

# Зміцнюючі матеріали для аерокосмічної та військової електроніки

Андрій Григоревський, менеджер, «Філур Електрик, ЛТД»  
E-mail: a.grygorevskyi@filur.net

**У статті висвітлено переваги використання широкого асортименту продукції компанії MG Chemicals для захисту електроніки в аерокосмічній та оборонній техніці, а також наведено реальні приклади з практики.**

## ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ МАТЕРІАЛІВ У СКЛАДНИХ УМОВАХ

Існують певні сегменти промисловості, де надійність обладнання має вирішальне значення. Захист електронних схем, які керують основними функціями аерокосмічної та оборонної техніки, є ключем до забезпечення надійності, довговічності та продуктивності. Захисні полімерні матеріали, такі як покриття, мастила та клеї, допомагають захистити електронні пристрої від таких поширених проблем, як коротке замикання, електромагнітні завади, перегрів і структурну втому. Винятково суворі умови, в яких працює аерокосмічна та оборонна техніка, змушують конструкторів ретельно підходити до вибору матеріалів, здатних витримувати складні умови експлуатації. Ці умови включають агресивні термічні цикли, електромагнітні та радіочастотні завади, вплив вологи, грибків і хімічних речовин, а також захист від фізичних ударів і зіткнень. У наступних розділах висвітлено переваги використання широкого асортименту продукції компанії MG Chemicals (Канада) для захисту електроніки в аерокосмічній та оборонній техніці, а також наведено реальні приклади з практики.

## ЯК КЛЕЇТИ НА ЗЕМЛІ, В ПОВІТРІ ТА КОСМОСІ

Основна функція клею полягає в тому, щоб з'єднати дві поверхні достатньо міцно, щоб забезпечити

функціональну механічну фіксацію. Клеї з вторинними властивостями, такими як вогнестійкість, теплопровідність, електропровідність й низьке газовиділення, мають важливе значення для аерокосмічної та оборонної промисловості.

Структурні клеї, основною функцією яких є забезпечення міцної адгезії, можуть допомогти спростити збірку модульних компонентів, таких як зовнішні панелі для гіперзвукових систем. Високомодульні варіанти, такі як клеї 9200, 9310 і 8332, забезпечують механічну фіксацію, необхідну для підтримання структурної цілісності у високошвидкісних системах.

Електропровідні клеї — це 2-компонентні епоксидні системи з додаванням лусочок срібла, які використовуються в основному для виготовлення електричних доріжок або як заповнювачі щілин для з'єднання струмопровідних поверхонь. Ці клеї також забезпечують захист від електромагнітних і радіочастотних завад (EMI/RFI). Цей захист має важливе значення для низькоорбітальних супутників, які піддаються впливу сонячного випромінювання високої інтенсивності та потребують значного захисту

від EMI. Такі продукти, як клеї 8330D та 8330S, є ідеальними завдяки досить великому вмісту наповнювачів і винятковому захисту від електромагнітних завад.

На додаток до своїх можливостей захисту від електромагнітних завад, клей 8330S має низький рівень газовиділення, що відповідає стандарту NASA щодо газовиділення. Виділення газів — це явище, при якому летючі полімерні матеріали можуть сублимуватися — особливо це проблематично в умовах низького тиску в космосі — і згодом конденсуватися на сусідніх компонентах, що призводить до втрати сигналу. Компанія MG Chemicals пропонує клеї з низьким рівнем газовиділення, які особливо корисні в аерокосмічній галузі. У таблиці 1 наведено результати випробувань на газовиділення за стандартом ASTM E 595. Наведені значення є зміною у відсотках від початкової маси зразка.

## ЕКРАНЮЮЧІ ПОКРИТТЯ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РОБОТИ СУПУТНИКІВ

Як і в будь-якій іншій галузі, керування тепловим режимом в аерокосмічній промисловості є значним випробуванням, оскільки мініатюризація в поєднанні з передовими обчислювальними можливостями створюють величезні обсяги даних, побічним продуктом яких є тепло. Це стосується картографічних систем,

Таблиця 1. Перелік клеїв, які відповідають вимогам NASA щодо низького газовиділення за стандартом ASTM E 595

| Клей      | Повна втрата маси | Летюча конденсована речовина, яку можна зібрати | Вторинна характеристика |
|-----------|-------------------|---|-------------------------|
| 8330S     | 0.40              | 0.03  | Електропровідний        |
| 8329TCS   | 0.78              | 0.07  | Теплопровідний          |
| LTR 495LV | 0.15              | 0.03  | Теплопровідний          |
| RTV142    | 0.21              | 0.02  | Низький модуль          |
| RTV566    | 0.10              | 0.02  | Висока температура      |



Рис. 1. Платформа спостереження аеростата

які допомагають спрямовувати дрони та інші безпілотні літальні апарати в зонах, де немає GPS. Теплопровідні клеї, такі як клей *8349TFM*, допомагають запобігти перегріванню, забезпечуючи безперебійну роботу цих життєво важливих систем.

