

ГЛАВА 5. КОНСТРУКТИВНІ МЕТОДИ ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ І ДОВГОВІЧНОСТІ МАШИН

Забезпечення необхідної надійності та довговічності машин можна досягти трьома шляхами – конструктивними методами, технологічними засобами та експлуатаційними заходами [Костецький с. 182].

При розробці конструкції машин основними вимогами є забезпечення її працездатності при мінімальних витратах на виготовлення та експлуатацію.

При розробці заходів щодо забезпечення достатньої міцності машин мають на увазі два аспекти. Забезпечення об'ємної міцності деталей досягається правильним вибором матеріалів деталей, виглядом навантажень, що діють, та вибором необхідного запасу міцності. Однак забезпечення об'ємної міцності не гарантує достатньої поверхневої міцності деталей, що виражається у пошкодженості поверхонь внаслідок знесення, корозії та ерозії. досягнення необхідної довговічності в разі досягається раціональним вибором матеріалів та умов їх роботи.

5.1. Основні принципи конструювання вузлів тренування машин

Конструктивні заходи при проектуванні вузлів тренія повинні бути спрямовані на такий вибір матеріалів, виду тренування, форми та розмірів деталей, при яких зношування буде мінімальним, а довговічність максимальною.

Оптимальні умови роботи опор ковзання забезпечуються при гідростатичному або гідродинамічному режимах тренування, за яких в умовах досягається повний поділ поверхонь тренування. Проте, практично такі режими роботи можуть бути створені не завжди.

Основними заходами щодо підвищення зносостійкості вузлів тертя є:

1. зниження навантажень, в тому числі і місцевих підвищень навантажень при невстановленому русі;
2. зниження теплових навантажень при високих швидкостях ковзання;
3. надійний захист вузлів тертя від абразивних матеріалів із довкілля.
4. забезпечення необхідних умов мастила (вид мастила, спосіб подачі, кількість мастила та ін.).

5.2. Вибір матеріалів для вузлів тренія

В даний час вибір матеріалів для вузлів тренування проводиться емпіричним шляхом. Протягом тривалої години антифрикційність та фрикційність (коефіцієнт тренування) вважалися найбільш важливими властивостями матеріалів.

Щодо підшипників ковзання найбільшу популярність мали т.зв. «**правило Шарпі**», згідно з яким антифрикційність обумовлена специфічним мікрорельєфом поверхні підшипникового матеріалу, що утворюється внаслідок переважного зношування м'якої.

основи (принцип: м'яка основа – тверде включення). Детальна перевірка цієї та зворотної гіпотези (тверда основа – м'які включення) не підтвердила жодної з гіпотез.

Встановлено, що при заданому поєднанні матеріалів та мастила в залежності від навантажувально-швидкісних умов режиму тренування можуть бути отримані як фрикційні, так і антифрикційні властивості.

Для вузлів, що працюють з малими швидкостями при мастилі звичайними оліями рекомендується застосовувати бабіти, алюмінієві сплави в контакті зі сталлю, антифрикційним чугуном. Слід уникати поєднання матеріалів, що утворюють одномінний тип вторинні структури – сталь зі сталлю, хром-сталь, нікель-сталь, бронза-бронза та ін.

Матеріали для антифрикційних вузлів

Найбільше застосування для підшипників ковзання отримали бабіти, бронзи, латуні, чугуни, алюмінієві та цинкові сплави.

Класичним бабітом вважається сплав з 82...84% олова, 5...6% міді та 11% сурми. Як правило, бабіт застосовують у біметалевому виконанні шляхом заливання бабітом сталевго вкладиша. Недоліком бабіту є низька втомна міцність та теплостійкість.

Латунь застосовують із підвищеним вмістом олова (св. 3...10 %) – БрО10, БрОЦС 6, БрОФ 10-1.

Безолов'яністі бронзи значно дешевші за олов'яністі, але поступаються за антифрикційністю.

Латунь має набагато гірші антифрикційні властивості порівняно з бронзою, проте мають більшу міцність та теплостійкість.

Широко застосовують сірі чугуни (СЧ 15-32, СЧ 18-36 та ін.). Застосування знаходять підшипники із пластмас, синтезовані з модифікованих смол з різними наповнювачами, що забезпечують низький коефіцієнт тренування. Найчастіше наповнювачами бувають села мука, деревний шпон, бавовняні тканини, графіт, тальк, дисульфід молібдену, деякі метали.

