

П.Д. Кривий, к.т.н., проф.

В.О. Дзюра, к.т.н., доц.

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

ПРОГРЕСИВНА ДВОРІЗЦЕВА АДАПТИВНА РОЗТОЧУВАЛЬНА ГОЛОВКА

Розроблено конструкцію прогресивної адаптивної розточувальної головки з самоустановлювальними металорізальними елементами, яка забезпечує налаштування її на задану точність оброблення внутрішньої циліндричної поверхні залежно від її діаметра, величини поля допуску та схеми його розміщення. Описано будову адаптивної розточувальної головки та принцип її роботи. Для зменшення дії ударних навантажень під час врізання металорізальних елементів, на упорних та регулювальних гвинтах використано пружні демпфери. На основі розробленої розрахункової схеми отримано аналітичні залежності для визначення величини зазору між упорними і регулювальними гвинтами розточувальної головки та встановлено його значення для оброблення отворів різної точності при однакових конструктивних та геометричних параметрах металорізальних елементів, величини поля допуску, його розміщення. Побудовано графіки залежності величини Δ від номінального діаметра внутрішньої циліндричної поверхні оброблюваних отворів та різних квалітетів точності. Отримано графічні залежності мають практичну цінність і можуть бути використані під час безпосереднього налаштування головки у виробничих підрозділах.

Ключові слова: адаптивна розточувальна головка; самоустановлювальні металорізальні елементи; конструктивні параметри; точність оброблення; внутрішня циліндрична поверхня, параметр, налаштування.

Постановка проблеми. Інтенсифікація режимів функціонування сучасних машин з одночасним ускладненням умов їх експлуатації ставить необхідність значного підвищення якості поверхонь деталей, які є виконавчими органами цих машин. В першу чергу, це стосується довгомірних внутрішніх циліндричних поверхонь сформованих розточуванням з використанням спеціального інструментального оснащення, зокрема розточувальних інструментів.

При цьому однією з найважливіших проблем у забезпеченні високої якості таких поверхонь є забезпечення постійності показників якості, зокрема шорсткості й точності по всій довжині отворів, особливо у деталях з не перпендикулярним до осі отвору торцем. Ця проблема, певною мірою, вирішується використанням запропонованого інструментального оснащення, що безперечно є актуальним.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Обробка отворів самоустановлювальними інструментами внаслідок великої їх жорсткості виключає чи суттєво знижує вплив факторів, які викликають похибку розміру, а саме: геометричні неточності верстата та пристосувань, похибки базування оброблюваної деталі та інструменту, податливість технологічної системи, нестабільність механічних властивостей оброблюваного матеріалу тощо [1–3].

У роботі [4] розглянуто умови самовстановлюваності плаваючих різцевих блоків в комбінованому інструменті під час оброблення отворів на трубозточувальних верстатах. Інструмент із інструментальним блоком та пружними зв'язками, який забезпечує самовстановлення в перехідних процесах, дозволяє розглядати розточування отвору як неперервний процес, що дає можливість не зменшувати режими різання під час оброблення отвору в процесі врізання інструменту зі сторони не перпендикулярного торця деталі, а також отримати високу якість обробленої поверхні без додаткового використання спеціальних інструментів, які використовують для отримання отворів високої точності [5].

Найбільш перспективним методом усунення неспіввісності осей інструменту та заготовки під час оброблення отворів є використання самовстановлювальних інструментів, з яких найбільш технологічними є плаваючі дволезові блоки [5].

Також у роботі [5] наведено умови збереження та втрати рівноваги під час обробки отворів самовстановлювальними інструментами, зокрема розглянуто схеми дії сил, що діють на дволезовий інструмент під час розточування отвору.

Визначенню оптимальних конструктивних параметрів самовстановлювальних інструментів присвячені роботи [6, 7]. Однак під час аналізу літературних та патентних джерел не було виявлено технічних рішень, зокрема інструментів для розточування, які б дозволяли керувати точністю обробки внутрішніх циліндричних поверхонь під час їх оброблення.

Постановка завдання. Метою даної статті є розроблення конструкції прогресивної дворізевої адаптивної розточувальної головки та методики налаштування її на задану точність оброблення.

