



## ХАРАКТЕРИСТИКИ ИМПУЛЬСНОГО ПОТОКА ПЛАЗМЫ В ПЛАЗМЕННО-ДЕТОНАЦИОННОМ ГЕНЕРАТОРЕ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ РАСХОДАХ ГОРЮЧЕЙ СМЕСИ

Чл.-кор. НАН Украины **М. Л. ЖАДКЕВИЧ**, **Ю. Н. ТЮРИН**, д-р техн. наук,  
**О. В. КОЛИСНИЧЕНКО**, канд. техн. наук, **В. М. МАЗУНИН**, инж.  
(Ин-т электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины)

На основании анализа результатов теоретического исследования плазменно-детонационной установки рассчитаны тепловые и газодинамические характеристики сверхзвукового импульсного потока плазмы в зависимости от степени заполнения межэлектродного зазора горючей газовой смесью.

*Ключевые слова:* плазменно-детонационное напыление, импульсная плазма, геометрия ускорителя, горючая смесь, расход

Качественное формирование покрытий или упрочненных слоев с использованием импульсно-плазменного генератора зависит от множества факторов. Экспериментальное определение оптимальных геометрических параметров генератора, использующего ускорение продуктов детонации горючей газовой смеси ( $C_3H_8$ ,  $O_2$ , воздух) между коаксиальными электродами, представляет собой сложную задачу. Для оценки параметров плазмы на выходе из генератора использовали математическую модель магнитогазодинамического течения продуктов сгорания в коаксиальном зазоре [1, 2]. В работе [2] проведена оценка влияния электрических характеристик цепи разряда на параметры плазмы при заданной геометрии электродов. Кроме того, важнейшими параметрами технологии термообработки и напыления с использованием импульсного плазменного генератора являются состав горючей газовой смеси и степень заполнения ею межэлектродного зазора. С учетом исследований в работе [2] ниже рассматривается численная оценка тепловых и газодинамических характеристик сверхзвукового потока плазмы в зависимости от заполнения межэлектродного зазора детонационной смесью при неизменных параметрах источника питания и геометрии генера-

тора плазменно-детонационной установки. Параметры плазменно-детонационной установки приведены ниже.

### Параметры колебательного контура генератора

Индуктивность цепи, мкГн .....	7,5
Емкость конденсаторной батареи, мкФ .....	800
Начальное напряжение между электродами, кВ .....	3,2
Расчетное активное сопротивление цепи (сопротивление плазмы в межэлектродном зазоре) по кривым затухания, Ом .....	0,01...0,09

### Геометрические параметры ускорителя

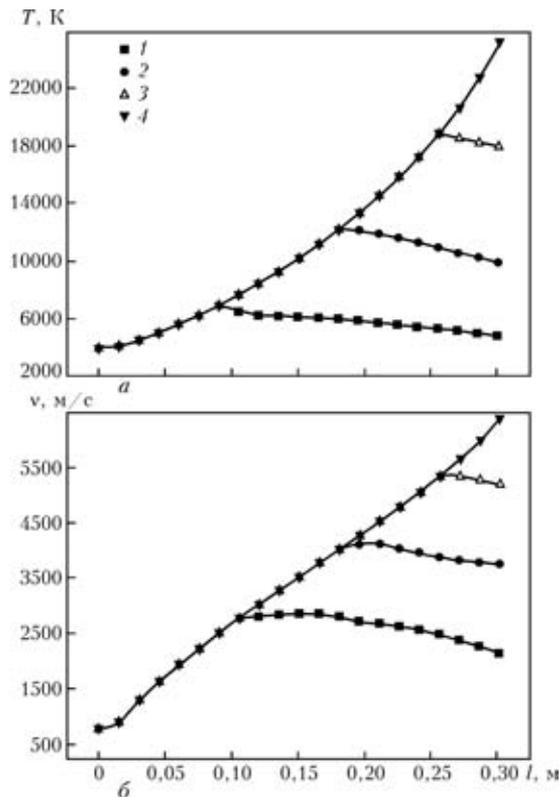
Начальный диаметр внутреннего электрода, мм .....	65
Начальный диаметр внешнего электрода, мм .....	81
Длина внешнего электрода, мм .....	300
Угол конусности внутреннего и наружного электродов .....	15

Межэлектродный зазор заполняли детонационной смесью в соответствии с представленными в таблице режимами. Расчеты проводили по методике, предложенной в работе [2]. Режимы отслеживали по изменению скорости и температуры плазмы вблизи детонационной волны при ее прохождении межэлектродного промежутка.

