

799

В. П. Божко

**ПРОЕКТУВАННЯ
ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ
ОБРОБКИ ДЕТАЛЕЙ
НА ВЕРСТАТАХ З ЧПУ**

1997

1. ПОСЯГДОВНІСТЬ ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ

При виконанні дипломних та курсових проектів розробляються одиничні, типові або групові робочі технологічні процеси, які з точки зору деталізації відносяться до операційних або маршрутно-операційних процесів.

Одиничний технологічний процес розробляють, як правило, для деталей складної форми. Для простих деталей доцільно проектувати операційний типовий або груповий технологічний процес.

Стандартна методика передбачає такі етапи проектування технологічних процесів:

- аналіз вихідних даних;
- вибір аналога у технологічного процесу (одиночного або діючого типового чи групового);
- вибір вихідної заготовки та методів її виготовлення;
- вибір технологічних баз;
- складання технологічного маршруту обробки;
- розробка технологічних операцій;
- нормування технологічного процесу;
- встановлення вимог техніки безпеки;
- визначення економічної ефективності технологічного процесу;
- оформлення технологічних документів.

2. АНАЛІЗ ВИХІДНОЇ ІНФОРМАЦІЇ ДЛЯ ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

1. Зміст інформації

Вихідна інформація для розробки техпроцесу поділяється на базову, керівну та довідкову.

До базової інформації відносять відомості, які містить конструкторська документація на виріб (у даному випадку це - креслення деталі, технічні умови щодо її виготовлення та інші документи), а також планове завдання на випуск деталей (обсяг випуску виробів та запасних частин до них, строки підготовки виробництва та інше).

До керівної інформації належать відомості, які містять директивні документи державних та керівних органів щодо розвитку галузі; плани підвищення технічного рівня виробництва; плани випуску засобів технологічного оснащення; стандарти всіх рівнів на технологічні процеси й методи управління ними, устаткування та оснащення; документацію на перспективні техпроцеси; відомості з документів стосовно охорони навколишнього середовища від негативних наслідків даного виду виробництва,

щодо техніки безпеки і промислової санітарії; виробничі інструкції (ВІ); керівні технологічні матеріали (КТМ) та ін.

2.2. Конструктивно-технологічний аналіз деталі.

У цьому підрозділі наводяться відомості про службове призначення деталі, її місце в конструкції вузла та взаємодія з іншими деталями, а також про форму деталі. Спочатку встановлюють розмірні зв'язки між основними елементами та поверхнями (всі поверхні позначають літерами або цифрами); далі визначають конструктивні бази усіх оброблених у даному технологічному процесі поверхонь. Підсумок аналізу геометричних параметрів деталі доцільно подати у формі таблиці (табл. 2.1.).

Таблиця 2.1

Оброблена поверхня	Тип поверхні за її розташуванням	Форма поверхні	Розміри поверхні, мм	Квалітет точності або допуск на розмір	Параметри шорсткості	Конструктивна база	Площа поверхні, кв. мм
Поверхня А	Зовнішня	Циліндр	D30 L=50	IT 10	Rz10	Поверхня С	471
Поверхня Б	Внутрішня	Площина	20x30	IT 12	Rz40	Поверхня Д	600
...

Наводяться також дані щодо хімічного складу та механічних властивостей матеріалу деталі, наприклад алюмінієвого сплаву АК6 (табл. 2.2, 2.3.)

Таблиця 2.2

Хімічний склад сплаву АК6

Основні компоненти (Al - решта), %							
Cu	Mg	Mn	Si	Домішки, не більше			
				Fe	Ni	Ti	Інші
1,8... 2,6	0,4... 0,8	0,4... 0,8	0,2... 4,2	0,7	0,1	0,1	0,05

Механічні властивості сплаву АК6

бв, МПа	бт, МПа	б, %	НВ
420	300	13	105

Після аналізу властивостей матеріалу дають висновок стосовно його відповідності службовому призначенню деталі.

Технологічний аналіз виконують для розробки шляхів зниження витрат та скорочення часу на виготовлення деталі за умови забезпечення необхідної якості. Види та показники технологічності конструкції, а також правила її відпрацювання на технологічність викладено у відповідних стандартах тому тут наведено найбільш загальні рекомендації.

Передбачено використовувати якісну та кількісну оцінку технологічності.

Якісна оцінка є попередньою і описує технологічність узагальнено з урахуванням досвіду розробника за допомогою показників: добре - погано припустимо - неприпустимо і т. ін.

Кількісна оцінка характеризується основними і додатковими чисельними показниками. До основних відносять трудомісткість виготовлення деталі Тв (в нормо-годинах) та технологічну собівартість Ст (у гривнях); додаткові показниками є коефіцієнт використання стандартизованих оброблюваних поверхонь, коефіцієнт використання матеріалу, маса деталі, максимальні значення якості точності, параметри шорсткості та ін.

Виконуючи аналіз деталі щодо її матеріалу, оцінюють його оброблюваність та вартість, а також можливість використання більш легкого матеріалу або підвищення фізико-механічних властивостей за рахунок зміцнювальної технології [1].

Аналізуючи конструкцію деталі, оцінюють раціональність її геометричної форми та якість оброблюваних поверхонь з урахуванням використання високопродуктивного устаткування та оснащення. До позитивних якостей відносять геометричну простоту, а також наявність якомога більшої кількості поверхонь, що не потребують обробки різанням. Особливу увагу слід приділити обґрунтування призначених параметрів точності та шорсткості.

Технологічність прийнятої заготовки оцінюють з точки зору можливості її виготовлення найбільш раціональним для даних виробничих умов способом.

Якщо деталь виготовлятиметься на верстатах з ЧПУ, то її відпрацювання технологічність виконують за певною методикою [2,3]. Деякі рекомендації щодо підвищення технологічності в даному випадку такі:

1. Висока точність токарних верстатів з ЧПУ дозволяє замінити на деталях типу валів шліфування циліндричних виступів та буртів на точіння за сьомим квалітетом точності.

2. Використання на верстатах з ЧПУ різців зі спеціальною формою пластинки дозволяє виконувати різенарізування до упору, і тому на деталях типу валів, фланців, втулок та інших немає необхідності передбачати технологічні канавки для виходу інструменту.

3. Оскільки для верстатів з ЧПУ характерна висока концентрація операцій, оброблювані елементи слід розташовувати з урахуванням максимального обсягу обробки з одного установа (наприклад, розміщення шпонкових канавок з одного боку вала).

