

Лекція 13. ТОКАРНІ ОПЕРАЦІЇ НА ВЕРСТАТАХ З ЧПУ (продовження)

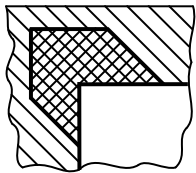
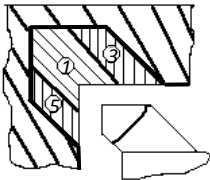
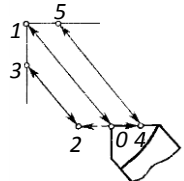
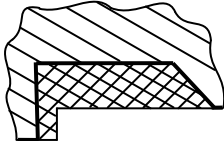
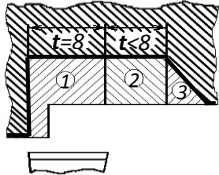
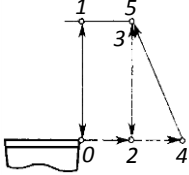
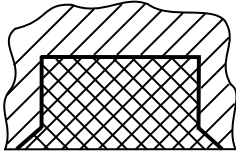
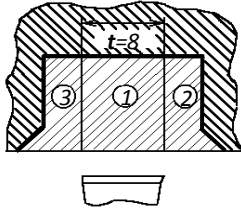
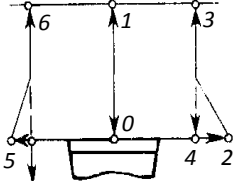
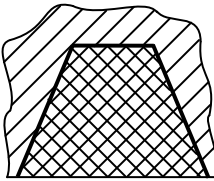
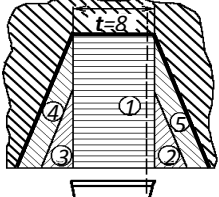
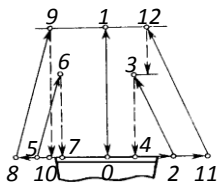
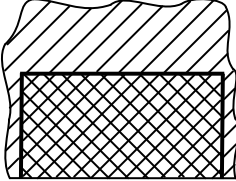
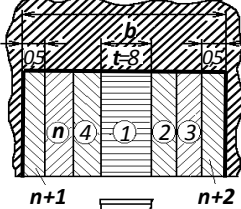
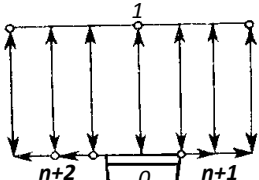
13.1. Типові схеми переходів при токарній обробці додаткових поверхонь

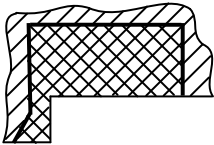
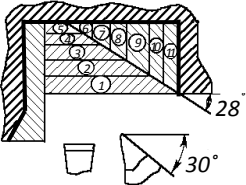
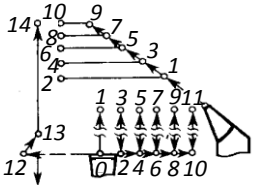
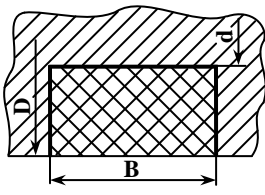
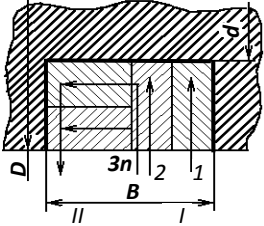
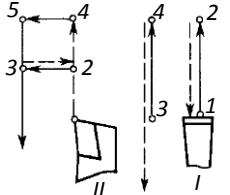
Типові схеми обробки деяких додаткових елементів деталей показані в табл. 13.1.

За схемою 1 необхідно обробляти зовнішні кутові канавки для виходу шліфувального круга.

Таблиця 13.1

Типові схеми обробки канавок, проточок, жолобів

| № схеми | Елемент контуру | Поділ припуску | Траєкторія інструмента |
|---------|---|--|---|
| 1 |  |  |  |
| 2 |  |  |  |
| 3 |  |  |  |
| 4 |  |  |  |
| 5 |  |  |  |

| № схеми | Елемент контуру | Поділ припуску | Траєкторія інструменту |
|--|---|--|---|
| 6 |  |  |  |
| 7 |  |  |  |
| Примітка. Прийняті позначення: B – ширина робочої частини різця; l – глибина різання; числа в кружках – послідовність робочих ходів | | | |

Число проходів залежить від співвідношення розмірів різця та канавки. Рекомендується підбирати інструмент таким чином, щоб обробку завершити за один або за три ходи.

