

*М.В. Карусевич, д.т.н., Т.П. Маслак, к.т.н.
(Національний авіаційний університет, Україна)*

*Є.П. Гаврилов
(Державне підприємство «Антонов», Україна)*

Необхідність та ризики застосування антикорозійних профілактичних покриттів

Показана необхідність контролю можливість негативних побічних ефектів при застосуванні профілактичних антикорозійних покриттів. Визначено напрями досліджень, спрямованих на створення методології контролю побічних ефектів.

Корозія є одним з головних чинників, що обмежують ресурс повітряних суден. Наукові та технологічні досягнення не вирішують проблему; зі створенням нових матеріалів та методів захисту умови та терміни використання техніки стають більш ускладненими та тривалими.

Термін експлуатації сучасних літаків транспортної категорії становить не менше 25 років, за цей час вони виконують 80 тисяч та більше польотів. Експлуатація повітряних суден проходить у різноманітних кліматичних регіонах, в умовах дії промислової атмосфери, забрудненої шкідливими іонами, при значному перепаді температур. Важливим є і рівень технічного обслуговування. Новим, раніше не існуючим фактором є тривале знаходження літаків на землі внаслідок суттєвого зниження авіаперевезень, що є результатом пандемії Covid-19.

Періодичне технічне обслуговування та ремонт виявляють різноманіття видів корозії та потребують значних матеріальних витрат на підтримання льотної придатності.

Аналіз корозійних пошкоджень літаків ДП Антонов [1] показав, що пошкодження пітінговою, розшаровуючою, міжкристалітною, щільною корозією та корозійним розтріскуванням є типовим для конструктивних елементів літаків. Для фюзеляжу зоною небезпеки виникнення корозії є його підпільна частина, зазори між елементами каркасу та обшивки, заклепоків та клеєзварні з'єднання.

Захист конструкцій повітряних суден від корозії здійснюється використанням плакованих алюмінієвих сплавів, їх анодуванням, застосуванням ґрунтів, лако-фарбових покриттів, герметиків, проте отвори під заклепки порушують захисне плакування та анодування, точкове зварювання впливає на мікроструктуру металу, формуючи умови для виникнення мікро гальванічної корозії, наявний шар герметизації може бути пошкоджений в експлуатації повітряного судна.

Додатковим засобом захисту від корозії є використання плівкоутворюючих покриттів, які є рідинами що мають властивості подавляти

корозійні процеси, утворювати захисну плівку на поверхні металу, завдяки високій проникаючій здатності витіснити вологу з конструктивних щілин та зазорів, в тому числі зі щілин заклепових та клеєзварних з'єднань.

В західному авіабудівництві використовується термін Corrosion Preventive Compounds (CPC) з відповідною класифікацією [2].

Вважаючи на те, що зазначені матеріали є додатковим засобом, доцільним є використання профілактичних покриттів в зонах найбільшої імовірності виникнення корозійних пошкоджень. До таких зон відносяться відсіки літака, в яких знаходяться акумулятори, підлога та підпільна частина фюзеляжу в районі буфетів, кухонь, туалетів, зони підпільної частини фюзеляжу, в яких накопичується, особливо при проблемах дренажування, конденсат. Значне накопичення конденсату спостерігається і в теплозвукоізоляції кабіни літака.

Зростання термінів експлуатації повітряних суден обумовлює поступове руйнування всіх можливих засобів захисту від корозії, тому додатковий захист за допомогою CPC є обґрунтованим. Очевидно, що літаки, що відносяться до категорії старіючих (aging) є першочерговим об'єктом застосування CPC.

На сьогодні виробляється значна кількість CPC. Вважаючи на те, що точний склад протикорозійних сполук є закритою інформацією, відомо, що до складу CPC входять: а) плівко утворювачі; б) летучі розчинники; в) не летучі гідрофобні добавки; г) різноманітні інгібітори корозії та поверхнево активні речовини.

CPC є тимчасовим засобом захисту, вони не замінюють методи постійного захисту, а доповнюють його у випадку пошкодження та деградації захисних властивостей внаслідок тривалої експлуатації і накопичення пошкоджень поверхневого захисного шару.

Існуючі CPC поділяються на:

- водорозчинні м'які плівки, Water Displacing Soft Film (WDSF) – LPS-2; CRC 3-36; Mobilarma 245; WD40; Boeshield T-9; Ardrex 3961; Ardrex 3107;
- водорозчинні тверді плівки, Water Displacing Hard Film (WDHF) – AV-8;
- не розчинні у воді м'які плівки, Non Water Displacing Soft Film (NWDSF) – Fluid Film NAS; LPS-3 Heavy-Duty Inhibitor;
- не розчинні у воді тверді плівки, Non Water Displacing Hard Film (NWDHF) – Dinol AV-30; ZipChem ZC-029; Dinol AV-40; LPS Procyon; Ardrex 3322.

Постійний попит на засоби захисту металевих конструкцій від корозії стимулює пропозицію ринку CPC.

Проте, саме різноманіття таких матеріалів на ринку створює певні ризики їх використання, особливо при застосуванні в авіації.

Оцінка функціональних властивостей містить стандартні методи дослідження корозійної стійкості, такі як випробування зануренням в агресивне корозійне середовище, витримка в камері сольового туману, експозиція в атмосферних умовах, на так званих кліматичних станціях.

