

Лекція 10. ЕЛЕМЕНТИ ТЕХНОЛОГІЙ ОБРОБКИ ДЕТАЛЕЙ РІЗАННЯМ НА ВЕРСТАТАХ З ЧПУ

10.1. Особливості ТП обробки деталей на верстатах з ЧПУ

Верстати з програмним управлінням дозволяють автоматизувати процеси механічної обробки навіть в умовах дрібносерійного виробництва. Гнучкість систем ЧПУ і можливість підключення верстатів до загальної системи управління від однієї ЕОМ створюють перспективу використання цих верстатів і в умовах масового виробництва.

Ефективність застосування верстатів з ЧПУ досягається за рахунок зменшення витрат на технічне оснащення, втрат від браку, скорочення виробничих площ, підвищення режимів різання та концентрації операцій. В умовах дрібносерійного та серійного виробництва складова машинного часу на універсальних верстатах складає 20–40 %, на верстатах з ЧПУ вона збільшується до 50–70 %. Точність позиціонування деталі досягає 0,01 мм, а повторного встановлення – 0,0025 мм. Точність обробки на сучасних верстатах такого типу в середньому досягає 7-6-го квалітету, а в деяких випадках – 6-5-го.

10.1.1. Структура ТП

Технологічний процес (ТП) обробки на верстатах з ЧПУ, на відміну від традиційного ТП, вимагає більшої деталізації при розв'язку технологічних задач і врахування специфіки подання інформації. Структурно ТП, як і традиційний ТП, поділяється на операції, елементами яких є встановлення, позиції, технологічні та допоміжні переходи, робочі та допоміжні ходи.

Деталізація ТП для верстатів з ЧПУ призводить до поділу ходів на кроки. Кожен із кроків представляє собою переміщення на ділянці траєкторії інструмента вздовж визначеного геометричного елемента, на якому не змінюються режими різання. Наприклад, кроками є окремі переміщення інструмента вздовж прямої або кола з постійною швидкістю, а також розгін та гальмування на початку та в кінці руху.

Найпростішими складовими процесу обробки є елементарні переміщення та технологічні команди, що відпрацьовуються ПЧПУ. Елементарні переміщення формуються із врахуванням обмежень конкретного ПЧПУ. До них відносяться, наприклад, необхідність розташування дуги кола в межах одного квадранта або задання відрізка прямої числом дискрет, що не перевищує ємності регістра пам'яті ПЧПУ. Технологічні команди, реалізовані виконавчими механізмами верстата, забезпечують необхідні умови відпрацювання елементарних переміщень. Послідовність елементарних переміщень і технологічних команд визначає зміст УП.

Вихідна документація для розробки УП роботи верстата з ЧПУ включає:

- 1) креслення деталі та заготовки;
- 2) карту технологічного процесу;
- 3) карту операційну;
- 4) карту налагодження інструментів;
- 5) карту кодування інформації;
- 6) карту замовлення на розробку УП (необов'язково);
- 7) відомість деталей, що обробляються на верстатах з ЧПУ.

УП можуть бути записані на різних програмоносіях.

Розробка ТП і УП для верстатів з ЧПУ є однією із задач технологічної підготовки виробництва (ТПВ) та повинна виконуватись у строгій відповідності із врахуванням зв'язків між структурними елементами цієї системи.

10.1.2. Етапи проектування ТП для верстатів з ЧПУ

У загальному випадку проектування ТП для верстатів з ЧПУ можна поділити на три стадії:

- розробка маршруту обробки деталі;
- розробка ТП;
- підготовка УП.

Кожна стадія містить декілька етапів проектування (табл. 10.1).

Створення УП для верстатів з ЧПУ в умовах автоматизованого виробництва є найважливішою задачею всієї системи ТПВ. Документація, що розроблена на першій стадії, є вихідною для виконання робіт на другій та третій стадіях.

10.1.3. Короткі коментарі щодо розробки ТП на верстатах з ЧПУ

Основні правила побудови ТП на верстатах з ПУ відповідають загальним принципам технологічної обробки деталі. Специфічні особливості проектування ТП обумовлюються наявністю програми роботи технологічного обладнання.

Схема послідовності виконуваних робіт обробки деталей на верстатах із програмним управлінням наведена на рис. 10.1.

Технологічна підготовка для виробництва деталей на верстатах з ЧПУ вимагає розробки ТП за переходами з ретельно встановленими режимами різання, що особливо важливо для контурних систем ЧПУ.

При розробці ТП встановлюються не тільки вид і траєкторія переміщення кожного з інструментів, але і його вихідне положення, характер траєкторії на ділянках підходу, врізання тощо.

У контурних системах ЧПУ звичайно використовується відносний спосіб відліку координат опорних точок еквідистанти оброблюваного контуру, а в позиційних – абсолютний спосіб відліку.

При відносному способі відліку координат за нульове положення приймається положення виконавчого органу, яке він займає перед початком переміщення до наступної опорної точки.

Перша опорна точка при відносному способі відліку називається вихідною точкою або старт-точкою. Вона вивіряється при налаштуванні верстата і відіграє роль початку координат, від якого розраховується програма обробки конкретної деталі.

При абсолютному способі точка початку відліку координат називається плаваючим нулем. Особливістю технологічної підготовки є необхідність точного розрахунку траєкторії переміщення кожного інструмента на всьому шляху його руху. При цьому задається напрямок переміщення.

10.1.3.1 Вибір номенклатури деталей для обробки на верстатах з ЧПУ

Економічна доцільність використання верстатів з ЧПУ багато в чому визначається номенклатурою деталей, відібраних для обробки на цих верстатах. Вона встановлюється техніко-економічним порівнянням сумарних або приведених витрат за декількома варіантами обробки.

При визначенні ефективності необхідно враховувати також зміни, що вносяться використанням верстатів з ЧПУ в організацію виробництва.

При виборі номенклатури деталей враховуються:

1) складність конфігурації оброблюваних поверхонь, обсяг і номенклатура випуску деталей із врахуванням того, що обробка складних поверхонь на верстатах з контурними системами ЧПУ більш ефективна, ніж простих;

2) точність міжцентрових відстаней у деталях, оскільки з підвищенням точності підвищується ефективність обробки на верстатах з позиційними системами ЧПУ;

3) відносне розташування оброблюваних поверхонь щодо зручності виконання технологічних операцій;

4) оброблюваність матеріалу заготовки;

5) можливість уніфікації технологічних баз;

6) трудомісткість на верстатах без ЧПУ;

7) можливість конструктивної уніфікації оброблюваних поверхонь або їх елементів з метою створення умов для розробки модульних, групових ТП та уніфікованих елементів УП;

8) можливість створення ділянок верстатів з ЧПУ і організації багатOVERстатного обслуговування.

