Лекція 2. Конструктивно-технологічні особливості літака, вертольоту як об'єкту виробництва. Сучасний стан та тенденції розвитку технології обробки різанням. Класифікація механооброблюючих деталей літака та вертольоту.

2.1 Напівфабрикати й заготовки монолітних деталей ЛА

Деталі сучасних ЛА виготовляють з різних матеріалів і сплавів. Наприклад, для виготовлення деталей планера регіонального літака Ан-148 використовують сплави більш ніж 50 марок, причому 70 % деталей виготовляють з алюмінієвих сплавів, 5 % – з високоміцних легованих сталей, 9 % – з титанових сплавів, 16 % – з ПКМ за даними УкрНІАТ, 2004 р.

Основними видами початкових заготовок деталей планера сучасних важких транспортних і широкофюзеляжних літаків є такі: пресований профіль – 52,3 %, плита – 7,5 %, штамповка – 31,4 %, литво – 2,1 %, труба – 3,0 %, пруток – 2,6 %, лист – 1,1 % [3, 11, 21].

Гарячештамповані заготовки мають найвищі механічні властивості, тому їх широко використовують для виготовлення високонавантажених деталей. Для цього виду заготовок коефіцієнт використання матеріалу – відношення маси деталі до маси заготовки: $K_{в.м} = m_д / m_з = 0{,}7\ldots0{,}8$.

Відливки застосовують у випадках, коли деталі з литих заготовок відповідають розрахунковим навантаженням та умовам експлуатації, до того ж витрати на виготовлення ливарного оснащення мають бути економічно виправданими. Для литих заготовок $K_{в.м} = 0{,}8\ldots0{,}9$.

Найбільш ефективно використовується матеріал тих заготовок, що надходять на підприємства галузі у вигляді труб ($K_{в.м} = 0{,}8\ldots0{,}9$) і пресованих профілів ($K_{в.м} = 0{,}7\ldots0{,}8$). Листові напівфабрикати використовуються менш раціонально – близько 40 % матеріалу йде у відходи. Вихід матеріалу в стружку є найбільшим під час виготовлення монолітних панелей з плит, силових деталей ЛА з поковок.

Алюмінієві сплави – найпоширеніші авіаційні матеріали. Їх поділяють на термозміцнювані й нетермооброблювані. Більшість деталей конструкції планера ЛА з алюмінієвих сплавів обробляють термічно. До групи термозміцнюваних сплавів відносять деформівні сплави, до нетермооброблюваних – ливарні й зварювані сплави, а також такі, що штампуються.

Згідно з інформацією НДЦ «Авіаційні матеріали» (м. Київ) в аерокосмічній промисловості використовується до 40 % від загального обсягу високолегованих алюмінієвих сплавів та їх напівфабрикатів, що застосовуються в машинобудівному комплексі України.

Річна потреба галузі у напівфабрикатах становить 16...19 тис. т:

пресовані профілі – 42 %, поковки й штамповки – 40 %, плити – 9 %, листи – 6 %, прутки й труби – 3 %. Основну масу напівфабрикатів виготовлять із алюмінієвих високоміцних сплавів Д16, В95, 1161, 1143, 2618, 1163, 1424, 1460, 1933. Границя міцності конструкційних алюмінієвих сплавів на сьогодні зросла з 420 до 600 МПа, шукають можливості подальшого її збільшення до 700...750 МПа [11, 21].

З алюмінієвих сплавів *методом плоскої прокатки* виготовляють такі напівфабрикати:

– плити завтовшки 12...80 мм, завширшки 1000...2000 мм, завдовжки 6000...30000 мм, масою до 10 т; поставляються у гарячекатаному, загартованому й підданому старінню (природно або штучно) станах; марки сплавів: Д16АТ, В95АТ, АК4-1АТ та ін.;

– листи гарячекатані завтовшки 5...10,5 мм, завширшки до 2000 мм; відпалені завтовшки 0,5...10 мм з різним ступенем загартування; загартовані підвищеної якості завтовшки 0,5...3,4 мм, завширшки до 2000 мм; довжина листів – 2000...7000 мм залежно від умов постачання; марки сплавів: АМг2М, АМцМ, АМг2Н, АМцН, АВТ, Д16АТ, В95АТ1 та ін.;

– стрічки для виробництва гнутих профілів з алюмінію марок А0, АД00, АД0, АД1 та алюмінієвих сплавів АМц і АМг завтовшки 0,25...2 мм і завширшки 150...400 мм; за станом можуть бути відпаленими або загартованими.

