

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ

Нормування токарних операцій

Мета заняття: Засвоєння теоретичних знань та набуття практичних навичок проведення розрахунків режимів різання та технічного нормування поширених технологічних операцій, що виконуються на токарно-гвинторізних верстатах

1 Короткі теоретичні відомості

1.2 Поняття про виробничий і технологічний процеси та структуру технологічної операції

Сукупність дій, що виконуються над матеріалами і напівфабрикатами з моменту їх надходження на підприємство і до здачі виробів на склад готової продукції, є частина єдиного **виробничого процесу**.

Закінчена частина виробничого процесу, що передбачає послідовність зміни *форми, розмірів або стану матеріалу* називають **технологічним процесом**.

Технологічний процес виготовлення деталей, так само як і технологічний процес їх складання, поділяється на технологічні операції.

Технологічною операцією називають закінчену частину технологічного процесу, що виконується на одному робочому місці та включає всі дії верстатника та (або) обладнання до переходу на виготовлення наступної деталі. **Технологічна операція як закінчена частина технологічного процесу є об'єктом нормування**.

Технічна норма часу на виконання кожної операції - основа всіх технологічних і планових розрахунків як для нового проектного підприємства, так і для розрахунків виробничої потужності діючих підприємств.

Технологічна операція, в свою чергу, поділяється на **установи**, а також на технологічні і допоміжні переходи.

Установом називають закріплення деталі в певному положенні. Нове встановлення деталі з закріпленням її в іншому положенні, є новим установом.

Технологічним переходом називають закінчену частину технологічної операції, що призначена для обробки однієї поверхні або обробки одночасно декількох поверхонь деталі без зміни інструменту та режимів різання.

Допоміжним переходом називають частину технологічної операції, що складається із дій верстатника і (або) технологічного обладнання, що не супроводжуються зміною форми, розмірів і шорсткості поверхні, але є необхідними для виконання основних технологічних переходів (наприклад, контроль розмірів деталі).

Технологічний перехід складається з робочих та допоміжних ходів.

Під **робочим ходом** розуміють частину технологічного переходу, призначену для зняття одного шару металу при незмінному інструменті, оброблюваної поверхні і режимах різання верстата (частота обертання, подача).

Кількість робочих ходів, що необхідні для обробки поверхні деталі визначають за формулою $i = h / t$, де h – величина припуску на механічну обробку, мм, t - глибина різання, мм.

Допоміжний хід – це частина допоміжного технологічного переходу, що складається з одноразового переміщення різального інструменту відносно заготовки, який не супроводжується зміною форми, розмірів, шорсткості поверхні та властивостей заготовки, але він є необхідним для виконання основного робочого ходу (наприклад, відвід інструменту в вихідне положення для виконання другого робочого ходу).

Прийнятий поділ операції на її складові елементи - установи, основні і допоміжні переходи, основні і робочі робочі ходи дозволяє точно встановлювати норму часу на кожен елемент операції, тобто технічну норму часу на виконання всієї операції.

З точки зору технічного нормування всі дії верстатника, що виконуються в межах технологічної операції, можна розділити: **на основні прийоми**, що - безпосередньо спрямовані на зміну форми, розмірів або стану матеріалу, і **допоміжні прийоми**, що необхідні для виконання основних прийомів, але вони не супроводжуються зміною форми і розмірів оброблюваної деталі (наприклад, встановлення і закріплення заготовки, підведення і відведення інструмента, супорта, вимірювання деталі тощо)

1.2 Склад норми штучного і штучно-калькуляційного часу

Норма штучного часу $T_{шт}$ на виконання кожної технологічної операції включає:

1. Час, що витрачається на виконання переходів, ходів, прийомів, спрямованих на безпосередню зміну *форми, розмірів або стану матеріалу* - цей час **називають основним t_o** або, в окремому випадку, коли такі зміни відбуваються при обробці безпосередньо верстатом, - **машиинним часом t_m** .

2. Час, що витрачається на виконання допоміжних прийомів, наприклад час на встановлення і закріплення заготовки, контроль отриманих розмірів, виконання допоміжних ходів, витрати часу на відведення і підведення частин верстата називають **допоміжним часом $t_{дон}$** .

Суму витрат часу на виконання основних і допоміжних переходів, ходів та прийомів називають **оперативним часом $t_{оп} = t_o + t_{дон}$** . Слід відмітити що **оперативний час $t_{оп}$** складає основну більшу частину **норми штучного часу $T_{шт}$** .

3. **Витрати часу на обслуговування робочого місця $t_{обс}$** - витрачаються верстатником протягом робочої зміни - *на підготовку робочого місця на початку зміни (час на розкладку інструмента, час на ознайомлення з технологічною документацією, кресленням деталі, час на підналагоджування верстата, зміну або заточування затупленого інструмента, прибирання і змащування верстата в кінці робочого дня)*. Величина цього часу залежить від виду і розмірів обладнання та **встановлюються у відсотках від оперативного часу $t_{оп}$** .

4. **Нормований час перерв на відпочинок** та фізичні потреби верстатника **$t_{пер}$** залежить від витрат фізичних зусиль та інтенсивності роботи і **встановлюються у відсотках від оперативного часу $t_{оп}$** .

Норма штучного часу $T_{шт}$ на виконання кожної операції розраховується за формулою :

$$\begin{aligned} T_{шт} &= t_o + t_{дон} + t_{обс} + t_{пер} = t_{оп} + t_{обс} + t_{пер} = \\ &= t_{оп} + (t_{оп} \times a/100) + (t_{оп} \times b/100) = t_{оп}(1 + (a+b)/100), \end{aligned}$$

де $a\%$ - величина відсотку від оперативного часу t_{op} на обслуговування робочого місця; $t_{обс}$

$b\%$ - величина відсотку від оперативного часу t_{op} перерв на відпочинок і фізичні потреби верстатника $t_{пер}$.

Для виконання кожної технологічної операції необхідно перед початком обробки налагодити верстат - тобто встановити пристрій, різальний інструмент, налаштувати верстат на задані режими різання, крім того, після закінчення виготовлення партії деталей потрібно привести верстат у вихідне положення, тобто зняти пристрій, різальний інструмент і здати їх інструментальну комору.

Час на налагодження обладнання на початку виготовлення партії деталей та приведення його у вихідне положення після виготовлення всієї партії деталей називають підготовчо-завершальним часом $T_{п-з}$.

Слід відмітити, що величина підготовчо-завершального часу не залежить від розміру величини партії деталей.

До складу штучно-калькуляційної норми часу $T_{ш-к}$ заключного часу в основному залежить від складності наладки обладнання.

Підготовчо-завершальний час $T_{п-з}$ входить як частина часу, яка припадає на одну деталь в партії. таким чином,

$$T_{ш-к} = T_{шт} + T_{п-з} / n_d ,$$

де n_d - кількість деталей в партії.

Таким чином, при технічному нормуванні технологічних операцій використовують дві норми часу: штучний час $T_{шт}$ і штучно-калькуляційний час $T_{ш-к}$, використання яких встановлюється в залежності від типу виробництва.

В одиничному, малосерійному і серійному виробництвах всі розрахунки з верстатниками за виконання технологічної операції, а також розрахунки, що виконуються при плануванні виробництва, розрахунки виробничої потужності (пропускної спроможності цехів і підприємства в цілому), розрахунки, що здійснюються при проектуванні цехів і дільниць, виконуються за єдиною штучно-калькуляційною нормою часу $T_{ш-к}$.

У великосерійному і масовому виробництвах, оскільки частка часу $T_{п-з}$, що припадає на одну деталь, надзвичайно мала, а налагодження верстатів на

виконання робіт протягом певного періоду часу виконують спеціальні робітники-налагоджувальники, то всі розрахунки з верстатниками за виконання технологічної операції здійснюють за єдиною нормою штучного часу $T_{шт}$.

Встановлення розцінок на кожну виконувану операцію виконують за формулами:

- для одиничного, малосерійного і серійного виробництв:

$$P = T_{шт-k} C_{гмс} / 60$$

- для великосерійного і масового виробництв:

$$P = T_{шт} C_{гмс} / 60$$

де $C_{гмс}$ - годинна тарифна ставка верстатника, що відповідає розряду його роботи [див. Додаток 1].

Розряди робіт визначають по «Єдиному тарифно-кваліфікаційному довіднику» [1].

1.3 Методи технічного нормування

Всі методи нормування можуть бути розділені на дві групи: **аналітичні та дослідно-статистичні**.

Аналітичні методи та відповідні їм **аналітичні-розрахункові** норми часу засновані на аналізі технологічного процесу і розрахунку витрат часу на виконання окремих елементів кожної операції (*основні і допоміжні переходи, ходи та прийоми*). До аналітичних можуть бути віднесені методи аналітично-дослідні та хронометражні, а також визначають норму часу за елементами.

Дослідно-статистичні (сумарні) методи **встановлюють норму часу на виконання всієї операції в цілому без розчленування її на окремі складові**. Ці норми часу, як би вони не були ретельно розроблені, відображають вже пройдений етап часу, тому не є прогресивними і можуть застосовуватися тільки в одиничному і малосерійному виробництвах.

1.4 Технічні нормативи режимів різання та нормативи часу

Технічні нормативи режимів різання та нормативи часу є вихідними даними для встановлення прогресивних режимів різання роботи обладнання (нормативи режимів різання), часу виконання ручних прийомів роботи (нормативи часу на виконання ручних і машинно-ручних допоміжних

прийомів роботи), витрат часу на обслуговування робочого місця, часу на відпочинок і особисті потреби та часу на підготовчо – заключні роботи.

За призначенням нормативи поділяються на:

1) **заводські**, створювані для специфіки даного підприємства технологічних процесів і прийомів роботи, які враховують організаційно-технічні особливості цих виробництв;

2) **галузеві**, що охоплюють окремі види робіт, специфіки тільки для даної галузі промисловості, наприклад для годинникової промисловості, важкого машинобудування;

3) **загальномашинобудівні**, широко застосовуються в різних галузях промисловості способи обробки на металорізальних верстатах. Загальномашинобудівні нормативи за своїм призначенням поділяються на нормативи режимів різання і нормативи часу допоміжного, на обслуговування робочого місця і підготовчо-заклучного. Загальномашинобудівні нормативи режимів різання для всіх видів виробництв засновані на розрахунках за формулами і використанні передового досвіду промисловості.