Підвищення продуктивності обладнання та якості виробів при максимальному зменшенні витрат часу і засобів на розробку, ТПВ і обробку заготовок на верстатах з ЧПУ значною мірою визначається технологічністю конструкції деталі.

10.1.3.2. Вимоги до технологічності деталей

Вимоги до технологічності деталей особливо підвищуються в умовах автоматизованого виробництва. Моделювання процесу обробки з використанням ЕОМ дозволяє визначити не тільки ступінь технологічності деталі, але й можливість застосування типових, групових та модульних ТП.

На етапі ТПВ конструкторські документи всіх деталей повинні бути ретельно проаналізовані (конструктивно-технологічно переопрацьовані) з метою підвищення ступеня конструктивної та технологічної уніфікації елементів деталі. Розв'язок цієї задачі визначає повний перелік типорозмірів інструментів і виявляє ступінь їх застосування, дає можливість побудувати параметричні ряди інструментів і деталей. Це найбільш повно забезпечує спадковість ТП, їх елементів та засобів технологічного оснащення.

На етапі аналізу конструкції кожної деталі виявляється також, наскільки технологічною є її конструкція. Ця задача полягає у визначенні можливості виготовлення та експлуатації даного виробу при використанні наявних у розпорядженні конкретного підприємства матеріальних і трудових ресурсів.

В цілому задачі забезпечення технологічності конструкції розв'язуються на всіх етапах робіт, починаючи з поставки продукції на виробництво.

Таким чином, основними задачами відпрацювання конструкції деталі на технологічність є:

1) створення зручних баз;

2) можливість заміни встановлень позиціями;

3) перевірка відповідності проставлення розмірів вимогам розробки УП в залежності від способу відліку координат системою ЧПУ;

4) можливість обробки максимальної кількості поверхонь одним інструментом.

Таблиця 10.1
Стадії та етапи проектування ТП обробки деталей на верстатах з ЧПУ
(див. окремий файл)

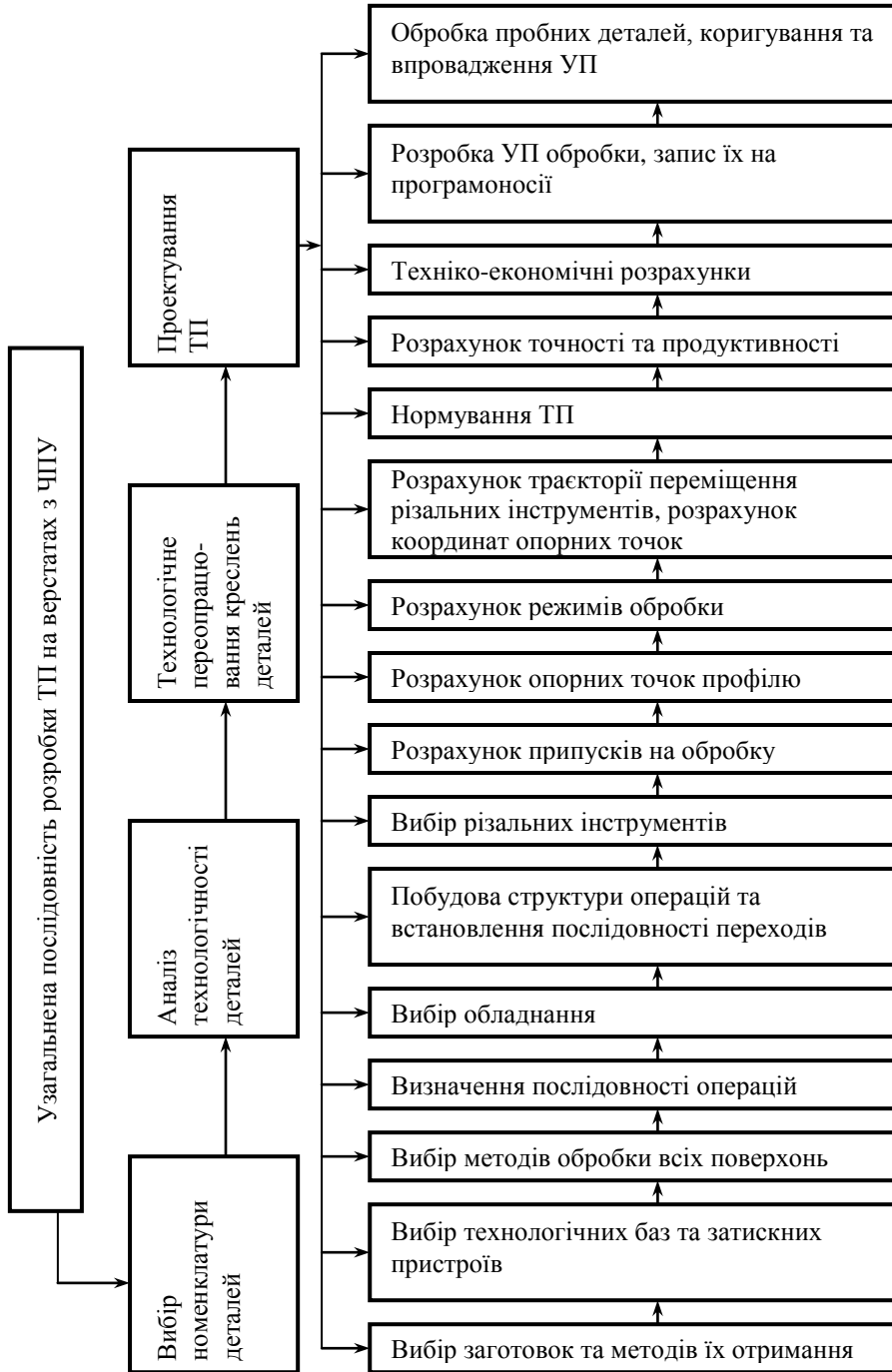


Рис. 2.1. Узагальнена схема послідовності робіт при розробці ТП на верстаті з ЧПУ

Відпрацювання на технологічність деталей, що підлягають обробці на верстатах з ЧПУ, є характерним для початку процесу ТПВ, однак в умовах автоматизованого виробництва доцільно використовувати ці роботи на більш ранній стадії, що вимагає підвищення технологічної підготовки інженерів-конструкторів.