Схема 2 рекомендується при обробці зовнішніх проточок для виходу різьорформувального інструмента. Ширину частини прорізного різця доцільно вибирати таким чином, щоб обробку завершити за два або три ходи, як це показано в табл. 2.11.

Схема 3 є найбільш раціональною для обробки канавок для пружинних, пружинних упорних, ущільнювальних та поршневих кілець. Ширина робочої частини різця вибирається такою, щоб обробку канавки виконати за три ходи.

За схемою 4 доцільно обробляти канавки шківів, канавки для сальникових повстяних кілець, а також торцеві канавки.

Прямі канавки обробляються прорізним різцем за типовою схемою 5. При параметрі шорсткості поверхонь канавки $R_z = 40$ мкм і більше обробка ведеться без чистових ходів, позначених під номерами $(n + 1)$ та $(n + 2)$. Загальне число ходів дорівнює:

$$n = (b - B)/(B - 1),$$

де **b** – ширина канавки;

B – ширина робочої частини різця.

У цій формулі знаменник зменшений на 1 мм для забезпечення необхідного перекриття між сусідніми ходами.

При параметрах шорсткості торців канавки $R_z = 20-10$ мкм виконуються чистові ходи обробки цих торців, як це показано на схемі. Під ці ходи

залишають припуск по 0,5 мм на сторону, внаслідок цього загальне число ходів дорівнює:

$$n = (b - B - 1) / (B - 1). \quad (13.1)$$

Якщо названі параметри шорсткості повинні бути забезпечені і по дну канавки, то вводиться додатковий прохід для зачищення дна, під який також залишають припуск.

Для широких ($b \geq 6B$) і глибоких канавок рекомендується застосовувати комбіновану схему, відповідно до якої обробка виконується за два переходи – контурним і канавковим різцями.

Зона переходу, що виконується контурним різцем з головним кутом у плані $\phi = 95^\circ$ і допоміжним $\phi = 30^\circ$, формується за допомогою прямої з кутом нахилу $\alpha = 28^\circ$ (схема 6). Обробка цієї зони ведеться за схемою чорнового рядка закритого типу. Торець завжди підрізається прорізним різцем після завершення обробки контурним різцем. Чистові ходи по торцях і дну канавки призначаються як і в попередньому випадку.

Широкі канавки можна обробляти також прорізним I і упорно-прохідним II різцями (схема 7). Спочатку прорізний різець формоутворює канавку за декілька робочих ходів, потім видаляється припуск упорно-прохідним різцем.

13.2. Типові схеми нарізання різей

На токарних верстатах з ЧПУ різі нарізаються найчастіше за допомогою різців.

Існують два основних види формоутворення різей різцями – із застосуванням радіального та бічного врізання.

При радіальному врізанні інструмент працює в умовах невідного різання. Стружка формується одночасно двома кромками різця, процес її утворення ускладнюється. Вона завивається в спіраль, і її відведення від різця ускладнюється, оскільки шари металу, що зрізаються обома кромками, прагнуть загинатись в напрямку один від одного. Тому така схема застосовується або при нарізанні дрібних різей з кроком до 2 мм включно, або для чистової обробки профілю.

Для чорнових ходів при нарізанні різей з кроком понад 2 мм використовується бічне врізання, при якому стружка утворюється тільки однією кромкою різця, що покращує її відведення.

Поширеним є багатопрохідне нарізання різей з великим числом не тільки чорнових, але і чистових ходів.

В табл. 13. 2 наведені рекомендації щодо кількості ходів при нарізанні метричних трикутних різей.

На токарних верстатах з ЧПУ можна нарізати як циліндричні та конічні різі, так і різі, що розташовані на торцях, перпендикулярних до осі обертання деталей.

