

**МІНІСТЕРСТВО ВНУТРІШНІХ СПРАВ УКРАЇНИ  
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ВНУТРІШНІХ СПРАВ  
КРЕМЕНЧУЦЬКИЙ ЛЬОТНИЙ КОЛЕДЖ**

**Циклова комісія економіки, соціально-гуманітарних та  
фундаментальних дисциплін**

**ТЕКСТ ЛЕКЦІЇ**

навчальної дисципліни «Матеріали та деталі»  
обов'язкових компонент  
освітньо-професійної програми  
першого (бакалаврського) рівня вищої освіти

**272 Авіаційний транспорт  
Технології робіт та технологічне обладнання аеропортів**

**тема – Матеріали повітряного судна незалізомісткі**

**ЗАТВЕРДЖЕНО**

Науково-методичною радою  
Харківського національного  
університету внутрішніх справ  
Протокол від 22.02.2024 №2

**СХВАЛЕНО**

Методичною радою  
Кременчуцького льотного  
коледжу Харківського  
національного  
університету внутрішніх справ  
Протокол від 17.01.2024 №6

**ПОГОДЖЕНО**

Секцією науково-методичної ради  
ХНУВС з гуманітарних та соціально-  
економічних дисциплін  
Протокол від 22.02.2024 №2

Розглянуто на засіданні циклової комісії економіки, соціально-гуманітарних та фундаментальних дисциплін, протокол від 05.01.2024 № 14

**Розробник:**

*Викладач циклової комісії економіки, соціально-гуманітарних та фундаментальних дисциплін, спеціаліст вищої категорії, Сіора А.С.*

**Рецензенти:**

- 1. Начальник відділу організації наукової роботи та гендерних питань КЛК ХНУВС, к.т.н., спеціаліст вищої категорії, викладач-методист Владов С.І.*
- 2. Доцент кафедри автомобілів і тракторів Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського, к.т.н., доцент Черниш А.А.*

### План лекції:

1. Кольорові метали і сплави на їх основі.
  - 1.1. Титан і його сплави.
  - 1.2. Алюміній і його сплави.
  - 1.3. Магній та його сплави.
  - 1.4. Мідь та її сплави.
2. Композитні та неметалеві матеріали.
3. Дерев'яні конструкції.
4. Покриття з матерії.

### Рекомендована література:

#### Основна

1. Більченко О.В., Дудка О.І., Лобода П.І. Матеріалознавство. Навчальний посібник, Київ, К.Кондор, 2009 – 152 с.
2. Хільчевський В.В., Кондратюк С.Є, Степаненко В.О., Лопатько К.Г. Матеріалознавство і технологія конструкційних матеріалів, Навчальний посібник, Київ, «Либідь», 2002 – 327 с.
3. Животовська К.О, Мамлюк О.В. Авіаційні матеріали та їх обробка. Навчальний посібник, Київ, "Вища освіта", 2003 – 303 с.
4. Гарнець В.М. Матеріалознавство Підручник. Київ, К.Кондор, 2009
5. Попович В. Технологія конструкційних матеріалів і матеріалознавство Навчальний посібник, Львів, 2002. – 264 с.
6. Коновалюк Д.М., Ковальчук Р.М., Байдула В.О., Товстушко М.М. Деталі машин. Практикум. Навч. посіб. К.: Кондор, 2009. – 278 с.
7. Павлище В.Т. Основи конструювання та розрахунок деталей машин: Підручник. — Львів: Афіша, 2003. — 557 с.
8. Коновалюк Д. М. Деталі машин: підручник / Д. М. Коновалюк, Р. М. Ковальчук. - К.: Кондор, 2004. - 584 с

#### Додаткова

9. Малащенко В.О., Янків В.В. Деталі машин. Курсове проектування: Навч. посіб. – 3-тє вид., стереотипне. –Львів: “Новий Світ – 2000”, 2007. 252с.
10. Малащенко В.О., Павлине В.Т. Деталі машин. Збірник завдань та прикладів розрахунків. Львів: Видавництво Новий Світ – 2000, 2009. – 136 с.
11. Мархель І.І. Деталі машин. Навчальний посібник. — Видавництво Алерта, 2016. — 368 с.
12. Дмитро Коновалюк, Рю Ковальчук, В. Байбула, М. Товстушко. Деталі машин. Практикум. – Видавництво Кондор, 2009 – 278с.
13. Анурьев В.І. Довідник конструктора-машинобудівника. - В 3 т. - М.: Машинобудування, 2001. – 859 с.

