

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ ТА НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
“ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ”

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ТА КОНТРОЛЬНІ ЗАВДАННЯ
ДО ДИСЦИПЛІНИ
«ПРОГРАМУВАННЯ ОБРОБКИ НА ВЕРСТАТАХ З ЧПК»**

для студентів спеціальності 7.092501
«Автоматизоване управління технологічними процесами»
денної та заочної форми навчання

Затверджено
редакційно-видавничою
радою університету
Протокол № 1 від 21.03.02

Харків 2004

Методичні вказівки та контрольні завдання до дисципліни “Програмування обробки на верстатах з ЧПК” для студентів спеціальності 7.092501 “Автоматизоване управління технологічними процесами” денної та заочної форм навчання / Уклад. Г.Л. Хавін. – Харків: НТУ “ХПІ”, 2003. – 28 с.

Укладач Г.Л. Хавін

Рецензент О.П. Рудько

Кафедра технологія машинобудування та металорізальні верстати

ТЕМА 1

ФОРМУВАННЯ ТА ПОРЯДОК ПОБУДОВИ КЕРУЮЧИХ ПРОГРАМ ОПУ 2P22

Змістом даної теми є вивчення організації, технічних характеристик, принципів підготовки, кодування і запису керуючих програм (КП) ОПУ 2P22, програмування частоти обертання шпинделя, подачі та позиції інструмента: склад, позначення і призначення постійних циклів, допоміжних і підготовчих технологічних функцій; програмування лінійних зміщень при токарній обробці деталей.

1.1. Загальні зауваження

Обладнання ОПУ 2P22 являє собою вбудовану у вигляді окремих автономних блоків частину верстата, яка базується на мікро-ЕОМ "Електроніка 60 М". ОПУ 2P22 має дві керуючі координати та дискретність задавання зміщень 0,001 мм. Для введення і виведення інформації застосовують фотозчитувальне обладнання, клавіатуру пульта керування і касетний накопичувач на магнітній стрічці. Для зберігання програми керування, програми електроавтоматики верстата використовується постійне програмне запам'ятовувальне обладнання, що дозволяє зберігати програми до 96 годин. Індикація даних проводиться за допомогою блока відображення символної інформації (БВСІ). Привод головного руху регульований, привод подач – слідкуючий. Постачання змінним трифазним струмом напругою 380 В, частотою 50 Гц.

Обладнання ОПУ 2P22 у роботі реалізує такі геометричні та технологічні параметри: максимальне програмоване зміщення, зміщення нульової та вихідної точки верстата – 9999,999 мм. Граничне значення швидкості робочих органів (РО) для робочих подач до 5000 мм/хв при нарізанні різьби 40 мм. Обладнання ОПУ 2P22 забезпечує лінійно-кругову інтерполяцію криволінійних поверхонь, також задавання розмірів у програмі в абсолютній і відносній системі координат.

Обладнання ОПУ 2P22 призначене для виконання таких робіт та функцій:

- введення керуючої програми з клавіатури пульта керування або програмоносія;
- редагування та відпрацювання КП на верстаті;
- складання керуючої програми за зразком, коли обробка першої деталі проводиться у ручному режимі, а обробка наступних деталей в автоматичному режимі;
- використання циклів багатопрхідної обробки;
- виведення КП на програмоносій;

– пошук кадру, режиму діалогу при формуванні КП за циклами, виходу до початкового положення роботи, заданого у програмі.

1.2. Принципи підготовки, кодування та запису КП

Програма для ОПУ 2Р22 складається з послідовно записаних кадрів і містять не менш однієї команди, що як єдине ціле вводиться та відпрацьовується. Введення КП до пам'яті обладнання ОПУ 2Р22 виконується з пульта керування або програмоносія, використовує магнітну або восьмидоріжечну паперову стрічку.

Кожний кадр, підготовлений КП або створений на ОПУ 2Р22, повинен починатися з порядкового номера „N” і закінчуватися символом кінця кадру "*".

Змістом кадру є змінна кількість слів, які несуть інформацію про параметри процесу обробки. Кожне слово складається з адреси та групи цифр. Адреса визначає призначення цифр у кадрі. Значення символів адрес подано у табл.1. В одному кадрі не можна програмувати два слова однієї адреси.

Таблиця 1 – Значення символів адрес, що використовуються при програмуванні для ОПУ 2Р22

Символ	Значення
A	Припуск під чистову обробку
B	Повторення кадру
C	Збіг різьби або фаска під кутом 45°
D	Витримування у часі
E	Подача на прискореному ході
F	Подача або крок різьби
G	Підготовча функція
H	Кількість повторень
L	Автоматичний постійний цикл
M	Допоміжна функція
N	Номер кадру
P	Глибина різання або ширина різця
S	Частота обертання шпинделя або швидкість різання
T	Позиція інструменту
X, Z	Переміщення уздовж X, Z в абсолютних значеннях
U, M	Переміщення уздовж X, Z у приращеннях

Структура слова залежить від формату, властивого тому або іншому ОПУ. У форматі зазначається розташування адрес, знак і число

геометричної або технологічної інформації, кількість записаних цифр до і після коми та ін. Для обладнання ОПУ 2Р22 формат слова такий:

N03; X+043; Z+043; U+043; W+043; F023; T2; M2; S1–4; D043;
C+043; Q+043; R+043; B3; H3; L2; P11; A11; E; G2; *.

Символічний запис формату слова полягає у наступному. Після адрес N, T, M, S, B, H, L, G має бути записана одна цифра, максимальне значення якої зазначено у форматі відразу за адресою. Наприклад, за адресою N, B, H може бути подана тризначна цифра (а також однозначна та двозначна):

N535; B044; N12; H008; B435.

Якщо нулі, які знаходяться перед першою значущою цифрою, можна опустити, то після адреси у форматі записують дві цифри, перша з котрих нуль. Аналогічно за адресою T, M, S, L, G максимально допустимо подавати двозначні цифри:

T4; M02; L10; G05.

Після адреси слів, що містять розмірні переміщення A, P, X, U, R, Z, W, D, C, Q, F, записують дві цифри (перша показує кількість розрядів перед, а друга – після десятинної коми), або три цифри (перша – нуль, що дозволяє опустити нулі перед першою значущою цифрою). Якщо задавання абсолютних розмірів завжди є додатним, то між адресою і наступним за нею числом ніякого знака не ставлять, але якщо розміри можуть бути і додатними і від'ємними, то між адресою та наступним числом ставлять знак "+" або "-". Наприклад:

X054; Z–0,32; U0,795; W0,59.

Незначущі нулі на початку та вкінці геометричної інформації можна опускати. Наприклад, зміщення уздовж осі Z у точку з координатою +63,95 мм запишеться так: Z63,95; зміщення по Z на 495,35 до передньої бабки верстата: W–495,35; зміщення по X до діаметру 16,18 мм: X16,18; зміщення по X на 1,18 мм до осі центрів: U–1,18. Час витримки задають за адресою D з точністю до 0,001 с. Наприклад: D2 – час витримки 2 с. Допоміжні технологічні команди задаються за адресою M (табл.2); підготовчі функції – за адресою G (табл.3).