13.3. Рекомендована послідовність переходів при токарній обробці

При технологічному проектуванні структури операцій, що виконуються на токарних верстатах з ЧПУ, можуть бути використані типові послідовності переходів.

При обробці деталей у центрах рекомендується така узагальнена послідовність переходів:

1.0 – чорнова обробка чорнових поверхонь, з числа яких першими обробляються поверхні, що вимагають робочих переміщень різальних інструментів у напрямку до передньої бабки;

2.0 – чорнова (за необхідності) і чистова обробка додаткових елементів, крім зарізових канавок, канавок для виходу шліфувального круга, різей і дрібних виточок;

Таблиця 13.2

Число ходів при нарізанні метричних трикутних різей різцями

| Крок різі, мм | Число ходів | | |
|---------------|--------------------------|--------------------------|----------|
| | при боковому врізанні | при радіальному врізанні | |
| | | чорнових | чистових |
| 0,75 | – | 3 | 3 |
| 1,00 | – | 3 | 3 |
| 1,25 | – | 4 | 3 |
| 1,50 | – | 4 | 3 |
| 1,75 | – | 5 | 3 |
| 2,00 | – | 5 | 3 |
| 2,50 | 6 | – | 3 |
| 3,00 | 6 | – | 3 |
| 3,50 | 7 | – | 4 |
| 4,00 | 7 | – | 4 |
| 4,50 | 7 | – | 4 |
| 5,00 | 8 | – | 4 |
| 5,50 | 8 | – | 4 |
| 6,00 | 9 | – | 4 |

Примітка. Матеріал, який обробляється, – сталь, чавун, бронза, латунь

3.0 – чистова обробка основних поверхонь, у тому числі:

3.1 – підрізання торця (на першому встановленні);

3.2 – обробка зовнішніх поверхонь;

4.0 – обробка додаткових елементів, що не вимагають чорнових переходів.

Кількість і тип інструментів (інструментне налагодження), що необхідні для виконання операцій обробки в центрах, залежить від застосовуваного кріпильного оснащення і характеру обробки (одно чи двостороння), а також числа додаткових елементів контуру кожної оброблюваної деталі.

Для виконання операцій обробки деталей у патронах рекомендується така узагальнена послідовність технологічних переходів:

- 1.0 – центрування (виконується при свердлінні отворів діаметром до 20 мм);
- 2.0 – свердління; для східчастих отворів при використанні двох свердл процес розбивається на два переходи:
 - 2.1 – свердління свердлом більшого діаметра (велика сходинка);
 - 2.2 – свердління свердлом меншого діаметра (менша сходинка);
- 3.0 – чорнова обробка основних поверхонь:
 - 3.1 – підрізання зовнішніх торців попередньо та остаточно;
 - 3.2 – обробка зовнішніх поверхонь;
 - 3.3 – обробка внутрішніх поверхонь;
- 4.0 – чорнова і чистова обробка додаткових елементів контуру деталі, крім зарізьових канавок для виходу шліфувального круга, різей та дрібних виточок. В тих випадках, коли для чорнової та чистової обробки внутрішніх поверхонь використовується один різець, усі додаткові елементи обробляються після виконання чистових переходів;
- 5.0 – чистова обробка чистових поверхонь деталі, крім зовнішніх торців:
 - 5.1 – внутрішніх поверхонь;
 - 5.2 – зовнішніх поверхонь;
- 6.0 – обробка додаткових елементів, що не вимагають чорнової обробки:
 - 6.1 – у отворах на торцях;
 - 6.2 – на зовнішніх поверхнях.

Схеми виконання операцій при обробці деталей у патронах та інструментні налагодження залежать від числа додаткових елементів контуру кожної деталі та від розмірів та форми осьового отвору.

13.4. Призначення різальних інструментів для токарної обробки

Номенклатура інструментів. Різальні інструменти, що застосовуються на верстатах з ЧПУ, можна поділити на дві великі групи.

У *першу групу* входять інструменти з віссю обертання. Загальним для них є те, що швидкість різання визначається частотою обертання головного приводу верстата і діаметром інструмента. Сюди відносяться стрижневі інструменти для обробки отворів (свердла, зенкери, розвертки, мітчики тощо) і фрези.