Загальні вимоги до технологічності деталей, що обробляються на верстатах ЧПУ або планованих до виготовлення на цих верстатах, є наступними:

- уніфікація внутрішніх і зовнішніх радіусів;
 - уніфікація елементів форм деталей та їх розмірів;
 - створення таких конфігурацій деталей, що забезпечують вільний доступ інструментів для обробки поверхонь;
 - забезпечення можливості надійного і зручного базування деталей при обробці.
- Усі ці вимоги насамперед спрямовані на:
- скорочення типорозмірів застосованих різальних інструментів;
 - використання більш продуктивних (економічно вигідних) інструментів;
 - заміну спеціальних інструментів стандартними;
 - зменшення кількості перевстановлень деталей;
 - зменшення кількості та необхідності необхідного оснащення;
 - підвищення точності базування та точності і продуктивності обробки;
 - зменшення ступеня короблення деталей при обробці та обсягу наступного шлюсарного (верстатного) ручного доопрацювання;
 - скорочення витрат на розрахунок і підготовку УП.

Для забезпечення зазначених вимог необхідно:

- 1) перевірити проставлення розмірів на кресленнях деталей, лінійні розміри проставити від єдиних баз, тобто застосувати координатний спосіб проставлення, за необхідності вибрати координати центрів дуг спряжень поверхонь;
- 2) форму деталі задавати поєднанням простих геометричних фігур;
- 3) криволінійні контури і криві задавати поєднанням простих геометричних фігур;
- 4) щоб внутрішні радіуси сполучень контурів були одного розміру зі стандартного ряду діаметрів для всіх ділянок деталей для виконання обробки деталі за однією програмою без зміни інструментів;
- 5) праві та ліві деталі проектувати як взаємні дзеркальні відображення – це полегшує програмування.

Зазначені вимоги, як правило, можуть бути виконані шляхом зміни геометричної форми або окремих елементів деталі, зміни деяких розмірів, переміщення окремих елементів тощо. Приклади нетехнологічних і технологічних конструктивних рішень деталей, що обробляються на верстатах з ЧПУ, наведені в табл. 10.2 (див. окремий файл).

При обробці деталей на верстатах з ЧПУ (особливо на фрезерних) необхідно є строга орієнтація їх відносно осей координат верстата і прив'язка до вихідної точки траєкторії руху інструмента. Тому вже при аналізі технологічності деталі необхідно передбачити елементи для її базування. Якщо деталь не має конструктивних отворів, що можуть бути використані як базові, то такі отвори треба ввести, розташувавши їх на максимальній відстані один від одного. Можна вести в конструкцію деталі тільки один отвір, якщо має місце другий – конструктивний (див. табл. 10.3).

За неможливості виконання технологічних базових отворів в деталі необхідно передбачити у заготовці спеціальні технологічні прилипки, у яких і розмістити базові отвори.

Таблиця 10.3

Найменші допустимі діаметри базових отворів d_{\min}					
Розміри деталі, мм	<100	100–200	200–1000	1000–2000	>2000
d_{\min} , мм	4	6	10	16	20

При аналізі шорсткості поверхневого шару обробленої деталі необхідно враховувати, що після обробки кінцевими фрезами на горизонтальних поверхнях залишаються помітні навіть на око сліди фрезерування. У більшості випадків висота уступів та мікронерівностей не перевищує 0,01–0,05 мм. Визначено, що краще мати такі мікронерівності, ніж ризики від слюсарної доробки поверхні абразивними кругами. Мікронерівності після фрезерної обробки як концентратори напружень менш небезпечні, ніж ризики. Тому за можливістю при проектуванні ТП слюсарну доробку поверхонь, оброблених на верстатах з ЧПУ, вводити не потрібно. Це зберігає поверхневий шар обробленої поверхні, що зміцнений наклепом при фрезеруванні та має порівняно задовільний мікрорельєф.

10.1.3.3. Технологічне переопрацювання креслень деталей

Вказане виконується на одному з етапів розробки ТП. Зміст технологічного переопрацювання креслень деталей означає виконання необхідних змін креслення і схеми проставлення розмірів, що спрямовані на підвищення технологічності конструкції.

В даному випадку до основних вимог технологічності відносяться:

- стандартизація та уніфікація елементів заготовок;
- уніфікація радіусів з'єднань поверхонь і канавок для виходу інструментів;
- спрощення форм контуру заготовок;
- вибір конструктивного компоновання заготовки, що забезпечує максимальну доступність інструментів до всіх оброблюваних поверхонь;
- створення єдиних конструкторських і технологічних баз та проставлення розмірів від цих баз відповідно до прийнятої системи координат для програмування обробки заготовки.

Зазначені, а також деякі інші вимоги повинні бути спрямовані на скорочення кількості встановлень заготовки і типорозмірів різальних інструментів, покращення умов базування, підвищення точності виготовлення заготовок.

Необхідно виконувати ряд правил, що полегшують процес програмування обробки конкретної деталі, а саме:

1) всі розміри проставляються на деталі в прямокутній системі координат від єдиних конструктивних баз деталі;

2) бажано також проставляти розміри від осі деталі до центрів всіх кіл, якщо це не вимагає від конструктора додаткових трудомістких обчислень;

3) проставляти розміри потрібно так, щоб дані про кожен контур були за можливістю на одній проекції, а розмірні ланцюги мали двосторонній допуск (\pm), що полегшує розробку УП;

4) у випадку, якщо контури виробу задані аналітично або таблицею координат точок, у кресленні не повинно бути посилань на плаз. Замість вказівок “Контур зняти з плазу” необхідно писати “Контур розраховувати за даними теоретичного креслення, першу деталь звірити з плазом”;

5) креслення виконують у масштабі, дотримуючись його по всьому полю креслення;

б) на полі креслення рекомендується робити напис “Виготовляти на верстаті з ЧПУ” або “Контур фрезерувати на верстаті з ЧПУ”.

Для полегшення задач програмування необхідно спростувати геометричні образи і типізувати основні (повторювані) геометричні елементи заготовки. Бажано, щоб оброблювані поверхні заготовки представляли собою площини або криволінійні поверхні, профіль яких утворений спряженням прямих з дугами кола. У корпусних заготовках необхідно уникати похилих стінок. В загальному випадку необхідно використовувати заготовки з такими поверхнями, обробку яких можна було б виконувати за УП для контурної системи з лінійно-круговим інтерполатором без додаткового використання методів апроксимації поверхонь. Програмування спрощується, якщо обробка поверхонь ведеться з управлінням одночасно не більше, ніж по одній або двох координатах.

Для задоволення вимог механічної обробки на верстатах з ЧПУ в загальному випадку необхідно вважати технологічними такі заготовки, форми і розміри яких відповідають умовам виконання обробки в безперервному автоматичному циклі. Допускаються короткі перерви, що обумовлені ручною заміною інструментів або контрольними вимірюваннями, але не зв'язані з виконанням ручних прийомів управління обробкою.

