



ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **111018** (13) **U**
(51) МПК
G01B 21/30 (2006.01)

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: u 2016 04782	(72) Винахідник(и): Дзюра Володимир Олексійович (UA)
(22) Дата подання заявки: 28.04.2016	(73) Власник(и): ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ІВАНА ПУЛЮЯ, вул. Руська, 56, м. Тернопіль, 46001 (UA)
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: 25.10.2016	
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 25.10.2016, Бюл.№ 20	

(54) СПОСІБ ВИЗНАЧЕННЯ ВПЛИВУ КРИВИНИ ОБРОБЛЕНОЇ ПОВЕРХНІ НА ЇЇ ШОРСТКІСТЬ

(57) Реферат:

Спосіб визначення впливу кривини обробленої поверхні на її шорсткість, при якому використовують дослідний зразок у вигляді пустотілого тіла обертання і використовують токарний верстат та токарні прохідні і розточувальні різці з однаковими геометричними параметрами та радіусами при їх вершинах і забезпечують відповідними програмами постійні значення елементів режиму різання: глибину різання, подачу і швидкість різання, і здійснюють на цих режимах процес різання як по внутрішній, так і по зовнішній поверхнях. Знімають дослідний зразок, встановлюють його на столі профілометра або профілографа і визначають значення параметру R_a або знімають профілограми, обробляють і отримують значення параметрів R_a і R_z на певних діаметрах внутрішньої і зовнішньої поверхонь, які відповідають значенням кривини відповідно ρ_b , ρ_z і за цими даними встановлюють вплив кривини ρ обробленої поверхні на параметри шорсткості R_a і R_z . Як дослідний зразок використовують товстостінні циліндричні кільця з різними діаметрами їх внутрішніх і зовнішніх циліндричних поверхонь, з різними значеннями їх кривини ρ_j , які визначають із залежності $\rho_j = \pi \cdot n_j / 500 \cdot V$, де n - частота обертання шпинделя верстата, $j=1, 2, 3 \dots (k-1)$, k , де j - порядкові номери ступенів частот обертання шпинделя, k - кількість ступенів частот обертання шпинделя; V - задана для оброблюваного матеріалу швидкість різання.

UA 111018 U

Корисна модель належить до галузі машинобудування і може бути використана для встановлення впливу кривини обробленої поверхні на параметри її шорсткості, а саме: на середнє арифметичне відхилення профілю R_a або висоту нерівностей профілю за десятьма точками R_z , а також для виведення емпіричних залежностей, які враховували б вплив кривини обробленої поверхні на параметр шорсткості, що безперечно сприятиме підвищенню якості оброблених поверхонь.

Відомим технічним рішенням є спосіб визначення впливу кривини оброблюваної поверхні на її шорсткість, при якому використовують дослідний зразок у вигляді суцільного пустотілого тіла обертання і використовують токарний верстат і токарні прохідні та розточувальні різці з однаковими геометричними параметрами та радіусами при їх вершинах і забезпечують відповідними програмами постійні значення елементів режиму різання: глибину різання - t , подачу - S і швидкість різання - V , і здійснюють на цих режимах процес різання як по внутрішній, так і по зовнішній поверхнях, знімають дослідний зразок і встановлюють його на столі профілометра або профілографа і визначають значення параметри R_a або знімають профілограми, обробляють і отримують значення параметрів R_a і R_z на певних діаметрах внутрішньої і зовнішньої поверхонь, які відповідають значенням кривини відповідно ρ_B , ρ_3 і за цими даними встановлюють вплив кривини ρ обробленої поверхні на параметри шорсткості R_a і R_z [Кривий П.Д., Дзюра В.О., Тимошенко Н.М., Кривінський ПП., Бутрин С.П. Метод визначення впливу кривини обробленої поверхні сформованої обточуванням та розточуванням на її шорсткість Матеріали IV Міжнародної науково-практичної конференції молодих учених та студентів "Актуальні задачі сучасних технологій", м. Тернопіль, ТНТУ, 25-26 листопада 2015. - С. 135-136].

Недоліком відомого технічного рішення є те, що при його реалізації необхідне використання високовартісного обладнання, ускладнене визначення на внутрішніх і зовнішніх конічних поверхнях дослідного зразка однакової величини їх кривини, ускладнене встановлення і виставлення дослідного зразка в задане положення при знятті профілограм чи визначенні параметра R_a , ускладненість забезпечення шорсткості твірних і траєкторій руху щупа і самого процесу зняття профілограм, що призводить до виникнення похибок при визначенні значень параметрів шорсткості і зменшення достовірності отриманих результатів.

В основу корисної моделі поставлена задача створення способу який би забезпечував розширення технологічних можливостей визначення впливу кривини обробленої поверхні на параметри шорсткості R_a і R_z , спрощення процесу визначення впливу кривини обробленої поверхні на R_a і R_z з одночасним забезпеченням підвищення точності і достовірності впливу кривини обробленої поверхні на R_a і R_z шляхом використання дослідного зразка у вигляді суцільного пустотілого тіла обертання і використовують токарний верстат і токарні прохідні та розточувальні різці з однаковими геометричними параметрами та радіусами при їх вершинах, забезпечують відповідними програмами постійні значення елементів режиму різання: глибину різання - t , подачу - S і швидкість різання - V і здійснюють на цих режимах процес різання як по внутрішній, так і по зовнішній поверхнях, знімають дослідний зразок і встановлюють його на столі профілометра або профілографа і визначають значення параметри R_a або знімають профілограми, обробляють і отримують значення параметрів R_a і R_z на певних діаметрах внутрішньої і зовнішньої поверхонь, які відповідають значенням кривини відповідно ρ_B , ρ_3 , і за цими даними встановлюють вплив кривини ρ обробленої поверхні на параметри шорсткості R_a і R_z , причому використовують дослідні зразки у вигляді товстостінних циліндричних кілець з різними діаметрами їх внутрішніх і зовнішніх циліндричних поверхонь, і з різними значеннями їх кривини ρ_j , які визначають із залежності $\rho_j = \pi \cdot n_j / 500 \cdot V$, де n - частота обертання шпинделя верстата, $j = 1, 2, 3, \dots, (k-1)$, k , де j - порядкові номери ступенів частот обертання шпинделя, k - кількість ступенів частот обертання шпинделя; V - задана для оброблюваного матеріалу швидкість різання, і на кожній i -тій ($i=1,2,3,\dots,10$) із десяти рівномірно розміщених по колу трас, на отриманих в процесі різання циліндричних внутрішніх і зовнішніх поверхнях з відповідними значеннями кривини ρ_j , визначають значення параметрів шорсткості R_{ai} і R_{zi} , які приймають як випадкові величини з нормальним законом розподілу, визначають середні значення цих параметрів \bar{R}_{ai} , \bar{R}_{zi} та дисперсії $D(R_{ai})$, $D(R_{zi})$, перевіряють за критеріями Гребса або

