

Лабораторна робота № 1

ОБРОБКА ОТВОРІВ ТА РОЗРОБКА УПРАВЛЯЮЧИХ ПРОГРАМ ДЛЯ ВЕРТИКАЛЬНО-СВЕРДЛУВАЛЬНОГО ВЕРСТАТА мод. 2P135Ф2 З ЧПУ КООРДИНАТА С-70

Мета роботи: - на основі вивчення технологічних можливостей свердлувальних верстатів з ЧПУ, ознайомлення з обладнанням, оснащенням та технологічними процесами обробки отворів отримати навички розробки управляючих програм (УП) та налагодження вертикально-свердлувального верстата мод. 2P135Ф2 для обробки заданої деталі

1.1. Теоретичні відомості

1.1.1. Обробка отворів на свердлувальних верстатах

1.1.1.1. Схеми одержання та обробки отворів

У машино- та приладобудуванні більшість отворів обробляють на свердлувальних, токарних, револьверних, розточувальних та інших верстатах. При цьому розрізняють отвори:

- циліндричні;
- ступінчасті;
- конічні;
- фасонні;
- відкриті;
- глухі;
- різьові тощо.

Отвори, у яких відношення довжини до діаметру більше 5, називають *глибокими*.

Отвори, що обробляються на свердлувальних верстатах, розрізняються розмірами, точністю, шорсткістю поверхні. Точність отворів та параметри шорсткості поверхні задаються кресленням деталі та забезпечуються числом і характером технологічних переходів при обробці.

Для обробки отворів застосовують такі різальні інструменти:

- свердла; зенкери; розвертки; зенківки; цеківки; мітчики; розточувальні головки та інші.

При цьому виконуються відповідні основні технологічні операції (переходи), схеми яких показані на рис. 1.1.

Свердлування (рис. 1.1, а) - один з найбільш поширених способів одержання глухих та наскрізних циліндричних отворів у суцільних різноманітних матеріалах за допомогою свердел як по розмітці, так і по кондукторах. Свердлування як закінчену операцію застосовують для виконання невідповідальних отворів, наприклад, під кріпильні болти, заклепки, шпильки та ін.

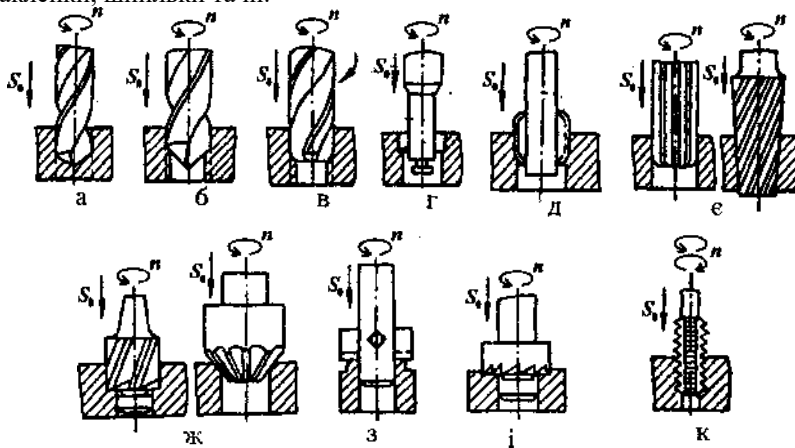


Рис. 1.1. Схеми одержання і обробки отворів на свердлувальних верстатах

Розсвердлювання (рис. 1.1, б) - процес збільшення свердлом діаметра наявних отворів. Отвори, одержані литтям і куванням, розсвердлювати не рекомендується через сильне відведення свердла внаслідок неправильної форми отворів або неспівпадання центру отвору з віссю свердла.

Зенкерування (рис. 1.1, в) - процес обробки циліндричних, штампованих або попередньо просвердлених отворів, а також обробки наскрізних чи глухих отворів більшої довжини, циліндричних поглиблень під головки гвинтів чи болтів, конусних фасок на краях отворів та торцевих поверхонь бобишок чи ступиць за допомогою різальних інструментів, що називаються зенкерами. Являючись напівчистою операцією обробки отворів, зенкерування характеризується невеликими величинами припусків, що знімаються. Останні дорівнюють приблизно 1/8 діаметру отвору, досягаючи величин в середньому (1...4) мм на діаметр. Оскільки припуск при зенкеруванні у порівнянні з свердлуванням зменшується, то зменшується сила різання

та об'єм стружки, що знімається. Мета виконання операції зенкерування - надання отворам правильної геометричної форми, потрібних розмірів і необхідної чистоти поверхні.

Розточування (рис. 1.1, г, д) - здійснюється у тих випадках, коли осі отворів повинні бути розташовані за точними координатами, різальний інструмент, що при цьому використовується, - розточувальні різці, розточувальні головки.

Розвертання (рис. 1.1, є) - процес остаточної обробки отворів з метою надання їм точних розмірів і високої чистоти поверхні. Припуск під чорнове розвертання дорівнює (0,25...0,5) мм на діаметр, а під чистове (0,05...0,15) мм. Інструмент для розвертання - розвертки, які мають високі жорсткість та міцність. При розвертанні утворюється мало стружки, що дає можливість збільшити кількість зубців розверток до 12 ... 20.

Зенкування (рис. 1.1, ж) - процес одержання циліндричних або конічних заглиблень у попередньо просвердлених отворах під головки болтів, гвинтів та інших деталей за допомогою циліндричних і конічних зенкерів (зенківок).

Цекування (рис. 1.1, з, і) - обробка торцевих поверхонь під гайки, шайби, кільця пластинками або торцевими зенкерами.

Нарізання різьби (рис. 1.1, к) у отворах може здійснюватися на свердлувальних верстатах мітчиками.

Деякі показники якості оброблених поверхонь (квалітетів точності та величин шорсткості) при обробці отворів на свердлувальних верстатах представлені в табл. 1.1.

Таблиця 1.1

Деякі показники якості обробки отворів на свердлувальних верстатах

№ з/п	Найменування операції (переходу)	Значення параметра Ra, мкм	Квалітети	
			економічні	що можуть бути досягнуті
1.	Свердлування:	6,3-12,5*	12-14****	10-11****
	- до 15 мм			
	- > 15 мм	12,5-25*	12-14****	10-11*****
2.	Розсвердлювання	12,5-25*(6,3)	12-14****	10-11
3.	Зенкерування:	12,5-25	12-15	—
	- чорнове			
	- чистове			

Закінчення табл. 1.1

№ з/п	Найменування операції (переходу)	Значення параметра Ra, мкм	Квалітети	
			економічні	що можуть бути досягнуті
4.	Розточування:			
	- чорнове	50-100	15-17	
	- напівчистове	12,5-25	12-14	-
	- чистове	1,6*-3,2(0,8)	8-9	7
	- тонке (алмазне)	0,4*-0,8*(0,2)	7	6
5.	Розвертання:			
	- напівчистове	0,4-1,6	8	7
	- чистове	6,3-12,5	9-10	8***
	- тонке	1,6-3,2	7-8 (**)	-
6.	Зенкування	(0,4)-0,8	7	6***
		3,2-12,5	-	-

Примітки: 1. В дужках вказані гранично досягнуті значенню параметра шорсткості Ra.

2. * Оптимальне значення для даного виду обробки.

3. ** В дужках наведена економічна точність для чавуну.

4. *** Для чавуну є економічною точністю виготовлення.

5. **** При свердлуванні без кондуктора.

6. ***** При свердлуванні по кондуктору.

В табл. 1.2 та 1.3 представлені рекомендовані набори стер- жньових мірних інструментів для обробки отворів різних геометричних та технологічних характеристик, а в табл. 1.4 - рекомендовані діаметри свердел для свердлування отворів під різьбу.

Для підвищення точності взаємного розташування отворів при свердлуванні рекомендується застосовувати зацентровання коротким свердлом ($2\phi = 90^\circ$). На точність розташування осей впливає стан поверхні, у якій оброблюються отвори. Так, при свердлуванні по литій необробленій поверхні точність міжцентрових відстаней на 30-40% нижча, ніж при свердлуванні по обробленій поверхні.

При обробці отворів на свердлувальних верстатах послідовність робочих та холостих ходів різальних інструментів наступна:

- швидке підведення до заготовки; робоча подача (подача різання); швидке відведення інструменту від заготовки.

При цьому можливі дві основні схеми послідовності обробки декількох отворів:

- паралельна - кожен інструмент оброблює всі поверхні даного розміру, а потім виконується зміна інструменту та цикл повторюється;
- послідовна - кожен отвір оброблюється всіма інструментами, далі виконується обробка наступного отвору і т.д.

Таблиця 1.2

Рекомендований набір інструментів для обробки отворів діаметром 1,5-11 мм

Номінальний діаметр	Н7			Н8		Н9		Н10
	Сведл	Розвертка, мм		Сведло	Ровертк	Сведл о	і в ч и с т о з е н к е р, в е р т к а,	Сведло,
		чорнов а	чистова					
1,5	1,4	1,47	1,5Н7	1,4	1,5Н8	1,4	1,5Н9	1,5Н10
1,8	1,7	1,77	1,8Н7	1,7	1,8Н8	1,7	1,8Н9	1,8Н10
2,0	1,9	1,97	2Н7	1,9	2Н8	1,9	2Н9	2Н10
2,2	2,1	2,17	2,2Н7	2,1	2,2Н8	2,1	2,2Н9	2,2Н10
2,5	2,4	2,47	2,5Н7	2,4	2,5Н8	2,4	2,5Н9	2,5Н10
2,8	2,7	2,77	2,8Н7	2,7	2,8Н8	2,7	2,8Н9	2,8Н10
3,0	2,9	2,97	3Н7	2,9	3Н8	2,9	3Н9	3Н10
3,5	3,4	3,46	3,5Н7	3,4	3,5Н8	3,4	3,5Н9	3,5Н10
4,0	3,9	3,96	4Н7	3,9	4Н8	3,9	4Н9	4Н10
4,5	4,2	4,46	4,5Н7	4,2	4,5Н8	4,2	4,5Н9	4,5Н10
5	4,8	4,96	5Н7	4,8	5Н8	4,8	5Н9	5Н10
6	5,8	5,96	6Н7	5,8	6Н8	5,8	6Н9	6Н10
7	6,7	6,96	7Н7	6,7	7Н8	6,7	7Н9	7Н10
8	7,8	7,95	8Н7	7,8	8Н8	7,8	8Н9	8Н10
9	8,7	8,95	9Н7	8,7	9Н8	8,7	9Н9	9Н10
10	9,7	9,95	10Н7	9,7	10Н8	9,7	10Н9	10Н10
11	10,7	10,94	11Н7	10,7	11Н8	10,7	11Н9	11Н10

Таблиця 1.3

Рекомендований набір інструментів для обробки отворів (розміри в мм)

