

Міністерство освіти і науки України
Національний університет «Запорізька політехніка»

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до лабораторних робіт з дисципліни
«Наукові основи вибору композиційних та порошкових матеріалів
і технологій»
для студентів спеціальності:
132 Матеріалознавство
денної форми навчання

2020

Методичні вказівки до лабораторних робіт з дисципліни «Наукові основи вибору композиційних та порошкових матеріалів і технологій» для студентів спеціальності 132 Матеріалознавство / Укл. І.В. Акімов – Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2020. - 24 с.

Укладач: І.В. Акімов, доцент, к.т.н.

Рецензент: О.А. Мітяєв, професор, д.т.н.

Експерт: І.П. Волчок, професор, д.т.н.

Відповідальний за
випуск: І.В. Акімов, доцент, к.т.н.

Рекомендовано до видання
НМК ФБАД, протокол №6
від 06 липня 2020 р.

Затверджено на засіданні ка-
федри КМХТ, протокол № 8
від 23 червня 2020 р.

ЗМІСТ

Загальні методичні відомості	4
Лабораторна робота №1. Визначення в'язкості руйнування при статичному навантаженні.....	5
Лабораторна робота №2. Оптимізація вибору матеріалів для типових виробів за різними критеріями.....	9
Лабораторна робота №3. Вибір матеріалу для деталі із заданими умовами експлуатації та технології її термічного оброблення	18
Література	24

ЗАГАЛЬНІ МЕТОДИЧНІ ВІДОМОСТІ

Лабораторні роботи з дисципліни «Наукові основи вибору композиційних та порошкових матеріалів і технологій» призначені для закріплення знань студентами спеціальності 132 Матеріалознавство, (освітня програма Композиційні та порошкові матеріали, покриття), що отримані під час лекційного курсу. Виконання лабораторних робіт сприяють засвоєнню лекційного матеріалу і служать сполучною ланкою між теоретичною підготовкою майбутнього фахівця та його практичною діяльністю. Головна мета лабораторних робіт полягає у набутті студентами практичних навичок з вибору найбільш раціональних марок різноманітних конструкційних матеріалів в залежності від умов його майбутньої експлуатації.

Під час виконання лабораторних робіт студенти на практиці вивчають методи вибору матеріалів. Обладнання, устаткування, інструмент, що застосовуються для вибору матеріалів. Самостійно (або під керівництвом навчального майстра) проводять експерименти, реєструють результати, роблять висновки та оформляють звіт.

Лабораторна робота № 1

ВИЗНАЧЕННЯ В'ЯЗКОСТІ РУЙНУВАННЯ ПРИ СТАТИЧНОМУ НАВАНТАЖЕННІ

1.1 Мета роботи

Освоїти методику визначення в'язкості руйнування при статичному навантаженні, вивчити залежність між в'язкістю руйнування K_{IC} і границею текучості для вуглецевих сталей

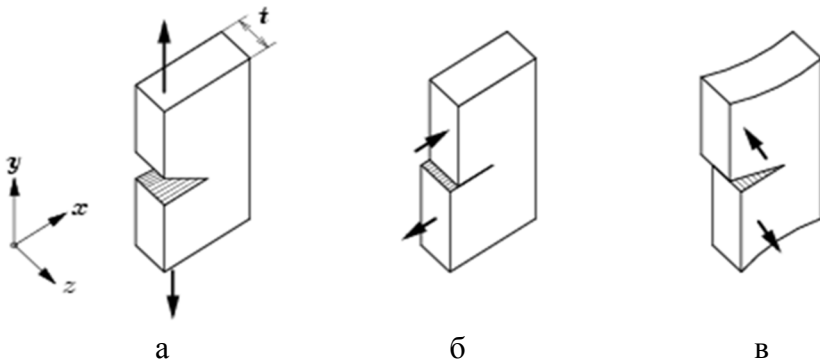
1.2 Загальні відомості

Отримувані при стандартних випробуваннях на гладких зразках характеристики механічних властивостей при статичному та циклічному навантаженні (границя міцності, границя текучості, границя втоми і т.п.) є основними для розрахунків на міцність і довговічність. Разом з тим для високонавантажених великогабаритних конструкцій практично неможливо позбутись різного роду дефектів типу тріщини, які виникають на стадії виготовлення, а також в процесі експлуатації (розшарування, непровари, пори, холодні та гарячі тріщини при зварюванні, тощо). Тому, поряд із загальноприйнятою методикою оцінки міцності та довговічності елементів конструкцій, необхідно проводити розрахунки по критеріях механіки руйнування.