Таблиця 2 – Позначення та призначення допоміжних технологічних функцій

Позначення функції	Призначення функції
M00	Програмований останов
M01	Останов з підтвердженням
M02	Кінець програми
M08	Вмикання охолодження
M09	Вимикання охолодження
M17	Кінець опису деталі для циклів L08,L09,L10
M18	Кінець частини програми, що повторюється у циклі L11
M20	Передавання управління роботу РТК

Таблиця 3 – Позначення та призначення підготовчих технологічних функцій

Позначення функції	Призначення функції
G05	Використовується для сполучення елементів контуру, коли наприкінці кадру гальмування не потрібне
G10	Задається попереду кадру, для якого необхідна постійна швидкість різання (частота обертання змінюється автоматично в залежності від діаметру)
G11	Відміна дії функції G10

1.3. Програмування частоти обертання шпинделя, подачі та позиції інструмента

Частоту обертання шпинделя задають за адресою S, після якої записують номер діапазону (1–3), знак напрямку обертання та частоту обертання (об/хв). Знак "мінус" означає обертання за годинниковою стрілкою, "плюс" або відсутність знака – проти. Наприклад: S2–1300 показує, що шпиндель обертається з частотою 1300 об/хв за напрямом ходу годинникової стрілки, другий діапазон частот верстата. Подача робочого органу верстата кодується за адресою F, після якої подають числове значення у мм/об. Наприклад: F0,37 або F1,29. Повернення різцетримача багатоінструментальної головки для встановлення потрібного інструмента в робочу позицію задають за адресою T, після якої записують номер позиції. Наприклад: T2 – в робочу позицію треба встановити інструмент,

що має у гнізді різцетримача номер 2.

Обладнання ОПУ 2Р22 має у конфігурації постійні цикли (підпрограми), які кодуються за адресою L (табл.4).

Таблиця 4 – Позначення та призначення постійних автоматичних циклів

Позначення циклу	Призначення циклу
L01	Нарізання зовнішньої та внутрішньої циліндричної конічної, однопрохідної та багатопрохідної різьби
L02	Проточування прямокутних канавок
L03	Зовнішня обробка за схемою "петля"
L04	Внутрішня обробка за схемою "петля"
L05	Торцева обробка за схемою "петля"
L06	Глибоке свердлування
L07	Нарізання різьби мітчиком або плашкою
L08	Чернова обробка з припуском та без нього
L09	Обробка поковок
L10	Чистова обробка з заданого номеру кадру
L11	Повторення частини програми

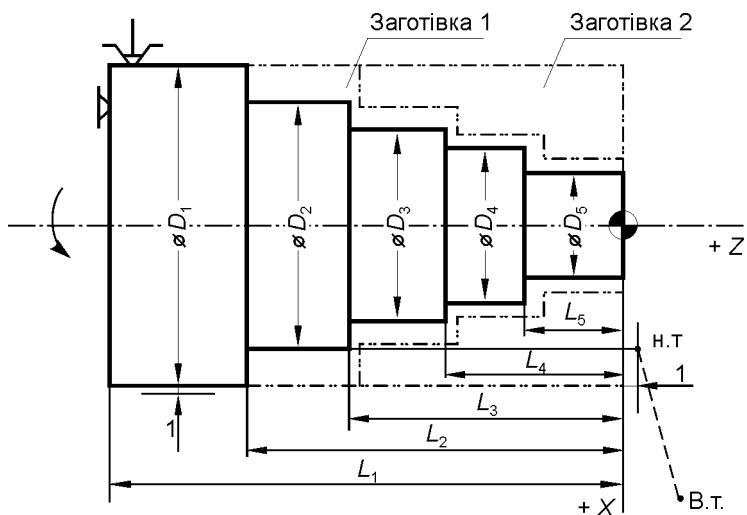


Рисунок 1 – Ескіз деталі до контрольного завдання програмування лінійних зміщень

1.4. Програмування лінійних зміщень

Лінійні зміщення при програмуванні можуть бути задані в абсолютній або відносній системі координат. Зміщення уздовж осі Z в абсолютній системі задають за адресою Z і координатою кінцевої точки шляху з її знаком відносно нульової точки. Зміщення уздовж осі Z у відносній системі задають за адресою W ; при цьому числове значення зміщення дорівнює приросту координат сусідніх опорних точок ($Z_{i+1}-Z_i$). Напрямок руху задають відповідним знаком. В абсолютній системі координат треба ставити знак координати в якій чиниться зміщення; у відносній ставлять знак "мінус", якщо зміщення відбувається у бік протилежний додатному напрямку осі, "плюс" – у протилежному випадку.

Зміщення уздовж осі X в абсолютній системі координат задають за адресою X , у відносній – U . Координати задаються у діаметрах (мм) аналогічно описаним раніше для зміщення уздовж Z в абсолютній системі координат. У відносній системі значенням зміщення ставлять знак "мінус", якщо різець переміщується від оператора до шпинделя верстата. Без задавання робочої подачі лінійні зміщення не можуть бути реалізовані. Знак "плюс" перед числовим значенням можна опускати.

Контрольне завдання

1. Вивчити структуру слова, що визначається форматом кадру обладнання ОПУ 2Р22.

2. Ознайомитись з основними, допоміжними та підготовчими функціями, їх призначенням та порядком користування.

3. Ознайомитись з постійними автоматичними циклами обладнання ОПУ 2Р22, призначенням та користуванням.

4. Вивчити порядок задавання частоти обертання шпинделя, подачі та позиції інструмента.

5. Вивчити порядок програмування лінійних зміщень в абсолютній та відносній системах координат.

6. Скласти КП чорнової одноінструментальної обробки валика на рис.1 (заготівка – пруток) для зазначеного викладачем варіанта завдання з табл.5 в абсолютній системі координат та скласти КП чистової обробки (заготівка – поковка) у відносній системі координат.

При виконанні останнього завдання треба прийняти: другий діапазон обертання шпинделя з частотою обертання з табл.5 (об/хв), подача – табл.5 (мм/об), різцетримач встановлено до другої позиції, початкова точка має координати $X = 150$ мм, $Z = 25$ мм.

1.5. Приклад побудови КП чорнової одноінструментальної обробки валика (рис.2)

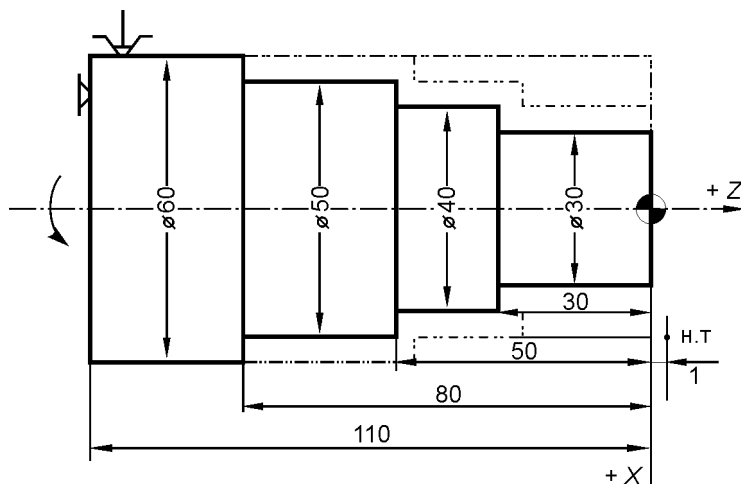


Рисунок 2 – Ескіз деталі до прикладу програмування лінійних зміщень

N001 S2 650 F0,25 T2* – другий діапазон, частота обертання шпинделя 650 об/хв, подача 0,25 мм/об, різцетримач встановлено до другої позиції;