Номиналь ний діаметр отвору, мм	Отвори діаметром 12-100 мм								
	H7								
	В суцільному матеріалі					Лиття або гаряча штамповка			
	Свердло, мм		Напівчис тої	Розвертка, мм		Зенкер, мм		Розвертка, мм	
	перше	друге		чорнова	чистова	чистовий	напівчис- товий	чорнова	чистова
12	10,7	-	11,82	11,94	12H7	-	-	-	-
13	11,7	-	12,82	12,94	13H7	12	12,82	12,94	13H7
14	12,7	-	13,82	13,94	14H7	13	13,82	13,94	14H7
15	13,7	-	14,82	14,94	15H7	14	14,82	14,94	15H7
16	14,25	-	15,82	15,94	16H7	15	15,82	15,94	16H7
17	15,25	-	16,82	16,94	17H7	16	16,82	16,94	17H7
18	16,25	-	17,82	17,94	18H7	17	17,82	17,94	18H7
19	16,5	-	18,75	18,93	19H7	18	18,75	18,93	19H7
20	17,5	-	19,75	19,93	20H7	19	19,75	19,93	20H7
21	18,5	-	20,75	20,93	21H7	20	20,75	20,93	21H7
22	19,5	-	21,75	21,93	22H7	21	21,75	21,93	22H7
23	20,5	-	22,75	22,93	23H7	22	22,75	22,93	23H7
24	21,5	-	23,75	23,93	24H7	23	23,75	23,93	24H7
25	22,5	-	24,75	24,93	25H7	24	24,75	24,93	25H7
26	23,5	-	25,75	25,93	26H7	25	25,75	25,93	26H7
28	25,5	-	27,75	27,93	28H7	26	27,75	27,93	28H7
30	20	27,5	29,75	29,93	30H7	28	29,75	29,93	30H7
32		29	31,71	31,92	32H7	30	31,71	31,92	32H7
34		31	33,71	33,92	34H7	32	33,71	33,92	34H7
35		32	34,71	34,92	35H7	32	34,71	34,92	35H7
36		33	35,71	35,92	36H7	34	35,71	35,92	36H7
38		35	37,71	37,92	38H7	36	37,71	37,92	38H7
40		37	39,71	39,92	40H7	38	39,71	39,92	40H7
42		39	41,71	41,92	42H7	40	41,71	41,92	42H7
44		41,5	43,71	43,92	44H7	42	43,71	43,92	44H7
45		42	44,71	44,92	45H7	42	44,71	44,92	45H7

Продовження табл. 1.3

Номинальний діаметр отвору, мм	Отвори діаметром 12-100 мм								
	H7								
	В суцільному матеріалі					Лиття або гаряча штамповка			
	Свердло, мм		Напівчистовий зенкер, мм	Розвертка, мм		Зенкер, мм		Розвертка, мм	
	перше	друге		чорнова	чистова	чистовий	напівчистовий	чорнова	чистова
46	20	42,8	45,71	45,92	46H7	44	45,71	45,92	46H7
48		45	47,71	47,92	48H7	46	47,71	47,92	48H7
50		46	49,71	49,92	50H7	48	49,71	49,92	50H7
52		48	51,65	51,91	52H7	50	51,65	51,91	52H7
55		51	54,65	54,91	55H7	52	54,65	54,91	55H7
58		54	57,65	57,91	58H7	55	57,65	57,91	58H7
60		56	59,65	59,91	60H7	58	59,65	59,91	60H7
62	20	58	61,65	61,91	62H7	60	61,65	61,91	62H7
65		61	64,65	64,91	65H7	62	64,65	64,91	65H7
68		63	67,65	67,91	68H7	65	67,65	67,91	68H7
70		65	69,65	69,91	70H7	68	69,65	69,91	70H7
72		68	71,65	71,91	72H7	70	71,65	71,91	72H7
75		71	74,65	74,91	75H7	72	74,65	74,91	75H7
78		72	77,65	77,91	78H7	75	77,65	77,91	78H7
80	75	79,65	79,91	80H7	78	79,65	79,91	80H7	
82	-	-	-	-	-	80	81,58	81,90	82H7
85	-	-	-	-	-	82	84,58	84,90	85H7
88	-	-	-	-	-	85	87,58	87,90	88H7
90	-	-	-	-	-	88	89,58	89,90	90H7
92	-	-	-	-	-	90	91,58	91,90	92H7
95	-	-	-	-	-	92	94,58	94,90	95H7
98	-	-	-	-	-	95	97,58	97,90	98H7
100	-	-	-	-	-	98	99,58	99,90	100H7

Продовження табл. 1.3

Номінальна отвору, мм	Отвори діаметром 12—100 мм						
	Н8						
	В суцільному матеріалі				Лиття або гаряча штампівка		
	Сверд ло,мм		S Напівчистов зенкер,мм	Розвертка, мм	Чорновий зенкер, мм	S Напівчистов : зенкер, мм	Розвертка, мм
	перше	друге					
12	10,7	-	11,82	12Н8	-	-	-
13	И.7	-	12,82	13Н8	12	12,82	13Н8
14	12,7	-	13,82	14Н8	13	13,82	14Н8
15	13,7	-	14,82	15Н8	14	14,82	15Н8
16	14,25	-	15,82	16Н8	15	15,82	16Н8
17	15,25	-	16,82	17Н8	16	16,82	17Н8
18	16,25	-	17,82	18Н8	17	17,82	18Н8
19	16,5	-	18,75	19Н8	18	18,75	19Н8
20	17,5	-	19,75	20Н8	19	19,75	20Н8
21	18,5	-	20,75	21Н8	20	20,75	21Н8
22	19,5	-	21,75	22Н8	21	21,75	22Н8
23	20,5	-	22,75	23Н8	22	22,75	23Н8
24	21,5	-	23,75	24Н8	23	23,75	24Н8
25	22,5	-	24,75	25Н8	24	24,75	25Н8
26	23,5	-	25,75	26Н8	25	25,75	26Н8
28	25,5	-	27,75	28Н8	26	27,75	28Н8
30		27,5	29,75	30Н8	28	29,75	30Н8
32		29	31,71	32Н8	30	31,71	32Н8
34		31	33,71	34Н8	32	33,71	34Н8
35		32	34,71	35Н8	32	34,71	35Н8
36		33	35,71	36Н8	34	35,71	36Н8
38		35	37,71	38Н8	36	37,71	38Н8
40	20	37	39,71	40Н8	38	39,71	40Н8
42		39	41,71	42Н8	40	41,71	42Н8
44		41,5	43,71	44Н8	42	43,71	44Н8
45		42	44,71	45Н8	42	44,71	45Н8
46		42,8	45,71	46Н8	44	45,71	46Н8
48		45	47,71	48Н8	46	47,71	48Н8

Продовження табл. 1.3

50		46	49,71	50Н8	48	49,71	50Н8
----	--	----	-------	------	----	-------	------

Продовження табл. 1.3

Отвори діаметром 12—100 мм							
Номинальна отвору, мм	H8						
	В суцільному матеріалі				Лиття або гаряча штамповка		
	Свердло, мм		Напівчистов : зенкер, мм	Розвертка, мм	Чорновий зенкер, мм	Напівчистов зенкер, мм	Розвертка, мм
	перше	друге					
52	20	48	51,65	52H8	50	51,65	52H8
55		51	54,65	55H8	52	54,65	55H8
58		54	57,65	58H8	55	57,65	58H8
60		56	59,65	60H8	58	59,65	60H8
62	20	58	61,65	62H8	60	61,65	62H8
65		61	64,65	65H8	62	64,65	65H8
68		63	67,65	68H8	65	67,65	68H8
70		65	69,65	70H8	68	69,65	70H8
72		68	71,65	72H8	70	71,65	72H8
75		71	74,65	75H8	72	74,65	75H8
78		72	77,65	78H8	75	77,65	78H8
80		75	79,65	80H8	78	79,65	80H8
82	-	-	-	-	80	81,58	82H8
85	-	-	-	-	82	84,58	85H8
88	-	-	-	-	85	87,58	88H8
90	-	-	-	-	88	89,58	90H8
92	-	-	-	-	90	91,58	92H8
95	-	-	-	-	92	94,58	95H8
98	-	-	-	-	95	97,58	98H8
100	-	-	-	-	98	99,58	100H8

Продовження табл. 1.3

Номинальний діаметр отвору, мм	Отвори діаметром 12-100 мм						
	H9				H10		
	В суцільному матеріалі			Лиття або гаряча штамповка		В суцільному матеріалі	
	Свердло, мм		Напівчистовий зенкер або розвертка	Зенкер, мм		Свердло, мм	
	перше	друге		чорновий	чистовий	перше	друге
12	10,7	-	12H9	-	-	12H10	-
13	11,7	-	13H9	12	13H9	13H10	-
14	12,7	-	14H9	13	14H9	14H10	-
15	13,7	-	15H9	14	15H9	15H10	-
16	14,25	-	16H9	15	16H9	16H10	-
17	15,25	-	17H9	16	17H9	17H10	-
18	16,25	-	18H9	17	18H9	18H10	-
19	16,5	-	19H9	18	19H9	19H10	-
20	17,5	-	20H9	19	20H9	20H10	-
21	18,5	-	21H9	20	21H9	21H10	-
22	19,5	-	22H9	21	22H9	22H10	-
23	20,5	-	23H9	22	23H9	23H10	-
24	21,5	-	24H9	23	24H9	24H10	-
25	22,5	-	25H9	24	25H9	25H10	-
26	23,5	-	26H9	25	26H9	26H10	-
28	25,5	-	28H9	26	28H9	28H10	-
30		27,5	30H9	28	30H9		30H10
32		29	32H9	30	32H9		32H10
34		31	34H9	32	34H9		34H10
35		32	35H9	32	35H9		35H10
36		33	36H9	34	36H9		36H10
38	20	35	38H9	36	38H9	20	38H10
40		37	40H9	38	40H9		40H10
42		39	42H9	40	42H9		42H10
44		41,5	44H9	42	44H9		44H10
45		42	45H9	42	45H9		45H10

Закінчення табл. 1.3

Номинальний діаметр отвору, мм	Отвори діаметром 12-100 мм						
	Н9				Н10		
	В суцільному матеріалі			Лиття або гаряча штамповка		В суцільному матеріалі	
	Свердло, мм		Напівчистовий зенкер або розвертка	Зенкер, мм		Свердло, мм	
	перше	друге		чорновий	чистовий	перше	друге
46		-	46Н9	44	46Н9		-
48		45	48Н9	46	48Н9		48Н10
50		46	50Н9	48	50Н9		50Н10
52	20	48	52Н9	50	52Н9	20	52Н10
55		51	55Н9	52	55Н9		55Н10
58		54	58Н9	55	58Н9		58Н10
60		56	60Н9	58	60Н9		60Н10
62		58	62Н9	60	62Н9		62Н10
65		61	65Н9	62	65Н9		65Н10
68		63	68Н9	65	68Н9		68Н10
70		65	70Н9	68	70Н9		70Н10
72	20	68	72Н9	70	72Н9	20	72Н10
75		71	75Н9	72	75Н9		75Н10
78		72	78Н9	75	78Н9		78Н10
80		75	80Н9	78	80Н9		80Н10
82	-	-	-	80	82Н9		-
85	-	-	-	82	85Н9	-	-
88	-	-	-	85	88Н9	-	-
90	-	-	-	88	90Н9		-
92	-	-	-	90	92Н9	-	-
95	-	-	-	92	95Н9	-	-
98	-	-	-	95	98Н9	-	-
100	-	-	-	98	100Н9	-	-