До *другої групи* відносяться різці для точіння зовнішніх та внутрішніх поверхонь обертання, а також для підрізання торців.

У комплект інструментів для токарних верстатів з ЧПУ звичайно входять наступні різці (рис. 13.1):

1 – різці прохідні відігнуті праві з $\phi = 45^\circ$ для патронної обробки деталей типу фланців, що забезпечують зовнішнє обточування, проточування торців, виточок та зняття фасок;

2 – різці контурні з паралелограмними пластинами з $\phi = 93\text{--}95^\circ$, що дозволяють виконувати обточування деталей по циліндру та конусу, проточування зворотного конуса з кутом спадання до 30° , обробляти радіусні поверхні, галтелі та проточувати торці рухом від центра деталі до зовнішнього діаметра. Даними різцями можна проточувати канавки для виходу шліфувального круга;

3 – різці контурні з паралелограмними пластинами з $\phi = 63^\circ$, що дозволяють виконувати обробку напівсферичних поверхонь і конусів з кутом спаду до 57° ;

4 – різці різьові з ромбічними пластинами, закріпленими зверху за допомогою прихоплювача. Різці дозволяють нарізати різі з кроком від 2 до 6 мм. Кут профілю забезпечується формою пластини;

5 – різці різьові для нарізання внутрішніх різей. Дозволяють нарізати різі з кроком до 2 мм з близьким підходом до торця. Точність профілю різей забезпечується заточенням пластин. Найменший діаметр отвору, у якому можна нарізати різі, дорівнює 35 мм;

6 – різці з ромбічними пластинами з $\phi = 95^\circ$ для розточування наскрізних отворів;

7 – різці розточувальні з $\phi = 92^\circ$, що дозволяють розточувати отвори діаметром від 22 мм і більше;

8 – різці прохідні з $\phi = 45^\circ$ і квадратними пластинами, ліві для зовнішнього обточування, проточування торців деталей та виточок, зняття фасок. Найбільше застосування знаходять при патронній обробці фланцевих деталей;

9 – різці для проточування зовнішніх прямих канавок шириною від 1 до 6 мм з глибиною, що дорівнює ширині. Пластини спеціальної форми закріплюються за допомогою прихоплювачів. Існують конструкції різців з використанням спеціальних двосторонніх пластин для проточування внутрішніх прямих і зовнішніх кутових канавок. Аналогічні конструкції можуть бути застосовані для обробки канавок під стопорні кільця, радіусні канавки тощо;

10 – різці контурні з пластинами тригранної правильної форми з $\phi = 93^\circ$, що дозволяють проточувати циліндричні та фасонні поверхні. Переваги полягають в тому, що в них використовується три робочі вершини порівняно з двома у різців з паралелограмними пластинами. Однак при цьому жорсткість кріплення пластин зменшується;

11 – різці контурні з пластинами тригранної форми з $\phi = 63^\circ$;

12 – різеві різці для нарізання зовнішніх різей із кроком до 2 мм. Прямокутна різальна пластина закріплюється на державці за допомогою прихоплювача. Профіль вершини різця забезпечується заточенням пластин під кутом, що дорівнює куту профілю різей;

13 – різці прохідні упорні з тригранними пластинами неправильної форми з $\phi = 92...95^\circ$, що дозволяють проточувати східчасті поверхні, фаски, торці рухом від зовнішнього діаметра до центра деталі. Різальна пластина закріплюється клином або важільним пристроєм.

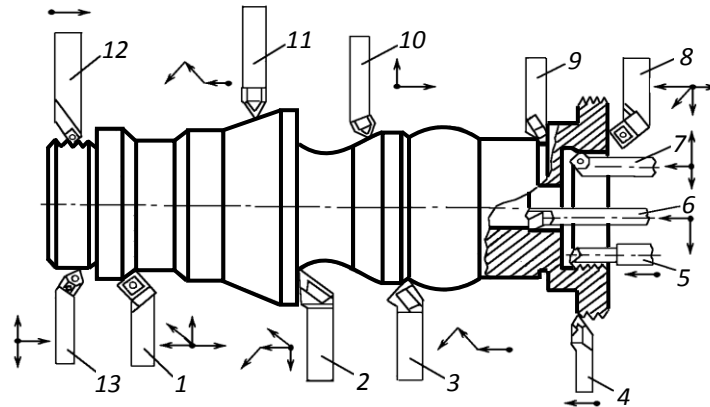


Рис. 13.1. Схема обробки основних типів поверхонь токарними різцями зі змінними багатограними пластинами

Деякі інші види токарних різців представлені на рис. 13.2.