4. Для зменшення кількості типорозмірів інструменту необхідно уніфікувати розміри канавок, виточок, фасок та ін., наприклад, при використанні звичайних прохідних різців, кути фасок не повинні перевершувати 30 град.

5. Для зменшення типорозмірів ріжучого інструменту при фрезерній обробці деталей стінки зовнішніх та внутрішніх контурів повинні спрягатися з однаковим типовим радіусом R . у цьому разі треба додержуватись таких співвідношень: для легких сплавів - $R \geq (1/5 \dots 1/6)H$; для сталей - $R \geq 1/3 H$; для труднооброблюваних матеріалів - $R \geq 1/2H$, де H - найбільша висота стінок оброблюваного контуру.

6. Спряження стінки з полицев повинно здійснюватись з однаковим типовим радіусом r , причому, призначаючи радіуси R та r , треба користуватися стандартними розмірами фрез.

7. У конструкції деталі слід максимально використовувати прості та однотипні конструктивні елементи, що складаються з прямих і дуг кола.

8. Використання звичайних машинобудівних креслень для підготовки програм управління не є завжди зручним, тому розміри на кресленні деталі повинні задаватися в прямокутній системі координат, яка далі зв'язується з системою координат верстата. Криволінійні контури плоских деталей або виробів складної просторової форми задають розмірами радіусів, кутами дуг кола, координатами центрів кола або параметрами відповідних апроксимуючих кривих (еліпса, параболи, гіперболи і т.п.).

Після відпрацювання деталі на технологічність всі пропозиції стосовно змін в її конструкції систематизують й відображують в пояснювальній записці та на кресленнях.

Завершується розділ якісною оцінкою технологічності деталі. Кількісна оцінка виконується після розробки технологічного процесу при його порівнянні з базовим варіантом.

2.3. Визначення типу виробництва та розміру партії деталей

Рівень деталізації при розробці технологічного процесу та характер його оснащення визначається обсягом та програмою випуску виробів, а також типом виробництва.

Обсяг випуску - це кількість виробів певного найменування, типорозміру й виконання, що виготовляються підприємством протягом запланованого часу.

Програма випуску - це перелік найменувань та кількість виробів, що виготовляються протягом певного терміну (рік, місяць і т.ін.).

У завданні на проектування, як правило, зазначається річна програма випуску виробів (літаків, вертольотів або їх агрегатів, вузлів).

При цьому річна програма випуску деталей N_p обчислюється за формулою

$$N_p = N_i(1 + 0,01b)w, \quad (2.1)$$

- де N_i - річна програма випуску виробів, шт.;
 w - кількість деталей даного найменування у виробі;
 b - кількість деталей, які необхідно виготовити додатково як запасні частини, що задається у відсотках від річної програми ($b = 3 \dots 5\%$).

Такт випуску деталей, хв/шт.

$$T_v = 60 F_d S / N_p, \quad (2.2)$$

- де F_d - дійсний річний фонд часу роботи обладнання, год/змін;
 S - кількість змін роботи обладнання на добу;

Стандартом передбачено, що тип виробництва характеризується коефіцієнтом закріплення операцій $K_{зо}$. При $1 < K_{зо} < 10$ тип виробництва відноситься до масового та крупносерійного, при $10 < K_{зо} < 20$ - до середньосерійного та серійного, при $20 < K_{зо} < 40$ - до малосерійного та одиничного.

Основним типом виробництва в авіабудуванні є серійне, для якого коефіцієнт закріплення операцій

$$K_{30} = P_{oi} / P_i.$$

(2.3)

- де P_{oi} - сумарна кількість операцій, що виконуються протягом місяця на даній виробничій дільниці;
 P_i - кількість робітників даної виробничої дільниці, що виконують всі операції при однозмінній роботі.

Для попередніх розрахунків умовну кількість операцій, що виконуються на одному верстаті протягом зміни (при однозмінній роботі) можна визначити за формулою [5]

$$P_{oi} = h_n / h_z.$$

(2.4)

- де h_n - запланований нормативний коефіцієнт завантаження верстатів однотипними операціями, що для серійного виробництва дорівнює 0,8...0,9;
 h_z - коефіцієнт завантаження верстата операцією, що планується.

Останній коефіцієнт розраховується згідно з виразом

$$h_z = T_{mk} N_m / (60 F_m K_v),$$

(2.5)

- де T_{mk} - штучно-калькуляційний час, необхідний для виконання операції, що проектується;
 N_m - місячна програма випуску деталі при однозмінній роботі ($N_m = N_p / 24$), шт;
 F_m - місячний фонд часу роботи обладнання в одну зміну ($F_m = 169$ год);
 K_v - коефіцієнт виконання норм, який дорівнює 1,3.

З урахуванням цих числових даних, та для $h_n = 0,85$, формула 2.4 перетворюється до вигляду

$$P_{oi} = \frac{11200}{T_{mk} N_m}.$$

(2.6)

Кількість операцій, що виконуються на дільниці в одну зміну протягом місяця, визначається як сума для всіх верстатів:

$$P_{oi} = P_{o1} + P_{o2} + \dots + P_{on}. \quad (2.7)$$

Кількість робітників, яка потрібна для обслуговування одного верстата протягом однієї зміни, обчислюється за формулою

$$P_i = \frac{N_i T_i}{60 \Phi K_v}, \quad (2.8)$$

- де N_i - зведений місячний обсяг випуску деталей при завантаженні верстата до встановленого значення h_n ($N_i = P_{oi} T_i$);
 T_i - штучно-калькуляційний час виконання операції, що проектується ($T_i = T_{шк}$), хв;
 Φ - місячний фонд часу робітника ($\Phi = 22 \times 8 = 176$ год).

Після підстановки чисельних даних у вираз (2.8.) і з урахуванням (2.6.) одержимо

$$P_i = 0,8.$$

Кількість робітників дільниці (для однозмінної роботи), визначається як сума значень P_i для кожного верстата:

$$P_i = P_1 + P_2 + \dots + P_n. \quad (2.9.)$$

П р и к л а д 2.1. Визначити K_{zo} і тип виробництва для дільниці з чотирьох верстатів (токарний, фрезерний, свердлильний та шліфувальний), де виготовляються деталі з річною програмою випуску 1200 шт. Штучно-калькуляційний час для виконання операцій складає відповідно: токарної - 8, фрезерної - 16, свердлильної - 10, шліфувальної - 14 хв.

Р о з в'я з о к.