N002 X54 Z1E* – підведення різця до початкової точки на швидкому ході (перша ступінь, перший робочий хід);

N003 Z–80* – точіння діаметра 54 мм на довжину 80 мм;

N004 X64* – відведення різця по осі X на робочій подачі до діаметра 64 мм;

N005 Z1E* – відведення різця по осі Z на швидкому ході;

N006 X50E* – підведення різця на швидкому ході до точки X50 (другий робочий хід першої ступені);

N007 Z–80* – точіння діаметра 50 мм на довжину 80 мм;

N008 X64* – відведення різця по осі X на робочій подачі до діаметра 64 мм;

N009 Z1E* – відведення різця по осі Z на швидкому ході;

N010 X46E* – підведення різця на швидкому ході до точки X46 (перший робочий хід другої ступені);

N011 Z–50* – точіння діаметра 46 мм на довжину 50 мм;

N012 X52* – відведення різця по осі X на робочій подачі до діаметра 52 мм;

N013 Z1E* – відведення різця по осі Z на швидкому ході;

N014 X40E* – підведення різця на швидкому ході до точки X40

(другий робочий хід другої ступені);

N015 Z–50* – точіння діаметра 40 мм на довжину 50 мм;

N016 X52* – відведення різця по осі X на робочій подачі до діаметра 52 мм;

N017 Z1E* – відведення різця по осі Z на швидкому ході;

N018 X36E* – підведення різця на швидкому ході до точки X36 (перший робочий хід третьої ступені);

N019 Z–30* – точіння діаметра 36 мм на довжину 30 мм;

N020 X42* – відведення різця по осі X на робочій подачі до діаметра 42 мм;

N021 Z1E* – відведення різця по осі Z на швидкому ході;

N022 X30E* – підведення різця на швидкому ході до точки X30 (другий робочий хід третьої ступені);

N023 Z–30* – точіння діаметра 30 мм на довжину 30 мм;

N020 X42* – відведення різця по осі X на робочій подачі до діаметра 42 мм;

N021 M02* – кінець програми (припинення обертання шпинделя, відведення різця на швидкому ходу в початкове положення спочатку по осі X, потім по осі Z).

Контрольні запитання

1. Що таке програма, кадр, адреса? Яке значення символів адрес ви знаєте та який їх зміст?

2. Що таке формат кадру? Яке його призначення?

3. Які допоміжні технологічні функції, що використовуються при програмуванні для ОПУ 2P22 ви знаєте? Яке їх призначення?

4. Які підготовчі технологічні функції, що використовуються при програмуванні для ОПУ 2P22 ви знаєте? Яке їх призначення?

5. Коли ставиться знак мінус при задаванні числового значення частоти обертання шпинделя?

6. У яких одиницях задається подача та частота обертання шпинделя?

7. Чим відрізняється задавання лінійних зміщень в абсолютній та відносній системах координат?

8. Як визначається знак напрямку руху при програмуванні лінійних зміщень?

9. Які умови необхідні при реалізації лінійних зміщень?

Таблиця 5 – Початкові дані до контрольного завдання з теми 1.

№ варіанта	Діаметри шийок валика, мм					Довжина ступенів, мм					Подача, мм/об	Частота обертання, об/хв
	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄	D ₅	L ₁	L ₂	L ₃	L ₄	L ₅		
1	80	60	50	30	20	170	130	90	60	30	0,25	500
2	78	62	54	32	24	160	126	92	56	25	0,30	450
3	82	64	52	34	22	165	133	86	61	27	0,19	600
4	80	62	52	30	21	175	128	85	55	32	0,27	400
5	76	62	50	31	23	172	135	92	57	29	0,15	620
6	78	60	54	34	20	165	130	89	60	25	0,25	480
7	81	63	53	33	23	168	126	93	61	24	0,19	550
8	76	61	51	32	24	180	132	90	63	30	0,30	490
9	77	63	52	31	22	170	125	91	58	27	0,27	520
10	82	62	50	34	23	165	135	86	56	29	0,25	600
11	76	63	54	31	21	160	130	88	55	25	0,15	430
12	81	60	50	30	22	172	128	92	60	32	0,30	490
13	78	62	52	34	24	175	135	89	63	24	0,15	510
14	76	62	50	32	20	168	132	93	57	30	0,19	600
15	82	64	54	31	23	170	128	85	62	60	0,23	480
16	78	60	54	34	22	172	126	90	60	27	0,25	440
17	81	62	53	33	21	160	130	88	62	32	0,27	580
18	80	63	51	32	24	165	128	89	57	30	0,19	490
19	79	60	52	30	20	168	130	93	58	29	0,15	530
20	77	62	54	30	24	170	133	85	56	25	0,30	500
21	81	61	50	32	23	175	125	90	55	24	0,15	620
22	82	64	51	31	22	165	132	86	61	30	0,27	520
23	80	62	54	32	24	160	125	93	60	32	0,25	490

24	79	63	53	34	23	175	126	90	63	27	0,19	540
25	76	60	52	32	21	160	130	86	56	29	0,30	500

1.6. Зміст звіту

1. Ескіз валика (заготівка – пруток) з нанесеними розмірами для програмування в абсолютній системі координат та КП для обробки валика.

2. Ескіз валика (заготівка – поковка) з нанесеними розмірами для програмування у відносній системі координат та КП для обробки валика.

Література: [1, с.111–121, 142–145; 2, с.273–278].

ТЕМА 2 ПРОГРАМУВАННЯ ОБРОБКИ ПОВЕРХОНЬ ТІЛ ОБЕРТАННЯ

Зміст даної теми – вивчення програмування обробки конічних поверхонь, зняття фасок під кутом 45° , обробка галтелей і фасонних поверхонь у вигляді дуг кола.

2.1. Програмування обробки конічних поверхонь

При програмуванні обробки конічних поверхонь лінійні зміщення уздовж X і Z задають в одному кадрі одночасно. Наприклад, кадр N027 X64 Z-42* програмує зміщення вершини різця уздовж контура конуса до точки $Z = -42$ мм, $X = 32$ мм на робочій подачі. Якщо вершина різця має закруглення, тоді при обробці переходу від циліндричної поверхні до конічної по X і Z виконується корекція на координати кінцевої опорної точки (рис.3, табл.6).