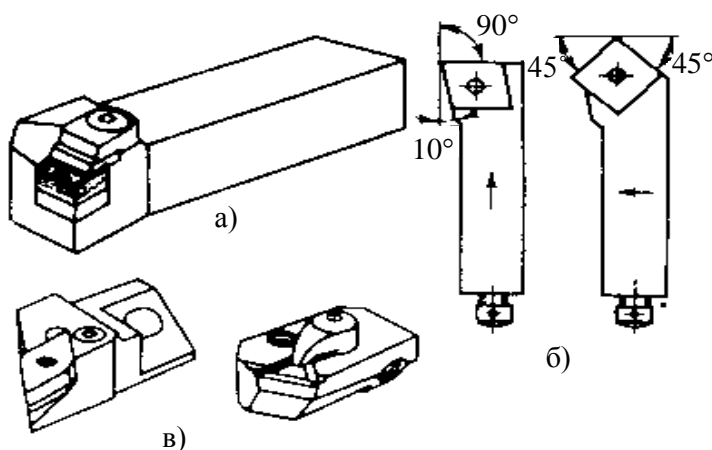


Рис. 13.2. Токарні різці:
а – повномірний (прохідний);
б – різць-вставка з регулюючим гвинтом;
в – скорочені різці-вставки

В залежності від напрямку подачі прохідні різці поділяються на праві та ліві. Для обробки зовнішніх циліндричних, конічних і торцевих поверхонь використовуються у більшості випадків прохідні різці трьох типів:

– чорнові з головним кутом у плані $\phi = 95^\circ$ і допоміжним кутом у плані $\phi_1 = 5^\circ$;

- чистові (контурні) з кутами $\varphi = 95^\circ$ і $\varphi_1 = 30^\circ$;
- комбіновані підрізні з кутами $\varphi = 95^\circ$ і $\varphi_1 = 5^\circ$ (рис. 13.3).

Для обробки внутрішніх основних поверхонь застосовуються центрувальні та спіральні свердла, а також розточувальні різці: чорнові ($\varphi = 95^\circ$; $\varphi_1 = 5-10^\circ$) і чистові (контурні) ($\varphi = 95^\circ$; $\varphi_1 = 30^\circ$).

Розміри розточувальних інструментів визначаються відповідно до розмірів (діаметра та довжини) внутрішніх поверхонь деталей, що обробляються в патроні.

Для вибору розмірів свердел для розсвердлювання багатоступінчастих отворів порівнюється тривалість розточувальних та свердлильних переходів. Звичайно для розточування використовуються твердосплавні різці, а для розсвердлювання – свердла зі швидкорізальних сталей. У зв'язку з цим при розточуванні швидкість різання приблизно в 2,5–3 рази вища, ніж при свердлінні, а подача складає приблизно 0,6–1,0 від подачі при свердлінні. Два проходи розточувальним різцем виконуються швидше, ніж один прохід свердлом.

Зенкери звичайно не включаються до номенклатури інструментів, що використовуються на токарних верстатах з ЧПУ. Це зв'язано з тим, що при обробці отворів на цих верстатах у більшості випадків продуктивніше зняти припуск розточувальним різцем, оскільки при цьому формується більш високоякісна поверхня.

Аналогічною є ситуація з використанням розверток. Токарні верстати з ЧПУ дозволяють за допомогою розточувальних різців одержувати отвори, які за точністю та якістю поверхонь аналогічні отворам, що обробляються з використанням розверток. Тому розвертки теж не доцільно включати в основну номенклатуру інструментів для цих верстатів. Вони можуть бути рентабельні лише при обробці великих партій деталей або отворів великих діаметрів.

