

фталоціаніни міді. Головна перевага таких панелей – доступність, гнучкість та екологічність. Вони мають дуже малий ККД в порівнянні з іншими методами (приблизно 5%)

Ефективність СП буде зростати та водночас час ціна виготовлення буде зменшуватися. Їх використання в космонавтиці та на землі є абсолютно доцільним, але використання СП на ПС не має такої самої ефективності.

На даний момент використання сонячних панелей є перспективним напрямком в авіації. В майбутньому є можливість застосування сонячних панелей в ПС як одне з джерел резервного електроживлення, але на даний момент сонячним панелям заважає їх ККД та вартість. Пропонується використовувати сонячні елементи для вирішення проблем енергозбереження в авіаційній техніці.

Одержано 30.04.2020



УДК 629.7

Андрій Сергійович Сіора,

викладач Кременчуцького льотного коледжу ХНУВС

ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ У СУЧАСНОМУ АВІАБУДУВАННІ

Проблема зниження ваги конструкції повітряного судна (ПС) при збереженні його достатньої міцності і жорсткості є центральною у всій авіабудівній галузі. Для поліпшення льотно-тактичних характеристик ПС використовуються дорогі програми, що передбачають зниження ваги конструкції літальних апаратів за рахунок застосування нових, більш перспективних матеріалів, до числа яких відносяться так звані композиційні матеріали.

Досвід розвитку світової авіації показав, що зниження маси планера за рахунок розробки та застосування легших металевих сплавів на основі алюмінію повністю вичерпало себе, і на зміну «традиційним» матеріалам прийшли принципово нові – композиційні (КМ).

Композиційний матеріал (композит) складається з високоміцного наповнювача, орієнтованого в певному напрямку, і матриці. Як армуючі наповнювачі (силова основа композиції) застосовуються волокна берилію, скла, графіту, сталі, карбиду кремнію, оксиду

алюмінію, карбїду бору, залїза і т.п. Матриці виготовляються із синтетичних смол (сполучних, поліефірних, кремнієво-органічних) або сплавів металів (алюмінію, титану).

Новизна КМ проявляється в усьому: у властивостях, способах виготовлення, методах ремонту, контролю за станом. При проектуванні КМ враховуються всі технологічні і фізико-механічні властивості сполучного, всі види взаємодії між складовими композиту, які можуть змінити властивості матеріалу.

У правильно створеній композиційній конструкції навантаження переходить на волокна. Зазначимо, що питома міцність (відношення межі міцності до щільності) таких волокон значно перевищує відповідну характеристику у традиційних КМ (металевих сплавів) і визначає потенційно високу вагову ефективність композиційних конструкцій по відношенню до металевих.

У конструкції авіаційної техніки з КМ можна виготовити фюзеляж, крила, хвостове оперення, деталі інтер'єру. Найчастіше для повітряних суден застосовується вуглепластик, а склопластик – для ненавантажених деталей і нового обтічника. Склопластик важчий, ніж вуглепластик, і менш міцний, але значно дешевший. Носовий обтічник повітряного судна виготовляють зі склопластику, так як ця деталь повинна пропускати радіохвилі, а вуглеволокно проводить струм і створює перешкоди.

Проте, не можна замінити КМ деталі двигуна, тому що полімери не витримують температури. Стійки шасі не виготовляють з композитів, оскільки на них велике ударне навантаження: металевими залишаються рухомі частини, наприклад, деякі елементи механізації крила. Гальмівні диски виготовляють з вуглецевих КМ.

Види КМ.

1. Конструкційні полімерні композити.

Всі КМ складаються з матриці і жорсткого армуючого наповнювача. Як правило, армуючий наповнювач в полімерних композитах – вуглецеві або скляні волокна, а матриця – полімерний матеріал (синтетична смола). Найчастіше використовують термореактивні смоли. При нагріванні вони утворюють тривимірну полімерну сітку, через що матриця стає жорсткою і хімічно стійкою. З цих матеріалів можна створювати легкі деталі, що по міцності переважають над металевими. Їх застосування актуально всюди, де важливі легкість і міцність, в першу чергу в авіації, де від ваги

повітряного судна безпосередньо залежить витрата палива, а як наслідок – дальність польоту.

2. Бороепоксидні КМ.

У світі найбільшого поширення набули матеріали (боропластики) з армуючим наповнювачем з волокон бору (бороволокон) та з епоксидними матрицями. Застосування боропластику дозволяє зменшити вагу конструкції на 20-40%, збільшити її жорсткість і підвищити експлуатаційну надійність виробу. КМ на основі боро-волокон мають високі показники по міцності, жорсткості і опорувтоми. Відношення питомої міцності алюмінієвого сплаву при розтягуванні складає 1.3-1.9, стисненні – 1.5, зсуві – 1.2, зминанні – в 2.2 рази. Крім того, боропластик зберігає свої властивості в діапазоні температури від -60 °С до +177°С.

Ці матеріали використовуються для посилення елементів силового набору накладками з боропластику, що забезпечує зниження ваги елементів конструкції і підвищення їх несучої здатності, а також виготовлення обшивок. Завдяки застосуванню боропластику значно спрощується технологія виробництва, і, крім того, можливе скорочення загальної кількості вузлів і деталей в деяких елементах конструкції повітряного судна.

