

ПОЛУЧЕНИЕ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ КАРБИДА ТИТАНА С ВЫСОКОЙ ПРОЧНОСТЬЮ СЦЕПЛЕНИЯ

П.А. МАЛОФЕЕВА, Ю.Л. ШАНЕНКОВА, И.И. ШАНЕНКОВ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет»
E-mail: kosyulka98@mail.ru

Карбид титана, как и другие карбиды переходных металлов, полезен, так как он обладает рядом уникальных свойств, таких как сверхтвердость, высокая термостойкость, высокий модуль упругости, устойчивость к воздействию кислот и щелочей, хорошая электропроводность, а также карбид титана имеет низкий коэффициент трения, высокую температуру плавления (3067°C), термическую и химическую стабильность. Благодаря своим свойствам, TiC широко применяется как покрытие на металлических режущих инструментах, электрических контактах, электрохимических датчиках и биомедицинских материалах. Также покрытие на основе TiC используются в аэрокосмической промышленности [1] и для защиты внутренних стенок термоядерных реакторов [2]. Однако, одна из основных проблем - плохое сцепление покрытия TiC с металлическими подложками. В работе предлагается новый уникальный метод нанесения карбидотитанового покрытия при помощи системы на основе коаксиального магнитоплазменного ускорителя (КМПУ).

Предлагаемый метод основан на использовании сильноточного импульсного коаксиального магнитоплазменного ускорителя (КМПУ) с титановыми электродами для отложения покрытия TiC на медной подложке [3]. Камера-реактор была заполнена атмосферой аргона, в ней на расстоянии 60 мм от ускорительного канала находилась медная мишень. Порошок, содержащий в себе частицы титана и углерода, закладывался в канал формирования плазменной струи. КМПУ генерирует высокоскоростную импульсную струю электроэрозионной плазмы, которая выносится из ствола в пространство камеры-реактора и осаждается на медную подложку в виде TiC-покрытия.

На рисунке 1 представлены SEM – снимки поперечного среза полученного покрытия, снятые на сканирующем электронном микроскопе Hitachi TM-3000, а также топография поверхности и элементный анализ. На рисунке 1а видно, что толщина покрытия составляет до ~ 30 мкм. Видно, что полученное покрытие полностью повторяет все неровности и изгибы медной подложки. Стоит отметить, что покрытие нанеслось полностью по всей поверхности исследуемого образца, и отсутствуют места без покрытия и места прогара. Топография поверхности (рисунок 1б) показывает, что полученное покрытие имеет мелкую шероховатую структуру, что может объясняться импульсным процессом получения покрытия.

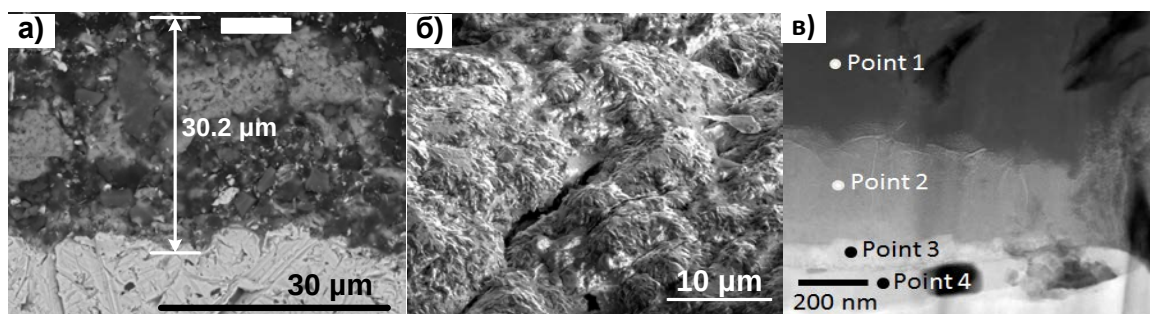


Рисунок 1 – SEM-анализ полученного покрытия а) изображения поперечного среза покрытие-подложка, б) топография TiC покрытия, в) элементный анализ поперечного среза

На рисунке 1в представлены результаты элементного анализа для поперечного среза шлифа покрытия-подложка с исследованием переходного слоя. В точке 1 элементный

анализ показал наличие следующих материалов: углерод 44%, титан 55% и медь 1%, что позволяет судить о получении покрытия на основе карбида титана. Далее передвигаясь по покрытию (точка 2 – переходный слой) увеличивается процентное содержание меди до 21%, при этом содержание углерода падает до 21%, а титан практически остается неизменным – 58%. На данном промежутке образуется покрытие на основе карбида титана, однако также происходит образование чистого титана и частицы подложки (меди) под воздействием высокой температуры перемешиваются с покрытием и остаются в нем. В точках 3 и 4 углерод полностью отсутствует, а процентное содержание меди и титана составляет соответственно 77% и 23%.

