

УДК 621.92.113

М. Пилипець, докт. техн. наук; М. Левкович, канд. техн. наук

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

ТОЧНІСТЬ ОБРОБЛЕННЯ ТОРЦЕВИХ СФЕРИЧНИХ ПОВЕРХОНЬ

Резюме. У статті досліджено точнісні характеристики процесу розточування сферичних поверхонь, розрахунок точності оброблення сферичної поверхні визначено лінійними розмірними ланцюгами методом повної взаємозамінності шляхом дотримання послідовності розрахунків для вирішення зворотної задачі. Точність розточування сферичної поверхні визначається точністю встановлення різця в спорядженні.

Ключові слова: точність розточування, сферична поверхня, розмірний ланцюг, похибка.

M. Pilipets, M. Levkovich

SPHERICAL SURFACE SIDE WORKING ACCURACY

The summary. Spherical surface boring accuracy characteristics are investigated in the article. Calculation of the spherical surface working accuracy is carried out by means of the linear chains using the method of total interchange following the sequence of calculation for finding the reverse task. Aspheric surface boring accuracy is defined by the accuracy of the cutting tool in the equipment.

Key words: boring exactness, spherical surface, size chain, error.

Умовні позначення:

A – лінійні розміри, що відносяться до пристрою;

B – лінійні розміри, що відносяться до різця;

$\Delta_{C\Sigma}$ – середнє відхилення поля допуску замикальної ланки;

$\Delta c_{зб}$, $\Delta c_{зм}$ – відповідно середні відхилення полів допусків збільшеної і зменшеної ланок;

m , n – відповідно кількість збільшених і зменшених ланок;

R – радіус оброблюваної сферичної поверхні;

ΔS – верхнє відхилення;

ΔL – нижнє відхилення.

Постановка проблеми. Одним із основних чинників, що забезпечують динаміку соціально-економічного розвитку України, є створення інфраструктури, що включає й розвинене машинобудування. Створення потужної мережі машинобудування у свою чергу неможливе без створення нових методів оброблення матеріалів. Сучасне машинобудування має на увазі індустріальний підхід, коли основні елементи верстатів виготовляють у заводських умовах з високою мірою уніфікації деталей і вузлів. Індустріальний підхід до виготовлення деталей і вузлів верстатів вимагає створення технологічних процесів у металообробці, що забезпечують високий ступінь уніфікації, високі вимоги до точності виготовлення, високу надійність і довговічність конструкцій. Виходячи з необхідності вирішення вказаних вище завдань в області промислового машинобудування, було проведено дослідницькі роботи, направлені на створення нових технологічних процесів, що забезпечують підвищення якості і зниження трудомісткості обробки сферичних поверхонь деталей машин.

Роботу виконано відповідно до науково-технічної програми «Ресурсозберігаючі та енергоефективні технології машинобудування», затвердженої постановою Кабінету Міністрів України від 24 грудня 2001 р. №1716. Інд. 28.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Найбільш близьким за технічною суттю є пристрій для точіння внутрішніх фасонних поверхонь на токарних автоматах, що містить корпус, рухомо закріплений на поздовжньому супорті верстата, в якому встановлені полозки різцетримача з різцем, які мають радіальне переміщення за

допомогою штовхача, закріпленого на поперечному супорті верстата [1]. До недоліків пристрою відноситься те, що зусилля від штовхача діють безпосередньо на різцетримач з різцем, при цьому все навантаження, що виникає при різанні, повністю сприймається вузлом привода поперечного супорта верстата, який призводить до його деформації, спрацювання і знижує точність обробки.

Пристрій для оброблення сферичних поверхонь отворів [2], наприклад, кілець підшипників на верстатах токарної групи. Суть його роботи в тім, що різець обертають навколо осі, яка проходить через центр сфери, з частотою, більшою ніж частота обертання виробу, в радіальній площині сфери, створюючи кут $\alpha \geq \frac{0,5B}{R}$ з віссю оброблюваного отвору, і переміщують його в цій же площині до утворення сферичної поверхні заданого радіусу. Недоліками цього способу є необхідність виготовлення спеціальних шарнірних пристроїв, низька жорсткість яких призводить до одержання обробленої поверхні низької якості. Точність геометричної форми оброблюваної сфери багато в чому залежить від величини люфту в опорі осі різцевої головки, разом з якою різець здійснює гойдаючий рух.

Для усунення даних недоліків розроблено пристрій [3], який складається з корпусу, що встановлюється в пінолі задньої бабки токарного верстата.

Мета роботи. Досягти точності оброблення сферичних поверхонь розробленим пристроєм шляхом досягнення високої точності встановлення різця.