Викладення основного матеріалу. Прогресивна дворізева адаптивна розточувальна головка (рис. 1) складається з корпусу 1 у вигляді кронштейна, з хвостовиком 29, на якому виконана різьба 27 і конічна поверхня 29 з одного боку і U-подібні виступи 30 і 36 з іншого, які паралельні осі хвостовика 28. В U-подібних виступах 30, 36 виконані співвісні отвори 32 і 33 у яких встановлена вісь 35, що зафіксована гайкою 34. На цій осі 35, з можливістю повороту, у паз 5 встановлений рівноплечий важіль 10, на кінцях якого закріплені швидкозмінні твердосплавні різальні елементи 9 і 19.

У корпусі 1, в діаметрально-протилежних напрямках, паралельно U-подібним бічним виступами 30 і 36, напроти рівноплечого важеля 10 виконані два ступінчасті отвори 4 і 24, в яких розміщені упорні гвинти 2 і 26 довжиною більшою довжини отворів 4 і 24 і з сторони хвостовика ці упорні гвинти зафіксовані гайками 3 і 25. У рівноплечому важелі 10, співвісно із ступінчастими отворами 4 і 24, виконані наскрізні різьбові отвори 11 і 18, у які загвинчені регулювальні гвинти 13 і 17.

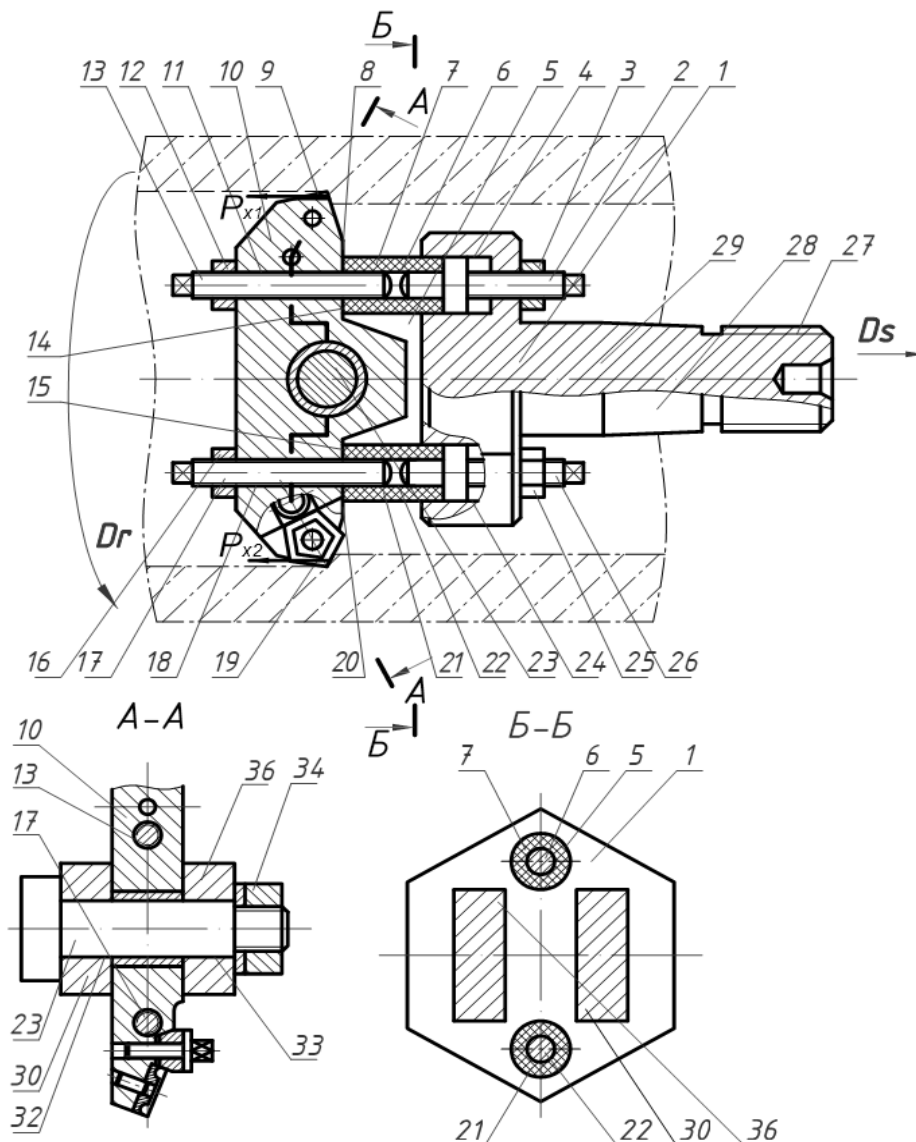


Рис. 1. Конструкція прогресивної дворізевої адаптивної розточувальної головки

Для зменшення дії ударних навантажень на упорних та регулювальних гвинтах, що можуть виникати під час врізання ріжучих елементів в тіло заготовки доцільно використовувати пружні демпфери.

