

Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет

Методичні вказівки до виконання практичних робіт
з дисципліни «Технологія зміцнення поверхонь»
для студентів всіх форм навчання
напряму підготовки 6.050504 – Зварювання

Вінниця
ВНТУ
2014

Рекомендовано до застосування в начальному процесі Методичною радою Вінницького національного технічного університету Міністерства освіти і науки України (протокол № __ від _____ 20__ р.)

Рецензенти:

Р. Д. Іскович-Лотоцький, доктор технічних наук, професор

І. О. Сивак, доктор технічних наук, професор

Методичні вказівки до виконання практичних робіт з дисципліни «Технологія зміцнення поверхонь» / Уклад. Т. Ф. Архіпова. – Вінниця : ВНТУ, 2014. – 19 с.

Методичні вказівки укладено відповідно до програми курсу «Технологія зміцнення поверхонь» для студентів напряму підготовки 6.050504 – Зварювання. Методичні вказівки розроблено згідно з планом кафедри ТПЗ і програмою дисципліни. Основне завдання – допомогти набути практичних навичок застосування теоретичних знань для вирішення конкретних технологічних задач розробки технологічних процесів зміцнення поверхонь та обробки експериментальних даних.

Практична робота № 1

Тема роботи: ДОСЛІДЖЕННЯ КОЕФІЦІЄНТА ПАРНОЇ КОРЕЛЯЦІЇ МІЖ ДВОМА РЯДАМИ ВИМІРЮВАНЬ

Мета роботи: методами математичної обробки результатів експериментів визначити коефіцієнт парної кореляції між двома рядами вимірювань

Необхідним елементом кожного дослідження є вимірювання. Результати вимірювань практично у всіх випадках містять помилки, значення і характер яких можуть бути різними. Помилки поділяють на грубі (промахи), систематичні і випадкові. Причинами появи грубих помилок можуть бути несправність приладів, невміння працювати на ньому, а також причини, що спричиненні недбалістю та відсутністю сумлінності при проведенні дослідження. Для вилучення грубих помилок необхідно дотримуватись декількох простих, але важливих для проведення експерименту правил. Ось декілька з них:

1. Всі записи при виконанні завдань лабораторного практикуму оформлюють в окремому робочому зошиті (журналі) і роблять це під час експерименту. Недопустимі записи по пам'яті.

2. Первинні дані ніколи не виправляють. Якщо виникає сумнів в правильності його результатів дані перевіряють і записують знову. Після вияву помилок ці данні обводять кольоровим олівцем і роблять запис «Виміри неправильні», вказуючи причину помилки.

3. Будь-який результат вимірювань, яким би дивним на перший погляд він не здавався в момент вимірювань, записують в робочий журнал.

4. Найгрубіша помилка – переплутати зразки. Тому до кожного зразка повинен бути ескіз, ретельно виміряний, пронумерований чи ідентифікований з описом характерних ознак.

5. В звіті з практикуму необхідно вказати марку приладу чи установки для вимірювання матеріалу, режим обробки зразків, апаратуру контролю і регулювання температури. При роботі з мікроскопом записують його марку, об'єктив, окуляр, загальне збільшення, спосіб освітлення.

Систематична помилка виявляється частіше за все при випробуванні еталонного зразку. В рідкісних випадках результат вимірювання виправляють введенням поправки, частіше, що більш правильно, проводять юстировку або налагодження прибору для виключення систематичної помилки. Друга важко усувається причина систематичної помилки – неконтрольовані зміни умов експерименту в часі. Цю помилку можливо з систематичної перетворити в випадкову, якщо послідовність проведення дослідів задавати з використанням таблиці випадкових чисел.

Випадкова помилка присутня практично в всіх вимірювань і виявляється при багатократних вимірювань однієї і тієї ж величини x в

ідентичних умовах. Ця помилка відображає розсіювання результатів через нерегульованих змін умов експерименту. Випадкові помилки вивчають і оцінюють за допомогою законів розподілення. Якщо по горизонтальній вісі відложити значення вимірюваної величини в інтервалі від x до $x+\Delta x$, по вертикалі – частоту появу цих значень, то отримаємо розподілення вимірюваної величини. При зменшенні інтервалу і збільшенні числа інтервалів ступінчаста гістограма переходить в плавну криву розподілення.