Методи та результати. В процесах оброблення сферичних поверхонь важливе значення відіграє точність виготовлення й встановлення спорядження, встановлення, заточування й контролю вильоту різального інструменту.

На рис. 1 зображено розрахункову схему точності оброблення сферичної поверхні в деталі 2, закріпленої в трикулачковому патроні 1 на токарно-гвинторізному верстаті з віссю центрів I-I. Різець 4 для розточування сфери закріплено у спеціальному пристрої 3 для розточування сфери, встановленому у пінолі задньої бабки токарного верстата.

Точність розточування сферичної поверхні визначається двома критеріями:

1. Точністю виготовлення пристрою.
2. Точністю виготовлення і заточуванням різця.

Розміри (рис. 1) з позначенням A відносяться до пристрою, а з позначенням B – до різця.

Радіус розточування сферичної поверхні визначається параметром A_3 – відстанню від осі обертання різця в пристрої до різальної крайки різця. Розміри A_2 і A_5 постійні для даного оснащення, їх допуски вказують умови технологічності виготовлення даного спорядження і є базовими для регулювання різця в процесі зміни радіуса оброблення сферичної поверхні.

Радіус оброблюваної сферичної поверхні вибрано довільно. В процесі розрахунку точності оброблення його зміна не впливає на точність. Оскільки радіус оброблення сфери ми встановили довільно, то відхилення (допуск оброблення) виділимо окремими розмірами $A_{\Sigma X}$ і $A_{\Sigma Y}$ у двох перпендикулярних площинах з номінальними розмірами $A_{\Sigma X} = A_{\Sigma Y} = 0$.

Розрахунок точності оброблення сферичної поверхні визначено лінійними розмірними ланцюгами методом повної взаємозамінності шляхом дотримання послідовності розрахунків для розв'язання зворотної задачі [5,6]. Точність розточування сферичної поверхні визначається точністю встановлення різця в спорядженні.

У розглядуваному випадку запропоновано такі схеми доведення встановлення різця в пристрої. Схему контролю заточування і виставлення різця в процесі розточування сферичних поверхонь зображено на рис. 2.

Для цього застосовуємо важільно-зубчасту вимірну головку ІІГ [4], основою заміру якої є мікрометр.