14. Міняйло А.В., Тіщенко Л.М., Мазоренко Д.І. та ін. Деталі машин: Підручник. – К.: Агроосвіта, 2013. – 448 с.
15. Гайдамака А. В. Деталі машин. Основи теорії та розрахунків: навчальний посібник для студентів машинобудівних спеціальностей усіх форм навчання / А. В. Гайдамака. – Харків: НТУ «ХП», 2020. – 275 с.
16. Малащенко В.О. Муфти приводів. Конструкції та приклади розрахунків. Навч. посіб. — Львів: НУ «Львівська політехніка», 2006. — 196 с., 2009. — 208 с.
17. Павлице В.Т., Данило Я.Я. Різьби, різьбові з'єднання та кріпильні деталі: Довідник. — Львів: Інтелект-Захід, 2001. — 239 с.

## Текст лекції

### 1. Кольорові метали і сплави на їх основі.

Кольорові метали є більш дорогими і дефіцитними в порівнянні з чорними металами, проте область їх застосування в техніці безперервно розширюється. Це сплави на основі титану, алюмінію, магнію, міді.

Перехід промисловості на сплави з легких металів значно розширює сировинну базу. Титан, алюміній, магній можна отримувати з бідних і складних за складом руд, відходів виробництва.

#### 1.1 Титан і його сплави

Титан сріблясто-білий легкий метал з щільністю 4,5 г/см<sup>3</sup>. Температура плавлення титану залежить від ступеня чистоти і знаходиться в межах 1660 ... 1680 °С.

Чистий іонічний титан, в якому сума домішок становлять 0,05 ... 0,1%, має модуль пружності 112 000 МПа, межа міцності близько 300 МПа, відносне подовження 65%. Наявність домішок сильно впливає на властивості. Для технічного титану ВТ1, з сумарним вмістом домішок 0,8%, межа міцності становить 650 МПа, а відносне подовження - 20%.

При температурі 882оС титан зазнає поліморфну перетворення, -титан з гексагональної ґратами переходить в - титан з об'ємно-центрованої кубічної ґратами. Наявність поліморфізму у титану створює передумови для поліпшення властивостей титанових сплавів за допомогою термічної обробки.

Титан має низьку теплопровідність. При нормальній температурі має високу корозійну стійкість в атмосфері, у воді, в органічних і неорганічних кислотах (не стійкий в плавикової, міцних сірчаної та азотної кислотах), завдяки тому, що на повітрі швидко покривається захисною плівкою щільних оксидів. При нагріванні вище 500оС стає дуже активним елементом. Він або розчиняє майже всі дотичні і ним речовини, або утворює з ними хімічні сполуки.

Титанові сплави мають ряд переваг в порівнянні з іншими:

- поєднання високої міцності (МПа) з хорошою пластичністю ;

- мала щільність, що забезпечує високу питому міцність;
- хороша жароміцність, до 600 ... 700 °С;
- висока корозійна стійкість в агресивних середовищах.

Однорідні титанові сплави, які не піддаються старінню, використовують в криогенних установках до гелієвих температур.

В результаті легування титанових сплавів можна отримати потрібний комплекс властивостей. Легуючі елементи, що входять до складу промислових титанових сплавів, утворюють з титаном тверді розчини заміщення і змінюють температуру аллотропічного перетворення.

Елементи, що підвищують температуру перетворення, сприяють стабілізації - твердого розчину і називаються-стабілізаторами, це - алюміній, кисень, азот, вуглець.

Елементи, що знижують температуру перетворення, сприяють стабілізації - твердого розчину і називаються - стабілізаторами, це - молібден, ванадій, хром, залізо.

Крім - і-стабілізаторів розрізняють нейтральні зміцнювачі: олово, цирконій, гафній.

Відповідно з впливом легуючих елементів титанові сплави при нормальній температурі можуть мати структуру або.

Сплави на основі титану можна піддавати всім видам термічної обробки, хіміко-термічної та термомеханічної обробки. Зміцнення титанових сплавів досягається легуванням, наклепом, термічною обробкою.

Часто титанові сплави легують алюмінієм, він збільшує міцність і жароміцність, зменшує шкідливий вплив водню, збільшує термічну стабільність. Для підвищення зносостійкості титанових сплавів їх піддають цементації або азотуванню.

Основним недоліком титанових сплавів є погана оброблюваність ріжучим інструментом.

За способом виробництва деталей різняться деформуючі (ВТ 9, ВТ 18) і ливарні (ВТ 21Л, ВТ 31Л) сплави.

