

Неметалічні авіаційні матеріали

В сучасних конструкціях літальних апаратів поряд з металами та сплавами все більше застосування знаходять різні неметалічні матеріали. До їх числа відносяться пластмаси, гума, текстильні та спеціальні тепло- та звукоізоляційні матеріали, дерево та продукти його обробки, клеї, герметики, лакофарбові та інші матеріали.

Найбільш широко у сучасній авіаційній техніці використовуються пластмаси та гумові матеріали. Їх основою є переважно синтетичні продукти, які являють собою складні високомолекулярні органічні з'єднання – *полімери*.

Термопласти загальнотехнічного призначення.

Основу термопластичних пластичних час загально технічного призначення складають полімери лінійної та розгалуженої структури, що переходять при нагріванні у в'язкий текучий стан. Після формування деталі структура макромолекул в них залишається незмінною.

Термопласти – технологічні матеріали, з них виготовляють електротехнічні деталі, прокладки, тонкі плівки та волокна, деталі, які використовуються у вузлах тертя, захисні покриття на металах.

Неполярні термопласти.

Поліетилен виробляють у декількох модифікаціях. Поліетилен високого тиску отримується з газу етилену при тиску від 150 до 300 МПа при $t = 180\text{ }^{\circ}\text{C}$. Поліетилен низького тиску отримують при 1 МПа, при цьому застосовують металоорганічні каталізатори. Поліетилен хімічно стійкий та при кімнатній температурі нерозчинний ні в одному з відомих розчинників.

Поліпропілен аналогічний за властивостями поліетилену, але має більш високу теплостійкість та хімічну стійкість при підвищених температурах. При застосуванні металоорганічних каталізаторів отримується стереорегулярний полімер, що має більш високу температуру плавлення. Також він є волокно утворюючим полімером.

Полістирол – прозорий склоподібний матеріал, розчиняється у неполярних розчинниках, у той самий час він хімічно стійкий до кислот та лугів, стійкий до мастил та бензину. Радикал C_6H_5 – надає полістиролу радіаційну стійкість. Співполімер стиролу з синтетичними канчуками є удароміцними матеріалами та об'єднуються під назвою АБС-пластики.

Політетрафторетилен фторопласт-4, (тефлон) – один з найбільш теплостійких та хімічно стійких термопластів. Відмінними властивостями фторопласту-4 є висока термостійкість. Він абсолютно стійкий до дуже сильних кислот та сумішей, міцних лугів, розчинників, руйнується лише під дією розплавів лужних металів та елементарного фтору, має низький коефіцієнт тертя ($f = 0,04$).

До недоліків відноситься важке перероблення у виріб та низька радіаційна стійкість.

Полярні термопласти.

Політрифторхлоретилен фторопласт-3 полімер з високим ступенем кристалічності ($\sim 80\%$), що має підвищену густину, твердість та міцність, отримують його шляхом повільного охолодження розплаву. Швидко охолоджений (загартований) фторопласт-3 має невисоку ступінь кристалічності ($12\ldots 40\%$), більшу еластичність, ніж у відпаленого полімеру, у тонких шарах прозорий.

Фторопласт-3 негорючий, атмосферостійкий, характеризується низькою волого- та газопроникністю, високими механічними та діелектричними (в області низьких частот) властивостями.

Він стійкий до більшості агресивних середовищ: розчинів лугів та кислот; при кімнатній температурі не розчиняється ні в одному розчиннику. Порушується під дією розплавів лужних металів. Деструкцію фторопласту-3 викликає і γ -випромінювання (доза ~ 24 мрад). Полімер легко оброблюється механічно.

Полівінілхлорид – некристалічний полімер лінійної будови. За об'ємом світового виробництва займає 2-е місце. Негорючий, має високу хімічну

стійкість до лугів будь-яких концентрацій, до кислот високих концентрацій, розчинів солей, горюче-мастильних матеріалів. Для сповільнення процесів деструкції та старіння у промисловий полівінілхлорид вводять стабілізатори, отримуючи жорсткий полімер вініпласт, який застосовується в якості корозійностійкого матеріалу, добре піддається механічному обробленню, легко зварюється за допомогою зварного пруту, склеюється різними клеями.

Для покращення еластичних властивостей та підвищення морозостійкості у полівінілхлорид вводять пластифікатори та отримують так званий пластикат. Пластифікований полівінілхлорид застосовується для виготовлення м'яких резервуарів, ущільнюючих прокладок, ізоляції, профілів, липких стрічок та ін.

