

# 編輯大意

Preface

- 一、本手冊係根據科友圖書股份有限公司出版之「機械材料上冊」一書之內容編寫而成。
- 二、全手冊共二冊，本冊供技術型高級中等學校機械群第一學年，第一學期教學參考之用。
- 三、本手冊內容如下：
  - 1.教學進度表：提供教師作為授課安排及作業繳交之參考。
  - 2.課程綱要：教育部發布之課綱，供教學參考之用。
  - 3.習題解答：提供課本中隨堂練習、課後評量(鍛練本初露鋒芒)及鍛練本(習作簿)的正確解析。
  - 4.模擬試題解答：提供鍛練本(習作簿)三回模擬試題的正確解析。
- 四、本手冊希望提供老師於授課時使用方便，如有疏漏之處，請教學先進不吝指教。

全華編輯部 謹誌

# 教學進度表

Preface

職業學校 \_\_\_\_\_ 年度 第 \_\_\_\_\_ 學期教學計畫預定表

科目名稱	機械材料 上冊	每週 時數	2 小時	教科 書或 講義	名稱	機械材料 上冊	參考 用書	科 別 班 級	科 年 級 班	教師 簽章	備註	校長						
					出版 者	科友圖書						起訖 頁數	實際 進度	預定作業 進度	實際 進度	備註	主任	組長
					著者	林英明、林英 國、林昆輝												
週別	授課日期	預定教學進度					起訖 頁數	實際 進度	預定作業 進度	實際 進度	備註							
1	月 日起 月 日止	開學準備週																
2	月 日起 月 日止	1-1 材料特性					3~9						主任					
3	月 日起 月 日止	1-2 金屬及合金的通性					10~14											
4	月 日起 月 日止	1-3 金屬的結晶構造、組織與塑性變形					15~25						主任					
5	月 日起 月 日止	1-4 金屬的凝固與變態					26~40				作業 1							
6	月 日起 月 日止	2-1 材料的物理性質					41~45				平時測驗 1							
7	月 日起 月 日止	第一次段考					3~45					主任		組長				
8	月 日起 月 日止	2-2 材料的機械性質					46~51											
9	月 日起 月 日止	2-3 材料試驗方法					52~74				作業 2		主任	組長				
10	月 日起 月 日止	3-1 鋼鐵的製造與種類					75~86				平時測驗 2							
11	月 日起 月 日止	3-2 純鐵 3-3 鋼之組織、性質及其用途					87~97											
12	月 日起 月 日止	3-4 五大元素對碳鋼之影響					98~108				作業 3		任課 教師					
13	月 日起 月 日止	4-1 鐵碳平衡圖					109~114				平時測驗 3							
14	月 日起 月 日止	第二次段考					46~114						任課 教師					
15	月 日起 月 日止	4-2 恆溫變態曲線圖與冷卻曲線圖					115~124											
16	月 日起 月 日止	4-3 碳鋼之熱處理方法					125~133											
17	月 日起 月 日止	4-4 熱處理實例					134~151				作業 4		備註					
18	月 日起 月 日止	5-1 感應電熱硬化法及火焰加熱法 5-2 滲碳硬化法					152~160				平時測驗 4		任課 教師					
19	月 日起 月 日止	5-3 氮化法&5-4 鍍層硬化法&5-5 其他表面硬化法					161~180				作業 5							
20	月 日起 月 日止	期末考					115~180				平時測驗 5							

# 課程大綱

Preface

## 機械材料上、下冊科目大要

學分數：4(2/2)
建議開課學期：第一學年第一、二學期
學習表現： 1. 了解金屬材料的內部組織與性質，並能規劃執行相關試驗方法。 2. 了解各種機械材料的種類與特性，並知道在機械工業與日常生活製品之應用。 3. 了解金屬材料在應用時的腐蝕問題，透過系統性思考提出適當解決方法。 4. 具備選用機械材料的基礎能力，並運用適當方法提升產品機械性質的相關知識。 5. 能思辨勞動法令規章與相關議題，省思自我的社會責任。

## 機械材料上、下冊教學綱要

一、科目名稱：機械材料 I、II ( Mechanical Materials I、II )
二、科目屬性：專業科目
三、學分數：4(2/2)
四、先修科目：無
五、課程目標： (一)了解機械材料的內部組織、性質與試驗等。 (二)了解各種鋼鐵材料的製作、性質、熱處理、規格及應用等。 (三)了解各種工程材料和機械相關性。 (四)培養選用機械材料的基礎能力。 (五)培養良好的工作態度、安全與衛生習慣。

### 機械材料上、下冊教學綱要

六、教材大綱：			
單元主題	內容綱要	教學參考 節數	備 註
1.金屬材料的認識	1-1 材料特性 1-2 金屬及合金的通性 1-3 金屬的結晶構造、組織與 塑性變形 1-4 金屬的凝固與變態	8	第三學年 第一學期
2.材料的機械性質及 試驗	2-1 材料的物理性質 2-2 材料的機械性質 2-3 材料試驗方法	8	
3.鋼 鐵	3-1 鋼鐵的製造與種類 3-2 純鐵 3-3 鋼之組織、性質及其用途 3-4 五大元素對碳鋼之影響	6	
4.碳鋼之熱處理	4-1 鐵碳平衡圖 4-2 恆溫變態曲線圖與冷卻曲線圖 4-3 碳鋼之熱處理方法 4-4 熱處理實例	10	
5.鋼之表面硬化處理	5-1 感應電熱硬化法及火焰加熱法 5-2 滲碳硬化法 5-3 氮化法 5-4 鍍層硬化法 5-5 其他表面硬化法	4	
6.合金鋼及特殊鋼	6-1 合金元素對鋼的影響 6-2 構造用合金鋼與合金工具鋼 6-3 耐蝕鋼與其他特殊鋼	6	第三學年 第二學期

### 機械材料上、下冊教學綱要

7.鑄鐵	7-1 鑄鐵之成份及組織 7-2 影響鑄鐵組織及性質之因素 7-3 普通鑄鐵之性質及用途 7-4 特殊鑄鐵之種類及用途 7-5 鑄鐵之熱處理	6	
8.金屬之腐蝕	8-1 腐蝕的意義 8-2 影響金屬腐蝕的因素 8-3 鋼鐵腐蝕與防蝕方法	4	
9.常用之非鐵金屬材料	9-1 銅及其合金 9-1 鋁、鎂及其合金 9-2 鉛、錫、鋅及其合金 9-3 其他材料	6	
10.機械材料的規格及選用	10-1 材料的規格與常用編號 10-2 材料的選用	4	
11.機械應用之特殊材料	11-1 陶瓷材料 11-2 高分子 11-3 複合材料 11-4 電子材料 11-5 磁性材料 11-6 光電材料 11-7 其他材料	10	

## 機械材料上、下冊教學綱要

### 七、實施要點：

#### (一) 教材編選

1. 教材選擇應顧及學生之需要並配合科技之發展，使課程內容儘量與生活相結合，以引發學生興趣，增進學生之理解。
2. 教材選擇應顧及學生之學習經驗並配合學生身心發展歷程，一方面基於前一層級學校的學習經驗，另一方面須考慮與下一層級學校的課程銜接。
3. 教材選擇須具啟發性與創造性，課程內容及活動須能提供學生觀察、探索、討論與創作的學習機會，使學生具有創造思考、獨立判斷、適應變遷及自我發展之能力。
4. 教材選擇須注意「縱」的銜接，同一科目各單元間及相關科目彼此間須加以適當的組織，使其內容與活動能由簡而繁，由淺而深，由具體而抽象，務使新的學習經驗均能建立於既有經驗之上，逐漸加廣加深，提高學習效率。
5. 教材選擇須重視「橫」的聯繫，同科目各單元間及相關科目彼此間須加以適當的組織，使其內容與活動能統合或聯貫，俾使學生能獲得統整之知能。

#### (二) 教學方法

1. 教師教學前，應編寫教學進度表。
2. 教師教學時，應以日常生活相關的事物作為教材。
3. 可依學生之學習背景與學習能力狀況，隨時調整授課內容與進度。
4. 教學過程應注意學生的學習反應，利用教學技巧，引發學生思考，主動參與討論，以達教學目的。
5. 教學完畢後，應根據實際教學成效修訂教學計畫，以期改進教學方法。

#### (三) 學習評量

1. 教學須作客觀的評量，也可輔導學生作自我評量，以明瞭學習的成就與困難，作為繼續教學或補救教學之依據，並使學生從成績進步中獲得鼓勵。
2. 教育的方針在於五育並重，評量內容亦應兼具認知(知識)、技能、情意發揮(行為、習慣、態度、理想、興趣、職業道德)及美感等方面，以利學生健全發展。
3. 評量的方法有觀察、作業評定、口試、筆試、測驗等，教師可按單元內容和性質，針對學生的作業、演示、心得報告、實際操作、作品和其他表現配合使用。
4. 因應學生學習能力不同，評量應兼具標準比較和自我比較，力求努力上進。

## 機械材料上、下冊教學綱要

5. 除實施總結性評量外，教學中更應注意診斷性評量及形成性評量，以便即時了解學生學習困難，進行學習輔導。
6. 學習評量的結果須妥善運用，除作為教師改進教材、教法及輔導學生之依據外，並通知導師及家長，以獲得共同的輔導與合作。
7. 未通過評量的學生，教師應分析、診斷其原因，實施補救教學；對於學習成就較高的學生，可視需要實施增廣教學，使其潛能獲致充分的發展。

### (四) 教學資源

1. 學校應力求充實教學設備及教學媒體，教師教學應充分利用教材、教具及其他教學資源。
2. 教學應充分利用圖書館資源、網路資源與社會資源，結合產業界作學徒式教學、建教式合作教學等。
3. 學校應經常與有關機構保持聯繫，以了解業界用人之趨勢，簡化企業界甄選人才的程序，並輔導學生及早做就業之準備。
4. 教學應充分利用社會資源，適時帶領學生到校外參觀相關工廠、機構設施，使理論與實務相結合，提高學習興趣和效果。
5. 學校應配合國家技能檢定政策，引發學生學習技能的興趣，提升技術及職業教育教學的成效，強化技術及職業教育的功能。

### (五) 教學相關配合事項

1. 學校應經常與有關機構保持聯繫，以瞭解業界用人之趨勢，簡化企業界甄選人才的手續，並輔導學生及早作就業之準備。
2. 教學應充分利用社會資源，適時帶領學生到校外參觀有關工廠、機構設施，使理論與實際相結合，提高學習興趣和效果。
3. 學校應配合國家技能檢定政策，引發學生學習技能的興趣，提升技術及職業教育教學的成效，強化技術及職業教育的功能。

# 目次

Content

「學後評量」解答請見鍛練本之「初露鋒芒」

## CH 1

### 金屬材料的認識 1-1

立即評量解答 .....	1-1
嚴選精華 .....	1-2
初露鋒芒 .....	1-4
大顯身手 .....	1-8

## CH 2

### 材料的機械性質及試驗 2-1

立即評量解答 .....	2-1
嚴選精華 .....	2-3
初露鋒芒 .....	2-5
大顯身手 .....	2-7

## CH 3

### 鋼鐵 3-1

立即評量解答 .....	3-1
嚴選精華 .....	3-3
初露鋒芒 .....	3-5
大顯身手 .....	3-9

## CH 4

### 碳鋼之熱處理

4-1

---

立即評量解答 .....	4-1
嚴選精華 .....	4-3
初露鋒芒 .....	4-5
大顯身手 .....	4-10

## CH 5

### 鋼之表面硬化處理

5-1

---

立即評量解答 .....	5-1
嚴選精華 .....	5-3
初露鋒芒 .....	5-5
大顯身手 .....	5-9

### 模擬試題

---

第一回 .....	模-1
第二回 .....	模-4
第三回 .....	模-7

# CH 1 金屬材料的認識

## 立即評量解答

### 1-1 金屬特性 ~ 1-2 金屬及合金的通性 P14

- ( A ) 1. 下列何者為鐵金屬材料 (A)純鐵 (B)錫 (C)鋁 (D)銅。
- ( B ) 2. 下列常見的黃銅為何種金屬元素組合而成 (A)銅和錫 (B)銅和鋅 (C)鎳和鉻 (D)鎢和鈷。  
解 黃銅為銅和鋅金屬元素組合，青銅為銅和錫金屬元素組合。
- ( C ) 3. 下列何者為輕金屬 (A)鉬 (B)鉻 (C)鋁 (D)銅。
- ( B ) 4. 下列何種金屬之熔點最高 (A)鎂 (B)鎢 (C)鐵 (D)鋁。
- ( B ) 5. 一般金屬均為熱與電之良導體，常用金屬中導電率之高低何者正確 (A)鋁>銅>銀 (B)銀>銅>鋁 (C)銅>銀>鋁 (D)鋁>銀>銅。  
解 銀>銅>金>鋁。
- ( A ) 6. 下列何者為保險絲之材料 (A)伍德氏合金 (B)黃銅 (C)青銅 (D)杜拉鋁。

### 1-3 金屬的結晶構造、組織與塑性變形 P25

- ( A ) 1. 下列何者非為面心立方格子之材料 (A)鐵 (B)鎳 (C)鉛 (D)鉑。  
解 面心立方格子之材料有銅(Cu)、鋁(Al)、鎳(Ni)、鉛(Pb)、金(Au)、銀(Ag)、鈣(Ca)、鈀(Pd)和鉑(Pt)等。
- ( A ) 2. 下列何者的單位格子所含原子數為 2 個？ (A)體心立方格子 (B)面心立方格子 (C)六方密格子 (D)斜方晶格子。
- ( B ) 3. 下列加工法何者不是冷作？ (A)彎曲 (B)鍛造 (C)抽拉 (D)壓印。  
解 鍛造為熱作加工法。
- ( C ) 4. 金屬鐵線、銅線等常用下列何加工法 (A)彎曲 (B)鍛造 (C)抽拉 (D)壓印。



1-4 金屬的凝固與變態 P33

- ( A ) 1. 金屬凝固結晶化過程，當結晶粒愈小與愈多時，代表何種機械性質愈大？  
(A)強度 (B)延性 (C)展性 (D)塑性。
- ( A ) 2. 純鐵常溫時是 (A)體心立方體肥粒體 (B)面心立方體沃斯田體 (C)面心立方體肥粒體 (D)體心立方體沃斯田體。
- ( D ) 3. 下列何者不是純鐵的同素異形體 (A) $\delta$ -Fe (B) $\gamma$ -Fe (C) $\alpha$ -Fe (D) $Fe_3C$ 。  
(註) 純鐵的同素異形體有  $\alpha$ -Fe、 $\gamma$ -Fe、 $\delta$ -Fe。
- ( D ) 4. 下列何者為金屬間化合物的特性？ (A)高密度 (B)容易氧化 (C)導熱率低 (D)高熔點。

鍛練本解答

嚴選精華 (每一空格 4 分)

成績： \_\_\_\_\_

1-1 材料特性

一、金屬的通性

比重大於 1	金屬比重小於 4 者稱為 <u>輕金屬</u> ，如鎂、鋁、鈹。 比重在 4 以上者稱為 <u>重金屬</u> ，如鐵、鉬、鉻、鎳、銅。
固體狀態	除 <u>汞(Hg)</u> 、銫(Cs)和鎵(Ga)外，一般為固體狀態之結晶體。
電與熱良導體	<u>銀(Ag)</u> > 銅(Cu) > <u>金(Au)</u> > 鋁(Al)。
富延展性	一般純金屬之塑性變形能力大及具有 <u>熱脹冷縮</u> 的特性。

二、合金通性重點整理說明

1.	合金之熔點較其純成份金屬為 <u>低</u> ， <u>伍德氏</u> 合金是鉛、錫、鉍、鎘之合金，其熔點僅 66°C，故又名易融合金，常作為保險絲之材料。
2.	合金之延性與展性，通常較其成份金屬為 <u>小</u> ，即硬度 <u>高</u> 。
3.	合金導電率與導熱率，常 <u>低</u> 於其純成分金屬。

## 1-2 金屬及合金的通性

結晶構造與組織	重點整理說明
體心立方格子(BCC)	原子數為 <u>2</u> 個，有鎢、鉻、釩、鉬、鐵、鉀等。
面心立方格子(FCC)	原子數為 <u>4</u> 個，有銅、鋁、鎳、鉛、金、銀和鉑等。
六方密格子(HCP)	原子數為 <u>6</u> 個，有鎳、鎂、鈦、鋅、鈹、鈳和銻等。

## 1-3 金屬的結晶構造、組織與塑性變形

熱作	將金屬加熱至 <u>再結晶溫度以上</u> ，形成塑性體而施以加工成形者，稱為高溫加工
1. <u>滾軋</u>	用於鋼筋、鋼板及各種形狀之結構型鋼（如 L 型鋼、H 型鋼、I 型鋼、E 型鋼）製造。
2. <u>鍛造</u>	凡機器上需強度大或耐衝擊及抗疲強度等機械性質的零件製造，如手工工具如扳手等毛胚製造，鍛造品可得 2-5 倍之強度，但鑄件不宜。
3. <u>擠製</u>	斷面均一之長條狀製品如桿、管、裝璜綠條、鋁門窗框及電纜的鉛覆層。
冷作	將金屬加熱至 <u>再結晶溫度以下</u> ，施以加工成形者，稱為常溫加工
1. <u>抽拉</u>	製品如金屬鐵線、銅線等。
2. <u>壓製</u>	如剪切、彎曲、衝孔與抽製中空製品等。
3. <u>旋壓</u>	常用於容器如鋁臉盆、鍋子等。

