

Ю.М. Кузнцов, О.В. Литвин, А.Р. Ібрагім Фархан

ТОЧНІСТЬ АВТОМАТИЧНОГО МАНІПУЛЮВАННЯ ЗАТИСКНИМИ ЦАНГАМИ У ТОКАРНОМУ МОДУЛІ

Приведено схеми і даний аналіз впливу різноманітних чинників на точність автоматичної установки затискних цанг у токарському верстатному модулі при їхній автоматичній зміні.

В умовах багатомеклатурного гнучкого автоматизованого виробництва при обробці деталей типу тіл обертання на токарних верстатах із ЧПК, що входять до складу токарних модулів і працюючих при взаємодії з промисловим роботом і накопичувальними пристроями, актуальним є здійснення допоміжних операцій, пов'язаних з автоматичною зміною затискних елементів. До автоматичних змінюваних затискних елементів відносяться затискні цанги, швидкодія, точність і надійність зміни і позиціонування яких багато в чому визначають надійність роботи токарського модуля і точність оброблюваних на ньому деталей. На верстатах із ЧПК існують пристрої автоматичної зміни токарських патронів у цілому і їх затискних елементів – кулачків [5, 6]. Для здійснення процесу автоматичної зміни затискних цанг у токарних автоматах є відомі розробки в цьому напрямку на рівні винаходів і ряду публікацій [1, 2, 3]. До основних факторів, що впливають на точність установки цанги в шпindel токарського модуля, відносять: 1) точність установки цанги в захваті пристрою автоматичної зміни; 2) точність позиціонування пристрою автоматичної зміни (руки промислового робота) при установці цанги в конус шпинделя в лінійному і кутовому положеннях; 3) точність базування цанги власне в конусі шпинделя.

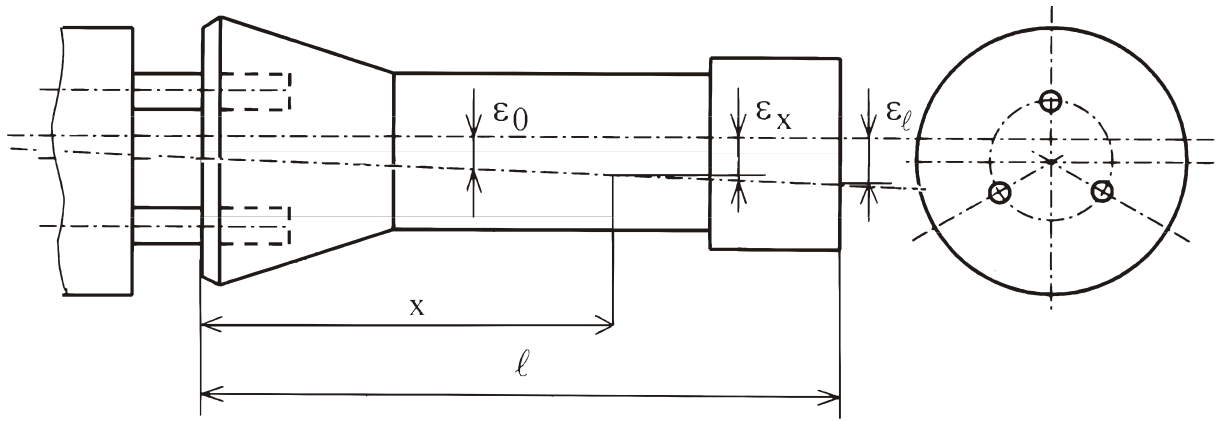
На верстатах із ЧПК у якості пристроїв автоматичної зміни затискних елементів можуть бути використані промислові роботи. На точність установки цанги в конус шпинделя в лінійному і кутовому положеннях основний вплив робить точність позиціонування промислового робота. Точність позиціонування – це спроможність промислового робота здійснювати позиціонування робочого органа в задану цільову точку в робочій зоні. Аналіз точності позиціонування показує, що 54% світового парку промислових роботів має точність 0. 1-1. 0 мм. При застосуванні пристроїв автоматичного маніпулювання затискними елементами в токарному модулі, слід зазначити, що якщо маніпулювання заготовками і деталями не потребує високої точності позиціонування, то маніпулювання затискними елементами при існуючих системах їхньої базування в корпусі (шпindelі) пред'являє високі вимоги по виключенню збоїв, заклинювання і точності позиціонування. Так, широко використовується в нашій країні і за кордоном допоміжна оснастка має посадковий діаметр оправки блока в отворі револьверної головки з допуском H7/b6, тобто от 0.017 мм до 0.025 мм. У такий спосіб вимога по точності позиціонування автоматично змінюваних елементів і, зокрема, затискних цанг визначається об'єктом маніпулювання й елементами, що вступають із ним у взаємодію в процесі установки і знімання.