Романовського, або Ірвіна наявність у статистичних рядах R_{ai} і R_{zi} значень, які різко виділяються, і при їх наявності ці значення відкидають і додатково визначають R_a на інших трасах або знімають профілограми і включають їх у вибірки, щоб величина вибірки залишилась не менше 10, і знову визначають вибіркові значення R_{ajb} і R_{zjb} та $D(R_{ajb})$, $D(R_{zjb})$, повторюють виявлення значень, що різко виділяються, і за одним із вищеподаних критеріїв при відсутності значень, що різко виділяються серед значень статистичних рядів за W критерієм узгодження розподілу, перевіряють відповідність експериментальних значень R_{ai} і R_{zi} нормальному закону розподілу і за теорією малої вибірки визначають вибіркові математичні сподівання, які приблизно дорівнюють середнім значенням $M_B(R_{aj}) \approx \bar{R}_{aj}$, $M_B(R_{zi}) \approx \bar{R}_{zi}$ та дисперсії $D_B(R_{aj})$ і $D_B(R_{zi})$, і використовують критерій Стьюдента t_k і Фішера F , за якими встановлюють істотність впливу кривини обробленої поверхні на параметри шорсткості R_a і R_z .

Запропонований спосіб визначення кривини обробленої поверхні циліндричної поверхні, сформованої в процесі обточування або розточування, на її шорсткість проілюстровано наступними кресленнями: на фіг. 1 - схема обточування внутрішньої циліндричної поверхні першого з комплекту дослідного зразка, фіг. 2 - схема обточування внутрішньої і зовнішньої циліндричних поверхонь другого з комплекту дослідного зразка, фіг. 3 - схема обточування внутрішньої і зовнішньої циліндричних поверхонь третього з комплекту дослідного зразка, фіг. 4 - схема обточування зовнішньої циліндричної поверхні останнього з комплекту дослідного зразка; на фіг. 5 - зображена схема розміщення 10-ти трас на зовнішній і внутрішній поверхнях дослідного зразка; фіг. 6 - схема визначення шорсткості на обробленій зовнішній циліндричній поверхні; фіг. 7 - вид А на фіг. 6; на фіг. 8 - схема визначення шорсткості на внутрішній циліндричній поверхні дослідного зразка, на фіг. 9 - вид Б на фіг. 8; фіг. 10 - схема розміщення внутрішніх циліндричних поверхонь першого із комплекту дослідного зразка із заданими діаметрами для конкретного прикладу виконання способу; фіг. 11 - схема розміщення зовнішніх і внутрішніх циліндричних поверхонь другого із комплекту дослідного зразка із заданими діаметрами для конкретного прикладу виконання способу; фіг. 12 - схеми розміщення зовнішніх і внутрішніх циліндричних поверхонь третього із комплекту дослідного зразка із заданими діаметрами для конкретного прикладу виконання способу; фіг. 13 - схема розміщення зовнішніх циліндричних поверхонь останнього із комплекту дослідного зразка із заданими діаметрами для конкретного прикладу виконання способу.

Спосіб реалізується поетапно наступним чином. Спочатку виготовляють комплект дослідних зразків, використовуючи токарний верстат і токарні прохідні та розточувальні різці з однаковими геометричними параметрами та радіусами при їх вершинах, забезпечують відповідними програмами постійні значення елементів режиму різання: глибину різання - t , подачу - S і швидкість різання - V і здійснюють на цих режимах процес різання як по внутрішній, так і по зовнішній поверхнях. Дослідні зразки виготовляють у вигляді товстостінних циліндричних кілець, наприклад, у нашому випадку, із чотирьох зразків, у яких після обточування та розточування, починаючи з першого (фіг. 1), із найбільшим діаметром внутрішньої циліндричної поверхні, кожен наступний дослідний зразок має діаметр зовнішньої циліндричної поверхні, який дорівнює діаметру внутрішньої циліндричної поверхні попереднього дослідного зразка, і кожен, крім першого і останнього, дослідні зразки мають діаметри внутрішніх циліндричних поверхонь, які у φ разів менші від відповідних діаметрів їх зовнішніх циліндричних поверхонь. Дослідні зразки з різними діаметрами внутрішньої і зовнішньої циліндричної поверхні мають різні значення кривини ρ_j , які визначають із залежності $\rho_j = \pi \cdot n_j / 500 \cdot V$, де n - частота обертання шпинделя верстата, $j = 1, 2, 3 \dots (k - 1)$, k , де j - порядкові номери ступенів частот обертання шпинделя, k - кількість ступенів частот обертання шпинделя; V - задана для оброблюваного матеріалу швидкість різання.

Перший із дослідних зразків, як заготовка, має внутрішню циліндричну поверхню з діаметром:

$$d_{1z \max} = d_{1 \max} - 2(t_{н.ч.} + t_{ч.}),$$

мінімальну, після здійснення розточування, кривину:

$$\rho_{1в \min} = 2/d_{1 \max},$$

де $d_{1 \max} = 1000 \cdot V / \pi \cdot n_k$, де V - встановлена за ріжучою здатністю інструментального матеріалу металорізального інструмента і оброблюваністю матеріалу дослідного зразка швидкість різання, м/хв.

$n_k = n_{max} / \varphi^{k-1}$, де n_{max} - максимальна частота обертання шпинделя токарного верстата за його паспортом; φ - знаменник геометричної прогресії чисел обертів шпинделя токарного верстата; k - порядковий номер, починаючи з максимальної частоти обертання шпинделя токарного верстата (у нашому випадку $k = 3$);

5 $t_{н.ч.}$ - глибина різання на напівчистовому проході;

$t_ч.$ - глибина різання на чистовому проході.

Цей же дослідний зразок має зовнішню циліндричну поверхню з діаметром:

$$D_{1 з max} = d_{1 max} \cdot \varphi.$$

10 Другий дослідний зразок, як заготовка, виконаний із внутрішньою циліндричною поверхнею з діаметром:

$$d_{23} = d_{1 max} / \varphi - 2(t_{н.ч.} + t_ч.),$$

і зовнішньою циліндричною поверхнею з діаметром:

$$D_{23} = d_{1 max} + 2(t_{н.ч.} + t_ч.).$$

15 Третій дослідний зразок, як заготовка, виконаний із внутрішньою циліндричною поверхнею з діаметром:

$$d_{33} = d_{1 max} / \varphi^2 - 2(t_{н.ч.} + t_ч.)$$

із зовнішньою циліндричною поверхнею:

$$D_{33} = d_{1 max} / \varphi + 2(t_{н.ч.} + t_ч.).$$

20 Останній із комплекту четвертий дослідний зразок, як заготовка, виконаний із циліндричною зовнішньою поверхнею з діаметром:

$$D_{43} = d_{1 max} / \varphi^2 + 2(t_{н.ч.} + t_ч.).$$

На першому етапі перший дослідний зразок 1 (фіг. 1) встановлюють у трикулачковий патрон 2 токарного верстата (на фіг. 1 не показано) так, щоб забезпечити мінімальні радіальні і торцеві биття, виставляють і закріплюють. Встановлюють елементи режиму різання напівчистового проходу: глибину різання - $t_{н.ч.}$, подачу $s_{н.ч.}$, частоту обертання шпинделя $n_3 = n_{max}$,