Закінчення табл. 1.4
Таблиця 1.4

Рекомендовані діаметри свердел для свердлування
отворів під різь

Номинальний діаметр різьби, мм	Крок різьби, мм	Діаметр свердла, мм		Номинальний діаметр різьби, мм	Крок різьби, мм	Діаметр свердла, мм	
		0,80*	0,82**			1,00	1,05
1	0,2	0,80*	0,82**	1,2	0,2	1,00	1,05
	0,25	0,75	0,80		0,25	0,95	1,00
1,1	0,2	0,90	0,92	1,4	0,2	1,00	1,25
	0,25	0,85	0,90		0,3	1,10	1,15
1,6	0,2	1,40	1,45	8	0,5	7,50»	7,60**
	0,35	1,25	1,30		0,75	7,25	7,30
1					7,00	7,10	
			1,25		6,80	6,90	
1,8	0,2	1,60	1,65	9	0,5	8,50	8,60
	0,35	1,45	1,50		0,75	8,25	8,30
&	0,25	1,75	1,80		1	8,00	8,10
	0,4	1,60	1,65		1,25	7,80	7,90
2,2	0,25	1,95	2,00	10	0,5	9,50	9,60
	0,45	1,75	1,80		0,75	9,25	9,30
1					9,00	9,10	
			1,25		8,80	8,90	
2,5	0,35	2,15	2,20	11	1,5	8,50	8,70
	0,45	2,05	2,10		0,5	10,50	10,60
0,75					10,25	10,30	
			1		10,00	10,10	
3	0,35	2,65	2,70	1,5	9,50	9,70	
	0,5	2,50	2,60				
3,5	0,35	3,15	3,20	12	0,5	11,50	-
	0,6	2,90	2,95		0,75	11,25	11,30
1					11,00	11,10	
			1,25		10,80	10,90	
4	0,5	3,50	3,60	1,5	10,50	10,70	
	0,7	3,30	3,40		1,75	10,20	10,40

Закінчення табл. 1.4

Номинальний діаметр різьби, мм	Крок різьби, мм	Діаметр свердла, мм		Номинальний діаметр різьби, мм	Крок різьби, мм	Діаметр свердла, мм	
4,5	0,5	4,00	3,90	14	0,5	13,50	13,30
	0,75	3,75			0,75	13,25	
5	0,5	4,50	4,60		1	13,00	12,70
	0,8	4,20	4,30		1,25	12,80	
					1,5	12,50	
5,5	0,5	5,00	5,10	2	12,00	12,20	
6	0,5	5,50	5,60	15	1	14,00	13,70
	0,75	5,25	5,30		1,5	13,50	
1	1	5,00	5,10	16	0,5	15,50	14,20
	0,5	6,50	6,60		0,75	15,25	
	0,75	6,25	6,30		1,5	15,00	
1	6,00	6,10	2		14,50		
				17-52	P	d-P	-

Примітки. * Обробка отворів в сірому чавуні (ГОСТ 1412— 70), сталях (ГОСТ 380-71, ГОСТЮ50-74, ГОСТ 4543-71, ГОСТ 10702-63, ГОСТ 5632-72, окрім сталей на нікелевій основі, ГОСТ 20072-74), в алюмінієвих відливних сплавах (ГОСТ 2685-63), в міді (ГОСТ 859-66).

** Обробка отворів в матеріалах підвищеної в'язкості: сплавах магнію (ГОСТ 804-72), алюмінію (ГОСТ 4784-74), латуні (ГОСТ 15527-70); титанових сплавах, сталях і сплавах ви сокол єгованих, корозійностійких, жаростійких, жароміцних на нікелевій основі (ГОСТ 5632-72 та ГОСТ 20072- 74)

1.1.1.2. Різальні інструменти

1.1.1.2.1. Свердла

Спіральні свердла випускають діаметром до 80 мм. При свердлуванні діаметрів понад 30 мм з'являється значне осьове зусилля, тому жорсткість верстату стає недостатньою. У таких випадках застосовують дворазове свердлування: вводять додатковий технологічний перехід - розсвердлювання. Діаметр першого свердла призначають таким, що дорівнює 0,5...0,6 від номінального. При діаметрі отвору більше 50 мм застосовують три свердла

Спіральне свердло ~ це двозубий різальний інструмент (рис. 1.2), робоча частина якого має різальну та напрямну частини.

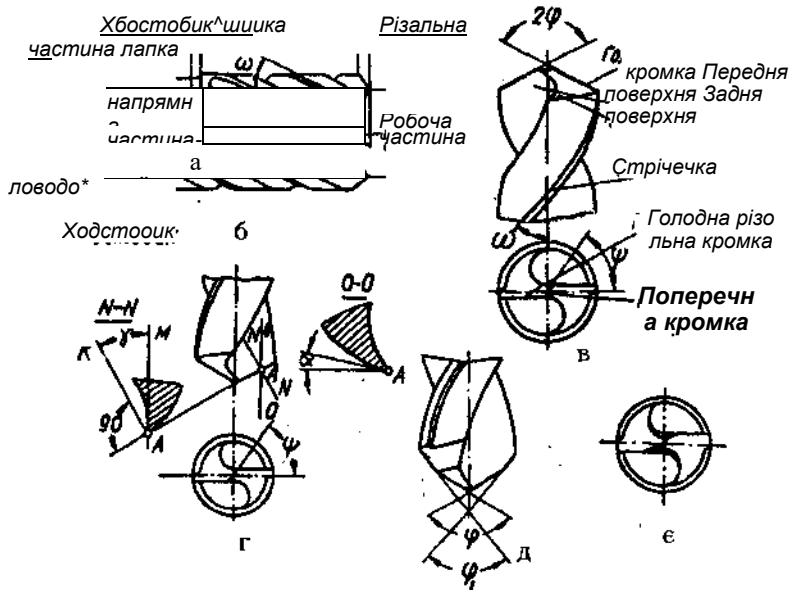


Рис. 1.2. Елементи, геометричні параметри і заточування спіральних свердел

Різальна частина свердла призначена безпосередньо для виконання різання, вона загострена на кінці та має різучі кромки. Напрямна частина свердла забезпечує напрямок його пере-

міщення при різанні. Хвостовик слугує для закріплення свердла на верстаті, передачі свердлу крутного моменту та руху подачі від шпинделя. Хвостовики бувають конічні (рис. 1.3, а, б), які закінчуються лапкою, і циліндричні, які закінчуються поводком.

Лапка є упором при зніманні свердла за допомогою клину із отвору шпинделя та у деяких випадках попереджає провертання свердла.

Передня поверхня - це гвинтова поверхня, по якій відводиться стружка. Спіральне свердло має два зуби та відповідно дві передні поверхні.

У залежності від способу заточування задня поверхня свердла виконується конічною, гвинтовою або плоскою і повернена до поверхні різання. Свердло має дві задні поверхні. Головна різальна кромка - це лінія перетину передньої і задньої поверхонь, яких у спіральному свердлі дві. Поперечна кромка - це лінія перетину задніх поверхонь свердла.

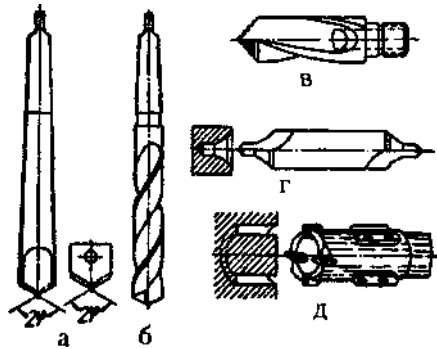


Рис. 1.3. Деякі типи свердел

- Інші типи свердел використовуються наступним чином (рис. 1.3):
- перові (рис. 1.3, а) - для свердлування невідповідальних отворів діаметром до 25 мм;
 - спіральні (рис. 1.3, б) застосовуються при роботі на металорізальних верстатах;
 - для глибокого свердлування (рис. 1.3, в) “ при довжині осьового розміру не менше 5 діаметрів;

- центрувальні (рис. 1.3, г) - для свердлування центрових поглиблень в заготовках, які в подальшому встановлюються в центрах верстатів;

- кільцеві свердла (рис. 1.3, д) ~ для свердлування наскрізних отворів великих діаметрів. При цьому матеріал всередині отвору не переводиться в стружку, а вирізається у вигляді циліндру.

1.1.1.2.2. Зенкери

Зенкери, як і свердла та розвертки, є стержньовими мірними інструментами, що забезпечують певні розміри отримуваних отворів із відхиленнями у межах їх полів допусків.

За конструкцією зенкери поділяються на хвостові і насадні, суцільні і з вставними ножами. Характерними є спіральні зенкери (рис. 1.4), які виготовляють діаметром від 10 до 100 мм. Кількість зубців у них звичайно дорівнює 3 ~ 4, а у зенкерів діаметром більше 60 мм – 6 зубців.

Передній кут зубців зенкера γ вимірюють у площині, нормальній до різальної кромки (рис. 1.4, б). Залежно від матеріалу, що обробляється, у зенкерів з швидкорізальної сталі він змінюється від 15-20° (при обробці м'якої сталі) до 0-5° (при обробці твердої сталі і твердого чавуну).

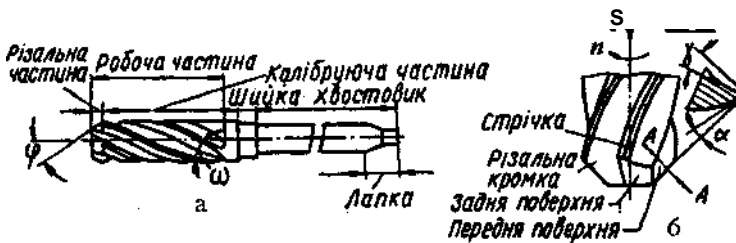


Рис. 1.4. Елементи і геометричні параметри спірального хвостового зенкера

Наявність більшої кількості зубців у порівнянні з свердлом підвищує стійкість і продуктивність зенкерів, а також точність отворів і чистоту їх поверхні. Тому при обробці литих, штампованих і раніше просвердлених отворів зенкери застосовувати доцільніше, ніж свердла.

Зенкерування отворів більш продуктивна операція, ніж розсвердлювання, оскільки може здійснюватися з подачами в 2-2,5 рази більшими, ніж свердлування.

1.1.1.2.3. Розвертки

Залежно від способів застосування розвертки поділяються на ручні і машинні.

Ручні розвертки використовують при роботі вручну, машинні - при розвертанні отворів на свердлувальних, токарних, револьверних та інших верстатах.

За конструктивними особливостями розвертки, як і зенкери, поділяються на хвостові і насадні, суцільні і з вставними ножами.

За формою оброблюваного отвору розрізняють розвертки циліндричні, конічні і ступінчасті (комбіновані).

Широко застосовують розвертки, оснащені твердими сплавами ВК6 та ВК8 для обробки чавуну і Т15К6 - для обробки сталі.