Розглянемо точність установки цанги в захваті промислового робота в запропонованій схемі зміни затискних цанг у токарному модулі. Затискна цанга утримується захватом промислового робота за допомогою пружних штирів із прорізом, що входять у відповідні отвори на торці цанги з боку губок. На мал. 1 показані можливі випадки розташування осі цанги при закріпленні на захваті промислового робота. При цьому приймається допущення, що на першому етапі оцінки точності вплив випадкових факторів не враховується, а беруться середні значення розмірів зсуву.

Найбільш загальним випадком є той, коли існує рівнобіжний лінійний зсув осі встановлюваної цанги на величину ϵ і її кутовий зсув на величину α на довжині l . Очевидно, для будь-якого перетину цанги по довжині буде справедлива формула:

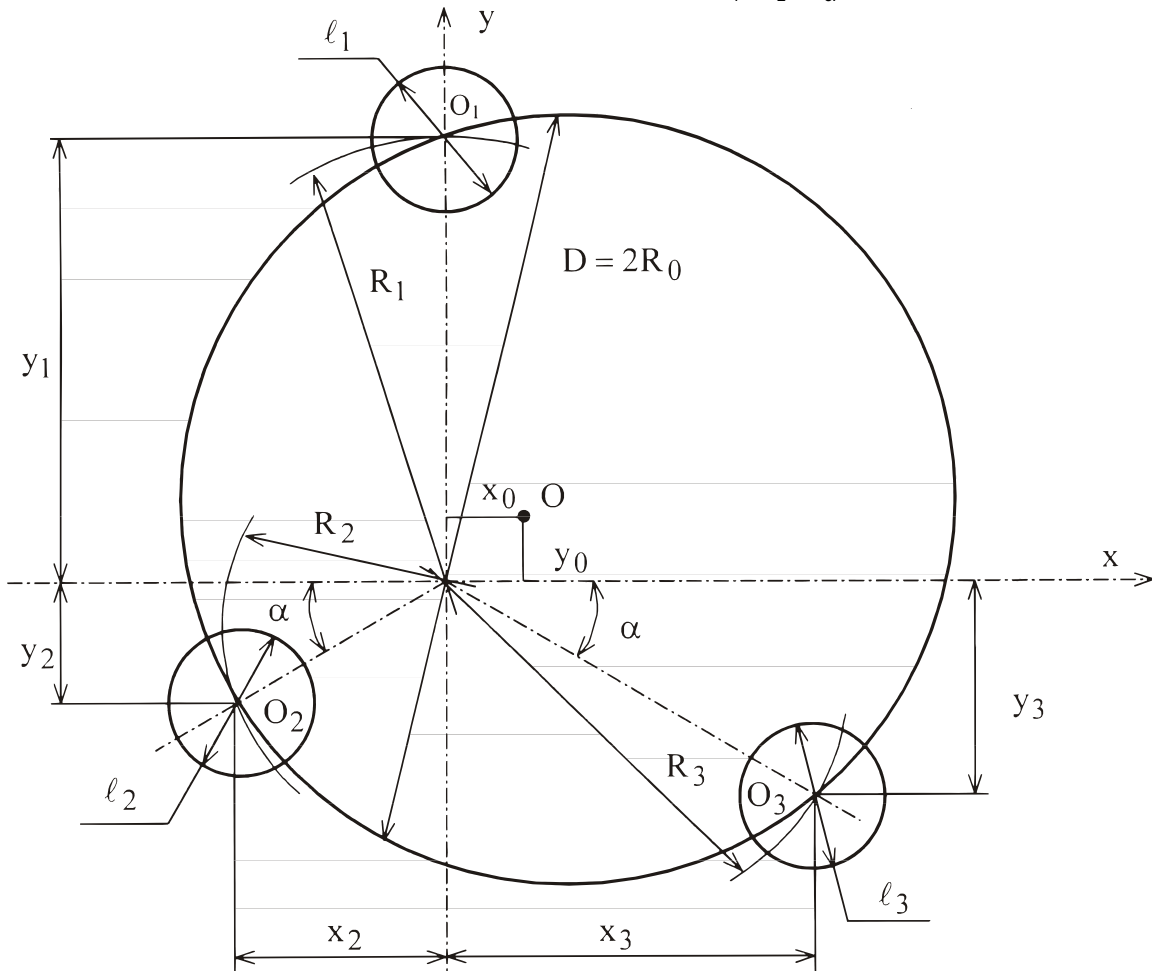
$$\epsilon_x = \epsilon_0 + l_x \operatorname{tg} \alpha ;$$