Області застосування титанових сплавів:

- авіація і ракетобудування (корпуси двигунів, балони для газів, сопла, диски, деталі кріплення);
- хімічна промисловість (компресори, клапани, вентилі для агресивних рідин);
- обладнання для обробки ядерного палива;
- морське і річкове суднобудування (гребні гвинти, обшивка морських суден, підводних човнів);
- криогенна техніка (висока ударна в'язкість зберігається до -253 °С).

## 1.2. Алюміній і його сплави

Алюміній - легкий метал з щільністю 2,7 г/см<sup>3</sup> і температурою плавлення 660 °С. Має гранецентровану кубічну решітку. Має високу тепло-і

електропровідністю. Хімічно активний, але утворюється щільна плівка оксиду алюмінію  $Al_2O_3$ , оберігає його від корозії.

Механічні властивості: межа міцності 150 МПа, відносне подовження 50%, модуль пружності 7000 МПа.

Алюміній високої чистоти маркується А99 (99,999% Al), А8, А7, А6, А5, А0 (вміст алюмінію від 99,85% до 99%).

Технічний алюміній добре зварюється, має високу пластичність. З нього виготовляють будівельні конструкції, малонавантажених деталі машин, використовують як електротехнічного матеріалу для кабелів, проводів.

### **Алюмінієві сплави.**

Принцип маркування алюмінієвих сплавів. На початку вказується тип сплаву: Д - сплави типу дюралюмінію; А - технічний алюміній; АК - ковкі алюмінієві сплави; В - високоміцні сплави, АЛ - ливарні сплави.

Далі вказується умовний номер сплаву. За умовним номером слід позначення, що характеризує стан сплаву: М - м'який (відпалений), Т - термічно оброблений (гарт плюс старіння), Н - нагартованої, П – полунагартованої

За технологічними властивостями сплави поділяються на три групи:

- деформуються сплави, не зміцнює термічною обробкою;
- деформуються сплави, зміцнює термічною обробкою;
- ливарні сплави.

Методами порошкової металургії виготовляють спечені алюмінієві сплави (САС) спечені алюмінієві порошкові сплави (САП).

Міцність алюмінію можна підвищити легуванням. В сплави, не зміцнює термічною обробкою, вводять марганець або магній. Атоми цих елементів істотно підвищують його міцність, знижуючи пластичність. Позначаються сплави: з марганцем - АМц, з магнієм - АМг; після позначення елемента вказується його вміст (АМгЗ).

Магній діє тільки як зміцнювач, марганець зміцнює і підвищує корозійну стійкість цинк знижує корозійну стійкість сплаву.

Міцність сплавів підвищується тільки в результаті деформації в холодному стані. Чим більше ступінь деформації, тим значніше зростає міцність і знижується пластичність. Залежно від ступеня розрізняють сплави загартовані і полунагартування (АМгЗП).

Ці сплави застосовують для виготовлення різних зварних ємностей для пального, азотної та інших кислот, мало-і середненавантажених конструкцій.

### **Зміцнення термічною обробкою.**

До таких сплавів відносяться дюралюмінію (складні сплави систем алюміній - мідь, магній або алюміній - мідь - магній - цинк). Вони мають знижену корозійну стійкість, для підвищення якої вводиться марганець.

Дюралюміній зазвичай піддаються гартуванню з температури 500°C-510°C і природного старіння, якому передують двох-, тригодинний інкубаційний період. Максимальна міцність досягається через 4 ... 5 діб. Перегрівання алюмінію приводить до росту зерен твердого розчину та окисленням по межах зерен, що веде до руйнуванню сплаву на велику глибину.

Процес штучного «старіння» дюралюмінію проводять при температурі 100-200°C. Відпал дюралюмінію проводять з метою зняття напружень, що виникли в результаті холодної механічної обробки – наклепування, а також для розміцнення після загартування і старіння. Відпал полягає в нагріванні до температури 350-370°C та охолодженні у воді або на повітрі. Після відпалу алюміній має максимальну пластичність.

Широке застосування дюралюмінію знаходять в авіабудуванні, автомобілебудуванні, будівництві.

Високоміцними старіючими сплавами є сплави, які крім міді і магнію містять цинк. Сплави В95, В96 мають межу міцності близько 650 МПа. Основний споживач - авіабудування (обшивка, стрингери, лонжерони).

Кувальні алюмінієві сплави АК:, АК8 застосовуються для виготовлення поковок. Поковки виготовляються при температурі 380 ... 450 °C, піддаються гартуванню від температури 500 ... 560 °C і старіння при 150 ... 165 °C протягом 6 ... 15 годин.