Нормативи витрат часу на виконання допоміжних прийомів в залежності від виду виробництва можуть бути:

1) **диференційованими**, тобто утримувати нормативи часу на окремі прийоми роботи п трудові руху. Такі нормативи є найбільш точними, але через велику трудомісткість нормувальних робіт знаходять застосування тільки в масовому виробництві;

2) **укрупненими**, тобто утримувати нормативи допоміжного часу па комплекси прийомів, що охоплюють групи типових прийомів, що повторюються при виконанні однотипних операції.

Час на виконання комплексних прийомів являє собою суму витрат часу на здійснення окремих прийомів і трудових рухів. Наприклад, комплекс прийомів по установці деталі в центри на токарному верстаті передбачає виконання таких робіт: взяти деталь, надіти і закріпити хомутик, піднести до центрів верстата, підвести задній центр, включити обертання шпинделя, а після обробки вимкнути обертання шпинделя, відвести задній центр, зняти деталь, зняти хомутик і покласти готову деталь в тару. Всі ці прийоми з достатній-ний для серійного виробництва точністю об'єднані в комплекси, і час на їх виконання в залежності від способу установки і закріплення, маси деталі і числа встановлюваних деталей наведено в нормативах допоміжного часу для серійного виробництва.

1.5 Склад нормативів допоміжного часу

Нормативи допоміжного часу на комплекси прийомів, які виконуються при обробці деталі на металорізальних верстатах, діляться на наступні:

1. Допоміжний час виконання комплексів прийомів на установку і зняття деталі.

2. **Допоміжний час, пов'язаний з переходом** або оброблюваної поверхнею, тобто час на виконання комплексних прийомів, що включають підведення частин верстата на початку переходу, включення і виключення подачі, вимір розмірів при роботі за методом «пробних стружок», відведення частин верстата з інструментом в вихідне положення. Час на виконання комплексних прийомів, пов'язаних з переходом, залежить від характеру обробки, виду і розмірів верстата, вимірюваного розміру і точності вимірювання.

Час на виконання прийомів, які не є типовими і тому не увійшли в комплекси, наприклад, зміна частоти повороту або подачі, поворот різцевої головки і т. п., визначаються нормативами і також включаються в норму допоміжного часу.

3. **Допоміжний час на виконання контрольних** вимірювань розмірів деталі після закінчення обробки в нормативах також наводиться комплексно. В комплекс включається час як на саме вимірювання, так і на взяття інструменту, установку останнього на розмір, очищення вимірюваної поверхні і т. п.

Допоміжний час на операцію визначається як сума витрат допоміжного часу на виконання комплексних прийомів і часу на здійснення прийомів, що не увійшли в комплекси.

Для зменшення трудомісткості нормувальних робіт допоміжний час для одноперехідних операцій, що виконуються з постійними режимами різання (токарні багаторізцеві, зуборізні, протяжні, різьбообробні і подібні верстати), наводиться в нормативах на всю операцію в цілому.

В одиничному і дрібносерійного виробництва при рідше повторюваних операціях і невеликій величині партії деталей визначення норм часу шляхом аналітичних розрахунків, як правило, економічно недоцільно. В цьому випадку з достатнім ступенем точності нормування може бути виконано за укрупненими нормативами або за типовими нормами.

1.6 Методика визначення режимів різання і норм часу при одноінструментальній токарній обробці

1.6.1 Встановлення вихідних даних

Для визначення норми часу насамперед **встановлюють вихідні дані**, що необхідні для розрахунку режимів різання та проведення технічного нормування .

До вихідні даних, що приймаються за технологічною документацією, відносяться:

- **відомості про деталь** - назва і номер деталі по конструкторському документу;
- **матеріал деталі і його механічні властивості (НВ)** - межа міцності при розтягуванні МПа (наприклад вал ХХХ.08.014, матеріал деталі - сталь 45, ($\sigma_b = 750$ МПа));
- **вид заготовки** - прокат гарячекатаний, відливка, тощо;
- **назва та номер операції**;
- **зміст операції** - послідовність виконання установів і переходів;
- **назва та модель обладнання**;
- **різальний інструмент** - що використовується на кожному технологічному переході, та його характеристика - основні розміри, матеріал різальної частини та її геометричні параметри;
- **верстатний пристрій** - для встановлення заготовки на верстаті;
- **вага деталі; тип виробництва**;
- **величина партії заготовок; та інші дані** (робота з охолодженням тощо).

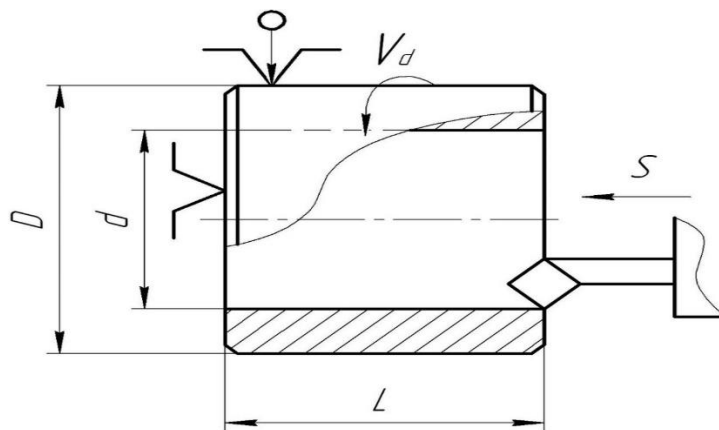


Рис. 1. Ескіз обробки до прикладу 3 і задачі 3.

Приклад 1. Визначити режими різання та норму основного часу на розточування отвору діаметром d в деталі втулка.

Вихідні дані - деталь-втулка ХХХ.002.004;

Матеріал деталі - Сталь 45, $\sigma_b=500$ МПа;

Вид заготовки - заготовка-штамповка з попередньо обробленим отвором - діаметром 76 мм.

Назва та номер операції - токарна розточувальна - 020

Зміст операції:

1) встановити, вивірити, зняти деталь, покласти в тару;

2) розточити отвір діаметром 80Н11 на довжину 100 мм.

Верстат - токарно-гвинторізний мод 1Б16К.

Розрахункові розміри обробки - $D = 80$ мм; $l_d = 100$ мм; $h = 4$ мм.

Різальний інструмент - Різець розточувальний прохідний, Вхh 20х20;

Геометричні параметри різальної частини - $\varphi = 45^\circ$, $\gamma = 12^\circ$; $r = 1$ мм;

Матеріал пластини з твердого сплаву – твердий сплав Т15К6.

Верстатний пристрій – токарний трикулачковий самоцентрівний патрон.

Тип виробництва – серійний.

Розв'язання прикладу

1. Глибину різання приймають рівною припуску на сторону

$$t = h / 2 = 2 \text{ мм.}$$

2. Розрахункова довжина обробки :

$$L_{px} = l_d + l_1 + l_2.$$

При розмірних параметрах різальної частини різця - $\varphi = 45^\circ$ і $t = 2$ мм величина врізання і перебігу $l_1 = 3,5$ мм [5, додаток 4, лист 1]; приймають

$$l_1 = 4 \text{ мм; } l_2 = 0. \text{ Отже, } L_{px} = 100 + 4 + 0 = 104 \text{ мм.}$$

3. Число робочих ходів

$$I = h : 2t = 4 : 2 \cdot 2 = 1$$

4. Величина подачі при чистовому розточуванні деталі з вуглецевої сталі із забезпеченням параметра шорсткості поверхні $R_z = 20$ мкм, швидкості різання $v > 50$ м / хв і радіусі при вершині різця $r = 1$ мм складе $s = 0,3 \div 0,35$ мм / об [5, карта 3]. ;

5. По паспорту верстата приймають подачу $s = 0,31$ мм / об.

6. Швидкість різання при розточуванні сталі з $\sigma_B = 700$ МПа, глибина різання t до 3 мм, подачі s до 0,38 мм / об, кути $\varphi = 45^\circ$ складе $v = 153$ м / хв [5, карта 6, лист 2]. Поправочний коефіцієнт на стан поверхні заготовки $K_{pu} = 1$.

7. Частота обертання

$$n = \frac{1000v}{\pi D} = \chi = \frac{1000 \cdot 153}{3,14 \cdot 80} = 609 \text{ об/хв,}$$

за паспортом верстата приймають $n_p = 560$ об / хв.

8. Фактична швидкість різання при прийнятій частоті обертання шпинделя верстата

$$v_\phi = \frac{\pi D n_p}{1000} = \frac{3,14 \cdot 80 \cdot 560}{1000} = 141 \text{ м/мин} = 2,3 \text{ м/с.}$$

9. Визначення сил різання, перевірку міцності державки різця і механізму подач для чистового розточування не проводять.

10. Сила на різання при розточуванні сталі з $\sigma_B = 700$ МПа, глибина різання $t = 2$ мм, подачі s до 0,37 мм / об і швидкості різання $v_\phi = 141$ м / хв складе $N_p = 2,6$ кВт. Вона визначена шляхом інтерполяції [5, карта 7]. Поправочні коефіцієнти на кути різця $\gamma = 10^\circ$ і $\varphi = 45^\circ$ рівні одиниці.

11. Коефіцієнт використання верстата по потужності

$$K_N = \frac{N_p}{N_{д\eta}}$$

По паспортним даним верстата $N_{д\eta} = 4,5$ кВт; $\eta = 0,75$; тоді $K_N = \frac{2,6}{4,5 \cdot 0,75} = 0,77$.

