Лекція 6. ТЕХНОЛОГІЧНІ НАПРЯМИ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ ПРОЦЕСІВ ОБРОБЛЕННЯ З ВИДАЛЕННЯМ ПРИПУСКУ

У зв'язку з необхідністю зменшення трудомісткості обробки великої актуальності набувають такі напрями підвищення ефективності процесів оброблення з видаленням зайвого матеріалу:

Акція переважно за рахунок використання нових марок інструментальних матеріалів, удосконалення конструкцій різального інструменту, оптимізація режимів різання й технологічних схем оброблення;

– застосування нових процесів і методів оброблення, що ґрунтуються на додатковому впливі на оброблювані заготовки різних видів енергії (наприклад, місцевого нагрівання заготовки, накладання вібрацій, коливань ультразвукової частоти).

Особливе місце займає оброблення важкооброблюваних матеріалів різними видами електрофізичної, електрохімічної й хімічної обробки.

6.1. Удосконалення інструментальних матеріалів

Розроблення інструментальних матеріалів підвищеної твердості, міцності, тепло- й червоностійкості, високої опірності зношенню зумовлено дедалі ширшим використанням у конструкції планера ЛА деталей з високоміцних, нержавіючих і жароміцних сталей і сплавів [3, 10, 11, 21].

Для їх оброблення спочатку використовували швидкорізальні сталі марок Р18, Р9, Р12, Р6М3, що відрізнялися від інструментальних матеріалів, які застосовувалися раніше, значно більшим вмістом легувальних елементів (ванадію, молібдену, хрому, вольфраму). Ці швидкорізальні сталі зберігають свої властивості за умов підвищення температури в зоні оброблення до 600°С, що дало можливість збільшити швидкість різання в 2-3 рази.

Далі до діючих стандартів було введено нові марки швидкорізальних сталей підвищеної продуктивності, які за складом можна поділити на три групи:

– *кобальтові* (Р9К5, Р9К10, Р10К5Ф5, Р12Ф4К5), що мають високу твердість і червоностійкість і призначені для чорнового й напівчистового оброблення високоміцних матеріалів;

– *ванадієві* (Р9Ф5, Р14Ф4, Р12Ф5М), що мають підвищену зносостійкість за умов роботи в зоні невисоких температур і добре себе зарекомендували під час чистового оброблення;

– *кобальто-молібденові* (Р6М5К5, Р9М4К8, Р12Ф2К8М3), що мають високу твердість і червоностійкість і забезпечують високі показники під час оброблення жароміцних і титанових сплавів.

Швидкорізальні сталі нових марок, маючи найвищі показники за твердістю, червоностійкістю й теплопровідністю, забезпечили підвищення стійкості інструменту в 2-3 рази порівняно зі швидкорізальною сталлю марки Р18.

Щоб поліпшити якість швидкорізальних сталей, під час їх виготовлення було застосовано метод порошкової металургії. Виробничі випробування показали, що інструмент зі швидкорізальних сталей марок Р6М5К5 і Р9М4К8, виготовлений методами порошкової металургії, має підвищену на 30...70 % стійкість порівняно з інструментом, виготовленим звичайним способом.

На багатьох підприємствах галузі було успішно впроваджено *дисперсійно-тверді* інструментальні сплави марок ЕП634, ЕП-723 і ЕП831, які під час оброблення деталей із титанових сплавів і високоміцних сталей забезпечують семикратне підвищення стійкості інструменту порівняно зі швидкорізальною сталлю марки Р18.

Подальша інтенсифікація оброблення різанням пов'язана з використанням як інструментальних матеріалів твердих сплавів, мінералокерамічних надтвердих матеріалів.

Сьогодні в авіабудуванні досить широко застосовуються такі групи твердих сплавів:

– *вольфрамові* марок ВК8 і ВК8В – для обдирного й чорнового оброблення високоміцних матеріалів, аналогічні тверді сплави дрібнозернистої структури марок ВК6М і ВК10М й особливодрібнозернистої структури марок ВК60М і ВК100М – для напівчистового й чистового оброблення;

– *титановольфрамові* – як для чорнового (сплав марки Т5К10), так і для чистового (сплав марки Т15К6) оброблення деталей із теплостійких і нержавіючих сталей;

– *титанотанталовольфрамові* марок ТТ10К8А і ТТ10К8Б – замість сплаву ВК8 для оброблення сталевих деталей.