## 1-4 金屬的凝固與變態

## 一、合金與相變態

1. <u>置換</u> 固溶體	水與酒精溶液、銅溶於鎳中而成的固溶體。
2. <u>插入型</u> 固溶體	如沃斯田體。
3. <u>金屬間</u> 化合物	如鋼鐵內的 $Fe_3C$ 、鎳鋁合金。類金屬也叫半金屬，通常指硼、矽、鍺、砷、碲和銻。



## 初露鋒芒（課本學後評量）

成績：\_\_\_\_\_

### 一、選擇題

- 1-1 ( C ) 1. 下列何者為鐵金屬材料？ (A)金 (B)鋅 (C)碳鋼 (D)銅。
- ( A ) 2. 下列常見的青銅為何種金屬元素組合而成？  
(A)銅和錫 (B)銅和鋅 (C)鎳和鉻 (D)鎢和鈷。  
 解 黃銅為銅和鋅金屬元素組合，青銅為銅和錫金屬元素組合。
- ( D ) 3. 下列常見的碳化鎢刀具為何種金屬元素組合而成？  
(A)銅和錫 (B)銅、鎳和鋅 (C)鐵、碳、鎳、鉻 (D)鐵、碳、鎢、鈷。  
 解 碳化鎢刀具為鐵、碳、鎢、鈷等金屬元素組合而成。
- 1-2 ( C ) 4. 下列何者為重金屬？ (A)鎂 (B)鈹 (C)鐵 (D)鋁。
- ( D ) 5. 何種材料在常溫時不是固體狀態之結晶體？ (A)鉬 (B)鉻 (C)鋁 (D)汞。
- ( A ) 6. 一般氧化物或氫氧化物材料若能溶於水中，一般多呈  
(A)鹼性反應 (B)酸性反應 (C)兩性元素反應 (D)中性反應。
- ( A ) 7. 下列敘述金屬何者為非？  
(A)塑性變形能力差 (B)富延性 (C)富展性 (D)具有熱脹冷縮的特性。  
 解 金屬塑性變形能力佳。
- ( C ) 8. 下列伍德氏合金為何種元素組成？  
(A)鐵、碳、鎳、鉻 (B)鐵、碳、鎢、鈷  
(C)鉛、錫、鈹、鎳 (D)銅、鎂、鋁、鈷。
- 1-3 ( C ) 9. 把每個原子中心以假想線串連，可在空間中得到 1 個立體格子，此三度空間的立體格子通稱為 (A)單位格子 (B)晶粒 (C)結晶格子 (D)單位晶粒。
- ( A ) 10. 能代表整個結晶格子之性質的最小立體格子，稱為  
(A)單位格子 (B)晶粒 (C)結晶格子 (D)單位晶粒。
- ( C ) 11. 1 個面心立方格子之單位晶胞所含的原子數為何？  
(A)1 (B)2 (C)4 (D)6。  
 解 面心立方格子之單位晶胞所含的原子數為 4 個，體心立方格子原子數為 2 個，六方密格子原子數為 6 個。
- ( D ) 12. 下列何者非為體心立方格子之材料？ (A)鎢 (B)鉻 (C)鈮 (D)金。  
 解 體心立方格子之材料如有鎢、鉻、鈮、鉬、鐵、鉀等。



- ( C ) 13. 塑性加工乃對金屬材料施以外力使產生永久變形，此力大小為何？  
 (A)大於彈性強度而小於降伏強度 (B)大於比例強度而小於極限強度  
 (C)大於降伏強度而小於極限強度 (D)大於比例強度而小於降伏強度。
- ( A ) 14. 熱作乃將金屬加熱在何種溫度，形成塑性體而施以加工成形？  
 (A)再結晶溫度以上 (B)再結晶溫度以下  
 (C)變態溫度以上 (D)變態溫度以下。  
 解 冷作乃再結晶溫度以下，熱作乃再結晶溫度以上。
- ( A ) 15. 鋼筋、鋼板及各種形狀之結構型鋼(如 L 型鋼、H 型鋼、I 型鋼、E 型鋼)是何種製造方法？ (A)滾軋 (B)鍛造 (C)抽拉 (D)擠製。
- ( D ) 16. 將可塑性材料以液壓沖柱施加壓力，使其通過模具模孔內，而變成斷面均一之長條狀製品是何種製造方法？ (A)滾軋 (B)鍛造 (C)抽拉 (D)擠製。
- ( B ) 17. 鋁臉盆、鋁鍋容器等是以何種製造方法？  
 (A)滾軋 (B)旋壓 (C)抽拉 (D)擠製。
- ( B ) 18. 抽拉之抽線模內鑲何種材質？  
 (A)工具鋼 (B)碳化鎢 (C)高速鋼 (D)低碳鋼。
- ( C ) 19. 一般熱作滾軋鋼料其熱加工溫度約為幾度？  
 (A)800°C (B)1000°C (C)1200°C (D)1400°C。
- ( C ) 20. 下列加工法何者是冷作？ (A)滾軋 (B)鍛造 (C)抽拉 (D)擠製。  
 解 常見之冷作加工法如抽拉、壓製(如剪切、彎曲、衝孔)與旋壓等。
- 1-4 ( D ) 21. 若是同一金屬元素於變態前後，存在兩種不同性質的結構體，互稱為  
 (A)金屬變態 (B)同素同形體 (C)異形異素體 (D)同素異形體。
- ( B ) 22. 純鐵若溫度加熱至攝氏 910 度，則變態為  
 (A)體心立方體肥粒體 (B)面心立方體沃斯田體  
 (C)面心立方體肥粒體 (D)體心立方體沃斯田體。  
 解 純鐵若溫度加熱至攝氏 910 度，則變態為面心立方體沃斯田體( $\gamma$ -Fe-FCC 結構)。
- ( C ) 23. 何種攝氏溫度稱為純鐵的磁性變態點？  
 (A)210 度以上 (B)710 度以上 (C)768 度以上 (D)1400 度以上。  
 解 純鐵當溫度在攝氏 768 度以上時，純鐵會失去磁性。



- ( D ) 24. 下列敘述何者有誤？
- (A)兩種或兩種以上的固體金屬互相溶解並形成均勻體稱為固溶體
  - (B)置換固溶體是指由溶質原子代替溶劑結晶格子中的原子構成
  - (C)由溶質原子溶於溶劑晶格中原子之間間隙，而形成的固溶體稱為插入型固溶體
  - (D)鎳鋁合金乃鎳與鋁兩金屬元素之插入型固溶體。
- 鎳鋁合金乃鎳與鋁兩金屬元素之金屬間化合物。
- ( A ) 25. 下列對材料之敘述何者有誤？
- (A)鋁(Al)、鋅(Zn)、鉛(Pb)為鐵屬金屬材料
  - (B)若金屬比重小於 4 者稱為輕金屬，比重在 4 以上者稱為重金屬
  - (C)金屬的晶粒(Grain)大小為 0.01~0.1mm
  - (D)金屬材料在外力作用下會產生彈性變形或塑性變形。

## 二、問答題

1-1 1. 一般金屬材料可依照鐵性分類為哪兩種？並各舉 4 例金屬。

- 1. 鐵屬金屬材料：指鐵及鐵之合金，例如純鐵、鑄鐵、碳鋼、不銹鋼等。
2. 非鐵屬金屬材料：指鐵屬以外的金屬材料，如金(Au)、銅(Cu)、鎂(Mg)、鋁(Al)、鋅(Zn)、鉛(Pb)、錫(Sn)、鎳(Ni)、鈦(Ti)、鎢(W)等。

1-2 2. 一般金屬具有哪些通性？

- 1. 比重大於 1；2. 具有光澤；3. 固體狀態；4. 純金屬熔點固定；
5. 電與熱良導體；6. 富延展性；7. 多呈鹼性反應。

- 1-3 3. 金屬的單位晶胞形式主要最常見有哪三種構造？並各說明原子數量與舉例 5 種金屬元素。
- 解 1. 體心立方格子：原子數為 2 個，金屬元素有鎢(W)、鉻(Cr)、釩(V)、鉬(Mo)、鐵(Fe)、鉀(K)等。
2. 面心立方格子：原子數為 4 個，金屬元素有銅(Cu)、鋁(Al)、鎳(Ni)、鉛(Pb)、金(Au)、銀(Ag)、鈣(Ca)、鈀(Pd)和鉑(Pt)等。
3. 六方密格子：原子數為 6 個，金屬元素有鎘(Cd)、鎂(Mg)、鈦(Ti)和鋅(Zn)、鈹(Be)、鈷(Hf)、銠(Re)等。
- 1-4 4. 塑性加工依再結晶溫度分為哪二種？請分別說明其意義與舉例常見之加工法。
- 解 1. 熱作：將金屬加熱至再結晶溫度以上，形成塑性體而施以加工成形者，稱為高溫加工，又稱熱作。常見之加工法如滾軋、鍛造、擠製等。
2. 冷作：將金屬加熱至至再結晶溫度以下，施以加工成形者，稱為常溫加工，或稱冷作。常見之加工法如抽拉、壓製（如剪切、彎曲、衝孔）與旋壓等。
- 1-5 5. 固溶體一般按溶質原子在結晶格子中的位置不同分為哪兩種？請分別說明其意義與舉例。
- 解 1. 置換固溶體：由溶質原子代替溶劑結晶格子中的原子構成，如水與酒精溶液、銅溶於鎳中而成的固溶體。
2. 插入型固溶體：由溶質原子溶於溶劑晶格中原子之間間隙，而形成的固溶體，如碳溶解於鐵中而成的固溶體。



## 大顯身手

成績：\_\_\_\_\_

- ( B ) 1. 介於金屬與非金屬元素之間有幾種 (A)5 (B)7 (C)9 (D)11。
- ( A ) 2. 下列何者為有機類材料 (A)木材 (B)陶瓷 (C)石墨 (D)水泥。
- ( C ) 3. 石材屬於何種材料  
(A)非鐵屬金屬 (B)有機類 (C)無機類 (D)鐵屬金屬。
- ( D ) 4. 鋰、鈉、鉀之比重為多少  
(A)1-4 (B)4-8 (C)8-12 (D)小於 1。
- ( C ) 5. 單位晶胞原子結構排列成六角柱體，12 頂角各有 1 個原子，上下底面的中心各有 1 個原子，柱體內部有 3 個原子，稱之為何種格子  
(A)體心立方格子 (B)面心立方格子 (C)六方密格子 (D)體心斜方格子。
- ( C ) 6. 下列何者非為六方密格子之材料 (A)鈦 (B)鋅 (C)鈣 (D)鎂。  
解 六方密格子之材料有鎢、鎂、鈦、鋅、鈹、鉛和銻等。
- ( A ) 7. 材料在外力作用下會產生變形，但是當外力取消後，材料變形會消失並且能完全恢復原來形狀的能力稱為  
(A)彈性變形 (B)塑性變形 (C)彈塑性變形 (D)硬性變形。
- ( A ) 8. 將金屬錠加熱到再結晶溫度以上，置入兩相對相反方向轉動之滾輪模具間，藉摩擦力的帶動而使材料斷面變小、長度增加變成板、桿或其他特殊形狀之加工法是何種製造方法 (A)滾軋 (B)鍛造 (C)抽拉 (D)擠製。
- ( D ) 9. 下列加工法何者不是熱作 (A)滾軋 (B)鍛造 (C)擠製 (D)衝孔。  
解 常見之熱作加工法如滾軋、鍛造、擠製等。
- ( C ) 10. 下列何者不是屬於類金屬 (A)硼 (B)矽 (C)銅 (D)碲。



## 立即評量解答

## 2-1 材料的物理性質 P.45

( A ) 1. 下列何者不是一般金屬材料的物理性質？

(A)硬度 (B)比重 (C)比熱 (D)磁性。

解 一般金屬材料的物理性質指比重、比熱、熱膨脹係數、熱導度、比電阻、磁性、熔點等。

( C ) 2. 1 克物質升高  $1^{\circ}\text{C}$  時所需的熱量稱為 (A)硬度 (B)比重 (C)比熱 (D)磁性。

( A ) 3. 物質在溫度每上升  $1^{\circ}\text{C}$  時，其尺度增加量對原尺度之比稱為 (A)熱膨脹係數 (B)比重 (C)比熱 (D)磁性。

( D ) 4. 下列導熱度與導電度的敘述何者有誤？ (A)金屬之導電度以銀最大 (B)金屬之導熱度以銀最大 (C)比電阻之倒數稱為導電度 (D)導電度高低依序為銀<銅<金<鋁。

解 金屬之導熱度與導電度依序為銀 (Ag)最大，銅 (Cu)、金 (Au)、鋁 (Al) 等次之。

( D ) 5. 下列比電阻的敘述何者有誤？ (A)以截面  $1\text{ cm}^2$ ，長  $1\text{ cm}$  之材料所呈之電阻值 (B)以  $\Omega\text{-cm}$  表示 (C)金屬中比電阻最低者為銀 (D)比電阻愈低者，導電度愈低。

解 比電阻愈低者，導電度愈高。

( B ) 6. 下列金屬何者不屬於鐵磁性？ (A)鐵 (B)鋅 (C)鈷 (D)鎳。

解 金屬元素鐵、鈷、鎳等鐵磁性是最強烈。鋅屬於反磁性。

## 2-2 材料的機械性質 P.51

( D ) 1. 下列金屬何者不屬於機械性質？ (A)強度 (B)硬度 (C)延性 (D)比熱。

解 一般機械性質包括強度、硬度、延性、展性、韌性、彈性和塑性。

( A ) 2. 金屬材料承受外力，會產生塑性變形(永久變形)所需的最小應力稱為 (A)降伏強度 (B)抗拉強度 (C)抗壓強度 (D)斷裂強度。

( C ) 3. 一般材料之抗剪強度為抗拉強度的 (A)10% (B)30% (C)50% (D)75%。

解 一般材料之抗剪強度為抗拉強度的 50%，抗扭強度為抗拉強度的 75%。

( A ) 4. 表示材料在受力而產生破裂之前，其塑性變形的能力稱為 (A)延展性 (B)強度 (C)硬度 (D)彈性。



- ( D ) 5. 下列敘述韌性何者有誤？ (A)韌性越好，則發生脆性斷裂的可能性越小 (B)韌性材料比較柔軟 (C)韌性材料的拉伸斷裂伸長率較大 (D)韌性材料的抗衝擊強度較小。
- 韌性的材料比較柔軟，它的抗衝擊強度較大。

### 2-3 材料試驗方法 P.67

- ( D ) 1. 下列何者不屬於機械性質試驗？ (A)拉伸試驗 (B)硬度試驗 (C)疲勞試驗 (D)金相試驗。
- 機械性質試驗包括拉伸試驗、硬度試驗、衝擊試驗及疲勞試驗等。
- ( C ) 2. 下列洛氏硬度試驗之敘述何者有誤？ (A)將硬鋼球或金鋼石圓錐壓痕器，用一定的荷重壓入材料表面，使試片產生壓痕 (B)乃利用槓桿原理 (C)洛氏硬度的符號以 HV 表示 (D)材料愈硬，壓痕的深度愈小，深度小表示對變形的抵抗力愈大，硬度亦高。
- 洛氏硬度尺規 HRA、HRB、HRC、HRD、HRE、HRF、HRG 和 HRH 等。
- ( C ) 3. 衝擊試驗主要目的是測材料何種性質？ (A)強度 (B)硬度 (C)韌性 (D)彈性。
- ( B ) 4. 下列金相試驗之敘述何者有誤？ (A)巨觀組織試驗法乃研究金屬表面，藉以瞭解其物理或化學之不均一性 (B)巨觀組織試驗法可做材料外部缺陷之檢查 (C)微觀組織試驗法可檢查金屬之組織、壓延、鍛造及熱處理等加工製程 (D)微觀組織試驗法可判斷結晶粒大小、分佈情況及材料破壞之判斷。
- 巨觀組織試驗法乃研究金屬表面，藉以瞭解其物理或化學之不均一性，並可做材料內部缺陷之檢查。
- ( B ) 5. 下列火花試驗工作之敘述何者有誤？ (A)碳鋼之含碳量愈高者，火花之數量亦愈多 (B)碳鋼之含碳量愈高者，流線愈細愈長 (C)高碳鋼火花根部顏色呈紅色 (D)低碳鋼火花根部顏色為金黃橙色。
- 碳鋼之含碳量愈高者，火花之數量亦愈多，流線愈細愈短。
- ( C ) 6. 下列放射線檢測工作之敘述何者有誤？ (A)常用的為  $\gamma$  射線、伽瑪( $\gamma$ )射線 (B)應用於鋼結構及管線焊道內部品質，如孔隙、夾雜物、氣孔或成分之偏析等檢測 (C) $\gamma$  射線能量依光束大小而定 (D)工程界  $\gamma$  放射線檢測法較常使用之同位素為銱(Ir)-192、鈷(Co)-60 及鈾(U)-137 等。
- $\gamma$  射線能量依管電壓大小而定。