На рисунке 2 представлены результаты скетч-теста. Кривые нормальной силы давления F_n , силы трения F_f , глубина проникновения P_d и акустическая эмиссия A_e в зависимости от движения индентора представлены на рисунке 2а. Расчет величины прочности сцепления покрытия с подложкой производился по методике [4]. Согласно данным расчётам для определения адгезии были выбраны две точки, которые показали, что значение прочности сцепления для образца составило 5200 МПа, что является достаточно высоким уровнем для данных материалов. Определение твердости по Виккерсу полученного образца было измерено на нанотвердомере. Значения твердости составили 1900 HV, 850 HV и 95 HV для TiC покрытия, переходного слоя и подложки соответственно.

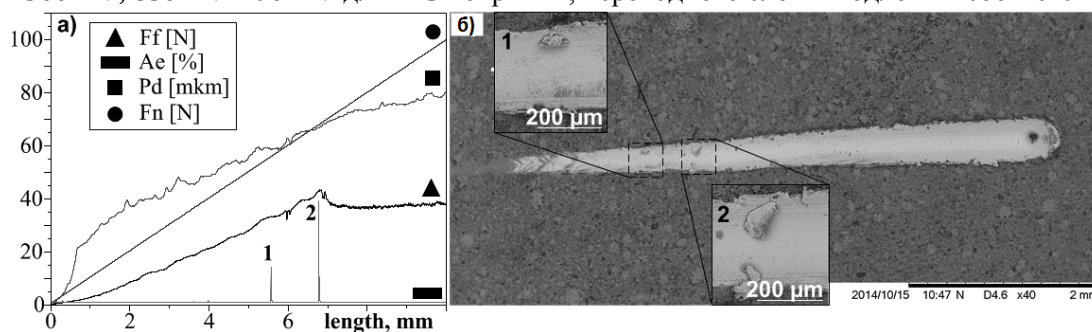


Рисунок 2 – Результаты скретч-теста а) кривые нормальной силы давления F_n , силы трения F_f , глубина проникновения P_d и акустическая эмиссия A_e , б) SEM-изображение скретч-теста

Представленные результаты ясно показывают, что покрытие TiC/Ti на медную подложку может быть получено с использованием импульсной системы на основе КМПУ с титановыми электродами. Толщина этого покрытия варьируется от 10 до 30 мкм. Что можно объяснить неоднородностью потока плазмы. Анализ EDX позволяет увидеть зоны перемешивания частиц покрытия с частицами меди. Этот процесс проникновения частиц титана в медную подложку происходит под влиянием высокой скорости потока плазмы (~3 км/с). Образующееся покрытие обладает прочностью около 5200 МПа и увеличивает твердость медной мишени до 95 HV, в то время как твердость самого покрытия составила 1900 HV.

Список литературы

1. Kumar A., Chan H.L., Kapat J.S. Deposition and characterization of titanium carbide coatings using laser ablation method // Appl. Surf. Sci. – 1998. – 127-129. – P. 549–552.
2. Li X., Dong Z., Westwood A., Brown A., Zhang S., Brydson R., Rand B., Preparation of a titanium carbide coating on carbon fibre using a molten salt method // Carbon. – 2008. – №46. – P. 305–309.
3. Sivkov A. et al. Deposition of a TiC/Ti coating with a strong substrate adhesion using a high-speed plasma jet // Surface and Coatings Technology. – 2016. – T. 291. – C. 1-6.
4. Prozorova G.V., Lotkov A.I., Meisner L.L., Neyman A.A. Adhesion strength of magnetron sputtered molybdenum and tantalum thin-films on TiNi substrate // Proceedings of 9th International Conference on Modification of Materials with Particle Beams and Plasma Flows. – 2008. – P. 547–550.