



НАЦІОНАЛЬНИЙ СТАНДАРТ УКРАЇНИ

ПЕРЕДАЧІ ЦИЛІНДРИЧНІ ЗУБЧАСТІ

Правила приймання

Частина 4. Рекомендації стосовно
структури поверхні та перевірки плями
контакту зубців

(ISO/TR 10064-4:1998, IDT)

ДСТУ ISO/TR 10064-4:2005

Видання офіційне



Київ
ДЕРЖСПОЖИВСТАНДАРТ УКРАЇНИ
2008

ПЕРЕДМОВА

1 ВНЕСЕНО: Технічний комітет стандартизації «Механічні приводи» (ТК 47), Акціонерне товариство закритого типу «Науково-дослідний інститут «Редуктор» (АТЗТ «НДІ «Редуктор»)

ПЕРЕКЛАД І НАУКОВО-ТЕХНІЧНЕ РЕДАГУВАННЯ: **В. Власенко**, канд. техн. наук; **В. Фей** (науковий керівник); **В. Галушко**; **О. Висоцький**

2 НАДАНО ЧИННОСТІ: наказ Держспоживстандарту України від 2 грудня 2005 р. № 345 з 2007–04–01; згідно з наказом Держспоживстандарту України від 2 серпня 2007 р. № 176 чинність встановлено з 2008–03–01

3 Національний стандарт ДСТУ ISO/TR 10064-4:2005 відповідає ISO/TR 10064-4:1998 Cylindrical gears — Code of inspection practice — Part 4: Recommendations relative to surface texture and tooth contact pattern checking (Циліндричні зубчасті передачі. Практичні правила приймання. Частина 4. Рекомендації, що стосуються структури поверхні і перевіряння плями контакту зубців)

Ступінь відповідності — ідентичний (IDT)

Переклад з англійської (en)

4 УВЕДЕНО ВПЕРШЕ

Право власності на цей документ належить державі.
Відтворювати, тиражувати і розповсюджувати його повністю чи частково
на будь-яких носіях інформації без офіційного дозволу заборонено.
Стосовно врегулювання прав власності треба звертатися до Держспоживстандарту України

Держспоживстандарт України, 2008

ЗМІСТ

	с.
Національний вступ	IV
1 Сфера застосування	1
2 Нормативні посилання	1
3 Позначки і визначення	2
4 Структура поверхні	6
5 Функційні характеристики	6
6 Дані, які наводять у креслениках	7
7 Вимірювальні прилади	8
8 Вимірювання поверхневої шорсткості бічних поверхонь зубців зубчастого колеса	9
9 Перевіряння плями контакту зубців	15
Додаток А Контролювання співпадання напрямків зубців передачі за плямами контакту	18
Бібліографія	21

НАЦІОНАЛЬНИЙ ВСТУП

Цей стандарт є тотожний переклад ISO/TR 10064-4:1998 Cylindrical gears — Code of inspection practice — Part 4: Recommendations relative to surface texture and tooth contact pattern checking (Циліндричні зубчасті передачі. Практичні правила приймання. Частина 4. Рекомендації, що стосуються структури поверхні і перевіряння плями контакту зубців).

Технічний комітет, відповідальний за цей стандарт, — ТК 47 «Механічні приводи».

ISO/TR 10064-4 — технічний звіт типу 3, який не підлягає перегляду, поки дані, які він наводить, чинні або корисні.

ISO/TR 10064-4 підготовлений технічним комітетом ISO/TC 60 «Зубчасті передачі».

ISO 53:1998, ISO 3274:1996, ISO 4287:1997, ISO 4288:1996 впроваджено в Україні як національні стандарти ДСТУ ISO 53–2001 (IDT), ДСТУ ISO 3274–2002 (IDT), ДСТУ ISO 4287–2002 (IDT), ДСТУ ISO 4288–2001 (IDT) відповідно.

Копію зазначених документів можна отримати у Головному фонді нормативних документів.

ISO 10064 містить такі частини під загальною назвою *Циліндричні зубчасті передачі. Практичні правила приймання*:

- Частина 1. Приймання сполучених поверхонь зубців;
- Частина 2. Приймання, що стосується відхилів вимірювальної міжосьової відстані, биття, товщини зуба і бічного зазору;
- Частина 3. Рекомендації, що стосуються заготовок зубчастих коліс, міжосьової відстані і паралельності осей;
- Частина 4. Рекомендації, що стосуються структури поверхні і перевіряння плями контакту зубців.

До стандарту внесено такі редакційні зміни:

- до розділу 2 «Нормативні посилання» додучено «Національне пояснення», яке в тексті виділено рамкою;
- замість терміна «підшипник» використано термін «вальниця» згідно з ДК 004–2004;
- структурні елементи стандарту: «Титульний аркуш», «Передмову», «Зміст», «Національний вступ» та «Бібліографічні дані» — оформлено відповідно до вимог національної стандартизації України;
- вилучено попередній довідковий матеріал «Вступ»;
- вираз «ця частина ISO/TR 10064» змінено на «цей стандарт».

НАЦІОНАЛЬНИЙ СТАНДАРТ УКРАЇНИ

ПЕРЕДАЧІ ЦИЛІНДРИЧНІ ЗУБЧАСТІ

Правила приймання

**Частина 4. Рекомендації стосовно структури поверхні
та перевірки плями контакту зубців**

ПЕРЕДАЧИ ЦИЛИНДРИЧЕСКИЕ ЗУБЧАТЫЕ

Правила приемки

**Часть 4. Рекомендации, касающиеся структуры поверхности
и проверки пятна контакта зубьев**

CYLINDRICAL GEARS

Code of inspection practice

**Part 4. Recommendations relative to surface texture
and tooth contact pattern checking**

Чинний від 2008-03-01

1 СФЕРА ЗАСТОСУВАННЯ

Цей стандарт представляє настанови з вимірювальних аспектів структури поверхні і контролювання плями контакту бічних поверхонь зубців зубчастих коліс.

Числові величини, наведені в цьому документі, не потрібно вважати строгими критеріями точності ISO, але їх можна використовувати для сталевих або чавунних деталей як основу для взаємних угод.

2 НОРМАТИВНІ ПОСИЛАННЯ

ISO 53:1998 Cylindrical gears for general and heavy engineering — Standard basic rack tooth profile

ISO 1302:1992 Technical drawings — Methods of indicating surface texture

ISO 1328-1:1995 Cylindrical gears — ISO System of accuracy — Part 1: Definitions and allowable values of deviations relevant to corresponding flanks of gear teeth

ISO 1328-2:1996 Cylindrical gears — ISO System of accuracy — Part 2: Definitions and allowable values of deviations relevant to radial composite deviations and runout

ISO 3274:1996 Geometrical Product Specifications (GPS) — Surface texture: Profile method — Nominal characteristics of contact (stylus) instruments

ISO 4287:1997 Geometrical Product Specifications (GPS) — Surface texture: Profile method — Terms, definitions and surface texture parameters

ISO 4288:1996 Geometrical Product Specifications (GPS) — Surface texture: Profile method — Rules and procedures for the assessment of surface texture

ISO 11562:1996 Geometrical Product Specifications (GPS) — Surface texture: Profile method — Metrological characteristics of phase correct filters

ISO 13565-1:1996 Geometrical Product Specifications (GPS) — Surface texture: Profile method; Surfaces having stratified functional properties — Part 1: Filtering and general measurement conditions

ISO 13565-2:1996 Geometrical Product Specifications (GPS) — Surface texture: Profile method; Surfaces having stratified functional properties — Part 2: Height characterization using the linear material ratio curve.

НАЦІОНАЛЬНЕ ПОЯСНЕННЯ

ISO 53:1998 Передачі циліндричні зубчасті для загального і важкого машинобудування. Відхилений контур

ISO 1302:1992 Технічні кресленики. Методи позначання структури поверхні

ISO 1328-1:1995 Передачі зубчасті циліндричні. Система точності ISO. Частина 1. Визначення і допустимі величини відхилів, що стосуються сполучених бокових поверхонь зубців

ISO 1328-2:1996 Передачі зубчасті циліндричні. Система точності ISO. Частина 2. Визначення і допустимі величини відхилів, що стосуються вимірювальної міжосьової відстані та інформації про биття

ISO 3274:1996 Технічні вимоги до геометрії виробів (GPS). Структура поверхні: профільний метод. Номінальні характеристики контактних (щупових) приладів

ISO 4287:1997 Технічні вимоги до геометрії виробів (GPS). Структура поверхні: профільний метод. Терміни, визначення і параметри структури поверхні

ISO 4288:1996 Технічні вимоги до геометрії виробів (GPS). Структура поверхні: профільний метод. Правила і процедури оцінювання структури поверхні

ISO 11562:1996 Технічні вимоги до геометрії виробів (GPS). Структура поверхні: профільний метод. Метрологічні характеристики фазових коригувальних фільтрів

ISO 13565-1:1996 Технічні вимоги до геометрії виробів (GPS). Структура поверхні: профільний метод; Поверхні з пошаровим розподілом функційних властивостей. Частина 1. Умови фільтрації і загальних вимірювань

ISO 13565-2:1996 Технічні вимоги до геометрії виробів (GPS). Структура поверхні: профільний метод; Поверхні з пошаровим розподілом функційних властивостей. Частина 2. Розподіл характеристик за висотою з використанням лінійних опорних відносних кривих.

3 ПОЗНАКИ І ВИЗНАЧЕННЯ

3.1 Познаки

Познаки, використані для відхилів вимірів окремих елементів складені з малих літер, типу «f», з індексами, тоді як познаки, використані для «повних» відхилів, які можуть представляти комбінації відхилів декількох окремих елементів, складені з великих літер, типу «F», також з індексами. Познаки для величин, використаних тільки в цьому стандарті, наведено в таблиці 1.

Таблиця 1 — Познаки, використанні в межах цього стандарту

Познаки	Термін	Одиниці вимірювання
$f_{w\beta}$	амплітуда хвилястості	мкм
b_{c1}	більша довжина плями контакту	%
b_{c2}	менша довжина плями контакту	%
h_{c1}	більша висота плями контакту	%
h_{c2}	менша висота плями контакту	%
l_r	базова довжина для профілю шорсткості	мм
l_n	довжина оцінювання (За відсутності вказівок нормально $l_n = 5 \cdot l_r$ — див. ISO 4287, таблиця C.2 і ISO 4288, 4.4)	мм
M_r	опорна довжина	мм
M_{r1} & M_{r2}	відносна часткова довжина	%
R_a	середньо-арифметичний відхил профілю шорсткості	мкм
R_k	глибина шорсткості серцевини	мкм
R_{pk}	зменшена висота виступу	—
R_{vk}	зменшена глибина западини	—

Кінець таблиці 1

Позначки	Термін	Одиниці вимірювання
R_z	максимальна висота профілю шорсткості (див ISO 4287)	мкм
$Z(x)$	ординатне значення	мкм
λ	довжина хвилі	мм
λ_c	довжина хвилі випрямлення (і короткохвильового випрямлення хвилястості)	мм
λ_s	коротка довжина хвилі випрямлення шорсткості	мм

3.2 Терміни та визначення понять

3.2.1 Загальні терміни

3.2.1.1 напрям нерівностей поверхні (surface lay)

Напрямок домінувального рельєфу поверхні (див. рисунок 1а).