Для оцінки міцності тіл з тріщинами необхідно, в першу чергу, знати напружено-деформований стан в області вершини тріщини. При навантаженні тіла відбувається взаємне зміщення протилежних берегів тріщини. Виділяють три основних типи переміщень поверхонь тріщини: нормальний відрив (рис. 1.1, а), поперечний зсув (рис. 1.1, б) та поздовжній зсув (рис. 1.1, в).

Під терміном тріщиностійкість розуміють характеристики матеріалу, які визначають його опір руйнування при наявності тріщини. До основних характеристик тріщиностійкості відносять:

K_{IC} – критичне максимальне значення коефіцієнту інтенсивності напружень (K_{IH}) на стадії виникнення руйнування поблизу вершини тріщини, яке встановлюється розрахунком по значеннях критичного напруження чи навантаження, розмаху тріщини і поперечного перерізу зразка;



а – нормальний відрив (тип I); б – поперечний зсув (тип II); в – поздовжній зсув (тип III)

Рисунок 1.1 – Основні типи переміщень поверхонь тріщини

K_{IC} – критичне значення коефіцієнту інтенсивності напружень, коли в вершині тріщини реалізується трьохосний розтяг при плоскій деформації.

В області, де справедливі положення лінійної механіки руйнування, є практично одна характеристика тріщиностійкості – критичний коефіцієнт інтенсивності напружень K_{IC} при максимальному стисненні пластичних деформацій (що звичайно досягається створенням умов плоскої деформації шляхом збільшення випробувального зразка). Величина K_{IC} є константою матеріалу і в рамках прийнятої точності не залежить від геометрії зразка. K_{IC} залежить від геометрії зразка і в першу чергу від його товщини. Разом з тим він залежить від температури випробувань, швидкості навантаження, фізико-хімічної дії оточуючого середовища.

Для експериментального визначення K_{IC} необхідно мати зразок з тріщиною і формулу для визначення КІН цього зразка.

Методи проведення випробувань, а також обробки та аналізу результатів випробувань для визначення характеристик тріщиностійкості при статичному навантаженні регламентуються відповідними стандартами ГОСТ 25.506-85, ASTM E 399 та інші. В цих стандартах приведено рекомендації по конструкціях зразків, послідовності проведен-

ня випробувань, обробці експериментальних даних та експериментальному обладнанні.

Характеристики тріщиностійкості визначають за результатами статичних випробувань спеціальних зразків з попередньо створеною (виращеною) втомною тріщиною на триточковий згин, позацентровий або осьовий розтяг.

Конструкцію прямокутного зразка на триточковий згин та схему навантаження показано на рис. 1.2.

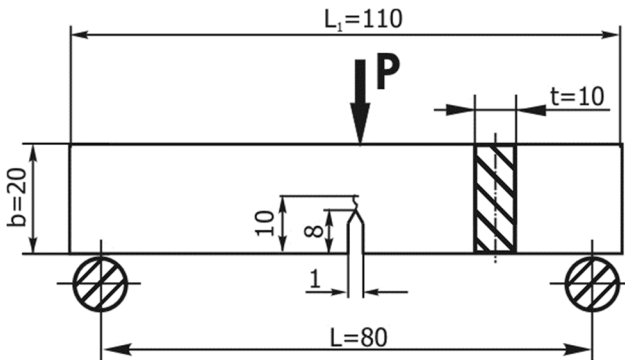


Рисунок 1.2 – Зразок для визначення в'язкості руйнування та схема його навантаження

Дослідження в'язкості руйнування проводяться на машині для статичних випробувань по типу РМТ- 10 з максимальним зусиллям 100 кН при швидкості переміщення навантажуючого елемента (ножа) $8 \cdot 10^{-5}$ м/с. Руйнівне навантаження P_{\max} , яке призводить до руху попередньо наведеної тріщини визначається з погрішністю $\pm 1\%$ та й використовується для розрахунку в'язкості руйнування K_{IC} :

$$K_{IC} = \frac{P_{\max} \cdot L}{2t \cdot \sqrt{b^3}} \cdot \sqrt{\alpha} \cdot g(\alpha) , \quad (1.1)$$

де $g(\alpha)$ – це безрозмірна функція, що залежить від геометрії зразка, розмірів тріщини, та схеми навантаження. В нашому випадку

$$g(\alpha) = \frac{1,99 - \alpha(1 - \alpha)(2,15 - 3,93\alpha + 2,7\alpha^2)}{(1 - 2\alpha)(1 - \alpha)^{1,5}} , \text{ при } \alpha = 0,45 \dots 0,55 .$$

1.3 Завдання на підготовку до лабораторної роботи

При підготовці до лабораторної роботи повторити теоретичний матеріал, що стосується основних механічних властивостей конструкційних матеріалів та їх вплив на вибір того чи іншого матеріалу для певних умов експлуатації виробів для яких вони призначені: основна література.