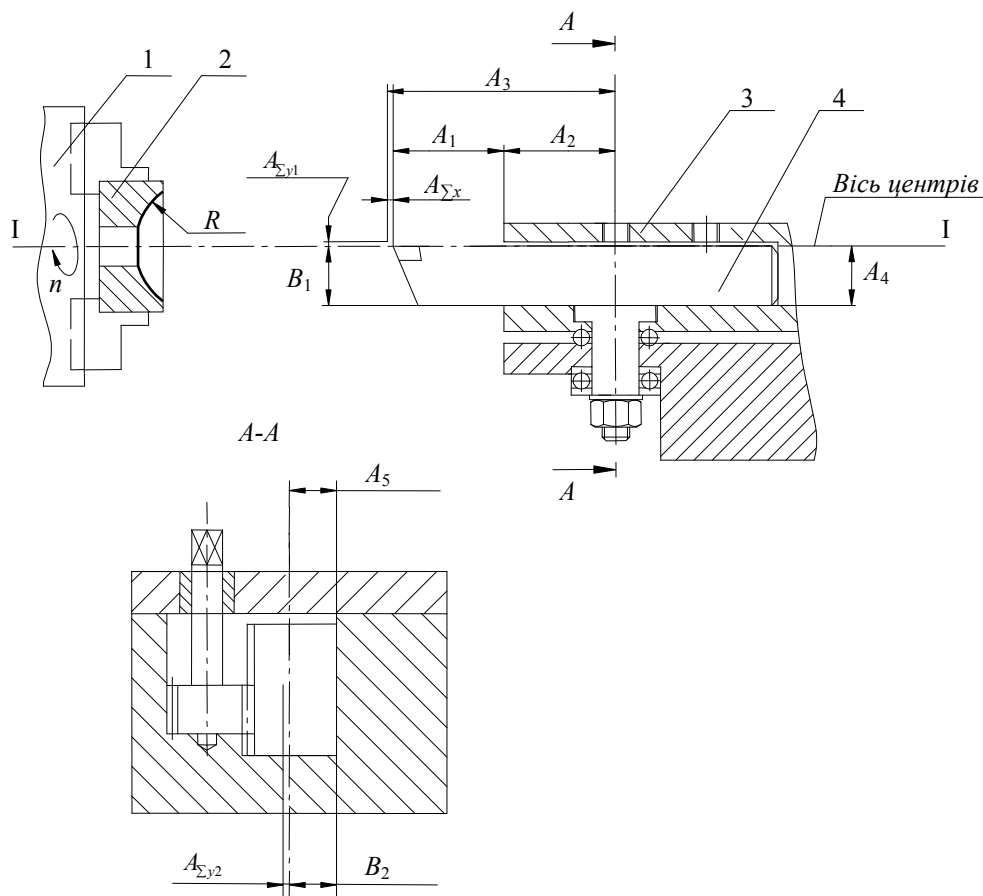


Рисунок 1 – Розрахункова схема точності оброблення сферичної поверхні

Розрахунок 1 у площині X .

1. У цьому випадку замикаючою ланкою є відхилення базування різця $A_{\Sigma X}$.
2. Складемо схему розмірного ланцюга (рис. 3).
3. Складемо основне рівняння розмірного ланцюга, згідно з умовою задачі номінальний розмір замикаючої ланки дорівнює:

$$A_{\Sigma X} = A_3 - (A_1 + A_2). \quad (1)$$

4. Середні відхилення полів допусків Δ_C складових ланок визначимо за формулою

$$\Delta c = \frac{\Delta S + \Delta L}{2}; \quad (2)$$

для різця

$$\Delta c_{A_1} = \frac{\Delta S_{A_1} + \Delta L_{A_1}}{2} \text{ мм}; \quad (3)$$

для пристрою

$$\Delta c_{A_2} = \frac{\Delta S_{A_2} + \Delta L_{A_2}}{2} \text{ мм}. \quad (4)$$

Середнє відхилення замикаючої ланки визначено за залежністю

$$\Delta c_{\Sigma} = \sum_1^m \Delta c_{\text{зб}} - \sum_1^n \Delta c_{\text{зм}}. \quad (5)$$

5. Допуск замикаючої ланки знаходимо за формулою

$$T_{\Sigma X} = T_1 + T_2 + T_3 \text{ мм}. \quad (6)$$

6. Граничні розміри замикаючої ланки розраховано за формулами

$$\Delta S_{\Sigma} = \Delta_{C\Sigma} + \frac{1}{2}T_{\Sigma}; \quad \Delta L_{\Sigma} = \Delta_{C\Sigma} - \frac{1}{2}T_{\Sigma}.$$

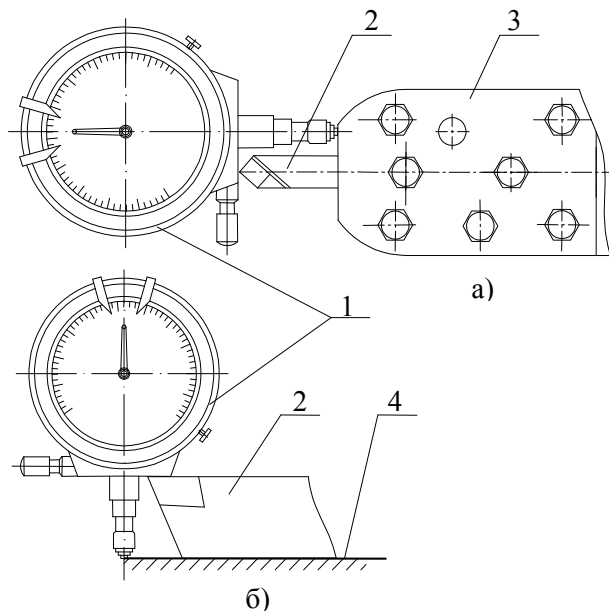


Рисунок 2 – Схема для контролю вильоту різця в процесі розточування – а) та його заточування в процесі оброблення сферичних поверхонь – б)

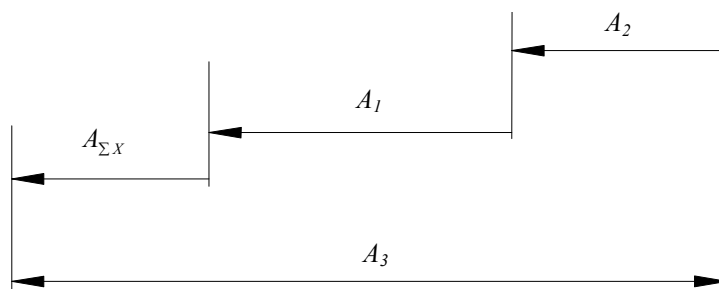


Рисунок 3 – Розрахункова схема розмірного ланцюга

Отже, точність виконання сферичної поверхні деталі в площині X дорівнює:

$$R = A_3 + \Delta_{\Sigma X} \text{ мм.} \quad (7)$$

Розрахунок 2 у площині Y .