Примітка. Напрямок нерівностей поверхні зазвичай залежить від використаного методу виготовлення

3.2.1.2 шорсткість (roughness)

Нерівності профілю шорсткості за винятком хвилястості і відхилю від форми (див. 3.2.2.1).

Складник структури поверхні, що виник внаслідок процесу виготовлення

3.2.1.3 хвилястість (waviness)

Нерівності профілю хвилястості (див. 3.2.2.2). Складник структури поверхні, на який накладається шорсткість (див. рисунки 1а, 1b, 1с). Взагалі, для механічно оброблених поверхонь зубців інтервал хвилястості значно більший від інтервалу шорсткості.

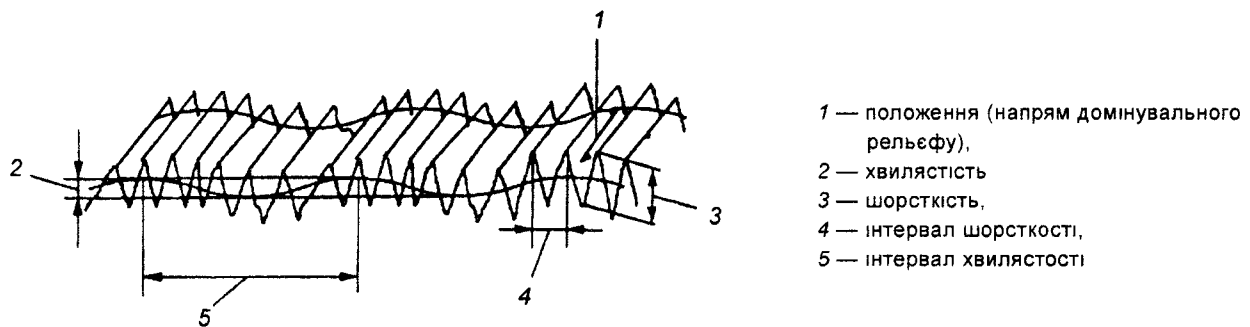


Рисунок 1а — Характеристики поверхні і терміни

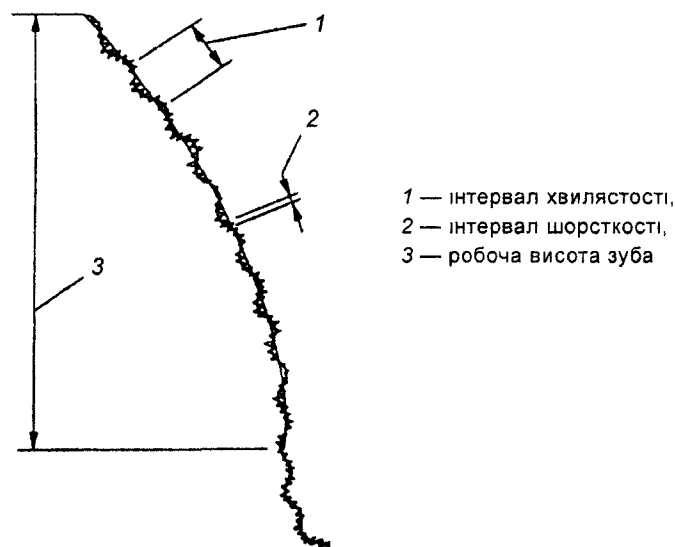


Рисунок 1b — Збільшений зразок профілю структури поверхні евольвентного зуба

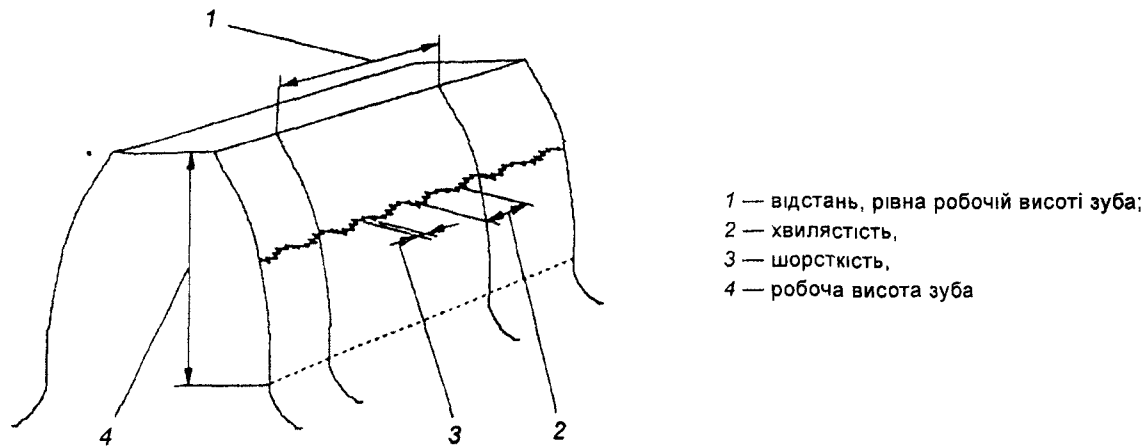


Рисунок 1с — Збільшений зразок профілю структури поверхні вздовж зуба

3.2.2 Терміни, що стосуються оцінювання профілю поверхні

3.2.2.1 профіль шорсткості (roughness profile)

Пропускна смуга для профілів шорсткості, визначена профільними фільтрами λ_c і λ_s (див. ISO 11562, розділ 3), див. рисунок 1.

Примітка 1. Профіль шорсткості є базисом для оцінювання параметрів профілю шорсткості

Примітка 2. За відсутності вказівок відношення між λ_c і λ_s наведене в ISO 11562, 3.2

3.2.2.2 профіль хвилястості (waviness profile)

Періодична частина компоненту довгої хвилі після використання профільного фільтра λ_c .

3.2.2.3 середня лінія профілю шорсткості (mean line for the roughness profile)

Середня лінія є компонентом профілю довгої хвилі, подавленої профільним фільтром λ_c . (див. ISO 11562, 3.2.1).

Примітка. Середньою лінією профілю шорсткості є ділильна лінія від якої вимірюють профільну ординату $Z(x)$, див. рисунок 2

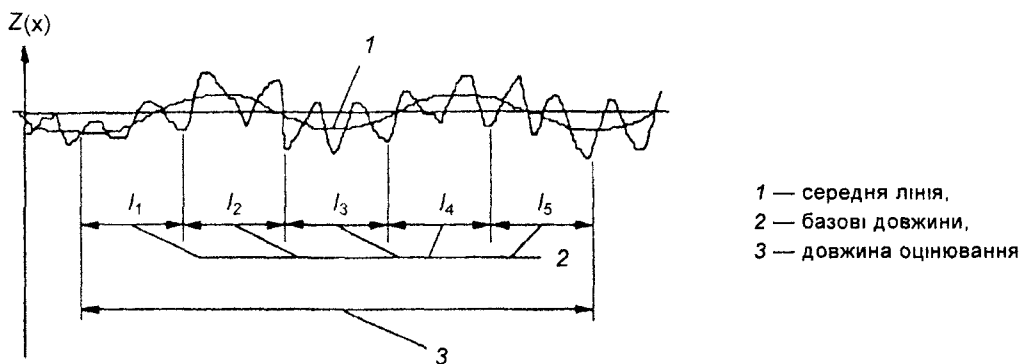


Рисунок 2 — Довжини вимірювання

3.2.2.4 ординатне значення (ordinate value)

Висота оцінюваного профілю в будь-якій позиції x

3.2.2.5 базова довжина, l_r шорсткості (sampling length, l_r for roughness)

Довжина в напрямі осі x , використана для ідентифікування нерівностей, які характеризують профіль під час оцінювання. Базова довжина шорсткості l_r чисельно дорівнює характеристичній довжині хвилі профільного фільтра λ_c (див. ISO 4287)

3.2.2.6 довжина оцінювання, l_n (evaluation length, l_n)

Довжина в напрямі осі x , використана для характеристики профілю під час оцінювання. Довжина оцінювання може містити одну або більше базових довжин (див. ISO 4287)

3.2.2.7 випрямлена довжина хвилі, λ_c , профільних фільтрів (фазового, коригувального, гауссового) (*cut-off wavelength, λ_c profile filters (phase, correct, gaussian)*)

Довжина хвилі синусоїдального профілю, 50 % амплітуди якої передає профільний фільтр (див. ISO 11562)

3.2.2.8 коефіцієнт випрямлення (*cut-off ratio*)

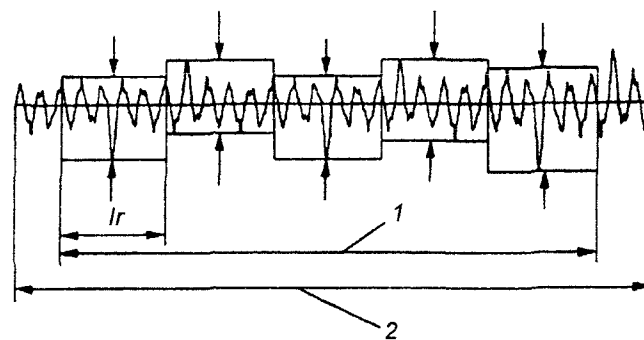
Відношення характеристики випрямлення довжини довгої хвилі до характеристики випрямлення довжини короткої хвилі даної смуги пропуску (див. ISO 11562)

3.2.3 Терміни, що стосуються параметрів шорсткості поверхні

3.2.3.1 максимальні висоти профілю шорсткості R_z (*maximum heights of roughness profile, R_z*)

Сума висоти найбільшої висоти профілю виступу Z_p і найбільшої глибини профілю западини Z_v в межах базової довжини (див. ISO 4287, 4.1, 4.1.3 і рисунок 9).