1.4 Контрольні питання

1. Дайте визначення в'язкості руйнування.
2. Чому недостатньо знати міцність матеріалу для рекомендацій його для виробів, що працюють у визначених умовах?
3. Яке обладнання необхідне для проведення випробувань на тріщиностійкість?
4. Яким методом визначається тріщиностійкість?
5. Які особливості розрахунку коефіцієнту K_{IC} при схемі випробування на триточковий згин?

1.5 Матеріали, інструмент, обладнання

1. Машина для статичних випробувань РМТ- 10 з графопобудувачем для P_{max} .
2. Зразки для випробування на триточковий згин з v-подібним концентратором напружень та попередньо наведеною втомною тріщиною.
3. Штангенциркуль.

1.6 Вказівки з техніки безпеки.

Роботу виконують з дозволу викладача у відповідності з інструкціями по техніки безпеки.

1.7 Порядок виконання лабораторної роботи

1. Перед проведенням випробувань здійснюють перевірку пристроїв для вимірювання переміщень та реєстрації зусиль.

2. У відповідності з програмою випробувань проводять контроль форми та основних розмірів зразків та втомних тріщини.

3. Після установки зразка та пристроїв для випробувань встановлюють швидкість навантаження $8 \cdot 10^{-5}$ м/с.

4. В процесі випробувань записують діаграми $P - v$ і приріст тріщини.

При руйнуванні зразка на цих діаграмах відмічають точки, що відповідають початку руйнування та визначають P_{max} .

Лабораторна робота № 2

ОПТИМІЗАЦІЯ ВИБОРУ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ ТИПОВИХ ВИРОБІВ ЗА РІЗНИМИ КРИТЕРІЯМИ

2.1 Мета роботи

Навчитися аналізувати вибір матеріалів для різних виробів на підставі відносної маси виробів, питомої міцності та вартості матеріалів із врахуванням вимог до надійності виробів та статистичних показників властивостей матеріалів.

2.2 Загальні відомості

Зниження матеріалоемності виробів, вузлів машин та приладів, зменшення витрат матеріалів за умови забезпечення надійності та довговічності продукції завжди буде актуальною задачею машинобудування. Це дозволяє не лише отримати певні економічні переваги, але в багатьох випадках реалізувати конструкторські рішення. Матеріалоемність виробів в значній мірі визначається вибором матеріалу, який базується на співставленні властивостей матеріалів, їх відповідності умовам експлуатації, врахуванні змін структури, хімічного складу та властивостей впродовж експлуатації.

Подібний спеціальний підхід до вибору матеріалів повинен бути доповнений кількісними оцінками оптимальності вибору матеріалу при одночасному урахуванні технології виготовлення виробу, в тому числі і термічної обробки. Системний підхід до вибору, що характеризується певним призначенням, дозволяє здійснити вибір варіанта, котрий забезпечує найвищу ступінь його ефективності.

Оптимізація вибору матеріалу із врахуванням надійності виробу. Під надійністю виробів розуміється складна властивість, що характеризує безвідмовність, здатність до тривалого зберігання, ремонтпридатність. Надійність залежить від багатьох чинників, тому в більшості випадків оцінюється імовірнісними характеристиками. Так, наприклад, безвідмовність визначається як імовірність того, що можлива в процесі експлуатації дія (механічна, теплова, хімічна і т.ін.), що може викликати відмову, не перевищує здатності виробу протистояти появі відмови:

$$P = \text{імов}(R > Q) = \text{імов}[R > Q = z > 0],$$

де R – тримкість виробу (здатність об'єкта зберігати під час дії навантаження стан, що відповідає його функціональному призначенню); Q – експлуатаційне (в тому числі і екстремальне) навантаження; z – функція роботоспроможності виробу ($z > 0$ – обов'язкова умова роботоспроможності).

В загальному випадку несівна здатність виробів та експлуатаційні навантаження залежать від багатьох чинників і тому мають випадковий характер. Вони можуть бути:

- випадковими величинами;
- функціями випадкових величин;
- випадковими функціями.

Тримкість безумовно зв'язана із властивостями матеріалів. На рис.2.1 представлено узагальнену схему для її визначення в межах моделі надійності.

