

Швидкість наплавлення при значеннях, наближених до вихідних, помітно не впливає на знос композиту. Однак при подальшому її збільшенні формування наплавленого сплаву погіршується, що спочатку призводить до деякого збільшення зносу. Згодом з'являються несплавлення, зникає загальна зварювальна ванна, знижується ступінь проплавлення основного металу, що в результаті робить неможливим здійснення процесу наплавлення.

Швидкість подавання наплавного матеріалу при її невеликих значеннях забезпечує одержання зварювальної ванни великого об'єму, що призводить до значного розчину зерен реліту і відповідного збільшення зносу. Нарощування швидкості подавання стрічкового реліту веде до збільшення маси металу, що надходить в плазмову дугу. На розплавлення цього металу потрібна більша кількість теплоти. Формування наплавленого металу покращується, і відповідно зменшується його знос. При подальшому збільшенні швидкості подавання маса металу, яка надходить в плазмову дугу, стає надлишковою, що в результаті приводить до неможливості ведення процесу наплавлення.

На підставі одержаних результатів можна зробити висновок про існування оптимальної області основних технологічних параметрів процесу плазмового наплавлення стрічковим релітом з вибраним наповнювачем, які забезпечують мінімальний абразивний знос композита. Такою є область, де параметри плазмового наплавлення змінюються в таких межах: $I = 220 - 240$ А, $V_H = 4 - 6$ м/год, $V_{II} = 25 - 30$ м/год.

Список літератури

1. Голубец В.М., Пашечко М.И. Износостойкие покрытия из эвтектики на основе системы Fe-Mn-C-B. -К.: Наук. думка, 1989. - 160 с.
2. Мархасин Э.Л., Шрейбер Г.К. Поверхностное упрочнение деталей нефтяного оборудования и инструмента. - М.: Гос.науч.-тех. изд-во нефтяной и горно-топливной лит., 1959. - 180 с.
3. Стойкость буровых долот / Н.А. Жидовцев, К.Б. Кацов, Г.В. Карпенко и др. - К.: Наук. думка, 1979. - 244 с.
4. Дворук В.И. Научные основы повышения абразивной износостойкости деталей машин. -К.: КМУГА, 1997. - 101с.
5. Петров И.В., Домбровская И.К. Повышение долговечности рабочих органов дорожных машин наплавкой. - М.: Транспорт, 1970. - 104 с.
6. Шевеля В.В., Дворук В.И., Довжок В.Е., Радченко А.В. Обеспечение триботехнических свойств композиционных материалов при абразивном изнашивании // Проблемы трибологии. - 2000. - №1(13). - С.68-73.
7. Жудра Л.П., Белый Л.И. Новые композиционные материалы и результаты исследования их свойств // Теоретические основы наплавки. Наплавленный металл. -К.: Наук. думка, 1977. - С.151 - 157.
8. Геллер Ю.А. Инструментальные стали. - М.: Металлургия, 1983. - 527 с.
9. Гудремон Э. Специальные стали. - М.: Металлургиздат, 1959. -Т.1-952 с.

Стаття надійшла до редакції 06.07.01.

УДК 621.793

М.Ф. Дмитриченко, Є.К.Фень, В.В.Малишкін, В.Н.Дмитренко

ПІДВИЩЕННЯ ТЕРМІНУ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ДЕТАЛЕЙ АВІАЦІЙНОЇ ТЕХНІКИ ЗА РАХУНОК ВІДНОВЛЕННЯ ТА ЗМІЦНЕННЯ ЇХ ГАЗОТЕРМІЧНИМИ ПОКРИТТЯМИ

Розглянуто газотермічні методи нанесення зносо-жаростійких покриттів на деталі авіаційної техніки, які працюють у широкому діапазоні температур

В сучасних конструкціях літаків, вертольотів, газотурбінних двигунів використовується велика номенклатура деталей, що працюють у широкому діапазоні температур (від мінус 60 °С до плюс 700-1200 °С), агресивних середовищах, надзвукових швидкостях, знакозмінних навантаженнях, робочі поверхні яких потребують зміцнення та відновлення зносо-жаро-

корозійностійкими покриттями. Перспективними методами нанесення таких покриттів є детонаційний та плазмовий. З урахуванням умов експлуатації для кожної деталі або конструкції авіаційної техніки використовується відповідний матеріал покриття.