1. Визначаємо місячну програму випуску

$$N_m = \frac{1200}{12} = 100 \text{ шт.}$$

12

2. Розраховуємо згідно з (2.6.) можливу кількість операцій для кожного верстата при $h_n = 0,85$:

$$P_{o1} = \frac{11200}{8 \times 100} = 14; \quad P_{o2} = \frac{11200}{16 \times 100} = 7;$$

$$P_{o3} = \frac{11200}{10 \times 100} = 11,2; \quad P_{o4} = \frac{11200}{14 \times 100} = 8.$$

3. За виразом (2.7) знаходимо загальну кількість операцій, що виконуються на дільниці протягом місяця:

$$P_{o1} = 14 + 7 + 11,2 + 8 = 40,2.$$

4. Розраховуємо згідно з (2.8.) кількість робітників, що працюють в одну зміну та обслуговують кожний верстат окремо:

$$P_i = 0,8$$

5. За формулою (2.9) визначаємо кількість робітників на дільниці:

6. За виразом (2.3) обчислюємо

$$K_{zo} = \frac{40,2}{3,2} = 12,56.$$

В и с н о в о к: виробництво серійне.

При серійному виробництві запуск деталей в обробку здійснюється партіями, які повторюються з певною періодичністю; кількість деталей в партії для одночасного запуску визначають за такою методикою [5].

Спочатку обчислюють гранично припустимі параметри партії деталей n_1 та n_2 :

$$n_1 = \frac{F_{em} n_0 K_v}{K_{zo} T}; \quad (2.10)$$

$$n_2 = \frac{F_{em} K_v}{K_{mo} T}; \quad (2.11)$$

- де $F_{\text{ем}}$ - ефективний місячний фонд часу роботи дільниці, хв
 ($F_{\text{ем}} = 22 \times 8 \times 60 = 10560$ хв)
 n_0 - кількість операцій;
 $K_{\text{мо}}$ - коефіцієнт, що враховує витрати міжопераційного часу (для середньогабаритних складних деталей $K_{\text{мо}} = 1,5$);
 T - сумарний час усіх операцій.

Згідно з виразами (2.10.) і (2.11.) параметр n_1 відображує продуктивність і рівень спеціалізації робочих місць на дільниці, а за допомогою параметра n_2 враховується та відміщується обсяг незавершеного виробництва. Менший параметр позначається $n'_{\text{мін}}$, а більший - $n'_{\text{мак}}$. Для подальшого розрахунку розміру партії використовують $n'_{\text{мін}}$, який можна заокруглити до $n'_{\text{мін}}$, що буде кратним кількості деталей, які подаються на складання, - $n_{\text{скл}}$.

Потім визначають періодичність повторювання партії деталей у днях

$$J_p = \frac{22 n'_{\text{мін}}}{N_m} \quad (2.12)$$

Одержану величину узгоджують з її допустимими нормативним значенням J_n (табл. 2.4.)

Таблиця 2.4.
 Нормативні значення періодичності повторювання партії деталей J_n

Місяці	1/22	1/8	1/4	1/2	1	3	6	12
Дні	1	2,5	5	11	22	66	132	264

Найближче більше значення J_n з табл. 2.4. приймається до розрахунку, тобто розмір партії визначається за умови

$$n = \frac{J_n N_m}{22}; \quad n'_{\text{мін}} = n < n'_{\text{мак}} \quad (2.13)$$

П р и к л а д 2.2. Визначити розмір партії при обробці середньогабаритної складної деталі для даних з прикладу 2.1:

$K_{\text{эо}} = 12,56$; $N_m = 100$ шт.; $n_{\text{скл}} = 4$ шт.; $n_0 = 4$; $T = 48$ хв.

Згідно з (2.10 і 2.11) визначаємо параметри n_1 та n_2 :

$$n_1 = \frac{10560 \times 4 \times 1,3}{12,56 \times 48} = 91 \text{ шт.}; \quad n_2 = \frac{10560 \times 1,3}{1,5 \times 48} = 190 \text{ шт.}$$

тобто $n_{\min} = 91 \text{ шт.}$, а $n_{\max} = 190 \text{ шт.}$

Округлюємо n_{\min} до величини, що кратна n скл. тобто $n'_{\min} = 92$.

Розраховуємо $J_p = \frac{22 \times 92}{100} = 20,24$ і приймаємо $J_n = 22$ дні.

Згідно з (2.13) знаходимо розмір партії

$$n = \frac{22 \times 100}{22} = 100 \text{ шт.}$$

Величину штучного або штучно-калькуляційного часу для виконання вищевказаних розрахунків можна одержати з використанням методу приблизного визначення норм часу згідно з таблицею 2.5 [6].

Таблиця 2.5

Формули для визначення основного (машинного) часу для найбільш імовірних режимів обробки

Найменування процесу	Квалітет Шорсткість, мкм	Розрахункова формула ма- шинного ча- су, хв.	Емпірична формула для визначен- ня машинного часу, хв
1	2	3	4
1. Різання металу			$T_{\text{ш}} = K L; T_{\text{ш}} = K D^2$
1.1 Відрізання різцем	$\frac{13 \dots 12}{40 \dots 10}$	$T_{\text{ш}} = \frac{P D^2}{2000 \text{VS}}$	$T_{\text{ш}} = 3,13 D^2 \times 10^{-4}$

1	2	3	4
2.Підрізан- ня торця за один хід			$T_m = KD ; T_m = k(D - d)$
2.1 Чорнове підрізання торця (кільця)	$13 \dots 12$ <hr/> $40 \dots 20$	$\frac{P(D - d)}{4000 \text{ US}}$	$T_m = 2,24 (D - d) \times 10^{-5}$
2.2 Чистове підрізання торця (кільця)	$12 \dots 11$ <hr/> $2,5 \dots 2,0$	---//---	$T_m = 1,1 (D - d) \times 10^{-5}$
2.3 Чорнове підрізання суцільного торця	$13 \dots 12$ <hr/> $40 \dots 20$	$\frac{P D}{4000 \text{ US}}$	$T_m = 2,24 D \times 10^{-5}$
2.4 Чистове підрізання суцільного торця	$12 \dots 11$ <hr/> $2,5 \dots 2,0$	---//---	$T_m = 1,1 D \times 10^{-5}$
3.Обробка тіл обертання за один хід			$T_m = KDL$
3.1 Обточу- вання чорно- ве	$13 \dots 12$ <hr/> $80 \dots 40$	$\frac{P D L}{1000 \text{ US}}$	$T_m = 7,5 D L \times 10^{-5}$
3.2 Обточу- вання чисто- ве	$11 \dots 9$ <hr/> $20 \dots 10$	---//---	$T_m = 1,75 D L \times 10^{-4}$