Якщо конструкція заготовки відповідає загальним вимогам механічної обробки і програмування, то підвищення технологічності конструкції в першу чергу повинне бути спрямоване на скорочення типорозмірів різальних інструментів, що необхідні для повної обробки заготовок. При цьому необхідно використовувати виготовлені централізовано стандартні різальні інструменти.

При обробці на фрезерних верстатах з ЧПУ спряження стінок зовнішніх і внутрішніх оброблюваних контурів заготовки необхідно виконувати за можливістю однаковими, типовими для даного контуру радіусами $R_{тип}$, мм.

Для забезпечення жорсткості та високої продуктивності інструментів необхідно, щоб

$$R_{тип} > (1/5) - (1/6) \cdot H,$$

де H – найбільша висота стінок оброблюваного контуру, мм.

Числові значення $R_{тип}$ повинні відповідати нормальному ряду типорозмірів кінцевих фрез. При обробці на свердильних і розточувальних верстатах з ЧПУ потрібно прагнути до однакових діаметрів і глибини кріпильних отворів, а також до скорочення кількості отворів різних діаметрів, які розточуються, що мають різні вимоги по точності та шорсткості.

При обробці на токарних верстатах з ЧПУ велике значення має обмеження форм і розмірів канавок для виходу інструментів.

З метою полегшення підготовки УП розміри в кресленні заготовки необхідно проставляти відповідно до вимог програмування, тобто в прямокутній системі координат від єдиних конструкторських баз заготовки. Для цього необхідно вибрати початок системи координат і напрямок осей. Бажано, щоб напрям осей заготовки збігався після її встановлення на верстаті з напрямом осей координат верстата.

В окремих випадках потрібно відмовлятися від прийнятого в кресленні схеми нанесення розмірів. Так, розташування кріпильних отворів відносно основного звичайно задаються центральним кутом дуг, обмежених їх осями, і радіусом від центра основного отвору. При обробці отворів на верстатах з ЧПУ доцільно наносити розміри так, як показано на рис. 10.2, а, б. На рис. 10.2, б за початок системи

координат (вихідну точку) вибрано центр основного отвору з метою скорочення холостих ходів при обробці.

При обробці криволінійних контурів плоских заготовок на верстатах з ЧПУ в кресленні вказуються розміри радіусів дуг, координати центрів радіусів, координати точок спряження дуг (рис. 10.2, в).

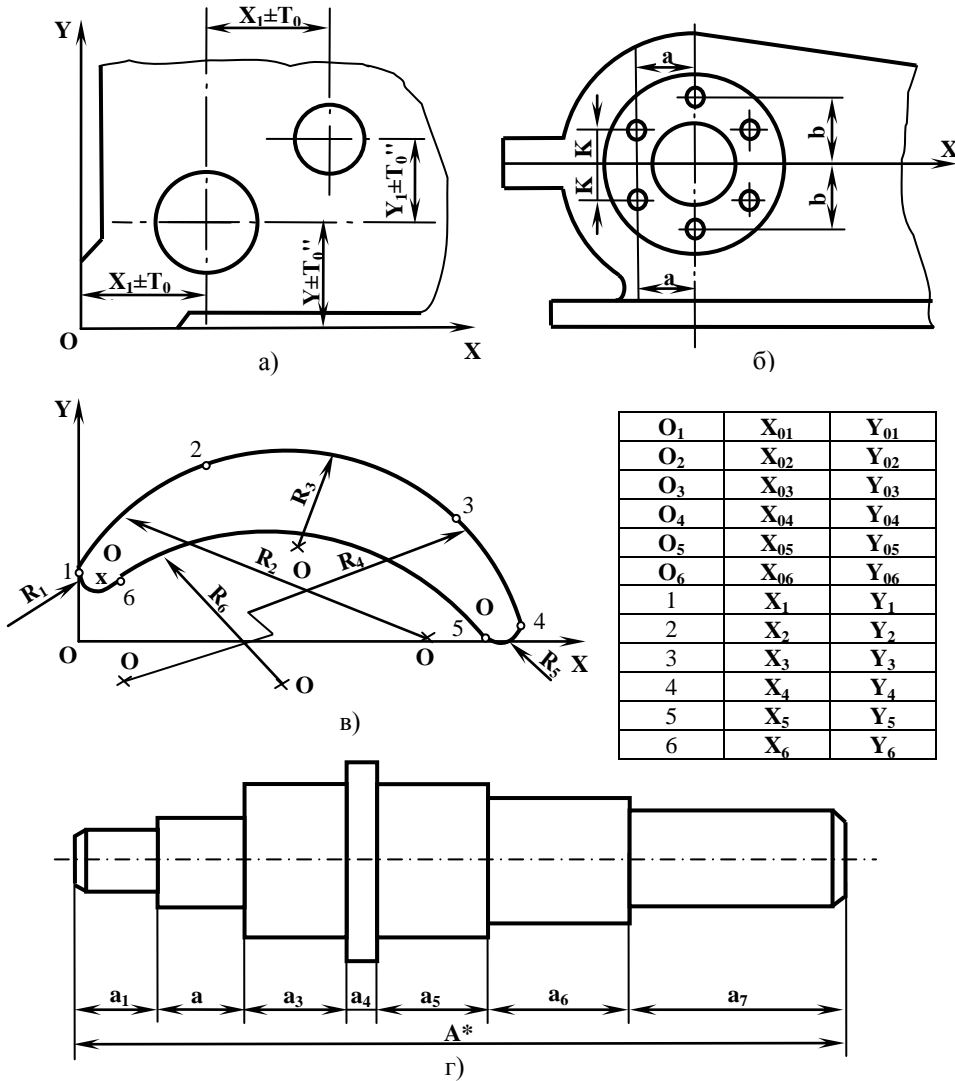


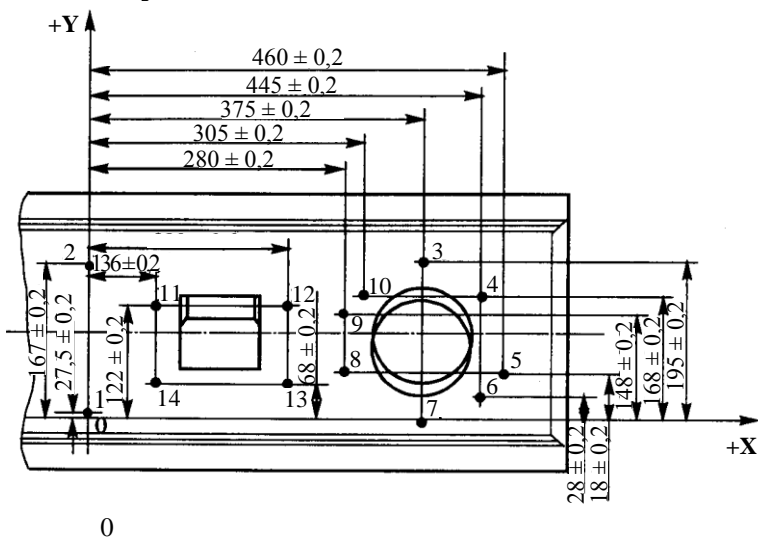
Рис. 10.2. Приклад поставлення розмірів на кресленнях деталей, що обробляються на верстатах з ЧПУ