Розсіювання результатів вимірювань частіше за все описується нормальним законом розподілення. Аналітичне вираження цього закону:

$$y = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} \exp - \frac{(x-a)^2}{2\sigma^2}, \quad (1)$$

де x – значення випадкової величини; a – математичне очікування випадкової величини; σ^2 – дисперсія випадкової величини.

Приблизно величину a можливо оцінити за умови виконання обмеженого числа вимірювань:

$$a \cong \sum \frac{x_i}{n} = \bar{x},$$

де: \bar{x} – середньоарифметичне значення.

Дисперсія σ^2 характеризує розмиття результатів вимірювання, ширину кривої розподілення. Тому дисперсія може характеризувати точність методики, однорідність результатів вимірювань. За умови проведення обмеженого числа вимірювань (обмеженої вибірки) еквівалентом σ^2 служить вибіркова дисперсія

$$S^2 = \sum \frac{(\bar{x} - x_i)^2}{(n-1)}.$$

Побудова довірчих інтервалів. Перша задача, яка виникає при оцінюванні результатів експериментальних вимірювань, – визначення похибки вимірювань математичного очікування a за обмеженою вибіркою. Значення \bar{x} тільки приблизно оцінює a , тобто:

$$(\bar{x} - \delta) \leq a \leq (\bar{x} + \delta).$$

Зазначимо, що δ є також випадковою величиною і в різних серіях вимірювань вона може бути реалізована по-різному. Тому, оцінюючи δ , задаємося надійністю – довірчої ймовірності з якою гарантується поява похибки, не виходячи за межі δ . Якщо позначити довірливу ймовірність через P , то степінь ризику

$$f - P = \alpha,$$

де α – рівень значимості.

Значення всіх статистичних критеріїв можна виразити через рівень значимості α або через довірливу ймовірність P . Зазвичай в техніці приймають $\alpha = 0,05$, що відповідає 95% надійності. Якщо кількість вимірювань значна і відоме значення дисперсії σ^2 , то не важко визначити δ – довірливий інтервал при різних значеннях довірливої ймовірності [за формулою (1)]. Із формули (1) випливає правило «трьох сигм», що полягає в тому, що в інтервалі $\pm 3\sigma$ знаходиться 99,7% всіх результатів, в інтервалі $\pm 2\sigma$ – 95% і в інтервалі $\pm \sigma$ – 68%.

Якщо кількість вимірювань обмежена, то довірливий інтервал визначається за формулою:

$$\delta = t_{am} S / \sqrt{n},$$

де: t_{am} – коефіцієнт Стюдента;

S – корінь квадратний з вибіркової дисперсії;

n – число вимірювань.

Відбраковування результатів вимірювань. На практиці часто виникає питання про відношення до вимірювання, результат якого сильно відрізняється від значень, представлених у всій сукупності експериментальних вимірювань. В цьому випадку керуються загальним правилом, за яким подібний результат слід враховувати при аналізі, якщо ймовірність появи такого результату перевищує рівень значущості; якщо ж не перевищує, то результат відбраковують. В більшості випадків задачі розв'язують за допомогою статистичних критеріїв. На основі результатів всієї сукупності вимірювань розраховують значення статистичного критерію і порівнюють з табличними. Якщо розраховане значення менше табличного, то гіпотезу про приналежність сумнівного результату до даної генеральної сукупності приймають і результат враховують, а якщо ні, результат відбраковують. Одним із таких критеріїв є критерій Ірвіна:

$$\lambda = \frac{(x_{k+1} - x_k)}{S}, \quad (2)$$

де: x_{k+1} – сумнівний результат;

x_k – результат, найближчий за значенням до сумнівного;

S – корінь квадратний із вибіркової дисперсії.

Нижче приведені значення цього критерію для різних значень α :

N	2	3	10	20	50	100	400	1000
$\alpha = 0,05$	2,8	2,2	1,5	1,3	1,1	1,0	0,9	0,8
$\alpha = 0,01$	3,7	2,9	2	1,8	1,6	1,5	1,3	1,2

Якщо $\lambda_{\text{розн}} < \lambda_{\text{табл}}$, то результат враховують, якщо $\lambda_{\text{розн}} > \lambda_{\text{табл}}$, то результат відбраковують.