Методом пресування в широкому асортименті виготовляють такі напівфабрикати:

– прутки діаметром 5...300 мм підвищеної міцності зі сплавів В95, АК8, АК6, Д16 і нормальної міцності зі сплавів Д16, АВ, АК4-1;

– профілі закінцьовані й петельно-шарнірні завдовжки до 15 м, а також великогабаритні профілі завдовжки до 30 м з площею поперечного перерізу 0,5...150 см^2;

– панелі середньогабаритні завширшки 960...2100 мм, з товщиною полотна 2...15 мм, завдовжки до 12 м зі сплавів Д16, Д19, АК4, АМг, В95Апч і великогабаритні завширшки 350...1100 мм, з товщиною полотна 5…50 мм, завдовжки до 30 м зі сплавів Д16, Д16ч, В95, В95Апч та АК;

– труби з алюмінієвих сплавів гарячепресовані круглого й фасонного перерізів; холоднодеформовані 800 типорозмірів з алюмінієвих сплавів 12 марок, зокрема, діаметром 12...120 мм з внутрішнім плакуванням.

У номенклатуру великогабаритних *штамповок* зі сплавів Д16АТ, В95, АК4-1 з площею проекції у плані до 28000 см^2, з товщиною полотна 5...10 мм входять деталі типу лонжеронів, балок, кронштейнів, підмоторних рам.

Високоміцні ливарні сплави ВАЛ8, ВАЛ10, ВАЛ14 використовують для виготовлення заготовок кронштейнів, шпангоутів, корпусів.

Деформівні *магнієві сплави* МА2, МА8, МА14 у вигляді штамповок, поковок, профілів, листів, труб використовують для виготовлення малонавантажених деталей, наприклад паливних баків і трубопроводів, ливарні магнієві сплави МЛ6, МЛ10, МЛ14 – для виготовлення деталей, що працюють в умовах малих статичних і циклічних навантажень.

Для виробництва ЛА значний інтерес становлять *титанові сплави* завдяки їхнім високим механічним характеристикам і жароміцності. За період освоєння титанових сплавів їхню міцність було збільшено з 400 до 1200...1300 МПа [11].

Методом пресування зі сплавів ВТ3, ОТ4, ВТ8, ВТ16, ВТ18 виготовляють прутки для штампованих і кріпильних деталей, холодно- й гарячедеформовані труби, штамповки.

Із титанових сплавів марок ВТ, ВТ1-0, ОТ4-0, ОТ4-1, ВТ6, ВТ14, ВТ20 *методом плоскої прокатки* виготовляють:

– плити завтовшки 11...150 мм, завширшки 400...1700 мм, завдовжки 1500...7000 мм;

– листи завтовшки 0,3...10 мм, завширшки 400...1200 мм, завдовжки 1500...5000 мм;

– стрічки завтовшки 0,3...1,5 мм, завширшки до 600 мм у рулоні;

– фольгу завтовшки 0,05...0,08 мм, завширшки до 300 мм у рулоні;

– прутки гарячекатані з титанових сплавів ВТ3-1, ВТ8, ВТ9, ОТ4, ВТ16, ВТ18 для штампованих методами гарячої й холодної висадки заготовок; сортамент прутків: діаметр – 5...55 мм, довжина – 1,6...3 м, форма перерізу – шестигранна, квадратна, кругла;

– труби холоднодеформовані зі сплавів ВТ1-0, ВТ1-00, ОТ4, ОТ4-1, ОТ4-0 із зовнішніми діаметрами 6...130 мм і товщиною стінки 0,8...10 мм; гарячедеформовані зі сплавів ВТ6, ВТ3-1, ВТ14, ВТ22 із зовнішніми діаметрами 32...325 мм і товщиною стінки 2,5...30 мм; зварні зі сплавів ВТ1-0, ОТ4-0 діаметром 25...100 мм з товщиною стінки 1,5 і 2 мм.

