплоты парообразования.

Использование электронных систем со вспомогательным поджигом. Часто проблемы стабильности электрического разряда в жидкости решаются применением специальных электрических схем. Возбуждение разряда в основном промежутке осуществляется при помощи разряда в дополнительном промежутке, подключенном к вспомогательному низкоэнергетическому контуру.

Оптимизация формы и размеров камеры. Для использования энергии ударных волн форма внутренней полости камеры должна обеспечить контролируемое отражение ударных волн с минимальными потерями и направление их в выходное сечение с одновременным подходом к нему. Для более полного использования энергии гидропотока необходимо, чтобы конструкция камеры обеспечивала его разгон только в одном направлении, т.е. электроды целесообразно располагать у дна рабочих камер, имеющих форму усеченного конуса (разряд при вершине). Для эффективного использования квазистатического давления необходимо обеспечить герметизацию разрядной камеры: лабиринтные формы каналов для выхода воздуха с минимально возможными диаметрами отверстий (диаметр отверстия для выхода воздуха не должен превышать 1.5...2.5 мм) и максимальной длины; уплотнения стыков с невозможностью перемещения уплотнительных прокладок и т.п.

Материалы электродов, рекомендации когда их применять. При инициировании разряда при помощи взрывающихся проволочек материал электрода практически не влияет на эффективность разряда. В этом случае обычно применяют конструкционные стали типа Ст.3, Сталь20 или Сталь45. Можно рекомендовать для повышения стойкости изготавливать наплавки из кирита. Наибольший вклад в эрозию электродов из сталей вносят углерод и карбидообразующие добавки. Поэтому их количество должно быть минимально необходимым, исходя из требуемых механических свойств. Неплохие характеристики дают композицион-

ные материалы на основе железа: железо-медь; железо-медь-сурьма; железо-медь-висмут. Опыт практического применения показывает, что оптимизация разряда за счет материалов электродов нецелесообразна.

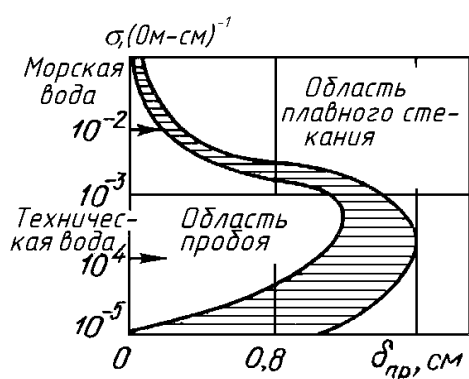


Рис. 1. Влияние проводимости воды на характер электрического пробоя

Применение в качестве рабочей жидкости вместо воды других жидкостей. В общем случае увеличение проводимости рабочей жидкости приводит к увеличению потерь и снижению КПД, особенно при электрическом пробое без инициализации разряда взрывом проволоочки. На диаграмме (рис. 1) по данным исследований А.Г. Рябинина показано влияние солености воды, определяемое ее проводимостью на длину пробиваемого зазора для некоторого фиксированного межэлектродного напряжения. Для водопроводной воды [ $\sigma \cong 10^{-4}(\text{Ом}\cdot\text{см})^{-1}$ ] наблюдается наибольший зазор. Замена воды 3% раствором NaCl приводит к уменьшению КПД в 1.2...5 раз в зависимости от параметров разряда.

Использование микропузырьков в жидкости и повышение эффективности за счет кавитационного схлопывания этих пузырьков, как правило, носит заявочный характер и не находит реального применения для штамповки листовых материалов из-за низкой стабильности процесса; сложности технического характера для создания кавитационных эффектов; низкого реального эффекта при практическом применении.

Согласование комплекса нелинейных электромеханических физических процессов. Наконец одним из наиболее эффективных путей повышения эффективности электрогидроимпульсной штамповки является согласование комплекса нелинейных электромеханических физических процессов, характеризующих электрогидроимпульсную штамповку: переходных электрических процессов в разрядном контуре, преобразования электрической энергии в энергию плазменной полости канала разряда, передачу этой энергии через рабочую жидкость деформируемой заготовке. Решение последней задачи возможно только путем создания комплексной компьютерной модели процесса, определяющей процесс трансформации энергии, запасенной в конденсаторной батарее электрогидроимпульсной установки, в энергию деформируемой заготовки.

*Выводы.* Таким образом, рассмотрены основные пути повышения эффективности преобразования энергии при электрогидроимпульсной штамповке.