

Триботехнические характеристики вакуумных покрытий, формируемых из рефракторных металлов

© 2016 г. Е.В. ОВЧИННИКОВ, Н.М. ЧЕКАН

Гродненский государственный университет им. Янки Купалы, Беларусь,
Физико-технический институт НАН Республики Беларусь, г. Минск
e-mail:ovchin_1967@mail.ru

При переработке изделий и полуфабрикатов широко применяется инструмент, на рабочую поверхность которого, нанесены композиционные покрытия [1-6]. К числу наиболее распространенных покрытий относят нитрид титана, карбид титана, карбонитрид титана, которые наносят с помощью конденсация вещества из плазменной фазы с ионной бомбардировкой. Покрытия из карбидов и нитрида титана обеспечивают высокую износостойкость инструмента для холодного деформирования металлических заготовок благодаря предотвращению явлений схватывания и задира [2-6]. При нанесении данных покрытий на металлорежущий инструмент (сверла, фрезы, метчики, зенкеры и т.п.) эффект резко снижается. Это обусловлено использованием повышенных температур для формирования композиционных покрытий из титана (573К-1073К), которые вызывают снижение твердости инструмента из-за явления отпуска. Кроме того, несепарированная капельная фаза повреждает режущую крошку, вызывая её затупление и снижение режущей способности [2-6]. Одним из направлений получения таких защитных слоев является получение комбинированных покрытий, включающих в свой состав несколько химических элементов. Так, широко применяются в машиностроении, авиастроении покрытия на базе нитрида титана, карбида титана, карбонитрида титана, недостатками данных покрытий является недостаточная термостойкость находящаяся в области 800 – 873 К.

Одними из основных типов покрытий, применяемых для увеличения износостойкости, прочности и т.п. являются покрытия нитрида и карбида циркония, которые имеют более высокие коррозионные свойства в сравнении покрытиями нитрида титана. Покрытия на основе циркония обладают также более высокими механическими свойствами - твердость для ZrN составляет порядка 25-38 ГПа, в то время как для TiN она не превышает 21 ГПа [7-9]. Немаловажным преимуществом является уменьшение числа дефектов в покрытии при использовании более тугоплавкого катода из циркония.

Таким образом, разработка антифрикционных покрытий обладающих низким коэффициентом трения, высокой коррозионной стойкостью, термостойкостью, является актуальной задачей для современных технологий обработки материалов.

Целью данной работы является изучение триботехнических характеристик покрытий AlTiN в зависимости от технологических режимов формирования покрытий.

Композиционные многослойные покрытия на базе алюминия-титана-азота наносили методом реактивного электродугового испарения на установке УРМЗ 279.048. Покрытия толщиной около 1 мкм были получены на полированных подложках (11 класс чистоты), изготовленных из стали Р6М5, при варьировании давления азота в вакуумной камере в интервале $(7,5 \div 32) \cdot 10^{-3}$ Па и отрицательного потенциала смещения, подаваемого на подложку – 50 В, содержание Al-Ti в покрытии составляло 1:1. Исследование физико-механических характеристик покрытий проводилось с использованием стандартизированных методик.

Результаты проведенного анализа методом оптической микроскопии образцов

тонкослойных покрытий AlTiN, сформированных на стальной подложке представлены на рис. 1.