Не дивлячись на велику кількість форм додаткових поверхонь, число типорозмірів застосовуваних для їх обробки різальних інструментів різко скорочується за рахунок використання описаних вище типових схем виконання переходів. Для обробки додаткових поверхонь застосовуються прорізні різці (зовнішні, внутрішні та торцеві), внутрішні та зовнішні різці для кутових канавок, а також різьові зовнішні та внутрішні різці для метричних та дюймових різей.

Якщо кількість вибраних інструментів перевищує кількість позицій магазину або РГ верстата, то доцільним є виконання одного з наступних заходів:

- 1) застосування комбінованих різальних інструментів, наприклад, сверделцекових;
- 2) перенесення обробки на інший верстат з ЧПУ, що має більшу кількість позицій або вимагає для обробки меншої кількості інструментів;

3) поділ обробки на дві операції, що виконуються за два встановлення на одному і тому ж верстаті з ЧПУ;

4) заміна типу різця, наприклад, заміна упорно-прохідного різця контурним, що допускає більші можливості щодо переміщень;

5) обробка фасок різцем за УП;

б) винесення окремих переходів за межі операції, що виконується на верстаті з ЧПУ.

Виключати переходи і переносити їх в операцію обробки на верстаті з ручним управлінням доцільно в такій послідовності:

а) не виконувати перехід “обробка фаски”;

б) не виконувати перехід “нарізання різі”;

в) не виконувати перехід “розвертання”.

Результати проектування інструментального налагодження заносяться до карти налагодження, що містить всі відомості, необхідні для налагодження верстата на конкретну операцію. При підготовці УП вручну карту налагодження заповнює технолог-програміст у процесі роботи над ТП і УП. При автоматизованих методах технологічного проектування карта налагодження виводиться з ЕОМ разом з УП і картою операційного ТП.

Карта налагодження звичайно містить розділи щодо параметрів верстата та кріпильного оснащення, деталі, власне інструментного налагодження, а також розподілу блоків корекції траєкторії інструментів ПЧПУ верстата.

У розділі, присвяченому верстату, вказується модель і номер верстата, модель ПЧПУ. Там же фіксуються координати вихідної (нульової) точки верстата, величини зміщення цієї точки (за необхідності) і деяка додаткова інформація, що залежить від конструкції верстата (наприклад, діапазон частот обертання, що встановлюється вручну, відсоток чи підвищення (зниження) робочих подач тощо).

У розділі оснащення записується його шифр і характер обробки (в центрах, в патроні тощо).

Опис власне налагодження представляє собою таблицю, у яку заноситься шифр інструмента, номер позиції в РГ або інструментальному магазині верстата і номер коректора (якщо конструкція верстата та системи ЧПУ передбачає його наявність в ПЧПУ), закріпленого в УП за даним інструментом. Сюди ж доцільно заносити розміри деталі, які необхідно контролювати в процесі налагодження і при наступній обробці, номер кадра УП, при обробці якого формується контрольний розмір. Причому необхідно вказати цей розмір, розмір з допустимим верхнім та нижнім відхиленнями, а також номери блоків корекції та коригувальні поправки, що встановлюються на зазначених блоках (за необхідності).

13.5. Вибір параметрів режимів різання при токарній обробці

При обробці деталей на верстатах з ЧПУ в основному зберігається методика, розроблена для звичайних верстатів, але разом з тим існують деякі особливості.

Загальна послідовність вибору параметрів режимів різання при токарній обробці загально відома і полягає у визначенні глибини, подачі та швидкості різання.

У кожному випадку вибирається максимально можлива глибина різання, що визначається припуском на обробку та можливостями верстата. Якщо для обробки якої-небудь поверхні передбачено два чи три проходи (наприклад, чорновий напівчистовий та чистовий), то загальний припуск ділиться відповідно на дві або три частини, кожна з яких прагнуть зняти за один робочий хід. Від глибини різання залежать ширина зрізу і довжина робочої частини різальної кромки інструмента.

Величина чистового припуску залежить від ряду факторів, основними з яких є необхідні точність та шорсткість поверхні деталі, необхідність у наступній обробці, характер попередньої обробки тощо.