Ефективним способом підвищення продуктивності різання під час

оброблення деталей із високоміцних матеріалів є застосування мінералокерамічних і надтвердих інструментальних матеріалів, виготовлених на основі полікристалічних синтетичних матеріалів. *Мінералокерамічні інструментальні матеріали* для різальних інструментів виготовляють у вигляді пластинок з окислу алюмінію методом пресування під великим тиском з подальшим спіканням. Вони мають високі твердість і зносостійкість, міцність, температуростійкість до 1200 °С.

Мінералокерамічні пластинки зі сплавів марок В-3, ВОК-60 і ВОК-63 застосовуються для чистового оброблення високоміцних термічно оброблених сталей. Кріплять їх до корпусу фрези або державки різця механічним шляхом, напаюванням або приклеюванням.

Отримання великих полікристалічних утворень на основі нітриду бору, які практично не поступаються алмазу за твердістю, відкрило широкі можливості для оснащення різальних інструментів *синтетичними надтвердими матеріалами* (СНМ).

Різці й фрези з цих матеріалів – ельбору-Р і гексаніту-Р – застосовують зазвичай для виконання чистових операцій оброблення заготовок із загартованих сталей і титанових сплавів.

Унаслідок тонкого точіння, розточування й фрезерування інструментами, оснащеними цими матеріалами, забезпечуються такі самі параметри з точності обробки й шорсткості поверхні, що й під час шліфування, але при цьому отримують якісніший поверхневий шар, оскільки він не має характерних для шліфування дефектів – припіків, структурних перетворень, шаржування абразивом.

6.2 Методи підвищення стійкості інструментів

Спрацьовування різального інструменту – це процес руйнування поверхневих шарів, що призводить до поступового змінення форми й стану поверхонь різання інструменту. У разі оброблення різанням тертя й пов'язане з ним спрацювання інструменту відрізняються від спрацювання тертям деталей конструкцій. У процесі різання відбувається тертя знов утворюваних поверхонь стружки, що сходить, з передніми й задніми поверхнями інструменту.

Мастилоохолодні технологічні середовища (МОТС) забезпечують найбільш сприятливі умови перебігу процесу механічного оброблення різанням (максимальна стійкість інструменту, оптимальна температура заготовки й ін.). До МОТС належать мастилоохолодні рідини (МОР), стиснене повітря, інертні гази для обдування. МОР становлять близько 97 %

від усіх застосовуваних у промисловості МОТС, і використовуються здебільшого для відведення тепла із зони різання з метою зниження температури й, отже, підвищення стійкості різального інструменту.

У процесі чистового оброблення завдяки МОР отримують поверхні з мінімальною шорсткістю. МОР також запобігають корозії різального інструменту й оброблених поверхонь заготовки. Існують різні методи підведення МОР у зону різання: поливання, подавання під тиском з боку задньої поверхні інструменту, розпилення (аерозольне або туманом).

Нанесення зносостійких покриттів є особливо ефективним для інструментів, які заточуються лише по передній поверхні (наприклад, для фасонних фрез). У цьому випадку навіть після подальших переточувань зносостійкі покриття зберігають свій позитивний вплив на працездатність інструмента.

Стійкість твердосплавного інструменту підвищується до шести разів, якщо нанести на його поверхню зносостійкий шар завтовшки 5...15 мкм з карбіду титану, ніобію, бориду або нітриду. Зносостійкість інструменту зі швидкорізальної сталі з покриттям з нітриду титану підвищується в 2 – 5 разів.

Подальшого підвищення стійкості інструменту було досягнуто розділенням указаної товщини покриття на окремі шари. Кожний шар виконує певну функцію щодо різних видів спрацювання, міцності зчеплення й термічного розширення. Покриття на пластинки твердих сплавів наносять газофазним і термодифузійним методами.

Фірма «Сандвік» (Німеччина), наприклад, рекомендує таке тришарове покриття з товщиною кожного з шарів 1...3 мкм:

– внутрішній шар із карбіду титану забезпечує високу зносостійкість і хорошу адгезію покриття з твердим сплавом;

– проміжний шар з оксиду алюмінію надає необхідної стійкості до теплового впливу;

– зовнішній шар із нітриду титану зменшує тертя по передній поверхні різального інструменту.

Попереднє нагрівання матеріалу заготовки є одним із способів інтенсифікації процесів різання важкооброблюваних матеріалів. Застосовуються методи індуктивного, електродугового, електроконтактного,

плазмового нагрівання заготовок.