забезпечують швидкість різання $V_{н.ч.} = \frac{\pi \cdot d_{1.p.max} \cdot n_3}{1000}$ і розточують циліндричну внутрішню

поверхню з діаметра $d_{1 з.max}$ до діаметра $d_{1н.ч.} = d_{1 з.max} + 2 \cdot t_{н.ч.}$. Відводять різець 3 у вихідне положення, встановлюють на чистовий прохід глибину різання $t_ч.$, подачу $s_ч.$ і з частотою обертання шпинделя n_3 здійснюють чистове розточування внутрішньої циліндричної поверхні з діаметра $d_{1н.ч.}$ до діаметра $d_{1 max} = d_{1н.ч.} + 2 \cdot t_ч.$ і отримують при цьому внутрішню циліндричну поверхню з кривиною $\rho_{1 в. min} = 2 / d_{1 max}$. Різець 3 повертають у вихідне положення, показане на фіг. 1 пунктиром, а дослідний зразок знімають з патрона.

35 На другому етапі другий дослідний зразок 4 (фіг. 2) встановлюють, виставляють і закріплюють у цьому ж трикулачковому патроні 2. Аналогічно попередньому встановлюють такі ж елементи режиму різання: $t_{н.ч.}$, $s_{н.ч.}$, $t_ч.$, $s_ч.$. Призначають частоту обертання шпинделя $n_{2в} = n_{max} / \varphi$, забезпечивши раніше встановлену швидкість різання V , здійснюють розточування з напівчистовими і чистовими проходами і отримують внутрішню циліндричну поверхню з діаметром $d_2 = d_{1 max} / \varphi$ і кривиною $\rho_{2в} = 2 / d_2$. Після цього різець 3 відводять у вихідне положення.

40 На третьому етапі (фіг. 2) різець 3 переміщують перпендикулярно напрямку повздовжньої подачі, змінюють напрям головного руху на протилежний, встановлюють частоту обертання шпинделя $n_{23} = n_{max} / \varphi^2$ і здійснюють на встановлених елементах режиму різання: $t_{н.ч.}$, $s_{н.ч.}$, $t_ч.$, $s_ч.$ з напівчистовим і чистовим проходами обточування зовнішньої циліндричної поверхні і у кінцевому результаті отримують циліндричну поверхню з діаметром $D_{23} = d_{1 max}$ і кривиною

45 $\rho_{23.} = \rho_{1 min} = 2 / d_{1 max} = 2 / D_2$. Після цього різець 3 повертають у вихідне положення і дослідний зразок 4 знімають з патрона 3.

На четвертому етапі у патрон 2 (фіг. 3) токарного верстата (на фіг. 3 не показано) встановлюють третій дослідний зразок 5, виставляють його і закріплюють. Встановлюють

елементи режиму різання: $t_{н.ч.}$, $s_{н.ч.}$, $t_ч.$, $s_ч.$ і призначають частоту обертання шпинделя n_{max} , встановлюють напрям головного руху такий як на першому і другому етапах, забезпечують при розточуванні внутрішньої циліндричної поверхні швидкість різання V , здійснюють розточування з напівчистовим і чистовим проходами і отримують внутрішню циліндричну поверхню з діаметром $d_{3ч.} = d_{1max} / \varphi^2$ і кривиною $\rho_{3з.} = 2/d_3$. Після цього різець 3 відводять у вихідне положення, показане пунктиром (фіг. 3).

На п'ятому етапі (фіг. 3) різець 3 переміщують перпендикулярно повздовжній подачі, змінюють напрям головного руху на протилежний, встановлюють частоту обертання шпинделя токарного верстата $n_{3з} = n_{max} / \varphi$ і на призначених елементах режимів різання: $t_{н.ч.}$, $s_{н.ч.}$, $t_ч.$, $s_ч.$ і V , здійснюють обточування зовнішньої циліндричної поверхні з напівчистовим і чистовим проходами і отримують зовнішню циліндричну поверхню з діаметром $D_{3ч} = d_{2ч} = d_{1max} / \varphi$ і кривиною $\rho_{3з.} = 2/D_3 = 2 \cdot \varphi / d_{1max}$, після чого різець 3 повертають у вихідне положення і дослідний зразок знімають з патрона 2.

На шостому етапі (фіг. 4) у патрон 2 встановлюють четвертий дослідний зразок 6, виставляють його і закріплюють. Встановлюють елементи режиму різання: $t_{н.ч.}$, $s_{н.ч.}$, $t_ч.$, $s_ч.$, призначають частоту обертання шпинделя n_{max} і, забезпечивши швидкість різання V , здійснюють обточування зовнішньої циліндричної поверхні з напівчистовим і чистовим проходом і отримують зовнішню циліндричну поверхню з діаметром $D_{4ч} = d_3 = d_{1max} / \varphi^2$ і кривиною $\rho_{4з.} = \rho_{3з.} = 2 \cdot \varphi^2 / d_{1max}$, після чого різець 3 повертають у вихідне положення і дослідний зразок знімають з патрона 2.

Після цього досліджують вплив кривини отриманих поверхонь на параметр шорсткості.

Для цього визначають параметри шорсткості R_a і R_z на кожній i -тій із десяти трас ($i=1...10$) внутрішньої і зовнішньої циліндричних поверхонь j -тих дослідних зразків ($j=1...k$), де k кількість дослідних зразків (фіг. 6, фіг. 7, фіг. 8, фіг. 9).

Наприклад, дослідний зразок 1 з діаметром внутрішньої циліндричної поверхні d_{1max} і кривиною $\rho_{в1} = 2/d_{1max}$ (фіг. 6, фіг. 7) встановлюють у призму 7, яка розміщена на столі 8 профілометра 9, який встановлюють по висоті так, щоб голка 10 контактувала із внутрішньою циліндричною поверхнею дослідного зразка 1 у вертикальній площині, що проходить через повздовжню вісь дослідного зразка. Забезпечують певний натяг, включають горизонтальне переміщення голки 10 профілометра 9 і по показах фіксують значення $R_{авн}$. При необхідності отримати профілограму використовують профілограф-профілометр і повторюють вищенаведені прийоми та отримують профілограму, після оброблення якої отримують значення R_{z3} .

Отримання параметрів шорсткості R_a і R_z зовнішніх циліндричних поверхонь дослідних зразків проілюстровано на фіг. 8 і фіг. 9. Дослідний зразок 4 встановлюють в призму 7, яка розміщена на столі 8 профілометра 9, який встановлюють по висоті так, щоб голка 10 контактувала із зовнішньою циліндричною поверхнею дослідного зразка 4, і, включивши переміщення голки 10 профілометра 9, фіксують значення $R_{азн}$ із кривиною $\rho_{з1} = 2/D_{з1}$. При необхідності отримати профілограму використовують профілограф-профілометр і повторюють вищенаведені прийоми та отримують профілограму, після оброблення якої отримують значення $R_{звв}$.