У ступенях більшого діаметра ступінчатих отворів 4 і 24 встановлені пустотілі циліндричні пружні демпфери 7 і 21, які своїми внутрішніми циліндричними поверхнями 6 і 22 спряжені з, одного боку, з упорними ступінчастими гвинтами 2 і 26, а з другого боку, з регулювальними гвинтами 13 і 17.

Довжина регулювальних гвинтів 13, 17 більша ніж довжина наскрізних різевих отворів 11, 18 виконаних у рівноплечому важелі 10. На кінцях упорних і регулювальних гвинтів 2, 26 і 13, 17, що розміщені у пружних демпферах 7 і 21 виконані сферичні поверхні, радіус яких r не менший від величини:

$$r \geq \sqrt{\frac{10 \cdot C_p \cdot t^{x_{py}} \cdot s^{y_{py}} \cdot K}{0,785 \cdot [\sigma]_{зм}}},$$

де C_p – коефіцієнт пропорційності у емпіричній формулі для визначення складової P_x ;

t – глибина різання, мм;

x_{py}, y_{py} – показники степенів, які характеризують вплив глибини різання і подачі складову P_x ;

s – подача, мм/об;

K – поправочний коефіцієнт;

$[\sigma]_{зм}$ – допустиме зусилля зминання матеріалу гвинтів, МПа.

Лівими торцями пружні демпфери 7 і 21 оперті на плоскі поверхні 8 і 20 рівноплечого важеля 10.

Перед використанням прогресивної дворізевої адаптивної розточувальної головки здійснюють її налагодження. Попередньо за встановленими елементами режиму різання (глибиною, подачею і швидкістю різання) з урахуванням фізико-механічних властивостей оброблюваного матеріалу, використовуючи відомі емпіричні формули, визначають розрахункову величину осьової складової сили різання – P_x . Експериментально визначають середню жорсткість c_{np} окремих пружних демпферів навантажуючи їх осьовою змінною відомою силою F_{oi} і вимірюючи при цьому величину пружної деформації Δ_{pi} , за формулою:

$$c_{np} = \left(\frac{F_{01}}{\Delta_{пp1}} + \frac{F_{02}}{\Delta_{пp2}} + \dots + \frac{F_{0n}}{\Delta_{пpn}} \right) \frac{1}{n},$$

де $F_{01} < F_{02} < \dots < F_{0n}$ – значення осьових зусиль, які прикладені до пружних демпферів; $\Delta_{пp1}, \Delta_{пp2}, \dots, \Delta_{пpn}$ – значення величин деформацій від прикладання відповідних осьових зусиль; n – кількість значень осьових зусиль, які прикладаються до кожного із пружних демпферів.

Встановлюють і закріплюють, загвинчуючи прогресивну дворізеву адаптивну розточувальну головку її різивою поверхнею 27 у різевий отвір оправки для закріплення у різцетримачі токарного верстата і одночасно з тим базуючи її по конічній поверхні 28. Загвинчують попередньо упорні ступінчасті гвинти 2 і 26 і деформують пружні демпфери 7 і 21 створюючи при цьому зусилля на кожному демпфері величиною $(0,3-0,5)P_x$. На супорті верстата встановлюють мікроскоп, в окулярі оптичної системи якого розміщена Декартова система координат. Мікроскоп встановлюють так, щоб вертикальна вісь співпадала з горизонтальною твірною U-подібних бічних виступів 30 і 36, а вертикальна вісь співпадала з вершинами швидкозмінних твердосплавних різальних елементів. У випадку, коли вершини швидкозмінних твердосплавних різальних елементів не співпадають з вертикальною віссю шкали, догвинчуванням відповідних упорних ступінчастих гвинтів 2 або 26 добиваються співпадання вершин різальних елементів з вертикальною віссю Декартової системи координат.