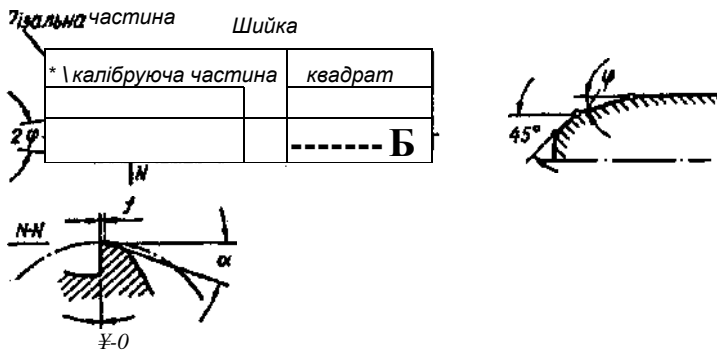


Рис. 1.5. Елементи і геометричні параметри розвертки

Розвертка складається з робочої частини, шийки і хвостовика (рис. 1.5). У робочу частину входять різальна і калібруюча частини. Різальна частина виконує основну роботу різання. Кут ϕ для ручних розверток приймають таким, що дорівнює $1-2^\circ$, а у машинних - для обробки крихких і твердих матеріалів $\phi=3...5^\circ$ і для в'язких матеріалів - $12...15^\circ$. Калібрувальна частина спрямовує розвертку в отворі, надає йому потрібної точності і чистоти поверхні. На зубцях калібрувальної частини залишають стрічку шириною 0,05-0,5 мм (рис. 1.5), яка забезпечує напрям розвертки в отворі і "вигладжує" оброблену поверхню. Хвостовик служить для кріплення машинних розверток у шпинделі

верстата, а ручних - у воротку. Залежно від методу кріплення він може бути конічними або циліндричним, з квадратом під вороток на кінці. Розвертки хвостові виготовляють діаметром від 3 до 50 мм, а насадні - до 100 мм.

Передні і задні кути розвертки вимірюються в площині, нормальній до різальної кромки. У чорнових розверток передній кут $\gamma = 5...10^\circ$, задній $\alpha = 7...12^\circ$, у чистових $\gamma = 0$, $\alpha = 3...5^\circ$.

Число зубців розверток для полегшення вимірювання їх діаметрів звичайно парне і залежно від його величини буває у межах від 6 до 12. Є розвертки і з більшим числом зубців.

Для зменшення шорсткості обробленої поверхні розвертки звичайно мають нерівномірний крок зубців по обводу, але останні розташовуються так, щоб кожна пара протилежних зубців була на одному діаметрі.

1.1.2. Елементи режимів різання при роботі на свердлувальних верстатах

Режими різання при свердлуванні характеризуються глибиною, подачею та швидкістю різання. Їх обирають для конкретних умов обробки в залежності від призначення верстату, інструменту, заготовки, необхідної точності та чистоти обробки [3, С. 248-270; 13, С. 276-281].

Швидкість різання V , м/хв - колова швидкість найбільш віддаленої від осі інструменту точки його різальної кромки, визначається за формулою:

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000},$$

де D - діаметр інструменту, мм;

n - частота обертів інструменту, хв⁻¹;

1000 - перевідний коефіцієнт, що зумовлює залежність м - мм.

Обертова подача S_0 - переміщення інструменту в міліметрах вздовж осі за один його оберт, вимірюється в мм/об.

При свердлуванні також визначають значення **хвилинної подачі**, мм/хв:

$$S_{хв} = S_0 \cdot n.$$

Глибина різання t - відстань від обробленої поверхні до осі свердла, при свердлуванні у суцільному матеріалі дорівнює половині

діаметру свердла, мм.:

$$t = D/2.$$

При розсвердлюванні, зенкеруванні чи розвертанні, глибина різання t - відстань між обробленою та необробленою поверхнями отвору:

$$t = (D-d)/2,$$

де D , d ~ відповідно діаметр свердла, зенкера чи розвертки та попередньо обробленого отвору, мм.

Крім того, значення лінійної швидкості різання V , м/хв, вираховують за наступними формулами:

$$V = \frac{C_v \cdot D^{q_v}}{T^{m_v} \cdot t^{x_v} \cdot S_0^{y_v}} \cdot k_v,$$

де C_v - емпіричний коефіцієнт, береться із [13, С. 278-279, табл. 28, 29];

T - період стійкості різального інструменту [13, С. 279- 280, табл. 30];

q_v , m_v , x_v , y_v - емпіричні показники степені, беруться з [13, С. 278-279, табл. 28, 29];

$k_v = \prod_{i=1}^n k_{vi}$ - загальний поправковий коефіцієнт на швидкість різання, враховує фактичні умови різання, являє собою добуток n елементарних поправкових коефіцієнтів k_{vi} , що беруться із [13, С. 261-263, табл. 1-6; С. 280, табл. 31].

1.1.3. Технологічні можливості вертикально-свердлувального верстата мод. 2P135Ф2

Верстати з ЧПУ - прогресивний вид металорізального обладнання. Їх функціонування базується на останніх досягненнях автоматики, обчислювальної техніки та електроніки. Верстати з ЧПУ міцно увійшли у практику машинобудівних підприємств та виконують значний обсяг робіт по обробці деталей.

Значна перевага свердлувальних верстатів з ЧПУ перед універсальними полягає в тому, що при обробці деталей з точно розташованими отворами, як правило відпадає необхідність за-

стосування кондукторів.

Доцільність використання свердлувальних верстатів з ЧПУ замість універсальних тим більша, чим більша кількість отворів може бути оброблена при одній установці деталі. Це пояснюється відносно невеликими втратами часу на верстатах з ЧПУ при виконанні холостих переміщень. На універсальних верстатах холості установчі переміщення потребують у 10-20 разів більше часу. У той же час точність та швидкість переміщень на верстатах з ЧПУ вища, ніж на універсальних, що ще більше підвищує ефективність застосування цього виду обладнання.

Згідно класифікації експериментального науково-дослідного інституту металорізальних верстатів (ЕНДІМВ) свердлувальні верстати (в тому числі з ЧПУ) відносяться до другої групи, розділяються на декілька типів (підгруп) та позначаються цифрами:

- 21... - вертикально-свердлувальні;
- 22... - одношпindelні напівавтомати;
- 23... - багатошпindelні напівавтомати;
- 24... - координатно-розточувальні;
- 25... - радіально-свердлувальні;
- 26... - розточувальні;
- 27... - алмазно-розточувальні;
- 28... - горизонтально-свердлувальні;
- 29... - різні свердлувальні.

Наприклад, позначення верстату моделі 2Р135Ф2 розшифровується таким чином: 2 - верстат відноситься до свердлувальної групи; Р - вказує на наявність револьверної головки; 1 - вертикально-свердлувальний; 35 - величина найбільшого умовного діаметру свердлування, мм; Ф2 - позиційна система ЧПУ.

Вертикально-свердлувальний верстат мод. 2Р135Ф2 призначений для обробки корпусних деталей, а також деталей типу фланців, кришок, плит, важелів, кронштейнів і т.д. На ньому можливе виконання таких технологічних операцій як свердлування, розточування, зенкерування, зенкування, цекування, нарізання різьби та інші операції. При цьому забезпечується точність міжосьових відстаней оброблюваних поверхонь в межах (0,10...0,15)мм. Найбільш раціональна область застосування - дрібносерійне та серійне виробництво.

Верстат має великі діапазони хвилинних подач переміщень револьверної головки (РГ) - (10-500) мм/хв (табл. 1.5) та частот обертання шпindelя - (31,5-1400) хв⁻¹ (табл. 1.6), які повністю забезпечують необхідні режими обробки деталей із сталей, чавунів та кольорових металів.

Таблиця 1.5

Значення та цифрові коди подач

Фактичні значення подач $S_{хв}$, мм/хв.	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63
Позначення подач при програмуванні	F01	F02	F03	F04	F05	F06	F07	F08	F09

Закінчення табл. 1.5

Значення та цифрові коди подач

Фактичні значення подач $S_{хв}$, мм/хв	80	100	125	160	200	250	315	400	500
Позначення подач при програмуванні	F10	F11	F12	F13	F14	F15	F16	F17	F18

Таблиця 1.6

Значення та цифрові коди частот обертання

Фактичні значення частот обертання шпинделя 11, хв ^м ,	31,5	45	63	90	125	180	250	355	500	710	1000	1400
Позначення частот обертання при програмуванні	S01	S02	S03	S04	S05	S06	S07	S08	S09	S10	S11	S12

Дискретність приводу системи ЧПУ за всіма координатами становить 0,01 мм, фактична точність позиціонування столу - 0,05 мм. Така розбіжність пояснюється наявністю зазорів у механізмах приводу, інерційністю маси столу тощо.

Швидкість прискореного (швидкого) ходу столу - 3,8 м/хв, револьверного супорта - 4 м/хв.

Верстат обладнано хрестовим столом, що має розміри робочої поверхні 400 x 710 мм, з телескопічним захистом напрямних, а також шестишпіндельною РГ, яка дозволяє здійснювати автоматичну зміну інструментів за УП. При цьому найбільша відстань від торця шпинделя до робочої поверхні столу становить 600 мм, а виліт шпинделя ~ 450 мм. Для прискорення ручної заміни інструментів передбачено спеціальний випресоувальний пристрій.

Верстат обладнано системою ЧПУ Координата С-70. Дана система

ЧПУ забезпечує переміщення столу для позиціонування окремо за координатами **X** та **Y** або одночасне позиціонування за двома координатами **X** та **Y** і робочі цикли подачі інструментів по осі **Z**. Максимальне переміщення столу по осі **X** - 630 мм, по осі **Y** - 400 мм. Дискретність переміщення відповідних робочих органів за всіма координатами складає 0,01 мм. Наявність цифрової індикації на пульті управління пристрою ЧПУ дозволяє вести візуальний нагляд за положенням столу, а також контролювати правильність запису УП на перфострічці.

На верстаті передбачено зворотній зв'язок за положенням робочих органів. Датчиками зворотного зв'язку є кругові електроконтактні кодові перетворювачі.

1.1.4. Налаштування та режими роботи верстата

У верстаті передбачено чотири режими роботи:

- налагоджувальний;
- ручний (з перемикачем);
- напівавтоматичний (з перфострічки);
- ~ автоматичний (з перфострічки).

Вибір режиму роботи виконується перемикачем режимів, що розташовуються на пульті управління пристроєм ЧПУ Координата С-70.

Перед початком роботи на верстаті необхідно встановити всі органи управління на пульті верстату і приладу ЧПУ в початкове положення: всі перемикачі - в крайнє ліве положення, програмні перемикачі ~ в положення 0.

Налаштування вертикально-свердлувального верстата 2Р135Ф2 в реальних умовах виробництва виконують у такій послідовності:

1. У відповідності з картою налаштування підбирають різальні інструменти, перевіряючи відсутність в них пошкоджень та правильність заточування.

2. Встановлюють та закріплюють різальні інструменти в РГ у відповідності з прийнятим ТП (за картою налаштування).

При наявності в РГ різьбонарізного пристосування та мітчика встановлюють в пристосування копіри (гвинт та гайку з відповідним кроком різьби, що нарізається).

