

Термомеханическая обработка графита в покрытиях порошков железа, кобальта, никеля

Григорьев С.В., Жук А.Е., Ковалевская А.В.
Белорусский национальный технический университет

Тонкопленочные графитовые покрытия получали магнетронным распылением охлаждаемых графитовых катодов, представляющих собой высокоплотный графит с гексагональной решеткой, который содержал до 7% орторомбического углерода (графита), при использовании в качестве плазмирующего газа аргона при давлении 3,5 Па, низких значениях вольтамперной характеристики разряда $U = 0,6\text{кВ}$, $I = 0,6\text{А}$, и силе тока в индукционной катушке $I_k = 0,7\text{А}$, что обеспечивало низкие температуры осаждения углеродного конденсата.

Термомеханическая обработка предусматривает воздействие на покрытие изотермического нагрева и внешней нагрузки, что создает условия ползучести при высоких температурах и деформациях, обеспечивая формирование более плотной структуры графита. Конструкция материала – композита состоит из металлических микрочастиц с графитовым покрытием, которые спекаются в вакууме. Температура и интенсивность спекания композита обусловлены взаимодействием нанослоев графита в зоне контакта. При нагреве металлические частицы с покрытием подвергаются термическому расширению. С ростом температуры до 1200°C коэффициент линейного термического расширения (КЛТР) частиц железа ($\lambda = (10,6 - 12,1) \cdot 10^{-6} \text{K}^{-1}$) увеличивается интенсивнее, чем у графита ($\lambda = (0,6 - 4,3) \cdot 10^{-6} \text{K}^{-1}$). Разница КЛТР приводит к деформации графита сдвигом по плоскостям решетки со слабыми силами Ван – дер– Ваальса. Выдержка металлов с покрытием при высоких температурах вызывает высокий уровень растягивающих напряжений и пластическую деформацию графита, связанную с явлением ползучести. Механизм ползучести графита включает разрыв периферийных связей С – С и скольжение кристаллов друг относительно друга с восстановлением этих связей при новом положении кристаллов. При этом энергия активации ползучести (420кДж/моль) близка к энергии связи С – С (360кДж/моль). Низкие значения энергии активации при небольших деформациях обуславливают дислокационный механизм проскальзывания дислокаций в тонкопленочных углеродных покрытиях. Влияние процессов деформации графита при температурном расширении частиц основы в интервале температур активированного спекания углерода на структуру графита оценивали с помощью дилатометрических испытаний уплотненного образца из порошков – композитов.