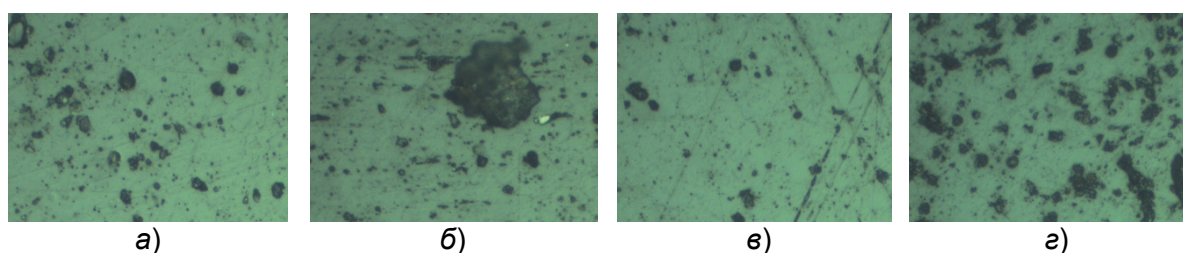


Рис. 1. Морфология поверхностных слоев покрытий AlTiN. а – давление в камере $7,5 \cdot 10^{-3}$ Па, б – давление в камере $1,1 \cdot 10^{-2}$ Па, в – давление в камере $2,4 \cdot 10^{-2}$ Па, г – давление в камере $3,2 \cdot 10^{-2}$ Па (x 500).

Используя программный пакет AutoScan, определено процентное содержание включений в структуре покрытий. Установлено уменьшение количества включений с увеличением значений вакуума в рабочей камере.

Представлял интерес изучить триботехнические характеристики данных покрытий в зависимости от режимов формирования. На рис. 2–5 приведены зависимости коэффициента трения соединений AlTiN от времени проведения фрикционного взаимодействия.

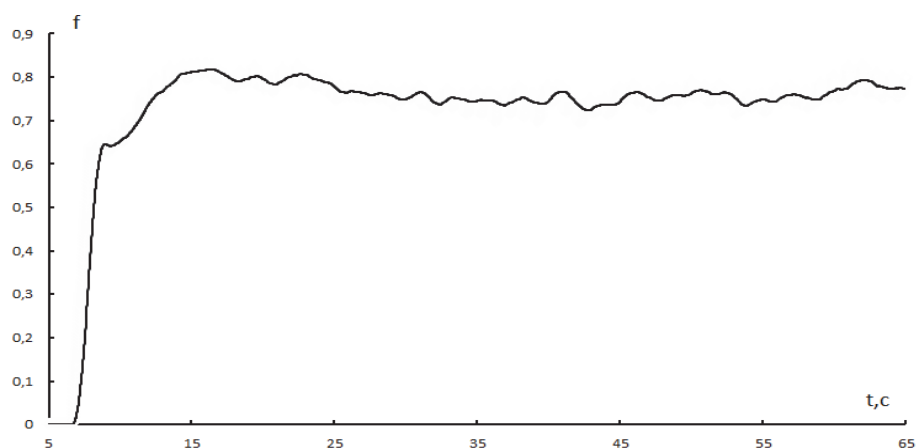


Рис. 2. Зависимость коэффициента трения пары AlTiN-ШХ15 от времени фрикционного контакта. Пояснения: $V = 0,1$ м/с, $N = 40$ Н, схема испытаний «сфера-плоскость». Покрытие сформировано при давлении азота в камере $1,1 \times 10^{-2}$ Па, напряжение смещения -50В.

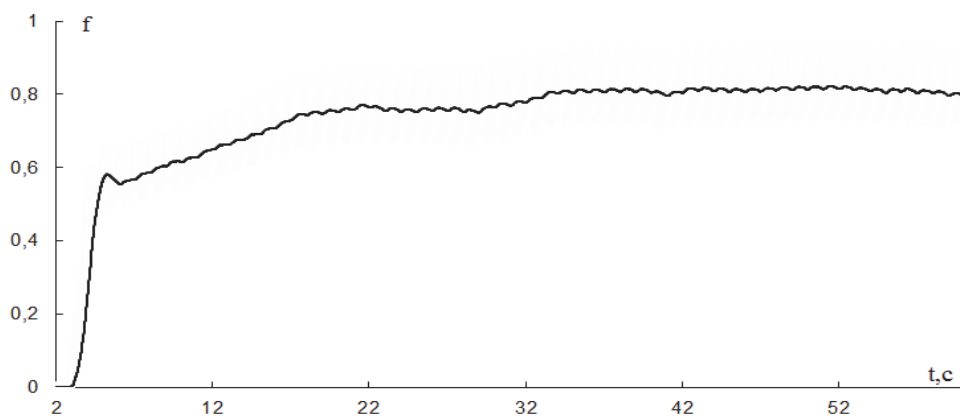


Рис. 3. Зависимость коэффициента трения пары AlTiN-ШХ15 от времени фрикционного контакта. Пояснения: $V = 0,1$ м/с, $N = 40$ Н, схема испытаний «сфера-плоскость». Покрытие сформировано при давлении азота в камере $1,1 \times 10^{-2}$ Па, напряжение смещения -100В.

