

ОБРОБКА МАТЕРІАЛІВ В МАШИНОБУДУВАННІ

Г.Д. Василюк, П.П. Мельничук

**ДОСВІД УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ НАЛАДОК
ТОКАРНО-РЕВОЛЬВЕРНИХ ВЕРСТАТІВ З ЧПК**

Узагальнений досвід використання технологічних наладок токарно-револьверних верстатів виробництва Бердичівської верстатобудівної фірми "Беверс", які працюють на ряді підприємств України та інших країн СНД.

На ряді підприємств СНД Житомирським інженерно-технологічним інститутом проведені дослідження технологічних наладок токарно-револьверних верстатів з ЧПК (ТРВ) моделі 1В340Ф30 та обробляючих центрів (ОЦ) моделі 1П420ПФ40, які виготовляються Бердичівською верстатобудівною фірмою "Беверс".

Основні технологічні параметри цього обладнання наведені нижче:

	1В340Ф30	1П420ПФ40
Найбільший діаметр оброблюваного прутка, мм:		
при затискній та подаючій трубах	40	-
при передній подачі прутка	55	50
Найбільший діаметр штучної заготовки, мм:		
діаметр	200	200
довжина	120	400
Частота обертання шпинделя, хв ⁻¹	10-2500	20-4000
Подача револьверного супорта, мм/хв:		
повздожнє	1-2500	3-6000
поперечне	1-1250	2-3000
Число позицій револьверної головки	8	12
Міцність головного привода, кВт	15	22

Револьверна головка ТРВ має вертикальну, а в ОЦ – горизонтальну осі повороту, але в обох випадках посадочні отвори хвостовиків інструментальних блоків однакові – $\varnothing 50H7$.

В ході дослідження було помічено, що на ТРВ і ОЦ часто реалізуються традиційні технологічні прийоми, характерні для ТРВ з ручним керуванням. Стара технологія не дозволяє отримати повний економічний ефект від використання сучасного обладнання з ЧПК – розширення зони багатостанкового обслуговування та скорочення виробничого циклу виготовлення деталей.

Проведені дослідження засвідчують, що технологічні можливості ТРВ з ЧПК використовуються поки неповно, оскільки часто на них обробляються прості за формою і невисокої точності деталі. Для росту економічної ефективності, скорочення виробничого циклу доцільно планувати на цих верстатах обробку складних деталей. Розміри та ступінь складності цих деталей повинні допускати багатостанкове обслуговування. Якщо запланована обробка деталі не дозволяє оператору відійти до іншого верстата, то ефект від використання ТРС буде знижуватись. Іншими словами, час автоматичного циклу обробки деталей повинен бути таким, щоб зайнятість оператора та простої обладнання, пов'язані з встановленням деталі, були мінімальними.

Якщо в номенклатурі оброблюваних деталей зустрічаються усе ж таки відносно прості деталі, то досягнути необхідного часу автоматичної праці без втручання оператора можна раціональною технологічною наладкою. Наприклад, оброблявати з одного прутка декілька різних деталей. Слід звернути увагу на впровадження багатосторонньої обробки. Її можна здійснити, використовуючи автоматичний поворотний патрон [1]. В цьому патроні закріплюються такі складні заготовки, як для колінчатих деталей або трійники трубопровідної арматури та хрестовини карданного привода і т. д. Автоматичний цикл виготовлення таких деталей на ТРВ передбачає поворот їх через 90° або 180° без перезакріплення. Цим досягається висока продуктивність і точність. Патрон допускає обробку великої номенклатури заготовок шляхом заміни тільки встановлюючих елементів.

Важливим питанням наладки ТРВ є раціональна система встановлення ріжучих інструментів в інструментальні державки і встановлення останніх в револьверну головку (РГ). При цьому виліт різця з різцевої державки, як правило, не повинен перевищувати 1,5 ... 2 його висоти. При встановленні державок в револьверну головку слід дотримувати вагового балансу. Іншими словами, державки в РГ встановлюють так, щоб вони були розташовані рівномірно по колу головки. Цим знижуються динамічні навантаження на механізм ділення РГ.