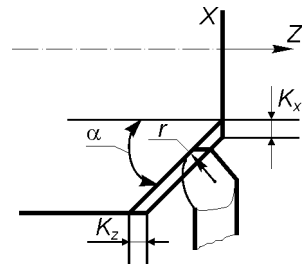


Рисунок 3 – Визначення корекції при переході від циліндричної або торцевої поверхні до конічної

Таблиця 6 – Значення корекції на координати точок переходу від циліндричної або торцевої поверхні до конічної залежно від кута конуса α і радіуса закруглення вершини різця r

Корекція по осі X, мм

α°	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	α
5	0,017	0,030	0,050	0,067	0,084	0,100	0,117	0,134	0,151	0,167	85
10	0,032	0,064	0,097	0,129	0,161	0,198	0,225	0,257	0,290	0,322	80
15	0,047	0,098	0,140	0,186	0,233	0,279	0,326	0,372	0,419	0,465	75

Продовження таблиці 6

20	0,060	0,120	0,180	0,240	0,300	0,360	0,420	0,480	0,540	0,600	70
25	0,073	0,145	0,218	0,290	0,363	0,436	0,508	0,581	0,658	0,726	65
30	0,085	0,168	0,254	0,338	0,423	0,507	0,592	0,676	0,761	0,845	60
35	0,096	0,192	0,288	0,384	0,479	0,575	0,671	0,767	0,863	0,958	55
40	0,107	0,213	0,320	0,427	0,534	0,640	0,747	0,854	0,961	1,067	50
45	0,117	0,234	0,351	0,469	0,586	0,703	0,820	0,937	1,054	1,172	45
50	0,127	0,254	0,382	0,509	0,636	0,760	0,890	1,018	1,145	1,272	40
55	0,137	0,274	0,411	0,548	0,685	0,822	0,959	1,096	1,232	1,369	35
60	0,146	0,298	0,439	0,586	0,732	0,878	1,025	1,171	1,318	1,464	30
65	0,156	0,311	0,467	0,623	0,778	0,934	1,090	1,245	1,401	1,557	25
70	0,165	0,329	0,494	0,659	0,824	0,988	1,158	1,318	1,483	1,647	20
75	0,174	0,347	0,521	0,694	0,868	1,042	1,216	1,389	1,583	1,737	15
80	0,182	0,365	0,548	0,780	0,913	1,095	1,278	1,460	1,643	1,826	10
85	0,191	0,383	0,574	0,765	0,956	1,148	1,339	1,580	1,721	1,918	5
α	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	α°
Корекція по осі Z, мм											

2.2. Обробка фасок під кутом 45° та галтелей

Зняття фаски під кутом 45° задають кадром, у якому зазначають такі параметри: координату, уздовж якої ведеться обробка (X або Z); числове значення координати кінцевої точки зміщення, перед яким записують знак, що позначає напрямок зміщення; адресу C та число – розмір фаски. Знак перед числом за адресою C відповідає знаку обробки по координаті X. Напрямок по координаті Z задають тільки з мінусом.

Кадр КП, що програмує обробку галтелі або округлення, містить: координату, уздовж якої іде обробка деталі перед галтеллю (X або Z); числове значення кінцевої точки обробки зі знаком, що позначає напрямок зміщення; адресу Q та числове значення радіуса галтелі. Знак поперед числом за адресою Q відповідає знаку обробки по координаті X. Напрямок по координаті Z задають тільки з мінусом.

2.3. Програмування обробки дуги кола

Кадр КП, що програмує обробку дуги, містить: адреси координат кінцевої точки дуги (X та Z) та їх числове значення в абсолютній або відносній системі координат; адресу R та числове значення радіуса дуги зі знаком "+" при обробці за напрямком годинникової стрілки, "-" – проти годинникової стрілки.

Контрольне завдання

1. Вивчити порядок програмування обробки конічних поверхонь.
2. Вивчити порядок програмування зняття фасок під кутом 45° та галтелей.
3. Вивчити порядок програмування обробки дуги кола.
4. Скласти КП чистової двоінструментальної обробки валика (див. рис.6) для вказаного викладачем варіанта завдання з табл.7. При виконанні останнього завдання треба прийняти: другий діапазон обертання шпинделя з частотою обертання з 510 об/хв, подача – 0,15 мм/об, різцетримач встановлено до першої та другої позицій, початкова точка має координати $x = 150$ мм, $z = 25$ мм.

Таблиця 7 – Початкові дані до контрольного завдання з теми 2

№	D ₁	D ₂	D ₃	L ₁	L ₂	L ₃	L ₄	L ₅	L ₆	Φ ₁	Φ ₂	Φ ₃	R ₁	R ₂	R ₃
1	30	48	58	38	20	15	22	37	54	5	3	3	80	5	4
2	42	60	76	49	10	17	25	31	60	4	5	4	150	4	5
3	28	38	46	32	8	10	12	22	48	3	2	3	72	2	3
4	34	48	60	45	12	15	15	26	62	4	3	5	96	4	3
5	40	56	80	40	14	10	12	24	56	3	4	2	88	5	4
6	36	54	68	43	15	12	16	30	64	4	4	3	84	2	3
7	45	56	70	50	16	14	15	34	60	2	3	4	90	4	5
8	38	58	76	44	20	20	18	29	48	4	2	3	64	5	4
9	52	78	90	49	18	24	24	31	42	3	4	2	72	3	5
10	37	61	88	35	15	16	18	27	50	2	2	3	84	4	3
11	31	51	73	28	12	15	17	24	48	3	2	3	80	2	4
12	43	65	88	37	22	13	20	28	52	3	4	2	104	3	5
13	37	57	68	35	20	15	22	30	60	2	3	4	94	3	2
14	52	74	88	49	10	17	25	24	56	4	4	3	82	4	3
15	38	58	70	44	8	10	12	27	80	2	2	2	96	2	2
16	45	67	81	50	12	15	15	31	50	3	4	2	70	4	4
17	36	60	76	38	15	10	20	29	76	5	3	3	96	3	2
18	30	54	72	49	18	12	17	34	64	3	3	3	84	4	3

19	42	68	82	32	20	14	18	37	68	4	2	4	106	3	3
20	28	44	60	45	16	20	24	31	60	4	3	3	90	4	2
21	34	54	66	40	15	24	18	22	72	4	4	4	112	3	5
22	52	76	96	43	14	16	15	26	54	2	3	3	80	2	2
23	37	59	73	50	17	15	16	24	50	4	3	2	92	3	4
24	28	44	56	28	13	13	12	30	72	3	4	3	140	4	3
25	34	56	76	35	24	22	25	34	64	2	3	5	106	2	3

2.4. Приклад побудови чистової двоінструментальної обробки валика (рис.4)

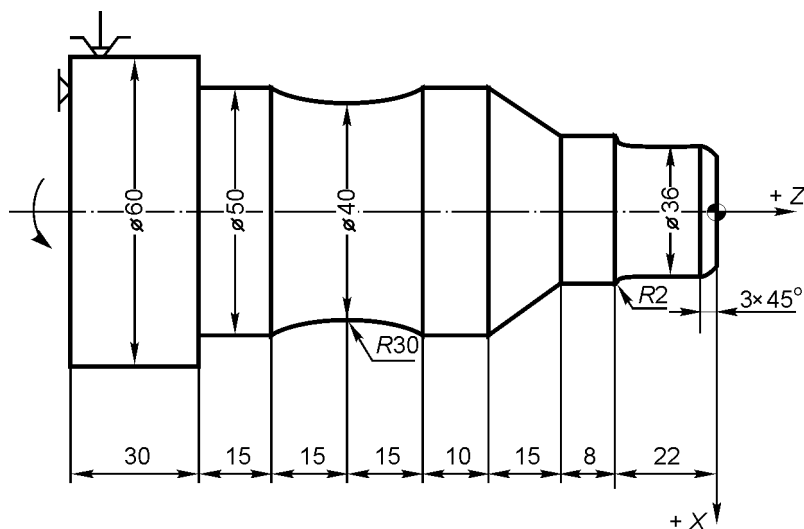


Рисунок 4 – Ескіз деталі до прикладу побудови КП чистової обробки

N001 S2 510 F0,15 T1* – другий діапазон, частота обертання шпинделя 510 об/хв, подача 0,15 мм/об, різцетримач встановлено до першої позиції;