Зазначені методи дозволяють визначити захисні властивості, проте не виявляють можливі негативні побічні ефекти, зокрема можливий вплив на несучу здатність елементів та вузлів конструкцій.

На сьогодні опубліковано ряд даних про можливий побічний ефект застосування СРС. Це стосується впливу на втомне пошкодження заклепкових з'єднань, впливу на швидкість розповсюдження тріщин втомі.

Так, в роботі [3] розглянуто дію двох плівкових протикорозійних покриттів, одне з них на основі масла, інше - на м'якій восковій основі. Результати експериментів вказують, що обробка СРС призводить до значного зниження втомної довговічності та зміни механізму руйнування. При наявності протикорозійних плівкових сполук у зазорі з'єднання спостерігалось руйнування заклепок, в той час, як при відсутності сполук – руйнування проходила по листах з'єднання. Автори дослідження припускають, що причиною зміни механізму руйнування є зміна величини сил тертя між елементами заклепкового з'єднання внаслідок попадання захисних сполук в зазор заклепкового з'єднання. Таким чином, одна з переваг захисних плівкоутворюючих сполук – їх висока проникаюча здатність, може стати причиною негативних побічних ефектів.

Різноманітні типи заклепок та заклепкових з'єднань в конструкції літака транспортної категорії є значним. Цей фактор визначає один з принципів контрольних випробувань СРС - вплив захисного покриття на довговічність повинен досліджуватися не на типових стандартних зразках, а тих, що моделюють тип з'єднання в зоні, що підлягає обробці. Враховуючи, що підпільна частина фюзеляжу є однією з небезпечніших ділянок конструкції, зразки для випробувань повинні відображати конструктивні особливості обшивки підпільної частини фюзеляжу. За таким принципом повинно бути сформовано спектр типів зразків для вивчення можливих негативних побічних ефектів застосування профілактичних покриттів.

Іншим фактором є можливий негативний ефект, що полягає у впливі на кінетику втомних тріщин. Підтвердженням зазначеного ризику є дані, наведені в роботі [4]. Досліджувалось розповсюдження втомних тріщин в зразках сплаву 2024-T351 в повітрі, дистильованій воді та покритих СРС. Було встановлено, що швидкість розповсюдження тріщин в дистильованій воді на 7% більше, ніж в повітрі, а в середовище СРС на 20% вище, ніж в повітрі. Слід зауважити, що зазначений ефект спостерігався при випробуваннях при певних режимах навантаження і був не значним в деяких випадках.

Врахування можливого впливу на швидкість розповсюдження втомних тріщин є особливо важливим в зв'язку з проектуванням сучасних літаків відповідно до принципу допустимого пошкодження (Damage Tolerance).

Одним із можливих факторів, що може впливати на втому металів конструкції літака є належність профілактичних покриттів до поверхнево активних речовин, які як відомо, впливають на проц пластичної деформації металу, з яким контактують. Визначення ефекту застосування СРС на швидкість тріщини повинно бути досліджено відповідно підходів, сформованих механікою руйнування.

Враховуючи наявність у складі СРС поверхнево активних речовин, необхідним є і розгляд їх можливого впливу на інкубаційну стадію втоми, яка займає суттєву частину загальної довговічності. Для плакованих алюмінієвих сплавів особливості накопичення втомного пошкодження в поверхневих шарах, які контактують з СРС доцільно дослідити за методикою кількісної оцінки деформаційного рельєфу поверхні [5,6], який є, як показали численні дослідження втоми конструкційних плакованих алюмінієвих сплавів, надійним показником накопиченого втомного пошкодження.

Висновки

Прийняття рішення стосовно можливості та доцільності застосування профілактичних антикорозійних покриттів не повинно обмежуватися порівняльним аналізом їх захисних властивостей, визначених за стандартними методиками. Наявна інформація про можливі негативні побічні ефекти потребує проведення комплексу досліджень, які враховують фізико-хімічну взаємодію захисних матеріалів та матеріалів конструкції та їх фізико-механічну взаємодію, обумовлену конструктивними особливостями поверхонь, що оброблюються. Результатом дослідження можливих побічних ефектів застосування протикорозійних плівкових матеріалів буде методологія їх обґрунтованого вибору.

Список літератури

1. А. С. Бычков, С. Р. Игнатович, А. Г. Моляр. Основные виды и причины разрушения конструктивных элементов из алюминиевых сплавов отечественных воздушных судов транспортной категории. Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии № 70, 2015
2. <https://corrosion-doctors.org/Inhibitors/CPCs.htm>
3. A. Jaya et al. Corrosion treatments and the fatigue of aerospace structural joints/ Procedia Engineering 2 (2010) 1523–1529.
4. Purry C. The effect of corrosion preventative compound on fatigue crack growth properties of 2024-T351 aluminium alloys / C. Purry, A. Fien, K. Shankar // International Journal of Fatigue. – 2003. – № 25. – P. 1175–1180.
5. Карускевич М.В., Корчук Е.Ю., Якушенко А.С., Маслак Т.П. Оценка накопленного усталостного повреждения по насыщенности и фрактальной размерности деформационного рельефа Проблемы прочности. – 2008. – №6 (396). – С.128–135.
6. L. Pejkowski, M. Karuskevich, T. Maslak. Extrusion/intrusion structure as a fatigue indicator for uniaxial and multiaxial loading. Fatigue Fract Eng Mater Struct. – 2019. - Volume 42. Issue 10 –P.2315-2324