

Міністерство освіти і науки України
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
«НАЦІОНАЛЬНИЙ ГІРНИЧИЙ УНІВЕРСИТЕТ»



МЕХАНІКО-МАШИНОБУДІВНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
Кафедра технології гірничого машинобудування

В.В. Проців, С.Т. Пацера, В.А. Дербаба

**ВЗАЄМОЗАМІННІСТЬ, СТАНДАРТИЗАЦІЯ,
ТЕХНІЧНІ ВИМІРЮВАННЯ**

КОНСПЕКТИ ЛЕКЦІЙ
Лекція 3

ТОЧНІСТЬ ФОРМИ ПОВЕРХНІ

для студентів напряму підготовки «Інженерна механіка»

Дніпропетровськ
НГУ
2014

УДК 621.753.1

П

Рекомендовано вченою радою як навчальний посібник для студентів напряму підготовки 6.050502 «Інженерна механіка» (Протокол № ____)

Рецензент:

Є.О. Джур – д-р техн. наук, проф. (Дніпропетровський національний університет, завідувач кафедри технології виробництва)

Проців В.В.

П Взаємозамінність, стандартизація, технічні вимірювання.

[Електронний ресурс] навч. посіб. / В.В. Проців, С.Т.Пацера, В.А. Дербіба; Нац. гірн. ун-т. – Електрон. текст. дані. – Д. : 2014. – 199 с. – Режим доступу: <http://nmu.org.ua> (дата звернення: 28.11.2014). – Назва з екрана.

ISBN 966-8271-77-7

Зміст видання відповідає освітньо-професійній програмі підготовки бакалаврів з напряму 6.050502 «Інженерна механіка» (галузевий стандарт вищої освіти України ГСВО ОПП-05) та програмі дисципліни «Взаємозамінність, стандартизація, технічні вимірювання».

Розглянуто загальні питання нормування показників геометричної точності виробів з позицій стандартизації, забезпечення взаємозамінності та контролю установлених технічних вимог.

Наведено методи і приклади розрахунку та вибору параметрів, критерії оцінювання придатності деталей на основі застосування міжнародних і державних стандартів.

Сформульовані навчальні цілі змістових модулів, що окреслюють навички та уміння бакалавра з інженерної механіки.

УДК 621.753.1

ББК

ISBN 966-8271-77-7

© В.В. Проців, 2014

© НГУ, 2014

Навчальне видання

ВСТУП

Виготовлення різноманітних машин, високоякісного, надійного і довговічного обладнання, верстатів неможливо забезпечити без застосування принципів взаємозамінності та використання високоточних вимірювальних приладів та застосування найновіших методів контролю.

В більшості випадків на високотехнологічних підприємствах застосовуються серійний і масовий типи виробництва, які неможливі без застосування принципів взаємозамінності.

Елементи взаємозамінності та стандартизації людство почало використовувати ще в стародавні часи, але тільки з розвитком промисловості і машинобудування їхнє використання стало конче необхідним.

Метою дисципліни являється формування у майбутніх бакалаврів знань, умінь та практичних навичок використання і дотримання вимог комплексних систем державних стандартів, виконання розрахунків точності на основі нормованих показників.

Мінімальний об'єм знань з вивчаємої дисципліни повинен містити знання параметрів, за якими нормується точність, знання використовуємих умовних знаків та способи їх нанесення на креслениках.

Тема 1. Взаємозамінність гладких спряжень

Лекція 3

ТОЧНІСТЬ ФОРМИ ПОВЕРХНІ

- 1 Основні положення.
- 2 Зв'язок між точністю форми та точністю розміру.
- 3 Відхилення та допуски форми поверхонь.
- 4 Умовне позначення допусків форми, розташування поверхонь та сумарних допусків форми і розташування на кресленнях.

-1-

При аналізі точності геометричних параметрів деталей розрізняють такі поверхні:

1. Номінальні (ідеальні);
2. Реальні (дійсні).

Аналогічно варто розрізняти номінальний і реальний профіль, номінальне і реальне розташування поверхні (профілю). Номінальне визначається номінальними лінійними і умовними розмірами, а реальне – дійсними.

Внаслідок відхилень дійсної форми від номінальної один розмір у різних перетинах деталі може бути різним. Розміри в поперечному перерізі можна визначити змінним радіусом R , відлічуваним від геометричного центра номінального перетину. Цей радіус називають поточним розміром, тобто розміром, що залежить від положення осьової координати X (Б-Б) і кутової координати φ точки, що лежить на вимірюваній поверхні (φ - кутова координата радіуса R_I).

φ - Полярний кут. Контур поперечного перерізу задовольняє умові замкнутості, тобто $f(\varphi) = f(\varphi + 2\pi)$ (функція має період 2π).