Дослідження зв'язку між двома рядами вимірювань (парна кореляція). Однією з задач будь-якого дослідження є визначення причинно-наслідкових зв'язків явищ, тобто встановлених закономірностей впливу одних вимірювань на інші. В умовах статистичного розкидування результатів вимірювань прямий функціональний зв'язок через експериментальні точки втрачає сенс через те, що деякі результати експериментальних вимірювань, а разом з тим і середні значення «плавають» у деякій області значень. Для виключення суб'єктивних оцінок при розв'язанні цих питань використовують методи кореляційного аналізу. У такому випадку вивчення зв'язків між двома вимірними величинами досліджують числове значення коефіцієнту парної кореляції:

$$r_{xy} = \frac{\sum_1^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_1^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_1^n (y_i - \bar{y})^2}}$$

де x_i, y_i – окремі результати вимірювання величин x та y .

Зауважимо, що за умовою $+1 \geq r_{xy} \geq -1$ і коли $r_{xy} > 0$ залежність $y = f(x)$ зростаюча, а при $r_{xy} < 0$ – спадаюча. Якщо $r_{xy} = 1$, зв'язок однозначний і не викликає сумнівів, якщо $r_{xy} = 0$ – кореляція відсутня. При проміжних значеннях r_{xy} необхідно перевіряти, чи істотно відрізняється від нуля знайдений коефіцієнт кореляції, тобто чи не є ознаки x та y незалежними. Для цього перевіряють статистичну гіпотезу $r_{xy} = 0$ шляхом побудови функції:

$$T_{\text{розр}} = r_{xy} \frac{\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r_{xy}^2}}$$

Ця функція підпорядковується розподілу Стюдента з $(m = n - 2)$ степенями вільності. Якщо $T_{\text{розр}} > t_{\text{ам}}$, то гіпотеза на даному рівні значущості відкидається, тобто r_{xy} істотно відрізняється від нуля. При $T_{\text{розр}} < t_{\text{ам}}$ немає підстав відкидати нульову гіпотезу, а значить, і стверджувати про наявності зв'язку між x та y .

ПАРАМЕТРИ ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДІВ МАТЕМАТИЧНОЇ ОБРОБКИ РЕЗУЛЬТАТІВ ЕКСПЕРИМЕНТУ

1. Побудова довірчого інтервалу. Нижче приведені результати вимірювання твердості зразка із конструкційної сталі. Вимагається визначити довірчий інтервал, в який потрапляє її середньоарифметичне значення з 95% - ою ймовірністю.

№ вимірювання	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Твердість HV	380	470	500	410	450	700	390	420	510	400

Визначаємо вибірккові значення середньо арифметичного вимірюваної величини і дисперсію:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} = 463;$$

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1} = 959.$$

Розраховуємо значення довірчого інтервалу:

$$\delta = t_{\alpha n} S / \sqrt{n}.$$

Значення коефіцієнта визначаємо за таблицею для рівня значимості $\alpha = 0,05$ і числа степенів вільності $m = n - 1 = 9$.

$$t_{\alpha n} = 2,26;$$

$$S = \sqrt{S^2} = \sqrt{959} \approx 30,97;$$

$$\sqrt{n} = \sqrt{10} \approx 3,16;$$

$$\delta = (2,26 \cdot 30,97) / 3,16 = 22,15 \approx 22;$$

$$HV = \bar{x} \pm \delta = 463 \pm 22.$$

В якості прикладу скористаємося рядом вимірювань, отриманих в попередньому прикладі, де $\bar{x} = 463$; $S^2 = 959$; $S = 30,97$. Із всієї сукупності результатів вимірювань результат №6, який складає 700 HV, викликає сумніви. Перевіримо, чи не є це значення результатом промаху:

Визначаємо $\bar{x} = 463$:

$$S = 30,97.$$

Визначаємо розраховане значення критерію Ірвіна:

$$\lambda_{розр} = \frac{x_6 - x_9}{S} = \frac{700 - 510}{30,97} = \frac{190}{30,97} \approx 6,15$$

Знаходимо табличне значення критерію Ірвіна:

$$\lambda_{\text{табл}} = 1,5.$$

Оскільки $\lambda_{\text{розрах}} > \lambda_{\text{табл}}$, ($6,15 > 1,5$), результат №6 слід відкинути, як промах.

