

УДК 621.7937

РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ ЗАХИСТУ ДЕТАЛЕЙ АВІАЦІЙНИХ ДВИГУНІВ ВІД ВИСОКОТЕМПЕРАТУРНОЇ ЕРОЗІЇ

Ф. Ф. Вашкевич, А. Я. Спільник, Ю. В. Рижков

*Придніпровська державна академія будівництва та архітектури
СКТБ Гідромодуль, м. Харків.*

Літак з газотурбінним двигуном буде конкурентоспроможним у тому випадку, якщо він буде мати високоефективний двигун. Одним із факторів ефективності є зниження питомих витрат палива. Цього можна досягти за рахунок підвищення термічного ККД циклу. В свою чергу підвищення термічного ККД циклу можна досягти за рахунок підвищення температури газу перед турбіною до 1200°C без суттєвого зростання витрат повітря на охолодження «гарячої ділянки» двигуна, тобто за рахунок підвищення ефективності охолодження застосуванням нових металевих та керамічних матеріалів, а також керметів [1,2,3].

Тому основною метою цієї роботи є розробка складу покриття з високими фізико-термічними характеристиками при застосуванні високотемпературного плазмового струменю з визначенням цих характеристик на предмет розробки конкретної технології нанесення покриття.

За результатами наукових досліджень було запропоновано тришарове термозахисне покриття, яке можна отримати, застосовуючи газотермічне напилювання з використанням плазмового струменю.

Структурно таке покриття представлено на рис. 1.

За основу приймали жаростійкий сплав ВЖ-98, в складі якого до 24% Cr і який створює великий опір високотемпературній ерозії.



Рис 1. Блок – схема поперечного перерізу тришарового термозахисного покриття, яке отримано газотермічним напилюванням.

За підшарок використовували композиційний сплав інтерметалід на основі NiAl. Його призначення – забезпечити міцне зчеплення композиційного покриття з основним матеріалом ВЖ-98.

Проміжний шар представлений композиційним покриттям складу $(ZrO_2 \cdot CaO + Ni)$ + 30% AlNi. Його призначення – забезпечувати поступовий перехід за коефіцієнтом термічного розширення від металу до кераміки.

Захисний шар – це композиційне покриття типу типу $ZrO_2 \cdot CaO + Ni$, яке виконує термозахисні функції всього покриття.

Реальна мікроструктура такого покриття представлена на рис 2.

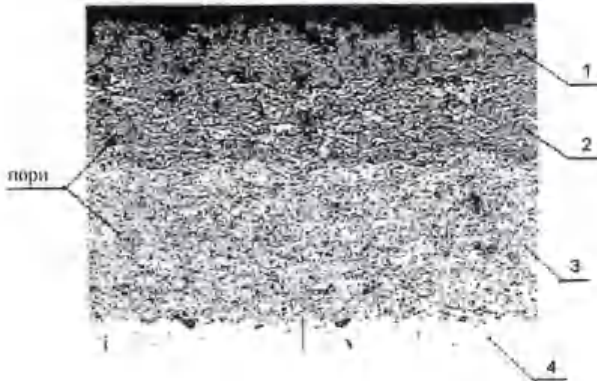


Рис 2. Мікроструктура тришарового композиційного покриття нанесеного газотермічним напленням. 1 - захисний шар $(ZrO_2 \cdot CaO + Ni)$; 2 - проміжний шар $(ZrO_2 \cdot CaO + Ni)$ + AlNi; 3 – підшар (AlNi); 4 -основа (сплав ВЖ -98).

Термозахисне тришарове покриття дозволило вирішити такі проблеми в підвищенні технічних характеристик газотурбінних двигунів.

1. Стабілізація зазору між ротором і корпусом двигуна.

Зазор між ротором і корпусом двигуна багато в чому визначає збереження високого рівня ККД, а з підвищенням рівня тиску і температури збереження цього зазору в двигуні стає проблемою номер один.

На рисунку 3 показано, як змінюється радіальний зазор «браз» при запуску двигуна (зростання обертів з 5500 до 7500 об/хв), а також зміна радіального зазору при зменшенні обертів з 7500 до 3500 об/хв.

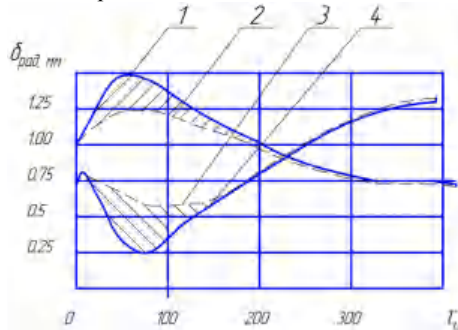


Рис 3. Зміна радіального зазору в залежності від режиму роботи двигуна.

Таким чином, застосування термозахисного покриття значно зменшило перепади зазорів при запуску та зупинці двигунів, тобто призвело до стабілізації зазорів.