При $x = l$ та $\epsilon_0 = 0$ $\epsilon_l = l \operatorname{tg} \alpha$, а при $\epsilon_0 \neq 0$ $\epsilon_l = \epsilon_0 + \epsilon_l + l \operatorname{tg} \alpha$;



Μαλ. 1. Ροζμῖενηα ἰαηγῖ εα ζαηαηηοηο ὀργαηῖ ρροηῖλοβοο ἰοηα

Να μαλ. 2 ποαηαηῖ ηῖπαδκῖ, κοηῖ ηρο ηηῖρῖ εαηοηῖλεηῖ εα ὀηοραη ἰαηγῖ εα ζαοορα, ηοο δοοηοῖαηο ἡαη ῖρῖηοηαηῖ ραδῖοο ῖα δοο ὀηοηαηῖα δο κενηρῖ ηηῖρῖ: $R_1 \neq R_3 \neq R_2$. Ροζαηηοοηο ηοοηομα ηοοοηῖαηο ΧΟΥ ηακ, ἡακ να μαλ. 2. ῖαηαηῖκοηοο ηοοκοηῖαηο ὀηοκο $O_1; O_2; O_3$.



Μαλ. 2. Τοηηῖηεα εαηοηῖλεηῖα ηαηγῖ εα ζαηαηηοηο ὀργαηῖ ἰοηα.

Ραδῖοο-εακτορ, ηοο ὀηοοεα ηοοοηῖαηο ηῖαη ὀηοκο: $R_i = x + y$. ῖαδῖκῖα:

$$R_1 = R_0 + y$$

$$R_2 = R_0 - \frac{3}{2}x_2 - \frac{1}{2}y_2$$

$$R_3 = R_0 + \frac{3}{2}x_2 - \frac{1}{2}y_3$$

Κοορδινати κεντρου κανγι:

$$x_0 = \frac{R_3 - R_1}{3}$$

$$y_0 = \frac{2R_0 - R_2 - R_1}{3}$$

Зсув осі κανγι при установці:

$$e_1 = x_0 + y_0$$

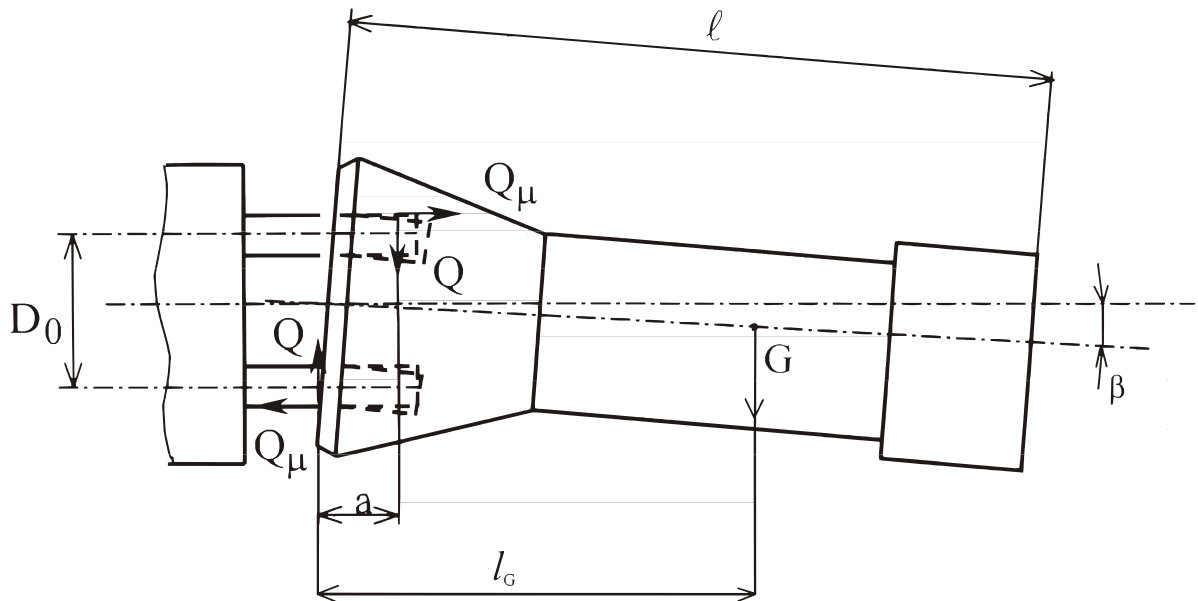
$$e_2 = \frac{2}{3}(R_0 - R_1) - (R_0 - R_2) + (R_0 - R_3)$$