У кресленнях заготовок, що обробляються на токарних верстатах з ЧПУ, точні лінійні розміри звичайно задаються безпосередньо від єдиної бази, а не ланцюгом. Це цілком виправдано для верстатів з ручним управлінням, тому що робітнику потрібно витримати точно тільки ці розміри. Для верстатів з ЧПУ це не має значення, тому що точність відліку переміщення є незмінною, а початок відліку, як правило, не

збігається з конструкторською базою і знаходиться поза заготовкою. У зв'язку з цим допустимим є нанесення розмірів для таких заготовок і ланцюгів з обмеженням їх допусків, що відповідають вимогам конструкції (рис. 2.2, г).

В загальному випадку нанесення розмірів на кресленнях заготовок, які обробляються на верстатах з ЧПУ, повинне бути таким, щоб при підготовці УП не виникала необхідність їх перерахування.

На рис. 2.3 наведено приклад нанесення розмірів деталі і розташування координатних осей при обробці її на верстаті з позиційною системою ЧПУ.



Таблиця 10.4

Приклад табличного методу відліку координат оброблюваних отворів у деталі за рис. 10.3

Номер отвору	Координата	
	X	Y
1	0	+27,5
2	0	+167
3	+375	+195
4	+445	+168
5	+460	+48
6	+445	+28
7	+375	0
8	+280	+48
9	+280	+148
10	+305	+168
11	+136	+122
12	+200	+122
13	+200	+68
14	+136	+68

При великій кількості отворів у деталі можливим є застосування табличних методів відліку координат оброблюваних отворів, наприклад, для координат отворів деталі (рис. 10.3) складена табл. 10.4.

На рис. 10.4 показана конструктивна схема деталі з проставленням розмірів і координат для обробки на верстаті з контурною системою ЧПУ.

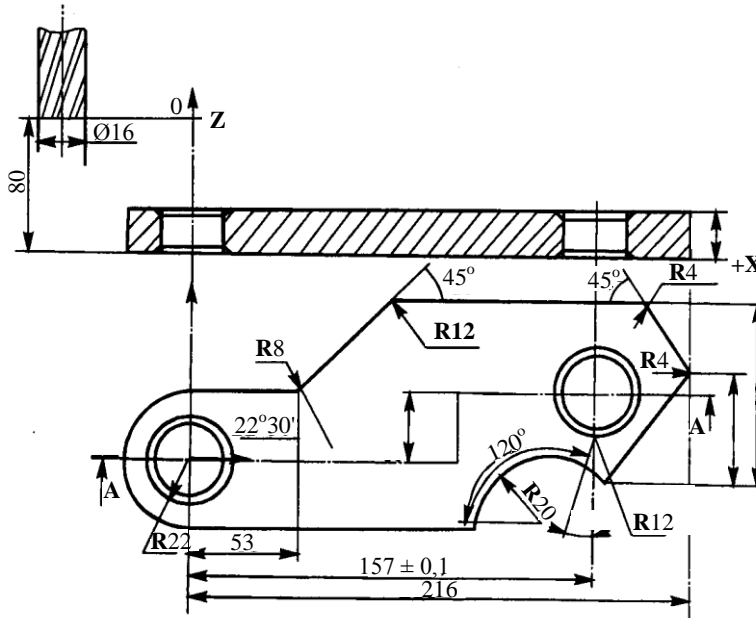


Рис. 10.4. Приклад проставлення розмірів та координат для обробки деталі на верстаті з контурною системою ЧПУ

10.1.3.4. Особливості технологічних розробок

Встановлення послідовності обробки починається з визначення кількості встановлень та позицій, що необхідні для повної обробки заготовки на столі або у шпинделі верстата. При цьому враховуються особливості конструкцій заготовок і технологічні можливості наявних верстатів з ЧПУ.

Перше встановлення, як правило, вибирається з умови найбільш зручного базування кожної заготовки на чорнові або чистові бази, що попередньо підготовлені, як правило, на верстатах з ручним управлінням. При першому встановленні, що виконується від чорнової бази, бажано виконати обробку всіх поверхонь, які використовуються як технологічні бази при наступних встановлюваннях заготовки. Так, при визначенні послідовності обробки корпусної заготовки на першому встановленні необхідно обробити площину і два встановлювальні отвори, використовуючи фрезерний верстат з ЧПУ, що має РГ або ІМ.

План подальшої обробки заготовок на фрезерних чи розточувальних верстатах з ЧПУ або обробних центрах можна будувати, використовуючи ці поверхні як постійні технологічні бази.

Важливою задачею визначення послідовності операцій є забезпечення повної обробки заготовки з усіх боків з найменшою кількістю встановлень і при

мінімальному технологічному оснащенні. У процесі розробки схеми послідовності обробки проводиться ескізне проектування пристосувань для базування і закріплення заготовок на кожному встановленні.

Після визначення необхідної кількості та послідовності встановлень визначається послідовність обробки по зонах, що утворені конструктивними особливостями заготовки (внутрішній та зовнішній контури, вікна, кріпильні отвори, приливи тощо). У кожній зоні виділяються окремі елементи, для яких встановлюються вид обробки і необхідні типорозміри різальних інструментів.

Окремі елементи, що обробляються одним інструментом, групуються як всередині даної зони, так і за всіма зонами. Таке групування дозволяє виявити кількість типорозмірів різальних інструментів для обробки всієї заготовки і з'ясувати можливість обробки всіх доступних зон при даному встановленні набором інструментів, розташовуваних у ІМ або РГ верстата з ЧПУ, що обладнаний пристроями автоматичної зміни інструментів. У тому випадку, коли різальний інструмент, необхідний для обробки всіх елементів заготовки при даному встановленні, не розміщується у ІМ або РГ верстата, необхідно або поділити операцію на частини, що виконуються на однакових встановленнях, або змінювати інструменти вручну із запрограмованою зупинкою верстата.