N002 X0 Z1E* – підведення різця до початкової точки на швидкому ході;

N003 Z0* – переміщення різця на робочій подачі до точки з координатами $x = 0, z = 0$;

N004 X36 C3* – підрізання торця та зняття першої фаски;

N005 Z-22 R2* – точіння діаметра 36 мм на довжину 20 мм та обробка галтелі;

N006 W-8* – точіння діаметра 40 мм на довжину 8 мм;

N007 X50 W-15* – обробка конічної поверхні;
N008 W-10* – точіння діаметра 50 мм на довжину 10 мм;
N009 X40 W-15 R-30 G05* – обробка половини дуги кола з відміною гальмування в кінці кадру;
N010 X50 W-15 R-30* – обробка другої половини дуги кола;
N011 W-15* – точіння діаметра 50 мм на довжину 15 мм;
N012 X62* – відведення різця по осі X на робочій подачі до діаметра 62 мм;
N021 M02* – кінець програми (припинення обертання шпинделя, відведення різця на швидкому ході в початкове становище спочатку по осі X, потім по осі Z).

Контрольні запитання

1. Які адреси та числові значення задають при програмуванні обробки конічних поверхонь?
2. Як виконують корекцію на координати кінцевої точки при програмуванні обробки конічних поверхонь, якщо вершина різця має закруглення? Яке її призначення?
3. Коли ставлять знак мінус при задаванні числового значення фаски або галтелі?
4. Як задається кадр, що програмує обробку дуги кола?
5. Для чого в кадрі обробки дуги кола зазначають підготовчу функцію G05?
6. Як визначається знак напрямку руху при програмуванні дуги кола?

2.5. Зміст звіту

1. Ескіз валика з нанесеними розмірами для програмування.
2. Керуюча програма чистової обробки валика.

Література: [1, с.121–126; 2, с.273–278],

ТЕМА 3 АВТОМАТИЧНІ ЦИКЛИ ОБРОБКИ

Зміст даної теми – вивчення програмування обробки за допомогою автоматичних циклів ОПУ 2P22: L01 – нарізання різьби, L02 – проточування канавок, L06 – глибокого свердлення, L07 – нарізання різьби мітчиком або плашкою.

3.1. Автоматичний цикл нарізання різьби L01

Автоматичний цикл L01 служить для нарізання циліндричної або конічної різьби з автоматичним розподілом на проходи. Структура циклу має такий вигляд:

L01 F W X A P C,

де F – крок різьби; W – довжина різьби; X – внутрішній діаметр різьби; A – нахил різьби (різниця діаметрів для конічної різьби; для циліндричної різьби $A = 0$, параметр програмується без знака); P – максимальна глибина різання за один прохід на радіус; C – збіг різі (C1 – збіг дорівнює кроку різьби, C0 – збіг відсутній).

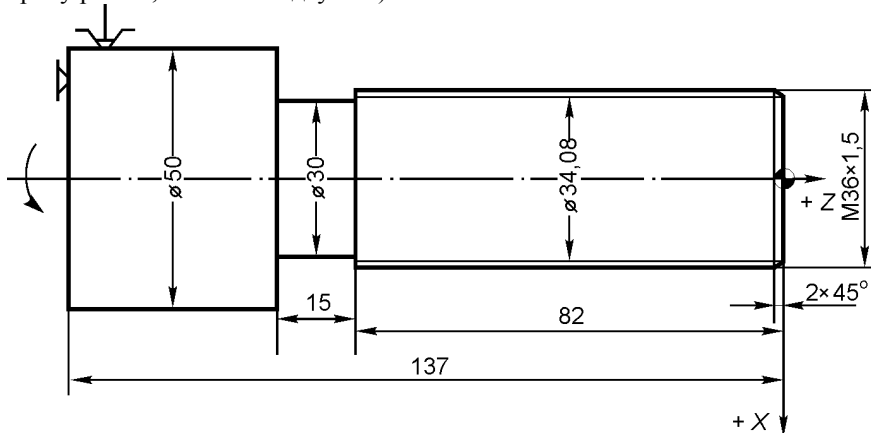


Рисунок 5 – Ескіз деталі до прикладу програмування циклів L01, L02

Довжина різьби або ход різця визначають за формулою

$$W = L + Z + B/2,$$

де L – довжина різьбової частини; Z – шлях підходу або повітряний зазор; B – ширина зарізьбової канавки. Шлях підходу задають з метою компенсації можливого "мертвого ходу" через спрацювання елементів привода верстата. Цю величину визначають за допомогою номограм залежно від кроку різьби та частоти обертання шпинделя, яку подано з рис.8.

У випадку нарізання різьби за відсутності зарізьбової канавки (зі збігом) $B = 0$. Довжина різьби W завжди задається зі знаком "мінус". Внутрішній діаметр X можна визначити з таблиць різьб або за приблизною формулою для висоти профілю різьби: $h = 0,65F$, де F – крок різьби. При багатоходовому нарізанні параметр P приймають меншим за глибину різьби, якщо нарізання одноходове – таким, що дорівнює глибині різьби.

На початку програмування циклу треба задати початкову точку

циклу з такими координатами: X – дорівнює зовнішньому діаметру різьби при нарізанні зовнішньої різьби і внутрішньому при нарізанні внутрішньої різьби; Z – дорівнює значенню координати початку нарізання різьби, збільшеному на значення не менше, ніж подвійний крок різьби (або повітряний зазор).

3.2. Автоматичний цикл проточування канавок L02

Структура циклу має вигляд:

L02 D X A P,

де D – витримка у часі в кінці робочого ходу, с; X – внутрішній діаметр канавки, мм; A – ширина канавки, мм; P – ширина різальної крайки різця, мм.

Алгоритм роботи циклу містить: зміщення різця на робочій подачі до координати X ; витримку в часі, повернення до початкової точки; зміщення по координаті Z у додатному напрямку на відстань P і т. д., доки не вибереться ширина канавки.

Якщо обробка ведеться з перекриванням, тоді параметр P задають меншим за ширину різця, однак і параметр A зменшують на цю різницю. У випадку однопрохідної канавки $P = A$. Завершення роботи передбачає швидкий хід по осі X у початкову точку. При цьому по осі Z різець залишається в точці останнього робочого ходу.

3.3. Автоматичний цикл глибокого свердлення L06

За цим циклом здійснюють глибоке свердлення отворів з періодичним виводом свердла для його охолодження і зняття напруги подовжнього вигону. Структура циклу має вигляд

L06 P W,

де P – глибина свердлення за один робочий хід; W – загальна глибина свердлення.