До складу алюмінієвих сплавів додатково вводять нікель, залізо, титан, які підвищують температуру рекристалізації і жароміцність до 300°C.

Виготовляють поршні, лопатки і диски осьових компресорів, турбореактивних двигунів.

#### **Ливарні алюмінієві сплави.**

До ливарних сплавів відносяться сплави системи алюміній - кремній (силуміну), що містять 10 ... 13% кремнію.

Присадка до силуміну магнію, міді сприяє ефекту зміцнення ливарних сплавів при старінні. Титан і цирконій подрібнюють зерно. Марганець підвищує антикорозійні властивості. Нікель і залізо підвищують жароміцність.

Ливарні сплави маркуються від АЛ2 до АЛ20. Силуміни широко застосовують для виготовлення литих деталей приладів та інших середньо-і малонавантажених деталей, в тому числі тонкостінних виливків складної форми.

### **1.3. Магній та його сплави**

Магній - дуже легкий метал, його щільність - 1,74 г/см<sup>3</sup>. Температура плавлення - 650°C. Магній має гексагональну щільноупаковану кристалічну решітку. Дуже активний хімічно, аж до самозаймання на повітрі. Механічні властивості технічно чистого магнію (Мг1): межа міцності - 190 МПа, відносне подовження - 18%, модуль пружності - 4500 МПа.

Основними магнієвими сплавами є сплави магнію з алюмінієм, цинком, марганцем, цирконієм. Сплави діляться на деформуються і ливарні.

Сплави зміцнюються після гарту і штучного старіння. Загартування проводять від температури 380 ... 420 °C старіння при температурі 260 ... 300°C протягом 10 ... 24 годин. Особливістю є тривала витримка під загартування - 4 ... 24 години.

Магній погано деформується при нормальній температурі. Пластичність сплавів значно збільшується при гарячій обробці тиском (360 ... 520°C). Деформуються сплави маркують МА1, МА8, МА9, ВМ 5-1.

З деформованих магнієвих сплавів виготовляють деталі автомашин, літаків, прядильних і ткацьких верстатів. У більшості випадків ці сплави мають задовільну зварюваність.

#### **Ливарні магнієві сплави.**

Ливарні сплави маркуються МЛЗ, МЛ5, ВМЛ-1. Останній сплав є жароміцним, може працювати при температурах до 300°C.

Відлиття виготовляють литтям в землю, в кокіль, під тиском. Необхідні заходи, що запобігають загоряння сплаву при плавці, в процесі лиття.

З ливарних сплавів виготовляють деталі двигунів, приладів, телевізорів, швейних машин.

Магнієві сплави, завдяки високій питомій міцності широко використовуються в літако-та ракетобудуванні.

### **1.4. Мідь та її сплави**

Мідь має гранецентровану кубічну решітку. Щільність міді 8,94 г/см<sup>3</sup>, температура плавлення 1083°C.

Характерним властивістю міді є її висока електропровідність, тому вона знаходить широке застосування в електротехніці. Технічно чиста мідь маркується: М00 (99,99% Cu), М0 (99,95% Cu), М2, М3 і М4 (99% Cu).

Механічні властивості міді відносно низькі: межа міцності становить 150 ... 200 МПа, відносне подовження - 15 ... 25%. Тому як конструкційний матеріал мідь застосовується рідко. Підвищення механічних властивостей досягається створенням різних сплавів на основі міді.

Розрізняють дві групи мідних сплавів: латуні - сплави міді з цинком, бронзи - сплави міді з іншими (крім цинку) елементами.

#### **Латуні.**

Латуні можуть мати у своєму складі до 45% цинку. Підвищення вмісту цинку до 45% призводить до збільшення межі міцності до 450 МПа. Максимальна пластичність має місце при вмісті цинку близько 37%.

При сплавці міді з цинком утворюється ряд твердих розчинів.

Латуні мають хорошу корозійну стійкість, яку можна підвищити додатково присадкою олова. Латунь ЛО70-1 стійка проти корозії в морській воді і називається "морський латунню".

Добавка нікелю і заліза підвищує механічну міцність до 550 МПа.