$$e_3 = \frac{2}{3}(R_0 - R_1 - R_3)$$

З рівняння рівноваги визначимо кутовий зсув κανγι на захваті робота в процесі установки при допущенні, що сила ваги G κανγι прикладений на відстані $\frac{1}{3}l$ від торця губок κανγι, де l – довжина κανγι (мал. 3):

$$Qa + Q\mu(D_0 + \frac{b}{2}) \geq \frac{1}{3}lG \cos\beta;$$

де D_0 – віддаль між центрами установочних елементів (штирів), μ - коефіцієнт сцеплення між κανгою і установочними елементами, G - сила ваги κανγι, Q . -реакція (сила пружності) установочних елементів, a - довжина контакту κανγι і установочних елементів, b - їх діаметр.



Мал. 3. Умова рівноваги κανγι.

Знаючи $\cos\beta$, а значить і β визначимо:

$$\cos\beta = \frac{Qa + Q\mu(D_0 - \frac{b}{2})}{\frac{1}{3}lG}$$

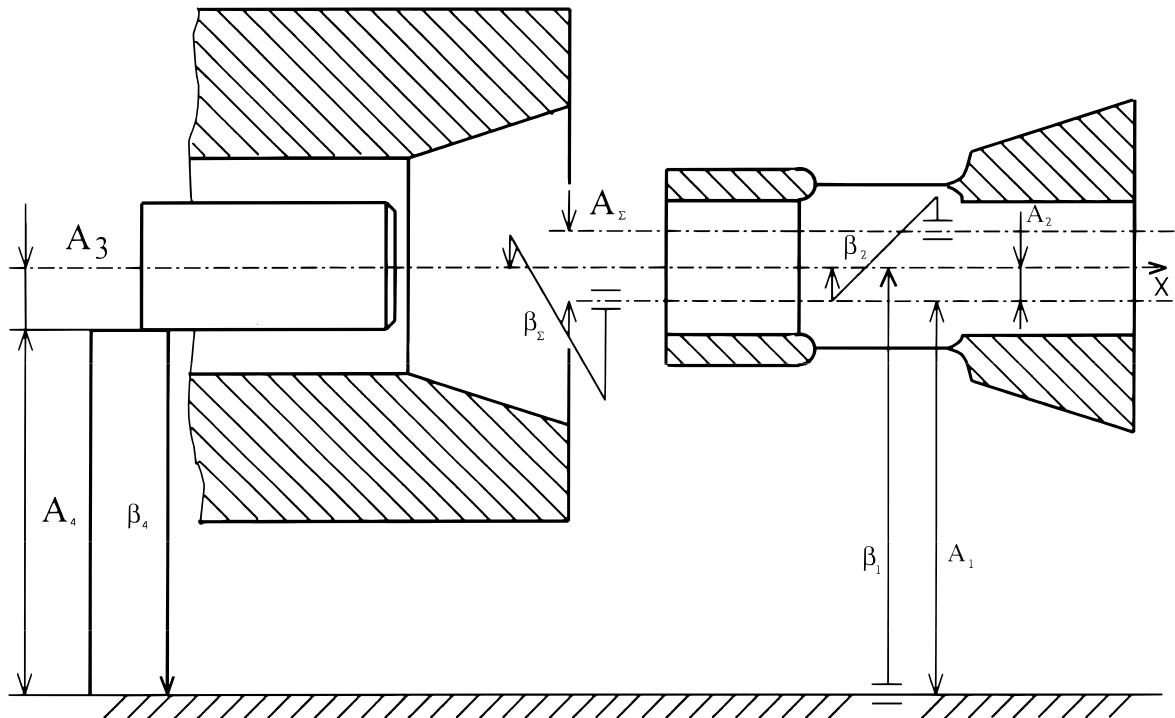
звідки, враховуючи, що для сталевих шліфованих поверхонь коефіцієнт $\mu=0.3$ маємо:

