



- Аналіз якості готової продукції.
- Моніторинг технологічних параметрів.
- Металографічний та візуальний контроль.
- Аналіз мастильних матеріалів.
- Радіоактивний метод.

Шляхи зменшення зносу:

- Використання поверхневих покриттів і термообробки.
- Вибір стійких інструментальних сталей (зокрема легованих азотом).
- Оптимізація технологічних режимів.
- Запровадження систем моніторингу стану прес-форм.

Розуміння механізмів зношування та впровадження превентивних заходів дозволяє суттєво підвищити ресурс прес-форм і ефективність авіаційного виробництва.

ПЕРСПЕКТИВНІ МАТЕРІАЛИ У ДВИГУНОБУДУВАННІ

О. Р. Носенко

*Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»*

У сучасному авіаційному двигунобудуванні особливу увагу приділяють впровадженню перспективних матеріалів, які сприяють підвищенню ефективності, довговічності та екологічності силових установок. Це обумовлено жорсткими умовами експлуатації авіаційних двигунів, які працюють при високих температурах, тисках та навантаженнях.

У низькотемпературній частині двигуна активно застосовуються композиційні матеріали (КМ), зокрема вуглецево-композитні, для виготовлення лопаток вентиляторів, перших ступенів компресора та панелей шумоглушення. КМ забезпечують суттєве зниження ваги конструкцій, покращують аеродинамічні властивості та знижують витрати пального. Вони також мають високу корозійну та ерозійну стійкість.

У високотемпературних зонах двигуна, таких як робочі лопатки та соплові апарати турбін, застосовуються жароміцні нікелеві та кобальтові сплави, а також монокристалічні лопатки з теплозахисними покриттями на основі цирконію. Розвивається застосування керамічних композиційних матеріалів, що поєднують жаростійкість і легкість.

Алюмініди титану (TiAl) знайшли широке використання в турбінах низького тиску завдяки низькій густині та високій жаротривкості. Їх впровадження дозволяє зменшити масу турбінних елементів і підвищити загальну ефективність двигуна. Матеріали для корпусів і панелей вихідних пристроїв повинні витримувати високі температури та механічні навантаження. Для цього використовуються як металеві сплави, так і композити.

Окрему нішу займають матеріали з пам'яттю форми, які змінюють геометрію під дією температури. Вони застосовуються в адаптивних системах регулювання потоку, віброізоляції та системах охолодження. Ці матеріали відкривають нові можливості для конструктивної адаптації двигунів до змінних умов роботи.

Таким чином, перспективні матеріали забезпечують не лише підвищення експлуатаційних характеристик двигунів, а й сприяють реалізації екологічно безпечного, економічного та інноваційного авіадвигунобудування.

АНАЛІЗ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПОКРИТТІВ TiN, TiAlN І CrAlN ДЛЯ ДЕТАЛЕЙ АВІАЦІЙНОЇ ТЕХНІКИ

А. І. Сібільов, Ю. О. Сисоєв

*Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»*

Нітридні покриття перехідних металів активно використовуються для збільшення ресурсу роботи інструментів і деталей, зокрема в авіаційній галузі. Серед них особливе місце займають покриття на основі нітриду титану (TiN), які вирізняються високою твердістю, хімічною стійкістю та опором до зносу. Відомо, що вакуумно-дугові TiN-покриття вже тривалий час ефективно застосовуються для захисту поверхонь від зношування і корозійного руйнування. [1]. Водночас покриття з TiN має обмеження, пов'язані з недостатньою жаростійкістю. При нагріванні до температур близько до 550–600 °С, TiN активно окислюється на повітрі, перетворюючись на діоксид титану (TiO₂), що призводить до зниження його захисних властивостей [1]. Це різко обмежує його застосування в умовах високих температур (наприклад, в авіаційних двигунах), де нагрів деталей перевищує 500 °С, що може призвести до передчасного зношування покриття і оголення базового матеріалу деталі, що є небажаним.

Для покращення термічної стабільності покриттів були розроблені багатокомпонентні нітридні системи, типу (TiAlN) та (CrAlN). Додавання алюмінію до складу TiN значно підвищує його стійкість до окиснення: такі покриття практично не окислюються до температур близько 900 °С. Це пояснюється тим, що при нагріванні на їхній поверхні утворюється щільна оксидна плівка Al₂O₃, яка виконує роль дифузійного бар'єра та перешкоджає проникненню кисню у глиб покриття. Крім того, введення алюмінію у структуру покриття підвищує його мікротвердість та зносостійкість. Зокрема, твердість покриттів TiAlN може досягати близько 30 ГПа, тоді як твердість традиційного TiN становить 20 ГПа. Таким чином, TiAlN характеризується відмінною термічною стабільністю, високою твердістю та зносостійкістю, що робить його придатним для використання в умовах високих температур без охолодження (наприклад, для деталей турбін або ріжучого інструменту, що обробляє жароміцні сплави).

Іншим перспективним напрямом удосконалення захисних покриттів стало використання покриттів складу CrAlN. Таке покриття поєднує переваги обох елементів – алюмінію та хрому. Подібно до TiAlN, покриття CrAlN характеризується підвищеною жаростійкістю: під час нагрівання на його поверхні утворюються захисні оксидні шари Al₂O₃ і Cr₂O₃, які ефективно перешкоджають дифузії кисню в глибину покриття. Завдяки цьому CrAlN демонструє ще вищу стійкість до окиснення і зберігає структурну цілісність навіть при температурах, що перевищують 900 °С [2]. В випробуваннях на окиснення встановлено, що CrAlN не утворює видимих оксидних фаз до ~ 900 °С, а при 1000 °С окислюється з формуванням суміші оксидів хрому і алюмінію [3]. Твердість покриттів CrAlN також знаходиться на високому рівні – як правило ~ 25 ГПа. Важливо відзначити, що