об оценке параметров плазменных потоков в технологических импульсных ускорителях для модификации поверхностей конструкционных материалов

Ю.М. Гришин, А.С. Скрябин

Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана, г. Москва, Россия, terra107@yandex.ru

Высокоэнергетичные (с энтальпией *h* ≈ (0,5...1,5)·105 кДж/кг) и высокоскоростные (со средней скоростью 1...5 км/с) потоки плазмы в каналах различных ускорителей рассматриваются [1] как одна из основ создания перспективных технологий металлообработки. Такими технологиями являются, например, импульсная плазменная закалка поверхности металлов и сплавов и напыление тугоплавких и износостойких покрытий. В данном докладе обсуждаются некоторые результаты теоретических исследований процессов генерации и ускорения импульсно-периодических плазменных потоков в коаксиальном сильноточном (с током *I*0 10...100 кА) ускорителе.

Коаксиальный ускоритель представляет собой цилиндрический канал, образованный внутренним и внешним электродами с диаметрами *d*1 = 2,5 см и *d*2 =3,5 см соответственно. В межэлектродный зазор вдувается при атмосферном давлении разогретый (*T*0 ≈ 3,0...4,0 кК) поток аргона. Далее в эту слабоионизованную невозмущённую систему с плотность *ρ*0  0,1 кг/м3 через управляемый коммутатор периодического действия и катушку индуктивности *L*0 = 1...3 мкГн происходит разряд ёмкости *С*0 = 500...103 мкФ, заряженной до напряжения *U*0 = 1...10 кВ. В результате происходит образование высокотемпературного токопроводящего канала, или поршня, который, расширяясь, толкает перед собой невозмущённую среду и образует импульсно-периодическую ударную волну, действующую на обрабатываемые поверхности и вызывающую их закалку. Для задач напыления с помощью системы дозации перед ударной волной впрыскиваются мелкодисперсные частицы, которые в ударно сжатом слое ускоряются до энергии, достаточной для формирования покрытия.

В зависимости от уровня тока разряда, определяемого параметрами цепи питания, различаются два режима ускорения плазмы. При *U*0 = 1...3 кВ и указанных выше параметрах цепи максимальный ток разряда *I*0 ≈ 20...50 кА и движение плазмы происходит, в основном, под действием газодинамических сил. Для описания использована модифицированная в [2] канальная модель [3]. Получены формулы для скорости и температуры газа в канале и генерируемой ударной волны. На основании модели разреженного дисперсного потока показано, что частицы можно ускорить до *V*p ≈ 0,8...1,0 км/с. При *U*0 = 5...10 кВ значения тока разряда *I*0 ≥ 70 кА, что обуславливает значительное влияние магнитного давления на движение плазменного потока. Динамика плазмы в этом случае описывается с помощью «snowplow» модели [4]. В этой ситуации за счёт электромагнитных сил возможно дополнительное ускорение частиц до *V*p ≈ 1,5...3,0 км/с, превышающих скорости газодинамического режима. Характерные температуры частиц составляют 800...1000 К. Как показали оценки, для ускорения частиц карбида вольфрама с начальной дисперсностью *dp*≈ 30...80 мкм длина соответствующего участка ускорителя должна составлять *l*≈ 0,5...0,6 м.

Таким образом, установлены особенности генерации и определены параметры плазменных потоков в сильноточных коаксиальных импульсных ускорителях, предназначенных для модификации поверхностей конструкционных материалов.

Литература

1. Погребняк А.Д., Тюрин Ю.Н. УФН, 2005, 175, 515-544.
2. Grishin Yu.M., Skryabin A.S. VIII International conference Plasma Physics and Plasma Technologies (PPPT-8). Minsk, 2015, 434-437.
3. Брагинский С.И. ЖЭТФ, 1958, 34, 1548-1557.
4. Tausing R.T., Chen Y.G. Physics of fluids, 1973, 16, 212-216.