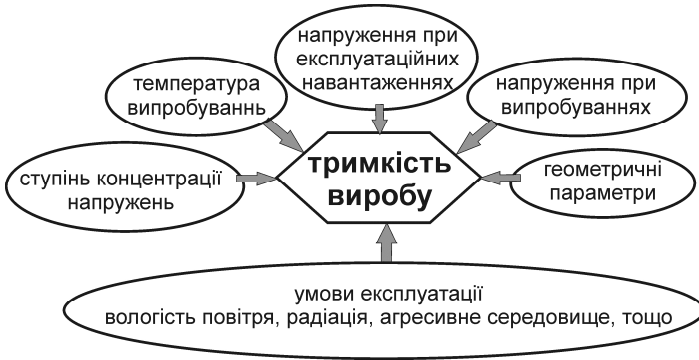


Рисунок 2.1 – Чинники, що впливають на тривкість виробів

Коефіцієнт варіації визначається на підставі статистичної обробки експериментальних даних:

$$V = \frac{\sigma}{\bar{X}},$$

де σ – середньквдратичне відхилення; \bar{X} – середнє значення параметра.

У випадку оптимізації вибору матеріалу із врахуванням надійності виробу можливі наступні варіанти:

- мінімум маси (вартості) при заданій надійності;
- максимум надійності при постійній масі;
- мінімум вартості та маси одночасно при постійній надійності;
- максимум надійності та мінімум вартості одночасно при постійній масі.

У випадку, коли випадкові значення навантажень та здатність виробів нести навантаження розподіляються за нормальним законом і кореляції між ними немає, то для визначення імовірності слід використати таблиці нормального розподілу. Тоді імовірність $P = F_0(Y)$, де F_0 – табульована функція нормального розподілу; $Y = \frac{\bar{R} - \bar{Q}}{\bar{R} - V\sigma}$, де \bar{R} та \bar{Q} – середні значення тримкості виробу та навантаження (напруження); $V\sigma$ – коефіцієнт варіації напруження.

Величина $Y=2$, $Y=3$ при імовірності безвідмовної роботи виробу $P=0,977$, $P=0,999$ відповідно. Напруження, що відповідає втраті роботоспроможності матеріалу, визначається за рівнянням:

$$\sigma_p = \sigma_1(1 - Y \cdot V\sigma_1),$$

де σ_1 – прийнята в розрахунках границя плинності, повзучості, тривалої міцності і т.ін.;

$V\sigma_1$ – коефіцієнт варіації границі плинності, повзучості, тривалої міцності і т.ін., в частках.

Із наведеного рівняння витікає дуже суттєвий висновок: чим менше значення коефіцієнта варіації характеристик міцності, чим стабільніше значення міцності, тим більша абсолютна величина напруження σ_p . В табл.2.1 наведено значення коефіцієнта варіації границі міцності та границі плинності для деяких матеріалів.

Таблиця 2.1 – Коефіцієнти варіації границі міцності та границі плинності різних матеріалів

Матеріал		Сплави на основі Al	Сплави на основі Ti	Композ. матеріали	Пластмаси	Кераміка
Коефіцієнт варіації	Границя міцності	0,05	0,04...0,05	0,05...0,11	0,06...0,08	0,07...0,08
	Границя плинності	0,04	0,03...0,04	0,08...0,1	0,05...0,07	0,05...0,07

Один із найчастіше використовуваних варіантів оптимізації вибору матеріалів є мінімізація маси виробу за умови заданого рівня надійності. Для цього розглядається декілька матеріалів і дані по кожному з них заносяться в табл.2.2.

Таблиця 2.2 – Оптимізація вибору матеріалу за мінімумом маси виробу (при $P=const$)

Матеріал	Густина, кг/м ³	Визначальна характеристика матеріалу ¹	Коефіцієнт варіації V , %	Еквівалентний розмір, мм; мм ²	Маса виробу, кг	Відносна маса ²

Примітки:

1. Визначальна характеристика – головна механічна властивість матеріалу виробу, котра використовується при обґрунтуванні вибору матеріалу.

2. Визначається як відношення m_i/m_{min} , де m_{min} – маса найлегшого виробу.

Оптимізація вибору матеріалу за показниками їх механічних та фізичних властивостей. У кожному конкретному випадку такий вибір повинен проводитись за характерним показником. Для конструкційних матеріалів найбільш типовими є характеристики міцності, пластичності, ударної в'язкості, границі витривалості тощо. Абсолютний рівень властивостей конкретного матеріалу не може в повній мірі визначити доцільність використання цього матеріалу, тому що він не обумовлює отримання мінімальної маси виробу. Масова характеристика виробу безпосередньо зв'язана із витратами на матеріал та енергетичними затратами в процесі експлуатації.