## 鍛練本解答

### 嚴選精華 (每一空格 4 分)

成績：\_\_\_\_\_

#### 2-1 金屬材料的物理性質

物理性質	重點整理說明
比熱	碳鋼含碳量愈多，其比熱愈 <u>大</u> 。
熱膨脹係數	金屬中以 <u>鋅</u> 線膨脹係數最大，以高熔點之 <u>鎢</u> 最小。
導熱度	金屬導熱度以 <u>銀</u> 最大，銅、金、鋁等次之。
比電阻	比電阻之倒數稱為 <u>導電度</u> ，比電阻愈低者，導電度愈 <u>高</u> 。 金屬比電阻最低者為 <u>銀</u> ，其次為銅、金、鋁。

#### 2-2 金屬材料的機械性質

機械性質	重點整理說明
<u>硬度</u>	材料局部抵抗硬物壓入其表面的能力
延展性	黃金具延性和展性，鉛僅 <u>展性</u> 。
韌性	韌性材料比較柔軟，它的拉伸斷裂伸長率、抗衝擊強度較 <u>大</u> 。

#### 2-3 材料試驗

##### 一、材料試驗分類

1. 機械性質試驗	包括 <u>拉伸試驗</u> 、硬度試驗、衝擊試驗及疲勞試驗等。
2. 金屬組織檢驗	包括 <u>金相試驗</u> 及火花試驗。

##### 二、硬度試驗種類

1. <u>勃氏</u> 硬度	一般用 HB 或 BHN 表示，以碳化鎢球壓頭代替鋼球壓頭。
2. <u>洛氏</u> 硬度	洛氏硬度的符號以 HR 表示，材料愈硬，壓痕的深度愈 <u>小</u> ，表示對變形的抵抗力愈 <u>大</u> 。
3. <u>維克氏</u> 硬度	符號以 HV 表示，主要用於測試小型精密零件、表面硬化層硬度和薄片材料的硬度等。



三、材料試驗分類

金相試驗	檢查金屬組織，判斷結晶粒大小、分佈情況及材料破壞等。
火花試驗	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 碳鋼之含碳量愈<u>高</u>者，火花之數量亦愈多，流線愈細愈短，附粉愈多。</li> <li>2. 高碳鋼火花根部顏色呈<u>紅色</u>，低碳鋼為金黃橙色。</li> <li>3. <u>氧化</u>性元素如鋁、錳、矽、鈦可增加火花之光輝，故可使火花呈白色、金色。<u>非氧化</u>性元素如鎳、鉻、鎢會減少其光輝，使火花呈橙色或紅色。</li> </ol>

四、非破壞性試驗種類

1. <u>超音波</u> 檢測	物料內部或表面缺疵、中斷、不均一與物料厚度檢查。
2. <u>放射線</u> 檢測	鋼結構及管線銲道內部品質檢測。
3. <u>磁粉探傷</u> 檢測	用來發現鐵磁材料的表面缺陷，適於薄壁件或銲縫表面裂紋的檢驗。



## 初露鋒芒（課本學後評量）

成績：\_\_\_\_\_

### 一、選擇題

- 2-1 ( B ) 1. 下列比重之敘述何者有誤？  
 (A)為物體之重量與同體積 4°C 水之重量比  
 (B)一般金屬除鋰、鈉、鉀外，比重皆小於 1  
 (C)若金屬比重大於 4 者稱為重金屬 (D)若金屬比重小於 4 者稱為輕金屬。  
 ● 一般金屬除鋰、鈉、鉀外，比重皆大於 1。
- ( D ) 2. 下列何種金屬不是重金屬？ (A)鐵 (B)銅 (C)鉛 (D)鋁。  
 ● 重金屬如鐵(7.87)、銅(8.96)、鉛(11.34)等。
- ( C ) 3. 下列熔點最高的金屬為 (A)鐵 (B)鋅 (C)鎢 (D)鎳。
- ( D ) 4. 下列熱膨脹係數之敘述何者有誤？  
 (A)一般金屬受熱時大都會膨脹  
 (B)線膨脹係數為體膨脹係數的 1/3  
 (C)通常熔點愈低的金屬，熱膨脹係數愈大  
 (D)普通金屬中以鎢的線膨脹係數最大。  
 ● 普通金屬中以鋅 (Zn) 的線膨脹係數最大。
- ( D ) 5. 下列金屬何者不屬於順磁性？ (A)Mg (B)Ca (C)Al (D)Cu。  
 ● 順磁性為鹼金屬，如 Mg、Ca、Al 等金屬。
- 2-2 ( A ) 6. 金屬材料在外力作用下，抵抗永久變形和斷裂的能力稱為  
 (A)強度 (B)硬度 (C)延性 (D)比熱。
- ( B ) 7. 對於塑性材料是最大均勻塑性變形的抵抗能力稱為  
 (A)降伏強度 (B)抗拉強度 (C)抗壓強度 (D)斷裂強度。
- ( B ) 8. 金屬材料在無限多次交變載荷作用下，而不破壞的最大應力稱為  
 (A)衝擊強度 (B)疲勞強度 (C)潛變強度 (D)抗壓強度。
- ( A ) 9. 材料受到拉伸應力下，能延伸成細絲而不斷裂的能力稱為  
 (A)延性 (B)展性 (C)硬度 (D)彈性。  
 ● 延性是材料能延伸成細絲而不斷裂的能力，展性為材料能碾成薄片而不斷裂的能力。
- 2-3 ( C ) 10. 下列何者屬於金屬組織檢驗？  
 (A)拉伸試驗 (B)硬度試驗 (C)火花試驗 (D)疲勞試驗。  
 ● 金屬組織檢驗包括金相試驗及火花試驗。



- ( A ) 11. 拉伸試驗主要目的在檢驗材料何種機械性質？  
(A)強度和延性 (B)硬度 (C)韌性 (D)彈性。
- ( A ) 12. 勃氏硬度試驗是壓入硬度試驗之一種，故屬於一種破壞性檢驗，一般用何表示之？ (A)HB (B)HR (C)HS (D)HV。
- ( A ) 13. 下列洛氏 HRA 硬度試驗之敘述何者有誤？  
(A)使用 1.6mm 硬鋼球壓痕器 (B)可測試硬質合金  
(C)可測試薄硬鋼帶材料 (D)可測試燒結碳化物。  
⊙ 洛氏 HRA 硬度試驗壓痕器為 60kg 金鋼石圓錐。
- ( B ) 14. 金相試驗需要一定的步驟，若 A 表示取樣切割；B 表示粗磨與嵌模；C 表示拋光；D 表示腐蝕；E 表示顯微鏡觀察。正確步驟為  
(A)ACDBE (B)ABCDE (C)ACBDE (D)ADBCE。
- ( D ) 15. 下列磁粉探傷檢測工作之敘述何者有誤？  
(A)設備簡單、操作容易  
(B)應用於鋼結構及管線銲道內部品質，如孔隙、夾雜物、氣孔或成分之偏析等檢測  
(C)適於薄壁件或銲縫表面裂紋的檢驗  
(D)適用於非強磁性材料的檢驗。  
⊙ 磁粉探傷檢測不適用於非強磁性材料的檢驗。

## 二、問答題

2-1 1. 何謂物理性質？一般金屬材料的物理性質指哪些？

- ⊙ 物質的物理性質如顏色、氣味、形態、是否易融化、凝固、昇華、揮發、等，都可以利用人們的耳、鼻、舌、身等感官感知。一般金屬材料的物理性質指比重、比熱、熱膨脹係數、熱導度、比電阻、磁性、熔點等。

2-2 2. 一般金屬材料的機械性質指哪些？

- ⊙ 一般機械性質包括強度、硬度、延性、展性、韌性、彈性和塑性。

2-3 3. 根據試驗性質之不同，材料試驗方法可分類為哪幾類？請分別舉例。

- 解
1. 機械性質試驗：包括拉伸試驗、硬度試驗、衝擊試驗及疲勞試驗等。
  2. 金屬組織檢驗：包括金相試驗及火花試驗。
  3. 非破壞性試驗：包括超音波檢測、放射線檢測、磁粉探傷檢測和滲透液探傷檢測。

4. Rockwell 硬度試驗常用幾種尺規？請分別說明其壓痕器、荷重與用途。

解

尺規記號	壓痕器	荷重 (kg)	刻度顏色	用途
HRA	金鋼石圓錐	60	黑(C)	測試硬質合金、薄硬鋼帶材料和燒結碳化物
HRB	1.6mm 硬鋼球	100	紅(B)	測試各種退火鋼、軟鋼、部分不銹鋼及較硬的銅合金
HRC	金鋼石圓錐	150	黑(C)	測試淬火鋼、回火鋼、表面硬化深度之鋼和部分不銹鋼
HRD	金鋼石圓錐	100	黑(C)	薄鋼片、表面硬化中度之鋼
HRF	1.6mm 硬鋼球	60	紅(B)	測試純銅、較軟的銅合金和硬鋁合金

## 大顯身手

成績：\_\_\_\_\_

- ( A ) 1. 單位截面、長度的材料在單位溫差下和單位時間內直接傳導的熱量稱為 (A)熱導率 (B)比重 (C)比熱 (D)磁性。
- ( B ) 2. 材料在破裂前所能吸收的能量與體積的比值稱為 (A)延性 (B)韌性 (C)硬度 (D)彈性。
- ( D ) 3. 材料在彈性限度內受外力變形後，能恢復原來形狀的能力稱為 (A)延性 (B)韌性 (C)硬度 (D)彈性。
- ( C ) 4. 一般機械性質不包括哪一項？ (A)塑性 (B)韌性 (C)磁性 (D)彈性。
- ( D ) 5. 拉斷試片部分的最小截面積和原來的截面積的差，除以原來的截面積，所得之商稱為？ (A)伸長率 (B)延伸量 (C)面積伸長率 (D)面積縮減量。
- ( A ) 6. 下列敘述蕭氏硬度試驗何者有誤？ (A)是一種靜態硬度試驗法 (B)符號用 HS 表示 (C)體積小、重量輕與攜帶方便等優點 (D)適合現場檢驗。
- 解 蕭氏硬度試驗是一種動態硬度試驗法。



- ( D ) 7. 疲勞是存在於結構受動態或規律性變動應力時的一種破損形式，下列何種較不需做疲勞試驗？ (A)橋樑 (B)連桿 (C)彈簧 (D)鋼筆套。
- ( C ) 8. 下列敘述超音波檢測工作何者有誤？  
(A)常用的超音波頻率約在 0.5MHz 到 25MHz 之間  
(B)可檢查之問題包括確定物料內部或表面缺疵、中斷、不均一與測定物料厚度  
(C)特別適於小而薄之料件檢測  
(D)可將電能轉換為機械能，亦可將機械能轉換為電能，產生訊號。  
● 超音波檢測較難小而薄之料件檢測。
- ( C ) 9. 在設計上何種強度被當作是一個受力大小的極限，用來判斷結構的破壞與否？  
(A)比例極限 (B)彈性極限 (C)降伏強度 (D)抗拉強度。
- ( A ) 10. 下列敘述維克氏硬度試驗何者有誤？  
(A)使用金鋼石圓錐壓痕器  
(B)符號以 HV 表示  
(C)適用於較大工件和較深表面層的硬度測定  
(D)用於測試小型精密零件的硬度。  
● 維克氏硬度機使用對面夾角為 136 度的方錐形金剛石壓痕器。



# CH 3 鋼 鐵

## 立即評量解答

### 3-1 鋼鐵的製造與種類 P.86

- ( A ) 1. 鼓風爐(又稱高爐)是用來冶煉 (A)生鐵 (B)鑄鐵 (C)鑄鋼 (D)合金鋼。
- ( A ) 2. 下列敘述電爐煉鋼法何者有誤？ (A)煉鋼速度慢 (B)生產純度高 (C)品質容易控制 (D)使用電力熔解金屬。  
● 電爐煉鋼法煉鋼速度快。
- ( A ) 3. 高速鋼合金主要為鐵元素，再加入哪些金屬元素？ (A)鎢、鉻、釩 (B)鎢、鋅、鎂 (C)鋁、鉻、銅 (D)鋅、鉻、銅。  
● 高速鋼合金主要是加入鎢、鉻、釩等金屬元素。
- ( C ) 4. 共析鋼結晶組織為何種組織？ (A)肥粒鐵 (B)肥粒鐵與波來鐵混合 (C)波來鐵 (D)粒滴斑鐵。
- ( D ) 5. 高合金鋼之合金元素的總含量為？ (A)>2% (B)>4% (C)>6% (D)>8%。
- ( B ) 6. 下列敘述全靜鋼何者有誤？ (A)鋼錠內部不會產生氣孔 (B)最後凝固位置上無收縮孔現象 (C)鋼質成份均勻且偏析現象較少 (D)鋼錠是添加多量去氧劑(如矽鐵、鋁)，將鋼完全脫除氧。  
● 全靜鋼缺點是最後凝固位置上有大型收縮孔，須在軋鋼前切除之。
- ( B ) 7. 用來製作普通結構用鋼及焊接結構用鋼等都採何種鋼？  
(A)全靜鋼 (B)半靜鋼 (C)淨面鋼 (D)未淨鋼錠。

### 3-2 純鐵 P.90

- ( B ) 1. 純鐵若溫度加熱至攝氏 910°C，則組織平衡關係為  
(A) $\alpha\text{-Fe} \rightarrow \alpha\text{-Fe}$  (B) $\alpha\text{-Fe} \rightarrow \gamma\text{-Fe}$  (C) $\gamma\text{-Fe} \rightarrow \delta\text{-Fe}$  (D) $\gamma\text{-Fe} \rightarrow \text{Fe}_3\text{C}$ 。
- ( A ) 2. 純鐵若溫度加熱至攝氏 910°C，則原子結構關係為？  
(A) $\text{BCC} \rightarrow \text{FCC}$  (B) $\text{BCC} \rightarrow \text{BCC}$  (C) $\text{FCC} \rightarrow \text{BCC}$  (D) $\text{FCC} \rightarrow \text{FCC}$ 。  
● 純鐵若溫度加熱至攝氏 890°C，則原子結構關係為  $\text{FCC} \rightarrow \text{BCC}$ 。
- ( A ) 3. 下列敘述純鐵何者有誤？ (A)是黑色金屬光澤 (B)具有可塑性和延展性 (C)熔點為 1535°C (D)一般工業純鐵質地軟，韌性大，電磁性能好。  
● 純鐵是銀白色金屬光澤。



### 3-3 鋼之組織、性質及其用途 P.97

- ( B ) 1. 共析鋼含碳量為何？ (A)0.80%以下 (B)0.80% (C)0.80%-2.0% (D)2.0%-4.3%。
- ( A ) 2. 亞共析鋼緩冷至常溫後之混合組織全部變態為 (A)肥粒體+波來體 (B)肥粒體+雪明碳體 (C)波來體 (D)波來體+雪明碳體。  
● 亞共析鋼冷卻至常溫時為肥粒體與波來體混合組織。
- ( B ) 3. 波來體組織全為 (A)肥粒體+波來體 (B)肥粒體+雪明碳體 (C)波來體 (D)波來體+雪明碳體。
- ( D ) 4. 過共析鋼冷卻至常溫時，其正常化組織為 (A)肥粒體+波來體 (B)肥粒體+雪明碳體 (C)波來體 (D)波來體+雪明碳體。  
● 過共析鋼冷卻至常溫時，其正常化組織為波來體與雪明碳體混合組織。
- ( C ) 5. 下列敘述鋼性質何者有誤？ (A)鋼中的含碳量愈多，比熱會隨之增加 (B)鋼中的含碳量愈多，抗磁力與電阻會隨之增加 (C)鋼中的含碳量愈多，其導熱度與線膨脹係數會因而增加 (D)鋼中的含碳量愈多，其比重、熔點會因而降低。  
● 鋼中的含碳量愈多，其導熱度與線膨脹係數會因而降低。
- ( D ) 6. 鋼中的含碳量愈多，下列何種物理性質不會隨之增加 (A)比熱 (B)抗磁力 (C)電阻 (D)比重。  
● 鋼中的含碳量愈多，比熱、抗磁力與電阻會隨之增加。
- ( C ) 7. 鋼中的含碳量 1%以下時，何種機械性質不會隨含碳量的增加而增加 (A)抗拉強度 (B)硬度 (C)伸長率 (D)降伏強度。  
● 鋼中的含碳量 1%以下時，其抗拉強度、硬度與降伏強度會隨含碳量的增加而增加。
- ( C ) 8. 鐵軌、車輪、車軸、工具等以何種鋼質最適合 (A)低碳鋼 (B)極軟鋼 (C)高碳極硬鋼 (D)軟鋼。

### 3-4 五大元素對碳鋼之影響 P.100

- ( B ) 1. 下列矽之敘述何者有誤？ (A)為深灰色晶體狀的類金屬 (B)反光時表面帶黃色 (C)在鋼鐵中主要以 FeSi、MnSi、FeMnSi 等形態存在 (D)能增強鋼的抗張力、彈性、耐酸性、耐熱性和耐腐蝕性。  
● 反光時表面帶藍色。