12. **Основний час:**

$$t_o = \frac{Li}{nps} = \frac{104 \cdot 1}{560 \cdot 0,31} = 0,6 \text{ хв.}$$

Приклад 4. Визначити режими різання і основний час на обточування фасонної поверхні деталі. (мал. 5

). Приклад 4. *Визначити режими різання і основний час на обточування фасонної поверхні деталі. (рис. 5)*

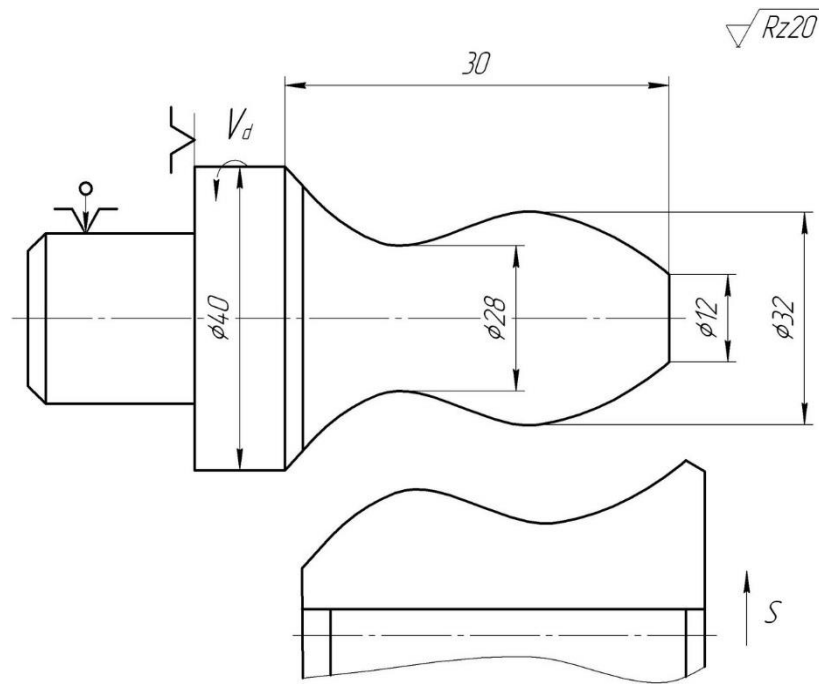


Рис. 2. Ескіз обробки до прикладу 4.

Вихідні дані: деталь рукоятка ХХХ.002.004; матеріал – сталь 50, $\sigma_{\text{в}}=750$ МПа; заготовка -прокат холодно-тягнутий

Операція - токарно-гвинторізна 010.

Зміст операції:

- 1) встановити і зняти деталь;
- 2) обточити фасонну поверхню.

Верстат токарно-гвинторізний 1Б616К.

Різець – фасонний, дисковий зі швидкорізальної сталі Р6М5.

Робота з охолодженням.

1. Розрахункові розміри обробки:

$$D = 40 \text{ мм}; l = (D-d) / 2 = (40-12) / 2 = 14 \text{ мм.}$$

2. Глибина різання $t \approx 30$ мм (теоретично глибина різання дорівнює розгорнутій довжини фасонної поверхні).

3. Розрахункова довжина обробки - $L = l + l_1$.

За табл. l_1 - величина врізання - $l_1 = 0,5$ мм; величина перебігу - $l_2 = 0$.

Довжина шляху врізання і перебігу - $l_1 = l_1 + l_2 = 0,5$ мм.

Отже, $L = 14 + 0,5 = 14,5$ мм.

4. Подача при ширині різця до 30 мм і діаметрі обробки до 40 мм складе $s = 0,035 \div 0,07$ мм / об [5, карта 21]. Для простого фасонного профілю деталі приймають подачу $s = 0,05$ мм / об. За паспортом верстата найближча поперечна подача $s = 0,055$ мм / об.

5. Швидкість різання при чистовому точінні і подачі $s = 0,055$ мм / об $v = 18,5$ м / хв [5, карта 21]. Поправкові коефіцієнти: $K_{mv} = 1$, $K_{pv} = 1$ і $K_{iv} = 1$ [5, карта 11].

6. Частота обертання шпинделя верстата

$$n = \frac{1000v}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 18,5}{3,14 \cdot 40} = 147 \text{ бо/хв};$$

по паспорту верстата приймають $n_p = 140$ об / хв.

7. Фактична швидкість різання при прийнятій частоті обертання

$$v_{\phi} = \frac{\pi D n_p}{1000} = \frac{3,14 \cdot 40 \cdot 140}{1000} = 17,6 \text{ м/хв} \approx 0,3 \text{ м/с}.$$

8. Потужність на різання при чистовому точінні і подачі $s = 0,055$ мм / об складе $N_p = 0,07$ кВт на 1 мм ширини різця з урахуванням ширини різця, $N_p = 0,07$ В_p = 0,07 · 30 = 2,1 кВт

9. Коефіцієнт використання верстата по потужності $K_N = \frac{N_p}{N_{дп}}$.

За паспортним даним верстата $N_{д} = 4,5$ кВт; $\eta = 0,75$; тоді $K_N = \frac{2,1}{4,5 \cdot 0,75} = 0,62$.

10. Основний час:

$$t_0 = \frac{L}{n s} = \frac{14,5}{140 \cdot 0,055} = 1,88 \text{ хв}.$$

Приклад 5. Визначити режими різання і основний час на обробку деталі – вал ступінчатий (рис. 3).

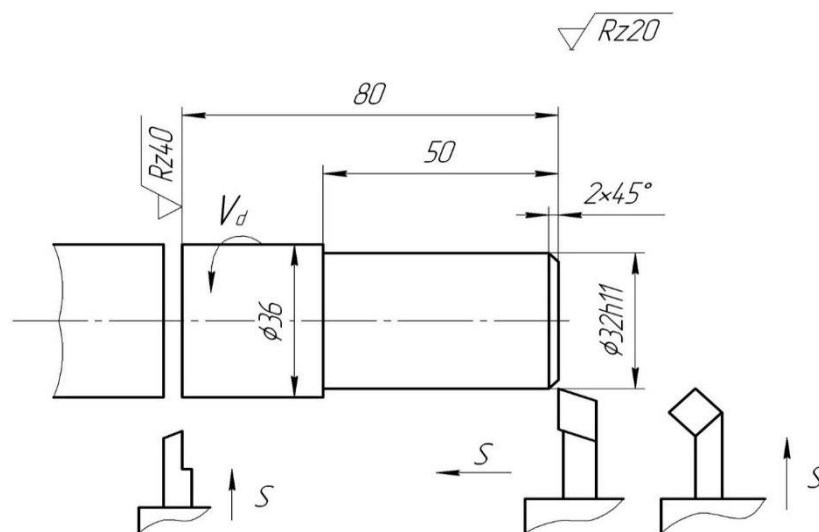


Рис. 3. Ескіз обробки до прикладу 5

Вихідні дані: деталь – вісь ХХХ.002.005; матеріал сталь 50, $\sigma_B=700$ МПа; заготівля - прокат калібрований $D=36$ мм

Операція - токарно-револьверна 005. Зміст операції: 1) подати пруток до упору! закріпити; 2) обточити діаметр в розмір 32h11 на довжину 50 мм; 3) обточити фаску $2 \times 45^\circ$; 4) відрізати в розмір 80 мм.

Верстат токарно-револьверний 1А340. Різець прохідний завзятий 12×20 мм; $\varphi = 90^\circ$; $\varphi = 15^\circ$; $\gamma = 10^\circ$; $r = 1$ мм; матеріал пластини - твердий сплав Т15К6; різець прохідний 12×20 ; $\varphi = 45^\circ$; матеріал пластини - твердий сплав Т15К6; різець відрізний 12×20 , $B=3$ мм, зі швидкорізальної сталі Р6М5.

1. Перехід 2 – обточування уступу D32h11 на довжину 50 мм.

1.1. Розрахункові розміри обробки: $D=36$ мм; $l=50$ мм; $h=36-32-4$ мм

1.2. Глибину різання приймають рівною припуску па сторону $t=h:2=4:2=2$ мм.

1.3. Розрахункова довжина обробки $L=l+l_1+l_2$. По табл. 1 величина врізання $l_1=1$ мм; перебіг $I_1 = 0$. Шлях на врізання і перебіг $l_1=I_1+I_1=1$ мм; $I_2 = 0$. Отже, $L=50+1=51$ мм,

1.4. Число робочих ходів $i=h:2t=4: (2 \cdot 2)=1$.

1.5. Подача при обробці вуглецевої сталі зі швидкістю різання більше 50 м / хв, необхідному параметрі шорсткості $R_z= 20$ мкм і $r=1$ мм за нормативами становить $s=0,3 \div 0,35$ мм / об [5, карта 3]; по паспорту верстата приймають $s=0,32$ мм / об.

1.6. Швидкість різання при обробці сталі з $\sigma_B=700$ МПа, глибина різання t до 3 мм, подачі 0,38 мм / об і головному куті і в плані $\varphi=90^\circ$ буде $v=146$ м / хв [5, карта 6, лист 2]. Поправочний коефіцієнт на стан поверхні дорівнює одиниці.

1.7. Частота обертання шпинделя верстата $n=\frac{1000v}{\pi D}=\frac{1000 \cdot 146}{3,14 \cdot 36}=1290$ об / хв; по паспорту верстата приймають $n_n=1200$ об / хв.

1.8. Фактична швидкість різання

$$v_{\phi}=\frac{\pi D n n_p}{1000}=\frac{3,14 \cdot 36 \cdot 1200}{1000}=136 \text{ м / хв} = 2,26 \text{ м / с.}$$

1.9. Сили різання при чистовому точінні не визначають.

1.10. Потужність на різання при точінні сталі з $\sigma_B = 700$ МПа, глибини різання $t= 2$ мм, подачі s до 0,37 мм / об і швидкості різання 131 м / хв складе $N_p= 2,4$ кВт [5, карта 7]; поправкові коефіцієнти на кути різця K_{φ_N} і K_{γ_N} рівні одиниці.

1.11. Коефіцієнт використання верстата по потужності $K_N = \frac{N_p}{N_{дп}}$. За паспортними даними верстата $N_{д} = 5,5$ кВт; $\eta = 0,75$; тоді

$$K_N = \frac{2,4}{5,5 \cdot 0,75} = 0,58.$$

1.12. Основний час

$$t_{02} = \frac{Li}{n_{пс}} = \frac{51 \cdot 1}{1200 \cdot 0,32} = 0,13 \text{ хв.}$$

2. Перехід 3 – обточити фаску $2 \times 45^\circ$.