Анализ полученных результатов (рисунок) позволяет сделать следующие выводы: скорость и температура ионизированных продуктов сгорания в плазменно-детонационном ускорителе изменяется в зависимости от объема заполнения межэлектродного зазора детонационной смесью. С увеличением последнего повышается температура и скорость продуктов детонации непосредственно за волной. Данный факт обусловлен тем, что при наличии внешнего электрического поля по продуктам детонации начинает протекать электрический ток, возникает дополнительная пондеромоторная сила и добавочный приток энергии к газу в результате джоулевой диссипации, что оказывает существенное влияние на движение детонационной волны.

### Режимы заполнения межэлектродного зазора детонационной газовой смесью при температуре 294 К

№ режима	Расход детонирующей смеси при частоте 2 Гц, см <sup>3</sup>	Процент заполнения межэлектродного зазора, %
1	274,4	25
2	550	50
3	825	75
4	1100	100



Зависимость осредненной температуры (а) и скорости газовой смеси (б) в следе за волной детонации от расхода горючей смеси (1...4 — режимы, см. в таблице)

Расчетные результаты находятся в хорошем качественном соответствии с экспериментальными

Proceeding from analysis of theoretical study of the plasma-detonation unit, thermal and gas-dynamic characteristics of a supersonic pulse plasma flow have been calculated, depending on the degree of filling of the inter-electrode gap with the combustible gas mixture.

данными, полученными, в частности, для условий химико-термической обработки поверхности инструментов и деталей машин. В соответствии с указанными выше режимами в межэлектродный зазор подавали детонационную смесь и производили термическую обработку поверхности пластин. Было отмечено, что с увеличением объема детонирующей смеси изменялись свойства термоупрочненного слоя, что напрямую связано с тепловым потоком и его длительностью, который, в свою очередь, зависит от температуры и скорости плазменной струи.

В целом проведенные исследования позволяют утверждать, что тепловые и газодинамические параметры плазмы в плазменно-детонационной установке непосредственно за детонационной волной изменяются в зависимости от объемов заполнения межэлектродного зазора детонационной смесью, что, в свою очередь, влияет на свойства термоупрочненного слоя обрабатываемых изделий.

1. Гурович В. Ц., Десятков Г. А., Спектров В. Л. Особенности движения токовой оболочки и ударной волны в импульсном ускорителе высокого давления // Докл. АН СССР. — 1987. — 293, № 5. — С. 1102–1105.
2. Влияние параметров разрядного контура плазменно-детонационной установки для модификации поверхности на газодинамические характеристики импульсных плазменных потоков / М. Л. Жадкевич, Ю. Н. Тюрин, О. В. Количниченко, В. М. Мазунин // Автомат. сварка. — 2006. — № 8. — С. 42–45.

Поступила в редакцию 05.09.2006

## ИССЛЕДОВАНИЕ И ВЫБОР ЭКОНОМНОЛЕГИРОВАННОЙ СТАЛИ ДЛЯ МОСТОСТРОЕНИЯ

В настоящее время на основании исследований и опыта изготовления сварных конструкций мостов, их монтажа и эксплуатации в строительные нормы и правила введен прокат из сталей марок 15Г2АФДпс, 09Г2СД и 09Г2Д, который производится металлургической промышленностью Украины в необходимых объемах.

Из перспективных марок стали следует рассмотреть возможность применения в мостостроении экономнолегированного проката стали марок 09ХСНФД (ТУ 14-1-5311-95), 06ГБ и 06Г2Б (ТУ У 14-16-150-99) с временным сопротивлением разрыву до 700 МПа, производство которого предусмотрено техническими условиями на прокат для мостостроения. Разработчиками являются АНПА, ОАО «Азовсталь», УкрНИИКМ «Прометей» и ИЭС им. Е. О. Патона.

**Назначение и области применения.** Рассматриваемые стали предназначены для пролетных строений мостов, они могут быть использованы и для других объектов строительства и промышленности (телевизионные башни, подкрановые балки под тяжелые краны, мостовые и козловые краны, краны-перегрузатели, тяжелые и шагающие экскаваторы, подвижные составы и т.п.).

**Состояние и уровень разработки.** Прокат стали марок 15Г2АФДпс, 09Г2Д, 09Г2СД предусмотрен строительными нормами и правилами, его, а также стали марок 09ХСНФД, 12ХСНФД, 06ГБ и 06Г2Б необходимо включить в стандарт на прокат для мостостроения.

**Контакты:** 03680, Украина, Киев-150, ул. Боженко, 11  
 Институт электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины, отд. № 48  
 Тел./факс: (38044) 287 62 13, 529 06 07  
 E-mail: paton48@paton.kiev.ua