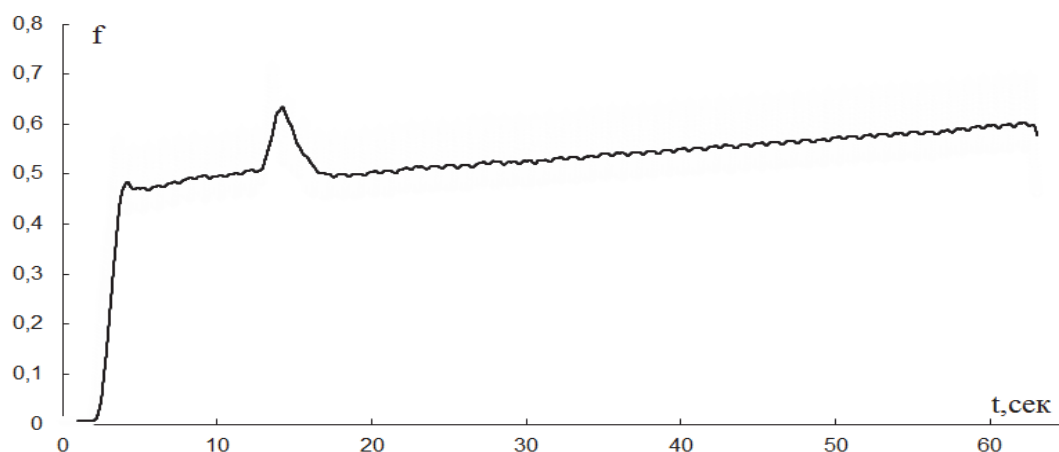


Рис. 4. Зависимость коэффициента трения пары AlTiN-ШХ15 от времени фрикционного контакта. Пояснения: $V = 0,1$ м/с, $N = 40$ Н, схема испытаний «сфера-плоскость». Покрытие сформировано при давлении азота в камере $2,4 \times 10^{-2}$ Па, напряжение смещения -100В.

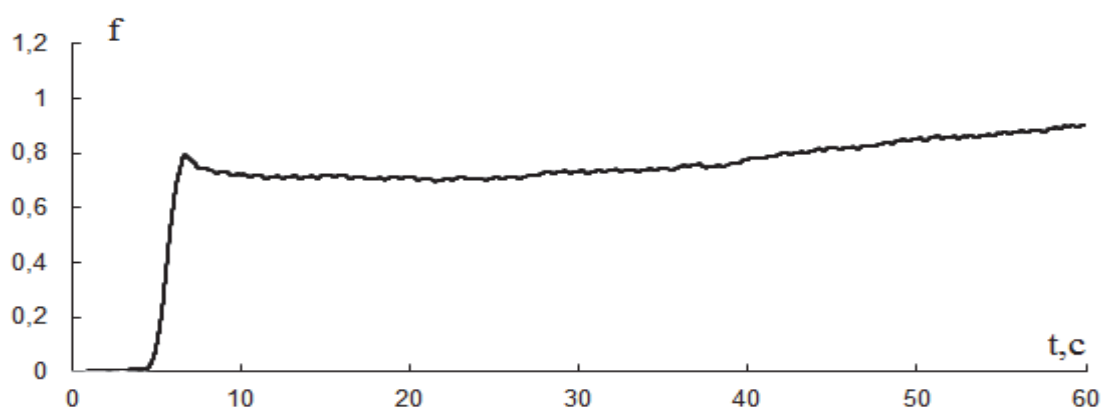


Рис. 5. Зависимость коэффициента трения пары AlTiN-ШХ15 от времени фрикционного контакта. Пояснения: $V = 0,1$ м/с, $N = 40$ Н, схема испытаний «сфера-плоскость». Покрытие сформировано при давлении азота в камере $3,2 \times 10^{-2}$ Па, напряжение смещения -100В.