Положення упорних ступінчастих гвинтів 2 і 26 зафіксують гайками 3 і 25. В подальшому загвинчують регулювальні гвинти 13 і 17 до контакту їх сферичних поверхонь зі сферичними поверхнями упорних ступінчастих гвинтів 2 і 26 зафіксованих гайками 3 і 25. Знаючи крок різі t_p на регулювальних гвинтах 13 і 17 і маючи розрахункову величину Δ , ці регулювальні гвинти відгвинчують на кут θ із наступною їх фіксацією, який визначається із залежності: $\theta = 360 \cdot \Delta / t_p$, град.

Для випадку, коли поля допусків отворів розміщені у системі отвору «Н» величину Δ , визначимо скориставшись розрахунковою схемою поданою на рисунку 2. Необхідно зазначити те, що розрахункова схема подана на рисунку 2 справедлива для випадків, коли відхилення діаметра обробленої внутрішньої циліндричної поверхні можуть бути розміщені за іншими схемами розміщення полів допусків, наприклад P , J_s , D .

При цьому прийняте допущення, що під час взаємодії упорних та регулювальних гвинтів головки їх пружні деформації достатньо малі і тому їх не враховують.

Взаємні положення упорних і регулювальних гвинтів та величину Δ зазору між ними у положенні визначали з розрахункової схеми (рис. 2).

У загальному, використавши позначення $A_0O_1 = a$, $O_1C = FO_3 = r$; $AO_3 = X_{O_3}$ отримаємо $\Delta = X_{O_3} - (a + 2r)$.

Таким чином, для визначення величини Δ , як параметра налаштування прогресивної дворіцевої адаптивної розточувальної головки, необхідно знайти величину X_{O_3} .

Координати точки O_3 знайдемо як координати точки перетину кола з радіусом $2r$ з центром в т. O_2 з прямою A_0O_3 .

Для того, щоб записати рівняння кола з радіусом r і центром у точці O_2 , визначалися координати точки O_2 . Спочатку знайдемо величину кута α_0 .

Розглянемо $\triangle OLE$; $OE = R_{max}$; $OL = R_{min} = R_{max} - \frac{\delta}{2}$.

$$\text{Звідки } \cos \alpha_0 = \frac{2 \cdot R_{max} - \delta}{2 \cdot R_{max}} = 1 - \frac{\delta}{2 \cdot R_{max}},$$

де R_{max} – максимально допустимий радіус обробленої циліндричної поверхні; δ – допуск відповідного квалітету на діаметр обробленої поверхні, мм. δ визначається як $ES - EI$, де ES – верхнє граничне відхилення, мм, а EI – нижнє граничне відхилення, мм.

