Лекція
Вплив верстатного пристрою на точність обробки

План лекції

1 Похибки що виникають при обробці заготовок в пристроях на металорізальному обладнані**.**
2 Економічна точність обробки .
3 Попередній і перевірочний розрахунки пристроїв на точність.
4 Розрахунки похибок базування, затискання та встановлення заготовок в пристрої.
5 Визначення похибки виготовлення пристрою

1 Похибки що виникають при обробці заготовок в пристроях на металорізальному обладнані.

Заготовка, що встановлюється в пристрої, повинна бути вірно зорієнтована відносно різального інструменту та координатних осей металорізального верстата. При цьому точність виготовлення деталі, що встановлюється, залежить від умов функціонування технологічної системи. Остання складається з окремих елементів (верстат – пристрій – інструмент – заготовка), кожний з яких впливає на сумарну похибку обробки. В результаті впливу складових похибок елементів технологічної системи з'являється відхилення розміру деталі, що оброблюється, від заданого, яке оцінюється технологічним допуском і визначається по формулі:

$$T\partial \geq \sqrt{(\Delta)_y^2 + (\Delta_н)^2 + \varepsilon_y + (\Delta_и)^2 + (\Delta_T)^2 + \sum \Delta_Ф}, \quad (1)$$

де $T\partial$ – технологічний допуск на розмір, що виконується;

Δ_y – похибка, що викликана пружними деформаціями технологічної системи під дією сил різання;

$\Delta_н$ – похибка налагодження верстата;

ε_y – похибка встановлення деталі в пристрої;

$\Delta_и$ – похибка розмірного зношення інструменту;

$\Delta_т$ – похибка обробки, що викликана тепловими деформаціями технологічної системи;

$\sum\Delta_Ф$ – сумарна похибка форми поверхні, що оброблюється, від геометричних похибок верстату і деформування заготовки при її затисканні.

З перерахованих складових похибок пристрій вносить відхилення, що визначається похибкою встановлення ε_y. Тому методичні вказівки присвячені визначенню вищевказаної похибки.

Формулою (1) в проектних розрахунках користуватись неможливо. Тому рекомендується використовувати формулу:

$$T\partial \geq \varepsilon_y + \varepsilon_{н.обр} \quad (2)$$

де $\varepsilon_{н.обр}$ – нормована похибка обробки.

Нормована похибка обробки $\varepsilon_{н.обр}$ виникає в процесі обробки деталей внаслідок геометричної неточності верстата, пружної та теплової деформацій технологічної системи, зношування різального інструмента та інших факторів.

Для виконання розрахунків на стадії проектування пристрою доцільно враховувати величину цієї похибки як деяку частину економічної точності обробки, тобто

$$\varepsilon_{н.обр}=k\cdot\omega_{ек};\qquad(3)$$

де $\omega_{ек}$ – величина середньої економічної точності одробки, значення якої для різних видів обробки і відповідних їм квалітетів наведено в табл.1;

k – коефіцієнт, що приймається в межах 0,5...0,8 в залежності від розміру деталі, що розглядається: при цьому чим нижчий квалітет розміру деталі, що розглядується, тим більшою обирається величина k. Для розмірів деталей що оброблюються по 8-му квалітету і вище, k=0,5; для розмірів деталей, що оброблюються по 5-му квалітету, k=0,8.

В свою чергу, похибка встановлення $\varepsilon_у$ складається з похибки базування $\varepsilon_б$, затискання $\varepsilon_з$ і похибки положення деталі, що викликана неточністю виготовлення і зношуванням елементів пристрою $\varepsilon_{пр}$.

Так як ці похибки є випадковими величинами, що розподіляються по різним законам, то похибка встановлення заготовки на столі верстата визначається як сума випадкових величин:

$$\varepsilon_у=\sqrt{\varepsilon_б^2+\varepsilon_з^2+\varepsilon_{пр}^2}\qquad(4)$$

Підставимо формули (3) і (4) у формулу (2), звільнимося від кореня і перегрупуємо члени. В результаті отримаємо:

$$(Тд-к\omega_{ек})^2\geq\varepsilon_б^2+\varepsilon_з^2+\varepsilon_{пр}^2,\qquad(5)$$

або

$$(Тд-к\omega_{ек})^2\geq\varepsilon_у^2,\qquad(6)$$

або

$$\left(T\partial - \kappa\omega_{ек}\right)^2 - \varepsilon_y^2 + \varepsilon_з^2 \geq \varepsilon_{пр}^2, \qquad (7)$$

В залежності від поставлених задач використовуються формули (6) і (7).

Таблиця 1.