- ( A ) 2. 下列錳之敘述何者有誤？ (A)外觀為金黃色 (B)在煉鋼過程中是良好的去氧劑和脫硫劑 (C)在鋼鐵中主要以 MnC、MnS、FeMnSi 或固溶體狀態存在 (D)在煉鋼過程中可提高鋼的強度和硬度。  
 解：錳金屬外觀為銀色。
- ( C ) 3. 下列何種元素是一種易起化學反應且有劇毒的氮族非金屬元素？ (A)矽 (B)錳 (C)磷 (D)硫。
- ( D ) 4. 下列何種元素外觀為檸檬黃色的非金屬？ (A)矽 (B)錳 (C)磷 (D)硫。
- ( D ) 5. 在煉鋼過程中加入何種元素會產生熱脆性現象？ (A)矽 (B)錳 (C)磷 (D)硫。

## 鍛練本解答

### 嚴選精華 (每一空格 4 分)

成績：\_\_\_\_\_

#### 3-1 鋼鐵的製造與種類

##### 一、鋼鐵種類

種類	含碳量	以碳的含碳量與組織區分說明
純鐵	0.02%以下	結晶組織為 <u>肥粒體</u> ，結晶粒大，性質軟
碳鋼	亞共析鋼 0.02-0.8%	結晶組織為肥粒體與 <u>波來體</u>
	共析鋼 0.8%	結晶組織為 <u>波來體</u>
	過共析鋼 0.8%-2.0%	結晶組織為波來體與 <u>雪明碳體</u>
鑄鐵	亞共晶鑄鐵 2.0-4.3%	結晶組織為粒滴斑體、波來體與雪明碳體
	共晶鑄鐵 4.3%	結晶組織為 <u>粒滴斑體</u>
	過共晶鑄鐵 <u>4.3-6.67</u> %	結晶組織為粒滴斑體與 <u>雪明碳體</u>

##### 二、鋼錠種類

名稱	作業說明
<u>全靜</u> 鋼	脫氧鋼，添加多量脫氧劑(如矽鐵、錳、鋁)，鋼錠內部不生氣孔。
<u>半靜</u> 鋼	半脫氧鋼，適合用來製作普通結構用鋼及焊接結構用鋼。
<u>淨面</u> 鋼	未淨鋼錠，內部氣孔(氣泡)及不純物多，呈多孔性組織。



### 3-3 純鐵

鋼組織	重點說明
亞共析鋼	含碳量在 0.02-0.80%，常溫時為 <u>肥粒體</u> 與波來體混合組織。
共析鋼組織	含碳量為 0.80%，組織全為 <u>波來體</u> ，即肥粒體與雪明碳體混合組織。
過共析鋼組織	含碳量 0.80-2.0%，組織為波來體與 <u>雪明碳體</u> 混合組織。

### 3-4 鋼之性質及其用途

1. 鋼中的含碳量愈多，其 <u>比熱</u> 、 <u>抗磁力</u> 與電阻會隨之增加；但是其 <u>比重</u> 、 <u>熔點</u> 、導電率、熱傳導係數與熱膨脹係數會因而降低。
2. 含碳量 1%以下時，其 <u>抗拉強度</u> 、 <u>硬度</u> 與降服強度會隨含碳量的增加而增加；含碳量 1%以上，其抗拉強度與降服強度變成水平無甚增加，而硬度仍持續小幅增加；但是 <u>伸長率</u> 、衝擊值與斷面縮率等則反而會隨含碳量的增加而減少。

### 3-5 五大元素對碳鋼之影響

五大元素	對碳鋼之影響
1. 矽	煉鋼過程中加矽可作為 <u>還原</u> 劑和 <u>去氧</u> 劑，能增強鋼的抗張力、彈性、耐酸性、耐熱性和耐腐蝕性，並能使鋼的電阻係數增大。
2. 錳	能降低由於硫所引起的 <u>熱脆</u> 性，改善鋼的熱加工性能，提高鋼的可鍛性，故錳是良好的去氧劑和脫硫劑。
3. 磷	為 <u>冷脆</u> 性，是鋼中有害元素，使銲接性、冷彎性能變差。
4. 硫	是一種有害元素，硫在鋼鐵中以 <u>硫化錳</u> 、硫化鐵狀態存在，會降低鋼的延展性和韌性等機械性能，在高溫進行鍛造和軋製加工時會產生熱脆性而造成裂紋。



## 初露鋒芒（課本學後評量）

成績：\_\_\_\_\_

### 一、選擇題

- 3-1 ( B ) 1. 生鐵冶煉中熔劑主要目的為何？  
 (A)增加燃燒溫度 (B)使雜質熔化成浮渣 (C)增加冶煉速度 (D)減少菸害。
- ( B ) 2. 熔鐵爐(Cupola) 是用來冶煉 (A)生鐵 (B)鑄鐵 (C)鑄鋼 (D)合金鋼。  
 解 熔鐵爐是用來冶煉鑄鐵，鼓風爐是用來冶煉生鐵。
- ( A ) 3. 純鐵結晶組織為何種組織？  
 (A)肥粒鐵 (B)肥粒鐵與波來鐵混合 (C)波來鐵 (D)粒滴斑鐵。
- ( D ) 4. 共晶鑄鐵結晶組織為何種組織？  
 (A)肥粒鐵 (B)肥粒鐵與波來鐵混合 (C)波來鐵 (D)粒滴斑鐵。  
 解 共晶鑄鐵為粒滴斑鐵組織，共析鋼為波來鐵組織。
- ( A ) 5. 將鋼完全脫除氧，所澆鑄得的鋼錠內部不會產生氣孔，此種鋼稱為？  
 (A)全靜鋼 (B)半靜鋼 (C)淨面鋼 (D)未淨鋼錠。  
 解 全靜鋼是將鋼完全去除氧，所澆鑄得的鋼錠內部不會產生氣孔。
- ( C ) 6. 適合使用於薄鋼板、鋼管、磨光棒以及軟鋼線材等都採何種鋼？  
 (A)全靜鋼 (B)半靜鋼 (C)淨面鋼 (D)脫氧鋼。
- 3-2 ( C ) 7. 純鐵若溫度加熱至攝氏 1395°C，則原子結構關係為  
 (A)BCC → FCC (B)BCC → BCC (C)FCC → BCC (D)FCC → FCC。  
 解 純鐵若溫度加熱至攝氏 1395°C，則組織為  $\gamma\text{-Fe} \rightarrow \delta\text{-Fe}$ 。
- ( C ) 8. 下列何者不是純鐵用途？  
 (A)可用於煉鋼、製造鑄鐵和鍛鐵 (B)純鐵和其化合物可用作染料  
 (C)工具鋼重要的主要材質 (D)可用於磁鐵、變壓器鐵蕊等產品。  
 解 純鐵含碳量近於零，質軟無法製成工具鋼。
- ( C ) 9. 純鐵溫度加熱至攝氏幾度時，組織為  $\alpha\text{-Fe} \rightarrow \gamma\text{-Fe}$  平衡關係  
 (A)727°C (B)768°C (C)910°C (D)1395°C。
- ( A ) 10. 純鐵若溫度加熱至攝氏 768°C時，下列敘述何者正確？  
 (A)原子結構同樣是 BCC 不變，磁性急劇下降  
 (B)原子結構同樣是 BCC 不變，磁性急劇上升  
 (C)原子結構改變，磁性急劇下降  
 (D)原子結構改變，磁性急劇上升。  
 解 溫度加熱至攝氏 768°C，原子結構同樣是 BCC 不變，但磁性急劇下降。



- 3-3 ( C ) 11. 亞共析鋼冷凝至 1400°C 以下時轉變產物為  
 (A)  $Fe_3C$  (B)  $\alpha-Fe$  (C)  $\gamma-Fe$  (D)  $\delta-Fe$ 。
- ( A ) 12. 亞共析鋼冷卻至常溫時，其正常化組織為  
 (A) 肥粒體 + 波來體 (B) 肥粒體 + 雪明碳體  
 (C) 波來體 (D) 波來體 + 雪明碳體。
- ( C ) 13. 鋼之共析變態稱為 A1 變態，溫度為  
 (A) 1495°C (B) 210°C (C) 727°C (D) 1400°C。  
 解 A<sub>1</sub> 變態溫度為 727°C，A<sub>2</sub> 變態溫度為 768°C，A<sub>3</sub> 變態溫度為 910°C。
- ( D ) 14. 過共析鋼冷卻至 727°C 以下之共析溫度時，全部變態為何種共析物  
 (A) 肥粒體 + 波來體 (B) 沃斯田體 + 雪明碳體  
 (C) 波來體 (D) 波來體 + 雪明碳體。  
 解 過共析鋼冷卻至 727 度之組織為肥粒體與雪明碳體之共析物，冷卻至常溫為波來體與雪明碳體之混合組織。
- ( B ) 15. 含碳量為 0.80% 之鋼稱為  
 (A) 亞共析鋼 (B) 共析鋼 (C) 過共析鋼 (D) 工具鋼。
- ( A ) 16. 常溫時是肥粒體與雪明碳體混合組織，稱為  
 (A) 波來體 (B) 沃斯田體 (C) 粒滴斑體 (D) 糙斑體。
- 3-4 ( D ) 17. 鋼在含碳量 1% 以下時，下列敘述何者有誤？  
 (A) 抗拉強度會隨含碳量的增加而增加 (B) 硬度會隨含碳量的增加而增加  
 (C) 降伏點會隨含碳量的增加而增加 (D) 延展性會隨含碳量的增加而增加。  
 解 含碳量 1% 以下時延展性(伸長率、衝擊值與斷面縮率)會隨含碳量的增加而減少。
- ( A ) 18. 一般做為結構用碳鋼以何種鋼質最適合？  
 (A) 低碳鋼 (B) 中碳鋼 (C) 高碳鋼 (D) 工具鋼。
- ( D ) 19. 鋼中的含碳量愈多，何種物理性質會隨之降低？  
 (A) 比熱 (B) 抗磁力 (C) 電阻 (D) 熱傳導係數。  
 解 鋼中的含碳量愈多，比重、熔點、導電率、熱傳導係數與熱膨脹係數會因而降低。
- 3-5 ( A ) 20. 在煉鋼過程中，加入矽之敘述何者有誤？  
 (A) 能使鋼的電阻係數變小 (B) 可作為還原劑 (C) 可作為去氧劑 (D) 矽能顯著提高鋼的彈性極限，降伏強度和抗拉強度。  
 解 矽能使鋼的電阻係數增大。



- ( C ) 21. 在低碳鋼中加入何種元素能改善鋼的切削性？  
(A)鎳和鉻 (B)鋅和銅 (C)硫和磷 (D)金和銀。
- ( A ) 22. 下列何種元素外觀為深灰色晶體狀的類金屬？  
(A)矽 (B)錳 (C)磷 (D)硫。
- ( A ) 23. 在煉鋼過程中加入何種元素能促使碳游離為石墨狀態，使鋼鐵富於流動性，易於鑄造？ (A)矽 (B)錳 (C)磷 (D)硫。
- ( B ) 24. 磷的顏色下列何者不太可能？ (A)黑 (B)綠 (C)白 (D)紫。  
 有黑磷（金屬磷）、白磷（黃磷）、紫磷和紅磷（赤磷）。
- ( C ) 25. 下列敘述磷何者有誤？  
 (A)是一種易起化學反應的、有毒的氮族非金屬元素  
 (B)磷元素在鋼鐵中以固溶體磷化物存在  
 (C)能使鋼的可塑性及韌性明顯上升  
 (D)在低溫下會產生冷脆性。  
 磷使鋼的可塑性及韌性明顯下降。

## 二、問答題

- 3-1 1. 鐵與鋼的製造有一定的生產流程，請簡述之。

礦山開採→選礦→燒結→煉鐵→煉鋼→連鑄→軋鋼。

2. 鋼鐵材料中以碳的含碳量與組織區分為三類，請以表格方式說明其種類、含碳量與各結晶組織為何？

種類	含碳量	說明
純鐵	0.02%以下	結晶組織為肥粒鐵，結晶粒大，性質軟
碳鋼	亞共析鋼 0.02~0.8%	結晶組織為肥粒鐵與波來鐵
	共析鋼 0.8%	結晶組織為波來鐵
	過共析鋼 0.8%~2.0%	結晶組織為波來鐵與雪明碳鐵
鑄鐵	亞共晶鑄鐵 2.0~4.3%	結晶組織為波來鐵、粒滴斑鐵與雪明碳鐵
	共晶鑄鐵 4.3%	結晶組織為粒滴斑鐵
	過共晶鑄鐵 4.3~6.67%	結晶組織為粒滴斑鐵與雪明碳鐵



3-3 3. 鋼之組織劃分為哪三種？並請說明各含碳量與常溫之組織。

- 解
1. 亞共析鋼：含碳量在 0.80%以下，常溫組織為肥粒鐵與波來鐵混合組織。
  2. 共析鋼：含碳量為 0.80%之鋼，常溫組織為波來鐵，即肥粒鐵與雪明碳鐵混合組織。
  3. 過共析鋼：含碳量超過 0.80%之鋼，常溫組織為波來鐵與雪明碳鐵混合組織。

4. 請說明鋼中的含碳量與機械性質、物理性質的關係。

- 解
1. 鋼中的含碳量愈多，其比熱、抗磁力與電阻會隨之增加；但是其比重、熔點、導電率、熱傳導係數與熱膨脹係數會因而降低。
  2. 鋼中的含碳量 1% 以下時，其抗拉強度、硬度與降伏強度會隨含碳量的增加而增加；含碳量 1% 以上後，因雪明碳鐵( $\text{Fe}_3\text{C}$ )開始增加，故其抗拉強度與降伏強度變成水平無甚增加，而硬度仍持續小幅增加；但是伸長率、衝擊值與斷面縮率等則反而會隨含碳量的增加而減少。

3-4 5. 請說明碳鋼五大元素中，矽與錳在鋼鐵中的影響為何？

- 解
1. 矽元素是鋼中有益元素，在鋼鐵中主要以  $\text{FeSi}$ 、 $\text{MnSi}$ 、 $\text{FeMnSi}$  等形態存在，能增強鋼的抗張力、彈性、耐酸性、耐熱性和耐腐蝕性，並能使鋼的電阻係數增大，同時在煉鋼過程中加矽可作為還原劑和去氧劑。矽能顯著提高鋼的彈性極限，屈服點和抗拉強度。
  2. 在煉鋼過程中，錳能降低由於硫所引起的熱脆性，改善鋼的熱加工性能，提高鋼的可鍛性，故錳是良好的去氧劑和脫硫劑。錳在鋼鐵中主要以  $\text{MnC}$ 、 $\text{MnS}$ 、 $\text{FeMnSi}$  或固溶體狀態存在，增加錳的含量，可提高鋼的強度和硬度。



## 大顯身手

成績：\_\_\_\_\_

- ( D ) 1. 下列敘述熔鐵爐何者有誤？  
 (A)冶煉鑄鐵 (B)具有構造簡單、操作容易  
 (C)可持續熔解及維護費用低廉 (D)爐溫及鑄鐵成分容易控制。  
 解 熔鐵爐缺點是爐溫及鑄鐵成分難控制。
- ( C ) 2. 下列敘述平爐煉鋼法何者有誤？  
 (A)又稱為西門子—馬丁法 (B)具熔池大，可煉製百噸鋼水  
 (C)煉出的鋼質量不穩定是其缺點 (D)產量比較高，但時間比較長。  
 解 平爐煉鋼法煉出的鋼質量穩定均勻。
- ( B ) 3. 下列敘述鋼鐵材料中結晶組織何者有誤？  
 (A)亞共析鋼結晶組織為肥粒體與波來體  
 (B)過共析鋼結晶組織為肥粒體與雪明碳體  
 (C)共析鋼結晶組織為波來體  
 (D)過共析鋼結晶組織為波來體與雪明碳體。  
 解 過共析鋼結晶組織為波來體與雪明碳體。
- ( A ) 4. 鋼質成份均勻，無氣孔且偏析現象較少，此種鋼稱為  
 (A)全靜鋼 (B)半靜鋼 (C)淨面鋼 (D)未淨鋼錠。  
 解 全靜鋼是添加多量脫氧劑，鋼質成份均勻，無氣孔且偏析現象較少。
- ( A ) 5. 磁鐵、變壓器鐵蕊等產品之主要材質為？  
 (A)純鐵 (B)鑄鐵 (C)鍛鐵 (D)碳鋼。
- ( D ) 6. 亞共析鋼冷凝至 1495°C 時均發生包晶轉變，轉變產物為  
 (A) Fe<sub>3</sub>C 體 (B) α-Fe (C) γ-Fe (D) δ-Fe 。
- ( B ) 7. 鋼中的含碳量愈多，何種物理性質不會隨之降低  
 (A)熱膨脹係數 (B)抗磁力 (C)導電率 (D)熱傳導係數。  
 解 鋼中的含碳量愈多，其比重、熔點、導電率、熱傳導係數與熱膨脹係數會因而降低。
- ( D ) 8. 在煉鋼過程中，加入矽之敘述何者有誤？  
 (A)促使碳游離為石墨狀態 (B)使鋼鐵富於流動性  
 (C)使鋼鐵易於鑄造 (D)增加鋼的銲接性能。  
 解 矽量增加過多，會降低鋼的銲接性能。



- ( B ) 9. 下列敘述硫何者有誤？
- (A)外觀為檸檬黃色的非金屬
  - (B)純硫質地硬且重
  - (C)硫在鋼鐵中以硫化錳(MnS)、硫化鐵 FeS 狀態存在
  - (D)在高溫進行壓力加工時會產生熱脆性。
- 純硫呈淺黃色，質地柔軟且輕。
- ( B ) 10. 在煉鋼過程中加入何種元素能作為良好的去氧劑和脫硫劑？
- (A)矽 (B)錳 (C)磷 (D)硫。