2.1. Розрахункові розміри обробки: $D=32$ мм; $l=2$ мм; $t=2$ мм;

2.2. Так як обточування фаски є короткочасним переходом, виконуваних з ручною подачею, то частоту обертання шпинделя верстата з деталлю приймають за попереднім переходу, т. е. $n=1200$ об / хв,

2.3. Основний (машинно-ручний) час приймають по точний даним. Для обточування фаски $2 \times 45^\circ$ при діаметрі обробки **до 50 мм**

$$t_{03} = 0,08 \text{ хв (див. додаток 2).}$$

3, Перехід 4 – відрізати деталь.

3.1. Розрахункові розміри обробки: $D=36$ мм; $l=D:2=36:2=18$ мм. Розрахункова довжина обробки $L=l+l_1+l_2$ на підхід і перебіг різця $l_1=l'_1+l''_1$ по табл. 1 $l'_1=1$ мм; $l''_1=1$ мм; тоді $l_1=1+1=2$ мм; $l_2=0$. Отже, $L=18+2=20$ мм.

3.2. Глибина різання $t=3$ мм (3 мм - ширина відрізного різця).

3.3. Кількість робочих ходів $i=1$.

3.4. **Подача** для деталей зі сталі при діаметрі обробки **до 40 мм** складе $S=0,1 \div 0,12$ мм/об [5, карта 18], з урахуванням відрізки суцільного металу за паспортом верстата приймають $S=0,08$ мм/об.

3.5. **Швидкість різання** при відрізку деталі з конструкційної вуглецевої сталі 45 з $\sigma_s=700$ МПа і подачі $S=0,08$ мм об буде складати - $v=42$ м/хв [5, карта 20]. поправкові коефіцієнти K_{mv} , K_{nv} , K_{ov} , K_{uv} - кожен з яких дорівнює одиниці. Тобто K_{mv} , K_{nv} , K_{ov} , $K_{uv} = 1,0$

3.6. Частота обертання шпинделя верстата:

$$n = \frac{1000v}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 42}{3,14 \cdot 36} = 372 \text{ об/хв};$$

по паспорту верстата приймають $n_n = 320$ об/хв.

3.7. Фактична швидкість різання за прийнятою частотою обертання :

$$v_f = \frac{\pi D n_{п}}{1000} = \frac{3,144 \cdot 36 \cdot 320}{1000} = 36,2 \text{ м / хв} = \mathbf{0,6 \text{ м / с.}}$$

3.8. Сили різання та потужність для даного переходу не визначають, так як вони будуть значно менше, ніж в переході 2.

3.9. Основний час:

$$t_{o4} = \frac{L}{n_{пс}} = \frac{20}{320 \cdot 0,08} = 0,78 \text{ хв.}$$

3.10. Сумарний основний час на операцію :

$$t_o = t_{o2} + t_{o3} + t_{o4} = 0,13 + 0,08 + 0,78 \approx \mathbf{1,0 \text{ хв.}}$$

Накочення рифлень

Накочення рифлень на поверхнях деталей поза залежності від кроку і форми рифлів (сітчаста або з паралельним, розташуванням рифлів щодо осі) може бути прямим або зворотним. Прямим є рифлення будь-якої форми з вершинами виступів, зверненими назовні. Виконується зазвичай двома накатними роликками з різними кутами нахилу рифлень (мал. 4, а). Зворотня накатка є сіткою на поверхні деталі

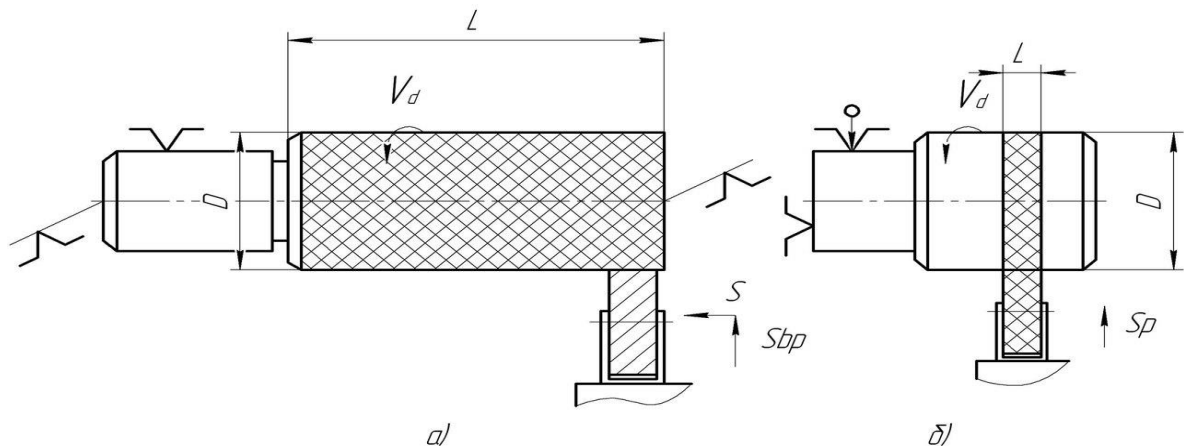


Рис. 4. Схема накочення рифлень (s_{br} – подача при врізанні)
а – прямий накат; б – зворотній накат.

із заглибленням, розташованими вершиною до осі деталі. Ця накатка виконується одним роликком (рис. 4, б). Зворотню накатку застосовують при нанесенні рифлів на невеликих деталях, до яких пред'являються високі вимоги по декоративному оформленні.

Режими накочування прямої накатки призначають по нормативам. Режими накочування зворотньої накатки не розроблені і можуть бути прийняті за наступними досвідченими даними: швидкість обертання деталі при накоченні по сталі з межею міцності $\sigma_B = 600 \div 750$ МПа 12-20 м / хв, радіальна подача $s_p = 0,02 \div 0,05$ мм / об (більше значення подачі для накочення деталей з діаметром понад 20 мм).

Основний час на наплив з поздовжньою подачею визначають за формулою $t_o = \frac{l}{ns}$ (без урахування часу на врізання з ручною подачею), для накочування з радіальною подачею $t_o = \frac{hK}{nst}$, Де h - висота профілю накочується зуба; K - коефіцієнт, що враховує додатковий час на обкатуванні без радіальної подачі в кінці накочування; величина K приймається 1,1-1,2.

Приклад 6. Визначити основний час на накатування сітчастої прямої накатки (рис .7, а) з кроком $t = 1$ мм на деталі вал, що має розміри - $D=30$ мм; $l= 100$ мм.

Вихідні дані: матеріал - сталь 50 з межею міцності $\sigma_B = 700$ МПа; заготовка попередньо обточена і має **діаметр 29,7 мм**; накочування виконується за один робочий хід.

Верстат токарно-гвинторізний 1Б616К.

Робота виконується з охолодженням.

1. Розрахункові розміри обробки: $D = 30$ мм; $l = 100$ мм; $h = 0,7$ мм (висота профілю при $S=1$ мм).

2. Подачу приймають за нормативами [5, карта 39]. При одно-прохідному накатуванні- по сталі 45 з $\sigma_B < 800$ МПа, $S = 0,2$ мм/об. Поправковий коефіцієнт на подачу, при накочуванні сталі 45 з $\sigma_B = 700$ МПа становить $K_s = 1$. За паспортом верстата приймають подачу $S = 0,22$ мм / об.

3. Окружна швидкість обертання деталі за нормативами [5 . карта 39] складає $15-18$ м/хв; приймають $v = 18$ м / хв.

4. Частота обертання

$$n = \frac{1000v}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 18}{3,14 \cdot 30} 191 \text{ об / хв.}$$

По паспорту верстата приймають $n_n = 180$ об / хв.

5. Фактична швидкість накочування:

$$v_{\phi} = \frac{\pi D_{\text{п}}}{1000} = \frac{3,14 \cdot 30 \cdot 180}{1000} = 17 \text{ м / хв} = 0,28 \text{ м / с.}$$

6. Основний час накочування:

$$t_o = \frac{L i}{n S} = \frac{100 \cdot 1}{180 \cdot 0,22} = 2,5 \text{ хв.}$$

Нарізання різьб різцями

Визначення режимів різання і основного часу з урахуванням особливостей нарізування різьб різцями на токарних верстатах проводиться в наступній послідовності.

1. Встановлюють розрахункові розміри обробки. При нарізуванні як зовнішніх, так і внутрішніх різьб за розрахунковий приймають номінальний діаметр різьби.

Розрахункову довжину обробки визначають за формулою $L = l + l_1 + l_2$ де l - довжина нарізати різьблення; l_1 - величина врізання і перебіг, виражена числом ниток (кроків), що приймаються за нормативами в залежності від виду обладнання та характеру обробки (нарізування на прохід або в упор); l_2 - допоміжний шлях на роботу за методом пробних стружок або допоміжний шлях, що враховує особливості конструкції деталі.

Величина припуску дорівнює висоті профілю різьблення, т. е. пів різності між зовнішнім і внутрішнім діаметром різьблення, або для метричної різьби по теоретичному співвідношенню $h = 0,64 P$.

2. Так як різьбовим різцем неможливо нарізати різьблення за один робочий хід, то весь припуск знімається за кілька чорнових і чистових робочих ходів, число яких визначають за нормативами. Припуск на чорнову і чистову обробку розподіляють за нормативами або відповідно до практичних даними: на чистову обробку приймають 10-20% від загального припуску, весь інший припуск призначений для чорнової обробки.

3. Глибина різання дорівнює подачі різця в радіальному напрямленій за кожен робочий хід. Її визначають окремо для чистових і чорнових ходів за формулою $t = h : i$ де h - припуск на чорнову або чистову обробку; i - відповідно число ходів для чорнової або чистової обробки.

4. Подача S дорівнює кроку різьблення P або при нарізанні багато західних нарізки різьб - ходу гвинтової лінії $P_k = PK$, де K – число заходів.