2. Дослідження зв'язку між двома рядами вимірювань (парна кореляція). На зразках із конструкційної сталі, оброблених по різних режимах, виміряли твердість HV і межу міцності σ_b . Результати вимірювань приведені нижче:

№ вимірювань	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$x_i = HV$	263	701	427	531	322	511	460	602	560	380
$y_i = \sigma_b, \text{ МПа}$	530	1407	867	920	644	1040	936	1270	1210	753

Розраховуємо середні значення відповідних параметрів рядів вимірювання:

$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n}$	$\sum x_i = \sum HV_i = 4757;$	$\bar{x} = \frac{\sum HV_i}{n} = \frac{4757}{10} \approx 476 ;$
$\bar{y} = \frac{\sum y_i}{n}$	$\sum y_i = \sum \sigma_i = 9577;$	$\bar{y} = \frac{\sum \sigma_{bi}}{n} = \frac{9577}{10} \approx 958 .$

Визначаємо для кожного із значень відхилення від середнього арифметичного, суми добутків відхилень та суми квадратів відхилень:

$$(x_i - \bar{x}); \quad (y_i - \bar{y}); \quad \sum (x_i - \bar{x}) \cdot (y_i - \bar{y}); \quad \sum (x_i - \bar{x})^2 \cdot \sum (y_i - \bar{y})^2.$$

Результати розрахунків приведені нижче:

№ вимірювань	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Сума
$(x_i - \bar{x})$	-213	225	-49	55	-154	35	-16	126	84	-96	
$(x_i - \bar{x})^2$	45369	50625	2401	3025	23716	1225	256	15876	7056	9516	159065
$(y_i - \bar{y})$	-428	449	-91	-38	-314	82	-22	312	252	-205	
$(y_i - \bar{y})^2$	183184	201601	8281	1444	98596	6724	484	97344	63504	42025	70318
$(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})$	91164	101025	4459	-2090	48356	2870	352	39312	21160	19680	326288

У відповідності з методичними вказівками розраховуємо значення коефіцієнта парної кореляції:

$$r_{xy} = \frac{\sum (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum (x_i - \bar{x})^2 \sum (y_i - \bar{y})^2}} = \frac{326288}{\sqrt{159065 \cdot 703187}} \approx \frac{326288}{398,83 \cdot 838,56} \approx \frac{326288}{334442} \approx 0,977.$$

Перевіряємо статистичну гіпотезу про відмінність коефіцієнта кореляції від нуля, для чого розраховуємо значення коефіцієнта Стьюдента

$$T_{\text{розр}} = r_{xy} \frac{\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r_{xy}^2}} = \frac{0,977 \cdot 2,84}{0,045} \approx 13,87.$$

Табличне значення коефіцієнта Стюдента, яке для рівня значущості 0,05 і числа степенів вільності $m = n - 2 = 8$, становить $t_{am}=2,31$, тобто при $T_{\text{розр}} \gg t_{am}$ на статистично значимому рівні слід визнати наявність кореляції $r_{xy} = 0,977$ між твердістю HV і межею міцності σ_b .

3. Побудова математичної моделі методом найменших квадратів. Оскільки коефіцієнт парної кореляції дуже близький до одиниці, доцільно обрати лінійну модель, що описує зміни межі міцності від числа твердості:

$$\sigma_b = a_0 + b \cdot HV$$

Коефіцієнт b можливо розрахувати за формулою:

$$b = \frac{\sum (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sum (x_i - \bar{x})^2} = \frac{326288}{159065} = 2,0513;$$

$$a = \bar{y} - b \cdot \bar{x} = 958 - 2,0513 \cdot 476 = 958 - 976,42 = -18,42.$$

Таким чином:

$$\sigma_b = -18,42 + 2,0513 \cdot HV.$$

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Назвіть основні правила проведення експерименту.
2. Які характеристики матеріалів використано при визначенні коефіцієнта парної кореляції?

ЛІТЕРАТУРА

1. Журавлев В.Н. Машиностроительные материалы. Справочник. / В.Н.Журавлев, О.Н. Николаева. – М. : Машиностроение, 1981. – 391 с.
2. Термическая обработка в машиностроении. Справочник / Ю.М.Лахтин, А.Г. Рахштадт. – М. : Машиностроение, 1980. – 783 с.