Економічна точність обробки і шорсткість поверхні, що відповідає різним методам обробки

Метод обробки	Квалітет точності		Шорсткість поверхні (ГОСТ 2309-73)
	Середня економічна точність $\Delta_{ек}$	Межі коливань	
1	2	3	4
Точіння, розточування і стругання:			
чорнове	13	11...14	R_Z320...R_Z80
чистове	11	10...11	R_Z40...1,25
тонке	8	7...10	1,25...0,32
Фрезерування:			
чорнове	11	10...13	R_Z320...R_Z80
чистове	8	7...11	R_Z40... R_Z20
Свердління і зенкерування	13	7...14	R_Z20...1,25
Розвертання:			
попереднє	8	7...10	
кінцеве	6	5...7	0,63...0,32
Протягування:	7	6...8	2,5...0,63
попереднє	6	5...6	0,32...0,16

кінцеве			
Шліфування: грубе чистове тонке	 10 6	 8...11 5...7 2...5	 2,5...0,63 0,63...0,32 0,32...0,16
Хонінгування: попереднє кінцеве	 6 5	 6...7 5...6	 0,16...0,04 0,02...0,01

Закінчення табл.1

1	2	3	4
Суперфінішування: чистове тонке	 – –	 – –	
Притирання: грубе чистове оздоблюване	 6 5	 6...8 5...6 1...5	 2,5...0,63 0,63...0,32 0,32...0,08
Полірування: чистове оздоблюване	 – –	 – –	 0,32...0,04 0,04...0,02
Зубофрезерування, зубодовбання: чорнове чистове	 11 6	 6...8	 R_Z20...2,5 2,5...0,63
Шевінгування:	6	–	0,63
Нарізання різі: мітчиком, плашкою різцем, фрезою	 6...8 5...6	 – –	 R_Z20...2,5 2,5...0,63
Шабрення: чистове тонке	 – –	 – –	 R_Z20...1,25 0,63...0,32

3 Попередній і перевірочний розрахунки пристроїв на точність

Для якісної оцінки точності пристроїв необхідно провести розрахунки точності на початковій та кінцевій стадіях проектування. Ці розрахунки носять назву попередній і перевірочний.

Попередній розрахунок точності пристрою проводиться на початковому етапі проектування.

Вихідні дані: *теоретична схема базування, вибір установочних елементів і попереднє призначення схеми затискання.*

Мета розрахунку – попередня оцінка точності вибраної схеми базування.

В попередньому розрахунку не враховуються:

1 Величина зношування установочних елементів та інших деталей пристрою.

2 Похибка складання пристрою.

3 Похибка встановлення пристрою на столі верстату.

4 Похибка затискання.

Оцінка точності прийнятої схеми базування при попередньому розрахунку пристрою здійснюється за такими умовами:

$$\varepsilon_б \le [\varepsilon_у] < \sqrt{(Тд - к\omega_{ек})^2} \qquad (8)$$

$$\varepsilon_б < Тд - к\omega_{ек} \qquad (9)$$

В попередніх розрахунках похибка базування заготовки розраховується з достатньою точністю за відомою методикою. У випадку невиконання розрахункових умов (9), схему базування необхідно змінити або зменшити допуски на розміри установочних елементів.

Перевірочний (кінцевий) розрахунок точності пристрою проводиться після закінчення розробки конструкції.

Мета перевірочного розрахунку – кінцева оцінка точності пристрою та аналіз її зміни в процесі експлуатації.

Розрахунковою умовою для перевірочного розрахунку є формула:

$$[\varepsilon_y] = \sqrt{\varepsilon_б^2 + \varepsilon_з^2 + \varepsilon_{пр}^2} \le \sqrt{(T\partial - к\omega_{ек})^2} \qquad (10)$$

Для проведення перевірочного розрахунку точності пристрою необхідно визначити:

- ***похибк базування*** *для розмірів заготовки, що визначають положення поверхні, що оброблюється;*
- ***похибки затискання****, що виникають в залежності від нестабільності сил затискання, неоднорідності шорсткості поверхонь заготовки, зношення установочних елементів пристрою;*
- ***похибки від зношення*** *установочних елементів пристрою -* $\varepsilon_{зн}$*;*
- ***виконавчі розміри установочних елементів****, що забезпечують задану точність обробки.*

Точність пристроїв є найважливішим фактором, що забезпечує точність виготовлення деталей. В процесі експлуатації зношуються їх установочні та напрямні елементи, в результаті чого пристрої втрачають точність.

В зв'язку з цим важливо вміти визначати ***міжремонтний період П роботи пристрою.***

Лінійне зношування ***u*** установочних елементів пристрою (опор) визначає похибку $\varepsilon_{зн}$:

($\varepsilon_{зн}$ = u - для опор, $\varepsilon_{зн}$ = u/Sinα/2 - для призм, де α-кут призми).