Примітка. Зазвичай цей параметр вимірюють, як середню величину п'яти суміжних базових довжин. Довжина оцінювання тоді містить п'ять базових довжин (див. рисунок 3)



1 — довжина оцінювання, l_r ,
2 — довжина перетинання

Рисунок 3 — Максимальна висота профілю шорсткості

3.2.3.2 середнє арифметичне відхилів профілю шорсткості, R_a (*arithmetical mean deviations of the roughness profile, R_a*)

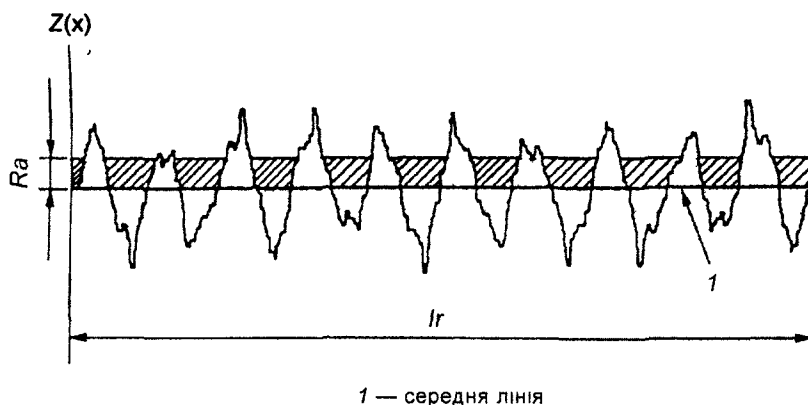
Середнє арифметичне величин абсолютних ординат $Z(x)$ в границях базової довжини (див. ISO 4287, 4.2.1).

$$R_a = \frac{1}{l_r} \int_0^{l_r} |Z(x)| dx, \quad (1)$$

де l_r — базова довжина для R_a ;

$Z(x)$, Z_i — ординатні величини

Примітка. Середньоарифметичний відхил R_a визначають довжиною оцінювання п'яти суміжних базових довжин (див. рисунок 4 і ISO 4288)



1 — середня лінія

Рисунок 4 — Середньоарифметичний відхил профілю шорсткості, R_a

3.2.4 хвилястості зуба зубчастого колеса (gear tooth undulations)

Хвилястостями є періодичне повторення хвилеподібних нерівностей на поверхні зуба. Особлива форма хвилястостей відповідає таким критеріям:

- напрямок нерівностей є приблизно паралельним до ліній контакту (зі сполученим зубчастим колесом);
- кількість хвиль спроектованих на початкове коло (в площині обертання) є цілим числом, див. рисунок 5;
- вони зазвичай спричиняють шум.

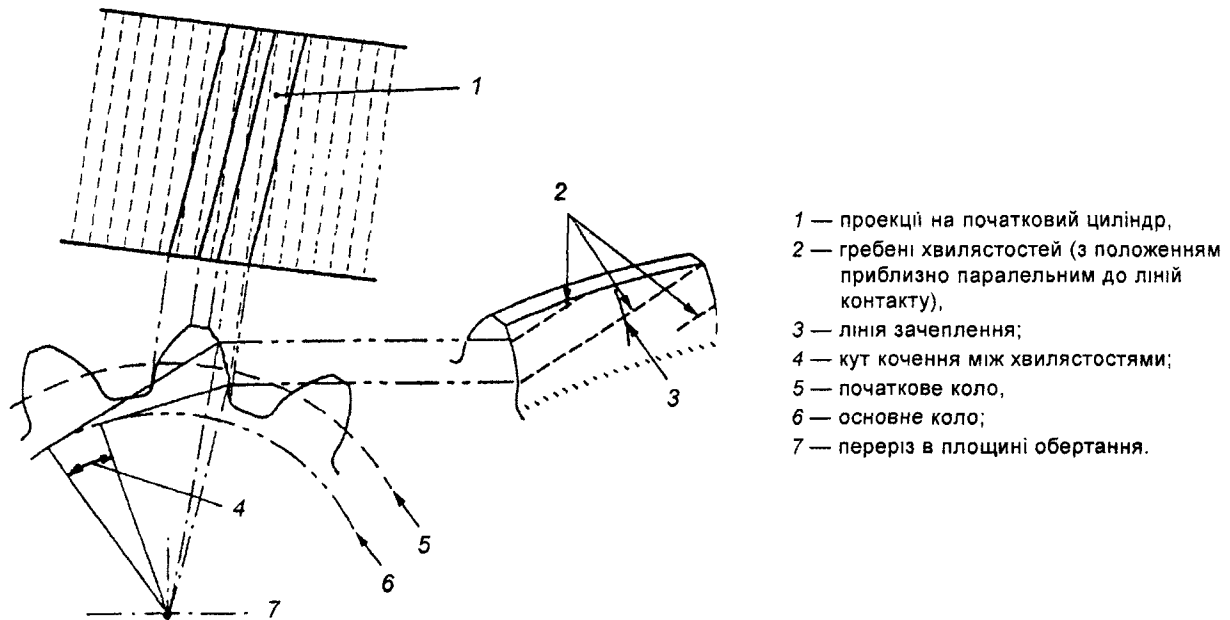


Рисунок 5 — Хвилястості в косозубому колесі

4 СТРУКТУРА ПОВЕРХНІ

Експериментальні дослідження і досвід експлуатації вказують, що існує взаємовідношення між якістю структури поверхні і навантажувальною здатністю зубчастого колеса. Вплив шорсткості поверхні на опір пітингу і міцність вигину зуба зубчастого колеса приведений в ISO 6336, розділах 2 і 3 відповідно, його вплив на заїдання обговорений в ISO/TR 13989.

Так само як шорсткість, хвилястість та інші особливості структури поверхні можуть впливати на втомний опір поверхні матеріалу. Якщо виникає потреба у високих стандартах експлуатаційної якості і надійності, логічно вимірювати нефільтрований профіль структури поверхні зубців зубчастих коліс.

У цьому стандарті немає рекомендацій щодо параметрів шорсткості поверхні, хвилястості і форми або типу напрямку нерівностей, придатних для специфічних цілей, не ідентифікованих причини таких нерівностей.

ЗАСТОРОГА! Перед встановленням обмежень до особливостей структури поверхні зубців зубчастих коліс, конструктори зубчастих передач і інженери-механіки повинні ознайомитися зі стандартами ISO та іншою літературою в цій галузі (див. посилання в розділі 2).

5 ФУНКЦІЙНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Функційні характеристики зубців зубчастих коліс, на які впливає структура поверхні, можна розділити на категорії:

- передавальна точність (шум і вібрація);
- поверхнева навантажувальна здатність (типу пітинг, заїдання і зношування);
- міцність на вигин (стан перехідної поверхні ніжки зуба).

5.1 Передавальна точність

Структуру поверхні можна описати, як таку, що має дві головні форми: шорсткість і хвилястість.

Передавальні похибки можуть бути спричинені хвилястістю поверхні або хвилястостями на поверхні зуба. Вплив залежить від напрямку положення хвиль відносно миттєвої лінії контакту і лінії зачеплення. Якщо положення хвиль паралельне до миттєвої лінії контакту або ділянки контакту (перпендикулярно до лінії зачеплення), може виникнути високочастотний шум в зубчастому зачепленні (подвоєнні гармоніки над частотою зачеплення).

У деяких випадках шорсткість поверхні може спричинити різницю в характері шуму зубчастої передачі (чистова на відміну від чорнової якості оброблення). Це приглушує шум, що виникає на частоті зубчастого зачеплення і його гармонік.

5.2 Навантажувальна здатність

Структура поверхні може впливати на довговічність зуба зубчастого колеса за двома загальними критеріями: зношення поверхні і ламання зуба.

5.2.1 Знос поверхні

Знос поверхні це стирання, заїдання або подряпини, пітинг тощо. Це стосується шорсткості поверхні і хвилястості профілю зуба. Структура поверхні, температура і мастило визначають товщину пружно-гідродинамічної плівки (EHD), яка впливає на довговічність поверхні зуба.

5.2.2 Міцність на вигин

Виламування зуба може бути результатом втоми (високе циклічне напруження). Вплив структури поверхні на напруження в області перехідної поверхні вважається впливовим чинником.

5.3 Вплив на вимірювальний метод

Оснащення для вимірювального методу, розташовання, напрям і аналіз (фільтр і т. ін.) потрібно вибирати так, щоб представляти функційну ділянку зуба і лінію зачеплення.

6 ДАНІ, ЯКІ НАВОДЯТЬ У КРЕСЛЕНИКАХ

Коли це встановлено замовником або коли конструкція і експлуатаційні вимоги роблять це необхідним, відповідну величину шорсткості для обробленого стану потрібно установити в креслениках, як показано на рисунках 6a і 6b.

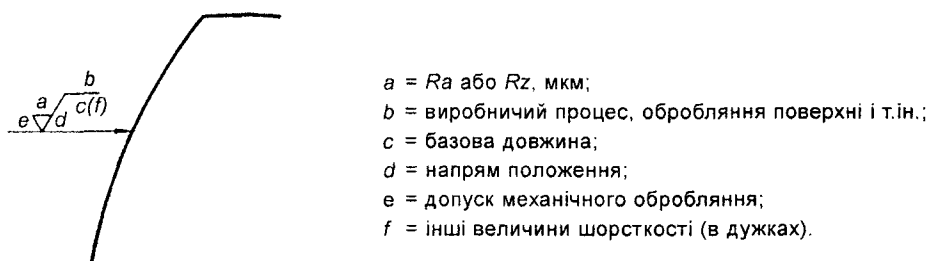


Рисунок 6a — Позначки структури поверхні



1 — бічна поверхня зуба за винятком перехідної кривої;
 2 — бічна поверхня зуба, зокрема перехідна крива.

