

Покриття в авіабудуванні

В залежності від потреб, які висуваються до експлуатаційних характеристик деталей, розрізняють три види покриттів:

- захисні покриття, призначенням яких є захист від корозії деталей в різних агресивних середовищах, у тому числі при високих температурах;
- захисні декоративні покриття, які служать для декоративного оброблення деталей з одночасним захистом їх від корозії;
- спеціальні покриття, які використовуються з ціллю надання поверхні спеціальних властивостей (зносостійкості, твердості, електроізоляційних, магнітних властивостей та ін.), а також відновлення зношених деталей.

При виборі покриттів слід враховувати призначення та матеріал деталі, умови її експлуатації, властивості покриття та спосіб його нанесення, припустимість контактів сполученого металу та покриття, а також економічну доцільність його застосування.

Поверхня основного металу, на яку передбачається нанесення покриттів, повинна пройти спеціальну підготовку. При нанесенні, наприклад, гальванічних покриттів, у відповідності з ДСТУ 9.301-78, шорсткість поверхні основного металу повинна бути не більше $R_z = 40$ мкм під захисні покриття; $R_a = 2,5$ мкм під захисні декоративні; $R_z \leq 40$ мкм під спеціальні покриття в залежності від функціонального призначення. На поверхні деталей не допускається закатана окалина, розшарування та тріщини, які виявлені після травлення, шліфування та полірування, пори та раковини.

Поверхня деталей повинна бути очищена від травильного шлаку, продуктів корозії та інших забруднень.

Для всіх видів покриттів встановлені вимоги до їх зовнішнього вигляду та спеціальних властивостей. Як правило, встановлюються вимоги до товщини, пористості та міцності зчеплення з основним матеріалом.

У процесі експлуатації виробу не повинно бути локального відшарування покриття. Тому найважливішою вимогою є надійне зчеплення покриття з основним матеріалом деталі.

Для оцінювання опору покриття корозії зазвичай застосовують випробування, при яких корозійне навантаження на деталь близьке до умов його експлуатації. Ефективність опору корозії визначається за розчиненням покриття та взважуванням.

Для надійного захисту деформованих поверхонь покриття, перш за все на органічній основі, повинні мати високу еластичність та тріщиностійкість. Під тріщиностійкістю розуміють здатність покриття у підкладці розтягуватися над нею, зберігаючи при цьому захисні властивості.

Покриття взаємодіє з поверхневим шаром матеріалу основи, тому для отримання якісного покриття важливу роль відіграє механічне та хімічне оброблення поверхні.

У виробках авіаційної техніки практично на всі металеві деталі і вузли наносяться ті чи інші покриття з метою захисту їх від корозії, дії високих температур і додання необхідного декоративного вигляду. Найбільше застосування отримали лакофарбові покриття (ЛФП). Враховуючи жорсткі умови експлуатації, для забезпечення максимальної адгезії лакофарбових шарів широко використовуються в якості попереднього підшару анодно-оксидні та хімічні конверсійні покриття.

Алюмінієвий сплави зазвичай піддаються анодному оксидуванню (анодуванню) в розчині сірчаної або хромової кислоти. В якості підшару під ЛФП анодування застосовується і для деталей з магнієвих сплавів. В окремих випадках анодування металів використовується як самостійне покриття, наприклад, тверде анодування деталей з алюмінієвих і титанових сплавів. Заміна анодно-оксидних покриттів хімічними конверсійними покриттями виключає зниження витривалості.

Для магнієвих сплавів хімічні конверсійні покриття є основним видом підготовки поверхні під ЛФП. Зазвичай застосовують хромування

(наприклад, в суміші двохромовоокислого калію, азотної кислоти і хлористого амонію), яке замінюється анодуванням або фторидним фосфатуванням при нанесенні органічних покриттів, що працюють при підвищених температурах.

Хімічні конверсійні покриття досить широко використовуються і при підготовці поверхні різних сталей під ЛФП. У цьому випадку застосовується фосфатування в розчинах, що містять монофосфат цинку і азотнокислий цинк. Підготовка поверхні сталей під ЛФП проводиться і шляхом гальванічного кадміювання з подальшим пасивуванням або фосфатуванням, а також металізацією цинком або сплавом алюміній-цинк. На вуглецеві та низьколеговані сталі ЛФП можуть також наноситися після механічного зачищення електрокорундом, дробом або металевими щітками. Корозійностійкі сталі вкриваються ЛФП після оброблення поверхні електрокорундом, гідропіскоструминного оброблення або травлення і обов'язкової пасивації (наприклад, у 30% -ому розчині азотної кислоти або суміші її біхроматом).

Правильний вибір системи підготовки поверхні – головний фактор у забезпеченні адгезії ЛФП. Важливими чинниками є також регламентація перерв між підготовкою та фарбуванням і дотримання технологічних режимів нанесення ґрунтувальних, проміжних і остаточних шарів. Вибір тієї чи іншої лакофарбової системи для захисту різних деталей вузлів і агрегатів літальних апаратів, а також для остаточного фарбування всієї його поверхні визначається насамперед характером контакту середовищ і температурою експлуатації. У загальному випадку при впливі атмосфери різної агресивності при температурі експлуатації до 100 °С використовуються перхлорвінілові емалі, нанесені на акрилові або фенольно-масляні ґрунти, до 200 °С – епоксидні емалі на акрилові або епоксидні ґрунти, до 300 °С – гліфталеві емалі на гліфталеві ґрунти, до 400 °С – органічні емалі.