У зв'язку із зазначеним вибір матеріалу доцільно проводити за питомими показниками, наприклад, питомою границею міцності, питомою границею плинності, питомою границею тривалої міцності:

$$K_{o_i} = \sigma_i / (\rho_i \cdot q),$$

де K_{o_i} – і-та характеристика питомої міцності;

σ_i – і-та характеристика міцності, Н/мм²; МПа;

ρ_i – густина матеріалу, кг/м³; $q = 9,81$ м/с².

Отримані дані для різних матеріалів найліпше заносити в табл.2.3.

Для визначення питомих характеристик міцності із врахуванням надійності виробів та розсіювання властивостей матеріалів використовують рівняння:

$$K_{p_i} = (\sigma_i \cdot (1 - Y \cdot V \sigma_i)) / (\rho_i \cdot q) .$$

Таблиця 2.3 – Результати оптимізації вибору матеріалу за питомими показниками міцності

Матеріал	Густина ρ , кг/м ³	Характеристика міцності σ_i , МПа	Коефіцієнт варіації характеристики міцності $V \sigma_i$ (в частках)	Питома характеристика міцності K_o , км	Питома характеристика міцності із врахуванням надійності та розсіювання властивостей K_p , км	
					$P=0,97$; $Y=2$	$P=0,99$; $Y=3$

Аналіз табл. 2.3 дозволяє зробити декілька важливих висновків:

- оптимізація вибору матеріалу здійснюється на комплексній багатокритеріальній основі;

- коректним буде вибір заснований на обов'язковому врахуванні вимог до надійності виробів та коефіцієнта варіації характеристики міцності.

Оптимізація вибору матеріалу із врахуванням його вартості.

Відомо, що вартість матеріалу залежить від багатьох чинників, серед яких важливе значення мають хімічний склад, технологія отримання півфабрикатів, обробка поверхні, технологія отримання виробів і т.ін. Однієї вартості при виборі матеріалу недостатньо, тому що матеріали відрізняються за властивостями (це впливає на розміри та масу виробів), за густиною. Тому пропонується враховувати: а) вартість матеріалу C_i , грн./кг; б) вартість матеріалу, що витрачається на виготовлення одного виробу C'_i , грн./шт.:

$$C'_i = C_i \cdot m_i$$

де m_i – маса виробу із і-го матеріалу;

в) питома вартість $C_{пит}$ одного виробу, що припадає на одиницю міцності, грн./шт·МПа)

$$C'_{питi} = (C'_i / \sigma_{0.2i})$$

2.3 Завдання на підготовку до лабораторної роботи

1. Описати основи оптимізації вибору матеріалу для конкретного заданого викладачем виробу.
2. Отримати від викладача завдання і підготувати вхідні дані для його виконання.

2.4 Контрольні питання

1. Охарактеризуйте основні показники механічних властивостей матеріалів, котрі використовуються при їх виборі для виготовлення пружин, зубчатих коліс, валів, лопаток турбін ГТУ, вальниць.
2. Як визначається коефіцієнт варіації границі міцності, плинності, ударної в'язкості ? Які чинники впливають на величину коефіцієнта варіації ?
3. Що таке надійність виробів і які чинники впливають на неї?
4. Охарактеризуйте сутність несівної здатності виробу та тих чинників, що на неї впливають.
5. Яким чином визначається еквівалентний розмір виробу, від чого він залежить ?
6. Як впливає термічна обробка на величину коефіцієнта варіації границі міцності, плинності, витривалості ?
7. Які вимоги висуваються до технології виготовлення виробів, в тому числі і термічної обробки, котрі спрямовані на підвищення надійності виробів?
8. На які характеристики, яким чином і чому впливають значні розсіювання властивостей матеріалів ? Наведіть відповідні рівняння та поясніть їх.
9. Наведіть перелік основних чинників, що впливають на вартість конструкційних та інструментальних матеріалів. Охарактеризуйте кожен із них.

10. Як визначаються та що характеризують питомі вартості матеріалів? Як і чому впливає термічна обробка сталей та сплавів на їх величину?

2.5 Порядок виконання лабораторної роботи

1. За підготовленими вхідними даними (див. п. 2.2) виконати відповідні розрахунки, передбачені табл. 2.2-2.4.
2. Отримані дані занести в табл. 2.2-2.4.
3. Підготувати ґрунтовну інформацію щодо матеріалів, які пропонуються для виготовлення заданого виробу (властивості, густина, вартість, технологія отримання півфабрикатів та виробів тощо).
4. На підставі отриманих вихідних даних та табл. 2.2-2.4 прийняти оптимальне рішення щодо вибору матеріалу.