3. Закріплюють на столі затискне базуюче пристосування.

4. Виконують закріплення заготовки в пристосуванні та впевнюються в надійності затиску.

5. Провертають РГ таким чином, щоб інструмент з найбільшим вильотом став в робочу позицію.

6. Кулачок початкового положення супорту встановлюють по висоті на такій відстані від столу, яка забезпечувала б обертання РГ на 360° із вставленими інструментами і встановленою в пристосуванні заготовкою. При цьому "плаваючий нуль" по **Z** на перемикачі **OZ** повинен бути розташований вище кулачка початкового положення супорта.

7. Підводять інструмент в ручному режимі (від пульта управління на підвісці) до заготовки з недоходом 2 мм, потім піднімають повзун РГ в крайнє верхнє положення. Натиснувши кнопку індикації **R**, зчитують на індикаторі координату від нуля верстата.

Важіль ручного вводу встановлюють в положення XR і на коректорі XR набирають прочитану індикацію по R із знаком. Якщо величина R не дорівнює прийнятій в УП (наприклад, **R** = 300 мм), то різницю між ними набирають на коректорі **OZ**. Можливе також встановлення **R** = 300 мм підніманням або опусканням столу верстата.

Таким чином, після відпрацювання команди **R** інструмент завжди на прискореному ході доходить до заготовки з недоходом 2 мм (детальніше див. п. 1.1.6.7).

8. Провертаючи РГ в інші позиції, почергово підводять до заготовки з недоходом 2 мм всі інші інструменти. Піднімаючи повзун в нуль верстата, зчитують з індикатора числові значення та вносять їх в коректори відповідних позицій РГ. При заміні або переточуванні будь-якого із задіяних різальних інструментів різниця вильотів також вводиться на відповідні коректори.

9. Вісь шпинделя револьверної головки сумішують з базовою точкою оброблюваної деталі, яка знаходиться у пристосуванні. Для цього стіл переміщують по осі **X** та **Y** в налагоджувальному режимі до суміщення осі шпинделя з базовою точкою деталі. Суміщення визначається за допомогою центрошукача, оправки або конусного центру, який встановлюється в отворі шпинделя.

За допомогою перемикачів "**OX**" та "**OY**" встановлюють координати базової точки деталі відносно вказаного на кресленні деталі початку координат **X**, **Y** із знаком, що відповідає напрямку руху столу від базової точки деталі до початку координат.

Таким чином, при відпрацюванні команд **X+000000** та **Z+000000** вісь шпинделя стане над центром штиря або над точкою нуля програми.

10. Встановлюють стрічку-програмносії в зчитуючий пристрій та в режимі "налагодження" відпрацьовують всю УП, слідкуючи за тим, щоб при повороті РГ або позиціонуванні інструменти переміщувалися відносно заготовки та елементів пристосування на безпечній відстані. При необхідності опускають стіл і вводять корекцію в налагодження координати **R**.

11. Розкріплюють та знімають заготовку із пристосування та перевіряють відпрацювання всіх постійних циклів у режимі "налагодження".

12. Встановлюють та закріплюють першу заготовку та обробляють її згідно УП.

13. Розкріплюють та знімають деталь, виконують контроль та за даними замірів при необхідності вводять необхідні поправки на відповідних коректорах.

14. Передають деталь для контролю у відділ технічного контролю.

1.1.5. Особливості проектування операційної технології обробки отворів

При проектуванні технологічних процесів (ТП) обробки деталей на верстатах з ЧПУ з'являється принципово новий елемент ~ числова управляюча програма (УП). Для її підготовки необхідні не тільки технологічні, але й спеціальні знання з ма- тематики та програмування, що зумовлює підвищені вимоги до кваліфікації технологів " експлуатаційників верстатів з ЧПУ.

Початковими (вихідними) даними для проектування ТП, є: креслення та технічні умови на виготовлення деталі, програма випуску деталей, креслення заготовки.

При підготовці до проектування детально аналізується робоче креслення деталі для виявлення відсутніх розмірів та конструктивно-технологічних даних, а також з метою оцінки та поліпшення технологічності конструкції деталі.

Проектування ТП для свердлувального верстату з ЧПУ виконується у такій послідовності:

1. Визначення схеми базування та послідовності обробки отворів.
2. Вибір різальних інструментів та проектування інструментальної наладки, призначення режимів різання. Вибір початку прямокутної системи координат для деталі, що обробляється (системи координат деталі), та розрахунок координат центрів послідовно оброблюваних отворів.
3. Розрахунок величин осьового переміщення інструментів при обробці кожного отвору.
4. Заповнення карти програмування або букво-цифровий запис програми відповідно інструкції з програмування, що додається до системи ЧПУ.
5. Виготовлення перфострічки.

Характерною особливістю верстатів з ЧПУ є те, що числова інформація про траєкторію руху інструмента, швидкість різання, подачу

та інші технологічні команди задається у вигляді цифр, закодованих у визначеній послідовності на програмоносіях, якими є перфострічки, перфокарти і ін.

Управляюча програма (УП) - це записана на програмоносій в закодованому вигляді маршрутно-операційна технологія виготовлення конкретної деталі із зазначенням траєкторії руху кожного із різальних інструментів.

Управляюча програма складається з окремих пронумерованих частин - кадрів.

Під *кадром* розуміють частину програми з декількох слів, яка містить інформацію для виконання одного переходу при обробці деталі або одного переміщення робочого органу з однієї точки позиціонування в другу.

Під *словом* розуміють частину кадру, яка містить інформацію про одну з функцій, що програмується - ознака, адреса, знак, число тощо.

За основний програмоносій в ЧПУ Координата С-70 прийнята восьмидоріжкова перфострічка, шириною $(25,4 \pm 0,05)$ мм та товщиною $(0,1 \pm 0,08)$ мм, виготовлена з паперу або інших матеріалів. Перфострічка має транспортну доріжку, яка розташована між третьою та четвертою кодovими доріжками.

Крок перфорації та відстані між кодovими доріжками дорівнює $(2,54 \pm 0,05)$ мм. Діаметр отворів транспортного шляху дорівнює $(1,17 \pm 0,025)$ мм, а діаметр отворів кодovих доріжок $(1,83 \pm 0,05)$ мм.

Кодування УП для свердлувальних верстатів з ЧПУ виконується згідно вимог ГОСТ 13052-74 та міжнародної системи ISO-7bit з використанням восьмидоріжкової перфострічки та двійково-десятькової системи кодування цифрової інформації.

Для запису інформації використовують латинські букви, причому для кодування використовують сім доріжок, а восьма слугує для пробивання контрольного символу у випадку, якщо у самій кодovій комбінації число отворів непарне. Такий контроль на парність в рядку дозволяє виявити велику кількість помилок, які були допущені при перфорації. Найменування та визначення основних символів коду, які застосовуються при розробці УП для свердлувальних верстатів з ЧПУ, приведено в табл. 1.7. Символ "O" на доріжках відповідає наявності отворів на перфострічці, а символом "o" позначені отвори на транспортній доріжці.

Перфорування програмних стрічок виконується на спеціальних пристроях підготовки даних на перфострічці (ППДС).

Ці прилади складаються з перфоратора, фотозчитуючого пристрою та електрифікованої друкарської машинки. Перфоруючий механізм складається з восьми пуансонів, що приводяться в рух відповідними

кулачками. Останні включаються до роботи за командами кодових сигналів, які поступають від клавіатури друкарської машинки. На цих приладах можна також отримувати дублікати перфострічки.

Зчитування інформації з перфострічки на верстаті виконується спеціальним зчитуючим пристроєм, який входить до складу системи ЧПУ. Пристрій складається із стрічкопротяжного механізму та восьми датчиків, що фіксують код пробитих в рядку отворів.

Таблиця 1.7

Основні символи коду ISO-7bit

Символ		Номера доріжок та кодові позначення								
найменування	позначення	8	7	6	5	4	т	3	2	1
Цифра 1	1	о		о	о		о			о
Цифра 2	2	о		о	о		о		о	
Цифра 3	3			о	о		о		о	о
Цифра 4	4	о		о	о		о	о		
Цифра 5	5			о	о		о	о		о
Цифра 6	6			о	о		о	о	о	
Цифра 7	7	о		о	о		о	о	о	о
Цифра 8	8	о		о	о	о	о			
Цифра 9	9			о	о	о	о			о
Цифра 0	0			о	о		о			
Переміщення вздовж осі X	X	о	о		о	о	о			
Переміщення вздовж осі Y	Y		о		о	о	о			о
Переміщення вздовж осі R (точка на поверхні деталі)	R	о	о		о		о		о	
Переміщення вздовж осі Z (точка в глибині деталі)	Z		о		о	о	о		о	
Номер кадру	N		о			о	о	о	о	
Номер подачі	F	о	о				о	о	о	
Номер швидкості обертання шпинделя	S		о		о		о		о	о
Номер інструмента	T	о	о		о		о	о		
Допоміжні функції	B		о			о	о	о		о
Підготовчі функції	G		о				о	о	о	о
Номер корекції	L	о	о			о	о	о		
Знак "+"	+			о		о	о		о	о
Знак "-"	-			о		о	о	о		о
Кінець кадру	ПС					о	о	о		
Забій	ЗБ	о	о	о	о	о	о	о	о	о

Датчики конструктивно виконуються контактними (щупи) або безконтактними (фотоелементи).

Наприклад, при контактних датчиках при переміщенні перфострічки вісім щупів ковзають по стрічці. В місці, де пробито отвір, щуп, провалюючись, замикає контакти та подає сигнал в систему ЧПУ.

Швидкість зчитування складає 45-120 знаків в секунду.

Для реалізації послідовності робочих та холостих ходів (переміщень) робочих органів верстата в останньому передбачене відпрацювання стандартних технологічних циклів. Інформація про цикли записується в пам'ять пристрою ЧПУ. Цикл задають одним кадром програми. Цикли можуть бути стандартними, коли одним кадром задають обробку декількох отворів, розташованих з постійним кроком по прямій або колу. В цьому випадку в програмі задаються координати першого отвору, крок за ними та число отворів.

В обох заданих схемах послідовності обробки отворів (п. 1.1.1.) інструменти в револьверній головці розташовуються в порядку, що визначається технологією.

Оскільки у верстаті мод. 2P135Ф2 час позиціонування менше часу зміни інструменту, то обробку отворів 9-10 квалітету точності і грубіше слід виконувати за більш продуктивнішою першою (паралельною) схемою. При обробці отворів 7-8 квалітету точності або отворів з жорсткими допусками на міжосьові відстані (0,2 мм і менше) попередні переходи (центрування, свердлування, зенкерування, цекування) треба виконувати за першою (паралельною) схемою, а інші (зенкерування під розвертання, розвертання, нарізування різьби) - за другою (послідовною) схемою.

1.1.6. Розробка управляючих програм

1.1.6.1. Етапи підготовки управляючих програм

1. Вивчення креслення оброблюваної деталі та відпрацювання його таким чином, щоб всі розміри до отворів, що обробляються, були задані в прямокутній системі координат. Прив'язка початку координат до базових поверхонь, за якими деталь базується в затискному пристрої. Нумерація осей оброблюваних отворів в порядку їх обробки.