Матеріали з покращеними властивостями отримують також співполімеризацією вінілхлориду іншими мономерами.

Поліетилентерефталат – прозорий, аморфно-кристалічний полімер з максимальним ступенем кристалічності (40...60 %). Порівняно стійкі до дії помірно концентрованих кислот, холодним розчинам лугів; при підвищених температурах хімічна стійкість знижується. Стійкий до дії світлових, УФ, рентгенівських та γ -променів. Має високі діелектричні характеристики до 180 °C.

Поліетилентерефталат утворює плівки та волокна (лавсан), які характеризуються високими міцністю при розтягуванні, модулем пружності, ударною в'язкістю та стійкістю до стирання. Плівки легко металізуються, фарбуються, їх дублюють (поліетиленовою плівкою). Армують волокном, сітками. Волокна та плівки зміцнюють одновісною або двохвісною орієнтацією.

Поліуретани – полімери, які містять в головному ланцюгу уретанові групи. Отримують лінійні, а також зшиті поліуретани, так для синтезу поліуретану використовуються з'єднання різної хімічної природи. Недолік поліуретану – це невисока стійкість до термічної та термоокислювальної деструкції (120 °C).

Фізико-механічні властивості термопласти загально технічного призначення наведені в табл. 1.

Таблиця

Фізико-механічні властивості термопластів загально технічного призначення

Полімер	γ , кг/м ³	$t_{\text{роб}}$, °C	$\sigma_{\text{в}}$, МПа	δ , %	E , МПа	КСУ, кДж/м ²
Неполярні						
Поліетилен високого тиску	918...930	103...110 -124...-132	10...17	500...800	12...26	не ламається ²
Поліетилен низького тиску	954...960	120...80 -150...-170	18...45	50...1200	65...75	150...2 ²
Поліпропілен	920...930	150 -5...-25	30...50	200...800	70...80	5...12 ²
Полістирол	1050	90 -20	35...50	1,2...2,0	32	16...30
Фторопласт-4	2150.2240	250 -269	14...35	250...500	47...85	100
Полярні						
Фторопласт-3	2090...2160	130...190 -195	30...40	20...200	116...145	20...160
Полівінілхлорид	1350...1430	60 0...50	45...70	5...100	80...120	7...15 ²
Поліетилентерефталат	1332...1455	70 -60	140...290	60...180	350...450	50...80
Поліуретани	—	120...190 -30...-50	25...55	400...700	—	—

Примітка: 1. У чисельну приведені максимальні робочі температури, а в знаменнику – мінімальні.

2. Для зразків з надрізом.

Еластомери, каучуки та резини.

Гумою називається матеріал, який отриманий в результаті спеціального оброблення (вулканізації) суміші каучуку з різними домішками. Основою гумового матеріалу служить каучук – натуральний або синтетичний еластомер. Гума як технічний матеріал відрізняється високою еластичністю – властивістю, яка притаманна каучуку. Причинами високої еластичності каучуку є зигзагоподібна або спіралеподібна конфігурація та велика гнучкість його лінійних або слабо розгалужених молекул. Однак лінійний каучук не може бути застосований у виробках через сильну повзучість при кімнатній, а особливо при підвищених температурах та розчинності в органічних речовинах. Для запобігання цих явищ відформованому виробу надають зшити рідку сітчасту структуру. Така операція називається вулканізацією. В залежності від кількості зшивок, що з'явилися при вулканізації можна отримати резини м'які, середньої твердості та тверді.

Вплив на гуму негативних температур викликає зниження та навіть втрату високо еластичних властивостей, перехід у склоподібний стан та зростання жорсткості гуми на декілька порядків. Велична деформації при заданому рівні напруження та температурі описується термомеханічними кривими.

Гуми на основі насичених канчуків достатньо стійкі до старіння та агресивних середовищ.

Механічна суміш каучуку з інгредієнтами називається сирою гумовою сумішшю, вона перероблюється у вироби пресуванням, литтям під тиском, видавлюванням та іншими методами пластичної деформації. Вулканізація виробів з сирової гуми є завершальним етапом гумового виробництва. Гумова суміш складається з:

- 1) каучуку (натурального та синтетичного);
- 2) вулканізуючих речовин (агенти), які приймають участь в утворенні просторово-сітчастої структури, для цього часто використовують сірку.
- 3) речовин, які сповільнюють старіння гуми;

4) пом'якшувачі (пластифікатори), що полегшують переробку гумової суміші і збільшують еластичність вулканізату;

5) активні наповнювачі (вуглецева сажа та «біла» сажа – оксид кремнію і оксид цинку), які підвищують міцність гуми та опір до стирання.