2.6 Порядок оформлення звіту

1. Основні поняття із оптимізації вибору матеріалу на підставі комплексного підходу.
2. Характеристика запропонованого до розгляду виробу, вимог до матеріалу, розглянутих матеріалів.
3. Заповнені табл. 2.2-2.4, аналіз даних таблиць, обґрунтований вибір матеріалу.
4. Заключення по виконаній роботі.

Лабораторна робота № 3

ВИБІР МАТЕРІАЛУ ДЛЯ ДЕТАЛІ ІЗ ЗАДАНИМИ УМОВАМИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТА ТЕХНОЛОГІЇ ЇЇ ТЕРМІЧНОГО ОБРОБЛЕННЯ

3.1 Мета роботи

Навчитися обирати матеріал із низки альтернативних матеріалів для деталі із відомими умовами експлуатації, а також обирати оптимальну технологію її термічного оброблення

3.2 Загальні відомості

Вибір матеріалу є дуже відповідальним завданням, яке часто зумовлює надійність та довговічність виробу і конструкції в цілому. Наслідком неправильного вибору матеріалу та невірно призначеної обробки є незадовільна якість машин, приладів, обладнання.

Обраний матеріал повинен забезпечувати необхідну конструкційну міцність, мати оптимальні технологічні властивості, а також бути якнайдешевшим, недефіцитним і екологічно чистим.

Існує взаємозв'язок і взаємообумовленість конструкції виробу, матеріалу і технології його виготовлення.

Проектування кожної деталі, вузла, машини проходить через три однаково важливі й залежні між собою стадії:

- конструювання;
- вибір матеріалу;
- розробка технології виготовлення.

Щоб гарантувати високу конкурентоспроможність виробу, необхідно дотримуватися головного принципу: якнайвища функціональна якість за якнайменшою вартості.

На першому етапі проектування, згідно з вимогами до конструкції, її маси та умовами експлуатації, має бути вибраний клас матеріалу, з якого виготовлятимуть виріб. Оскільки одним з головних показників міцності є тимчасовий опір, за цією ознакою найпоширеніші промислові сплави поділяють на три класи (табл. 3.1).

Таблиця 3.1 – Класифікація сплавів за міцністю

Клас сплаву	σ_b , МПа		
	сплави на основі заліза	сплави на основі алюмінію	сплави на основі титану
Низької міцності	650	200	400
Середньої міцності	650...1300	200...400	400...800
Високої міцності	> 1300	>400	>800

З таблиці видно, що міцність сплавів різних класів може бути однаковою. Тому для вибору того чи іншого класу необхідно врахувати в першу чергу умови експлуатації. Наприклад, як бажаний матеріал для виготовлення корпусу глибоководного батискафа можна розглядати один з титанових сплавів, які поєднують високі значення питомої міцності й корозійної стійкості у морській воді. При тому ж рівні міцності використання сталі в даному разі не забезпечить потрібної довговічності.

Наступним етапом є вибір конкретного матеріалу з цього класу сплавів на підставі сертифікованих властивостей, які гарантує фірма-виробник відповідно до державних стандартів (з врахуванням можливих способів поліпшення властивостей для одержання високої конструкційної міцності).

Умови роботи деталей можуть бути різноманітними: статичні, циклічні, динамічні навантаження, деформації розтяганням, стискуванням, згинанням, скручуванням, низькі або високі температури, агресивні хімічні середовища, особливості тертя, наприклад, у вакуумі, тощо. Проаналізувавши діючі фактори, визначають вимоги до властивостей матеріалу і ранжирують їх за ступенем впливу на надійність машини або механізму. У багатьох випадках деталі працюють в режимі одночасної дії декількох факторів. В такому разі вимоги поділяють на визначальні і менш визначальні (другорядні).

Визначальними, тобто такими, що зумовлюють надійність і довговічність, можуть бути різні властивості. Наприклад, при виборі ма-

теріалу для деталей, яка працює при нормальних температурах, показники жароміцності, жаростійкості не мають значення, і навпаки, вони стають головними для виробів, що працюють при високих температурах. Визначальні вимоги мають бути враховані обов'язково, другорядні - по можливості.

При серійному та масовому виробництві деталей слід звертати увагу на технологічність матеріалу та економічні показники.