1	2	3	4
3.3 Шліфування кругле зовнішнє з поздовжньою подачею:			
попереднє	$\frac{11 \dots 9}{20 \dots 2,5}$ 6	$T_m = \frac{PDLhf}{1000 VS}$	$T_m = 1,2 D Lx10^{-4}$
чистове	$\frac{0,32 \dots 0,16}{6}$	----//----	$T_m = 1,84 D Lx10^{-4}$
тонке	$\frac{0,32 \dots 0,16}{6}$	----//----	$T_m = 3,27 D Lx10^{-4}$
4. Обробка отворів			$T_m = K D L$
4.1 Свердління отворів до $\Phi 20$ мм	$\frac{13 \dots 12}{40 \dots 10}$	$T_m = \frac{P D L}{1000 VS}$	$T_m = 5,6 D Lx10^{-4}$
4.2 Розсвердлування отворів до $\Phi 20 \dots 70$	$\frac{12 \dots 11}{20 \dots 10}$	----//----	$T_m = 4,23 D Lx10^{-4}$
4.3 Зенкерування	$\frac{11}{20 \dots 10}$	----//----	$T_m = 2,1 D Lx10^{-4}$
4.4 Розвертання:			
чорнове	$\frac{10}{2,5 \dots 2,0}$ 6	----//----	$T_m = 4,36 D Lx10^{-4}$
чистове	$\frac{1,25 \dots 0,63}{6}$	----//----	$T_m = 8,76 D Lx10^{-4}$

1	2	3	4
4.5 Розточування:		$P D L$	
чорнове	$\frac{12}{40 \dots 20}$	$\frac{1000US}{-----//-----}$	$T_m = 1,36 D L \times 10^{-4}$
чистове	$\frac{10}{10 \dots 2,5}$	$-----//-----$	$T_m = 1,8 D L \times 10^{-4}$
4.6 Протягування:			
звичайне	$\frac{9}{10 \dots 2,5}$	$T_m = \frac{La}{1000 U}$	$T_m = 2,86 D L \times 10^{-4}$
чистове	$\frac{7}{1,25 \dots 1,0}$	$-----//-----$	$T_m = 2,86 L \times 10^{-4}$
5. Обробка плоских поверхонь			$T_m = k L$
5.1 Фрезерування торцевим фрезом:			
чорнове	$\frac{12}{40 \dots 20}$	$T_m = \frac{L}{S_{\text{хв}}}$	$T_m = 5,9 L \times 10^{-3}$
чистове	$\frac{10}{20 \dots 10}$	$-----//-----$	$T_m = 4,82 L \times 10^{-3}$
тонке	$\frac{8}{2,5 \dots 1,2}$	$-----//-----$	$T_m = 2,86 L \times 10^{-3}$
5.2 Фрезерування циліндричним фрезом:			

1	2	3	4
чорнове	$\frac{12}{40 \dots 12}$ 10	---/---	$T_m = 6,66 Lx10^{-3}$
чистове	$\frac{20 \dots 10}{\beta}$	---//---	$T_m = 3,5 Lx10^{-3}$
тонке	$\frac{2,5 \dots 1,25}{\beta}$	---//---	$T_m = 1,66 Lx10^{-3}$
6. Обробка гвинтових поверхонь			$T_m = KD; T_m = KDL$
6.1. Різна- різування гайкорізом і плашкою на верстаті	$\frac{10}{10 \dots 2,5}$	$\frac{PDLa}{1000US}$	$T_m = 3,19 D Lx10^{-4}$
6.2 Різенака- тування ро- ликами та плашками	$\frac{9}{2,5 \dots 1,0}$	$T_m' = KD$	$T_m = 3,2 D x10^{-3}$
6.3 Нарізу- вання одно- західної на- різки різ- цем: чорнове	$\frac{10}{20 \dots 10}$ 6	$\frac{PDLia}{1000US}$	$T_m = 2,78 D Lx10^{-4}$
чистове	$\frac{0,63 \dots 0,32}{6}$	---//---	$T_m = 9,1 D Lx10^{-5}$

034839M

Примітка.

У табл.2.5 прийнято такі позначення:

a - коефіцієнт, що враховує час зворотного (холостого) ходу;

D, d - діаметри заготовок (отворів), мм;

f - коефіцієнт, що враховує кількість ходів без поперечної подачі;

h - припуск на обробку, мм;

i - кількість ходів;

K - коефіцієнт, що враховує найімовірніші умови обробки;

L - довжина заготовки;

S - поздовжня подача, мм/об;

S_{xv} - хвилинна подача, мм/хв;

T_m - найімовірніший машинний час обробки, хв;

t - поперечна подача (глибина різання), мм/хід;

V - швидкість різання, м/хв;

Штучно-калькуляційний час для попередніх розрахунків можна визначити з урахуванням даних для T_m (табл.2.5):

$$T_{шк} = K_k T_m, \quad (2.14)$$

де K_k - коефіцієнт, наведений в табл.(2.6) [6].

Таблиця 2.6

Коефіцієнт для визначення штучно-калькуляційного часу

Види верстатів	Тип виробництва	
	Одиничне та малосерійне	Крупносерійне
Токарні	2,14	1,36
Токарно-револьверні	1,98	1,35
Вертикально-свердлильні	1,75	1,30
Радіально-свердлильні	1,75	1,41
Фрезерні	1,84	1,51
Зубонарізні	1,66	1,27
Шліфувальні	2,10	1,55
Верстати з ЧПУ	2,0	

3. ВИБІР АНАЛОГА ТЕХПРОЦЕСУ ТА ЙОГО АНАЛІЗ

Аналізуючи базовий варіант технологічного процесу, слід користуватися принципами їх проектування, що впливають з вимог стандартів ISO серії 9000. Відповідно до цього вихідним документом, який складає виконавець на основі заявки замовника, є технічне завдання на розробку техпроцесу.

Замовник несе відповідальність за техніко-економічне обґрунтування вихідних даних та їх відповідність сучасному рівню науки, техніки та виробництва.

Виконавець (розробник) після розробки технічного завдання узгоджує його з замовником та іншими зацікавленими організаціями, готує необхідну документацію, відповідає за комплектність, якість та строки передачі документації замовнику, здійснює авторський нагляд при її використанні.

В основу розробки технологічних процесів покладено два принципи [?]: технічний та економічний. За технічним принципом технологічний процес мусить повністю забезпечувати виконання всіх вимог робочого креслення та технічних умов щодо виготовлення даного виробу. Згідно з економічним принципом виготовлення виробу повинне супроводжуватись мінімальними витратами, тобто технологічний процес повинен виконуватись з найкращими використанням технічних можливостей засобів виробництва при найменших витратах часу та собівартості виробів. Постійне удосконалення техпроцесів є умовою успішної конкурентної боротьби підприємств за ринки збуту.