1. У цьому випадку отримано плоский розмірний ланцюг, оскільки похибка встановленого різця у пристрої є подвійною у двох взаємно перпендикулярних площинах $A_{\Sigma y1}$ і $A_{\Sigma y2}$.

Отже,

$$A_{\Sigma y} = \sqrt{A_{\Sigma y1}^2 + A_{\Sigma y2}^2}. \quad (8)$$

2. Складемо схему плоского розмірного ланцюга (рис. 4).

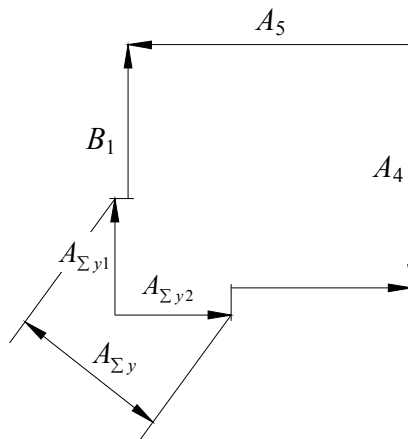


Рисунок 4 – Розрахункова схема плоского розмірного ланцюга
Розіб'ємо його на два лінійні ланцюги для визначення $A_{\Sigma y1}$ і $A_{\Sigma y2}$ (рис. 5).

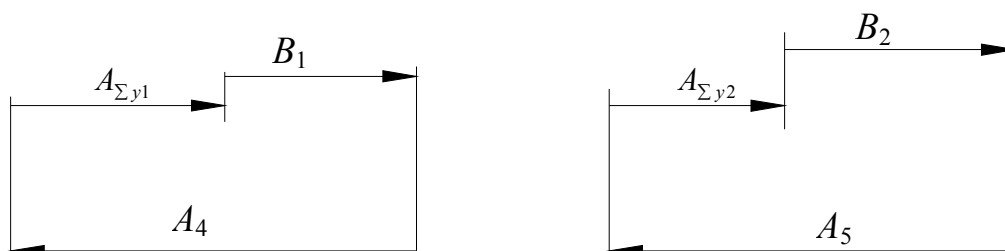


Рисунок 5 – Лінійні розмірні ланцюги для визначення $A_{\Sigma y1}$ і $A_{\Sigma y2}$

3. Запишемо основні рівняння розмірних ланцюгів і здійснимо перевірку номінальних розмірів замикаючої ланки:

$$\begin{aligned} A_{\Sigma y1} &= A_4 - B_1; \\ A_{\Sigma y2} &= A_5 - B_2. \end{aligned} \quad (9)$$

4. Середні відхилення полів допусків складових ланок дорівнюють:

$$\begin{aligned} \Delta c_{B_1} &= \frac{\Delta S_{B_1} + \Delta L_{B_1}}{2}; \\ \Delta c_{A_4} &= \frac{\Delta S_{A_4} + \Delta L_{A_4}}{2}; \\ \Delta c_{A_5} &= \frac{\Delta S_{A_5} + \Delta L_{A_5}}{2}; \end{aligned} \quad (10)$$

$$\begin{aligned} \Delta c_{B_2} &= \frac{\Delta S_{B_2} + \Delta L_{B_2}}{2}; \\ \Delta c_{\Sigma y1} &= \Delta c_{A_5} - \Delta c_{B_1}; \\ \Delta c_{\Sigma y2} &= \Delta c_{B_2} - \Delta c_{A_4}. \end{aligned} \quad (11)$$

5. Допуск замикаючих ланок (складових):

$$\begin{aligned} T_{\Sigma y1} &= T_1 + T_4; \\ T_{\Sigma y2} &= T_2 + T_5. \end{aligned} \quad (12)$$

6. Граничні розміри замикаючих ланок (складових):

$$\begin{aligned} \Delta S_{\Sigma y1} &= \Delta c_{\Sigma y1} + \frac{1}{2} T_{\Sigma y1}; \\ \Delta L_{\Sigma y1} &= \Delta c_{\Sigma y1} - \frac{1}{2} T_{\Sigma y1}; \end{aligned}$$

$$\Delta S_{\Sigma y2} = \Delta_{C\Sigma y2} + \frac{1}{2} T_{\Sigma y2};$$

$$\Delta L_{\Sigma y2} = \Delta_{C\Sigma y2} - \frac{1}{2} T_{\Sigma y2}.$$
(13)

7. З формули (13) визначимо розмір замикаючої ланки плоского ланцюга у площині Y :

$$A_{\Sigma y} = \sqrt{\Delta S_{\Sigma y1}^2 + \Delta S_{\Sigma y2}^2} \text{ мм.}$$
(14)

Оскільки параметр $A_{\Sigma y}$ впливає на відхилення від сферичності поверхні, то використане оснащення може забезпечити точність сферичної поверхні в межах 0,11 мм, а це вказує на можливість проектування й подальшого дослідження оснащення для розточування.