Здійснивши аналогічно вищеприведені переходи на кожній із наступних трас 11 і на кожному із дослідних зразків, отримують статистичні ряди значень R_a , а саме R_{a1} , R_{a2} , R_{a3} , ..., R_{ai} , де $i=1, 2, 3...10$ - номери трас на досліджуваних внутрішніх циліндричних поверхнях:

$$\begin{matrix} R_{a1,1}^B & R_{a2,1}^B & R_{a3,1}^B & \dots & R_{ai,1}^B \\ R_{a1,2}^B & R_{a2,2}^B & R_{a3,2}^B & \dots & R_{ai,2}^B \\ R_{a1,3}^B & R_{a2,3}^B & R_{a3,3}^B & \dots & R_{ai,3}^B \\ R_{a1,(j-1)}^B & R_{a2,(j-1)}^B & R_{a3,(j-1)}^B & \dots & R_{ai,(j-1)}^B \\ R_{a1,j}^B & R_{a2,j}^B & R_{a3,j}^B & \dots & R_{ai,j}^B \end{matrix}$$

і на зовнішніх поверхнях

$$\begin{matrix} R_{a1,1}^3, & R_{a2,1}^3, & R_{a3,1}^3, & \dots & R_{ai,1}^3, \\ R_{a1,2}^3, & R_{a2,2}^3, & R_{a3,2}^3, & \dots & R_{ai,2}^3, \\ R_{a1,3}^3, & R_{a2,3}^3, & R_{a3,3}^3, & \dots & R_{ai,3}^3, \\ R_{a1,(j-1)}^B, & R_{a2,(j-1)}^B, & R_{a3,(j-1)}^B, & \dots & R_{ai,(j-1)}^B, \\ R_{a1,j}^B, & R_{a2,j}^B, & R_{a3,j}^B, & \dots & R_{ai,j}^B \end{matrix}$$

або отримують значення висот нерівностей профілю за десятьма точками R_z на внутрішніх поверхнях

$$\begin{matrix} R_{z1,1}^B, & R_{z2,1}^B, & R_{z3,1}^B, & \dots & R_{zi,1}^B, \\ R_{z1,2}^B, & R_{z2,2}^B, & R_{z3,2}^B, & \dots & R_{zi,2}^B, \\ R_{z1,3}^B, & R_{z2,3}^B, & R_{z3,3}^B, & \dots & R_{zi,3}^B, \\ R_{a1,(j-1)}^B, & R_{a2,(j-1)}^B, & R_{a3,(j-1)}^B, & \dots & R_{ai,(j-1)}^B, \\ R_{a1,j}^B, & R_{a2,j}^B, & R_{a3,j}^B, & \dots & R_{ai,j}^B \end{matrix}$$

5 і аналогічно на зовнішніх поверхнях

$$\begin{matrix} R_{z1,1}^3, & R_{z2,1}^3, & R_{z3,1}^3, & \dots & R_{zi,1}^3, \\ R_{z1,2}^3, & R_{z2,2}^3, & R_{z3,2}^3, & \dots & R_{zi,2}^3, \\ R_{z1,3}^3, & R_{z2,3}^3, & R_{z3,3}^3, & \dots & R_{zi,3}^3, \\ R_{a1,(j-1)}^B, & R_{a2,(j-1)}^B, & R_{a3,(j-1)}^B, & \dots & R_{ai,(j-1)}^B, \\ R_{a1,j}^B, & R_{a2,j}^B, & R_{a3,j}^B, & \dots & R_{ai,j}^B \end{matrix}$$

з певними кривинами зовнішніх циліндричних поверхонь дослідних зразків $\rho_{31} = \frac{2}{D_{31}}$, $\rho_{32} = \frac{2}{D_{32}}$, ... $\rho_{3j} = \frac{2}{D_{3j}}$, де $j=1, 2, \dots, 5$ - порядкові номери досліджуваних зразків у комплекті;

і внутрішніх циліндричних поверхонь $\rho_{B1} = \frac{2}{d_{B1}}$, $\rho_{B2} = \frac{2}{d_{B2}}$, ... $\rho_{Bj} = \frac{2}{d_{Bj}}$.

10 Отримані значення $R_{a_{1,1}}, R_{a_{2,1}}, R_{a_{3,1}}, \dots, R_{a_{10,1}}$ подають як випадкові величини з нормальним законом розподілу (за даними Хусу А.П. Шероховатость поверхности (теоретико-вероятностный подход) / Хусу Л.П., Виттенберг Ю.Р., Пальмов В.А. - Главная редакция физико-математической литературы издательства "Наука", 1975. - 344 с.)

15 Визначають середні значення цих параметрів \bar{R}_{aj} , \bar{R}_{zj} та дисперсії $D(R_{aj})$, $D(R_{zj})$, перевіряють за критеріями Гребса або Романовського, або Ірвіна наявність у статистичних рядах R_{ai} і R_{zi} , значень, які різко виділяються, і при їх наявності ці значення відкидають і додатково визначають R_a на інших трасах або знімають профілограми і включають їх у вибірки, щоб величина вибірки залишилась не менше 10, і знову визначають вибіркові значення R_{ajB} і R_{zjB} та $D(R_{ajB})$, $D(R_{zjB})$, повторюють виявлення значень, що різко виділяються, і за одним із

20 вищеподаних критеріїв при відсутності значень, що різко виділяються серед значень статистичних рядів, за W критерієм узгодження розподілу перевіряють відповідність експериментальних значень R_{ai} і R_{zi} нормальному закону розподілу і за теорією малої вибірки визначають вибіркові математичні сподівання, які приблизно дорівнюють середнім значенням $M_B(R_{aj}) \approx \bar{R}_{aj}$, $M_B(R_{zj}) \approx \bar{R}_{zj}$ та дисперсії $D_B(R_{aj})$ і $D_B(R_{zj})$, і використовують критерій Стьюдента

25 t_k і Фішера F , за якими встановлюють істотність впливу кривини обробленої поверхні на параметри шорсткості R_a і R_z .

30 Приклад конкретного виконання способу. Спосіб реалізується наступним чином. Спочатку виготовляють комплект, наприклад із чотирьох дослідних зразків (фіг. 10 - фіг. 13), у тому числі один (наприклад перший зразок у вигляді товстостінного кільця), два дослідних зразки виконані у вигляді концентричних ступінчастих кілець та один (останній) зразок у вигляді ступінчастого циліндра. Діаметри зовнішніх і внутрішніх циліндричних поверхонь розраховані таким чином,

щоб з врахуванням дійсних частот обертання шпинделя токарного верстата швидкість різання при обточуванні і розточуванні циліндричних поверхонь була постійна.