Останнім часом знаходять застосування підшипники з порошкових матеріалів (залізо, мідь) просочені мастилом, або мають плівку, що обволікає, між гранулами.

Матеріали для фрикційних вузлів

Один із елементів фрикційного вузла зазвичай є сірий чугун (СЧ 15-32, СЧ 21-40 та ін), сталь (35Л, 55Л, 30ГЛ, 65Г та ін), іноді бронза.

Інший елемент це кілька виробів або зі звичайних або спеціальних фрикційних матеріалів. Залежно від їхньої природи ці матеріали поділяються на:

- органічні;
- азбестові;
- металеві;
- композиційні.

Органічні речовини – шкіра, деревина, пробка, повсть, мають сьогодні обмежене застосування.

Азбестові матеріали використовуються зі зв'язуванням та наповнювачами у вигляді металевої стружки, проволони або порошку зі сталі, міді та ін.

1. масляні або бітумно-масляні матеріали (невисока міцність та зносостійкість);
2. каучукові сполуки, міцність яких залежить від вмісту сірки;
3. матеріали на основі термореактивних смол - азбосмоляні матеріали ретинакс ФК-16Л, ФК-24А, КФ-3М та ін зв'язкою є фенолформальдегідні смоли;
4. комбіновані матеріали зі смоли та каучуку.

5.3. Конструктивні методи боротьби з корозійним руйнуванням

Методи захисту деталей від корозії поділяються на такі групи:

1. Оптимальне конструювання вузлів та деталей, що працюють в агресивних середовищах;
2. Раціональний вибір матеріалів, стійких проти корозії;
3. Ізоляція деталей від прямої дії середовища за рахунок застосування захисних покриттів;
4. Обробка середовища з метою зниження її активності;
5. Використання методів електрохімічної захисту.

Оптимальне конструювання деталей та вузлів:

- уникати поєднання різнорідних металів; В електрохімічному відношенні металів;
- уникати утворення щілин, зазорів, застійних місць та ін;
- Забезпечувати плавність перерізу, легкість обтікання поверхні.

Універсальних матеріалів, стійких за всіх видів корозії немає. Для шкідливого випадку використовують спеціальні матеріали, зазвичай високолеговані сталі (жаростійкі, жаростійкі, корозійностійкі).

ГЛАВА 6. ТЕХНОЛОГІЧНІ ЗАСОБИ ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ І ДОВГОВІЧНОСТІ

6.1. Класифікація технологічних засобів підвищення надійності машин

У процесі зношування, втомного, корозійного та інших видів руйнування важливу роль відіграє стан та властивості тонкої поверхневої кулі деталей машин, формування якої відбувається при залишковій обробці деталей.

Міцність, зносостійкість, стійкість проти корозії та інші властивості деталей машин залежать не тільки від хімічного складу сплавів, що застосовуються для виготовлення деталей, а й у великій мірі від технології виробництва цих

сплавів, виготовлення заготовок та залишкової обробки деталей [Костецький с. 213].

Фізико-механічні властивості металу в першу чергу визначаються факторами, пов'язаними із способом виробництва металу. Структура сплаву, наявність різних дефектів у ньому, домішок, їх природа та якість залежать від способу плавки.

Сталь одержують різними способами плавок (у мартенівських печах, конверторах, електропечах), піддають методам вторинної переплавки (електрошлакової, вакуумно-дугової, вакуумно-індукційної).

Властивості сталей залежать від процесів розкислення, розливання та умов кристалізації.

Найбільш поширеними способами отримання заготовок є лиття та обробка тиском.

Властивості матеріалу при литті залежить, головним чином, від умов та швидкості кристалізації, наявності модифікаторів, складу газової середовища.

Обробка тиску сприяє поліпшенню кристалічної будови металу, надає деталям певної волокнистості та підвищує міцність на 30...50%.

Механічна обробка забезпечує отримання залишкової форми та розмірів деталей. У цьому важливу роль міцність і довговічність деталей віддає якість поверхневої кулі. Розроблено багато технологічних методів, що дозволяють змінювати будову та властивості поверхневих куль у потрібному напрямку та створювати кулі із заданими властивостями.