Штамповки виготовляють з титанових сплавів ОТ4, ВТ3-1, ВТ6, ВТ8, ВТ9, ВТ20, ВТ22 завдовжки до 800 мм з площею проекції до 15000 $см^2$, товщиною полотна 6...24 мм і масою до 2500 кг.

Відливки з титанових сплавів ВТ5Л, ВТ9Л, ВТ21Л використовують як заготовки для деталей типу балок, фітингів, кронштейнів.

Конструкційні сталі застосовують під час виготовлення силових вузлів і деталей планера: лонжеронів, шпангоутів, стояків шасі, болтів, шпильок та інших кріпильних виробів. Міцність конструкційних сталей зросла з 1200 до 1800...2000 МПа.

Деформівні сталі 30ХГСА, 12ХН3А, 18Х2Н4ВА, 38Х2МЮА, 38ХА, нержавіючі сталі 4Х13, ВНС, ВНС надходять у вигляді листів, профілів, стрічок, дроту, прутків, штамповок і труб.

Відливки заготовок з конструкційних легованих і високолегованих сталей 35ХГСЛ, 27СНМЛ, ВНЛ, ВНЛ використовують для виготовлення шпангоутів, кронштейнів, деталей шасі.

Під час виготовлення деталей з гарячештампованих заготовок широко застосовують конструкційні сталі 30ХГСА, 12ХН3А, 38Х2МЮА, 38ХА, нержавіючі сталі 18ХГТ, 4Х13, ВНС, ВНС.

2.2 Класифікація заготівельно-оброблювальних процесів

В основному виробництві підприємств аерокосмічної галузі незалежно від обсягу виробництва для виготовлення ЛА застосовується дуже велика кількість різноманітних процесів. Усі ці процеси поділяють на три взаємозв'язані класи: заготівельно-оброблювальні, монтажно-складальні й регулювально-випробувальні процеси (рис. 1.2).

Класифікація ґрунтується на поділі процесів кожного класу на підкласи, групи, підгрупи й первинні процеси, що складаються з механічних, фізичних, хімічних або комбінованих дій, незалежно від того, проходять ці дії за участі людини чи без неї.

Клас заготівельно-оброблювальних процесів залежно від результатів дії на початкові матеріали поділяють на два взаємозв'язані підкласи: процеси формотворення й процеси надання деталям необхідних фізико-механічних властивостей.

Численну групу процесів з розділяння напівфабрикатів і видалення зайвого матеріалу підкласу формотворення за видом енергії, яку підводять у зону оброблення, можна поділити на такі *підгрупи*: механічні, електричні, електрохімічні, хімічні, акустичні, теплові, променеві процеси.

Кожну підгрупу за фізико-хімічною однорідністю можна поділити на окремі процеси (див. рис. 1.2), які, у свою чергу, класифікуються за видами обробки. *Окремий процес* є комплексом однорідних за фізико-хімічною суттю взаємодій устаткування й виконавців.

В основі кожного окремого процесу лежить певна фізична теорія. Прикладами окремих процесів можуть бути такі процеси, як обробка різанням, холодне й гаряче деформування, електрофізична й електрохімічна обробка та ін.