6) барвників мінеральних або органічних, які не тільки виконують декоративні функції, але також поглинають короткохвильову частину сонячного спектру і цим затримують світлове старіння гуми.

Гуми розділяють на вулканізати загального призначення та спеціальні.

Гуми загального призначення можуть експлуатуватися у середовищі води, повітря, слабких розчинів кислот, солей та лугів, а також спирту, ацетону та жирних кислот. Інтервал робочих температур лежить від – 60 ...– 35 до 80...130 °С. ці резини, особливо м'які, нестійкі до світло озонового та теплового старіння. Гуми загального призначення дуже (на 200...600 %) набухають при контактуванні з жирними та ароматичними розчинниками (бензин, керосин, бензол, хлороформ, сірковуглець, машинне мастило та ін.).

Головне призначення спеціальних гум – робота у контакті з мінеральними мастилами. Керосином, бензином, в яких вони набухають за 24 год при 20 °С на 60, (50...15) та 5 %, відповідно. Крім того, ці резини мають підвищену стійкість до світло озонового старіння та хімічною стійкістю. Однак вони менш еластичні та окричуються при – 30 ...– 50 °С, їх теплоємність не вищу 100...130 °С. ці резини протягом декількох років не руйнуються під дією атмосфери, а також можуть експлуатуватись у контакті з концентрованими кислотами та окиснювачами (HNO₃, H₂O₂) та ін.

Теплостійкі гуми працюють у діапазоні – 60...+ 250 та – 100 ...+350°C, не старіють та еластичні. Однак внаслідок не полярності силосанів вони набувають у розчинниках та маслах, мають низьку міцність, погано працюють на стирання та мають погану адгезію.

Плівкоутворювальні матеріали.

До плівкоутворювальних матеріалів відносяться матеріали на основі полімерів, олігомерів або неорганічних речовин, які застосовуються у розчині або

у розплаві. Після нанесення їх на поверхню і наступного висихання утворюється плівка, яка міцно зчіплюється з поверхнею.

У склад плівкоутворювальних та лакофарбових матеріалів входять наступні компоненти: плівкоутворювальні речовини – основа, які визначають загалом властивості; розчинники, які утворюють певну в'язкість; пластифікатори для усунення усадкових явищ в плівці та збільшення її еластичності; затверджувачі та каталізатори для переведення плівкоутворювального у термостабільний стан; наповнювачі для зменшення усадки плівки.

Конструкційні клеї.

Клеєві з'єднання мають ряд переваг у порівнянні з іншими видами з'єднань: можливість кріплення різнорідних матеріалів, стійкість до атмосферних умов, корозійним впливом, високу герметичність, високі міцнісні характеристики при експлуатації при помірних температурах, особливо для тонких перерізів металу та при вібрації. При застосуванні клеїв досягається економія у вазі, здешевлення вартості виробництва, спрощення технології виготовлення агрегатів, утворюються нові типи конструкцій із застосуванням металів та неметалічних матеріалів.

До основних недоліків більшості клейових з'єднань слід віднести: відносно низьку тривалу теплостійкість, обумовлену органічною природою плівкоутворення та схильність до старіння. Нові клеї на основі кремнійорганічних та неорганічних полімерів забезпечують роботу до 1000 °С, однак вони не мають достатньої еластичності плівки.

Фенолполівінілацеталеві композиції є найбільш поширеними в авіаційній промисловості. Ці клеї представляють собою спиртові розчини фенолформальдегідних смол, суміщених з бутваром (аморфний безбарвний полімер). Велика кількість гідроксильних груп робить клей полярним, з високою адгезійною здатністю до металів і більшості неметалів. Склеювання відбувається при високих температурах.

Епоксидні клеї холодного твердіння призначені для з'єднання матеріалів несилових конструкції (температура їх роботи 60 °С). Для збільшення еластичності в клей вводять пластифікатори або модифікують.

Епоксидні клеї гарячого твердіння є конструкційними силовими клеями. Склеювання відбувається при 150...180 °С. Для усіх епоксидних клеїв характерна хороша міцність при зсуві, атмосферна стійкість, стійкість до палива і мінеральних мастил, високі діелектричні властивості (температура їх роботи 100...150 °С).

