Влияние параметров нанесения на структуру TI-AL покрытий в рамках развития технология современных покрытий

Черунова И.В., Бринк И.Ю. , Горчаков В.В., Поляков С.А., Савин В.С.

ООО НПП "ИНТОР"

МС- это комплексный процесс, содержащий несколько важных параметров, влияющих на конечный состав, структуру получаемого продукта (скорость, время, температура, соотношение массы шаров к массе порошка).
МС проводилось при комнатной температуре в вибрационной мельнице (амплитуда 12 мм, частота 50 Гц), в стальном контейнере со стальными шарами. Образцы из титана загружались в рабочее пространство мельницы со смесью порошков - 1,7 г Ti и 1,7 г Al. Отношение массы шаров к массе порошка варьировалось от 3:1, до 10:1, время обработки 1 час. Также при загрузке mш:mп 10:1, варьировали время МС обработки от 15 мин, до 5 часов. Температура внутри контейнера во время обработки не превышала 1000С.
Экспериментально установлено, что увеличивая время МС обработки или количество загружаемых шаров можно уменьшить шероховатость синтезированных покрытий. Увеличение содержания титанового порошка в загружаемой смеси, также приводит к росту толщины покрытий.
Как следует из теории механического легирования, количество шаров определяет поток энергии подводимой к мелющимся телам. При соотношении массы шаров к массе порошка, mш:mп, 3:1 энергии достаточно только для того, чтобы покрыть Ti подложку тонким слоем Al. Под воздействием ударов шаров частицы легкоплавкого Al холодно-диффузионно свариваются с поверхностью металла. Частицы подвергается механическому измельчению и многократно повторяющемуся деформированию и уплотнению на поверхности Ti подложки. С увеличением количества шаров поток генерируемой энергии увеличивается и становиться достаточным для того, чтобы вбивать частицы Ti в Al матрицу. Локально на поверхности Ti начинает происходить рост Ti-Al слоя. Под воздействием деформации Al затекает в поры между твердыми частицами, в результате происходит рост очень плотного и прочного покрытия. При соотношении mш:mп 6:1 рост покрытия происходит неравномерно, по островковому типу. Размер островков существенно увеличивается по сравнению с mш:mп 4:1. Это происходит за счет того, что Ti-Al слои неоднородно накладываются друг на друга.
Максимальная толщина Ti-Al покрытия формируется при соотношении шаров и порошка mш:mп 9:1 и достигает 200 μm. Изменяется структура покрытий. По направлению к поверхности наблюдается измельчение Ti частиц, а в приповерхностном слое образуется ламельная структура. Ламельная структура указывает на то, что в приповерхностном слое под воздействием ударов шаров происходит механическое сплавление Ti и Al. При последующем увеличении количества шаров толщина покрытия и шероховатость поверхности уменьшаются. Островковая структура четко не проявляется, а морфология поверхности выравнивается. По толщине покрытия формируется слоистая структура: на границе раздела покрытие/подложка структура состоит из неоднородных Ti частиц в Al матрице; средняя часть покрытия ламельная структура; приповерхностный слой покрытия-мелкодисперсный с большим количеством микротрещин,
Увеличение количества шаров ведет к резкому увеличению скорости осаждения. С уменьшением размеров кристаллитов и повышением температуры в системе, ускоряется диффузия, атомы диффундируют во всех направлениях вдоль поверхности. Поверхность постепенно выравнивается, шероховатость, Ra, уменьшается. Ламельная структура измельчается, поверхность быстро упрочняется и становиться хрупкой, что приводит к развитию трещин.
С увеличением времени помола уменьшается размер частиц, а соответственно и диффузионные пробеги частиц, увеличивается плотность дефектов, генерируемые деформацией, ускоряют диффузионные процессы, частицы начинают интенсивно холодно- диффузионно свариваться. Формируется ламельная структура. При обработке свыше одного часа, плотность дефектов возрастает, ламельная структура приповерхностного слоя начинает разрушаться, кристаллиты измельчаются, образуется однородная мелкодисперсная структура.
Таким образом, из полученных экспериментальных результатов следует, что механохимический синтез Ti-Al покрытий зависит от параметров процесса, которые определяют поток подводимой энергии. Скорость роста покрытия определяется составом наносимой смеси, временем обработки и интенсивностью подвода энергии, последняя в свою очередь зависит от размера и массы шаров. Толщину покрытий, их однородность и структуру можно регулировать в широких пределах, изменяя параметры процесса.
Работа выполнена при поддержке Министерства образования и науки РФ в рамках ГК №14.513.11.0071.