

ФОРМИРОВАНИЕ НАНОСТРУКТУРНЫХ ПОКРЫТИЙ SiC НА МИКРОЧАСТИЦАХ АЛМАЗА В ПРОЦЕССЕ МАГНЕТРОННОГО РАСПЫЛЕНИЯ

В.Н. Ковалевский, д-р техн. наук, проф., С.В. Григорьев, А.Е. Жук,
А.В. Ковалевская, канд. техн. наук, доц., И.В. Фомихина, канд. техн. наук, с.н.с.
Белорусский национальный технический университет
(г. Минск, Республика Беларусь)

Получение слоистых покрытий многофункционального назначения в процессе магнетронного распыления охлаждаемых катодов в значительной степени определяется состоянием поверхности исходных порошков и формированием поверхности слоев покрытия. В качестве исходного материала рассмотрены микрошлиф порошки алмаза АСМ 14/10, АСМ 7/5, АСМ 1/0. Используя принцип раздельного синтеза с помощью аномального тлеющего разряда, создаваемого между плоским охлаждаемым катодом и кольцевым анодом, осуществляли распыление в среде аргона комбинированного катода (Si + C) и конденсацию смеси кремния и углерода на микрочастицы алмаза с формированием аморфной структуры. Получение покрытий на частицах порошка осуществляли с размещением их в перемешивающем (со скоростью 5 – 30 об/мин) устройстве – катоде на расстоянии 70–150 мм. При давлении 10–12 Па подавали анодное напряжение 1300–1500В с выключенной магнитной системой. Этапы получения порошков:

– подготовка (активация) поверхности алмаза обработкой плазмой тлеющего разряда ионами аргона при остаточной атмосфере в камере (~10–12 Па) с перемешиванием порошка (шихты) в специальном устройстве размещенном на расстоянии (50 – 150мм) от катода;

– нанесение слоя (до 20нм) распылением катода (Si и C, 3 % Al) с конденсацией соответствующей смеси атомов на частицах алмаза с формированием покрытия из смеси Si + C с аморфной структурой путем обработки;

– реакционное спекание в покрытии S + C = SiC (аморфное) проводили обработкой в плазме тлеющего разряда при отключенной индукционной системе;

– нанесение слоя Si + C толщиной до 200 нм, который на этапе реакционного спекания композита при обжиге образует переходную зону SiC между алмазом и матрицей композита;

– нанесение слоя Al толщиной 10 нм распылением алюминиевого катода; Слой алюминия с оболочкой из Al₂O₃ толщиной до 20 нм активует процесс реакционного спекания в твердой фазе, с образованием α – SiC, и при формировании переходной зоны между α – (гексагональной) и β – (кубической) модификациями SiC;

– нанесение пироуглерода на поверхность порошка – композита и первичного SiC массой в пределах 4–16% от массы алмаза и первичного SiC.

Пиролитический графит растворялся в жидком Si с образованием SiC (в присутствии дисперсных добавок).

Состав и толщина исходных покрытий в полученных порошках – композициях определялись режимами распыления и скоростью осаждения конденсата, что позволяло получать слоистое покрытие кристаллов алмаза в виде наноструктурных слоев из SiC, Si + C, Al и пиролитического графита. Регулирование технологическими параметрами распыления осуществляли в пределах $U = 450–650$ В, $I = 1,8–2,5$ А. Локализация плазмы в прикатодном пространстве обеспечивает получение большой плотности ионного тока и высоких скоростей распыления при низких рабочих давлениях. Использовали индукции неоднородного магнитного поля в диапазоне 0,03–0,05 Тл при давлении плазмирующего газа (аргона) 0,3–0,6 Па, что обеспечивает саморегулирование магнитной системы за счет использования двухсекционной катушки. Это открывает возможности управления процессом распыления и стабилизации разряда независимо от вида распыляемого материала от металлов (Al, Ti, Ni, Co, Cu, Mo и т.д.) до графита и кремния. Осаждение конденсата происходит при пониженной кинетической активности и зарядности, что обеспечивает формирование покрытия при низких температурах (не выше 70 °С). Высокая теплопроводность (λ более 1000 Вт/м·К) алмаза создает условия аморфизации конденсируемых тонкопленочных (10–20 нм) покрытий из смеси наночастиц и кластеров кремния и углерода.

Образование аморфного SiC объясняется известными структурными моделями – кристаллической, поровой и кластерной, а для тонких покрытий удачно описывается моделью Бернала, которая предполагает отсутствие взаимного проникновения атомов. Максимально допустимая толщина, при которой в покрытия Si+C формируется аморфная структура, составляет 20 нм на кристаллах АСМ14/10, что определяется интенсивностью отвода тепла для создания условий формирования аморфной структуры ($v = 60$ °С/моль).

УДК 621.793

ПОЛУЧЕНИЕ ИЗНОСОСТОЙКИХ СЛОИСТЫХ ПОКРЫТИЙ НА ФЕРРОАБРАЗИВНЫХ ПОРОШКАХ МАГНЕТРОННЫМ РАСПЫЛЕНИЕМ

В.Н. Ковалевский, д-р техн. наук, проф., С.В. Григорьев,
А.Е. Жук, Л.Ф. Керженцева, канд. техн. наук, доц.
Белорусский национальный технический университет
(г. Минск, Республика Беларусь)

Целью работы являлось исследование процессов модифицирования поверхности частиц порошков на железной основе при магнетронном напылении композиционных катодов, а также разработка процессов получения ферро–