Ливарні латуні також маркуються буквою Л, Після літерного позначення основного легуючого елемента (цинк) і кожного наступного ставиться цифра, що вказує його усереднене вміст у сплаві. Наприклад, латунь ЛЦ23А6ЖЗМц2 містить 23% цинку, 6% алюмінію, 3% заліза, марганцю 2% .. Найкращою



жидкотекучестю володіє латунь марки ЛЦ16К4. До ливарним латуням відносяться латуні типу ЛЗ, ЛК, ЛА, лаж, ЛАЖМц. Ливарні латуні не схильні до ліквіації, мають зосереджену усадку, виливки виходять з високою щільністю.

Латуні є хорошим матеріалом для конструкцій, що працюють при негативних температурах.

### Бронзи

Сплави міді з іншими елементами крім цинку називається бронзами. Бронзи поділяються на деформуючі і ливарні.

При маркуванні деформівних бронз на першому місці ставляться літери Бр, потім літери, що вказують, які елементи, крім міді, входять до складу сплаву. Після букв йдуть цифри, показують зміст компонентів у сплаві. Наприклад, марка БрОФ10-1 означає, що в бронзу входить 10% олова, 1% фосфору, решта - мідь.

Маркування ливарних бронз також починається з букв Бр, потім вказуються літерні позначення легуючих елементів і ставиться цифра, що вказує його усереднене вміст у сплаві. Наприклад, бронза БрОЗЦ12С5 містить 3% олова, 12% цинку, 5% свинцю, решта - мідь.

Олов'яні бронзи При сплавці міді з оловом утворюються тверді розчини. Ці сплави дуже схильні до ліквіації через велику температурного інтервалу кристалізації. Завдяки ліквіації сплави із вмістом олова вище 5% мають в структурі евтектоїдних складову Е (), що складається з м'якої і твердої фаз. Така будова є сприятливим для деталей типу підшипників ковзання: м'яка фаза забезпечує хорошу приробку, тверді частинки створюють зносостійкість. Тому олов'яні бронзи є хорошими антифрикційними матеріалами.

Олов'яні бронзи мають низьку об'ємну усадку (близько 0,8%), тому використовуються в художньому лиття.

Наявність фосфору забезпечує хорошу жидкотекучість.

Олов'яні бронзи поділяються на деформуючі і ливарні.

В деформівних бронзах зміст олова не повинно перевищувати 6%, для забезпечення необхідної пластичності, БрОФ6,5-0,15.

В залежності від складу деформуються бронзи відрізняються високими механічними, антикорозійними, антифрикційними і пружними властивостями, і використовуються в різних галузях промисловості. З цих сплавів виготовляють прутки, труби, стрічку, дріт.

Ливарні олов'яні бронзи, БрОЗЦ7С5Н1, БрО4Ц4С17, застосовуються для виготовлення пароводяної арматури та для виливків антифрикційних деталей типу втулок, вінців черв'ячних коліс, вкладишів підшипників. Алюмінієві бронзи, БрАЖ9-4, БрАЖ9-4Л, БрАЖН10-4-4.

Бронзи з вмістом алюмінію до 9,4% мають однофазне будова - твердого розчину. При вмісті алюмінію 9,4 ... 15,6% сплави системи мідь - алюміній двофазні і складаються з  $\alpha$  - і  $\beta$  - фаз.

Оптимальними властивостями володіють алюмінієві бронзи, що містять 5 ... 8% алюмінію. Збільшення вмісту алюмінію до 10 ... 11% внаслідок появи -

фази веде до різкого підвищення міцності і сильного зниження пластичності. Додаткове підвищення міцності для сплавів з вмістом алюмінію 8 ... 9,5% можна досягти загартуванням.

Позитивні особливості алюмінієвих бронз в порівнянні з олов'яними:

- менша схильність до внутрікристалічних ліквідацій;
  - велика щільність виливків;
  - більш висока міцність і жароміцність;
  - менша схильність до хладколамкості.

Основні недоліки алюмінієвих бронз:

- значна усадка;
- схильність до утворення стовпчастих кристалів при кристалізації і росту зерна при нагріванні, що збільшує крихкість сплаву;
- сильне газопоглинання рідкого розплаву;
- самоотпуск при повільному охолодженні;
- недостатня корозійна стійкість в перегрітому парі.

Для усунення цих недоліків сплави додатково легують марганцем, залізом, нікелем, свинцем.

З алюмінієвих бронз виготовляють відносно дрібні, але високо відповідальних деталі типу шестерень, втулок, фланців литтям та обробкою тиском. З бронзи БрА5 штампуванням виготовляють медалі і дрібну розмінну монету.