Для цілеспрямованих дій в цьому напрямі користуються вимогами стандартів ISO серії 9000. Вони забезпечують використання досвіду зарубіжних фірм, який передбачає планування виробничих операцій певним чином і в певній послідовності та за певних умов. Цими умовами передбачено відповідне керування матеріалами, виробничим обладнанням, процесами та процедурами, програмним забезпеченням ЕОМ, персоналом, постачанням оснащення та виробничим середовищем. Виробничі операції слід докладно визначати в технологічній документації, яка, в свою чергу, повинна орієнтуватися на повний і точний опис технологічних методів (крім фрагментів, що робити, наводять відомості, як робити).

Формування основних поверхонь деталей та складальних одиниць згідно з "Класифікатором основних поверхонь деталей та складальних одиниць, що впливають на створення резервів технологічної точності (резервів якості) виробу", слід виконувати за допомогою стандартизованого або спеціального технологічного оснащення та на спеціальних верстатах, а також на багатоопераційних верстатах з ЧПУ (класифікатор розробляється конструкторським підрозділом додатково до комплекту робочої конструкторської документації).

Під резервом технологічної точності (резервом якості) розуміють позитивну різницю між величиною допуску та полем розсіювання певних параметрів деталей (складальних одиниць), тобто той запас резерву якості (резерву на експлуатацію), з яким похибки вміщуються в межі поля допуску. Таким чином при адекватних технічних умовах (стандартах) якість виробу буде вищою там, де є більші резерви технологічної якості. З метою створення умов керування технологічним процесом в технологічній документації чітко визначаються контрольні операції, план і форми карт контролю, контроль першої та останньої операцій, операції настрояння технологічних засобів і засобів вимірювання та ін. Необхідно розглянути методи та засоби підтримання (в заданих межах) робочих умов навколишнього середовища (температура, вологість, загазованість і т.ін.). У випадках високої залежності якості виробу від властивостей матеріалів та комплектуючих елементів обґрунтовують методи і засоби їх вхідного контролю. Особливу увагу приділяють забезпеченню безпеки виробів (електробезпека, шумові характеристики, небезпека за рахунок відкавів та ін.).

Основним технологічним документом, відповідно до міжнародних стандартів ISO серії 9000, є робоча інструкція (PI), в якій наводять загальні (які мають постійний характер) вимоги щодо виконання технологічних операцій на конкретному робочому місці, включаючи дії робітників і технологічних засобів, а також виконання правил техніки безпеки.

При необхідності, додатково до PI, opracовуються технологічні інструкції (TI), в яких наводять змінні технологічні параметри техпроцесу (операції) – режим обробки та методи досягнення запасів технологічної точності. Для керування технологічним процесом і наочності сприйняття його маршруту рекомендується розробити технологічну схему на якій символами позначають всі складові частини процесу – від приймання заготовок, виготовлення деталі аж до складування готової продукції.

Відносно базових процесів, які вже реалізуються у виробництві, доцільно виконати їх аналіз з урахуванням наведених вище вимог і наголосі ставі цього аналізу запропонувати більш прогресивні технологічні :

4. ВИБІР ВИХІДНОЇ ЗАГОТОВКИ ТА МЕТОДІВ ЇЇ ВИГОТОВЛЕННЯ

Вибір виду заготовки (пруток, труба, профіль, відливок, штамповка та ін.) зумовляється багатьма факторами: програмою випуску виробів, що характеризує тип виробництва; вимогами до механічних властивостей матеріалу; коефіцієнтом використання матеріалу тощо.

Слід мати на увазі, що собівартість виготовлення деталі визначається сумою витрат на заготовку і механічну обробку, й тому при невеликих

програмах зниження витрат на обробку прогресивних заготовок може супроводжуватись їх збільшенням на виготовлення деталі, що призведе до зростання загальних витрат. У літакобудуванні існує практика, коли для відповідальних деталей вид заготовки визначається конструктором при цьому виконуються й її креслення, на якому наводять розміри заготовки (це насамперед, стосується гарячих штамповок та відливок).

В інших випадках розміри заготовки розраховує технолог шляхом визначення припусків на обробку для усіх операцій (переходів) і для кожної поверхні деталі.

При нормативному методі однобічний проміжний припуск розраховують згідно з формулою, мкм

$$Z = [Rz + h + (Pa + \epsilon b)] + b, \text{ мкм} \quad (4.1)$$

де Z - номінальний проміжний припуск;

Rz - висота мікронерівностей (величина параметрів шорсткості

Ra або Rz для відповідного класу шорсткості поверхні);

h - глибина дефектного шару, який був створений на попередньому переході;

Pa - векторна (геометрична) сума просторових відхилень взаємопов'язаних поверхонь оброблюваної заготовки, одержаної на попередньому переході;

ϵb - похибка базування при обробці, що виконується;

b - допуск на операційний розмір при попередній обробці.

При обробці поверхонь обертання припуски на діаметральний розмір подвоюється:

$$2Z = 2 [Rz + h + (Pa + \epsilon b)] + b \quad (4.2)$$

Величину Pa складають похибки зміщення й відхилення осі обертання деталі або отвору, деформації призматичних деталей під дією внутрішніх напруг або після термообробки і т.ін.. Похибки базування ϵb визначають виходячи з геометричних зв'язків залежно від прийнятої схеми базування. При збігу установочної та конструктивної баз $\epsilon b = 0$. Таким чином, величини Pa та ϵb визначаються щодо конкретних умов та виду обробки з нормативних даних [8].

Значення Rz, h і b для прокату та штамповок наведено в таблиці 4.1, а найбільші припуски на механічну обробку відливок з кольорових металів - в табл. 4.2.

Розрахунок операційних припусків починають з останньої (завершальної) операції і за етапами техпроцесу підсумовують припуски, одержуючи розміри заготовки.