У нашому випадку кільця виготовлені із сталі 45, яку піддавали нормалізації. Схематичне зображення дослідних зразків подано на фіг. 10, фіг. 11 і фіг. 12 і фіг. 13.

5 Вибрали матеріал інструментальної частини різця. Для сталі 45 вибрали матеріал твердий сплав Т15К6. Використали розточний різець з геометричними параметрами: головний кут в плані $\varphi = 110^\circ$; допоміжний кут в плані $\varphi' = 15^\circ$; головний передній кут $\gamma = 10^\circ$; головний задній кут $\alpha = 8^\circ$; кут нахилу головної різальної кромки $\lambda = 0^\circ$, радіус при вершині різця $r = 0,2$ мм.

10 Так як здійснюється чистова обробка, то встановлюють наступні елементи режиму різання: глибина різання $t = 0,5$ мм; подача $s = 0,12$ мм/об.; швидкість різання $V = 100$ м/хв.

З врахуванням існуючих частот обертання шпинделя, які доступні на токарно-гвинторізному верстаті моделі 16К20 були вибрані наступні значення частот: $n_1 = 500$ об./хв.; $n_2 = 630$ об./хв.; $n_3 = 1000$ об./хв. Задавшись, згідно із нормативами, швидкістю різання $V = 100$ м/хв... та використавши формулу:

$$15 \quad V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \text{const} = 100 \text{ м/хв.},$$

де D - діаметр оброблюваної циліндричної поверхні, мм;

n - частота обертання шпинделя, об./хв.,

знайшли розрахункові значення діаметрів оброблюваних циліндричних поверхонь на дослідних зразках:

$$20 \quad D_{1н} = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot n_1} = \frac{100000}{3,14 \cdot 500} = 63,69 \text{ мм};$$

$$D_{2н} = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot n_2} = \frac{100000}{3,14 \cdot 630} = 50,55 \text{ мм};$$

$$D_{3н} = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot n_3} = \frac{100000}{3,14 \cdot 1000} = 31,85 \text{ мм}.$$

Прийняли наступні номінальні значення діаметрів: $D_{1н} = 63,69$ мм; $D_{2н} = 50,55$ мм; $D_{3н} = 31,85$ мм.

25 Визначили зовнішні $D_{зi}$ і внутрішні $d_{вi}$ номінальні значення діаметрів на дослідних зразках, врахувавши те, що чистові переходи здійснюються з однаковою постійною для всіх оброблюваних поверхонь глибиною різання $t = \text{const} = 0,5$ мм, а перед ними передують напівчистові переходи для підготовки циліндричних поверхонь до чистового оброблення, відповідно.

$$30 \quad D_{з1} = 66,5 \text{ мм}; D_{з2} = 53,0 \text{ мм}; D_{з3} = 35 \text{ мм}.$$

$$d_{в1} = 61,5 \text{ мм}; d_{в2} = 47,0 \text{ мм}; d_{в3} = 29,0 \text{ мм}.$$

35 Дослідні зразки встановлювали у трикулачковий патрон, вивіряли і закріпляли. На оброблюваних поверхнях здійснювали напівчистові проходи з глибиною різання $t = 1$ мм, подачею $s = 0,2$ мм/об і відповідними частотами обертання шпинделя. Для прикладу на фіг. 11 показано проходи при обробленні циліндричних поверхонь внутрішньої $\varnothing 50,0^{+0,074}$ мм і зовнішньої $\varnothing 63,5_{-0,062}$. При цьому необхідно відзначити, що при обробленні використовують один різець, зокрема при розточуванні внутрішньої циліндричної поверхні напрям обертання шпинделя проти годинникової стрілки, а при обточуванні зовнішньої циліндричної поверхні напрям обертання шпинделя за годинниковою стрілкою.

40 Здійснивши за вищеописаною технологією обробку дослідних зразків і використавши профілометр, наприклад моделі 296, визначають параметр шорсткості, зокрема середнє арифметичне відхилення профілю R_a , на кожній оброблюваній поверхні на десяти трасах, які рівномірно розміщені по колу (фіг. 5). Формували у статистичні ряди, які подані у таблиці 1.

Таблиця 1

Значення діаметрів та кривин циліндричних поверхонь, параметрів шорсткості R_{a_i} та характеристик розсіювання: $\bar{R}_{a_{p_i}}$ і $D(R_{a_{p_i}})$

Розрахункові параметри оброблюваних циліндричних поверхонь: діаметри D , мм - чисельник кривина ρ , $\frac{1}{\text{мм}}$ - знаменник мм		
63,5 0,031	50,0 0,041	32,0 0,062
Статистичні ряди параметра R_{a_i} , мкм для циліндричних поверхонь: зовнішніх - чисельник внутрішніх - знаменник		
1,26/1,75	1,53/1,75	1,47/1,63
1,02/1,63	1,42/1,52	1,51/1,44
0,96/1,66	1,26/1,87	1,24/1,56
151,02/1,87	1,34/1,31	1,25/1,53
1,00/1,95	1,26/1,77	1,05/1,55
1,00/1,91	1,25/1,42	1,22/1,72
0,91/1,79	1,27/1,73	1,35/1,70
1,04/1,47	1,13/1,87	1,14/1,25
0,86/1,92	0,87/1,75	1,36/1,30
0,94/1,65	1,22/1,45	1,27/1,34
Середні значення $\bar{R}_{a_{p_i}}$ для циліндричних поверхонь: зовнішніх - чисельник; внутрішніх - знаменник		
1,014/1,760	1,255/1,499	1,285/1,508
Дисперсії $D(R_{a_{p_i}})$ для $j=1,2,3$ порядкових номерів статистичних рядів $\bar{R}_{a_{p_i}}$ циліндричних поверхонь: зовнішніх - чисельник; внутрішніх - знаменник		
0,0137/0,0245	0,0306/0,0395	0,0199/0,0271

За критерієм Гребса для кожного із шести статистичних рядів, поданих у табл. 1, визначали наявність значень R_a , які різко виділяються. (Колкер Я.Д. Математический анализ точности механической обработки деталей / Колкер Я.Д. - К.: Техника, 1976. - 200 с.)

Визначали середні значення і дисперсії для кожного із статистичних рядів, отриманих як для зовнішніх, так і для внутрішніх поверхонь заданої кривини, а також і для поверхонь одної кривини, тільки опуклих та увігнутих.

Отримані дані цих значень подані у таблиці 2.