Крем'янисті бронзи, БрКМц3-1, БрК4, застосовують як замітники олов'яних бронз. Вони немагнітні і морозостійкі, перевершують олов'яні бронзи за корозійної стійкості та механічними властивостями, мають високі пружні властивості. Сплави добре зварюються і піддаються пайку. Завдяки високій стійкості до лужних середовищ і сухим газам, їх використовують для виробництва стічних труб, газо-і димопроводів.

Свинцеві бронзи, БрС30, використовують як високоякісний антифрикційний матеріал. У порівнянні з олов'яними бронзами мають більш низькі механічні та технологічні властивості.

Берилієві бронзи, БрБ2, є високоякісним пружинним матеріалом. Розчинність берилію в міді з пониженням температури значно зменшується. Це явище використовують для отримання високих пружних і міцнісних властивостей виробів методом дисперсійного твердіння. Готові вироби з берилієвих бронз піддають загартуванню від 800 °С, завдяки чому фіксується при кімнатній температурі пересичені твердий розчин берилію в міді. Потім проводять штучне старіння при температурі 300 ... 350 °С. При цьому відбувається виділення дисперсних частинок, зростають міцність і пружність. Після старіння межа міцності сягає 1100 ... 1200 МПа.

## 2. Композитні та неметалеві матеріали.

**Композиційні матеріали** - штучно створені матеріали, які складаються з двох або більше компонентів, що розрізняються по складу і розділених вираженою кордоном, і які мають нові властивості, запроектовані заздалегідь.

Компоненти композиційного матеріалу різні за геометричною ознакою.

Компонент, безперервний у всьому обсязі композиційного матеріалу, називається матрицею.

Компонент переривчастий, розділений в обсязі композиційного матеріалу, називається арматурою.

Матриця надає необхідну форму виробу, впливає на створення властивостей композиційного матеріалу, захищає арматуру від механічних пошкоджень та інших впливів середовища.

В якості матриць в композиційних матеріалах можуть бути використані метали і їх сплави, полімери органічні і неорганічні, керамічні, вуглецеві та інші матеріали. Властивості матриці визначають технологічні параметри процесу одержання композиції і її експлуатаційні властивості: щільність, питому міцність, робочу температуру, опір руйнуванню і впливу агресивних середовищ.

Армуючі або зміцнюючі компоненти рівномірно розподілені в матриці. Вони, як правило, володіють високою міцністю, твердістю і модулем пружності і за цими показниками значно перевершують матрицю. Замість терміну армуючий компонент можна використовувати термін наповнювач.

Композиційні матеріали класифікують за геометрії наповнювача, розташуванню його в матриці, природи компонентів.

За геометрії наповнювача композиційні матеріали поділяються на три групи:

- з нуль-мірними наповнювачами, розміри яких у трьох вимірах мають один і той же порядок;
- з одновимірними наповнювачами, один з розмірів яких значно перевищує два інших;
- з двовимірними наповнювачами, два розміри яких значно перевищують третій.
- За схемою розташування наповнювачів виділяють три групи композиційних матеріалів з одноосьовим (лінійним) розташуванням наповнювача у вигляді волокон, ниток, ниткоподібних кристалів в матриці паралельно один одному;
- з двохосьовим (площинним) розташуванням армуючого наповнювача, матів з ниткоподібних кристалів, фольги в матриці в паралельних площинах;
- з трохосним (об'ємним) розташуванням армуючого наповнювача і відсутністю переважного напрямку в його розташуванні.

За природою компонентів композиційні матеріали поділяються на чотири групи:

- композиційні матеріали, що містять компонент з металів або сплавів;
- композиційні матеріали, що містять компонент з неорганічних сполук оксидів, карбідів, нітридів та ін.

- композиційні матеріали, що містять компонент з неметалічних елементів, вуглецю, бору та ін.
- композиційні матеріали, що містять компонент з органічних сполук епоксидних, поліефірних, фенольних та ін.

Властивості композиційних матеріалів залежать не тільки від фізико-хімічних властивостей компонентів, але і від міцності зв'язку між ними. Максимальна міцність досягається, якщо між матрицею і арматурою відбувається утворення твердих розчинів або хімічних сполук.

У композиційних матеріалах з нуль-мірним наповнювачем найбільшого поширення набула металева матриця. Композиції на металевій основі зміцнюються рівномірно розподіленими дисперсними частками різної дисперсності. Такі матеріали відрізняються ізотропною властивостей.

У таких матеріалах матриця сприймає все навантаження, а дисперсні частинки наповнювача перешкоджають розвитку пластичної деформації. Ефективне зміцнення досягається при вмісті 5 ... 10% часток наповнювача.