Поліуретанові клеї бувають холодного та гарячого твердіння. При змішуванні компонентів відбувається хімічна реакція, в результаті якої клей твердіє. Поліуретановий клей має універсальну адгезію, хорошу вібростійкість, стійкість до нафтових палив та мастил, працює до 120 °С, а також при низьких температурах та перепадах температур.

До *теплостійких клеїв* відносяться клеї на основі кремнійорганічних з'єднань. Домішки збільшують адгезію, але вона залишається нижче ніж у інших клеїв, проте цінність цих клеїв велика, так як вони зберігають властивості при високих температурах. Склеює метали, пластики, теплостійкі неметалічні матеріали.

Гумові клеї призначені для склеювання гуми з гумою та для кріплення гуми до скла, металу. Для збільшення адгезії в клеї вводять синтетичні смоли.

Термічно стабільними є *керамічні клеї* – фрити. Вони виготовляються на основі важко плавких оксидів MgO , Al_2O_3 , SiO_2 і являють собою суспензії подрібнених неорганічних з'єднань у воді. Ця суспензія наноситься на поверхні та витримується на повітрі для видалення води. Склеювання відбувається при невеликому тиску та температурі, не набагато вище температури плавлення композиції.

Герметиками називаються композиції на основі полімерів і олігомери, що застосовуються для забезпечення непроникності. Герметизація забезпечується в результаті твердіння (вулканізації) основи або утворення плівки після випаровування розчину.

За останній час зріс інтерес до анаеробних ущільнюючих матеріалів на основі акрилових та метакрилових з'єднань, які не містять розчинників. Вони використовуються при контролці різьбових з'єднань, які піддаються вібрації (це

дозволило відмовитися від контргайки, що зменшило вагу конструкції), зміцнювальні композиції запобігають витіканню газу та рідини навіть при високих тисках.

Герметики застосовують для забезпечення непроникності кабін літаків, паливних відсіків, баків, радіаторів, трубопроводів, спускних апаратів, різних комунікацій, контейнерів з радіоапаратурою, електроприладами та в інших випадках.

Лакофарбовими матеріалами є матеріали на основі плівкоутворювальних, які використовуються в основному у вигляді розчинів з різними домішками, після нанесення яких на підкладку виникає тверда плівка. Вони виконують головним чином, функції захисту від корозії і є електроізоляційними. Захисні покриття повинні бути атмосферно-хімічно-теплостійкими, стійкими до дії радіації та інших факторів.

В залежності від складу лакофарбові матеріали розділяють на лаки, емалі (фарби), шпаклівки і ґрунтовки.

Лаки – розчини плівкоутворювальних в органічних розчинниках, інколи містять органічні барвники, які дозволяють зберігати прозорість плівки. Фарби – це суміші лаків з барвниками. Лаки з неорганічними пігментами називають емалями. Пігменти суттєво впливають на властивості покриття: надають непрозорість, підвищують механічну міцність, сприяють зниженню проникності; деякі з них підвищують протикорозійну стійкість, являючи собою пасивуючі інгібітори (сповільнювачі) корозії.

Ґрунти утворюють перший шар покриття та забезпечують надійне зчеплення його з поверхнею, що фарбується. Вони повинні мати хорошу адгезію до поверхні та до шарів, які наносять на ґрунт, захищати метал від корозії. На ґрунти наносять шар шпаклівок, які мають пастоподібну консистенцію та містять до 200 % накопичувача та пігментів. Їх застосовують для вирівнювання поверхні.

Газонаповнені пластмаси – полімерні матеріали, які є дисперсними системами типу тверде тіло – газ. Їх розділяють на пінопласти, що містять

переважно замкнені пори або комірки, та поропласти, або губчасті матеріали, які містять переважно сполучені пори.

Пінопласти застосовують в якості легкого конструкційного матеріалу у трьохшарових панелях для тепло-, звуко-, віброізоляції кабін, контейнерів, капсулювання приладів, в антенних обтічниках, плавучих та рятувальних пристроях, тощо.

Поропласти використовують як амортизаційний, вібродемпферуючий та звукопоглинальний матеріал.

Пластики з порожнистим наповнювачем – синтактичні піни – отримують рівномірним розподіленням в полімерній основі металічних, скляних, керамічних або полімерних мікросфер діаметром 20...70 мкм.

Для них характерні підвищена питома міцність, рівномірна густина, мала усадка, відсутність поглинання рідини. Виготовляють з них глибоководні поплавки, системи підводних рятувальних робіт, наповнювач у трьохшарових панелях, світловідбивальні та абляційні покриття (покриття для захисту камери згоряння і сопла рідинних ракетних двигунів від перегріву).