Практична робота № 2

Тема: РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО КОДУ ДЕТАЛІ, ЩО ПІДДАЮТЬ ТЕРМІЧНІЙ ОБРОБЦІ

Мета роботи: визначити технологічний код деталі, що термічно обробляється, на основі єдиних принципів конструкторської та технологічної класифікації деталей машин

1. Теоретичні відомості

Більше 40 % сталей та сплавів, що застосовують в машинобудуванні для виготовлення деталей машин, піддають термічній обробці. Під термічною обробкою розуміють сукупність операцій термічного впливу на металі та сплави (іноді в сполучанні з хімічним, механічним та іншими видами впливу) з метою зміни їх структури та властивостей. В роботі розглянуті умови і основні дані для попередньої класифікації деталей, що термічно обробляються, за основними технологічними ознаками. Розробка технологічної класифікації деталей є необхідною як продовження її конструкторської ідентифікації на базі єдиних принципів ЕСКД та ЕСТД. У відповідності з існуючою системою класифікації деталі, що термічно обробляються, характеризуються трьома основними ознаками, що складають *незмінну частину технологічного коду* з шести знаків:

- «розмірна характеристика» – 3 знака;
- «група матеріалу» – 2 знака;
- «група вихідних заготовок» – 1 знак.

Змінна частина технологічного коду з семи знаків включає п'ять ознак виду технологічних робіт:

- «квалітети точності» – 2 знаки;
- «шорсткість поверхні» – 1 знак;
- «група складності» – 2 знаки;
- «вагова характеристика» – 1 знак;
- «додаткова інформація про деталь» – 1 знак.

Для деталей, що термічно обробляються, всі вищенаведені ознаки, за виключенням квалітетів точності і шорсткості поверхні, мають самостійне значення. Квалітети точності і шорсткість поверхонь деталі мають значення для групування деталей у випадках, коли термічна обробка є заключним видом обробки. Класифікацію за цими двома ознаками доцільно проводити за групами, які прийняті для видів обробки, що передують термічній обробці.

Класифікація за розмірною характеристикою є необхідною з метою вибору основного термічного обладнання. При цьому мають бути враховані технічні характеристики типового і нормалізованого термічного обладнання:

- розміри робочого простору і завантажувальних віконць термічних печей;
- типових і інших параметрів, що обмежують габарити деталей при термічній обробці.

Градацію розмірів деталей, що термічно обробляються проводили відповідно до конструкторської класифікації деталей (класи 40 і 50 ОКП) з урахуванням необхідного зазору між деталлю і робочими елементами термічного обладнання. За базові розміри деталей прийняті номінальні лінійні розміри, які найбільш часто повторюються: за висотою і шириною 320 мм, а за довжиною 6300 мм. Розмірні характеристики деталей не тіл обертання (клас 50 ОКП) наведені в табл. 1, а тіл обертання (клас 40 ОКП) – в табл. 2.

Таблиця 1. Розміри деталей – не тіл обертання – клас 50 ОКП

Код	Ширина	Довжина	Висота
	мм		
0	≤ 80	≤ 160	≤ 80
1	80...125	160...250	80...125
2	125...200	250...400	125...200
3	200...315	400...630	200...315
4	315...500	630...1000	315...500
5	500...800	1000...1600	500...800
6	800...1250	1600...2500	800...1250
7	1250...2000	2500...4000	1250...2000
8	≥2000	≥4000	≥2000
9	Резерв	Резерв	Резерв

Таблиця 2. Розміри деталей – тіл обертання – клас 40 ОКП

Код	Зовнішній максимальний Ø	Довжина	Максимальний внутрішній діаметр Ø
	в мм		
0	≤ 80	≤ 160	Без центрального отвору
1	80...125	160...250	≤ 40
2	125...200	250...400	40...63
3	200...315	400...630	63...100
4	315...500	630...1000	100...160
5	500...800	1000...1600	160...250
6	800...1250	1600...2500	250...400
7	1250...2000	2500...4000	400...630
8	≥2000	≥4000	≥630
9	Резерв	Резерв	Резерв

Класифікація деталей за групою матеріалу (табл. 3) розроблена на основі групування матеріалів відповідно до ДСТУ, ГОСТ, що вказуються на робочому кресленні деталі. Крім того, враховані довідкові [4-6] і виробничі дані.