Лакофарбові системи обирають виходячи з того, що літальні апарати експлуатуються в найрізноманітніших кліматичних умовах. При відсутності безпосередніх контактів з водою внутрішній набір планеру літального апарату, виконаний з алюмінієвих сплавів, у багатьох місцях захищається тільки

грунтами. Використання одних ґрунтів, однак, виключається, де можливі різного роду забруднення, а також у важкодоступних місцях, якщо сплави, з яких виготовлені конструкції, чутливі до корозії. Особлива увага приділяється захисту заклепкових і зварних з'єднань.

Для оброблення внутрішніх салонів пасажирських літаків поряд з ЛФП знайшли застосування пластикові покриття. Оздоблення проводиться так званим алюмопластом, тобто листами з алюмінієвого сплаву, на які заздалегідь приклеєна перхлорвінілова плівка.

Гальванічні покриття отримали в авіабудуванні велике поширення для захисту та додання спеціальних властивостей поверхням сталевих деталей.

Кадміювання і цинкування застосовуються для захисту деталей, що працюють при середніх температурах (до 300 °С). Ці види покриттів є ефективним засобом запобігання контактної корозії при з'єднанні деталей з різнорідних металів. Покриття наносяться в ціаністих, сірчаноокислих або хлористоамонійних електролітах.

Міднення частіше використовується в якості підшару для нанесення інших гальванічних покриттів – таких, як олов'янисті та нікелеві; проводиться в ціаністих, пірофосфатних або сірчаноокислих електролітах.

Нікелювання застосовується для захисно-декоративного оброблення і в якості підшару при виконанні деяких більш складних та термостійких (до 500 °С) систем (нікель-мідь-нікель, нікель-кадмій), а також проводиться в кислих розчинах, що містять сірчаноокислий нікель і хлористі або фтористі солі.

Для підвищення зносостійкості і стійкості до окислення при підвищених температурах застосовується хроматування, здійснюване в кислих розчинах на основі хромового ангідриду.

Олов'янування (лудіння) використовується для захисту струмоведучих і деталей, що підлягають паянню. У всіх гальванічних процесах важливою операцією, особливо при обробленні високоміцних сталей, є зневоднення, яке здійснюється шляхом нагрівання в спеціально регламентованих (залежно від

виду покриття, що наноситься) умовах. Ця операція дозволяє виключити водневе окрихчування в експлуатації.

Поряд з гальванічними і металізаційними покриттями в авіабудуванні набули поширення й інші види металевих покриттів. Прокат з алюмінієвих конструкційних сплавів захищається шляхом плакування (термомеханічне покриття) технічно чистим алюмінієм або алюмінієм з цинком. Плакуючий шар має більш негативний потенціал і за рахунок електро-хімічного захисту істотно гальмує розвиток таких небезпечних видів корозії, як корозійне розтріскування та корозії, що розшаровує метал.

Для підвищення жаростійкості жароміцних матеріалів, які використовуються в авіаційних двигунах при температурах вище 1000 °С, застосовуються такі методи формування покриттів, як електронно-променеве напилення, термодифузійне оброблення та деякі інші.

Вібропоглинаючі покриття в авіабудуванні – покриття, що наносяться на обшивки фюзеляжу літального апарату, панелі інтер'єру і бортового обладнання, стінки трубопроводів і кожухів для зниження шуму, що утворюється ними у разі порушення резонансних коливань під час польоту. Вібропоглинаючі покриття мають велике внутрішнє тертя в полімерному в'язкопружному шарі та послаблюють енергію згинальних коливань конструкцій, перетворюючи її в теплоту, яка розсіюється в навколишній простір. Тому вібропоглинаючі покриття можуть також успішно застосовуватися для підвищення втомної міцності вібронапружених тонкостінних елементів авіаційних конструкцій.

Ці покриття зазвичай складаються з двох і більше армуючих шарів алюмінієвий фольги і в'язко-пружних полімерних прошарків. Полімерний шар, виготовлений на основі каучуків загального призначення, є самоклеїким і має високу адгезію практично до всіх металів і пластмас з твердими сухими поверхнями. За допомогою цього шару покриття і кріпиться до демпферуєчої поверхні.

Основна вимога до авіаційного вібропоглинаючого покриття – демпферування вібрацій у широкому діапазоні температур і частот при мінімальній масі до товщини вібропоглинаючого покриття можна накладати на вібронпружені елементи конструкцій, які знаходяться в експлуатації виробів.

Покриття на основі наночастинок в авіабудуванні

Покриття на основі наночастинок для авіаційних двигунів дозволить втричі збільшити термін служби авіаційних двигунів та істотно знизити витрату палива.

Дослідники з University West в Швеції почали застосовувати наночастинки в теплоізоляційних покриттях, які зберігають двигун від нагрівання. Згідно проведеним випробуванням, застосування наночастинок збільшило термін служби покриття на 300 %.

Для збільшення терміну служби авіаційних двигунів, теплоізоляційний шар наноситься на поверхню металевих компонентів. Завдяки додатковому шару, двигун стає захищеним від зовнішнього нагрівання. Температура може підвищуватися, що веде до збільшення ефективності, знижує викиди споживання палива.

Основним компонентом є керамічний порошок, але також додавався пластик для створення пір, завдяки якому матеріал стає більш еластичним. Керамічний порошок піддається сильному напруженню, коли в результаті постійного коливання температури матеріал розтягується і стискається.

Були проведені випробування покриття, створеного з наночастинок, які сполучені у суспензію та нанесені на поверхню напилюванням. Цей метод отримав назву плазмового напилювання суспензії.

З метою симуляції температури в авіаційних двигунах дослідники провели випробування нового покриття на тепловий удар. З'ясувалося, що при низькому рівні теплопровідності, термін служби нового покриття в три рази вище, ніж стандартного покриття.