Унаслідок нагрівання підвищується оброблюваність виробу завдяки зміненню механічних характеристик матеріалу в зоні стружкоутворення, підвищенню його пластичності й зниженню міцності й твердості.

Змінення механічних характеристик M_2 оброблюваного матеріалу внаслідок підвищення температури від T_1 до T_2 визначається формулою

$$M_2 = M_1 exp[-\alpha_T (T_2 - T_1)], \qquad (14.1)$$

де M_1 – механічні характеристики матеріалу за температури T_1; α_T – температурний коефіцієнт, що залежить від властивостей матеріалу й умов пластичного деформування.

Унаслідок змінення механічних характеристик матеріалу заготовки зменшується зусилля різання, знижується інтенсивність спрацьовування різального інструменту, підвищується швидкість різання.

Проте застосування нагрівання заготовки доцільне лише доти, доки знеміцнення заготовки має перевагу над знеміцненням робочих поверхонь інструменту. Тому для різання з нагріванням використовують здебільшого твердосплавні й мінералокерамічні різці.

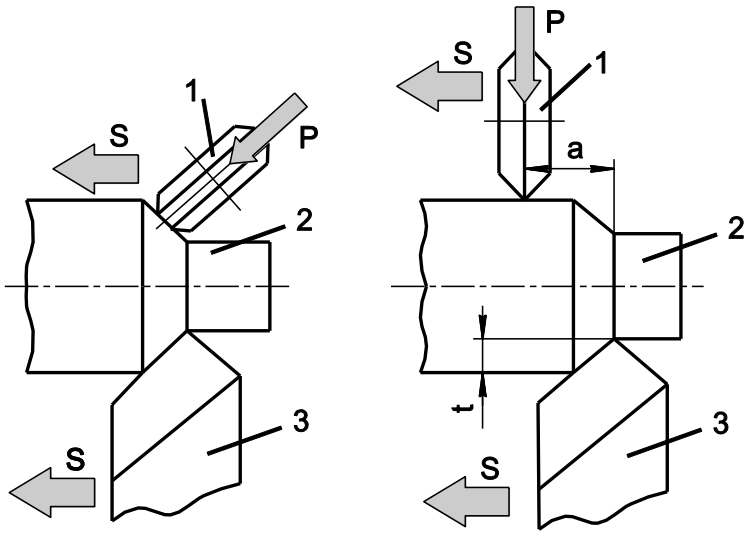
Різання з попереднім пластичним деформуванням заготовки (рис. 14.3) забезпечує змінення фізико-механічних властивостей матеріалу зрізуваного шару. Попереднє пластичне деформування оброблюваної поверхні з зусиллям P виконує накатний ролик (див. рис. 14.3, а), розташований перед різцем. Ролик і токарний різець переміщаються вздовж осі заготовки з постійною поздовжньою подачею.

Різець, що рухається за роликом, знімає попередньо ослаблений шар матеріалу, унаслідок чого вичерпується запас пластичності оброблюваного матеріалу й підвищується його оброблюваність різанням. Точіння з попереднім пластичним деформуванням значно підвищує оброблюваність різанням в'язких високоміцних сталей типу Х18Н9Т, ЕІ437Б, ЕІ811 тощо.

Проникнення в тіло заготовки клиновидного ролика (див. рис. 14.3, б) дає можливість створити в поверхневому шарі матеріалу сітку мікротріщин, що значною мірою підвищує оброблюваність і стійкість твердосплавного інструменту.

Різання з накладанням вібрацій є одним із шляхів інтенсифікації процесів оброблення високоміцних матеріалів. Суть цього процесу полягає в

тому, що на кінематичну схему оброблення накладається додатковий коливальний рух інструменту в напрямку руху подачі або перпендикулярно до поверхні заготовки. Найчастіше це вібрації синусоїдальної форми.



а б

Рис. 14.3. Схеми процесу різання з попереднім пластичним деформуванням:
1 – накатний ролик; 2 – заготовка; 3 – токарний різець

Різання з осьовими коливаннями забезпечує надійне дроблення стружки, що є особливо важливим для оброблення заготовок з в'язких матеріалів на верстатах з ЧПК. Унаслідок різання з вібраціями підвищується оброблюваність високоміцних сталей за рахунок зниження інтенсивності спрацьовування інструменту, зменшення опору руху різання, зниження температури в зоні оброблення. Процес різання з вібраціями підвищує ефективність дії МОР на різальний клин інструменту.