Глибина різання при чорнових проходах в першому наближенні задається в залежності від жорсткості інструмента, міцності та розмірів пластини твердого сплаву. Максимально допустима глибина різання при чорнових проходах і середня рекомендована (при табличному визначенні режимів різання) звичайно вказується у картах відповідного інструмента або у нормативах. При оптимізації параметрів режимів різання попередньо призначена глибина різання зазвичай коригується відповідно до призначених подачі та швидкості різання.

Подача призначається максимально допустимою за умовами технічних обмежень.

Такими обмеженнями для подачі при чорновій обробці є:

- жорсткість оброблюваної деталі;
- жорсткість різця;
- міцність державки різця;
- міцність пластин різальних різця;
- міцність механізму подач верстата;
- найбільший крутний момент;
- потужність головного приводу і приводу подач;
- граничні хвилинні подачі на верстаті.

Подачі при чорновому точінні звичайно наводяться у відповідних таблицях і коригуються різними коефіцієнтами в залежності від умов обробки. На верстатах з ЧПУ подачу при першому проході заготовок, що мають биття по торцю, зовнішньому діаметру або отвору на ділянці входу різця звичайно знижують на 20–30 % для запобігання відколів різальних кромки.

Подача S_j при однопрохідному чистовому точінні призначається із врахуванням вимог до шорсткості та точності відповідних поверхонь в залежності від необхідної точності деталі та похибки заготовки:

$$S_j = S_1 = \left(\frac{2,5}{C_p} \right)^{4/3} \cdot \left(\frac{\Delta_{дет}}{\Delta_{заг}} \right) \cdot J^{4/3},$$

де $\Delta_{дет}$ – допустима похибка деталі, мм;

$\Delta_{заг}$ – похибка заготовки, мм;

J – жорсткість системи ВПД, Н/м;

C_p – коефіцієнт, що залежить від характеристик оброблюваного матеріалу.

Подача S_{Rz} , мм/об, що забезпечує необхідну шорсткість поверхні, знаходиться за формулою:

$$S_{Rz} = \frac{C_n \cdot R_{zmax}^a \cdot r^u \cdot k_\mu}{t^x \cdot \varphi^z \cdot \varphi_1^z} \cdot V^n,$$

де C_n – постійний коефіцієнт;

R_{zmax} – найбільша висота мікрорівностей, мкм;

r – радіус при вершині різця, мм;

k_μ – поправковий коефіцієнт;

φ, φ_1 – головний та допоміжний кути різця в плані, град;

V – швидкість різання, м/хв;

a, u, x, z, n – показники степенів.

Розраховані за наведеними формулами подачі не повинні бути менші найменшої хвилинної подачі на верстаті $S_{хв\ min}$ і найменшої подачі $S_{різ\ min}$, що забезпечує нормальне різання.

При вибраних глибині різання та подачі задається така швидкість різання, яка забезпечувала б оптимальну стійкість інструмента.

Стійкістю інструмента називається період часу його роботи між переточуваннями.

Нагадаємо, що при різанні розрізняють зношування по задній і передній гранях. Найчастіше за критерій зношування приймається ширина стрічки зношування h_z по задній грані. У кожному випадку можна встановити допустиме зношування (величину h_z), при досягненні якого інструмент підлягає переточуванню.

Орієнтовне допустиме зношування h_z дорівнює:

– при чорновому точінні:

– 1,8 мм для пластин, що не переточуються;

– 1–1,4 мм для різців з напаяними пластинами з твердого сплаву;

– при чистовому точінні – 0,4–0,6 мм для твердосплавних різців.

У практиці робіт на верстатах з ЧПУ значення допустимого зношування можуть відрізнятися від зазначених. Це залежить від вимог, що вказуються до заданої точності обробки, циклів примусової заміни інструментів, циклів підналагодження інструментів тощо.

Значний вплив на вибір параметрів режимів різання на верстатах з ЧПУ визначає можливість швидкої зміни зношених інструментів новими з автоматичним їх підналагодженням.