Основними методами поверхневої обробки є:

1. Зміцнення пластичним деформуванням (наклепом) – дробоструминна наклеп, обробка роликками, зміцнення спеціальними різцями;
2. Термомеханічна обробка;
3. Хіміко-термічна обробка – цементация, азотування, ціанування, борування;
4. Поверхнєве загартовування;
5. Наплавлення та напилення матеріалу;
6. Електролітичні покриття – хромування, нікелювання, цинкування, оксидування;
7. Хімічні покриття – фосфатування, емалювання, нанесення металевих покриттів хімічними методами;
8. покриття полімерними матеріалами.

6.2. Якість робочої поверхні деталей машин

Експлуатаційні властивості деталей машин пов'язані з якістю їх робочих поверхонь. Геометричні характеристики поверхні деталей машин, що описують їхню топографію, обумовлені нерівностями, які можуть бути макро-, мікро- та субмікрогеометричного порядку [Костецький, с. 217].

Під терміном макрогеометрія слід розуміти відхилення форми поверхні її номінальної форми. Макрогеометрія характеризує якість

поверхні на великій ділянці (близько кількох десятків чи сотень сантиметрів) – овальність, неплоскостність, нециліндричність, биття, хвилястість та ін. Мікрогеометрія характеризує розміри поверхневих нерівностей на ділянці близько кількох міліметрів. Субмікрогеометрія характеризує вид нерівностей, механізм виникнення яких пов'язаний із внутрішньою будовою металу та недосконалістю його структури. Від якості поверхні залежать умови подальшої експлуатації - міцність, особливо міцність утоми, зносостійкість, корозійна та ерозійна стійкість та ін.

Якість поверхні на макро та мікро рівнях визначається видом та режимами залишкової механічної обробки.

Об'єктивна оцінка якості поверхні буде визначатися відповідними стандартами. Основними показниками якості поверхні є відхилення геометричної форми (макрогеометрія) та шорсткість поверхні (мікрогеометрія).

6.3. Шорсткість поверхні. Контакт поверхонь тертя

Відповідно до ГОСТ 2789-73 шорсткість поверхні характеризується параметрами (рис. 6.1):

- R_a - середнє арифметичне відхилення профілю;
- R_z - найбільша висота нерівностей по десяти точках;
- S_m - середній крок нерівностей;
- t_p - Відносна опорна довжина профілю.

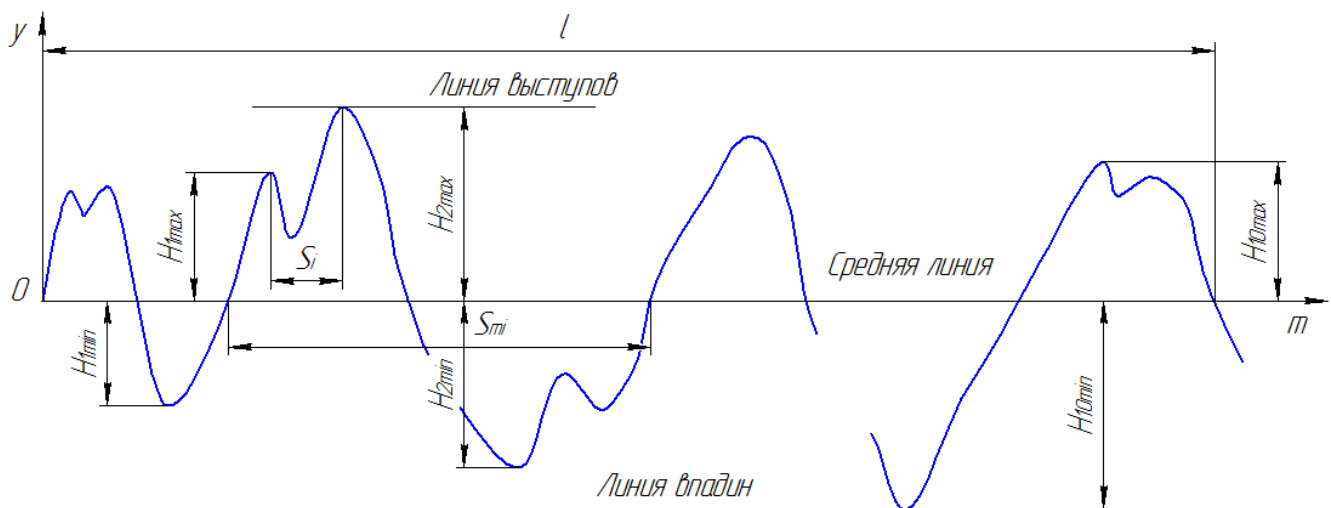
Середня лінія є лінією номінального профілю, від якої провадиться відлік нерівностей.