Таблиця 3 – Класифікація деталей по групам матеріалів

Код	Група матеріалів	
1	2	
01	Вуглецеві сталі	Низько вуглецева до 0,3 % С
02		Середньовуглецева – від 0,3 до 0,5% С
03		З підвищеним вмістом вуглецю >0,5%С
04	Сталь конструкційна низько вуглецева і легована	Хромиста
05		Марганцева
06		Кремнієва
07		Хромарганцева
08		Хромокремнієва
09		Кремнемарганцева
10		Хромолібденова
11		Хромована дієва
12		Нікель молібденова
13		Хромонікелева
14		Хромокремнемарганцева
15		Хромомарганцевонікелева
16		Хромонікльмолібденова (вольфрамова)
17		Хромоалюмінієва і Хромолібденоалюмінієва
18	Інша	
19	Резерв	
20	Сталі високолеговані корозійно- та жаростійка	Мартенситні
21		Мартенситно-феритні
22		Феритні
23		Аустеніто-мартенситні
24		Аустеніто-феритні
25		Аустенітні
26	Низько- і середньо леговані теплостійкі жароміцні сталі	-
27	Високомарганцеві зносостійкі сталі типу Г13Л і 30Х10Г10	-

Продовження таблиці 3

1	2
28	Високоміцні мартенситностаріючі сталі
29	Вуглецева
30	Легована
31	Швидкоріжуча
32	Сірий
33	Ковкий
34	Високоміцний з кулястим графітом
35	З особливими властивостями
36	Резерв
37	На залізонікелевій основі
38	На нікелевій основі
39	Резерв
40	Алюміній
41	Сплави алюмінієві деформівні
42	Сплави алюмінієві ливарні
43	Інші сплави на основі алюмінію
44	Магній
45	Сплави магнієві деформівні
46	Сплави магнієві ливарні

Порядок розташування груп матеріалів і резервів виконують з урахуванням їх застосування в машинобудуванні і послідовності їх розміщення в узагальнених довідкових посібниках [3].

Ознака «група вихідних заготовок» розроблена на основі виробничих даних (табл. 4). Розділення груп заготовок з прокату, поковок і штамповок на ті що, термічно не обробляються і ті, що термічно обробляються, обумовлено різницею їх технологічних властивостей, що впливають на наступну технологію обробки деталі.

Технологічні ознаки розроблені на основі єдиних принципів технологічної класифікації деталей [1].

Деталі, що не піддають об'ємній або поверхневій термообробці, виділені в групи, що характеризуються основними вимогами до властивостей матеріалу [4-6]

Деталі, до яких висуваються вимоги щодо поверхневої термообробки, об'єднані в групи на основі даних за глибиною шару, що обробляється на різному устаткуванні [7] з урахуванням виробничих даних і специфіки

технології поверхневої термічної обробки зовнішніх і внутрішніх поверхонь (табл. 5).

Таблиця 4. Збільшені групування вихідних заготовок

Код	Група вихідної заготовки	
0	Без уточнення виду заготовки	
1	Виливки	Без попередньої термічної обробки
2		Попередньо термічно оброблені
3	Прокат	Без попередньої термічної обробки
4		Попередньо термічно оброблені
5	Поковки і штамповки	Без попередньої термічної обробки
6		Попередньо термічно оброблені

Деталі, до яких існують вимоги по *хіміко-термічній обробці* (ХТО), поділені на групи за видами обробки. Технологічний процес ХТО складається з трьох елементарних етапів:

- 1) утворення в середовищі, що насичує, активних атомів елементів насичення;
- 2) адсорбція, тобто поглинення активних атомів поверхнею матеріалу;
- 3) дифузія, тобто проникнення активних атомів в метал, що насичується.

ХТО стає можливою за умов, коли поверхня матеріалу та активний елемент взаємодіють, тобто утворюють тверді розчини або хімічні сполуки. Для того, щоб мати уявлення про фазовий склад дифузійних насичених шарів на поверхні матеріалу слід дослідити при температурі ХТО ізотермічний розріз діаграми стану (наприклад, відповідний ізотермічний розріз діаграми сталу Fe – С при науглецьовуванні). Швидкість формування дифузійних шарів при ХТО залежить від температури, тривалості процесу, природи активних атомів і матеріалу, що насичують.