Алгоритм роботи циклу містить: зміщення на робочій подачі на відстань довжиною P ; повернення на швидкому ході у початкову точку; зміщення на швидкому ході в точку, що віддалена від точки попереднього свердлення на 3 мм; зміщення на робочій подачі на відстань $P + 3$ мм і подальше повторення процесу, доки не буде досягнуто глибини свердлення W .

3.4. Автоматичний цикл нарізання різьби мітчиком або плашкою L06

Для програмування нарізання внутрішньої різьби мітчиком або зовнішньої плашкою використовується постійний автоматичний цикл L07.

Структура циклу має вигляд

L07 F W,

де F – крок різьби, мм; W – загальний шлях проходу інструмента (з урахуванням повітряного зазору та перебігу). Алгоритм роботи циклу містить: зміщення на відстань W при подачі F, що дорівнює кроку різьби; реверс шпинделя та повернення до початкової точки.

Контрольне завдання

1. Вивчити порядок програмування автоматичного циклу нарізання різьби L01.

2. Вивчити порядок програмування автоматичного циклу проточування канавок L02.

3. Вивчити порядок програмування циклів глибокого свердлення та нарізання різьби мітчиком або плашкою,

4. Скласти КП обробки валика на рис.6 для зазначеного викладачем варіанта завдання (табл.8), що містить: за допомогою постійного циклу L02 проточити канавку довжиною L_1 ; нарізати зовнішню різьбу довжиною L_2 , використовуючи цикл L01; засвердлити отвір D_2 довжиною L_3 та нарізати у ньому різьбу мітчиком, застосовуючи для цього цикли L06 та L07.

Таблиця 8 – Початкові дані до контрольного завдання з теми 3

№	D_1	D_2	L_1	L_2	L_3	L_4	L_5	H_1	H_2	A	Ф
1	36	16	84	30	20	12	15	1,0	1,5	8	6
2	24	8	102	40	24	11	17	1,0	0,5	4	5
3	30	12	114	28	12	10	8	2,0	1,5	5	4
4	48	16	96	36	18	12	12	2,5	1,0	8	5
5	36	12	127	45	20	15	13	1,5	0,5	6	6
6	72	36	148	50	24	11	17	3,0	1,5	8	5
7	60	24	120	42	20	13	15	3,5	1,5	7	5
8	48	16	100	36	15	9	10	2,5	1,0	6	4
9	36	12	94	40	18	14	13	1,5	0,5	7	5
10	52	24	121	37	20	15	14	4,0	1,5	9	6
11	48	20	110	28	14	11	10	3,6	1,2	7	3
12	60	16	104	46	20	13	15	4,2	1,0	10	6
13	36	8	98	51	25	10	20	1,5	0,5	6	4
14	72	30	140	39	24	14	20	4,0	1,5	10	5
15	48	24	102	45	30	18	25	4,0	2,0	6	7
16	60	16	96	52	35	13	30	1,5	1,0	10	6

17	36	12	100	37	32	15	26	2,0	1,0	6	3
18	52	20	108	48	36	12	31	2,5	2,5	8	5
19	48	16	117	40	30	17	25	2,0	1,0	7	6
20	60	24	160	48	38	14	32	3,5	1,5	9	5
21	36	8	88	52	44	15	37	2,5	0,5	6	4
22	72	36	184	50	40	19	35	3,0	1,5	10	5
23	48	16	92	39	28	16	22	2,5	1,0	9	5
24	52	20	128	54	40	14	36	3,5	1,5	8	4
25	36	16	100	45	36	10	32	2,0	1,5	6	2

Примітка. Параметр H_1 – крок зовнішньої різьби, H_2 – крок різьби при нарізанні мітчиком.

При виконанні завдання треба прийняти другий діапазон обертання шпинделя. Частота для обробки канавки 700 об/хв, подача 0,5 мм/об; для зовнішньої різьби частота 580 об/хв, подача 0,35 мм/об; глибокого свердлення частота 420 об/хв; нарізання різьби мітчиком 100 об/хв. Інструменти знаходяться у різцетримачі з першої по четверту позиції. Початкова точка має координати $x = 150$ мм, $z = 25$ мм. При програмуванні точіння канавки покласти ширину різця 6 мм, обробка ведеться з перекриттям, витримка наприкінці робочого ходу 2 с.

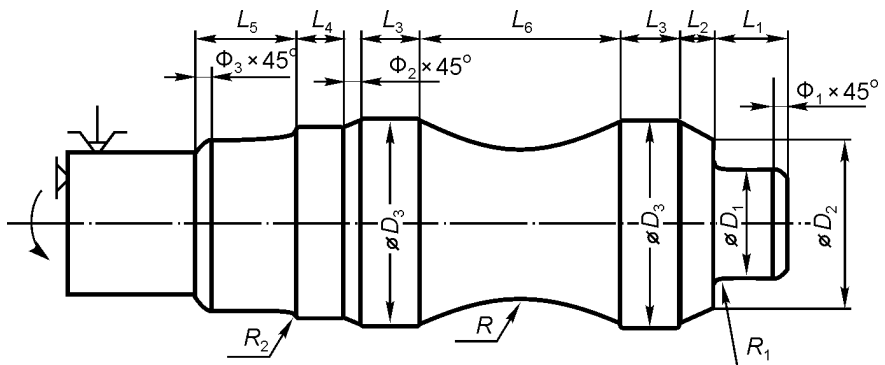


Рисунок 6 – Ескіз деталі до контрольного завдання програмування чистової двоінструментальної обробки валика

3.5. Приклад побудови КП обробки валика (рис.7) з використанням постійних автоматичних циклів L01 та L02

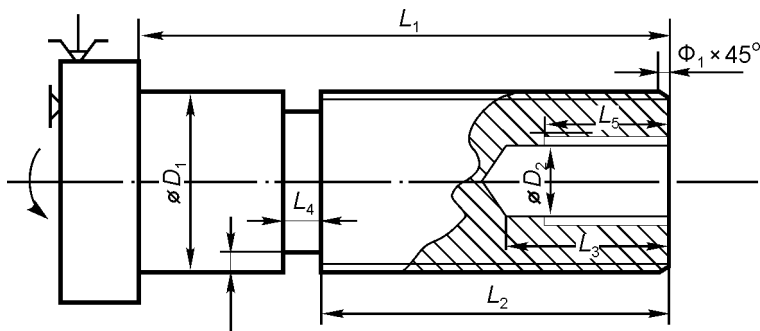


Рисунок 7 – Ескіз деталі до контрольного завдання програмування циклів L01, L02, L06, L07

N001 S2 650 F0,45 T1* – другий діапазон, частота обертання шпинделя 650 об/хв, подача 0,45 мм/об, різцетримач встановлено до першої позиції;

N002 X56 Z-97E* – підведення різця до початкової точки на швидкому ході;

N003 X52* – переміщення різця на робочій подачі до точки з координатою $x = 52$ мм, $z = -97$ мм;

N004 L02 D3 X30 A14 P5* – проточування канавки з внутрішнім діаметром 30 мм, шириною 15 мм різцем з шириною кромки 6 мм; витримка наприкінці робочого ходу 3 с;

N005 Z1E* – відведення різця по осі Z на швидкому ході;