Рисунок 6b — Позначки шорсткості і напрямку положення

7 ВИМІРЮВАЛЬНІ ПРИЛАДИ

Вимірювальні прилади щупового типу зазвичай використовують для вимірювання шорсткості. Вимірювання можна провести з таким устаткуванням, що охоплює технічні параметри, які впливають на похибку вимірювання (див. рисунок 7)

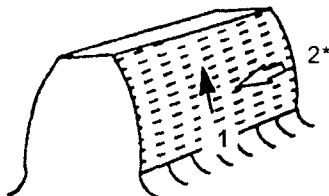
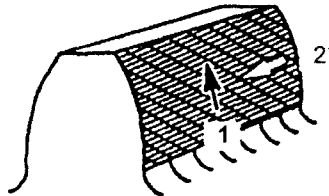
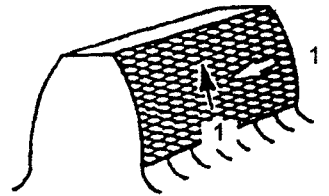
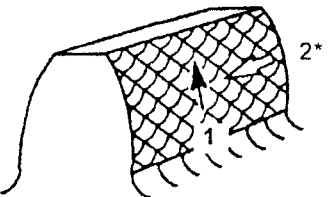
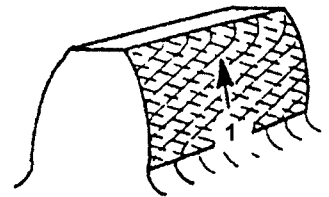

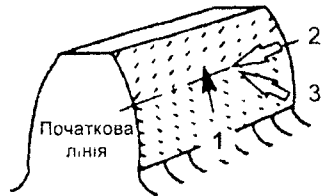
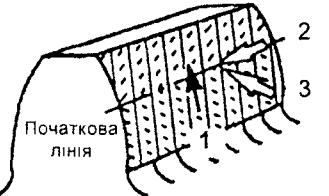
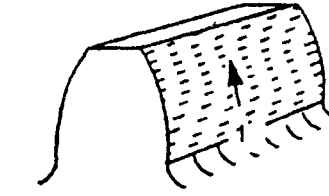
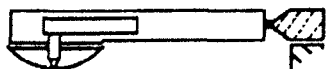
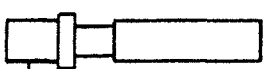
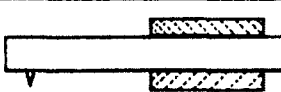


Шліфування (періодичне кругове подавання)		Шліфування («на прохід», безперервне)		Шліфування (перехресне)	
					
Нарізка фрезою		Зубодовбання		Шевінгування	
					
Хонінгування (зовнішнє)		Шевінгування (зустрічне, проти подавання)		Хонінгування (внутрішнє)	
					
Напрямок подавання		Тип приладу			
1 і 3	Прилад з опорною колодкою	Бокове встановлювання опорної колодки			
2		Переднє встановлювання опорної колодки			
2*	Прилад з фіксованою направленістю				
 Переважний напрям виміральної траверси для визначання R_z , R_a , R_k		 Напрямок виміральної траверси для визначання додаткової інформації, такої як висота малих міток подавання			

Рисунок 7 — Особливості приладу і напрями вимірювання щодо методу виготовлення

а) одна опорна колодка або пара опорних колодок, які ковзають по вимірювальній поверхні (прилад з прямою еталонною площиною),

б) опорна колодка, яка ковзає по еталонній площині, що має форму номінальної поверхні;

с) регульований або програмований давач опорної лінії в комбінації з опорною колодкою, тобто реалізований координатно-вимірювальною машиною;

д) оцінювання форми, хвилястості і шорсткості давачем без опорної колодки і прямим початком відліку, скомбінованим з великим діапазоном вимірювання.

Згідно зі стандартами ISO радіус наконечника щупа повинен бути 2 мкм, або 5 мкм, або 10 мкм. Кут конуса щупа може бути 60° або 90°. Інші подробиці щодо приладу можна дізнатися в ISO 3274. Звіт вимірювання поверхні повинен вказувати радіус наконечника і кут конуса щупа.

Для вимірювання шорсткості або хвилястості необхідно використовувати давач без опорної колодки і фільтр з визначеним випрямленням, який буде подавляти довгохвильову компоненту або короткохвильову компоненту профілю поверхні. Прилади є тільки з деякими конкретними випрямленнями. Звертайтеся до таблиці 2 за відповідними випрямленими довжинами хвиль. Потрібно дотримуватися обережності під час вибирання відповідного радіуса наконечника щупа, базової довжини і фільтра випрямлення; див. ISO 3274, ISO 4288 і ISO 11562, інакше може виникнути систематична похибка вимірювання.

Функційні обставини впливів хвилястості, напрям положення і вимірювальні прилади можуть вимагати різної величини випрямлення.

Таблиця 2 — Фільтрування і випрямлені довжини хвиль

Модуль, мм	Стандартна робоча висота зуба, мм	Стандартне випрямлення, мм	Випрямлення в робочій висоті зуба
1,5	3,0	0,2500	12
2,0	4,0	0,2500	16
2,5	5,0	0,2500	20
3,0	6,0	0,2500	24
4,0	8,0	0,8000	10
5,0	10,0	0,8000	12
6,0	12,0	0,8000	15
7,0	14,0	0,8000	17
8,0	16,0	0,8000	20
9,0	18,0	0,8000	22
10,0	20,0	0,8000	25
11,0	22,0	0,8000	27
12,0	24,0	0,8000	30
16,0	32,0	2,5000	13
20,0	40,0	2,5000	16
25,0	50,0	2,5000	20
50,0	100,0	8,0000	12

8 ВИМІРЮВАННЯ ПОВЕРХНЕВОЇ ШОРСТКОСТІ БІЧНИХ ПОВЕРХОНЬ ЗУБЦІВ ЗУБЧАСТОГО КОЛЕСА

Цей розділ описує переважні величини параметрів, випрямлення і довжину оцінювання та методики вимірювання структур поверхні зуба і перехідної кривої циліндричних евольвентних зубчастих коліс.

Під час вимірювання шорсткості поверхні, траєкторія щупа повинна бути перпендикулярною напрямку положення поверхні (див. напрями, вказані на рисунках 7 і 8). Вимірювання також повинно бути перпендикулярним до поверхні. Отже, кривизна поверхні зуба повинна бути дотримана щупом по можливості без пропусків.

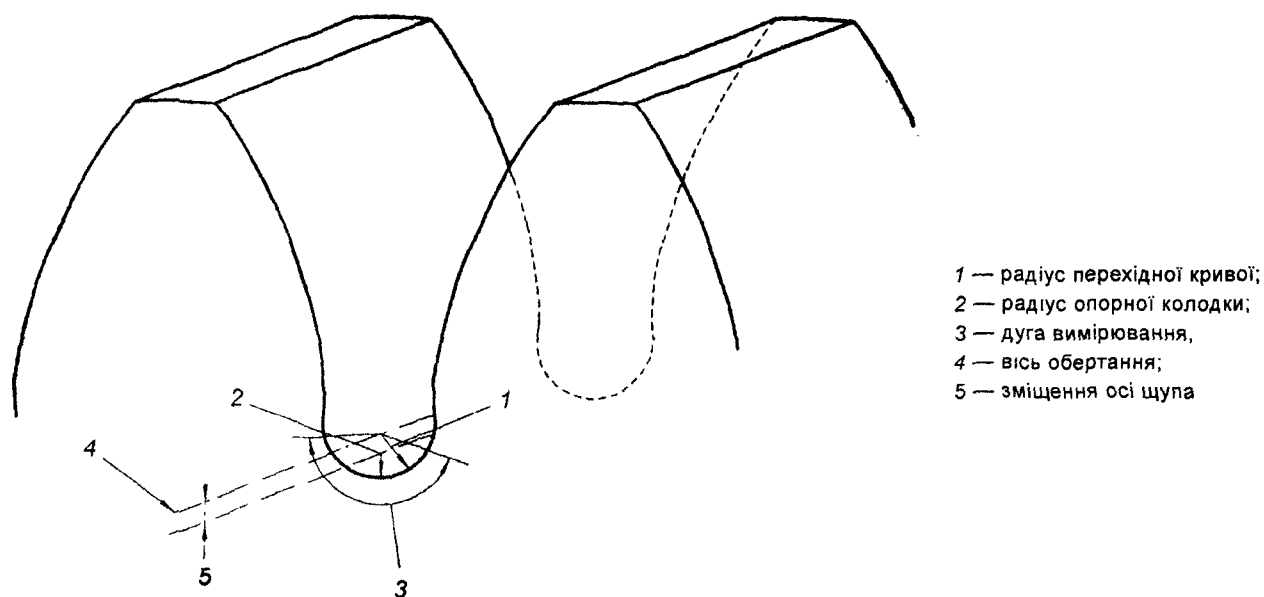


Рисунок 8 — Вимірювання шорсткості перехідної поверхні ніжки

Коли вимірюють шорсткість перехідної поверхні ніжки зуба зубчастого колеса, один напрям повинен бути під прямим кутом до лінії нахилу зуба і для цього можуть бути потрібні спеціальні методи. Одне придатне розташування показане на рисунку 8, де вимірювальна головка з радіусом опорної колодки r , меншим від радіуса перехідної кривої R , перед щупом, є так змонтована на обертовому шпинделі, що коли повернути шпиндель під кутом близько 100° , наконечник щупа опише приблизну дугу перехідної кривої зуба. Коли перехідні криві достатньо великі і виконано ретельне позиціонування такого пристрою, можна зробити вимірювання шорсткості.

Примітка. Радіус опорної колодки r , використовуваної безпосередньо на поверхні повинен бути $r > (50 \lambda_c)$, щоб уникнути похибки, обумовленої опорною колодкою.

Альтернативно можна підготувати зворотну модель, використовуючи придатний литий матеріал (смола тощо), для вимірювання використовують тип вимірювального приладу з опорною колодкою. Цей метод особливо корисний, коли потрібно вимірювати шорсткість перехідних кривих зубців високоточних зубчастих коліс. У разі застосування цього методу, важливо пам'ятати під час оцінювання, що записи профілю є зворотними.

8.1 оцінювання результатів вимірювань

Безпосередньо виміряні параметри шорсткості можна порівняти прямо з установленими допустимими величинами.

Параметричну величину зазвичай визначають, як середню величину декількох величин із числа суміжних базових довжин, взятих вздовж профілю. Але потрібно враховувати, що шорсткість поверхні може систематично змінюватися вздовж напрямку бічної поверхні зубчастого колеса. Отже, цілком можливо визначити величини шорсткості для одиночних суміжних базових довжин. Щоб удосконалити статистичну достовірність величин, можна обчислити середні арифметичні величини із декількох проходів.

Кращих результатів можна очікувати, якщо профіль вимірюють без опорної колодки, відносно еталона. Це є випадок з оснащенням, згаданим в b) і d) у розділі 7.

Посилаючись на розділ 7, шорсткість, хвилястість, форму і відхили форми оцінюють одночасно.

Щоб відокремити в цьому випадку шорсткість від довгохвильової частки профілю, спочатку потрібно вилучити компонент номінальної форми перед фільтруванням через фазокоригувальний фільтр згідно з ISO 11562 і ISO 4288.

Коли профілі зубців зубчастого колеса надто малі, щоб зробити вимірювання на п'яти суміжних базових довжинах, дозволено вимірювання на одній з базових довжин на окремих зубцях (див. ISO 4288, розділ 7).