$$\cos\beta = \frac{3Qa + 0.9Q(D_0 - \frac{b}{2})}{lG};$$

виразимо ε_α через l , тоді:

$$\varepsilon_\alpha = l \sin(\arccos \beta)$$

Роздивимо точність встановлення (осьової і радіальної) затискної цанги в конус шпинделя при автоматичній заміні. Схема для розрахунку точності позиціонування руки маніпулятора або промислового робота при встановленні затискної цанги в конус шпинделя токарного модуля представлена на мал. 4. В процесі встановлення конус шпинделя ловить цангу, а при вході циліндричний напрямний отвір шпинделя точно її направляє. Для цього обов'язково треба виконати фаски для заходження на торці цанги. Як правило, кут фаски $\alpha = 45^\circ$. З зменшенням α покращується центрування деталі і осьова сила встановлення зменшується. Точність встановлення цанги як рухомого конічного з'єднання визначається величиною проміжки поміж деталями.



Мал. 4. Розмірний ланцюг при встановленні цанги в шпиндель токарного модуля.

Основний параметр конічного з'єднання – конусність шпинделя K , що визначається як:

$$K = \frac{D - d}{l} = 2 \tan \theta$$

де θ – кут нахилу (2θ – кут конуса, тобто кут поміж твірними в осьовому перетині); D та d – діаметри двох перпендикулярних перетинів конуса на віддалі l поміж ними. При автоматичному встановленні їх повна можливість складання може бути досягнута при умові, що найбільше розходження Δ_Σ осей не буде більшим мінімального радіального проміжку δ_{min} між деталями. Величина Δ_Σ визначається як допуск на замикаючу ланку розмірного ланцюга. При автоматичному встановленні конічних з'єднань з проміжком сумарна похибка визначається з вирішення просторового розмірного ланцюга: цанга – конус шпинделя верстата. Точність співпадання осей цанги і шпинделя на позиції встановлення характеризується сумарною похибкою Δ_Σ , яка залежить від схеми базування, точності виготовлення деталей та інших факторів. Визначення Δ_Σ базується на розрахунку просторової розмірного ланцюга, де Δ_Σ є замикаючою ланкою. Побудова розмірного ланцюга при встановленні цанги в шпиндель верстата приведено на мал. 4. Виходячи з побудованого розмірного ланцюга по методу повної взаємозамінності допуски замикаючих елементів:

$$A_{\Sigma} = A_1 + A_2 + A_3 + A_4$$

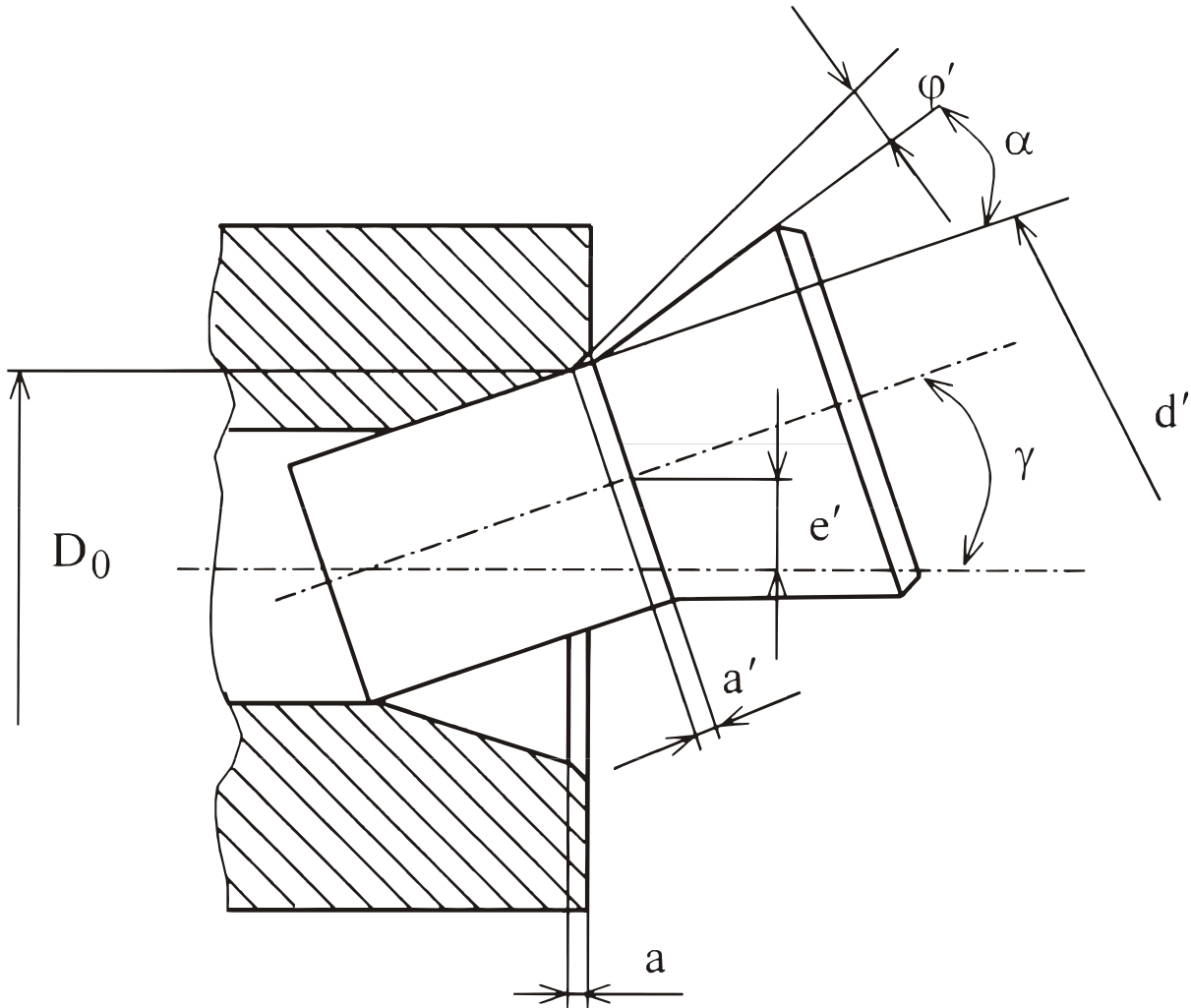
$$B_{\Sigma} = B_1 + B_2 + B_3 + B_4$$

$$\beta_{\Sigma} = \beta_1 + \beta_2 + \beta_3 + \beta_4$$

$$\gamma_{\Sigma} = \gamma_1 + \gamma_2 + \gamma_3 + \gamma_4$$

де A_i і B_i , – допуски на відповідні елементи лінійних розмірних ланцюгів А і В в горизонтальній і вертикальній площинах; β_i і γ_i – похибки відносного відхилення осей деталей: цанги і шпинделя токарного автомата, які визначаються відповідними допусками на відповідні ланки кутових розмірних ланцюгів β і γ в горизонтальній і вертикальній площинах. Сумарна похибка для розглянутої схеми:

$$\Delta_{\Sigma} = \sqrt{(A_{\Sigma} + \beta_{\Sigma})^2 + (B_{\Sigma} + \gamma_{\Sigma})^2}$$



Мал. 5. Схема встановлення цанги в отвір шпинделя.

Для забезпечення автоматичного встановлення цанги в конус шпинделя необхідно виконати умову складання: $\Delta_{\Sigma} \leq \varepsilon$, де ε – допустиме відхилення осей цанги і шпинделя на позиції встановлення. При автоматичному встановленні цанги в конус шпинделя токарного модуля, допустимі відхилення в момент контактування деталей можуть бути знайдені з дотримання умови так званого "наживлення" [4]. На початку встановлення при $\delta_{\Sigma} \geq \delta_{min}$ при переміщенні цанги вздовж вона починає ковзати по конусу шпинделя в напрямку компенсації похибки Δ_{Σ} (мал. 5.). Умова "наживлення" цанги і отвору шпинделя $\Delta_{\Sigma} \leq \varepsilon$:

$$\varepsilon = 0.5D_0 - atg\varphi - (0.5d - a_1tg\varphi_1) \cos\gamma - \Delta_n$$