Складові операційного припуску, мкм

Вид обробленої поверхні	Вид обробки	Rz	h	б
Зовнішні циліндричні, конічні та фасонні поверхні обертання	Притирання	0.05...0.5	3...5	4...11
	Обточування тонке	1...5	15...20	8...25
	Шліфування	1.7...15.0	15...25	10...20
	Обточування чистове	5...45	30...40	50...200
	Обточування чорнове	15...100	40...60	100...40
	Холодна обробка тиском	25...100	60...100	70...340
Отвори циліндричні	Притирання	0.05...0.5	3...5	4...13
	Розточування тонке	1...5	15...20	15...25
	Протягування	1.7...8.5	10...20	18...30
	Шліфування	1.7...15.0	20...30	15...35
	Розточування чистове	2...25	3...40	100...200
	Розвертання чистове	15...45	10...20	20...80
	Розвертання чорнове	25...100	25...30	40...150
	Розточування чорнове	25...225	30...50	200...350
	Розсвердлювання	25...225	40...60	70...300
	Свердління за кондукт.	45...225	50...60	70...300
	Свердління без кондукт.	45...225	50...60	120...350
Штамування гаряче	100...225	500	600...1000	
Площини	Притирання	0.05...0.5	3...5	4...15
	Шліфування	1.7...15.0	15...25	10...15
	Фрезерування чистове	5...45	25...50	25...100
	Фрезерування чорнове	15...100	40...60	70...200
	Стругання	15...100	40...50	80...200
	Прокатування	100...225	300	500...1600
	Штамування гаряче	100...225	500	300...1000

На завершення розрахувати коефіцієнт використання металу заготовки K_z згідно з виразом

$$K_z = M_d / M_z,$$

де - M_d, M_z відповідно маса обробленої деталі та заготовки.

Припуски на механічну обробку відливків

Таблиця 4.2

Найбільший габаритний розмір деталі, мм	Тип виробництва					
	Масове		Серійне		Одиничне	
	Вид відливків					
	Прості	Складні	Прості	Складні	Прості	Складні
	Припуск на обробку, мм					
До 100	1.5	2.0	2.0	3.0	2.0	3.0
100...200	1.5	2.0	2.0	3.0	3.0	4.0
200...300	2.0	2.0	4.0	4.0	4.0	5.0
300...800	3.0	4.0	4.0	5.0	5.0	7.0
800...1200	4.0	5.0	5.0	6.0	6.0	8.0
1200...1800	4.0	5.0	5.0	7.0	7.0	9.0
1800...2600	5.0	6.0	6.0	8.0	8.0	10.0

Розрахунки припусків для кожного розміру деталі доцільно оформлювати у вигляді таблиці. Наприклад, для зовнішньої поверхні $\Phi 30$ з верхнім відхиленням $+0,03$ мм та нижнім $+0,008$ мм ці розрахунки наведено в табл. 4.3.

Таблиця 4.3

Розрахунок припусків на обробку зовнішньої поверхні заготовки

Технологічний перехід	Елементи припуску, мкм			Розрахунковий припуск, мкм	Розрахунковий операційний розмір, мм	Прийнятий розмір, мм
	Rz	h	δ			
Пруток (прокатування)	60	60	250		31.198	32.0
Обточування -чорнове -чистове	50	50	200	490	30.708	
	30	35	60	400	30.308	
Шліфування: -попереднє -чистове	10	20	50	190	30.118	
	—	—	—	110	30.008	

5. ВИБІР ТЕХНОЛОГІЧНИХ БАЗ

5.1 Загальні положення

Геометрична позиція заготовки відносно траєкторії ріжучого інструменту та надійність її фіксації при обробці забезпечуються схемою базування і закріплення, що розробляється на кожну операцію та установку.

Поверхні заготовки, прийняті за базові, та їх відносне розташування повинні забезпечувати можливість зручного установлення, затиску, відкріплення та зняття деталі, прикладення сил затиску й підводу ріжучих інструментів.

Якщо конструкція деталі не дозволяє використати її поверхні як базові, то на ній передбачають спеціальні елементи або поверхні, які використовуються тільки для базування (технологічні отвори, буртики, приливи та ін.)

Для зменшення похибок і підвищення продуктивності необхідно прагнути до скорочення кількості переустановлень деталі.

Типові схеми базування деталей наведено на рис.5.1.

5.2 Вибір баз для чорнової обробки

При виборі чорнових (перших установочних) баз необхідно керуватись певними правилами:

при обробці заготовок, одержаних литвом або штампуванням, необроблені поверхні використовувати як базові тільки на першій операції;

як установочні бази визначати поверхні достатніх розмірів і такі, що мають більш високу точність та меншу шорсткість;

для деталей, що мають необробливані поверхні, за базові приймати ті з них, які залишаються необробленими;

для деталей, що обробляються повністю, за базові приймати поверхні, які мають менший припуск;

базу для першої операції визначати з урахуванням забезпечення необхідних умов обробки поверхонь, які далі будуть використовуватися як базові.

5.3 Вибір баз для чистової обробки

Чисті бази визначають відповідно таким умовам.

1. На всіх операціях механічної обробки слід використовувати один і той же комплект установочних баз, тобто дотримуватися принципу постійності баз;
2. Особливо важливим при чистовій обробці є зберігання принципу збігу установочної та конструкторської баз (у випадку, коли це не виконується, виникають неминучі похибки базування);
3. Установочні бази для завершальних операцій повинні мати

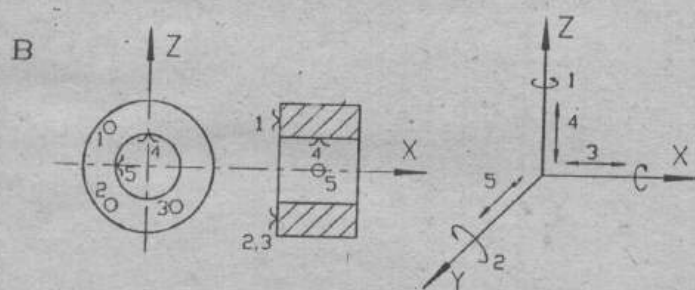
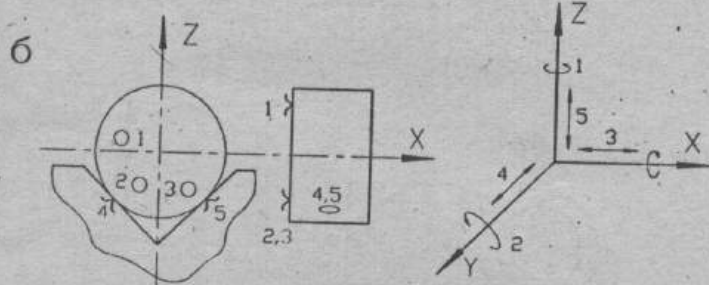
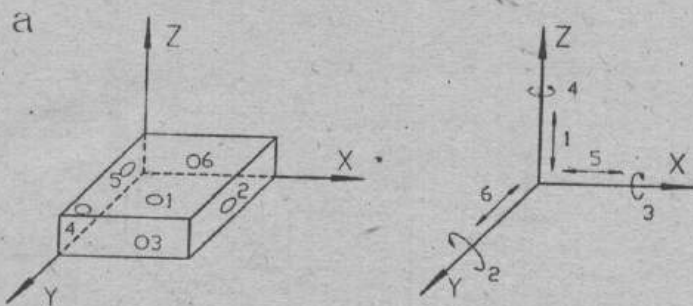