Величина лінійного зношування ***u*** визначається за формулою:

$$u = \frac{N \cdot \kappa_y \cdot (1 + 0{,}003 \cdot L) \cdot 0.79 \cdot t_M}{m - m_1 \cdot \Pi_1 - m_2 \dfrac{0{,}1 \cdot Q}{F \cdot HV}} \qquad (11)$$

де N - кількість заготовок, що встановлюються;

K_y - коефіцієнт, що враховує умови обробки;

L - довжина шляху ковзання заготовки по опорам пристрою до її упору, мм (визначається виходячи з умов експлуатації пристрою);

t_M - машинний час обробки заготовки в пристрої, хв;

m, m_1, m_2 - коефіцієнти;

Π_1 - критерій зносостійкості;

Q - навантаження на опору, Н;

F - площа дотику опори з базовою поверхнею заготівки, $мм^2$;

HV - твердість матеріалу по Віккерсу ($HV \approx 11{,}6HRC_э$).

Міжремонтний період ***П***, що визначає необхідність заміни або відновлення установчих елементів пристрою, визначається за формулою:

$$\Pi = \frac{12 \cdot K \cdot [N]}{N_P} \qquad (12)$$

де К - коефіцієнт запасу, що враховує

нестабільність зношування установчих елементів (К=0,8...0,85);

[N] - допустима кількість заготовок, що встановлюється до граничного зношування установочних елементів, що визначається за формулою (11);

$N_р$ - річна програма випуску деталей.

Допустима величина спрацювання [u] визначається допустимою величиною похибки зношування [$Ɛ_{зн}$]:

$[u_{зн}]=[ε]$ - для опор та $[u_{зн}]=[ε]\cdot Sinα/2$ - для призм.

Величина допустимої похибки зношування ***$[Ɛ_{зн}]$*** в припущенні, що похибки $Ɛ_{ус}$ та $Ɛ_с$ можна компенсувати налагодженням верстату визначається як:

$$[Ɛ_{зн}]=T_l-\omega-\sqrt{Ɛ_б^2+Ɛ_з^2} \qquad (13)$$

Для виконання операцій обробки різанням на металорізальних верстатах часто застосовують схему установки заготовок, коли комплект технологічних баз складається з плоскої поверхні (поверхонь) і отвору або плоскої і зовнішньої циліндричної поверхонь. При цьому базування заготівок здійснюється *на опорні пластинки, установчі пальці (циліндричні і зрізані), центруючі втулки з гарантованим зазором, а також циліндричні оправки (з гарантованим зазором або натягом).*

Установочні пальці (оправки) при встановленні заготовок з гарантованим зазором виготовляють з полями допусків g5, g6, f6, f7, e7, центруючі втулки - G5, G6, F7, а циліндричні оправки для установки заготовок з

натягом виготовлюють з полями допусків валів n, p, r, s, t по 5-му квалітету.

Проте для кожного конкретного випадку поле допуску на виконавчі розміри установочних елементів визначається розрахунком з умов забезпечення нерухомості заготівки або можливості установки заготівок і забезпечення заданої точності розмірів у відповідності з формулою (10).

При встановленні заготовок на отвір з гарантованим зазором похибка базування являється основною складовою похибки встановлення та обумовлюється величиною зазора між технологічною базою та установочним елементом. ***Максимально можливу величину зазору визначають по рівнянню:***

$$S_{max}=T_D+S_{min}+T_d \qquad (14)$$

де T_D - допуск отвору заготовки або центруючої втулки;

S_{min} - мінімальний зазор в з'єднанні;

T_d - допуск на розмір установочного елемента або базової поверхні заготовки.

4 Розрахунки похибок базування, затискання та встановлення заготовок в пристрої

<u>Похибка базування</u>. З'являється внаслідок неспівпадання вимірювальних і установочних баз.

<u>Похибка затискання</u>. *З'являється в наслідок пружного і пластичного деформування деталей пристрою і заготовки, що оброблюється.*

Чисельно вона дорівнює різниці граничних переміщень ($Y_{max} - Y_{min}$) вимірювальної бази в напрямку розміру, що виконується, під дією сили затискання заготовки.

Схема для визначення похибки затискання наведена на рис.1.

Похибка затискання визначається по формулі:

$$\varepsilon_з = \left(Y_{\max} - Y_{\min}\right) \cdot \cos\alpha = Y \cdot \cos\alpha, \qquad (15)$$

де α – кут між напрямком розміру, що виконується та напрямком прикладання сили затискання.