Крім цього, підбирати інструментальні державки потрібно так, щоб виліт інструментів з РГ був однаковим. Це дозволяє зменшити довжину холостих ходів і відповідно затрати часу на обробку.

Було відмічено, що оператори не включають в технологічну наладку електроконтактний упор, який обмежує висування в автоматичному режимі роботи ТРВ пруткової заготовки на завдану довжину. Часто як упор вони використовують торець однієї з інструментальних державок. При цьому скорочується час на технологічну наладку, загальний час циклу і не займається позиція РГ під електроконтактний упор. Але відмітимо, що без електроконтактного упора можлива робота ТРВ вхолосту після використання всього прутка, тоді коли оператор обслуговує інші верстати. Без електроконтактного упора неможливий рахунок циклів обробки. Рахунок циклів обробки дозволяє слідкувати за зношуванням найбільш навантаженого інструмента і по завершенні ним завданого числа циклів різання автоматично ввести резервний інструмент. До цього резервний інструмент повинен знаходитись у визначеному гнізді РГ. Автоматичне введення резервного інструмента дозволяє збільшити час роботи ТРВ без допомоги оператора.

Раціональним елементом в технологічній налазці ТРВ є наявність вимірювальної щупової головки, наприклад, моделі БВ4271.05. Така вимірювальна головка [2] дозволяє включити в керуючу програму роботи ТРВ контроль розміру обробки або ступінь зносу ріжучого інструмента. За результатами виміру автоматично виконується корекція положення ріжучого інструмента, що, у свою чергу, призводить до збільшення зони багатOVERSTATного обслуговування.

Практично необмежені можливості у справі раціоналізації технологічної наладки дають технологам ОЦ. На різке розширення технологічних можливостей ОЦ потребує максимально повної обробки деталей значно більш складних, ніж ті, що рекомендуються для ТРВ. Наявність більш місткої, ніж на ТРВ, револьверної головки і можливість установки в неї обертових інструментів (інструментальних шпинделів), фіксації шпинделя в заданому кутовому положенні і здійснення ним кругової подачі при фрезеруванні, дозволяє рекомендувати для обробки на ОЦ складні деталі з різними отворами і пазами, що розміщені на одній осі зі шпинделем або перпендикулярні до неї. Крім того, можна отримати криволінійні пази, оброблювати отвори і пази, осі яких не лежать у площині осі обертання шпинделя або знаходяться до неї під будь-яким кутом. Відмітимо, що технологи слабо знають ці можливості токарно-револьверних ОЦ і за традицією намагаються використовувати «дорогу» простоту, передбачаючи використання після точіння свердлильних верстатів із кондукторами або фрезерних верстатів зі спеціальними пристосуваннями.

На ОЦ фрезерування плоских лисок, пазів на боковій циліндричній поверхні заготовки у фрезерному режимі здійснюється інструментальним шпинделем РГ за рахунок одночасного обертання головного шпинделя і переміщення револьверної головки. Різні фази при фрезеруванні плоскої лиски показані на рис. 1. У ході відпрацювання керуючої програми кінцева фреза виходить до точки 1. Фреза обертається з постійною частотою n . Шпиндель із заготовкою повільно повертається за стрілкою С, здійснюючи колову робочу подачу, яка задається координатою С, а супорт здійснює переміщення за координатою Х. Ці переміщення є функцією кута повороту шпинделя і виконуються в діапазоні від X_0 до X_{min} . Процес фрезерування лиски складається з двох фаз – ділянки врізання та ділянки обробки площини. При врізанні проходить як би повертання центра фрези O_u навколо точки 1 торкання інструмента і заготовки доти, поки лінія площини лиски не стане торкатись до кола радіуса r зубців фрези. Цьому положенню відповідає кут повороту головного шпинделя за координатою С на величину кута α_1 :

$$\operatorname{tg}(\alpha_1) = r \cdot \sin(\varphi / 2) / (R + r \cdot \cos(\varphi / 2)),$$

де R, r – радіуси заготовки та фрези;

$\varphi/2$ – половина кута хорди лиски. Його величина визначається із співвідношення величини хорди h до радіуса заготовки: $\cos(\varphi/2) = h/R$.