Деталі, що піддають цементації, азотуванню, нітроцементації (ціануванню) поділено на групи за глибиною і характером дифузійного шару. Зокрема, границю за глибиною науглецьованого шару встановлюють з урахуванням залежності глибини дифузійного шару від тривалості процесу [4]:

$$\delta = 800 \cdot \sqrt{\tau} \cdot 10^{-\frac{6700}{T}},$$

де δ – глибина в мм;

τ – тривалість процесу в год.;

T – температура в К.

Таблиця 5. Група складності

Код	Вид термічної обробки	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
		СПЕЦИФІЧНІ ВИМОГИ ДО ДЕТАЛЕЙ ПО ТЕРМІЧНІЙ ОБРОБЦІ										
0	Об'ємна	<149 НВ	150-255 НВ	26-35 HRC	36-49 HRC	>49 HRC	Зняття напружень	Стабілізація властивостей і розмірів	Структура	Спеціальні властивості	Резерв	
1	Зональна			255-321 НВ	331-477 НВ	477 НВ						
2	Поверхнева	Глибина термічно оброблюваного шару в мм										
		По зовнішніх поверхнях					По внутрішніх поверхнях					
		0,3...2,0	2,0...5,5	5,5...10	10...22	Резерв	0,3...2,0	2,0...5,5	5,5...10	Резерв		
3	Хіміко-термічна (дифузійна)	Навуглецювання – глибина шару в мм										
		<0,4	0,4...0,6	0,6...0,9	0,9...1,2	1,2...1,6	1,6...2,1	2,1...2,7	Резерв			
Азотування			Азотонавуглецювання – глибина шару в мм							Вуглецеазотування	Сульфідуювання	
Антикорозійне		Міцнісне	<0,4	0,4...0,6	0,6...0,9	0,9...1,2	Резерв					
5		Сірковуглецеве азотування	Зневуглецювання	Зневоднення	Борування	Алюмініювання	Силіціювання	Хромування	Цинкування	Титанування	Хромоалюмініювання	
6		Хромосиліціювання	Дифузійне міднення	Насичення киснем	Внутрішнє окислення	Знекиснення	Комплексує усунення домішок	Резерв				
7		Інша	Термомеханічна обробка	Механіко-термічна обробка	Резерв							

Вагові характеристики деталей (табл. 6) розроблені на основі технічних характеристик підйомно-транспортного обладнання, що застосовується в термічному виробництві, і основного термічного обладнання, що обмежує вагу деталей, що термічно обробляються.

Таблиця 6. Вагова характеристика

Код	Маса деталі, кг	Код	Маса деталі, кг
0	< 3	5	2000...3000
1	3...30	6	3000...5000
2	30...500	7	5000...30000
3	500...1000	8	Резерв
4	1000...2000	9	Резерв

Для дрібних і середніх деталей прийнято вагову характеристику до 3 кг, що обумовлені технічними характеристиками конвеєрних гартувально-відпускних агрегатів.

Границя за ваговою ознакою до 30 кг відповідає допустимим нормам на ручне перенесення деталей.

Решту границь прийнято у відповідності до вантажопідйомності підйомно-транспортного обладнання.

Розглянуті технологічні ознаки деталі стосовно до процесу термічної обробки не охоплюють товщину деталі в місці максимального перерізу. Товщина деталі в більшості випадків обумовлює час витримки і умови нагріву та охолодження. Класифікацію деталей за товщиною в місці максимального перерізу розроблено на основі статистичного аналізу даних виробничих підприємств (табл. 7).

Таблиця 7. Додаткова інформація про деталь

Код	Товщина деталі в місці максимального перерізу, Мм	Код	Товщина деталі в місці максимального перерізу, Мм
0	<5	5	200...400
1	5...20	6	400...600
2	20...60	7	600...800
3	60...100	8	Резерв
4	100...200	9	Резерв

2. Приклад розробки технологічного коду деталі, що термічно оброблюється

У відповідності з габаритними розмірами (найбільший діаметр і довжина) надається код розмірної характеристики деталі 021 (див. табл. 3). Група вихідної заготовки з урахуванням креслення деталі (круг 50 ГОСТ 2590-77) відповідає попередній заготовці, що термічно не обробляється з прокату – код 3 (див. табл. 4).

Таким чином, постійна частина технологічного коду деталі має такий зміст: 021023.