Послідовність обробки по зонах визначається конструкцією вихідної заготовки. При визначенні послідовності обробки по зонах впливає доцільність дотримання, де це можливо, принципу, що забезпечує максимальну жорсткість заготовки на кожній ділянці обробки. Так, обробку корпусної заготовки з ребрами доцільно починати з фрезерування торців ребер до обробки контуру заготовки, тому що ребра при цьому будуть більш жорсткими. Обробку внутрішнього контуру заготовки необхідно виконувати від центра до периферії.

Точіння заготовки, послідовність обробки якої нічим не обумовлена, необхідно починати з більш жорсткої частини і закінчувати зоною малої жорсткості.

Послідовність видів обробки всередині кожної зони може бути вибрана за досвідом обробки заготовок на універсальних верстатах. Визначення послідовності обробки елементів заготовки, що знаходяться в даній зоні, виконується на стадії проектування операційного ТП.

Технологічна операція механічної обробки заготовки на верстаті з ЧПУ на відміну від загального визначення поняття технологічної операції обмежена додатковою умовою її виконання при одному налагодженні верстата. Вона може бути визначена наступним чином: технологічна операція механічної обробки на верстаті з ЧПУ – це частина ТП, що виконується безперервно на одному робочому місці при одному налагодженні верстата над одним або декількома одночасно оброблюваними виробами одним або декількома робітниками.

Умови збереження незмінного налагодження верстата допускають можливість використання для виконання операції одного і того ж технологічного оснащення і технічної документації. Так, при безперервній обробці фланця на токарному верстаті з ЧПУ з перевстановленням його у трикулачковому патроні одна операція буде тільки в тому випадку, коли не потрібно додаткового налагодження верстата і є одна УП обробки, у якій передбачені запрограмована зупинка для перевстановлення заготовки та автоматичне настроювання “плаваючого нуля”, тобто початок програми.

У протилежному випадку операція розбивається на дві:

- 1) обточування фланця та розточування отвору;
- 2) обточування ступинці.

У першому випадку має місце одна операція і два встановлення, а в другому – дві

операції по одному встановленню в кожній операції. Як і при обробці на верстатах з РУ, усі рухи, зв'язані з виконанням технологічної операції на верстаті з ЧПУ, поділяються на основні та допоміжні.

До допоміжних відносяться рухи, що безпосередньо не зв'язані з обробкою та утворенням нових поверхонь. Допоміжні рухи поділяються на три види: врізання, вихід інструмента із зони обробки, холостий хід. На відміну від верстатів з ручним управлінням, час допоміжного руху є складовою частиною основного часу роботи верстата з ЧПУ.

Крім того, операції механічної обробки заготовок на верстатах з ЧПУ містять у собі ряд допоміжних переходів (встановлення, закріплення та зняття заготовки, зміна інструментів, вимірювання, зміна позицій, пуск верстата), що можуть виконуватись як вручну оператором, так і автоматично за УП в залежності від моделі та ступеня автоматизації верстата.

10.1.3.5. Вибір обладнання для обробки деталей різних груп

Маршрутна технологія визначає насамперед принципову схему ТП. На цьому етапі виявляються типи верстатів з ЧПУ, що необхідні для обробки даної деталі. Далі на стадії розробки маршрутного ТП деталізується розгляд обладнання з метою вибору для кожної операції конкретної моделі верстата. Ефективність обробки деталей визначається сукупністю наступних вихідних показників:

- продуктивності верстата;
- технологічної собівартості обробки;
- експлуатаційної та технологічної надійності обладнання;
- якості обробки, що досягається (точність розмірів, точність взаємного розташування поверхонь, шорсткість останніх тощо);
- витрат на підготовку виробництва.

Детальний розрахунок цих показників вимагає повної розробки ТП (структури операції, траєкторії руху різальних інструментів, режимів обробки, складових норми часу), що недоцільно, а у ряді випадків неможливо виконати при виборі обладнання в процесі розробки маршрутного ТП.

При автоматизованому проектуванні ТП обладнання вибирають на основі інформаційних моделей, побудованих на базі функцій пріоритетів. Це дозволяє для кожної конкретної деталі робити висновки про показники якості обладнання (різних верстатів): продуктивність, собівартість, точність, витрати на підготовку виробництва. Однак і в цьому випадку вибір найкращої моделі верстата залежить від конкретних умов виробництва. Тому тільки технолог-проектувальник може дати якісну оцінку кращих показників.

Існує визначена залежність між вартістю верстата C та його технологічними можливостями. Наприклад, найдорожча модель токарного верстата, яким закінчується класифікаційний ряд, має магазин інструментів з АЗІ, що дає можливість обробляти складні деталі. На практиці після ранжування верстатів даного типу за вартістю та технологічними можливостями виділяється клас деталей, які доцільно обробляти на цих верстатах. Деталі класифікуються за сукупністю ознак, що визначають майбутній економічний ефект. Найменший перелік таких ознак наступний:

- величина партії Π не повинна перевищувати нормативне значення Π_n ;
- кількість операцій Q , що концентруються на верстаті, не повинна перевищувати нормативну Q_n ;

– габаритні розміри деталей L не повинні перевищувати граничні значення для верстатів $L_{\text{н}}$.

Обладнання для обробки деталей типу тіл обергання. До деталей типу тіл обергання відносяться пальці, диски, зубчасті колеса, фланці, стакани, сепаратори, втулки, вали, шпинделі. При підборі номенклатури деталей для обробки їх на верстатах з ЧПУ деталі цього класу розбиваються на дві підгрупи:

- 1) деталі, що підлягають обробці на патронних токарних верстатах (зубчасті колеса, фланці, кільця, сепаратори, втулки тощо);
- 2) деталі, що підлягають обробці на центрових токарних верстатах (східчасті вали, шпинделі, ходові гвинти тощо).

При підборі деталей першої підгрупи необхідно враховувати, що для їхньої обробки можуть знадобитись декілька груп верстатів. Це створює сприятливі умови для формування замкнених ділянок з верстатів з ЧПУ. Деталі цієї підгрупи мають багато переходів і складну конфігурацію, тому верстати повинні бути оснащені великою кількістю інструментів. Якщо необхідно є додаткова обробка деталей (свердління, фрезерування, шліфування), то застосовуються верстати з ЧПУ інших груп або токарні багатоцільові верстати.

Щодо деталей другої підгрупи, то їх чорнову обробку доцільно виконувати на одноінструментних токарних верстатах з ЧПУ. Для напівчистої, а в деяких випадках і чистої обробки східчастих валів та шпинделів рекомендуються багатоінструментні токарні верстати з ЧПУ.

Доробка деталей типу валів або шпинделів (свердління неспіввісних отворів, фрезерування шпонкових пазів тощо) найчастіше виконується на універсальному обладнанні. Однак існує тенденція виконувати операції свердління та фрезерування подібних деталей разом з токарною обробкою. Для цього використовуються токарні багатоцільові верстати.