Формули для визначення граничних переміщень приведені в табл. 2 .

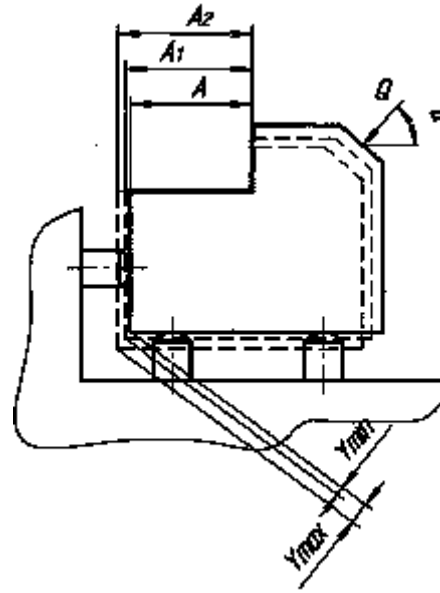


Рис.7.1. Схема для визначення похибки затискання.

Формули для визначення граничних переміщень від сили затискання

Таблиця 2

Характеристика установочних елементів	Матеріал заготовки	Залежність
На опори з сферичною поверхнею радіусом R	Сталь	$Y = \left(0{,}67 + 0{,}003HB + \frac{6{,}23}{R}\right) \cdot \left(\frac{Q}{10}\right)^{0{,}8}$
	Чавун	$Y = \left(2{,}7 - 0{,}008HB + \frac{6{,}23}{R}\right) \cdot \left(\frac{Q}{10}\right)^{0{,}8}$
На опори з рифленою поверхнею діаметром D	Сталь	$Y = \left(0{,}38 - 0{,}004HB + 0{,}0034D\right) \cdot \left(\frac{Q}{10}\right)^{0{,}6}$
	Чавун	$Y = \left(1{,}76 - 0{,}0008HB + 0{,}03D\right) \cdot \left(\frac{Q}{10}\right)^{0{,}6}$
На гладкі опори і опорні пластини площею F(см^2.). Тиск на опори q(МПа)	Сталь	$Y=(0{,}4+0{,}012F+0{,}004R_Z-0{,}0016HB) \cdot \left(\frac{q}{10}\right)^{0{,}7}$
	Чавун	$Y=(0{,}776+0{,}5F+0{,}016R_Z-0{,}0045HB) \cdot \left(\frac{q}{10}\right)^{0{,}6}$

5 Визначення похибки виготовлення пристрою

Похибка пристрою. *З'являється внаслідок неточності виготовлення та складання пристрою* $\varepsilon_{виг}$, *зношування*

його елементів $\varepsilon_{зн}$*, та при встановленні його на верстаті* $\varepsilon_{вст}$.

Похибка пристрою визначається як сума полів похибок випадкових величин:

$$\varepsilon_{пр} = \varepsilon_{виг} + \sqrt{3\varepsilon_{зн}^2 + \varepsilon_{вст}^2} \qquad (16)$$

Рекомендується $\varepsilon_{виг}$ *і* $\varepsilon_{вст}$ задавати на етапі проектування пристрою. Вони приймаються в межах:

$$\varepsilon_{виг}=0{,}01...0{,}015 \text{ мм.}; \quad \varepsilon_{вст}=0{,}005...0{,}02 \text{ мм.}$$

Величина зношування установочних елементів розраховується в залежності від кількості контактів заготовки з опорою в період експлуатації пристрою.

- для точкових установочних елементів:

$$\varepsilon_{зн} = \beta_1 \cdot N^{0,5} \qquad \textbf{(17)}$$

- для плоских установочних елементів:

$$\varepsilon_{зн} = \beta_2 \cdot N \qquad (18)$$

де N – кількість контактів заготовки з установочними елементами;

β_1, β_2 – коефіцієнти, що визначаються по табл. 3.

Величину N визнають орієнтуючись на програму випуску деталей.

Таблиця 3

Значення коефіцієнтів

Вид опор	β_1	Вид опор	β_2
1. З сферичною головкою	0,5...2,0	1. З плоскою головкою	0,4...0,8
2. З сферичною головкою	0,6...2,5	2. Пластини опорні	0,002...0,004
3. Призми	0,3...0,8	4. Пальці циліндричні	0,001...0,002
4. Пальці ромбічні	0,2...0,6	–	–

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1 Похибки що виникають при обробці заготовок в пристроях на металорізальному обладнані**.**

2 Економічна точність обробки .

3 Попередній і перевірочний розрахунки пристроїв на точність.

4 Розрахунки похибок базування, затискання та встановлення заготовок в пристрої.

5 Визначення похибки виготовлення пристрою