# CH 4 碳鋼之熱處理

## 立即評量解答

### 4-1 鐵碳平衡圖 P.114

- ( A ) 1.  $A_0$  變態點溫度是攝氏幾度？ (A)210 (B)727 (C)768 (D)910。
- ( B ) 2. 下列敘述鐵碳平衡圖中幾個區域的組織特性何者有誤？ (A)肥粒體質軟富延性，強度與硬度低，具有鐵磁性 (B)粗波來體組織的抗拉強度、降伏強度及硬度等機械性質比細波來體組織佳 (C)沃斯田體 強度較低、可塑性強、膨脹靈敏、有一定韌性 (D)雪明碳體硬度為 碳鋼的組織成分中最硬，但脆性大。  
● 粗波來體組織的抗拉強度、降伏強度及硬度等機械性質比細波來體組織差。
- ( A ) 3. 波來體是何種組織之共析狀態？ (A) $\alpha$ -Fe(肥粒體)和雪明碳體 (B) $\alpha$ -Fe(肥粒體)和 $\gamma$ -Fe(沃斯田體) (C) $\gamma$ -Fe(沃斯田體)和雪明碳體 (D) $\alpha$ -Fe(肥粒體)和 $\delta$ -Fe(高溫的肥粒體)。
- ( A ) 4. 液相(0.53%C)、 $\delta$ -Fe(0.09%C)、 $\gamma$ -Fe(0.17%C)三相共存是 (A)包晶線 (B)共晶線 (C)共析線 (D)液相線。  
● 包晶線是液相、 $\delta$ -Fe、 $\gamma$ -Fe 三相共存；共晶線是液相、 $\gamma$ -Fe、 $Fe_3C$  三相共存。
- ( B ) 5. 共析鋼在 727°C 發生共析反應，此時組織是 (A)沃斯田體變態為雪明碳體 (B)沃斯田體變態為波來體 (C)肥粒體變態為沃斯田體 (D)肥粒體變態為波來體。  
● 共析鋼在  $A_1$  線發生共析反應之組織是波來體。

### 4-2 恆溫變態曲線圖與冷卻曲線圖 P.124

- ( D ) 1. 下列何者非影響恆溫變態曲線變數者？ (A)時間 (B)溫度 (C)變態 (D)加工方法。
- ( A ) 2. 共析鋼於 727°C 恆溫下變態，所生之層狀組織稱為 (A)粗波來體 (B)細波來體 (C)變韌體 (D)麻田散體。
- ( D ) 3. 若鋼材在沃斯田體狀態下急冷在恆溫變態曲線(T.T.T 圖)  $M_s$  線與  $M_f$  之間做恆溫變態，所生之層狀組織稱為 (A)粗波來體 (B)細波來體 (C)變韌體 (D)麻田散體。
- ( A ) 4. 在連續冷卻曲線中得知，把沃斯田體狀態的共析鋼在爐中慢慢冷卻即得何種組織？ (A)粗波來體 (B)細波來體 (C)變韌體 (D)麻田散體。  
● 在連續冷卻曲線中共析鋼在爐中慢慢冷卻即得粗波來體組織。



### 4-3 碳鋼之熱處理方法 P.133

- ( A ) 1. 下列何者不是退火目的？ (A)增加硬度 (B)減少殘餘應力 (C)改善組織使成分均勻化及細化晶粒 (D)提高鋼的塑性和韌性，改善切削加工性能。  
 解 降低硬度是退火目的之一。
- ( A ) 2. 淬火主要目的是獲得何種組織？ (A)麻田散體 (B)沃斯田體 (C)波來體 (D)雪明碳體。
- ( C ) 3. 亞共析鋼作淬火是加熱到何種變態溫度上方 30-50°C？ (A)  $A_1$  (B)  $A_2$  (C)  $A_3$  (D)  $A_{cm}$ 。  
 解 鋼料加熱到  $A_3$  上方 30-50°C (亞共析鋼)，或  $A_1$  上方 30-50°C (共析鋼和過共析鋼)。
- ( B ) 4. 下列何者不是回火目的？ (A)降低鋼件的脆性 (B)增加鋼的強度和硬度 (C)消除淬火所產生之內應力 (D)得到強韌性。  
 解 增加鋼的強度和硬度是淬火主要目的。
- ( D ) 5. 將鋼材加熱到變態點以上 30°C -50°C (亞共析鋼  $A_3$  或過共析鋼  $A_{cm}$ ) 保溫適當時間後，在空氣中冷卻的熱處理方法稱為 (A)退火 (B)淬火 (C)回火 (D)正常化法。

### 4-4 熱處理實例 P.142

- ( D ) 1. 下列敘述工具鋼的熱處理何者有誤？ (A)含碳量高的工具鋼，在淬火前須先作球化處理 (B) 切削合金工具鋼大多作低溫回火處理，但是需要具韌性的帶鋸、圓鋸則須回火於 450~500°C 高溫 (C)耐衝擊合金工具鋼淬火時只表層硬化，而內部保持韌性 (D)高速鋼是將沃斯田體化作低溫溫度淬火，並作低溫回火以使麻田散體產生二次硬化。  
 解 高速鋼是將沃斯田體化溫度提高到 1250°C 作高溫淬火，並在 400~550°C 中高溫回火使麻田散體產生二次硬化。
- ( A ) 2. 重載齒輪滲碳後淬火熱處理之最理想的輪齒心部結晶組織是？ (A)低碳麻田散體與少量的肥粒體 (B)麻田散體、雪明碳體與少量的沃斯田體 (C)麻田散體與少量的沃斯田體 (D)麻田散體、吐粒散體與少量的沃斯田體 混合物。  
 解 重載齒輪滲碳後淬火最理想的輪齒心部是低碳麻田散體與少量的肥粒體混合結晶組織。
- ( B ) 3. 中載齒輪實施溫度調質處理的目的是？ (A)增加硬度 (B)增加韌性 (C)消除延展性 (D)消除淬火應力。  
 解 調質處理法目的是在使齒輪心部有良好強韌性。

( B ) 4. 車床主軸的正常化是為何種熱處理作準備？ (A)正常化 (B)調質處理 (C)淬火 (D)回火。

◎ 車床主軸正常化降低硬度以改善切削加工性能，也為調質處理作準備。

## 鍛練本解答

### 嚴選精華 (每一空格 4 分)

成績：\_\_\_\_\_

#### 4-1 鐵碳平衡圖

##### 一、鐵的變態點

A <sub>0</sub> 變態點	<u>210</u> °C，是 <u>雪明碳</u> 體失去磁性之變態點。
A <sub>1</sub> 變態點	<u>727</u> °C，即 $\gamma$ -Fe 變態為共析狀態之波來體。
A <sub>2</sub> 變態點	<u>768</u> °C，為純鐵的 <u>磁性</u> 變態點。
A <sub>3</sub> 變態點	<u>910</u> °C，為鐵同素變態點，純鐵由 <u><math>\alpha</math>-Fe</u> 變態為 $\gamma$ -Fe 變態點。
A <sub>4</sub> 變態點	1395°C，為鐵的 <u>同素</u> 變態點，純鐵由 <u><math>\gamma</math>-Fe</u> 變態為 $\delta$ -Fe 變態點。
共晶點	1148°C，在 <u>4.3</u> %C 處。
共析點	727°C，在 <u>0.8</u> %C 處。

#### 4-2 恆溫變態曲線圖與冷卻曲線圖

組織類別	恆溫變態之顯微組織與重點說明
粗波來體	共析鋼於 <u>727°C</u> 恆溫下變態所生之組織其層狀粗波來體。
細波來體	在鼻部附近約 <u>600°C</u> 做恆溫變態所生成組織為細波來體。
<u>麻田散</u> 體	若在 Ms 線與 Mf 之間做恆溫變態，生成針狀麻田散體組織，其結晶組織為體心正方。

冷卻方法	連續冷卻變態之顯微組織與重點說明
爐中冷卻	共析鋼得層狀 <u>粗波來</u> 體。
空氣中冷卻	共析鋼得 <u>糙斑</u> 體，又稱為中波來體，是肥粒體與雪明碳體混合物。
油中冷卻	共析鋼得 <u>吐粒散</u> 體，又稱為細波來體。
水中冷卻	共析鋼得 <u>麻田散</u> 體。



### 4-3 碳鋼之熱處理方法

熱處理法	目的
<u>退火</u>	可消除組織缺陷，減少殘餘應力，改善組織使成分均勻化以及細化晶粒，並提高鋼的塑性和韌性，改善切削加工性能。
<u>淬火</u>	能增加鋼的強度和硬度。
<u>正常化</u>	改善材料的切削性能，可消除過共析鋼的網狀 $Fe_3C$ ，對於亞共析鋼可細化晶粒組織，提高綜合力學性能。

回火方法	重點說明
低溫回火	<u>150~250</u> °C，所得組織為肥粒體與雪明碳體混合物。
中溫回火	<u>250~500</u> °C，所得組織為吐粒散體與細波來體混合物。
高溫回火	<u>500~650</u> °C，所得組織為糙斑體與中波來體混合物。

### 4-4 熱處理實例

重載齒輪	重點說明
齒輪材料	20CrMnTi、20Cr、30CrMnTiA 等，用於汽車之高速重載場合。
製造程序	鍛造齒輪胚料→正常化→齒輪加工→滲碳→ <u>淬火</u> → <u>低溫</u> 回火→精加工。



## 初露鋒芒（課本學後評量）

成績：\_\_\_\_\_

### 一、選擇題

- 4-1 ( C ) 1.  $A_2$  變態點溫度是攝氏幾度？ (A)210 (B)727 (C)768 (D)912。
- ( C ) 2. 純鐵由  $\alpha$ -Fe（肥粒體-BCC 結構）變態為  $\gamma$ -Fe（沃斯田體-FCC 結構）的變態點溫度是 (A)727 (B)768 (C)910 (D)1395。
- ( C ) 3.  $\gamma$ -Fe (0.8%C)、肥粒體 (0.0218%C)、 $Fe_3C$  (6.67%C) 三相共存是 (A)包晶線 (B)共晶線 (C)共析線 (D)液相線。  
 ㊦ 共析線是  $\gamma$ -Fe、肥粒體、 $Fe_3C$  三相共存。
- ( A ) 4. 共晶線在 1148°C 發生共晶反應，此時組織是 (A)沃斯田體變態為雪明碳體 (B)肥粒體變態為雪明碳體 (C)肥粒體變態為沃斯田體 (D)肥粒體變態為波來體。
- ( C ) 5. 過共析鋼含碳量為何？ (A)0.025%以下 (B)0.02%~0.8% (C)0.8%~2.0% (D)2.0%~4.3%。
- ( C ) 6. 粒滴斑體在 1148°C 時為何種組織的細密共晶物？ (A)肥粒體與波來體 (B)肥粒體與雪明碳體 (C)沃斯田體與雪明碳體 (D)粒滴斑體與雪明碳體。  
 ㊦ 粒滴斑體是沃斯田體與雪明碳體的細密共晶物。
- 4-2 ( B ) 7. TTT 曲線鼻部最靠近縱座標，溫度約為 (A)210°C (B)550°C (C)727°C (D)923°C。
- ( C ) 8. 共析鋼在恆溫變態曲線鼻部稍下方 (400 ~ 500°C) 做恆溫變態，會生成狀如羽毛的顯微組織，稱為 (A)粗波來體 (B)細波來體 (C)上變韌體 (D)下變韌體。
- ( A ) 9. 糙斑體是何種組織的機械混合物？ (A) $\alpha$ -Fe 與雪明碳體 (B) $\alpha$ -Fe 與波來體 (C)變韌體與雪明碳體 (D)麻田散體與雪明碳體。  
 ㊦ 糙斑體是  $\alpha$ -Fe 與雪明碳體混合組織。
- ( D ) 10. 在連續冷卻曲線中得知，把沃斯田體狀態的共析鋼在水中冷卻即得何種組織？ (A)粗波來體 (B)細波來體 (C)變韌體 (D)麻田散體。  
 ㊦ 在連續冷卻曲線中共析鋼在水中冷卻即得麻田散體組織。
- 4-3 ( A ) 11. 將工件加熱至  $Ac_3$  以上 30~50 度（亞共析鋼），或  $Ac_1$  以上 30 ~ 50 度（共析鋼或過共析鋼）處，保溫一段時間後，隨爐緩慢冷卻的方法稱為 (A)完全退火 (B)恆溫退火 (C)製程退火 (D)球化退火。



- ( D ) 12. 恆溫退火主要目的是  
 (A)把鋼料軟化以改善切削性或塑性加工性 (B)增加硬度 (C)粗化晶粒  
 (D)能於短時間內把鋼料軟化之退火。
- ( A ) 13. 共析鋼和過共析鋼作淬火是加熱到何種變態溫度上方 30~50°C ?  
 (A)  $Ac_1$  (B)  $Ac_2$  (C)  $Ac_3$  (D)  $Ac_m$ 。  
 解 淬火是鋼料加熱到  $Ac_3$  上方 30-50°C (亞共析鋼)，或  $Ac_1$  上方 30-50°C (共析鋼和過共析鋼)。
- ( D ) 14. 回火主要目的是  
 (A)把鋼料軟化以改善切削性或塑性加工性 (B)增加鋼的強度和硬度  
 (C)粗化晶粒 (D)得到強韌性。
- ( A ) 15. 低溫回火所得組織為  
 (A)肥粒體與雪明碳體 (B)吐粒散體與細波來體  
 (C)糙斑體與中波來體 (D)回火雪明碳體。  
 解 低溫回火所得組織為回火麻田散體組織，為肥粒體與雪明碳體混合組織。
- ( A ) 16. 正常化後亞共析鋼的常溫組織為  
 (A)肥粒體與波來體混合物 (B)波來體  
 (C)波來體與  $Fe_3C$  混合物 (D)沃斯田體與  $Fe_3C$  混合物。  
 解 正常化後亞共析鋼的常溫組織為肥粒體與波來體混合物，共析鋼為波來體，過共析鋼為波來體與  $Fe_3C$  混合物。
- ( A ) 17. 正常化主要目的是  
 (A)改善材料的切削性能 (B)增加鋼的強度和硬度  
 (C)粗化晶粒 (D)得到強韌性。
- 4-4 ( B ) 18. 重載齒輪滲碳後淬火熱處理之最理想的表面結晶組織是？  
 (A)低碳麻田散體與少量的肥粒體  
 (B)麻田散體、雪明碳體與少量的沃斯田體  
 (C)麻田散體與少量的沃斯田體  
 (D)麻田散體、吐粒散體與少量的沃斯田體 混合物。  
 解 重載齒輪滲碳後淬火最理想的表面結晶組織是隱針狀麻田散體、雪明碳體與少量的沃斯田體混合物。
- ( D ) 19. 下列何者不適於重載齒輪的熱處理項目？  
 (A)正常化 (B)淬火 (C)滲碳 (D)高溫回火。  
 解 重載齒輪製造方法程序：鍛造齒輪胚料 → 正常化 → 齒輪加工 → 滲碳 → 淬火 → 低溫回火 → 精加工。



- ( C ) 20. 重載齒輪實施溫度 200°C 低溫回火熱處理可得結晶組織是？  
 (A)麻田散體 (B)雪明碳體 (C)回火麻田散體 (D)回火沃斯田體。  
 解 重載齒輪實施溫度 200°C 低溫回火熱處理是使麻田散體結晶組織變成回火麻田散體。
- ( A ) 21. 重載齒輪的正常化熱處理是加熱於何種溫度下後空冷？  
 (A)  $Ac_3$  上方 30 ~ 50°C (B)  $Ac_1$  上方 30 ~ 50 °C  
 (C)  $Ac_3$  上方 30 ~ 50°C (D) 720 ~ 750°C。  
 解 重載齒輪正常化加熱於  $Ac_3$  上方 30-50°C 後空冷。
- ( C ) 22. 中載齒輪之輪齒表面實施表面感應淬火或表面火焰淬火可得表面何種結晶組織？ (A)回火糙斑體 (B)回火雪明碳體 (C)麻田散體 (D)沃斯田體。  
 解 中載齒輪之輪齒表面實施表面感應淬火或表面火焰淬火表面可得麻田散體結晶組織。
- ( C ) 23. 下列何者最不適用於車床主軸的熱處理項目？  
 (A)正常化 (B)調質處理 (C)退火 (D)回火。  
 解 車床主軸製造方法程序：鍛造主軸—正常化—粗加工—調質處理—半精加工—局部淬火(內錐孔、外錐面)、回火—粗磨(外圓、內錐孔、外錐面)—銑削鍵座—鍵座淬火、回火—精磨。
- ( A ) 24. 中載齒輪之輪齒表面實施表面感應淬火或表面火焰淬火可得輪齒心部何種結晶組織？ (A)回火糙斑體 (B)回火雪明碳體 (C)麻田散體 (D)沃斯田體。  
 解 中載齒輪之輪齒表面實施表面感應淬火或表面火焰淬火可得輪齒心部回火糙斑體結晶組織。
- ( D ) 25. 重載齒輪實施溫度 200°C 低溫回火熱處理的目的是？  
 (A)增加硬度 (B)增加韌性 (C)消除延展性 (D)消除淬火應力。  
 解 重載齒輪實施溫度 200°C 低溫回火熱處理目的是消除淬火應力。