Для отримання необхідної твердості HRC_e 40...50 деталь піддають термічній обробці, що відповідає кодовому значенню виду обробки 5 (табл. 6).

Проведення термічної обробки після механічної обробки деталі обумовлює використання кодування за ознаками «квалітети якості» і «шорсткості поверхні», що відповідають обробці різанням, щодо уточнення кодування за цим видом обробки умовно позначено як 44 і 4.

Вимоги твердості HRC 40...50 визначають кодування об'ємної термічної обробки за групою складності 03 (див. табл. 5). Код вагової характеристики відповідає 0 (див. табл. 6), а код товщини деталі в місці максимального перерізу – 2 (див. табл. 7).

Змінна частина технологічного коду деталі буде 5, 44, 4, 03, 02, а технологічний код деталі, що термічно оброблюється в цілому 54440302.

Технологічний код з урахуванням конструкторського коду використовують для групування деталей наступним чином.

Спочатку групують за кресленням всі деталі, що мають сталу частину технологічного коду і однакове кодування виду обробки (наприклад 5 – для деталей, що термічно оброблюють). Це дозволяє їх згрупувати за спільними показниками розмірних характеристик, матеріалу і вихідної заготовки.

Деталі поділяють на підгрупи, що характеризуються однаковою групою складності. Утворені групи деталей використовують для розробки відповідних типових технологічних процесів, які уточнюються для деталей з визначеними квалітетами точності і класів шорсткості. Наприклад, за цими двома ознаками групують деталі для яких термічна обробка – заключний вид обробки.

Для розробки спеціалізованих виробничих процесів із метою раціонального вибору підйомно-транспортного обладнання деталі, що характеризуються визначеною групою складності, поділяють на групи ще і за ваговою характеристикою.

Для розробки типових технологічних процесів термічної обробки деталей з однаковим технологічними ознаками і подібною групою складності групують за ознакою спільної товщини деталей в місці максимального перерізу.

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. За якими ознаками визначається клас деталі, що піддається термічній обробці?
2. Які ознаки виду технологічних робіт ви знаєте?
3. Які технічні характеристики типового і нормалізованого термічного обладнання мають бути враховані?
4. Яка залежність визначає глибину науглецьованого шару при ХТО?

ЛІТЕРАТУРА

1. Вавилов Е. С. Классификация, терминология и обозначение основных видов термической обработки стали / Е. С. Вавилов, А. П. Гуляев, А. Г. Никонов // *Металловедение и термическая обработка металлов.* – 1988. – №1. – С. 32-41.
2. Головин Г. Ф. *Высокочастотная термическая обработка* / Г. Ф. Головин – М. : Машиностроение, 1988. – 164 с.
3. Журавлев В. Н. *Машиностроительные стали. Справочник.* / В. Н. Журавлев, О. Н. Николаева. – М. : Машиностроение, 1981.– 391 с.
4. *Материалы в машиностроении. Справочник. Т. 2. Сталь.* – М. : Машиностроение, 1967. – 496 с.
5. *Материалы в машиностроении: Справочник. Т. 1-5.* – М. : Машиностроение, 1967-1969.
6. *Стандарти України по матеріалам в машинобудуванні.* – К. : Держспоживстандарт, 2011. – 15 с.
7. Шмиков А. А *Справочник термиста.* – М. : Машиностроение, 1988.

Електронне видання

**Методичні вказівки до виконання практичних робіт з дисципліни
«Технологія зміцнення поверхонь» для студентів напряму підготовки
6.050504 – Зварювання
всіх форм навчання**

Укладач Архіпова Тетяна Федорівна

Оригінал-макет підготовлено Т. Архіповою

Підписано до друку
Формат 29,7 × 42¹/₄ . Папір офсетний
Гарнітура Times New Roman.
Друк різнографічний. Ум. друк. арк.
Наклад прим. Зам. №

Вінницький національний технічний університет,
навчально-методичний відділ ВНТУ.
21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе. 95,
ВНТУ, ГНК, к. 2201.
Тел. (0432) 59-87-36.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
серія ДК № 3516 від 01.07.2009 р.

Віддруковано у Вінницькому національному технічному університеті
в комп'ютерному інформаційно-видавничому центрі.
21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95,
ВНТУ, ГНК, к. 114.
Тел. (0432) 59-87-38.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
серія ДК № 3516 від 01.07.2009 р.