

Матеріали авіаційного виробництва

УДК 544.023:620.178

Швед М. М.
інженер, Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Карпенка НАН
України, м. Львів, Україна

Подгурська В. Я.
канд. техн. наук, Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Карпенка
НАН України, м. Львів, Україна

Клименко І. О.
м.н.с, ННЦ Харківський фізико-технічний інститут,
м. Харків, Україна

Купрін О. С.
канд. техн. наук, ННЦ Харківський фізико-технічний інститут,
м. Харків, Україна

Голтвяниця В. С.
канд. техн. наук, доцент, НУ «Запорізька політехніка»,
м. Запоріжжя, Україна

РОЗРОБЛЕННЯ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ЗНОСОСТІЙКИХ ПОКРИТТІВ НА ОСНОВІ TiN і CrN ДЛЯ ДЕТАЛЕЙ АВІАЦІЙНОЇ ТЕХНІКИ

Титанові сплави широко використовуються в аерокосмічній промисловості завдяки поєднанню їх низької густини, високих корозійної стійкості та міцності, проте трибологічні властивості особливо при високих температурах, потребують підвищення. Одним із способів підвищення зносостійкості є осадження захисних покриттів. Метою роботи було розроблення та дослідження покриття на основі нітридів титану та хрому, що забезпечує зносостійкість сплаву ВТ6 при температурах від 20 до 500°C.

Зразки з титанового сплаву ВТ6 (Ti-6Al-4V), розміром 3x20x36 мм, азотували в плазмі азоту, а після цього наносили методом вакуумно-дугового осадження покриття: CrN, TiN та багатошарове TiN/CrN (Табл.). Товщина всіх покриттів складала 10-12 мкм, а товщина кожного шару в багатошаровому покритті була ~ 100нм. Дослідження на зносостійкість проводили на трибометрі зі зворотньо-поступальною схемою випробування, за нормального навантаження 2Н, у парі з керамічною (Al₂O₃) кулькою при температурах 20°C і 500°C.

Встановлено, що азотування поверхні титанового сплаву ВТ6 незначно впливає на значення коефіцієнта тертя порівняно з вихідним

Матеріали авіаційного виробництва

станом, проте суттєво знижує питому швидкість зношування покриття $8,58 \cdot 10^{-6} \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m}$ проти $9,06 \cdot 10^{-4} \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m}$ при температурі випробування 20°C та $6,66 \cdot 10^{-4} \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m}$ проти $1,74 \cdot 10^{-3} \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m}$ при температурі випробування 500°C . Для покриття на основі нітриду хрому коефіцієнт тертя при 500°C підвищується, при цьому питома швидкість зношування покриття знижується як при кімнатній температурі, так і при 500°C . При дослідженні трибологічних властивостей покриття на основі нітриду титану було встановлено, що за високого коефіцієнта тертя його питома швидкість зношування є однаковою як при 20°C , так і при 500°C (табл.). Необхідно зазначити, що об'єм зношування керамічної кульки при цьому є більший ніж у випадку азотування поверхні та покриття на основі нітриду хрому. Найкращі властивості продемонструвало багат шарове покриття TiN/CrN, коефіцієнт тертя знизився в 2 рази, а питома швидкість зношування є на рівні кращих характеристик окремих покриттів CrN та TiN. У парі тертя важливим чинником є поєднання трибологічних властивостей як тіла тертя (досліджуване покриття), так і контртіла (керамічна кулька). У випадку тертя пари “багат шарове покриття CrN/TiN- керамічна кулька” знос керамічної кульки був найменшим.

Таблиця – Трибологічні характеристики досліджуваних пар тертя при 20 і 500 °С: коефіцієнт тертя (μ), питома швидкість зношування покриття (W) та зношування кульки (W_b)

| Матеріал | μ | | $W, \text{ mm}^3/\text{N} \cdot \text{m}$ | | $W_b, \text{ mm}^3$ | |
|----------------|-------|-------|---|----------------------|----------------------|----------------------|
| | 20°C | 500°C | 20°C | 500°C | 20°C | 500°C |
| BT6 вихідний | 0,7 | 0,8 | $9,06 \cdot 10^{-4}$ | $1,74 \cdot 10^{-3}$ | $1,20 \cdot 10^{-2}$ | $8,36 \cdot 10^{-3}$ |
| BT6 азотування | 0,6 | 0,7 | $8,58 \cdot 10^{-6}$ | $6,66 \cdot 10^{-4}$ | $1,31 \cdot 10^{-4}$ | $4,23 \cdot 10^{-3}$ |
| BT6 CrN | 0,6 | 1,0 | $1,97 \cdot 10^{-6}$ | $1,47 \cdot 10^{-4}$ | $1,65 \cdot 10^{-4}$ | $4,40 \cdot 10^{-4}$ |
| BT6 TiN | 1,0 | 1,0 | $1,66 \cdot 10^{-5}$ | $1,09 \cdot 10^{-5}$ | $2,77 \cdot 10^{-4}$ | $1,55 \cdot 10^{-3}$ |
| BT6 TiN/CrN | 0,3 | 0,5 | $1,09 \cdot 10^{-6}$ | $1,77 \cdot 10^{-5}$ | $6,03 \cdot 10^{-5}$ | $2,27 \cdot 10^{-4}$ |

Таким чином формування багат шарового покриття на основі нітридів Ti і Cr на попередньо азотованому сплаві BT6 забезпечує кращу зносостійкість в парі з керамічною кулькою при 20°C і 500°C порівняно з одношаровими покриттями на основі CrN або TiN.

Робота виконана за фінансової підтримки НАН України (проект № 6.4/24-П програми «Підтримка розвитку основних напрямів наукових досліджень» (КПКВК 6541230)).