## 二、問答題

4-1 1. 請敘述鐵有哪些變態點及其特點。

- 解 1.  $A_0$  變態點：溫度是攝氏 210 度，是雪明碳鐵失去磁性之變態點，在  $A_0$  變態點以下之雪明碳鐵為強磁性體，但在此溫度以上逐漸失去磁性，一直到 800°C 變為無磁性。
2.  $A_1$  變態點：溫度是攝氏 727 度， $A_1$  變態點就是所謂的共析反應，即  $\gamma$  鐵（沃斯田鐵-0.8wt.%C）變態為共析狀態之波來鐵，波來鐵是  $\alpha$  鐵（肥粒鐵-0.02wt.%C）和雪明碳鐵  $Fe_3C$ -6.67wt.%C）到達此點時生長之共析狀態。
3.  $A_2$  變態點：溫度是攝氏 768 度，為純鐵的磁性變態點，室溫的純鐵具有鐵磁性 (ferromagnetic)，但溫度高於  $A_2$  變態點的純鐵即失去磁性。
4.  $A_3$  變態點：溫度是攝氏 910 度，為鐵的同素變態點，純鐵由  $\alpha$  鐵（肥粒鐵-BCC 結構）變態為  $\gamma$  鐵（沃斯田鐵-FCC 結構）的變態點。
5.  $A_4$  變態點：溫度是攝氏 1395 度，亦為鐵的同素變態點，純鐵由  $\gamma$  鐵（沃斯田鐵-FCC 結構）變態為  $\delta$  鐵（高溫的肥粒鐵-BCC 結構）的變態點。

2. 碳鋼依含碳量區分，說明其分類與常溫的顯微結晶組織。

- 解 1. 碳鋼：依含碳量區分為
- (1) 亞共析鋼：含碳量在 0.02%~0.77%，常溫的顯微結晶組織為肥粒鐵與波來鐵混合組織。
  - (2) 共析鋼：含碳量在 0.77%，常溫的顯微結晶組織為波來鐵，是肥粒鐵與  $Fe_3C$ （雪明碳鐵）成層狀交互存在的組織。
  - (3) 過共析鋼：含碳量在 0.77%~2.0%，常溫的顯微結晶組織為波來鐵與  $Fe_3C$ （雪明碳鐵）的混合組織。
2. 鑄鐵：依含碳量區分為
- (1) 亞共晶鑄鐵：含碳量在 2.0%~4.3%，結晶組織為波來鐵、粒滴斑鐵與  $Fe_3C$ （雪明碳鐵）的混合組織。
  - (2) 共晶鑄鐵：含碳量在 4.3%，結晶組織為粒滴斑鐵組織。
  - (3) 過共晶鑄鐵：含碳量在 4.3%~6.67%，結晶組織為粒滴斑鐵與  $Fe_3C$ （雪明碳鐵）的混合組織。

4-2 3. 請說明鋼料在恆溫變態下有哪些顯微組織。

解 1. 粗波來鐵；2. 細波來鐵；3. 變韌鐵；4. 麻田散鐵。

4. 請說明共析鋼鋼料在連續冷卻變態下有哪些冷卻方法與其顯微組織。

解 1. 爐中冷卻：把沃斯田鐵狀態的共析鋼在爐中慢慢冷卻即得波來鐵。  
 2. 空氣中冷卻：把沃斯田鐵狀態的共析鋼在空氣中冷卻即得糙斑鐵。  
 3. 油中冷卻：把沃斯田鐵狀態的共析鋼在油中冷卻即得吐粒散鐵。  
 5. 水中冷卻：把沃斯田鐵狀態的共析鋼在水中冷卻即得麻田散鐵。

4-3 5. 碳鋼之熱處理方法常用者有哪些？各處理方法為何？

解 1. 退火是將鋼料加熱至  $A_{C3}$  以上  $30\sim 50^{\circ}\text{C}$  (亞共析鋼)，或  $A_{C1}$  以上  $30\sim 50^{\circ}\text{C}$  (共析鋼或過共析鋼) 處，保溫一段時間後，隨爐溫緩慢冷卻 (或埋在砂中或石灰中冷卻) 的方法。  
 2. 淬火是將鋼料加熱到  $A_{C3}$  上方  $30\sim 50^{\circ}\text{C}$  (亞共析鋼)，或  $A_{C1}$  上方  $30\sim 50^{\circ}\text{C}$  (共析鋼和過共析鋼)，保溫一段時間後令它急冷。  
 3. 回火是將淬火後的鋼件，加熱到  $A_{C1}$  變態點以下溫度進行較長時間的保溫，再進行冷卻的方法。  
 4. 正常化是將鋼料加熱到  $A_{C3}$  上方  $30\sim 50^{\circ}\text{C}$  (亞共析鋼)，或  $A_{cm}$  上方  $30\sim 50^{\circ}\text{C}$  (共析鋼和過共析鋼)，保溫適當時間後，在空氣中冷卻法。

4-4 6. 請簡述重載齒輪製造程序為何？

解 重載齒輪製造方法程序：鍛造齒輪胚料→正常化→齒輪粗加工→調質處理→精加工→表面淬火及低溫回火→精磨。



## 大顯身手

成績：\_\_\_\_\_

- ( A ) 1. 下列敘述鐵碳平衡圖何者有誤？  
 (A)以溫度為橫坐標，碳含量為縱坐標  
 (B)是鐵碳合金在加熱和冷卻時的結晶過程和組織轉變的圖解圖  
 (C)可提供不同含碳量鋼材的組織成分  
 (D)是鋼材熱處理的重要依據。  
 解 以溫度為縱坐標，碳含量為橫坐標。
- ( C ) 2. 共晶點是含碳量多少？ (A)0.8% (B)2.0% (C)4.3% (D)6.67%。  
 解 共析點是含碳量 0.77%，共晶點是含碳量 4.3%。
- ( B ) 3. 液相 (4.30%C)、 $\gamma$ -Fe (2.11%C)、 $\text{Fe}_3\text{C}$  (6.69%C) 三相共存是  
 (A)包晶線 (B)共晶線 (C)共析線 (D)液相線。  
 解 液相、 $\gamma$ -Fe、 $\text{Fe}_3\text{C}$  三相共存是共晶線。
- ( B ) 4. 共析鋼於 580°C 恆溫下變態，所生之層狀組織稱為  
 (A)粗波來體 (B)細波來體 (C)變韌體 (D)麻田散體。  
 解 共析鋼於 727°C 恆溫下變態，所生之組織為粗波來體，在鼻部附近（約 600°C）做恆溫變態所生的組織為細波來體。
- ( D ) 5. 弛力退火之敘述下列何者不是？  
 (A)為低溫退火  
 (B)亦稱應力消除退火  
 (C)目的是消除因鍛造、鑄造、機械加工、銲接等所生之殘留應力  
 (D)提高鋼的硬度。  
 解 弛力退火目的是消除因鍛造、鑄造、機械加工、銲接等所生之殘留應力，亦稱去應力退火。
- ( A ) 6. 加熱至  $A_{c_3}$  或  $A_{c_m}$  點以上 50~100°C 溫度，並保溫 5-10 小時後徐冷所實施之退火稱為 (A)均質化退火 (B)弛力退火 (C)製程退火 (D)球化退火。
- ( A ) 7. 共析鋼和過共析鋼作完全退火是加熱到何種變態溫度上方 30~50°C？  
 (A)  $A_{c_1}$  (B)  $A_{c_2}$  (C)  $A_{c_3}$  (D)  $A_{c_m}$ 。
- ( B ) 8. 低溫回火溫度為  
 (A)50~150°C (B)150~250°C (C)250~500°C (D)500~650°C。



- ( B ) 9. 中溫回火所得組織為
- (A)肥粒體與雪明碳體                      (B)吐粒散體與細波來體  
(C)糙斑體與中波來體                      (D)回火麻田散體。
- ◎ 中溫回火所得組織為吐粒散體與細波來體。
- ( B ) 10. 下列何者不是中載齒輪材料？ (A)35CrMn (B)20Cr (C)42SiMn  
(D)35CrMo。
- ◎ 40Cr、35CrMn、35CrMo、42SiMn 等為中載齒輪材料。





# CH 5 鋼之表面硬化處理

## 立即評量解答

### 5-1 感應電熱硬化法及火焰加熱法 P.154

- ( D ) 1. 下列何者為非物理法表面硬化？ (A)火焰加熱硬化法 (B)感應電熱硬化法 (C)高週波硬化法 (D)滲碳硬化法。  
● 滲碳硬化法為化學法表面硬化。
- ( A ) 2. 火焰硬化法是以氧乙炔火焰將機件迅速加熱  $910^{\circ}\text{C}$  以上至何種組織狀態後，再以水急冷之法？ (A)沃斯田體 (B)粒滴斑體 (C)麻田散體 (D)波來體。
- ( B ) 3. 感應電熱硬化法是用於含碳量在多少之碳鋼材料之硬化法？ (A)0.2%以下 (B)0.3~0.6% (C)0.7~1.3% (D)1.3~2.0%。
- ( D ) 4. 下列敘述高週波硬化法何者為非？ (A)高週波適於薄機件 (B)高週波適於小零件 (C)低週波適於大零件 (D)此法設備簡便且便宜。  
● 所需設備費貴、成本高。

### 5-2 滲碳硬化法 P.160

- ( A ) 1. 滲碳硬化法是以使機件具有高碳鋼般表面層後還要經過何種處理？ (A)淬火 (B)回火 (C)退火 (D)正常化。
- ( D ) 2. 下列滲碳硬化法之敘述何者為非？ (A)得到高表面硬度 (B)得到高耐磨性和疲勞強度 (C)機件中心部分仍保持著低碳鋼的韌性和塑性 (D)由機件表面硬度高而不能承受衝擊載荷。  
● 滲碳硬化法因中心部分仍保持著低碳鋼的韌性和塑性，使工件能承受衝擊載荷。
- ( B ) 3. 滲碳層之顯微組織以含碳量在 0.20%左右的 20CrMnTi 材料為例，在  $920^{\circ}\text{C}$  滲碳後緩冷後所得滲碳最裡層組織情況為 (A)細波來體與雪明碳體混合組織 (B)波來體與肥粒體混合組織 (C)細波來體與肥粒體混合組織 (D)全黑色的波來體共析鋼層組織。  
● 最表面為過共析鋼層，最裡層屬亞共析鋼層，組織為波來體與肥粒體組成。
- ( A ) 4. 下列氣體滲碳法之敘述何者為是？ (A)瓦斯流量、溫度、時間容易自動化 (B)不需要專門作業知識 (C)不適用於薄表層硬化的大量生產 (D)不容易品質管制。  
● 氣體滲碳法瓦斯流量、溫度、時間容易自動化，品質管制容易；適用於小型機件及薄表層硬化的大量生產；但需要專門作業知識。



### 5-3 氮化法 P.165

- ( B ) 1. 鋼材經氮化處理後，一般不須經過何種熱處理就擁有極高的表面硬度？ (A)回火 (B)淬火 (C)退火 (D)正常化。
- ( D ) 2. 氣體氮化法之  $\text{NH}_3$  分解率之敘述何者為非？ (A)流量愈大則分解率愈低 (B)分解流量大小與分解率成反比 (C)分解率與溫度成正比 (D)分解率與流量大小無關係。
- ☞ 氨氣( $\text{NH}_3$ )之分解率與流量的大小有關，流量愈大則分解度愈低。
- ( B ) 3. 液體鹽浴軟氮化法是先將被處理工件除鏽、脫脂，預熱後再置於氮化坩堝內，以何種溶液作為主劑加熱的處理？ (A)碳酸鈉 (B)氰酸鉀 (C)硝酸 (D)稀硫酸。
- ( D ) 4. 氮化法用於合金鋼表面硬化，下列何者不是應含有之金屬元素？ (A)鉻 (B)鋁 (C)矽 (D)銅。
- ( B ) 5. 下列表面硬化處理之硬度何者最硬？ (A)火焰加熱硬化法 (B)氮化法 (C)滲碳硬化法 (D)感應電熱硬化法。
- ☞ 氮化法使鋼的表層形成維氏硬度達 HV 940-1200 (HRC68)的高硬度氮化層。

### 5-4 鍍層硬化法 P.167

- ( A ) 1. 鍍層硬化法是利用何種原理將機件表層鍍上一層高硬度材料？ (A)電鍍法 (B)熱處理法 (C)噴佈法 (D)蒸鍍法。
- ( B ) 2. 電鍍鉻層一般採用何種電解液最佳？ (A)鹽酸 (B)鉻酸 (C)草酸 (D)果酸。
- ( D ) 3. 下列鍍鉻特性之敘述何者為非？ (A)電流效率很低 (B)須較大電流密度 (C)陽極採用不溶解性材料 (D)形狀不同鍍件可以同槽處理。
- ☞ 形狀不同鍍件不宜同槽處理。
- ( B ) 4. 下列表面硬化處理法之硬度何者最硬？ (A)火焰加熱硬化法 (B)鍍鉻硬化法 (C)滲碳硬化法 (D)感應電熱硬化法。
- ☞ 鍍鉻硬化法使鋼表層可以達到 HV 800-1000 硬度。

### 5-5 其他表面硬化法 P.173

- ( D ) 1. 物理氣相沉積法一般是在何種條件下將金屬或合金加熱使之蒸發，而在鍍件表面覆蓋成薄膜之法？ (A)加水條件下 (B)加惰性氣體條件下 (C)加還原性氣體條件下 (D)真空條件下。
- ( D ) 2. 近年來常見金黃色刀具即是何種鍍膜處理？ (A)氮化鋁鈦鍍膜 (B)氮化鋁鍍膜 (C)氧化鋁鍍膜 (D)氮化鈦鍍膜。

( D ) 3. 下列表面硬化處理法之硬度何者最硬？ (A)火焰加熱硬化法 (B)鍍鉻硬化法 (C)物理氣相沉積法 (D)化學氣相沉積法。

◎ 物理氣相沉積法披覆後硬度可達維氏硬度 HV1800 ~ 2400，化學氣相沉積法表面硬度可高達 HV 3500。

## 鍛練本解答

嚴選精華 (每一空格 4 分)

成績：\_\_\_\_\_

技術分類	常見主要硬化法
1. 物理法	火焰加熱硬化法、感應電熱硬化法(高週波硬化法)。
2. 化學法	滲碳硬化法、氮化法
3. 鍍層硬化法	鍍鉻硬化法
4. 氣體沉積法	物理氣相沉積法(PVD)、化學氣相沉積法(CVD)。

### 5-1 火焰加熱及感應電熱硬化法

表面淬火	重點說明
火焰加熱硬化法	1. 以 <u>氧乙炔</u> 火焰加熱再以水急冷法，用於含碳量在 <u>0.3~0.7</u> %之大型中碳鋼或低合金鋼材料。 2. 具有操作及設備簡便、表面 <u>不生</u> 鏽皮、容易控制與施工容易，可於任何場地中處理等優點。
感應電熱硬化法 (高週波硬化法)	1. 利用 <u>電磁感應</u> 原理使鋼材表面產生感應電流加熱，再以水急冷之法，用於含碳 <u>0.3~0.6</u> %之中碳鋼。 2. 採用 <u>高週</u> 波，適於薄機件、小零件；採用 <u>低週</u> 波適於大零件。

### 5-2 滲碳硬化法

適用含碳量在0.2%以下之低碳鋼機件，使具有高碳鋼般表面層後還要再經過淬火。  
 滲碳層最表面為細波來體與雪明碳體之過共析鋼層，中層為波來體共析鋼層，最裡層屬波來體與肥粒體組成亞共析鋼層。



### 5-3 氮化法

用於含有 鋁(Al)、鉻(Cr)、鉬、矽、錳、鈦、鈮等元素之合金鋼表面硬化，市面上氮化用鋼以 鋁鉻鉬 為主，鋁為硬化元素，鉬為改善鋼的性質，可防止加熱時產生回火脆性。製品具有優異的耐磨性、耐疲勞性、耐蝕性及耐高溫。

### 5-4 鍍層硬化法

鍍鉻硬化法	在酸性電鍍液的電解槽中通以 <u>低</u> 電壓 <u>大</u> 電流，欲鍍機件（待鍍金屬製品）作 <u>陰</u> 極，與鍍層金屬（不跟電鍍液起作用的材料，如採用鉛、鉛銻合金製成的不溶性材料）作 <u>陽</u> 極；一般電解液有鉻酸、硫酸。電鍍前應將機件先做陽極處理或酸洗處理，以增加鍍層黏著性。
-------	--

### 5-5 其他表面硬化法

氣體沉積法分類	重點說明
物理氣相沉積法(PVD)	蒸鍍的金屬靶材料常見的有碳化鈦、氮化鈦等，披覆層膜厚約 0.5~4 $\mu$ m，硬度可達維氏硬度 HV1800~2400。廣泛用於各種模具、工具、螺紋等
化學氣相沉積法(CVD)	金黃色刀具即是 <u>氮化鈦</u> 鍍膜處理，氮化鋁鈦鍍膜塗層則呈紫、黑或紫灰色，表面可高達維氏硬度 HV 3500。