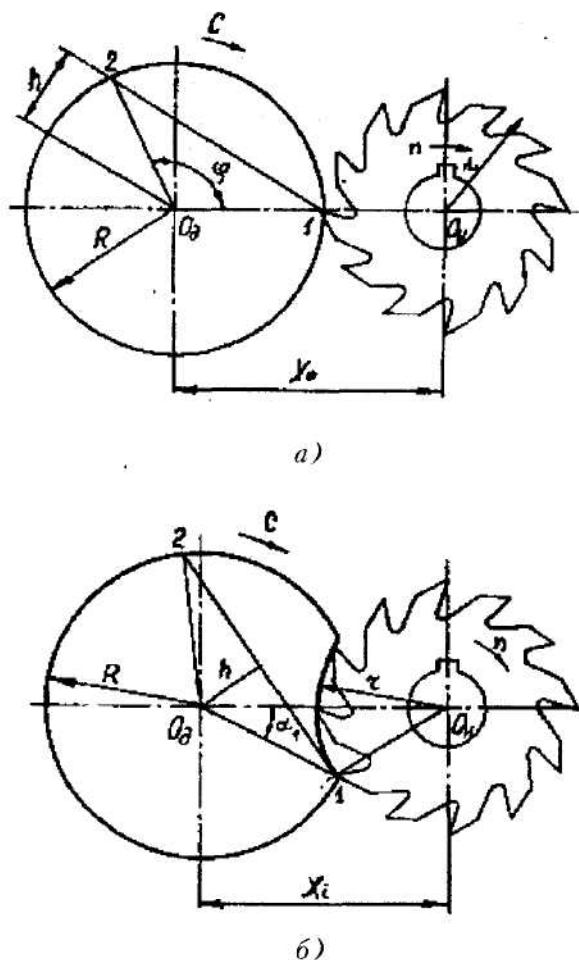


Рис. 1

На ділянці врізання відстань між центрами заготовки та фрези дорівнює:

$$X_0 = R \cdot \cos(\alpha_1) + \sqrt{r^2 - R^2 - \sin^2(\alpha_1)},$$

де α_i – поточне значення величини кута повороту головного шпинделя від моменту торкання до величини α_1 .

На другій ділянці проходить повна обробка всієї площини лиски від точки 1 до точки 2. Тут величина кута повороту головного шпинделя змінюється від величини α_1 до φ величини, а відстань між центрами головного та інструментального шпинделів визначається за формулою:

$$X_i = \frac{(h + r)}{\cos(\varphi / 2 - \alpha_1)}$$

Для програмування обробки лиски достатньо задати величинам діаметр фрези координатами точки 1, величиною h і діаметром деталі, а система ЧПК автоматично розраховує взаємний кутовий поворот заготовки та переміщення револьверної головки.

Якщо є вільний простір для виходу інструмента, то більш продуктивно отримати плоскі лиски торцевою фрезою. Схема обробки лиски шириною B у такий спосіб показана на рис. 2,а.

Синхронно керовані рухи шпинделя за координатою C та револьверної головки з обертовими фрезами дає можливість на ОЦ побудувати складні траєкторії руху. Зокрема, можна отримати прямокутні вікна в торці або по боковій поверхні заготовки (рис. 2,а). Такі можливості ОЦ дозволяють конструктору гідроапаратури надавати будь-яку форму каналам для

сполучення гідроканалів. Наприклад, замість звичайного кругового каналу 1 (рис. 2,б), є можливість профрезерувати більш короткий канал 2.