Рис 5.1. Типові схеми базування: а - на трьох площинах; б - на торець та на зовнішню циліндричну поверхню; в - на торець та зовнішню циліндричну поверхню; г - на зовнішню циліндричну поверхню та на торець; д - на внутрішню поверхню та на торець; е - на торець та на конічний отвір; ж - на центрові гнізда; з - на площину та на дві зовнішні циліндричні поверхні; і - на площину та на два отвори

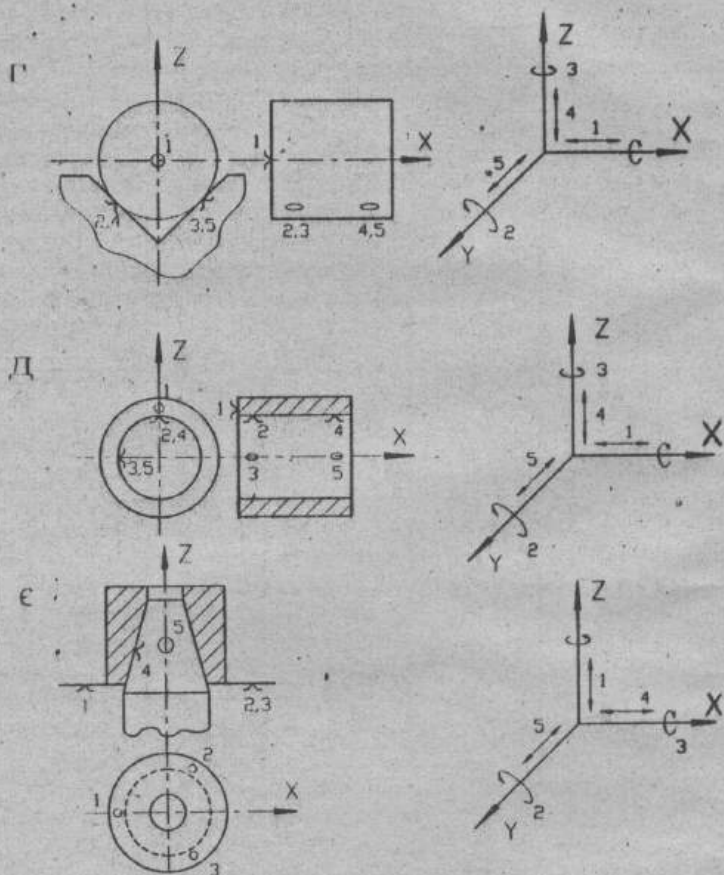


Рис. 5.1. Продовження

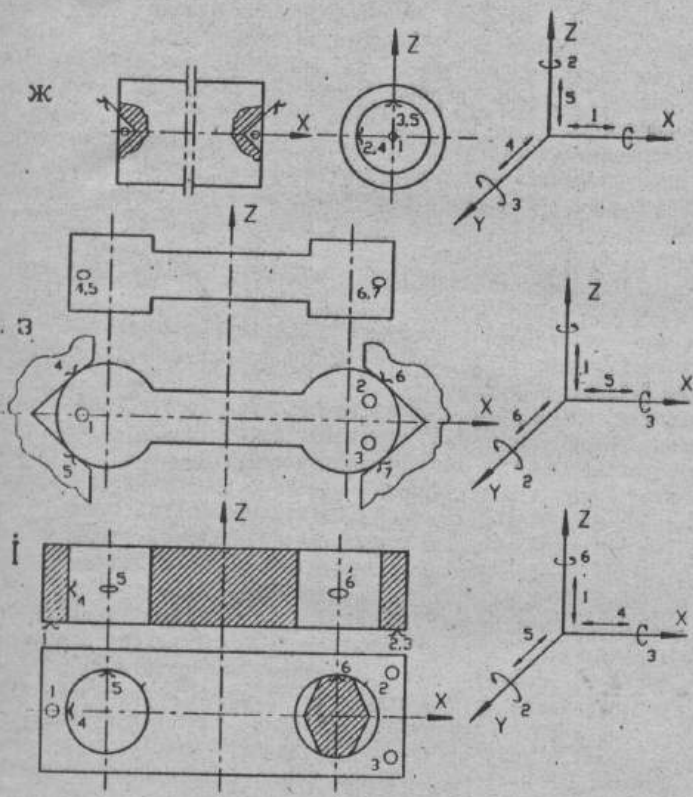


Рис. 5.1. Закінчення

високу точність розмірів і геометричної форми та мінімально можливу шорсткість поверхні; ці бази не повинні деформуватись під дією сил різання, затиску та маси деталі.

5.4 Порядок оцінки точності базування

З урахуванням наведених правил для кожної оброблюваної поверхні деталі (див. табл. 2.1) визначають установочні бази і перевіряють зберігання принципу їх збігу з конструктивними базами. Якщо принцип збігу не додержується, необхідно з'ясувати, чи позначається це на точності обробки даного розміру, а також визначити можливість зменшення похибок базування за рахунок більш точної обробки відповідних ланок розмірного ланцюга.

Згідно з правилом шести точок складають схеми базування та затиску заготовки на всіх операціях. Для типових схем (рис. 5.1) розроблено методику визначення похибок базування, яка наведена у довідковій літературі [9,10].

6. СКЛАДАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО МАРШРУТУ ОБРОБКИ

На цьому етапі передбачається вирішення двох задач: вибору методів обробки для кожної поверхні деталі та встановлення послідовності виконання операцій та переходів.

Вибір методів механічної обробки визначається конфігурацією деталі, її розмірами, видом заготовки, вимогами щодо точності та якості оброблюваних поверхонь і т. ін. Послідовність виконання операцій (маршрут обробки) складається з урахуванням того, що кожний вид робочого процесу (точіння, шліфування, розвертання, конінгування і т. ін.) забезпечує відповідну ступінь точності та шорсткості лише в тому випадку, якщо проведено попередню обробку. Наприклад, щоб одержати зовнішню циліндричну поверхню 6-го квалітета точності з параметром шорсткості $Ra=0,4$ мкм, необхідно застосувати такі способи й послідовність обробки: обточування попереднє - обточування чистове - шліфування попереднє - шліфування чистове. Користуючись таблицями економічної точності обробки [8], можна вибрати метод остаточної обробки й визначити відповідні способи попередньої (проміжної) обробки для кожної поверхні. Аналогічні орієнтовні відомості подано в табл. 2.5 і 4.1.