Щоб запобігти втраті частини довжини оцінювання використанням фільтра, можна оцінити шорсткість на одній з базових довжин без застандартизованої фільтрувальної методики. Рисунок 9 пояснює фільтрувальний ефект для подавлення форми і т.ін., розділенням записаного профілю (без фільтра) на короткі базові довжини l_1 , l_2 , l_3 тощо. Для порівнювання результатів із застандартизованим методом з фільтром, базові довжини повинні бути однакової величини, як величина випрямлення, λ_c .

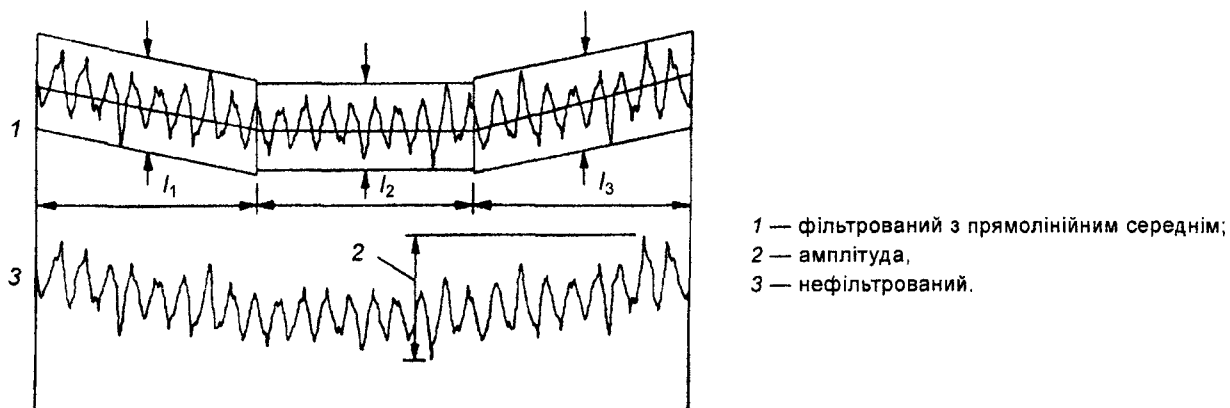


Рисунок 9 — Вплив базової довжини і фільтрування

8.2 Величини параметрів

Величини параметрів повинні бути порівняні з установленими величинами. Установлені параметричні величини повинні бути переважно вибрані із діапазонів, показаних в таблицях 3 і 4. Ra або Rz можна використовувати як критерій, але обидві не можна використовувати на тій самій деталі.

Немає безпосередньої залежності між ступенями точності згідно з ISO 1328-1 і класами шорсткості з таблиць 3 і 4.

Примітка. Класи стану еквівалентної поверхні в цих таблицях для Ra і Rz не відповідають конкретним виробничим застосуванням. Це особливо стосується величин, перелічених в класах від 1 до 4.

Таблиця 3 — Рекомендовані граничні величини середньоарифметичного відхилення Ra , в мкм

Клас	Ra		
	Модуль в мм		
	$m < 6$	$6 \leq m \leq 25$	$m > 25$
1	0,04		
2	0,08		
3	0,16		
4	0,32		
5	0,5	0,63	0,80
6	0,8	1,00	1,25
7	1,25	1,6	2,0
8	2,0	2,5	3,2
9	3,2	4,0	5,0
10	5,0	6,3	8,0
11	10,0	12,5	16
12	20	25	32

Таблиця 4 — Рекомендовані граничні величини висоти нерівностей для десяти точок Rz , в мкм

Клас	Rz		
	Модуль в мм		
	$m < 6$	$6 \leq m \leq 25$	$m > 25$
1	0,25		
2	0,50		
3	1,0		
4	2,0		
5	3,2	4,0	5,0
6	5,0	6,3	8,0
7	8,0	10,0	12,5
8	12,5	16	20
9	20	25	32
10	32	40	50
11	63	80	100
12	125	160	200

8.3 Крива Еббота Файрстоуна (відносна опорна крива) профілю шорсткості

Параметри, що описують функційні характеристики профілю шорсткості, які є доречними для високонапружених контактних поверхонь, визначені відносною опорною кривою (див. ISO 4287).

Для використаних контактних поверхонь також суттєво, щоб приписані границі форми і відхилів хвилястості залишилися в дуже малих величинах

Параметри характеризують форму відносної опорної кривої і, таким чином, висоту і сутність профілю шорсткості

Ціком характерний, вільний від помилки, профільований профіль шорсткості є передумовою для процесу оцінювання структури поверхні, описаного в наступних параграфах.

8.3.1 Терміни, пов'язані з відносною опорною кривою

а) Лінія перетину Лінія, паралельна до середньої лінії, яка перетинає профіль шорсткості. Див. рисунок 10 а),

б) Опорна довжина: Сума тих довжин відрізків лінії перетину, які лежать в границях виступів профілю, виражена як відсоткове відношення до довжини оцінювання (див. ISO 4287, 3.2.14 для опорної довжини профілю на рівні, с).

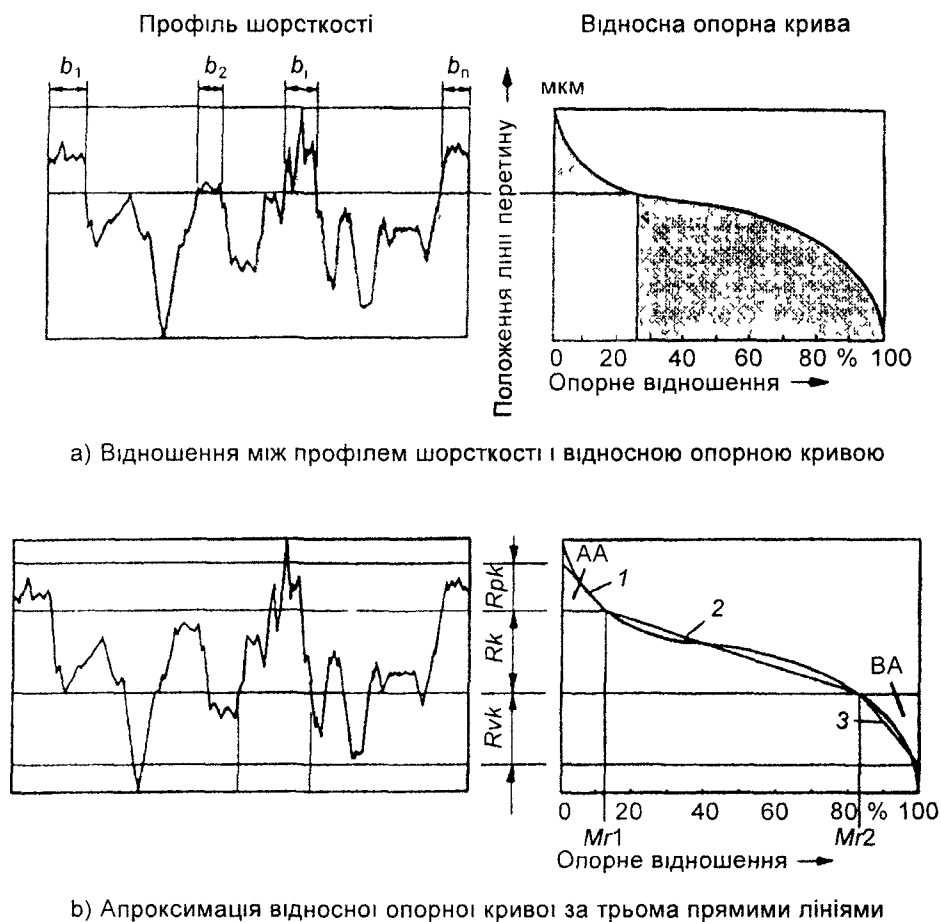


Рисунок 10 — Характерні величини відносної опорної кривої згідно з ISO 13565-2

8.3.2 Структура відносної опорної кривої

Координатами кожної точки на відносній опорній кривій профілю шорсткості є:

а) На осі x: Опорні довжини п'яти суміжних базових довжин, виражених у відсотковому відношенні до довжини оцінювання,

б) На осі z: Ордината до лінії перетину профілю шорсткості. Див. рисунок 10 а).

8.3.3 Параметри відносної опорної кривої

а) Серединний профіль шорсткості: Серединним профілем шорсткості є профіль шорсткості за винятком виступів і глибоких западин, див. ISO 13565-2, 3.1.

b) Серединна глибина шорсткості R_k , в мкм: Серединною глибиною шорсткості є глибина серединного профілю шорсткості (рисунк 10 b)), див. ISO 13565-2, 3.1.1.

c) Опорна частина $Mr1$, у %: Опорну частину $Mr1$ визначають лінією перетину, яка відокремлює виступи, що відступають від серединного профілю шорсткості, див. ISO 13565-2, 3.1.2.

d) Опорна частина $Mr2$, у %: Опорну частину $Mr2$ визначають лінією перетину, яка відокремлює глибокі западини від серединного профілю шорсткості, див. ISO 13565-2, 3.1.3.

e) Зменшена висота виступу R_{pk} , в мкм: Зменшеною висотою виступу R_{pk} є осереднена висота виступів, що виступають над серединним профілем шорсткості, див. ISO 13565-2, 3.2.

f) Зменшена глибина западини R_{vk} , в мкм: Зменшеною глибиною западини R_{vk} є осереднена глибина западин профілю, що нижче серединного профілю шорсткості, див. ISO 13565-2, 3.3.

Примітка. Процес осереднювання в 8.3.5 зменшує вплив сторонніх величин на R_{pk} і R_{vk} .