5. Швидкість різання при роботі на прохід (з вільним виходом різця після закінчення робочого ходу) визначають по нормативам в залежності від кроку різьби, матеріалу деталі і його механічних властивостей і матеріалу ріжучого інструменту. При нарізанні нарізки в упор застосування нормальної швидкості різання обмежується шириною канавки для виходу різця. Це пояснюється тим, що час на відведення супорта з різцем у поперечному напрямку після закінчення робочого ходу може побути більше часу на переміщення різця в поздовжньому напрямку, що призведе до врізання різця в поверхню виступу до деталі. Тому швидкість різання при нарізуванні різьби в упор встановлюють, виходячи не зі швидкісних можливостей ріжучого інструменту, а з часу, необхідного для відводу супорта різцем після закінчення кожного робочого ходу. Це положення знаходить відображення в нормативах на нарізування різьблення в упор, що визначають швидкість різання в залежності від діаметра різьб, кроку і ширини канавки f для виходу різця.

6. Частоту обертання визначають за прийнятою швидкості різання:
$$n = \frac{1000v}{\pi D} \text{ об / хв,}$$
 і по паспорту верстата підбирають ближнє значення частоти обертання n_p .

Примітка. Частоту обертання при нарізанні різьби в упор, при кроці різьби P і ширині канавки, не збігаються з нормативними, визначають по формулі $n = \frac{f}{\pi \tau K}$, де τ - час, необхідний для відводу різця після закінчення робочого ходу, приймальне 0,01-0,03 хв.

7. Визначають фактичну швидкість різання за прийнятою частотою обертання в м / хв:

$$v_{\phi} = \frac{\pi D n}{1000} \text{ або в м/с - } v_{\phi} = \frac{\pi D n}{1000 \cdot 60} .$$

8. За нормативами знаходять потужність на різання.

9. Основний час (в хв) визначають за формулою:

$$t_o = \frac{L}{n P} i .$$

Так як **при нарізанні різьби** після кожного робочого ходу супорт з різцем повертається у вихідне положення, то **час на виконання допоміжних робочих**

ходів залежить від частоти обертання шпинделя верстата при його зворотньому (лівому) обертанні і визначається за формулою $t_e = \frac{L}{n_o P} i$, де n_o -частота зворотнього напрямку обертання шпинделя.

За паспортом верстата виставлення правого обертання до зворотного може бути записано у вигляді $K_1 = n_o / n_n$ (звичайно дорівнює 1,2-1,5), і формула набуде вигляду $t_e = t_o \frac{1}{K_1}$.

Приклад 7. Визначити режими різання і основний час на нарізування різьби різцем на деталі з розмірами: $D = 54$ мм; $d = M48 \times 3-8g$; $l_d = 200$ мм; $f = 8$ мм (рис. 5).

Вихідні дані: деталь - гвинт ХХХ.Х12.005;

матеріал - сталь 40Х $\sigma_b = 750$ МПа;

діаметр заготовки під нарізання - попередньо обточена.

Операція - токарно-гвинторізний 025.

Зміст операції :

- 1) встановити деталь в центрах, вивірити, зняти;
- 2) нарізати різьбу $M48 \times 3-8 g$.

Верстат токарно-гвинторізний 16К20. Різець різьбовий з пластиною з твердого сплаву Т15К6.

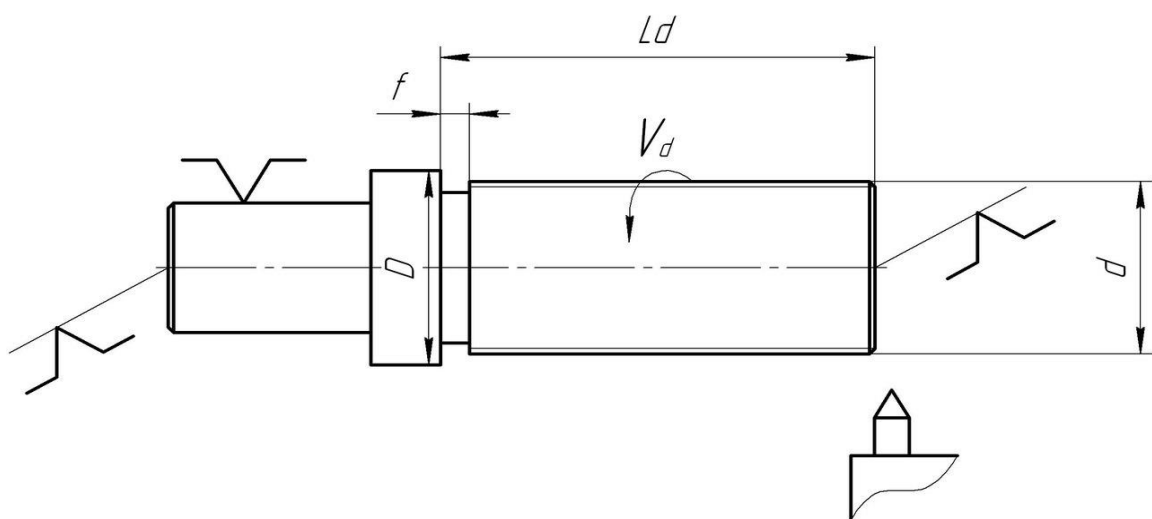


Рис. 5. Ескіз обробки до прикладу 7 і задачі 4.

1. Розрахункові розміри обробки: $D = 48$ мм; $l = l_0 - f = 200 - 8 = 192$ мм; припуск h на нарізання рівний висоті профіля різьби і для метричної різьби може бити межа з відносністю $h = 0,64 P$ або безпосередньо за нормативами. За нормативами [5, карта 22] для чорнових ходів $h_{\text{чорн}} = 1,47$ мм, а для чистових $h_{\text{чист}} = 0,37$ мм. Загальний припуск $h = h_{\text{чорн}} + h_{\text{чист}} = 1,47 + 0,37 = 1,84$ мм. Розрахункова довжина обробки $L = l + l_1 + l_2$. При нарізанні різьби в упор, торець діаметром 54 мм обмежує перебігання різця, і $l_1 = (3 \div 4)P$ [5, додаток 4, лист 3], $l_2 = 0$. Отже, $L = 192 + 4P = 192 + 4 \cdot 3 = 204$ мм.

2. Для різьби з кроком $P = 3$ мм і ступенем точності 8g число чорнових ходів $i_{\text{чорн}} = 5$ і чистових $i_{\text{чист}} = 2$ [5, карта 22].

3. Глибина різання для чорнових ходів $t_{\text{чорн}} = h_{\text{чорн}} : i_{\text{чорн}} = 1,47 : 5 = 0,294 \approx 0,3$ мм, при цьому величина припуску, знімається за чорнові ходи, $h_{\text{чорн}} = 0,3 \cdot 5 = 1,5$ мм; для чистових ходів

$$t_{\text{чист}} = \frac{h - h_{\text{чорн}}}{i_{\text{чист}}} = \frac{1,84 - 1,5}{2} = 0,17 \text{ мм.}$$

4. **Подача s** дорівнює кроку різьби $P = 3$ мм.

5. **Швидкість різання при нарізуванні різьби** діаметром 48 мм в упор і ширині канавки $f = 10$ мм за нормативами становить 15-16,5 м / хв [5, карта 27]; приймаємо $v = 16$ м / хв. При відношенні фактичної ширини канавки f до нормативної $f_{\text{факт}} : f_{\text{норм}} = 8 : 10 = 0,8$ поправочний коефіцієнт на швидкість різання $Kf_v = 0,8$ [5, карта 27]. З урахуванням поправочного коефіцієнта Kf_v швидкість різання $v = 16 \cdot 0,8 = 12,8$ м / хв.

6. Частота обертання шпинделя верстата $n = \frac{1000v}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 12,8}{3,14 \cdot 48} = 84,9$ об / хв. Частоту обертання шпинделя з деталлю можна визначити за формулою $n = \frac{f}{P \tau K} = \frac{8}{3 \cdot 0,03 \cdot 1} = 89$ об / хв. За паспортом верстата приймають частоту обертання $n_{\text{п}} = 80$ об / хв.

7. Фактична швидкість різання:

$$v_{\phi} = \frac{\pi D n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 48 \cdot 80}{1000} = 12,1 \text{ м / хв} = 0,2 \text{ м / с.}$$

В даному випадку швидкісні можливості прийнятого за технологічним процесом матеріалу різальної пластини з твердого сплаву різця **T15K6** повністю не використовуюються, однак, з огляду на складність переточування

різбових різців і великі витрати допоміжного часу на правильне їх встановлення на верстаті, заміну твердого сплаву на швидкорізальну сталь *P6M5* проводити не слід.

8. Потужність на різання при нарізуванні різьби до упору в нормативах відсутня, що пояснюється її невеликою величиною при роботі з малою швидкістю різання.

Для визначення потужності можна використовувати з достатнім ступенем точності данні *карти 22 [5]* для нарізування різьб на прохід.

Для нарізування різьб з кроком $P = 3 \text{ мм}$ при тій же глибині різання і сталі 45 з межею міцності $\sigma_s = 750 \text{ МПа}$ потужність на різання складає $N_p = 4,5 \text{ кВт}$, а швидкість різання $v = 114 \text{ м/хв}$; а так як потужність на різання прямо пропорційна швидкості різання, потужність на різання до упору буде :

$$N_{p,y} = N_{p,np} \frac{v_{p,y}}{v_{p,np}} = 4,5 \frac{12,1}{114} = 0,5 \text{ кВт}.$$

9. Основний час на перехід:

$$t_0 = \frac{L}{n P} i = \frac{204}{80 \cdot 3} 7 = 5,95 \text{ хв}.$$

10. *Допоміжний час на зворотний* (механічний) відвід різця в початкове положення складає – $t_d = t_0 \frac{1}{K_1}$; по паспорту верстата $K_1 = 1,25$; отже,

$$t_d = 5,95 \frac{1}{1,25} = 4,75 \text{ хв}.$$

Приклад 8. Визначити режими різання і основний час на нарізування різцем модульної різьби на деталі вал червячний (рис. 6).