Исходя из представленных данных видно, что наиболее оптимальным режимом, при котором образуются антифрикционные слои с наиболее низким коэффициентом трения, являются условия, когда давление азота в камере составляет порядка $2,4 \times 10^{-2}$ Па и напряжение смещения потенциала -100В.

Разработаны технологические режимы формирования жаростойких покрытий на основе Al-Ti-N для увеличения рабочего ресурса обрабатывающего инструмента и форм для литья изделий из цветных металлов. Оптимальными характеристиками обладают покрытия из материалов, в которых соотношение элементов Al/Ti равно 1:1 или стехиометрическому соотношению в соединении (AlTi)N. Исследовано влияние технологических параметров формирования покрытий на функциональные характеристики. Установлено, что покрытие представляет собой двухфазную систему. Количество второй фазы в матрице покрытия зависит от условий формирования покрытия и с увеличением давления в объеме рабочей камеры происходит уменьшение процентного содержания включений в покрытии. Покрытия TiAlN могут успешно применяться в металлообработке при высоких скоростях обработки металлов. Перспективным направлением является применение многослойных покрытий для формирования гетероструктур. Формирование данных структур с применением органических соединений позволяет существенно увеличить микротвердость поверхностных слоев, что должно улучшить сопротивление износу, уменьшить коэффициент трения, уменьшить окисление покрытий и изделий. Формирование мультислоев позволяет управлять концентрацией деформаций и условиями распространения нанотрещин

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Квасков В.Б., Федосеев Д.В., Буховец В.Л., Толмачев Ю.Н. // Электрофизические свойства поликластерных пленок алмаза / Перспективы применения алмазов в электронике и электронной технике - М.: "Энерго-атомиздат", 1991. - С. 45-47.
2. Fedoseev D.V., Bukhovets V.L., Tolmachev Yu.N., Varshavskaya I.G., Kvaskov V.B. // Deposition and properties of polycluster diamond films // Diamond & Related Materials. - 1993. - Vol.2. No10. P.1327-1329.
3. Коншина Е.А. [и др.] // Особенности колебательных спектров алмазоподобных и полимероподобных пленок α -C:H / // Физика и техника полупроводников. – 2006. – № 6. – С. 616–622.
4. Смит, А. // Прикладная ИК-спектроскопия / А. Смит – М.: Мир, 1965. – 328с.
5. Федосеев Д.В. [и др.] // Влияние активации газовой среды на осаждение алмазоподобных пленок / ДАН. - 1995. – № 4. – С. 498–500.
6. Овчинников Е.В. Формирования тонкопленочных покрытий при воздействии технологических факторов // Е.В. Овчинников // Прогрессивные технологии и системы машиностроения: Международный сборник научных трудов / ДонНТУ. - Донецк, 2013. – Выпуск 1, 2 (45). – С. 197-205.
7. Фазовый состав покрытий системы Zr-C-N / Н.М. Чекан [и др.]// Промышленность региона: проблемы и перспективы инновационного развития : материалы II республиканской научно-технической конференции, Гродно, 17 - 18 мая 2012 г./Учреждение образования "Гродненский гос. ун-т им. Я.Купалы"; редкол.: В.А. Струк, и др..- Гродно : ГрГУ, 2012 .- С.219-222.
8. Коваленко В.И. Прочность поверхностных слоев циркониевых сплавов и вакуумно-дуговых покрытий при микроударном воздействии / В.И. Коваленко, В.Г. Маринин // Вопросы атомной науки и техники – 2008. - № 1. – С. 77-80.
9. Comparison of ZrN and TiN formed by plasma based ion implantation & deposition / S. Heinrich [et al.] // Surf. Coat. Technol. – 2008 – Vol. 202. – P. 2310–2313.