Таблиця 2

Значення критеріїв Гребса, Стюдента та Фішера для характеристик розсіювання випадкових величин R_a

Розмірні параметри оброблюваних циліндричних поверхонь діаметри D , мм - чисельник кривина ρ , $\frac{1}{\text{мм}}$ знаменник, мм		
63,5 0,031	50,0 0,041	32,0 0,062
Більші значення критерію Гребса - t_k для відповідних статистичних рядів параметра R_a циліндричних поверхонь: зовнішніх - чисельник; внутрішніх - знаменник, при допустимому значенні $t_k=2,44$		
2,104 1,214	2,171 2,365	1,666 1,515
Значення ймовірності $P(t_k)$ за критерієм Стюдента t_k , при допустимій ймовірності $P_q(t_k)=0,05$ за середнім значенням зовнішніх $\bar{R}_{a_{\text{в}}}$ і внутрішніх $\bar{R}_{a_{\text{в}}}$ циліндричних поверхонь Відмінність середніх значень: істотна "-"; неістотна "+"		
$P(t_k)=0 < P_q(t_k)=0,05$ "+"	$P(t_k)=0,02 < P_q(t_k)=0,05$ "+"	$P(f_i)=0,008 < P_q(t_k)=0,05$ "+"
Значення критерію Фішера $F = \frac{D_1^2(R_a)}{D_2^2(R_a)}$, $D_1(R_a) > D_2(R_a)$ і критерію $F_T=3,15$ при рівні значимості $q=0,05$ для дисперсій зовнішніх і внутрішніх циліндричних поверхонь однієї кривини Відмінні дисперсій: істотна "+"; неістотна "-"		
$F=1,788 < F_T=3,15$ "-"	$F=1,29 < F_T=3,15$ "-"	$F=1,35 < F_T=3,15$ "-"

Таблиця 3

Істотність відмінностей середніх значень \bar{R}_{a_i} за критерієм Стюдента - t_k і дисперсій $D(\bar{R}_{a_i})$ за критерієм Фішера - F

Співвідношення: діаметрів - чисельник, кривини - знаменник		
50,0/63,5 0,041/0,031	32,0/63,5 0,062/0,031	32,0/50,0 0,062/0,041
Зовнішні циліндричні поверхні Відмінності: істотна "+"; неістотна "-"		
$P(t_k)=0,013 < P_q(t_k)=0,05$ "+"	$P(t_k)=0,001 < P_q(t_k)=0,05$ "+"	$P(t_k)=0,698 > P_q(t_k)=0,05$ "-"
$F=2,23 < F_T=3,15$ "-"	$F=1,45 < F_T=3,15$ "-"	$F=1,54 < F_T=3,15$ "-"
Внутрішні циліндричні поверхні Відмінності: істотна "+"; неістотна "-"		
$P(t_k)=0,013 < P_q(t_k)=0,05$ "+"	$P(t_k)=0,008 < P_q(t_k)=0,05$ "+"	$P(t_k)=0,922 > P_q(t_k)=0,05$ "-"
$F=1,61 < F_T=3,15$ "-"	$F=1,06 < F_T=3,15$ "-"	$F=1,45 < F_T=3,15$ "-"

5 На основі отриманих результатів можна стверджувати, що кривина циліндричних поверхонь суттєво впливає на параметри шорсткості R_a . Із збільшенням ρ параметр R_a зростає. Крім цього, увігнутість при однакової кривині більше впливає на R_a ніж опуклість циліндричної поверхні.

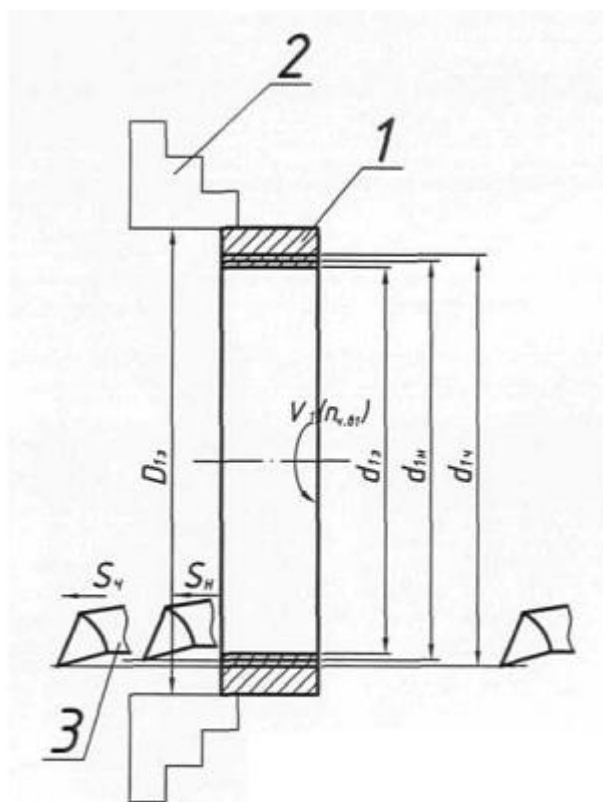
Таким чином, запропонований спосіб визначення впливу кривини оброблюваної циліндричної поверхні на параметри шорсткості R_a і R_z забезпечить спрощення процесу визначення впливу кривини обробленої поверхні на R_a і R_z з одночасним забезпеченням підвищення точності і достовірності впливу кривини обробленої поверхні на R_a і R_z .