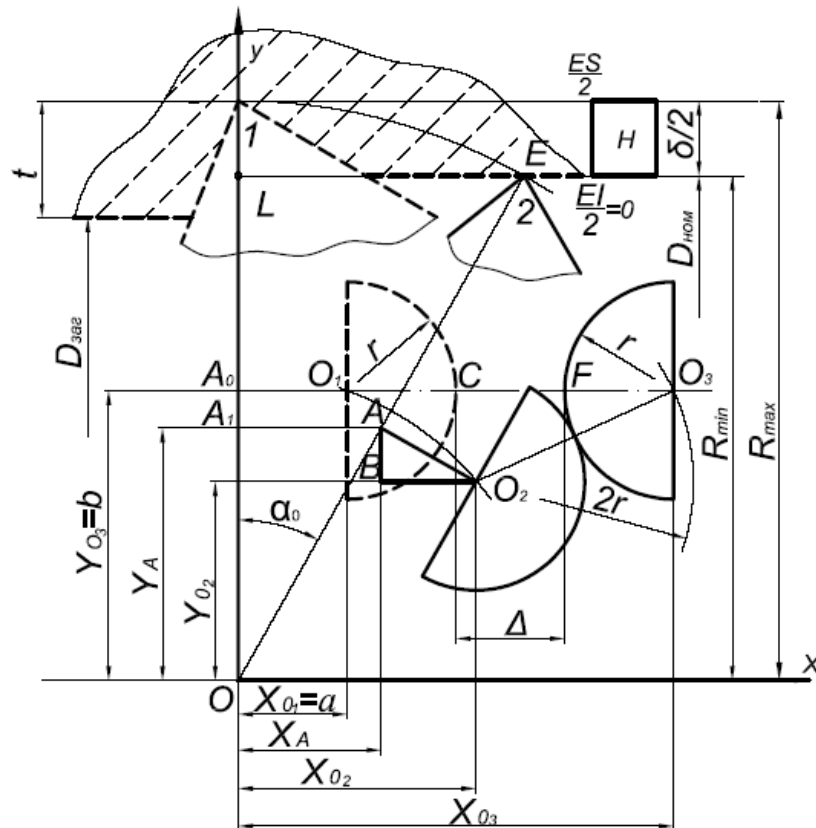


Рис. 2. Розрахункова схема для визначення величини зазору Δ між упорними і регулювальними гвинтами прогресивної дворіцевої розточувальної головки:

1 – початкове положення вершини різця;

2 – максимально можливе кінцеве положення вершини різця

Відповідно:

$$\alpha_0 = \arccos\left(1 - \frac{\delta}{2 \cdot R_{\max}}\right).$$

Використавши властивості обернених тригонометричних функцій, можемо записати:

$$\sin \alpha_0 = \sin\left[\arccos\left(1 - \frac{\delta}{2 \cdot R_{\max}}\right)\right].$$

Звідки отримаємо:

$$\alpha_0 = \arcsin\sqrt{4\delta \cdot R_{\max} - \delta^2} / 2R_{\max},$$

З $\triangle OA_1A$ з урахуванням того, що $AO = A_0O$ і прийнявши, що $OA_0 = b$, отримаємо координати точки А: абсцису $X_A = b\sqrt{4\delta \cdot R_{\max} - \delta^2} / 2R_{\max}$; ординату $Y_A = b(1 - \delta / 2R_{\max})$.

Розглянувши $\triangle ABO_2$, визначимо координати X_{O_2} і Y_{O_2} центра кола, який розміщений у т. O_2 з радіусом r_k і скориставшись $\triangle ABO_2$ після спрощень, отримаємо в системі координат XOY :

$$X_{O_2} = \frac{b\sqrt{4 \cdot \delta \cdot R_{\max} - \delta^2} + 2aR_{\max} - \delta \cdot a}{2 \cdot R_{\max}}, \quad (1)$$

$$Y_{O_2} = \frac{2 \cdot b \cdot R_{\max} - \delta \cdot b - a\sqrt{4 \cdot \delta \cdot R_{\max} - \delta^2}}{2 \cdot R_{\max}}, \quad (2)$$

Тоді рівняння кола з центром в т. O_3 і її координатами X_{O_3} і Y_{O_3} виражаться формулою:

$$R_k^2 = (2r)^2 = (b - Y_{O_2})^2 + (X_{O_3} - X_{O_2})^2. \quad (3)$$

Здійснивши заміну:

$$c = X_{O_2}^2 + b^2 - 2bY_{O_2} + Y_{O_2}^2 - 4r^2$$

і спростивши рівняння (3) будемо мати:

$$X_{O_3} = X_{O_2} \pm \sqrt{-b^2 + 2bY_{O_2} - Y_{O_2}^2 + 4r^2}. \quad (4)$$

Виразивши у рівняннях (1) і (2) R_{\max} через $(D_{\text{НОМ}} + ES)/2$ отримаємо

$$X_{O_2} = \frac{b\sqrt{2 \cdot \delta \cdot (D_{\text{НОМ}} + ES) - \delta^2} + a \cdot (D_{\text{НОМ}} + ES) - \delta \cdot a}{D_{\text{НОМ}} + ES}; \quad (5)$$

$$Y_{O_2} = \frac{-a\sqrt{2 \cdot \delta \cdot (D_{\text{НОМ}} + ES) - \delta^2} + b \cdot (D_{\text{НОМ}} + ES) - \delta \cdot b}{D_{\text{НОМ}} + ES}. \quad (6)$$