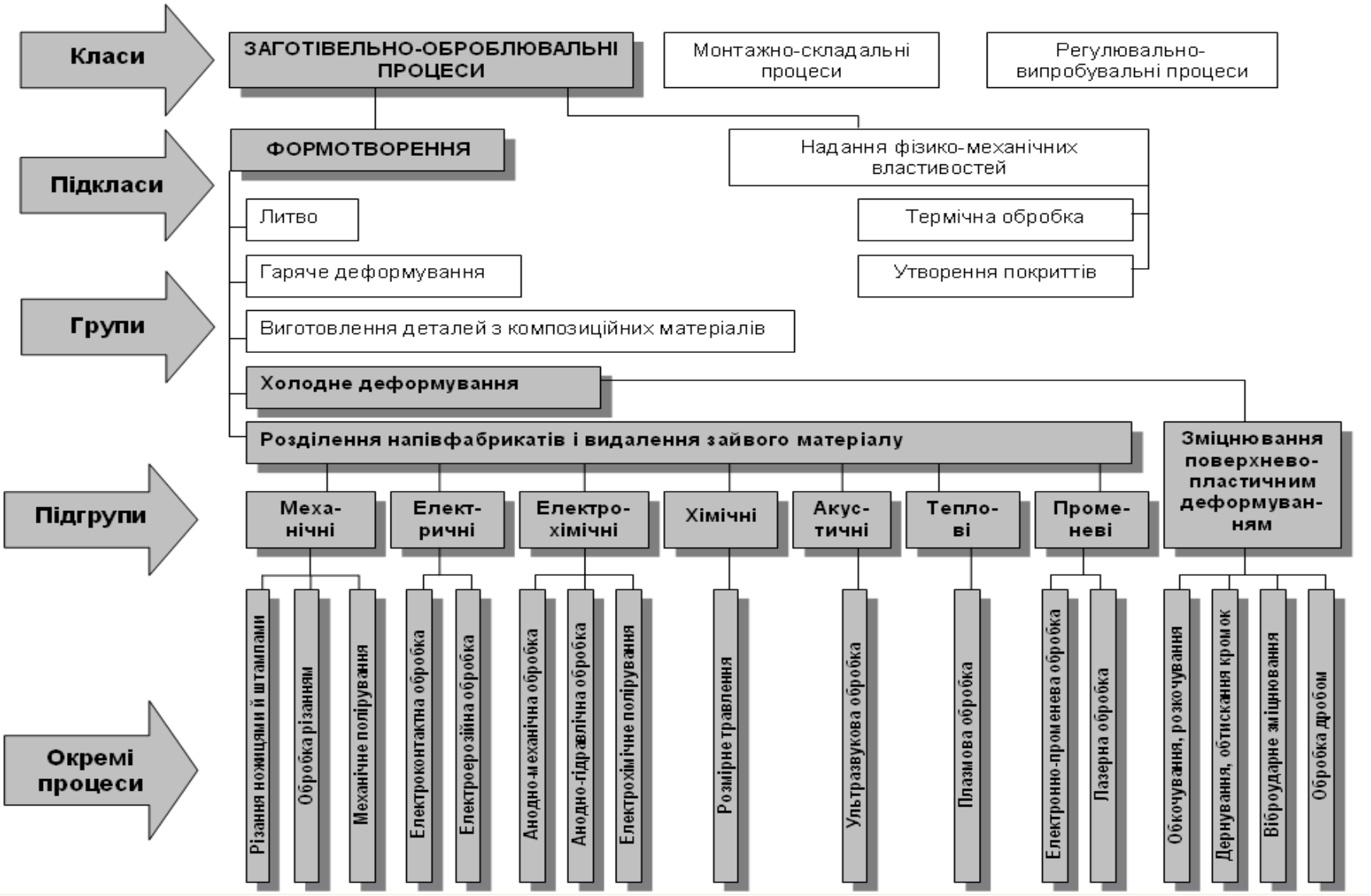


Рис. 1.2. Класифікація процесів розділення напівфабрикатів і видалення зайвого матеріалу

Нижче наведено терміни й визначення основних понять згідно з ГОСТ 3.1109-82.

Технологічний процес (ТП) – це частина виробничого процесу, що містить цілеспрямовані дії зі змінення й (або) визначення стану предмета праці. До предметів праці належать заготовки й вироби.

Технологічний метод – сукупність правил, що визначають послідовність і зміст дій під час формотворення, оброблення або складання, переміщення, включаючи технічний контроль, випробовування в ТП виготовлення або ремонту та які установлено безвідносно до найменування, типорозміру або виконання виробу.

Технологічний режим є сукупністю значень параметрів ТП у певному інтервалі часу.

Оброблення – це дія, спрямована на змінення властивостей предмета праці під час виконання ТП. Під час чорнового оброблення знімають основну частину припуску, унаслідок чистового – досягають заданих параметрів точності розмірів і шорсткості оброблюваних поверхонь.