Обладнання для обробки деталей, що вимагають операцій фрезерування. Спочатку визначається тип верстата, що забезпечує обробку з одночасним управлінням переміщенням інструмента за визначеною кількістю координат. Для цього групуються деталі, що вимагають фрезерної обробки, за числом необхідних координат та габаритними розмірами. Це дозволяє визначити тип верстата за габаритними розмірами його стола або розмірами зони обробки.

Площинні деталі (планки, косинки, кришки, плити, плоскі кулачки тощо), що мають пази, вікна, скоси, уступи, криві поверхні, для яких може бути використаний один інструмент, доцільно обробляти на одноінструментних фрезерних верстатах. Якщо конструкція на деталях містить кріпильні східчасті отвори різного діаметра і різної глибини, то їх доцільно обробляти на багатоінструментних фрезерних верстатах. На цих верстатах можна також виконувати чорнове, напівчистове і чистове розточування отворів 7–8 квалітету.

Обладнання для обробки деталей середнього лиття. Деталі середнього лиття (важелі, кронштейни, середні корпусні деталі) необхідно обробляти з максимальною концентрацією операцій на верстаті. Першу операцію рекомендується виконувати так, щоб базова площина і базові отвори оброблялись з одного встановлення.

Обробку деталей, що мають отвори в п'ятьох площинах, доцільно поділити на дві операції:

- 1) підготовка баз на вертикально-розточувальних або фрезерних верстатах;
- 2) обробку отворів (у тому числі кріпильних) і площин з чотирьох сторін на багатоцільових верстатах.

При виборі обладнання для обробки корпусних і базових деталей розрізняються дві групи деталей.

1. Корпуси коробчастої форми, що характеризуються прямокутними контурами, приблизно рівними габаритними розмірами, наявністю внутрішніх перегородок, значним числом точних отворів з паралельними і перпендикулярними осями.

Для деталей даної групи може вимагатись обробка по п'яти-шести площинах. Для цього рекомендується використовувати верстати з ЧПУ наступних типів:

- для чорнової обробки – горизонтальні верстати з ручною зміною інструментів;
- для напівчистових операцій (підготовки базової площини і двох базових отворів, свердління всіх кріпильних отворів) – вертикально-фрезерні з РГ;
- для чистових операцій (обробки трьох площин) – багатоцільові верстати.

2. Корпуси, полозки і каретки – це деталі, у яких два габаритних розміри (довжина і ширина) значно перевищують третій (висоту) і в яких необхідно обробляти різні поверхні, напрямні, Т-подібні пази, отвори 7–8-го квалітету. Чорнову, напівчистову і частково чистову обробку цих деталей рекомендується виконувати на поздовжньо-фрезерних верстатах з ЧПУ.

Перераховані вимоги і рекомендації щодо вибору обладнання не є остаточними та абсолютними. На практиці часто вирішальне значення мають реальні умови виробництва.

10.1.3.6. Особливості вибору параметрів режимів обробки для верстатів з ЧПУ

У порівнянні зі звичайними верстатами при виборі параметрів режимів різання для верстатів з ЧПУ повинні бути враховані руйнування твердосплавного інструментів, економічна стійкість інструментів і стабільність режимів різання.

Твердосплавні інструменти виходять з ладу через зношування або крихке руйнування. Звичайно при виборі параметрів режимів різання для універсального обладнання з ручним управлінням крихке руйнування не розглядається. Мається на увазі, що робітник спостерігає за різанням і при викришуванні інструмента відводить різець, чим запобігає небажаним наслідкам крихкого руйнування. Верстат з ЧПУ працює за напівавтоматичним циклом, а зона обробки на токарних верстатах закрита кожухом, тому викришування інструмента може призвести до браку деталі і поломки верстата. Практика показує, що до 30–50% інструментів, особливо токарних різців, виходять з ладу внаслідок крихкого руйнування. Процес викришування носить ймовірнісний характер. Точно іноді не можна сказати, чи відбудеться викришування інструмента в тій або іншій конкретній ситуації, можна тільки враховувати і попереджати явища, що підвищують ймовірність викришування.

Фактори, зв'язані з руйнуванням інструментів, можна поділити на три групи:

- 1) якість твердосплавних інструментів (марка матеріалу, залишкові напруження, мікротріщини);
- 2) величина і характер навантаження твердосплавних пластин;
- 3) стабільність процесу обробки.

Будь-які дестабілізуючі фактори підвищують ймовірність викришування: нерівномірний припуск, дефекти поверхні, вібрації системи ВПД тощо. Величина напружень залежить в основному від подачі, а їх характер – від геометрії інструментів. Пластина може працювати на згин та стиск. Навантаження на стиск менше сприяє крихкому руйнуванню інструмента.

Режими різання визначають енергетичні витрати на обробку.

Потужність різання, кВт, визначається за формулою:

$$N = 9,8 \cdot \frac{P_z \cdot V}{60 \cdot 75 \cdot 1,36},$$

де P_z – тангенційна складова сили різання, Н;
 V – швидкість різання, м/хв.

Розрахунок потужності різання дозволяє правильно вибрати потужність головного приводу верстата та оцінити жорсткість системи ВПД.

Режими різання визначають також інтенсивність зношування інструментів і, отже, їх стійкість T при найбільшій продуктивності верстата:

$$T = (1/m - 1) \cdot t_{\text{зам}},$$

де $t_{\text{зам}}$ – час роботи інструмента до заміни;

m – показник відносної стійкості (для твердосплавних інструментів $m = 0,2$).

Економічна стійкість – це стійкість, що для заданих умов обробки забезпечує найбільшу продуктивність та мінімальну вартість обробки:

$$T_e = (1/m - 1) \cdot t_{\text{зам}} \cdot \left(t_{\text{зам}} + \frac{\theta_t + \theta_n}{E} \right),$$

де T_e – економічна стійкість інструмента, хв;

θ_t – витрати, пов'язані з роботою інструмента впродовж одного періоду стійкості, коп.;

θ_n – витрати, зв'язані з переточуванням інструмента, коп.;

E – вартість однієї верстато-хвилини, включаючи заробітну платню робітника з нарахуваннями, коп.

На верстатах з ЧПУ з автоматичною заміною інструментів економічна стійкість кожного інструмента може бути прийнята рівною 15–25 хв, тобто значно меншою, ніж на верстатах з ручним управлінням. Це дозволяє форсувати режими обробки та одержувати на верстатах з ЧПУ високу продуктивність обробки. Однак інтенсифікація режимів підвищує ймовірність крихкого руйнування інструментів. Усунення наслідків викришування пластин вимагає значних витрат часу, а це знижує продуктивність. Якщо в даних умовах ймовірність викришування інструментів висока, то інтенсифікація режимів різання є неприпустимою і не має сенсу зниження економічної стійкості інструментів.