N006 S2 500 F0,35 T2* – другий діапазон, частота обертання шпинделя 500 об/хв, подача 0,35 мм/об, різцетримач встановлено до другої позиції;

N007 X38 Z2,5E* – підведення різця до початкової точки на швидкому ході, повітряний зазор 4,5 мм;

N008 X36 M08* – переміщення різця на робочій подачі до точки з координатою $x = 36$ мм, $z = 4,5$ мм, вмикання охолодження;

N009 L01 F1,5 W-92 X34,08 A0 P0,4 C0* – нарізання різьби з кроком $F = 1,5$ мм; довжиною (з урахуванням виходу до зарізьбової канавки) $W = 4,5 + 80 + 7,5$ мм; внутрішнім діаметром 34,08 мм; A0 – нахил відсутній (циліндрична різьба); глибина різання за перший прохід (на радіус) $P = 0,4$ мм; C0 – без збігу;

N010 X50* – переміщення різця на робочій подачі до точки з координатою $x = 50$ мм;

N011 Z1E* – відведення різця по осі Z на швидкому ході;

N012 M09* – вимикання охолодження;

N013 M02* – кінець програми (припинення обертання шпинделя, відведення різця на швидкому ході у початкове положення спочатку по осі X, потім по осі Z).

Контрольні запитання

1. Як знайти значення параметра W у структурі циклу L01? Що таке повітряний зазор і коли його задавати обов'язково? Які параметри треба задати при нарізанні різьби зі збігом та у зарізьбову канавку?

2. Як визначити внутрішній діаметр різьби? Чи є різниця у задаванні циклу при нарізанні циліндричної та конічної різьби?

3. Які параметри треба змінити у задаванні циклу L02 при обробці канавки з перекриттям?

4. Наведіть схему роботи циклу глибокого свердлення. Які параметри задаються у структурі циклу?

5. Як визначити загальний шлях проходу інструмента при програмуванні циклу L07?

3.6. Зміст звіту

1. Ескіз валика з нанесеними розмірами для програмування.

2. Керуюча програма обробки валика.

Література: [1, с.126–128, 130–131]

ТЕМА 4 АВТОМАТИЧНІ ЦИКЛИ ОБРОБКИ

Змістом даної теми є вивчення програмування обробки за допомогою автоматичних циклів ОПУ 2P22: L03, L04 – зовнішнього та внутрішнього точіння за схемою "петля"; цикл торцевої обробки за схемою "петля" – L05; L08, L09 – багатопрохідної обробки; L10 – цикл чистової обробки уздовж контуру з заданого номера кадру.

4.1. Автоматичні цикли точіння за схемою "петля"

Цикли L03, L04 використовують для одноразового зовнішнього або внутрішнього точіння заготовки уздовж координати Z з автоматичним поверненням до початкової точки. Структура циклів має вигляд

L03 (L04) W,

де W – довжина робочого ходу (петлі).

Робота циклів проходить таким чином: зміщення на робочій подачі на відстань W з урахуванням знака; швидке відведення (відскок) на 1 мм по осі X ; повернення на швидкому ході до початкової точки.

Цикл L05 призначається для одноразового підрізання торця з автоматичним поверненням до початкової точки. Він проходить так: зміщення на робочій подачі уздовж осі X до заданого діаметра; відскок на 1 мм по координаті Z у додатному напрямку; повернення на швидкому ході до початкової точки ("торцева петля").

Структура циклу така

L05 X ,

де X – кінцевий діаметр підрізаного торця.

У процесі обробки для забезпечення автоматичного безступінчастого регулювання частоти обертів шпинделя, що має на меті підтримати сталу задану швидкість різання, перед кадром, що програмує цикл L05, треба запрограмувати підготовчу функцію G10.

4.2. Автоматичні цикли багатопрохідної обробки L08, L09

Ці цикли призначені для багатопрохідної обробки циліндричних заготовок з контуром, близьким до кінцевого (наприклад, поковок) з автоматичним розподілом на проходи. Структура циклів має вигляд

L08(L09) A P,

де A – припуск під чистову обробку, мм, (якщо чистова обробка відсутня, тоді $A = 0$); P – максимальна глибина різання за один робочий хід на бік, мм.

Цикли L08, L09 використовують для обробки деталей у випадку, коли діаметр збільшується при зовнішній обробці та зменшується при внутрішній. Після запису у програмі кадру, який містить завдання циклу L08 або L09, слід запрограмувати контур обробки, що не може містити більше 15 кадрів. Причому кадри з фасками та галтелями враховують як два кадри. Контур деталі описують у напрямку шпинделя. Ознакою кінця опису є допоміжна функція M17. Припуск під чистову обробку уздовж осі Z визначають діленням заданого припуску по діаметру на чотири. Початковою точкою циклу L08 є точка початку заготовки.

Для визначення координат початкової точки циклу L09 необхідно

спочатку обчислити значення максимальних припусків за довжиною на сторону та діаметру. Якщо збільшений учетверо припуск за довжиною є більш ніж припуск за діаметром, тоді координату початкової точки по осі X знаходять як суму діаметра правого торця та збільшеного учетверо припуску за довжиною, а координату Z – як суму координат Z торця і припуску за довжиною на сторону. Коли збільшений учетверо припуск за довжиною на сторону є меншим ніж припуск за діаметром, тоді координата X визначається як сума діаметра правого торця та припуску по діаметру, координата Z – сума координати Z торця та припуску за діаметром, зменшеним учетверо. Наприклад, для заготовки (кінцевий діаметр 50 мм), що має припуск 5 мм та за діаметром 2 мм, збільшений учетверо припуск за довжиною на сторону становить 20 мм, і буде більшим припуску за діаметром. Тоді координата початкової точки $X = 50 + 20 = 70$ мм, координата $Z = 5$ мм.

Якщо кінцевий контур деталі починається з фаски, конуса або галтелі, то необхідно поперед циклом L09 умовну циліндричну ступінь на довжині припуску за координатами X і Z .

4.3. Цикл чистової обробки з заданого номера кадру

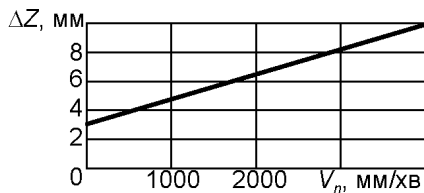


Рисунок 8 – Номограма до визначення шляху підходу різця уздовж осі Z

У більшості випадків, коли чорнова і чистова обробка виконується без переустановки, використовують постійний автоматичний цикл чистової обробки з заданого номера кадру – L10. При цьому чистову обробку проводять за програмою

чорнової. Структура циклу має вигляд

L10 B,

де B – номер кадру початку повторення опису контуру деталі.

Для роботи циклу L10 спочатку програмують початкову точку циклу, координати якої дорівнюють координатам початку кінцевого контуру деталі. Ознакою кінця опису контуру обробки є допоміжна функція M17.

Контрольне завдання

1. Вивчити порядок програмування циклів зовнішнього та внутрішнього точіння за схемою "петля" L03, L04.