2. Вибір необхідного різального інструменту та розрахунок режимів різання. Кожному режиму різання привласнюється номер подачі F та номер частоти обертання шпинделя S РГ верстату. Кожному інструменту призначається номер T його позиції в РГ, а також привласнюється номер коректора L .

3. Складання УП та запис її змісту в коді ISO-7 bit. Для полегшення складання УП по координаті Z величина переміщення до координати R (швидке підведення) для кожного з інструментів програмується більше фактичної з урахуванням так званої величини врізання (недобігу, недоходу).

Наприклад, $R = 300$ мм. Координата R для інших інструментів

задається з урахуванням різниці довжини інструментів, що входять в налагодження. При налагодженні верстата “плаваючий нуль” по осі **Z** встановлюється перемикачем “OZ” на пульті пристрою ЧПУ так, щоб забезпечувалось швидке підведення інструмента (підведення до координати R) за 2-3 мм до деталі, що обробляється (детальніше дивись нижче).

Для встановлення “OZ” супорт з інструментом опускається до оброблюваної деталі та зупиняється для забезпечення зазору між інструментом та деталлю 2-3 мм. Вмикається індикація по R та перемикачем “OZ” на блоці індикації встановлюється величина координати R для даного інструменту.

4. Нанесення розробленої УП на перфострічку методом перфорації, контроль отриманої перфострічки. Вказане виконується за допомогою пристрою підготовки даних ЕС-9021

5. Обробка контрольної деталі по отриманій перфострічці та перевірка якості обробки і відповідність отриманих розмірів вимогам креслення.

6. При позитивних результатах обробки розмноження перфострічки і передача її робочих екземплярів до цеху.

1.1.6.2. Порядок побудови кадрів

1. Вся інформація в програмі складається з адрес, чисел і спеціальних команд, що передбачаються, кодом ISO-7bit (ГОСТ 13052-74).

2. Об'єм слів та структура кадрів (послідовність слів), яких повинен дотримуватись програмувач при складанні УП на обробку деталі, наведені в табл. 1.8. Кожна із наведених адрес (функцій) може бути записана у кадрі тільки один раз.

3. В кадрі можлива відсутність деяких слів, так як технологічні функції діють до їх відміни, а координат в кадрі може бути одна чи дві.

4. В кадрі можлива зміна між собою місцями функцій **F, S, T, G, M, L**.

Таблиця 1.8

Характеристики деяких ознак адрес

№ п/п	Найменування інформації в кадрі	Адреса	Число десяткових розрядів	Приклад запису в УП	Застосування
1.	Початок програми	%	—	%	Зміна за приходом нової ознаки адреси
2.	Номер кадру	N	3	N001	Застосовується з початку кожного кадру
3.	Номер інструменту (позиції* РГ)	T	2	TOI	Зміна за приходом нової ознаки адреси T
4.	Підготовчі функції	G	2	G81	Зміна за приходом нової ознаки G
5.	Допоміжні функції	M	2	M13	Зміна за сигналом "Відповідь по M"
6.	Номер частоти обертання шпинделя	S	2	S09	Зміна за приходом нової ознаки S
7.	Номер швидкості подачі	F	2	F16	Зміна за приходом нової ознаки F
8.	Вибір корекції інструменту	L	2	L05	Зміна за приходом нової ознаки L
9.	Переміщення вздовж осі X на прискореній подачі	X	6	X+035200	Збій після відпрацювання заданого переміщення
10.	Переміщення вздовж осі Y на прискореній подачі	Y	5	Y-03000	Збій після відпрацювання заданого переміщення
11.	Переміщення вздовж осі Z на прискореній подачі	R	6	R+03S200	Завжди із знаком +
12.	Переміщення вздовж Z на робочій подачі	Z	5	Z+08500	Завжди із знаком -
13.	Кінець кадру	ПС		ПС	Збій за сигналом "Відповідь по ПС"

5. Ознака адреси завжди записується перед числовою інформацією.
6. Знак координати записується одразу ж після ознаки адреси.
7. Кожна команда в одному кадрі повинна зустрічатися тільки один раз.
8. З метою скорочення часу циклу роботи по осі Z зміну позиції РГ рекомендується робити спільно з позиціонуванням по осях X та Y.

1.1.6.3. Програмування позиціонування столу

Позиціонування - переміщення столу із закріпленою заготовкою в необхідну позицію, тобто суміщення центру оброблюваного отвору з віссю шпинделя. Виконується на прискореній подачі по одній із координат X або Y, або одночасно за двома координатами. Для виконання позиціонування у відповідному кадрі УП повинні бути задані координати центру отвору (геометрична інформація) в абсолютній системі координат із знаком або " (ознакою напрямку переміщення). Геометрична інформація за віссю X задається шестизначним числом, а за віссю Y - п'ятизначним числом без позначення ознаки адреси (див. табл. 1.5).

Наприклад, позиціонування центру отвору 2 (рис. 1.6) ві-
дображається кадром:

... N014 X+003500 Y—01800;

центру отвору 4:

... N015 X—003200 Y+01250.

При позиціонуванні столу у точці, що має нульову координату по осі X або Y в УП обов'язково записується дана координата із знаком з нульовим значенням геометричної інформації.

Наприклад, позиціонування в центрі отвору 3:

... N024 X+002200 Y+00000;

в центрі отвору 1 (точка 1 співпадає з початком координат):

Координати осей, мм: 1 (0;0)

... N035 X+000000 Y+00000.

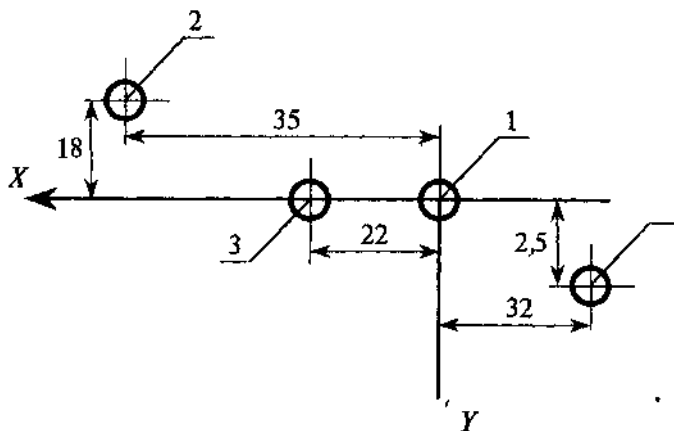


Рис. 1.6. Приклад розташування осей отворів для ілюстрації програмування позиціонування столу

2 (35;-18)

3 (22; 0)

4(-32;12,5) .

1.1.6.4 Кодування допоміжних функцій

Допоміжні функції, що позначаються символом М, кодуються двозначним числом згідно табл. 1.9.

Таблиця 1.9

Кодування допоміжних функцій та їх характеристики

Код допоміжної функції	Зміст	Відміна	ДІЯ	Примітки
mo1	Зупинка по програмі	M03 M04 M13 M14	Після переміщення	Використовується для контролю деталі; подальша робота - натиском кнопки "Пуск"
M02	Кінець програми	всі ф-ї M	-Ц-	Задається окремим кадром

Закінчення табл. 1.9

Код допоміжної функції	Зміст	Відміна	Дія	Примітки
М03	Обертання шпинделя за годинниковою стрілкою	М04	До переміщення	Вид знизу на торець шпинделя робочої позиції РГ
М04	Обертання шпинделя проти годинникової стрілки	М03	-П-	-П-
М05	Зупинка шпинделя з одночасним вимкненням змащувально-охолоджувальної рідини (ЗОР)	М03, М04	Після переміщення	
М06	Зміна інструменту вручну	М03, М04, М08, М09, М13, М14	До переміщення	Задається окремим кадром; подальша робота ~ натиском кнопки "Пуск"
М08	Ввімкнення (подача) ЗОР	М09	-П-	
М09	Вимкнення ЗОР	М08	-П-	
М13	Обертання шпинделя за годинниковою стрілкою та одночасна подача ЗОР	М14	-П-	
М14	Обертання шпинделя проти годинникової стрілки та одночасне вимкнення охолодження	М13	-П-	
М20	Відмова від функції	М04	До переміщення	

1.1.6.5. Складові траєкторії переміщення інструменту по осі Z

Схема взаємного розташування стержневого мірного інструменту та заготовки при обробці отворів показана на рис. 1.7.

Z

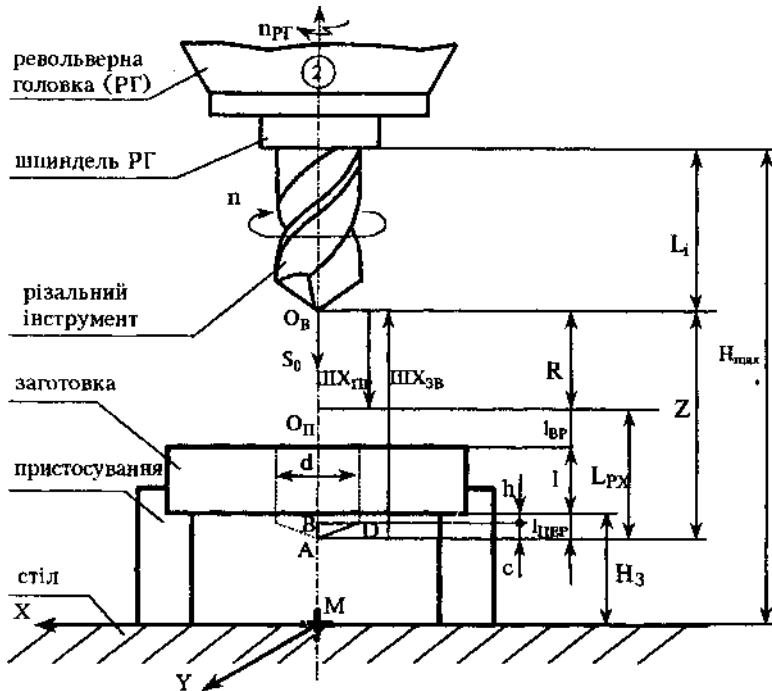


Рис. 1.7. Схема взаємного розташування стержневого мірного інструменту (свердла) та заготовки при обробці отвору Od

Тут позначено:

$H_{\text{тах}}$ - найбільша відстань від торця шпинделя до столу верстата, мм, приймається за паспортними даними верстата ($H_{\text{тах}} = 600$ мм);

R - найменша відстань між заготовкою та закінченням інструменту, мм; повинна забезпечувати можливість безаварійної зміни інструменту; координата R відносно нуля верстата O_v по осі Z називається плаваючим нулем;

L_j - виліт різального інструменту із шпинделя РГ, мм, приймається за фактичним його значенням;

H_3 - висота встановлення заготовки на столі верстата, мм; залежить від конструктивних особливостей заготовки, пристосування, зручності обслуговування пристосування та верстата;

1 - товщина (висота) заготовки згідно її креслення, мм;

$1_{вр}$ - величина врізання (недоходу) інструменту до поверхні заготовки, мм, приймається:

- (5...10) мм для необроблених поверхонь;
- (1...3) мм для попередньо оброблених поверхонь;
- або за [3, Д.2.19].