Детонаційний метод нанесення покриттів краще використовувати у випадку, коли площа деталей для напилення невелика і потребує незначної кількості напилювального матеріалу. Пористість таких покриттів складає 1–3 %. Для даного методу нанесення покриттів застосовують прилади різних типів (розробки НІАТ, ІПМ НАНУ, ІНМ НАНУ та ін.), де енергоносіями є ацетилен-кисень, пропан-бутан-кисень або водень-кисень з додатками азоту. Ми використовували прилад типу “АДУ-3Сл” та порошки з частинками розміром 40–60 мкм.

Плазмовий метод нанесення покриттів краще використовувати тоді, коли площа деталі для напилення велика і потребує більшої кількості матеріалу для цього. Пористість таких покриттів складає 6–8 %. При даному методі нанесення покриттів застосовують прилади типів УПУ, УМП, ЧПКТІ та інших марок, де як енергоносієм є аргон-азот-водневі суміші. Ми використовували прилад типу “УМП-8”.

Перспективним на даний час є надзвуковий плазмовий метод нанесення покриттів на приладі типу “Київ-7” з використанням як енергоносія суміші пропан-бутан-повітря або метан-повітря та матеріал з частинками розміром 60–80 мкм. Пористість таких покриттів складає 1–3 %. Фізико-механічні властивості даних покриттів ідентичні властивостям покриттів, отриманих детонаційним методом. Однак надзвуковий плазмовий метод в 10–15 разів продуктивніший від детонаційного.

Газотермічними методами були відновлені такі деталі авіаційної техніки, як корпус другої і третьої ступенів газових турбін, монорейка головної ланки закрилків ЗЧК літака Ил-76ТД; поршень випуску-збирання кришки бункера для добрив літака Ан-2, камера згорання газотурбінного двигуна літака Як-38, поверхня бандажних полиць лопаток газотурбінного двигуна, корпус опори КВД, робочі лопатки вентилятора двигуна Д-36, вал компресора, колінний вал та ін. Всі вказані деталі та конструкції відновлені на заводах та підприємствах авіаційної промисловості країн СНД: 402 ЦА, 406 ЦА, 410 ЦА, НПО “Союз”, НПО “Сатурн” та ін. Для кожної деталі та конструкції розроблений свій матеріал покриття з урахуванням умов їхньої експлуатації (температур, навантаження, середовища та ін.).

Основою одержання таких матеріалів покриттів була переважно сировинна база України. Так, матеріал покриття марки ПНХАБ, нанесений детонаційним методом на деталі авіаційної техніки на заводі 410 ЦА, має широкий спектр фізико-механічних властивостей, якщо дотримані певні відношення газів в детонаційній суміші та ступені заповнення стовбура пристрою вибуховими газами. В табл. 1, 2 наведені залежності характеристик міцності матеріалу покриття марки ПНХАБ, нанесеного детонаційним методом.

Надзвуковий плазмовий метод нанесення покриттів не має недоліків, які притаманні детонаційному, через те, що не треба більш суворого додержання співвідношення газів між собою, а також він не дозволяє наситити покриття вуглеводом, як при детонації.

Матеріал покриття марки ПКТСРЗ (ТУ 406-52-90 ІПМ НАНУ), нанесений на монорейку (зі сталі 30ХГСН2А) головної ланки закрилків ЗЧК літака Ил-76ТД на заводі 402 ЦА, збільшує тривалу міцність цієї сталі у чотири рази в процесі роботи. Так, наприклад, тривала міцність сталі без покриття після 10^4 циклів випробувань складає 104 МПа, а з покриттям після $3,5 \cdot 10^5$ циклів випробувань. З підвищенням кількості циклів випробувань тривала міцність матеріалу падає, відповідно падає і тривала міцність матеріалу з покриттям. Після 10^5 циклів випробувань тривала міцність сталі складає 72 МПа, а з покриттям вона складає таку величину після $3 \cdot 10^6$ циклів випробувань.