Оброблювана поверхня – поверхня, що піддається дії в процесі оброблення.

Механічна обробка – оброблення тиском або різанням.

Обробка тиском – оброблення, що полягає в пластичному деформуванні або розділенні матеріалу. Розділення матеріалу здійснюється під тиском і відбувається без утворення стружки.

Обробка різанням – оброблення, що полягає в творенні нових поверхонь відділенням поверхневих шарів матеріалу з утворенням стружки. Утворення поверхонь супроводжується деформуванням і руйнуванням поверхневих шарів матеріалу.

Електрофізична обробка – оброблення, що полягає в зміненні форми, розмірів і шорсткості поверхні заготовки із застосуванням електричних розрядів, магнітострикційного ефекту, електронного або оптичного випромінювання, плазмового струменя.

Електрохімічна обробка – оброблення, що полягає в зміненні форми, розмірів, шорсткості поверхні заготовки внаслідок розчинення її матеріалу в електроліті під дією електричного струму.

Нанесення покриття – оброблення, що полягає в творенні поверхневого шару з однорідного матеріалу.

Трудомісткість виготовлення пасажирських літаків за окремими видами обробки й робіт показано у вигляді діаграми на рис. 1.3 [11, 21].

Найбільш універсальним у сучасній промисловості, зокрема в аерокосмічній, є процес формотворення деталей шляхом видалення поверхневих шарів заготовок – обробка матеріалів різанням. У цьому випадку відбувається утворення нових поверхонь деталей заданої форми, певної точності й необхідної якості. Трудомісткість механічної обробки різанням становить близько 20 % від загальної трудомісткості виготовлення сучасних ЛА (див. рис. 1.3).

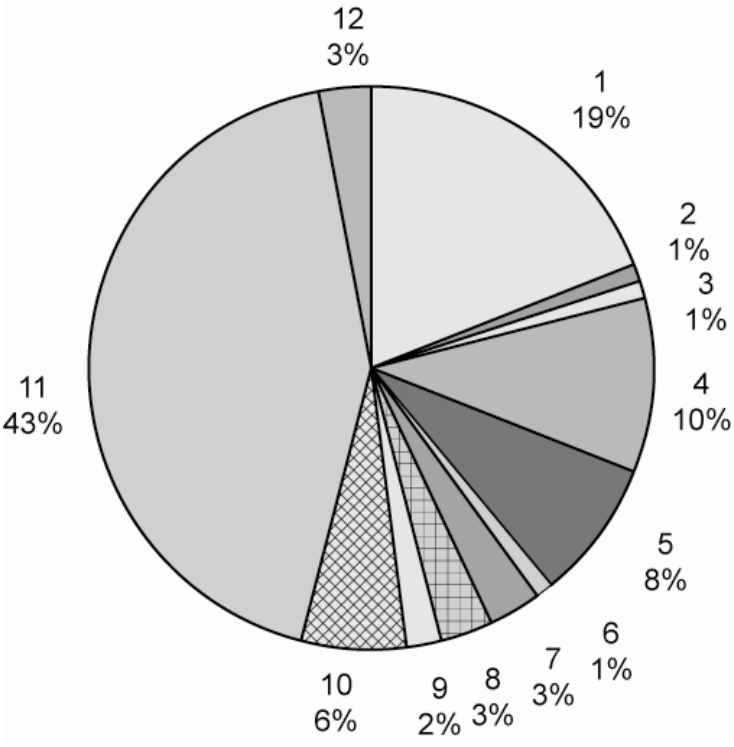


Рис. 1.3. Трудомісткість виготовлення пасажирських літаків:

1 – механічна обробка різанням; 2 – ливарні роботи; 3 – ковальсько-штампувальні роботи; 4 – заготівельно-штампувальні й зварювальні роботи; 5 – механоскладальні роботи; 6 – термічна обробка; 7 – нанесення гальванічного покриття;

8 – нанесення лакофарбного покриття; 9 – оброблення композиційних матеріалів; 10 – складально-монтажні роботи; 11 – регулювально-випробувальні роботи;

12 – інші роботи