$1_{пер}$ ~ величина перебігу вершини різального інструменту, мм; вираховується за формулою:

$$1_{пер} = h + c ,$$

де h - величина перебігу периферійних точок різального інструменту, мм; для свердла - це найбільш віддалені від осі свердла точки головних різальних кромки, що визначають фактично його діаметр, приймається $h = 2$ мм, або за [3, Д.2.19];

c - величина заборного конусу інструмента, мм; для свердла - це величина катета, що визначається із AABD (рис. 1.7.):

$$\text{при } 2\phi = 120^\circ \quad c = 0,3d ;$$

$$\text{при } 2\phi = 90^\circ \quad c = 0,5d ;$$

$L_{рх}$ - величина робочого ходу інструменту (на робочій подачі), мм:

$$L_{рх} = 1_{вр} + 1 + 1_{пер} = 1_{вр} + 1 + h + C ;$$

Z - координати кінцевої точки переходу інструменту відносно нуля верстата 0_v , мм:

$$Z = R + L_{рх} \cdot$$

При цьому по осі Z програмується два режими руху супорта:

- на швидкому ході (прямому - ШХпр) до координати R ;
- на вибраній робочій подачі S_0 на робочому ході $L_{рх}$ до координати Z .

Розмірність (крім позначення ознаки адреси) згідно табл. 1.8:

- для R - 6 знаків;
- для Z - 5 знаків.

1.1.6.6. Програмування постійних циклів по осі Z

Пристрій ЧПУ "Координата С-70" в автоматичному режимі забезпечує ряд стандартних постійних циклів руху інструменту по осі Z. Кожен стандартний цикл передбачає конкретну послідовність рухів і відповідним чином програмується (кодується).

Стандартні постійні цикли задаються нижченаведеними функціями.

Функція **G81** (управління по осі Z, свердлування, зенкерування, розвертання, центрування отворів за постійним циклом) забезпечує швидке підведення робочого органу до координати **R** (до деталі), рух робочого органу на робочій подачі до координати **Z** (обробка деталі), швидке відведення робочого органу до координати **R** (виведення інструменту з деталі (рис. 1.8, а)).

Функція **G82** (управління за віссю Z, підрізання торця, ступінчате зенкерування, цекування, центрування отворів з отриманням фаски за постійним циклом) забезпечує швидке підведення робочого органу до координати **R** (до деталі), рух робочого органу на робочій подачі до координати **Z** (обробка деталі), затримку після обробки координати **Z** і швидке відведення робочого органу до координати **R** (виведення з деталі (рис. 1.8, б)).

Функція **G84** (управління по осі Z, різьбонарізання за постійним циклом) забезпечує швидке підведення робочого органу до координати **R** (до деталі), рух робочого органу на робочій подачі до координати **Z** (обробка деталі), реверс після обробки координати **Z** із швидким відведенням робочого органу до координати **R** (виведення з деталі (рис. 1.8, г)).

Функція **G86** (управління по осі Z, розточування за постійним циклом) забезпечує швидке підведення робочого органу до координати **R** (до деталі), рух робочого органу на робочій подачі до координати **Z** (обробка деталі), зупин-

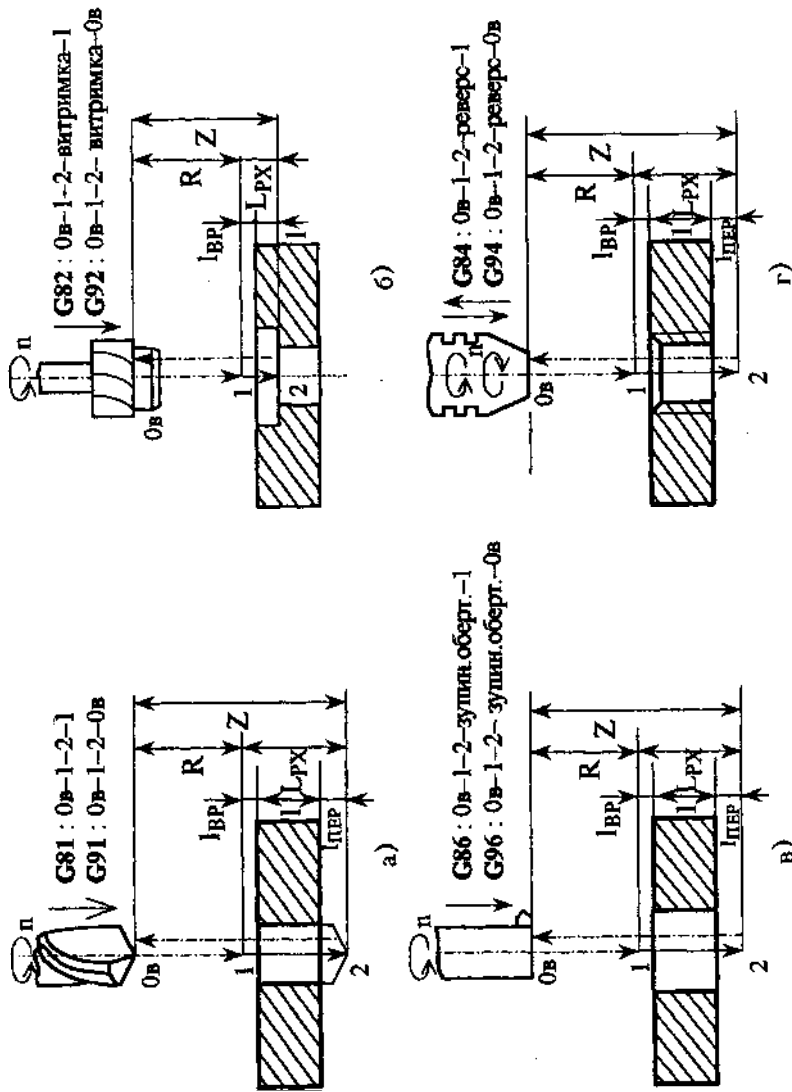


Рис. 1.8. Схеми переміщення різальних інструментів при реалізації деяких постійних циклів по осі

ку обертання після обробки координати та швидке відведення робочого органу до координати R (виведення з деталі (рис. 1.8; в)).

Функція **G62** забезпечує вихід вершини інструмента в координату **R** без робочого переміщення до координати **Z**. Ця функція використовується в поєднанні з функцією **G81** (або **G91**) для обходу перепон (перешкод), наприклад виступів на заготовці, прижимних планок і т. і., виходу із роззенківок, організації глибокого свердлування (з виводом свердла), перебігу між стінками тощо. Функція **G62** відміняється функцією **G60**, що задається в одному кадрі з геометричною інформацією, або окремим кадром.

Припустимо, що пристосування має прижимні планки висотою 25 мм, які треба "перескочити" вершині інструмента при свердлуванні $L_{PX} = 25$ мм двох отворів: 1 - з координатами $X = + 60$ мм; $Y = + 40$ мм; 2 - з координатами $X = + 60$ мм; $Y = 40$ мм. Тобто при переході від осі 1 до осі 2 необхідно "підняти" свердло над планкою.

Текст УП в цьому випадку має вигляд:

N011 TOI S08 F10 M14 X+006000 Y+04000 (позиціонування столу)
N012 G81 R+030000 Z+35000 (свердлування отвору по осі 1) **N013 G62 R+027000** ("перескакування" через планку) **N014 G60 X+006000 Y—04000** (позиціонування столу) **N215 R+030000 Z+35000** (свердлування отвору по осі 2)

Функція **G60** - відміна функції **G62**.

Функції **G91**, **G92**, **G94**, **G96** - відрізняються від функцій відповідно **G81**, **G82**, **G84**, **G86** тим, що після швидкого підведення робочого органу до координати R (виведення з деталі) забезпечується подальше швидке відведення робочого органу до початку відліку координати R, тобто ці функції використовуються для швидкого відведення робочого органу у верхнє початкове положення. Така необхідність виникає кожного разу після обробки групи однакових отворів перед зміною інструменту для виконання наступного за технологією інструментального переходу.

Функції **G81**, **G82**, **G84** та **G86** діють у всіх наступних кадрах до введення нової функції **G**.

Приклади кадрів УП з використанням вказаних функцій:

N007 G81 R+030000 Z+32000;

N019 G82 R+030000 Z+31500;

N027 G86 R+030000 Z+33000;

N031 G84 R+025000 Z+28000;

Оскільки в структурі свердлувальної операції кількість постійних циклів може бути достатньо великою, то з метою уніфікації параметрів R, Z та L_{рх} перед програмуванням рекомендується розроблювати розвернену циклограму всіх переміщень по осі Z.

Наявність циклограми полегшує написання УП та зменшує наявність можливих помилок в ній.

На циклограмі зображають всі інструменти, що беруть участь у налагоджуванні, вказуються їх:

- ~ позиції;
- вильоти;
- величини холостих (швидких) переміщень до координати **R**;
- величини робочих переміщень до координати Z;
- використовувані в кожній інструментальній позиції постійні цикли в порядку їх застосування;
- послідовність переміщення різальних інструментів за попередньо позначеними номерами осей (центрів) оброблюваних отворів;

г

“ точки повороту РГ.

1.1.6.7. Програмування корекції по осі Z

Пристрій ЧПУ передбачає виконання корекції УП по осі Z, що враховує величину дійсного вильоту кожного з інструментів L_j від величини, що вказана в УП.

Корекція вводиться за допомогою дев'яти коректорів, кожен з яких - це п'ятирозрядний декадний перемикач. Коректори розташовані на пульті управління ЧПУ. Межі корекції - від 0 до 999,99 мм.

Кожному коректору, що кодується символом L, відповідає розташований у відповідній позиції РГ різальний інструмент:

ТОІ - L01, T02 - L02, T03 - L03,

T04 - L04, T05 - LOS, T06 ~ L06.

Коректори L07, L08, L09 передбачені для випадку використання в технології обробки отворів більше 6 інструментів із їх ручною зміною. В цьому випадку використовують таке закріплення коректорів:

ТОІ - L07, T02 ~ L08, T03 - L09.

Наприклад, свердло, закріплене у 2 позиції РГ після переточування стало коротшим на 1,0 мм. Тому на коректорі № 2 набирають величину 1,0 мм із знаком "+". Це значить, що свердло наблизиться до заготовки на 1 мм ближче, ніж це передбачено УП, що компенсує зменшення його довжини.

Таким чином, зміна довжин всіх інструментів при переточуваннях компенсується за допомогою коректорів. УП при цьому не змінюється.

Коректори мають ще одне важливе значення, що полегшує процес програмування. Якщо при складанні УП вильоти інструментів невідомі (а це частіше всього має місце), то для всіх інструментів координата R приймається умовно однаковою і дорівнює 300 мм, тобто **R+030000**.

Перед обробкою заготовки з такою УП виконуються налагодження плаваючого нуля по осі Z для одного із інструментів, наприклад, ТОІ, а фактичну різницю щодо вильотів інших інструментів відносно першого інструменту, тобто величину ($L_f \sim L_i$), набирають за допомогою коректорів L01, L02 тощо з урахуванням знаку різниці R - ($L < - L_i$).