Армуючими наповнювачами служать частки тугоплавких оксидів, нітридів, боридів, карбідів.

Дисперсійно зміцнені композиційні матеріали отримують методами порошкової металургії або вводять частинки армуючого порошку в рідкий розплав металу або сплаву.

Промислове застосування знайшли композиційні матеріали на основі алюмінію, зміцнені частками оксиду алюмінію ( $Al_2O_3$ ). Їх отримують пресуванням алюмінієвої пудри з подальшим спіканням (САП). Переваги САП проявляються при температурах вище 300°C, коли алюмінієві сплави розміцнюються. Дисперсійно зміцнені сплави зберігають ефект зміцнення до температури 0,8 Тпл.

Сплави САП задовільно деформуються, легко обробляються різанням, зварюються аргонодугового і контактним зварюванням. З САП випускають напівфабрикати у вигляді листів, профілів, труб, фольги. З них виготовляють лопатки компресорів, вентиляторів і турбін, поршневі штоки.

У композиційних матеріалах з одновимірними наповнювачами упрочнителями є одномірні елементи у формі ниткоподібних кристалів, волокон, дроту, які скріплюються матрицею в єдиний моноліт. Важливо, щоб міцні волокна були рівномірно розподілені в пластичній матриці. Для армування композиційних матеріалів використовують безперервні дискретні волокна з розмірами в поперечному перерізі від часток до сотень мікрометрів.

Матеріали, армовані нитковидними монокристалами, були створені на початку сімдесятих років для авіаційних і космічних конструкцій. Основним способом вирощування ниткоподібних кристалів є вирощування їх з перенасиченого пара (ПК-процес). Для виробництва особливо високоміцних ниткоподібних кристалів оксидів і інших з'єднань здійснюється зростання по П-Ж-К - механізмом: спрямований зростання кристалів відбувається з пароподібного стану через проміжну рідку фазу.

Здійснюється створення ниткоподібних кристалів витягуванням рідини через фільтри. Міцність кристалів залежить від перерізу і гладкості поверхні.

Композиційні матеріали цього типу перспективні як високожароміцні матеріали. Для збільшення к.к.д. теплових машин лопатки газових турбін виготовляють з нікелевих сплавів, армованих нитками сапфіра ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), це дозволяє значно підвищити температуру на вході в турбіну (межа міцності сапфірових кристалів при температурі вище  $700\text{--}1680^\circ\text{C}$  МПа).

Армування сопел ракет з порошків вольфраму і молібдену виробляють кристалами сапфіра як у вигляді повсті, так і окремих волокон, в результаті цього вдалося подвоїти міцність матеріалу при температурі  $1650^\circ\text{C}$ . Армування просочувального полімеру склотекстолітів ниткоподібними волокнами збільшує їх міцність. Армування литого металу знижує його крихкість в конструкціях. Перспективно зміцнення скла неорієнтованим ниткоподібними кристалами.

Для армування композиційних матеріалів застосовують металеву дрот з різних металів: стали різного складу, вольфраму, ніобію, титану, магнію - в залежності від умов роботи. Сталева дрот переробляється в ткани сітки, які використовуються для одержання композиційних матеріалів з орієнтацією арматури в двох напрямках.

Для армування легких металів застосовуються волокна бору, карбиду кремнію. Особливо цінними властивостями володіють вуглецеві волокна, їх застосовують для армування металевих, керамічних та полімерних композиційних матеріалів.

Евтектичні композиційні матеріали - сплави евтектичного або близького до евтектичного складу, в яких зміцнюючою фазою виступають орієнтовані кристали, які утворюються в процесі спрямованої кристалізації. На відміну від звичайних композиційних матеріалів, евтектичні отримують за одну операцію. Спрямована орієнтована структура може бути отримана на вже готових виробах. Форма утворюються кристалів може бути у вигляді волокон або пластин. Способами спрямованої кристалізації отримують композиційні матеріали на основі алюмінію, магнію, міді, кобальту, титану, ніобію та інших елементів, тому вони використовуються в широкому інтервалі температур.

Полімерні композиційні матеріали. Особливістю є те, що матрицю утворюють різні полімери, необхідні для сполучення арматури, яка може бути у вигляді волокон, тканини, плівок, склотекстоліти.

Формування полімерних композиційних матеріалів здійснюється пресуванням, литтям під тиском, екструзією, напиленням.

