

УДК 621.732

ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ
ИЗНОСОСТОЙКИХ КРЕМНИЙСОДЕРЖАЩИХ ТОНКОПЛЕНОЧНЫХ
ПОКРЫТИЙ, РАБОТАЮЩИХ В УСЛОВИЯХ ВЫСОКИХ КОНТАКТНЫХ
ДАВЛЕНИЙ

А. М. СТАРОВОЙТОВ, *А. Л. ГОЛОЗУБОВ, *В. А. ВОРОНЧУК
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

*Учреждение образования
«МОЗЫРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ» им. И. П. Шамякина
Могилев, Мозырь, Беларусь

Особенностью исследования физико-механических свойств тонкопленочных покрытий (ТП), в отличие от компактных массивных материалов, является необходимость рассмотрения отдельных характеристик в тесной взаимосвязи, с учетом их взаимовлияния, что позволяет создать целостную картину их свойств.

Защитные свойства ТП определяются не столько абсолютными значениями отдельных характеристик, сколько их относительным взаимодействием и взаимовлиянием, и во многом определяются соотношением между когезией и адгезией. Преобладание когезии над адгезией является причиной разрушения покрытий по адгезионному механизму – за счет отслаивания от подложки с потерей барьерных свойств ТП. Превалирование адгезии может быть причиной разрушения по когезионному механизму за счет образования сетки трещин в ТП. Поэтому необходимо создавать рациональное сочетание адгезионных и когезионных свойств в системе покрытие – подложка.

Основными характеристиками защитных покрытий наряду с адгезией, являются когезионные свойства материала – предел прочности, модуль упругости первого рода, коэффициент Пуассона. В настоящее время отсутствуют методики исследования свойств тонкопленочных покрытий. Наиболее достоверным способом оценки физико-механических свойств тонкопленочных покрытий является измерение микротвердости.

Одна из наиболее важных особенностей образования на металлических подложках барьерных упрочняющих износостойких тонкопленочных покрытий – высокая скорость охлаждения тонкопленочного покрытия и поверхностных слоев подложки в процессе нанесения ТП, достигающая 10^5 – 10^6 К/с. Наличие значительного градиента температур обусловлено малой толщиной ТП; невысокой эффективной мощностью дугового плазматрона, связанной с его конструктивными особенностями (плазматрон косвенного действия); цикличностью нанесения ТП; интенсивным теплоотводом от поверхностных слоев в глубину подложки.

В результате такого характера образования и роста, получаемое покрытие имеет химический состав, отличный от стехиометрического. Кроме этого, высокие скорости охлаждения ТП способствуют аморфизации покрытия и образованию искаженной, фрагментированной структуры, имеющей высокую степень несовершенств. В результате физико-механические свойства кремнийсодержащего ТП отличаются от свойств компактного материала в сторону их увеличения.

Проведенные исследования на оборудовании фирмы "Buehler" (ФРГ) "Micromet-5100" дали возможность измерить микротвердость ТП (индентор Кнупа) и интегральную микротвердость композиции ТП – подложка (индентор Виккерса) для поверхностей с ТП после воздействия высоких контактных давлений. Полученные экспериментальные данные позволяют сделать следующие выводы:

– микротвердость барьерного износостойкого ТП после воздействия высоких контактных давлений не изменяется, т.к. ТП, имеющее более высокие физико-механические свойства, чем подложка, в процессе воздействия высоких контактных давлений является промежуточным слоем, через который передаются нагрузки непосредственно на поверхностные слои подложки, при этом отсутствует компрессионный механизм когезионного разрушения ТП;

– прочностные свойства композиции барьерное износостойкое ТП – подложка определяются в основном состоянием приповерхностного слоя подложки, испытывающего упругие и пластические деформации в результате действия высоких контактных давлений;

– действие высоких контактных давлений, в пластической стадии деформирования подложки, вначале сопровождается незначительным снижением микротвердости композиции барьерное износостойкое ТП – подложка, а при дальнейшем увеличении контактных давлений – ростом микротвердости.