Можливість побудови складних траєкторій руху фрез або свердел може використовуватись при проектуванні технологічних наладок повної обробки деталей типу складних фланців, ступиць, корпусів, матриць штампів і т. п. Поєднання керованого повороту шпинделя з інструментом, який обертається, забезпечує і такі складні операції, як різьбо-фрезерування. Крім того, на ОЦ можлива обробка фігурних поверхонь у вигляді пазів різної форми на торці або по утворюючій поверхні оброблюваної деталі (рис. 2,в).

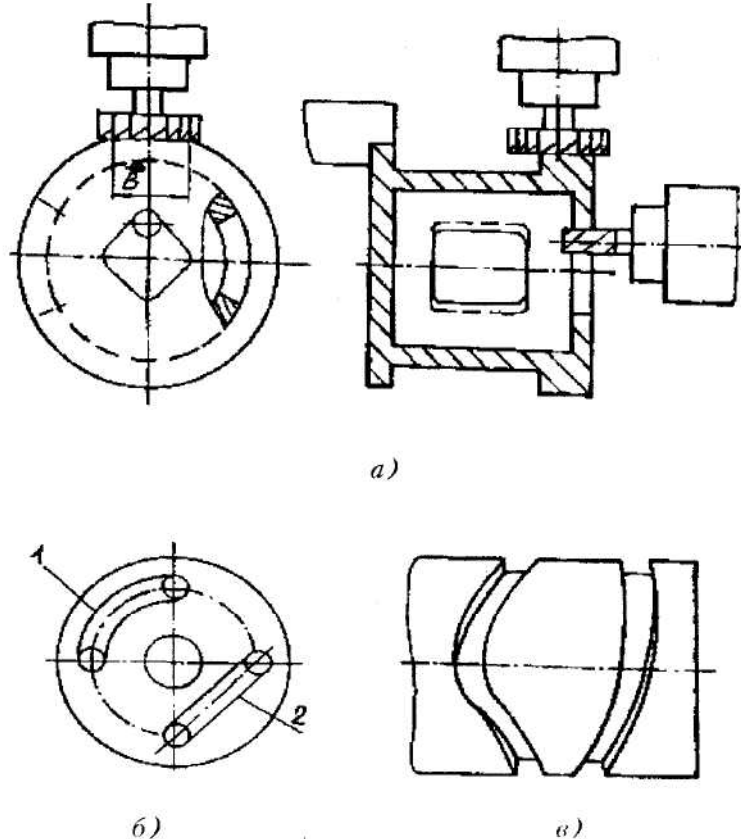


Рис. 2

Прагнення максимально повно обробити всі поверхні заготовки привело в технологічних наладках ОЦ до спеціальних поворотних інструментальних головок. Ці головки здібні оброблювати отвори або пази, які знаходяться поза звичайною координатною системою ОЦ або знаходяться в координатній системі ОЦ, але розміщені під довільним кутом до осі OX . Так, для обробки отворів або фрезерування пазів, осі яких паралельні осі Z , але не перетинаються з віссю X , рекомендується поворотна регульована головка (рис. 3,а). Її шпиндельний вузол дозволяє поворот в межах кута β . Цим досягається зміщення з осі OX інструмента на потрібний розмір ексцентриситету. Кутова головка, яка регулюється (рис. 3,б), дозволяє розташувати інструмент у координатній площині XO під будь-яким кутом α до осі OX . При цьому подача інструмента, який розташовується під цим кутом α , забезпечується погодженим одночасним переміщенням револьверної головки по двох координатах.