8.3.4 Умови вимірювання відносної опорної кривої

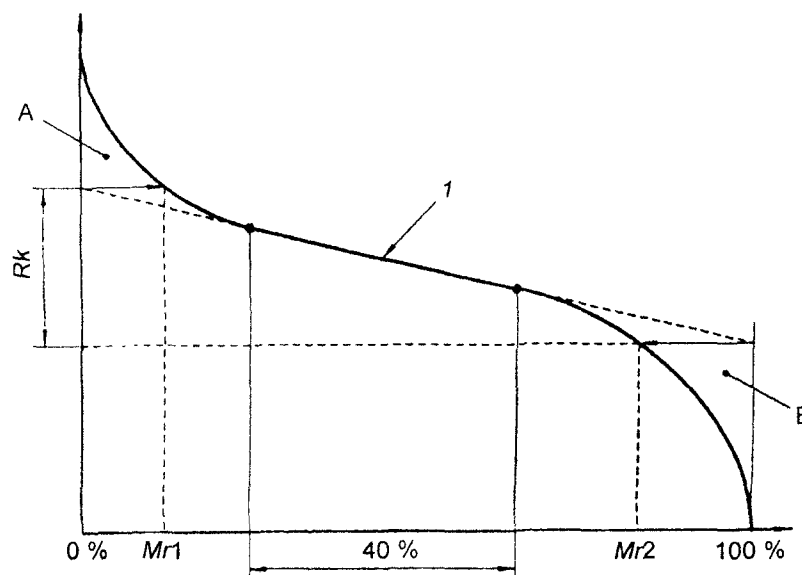
a) Вимірювальні прилади для відносної опорної кривої: Рекомендовано, щоб вимірювання, призначені для визначання параметрів відносної опорної кривої здійснювали щуповими приладами з контролюванням геометричної поверхні або задавача опорної лінії траєкторії щупа.

b) Напрямок вимірювання: Вимірювальна траєкторія, яка дає найбільшу величину шорсткості, що буде вибрана.

8.3.5 Визначання параметрів відносної опорної кривої

8.3.5.1 Визначання R_{pk} і R_{vk} $Mr1$, $Mr2$

На відрізку між абсцисами $Mr1$ і $Mr2$, зокрема 40 %, проводять через відносну опорну криву середню пряму лінію, що має найменший нахил відносно осі x (див. рисунок 11). Якщо є два або більше таких відрізків з однаковим нахилом, то визначальним чинником є ближчий до вищого кінця кривої. Різниця між ординатами цієї лінії у разі 0 % і 100 % дорівнює R_k .

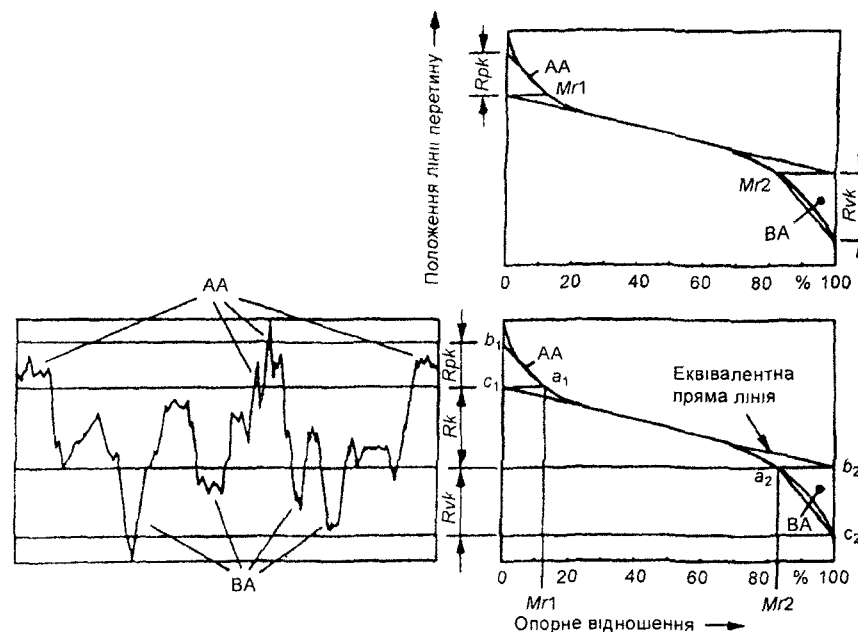


1 — середня пряма лінія.

Рисунок 11 — Визначання і вимірювання характерних величин

8.3.5.2 Визначання R_{pk} і R_{vk}

Накреслюють лінії перетину A і B від перетинів з віссю y за 0 % і 100 %, до перетинів з профілем шорсткості (див. рисунки 11 і 12). Визначають площу повної поверхні AA профілю шорсткості над лінією A і площу повної поверхні BA профілю западин нижче лінії B.

Рисунок 12 — Визначання R_{pk} і R_{vk}

На осі z за 0 % на лінії сегмента $c_1 - a_1$ будують прямокутний трикутник a_1, b_1, c_1 з площею, рівною AA .

На паралелі до осі z за 100 % на лінії сегмента $c_2 - a_2$ будують прямий трикутник a_2, b_2, c_2 з площею, рівною BA .

Сторона $c_1 - b_1$ дорівнює R_{pk} , сторона $c_2 - b_2$ дорівнює R_{vk} .

Порівняння відносних опорних кривих для різних профілів шорсткості дає деяке уявлення, як ці криві можна використати під час оцінювання відносного опору даної поверхні до поверхневого пошкодження.

8.3.6 Використання параметрів відносної опорної кривої R_k, R_{pk}, R_{vk}

Рисунок 11 пояснює, що значення R_k повинно бути виражене не тільки величиною глибини профілю, але також величиною нахилу домінуючої частини відносної опорної кривої.

Нахил відносної опорної кривої є найбільш важливим. Його величина показує збільшення опорного відношення у разі проникнення глибше в серединний профіль. Отже R_k є важливим для навантажувальної здатності поверхні.

Параметри ISO 13565-2 описують форму відносної опорної кривої за допомогою трьох прямих ліній, які поділяють повну висоту профілю на:

- ділянку виступів (стосується початкового режиму роботи, такого як припрацювання і знос);
- серединну ділянку (стосується навантажувальної здатності, експлуатаційних параметрів і т.ін.);
- ділянку западини (стосується мастила, утримування оливи і т.ін.).

Рисунок 13 ілюструє методику відокремлювання виступів, і западин із серединного профілю. Він показує ясно окреме відокремлювання виступів і западин, якщо R_k дорівнює нулю (див. рисунок 13 а)). Рисунок 13 б) показує утворювання величини R_k (реалізованої прямою лінією в середині), яка унеможливорює крайні виступи і западини на поверхні з ординатами, розподіленими приблизно за Гауссом.

Хоча метрологічне визначання повинно бути не важче від визначання R_a або R_z ¹⁾ для зубчастих коліс, інформація, представлена параметрами відносної опорної кривої є ще недостатньо удосконалена для поточного використання. І в результаті рекомендовані величини не можуть в даний час бути представлені для цих параметрів.

¹⁾ Бейер, Екольт, Хільман, Віттекопф, Дослідження бічних поверхонь зубців коліс, використовуючи сканувальну електронну мікроскопію і вимірювальні прилади поверхні щупового типу. РТВ звіт РТВ-F-2 (листопад 1987).

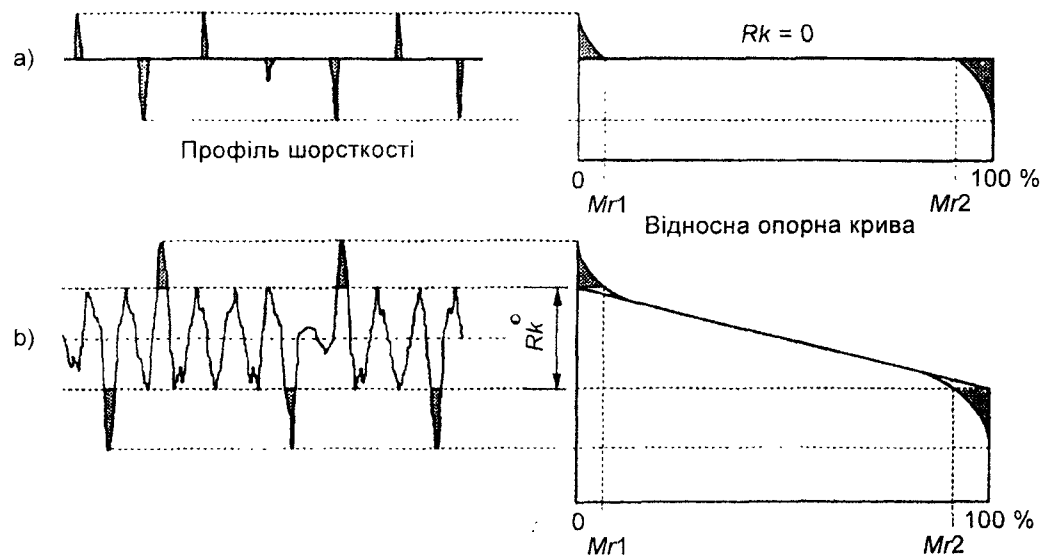


Рисунок 13 — Вплив і властивості серединної ділянки шорсткості на визначання величини виступів, і западин

9 ПЕРЕВІРЯННЯ ПЛЯМИ КОНТАКТУ ЗУБЦІВ

У цьому розділі пояснені методи отримування і аналізування плям контакту. Наведено також рекомендацію щодо оцінювання точності зубчастих коліс.

Плями контакту, утворені між виготовленими зубчастими парами в їх корпусах, допомагають під час оцінювання розподілу навантаги між зубцями.

Плями контакту між виготовленими зубчастими колесами і контрольними зубчастими колесами можна використовувати для оцінювання нахилу лінії зуба і профільної точності складених зубчастих коліс.

9.1 Умови випробовування

9.1.1 Точність

Плями контакту під час легкого навантажування між виготовленими і контрольними зубчастими колесами можна отримати з зубчастими колесами, змонтованими на стенді зачеплення. Для цього, суттєво, щоб зміщення осей зубчастих коліс по довжині, рівній ширині зубчастого вінця виготовленого зубчастого колеса, не повинне, наскільки точно можна визначити, перевищувати 0,005 мм. Також необхідно, щоб ширина зубчастого вінця контрольного зубчастого колеса була не менша від ширини зубчастого вінця виготовленого колеса. Звичайно, це означає, що для косозубих коліс необхідне спеціальне контрольне колесо. Для великих зубчастих коліс таким контрольним колесом може бути спеціально зроблений зразок виготовленого зубчастого колеса, який збережений, щоб полегшити виготовлення заміни для зубчастих коліс, які можуть бути пошкодженні.

Плями контакту підібраних пар виготовлених зубчастих коліс можна також отримати на стенді зачеплення.

9.1.2 Розподіл навантаги

Плями контакту під час легкого навантажування між виготовленими зубчастими парами в їх корпусах є допомогою для оцінювання правдоподібного розподілу навантажування. Коли вони утворюються, то цапфи зубчастих коліс повинні бути в їх робочих положеннях. Це можна виконати регулюванням прокладками кілець вальниць.

9.1.3 Маркувальна суміш

Придатна маркувальна суміш містить: інструментальну синю маркувальну суміш та інші патентовані суміші. Метод застосування потрібно вибрати такий, який буде гарантувати, що товщина застосованої плівки буде між 0,006 мм і 0,012 мм.

