

## **ПРИМЕНЕНИЕ ВЫСОКОЧАСТОТНЫХ ИНДУКТИВНЫХ ПЛАЗМОТРОНОВ ДЛЯ СИНТЕЗА НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ МАТЕРИАЛОВ И ПОКРЫТИЙ**

*Красильников А.В., Залогин Г.Н.*

ФГУП Центральный научно-исследовательский институт машиностроения,  
г. Королев, МО  
E-mail: krartur@mail.ru

Для развития инновационных технологий, использующих наноматериалы, необходимо обеспечить их получение в достаточном количестве. Хорошо зарекомендовавшие себя в лабораторных исследованиях способы получения, например, углеродных наноструктур (фуллеренов, нанотрубок и др.), основанные на использовании электрической дуги и лазерного испарения, имеют целый ряд недостатков, которые связаны с невысокой производительностью процесса. Низкотемпературный способ получения углеродных нанотрубок – метод химического осаждения из пара, основанный на разложении углеводородов в присутствии катализаторов, требует тщательного изготовления подложек с наноструктурированным катализатором. Широко распространенный способ магнетронного напыления в вакууме также характеризуется низкой производительностью.

Весьма перспективным в этом отношении является плазмохимический способ синтеза наноструктурированных материалов и покрытий с использованием нагрева и сублимации или разложения исходных веществ в плазме высокочастотного индукционного газового разряда. Преимуществами предлагаемого способа по сравнению с наиболее распространенным электродуговым способом являются: отсутствие ограничений по вкладываемой мощности и связанная с этим возможность существенного увеличения производительности; возможность работы с исходными веществами в различных агрегатных состояниях (порошки, газы, жидкости); возможности оптимизации процесса за счет независимого регулирования давления, энерговклада и соотношений расходов плазмообразующего газа, исходного вещества и катализатора; возможность формирования потока с использованием различных дополнительных устройств (сопл) и путем изменения геометрических параметров.

По сравнению с электродуговыми плазмотронами, которые также используются в плазмохимических процессах, но в рабочем потоке которых имеются примеси продуктов эрозии электродов, ВЧ-плазмотроны позволяют получать химически чистые потоки плазмы и синтезировать высокочистые наноматериалы, дают возможность организации непрерывного производства.

В докладе представлено описание высокочастотного индуктивного плазмотрона мощностью 1 МВт, результаты экспериментов синтеза углеродных наноматериалов (нанотрубок, онионов, графена и др.) и нанесения на различные подложки (стальные, медные, титановые, алюминиевые) наноструктурированных покрытий вольфрама, молибдена, титана, никеля, меди, кремния, циркония, диоксида титана и циркония, нитрида титана, карбида вольфрама и др. Полученные материалы исследовались с использованием рамановской спектроскопии, рентгенофлуоресцентного анализа, атомносиловой и электронной микроскопии.