Вихідні дані: деталь – вал черв'ячний ХХХ.005.037;
матеріал деталі - сталь 45 з межею міцності $\sigma_s = 700 \text{ МПа}$;
діаметр під нарізування різьби попередньо обточений.

Операція 050. Зміст операції:

- 1) встановити деталь в центрах, кріпити, зняти;
- 2) нарізати за першим заходом різьбу; нарізати різьбу за другим заходом.

Нарізувана різьба: модуль осьовий дорівнює 2 мм ; кількість заходів $K = 2$; крок різьби $P = 6,28 \text{ мм}$; хід гвинтової лінії $P_k = P_k = 6,28 \cdot 2 = 12,56 \text{ мм}$. Ступінь точності різьби - 7-С згідно ДСТУ 311-76.

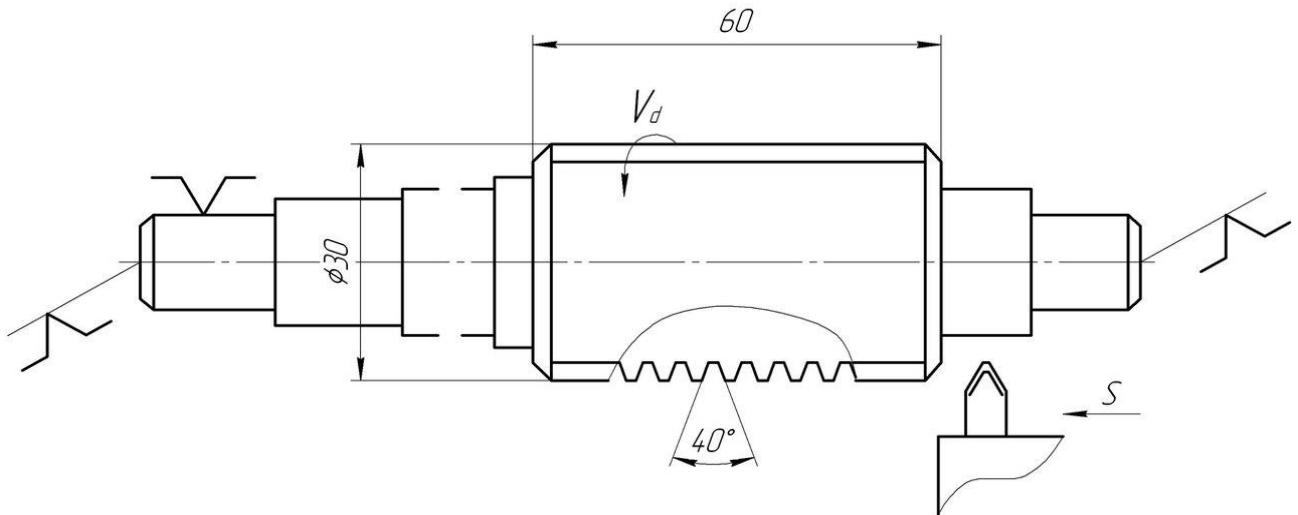


Рис. 6. Ескіз обробки до прикладу 8.

Верстат токарно-гвинторізний моделі 16К20.

Різець - різьбовий зі швидкорізальної сталі Р6М5.

Робота проводиться з охолодженням.

Відповідно до ступеня значимості складових норму часу визначення кожної з них виробляють у наступній послідовності.

1. Основний час виконання кожною переходу операції.

1.1. Визначають розрахункові розміри обробки $D.l.h$. Для охоплених поверхонь (валів) за розрахунковий діаметр D (в мм) приймають діаметр поверхні до виконання даного переходу (розмір заготовки), для охоплених поверхонь (отворів) — діаметр отвору після виконання переходу; l - довжина оброблюваної поверхні в мм; h - припуск на діаметр, мм, (приймають з розрахунку припусків по операціях технологічного процесу).

1.2. Знаходять глибину різання t (в мм). Для зменшення числа робочих ходів і отриманні найбільшої продуктивності рекомендують глибину різання приймати рівною припуску на сторону.

1.3. Розрахункова довжина обробки L (в мм) дорівнює довжині шляху переміщення ріжучого інструменту відносно оброблюваної поверхні і визначається за формулою $L = l + l_1 + l_2$, де l_1 - величина врізання ріжучого інструменту; l_2 - додатковий шлях для переходу різця або взяття пробних стружок. Величину знаходять по нормативам або розраховують за формулою $l = l'_1 + l'_2$ — величина врізання, що залежить від геометричної форми

інструменту, глибини різання і форми оброблюваної поверхні; l_1' - величина перебігу інструменту, яка приймається в залежності від умов обробки.

1.4. Кількість робочих ходів $i = h : 2t$. При підрізанні торців і величині припуску h , прийнятої на сторону, число робочих ходів $i = h : t$.

1.5. Вибір величини подачі s (в мм/об) проводиться по нормативам в залежності від виду обробки. Для чистового точіння величина подачі залежить від оброблюваного матеріалу, швидкості різання, радіуса при вершині різця і необхідної шорсткості поверхні, для чорнового точіння - від оброблюваного матеріалу, глибини різання, перетину державки різця і діаметра оброблюваної деталі.

1.6. Прийняту за нормативами величину подачі зіставляють з наявними подачами по паспорту станка і приймають найближче до нормативного значення подачі. Для чорнового точіння з вильотом різця, великим нормально прийнятої величини $l \leq 1,5 H$. або при роботі з особливо великими глибинами, прийняту подачу перевіряють по міцності державки різця. Перевірку виконують або по нормативам, за допомогою яких по оброблюваному матеріалу і глибині різання визначають найбільшу подачу, допустимою міцністю державки різця; або міцність державки різця перевіряють на вигин за формулою

$$P_z \leq \frac{BH^2\sigma_u}{6l},$$

де H – висота, мм;

B – ширина державки різця, мм;

σ_u — напруга, що допускається на вигин матеріалу державки; для конструкційної сталі з $\sigma_u = 200$ МПа (20 кгс / мм²).

Якщо прийнята подача виявиться більше подачі, що допускається міцністю державки різця, то величину подачі необхідно переглянути..

1.7. Швидкість різання визначають по нормативам в залежності від оброблюваного матеріалу і його механічних властивостей, матеріалу ріжучого інструменту, глибини різання, прийнятої подачі і геометрії ріжучого інструменту або по формулам.

Розрахунок швидкості різання за формулами виявляється більш точнішим, але трудомістким, тому в основному застосовується в масовому виробництві і при розробці нормативів. Для зовнішнього поздовжнього і

поперечного точіння і розточування швидкість різання (в м / хв) визначають за формулою :

$$v = \frac{C_v}{T^m t^{x_v} S_{y_v}} K_v,$$

а для відрізання і фасонного точіння з радіальної подачею за формулою:

$$v = \frac{C_v}{T^m S_{y_v}} K_v$$

При прийнятій для точіння стійкості різця $T = 60$ хв, а для фасонного точіння $T = 120$ хв, постійну величину C_v , та показники ступенів m , x_v , y_v і поправочний коефіцієнт на швидкість різання K_v , що представляє твірну окремих коефіцієнтів на змінені умови обробки, визначають за довідником [11, табл. 8. с. 423-427].

1.8. Визначають частоту обертання шпинделя верстата (в об / хв), що відповідає знайденої швидкості різання, по формулі $\frac{1000v}{\pi d}$.

За паспортом верстата приймають найближче значення до розрахункового значення частоти обертання шпинделя n_n (об / хв).

При виборі по паспорту верстата частоти обертання слід мати на увазі, що якщо прийняти найближче більше значення, то збільшується швидкість різання і зменшується основний час на обробку, але при цьому знижується стійкість інструменту, а отже, збільшується кількість переточувань і змін інструмента, що збільшує час на технічне обслуговування.

Навпаки, при зменшенні частоти обертання знижується швидкість різання, збільшується основний час на обробку, але проте зменшується кількість переточувань та замін інструменту. Очевидно, точне рішення в кожному випадку може бути прийнято тільки після розрахунків двох варіантів.

З достатнім ступенем точності може бути дана наступна рекомендація, при обробці деталей невеликих розмірів одним або двома простими різцями, зміна яких і налагоджування верстата займають небагато часу, доцільно приймати великі значення частоти обертання, та навпаки, при великій кількості різальних інструментів, а при великій трудомісткості їх заміни слід брати менші значення частоти обертання.

1.9. Фактична швидкість різання (в м/хв) за прийнятою частотою кручення шпинделя $v_{\phi} = \frac{\pi D n_{\pi}}{1000}$, або (м/с) $v\phi = \frac{\pi D n_n}{1000 \times 60}$.

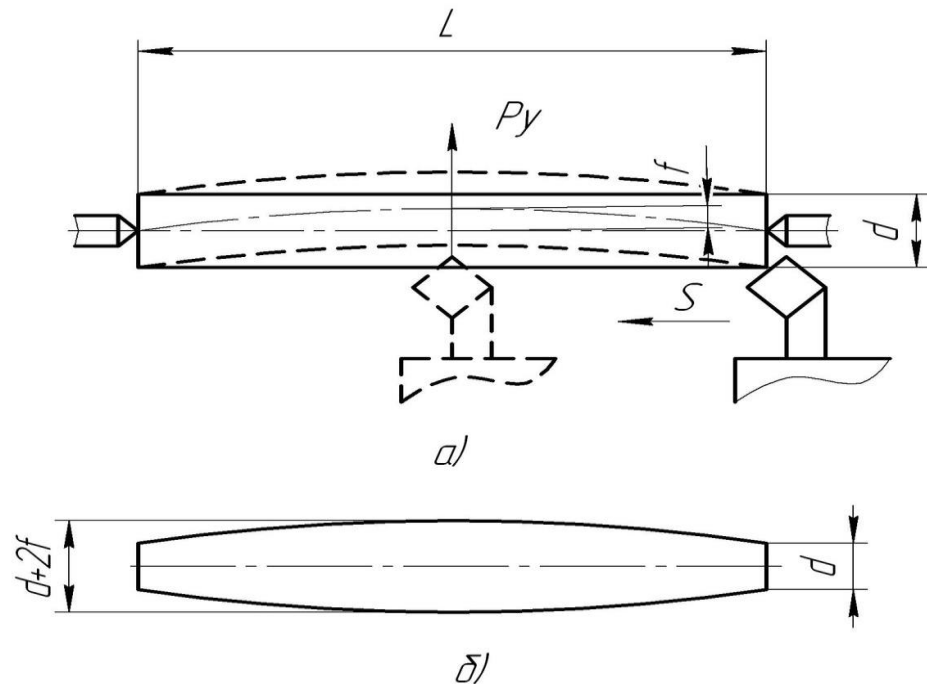


Рис. 9. Деформація вала: а) вигин осі вала під дією радіальної сили різання P_y ; б) можлива форма вала після обробки.