Широке застосування знаходять змішані полімерні композиційні матеріали, куди входять металеві і полімерні складові, які доповнюють один одного за властивостями. Наприклад, підшипники, що працюють в умовах сухого тертя, виготовляють з комбінації фторопласта і бронзи, що забезпечує самосмазку і відсутність повзучості.

Лінійні полімери мають зворотні властивості, міцність пластмас знижується при тривалій дії навантаження, густина пластмас не перевищує 2,5

г/см<sup>3</sup>. Кращу стійкість проти дії агресивних середовищ має фторопласт, найбільш твердим, міцним і в'язким із термопластів є поліамід.

Створені матеріали на основі поліетилену, полістиролу з наповнювачами у вигляді азбесту та інших волокон, що володіють високими міцністю і жорсткістю.

### 3. Дерев'яні конструкції

Деревина в авіації використовується як допоміжний матеріал. Мала щільність (приблизно 0,5 г/см<sup>3</sup> для сосни) і високі значення коефіцієнтів питомої міцності при вигині і розтягуванні дозволяють у деяких випадках використовувати дерево в конструкції літаків. Гарна оброблюваність дерева також є позитивним фактором. Однак дерев'яні конструкції володіють рядом значних недоліків. Так, наприклад, зі збільшенням вологості механічні властивості деревини погіршуються. Дерев'яним конструкціям властиві гниття і захворювання «грибком».

У літакових конструкціях застосовують такі породи деревини: Сосну, для виготовлення полиць нервюр, шпангоутів, стрингерів і поясів лонжеронів;

Фанеру-Сосну, для виготовлення стінок нервюр і лонжеронів, тобто для елементів конструкції, що працюють в основному на зсув;

Шпон - для виготовлення обшивки шляхом виклейки кількох його верств на болванках;

Дельта - деревину (склеєний під тиском шпон високої твердості міцності) - для виготовлення поясів деревини.

Для оберігання від загнивання внутрішні дерев'яні деталі літака лакуються лаком № 17а з додаванням антисептика. При пошкодженні лакової плівки оголену поверхню деревини просочують 5% розчином формаліну в спирті, після чого просушують і двічі покривають лаком.

Дерев'яні частини літака найбільш часто вражаються грибками, що викликають синяву. При виявленні синяви потрібно негайно прийняти заходи до її видаленню. Якщо пляма синяви не перевищує в довжину 100 мм і не проникає в глибину більше ніж на 0,5 мм, допускається протруювання ураженого місця антисептиком. У випадку більш сильного ураження деталей підлягає заміні.

В якості антисептика застосовується 0,5% розчин динитрофенола в ацетоні або бензолі. Цей розчин вбиває грибки і не впливає на механічну міцність деревини.

### 4. Покриття з матерії

Для обтягування і обклеювання літаків застосовуються як лляні тканини (полотно), так і бавовняні.

У порівнянні з фанерними й металевими обшивками крил і оперення полотняна обшивка є найбільш легкою. Разом з тим застосування полотна для

обтягування несучих поверхонь представляє великі переваги щодо простоти виробничого процесу і легкості ремонту в експлуатації. Полотняна обшивка не має достатню міцність, вологонепроникністю і стійкістю проти атмосферних впливів, тому її просочують і покривають аеролаками (емалітами)

Для авіаційних тканин застосовується найбільш простий вид переплетення основних і уткових ниток, так зване полотняне переплетення  
Методи перевірки матерії

### **Методи перевірки матерії. Типи дефектів у матерії**

Якість авіатканей характеризується наступними фізико-механічними властивостями:

- а) міцністю на розрив по основі і за качку;
- б) подовженням при розриві;
- в) щільністю переплетення ниток;
- г) вагою одиниці площі тканини (1 м<sup>2</sup>)

### **Відновлення покриттів з матерії**

В процесі експлуатації літака необхідно ретельно оберегати аеролаковане покриття полотняній обшивки від попадання на нього бензину, мастила та інших речовин, що діють руйнівним чином на лакову плівку. Якщо брудні і масляні плями не піддаються видаленню ганчірками, змоченими в чистій теплій воді, то допускається застосування мильної води з подальшою протиранням насухо м'якою ганчіркою

Якщо аеролаковане покриття має пошкодження, необхідно видалити в цьому стару лакову плівку за допомогою розчинника. Як розчинник застосовується аеролак першого покриття, розбавлений на 25% ацетоном. Лакування можна робити тільки при температурі повітря не нижче 15 ° С і вологості не вище 85%. Якщо ці умови не дотримані то на лакованих площинах утворюється білий наліт у вигляді плям і смуг