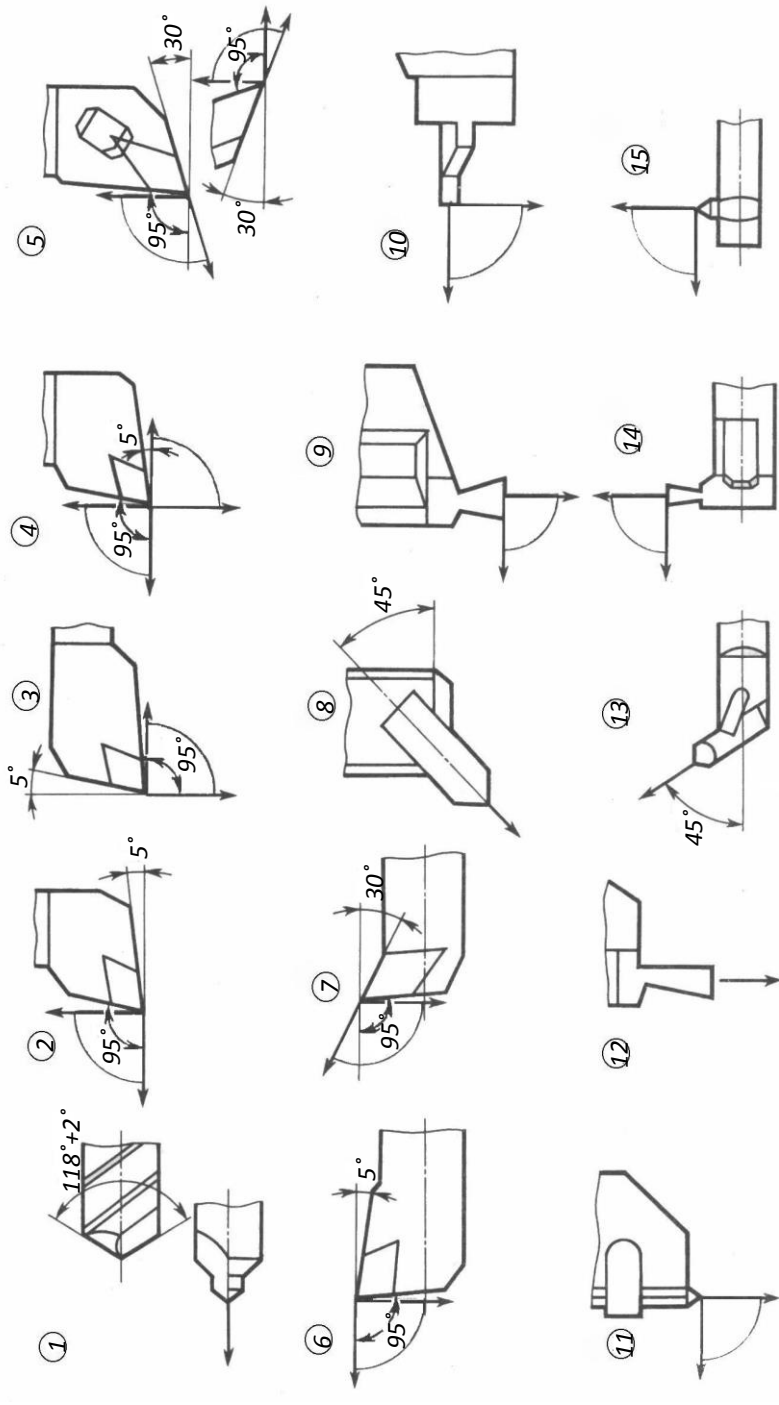


Рис. 13.3. Номенклатура різальних інструментів для токарних верстатів з ЧПУ із вказанням напрямків робочої подачі:

- 1 – свердла спіральні та центрувальні; 6 – різець розточувальний прохідний;
- 11 – різець різьбовий; 7 – різець розточувальний контурний;
- 2 – різець прохідний лівий; 8 – різець для кутових канавок;
- 12 – різець відрізний; 9 – різець прорізний;
- 3 – різець прохідний (підрізний) правий; 10 – різець для проточування торцевих канавок;
- 13 – різець розточувальний для кутових канавок;
- 4 – різець прохідний (підрізний) лівий; 15 – різець різьбовий розточувальний
- 14 – різець прорізний розточувальний;
- 5 – різці контурні ліві та праві;