Середнє арифметичне відхилення профілю R_a визначається як середнє арифметичне абсолютних відхилень профілю в межах базової тривалості

$$R_a = \frac{1}{l} \int_0^l |y| dx = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i| \quad (6.1)$$

висота нерівностей по десяти точках R_z дорівнює середній арифметичній сумі абсолютних відхилень точок п'яти найбільших мінімумів H_{min} та п'яти найменших максимумів H_{max} профілю в межах базової тривалості

$$R_z = \frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 |H_{max} - y_i| + \frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 |H_{min} - y_i| \quad (6.2)$$



Малій. 6.1 - Визначення характеристик шорсткості

Встановлено 14 класів шорсткості поверхні. Класи 1–5 та 13, 14 визначаються через параметр R_a , класи 6–12 через параметр R_z (Табл.6.1).

Таблиця 6.1

Параметри шорсткості, мкм [Орлов, с. 289]

Клас шорсткості	Базова довжина	R_a	R_z
1	50	80; 63; 40	320; 250; 200; 160
2	25	40; 32; 20	160; 125; 100; 80
3	12,5	20; 16; 10	80; 63; 50; 40
4	6,3	10; 8; 5	40; 32; 25; 20
5	3,2	5; 4; 2,5	20; 16; 12,5; 10
6	1,6	2,5; 2; 1,25	10; 8; 6,3
7	0,8	1,25; 1; 0,63	6,3; 5; 4; 3,2
8	0,4	0,63; 0,5; 0,32	3,2; 2,5; 2; 1,6
9	0,2	0,32; 0,25; 0,16	1,6; 1,25; 1; 0,8
10	0,1	0,16; 0,125; 0,08	0,8; 0,63; 0,5; 0,4
11	0,050	0,08; 0,063; 0,04	0,4; 0,32; 0,25; 0,2
12	0,025	0,04; 0,032; 0,02	0,2; 0,16; 0,125; 0,1
13	0,012	0,02; 0,016; 0,01	0,1; 0,08; 0,063; 0,05
14		0,01; 0,008	0,05; 0,04; 0,032

Вимоги до шорсткості поверхні визначаються умовами роботи поверхні у машині. У загальному випадку, чим вищі вимоги щодо точності, тим вищі вимоги щодо шорсткості. Мінімальний клас шорсткості поверхні обробки, необхідний для отримання різних квалітетів, можна вибрати за табл. 6.2.

Таблиця 6.2 Мінімальні вимоги R_a , мкм шорсткості залежно від точності

Квалітети	Номінальні розміри, мм			
	До 18	Св. 18 до 50	Св. 50 до 120	Св. 120 до 500
IT5	0,4-0,1	0,8-0,2	1,6-0,4	
IT6	0,8-0,2	1,6-0,4	1,6-0,4	3,2-0,8
IT7	1,6-0,4	3,2-0,8	3,2-0,8	3,2-1,6

IT8			3,2-1,6	
IT9	3,2-0,8	3,2-1,6	6,3-1,6	6,3-3,2

Класи шорсткості поверхонь, що відповідають різним видам обробки, наведено у табл. 6.3.

Таблиця 6.3 Шорсткість поверхні за різні види обробки

Вид обробки		Клас шорсткості													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Газове різання		-	-	-											
Свердління			-	-	-	-									
Лиття		-	-	-											
Гаряча штампування			-	-	-										
Холодне штампування				-	-	-	-	-	-						
Стругання	чорнове				-	-	-								
	чистове						-	-	-						
Фрезерування	чорнове				-	-	-								
	чистове					-	-	-							
Точення	чорнове					-	-	-							
	чистове							-	-						
Зенкерування						-	-								
Нарізування різьблення зовнішній	різцем, плашкою					-	-								
	накочування						-	-							
Нарізання різьблення внутрішнім мітчиком, різцем						-	-	-							
Обробка зубчастих коліс	фрезерування					-	-	-	-						
	шевінгування							-	-	-					
	притирання і накатка									-	-				
Шліфування пласке	чорнове								-	-	-	-			
	чистове									-	-	-	-		
Шліфування циліндричне	чорнове														
	чистове														
Притирання									-	-	-	-	-		
Полірування									-	-	-	-	-		
Хонінгування									-	-	-	-			
Суперфініш												-	-	-	-

Від якості поверхні залежать умови подальшої експлуатації деталей машини, особливо втомна міцність, зношування, корозійна стійкість та ін.