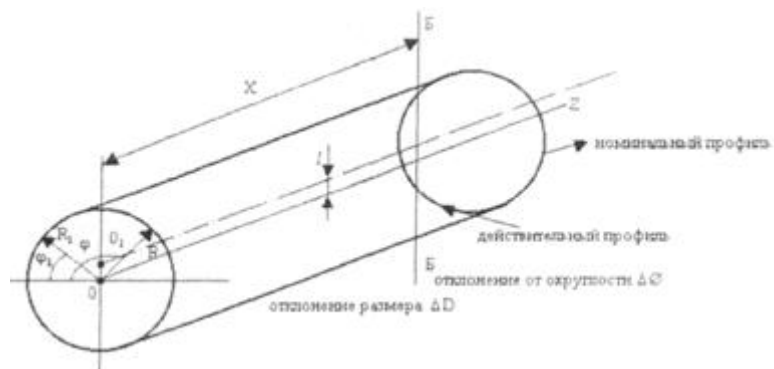


Рисунок 3.1. Геометрична модель відхилень для циліндричної поверхні

Для аналізу відхилень профілю контуру перетину дійсної поверхні можна характеризувати сукупністю гармонійних складових із різними частотами.

Для аналітичного зображення дійсного профілю (контуру перетину) поверхні використовують розкладання функції відхилень $f(\varphi)$ у ряд Фур'є.

Відхилення ΔR січного розміру R (при обраному значенні X) від номінального (постійного) розміру R_0 можна виразити залежністю:

$$\Delta R = R - R_0 = f(\varphi)$$

Розглядаючи відхилення ΔR радіуса-вектора в полярній системі координат як функцію полярного кута φ , можна представити відхилення контуру поперечного перерізу деталі у вигляді ряду Фур'є:

$$f(\varphi) = \frac{a_0}{2} + \sum_{k=1}^{\infty} (a_k \cos k\varphi + b_k \sin k\varphi)$$

a_0

де $\frac{a_0}{2}$ - нульовий член розкладання;

a_k, b_k - коефіцієнти ряду Фур'є коливань гармоніки;

k - порядковий номер.

Ряд Фур'є можна представити також у вигляді:

$$f(\varphi) = \frac{C_0}{2} + \sum_{k=1}^{\infty} C_k \cos(k\varphi + \varphi_k)$$

де C_k - амплітуда коливань гармоніки;

φ_k - початкова фаза.

Функція $f(\varphi)$ визначається сукупністю величин C_k , (спектра амплітуд) і φ_k (спектра фаз).

Далі використаємо ряд з обмеженим числом членів, тобто тригонометричний поліном:

$$f(\varphi) = \frac{C_0}{2} + \sum_{k=1}^n C_k \cos(k\varphi + \varphi_k)$$

Відповідно до теорії Фур'є, нульовий член розкладання в загальному випадку є середнім значенням $f(\varphi)$ за період 2π :

$$\frac{C_0}{2} = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} f(\varphi) d\varphi$$

$\frac{C_0}{2}$ - є постійна, складова відхилення поточного розміру.

1-й член розкладання $C_1 \cos(\varphi + \varphi_1)$, виражає розбіжність центра обертання O с геометричним центром перетину O_1 (ексцентриситет), тобто відхилення розташування поверхні. Тут C_1 , φ_1 - амплітуда й фаза. Члени ряду, починаючи із 2-го і до $k = p$ утворять спектр відхилень форми деталі в поперечному перерізі.

$$\sum_{k=1}^n C_k \cos(k\varphi + \varphi_k)$$

При цьому 2-й член ряду $C_2 \cos(2\varphi + \varphi_2)$ - виражає овальність, 3-й $C_3 \cos(3\varphi + \varphi_3)$ - огранювання із 3-х верховим профілем. Наступні члени ряду, що мають номер $k > p$, виражають хвилястість, при досить великій кількості членів ряду одержуємо високочастотні складові, що виражають шорсткість поверхні.

Аналогічно можна представити відхилення контуру циліндричної поверхні в поздовжньому перерізі, але умова замкнутості контуру в цьому випадку не виконується, де z - змінна, що відлічується уздовж вісі циліндра.

Уявивши циліндричну систему координат R, φ, Z і умовно прийнявши, що період $T=2l$, представимо відхилення контуру в поздовжньому перерізі $f(z)$ у вигляді тригонометричного полінома:

$$f(z) \neq f(z+l),$$

де $0 \leq z \leq l$

при $k = 1$

$$f_1(z) = C_1 \sin 0,5 \frac{\pi z}{l}; \quad f(z) = \frac{C_0}{2} + \sum_{k=1}^p C_k \sin \frac{k\pi}{2l} z,$$

де k - порядковий номер члена.

$$\text{при } z=0 \quad f_1(z) = 0$$

$$\text{при } z=l \quad f_1(l) = C_1$$

Перший член розкладання характеризує нахил утворюючого циліндра (конусоподібність).