Зносостійкість матеріалів марок ПКТСРЗ та ПКХСРЗ оцінювали в умовах зносу при фретингу на повітрі при температурі 20 °С, а також при термоциклованні, температурах $300 \leftrightarrow 500$ °С й таких режимах випробувань: максимальне навантаження $P = 5$ МПа, амплітуда

Таблиця 1

Міцнісні характеристики матеріалу покриття марки ПНХАБ при детонаційному напыленні

Матеріал основи	Відношення газової суміші C_2H_2/O_2	Ступінь заповнення стовбура приладу газовою сумішшю	Товщина покриття, мм	Межа номінальної напруги покриття при стисненні $\sigma_{ст}^*$, МПа	Межа пропорційності при розтягненні матеріалу покриття $\sigma_{пц}$, МПа	Межа стиснення матеріалу основи при розтягненні $\sigma_{в}$, МПа	Міцність зчеплення покриття з основою $\sigma_{зч}$, МПа	Розмір стріли провисання при пружній деформації f , мм
ВТЗ-1	1:1,2	0,350	0,20	650/1100	1310±20	1820±30	67	3,4
ВТЗ-1	1:1,4	0,444	0,20	710/1050	1370±20	1790±20	62	5,0
ВТЗ-1	1:1,4	0,480	0,20	680/1100	1380±20	1670±30	60	5,2
Сталь 45	1:1,2	0,350	0,14	370/670	1520±50	2560±40	74	1,8
Сталь 45	1:1,2	0,350	0,16	390/710	1420±10	2320±35	74	2,1
Сталь 45	1:1,2	0,350	0,20	460/780	1550±50	2470±35	74	1,9
Сталь 45	1:1,2	0,444	0,20	450/730	1480±40	2130±40	72	1,2
Сталь 45	1:1,6	0,444	0,14	520/820	1560±50	2370±10	70	1,9
Сталь 45	1:1,6	0,444	0,20	540/880	1580±50	1940±30	69	2,3
Сталь 45	1:1,6	0,480	0,14	610/1000	1450±20	2530±30	68	2,0
Сталь 45	1:1,6	0,515	0,20	510/770	1400±30	2010±30	66	2,4

* В чисельнику вказана межа, при якій зароджується тріщина; в знаменнику – межа, при якій покриття руйнується.

Таблиця 2

Залежність жаростійкості, термостійкості та мікротвердості покриття марки ПНХАБ від термоциклоування на основі зі сталі 45*

Температура отжигу, °С	Привага зразка, мг/см ²	Термостійкість (20–750 °С) зразка до руйнування, кількість циклів**	Мікротвердість (H _v), ГПа			Ширина дифузійного шару		Примітка
			покриття	основи	дифузійного шару	в основі	в покритті	
—	—	60/130	7,7	1,8	—	—	—	—
800	1,0	—	5,5	1,6	3,1	2–3	8–10	Рівномірне окислення шару Поява тріщин та окиснення по питомій поверхні
900	5,3	—	4,0	1,6	3,0	3–4	10–12	
1000	18,0	—	3,2	1,6	2,6	5–6	10–15	

* Товщина покриття 120–150 мкм, час отжигу 24 год, кількість термоциклів – 15, відношення C₂H₂/O₂ – 1,3, ступінь заповнення стовбура порошком – 0,6.

** В чисельнику вказана кількість циклів, після яких йде окиснення, в знаменнику – кількість циклів, після яких появляються тріщини та починається руйнування.