5

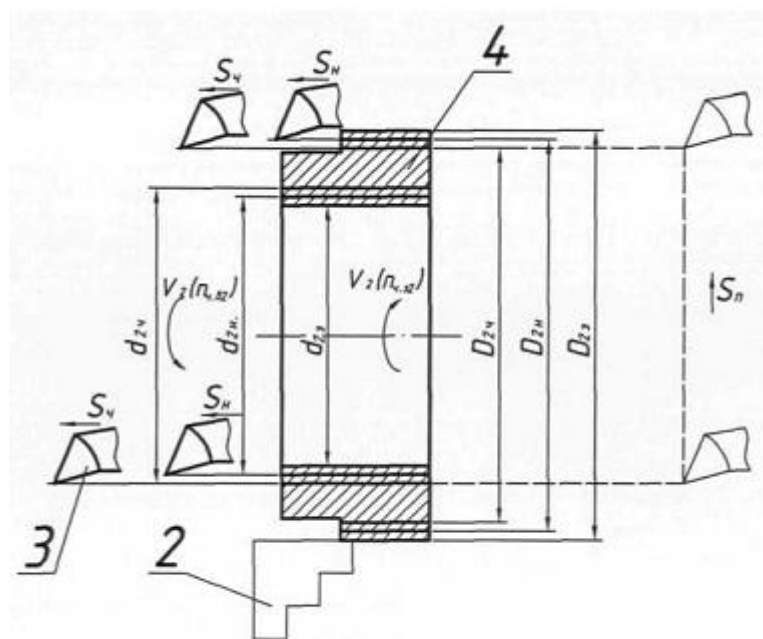
ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Спосіб визначення впливу кривини обробленої поверхні на її шорсткість, при якому використовують дослідний зразок у вигляді пустотілого тіла обертання і використовують токарний верстат та токарні прохідні і розточувальні різці з однаковими геометричними параметрами та радіусами при їх вершинах і забезпечують відповідними програмами постійні значення елементів режиму різання: глибину різання - t , подачу - S і швидкість різання - V , і здійснюють на цих режимах процес різання як по внутрішній, так і по зовнішній поверхнях, знімають дослідний зразок, встановлюють його на столі профілометра або профілографа і визначають значення параметру R_a або знімають профілограми, обробляють і отримують значення параметрів R_a і R_z на певних діаметрах внутрішньої і зовнішньої поверхонь, які відповідають значенням кривини відповідно ρ_B , ρ_3 і за цими даними встановлюють вплив кривини ρ обробленої поверхні на параметри шорсткості R_a і R_z , який **відрізняється** тим, що як дослідний зразок використовують товстостінні циліндричні кільця з різними діаметрами їх внутрішніх і зовнішніх циліндричних поверхонь, з різними значеннями їх кривини ρ_j , які визначають із залежності $\rho_j = \pi \cdot n_j / 500 \cdot V$, де n - частота обертання шпинделя верстата, $j = 1, 2, 3 \dots (k-1)$, k , де j - порядкові номери ступенів частот обертання шпинделя, k - кількість ступенів частот обертання шпинделя; V - задана для оброблюваного матеріалу швидкість різання, і на кожній i -тій ($i=1, 2, 3 \dots 10$) із десяти рівномірно розміщених по колу трас, на отриманих в процесі різання циліндричних внутрішніх і зовнішніх поверхнях з відповідними значеннями кривини ρ_j , визначають значення параметрів шорсткості R_{ai} і R_{zi} , які приймають як випадкові величини з нормальним законом розподілу, визначають середні значення цих параметрів \bar{R}_{aj} , \bar{R}_{zj} та дисперсії $D(R_{aj})$, $D(R_{zj})$, перевіряють за критеріями Гребса або Романовського, або Ірвіна наявність у статистичних рядах R_{ai} і R_{zi} значень, які різко виділяються, і при їх наявності ці значення відкидають і додатково визначають R_a на інших трасах або знімають профілограми і включають їх у вибірки, щоб величина вибірки залишилась не менше 10, і знову визначають вибіркові значення R_{ajB} , і R_{zjB} та $D(R_{ajB})$, $D(R_{zjB})$, повторюють виявлення значень, що різко виділяються, і за одним із вищеподаних критеріїв при відсутності значень, що різко виділяються, серед значень статистичних рядів за W критерієм узгодження розподілу перевіряють відповідність експериментальних значень R_{ai} і R_{zi} нормальному закону розподілу і за теорією малої вибірки визначають вибіркові математичні сподівання, які приблизно дорівнюють середнім значенням $M_B(R_{aj}) \approx \bar{R}_{aj}$, $M_B(R_{zj}) \approx \bar{R}_{zj}$ та дисперсії $D_B(R_{aj})$ і $D_B(R_{zj})$, і використовують критерій Стьюдента t_k і Фішера F , за якими встановлюють істотність впливу кривини обробленої поверхні на параметри шорсткості R_a і R_z .