Другий характеризує опуклість контуру в поздовжньому перерізі. Цей же 2-й - при наявності зсуву фази виражає сідлоподібність тощо.

$$f_2(z) = C_2 \sin \left(\frac{\pi z}{l} - \frac{\pi}{2} \right) = C_3 \cos \frac{\pi z}{l}$$

-2-

Для того, щоб виконати деталь по кресленнику необхідно забезпечити не тільки точність розміру, але й точність геометричної форми деталі, або точність взаємного розташування поверхонь. Для нормування та кількісної оцінки відхилень введені наступні поверхні:

Реальна – поверхня, що обмежує деталь і відділяє її від навколишнього середовища.

Номінальна – ідеальна поверхня, форма якої вказана на кресленні.

Базова – має форму номінальної і служить базою для кількісної оцінки відхилень.

Прилягаюча – має форму номінальної, дотикається до реальної і розташована зовні деталі так, що найбільш віддалена точка реальної поверхні має мінімальне значення.

Стандартами встановлено 16 ступенів точності форми поверхонь. Для кожного ступеня точності існує три рівня відносної точності : А, В, С. Для кожного рівня відносної точності існує відповідна залежність між допуском форми (T) та допуском розміру (T_p)

А — нормальна відносна геометрична точність (для допуску форми або розташування використовують приблизно 60 % допуску розміру);

$$A \rightarrow T = 60\% T_p \quad (\text{для отвору})$$

В — підвищена відносна геометрична точність (для допуску форми або розташування використовують приблизно 40 % допуску розміру);

$$B \rightarrow T = 40\% T_p \quad (\text{для вала})$$

С — висока відносна геометрична точність (для допуску форми або розташування використовують приблизно 25 % допуску розміру);

$$C \rightarrow T = 25\% T_p \quad (\text{для особливо точних розмірів})$$

-3-

У стандартах на допуски форми прийнято такі умовні позначення:

Δ — відхилення форми, відхилення розташування поверхонь, або сумарні відхилення форми і розташування поверхонь (реальне значення) ;

T — допуск форми, допуск розташування або сумарний допуск форми і розташування (проставляються на кресленику) ;

L — довжина нормованої ділянки (задана довжина).

ДСТУ 2498-94 передбачає 3 види точності поверхні:

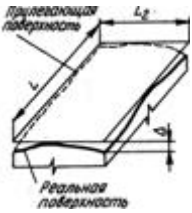
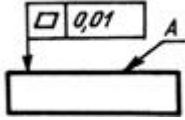
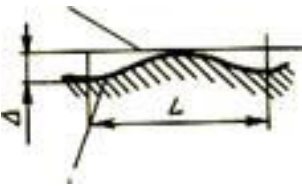
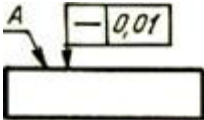
- допуск та відхилення форми поверхні;
- допуск та відхилення і розташування форми поверхні;
- сумарні допуски та відхилення форми і розташування поверхонь.

Відхилення форми оцінюється по всій поверхні (по всьому профілі) або на нормованій ділянці. Відлік відхилень форми поверхні виконується від прилягаючої поверхні, під якою розуміється поверхня, що має форму номінальної поверхні. Параметром для кількісної оцінки відхилень форми є найбільша відстань A від точок реальної поверхні (профілю) до прилягаючої поверхні в межах ділянки.

Відхиленням форми називається відхилення форми реальної поверхні від форми номінальної поверхні. До відхилень форми ставляться відхилення плоских і циліндричних деталей. Плоскі поверхні деталі характеризуються відхиленнями від площинності й прямолінійності (табл. 3.1).

Таблиця 3.1

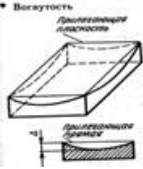
Відхилення від площинності й прямолінійності

Зображення відхилення	Визначення	Нанесення допусків на кресленні
	<p>Відхилення від площинності (неплощинність). Найбільша відстань від точок реальної поверхні до прилягаючої площини в межах нормованої ділянки</p>	 <p>Допуск площинності поверхні A 0,01 мм</p>
<p>Прилягаюча пряма</p>  <p>Реальний профіль</p>	<p>Відхилення від прямолінійності (непрямолінійність). Найбільша відстань від точок реального профілю до прилягаючої прямої в межах нормованої ділянки</p>	 <p>Допуск прямолінійності поверхні A 0,01 мм</p>

Окремими видами відхилень від прямолінійності й площинності є увігнутість і опуклість (табл. 3.2).