2. Вивчити порядок програмування циклу торцевої обробки за схемою "петля" L05.
3. Вивчити порядок програмування автоматичних циклів L08, L09.
4. Вивчити порядок програмування циклу чистової обробки з заданого номера кадру L10.
5. Скласти КП чорнкової обробки валика на рис.9 для зазначеного викладачем варіанта завдання з табл.9, використовуючи цикл L09, і КП чистової обробки цієї ж деталі за допомогою циклу L10.

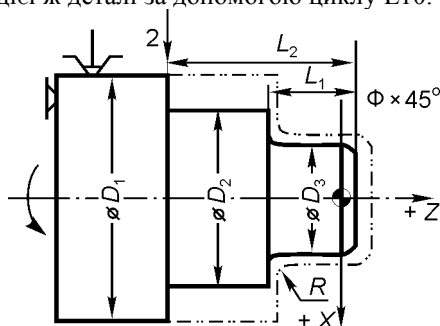


Рисунок 9 – Ескіз деталі до контрольного завдання програмування циклів L09, L10

При програмуванні прийняти: діаметральний припуск під чистову обробку 0,5 мм; частота обертання шпинделя при чорновому ході 550 об/хв, при чистовому – 900 об/хв. Подача 0,45 мм/об для чорнкової обробки та 0,1 мм/об для чистової. Заготівка – поковка, інструменти у першій та другій позиції.

Таблиця 9 – Початкові дані до контрольного завдання з теми 4

№	D ₁	D ₂	D ₃	L ₁	L ₂	R	Φ
1	80	60	40	30	60	3	2
2	92	68	43	35	65	4	3
3	98	72	46	36	71	3	2
4	76	64	40	32	58	2	2
5	80	58	42	39	70	5	3
6	74	66	39	37	80	4	1
7	70	60	50	40	90	5	2
8	88	68	44	38	74	3	3
9	86	72	46	36	71	3	2
10	98	64	42	30	65	3	4

11	72	66	37	39	75	2	2
12	75	68	50	37	70	2	1
13	69	60	44	36	65	3	2
14	91	72	40	37	90	5	2
15	77	66	42	38	74	4	1
16	85	64	37	37	65	5	2
17	98	74	49	33	61	2	3
18	76	66	45	38	70	3	2
19	60	52	43	32	82	4	2
20	72	60	50	38	91	5	2
21	91	74	42	38	67	3	2
22	77	67	43	39	94	5	2
23	96	78	51	37	66	2	1
24	80	60	43	41	74	2	2

4.4. Приклад побудови КП обробки валика (рис.10) з використанням постійних автоматичних циклів L09 та L10

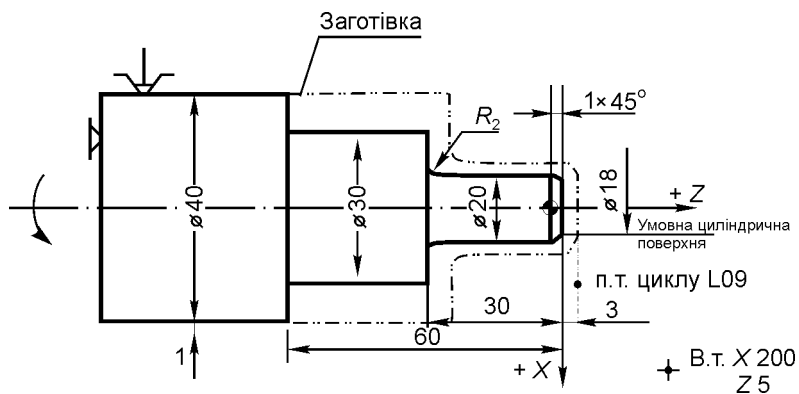


Рисунок 10 – Ескіз деталі до прикладу програмування циклів L09, L10

N001 S2 550 F0,45 T1* – другий діапазон, частота обертання шпинделя 550 об/хв, подача 0,45 мм/об, різцетримач встановлено до першої позиції;

N002 X32 Z3 M08 E* – підведення різця до початкової точки на

швидкому ході, вмикання охолодження;

N003 G10* – задання постійної швидкості різання;

N004 L09 A0,5 P2,5* – припуск під чистову обробку 0,5 мм, максимальна глибина різання на радіус 2,5 мм;

N005 X18*

N006 Z0* – кадри 5 і 6 програмують умовну циліндричну ступінь;

N007 X20 C1* – програмування обробки фаски;

N008 Z–30 Q2* – обробка діаметра 20 мм і галтелі R2;

N009 X30* – підрізання уступу до діаметра 30 мм;

N010 Z–60* – обробка діаметра 30 мм;

N011 X42 M17* – підрізання уступу, кінець опису контуру деталі;

N012 Z0 E* – відхід по осі Z на нульову координату;

N013 X22 E* – підведення по осі X на координату $X = 22$ мм;

N014 X0 F0,25* – підрізання торця;

N015 Z1 E* – відхід на координату $Z = 1$ мм на швидкому ході;

N016 S2 900 F0,1 T2* – другий діапазон, частота обертання шпинделя 900 об/хв, подача 0,1 мм/об, різцетримач встановлено до другої позиції;

N017 Z0 E* – вихід по осі Z на координату $Z = 0$;

N018 X18 E* – підведення по осі X на координату $X = 18$ мм;

N019 L10 B7* – завдання на чистову обробку з кадру N007;

N020 M02* – кінець програми (припинення обертання шпинделя, відведення різця на швидкому ході в початкове положення спочатку по осі X, потім по осі Z).

Контрольні запитання

1. Як задати постійну швидкість різання у програмі?
2. Як визначають початкову точку при використанні циклів L08, L09?
3. Яким чином програмують кінцевий контур деталі? Які обмеження існують на кількість кадрів? Що таке ознака кінця опису деталі?
4. Які параметри задаються у структурі циклу L10?

Зміст звіту

1. Ескіз валика з нанесеними розмірами для програмування.
2. Керуюча програма обробки валика.

Література: [1, с.131–135].

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Стискін Г.М., Гаєвський В.Д. Токарные станки с оперативным программным управлением. – К.: Техніка, 1989.– 176 с. (рос.).
2. Гжиров Р.Є., Серебреніцький П.П. Програмування обробки на верстатах з ЧПУ.– Л.: Машинобудування, Ленінгр. вид., 1990.–588 с.(рос.).

Навчальне видання

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ТА КОНТРОЛЬНІ ЗАВДАННЯ
ДО ДИСЦИПЛІНИ
«ПРОГРАМУВАННЯ ОБРОБКИ НА ВЕРСТАТАХ З ЧПК»**

Укладач: ХАВІН Геннадій Львович

Відповідальний за випуск Ю.В. Тимофієв

Роботу рекомендував до видання Г.А. Крутіков

Редактор Л.А. Копієвська

План 2002 р., п. 63/

Підп. до друку . Формат 60×84 1/16. Папір офсетний.

Друк – ризографія. Гарнітура Таймс. Ум. друк. арк. 1,6.

Обл.-вид. арк. 1,5. Наклад 50 прим. Зам. № Ціна договірна.

Видавничий центр НТУ “ХПІ”. Свідоцтво ДК № 116 від 10.07.2000 р.
61002, Харків, вул. Фрунзе, 21

Друкарня НТУ „ХПІ” , 61002, Харків, вул. Фрунзе, 21