Підставивши (5) і (6) у рівняння (4) після спрощення будемо мати:

$$X_{O_3} = \frac{b\sqrt{2 \cdot \delta \cdot (D_{\text{НОМ}} + ES) - \delta^2} + a \cdot (D_{\text{НОМ}} + ES) - \delta \cdot a}{D_{\text{НОМ}} + ES} + \sqrt{-b^2 + 2 \cdot b \cdot \left(\frac{b \cdot (D_{\text{НОМ}} + ES) - \delta \cdot b - a\sqrt{2 \cdot \delta \cdot (D_{\text{НОМ}} + ES) - \delta^2}}{D_{\text{НОМ}} + ES} \right)} -$$

$$- \sqrt{\left(\frac{b \cdot (D_{\text{НОМ}} + ES) - \delta \cdot b - a \sqrt{2 \cdot \delta \cdot (D_{\text{НОМ}} + ES) - \delta^2}}{D_{\text{НОМ}} + ES} \right)^2 + 4r^2}.$$

Оскільки $\Delta = XO_3 - (a + 2r)$, то

$$\begin{aligned} \Delta = & \frac{b \sqrt{2 \cdot \delta \cdot (D_{\text{НОМ}} + ES) - \delta^2} + a \cdot (D_{\text{НОМ}} + ES) - \delta \cdot a}{D_{\text{НОМ}} + ES} + \\ & + \sqrt{-b^2 + 2 \cdot b \left(\frac{b \cdot (D_{\text{НОМ}} + ES) - \delta \cdot b - a \sqrt{2 \cdot \delta \cdot (D_{\text{НОМ}} + ES) - \delta^2}}{D_{\text{НОМ}} + ES} \right) -} \\ & - \sqrt{\left(\frac{b \cdot (D_{\text{НОМ}} + ES) - \delta \cdot b - a \sqrt{2 \cdot \delta \cdot (D_{\text{НОМ}} + ES) - \delta^2}}{D_{\text{НОМ}} + ES} \right)^2 + 4r^2} - (a + 2r). \end{aligned} \quad (7)$$

Отримана залежність дозволяє визначити відстань між упорними і регулювальними гвинтами розточувальної головки, що забезпечить рух вершин різальних елементів у межах заданого поля допуску, тобто задану точність оброблення внутрішньої циліндричної поверхні отвору.

Для побудови графічних залежностей значення Δ від номінального діаметра D оброблюваної заготовки для різних квалітетів точності прийнято такі значення конструктивних параметрів розточувальної головки $a = D/10$; $b_1 = D/4$; $b_2 = 7D/16$; $r = 6$.

За даними розрахунків побудовано графічні залежності (рис. 3). Величина Δ залежить від величини поля допуску і не залежить від його розміщення.

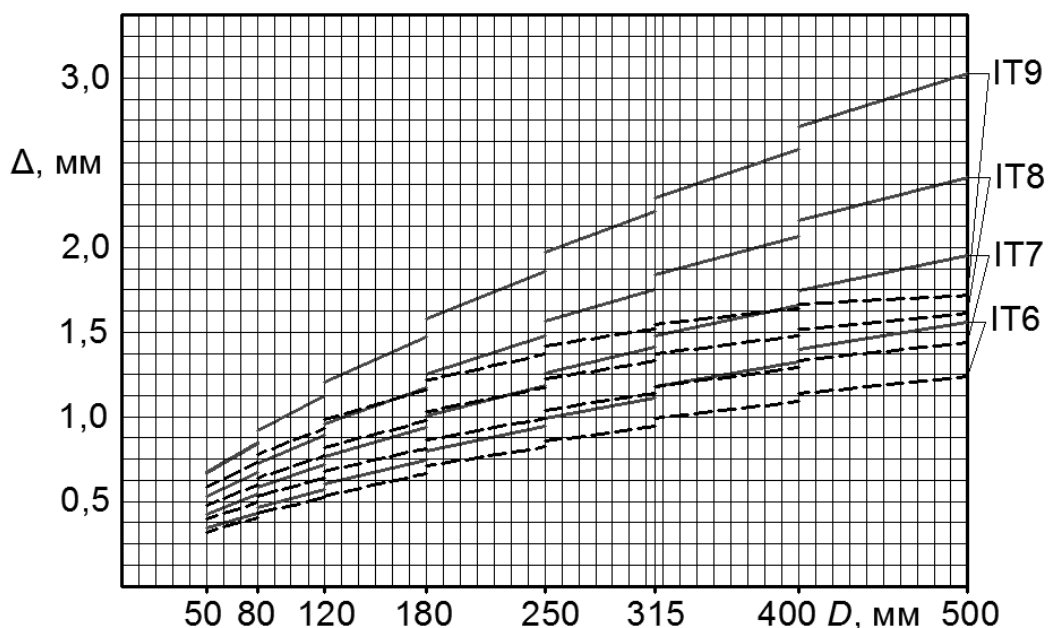


Рис. 3. Графіки залежності величини Δ від номінального діаметра D внутрішньої циліндричної поверхні оброблених отворів при $a = D/10$ та різних квалітетів точності
 ---- $b = D/4$; - - - $b = 7D/16$