3. КМ з вуглецевими волокнами.

Іноземні фахівці вважають, що в умовах високих температур, що виникають при надзвуковому польоті літака, найбільш ефективні КМ на основі матриць, армованих волокнами графіту (вуглецю). Використання цих матеріалів в конструкціях сучасних і перспективних надзвукових літаків вигідно з точки зору економії ваги конструкції, особливо для вузлів, вага яких визначається вимогами жорсткості, а не міцності. Найбільшого поширення в авіабудуванні отримали матеріали з вуглецевими волокнами на основі епоксидних матриць (вуглепластику) і матеріали на основі вуглецевих графітізованих матриць, армованих волокнами вуглецю («вуглець-вуглець»). На сьогодні застосування вуглепластику в авіабудуванні значно зросло. Різні елементи конструкцій з цього матеріалу проходять випробування на літаках F-5E, A-4D, F-111. Для літаків розробляються деталі колісних гальм з КМ «вуглець-вуглець», вага яких становить близько 30% ваги сталевих гальм. Літак F-15 є першим військовим літаком ВПС США, в якому

деталі гальмівної системи виготовлені з використанням КМ на основі вуглецевих волокон.

4. Бороалюмінієві КМ.

В якості армуючого наповнювача цього композиційного матеріалу використовуються волокна бору (іноді з покриттям з карбиду кремнію), а в якості матриці – алюмінієві сплави. Бороалюміній в 3,5 рази легше алюмінію і в 2 рази міцніше його, що дозволяє отримати значну вагову економію. Крім того, при високих температурах (до 430°C) бороалюмінієвий композиційний матеріал має в 2 рази більші значення питомої міцності і жорсткості в порівнянні з титаном, що дає можливість його застосування для літаків зі швидкостями польоту $M = 3$, в конструкціях яких в даний час використовується титан. Зарубіжні фахівці вважають бороалюміній також одним з перспективних композиційних матеріалів, застосування якого може дати до 50% економії ваги конструкції літальних апаратів.

Дослідження характеристик бороалюмінію і впровадження його в авіабудування показали, що з цього матеріалу виготовляють елементи конструкції хвостової частини літака F-111. В даний час бороалюмінієві КМ більше застосовуються в конструкціях авіаційних двигунів (виробництво лопаток вентилятора I і III ступенів ТРДД JT8-D, TF-30, F-100, лопаток вентилятора двигуна J-79), що дозволяє отримати близько 40% економії ваги цих елементів ПС. У літаку F-14 з КМ на основі бороволокна виготовляються 4 панелі обшивки стабілізатора. В конструкції літака F-15, виходячи з міркувань забезпечення необхідного центрування з метою економії ваги хвостової частини літака, обшивка горизонтальних керованих стабілізаторів і вертикального хвостового оперення виконано з боропластику.

Отже, найбільшого поширення в авіабудуванні розвинених країн отримали композиційні матеріали на основі високоміцних волокон. Композиційний матеріал – це єдине структурне ціле з властивостями, яких не мають складові його компоненти. Особливістю композиційних матеріалів є анізотропність їх властивостей (тобто залежність, фізичних, в тому числі механічних, властивостей матеріалів від напрямку), яка визначається орієнтацією армуючих волокон. Задану міцність матеріалу отримують, орієнтуючи волокна наповнювача в напрямку дії основних зусиль. Фахівці

провідних авіакомпаній вважають, що це відкриває нові можливості при конструюванні силових елементів літаків і вертольотів. На їх думку, з точки зору характеристик питомої міцності і питомої жорсткості найбільш перспективні композиційні матеріали, в яких в якості зміцнюючої арматури використовуються волокна бору, карбіду бору та вуглецю. До таких матеріалів відносяться бороепоксидні матеріали (боропластики, вуглепластики, бороалюміній). Вважається, що високі характеристики цих матеріалів можуть привести до поліпшення аеродинамічних характеристик (шляхом зменшення відносної товщини профілю і подовження крила), а в подальшому – до поліпшення льотних характеристик повітряних суден.

Список бібліографічних посилань

1. Звіт про результати виконання дослідної роботи «Визначення залишкової міцності стикових накладок 5.12.3410.2301.98, 5.12.3410.2410.98 кріплення кіля до підкільової надбудови літака типу МіГ-29». Київ : ДНДІА, 2009. 44 с.
2. Борисенко Ю. В. Матеріали сучасної техніки та захист від руйнування : навч. посіб. Київ : КНУТД, 2016. 111 с.
3. Новицкий В. В. Прочность и проектирование конструкций из композиционных материалов. М. : ВВИА им. Н. Е. Жуковского, 1984. 299 с.
4. Технология изготовления обтекателей из композиционных материалов : учеб. пособие / В. В. Василенко, Я. С. Карпов, С. П. Кривенда и др. Харьков : Нац. аэрокосм. ун-т «Харьковский авиационный институт», 2005. 48 с.

Одержано 30.04.2020