1.10. Визначають сили різання і проводять перевірку розрахованого раніше режиму різання по міцності механізму подач, забезпечення заданої точності і потужності приводу верстата.

Сили різання (тангенціальну P_z , подачі P_x і радіальну P_y) визначають (в H) по нормативам за формулою :

$$P_z (P_x, P_y) == 9,81 C_p t_p^x s_p^y v_p^{n_p} K_p.$$

Величини постійної C_p , показники степені x_p , y_p , n_p , і поправочних коефіцієнтів на умови обробки, що відрізняються від нормативних, приймають з таблиць; [11, табл. 20-24, с. 429].

1.10.1. Осьову силу різання (силу подачі) P_x визначають за нормативами або за формулою і зіставляють з силою P_{x_c} , допустимою міцністю механізму, подача верстата при цьому повинна бути виконана умова $P_x < P_{x_c}$

І 10.2. Радіальна складова сила різання P_y викликає прогин оброблюваної деталі, а отже, спотворення геометричної форми деталі. Наприклад, при обробці вала, встановленого в центри верстата, під дією сили P_y виникає деформація вала, очевидно, має найбільше значення в його середині (мал. 9, а),

при цьому вал після обробки буде мати бочкоподібну форму (мал. 9, б). Величину деформації можна наближено обчислити без урахування низки факторів, що викликають додаткову деформацію (затуплення інструменту, нерівномірний розподіл припуску і т. п.), розглядаючи вал як балку, що лежить на двох опорах і навантажену силою P_y . Стрілу прогину визначають за формулою $f = \frac{P_y l^3}{70 EJ}$, де l — довжина валу, м; E — модуль пружності, Н/м²,

J — момент інерції, м⁴ (для валів $J = \frac{\pi d^4}{64} \approx 0,05 d^4$).

Допустима похибка геометричної форми валу не повинна перевищувати величини допуску δ на діаметр вала; отже, $2f \leq \delta$ або $f \leq 0,5 \delta$. Якщо ця умова не виконана, то необхідно зменшити величину подачі.

Користуючись нормативами, можна без розрахунку радіальної складової сили різання визначити величину подачі, допустиму на прогину оброблюваної деталі, із забезпеченням необхідної точності.

1.10. Потужність (в кВт), затрачену на різання, знаходять по нормативам або за формулою :

$$N_p = \frac{P_z v_\phi}{6120} \quad (P_z \text{ в кгс; } v_\phi \text{ в м/хв.}), \quad \text{або (у Вт), } N_p = P_z v \text{ Н; } v_\phi \text{ (в м/с).}$$

1.2 Коефіцієнт використання верстата по потужності дає можливість встановити правильність вибору верстата для виконання даної операції. При коефіцієнті $K_N = 0,8 \div 1$, потужність приводу використана досить повно; при $K_N = 0,6 \div 0,8$, використання верстата по потужності цілком допустимо, показує, що верстат обраний неправильно, так як неповне завантаження електродвигуна викликає збільшення втрат електроенергії, яке визначається так званим $\cos \phi$. Крім того, верстати з більшою, ніж необхідно, потужністю приводу, як правило, мають великі розміри, відповідно збільшується їх вартість і займана ними виробнича площа. Все це призводить до збільшення непрямих витрат і відповідно до підвищення собівартості продукції, що випускається.

Підвищення величини K_N може бути досягнуто шляхом перегляду режимів різання. При K_N необхідно корегувати режими різання або підібрати нову модель верстата з більшою потужністю приводу. В окремих випадках при тимчасовому перевантаженні допускається K_N до 1,2.

При корегуванні режимів, відповідно до законів різання, найбільш раціонально зменшувати в першу чергу швидкість різання V , далі подачу S і в останню чергу глибину різання I , очевидно, збільшуючи число робочих ходів.

При корегуванні швидкості різання слід пам'ятати, що між V , n і N_p є пряма залежність. Це означає, що при зменшенні швидкості різання на будь-яку величину в такому ж відношенні знижується частота обертання n і потужність різання N_p . Це положення може бути використано для скорочення часу на корегування. Наприклад, по результатам розрахунків режимів різання отримані наступні результати: при $n = 800$ об / хв; $v = 2,0$ м/с; $N_p = 8$ кВт і $K_N = 1,2$, для отримання K_N , близьким до одиниці, треба зменшити його на 20%, **тоді 0,%;** відповідно треба зменшувати **і n на 20%** і нова частота обертання буде дорівнювати $n=640$ об/хв. З урахуванням прийнятого до паспорту верстата найближчого значення $n=630$ об/хв визначають фактичну швидкість різання, потужність різання і коефіцієнт використання верстата по потужності.

1. **Основний (технологічний) час (в хв) для всіх видів токарних робіт** знаходять за формулою: $t_0 = \frac{L}{ns} i$.

2. **Допоміжний час на операцію**. При визначенні часу на виконання всіх допоміжних прийомів в межах даної операції перш за все необхідно виявити комплекси цих прийомів в порядку їх виконання. Це завдання найбільш важке, так як для його вирішення потрібно чітко уявлення про прийоми, які виконує токар при установці і закріпленні деталі, і прийомах, що здійснюються в процесі обробки. Для полегшення вирішення цього завдання в нормативах допоміжного часу наведені схеми типових прийомів, що входять в комплекси. Час на виконання кожного комплексу прийомів по установці і закріпленню деталі і час, пов'язаний з переходом, знаходять за нормативами в залежності від способу установки і типу пристосування для закріплення деталі (в центрах, патроні і т.д.), способу установки ріжучих інструментів на розмір точності вимірювання, маси заготовки і інших чинників.

Сума всіх витрат допоміжного часу є допоміжним часом на всю операцію в цілому.

3. **Оперативний час на операцію** : $t_{on} = t_0 + t_{дон}$.

4. Час на обслуговування робочого місця (в хв) визначають за нормативами, залежно від найбільшого діаметра виробу, який встановлюється над станиною верстата, в відсотках від оперативного часу: $t_{обс} = t_{on} \frac{a}{100}$.

5. Час перерв на відпочинок і особисті потреби (в хв) приймають по нормативам, в залежності від видів подачі (ручної або механічної), маси деталі і величини оперативного часу, у відсотках від оперативного часу: $t_{пер} = t_{оп} \frac{б}{100}$.

6. Норму штучного часу (в хв) розраховують за формулою:

$$T_{ш} = t_{оп} \left(1 + \frac{a + б}{100} \right), \quad \text{або} \quad T_{ш} = t_{оп} + t_{обс} + t_{пер}.$$

7. Норма штучно-калькуляційного часу: $T_{шк} = T_{ш} + \frac{T_{нз}}{n_{пр}}$

8. Розряд роботи визначають з тарифно-кваліфікаційного довідника [1].
Розцінку (в коп.)

Для багатосерійного і масового виробництва розраховують за формулою:

$$P = \frac{T_{ш} C_{сд}}{60}$$

Для малосерійного і серійного виробництва — за формулою:

$$P = \frac{T_{шк} C_{сд}}{60}.$$

2. ПРИКЛАДИ ТА ЗАВДАННЯ ЩОДО ВИЗНАЧЕННЯ РЕЖИМІВ РІЗАННЯ І ОСНОВНОГО ЧАСУ

ТОЧІННЯ

Приклад 1. *Визначити режими різання і основний час на обточування ступеню вала з розмірами: $d = 70h 11$ мм; $l = 100$ мм; $D = 75$ мм (рис. 10) Параметр шорсткості оброблюваної поверхні $R_z = 20$ мкм.*

Вихідні дані: деталь - вал ХХХ.03.003; матеріал - сталь 50. $\sigma_B = 750$ МПа; заготовка - прокат гарячекатаний.

Операція - токарно-гвинторізна 010. Зміст операції: 1) встановити деталь в трикулачковому патроні і зняти; 2) обточити діаметр в розмір $70h 11$ мм на довжину $l = 100$ мм.

Верстат токарно-гвинторізний 16К20. Різець прохідний 16Х25; $\varphi = 45^\circ$, $\gamma = 10^\circ$; $r = 1$ мм; матеріал пластини - твердий сплав Т15К6.

1. Розрахункові розміри обробки; $D = 75$ мм; $l = 100$ мм; $h = 5$ мм.

2. Глибину різання приймають рівною припуску на сторону $t = h : 2 = 5 : 2 = 2,5$ мм.

3. Розрахункова довжина обробки $L = l + l_1 + l_2$ При $\varphi = 45^\circ$ величина врізання $l'_1 = 2,5$ мм; приймаємо $l'_1 = 3$ мм, перебігаючи $l''_1 = 0$ (див . табл. 1), шлях на врізання і перебігаючи $l_1 = l'_1 + l''_1 = 3 + 0 = 3$ мм; $l_2 = 0$ Отже, $L = 100 + 3 = 103$ мм.

4. Число робочих ходів $i = h : 2t = 5 : (2 - 2,5) = 1$.

5. Подача для обробки конструкційної сталі з необхідним параметром шорсткості $R_z = 20$ мкм при $v = 50$ м/хв і $r = 1$ мм $s = 0,3 \div 0,35$ мм / об [5, карта 3].