2. Підвищення термостійкості термозахисних газотермічних покриттів. Запропоноване тришарове покриття при промисловому випробуванні на термостійкість в режимі нагріву до 1250°C та різкому охолодженні до 20°C показали високу термостійкість до 1200 термозмін (табл. 1).

Висока термостійкість тришарового покриття (до 1200 термозмін) дозволяє підвищити температуру в камері згорання до 1250°C і тим самим підвищити ККД двигуна на 0,6%, а також збільшити термін роботи двигуна до 10000 годин.

1 - зміна радіального зазору при форсуванні обертів двигуна (деталі без покриття).

2 - зміна радіального зазору при форсуванні обертів двигуна (деталі з покриттям).

3 - зміна радіального зазору при зменшенні обертів двигуна (деталі з термозахисним покриттям).

4 - зміна радіального зазору при зменшенні обертів двигуна (деталі без покриття).

Таблиця 1.

Порівняльні результати термостійкості термозахисних покриттів для захисту деталей авіаційних двигунів

№ з/п	Технічна характеристика	Одиниця вимірювання	Кількість	Примітка
1.	Існуюче покриття (двошарове на основі AlNi+ ZrO ₂)	Термозміна в інтервалі 1250°C→20°C	28	Розробник покриття ВІАМ (Росія)
2.	Розроблене покриття (тришарове)	Термозміна в інтервалі 1250°C→20°C	1200	Розробник покриття ПДА-БА (Україна)

3. Стінка жарової труби, яка знаходиться в тяжких термоумовах (висока температура і висока швидкість газового потоку) потребує для свого охолодження велику кількість повітря. Застосовуючи термозахисне тришарове покриття (рис.2), яке має низьку теплопровідність, можна значно скоротити витрати його на процес горіння палива в соплових форсунках.

4. Це ж покриття дозволяє знизити температуру основного матеріалу стінки жарової труби на 80°C. Для сплаву ВЖ-98 робота в умовах високих температур призведе до появи гарячих тріщин і може викликати аварійну зупинку двигуна. Застосовуючи бар'єрне тришарове термостійке покриття, можна виключити утворення тріщини і аварійні зупинки в роботі двигуна.

5. Існуючий спосіб підвищення жаростійкості жарових труб засобами емалювання потребує для оплавлення шлікера високої температури до 900°C, а це призводило до значних термічних деформацій і неможливості їх монтажу. Застосування газотермічного напилення для формуван-

- ня жаростійких покриттів дозволило скоротити нагрів стінки жарової труби на 80°C. При цьому деформації мінімальні.
6. Газовий потік, який проходить по поверхні жарової труби має не тільки високу температуру, але ще й абразивні частки, які призводять до абразивного зносу, зменшення товщини стінки і можливого пропалу. Застосування жаростійкого покриття на основі кераміки дозволило підвищити абразивну стійкість на 15%. Окрім того, зношене покриття можна відновити повторним напиленням.
 7. Тришарове покриття за своїм складом підібрано так, що коефіцієнт термічного розширення має поступовий перехід від металу основи до кераміки в верхньому захисному шарі. Це дозволило ліквідувати тріщини від втоми в матеріалі жарової труби (сплав ВЖ-98).
 8. Підвищення температури в камері згоряння до 1200°C призвело до збільшення повноти згоряння палива, а захисне покриття каталітично дією підвищило процес згоряння газу. Все це разом підвищило екологічну чистоту газотурбінного двигуна.
 9. Розроблене тришарове газотермічне жаростійке покриття має високу технологічність при формуванні як на всій поверхні, так і на окремих ділянках.
 10. Розроблена технологічна інструкція для захисту поверхні жарової труби газотермічним напиленням дозволяє в промислових умовах одержати покриття з заданими технологічними характеристиками. Ефективність газотермічного напилення тільки по жаровим трубам складає 90,3 тис.грн на один двигун типу Д-18Т.

ВИСНОВКИ

1. Застосовуючи бар'єрне тришарове термостійке покриття, можна виключити утворення тріщини і аварійні зупинки в роботі двигуна, оскільки покриття дозволяє знизити температуру основного матеріалу стінки жарової труби на 80°C.
2. Застосування жаростійкого покриття на основі кераміки дозволило підвищити абразивну стійкість на 15%.
3. Тришарове газотермічне жаростійке покриття має високу технологічність при формуванні і підвищену екологічну чистоту газотурбінного двигуна.
4. Ефективність газотермічного напилення тільки по жаровим трубам складає 90,3 тис.грн на один двигун типу Д-18Т.

ЛІТЕРАТУРА

1. Мулякаев Л.М. Защитные покрытия деталей газотурбинных двигателей //Технология металлов. – 2000.- №9. С. 41 – 48.
2. Кудинов В.В. Плазменные покрытия. – М.: Наука, 1977. – 270 с.
3. Плохов А.В., Тушинский Л.И. Конструктивная прочность композиции основной металл – покрытие. // Технология металлов. – 2006. - № 12. – С. 39 – 45.