

**НАНЕСЕНИЕ ЭРОЗИОННО СТОЙКИХ
НАНОПОКРЫТИЙ СИСТЕМЫ Ti-Si-B,
НА ПОВЕРХНОСТЬ ДЕТАЛЕЙ ИЗ СПЛАВА Ti6Al4V**

БНТУ, Минск

Научный руководитель Латушкина С.Д.

Системы Ti-Si, Ti-Si-B, Ti-Si-C, Ti-Si-N и др. уже более 20 лет привлекают внимание исследователей, поскольку на их основе возможно синтезировать уникальные по уровню свойств покрытия для повышения стойкости инструмента.

В качестве объектов исследования использовали образцы и лопатки компрессора из сплава ВТ6. Осаждение покрытия реализовано с помощью электродугового испарителя с арочным магнитным полем и универсального источника пучка быстрых нейтральных молекул, совмещенного с потоком металлического пара распыляемой ионами аргона мишени. Сначала проводили очистку поверхности пучком молекул аргона, затем импульсно-дуговую ионную имплантацию составляющих катода при ускоряющем напряжении 25 кВ, плотности тока в импульсе $1,5 \text{ мА/см}^2$ и частоте следования импульсов 20 Гц в течении 20 минут, а затем собственного процесса нанесения покрытий при подаче отрицательного потенциала на образцы 300 В. Все операции осуществляются при непрерывном вращении усталостных образцов вокруг их вертикальной оси. Лопатки обрабатывали с одной стороны без вращения. Толщину покрытий варьировали от 1 до 8 мкм.

От лопаток отрезали образцы-свидетели (размером $15 \times 5 \text{ мм}$), на которых определяли толщину покрытия методом оптической металлографии и микротвердость. Образцы подвергали испытаниям на усталостную прочность при температуре 25°C на свежем воздухе и частоте нагружения 2800...3000 Гц, а также на эрозионную стойкость.

На рисунке 1 приведены результаты исследования микроструктуры поверхностных слоев лопаток КВД из сплава ВТ6 с покрытием толщиной 2 мкм системы Ti-Si-B, а на рисунке 2 – фрагменты дифрактограмм поверхностей этих лопаток.

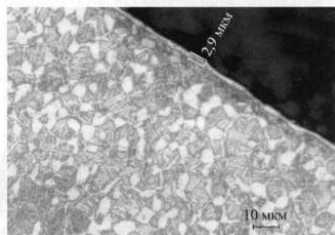


Рисунок 1 – Микроструктура материала в поверхностном слое лопатки из сплава ВТ6 с покрытием системы Ti-Si-B

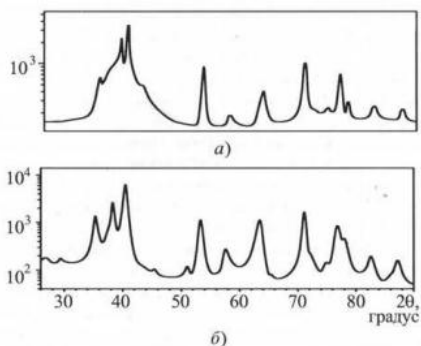


Рисунок 2 – Фрагменты дифрактограмм с поверхности лопатки из сплава ВТ6 с покрытием системы Ti-Si-B толщиной 6 мкм (а) и без покрытия (б)

При визуальном осмотре установлено что сформированные стекловидные покрытия характеризуются полным повторением рельефа поверхности подложки: отчетливо видны риски, царапины и другие дефекты. Модифицированный поверхностный слой состоит из двух зон при общей толщине около 20 мкм; рентгено-аморфного покрытия толщиной 1...6 мкм и зоны толщиной 8...12 мкм, формирование которой может быть связано с протеканием процесса СВС-синтеза непосредственно на подложке при осаждении покрытия

с выделением большого количества теплоты. В результате этого в приповерхностном слое происходит высокоскоростной нагрев до температуры выше температуры $\alpha \leftrightarrow \beta$ превращения, и после завершения стадии осаждения покрытия реализуется высокоскоростное охлаждение за счет отвода теплоты вглубь мишени.

Наибольший интерес представляют результаты усталостных испытаний, из которых следует, что сформированное покрытие препятствует выходу усталостных трещин, зародившихся в подповерхностном слое, непосредственно на поверхности. Поскольку толщина покрытий невелика, это может быть объяснено присутствием в покрытии α -фазы и низкой дисперсностью материала. На рисунке 3 видно, что усталостная трещина неоднократно останавливалась и изменяла направление своего развития.

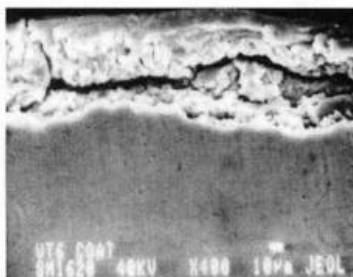


Рисунок 3 – СЭМ-изображение поверхностного слоя образца с покрытием толщиной 8 мкм после усталостных испытаний

Таким образом, формирование эрозионно стойких покрытий системы Ti-Si-Вна поверхность детали из сплава Ti6Al4V вакуумно-плазменным методом с сеперацией плазмы от капельной фракции позволяет значительно повысить их усталостную прочность и эрозионную стойкость.