9.1.4 Калібрування

Калібрування товщини маркувальної суміші є суттєве, щоб пояснити результати випробовування з плямою контакту. Коли оператор розробив послідовний спосіб, то можна встановити товщину маркувальної суміші зміщенням осей зубчастих коліс із паралельного розташування у вертикальному напрямі в дотичній площині на відомий кут, тобто підкладаючи прокладку у вальничну опору і спостерігаючи за зміною в плямі. Це калібрування потрібно виконувати регулярно, щоб упевнитися, що маркувальна суміш, випробовувальна навантага і спосіб роботи не змінилися.

9.1.5 Випробовувальна навантага

Навантага, використана для утворення плями контакту під час легкого навантажування повинна бути тільки достатньою, щоб гарантувати, що бічні поверхні зубців, які перевіряють, залишаються постійно в контакті

9.1.6 Ресстрація результатів

Плями контакту зазвичай записують як ескізи, фотографії, відеозаписи, або покривають плями прозорою липкою стрічкою, яку потім відривають з приліпленою сумішшю плями контакту, і тоді монтують на білу картку хорошої якості.

9.2 Навчання оператора

Персонал, потрібний для виконання вищезгаданих дій, повинен бути підготовлений так, щоб виконувати їх правильно, і результати періодично потрібно перевіряти, щоб гарантувати постійність виконання.

9.3 Інтерпретація плям

За плямами контакту можна визначити ступінь неточностей регулювання, зокрема зміщення і хвилястість, також профільні неточності. Потрібно підкреслити, що будь-які зроблені висновки суб'єктивні, приблизні і залежать від досвіду залученого персоналу.

9.3.1 Плями з контрольними зубчастими колесами

Рисунки від 14 до 17 показують схематично типові плями контакту, утворені виготовленими зубчастими колесами з контрольними зубчастими колесами.

9.3.2 Точність зубчастого колеса і плями

Рисунок 18 з таблицями 5 і 6 представляють загальний показ очікуваного відношення між ступенями точності зубчастого колеса і розподілами плями контакту, під час перевіряння зубчастих коліс після складання (не навантажених). Фактичні плями не завжди мають таку форму, як та, що показана на рисунку 18. Результати, отримані для зубчастих коліс, контрольованих на стенді зачеплення, повинні бути подібні.

Примітка. Дані рисунка 18, таблиці 5 і таблиці 6 не застосовують до бічних поверхонь зубців з профільною і поздовжньою модифікаціями

ЗАСТОРОГА! Ці таблиці призначені показувати кращу пляму, яка може бути отримана для зубчастих коліс, що була продемонстрована безпосереднім вимірюванням згідно з точністю, введеною в таблиці. Її не потрібно інтерпретувати як альтернативний метод підтвердження ступеня точності зубчастих передач.

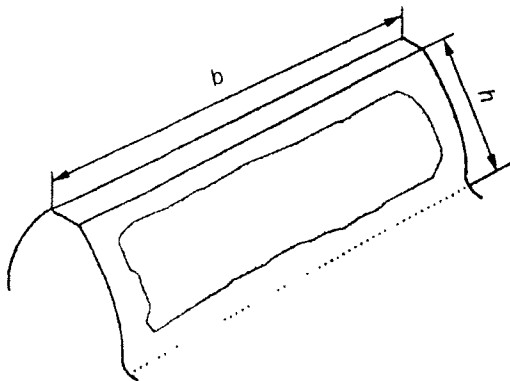


Рисунок 14 — Типовий контур, контакт приблизно $b = 80 \%$, $h = 70 \%$, білаторцева модифікація зуба

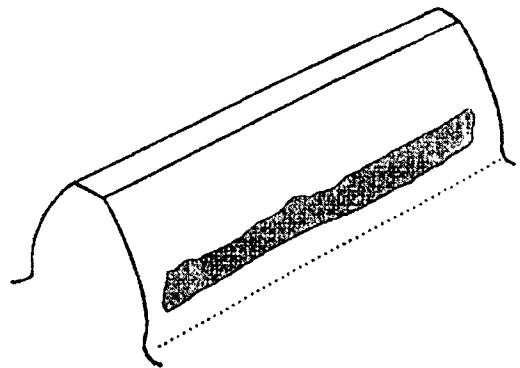


Рисунок 15 — Правильне вирівнювання, з профільним відхилом

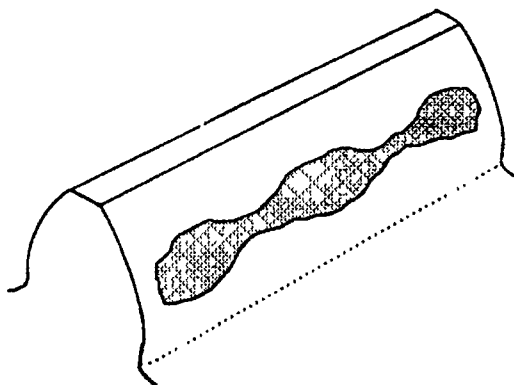


Рисунок 16 — Хвилястість

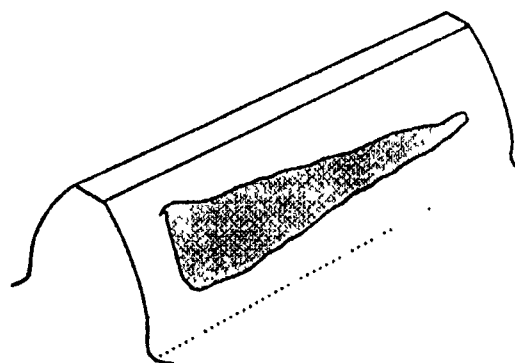


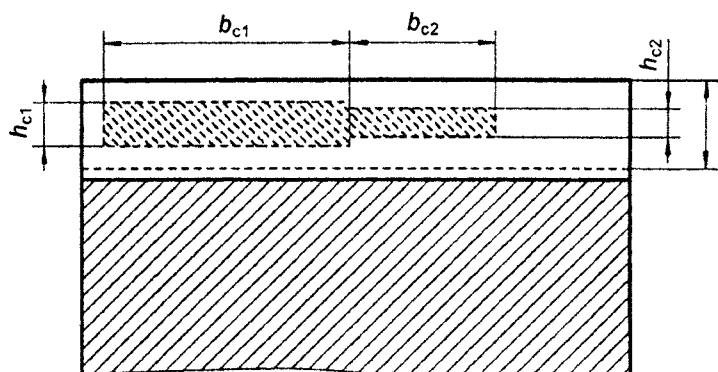
Рисунок 17 — Відхил нахилу лінії зуба, профільна корекція, з біляторцевою модифікацією зуба

Таблиця 5 — Пляма контакту під час складання косозубого зачеплення

Ступінь точності (ISO 1328)	b_{c1} % ширини зубчастого вінця	h_{c1} % активної висоти бічної поверхні зуба	b_{c2} % ширини зубчастого вінця	h_{c2} % активної висоти бічної поверхні зуба
4 і точніше	50 %	50 %	40 %	30 %
5 і 6	45 %	40 %	35 %	20 %
7 і 8	35 %	40 %	35 %	20 %
Від 9 до 12	25 %	40 %	25 %	20 %

Таблиця 6 — Пляма контакту під час складання прямозубого зачеплення

Ступінь точності (ISO 1328)	b_{c1} % ширини зубчастого вінця	h_{c1} % активної висоти бічної поверхні зуба	b_{c2} % ширини зубчастого вінця	h_{c2} % активної висоти бічної поверхні зуба
4 і точніше	50 %	70 %	40 %	50 %
5 і 6	45 %	50 %	35 %	30 %
7 і 8	35 %	50 %	35 %	30 %
від 9 до 12	25 %	50 %	25 %	30 %



1 — висота активної бічної поверхні зуба

Рисунок 18 — Схематичний розподіл плями контакту

ДОДАТОК А
(довідковий)

КОНТРОЛЮВАННЯ СПІВПАДАННЯ НАПРЯМКІВ ЗУБЦІВ ПЕРЕДАЧІ ЗА ПЛЯМАМИ КОНТАКТУ

А.1 Мета

Цей додаток описує використання плям контакту, щоб встановити і проконтролювати співпадання напрямків зубців передачі.

Обговорено два методи проявлення плями контакту:

- статичний метод, переносом м'якого покриву;
- динамічний метод, через зношування твердого покриву.

А.2 Застосування

А.2.1 Типове використання

Плями контакту використовують, як кількісну і якісну міру співпадання напрямків зубців передачі. Їх частіше використовують на великих деталях, які не пристосовані для доступних контрольно-вимірювальних машин і в місцях, де немає в наявності контрольно-вимірювальних машин. Перевагами цього методу є:

- портативність випробовувального оснащення;
- здатність до випробовування великих або складних поверхонь, які не можна випробувати іншими способами;
- швидкість і легкість використання;
- відтворність результатів випробовування, якщо використовувати точні методи перевіряння;
- чутливість до фактичних умов монтування, таких як зміщення вальниць і деформування корпусу зубчастої передачі;
- здатність виявляти малі похибки співпадання напрямків і системні похибки, такі як хвилястість, яка невидима на діаграмах хід-профіль;
- здатність оцінити узгодженість зуба, зокрема впливи доданих або накопичених відхилів в колесі і шестерні, які невидимі на діаграмах напрямку і профілю;
- здатність оцінити всю поверхню зуба, точніше від однолінійного представлення профілю або співпадання напрямків зуба.

А.2.2 Характерні галузі використання

Деякі специфічні приклади, де використовують методи випробовування за плямами контакту:

- великі морські зубчасті колеса;
- високошвидкісні зубчасті колеса,
- складання в польових умовах морських і високошвидкісних редукторів;
- складання змонтованих вихідних зубчастих приводів в кранах, підіймальниках, мостах, СВЧ-антенах тощо,
- конічні зубчасті передачі;
- космічні зубчасті передачі.

А.2.3 Методи

Статичний метод, здійснюваний перенесенням легкого покриву, виконують без навантаги, нормально обертаючи вручну.

Динамічний метод вимагає контрольованих приростів вимірної навантаги і його потрібно нормально здійснювати за запроектованої експлуатаційної швидкості.

А.3 Опис

А.3.1 Статичний метод

Під час перевіряння плями контакту передається маркувальна суміш визначеної товщини від зубців на одному колесі до зубців на сполученому колесі. Результівну «пляму контакту» порівнюють з установленою плямою, розробленою із аналізу бажаних контактних умов без навантаги, або із досвіду з подібними зубчастими парами. Спосіб подібний до того, який використовують під час ручного приганяння або «доводження» контактних поверхонь точних приладів і точних метало-різальних верстатів.