Проведені дослідження виявили в технологічних наладках ТРВ і ОЦ прагнення скоротити допоміжний і основний час обробки. Так, при обробці на ТРВ відносно невеликих деталей помітно зростає доля невиробничих затрат часу на поворот РГ при заміні інструмента. Ці затрати скорочуються шляхом закріплення в гнізді РГ державок з відповідними комплектами інструментів (рис. 4). Наприклад, в нього включають зацентровочне свердло, різці для підрізки торця та проточки, свердло, відрізний різець. Державка з таким комплектом інструментів дозволяє без повороту РГ обробити і відрізати нескладну деталь. У різних гніздах РГ можуть кріпитися аналогічні державки для обробки інших деталей.

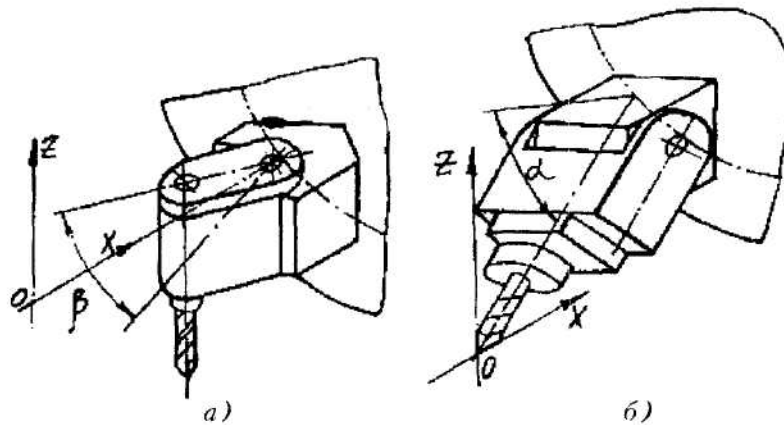


Рис. 3

Якщо використання в технологічних наладках багатомісних державок (рис. 4) веде до скорочення лише допоміжного часу, то для скорочення як допоміжного, так і основного часу в наладках інколи включають державки для багатолезової обробки. Часто для такої обробки використовуються двомісні державки [2]. Вони утримують, наприклад, свердло і різець для зовнішньої обточки. З такої державки свердлування і зовнішня обточка виконуються одночасно. На ОЦ можна використовувати 2 – 3-шпindelні спеціальні головки для одночасного свердлування кріпильних отворів в деталях типу кришки або фланця.

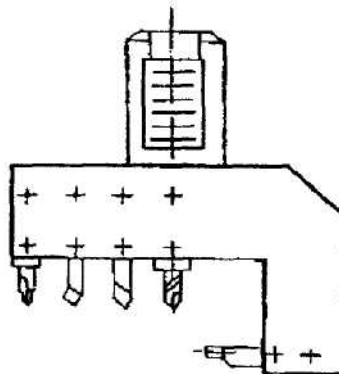


Рис. 4

В умовах, коли на ТРВ періодично повторюються оброблювані невеликими партіями, тобто коли необхідно часто переналагоджувати верстат, можлива багатоінструментальна обробка за допомогою інструментальних блоків (рис. 5), налагоджених на обробку конкретної деталі. Корпус блока 4 встановлюється стандартним хвостовиком 6 в РГ. Різцеві державки 1, 2, 3 і державки для осевих інструментів 7 закріплюються у гніздах 5. Обробка такими блоками ведеться тільки на повздовжній подачі верстата. Використання таких блоків дозволяє дуже швидко перестроюватись на обробку іншої деталі. Вся перенастройка зводиться до повороту револьверної головки для установки напроти шпинделя потрібного блока. Такий спосіб обробки дозволяє охопити значну номенклатуру деталей, оскільки настроєні інструментальні блоки можуть зберігатись біля верстата і при необхідності встановлюватись в РГ.

В цілому багатоінструментальні державки в наладках ТРВ або ОЦ не використовують можливості ЧПК, але їх використання на практиці не засвідчує про компромісний шлях пошуку скорочення штучного часу на обробку.

