

**АНТИФРИКЦИОННЫЕ ИЗНОСОСТОЙКИЕ
ПОКРЫТИЯ В СИСТЕМЕ ТI-NI-CR-CU-C-N,
ПОЛУЧЕННЫЕ МЕТОДОМ МАГНЕТРОННОГО
РАСПЫЛЕНИЯ СВС-МИШЕНЕЙ**

Ф.В. Кирюханцев-Корнеев, А.Д. Чертова, Ю.С. Погожев, Е.А. Левашов

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

АНТИФРИКЦИОННЫЕ ПОКРЫТИЯ, КАРБИД ТИТАНА,
МАГНЕТРОННОЕ РАСПЫЛЕНИЕ, КОЭФФИЦИЕНТ ТРЕНИЯ,
ИЗНОСОСТОЙКОСТЬ

**ANTIFRICTION WEAR-RESISTANT TI-NI-CR-CU-C-N
COATINGS DEPOSITED BY MAGNETRON SPUTTERING
OF SHS-TARGETS**

Ph.V. Kiryukhantsev-Korneev, A.D. Chertova, Yu.S. Pogozhev,
E.A. Levashov

KEYWORDS

ANTIFRICTION COATINGS, TITANIUM CARBIDE MAGNETRON
SPUTTERING, FRICTION COEFFICIENT, WEAR RESISTANCE

Карбид и карбонитрид титана являются одними из наиболее перспективных материалов для создания антифрикционных покрытий поскольку обладают низкими коэффициентом трения и приведённым износом в различных условиях эксплуатации, имеют высокие твёрдость и коррозионную стойкость. Легирование покрытий TiC и TiCN металлами, такими как Ni, Cr, Al, способствует формированию нанокompозитной структуры, что сопровождается повышением механических и трибологических свойств, а также стойкости к окислению. Введение добавки Cu способствует

измельчению кристаллитов основной фазы, за счёт их разделения аморфными прослойками в процессе осаждения покрытий.

Целью данной работы являлось исследование влияния химического состава покрытий на структуру, механические и трибологические характеристики покрытий в системе Ti-Ni-Cr-Cu-C-N.

Покрытия были получены методом магнетронного распыления с использованием мишеней TiC-NiCr и TiC-NiCr-бронза, изготовленных методом самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС). Покрытия осаждались в среде Ar и Ar-15%N₂ при рабочем давлении 0,1-0,2 Па. Структура покрытий исследовалась методами растровой и просвечивающей электронной микроскопии, рентгенофазового анализа и оптической эмиссионной спектроскопии тлеющего разряда. Механические и трибологические свойства определялись методами наноиндентирования, скратч-тестирования и испытаний по схеме «стержень-диск» с использованием различных материалов контр-тел.

Результаты показали, что покрытия обладали плотной малодефектной структурой с равномерным распределением всех элементов по толщине. Основу покрытий составляла ГЦК-фаза TiC; при введении добавки меди возрастала объёмная доля аморфной фазы. Значения твёрдости и модуля упругости находились в диапазонах 18-21 ГПа и 220-240 ГПа, соответственно. Покрытия обладали высокой адгезионной прочностью - критическая нагрузка разрушения достигала 60 Н. За счёт нанесения покрытий удалось снизить коэффициент трения и приведённый износ стальной подложки в 2.5 раза.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ в рамках государственного задания (проект № FSME-2025-0003).

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Кирюханцев-Корнеев Филипп Владимирович – доктор технических наук, профессор кафедры ПМиФП, заведующий лабораторией «In

situ діагностика структурних перетворень» НУЦ СВС
(ORCID: 0000-0003-1635-4746). Університет науки і технологій
МІСІС, г. Москва. e-mail: kiruhancev-korneev@yandex.ru

Чертова Аліна Дмитріївна – кандидат технічних наук, науковий
сотрудник НУЦ СВС, (ORCID: 0000-0002-8668-5877). Університет
науки і технологій МІСІС, г. Москва. e-mail: alina-
sytschenko@yandex.ru

Погожев Юрій Сергєєвич – кандидат технічних наук, старший
науковий сотрудник НУЦ СВС (ORCID: 0000-0003-6733-7212).
Університет науки і технологій МІСІС, г. Москва. e-mail:
uspogozhev@mail.ru

Левашов Євгеній Александрович – доктор технічних наук,
професор, завідує кафедрою ПМіФП, директор НУЦ СВС
(ORCID: 0000-0002-0623-0013). Університет науки і технологій
МІСІС, г. Москва. e-mail: levashov@shs.misis.ru