Після налагодження головки її знімають з оправки. На оправку, яка закріплена у різцетримачі верстата спочатку встановлюють заготовку у вигляді труби. Потім з'єднують головку із оправкою за допомогою різцевої поверхні 27 (рис. 1) базуючи по конічній поверхні 29. Після чого заготовку трубу встановлюють у спеціальний кулачковий патрон, встановлюють її і закріплюють.

Налагоджена головка працює таким чином. Включають обертовий рух заготовки D_r і подачу головки D_s . При однакових осьових складових сил різання, що виникають у процесі різання на першому і другому різальних елементах, тобто $P_{x1} = P_{x2}$, рівноплечий важіль 10 знаходиться статичному нерухомому положенні відносно своєї осі, тобто у рівновазі.

У випадку, коли рівновага порушується, тобто $P_{x1} > P_{x2}$, і наприклад, $P_{x1} > P_{x2}$, і коли на різальному елементі 9 (рис. 1) сила P_x більша ніж на різальному елементі 19 важіль 10 повертається проти годинникової стрілки, зменшуючи при цьому подачу на різальний елемент 9 і одночасно збільшуючи подачу на різальний елемент 19, забезпечуючи при цьому умову рівноваги $P_{x1} = P_{x2}$.

Якщо ж осьова складова сили різання на другому різці 19 – P_{x2} виявиться більшою ніж P_{x1} , то поворотом рівноплечого важеля у протилежному напрямі забезпечиться умова $P_{x1} = P_{x2}$. Пружні демпфери 7 і 21 гасять коливання осьових складових сил, особливо на етапах врізання і виходу із контакту різців з оброблювальною поверхнею. Якщо, наприклад, різальний елемент 9 відхилився на таку величину, за якої умова рівноваги не може бути забезпечена, рівноплечий важіль 10 повернеться проти годинникової стрілки на певний кут і при цьому вибирається зазор між сферичними поверхнями упорного ступінчастого гвинта 26 і регулювального гвинта 17 і тоді адаптивна головка працюватиме як головка із жорстко закріпленими різцями, забезпечуючи при цьому задану точність. Аналогічна ситуація буде мати місце, коли осьова складова сили різання на різальному елементі 19 буде більша ніж на різальному елементі 9, тобто $P_{x1} < P_{x2}$.

Таким чином, запропонована прогресивна дворізева адаптивна розточувальна головка забезпечує спрощене налаштування на заданий розмір певного квалітету та можливість використання багатограних твердосплавних пластин, а в певних умовах дозволяє не втрачати своєї працездатності й працювати як інструмент із жорстко закріпленими різцями, що підвищує надійність роботи.

Висновки:

1. Запропоновано конструкцію адаптивного інструмента з самоустановлювальними інструментальними блоками для розточування внутрішніх циліндричних поверхонь з можливістю регулювання точності оброблених отворів.
2. Розроблено методику розрахунку конструктивних параметрів та налаштування запропонованого інструментального оснащення для розточування внутрішніх циліндричних поверхонь на задану точність обробки залежно від його конструктивних параметрів.
3. Отримано графічні залежності мають практичну цінність і можуть бути використані під час безпосереднього налаштування головки у виробничих підрозділах.

