

МОДИФИКАЦИЯ ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ СИЛУМИНА С ПОМОЩЬЮ КОМБИНИРОВАННОЙ ОБРАБОТКИ

А.В. Ткаченко, Е.А. Петрикова, Ю.Ф. Иванов

Научный руководитель: профессор, д.ф.-м.н Ю.Ф. Иванов

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30, 634050

E-mail: tkachenkoav@tpu.ru

MODIFICATION OF THE SURFACE LAYER SILUMIN BY COMBINED TREATMENT

A.V. Tkachenko, E.A. Petrikova, Yu.F. Ivanov

Scientific Supervisor: Prof., Dr. Yu.F. IVANOV

Tomsk Polytechnic University, Russia, Tomsk, Lenin str., 30, 634050

E-mail: tkachenkoav@tpu.ru

Surface treatment carried silumin concentrated streams of energy. This study revealed the mode of action, which increases wear resistance and microhardness of the modified material. Investigation of the surface layer were conducted by electron microscopy.

Введение Сплавы на основе алюминия являются вторым по значимости конструкционным материалом, уступая по объему производства только сплавам на основе железа. Одними из наиболее распространенных являются сплавы Al-Si(силумин). Применение силуминов в качестве конструкционных материалов связано в первую очередь с особым набором свойств данных сплавов. Отличные литейные свойства, высокая механическая и хорошая коррозионная стойкость ставит силумины в особый ряд материалов, перспективных в части замены стали [1, 2].

Причиной выхода из строя до 80% механизмов является их износ под влиянием трения. Наиболее сильному физико-химическому воздействию в процессе эксплуатации подвергается поверхностный слой деталей. Для улучшения прочностных характеристик в настоящее время активно используют твердое покрытие на основе циркония. Цирконий является недефицитным и недорогим соединением. Также использование циркония в качестве покрытия приводит к увеличению коэффициента адгезионного схватывания. Нанесение циркония на образец приводит к увеличению твердости, износостойкости и термической стабильности. Благодаря этому можно эффективно защитить самые важные детали устройств от внешних воздействий (температуры, влажности и т.п.), тем самым продлевая срок их эксплуатации.

Эффективным направлением улучшения служебных характеристик материала является модификация рабочих поверхностей за счет термоупрочнения, достигаемого при использовании концентрированных потоков энергии, позволяющих воздействовать на материал большими плотностями энергии за относительно короткие промежутки времени. Перспективным методом этой группы является воздействие высокоинтенсивными электронными пучками субмиллисекундной длительности (50...200 мкс). Для получения еще большего упрочнения осуществляют комбинированную обработку, включающую несколько методов модификации поверхности [3].

В настоящей работе представлены экспериментальные результаты по исследованию структуры и механических свойств поверхностных слоев силуминов, подвергнутых комбинированной обработке, включающей напыление циркония с последующим облучением высокоинтенсивным электронным пучком.

Материал, методы обработки и методика исследования Материалом исследования является промышленный антифрикционный эвтектический сплав на основе алюминия (силумин) АК12М2МгН следующего состава: 12.49 % Si, 2.36 % Mg, 0.6 % Cu, 0.35 % Ni, 0.3 % Fe, ост. Al, (в ат.%). Лабораторные образцы в виде цилиндров диаметром 10 мм, высотой 5 мм подвергали обработке высокоинтенсивным импульсным электронным пучком на установке «SOLO» (Институт сильноточной электроники СО РАН). Параметры электронно-пучковой обработки: плотность энергии пучка электронов $E_s = 20$ Дж/см², длительность импульса пучка электронов $\tau = 150$ мкс, частота следования импульсов облучения $0,3 \text{ с}^{-1}$, количество импульсов облучения $N = 1-5$. Структуру поверхности обработки и поверхностного слоя анализировали на оптическом микроскопе (прибор микровизор $\mu\text{Vizo-MET-221}$) и сканирующем электронном микроскопе (прибор SEM-515 Philips). Прочностные характеристики модифицированного слоя изучали, определяя микротвердость на приборе ПМТ-3.

Результаты исследования и их обсуждение При проведении данного исследования на разных этапах комплексной электронно-ионно-плазменной обработки покрытия ZrN толщиной 1 мкм были синтезированы вакуумно-дуговым методом с плазменным ассистированием на подложки из силумина марки АК12М2МгН в исходном или модифицированном электронным пучком состояниях. Материалом испаряемого катода служил циркониевый сплав Э110 (соответствует составу ТУ 95 166-98, содержание Nb: 0,9-1,1 вес.%). Осаждение покрытий велось на автоматизированной ионно-плазменной установке «ТРИО». Вплавление покрытия в подложку осуществляли, облучая систему покрытие/подложка