Із врахуванням сказаного вище можна рекомендувати вибір параметрів режимів різання для верстатів з ЧПУ в такій послідовності (для заданих умов обробки):

1) глибина різання;

2) подача;

3) економічна стійкість;

4) швидкість різання (відповідно до співвідношення $V = C_v / T_e^m$, де C_v – коефіцієнт, що враховує оброблюваний матеріал, геометрію інструмента тощо).

При цьому враховується рівень технологічного забезпечення, під яким розуміють створення умов, що підвищують надійність системи ВПД та стабільність процесу обробки, правильний вибір та підвищення якості заготовок, подрібнення стружки, забезпечення рівномірного припуску заготовок, високу якість та правильний вибір інструментів, раціональне обслуговування обладнання тощо.

При виборі подачі, крім звичайних поправок, вводяться поправки на ймовірність викришування пластин:

$$S = S_n \cdot k_s,$$

де S_n – номінальна подача;

k_s – коефіцієнт ймовірності в залежності від рівня технологічного забезпечення.

При високому рівні технологічного забезпечення $k_s = 1, 1 \dots 1, 4$. При його зменшенні, наприклад, $k_s \leq 1$, зменшується подача, а отже, зменшується навантаження на різальну кромку та ймовірність викришування.

Економічну стійкість інструмента T'_e при роботі на верстатах з ЧПУ можна просто визначити в залежності від відомої номінальної економічної стійкості T_e , що встановлена для верстатів з ручним управлінням:

$$T'_e = T_e \cdot k_T,$$

де k_T – загальний коефіцієнт рівня технологічного забезпечення для верстатів з ЧПУ.

При високому рівні забезпечення $k_T = 0, 25 \dots 0, 3$, а $T'_e = 15 \dots 20$ хв. При недоліках у технологічному забезпеченні k_T зростає і може бути більше одиниці. Це змушує зменшити параметри режимів різання, але при цьому підвищується ймовірність безвідмовної роботи, тобто досягається максимальна продуктивність обробки.

Після визначення T'_e вибирається швидкість різання, що забезпечує економічну стійкість.

10.1.3.7. Розробка технологічної документації

Наступною після технологічного переопрацювання креслень деталей є розробка технологічної документації. Вона необхідна для складання УП і для безпосередньої обробки заготовок на верстатах з ЧПУ.

Технологічна документація включає:

- 1) карту налагодження;
- 2) операційну технологічну карту;
- 3) схему руху кожного з різальних інструментів;
- 4) операційну розрахунково-технологічну карту (РТК);
- 5) карту програмування;
- 6) креслення спеціальних інструментів і технологічного оснащення.

Карта налагодження призначена для налагодження технологічної системи на обробку заготовок на конкретному верстаті з ЧПУ. В залежності від призначення карта налагодження може бути груповою або індивідуальною. Групова карта налагодження розробляється для заготовок, що об'єднані груповим класифікатором, тобто для груп деталей, а індивідуальна – для однієї заготовки.

Операційна технологічна карта призначена для детального опису ТП обробки кожної конкретної заготовки при виконанні даної операції. В операційній технологічній карті вказуються найменування та послідовність переходів, режими різання, основний і допоміжний час кожного переходу, номер позиції РГ (ІМ), різальні інструменти та технологічне оснащення. Запис переходів проводиться звичайним способом, прийнятим для опису ТП обробки на верстатах з ручним управлінням. Для кожного переходу призначаються параметри режимів різання:

швидкість V , м/хв; подача S , м/хв; глибина різання t , мм; частота обертання n , хв⁻¹; вказуються довжини поверхонь, що оброблюються, L , мм.

Основний T_0 (хв) і допоміжний T_d час розраховуються за вищенаведеними даними із врахуванням довжин і швидкостей робочих і холостих ходів. Довжини робочих і холостих ходів визначаються зі схеми переміщень інструментів, на якій зображуються траєкторії руху різальних кромки (вершин) інструментів.

На основі операційної технологічної карти і схеми руху різальних інструментів проєктуються операційні розрахунково-технологічні карти, що є вихідними документами для складання карт програмування. Інформація, що міститься в картах програмування, записується на програмоносії у визначеному для даної системи ЧПУ коді. Таким чином завершується підготовка УП для роботи верстатів з ЧПУ.

На наступному етапі розробляються креслення спеціальних різальних інструментів та технологічного оснащення за технічними завданнями технологів, що проєктують технічну документацію для верстатів з ЧПУ. При розробці креслень на спеціальні різальні інструменти враховуються конструктивні особливості штатних різальних інструментів і оснащення, що поставляються з верстатами. Технічні вимоги на виготовлення спеціальних різальних інструментів та оснащення повинні відповідати вимогам щодо встановлення штатних інструментів та оснащення. Особлива увага приділяється забезпеченню взаємозамінності базових елементів інструментів та оснащення і їх відповідності встановлювальним елементам верстатів. Від якості проєктування та виготовлення різальних інструментів і технологічного оснащення багато в чому залежить точність заготовок, що оброблюються на верстатах з ЧПУ методом автоматичного одержання розмірів.

Перевірка і коригування технологічної документації є одним з важливих етапів ТПВ. Відхилення форми і розмірів, що виникають при обробці заготовок на верстатах з ЧПУ, часто бувають обумовлені помилками на стадії підготовки УП та похибками при настроюванні та роботі верстатів. Помилки на стадії підготовки УП виникають в основному при складанні схеми переміщення інструментів і заповненні карт програмування. Ці помилки можуть бути частково усунуті додатковою перевіркою даних, внесених в карти.

Для виявлення грубих помилок, що можуть виникнути на стадії підготовки УП, проводиться відпрацювання УП на верстаті без встановлення інструментів, оснащення і заготовки.

Порівняно незначні похибки, що виникають при настроюванні та роботі верстатів і викликані неточністю положення на верстатах різальних інструментів, деформаціями елементів технологічної системи, температурними деформаціями та іншими факторами, компенсуються введенням корекції на пульті ПЧПУ. Періодичною корекцією компенсується розмірне зношування різальних інструментів. Компенсація похибок проводиться за результатами пробної обробки першої заготовки або контрольної деталі. Ці перевірки дозволяють виявити та усунути не тільки похибки, обумовлені процесом настроювання верстатів та обробки заготовок, але і дрібні помилки, що виникли на стадії підготовки та складання УП.