Для виробів, що працюють у режимі циклічного навантаження, на довговічність великою мірою впливає стан поверхні.

Поширеним критерієм працездатності металевих сплавів та зварних з'єднань, особливо у випадку їх експлуатації при низьких температурах, є ударна в'язкість, визначена на зразках з надрізом. У різних країнах прийнятий різний гарантований рівень ударної в'язкості. В Україні це $KCU > 25$ Дж/см². Температура, при якій гарантується заданий рівень ударної в'язкості, позначається індексом поруч з її показником, наприклад, $KCU_{-60} = 50$ Дж/см².

Для сталевих виробів з вимогами до значення границі текучості не вище 350 МПа вибирають відповідну марку сталі звичайної якості (ГОСТ 380-71, ДСТУ 2651-94). При вищому допустимому рівні $\sigma_{0,2}$, залежно від необхідних властивостей, розмірів перерізу та складності конфігурації виробу, для вибору марки сталі слід користуватися ГОСТ 1050-74 та іншими стандартами, зокрема ГОСТ 4543-71, які регламентують властивості після різних видів термічної обробки.

Для виробів з перерізом більше 30 мм² вибір марки сталі здійснюється з урахуванням прогартуваності. При цьому слід мати на увазі, що для деталей складної форми навіть при невеликому перерізі не слід використовувати вуглецеву сталь, оскільки її необхідно гартувати у воді, а це може призвести до виникнення значних внутрішніх напружень і спричинити неприпустимі деформації або утворення тріщини.

Великі вироби складної форми рекомендується виготовляти з легованих сталей не тільки через їх вищу прогартуваність, а також тому, що такі сталі повільніше знеміцнюються при відпуску. Це дозволяє підвищити його температуру та істотніше знизити внутрішні напруження при збереженні необхідного рівня міцності.

На експлуатаційні характеристики виробів крім раціонального вибору матеріалу впливає також технологія їх виготовлення, яка включає і термічну обробку. У ряді випадків без термічної обробки

неможливе виготовлення виробів (наприклад, вироби із керамічних, порошкових, композиційних матеріалів) або інші технологічні операції (обробки) з метою енергозбереження поєднуються із термічною обробкою (як, наприклад, пружини підвіски легкових автомобілів, ресорні листи; здійснюється одноразове нагрівання із наступними гарячою пластичною деформацією та гартom). При будь-якому варіанті технологія термічної обробки повинна забезпечити заданий рівень властивостей матеріалу виробу при мінімальних витратах технологічних речовин, часу, енергоносіїв, трудових ресурсів і т. ін., що врешті решт впливає на собівартість термічної обробки.

Задача вибору технологічного процесу термічної обробки вирішується поетапно:

- вибір режиму термічної обробки на підставі матеріалу та вимог до виробу, типових режимів обробки аналогічних матеріалів та виробів;

- визначення параметрів основних операцій термічної обробки (температур, швидкостей нагрівання та охолодження, тривалості на різних технологічних операціях та переходах, склад та витрати робочих середовищ);

- вибір додаткових технологічних операцій (рихтування, промивання, поверхневе пластичне деформування, вилучення окалини);

- визначення параметрів додаткових технологічних операцій обробки (зусилля рихтування, час перебування під навантаженням, склад та температура мийного розчину тощо);

- вибір основного і додаткового обладнання, інструментів і приладів для контролю якості термічної обробки, розробка технологічних пристосувань.

3.3 Завдання на підготовку до лабораторної роботи

1. Отримати від викладача завдання і підготувати вхідні дані для його виконання.

2. Ознайомитися із умовами експлуатації заданого виробу, роботою вузла та механізму, до складу яких входить виріб, вимогами до матеріалу виробу.

3. Підготувати дані для заповнення карти технологічного процесу термічної обробки (температури, витримки, склад робочих середовищ тощо).

3.4 Контрольні питання

1. Вплив умов експлуатації виробів на вибір матеріалу для їх виготовлення.
2. Залежність конструкційної міцності від хімічного складу матеріалу, його структури.
3. Класифікація конструкційних матеріалів за призначенням, хімічним складом та її використання при науковому виборі матеріалу.
4. Класифікація інструментальних матеріалів за призначенням, хімічним складом та їх використанням при науковому виборі матеріалу.
5. Чим пояснити розширення застосування керамічних інструментальних матеріалів? Наведіть приклади таких матеріалів та виробів із них.
6. Чим пояснити розширення застосування композиційних, порошкових матеріалів, полімерів, пластмас, металізованих пластмас? Наведіть приклади таких матеріалів та виробів із них.
7. Що спонукає використання при виборі матеріалів таких їх характеристик, як $\sigma_{0,2}$; K_{1C} ; σ_{-1} ; КСТ?
10. Які є основні чинники, що впливають на параметри термічної (хіміко-термічної) обробки.