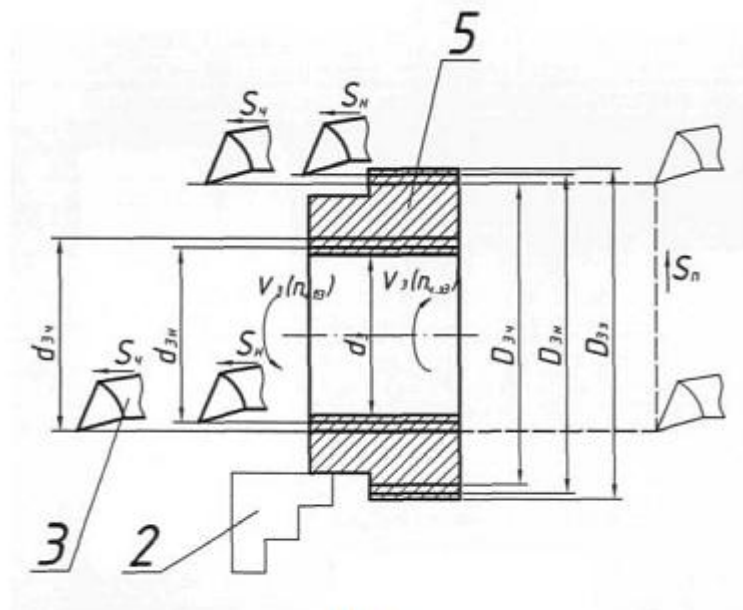
40



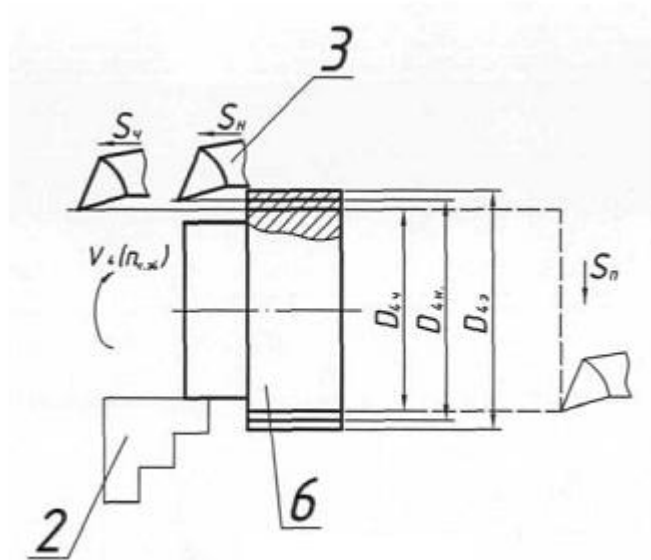
Фиг. 1



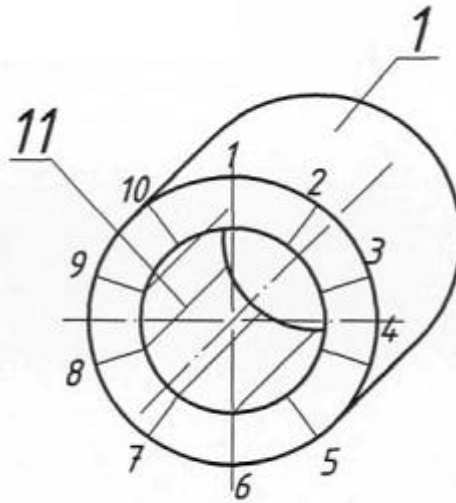
Фиг. 2



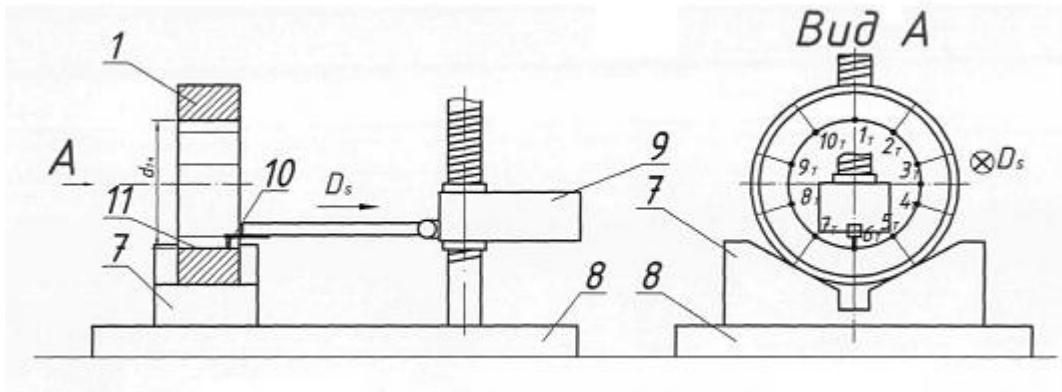
Фиг. 3



Фиг. 4

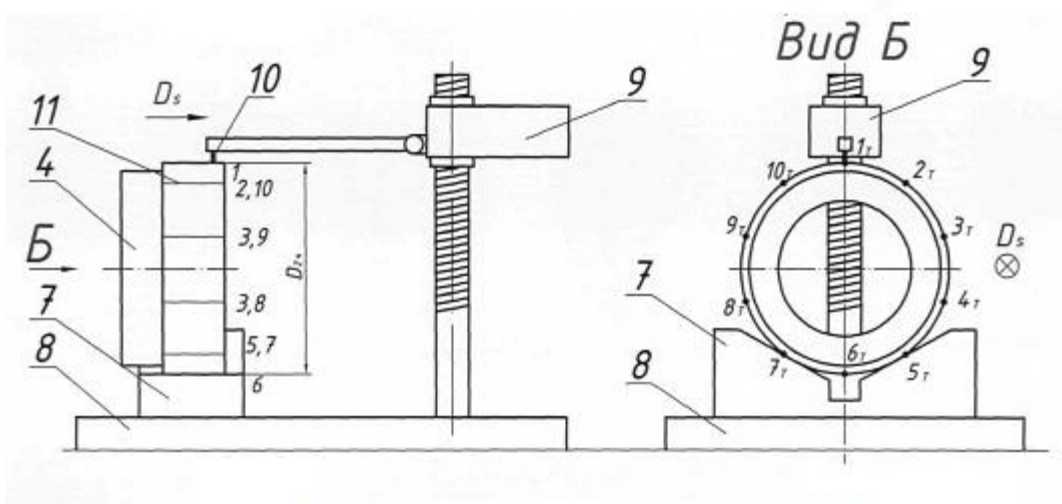


Фиг. 5



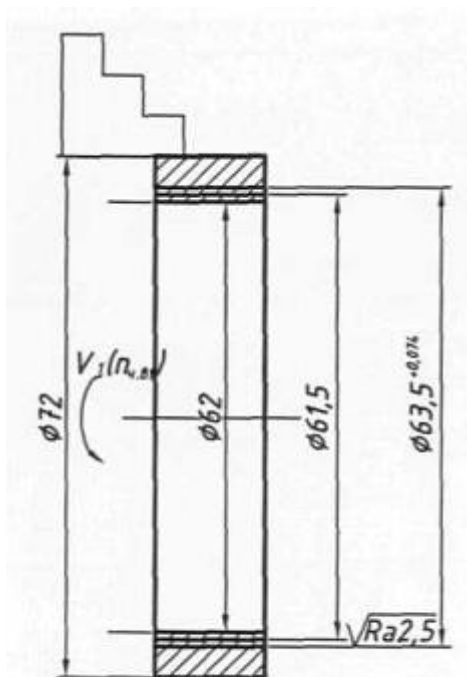
Фиг. 6

Фиг. 7

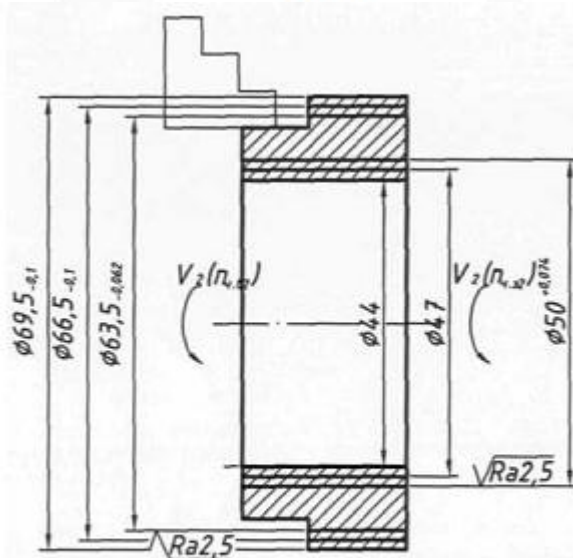


Фиг. 8

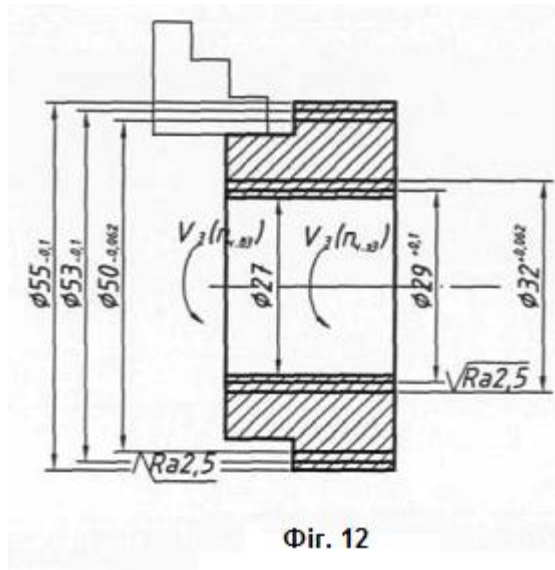
Фиг. 9



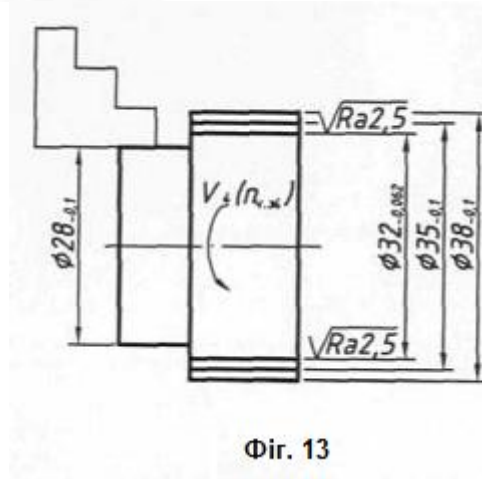
Фиг. 10



Фиг. 11



Фиг. 12



Фиг. 13

Комп'ютерна верстка А. Крижанівський

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Василя Липківського, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

ДП "Український інститут інтелектуальної власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601