де D_0 - минимальный диаметр наибольшего диаметра конического отвору шпинделя; d - максимальный диаметр наименьшего диаметра конической поверхности конуса цанги, Δ_r - похибка відхилення осі цанги на першому етапі встановлення, φ - кут фаски, γ - кут перекоосу осей цанги та шпинделя, $atg\varphi$ і $a_1tg\varphi_1$ - мінімальні проекції фасок цанги та шпинделя. В процесі відносного ковзання цанги по конусу шпинделя кут перекоосу не повинний перевищувати :

$$\gamma = \arccos\left(\frac{d \cos\theta}{D_0}\right) - \theta$$

де θ — кут нахилу конуса шпинделя, d – диаметр приєднувальної поверхні цанги і $\theta = \arctg \frac{K}{2}$, D_0 - диаметр конуса шпинделя верстату.

Вибрана схема може бути застосована в тих випадках, коли гарантований проміжок поміж цангою та шпинделем задовольняє умові:

$$\delta_{\Sigma} = \varepsilon_1 + \varepsilon_2 + \varepsilon_3$$

де ε_1 - точність позиціонування робота, ε_2 - похибка встановлення цанги в шпиндель, ε_3 - похибка виготовлення шпинделя. Це дозволяє оцінювати точність і надійність встановлення слідуєчої заготовки в цангу, що змінюється. Вибрана схема відносного орієнтування може забезпечити виконання встановлення, при яких може відбутись безперешкодне встановлення цанги в шпиндель токарного автомата. В подальшому необхідно розглядати вірогідний підхід з врахуванням впливу випадкових факторів і законів розподілу.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Кузнецов Ю. Н., Эль Голам Ж. Н. Применение метода системно-морфологического анализа для синтеза устройств автоматической схемы зажимных элементов. Вестник КПИ, машиностроение, № 30, 1993. – с. 56-62.
2. Авторское свидетельство СССР № 1814996, МКИ В 23 В 31/20. Цанговый патрон / Кузнецов Ю. Н., Эль Голам Ж. Н., Эль Голам Г. Б. Заявл. 14.12.1990. Оpubл. БИ №18, 1993.
3. Патент Японии № 57-1764, МКИ В 23 И 31/20. Цанговый патрон для закрепления ступенчатых изделий на токарном станке / Матусита Мотояки. Заявл. 27.10.78, № 53-133063. Оpubл. 12.04.82.
4. Сборка и монтаж изделий машиностроения: Справочник. В 2-х т./ Ред. совет: В. С. Корсаков и др. -М.: Машиностроение, 1983. -Т.1. Сборка изделий машиностроения. Под ред. В.С. Корсакова, В.К. Замятина, 1983. -480 с.
5. Проспект фирмы SMW. Механизированные патроны с зажимными косозубыми рейками и автоматической сменой кулачков. AWKS 1/86/ USSR.
6. J. Steinberg. Wirtschaftlichkeit beim NC-Drehen. Werkstatt und Betrieb. 116 (1983), N 2, s.97-101/.
7. Спыну Г.А. Промышленные роботы. Конструирование и применение: Уч. пособие. – К.: «Вища школа», 1991.-311 с.

КУЗНЕЦОВ Ю. М. – доктор технічних наук, професор кафедри конструювання верстатів та машин Національного технічного університету України «КПІ».

Наукові інтереси:

– металорізальне обладнання

ЛИТВИН О.В. – кандидат технічних наук, доцент кафедри конструювання верстатів та машин Національного технічного університету України «КПІ».

Наукові інтереси:

– металорізальне обладнання

А.Р. Ібрагім Фархан – аспірант кафедри конструювання верстатів та машин Національного технічного університету України «КПІ».

Наукові інтереси:

– металорізальне обладнання

Кузнецов Ю.М., Литвин О.В., А.Р. Ібрагім Фархан. Точність автоматичного маніпулювання затискними цангами у токарному модулі

Кузнецов Ю.М., Литвин О.В., А.Р. Ібрагім Фархан. Точность автоматического манипулирования зажимными цангами в токарном модуле

Точность автоматического манипулирования зажимными цангами в токарном модуле / Ю.М. Кузнецов, О.В. Литвин, А.Р. Ибрагим Фархан

Приведено схемы и дан анализ влияния разнообразных факторов на точность автоматической установки зажимных цанг в токарном станочном модуле при их автоматическом изменении.