При встановленні загальної послідовності обробки слід керуватись такими правилами:

- кожна наступна операція повинна зменшувати похибки обробки;
- в першу чергу слід оброблювати поверхні, які використовуватимуться як бази для наступних операцій (переходів);
- далі обробляють поверхні, з яких передбачено знімання найбільшого шару матеріалу, що дає змогу своєчасно виявити можливі

внутрішні дефекти заготовки;

- операції, де можлива поява браку через дефекти матеріалу або складність обробки, виконують на більш ранніх стадіях;
- обробку останніх поверхонь ведуть у послідовності, зворотній до їх точності: чим точніша поверхня тим пізніше вона обробляється;
- завершують процес виготовлення деталей обробкою найточнішої поверхні або такої, що має важливе значення для експлуатації деталі;
- отвори, за винятком випадків, коли вони виконують роль технологічних (установочних) баз, обробляють в останню чергу;
- якщо деталь підлягає термічній обробці в ході технологічного процесу, то механічну обробку поділяють на дві частини: до термообробки та після неї;
- технічний контроль передбачають після тих етапів, на яких є найбільш імовірною поява браку, перед складними операціями та тими, що дорого коштують, а також наприкінці обробки деталі.

Найменування операцій мусять відповідати класифікатору операцій в машино- та приладобудуванні [11] і вимогам ГОСТ 3.1702-79. Типові маршрути обробки деталей для середньосерійного виробництва наведено в довіднику [10], приклади маршрутів обробки деталей, показаних на рис. 6.1 та 6.2. - в табл. 6.1 і 6.2.

7. РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНИХ ОПЕРАЦІЙ

Згідно з маршрутом обробки для всіх операцій здійснюють вибір устаткування й технологічного оснащення, а для операцій, що проектується, призначають необхідну кількість переходів (відповідно до кількості оброблюваних поверхонь і виду інструментів) і визначають послідовність їх виконання. Для кожного переходу розраховують режими різання та тривалість обробки з визначенням штучно-калькуляційної норми часу для операції в цілому.

7.1 Вибір моделей устаткування

Вибір типу та моделі верстата, як і іншого технологічного обладнання, регламентується ГОСТ 14.303-83 і визначається перш за все можливістю виготовлення на ньому деталей необхідних розмірів, форми і якості поверхні. Якщо вказані вимоги можна забезпечити на різних верстатах, то його модель вибирають за таких умов:

- відповідність розмірів робочої зони габаритам оброблюваних деталей;
- відповідність продуктивності верстата заданому масштабу виробництва;

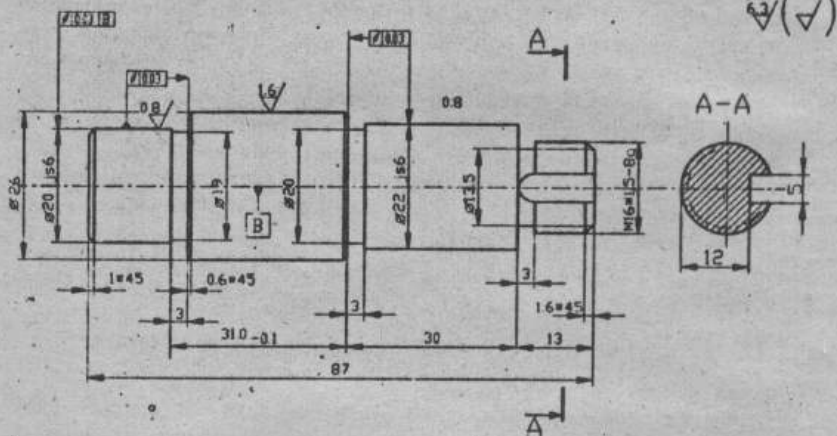


Рис.6.1. Вал (вид заготовки-прокат, материал-сталь 45,
кількість деталей із заготовки-31)

Маршрут обробки вала (рис.6.1)

№ п/п	Найменування операції	Зміст операції	Обладнання	Оснащення
1	2	3	4	5
005	Відрізна	Рубати пруток діаметром 28, додержувчись розміру 3000	Прес КБ 934	Штамп
010	Правильна	Правити пруток	Прес И5526	—
015	Торцево-підрізна	Виконати на кінці прутка фаски з кутом 20 град	Токарний верстат ХС-151	—
020	Автоматна токарна	Підрізати та центрувати торець, точити шийку під нарізку М16х1.5-8g шийку діаметром 20 js6 під шліфування, проточити три канавки S=3; точити фаски, відрізати деталь, додержувчись розміру 88	Токарний автомат 15240-6К	Цанговий патрон
025	Токарна	Підрізати другий торець, додержувчись розміру 13, центрувати торець і точити фаску	Токарний верстат 16Т02П	Цанговий патрон
030	Шпоноково-фрезерна	Фрезерувати шпоноковий паз b=5, додержувчись розміру 13 остаточно	Шпоночно-фрезерний верстат 6930	Верстатні лещата
035	Слюсарна	Зачистити задирки	Вібромашина ВИПВ-100	Ніж
040	Різенкатна	Накатати нарізку М16х1.5-8g	Різенкатний автомат А9518	Ніж підтримувчий

1	2	3	4	5
045	Кругло-шліфувальна	Шліфувати шийку діаметром 22 js6 із підшліфуванням торця діаметром 26/22js6, додержувчись розміру 30 остаточно. Після переустановлення шліфувати шийку діаметром 20js6 із підшліфуванням торця діаметром 26/20js6.	Кругло-шліфувальний верстат 3У10В	Центри, хомутик
050	Промивальна	Промити деталь	Промивальна машина	
055	Контрольна	Контролювати розміри згідно з операційною картою контролю	Контрольна плита ГОСТ 20905-86	Штангенциркуль ШЦ-1, мікрометр типу МК ГОСТ 6507-88, скоба гранична

Таблиця 6.2

Маршрут обробки важеля(рис 6.2)

N п/п	Зміст операції	Верстат або інше обладнання	Оснащення та пристрої
1	2	3	4
005	Вирізати заготовку з листа	Машина з ЧПУ для вирізки	
010	Прикріпити бірку з номером деталі на тару		