Список використаної літератури:

1. *Летихов В.Г.* Самоустанавливающиеся инструменты / *В.Г. Летихов.* – М. : Машиностроение, 1974. – 80 с.
2. *Луців І.В.* Порівняльна характеристика процесу самовстановлювання чотирилезового інструменту для зенкерування отворів та існуючих самовстановлюваних інструментів / *І.В. Луців, Ю.Я. Вовк* // Матеріали 3-ї Всеукраїнської конференції: «Современные металлорежущие системы машиностроения». – Донецьк, 2002. – С. 78–82.
3. *Инструменты для обработки точных отверстий* / *С.В. Кирсанов, В.А. Гречишников, А.Г. Схиртладзе, В.И. Кокарев.* – М. : Машиностроение, 2005. – 336 с.
4. Самоустанавливаемость плавающего резцового блока в комбинированном инструменте при обработке на трубосточных станках / *В.Г. Боярский, К.Т. Шеров, М.Р. Сихимбаев, В.Ф. Макеев.* – Фундаментальные исследования. – 2012. – № 6–2. – С. 414–418.
5. *Вовк Ю.Я.* Самовстановлювальні інструментальні блоки з пружними зв'язками для обробки отворів : дис. ... канд. техн. наук : 05.03.01 / *Вовк Юрій Ярославович* // Терноп. держ. техн. ун-т ім. І.Пулюя. – Т., 2007. – 197 с.
6. *Луців І.* Формування шорсткості і хвилястості поверхні при багатолезовій адаптивній обробці / *І.Луців* // Вісник Тернопільського дер. техн.ун-ту. – 1999. – Т. 4. – № 3. – С.135–138.

7. Кривий П.Д. Інструментальне забезпечення процесу комбінованого розточування глибоких отворів тонкостінних циліндрів / П.Д. Кривий, В.В. Крупа // Вісник ЖДТУ. – 2012. – № 2 (61). – С. 15–25.

References:

1. Lepikhov, V.G. (1974), *Samoustanavlivayushchiesya instrumenty*, Mashinostroenie, Moscow, 80 p.
2. Lutsiv, I.V. and Vovk, Yu.Ya. (2002), “Porivnyal'na kharakteristika protsesu samovstanovlyuvannya chotirilezovogo instrumentu dlya zenkeruvannya otvoriv ta isnuyuchikh samovstanovlyuvanikh instrumentiv”, *Proceedings of the III All-Ukraine conference “Sovremennye metallovezhushchie sistemy mashinostroeniya”*, May 4–5, 2002, DNTU, Donetsk, Ukraine, pp.78–82.
3. Kirsanov, S.V., Grechishnikov, V.A., Skhirtladze, A.G. and Kokarev, V.I. (2005), *Instrumenty dlya obrabotki tochnykh otverstiy*, Mashinostroenie, Moscow, 336 p.
4. Boyarskii, V.G., Sherov, K.T., Sikhimbaev, M.R. and Makeev, V.F. (2012), “Samoustanavlivaemost' plavayushchego reztsovogo bloka v kombinirovannom instrumente pri obrabotke na truborastochnykh stankakh”, *Fundamental'nye issledovaniya*, No. 6–2, pp. 414–418.
5. Vovk, Yu.Ya. (2007), *Samovstanovliuvalni instrumentalni bloky z pruzhnymy zviyazkami dlia obrobky otvoriv: dissertation*, TDTU, Ternopil, 197 p.
6. Lutsiv, I. (1999), “Formuvannya shorstkosti i khvyliastosti poverkhni pry bahatolezovii adaptivnii obrobtsi”, *Visnyk Ternopil'skoho derzhavnogo tekhnichnoho universytetu*, Vol. 4, No. 3, pp. 135–138.
7. Kryvyy, P.D. and Krupa, V.V. (2012), “Instrumentalne zabezpechennya protsesu kombinovanoho roztochuvannya hlybokykh otvoriv tonkostinnykh tsylindriv”, *Visnyk ZhDTU*, No. 2 (61), pp. 15–25.

КРИВИЙ Петро Дмитрович – кандидат технічних наук, професор кафедри конструювання верстатів, інструментів та машин Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя

Наукові інтереси:

- синтез нових технологій та інструментального забезпечення для підвищення якості робочих поверхонь деталей машин;
- конструкторсько-технологічне забезпечення підвищення несучої здатності приводних роликів і втулкових ланцюгів в тому числі ланцюгових передач нафтогазодобувних бурових установок.

ДЗЮРА Володимир Олексійович – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри транспортних технологій, начальник науково-дослідної частини Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя.

Наукові інтереси:

- технологія оброблення внутрішніх циліндричних поверхонь довгомірних заготовок;
 - технологія нанесення регулярних мікрорельєфів на внутрішніх циліндричних поверхнях.
- E-mail: volodymyrdzyura@gmail.com.

Стаття надійшла до редакції 05.09.2016.