На скорочення часу організаційного обслуговування автоматизованого верстата і на підвищення безвідмовності його технологічних наладок суттєво впливає стабільність дроблення стружки. Воно досягається традиційним способом дроблення стружки шляхом вимушеного її завивання до більшої кривизни за допомогою стружкозавиваючих лунок, дрібнорозмірних канавок або накладних стружколомів. Вони розміщуються на передній поверхні ріжучого інструмента на шляху сходження зливної стружки. Для кожного конкретного матеріалу заготовки і для кожної оброблюваної поверхні досвідним шляхом підбираються такі значення па-

раметрів ширини фаски на передній поверхні, радіуса кривизни лунки або виступу та їх глибини чи висоти, щоб стружка круто завивалась в бік необроблюваної поверхні заготовки і за рахунок динамічної взаємодії з нею дробилась на окремі короткі завитки, які легко виводяться із зони обробки.

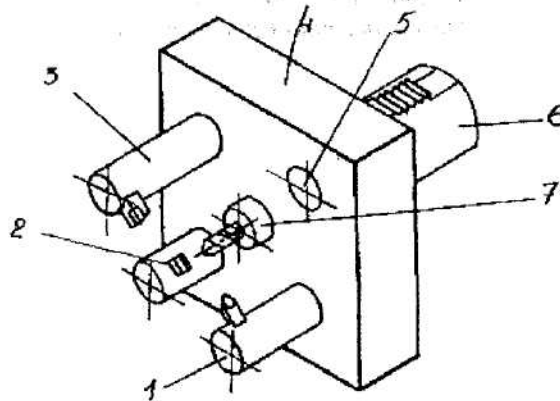


Рис. 5

ТРВ і ОЦ відкрили ряд нових можливостей дроблення стружки. Серед них кінематичне дроблення зливної стружки шляхом автоматичного переривання процесу різання. В кінцевій стадії багатопрохідного циклу, коли величина припуску стає меншою або рівною глибини різання на прохід, здійснюється зачисний прохід без режиму стружкодроблення.

При чистовому точінні деталей з глибиною різання до 0,5 мм і подачею до 0,1 мм/об ефективним засобом стружкодроблення є засіб періодичного уповільнення подачі. Тут ефективне стружкодроблення досягається за рахунок зміни товщини стружки.

В умовах чорної обробки надійне дроблення стружки досягається за рахунок попереднього порушення суцільності оброблюваної поверхні. Це досягається виконанням попереднього робочого ходу прохідного різця повздовж заготовки з подачею близько 50 мм/об та глибиною, яка складає 0,4–0,6 від завданої технологією обробки глибини різання. Виконання такого ходу займає мало часу, а канавка, яка при цьому утворюється, забезпечує при подальшому ході перелом витой стружки.

Технологічні наладки значною мірою передумовляють ефективність роботи ТРВ і ОЦ, а саме обладнання здібне суттєво впливати на гнучкість виробництва [3], що важливо в умовах переходу на ринкові виробничі відносини.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Киселев Н.Ф., Лоев В.Е. Автоматизированный поворотный токарный патрон // Станки и инструменты, 1986. – № 10. – 28 с.
2. Размерная настройка элементов технологической системы в машиностроении / Дальский А.М., Лещенко М.И., Василюк Г.Д., Лоев В.Е. – К.: Техника. 1991. – 176 с.
3. Лоев В.Е., Василюк Г.Д. Опыт технического перевооружения производства на базе станков с ЧПУ // Вестник машиностроения, 1989. – № 10. – С. 70 – 72.

ВАСИЛЮК Георгій Дмитрович – доцент, кандидат технічних наук, завідувач кафедри «Металорізальні верстати та системи» Житомирського інженерно-технологічного інституту.

Наукові інтереси:

- економіко-енергетичні обробки металів різанням;
- питання оптимізації процесів різання.

МЕЛЬНИЧУК Петро Петрович – кандидат технічних наук, доцент, перший проректор Житомирського інженерно-технологічного інституту.

Наукові інтереси:

- дослідження в галузі механіки руйнування;
- обробка металів різанням;
- технологія машинобудування.