3.5 Порядок виконання лабораторної роботи

1. Стисло опишіть умови роботи заданого виробу та вузла, в якому він знаходиться, охарактеризувати вимоги до механічних, технологічних, експлуатаційних властивостей.
2. Виберіть групу матеріалів і на альтернативній основі (не менше трьох матеріалів) внаслідок співставлення складу, властивостей, вартості, надійності здійснити вибір одного матеріалу.
3. Всебічно охарактеризуйте вибраний матеріал, роль його компонентів, опишіть схему технології отримання матеріалу та виробу, зміни в хімічному складі, структурі та властивостях в процесі експлуатації.
4. Розгляньте декілька варіантів термічної обробки вибраного матеріалу і на підставі порівняння отримуваних властивостей та тех-

нічних вимог до матеріалу запропонуйте режим термічного оброблення виробу.

5. Розробіть технологію термічного оброблення, наведіть графік та карту технологічного процесу, опишіть сутність кожної операції та структуру і властивості матеріалу.

3.6 Порядок оформлення звіту

У звіті треба навести:

1. Загальні положення щодо наукового вибору матеріалів та технологій термічного оброблення на основі вимог до матеріалів та умов експлуатації.

2. Характеристики виробу, особливості його конструкції, схеми маршрутної технології виготовлення вузла, до якого входить виріб, та умови експлуатації.

3. Порядок обґрунтованого вибору матеріалу із посиланням на властивості, структуру. Вартість заготовки виробу, що виготовлений із різних матеріалів.

4. Послідовне викладання відповіді на питання обґрунтування вибору режиму термічної обробки, описання змін структури та властивостей на усіх переходах та операціях. Графік та карта технологічного процесу термічної обробки.

5. Висновки по роботі.

ЛІТЕРАТУРА

Основна

1. Солнцев, Ю.П. Спеціальні конструкційні матеріали: підруч. для студ. вищ. навч. закл. [Текст] / Ю.П. Солнцев, С.Б. Беліков, І.П. Волчок, С.П. Шейко. - Запоріжжя : "ВАЛПІС-ПОЛІГРАФ", 2010. - 536 с.
2. Дяченко С.С. Матеріалознавство: підручник / С.С. Дяченко, І.В. Дощечкіна, А.О. Мовлян, Е.І. Плешаков. – Х. : вид-во ХНАДУ, 2007. – 440 с.
3. Дудка, О.І. Матеріалознавство [Текст] : Навч. пос./ Дудка О.І., Більченко О.В., Лобода П.І. – К.: Кондор, 2009. – 156 с.
4. Забашта, В. Ф. Полимерные композиционные материалы конструкционного назначения [Текст] : Справочник / В. Ф. Забашта, Г. А. Кривов, В. Г. Бондарь. – К. : Техніка, 1993. – 157с.
5. Азаренков Н. А. Наноматериалы, нанопокрyтия, нанотехнологии: учебное пособие / Н. А. Азаренков, В. М. Береснев, А. Д. Погребняк.– Харьков:ХНУ им. В.Н. Каразина, 2009. – 209 с.
6. Характеристики кратковременной трещиностойкости и методы их определения. – Киев: Наукова думка, 1988. – 436 с.
7. Федорченко И.М., Андриевский Р.А. Основы порошковой металлургии Киев: Академиздат АН УССР, 1963. - 420 с.
8. Конструкционные порошковые материалы и изделия. Дорофеев Ю.Г., Мариненко Л.Г., Устименко В.И. М.: Металлургия, 1986. 144 с.

Допоміжна

1. Самохоцкий А.М., Парфеновская Н.Г. Технология термической обработки металлов. - М.: Машиностроение, 1976. - 310 с.
2. Натапов Б. С. Термическая обработка металлов. - К.: Вища школа, 1980. - 286 с.
5. Колачев Б.А., Ливанов В.А., Елагин В.И. Металловедение и термическая обработка цветных металлов и сплавов. - М.: Металлургия, 1972. - 480 с.
6. Паисов И.В. Термическая обработка стали и чугуна. - М.: Металлургия, 1970. - 262 с.
7. Термическая обработка в машиностроении: Справочник /Под ред. Лахтина Ю.М. и Рахштадта А.Г. - М.: Машиностроение, 1980. -782 с.