## 初露鋒芒 (課本學後評量)

成績：\_\_\_\_\_

### 一、選擇題

- 5-1 ( B ) 1. 下列何者為硬化過程中未改變機件表面化學成分？  
 (A)氮化法 (B)感應電熱硬化法 (C)氣體滲碳法 (D)固體滲碳法。  
 解 感應電熱硬化法為物理法表面硬化。
- ( B ) 2. 火焰硬化法是用於含碳量在多少之大型中碳鋼或低合金鋼材料之硬化法？  
 (A)0.2%以下 (B)0.3~0.7% (C)0.8~1.3% (D)1.3~2.0%。
- ( A ) 3. 感應電熱硬化法是以利用高週波感應之電流急速加熱，使鋼表面組織為至何種組織狀態後，再以水急冷之法？  
 (A)沃斯田體 (B)粒滴般體 (C)麻田散體 (D)波來體。
- ( C ) 4. 下列敘述火焰硬化法何者為非？  
 (A)對大機件面之硬化容易且經濟 (B)可於一些不便之場地中處理  
 (C)火焰之大小移動速度容易控制 (D)加熱難均勻，加熱不當易生裂痕及變形。  
 解 火焰硬化法火焰之大小移動速度不容易控制。
- 5-2 ( B ) 5. 滲碳硬化法適用於含碳量多少之低碳鋼機件？  
 (A)在 0.02%以下 (B)在 0.2%以下 (C)0.3~0.7% (D)0.8~1.7%。
- ( C ) 6. 滲碳層之顯微組織以含碳量在 0.20%左右的 20CrMnTi 材料為例，在 920°C 滲碳後緩冷後所得最表面含碳量會大於  
 (A)0.25% (B)0.45% (C)0.8% (D)1.27%。  
 解 最表面為過共析鋼層，含碳量大於 0.8%。
- ( A ) 7. 下列敘述固體滲碳法何者為非？  
 (A)以電氣、瓦斯、燃料油為主劑的滲碳法  
 (B)表面硬化法中最簡便、最傳統的表面硬化法  
 (C)添加鹼金屬碳酸鉍或碳酸鈉作為促進劑  
 (D)促進劑可以增加滲碳深度。  
 解 固體滲碳法以木炭為主劑的滲碳法。



- ( C ) 8. 下列敘述氣體滲碳法何者為非？  
(A)以天然氣、丙烷、丁烷等氣體為主劑  
(B)爐內加熱至 900~1100°C 之高溫下滲碳  
(C)表面碳層濃度難以調節  
(D)適用於小型機件的大規模場合及薄表層硬化的大量生產。  
◎ 氣體滲碳法表面碳濃度可以調節。

- ( C ) 9. 下列敘述液體滲碳法何者為非？  
(A)適中小量生產 (B)滲碳時間短且均勻  
(C)設備費昂貴 (D)容易均勻加熱、升溫迅速。  
◎ 液體滲碳法備費便宜、操作簡便。

- 5-3 ( C ) 10. 氮化用鋼材一般須含有的合金元素，下列何者不是？  
(A)鋁 (B)鉬 (C)鎂 (D)釩。

- ( D ) 11. 市面上氮化用鋼以何種合金鋼為主？  
(A)鎢鋼 (B)鎳鋼 (C)鉻鎳鋼 (D)鋁鉻鉬鋼。

- ( B ) 12. 常使用之氣體氮化之  $\text{NH}_3$  之分解率敘述何者為非？  
(A)分解流量大小與溫度高低成正比  
(B)分解流量大小與溫度高低成反比  
(C)分解率與流量大小成反比  
(D)溫度愈高分解率愈高。  
◎ 氨氣( $\text{NH}_3$ )之分解率與溫度的高低有關，溫度愈高分解率愈高。

- ( C ) 13. 離子氮化處理之敘述，下列何者為非？  
(A)預先將爐內抽成真空 (B)導入氮氣或氨氣氣體  
(C)爐體接上陰極 (D)通以高電壓低電流。  
◎ 爐體接上陽極，機件接上陰極。

- ( A ) 14. 下列敘述離子氮化法何者為非？  
(A)機件接上陽極  
(B)通以高壓直流電  
(C)對難處理的不鏽鋼、鈦、鈷等材料也能處理  
(D)放電產生電漿。  
◎ 爐體接上陽極，機件接上陰極。

- 5-4 ( A ) 15. 電鍍鉻層具光澤可增進外表美觀，鉻層之深度約  
(A)0.007~0.25 (B)0.25~0.50 (C)0.5~1.0 (D)1.0~1.5 mm。

- ( D ) 16. 電鍍前應將機件先做陽極處理或酸洗處理的主要目的是  
 (A)增加鍍層的硬度 (B)增加鍍層深度  
 (C)減少電鍍時間 (D)增加鍍層黏著性。

- ( C ) 17. 下列敘述電鍍鉻層法何者為非？  
 (A)欲鍍機件（待鍍金屬製品）作陰極  
 (B)鍍層金屬作陽極  
 (C)陽極需跟電鍍液起作用的溶解性材料  
 (D)電鍍前應將機件先做陽極處理或酸洗處理。  
 解 陽極採用不溶解性陽極。

- 5-5 ( A ) 18. 於高真空爐中將欲蒸鍍的硬質材料做為金屬靶，並使之氣化或離子化，而附著於工件之表面的方法，稱為  
 (A)物理氣相沉積法 (B)化學氣相沉積法 (C)物理真空法 (D)化學真空法。

- ( B ) 19. 物理氣相沉積法披覆層膜厚約  
 (A)0.05~0.4 $\mu\text{m}$  (B)0.5~4 $\mu\text{m}$  (C)0.05~0.4mm (D)0.5~1.0mm。

- ( B ) 20. 下列氮化鋁鈦鍍膜塗層法後的顏色何者不是？  
 (A)紫色 (B)金黃色 (C)黑色 (D)紫灰色。  
 解 氮化鋁鈦鍍膜塗層則呈紫、黑或紫灰色。

二、問答題

- 5-1 1. 鋼常見表面主要硬化法以技術分類有哪些？並請分別舉例。

解

技術分類	常見主要硬化法
物理法	火焰加熱硬化法(Flame hardening)
	感應電熱硬化法(Induction hardening)；又稱高週波硬化法(High-frequency hardening)
化學法	滲碳硬化法
	氮化法
鍍層硬化法	鍍鉻硬化法
真空蒸鍍膜法	物理蒸鍍法，又稱物理氣相沈積法(PVD)
	化學蒸鍍法，又稱化學氣相沈積法(CVD)



5-2 2. 請說明液體滲碳法優缺點。

**解** 優點：

1. 適中、小量生產，備費便宜、操作簡便，不需高度操作技術。
2. 均勻加熱容易且升溫迅速，並可直接淬火。
3. 適於多種少量的小機件生產與薄滲碳層處理。
4. 滲碳時間短且均勻，表面呈光輝狀態。
5. 此法因鹽浴之淬火性良好，故可減少機件之變形。
6. 鋼所產生之內應力少，表面之耐磨性佳。

**缺點：**

1. 不適用於大形機件的深滲碳處理。
2. 鹽浴組成易變動，管理上麻煩。
3. 氰是劇毒，須有良好通風設備，對於排氣或公害問題應有對策。
4. 處理後之表面附著鹽類不易洗淨，容易生銹。
5. 難以防止滲碳噴濺危險。

5-3 3. 氮化法用於含有哪些金屬元素之合金鋼表面硬化？

**解** 氮化法用於含有鋁(Al)、鉻(Cr)、鉬(Mo)、矽(Si)、錳(Mn)、鈦(Ti)、釩(V)等元素之合金鋼表面硬化。

5-4 4. 請說明鍍鉻硬化法的原理與意義。

**解** 鍍鉻硬化法是電鍍法的一種，在盛有酸性電鍍液的電解槽中通以低電壓大電流，欲鍍機件（待鍍金屬製品）作陰極，與鍍層金屬（不跟電鍍液起作用的材料，如採用鉛、鉛錫合金製成的不溶性材料）作陽極；一般電解液有鉻酸、硫酸，電鍍前應將機件先做陽極處理或酸洗處理，以增加鍍層黏著性。

5-5 5. 何謂物理氣相沉積法？

- 物理氣相沉積法乃於高真空爐中將欲蒸鍍的硬質材料做為金屬靶，並使之氣化或離子化，而附著於工件之表面的方法，又稱為物理氣相沈積法。

## 大顯身手

成績：\_\_\_\_\_

- ( C ) 1. 火焰硬化法一般硬化層深度（硬度）約  
(A)0.1~0.5mm (B)0.5~3mm (C)3~12mm (D)12~20mm。
- ( A ) 2. 下列敘述火焰硬化法何者用於局部加熱或小零件表面硬化  
(A)固定式 (B)迴轉式 (C)漸進式 (D)漸進迴轉式。
- ( C ) 3. 下列敘述感應電熱硬化法何者為非  
(A)可以將機件局部加以急熱、急冷之硬化法  
(B)使鋼材改善疲勞強度  
(C)鋼材容易產生氧化或脫碳  
(D)硬化表層均勻且厚薄可隨交流電之頻率而改變。  
● 感應電熱硬化法鋼材不易氧化、不變形或脫碳。
- ( C ) 4. 滲碳層之顯微組織以含碳量在 0.20%左右的 20CrMnTi 材料為例，在 920°C滲碳後緩冷後所得最表面組織情況為  
(A)共析鋼層 (B)亞過共析鋼層 (C)過共析鋼層 (D)肥粒體組織層。  
● 最表面為過共析鋼層，組織為細波來體與雪明碳體混合組織。
- ( A ) 5. 下列敘述液體滲碳法何者為是  
(A)此法因鹽浴之淬火性良好，因此可減少工作件之變形  
(B)鋼所生內應力多  
(C)適於大形處理件的深滲碳  
(D)處理後表面附著鹽類容易洗淨且不易生銹。  
● 鹽浴之淬火性良好，故可減少機件之變形；鋼所產生之內應力少，但不適於大形機件的深滲碳處理，處理後之表面附著鹽類不易洗淨，容易生銹。



- ( A ) 6 下列敘述氮化處理何者為非  
(A)把機件放在在加水的氮化爐中  
(B)通氨氣( $\text{NH}_3$ )或氮氣( $\text{N}_2$ )  
(C)長時間加熱至  $500\sim 550^\circ\text{C}$   
(D)鋼表層形成 HRC66 以上的高硬度氮化層後再行冷卻之法。  
● 把機件放在無水且通有氨氣( $\text{NH}_3$ )或氮氣( $\text{N}_2$ )的氮化爐中。
- ( C ) 7.下列敘述氮化法何者為非  
(A)無內應力產生之憂慮 (B)耐磨性較滲碳優  
(C)此法硬化層較厚 (D)處理費用貴、施工時間長。  
● 氮化法的硬化層較薄。
- ( B ) 8 下列敘述氮化法何者為非  
(A)硬化效果良好硬度達維氏 Hv 940~1200  
(B)加熱溫度較高  
(C)機件變形少  
(D)氮化後不必再淬火。  
● 氮化法加熱溫度較低，機件變形少。
- ( D ) 9. 電鍍鉻層利用何種原理？  
(A)低電壓低電流 (B)高電壓大電流 (C)高電壓低電流 (D)低電壓大電流。
- ( B ) 10. 利用高溫及真空中由鍍材表面放出高能離子，並與通入的反應氣體(如氮氣)相結合使其產生反應會覆蓋沈積被鍍物體上一層薄膜之法，稱為  
(A)物理氣相沉積法 (B)化學氣相沉積法 (C)物理真空法 (D)化學真空法。



# 模擬 試題

## 第一回 範圍：第 1 章～第 2-1 節 (適合第一次月考)

成績：\_\_\_\_\_

### 一、選擇題 (共 20 題，每題 3 分，共 60 分)

- ( A ) 1. 下列敘述純金屬何者正確？ (A)是指單一元素 (B)不具有特殊物理性質或機械性質的結晶物質 (C)具有金屬特性者有 16 種 (D)非金屬元素有 86 種。  
◎ 純金屬具有特殊物理性質或機械性質的結晶物質，具有金屬特性者有 86 種，非金屬元素有 16 種。
- ( D ) 2. 下列何者為非鐵屬金屬材料？ (A)鑄鐵 (B)純鐵 (C)碳鋼 (D)鈦。
- ( C ) 3. 下列常見的不銹鋼門為何種金屬元素組合而成？  
(A)銅和錫 (B)銅和鋅 (C)鐵、碳、鎳、鉻 (D)鐵、碳、鎢、鈷。  
◎ 不銹鋼門是鐵、碳、鎳、鉻等四種以上的金屬組成。
- ( A ) 4. 下列何者為無機類材料？ (A)玻璃 (B)橡膠 (C)皮革 (D)油漆。
- ( C ) 5. 下列敘述金屬的通性何者為非？  
(A)具有光澤 (B)一般金屬不透明  
(C)加工面不具有光澤 (D)具有反射光線的能力。  
◎ 金屬加工面具有光澤。
- ( B ) 6. 下列敘述合金之通性何者為非？  
(A)熔點較其成份金屬為低 (B)硬度較其成份金屬為小  
(C)熔化時體積增大 (D)光澤常可保持不變，且不易氧化。  
◎ 合金之硬度較其成份金屬為大。
- ( B ) 7. 易融合金熔點為何？ (A)26°C (B)66°C (C)166°C (D)266°C。
- ( B ) 8. 單位晶胞的原子結構排列，其原子位置排列於每一個角和所有立方方面的中心位置稱為何種格子？  
(A)體心立方格子 (B)面心立方格子 (C)六方密格子 (D)體心斜方格子。
- ( D ) 9. 一個六方密格子之單位晶胞所含的原子數為何？ (A)1 (B)2 (C)4 (D)6。  
◎ 面心立方格子之單位晶胞所含的原子數為 4 個，體心立方格子原子數為 2 個，六方密格子原子數為 6 個。
- ( D ) 10. 下列何者非為面心立方格子之材料？ (A)鎳 (B)鉛 (C)金 (D)鎂。  
◎ 面心立方格子之材料有銅、鋁、鎳、鉛、金、銀、鈣、鈹和鉑等。



- ( B ) 11. 冷作乃將金屬加熱至何種溫度形成塑性體而施以加工成形？  
(A)再結晶溫度以上 (B)再結晶溫度以下  
(C)變態溫度以上 (D)變態溫度以下。  
解 冷作與熱作之區別是以再結晶溫度做區分。
- ( B ) 12. 將金屬材料夾於上下一對模具中間，加熱至再結晶溫度以上，施以鍛打以改變材料成所需形狀者是何種製造方法？ (A)滾軋 (B)鍛造 (C)抽拉 (D)擠製。
- ( D ) 13. 把金屬胚料放置於壓模上，藉上方衝頭之壓力迫使胚料壓擠入下方模具內，而得預定形狀的製品方法，稱為？ (A)滾軋 (B)鍛造 (C)抽拉 (D)壓製。
- ( A ) 14. 下列加工法何者屬於熱作？ (A)滾軋 (B)剪切 (C)抽拉 (D)衝孔。  
解 常見之熱作加工法如滾軋、鍛造、擠製等。
- ( D ) 15. 中空製品常用下列何種加工法？ (A)滾軋 (B)鍛造 (C)壓印 (D)抽製。
- ( A ) 16. 純鐵若溫度加熱至攝氏 1395 度，則變態為？  
(A)體心立方體  $\delta$ -Fe (B)面心立方體  $\gamma$ -Fe  
(C)面心立方體  $\alpha$ -Fe (D)體心立方體  $\gamma$ -Fe。  
解 純鐵若再加熱至攝氏 1395 度，則變態為高溫的肥粒體 ( $\delta$  鐵-BCC 結構)。
- ( A ) 17. 下列何者是屬於半金屬？ (A)硼 (B)鉛 (C)銅 (D)鉻。
- ( C ) 18. 下列敘述比熱何者有誤？  
(A)溫度容易改變的比熱較小 (B)比熱小的物質，受熱或冷卻時，溫度易升易降  
(C)液體比熱以水 1cal/g $^{\circ}$ C 最小 (D)碳鋼含碳量愈多，其比熱愈大。  
解 液體比熱以水 1cal/g $^{\circ}$ C 最大，金屬的比熱通常都很小。
- ( D ) 19. 電流通過任何物質均會發生阻力稱為？  
(A)熱導率 (B)比重 (C)比熱 (D)電阻。
- ( D ) 20. 下列何種金屬熔點最低？ (A)鐵 (B)鋅 (C)鈷 (D)錫。  
解 熔點最高的金屬為鎢(W)，約 3410 $^{\circ}$ C，錫(Sn)熔點最低，約 232 $^{\circ}$ C。

## 二、問答題 (4 題，共 40 分)

1. 一般金屬具有哪些通性？ (7 分)

- 解 1. 比重多大於 1；2. 具有光澤；3. 固體狀態；4. 純金屬熔點固定；  
5. 電與熱良導體；6. 富延展性；7. 多呈鹼性反應。

2. 金屬的單位晶胞形式主要最常見有哪三種構造？並各說明原子數量與各舉例 3 種金屬元素。(15 分)

- 解
1. 體心立方格子：原子數為 2 個，金屬元素有鎢、鉻、鐵等。
  2. 面心立方格子：原子數為 4 個，金屬元素有銅、鋁和鎳(Ni)等。
  3. 六方密格子：原子數為 6 個，金屬元素有鎳、鎂、鈦和鋅等。