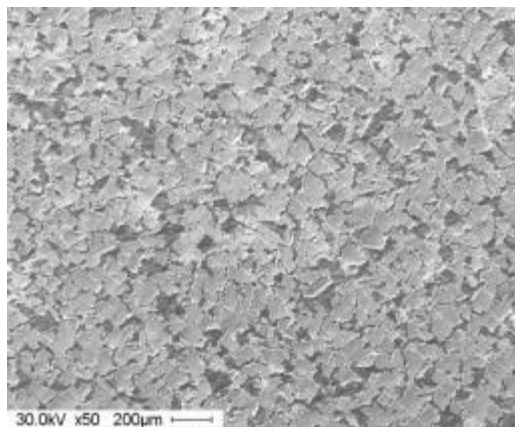


Рис.1. Структура поверхности системы покрытие ZrN/подложка (силумин), обработанная импульсным электронным пучком. Сканирующая электронная микроскопия

высокоинтенсивными импульсными электронными пучками на установке «СОЛО». Облучение системы покрытие/подложка импульсным электронным пучком в режиме обработки 20 Дж/см^2 ; 150 мкс; 5 имп.; 0,3 Гц, приводит к частичному разрушению покрытия, плавлению поверхностного слоя подложки и выходу расплава на поверхность покрытия, что указывает на вплавление покрытия в подложку (рис. 1).

Предварительное облучение силумина электронным пучком и последующее нанесение покрытия приводят к формированию подповерхностного слоя, характеризующегося повышенными (в 4...5 раз) значениями твердости и модуля Юнга (рис. 2, б).

Дополнительное облучение электронным пучком системы покрытие / подложка с целью вплавления покрытия в подложку приводит к снижению (в 2,5...4 раза) твердости покрытия, что может быть обусловлено изменением его структуры и элементного состава, и формированию нескольких подслоев с повышенным значением твердости и модуля Юнга.

При обработке электронным пучком по режиму 20 Дж/см^2 ; 150 мкс; 5 имп.; 0,3 Гц, покрытие

вплавляется в подложку, что способствует снижению в ~ 100 раз скорости изнашивания системы покрытие (ZrN)/подложка (силумин) относительно исходного силумина; коэффициент трения снижается в $\sim 1,4$ раза. Твердость системы покрытие/подложка ~ 13 ГПа (что в ~ 10 раз выше твердости силумина), модуль Юнга ~ 230 ГПа

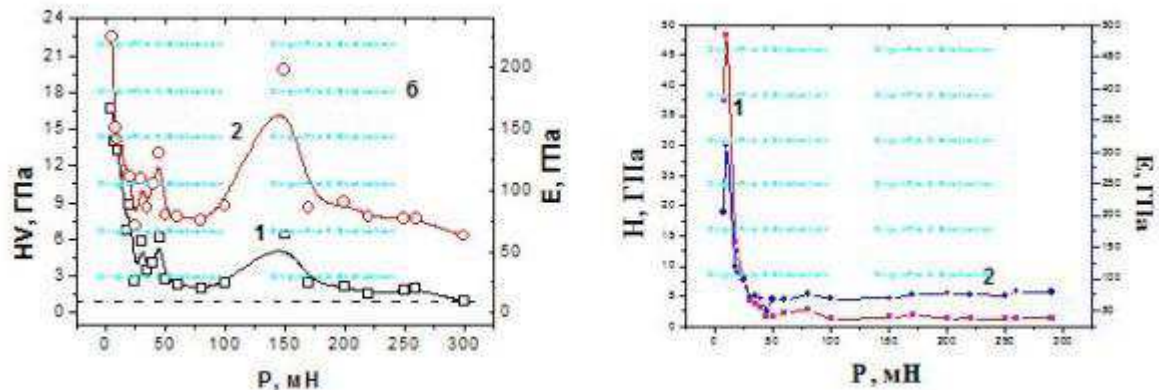


Рис. 2. Зависимость твердости HV (кривая 1) и модуля Юнга E (кривая 2) от нагрузки на индентор P; а – система покрытие (ZrN)/подложка (силумин); б – покрытие ZrN сформировано на силумине, предварительно обработанном электронным пучком (10 Дж/см²; 50 мкс; 10 имп.; 0,3 Гц.)

Закключение В результате выполненных исследований структурно-фазового состояния, механических и трибологических свойств системы покрытие (ZrN)/подложка (силумин) выявлен оптимальный режим формирования на эвтектическом силумине твердых износостойких нанокристаллических покрытий на основе нитрида циркония (ZrN), сочетающий две технологии: синтез покрытия методом вакуумно-дугового распыления материала катода с последующей конденсацией на поверхности подложки в среде ионизированного азота и модифицирование системы покрытие/подложка высокоинтенсивным импульсным электронным пучком.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Белов, Н. А. Фазовый состав и структура силуминов / Н.А. Белов, С.В. Савченко, А.В. Хван. - М.: МИСИС, 2008. – 282 с.
2. Строганов Г.Б., Ротенберг В.А., Гершман Г.Б. Сплавы алюминия с кремнием / Г.Б. Строганов, В.А. Ротенберг, Г.Б. Гершман – М. Металлургия, 1977 – 272с.
3. Кадыржанов К.К., Комаров Ф.Ф., Погребняк А.Д., Русаков В.С., Туркебаев Т.Э. Ионно-лучевая и ионно-плазменная модификация материалов. – М.: Изд-во МГУ, 2005. – 640 с.