Залежність точності оброблення сферичної поверхні від точності встановлення різця наведено в таблиці 1, а діаграму впливу точності налагодження різця на точність розточування сферичної поверхні зображено на рис. 6.

Таблиця 1 – Залежність точності оброблення сферичної поверхні від точності встановлення різця

Точність встановлення різця, ± мм	0	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07
Точність розточування сфери, ± мм	0,071	0,079	0,088	0,10	0,11	0,122	0,135	0,148

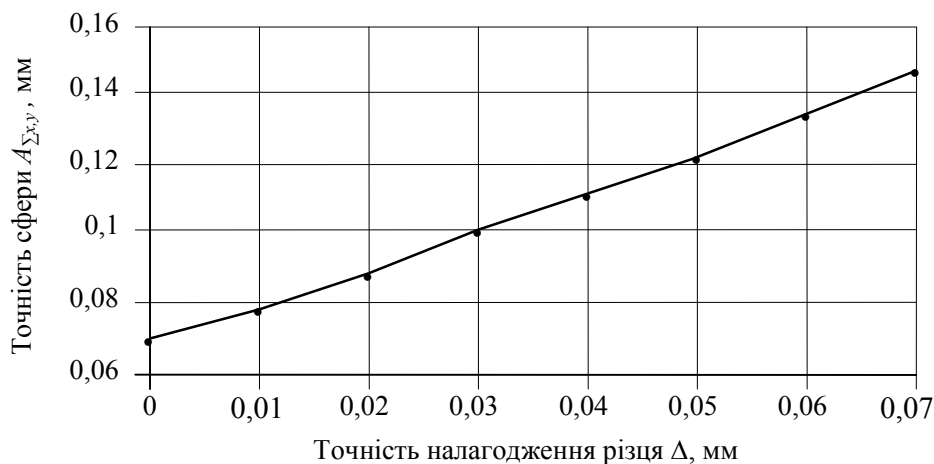


Рисунок 6 – Діаграма впливу точності налагодження різця на точність розточування сферичної поверхні

Висновки

Запропонована методика розрахунку розмірних ланцюгів дала можливість теоретично досягти високої точності (7-8 квалітет) оброблення сферичних поверхонь, що перевірено практично. Аналіз графічних залежностей, проведених експериментально, дає можливість визначити точність виготовлення сферичної поверхні відповідно до вимог технологічної документації залежно від похибки встановлення різця.

Література

1. Допуски и посадки. Справочник. В 2-х ч. Ч.2 / Под ред. В.Д. Мягкова. 5-е изд., перераб. и доп. –Л. : Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1978. – 545 с.
2. Дунаев П.Ф. Расчет допусков размеров / П.Ф. Дунаев, О.П. Леликов. – М.: Машиностроение, 1981. – 300 с.
3. Солонин И.С. Сборочных и технологических размерных цепей / И.С. Солонин, С.И. Солонин. – М. : Машиностроение, 1980. –110 с.

4. Якушев А.И. Стандартизация и технические измерения: [учебник – 5-е изд., перераб. и доп.] / Якушев А.И. – М.: Машиностроение, 1979. – 343 с.
5. Пат. 2056976 Российская Федерация, МПК В23В5/36. Обработка фасонных поверхностей на токарных станках / Лещев В.С.; заявитель и патентообладатель Акционерное общество открытого типа "Ролтом". – №93003815/08–93; заявл. 25.01.1993; опубл. 27.03.1996, Бюл. № 2.
6. Пат. 2133656 Российская Федерация, МПК В23В5/40. Способ растачивания сферических поверхностей отверстий / Холмогорцев Ю.П., Сайбель П.Ф.; заявитель и патентообладатель Акционерное общество "Уралтрак". – №94016501/02–96; заявл. 04.05.1994; опубл. 27.07.1999, Бюл. № 4.
7. Декларційний патент №14336 Україна, МПК В23В5/00. Пристрій для розточування сфер / Левкович М.Г. – №200510457; заявл. 07.11.2005; опубл. 15.05.2006, Бюл. №5.

Одержано 12.03.2010 р.