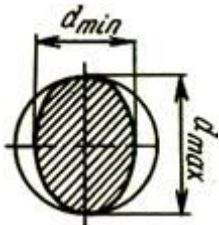
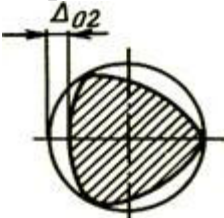
Таблиця 3.2

Окремі види відхилень від прямолінійності й площинності
- опуклість й увігнутість

Зображення відхилення	Визначення	Приклади позначення допусків на кресленнику
	<p>Відхилення від площинності (прямолінійності), при якому віддалення точок реальної поверхні (реального профілю) від прилягаючої площини (прямій) зменшується від країв до середини</p>	 <p>Допуск площинності поверхні А 0,004 мм, опуклість не допускається</p>
	<p>Відхилення від площинності (прямолінійності), при якому віддалення точок реальної поверхні (реального профілю) від прилягаючої площини (прямій) збільшується від країв до середини</p>	 <p>Допуск площинності поверхні А 001 мм, увігнутість не допускається</p>

Відхилення форми деталі, що має вид циліндра, характеризуються відхиленням від циліндричності, під якою розуміються відхилення поверхні деталі від ідеального циліндра. Щоб можна було виконувати виміру безпосередньо на виробництві, нормуються два види відхилень: відхилення профілю в поперечному й поздовжньому перерізах.

Окремі види відхилень форми циліндричних поверхонь

Найменування відхилення	Визначення
Відхилення від круглості	
<p>Овальність</p> 	<p>Реальний профіль являє собою овальну фігуру, найбільший і найменший діаметри якої вказують на овальність</p>
<p>Огранювання</p> 	<p>Реальний профіль являє собою багатогранну фігуру</p>

Для визначення кількісної оцінки відхилень використовується формула:

$$\Delta = \frac{d_{\max} - d_{\min}}{2}, \text{ мм}$$

де d_{\max} , d_{\min} - реальні значення розміру в поперечному або повздовжньому перерізі циліндра.

Умовні позначення допусків форми і розташування на креслениках

Група допусків	Вид допуску (по ГОСТ 24642-81)	Умовні позначення (по ГОСТ 2.308-79)
Допуски форми	Допуск прямолінійності	
	Допуск площини	
	Допуск круглості	
	Допуск циліндричності	
	Допуск профілю поздовжнього перерізу	
Допуски розташування	Допуск паралельності	
	Допуск перпендикулярності	
	Допуск нахилу	
	Допуск співвинності	
	Допуск симетричності	
	Позиційний допуск	
	Допуск перетину осей	
Сумарні допуски форми і розташування	Допуск радіального биття	
	Допуск торцевого биття	
	Допуск биття в заданому напрямку	
	Допуск повного радіального і повного торцевого биття	
	Допуск форми заданого профілю	
Допуск форми заданої поверхні		

Відхилення розташування поверхонь виявляються як незалежно одне від одного, так і спільно. У зв'язку з цим запроваджені поняття незалежного і залежного допуску розташування. Поняття залежного допуску розташування може бути застосоване тільки до валів і отворів.

Залежним називається допуск розташування, що позначається на креслениках чи в інших технічних документах у вигляді значення, яке не допускається перевищувати на величину, що залежить від відхилення дійсного розміру розглядуваного елемента і (чи) бази від границі максимуму матеріалу (найбільшого граничного розміру вала або найменшого граничного розміру отвору). Залежні допуски повинні бути або спеціально позначені на креслениках або вказані в технічних вимогах. При відсутності спеціальних позначень або вказівок допуски приймаються як незалежні.

Незалежним називається допуск розташування, числове значення якого є постійним для всієї сукупності деталей та не залежить від дійсного розміру розглядуваного елемента і (чи) бази.

Відхилення взаємного розташування поверхонь найчастіше оцінюють такими параметрами, як відхилення від перпендикулярності, паралельності, співвісності, торцеве биття, радіальне биття тощо.

Питання для самоперевірки:

1. Які причини викликають відхилення форми і розташування?
2. Які поверхні називаються реальними та номінальними?
3. Що таке відхилення від прямолінійності та відхилення від площинності та як вони визначаються?
4. Що називається відхиленням від циліндричності?
5. Якими умовними знаками визначають відхилення форм поверхні?
6. Що називається відхиленням від паралельності і як воно визначається?
7. Перерахуйте відхилення форми у поздовжньому перерізі.
8. Перерахуйте похибки форми у поперечному перерізі.

ЛІТЕРАТУРА

1. Допуски и посадки [Справочник. В 2-х ч .] : 6-е изд., перераб. и доп. / В.Д. Мягков, М.А. Палей, А.Б. Романов, В.А. Брагинский. – Л. : Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1982. – Ч. 1. 543 с.