3. 金屬材料的物理性質一般指哪七種？(7 分)

- 解
- 一般金屬材料的物理性質指比重、比熱、熱膨脹係數、熱導度、比電阻、磁性、熔點等。

4. 塑性加工依再結晶溫度分為哪二種？請分別說明其意義與各舉 2 例常見之加工法。(11 分)

- 解
1. 熱作：將金屬加熱至再結晶溫度以上，形成塑性體而施以加工成形者，稱為高溫加工，又稱熱作。常見之加工法如滾軋、鍛造、擠製等。
  2. 冷作：將金屬加熱至至再結晶溫度以下，施以加工成形者，稱為常溫加工，或稱冷作。常見之加工法如抽拉、壓製（如剪切、彎曲、衝孔）與旋壓等。



# 模擬 試題

## 第二回 範圍：第 2-2 節～第 3 章 (適合第二次月考)

成績：\_\_\_\_\_

### 一、選擇題(共 20 題，每題 3 分，共 60 分)

- ( A ) 1. 當一材料受力時，應力值小於何種強度，則材料的變形屬於彈性變形？  
(A)降伏強度 (B)抗拉強度 (C)抗壓強度 (D)斷裂強度。
- ( D ) 2. 一般材料之抗扭強度為抗拉強度的？ (A)10% (B)30% (C)50% (D)75%。  
◎ 一般材料之抗扭強度為抗拉強度的 75%。
- ( D ) 3. 下列何者不屬於非破壞性試驗？  
(A)超音波檢測 (B)放射線檢測 (C)磁粉探傷檢測 (D)金相試驗。  
◎ 非破壞性試驗包括超音波檢測、放射線檢測、磁粉探傷檢測和滲透液探傷檢測。
- ( A ) 4. 軟鋼拉伸試驗之荷重與伸長曲線中，在何點下之兩者依照虎克定律(Hooke's Law)而變化？ (A)比例極限 (B)彈性極限 (C)降伏強度 (D)抗拉強度。
- ( D ) 5. 下列敘述火花試驗工作何者有誤？  
(A)錳(Mn)、鉻(Cr)、釩(V)等合金元素會助長碳破裂  
(B)合金鋼火花依合金元素種類而異  
(C)火花顏色與合金元素之氧化性大小有關  
(D)氧化性元素會減少其光輝，使火花呈橙色或紅色。  
◎ 氧化性元素如鋁、錳、矽、鈦可增加火花顏色之光輝，使火花呈白色、金色。
- ( B ) 6. 下列敘述滲透液探傷檢測工作何者有誤？  
(A)利用毛細孔現象檢查材料表面缺陷的一種無損檢驗方法  
(B)特別適用對於結構疏鬆的粉末冶金零件及其他多孔性材料  
(C)一般情況下，螢光法的靈敏度高於著色法  
(D)四個基本步驟為滲透、清洗、顯象和檢查。  
◎ 滲透液探傷檢測特別不適用對於結構疏鬆的粉末冶金零件及其他多孔性材料。
- ( D ) 7. 下列何者非用於冶煉鑄鋼？ (A)轉爐 (B)平爐 (C)電爐 (D)高爐。  
◎ 鼓風爐（又稱高爐）用來冶煉生鐵。



- ( C ) 8. 下列何種材料無法熱處理？ (A)灰鑄鐵 (B)低碳鋼 (C)純鐵 (D)高碳鋼。  
 解 純鐵含碳量太低，無法熱處理。
- ( D ) 9. 鋼錠是添加去氧劑將鋼完全脫除氧，下列何種不是？  
 (A)矽 (B)錳 (C)鋁 (D)鎂。  
 解 全去氧鋼是鋼錠添加多量脫氧劑（如矽、錳、鋁）。
- ( A ) 10. 工具鋼、特殊鋼、機械結構用鋼、銲接性高強度鋼及含碳量 0.3%以上的碳素鋼等都採何種鋼？ (A)全靜鋼 (B)半靜鋼 (C)淨面鋼 (D)未淨鋼錠。
- ( C ) 11. 純鐵若溫度加熱至攝氏 1395°C，則組織平衡關係為何？  
 (A) $\alpha\text{-Fe} \rightarrow \alpha\text{-Fe}$  (B) $\alpha\text{-Fe} \rightarrow \gamma\text{-Fe}$  (C) $\gamma\text{-Fe} \rightarrow \delta\text{-Fe}$  (D) $\gamma\text{-Fe} \rightarrow \text{Fe}_3\text{C-Fe}$ 。
- ( D ) 12. 純鐵若溫度加熱至攝氏幾度時，則原子結構為 FCC 變為 BCC？  
 (A)727°C (B)768°C (C)910°C (D)1395°C。
- ( A ) 13. 含碳量為 0.02~0.80%之鋼稱為  
 (A)亞共析鋼 (B)共析鋼 (C)過共析鋼 (D)工具鋼。
- ( C ) 14. 冷卻至常溫時之正常化組織為波來體與雪明碳體之鋼稱為  
 (A)亞共析鋼 (B)共析鋼 (C)過共析鋼 (D)工具鋼。  
 解 過共析鋼常溫時之正常化組織為波來體與雪明碳體。
- ( D ) 15. 含碳量 1%以上後，下列敘述何者有誤？  
 (A)伸長率會隨含碳量的增加而減少 (B)衝擊值會隨含碳量的增加而減少  
 (C)斷面縮率會隨含碳量的增加而減少 (D)抗拉強度與降伏強度變成急劇增加。  
 解 含碳量 1%以上後，其抗拉強度與降伏強度變成水平無甚增加。
- ( C ) 16. 鋼中的含碳量 1%以下時，何種機械性質會隨含碳量的增加而降低？  
 (A)抗拉強度 (B)硬度 (C)斷面縮率 (D)降伏服強度。  
 解 含碳量 1%以下時，其抗拉強度、硬度與降伏強度會隨含碳量的增加而增加。
- ( B ) 17. 在煉鋼過程中，加入錳之敘述何者有誤？  
 (A)能降低由於硫所引起的熱脆性 (B)會降低鋼的可鍛性 (C)錳量增高過多會減弱鋼的抗腐蝕能力 (D)錳量增高過多反而會降低銲接性能。  
 解 加入錳可提高鋼的可鍛性。
- ( A ) 18. 在煉鋼過程中加入何種元素能顯著提高鋼的彈性極限，降伏強度和抗拉強度，故廣泛用於作彈簧鋼？ (A)矽 (B)錳 (C)磷 (D)硫。
- ( C ) 19. 在煉鋼過程中加入何種元素會產生冷脆性現象？  
 (A)矽 (B)錳 (C)磷 (D)硫。
- ( A ) 20. 在煉鋼過程中可作為還原劑和去氧劑是加入何種元素？  
 (A)矽 (B)碳 (C)磷 (D)硫。



## 二、問答題（5 題，共 40 分）

1. 金屬材料的機械性質指哪些？（7 分）

解 一般機械性質包括強度、硬度、延性、展性、韌性、彈性和塑性。

2. 根據試驗性質之不同，材料試驗方法可分類為哪幾類？請分別舉例。（13 分）

解 分類為：

1. 機械性質試驗：包括拉伸試驗、硬度試驗、衝擊試驗及疲勞試驗等。
2. 金屬組織檢驗：包括金相試驗及火花試驗。
3. 非破壞性試驗：包括超音波檢測、放射線檢測、磁粉探傷檢測和滲透液探傷檢測。

3. 洛式(Rockwell)硬度試驗常用 HRC 尺規請說明其壓痕器、荷重與用途。（4 分）

解 HRC 尺規：

1. 壓痕器：金鋼石圓錐
2. 荷重：150
3. 用途：測試淬火鋼、回火鋼、表面硬化深度之鋼和部分不銹鋼

4. 鋼之組織劃分為哪三種？並請說明各含碳量與常溫之組織。（9 分）

- 解
1. 亞共析鋼：含碳量在 0.80%以下，常溫組織為肥粒鐵與波來鐵混合組織。
  2. 共析鋼：含碳量為 0.80%之鋼，常溫組織為波來鐵，即肥粒鐵與雪明碳鐵混合組織。
  3. 過共析鋼：含碳量超過 0.80%之鋼，常溫組織為波來鐵與雪明碳鐵混合組織。

5. 請說明碳鋼五大元素中，錳在鋼鐵中的影響為何？（7 分）

解 在煉鋼過程中，錳能降低由於硫所引起的熱脆性，改善鋼的熱加工性能，提高鋼的可鍛性，故錳是良好的去氧劑和脫硫劑。錳在鋼鐵中主要以 MnC、MnS、FeMnSi 或固溶體狀態存在，增加錳的含量，可提高鋼的強度和硬度。

# 模擬 試題

## 第三回 範圍：第3章～第4章 (適合期末考)

成績：\_\_\_\_\_

### 一、選擇題 (共 25 題，每題 3 分，共 75 分)

- ( D ) 1. 下列敘述鐵碳平衡圖變態點何者有誤？  
 (A)雪明碳體失去磁性之變態點為  $A_0$  (B)純鐵的磁性變態點是  $A_2$   
 (C)純鐵的磁性變態溫度是  $768^\circ\text{C}$  (D) $A_3$  變態點溫度是  $727^\circ\text{C}$ 。  
 解  $A_3$  變態點溫度是  $910^\circ\text{C}$ 。
- ( A ) 2. 共析點是含碳量多少？ (A)0.8% (B)2.0% (C)4.3% (D)6.67%。  
 解 共析點是含碳量 0.8%，共晶點是含碳量 4.3%。
- ( D ) 3. 鐵的同素變態點是？ (A) $A_0$  (B) $A_1$  (C) $A_2$  (D) $A_4$ 。
- ( D ) 4. 純鐵由  $\gamma$ -Fe (沃斯田體，FCC 結構) 變態為  $\delta$ -Fe (高溫的肥粒體，BCC 結構) 的變態點是？ (A) $A_0$  (B) $A_1$  (C) $A_2$  (D) $A_4$ 。
- ( B ) 5. 亞共析鋼結晶組織為何種組織？  
 (A)肥粒體 (B)肥粒體與波來體混合 (C)波來體 (B)雪明碳體。  
 解 亞共析鋼結晶組織為肥粒體和波來體，共析鋼為波來體組織。
- ( A ) 6. 過共析鋼結晶組織為何種組織？  
 (A)波來體與雪明碳體混合組織 (B)肥粒體與波來體混合  
 (C)波來體、粒滴斑體與雪明碳體混合組織 (D)粒滴斑體。
- ( D ) 7. 若鋼材在沃斯田體狀態下急冷在恆溫變態曲線 (T.T.T 圖)  $M_s$  線與  $M_f$  之間做恆溫變態，所生之層狀結晶組織為？  
 (A)體心立方 (B)面心立方 (C)面心正方 (D)體心正方。
- ( B ) 8. 在連續冷卻曲線中得知，把沃斯田體狀態的共析鋼在空氣中冷卻即得何種組織？  
 (A)粗波來體 (B)糙斑體 (C)變韌體 (D)麻田散體。  
 解 在連續冷卻曲線中的共析鋼在空氣中冷卻得糙斑體組織，在油中冷卻得吐粒散體組織。
- ( A ) 9. 將鋼加熱到發生相變或部分相變的溫度，經過保溫後緩慢冷卻的熱處理方法稱為何？ (A)退火 (B)淬火 (C)回火 (D)正常化法。



- ( A ) 10. 完全退火主要目的是？  
(A)把鋼料軟化以改善切削性或塑性加工性 (B)增加硬度 (C)細化晶粒  
(D)能於短時間內把鋼料軟化之退火。
- ( B ) 11. 淬火主要目的是？  
(A)把鋼料軟化以改善切削性或塑性加工性 (B)增加鋼的強度和硬度  
(C)粗化晶粒 (D)能於短時間內把鋼料軟化。  
● 淬火主要目的是增加鋼的強度和硬度，退火主要目的是把鋼料軟化以改善切削性或塑性加工性。
- ( B ) 12. 適用於一些合金鋼或小尺寸的碳鋼工件的淬火劑主要是？  
(A)水 (B)油 (C)鹽水 (D)溫水。
- ( C ) 13. 亞共析鋼作完全退火是加熱到何種變態溫度上方 30-50°C？  
(A)  $Ac_1$  (B)  $Ac_2$  (C)  $Ac_3$  (D)  $Ac_m$ 。
- ( C ) 14. 高溫回火所得組織為？  
(A)肥粒鐵與雪明碳鐵 (B)吐粒散鐵與細波來鐵  
(C)糙斑鐵與中波來鐵 (D)回火麻田散鐵。  
● 高溫回火所得組織為糙斑鐵與中波來鐵。
- ( C ) 15. 下列何者不適於中載齒輪的熱處理項目？  
(A)正常化 (B)調質處理 (C)滲碳 (D)低溫回火。  
● 重載齒輪製造方法程序：鍛造齒輪胚料→正常化→齒輪粗加工→調質處理→精加工→表面淬火及低溫回火→精磨。
- ( D ) 16. 下列何者屬於化學法表面硬化？  
(A)火焰加熱硬化法 (B)感應電熱硬化法  
(C)高週波硬化法 (D)滲碳硬化法。  
● 滲碳硬化法為化學法表面硬化。
- ( B ) 17. 下列敘述火焰硬化法何者為非？  
(A)設備簡便 (B)操作不容易控制 (C)表面不生鏽皮 (D)施工容易。
- ( B ) 18. 下列敘述固體滲碳法何者正確？  
(A)設備費昂貴 (B)適合多種少量之大小工件生產  
(C)滲碳深度及表面碳濃度容易正確調節 (D)作業環境良好。  
● 設備費便宜，適合多種少量之大、小工件生產；滲碳深度及表面碳濃度不易正確調節，作業環境不良。

- ( A ) 19. 滲碳層之顯微組織以含碳量在 0.20%左右的 20CrMnTi 材料為例，在 920°C 滲碳後緩冷後所得最表面組織情況為？  
 (A)細波來體與雪明碳體混合組織 (B)波來體與肥粒體混合組織  
 (C)細波來體與肥粒體混合組織 (D)肥粒體與雪明碳體混合組織。  
 解 最表面為過共析鋼層，組織為細波來體與雪明碳體混合組織。
- ( D ) 20. 氮化處理後的鋼材具有優異的性質，下列敘述何者為非？  
 (A)耐磨性 (B)耐疲勞性 (C)耐蝕性 (D)耐低溫脆性。  
 解 製品具有優異的耐磨性、耐疲勞性、耐蝕性及耐高溫。
- ( C ) 21. 氮化法用於合金鋼表面硬化，下列含有之金屬元素何者不適合？  
 (A)錳 (B)鈦 (C)鎂 (D)釩。
- ( B ) 22. 氮化法用於合金鋼表面硬化，下列何種金屬元素可防止加熱時產生回火脆性？  
 (A)鉻 (B)鉬 (C)矽 (D)鎳。  
 解 鉬為改善鋼的性質，可防止加熱時產生回火脆性。
- ( D ) 23. 下列敘述鍍鉻之特性何者為非？  
 (A)須嚴格控制浴溫 (B)須嚴格控制電流密度 (C)電鍍過程中不許中斷操作  
 (D)均一性佳，對複雜形狀鍍件很容易處理。  
 解 均一性差，對複雜形狀鍍件需適當處理。
- ( B ) 24. 化學氣相沉積法英文簡稱為？ (A)PVD (B)CVD (C)PPD (D)DVD。  
 解 化學氣相沉積法英文簡稱為 CVD，物理氣相沉積法英文簡稱為 PVD。
- ( C ) 25. 下列敘述化學氣相沉積法何者為非？  
 (A)以閃蒸的方式由鍍材表面放出高能離子 (B)真空中產生陰極電弧離子  
 (C)在高電壓低電流產生高溫 (D)與通入氮氣相結合使其產生化學反應。  
 解 在低電壓高電流產生高溫。

## 二、問答題 (4 題，共 25 分)

1. 請說明鋼料在恆溫變態下常見有哪 4 種顯微組織。(4 分)

解 1. 粗波來鐵；2. 細波來鐵；3. 變韌鐵；4. 麻田散鐵。



2. 請說明共析鋼鋼料在連續冷卻變態下常見有哪 5 種冷卻方法與其顯微組織。(10 分)

- 解
1. 爐中冷卻：把沃斯田鐵狀態的共析鋼在爐中慢慢冷卻即得波來鐵。
  2. 空氣中冷卻：把沃斯田鐵狀態的共析鋼在空氣中冷卻即得糙斑鐵。
  3. 油中冷卻：把沃斯田鐵狀態的共析鋼在油中冷卻即得吐粒散鐵。
  4. 水中冷卻：把沃斯田鐵狀態的共析鋼在水中冷卻即得麻田散鐵。

3. 鋼常見表面主要硬化法以技術分類中請分別舉例物理法與化學法。(5 分)

- 解
1. 物理法如火焰加熱硬化法、高週波硬化法。
  2. 化學法如滲碳硬化法、氮化法。

4. 何謂物理氣相沉積法？(6 分)

- 解
- 物理氣相沉積法乃於高真空爐中將欲蒸鍍的硬質材料做為金屬靶，並使之氣化或離子化，而附著於工件之表面的方法，又稱為物理氣相沈積法。