Зв'язок має вирішальне значення для підтримки роботи сучасної електроніки в аерокосмічній та оборонній галузях. Особливо важливими є системи передавача/приймача, що керують багатьма критично важливими системами, такими як радар, GPS і радіозв'язок. Повсюдне поширення електромагнітних та радіочастотних завад загрожує цим системам, оскільки небажані сигнали можуть спричинити збої в роботі. Щоб протистояти цій проблемі, необхідно наносити екрануючі покриття для екранування пристроїв з використанням електропровідних матеріалів, які, простіше кажучи, відбивають вхідні електромагнітні хвилі та перешкоджають цим сигналам взаємодіяти з приймачами системи. Нікелеве електропровідне покриття *841AR* є поширеним матеріалом, що використовується для екранування корпусів повітряних лазерних систем раннього виявлення та оптоволоконних кабелів, які передають дані для платформ спостереження аеростатів (рис. 1).

Завдяки високоякісному екрануючому загасанню та високій довговічності, такі продукти, як *842ER*, знаходять широке застосування в таких сферах, як екранування електричної проводки для систем з'єднання.

## ЗАХИСНІ ПОКРИТТЯ ДЛЯ АЕРОКОСМІЧНОЇ ЕЛЕКТРОНІКИ

Звичайно, захисні покриття відіграють важливу роль в аерокосмічному

дизайні, оскільки високі швидкості, яких досягають ці літальні апарати, вимагають покриттів, здатних захистити обшивку від тертя об повітря та ерозії, і водночас легких для підтримки аеродинаміки. Не менш важливо, однак, забезпечити правильне функціонування електричних кіл, які керують усіма електричними системами. Тому дизайнери використовують конформні покриття, щоб захистити схему і забезпечити довговічність пристрою в суворих аерокосмічних та оборонних умовах. Супутники є чудовим прикладом пристроїв, де кожен матеріал, що використовується для їхнього виготовлення, потребує ретельного розгляду. Потрібні не тільки покриття для захисту від електромагнітних завад, як було зазначено в попередньому розділі, але й захисні конформні покриття для захисту електричних схем. Схеми в супутникових приймачах, які відстежують сигнали з космосу, схильні до виходу з ладу внаслідок впливу навколишнього середовища, спричиненого конденсацією, піщаною ерозією та грибковим ураженням. Захисні покриття не повинні послаблювати вхідні сигнали та впливати на рівень сигналу (це протилежний підхід до електромагнітних покриттів,

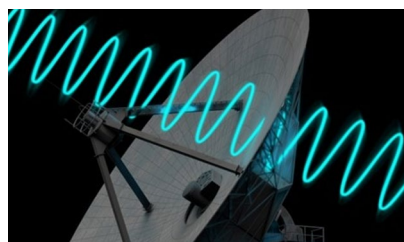


Рис. 2. Графічне зображення електричної хвилі, що проходить через матеріал з низьким тангенсом кута діелектричних втрат, який не послаблює рівень сигналу

метою яких є зменшення рівня сигналу). Щоб задовольнити цю вимогу, розробники повинні враховувати тангенс кута діелектричних втрат покриття, який, простіше кажучи, вимірює, наскільки сигнал втрачає силу при проходженні через діелектричний матеріал (рис. 2). Термопластичні покриття, такі як *422B*, *422C*, *419D* і *419E* є чудовими матеріалами, які ідеально відповідають високим вимогам щодо захисту супутників.

Дрони та безпілотні літальні апарати (БПЛА) — це ще одна галузь аерокосмічної промисловості, яка значною мірою покладається на конформні покриття для підтримання належного функціонування цих пристроїв. Зокрема, конформні покриття допомагають захистити критично важливі схеми, такі як контролери польоту і швидкості, забезпечуючи стабільну роботу під час дощу, снігу та роси.

## МАСТИЛА ТА МАСТИЛЬНІ МАТЕРІАЛИ ДЛЯ АЕРОКОСМІЧНОЇ ГАЛУЗІ

Інтуїтивно зрозуміло, що мастила та мастильні матеріали повинні бути включені в конструкцію дронів, ракет і супутникових систем; однак, окрім зменшення зносу компонентів від тертя, властивості мастил для електроніки допомагають полегшити розробку складних електричних схем. Наприклад, силіконове мастило *860* допомагає розсіювати тепло в 4-тактних двигунах легких літаків Cessna.

Широко використовується в автомобільній та морській промисловості діелектричне мастило *8462* завдяки своїй надзвичайній гідрофобності та діелектричним властивостям, які допомагають запобігти виникненню електричної дуги та короткого замикання. Цей продукт також використовується в аерокосмічній та оборонній галузях, допомагаючи ущільнювати роз'єми навколо панелей SATCOM і штекери наземних блоків керування дронів та інших безпілотних літальних апаратів.

**Більш детальну інформацію можна отримати, звернувшись в ТОВ «Фігур Електрик, ЛТД»:**

**02100, м. Київ,  
вул. Гетьмана П. Полуботка,  
22/14, 1-й пов.,  
тел.: +38 (044) 495-75-75,  
+38 (068) 496-75-75,  
e-mail: office@filur.net,  
www.filur.net**