У цьому випадку при програмуванні відпадає необхідність враховувати в тексті УП величини реальних вильотів кожного з інструментів.

Сказане проілюстроване схемою, що представлена на рис. 1.9.

Для інструменту **T02** на коректорі № 2 набирається різниця довжин інструментів **ТОІ** та **T02**, тобто $L_f - L_2 = - 50$ мм, тобто величина ~ 005000.

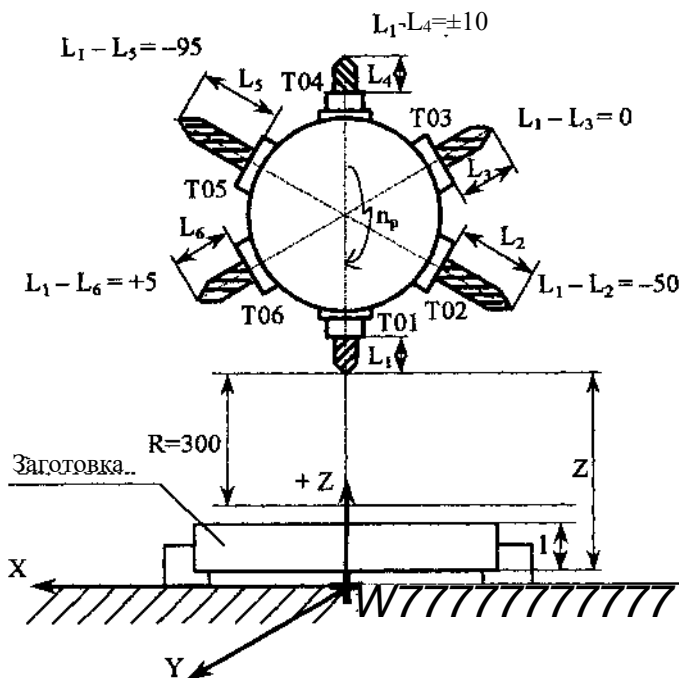


Рис. 1.9. Приклад різниці довжин вільотів інструментів РГ

Для інших інструментів відповідно маємо:

T03: $L_t \sim L_3 = 0$ мм; на коректорі **L03** набирається +000000;

T04: $L_t \sim L_4 = +10$ мм; на коректорі **L04** набирається +001000;

T05: $L_t - L_5 = -95$ мм; на коректорі **L05** набирається - 009500;

T06: $L_t - L_6 = +5$ мм; на коректорі **L06** набирається +000500.

1.2. Обладнання та інструменти

1. Вертикально-свердлувальний верстат з ЧПУ мод. 2P135Ф2.
2. Комплект інструментів для обробки отворів.
3. Установчо-затискні пристосування для закріплення деталей (заготовок).

1.3. Порядок виконання робота

1. Вивчити зміст технологічних операцій, які застосовують при обробці отворів на свердлувальних верстатах, а також різальні

інструменти, які при цьому застосовуються.

2. Ознайомитись з призначенням, технологічними властивостями та управлінням вертикально-свердлувального верстату мод. 2P135Ф2.

3. Вивчити особливості проектування операційної технології та послідовність розрахунку і кодування інформації для складання УП.

4. Ознайомитись з буквенно-цифровим кодом, що застосовується для запису інформації в УП свердлувальних верстатів з ЧПУ (табл. 1.7), а також з методичними рекомендаціями по складанню програм обробки деталей на верстаті мод. 2P135Ф2.

5. Ознайомитися з прикладом розробки УП на верстаті мод. 2P135Ф2 згідно додатку Д.1.

6. Ознайомитись з кресленням та технічними умовами на виготовлення деталі згідно варіанту індивідуального завдання (табл. 1.12), виконати їх аналіз.

7. Розробити ТП обробки отворів в заданій деталі. Вибрати різальний інструмент та визначити режими різання для кожного переходу із обов'язковим переходом зацентровування. Кожному різальному інструменту надати порядковий номер, вказати його місце в РГ та номер його корекції. Надати вибраній для кожного інструмента подачі та частоті обертання шпинделя умовні номери у відповідності з паспортними даними верстата. Результати здійснених розрахунків оформити у вигляді табл. 1.10.

Таблиця 1.10

Результати розрахунків

№ з/п	Зміст переходу	Різальний інструмент				Режими різання						
		найме- нування	Діа- метр	номер корекції	номер позиції	Частота обертання, хв ⁻¹			Подача, мм/хв			
						розра- хункова	фак- тична	КОД	розра- хункова	фак- тична	КОД	

8. Розробити УП для обробки заданої деталі відносно індивідуального завдання та представити її у вигляді табл. 1.11.

Таблиця 1,11

Розробка управляючої програми

№ осі	Отвір		Запис закованої інформації (текст УП)	Коментарі (розшифровка кадрів)
	діаметр, мм	координати, мм X Y I R I Z		
		1 1 1		

9. Під наглядом навчального майстра вивчити основи управління вертикально-свердлувальним верстатом мод. 2P135Ф2. Виконати налагоджування верстата та обробити задану деталь по отриманій на ППДС (УПДЛ) перфострічці.

10. Скласти звіт по роботі.

1.4. Варіанти індивідуальних завдань

Таблиця 1.12

Варіанти індивідуальних завдань

№ варіанта	Ескіз деталі
1.	
2.	

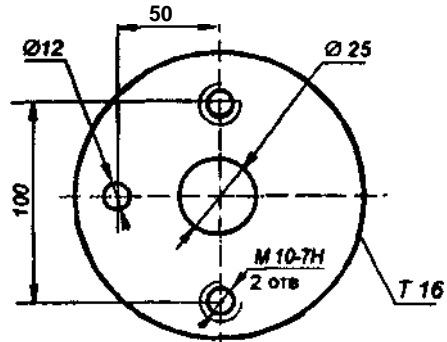
№ варіанта	Ескіз деталі
3.	<p>Technical drawing of a rectangular plate with overall dimensions 95 (width) and 50 (height). The drawing includes three holes: two holes of diameter $\varnothing 10$ and one hole of diameter $\varnothing 12$. The holes are positioned with a vertical spacing of 40 units between the top two holes and 40 units between the bottom hole and the centerline. A section view shows a hole with a diameter of $\varnothing 20$ and a depth of 25 units.</p>
4.	<p>Technical drawing of a circular plate with a diameter of 60 units. It features three holes: one hole of diameter $\varnothing 6$ and two holes of diameter $\varnothing 10$. The holes are positioned with a horizontal spacing of 30 units between the left hole and the centerline, and 30 units between the centerline and the right hole. The vertical spacing between the top hole and the centerline is 40 units, and between the centerline and the bottom hole is 40 units. A section view shows a hole with a diameter of $\varnothing 12$ and a depth of 28 units.</p>
5.	<p>Technical drawing of a circular plate with a diameter of 60 units. It features three holes: two holes of diameter $\varnothing 6$ and one hole of diameter $\varnothing 10$. The holes are positioned with a horizontal spacing of 60 units between the left hole and the centerline, and 50 units between the centerline and the right hole. The vertical spacing between the top hole and the centerline is 60 units, and between the centerline and the bottom hole is 60 units. A section view shows a hole with a diameter of $\varnothing 6$ and a depth of 6 units.</p>

Продовження табл. 1.12

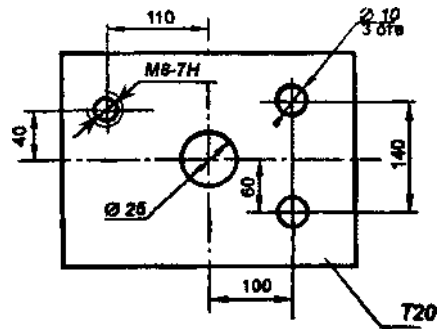
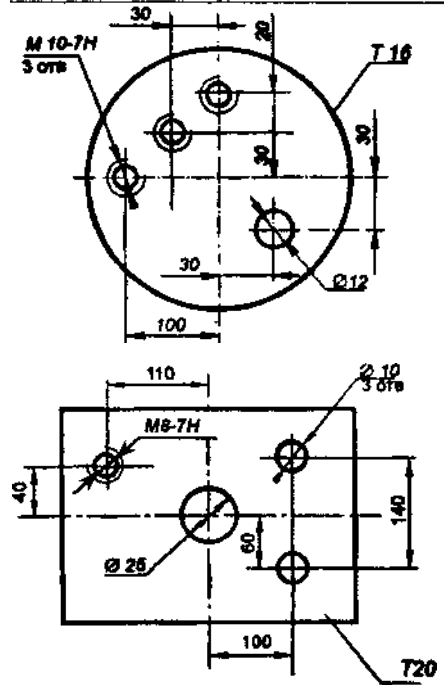
Ескіз деталі

№ варіанта

6.



7.



№ варіанта	Ескіз деталі
9.	
10.	

1.5. Зміст звіту

1. Найменування та мета роботи.
2. Технологія обробки отворів на свердлувальних верстатах, різальний інструмент, що при цьому використовується, режими різання.
3. Технологічні можливості та коротка характеристика вертикально-свердлувального верстата мод. 2P135Ф2, особливості обробки отворів на даному верстаті.
4. Операційний ескіз заданої деталі (варіант за табл. 1.12) із вказанням схеми базування, напрямком осей прийнятої системи координат та цифровим позначенням послідовності обробки осей отворів.
5. Розрахунок режимів різання та уточнення їх значень за паспортними даними верстата.

6. Результата розробки операційного технологічного процесу у вигляді табл. 1.7.
7. Схема з відповідними позначеннями та розрахунками значень координат R та Z при формоутворенні найбільшого діаметру обробки отвору в деталі згідно індивідуального завдання.
8. Результати розробки УП за формулою табл. 1.11 та наведеного прикладу в додатку Д.1.
9. Аналіз отриманих результатів та стислі висновки щодо роботи.

1.6. Контрольні запитання

1. Технологічні операції, що використовуються при обробці отворів.
2. Типи різальних інструментів, що застосовуються при отриманні внутрішніх циліндричних поверхонь.
3. Параметри режимів різання при роботі на свердлуваних верстатах.
4. Призначення та технологічні можливості вертикально-свердлувального верстату мод. 2P135Ф2.
5. Послідовність проектування ТП для свердлувальних верстатів з ЧПУ.
6. Особливості та послідовність кодування технологічної інформації в коді ISO~7bit.
7. Етапи підготовки УП при проектуванні технології обробки отворів на верстаті мод. 2P135Ф2.
8. Порядок побудови кадрів при розробці УП.
9. Особливості призначення режимів різання на вертикально-свердлувальному верстаті 2P135Ф2.
10. Підготовчі функції пристрою ЧПУ Координата C~70 та їх характеристики.
11. Особливості використання функції **G62** та **G60**.
12. Допоміжні функції пристрою ЧПУ Координата C-70 та їх характеристики.
13. Налагодження верстату 2P135Ф2.
14. Сутність послідовного методу обробки внутрішніх поверхонь обертання на верстаті мод. 2P135Ф2.
15. Сутність паралельного методу обробки внутрішніх поверхонь обертання на верстаті мод. 2P135Ф2.