6. За паспортом верстата приймають $s = 0,3$ мм / об Так як даний перехід призначений для чистового точіння, то перевірку міцності державки різця не виробляють.

7. Швидкість різання при обробці сталі з $\sigma_b = 750$ МПа (75 кгс / мм²), глибині різання / до 3 мм, подачі 5 до 0,38 мм / об і головному куті в плані 45° складе $v = 148$ м / хв [5, карта 6, лист 2]. Поправочні коефіцієнти на матеріал твердого сплаву K_{uv} і стан поверхні заготовки K_{nv} з кожен з яких дорівнює одиниці. Отже, $v = 148 \cdot 1 \cdot 1 = 148$ м/хв.

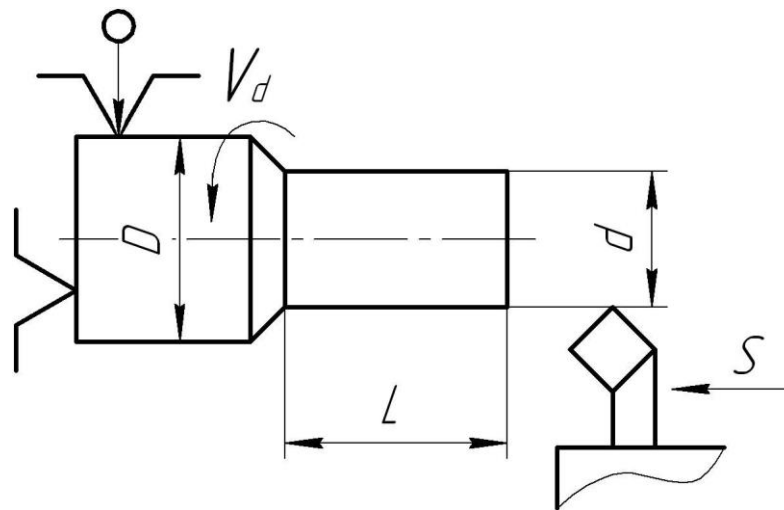


Рис. 10. Ескіз обробки до прикладу 1 і задачі 1.

8. Частота обертання $n = \frac{1000v}{\pi} = \frac{1000 \cdot 148}{3.14 \cdot 75} = 628$ об/хв. По паспорту верстата приймають $n_{\text{п}} = 630$ об/ хв.

9. Фактична швидкість різання за прийнятою частотою обертання $n_{\Pi} = 630$ об/хв.

$$v_{\phi} = \frac{\pi D n_n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 75 \cdot 630}{1000} = 148 \text{ м /хв.} = 2,48 \text{ м/с.}$$

10. Сили різання не визначають, так як при чистовому точінні їх значення будуть незначні.

11. Потужність на різання при точінні сталі з $\sigma_B = 750$ МПа, глибини різання t до 2,3 мм, подачі $s = 0,3$ мм / об і $v = 8$ м / хв складе $N_p = 3,2$ кВт [5, карта 7]. Поправочний коефіцієнт при $\phi = 45^\circ$ і $\gamma = 10^\circ$ $K_N = 1$.

12. Коефіцієнт використання верстата по потужності $K_N = \frac{N_p}{N_{\partial\eta}}$. За паспортними даними верстата $N_d = 10$ кВт, $\eta = 0,75$; тоді $K_N = \frac{3,2}{10 \cdot 0,75} = 0,43$. Отже, обробка можлива, але при виконанні чистового точіння потужність двигуна використана не в повному обсязі.

13. Основний час :

$$t_o = \frac{L}{n_n s} i = \frac{103}{630 \cdot 0,3} i = 0,55 \text{ хв.}$$

Методичні вказівки до вирішення завдання 1:

- 1) у вихідних даних замість номера деталі вказувати номер варіанта, наприклад деталь - вал варіант - 5;
- 2) при визначенні величини подачі для чистового точіння приймати $v > 50$ м / хв; 3) при отриманні K_N менше 0,6 в рішенні завдання дати рекомендації по збільшенню коефіцієнта K_N .

Приклад 2. Визначити режими різання і основний час на обточування торця деталі з розмірами: $D = 160$ мм; $d = 80$ мм; $a = 100$ мм (рис. 11), Параметр шорсткості обточеного різця $Rz = 80$ мкм; припуск $h = 4$ мм.

Вихідні дані - деталь-втулка ХХХ. 02.005,
матеріал деталі- сталь 45, $\sigma_B = 650$ МПа;
заготовка – штампована.

Операція — токарно-гвинторізна 0,15.

Зміст операції:

- 1) встановити деталь в патроні і зняти;
- 2) обточити торець в розмір $a = 100$ мм.

Верстат - токарно-гвинторізний 16К20.

Різець-прохідний відігнутий 16x25 мм; $\varphi = 45^\circ$;
 $\gamma = 5^\circ$; $r = 1$ мм;
 матеріал різальної пластини - твердий сплав Т5К10.

1. Розрахункові розміри обробки:

$$D = 160 \text{ мм}; l = (D - d)/2 = (160 - 80)/2 = 40 \text{ мм}; h = 4 \text{ мм}.$$

2. Глибину різання приймають рівною припуску $l = h = 4$ мм.

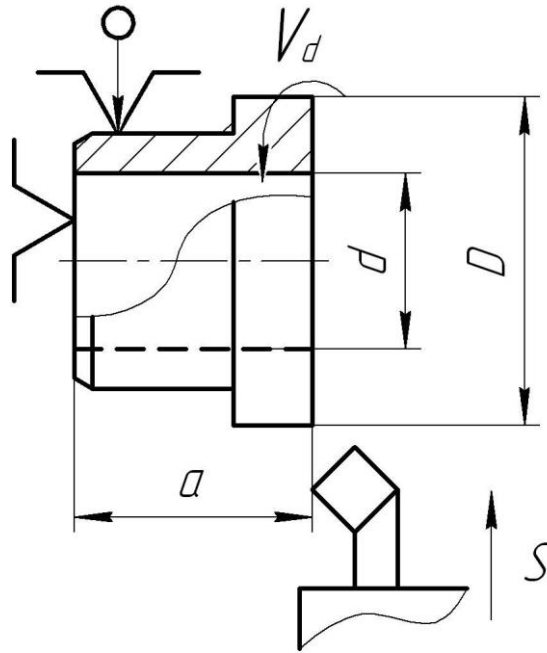


Рис. 11. Ескіз обробки до прикладу 2 і задачі 2.

3. Розрахункова довжина обробки $L = l + l_1 + l_2$. При $\varphi = 45^\circ$ і $t = 4$ мм величина врізання і перебігу $l_1 = 6$ мм, [8, додаток 4, лист 1]; $l_2 = 0$. Отже, $L = 40 + 6 = 46$ мм.

4 Число робочих ходів $i = h : t = 4 : 4 = 1$.

5. Величина подачі при точінні деталі діаметром до 400 мм з конструкційної сталі різцем з розмірами державки 16x25 мм і глибині різання до 5 мм складе $= 0,7 \div 1,0$ мм/об [8, карта 1]. З огляду, що діаметр деталі значно менше, ніж за нормативами, приймають $S = 0,7$ мм / об.

6. За паспортом верстата беруть подачу $S = 0,7$ мм / об.

7. При чорновому точінні прийняту подачу перевіряють по міцності державки різця. При обробці сталі з межею міцності $\sigma_B = 650$ МПа різцем з пластиною з твердого сплаву до глибини різання до 4,4 мм, подача, що допускається міцністю державки різця 16X25, $S_{\text{доп}} = 1,5$ мм / об [5. додаток 9,

лист 1]. При нормальній величині вильоту різця, що дорівнює $1,5 H$. поправочний коефіцієнт дорівнює одиниці, отже, прийнята подача $S = 0,7$ мм / об здійсненна, так як умова $s < s_{\text{доп}}$ виконано.

8. Швидкість різання при точінні сталі із $\sigma_B = 650$ МПа, глибини різання $t = 4$ мм, подачі s до $0,75$ мм / об, головному куті в плані $\varphi = 45^\circ$ і у відношенні при поперечному точінні $d : D = 80 : 160 = 0,5$ складе $v = 99$ м / хв [5, карта 6]. Поправочний коефіцієнт для обробки поверхні без твердої кірки $K_{nv} = 1$ [5, карта 6. лист 1].

9 Для чорнового точіння визначають силу подачі P_x . При $\sigma_B = 650$ МПа, $t = 4$ мм, $s = 0,75$ мм / об і $V = 101$ м / хв $P_x = 130$ кг = 1280 Н. Поправочні коефіцієнти на кути φ і γ рівні одиниці [5, додаток 7]. За паспортом верстата зусилля P_{xc} , допускається слабою ланкою механізму подач верстата 16К20, рівне 5880 Н; отже, $P_x < P_{xc}$, т. е. $1280 \text{ Н} < 5880 \text{ Н}$.

$$10). \text{ Частота обертання } n = \frac{1000 v}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 99}{3,14 \cdot 160} = 197 \text{ м / хв } ,$$

За паспортом верстата приймають $n_n = 200$ об / хв.

11. Фактична швидкість різання за прийнятою частотою кручення шпинделя верстата

$$n = \frac{\pi D n_n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 160 \cdot 200}{1000} = 100 \text{ м / хв.} = 1,67 \text{ м / с.}$$

12. Потужність на різання при точінні сталі з $\sigma_B = 650$ МПа, глибини різання $t = 4$ мм, подачі s до $0,75$ мм / об і швидкості різання v до 106 м / хв складе $N_p = 7$ кВт [5, карта 7]. Поправочний коефіцієнт на кути різання різця $\gamma = 10^\circ$ і $\varphi = 45^\circ$ $K_v = 1$.

13. Коефіцієнт використання верстата по потужності $K_N = \frac{N_p}{N_\delta \eta}$. За паспортними даними верстата $N_\delta = 10$, кВт, $\eta = 0,75$ тоді $K_N = \frac{7}{10 \cdot 0,75} = 0,94$.

14. Основний час:

$$t_o = \frac{L}{n_n s} i = \frac{46}{200 \cdot 0,7} 1 = 0,33 \text{ хв.}$$