Таблиця 3

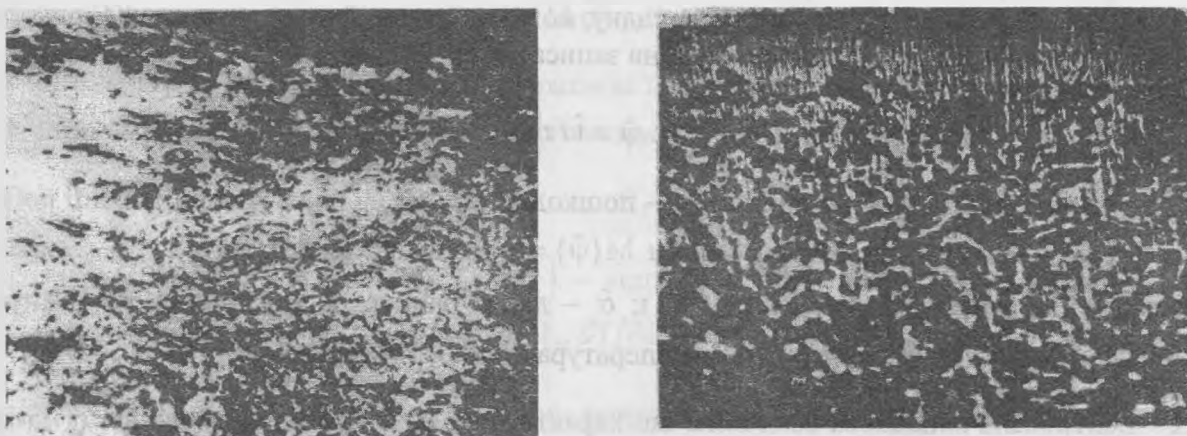
Результати випробувань зразків на знос при фретингу

Покриття марки ПГ-СРЗ				Покриття марки ПКТСРЗ				Покриття марки ПКХСРЗ			
Знос нерухомого зразка, мкм		Знос рухомого зразка, мкм		Знос нерухомого зразка, мкм		Знос рухомого зразка, мкм		Знос нерухомого зразка, мкм		Знос рухомого зразка, мкм	
Повітря	Термоцикл	Повітря	Термоцикл	Повітря	Термоцикл	Повітря	Термоцикл	Повітря	Термоцикл	Повітря	Термоцикл
0,011	0,181	0,025	0,101	0,007	0,105	0,007	0,181	0,012	0,053	0,012	0,088

вібропереміщення $A = 80\text{--}100$ мкм, база випробувань $N = 25 \cdot 10^4$ циклів, частота коливань $f = 30$ Гц [1]. Для порівняння був взятий матеріал покриття самофлюсуючого сплаву ПГ-СРЗ. Покриття даних матеріалів були нанесені детонаційним методом на кільцеві зразки з нормалізованої сталі 45. Результати випробувань наведені у табл. 3. Мінімальний знос мають покриття марок ПКТСРЗ та ПКХСРЗ, які створені на основі самофлюсів з додаванням карбідів титану або хрому.

Мікротвердість таких покриттів складає 8–11 ГПа, а міцність зчеплення з різними основами 60–90 МПа [2]. Треба також підкреслити, що покриття з матеріалів марок ПНХАБ, ПКТСРЗ та ПКХСРЗ, одержаних надзвуковим плазмовим методом, мають аморфно-мікрокристалічну структуру. Рентгеноструктурні дослідження цих матеріалів, проведених на дифрактометрі ДРОН-2,0 в монохроматизованому $\text{Mo}_{\text{K}\alpha}$ опроміненні (одержаних детонаційним методом), показують, що вони належать фазі з ГЦК-гратами надтвердого розчину на основі нікелю, а також фазі з кубічними гратами типу ТіВ, ізоморфній структурі алмазу.

Мікроструктура покриття марки ПКТСРЗ одержана детонаційним та надзвуковим плазмовим методами наведена на рисунку.



Мікроструктура покриття марки ПКТСРЗ:
а – детонаційне; б – надзвукове плазмове

Результати всіх випробувань щодо визначення середнього значення фізико-механічних властивостей, оброблялися згідно ДЕСТ 23.211-80.

Список літератури

1. Голего Н.Л., Алябьев А.Я., Шевеля В.В. Фреттинг-коррозия металлов. – К.: Техника, 1970. – 271с.
2. Шаривкер С.Ю., Ляшенко Б.А., Ришин В.В., Астахов Е.А. Исследование прочности сцепления детонационно-напыленных покрытий // Проблемы прочности. – 1972. – №3. – С.35–38.

Стаття надійшла до редакції 06.07.01.