А.3.2 Динамічний метод

Плями контакту, які проявляються видаленням покриття в навантажених контактних ділянках між сполученими зубцями під час коротких обкаток під час збільшення навантаги, оглядають і реєструють. Типовими приростами навантаги є 5 %, 25 %, 50 %, 75 % і 100 %. Результивні «плями контакту» порівнюють, щоб переконатись, що ділянки розвиваються поступово на зубцях, так само, як і запроєктована величина контакту, що спостерігається за нормальних експлуатаційних умов.

А.4 Устатковання і матеріали

- а) Розчинник для чищення
- б) Маркувальні суміші
 - свинцевий сурик;
 - запатентовані суміші;
 - суміші ґрунтових барвників з оливою;
 - паста Пруська синь;
 - проявник з барвником; білий порошок, запакований як аерозольний розпилювач, який поставляють як частину набору для виявлення тріщин проникальною рідиною;
 - розмічальна чорнильна паста.
- в) Засоби реєстрації
 - фотографія;
 - прозора стрічка і білий папір, такого самого розміру як і зубці;
 - ескізи.
- г) Вимірювальні прилади для калібрування
 - точні прокладки або товщиноміри;
 - циферблатні індикатори.

А.5 Статичний метод

А.5.1 Випробовування

А.5.1.1 Суміщення осей

Коли відсутній корпус зубчастої передачі або зубчасті колеса потрібно перевіряти в цеху для подальшого монтування в польових умовах, цехові випробовування виконують з використанням стендів і пристроїв обкатування, щоб розташувати зубчасті колеса в їх правильних відносних позиціях. Суттєвим є те, щоб осі зубчастих коліс були точно паралельні і компланарні. Похибка, така мала, як 0,000 10 радіан, в суміщенні осей, буде несприятливо впливати на відтворність результатів. В типовій методиці перевіряльна лінійка розміщена поперек валів зубчастих коліс з точними плоско-паралельними кінцевими мірами довжини між меншим діаметром вала і перевіряльною лінійкою, щоб компенсувати різницю в радіусі вала. Точний спиртовий рівень розміщують на перевіряльній лінійці і висоту одного з валів регулюють доки перевіряльна лінійка стає горизонтальною. Цей процес повторюють в центрі кожної пари вальничних цапф. Міжосьова відстань і паралельність перевіряють точним вимірюванням між валами, які підтримують випробовувальні зубчасті колеса. Пристрої обкатування (рами зачеплення) з легко відрегульованими опорами підшипників часто встановлюють в цехах, де проводять перевіряння контакту.

Якщо перевіряння контакту потрібно виконувати в незмонтованому корпусі, суттєвим є те, щоб корпус був вирівняний настільки точно, наскільки це можливо, щоб уникнути зміщення осей зубчастих коліс. Зміщення осей буде впливати на результати плями контакту так, як і в пристрої обкатування.

Якщо перевіряння контакту повторюють після монтування корпусу, то зміни в плямі контакту, порівняно з рівномірною плямою контакту немонтованої передачі, будуть виявляти будь-яке викривлення осей зубчастих коліс внаслідок викривлення корпусу під час установлювання.

А.5.1.2 Методика

Зубці, які треба перевіряти, потрібно ретельно очистити розчинником, щоб видалити будь-яке забруднення або залишок оливи. Три або більше зубців шестерні після цього фарбують тонким шаром маркувальної суміші, використовуючи жорстку щітку з щетини. Придатну щітку можна зробити підрізанням щетини звичайної фарбувальної щітки шириною 25 мм до довжини приблизно 10 мм. В результаті плівка повинна бути однорідна і тонка. Непотрібно видаляти всі відмітини на щітці, оскільки їх будуть разом намащувати під час випробовування. Товщина плівки повинна бути від 5 мкм до 15 мкм (див. А.5.2).

Після фарбування зубців шестерні їх потрібно закрити, щоб захистити їх від розбризкування дуже тонкої плівки проявника на зубі колеса, яке буде в зачепленні з пофарбованими зубцями шестерні. Це розбризкування призначене, щоб приховати блиск на зубцях колеса і зробити легким проявлення плями контакту без збільшення товщини плівки.

Після фарбування зубців, оператор прокручує пофарбовані зубці шестерні через зачеплення з колесом, за допомогою помічника, який забезпечує достатній протилежний момент на колесі, щоб гарантувати контакт. Деталі потім прокручують назад до їх початкового розташування, щоб помаркувати протилежний бік зубців і виставити плями контакту на огляд. Процес повторюють принаймні в трьох рівновіддалених місцях на колесі, щоб виявити будь-яку зміну в плямі контакту внаслідок биття або інших періодичних похибок.

А.5.1.3 Реєстрація результатів

Результівні плями контакту повинні бути зареєстровані фотографуванням, ескізами або стрічками. Найбільш загальними методами є миттєво проявлюване фотографування і стрічки. Стрічки виготовляють ретельним притисканням смужок прозорої стрічки поверх плями контакту, потім ретельним зніманням стрічки і приклеюванням її на білий папір. Пляма контакту зберігається між стрічкою і папером. Вона може бути розмножена чорно-білими або кольоровими електрографічними копіювальними апаратами. Дуже важливо прикріпити етикетки до стрічки плям, щоб показати який був використаний зуб і орієнтувати пляму відносно бічної поверхні, вершини і ніжки.

Стрічками плям контакту можна спорядити запасні комплекти зубчастих коліс, призначених для складання в польових умовах, щоб бути порівнюваними з плямами контакту, зробленими в польових умовах після складання і щоб підтвердити правильне складання.

А.5.2 Перевіряння

Щоб результати були виразні і відтворні, потрібно контролювати комбінацію товщини маркувальної суміші і консистенції. Товщину маркувальної суміші легко вимірюють одним з таких способів.

А.5.2.1 Як частина випробовування контакту, навмисно піднімають одну вальницю на валу шестерні на достатню величину, щоб нахилити вісь шестерні на 0,000 10 радіан. Реєструють пляму і повторюють випробовування на тому самому зубі з вальницею в його паралельній (горизонтальній) позиції. Товщину суміші встановлюють із величини зміни в плямі контакту і геометрії кута. Наприклад, якщо довжина плями контакту є 50 мм з осями, зміщеними на 0,000 10 радіан і змінилась до 100 мм, коли осі паралельні, то товщина суміші є 0,010 мм.

А.5.2.2 Подібне перевіряння техніки оператора можна зробити з розмічувальною плитою і точною перевіряльною лінійкою фарбуванням краю перевіряльної лінійки маркувальною сумішшю і опусканням одного кінця перевіряльної лінійки на розмічувальну плиту, а іншого кінця — на прокладку відомої товщини, яка лежить на розмічувальній плиті. Товщина суміші дорівнює товщині прокладки, помноженій на відношення довжини плями контакту до довжини перевіряльної лінійки.

А.5.2.3 Перевіряльні випробовування потрібно виконувати і документувати, як частину протоколу приймання. Товщина маркувальної суміші залежить від техніки оператора. Якщо випробовування проводять кваліфіковані оператори, які регулярно виконують перевіряння контакту, то немає потреби перепроверяти їхню техніку для кожного випробовування. Товщину суміші можна встановити в будь-який час, для критичних випробовувань або аудиту, використанням вищезазначених методів перевіряння і реєстрацією результатів.

А.6 Динамічний метод

А.6.1 Методика

Зубці, які потрібно перевіряти, повинні бути ретельно очищені розчинником, щоб видалити будь-яке забруднення або залишок оливи перед кожним обкатуванням. Три або більше зубців, шестерні і колеса потім оббризкують тонким шаром розмічальної чорнильної пасти. В результаті плівка повинна бути однорідна і тонка. Потрібно бути уважним, щоб не нанести надто товсту плівку. Отже, після кожного обкатування зубці потрібно ретельно очистити розчинником, щоб видалити будь-які залишки чорнила, забрудників або оливи.

Після того, як зубці покриті, зубчасті колеса урухомлюють з приростом навантаги на короткий період, зупиняють і реєструють пляму контакту. Потім зубці ретельно очищають і процес повторюють після наступного приросту навантаги. Процедуру повторюють для, принаймні, трьох різних навантаг.

А.6.2 Реєстрація результатів

Результівні плями контакту повинні бути зареєстровані фотографуванням або ескізами.

БІБЛІОГРАФІЯ

- 1 ISO 54:1996 Cylindrical gears for general engineering and heavy engineering — Modules
- 2 ISO 286-1:1988 ISO system of limits and fits — Part 1: Bases of tolerances, deviations and fits
- 3 ISO 701:1976 International gear notation — Symbols for geometrical data
- 4 ISO 1122-1:1998 Vocabulary of gear terms — Part 1: Definitions related to geometry
- 5 ISO 6336-2:1996 Calculation of load capacity of spur and helical gears — Part 2: Calculation of surface durability (pitting)
- 6 ISO 6336-3:1996 Calculation of load capacity of spur and helical gears — Part 3: Calculation of tooth bending strength
- 7 ISO/TR 10064-1:1996 Cylindrical gears — Code of inspection practice — Part 1: Inspection of corresponding flanks of gear teeth
- 8 ISO/TR 10064-2:1996 Cylindrical gears — Code of inspection practice — Part 2: Inspection related to radial composite deviations, runout, tooth thickness and backlash
- 9 ISO/TR 10064-3:1996 Cylindrical gears — Code of inspection practice — Recommendations relative to gear blanks, shaft center distance and parallelism of axes
- 10 ISO/TR 13989-1 Gears — Calculation of scuffing load capacity of cylindrical, bevel and hypoid gears — Part 1: Flash temperature method
- 11 ISO/TR 13989-2 Gears — Calculation of scuffing load capacity of cylindrical, bevel and hypoid gears — Part 2: Integral temperature method
- 12 ANSI/AGMA 2000-A88 Gear Classification and Inspection Handbook — Tolerance and measuring methods for unassembled spur and helical gears, reaffirmed 1992, Appendix D
- 13 Beyer, Eckolt, Hillmann, Wittekopf, Investigation of gear tooth flanks using scanning electron microscopy and stylus type surface measuring instruments. PTB report PTB-F-2 (November 1987).

Код УКНД 21.200

Ключові слова: зубчасті передачі, циліндричні зубчасті передачі, зубці (механіка), перевіряння, перевіряння вимірюваннями, структура, шорсткість, вимірювання шорсткості, розмірні відхили, правила технології.