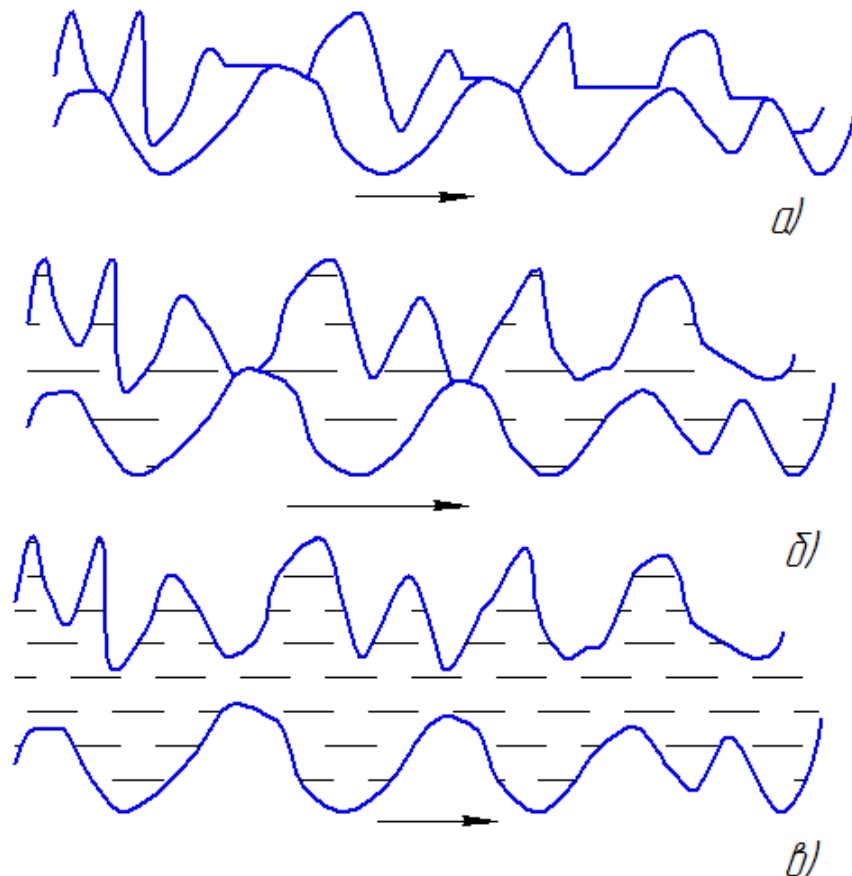


Рис.6.2 – вплив шорсткості поверхні на характер змащування

РОЗДІЛ 7. ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ЗАСОБИ ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ І ДОВГОВІЧНОСТІ МАШИН

Надійність машин в експлуатації може бути забезпечена внаслідок вирішення двох основних завдань [Костецький с. 289]:

1. Вибір допустимих для цієї системи характеристик навантаження та середовища;
2. Назначення оптимальних регламентних режимів експлуатації та досягнення високої якості технічного обслуговування та ремонту.

Перше завдання передбачає вибір оптимального типорозміру машин, контроль та своєчасну зміну умов функціонування, діючих навантажень та стану зовнішньої середовища.

Важливу роль відіграє початковий період експлуатації нової машини чи після її капітального ремонту. Обкатка машини передбачає роботу в спеціальних умовах навантаження та середовища та проведення спеціальних операцій технічного обслуговування.

Інше завдання полягає в оптимальній організації системи планово-переджувальних ремонтів (ППР).

Система ППР складається з технічного обслуговування, та планових ремонтів. Важливе місце має організація діагностики технічного стану машин. Планові ремонти можуть бути двох видів – поточні та капітальні.