感應電爐熔鑄能力本位訓練教材
認識鑄鋼材料

編號：PMF-IFM0202

編 著 者：張永遠
審 稿 者：張晉昌
主辦單位：行政院勞工委員會職業訓練局
研製單位：中華民國職業訓練研究發展中心
印製日期：九十年十二月

行政院勞工委員會 職業訓練局

單元 PMF-IFM0202 學習指引

在你學習本單元之前，你應該先瞭解鑄鐵材料的種類名稱，對各種規格有了基本認識，且學習本職類各單元的先後順序，可參考背面的能力目錄。假如你認爲自己可以的話，請翻到下一頁開始學習。假如你認爲自己還不熟悉，請將本教材放回原位，並取出編號 PMF-IFM0201 教材開始學習或請教你的老師。

引言

在感應電爐熔鑄工作，除了應認識感應電爐之熔鑄原理及冷卻系統等機械設備之運用及保養工作外，尚需認識金屬材料之種類特性及用途，當然金屬材料本身所涵蓋範圍相當廣泛，本單元僅就鑄鋼材料之運用爲主，並延伸到鑄鋼材料經感應電爐熔鑄完成的鑄鋼件，使用於相關工業上，如機械、汽車、化工、模具業等。本單元將使你學習如何認識鑄鋼材料，進而運用這些材料透過感應電爐熔鑄出鑄鋼熔液的工作。

請翻至下一頁

定義

感應電爐：是用交流電變爲直流電，再變頻率，然後再變成交流感應的方法，在爐料中產生渦電流，利用渦電流產生的熱量加熱來熔化材料。假如你要詳細瞭解請參照 PMF-IFM0101 訓練教材。

耐 熱 鋼：鑄鋼材料中加入鎳 Ni、鉻 Cr、鎢 W、鈷 Co 等合金，使材料在高溫時 825 ˚～1000℃時，不會因氧化而脫皮。尤其以 27%之鉻鋼，於氧化氣流中，雖熱至熔點附近 1488˚～1516℃亦不氧化。

熱 處 理：Heat Treatment 將金屬或其他合金在固體狀態下，給予定時的加熱與冷卻，以便得到預期要求之機械性質的方法。

機械性質：Mechanical Properties 物質受外力時所顯示之有彈性或彈性反應，或其發生應力與應變間之關係等，如彈性係數、抗拉強度、硬度、延伸率、疲勞強度，這些性質雖然常被稱爲「物理性質」，但若稱「機械性質」更爲恰當。

請翻至第 3 頁開始進行學習活動

學習目標

一、在不參考任何書籍及資料下，你能夠正確地說出鑄鋼材料中常用的四個種類及用途。

二、不參考任何書籍及資料下，你能夠正確地說出鑄鋼材料中常用的四種規格及特性用途。

三、給你一份鑄鋼材料材質表，在無人幫助的情況下，你能依鑄鋼材料規格表計算出一份配料表，供熔解人員下料熔解使用。

假如你認為能夠勝任以上三個學習目標的能力，請翻至第 33 頁做相關學後評量測驗。假如你無法瞭解和需要更多學習的話，就請你翻到第 5 頁，繼續再學習吧!

學習活動

本單元之學習活動包括相關之知識及實際操作，你對鑄鋼材料的認識與學習上可以由下列兩個途徑選擇一途徑去學習：

一、閱讀本教材之第 5 頁至第 34 頁。

二、閱讀下列參考書籍：

(一)金屬材料手冊　機械技術出版社第五版，P.226～P.285。

請翻至下一頁

本單元的第一個學習目標是：

在不參考任何書籍及資料下，你能夠正確地說出鑄鋼材料中常用的四個種類及用途。

假如你能夠勝任這個目標，請翻至第 10 頁做學習評量(一)測驗，假使你認爲自己無法勝任達成，請參閱第 4 頁所列的參考書籍或翻至第 6 頁進行學習本教材內容。

認識鑄鋼材料之規格名稱及種類用途，首先以 CNS 之國家標準規範爲準，然後再以與國內主要往來之 DIN 的德國國家標準，美國的 ASTM、AISI、SAE 等標準，日本的 JIS 規範等，而這些標準規範在一般金屬材料的書籍內均有歸類並有對照表供參考。

因爲國內並非鋼鐵原料產地，所以鑄鋼材料一般除了以鋼鐵鋼錠進口形態外，還有比較普通的方式，就是用沖壓鋼版之餘料毛邊經整理擠壓後，鋼丸或沖子之形態直接送到鑄造廠進行熔解澆鑄作業。

壹、碳鋼種類

碳鋼種類可從化學成份分類、用途分類、基地組織（結晶組織）分類。

一、依化學成份分類

在含有矽（Si）的成份在 0.6%以下及錳（Mn）的成份約 1%以下，但不含其他合金之碳鋼又可分成三種，如表 1 所示：

表 1　碳鋼之成分分類表

類別	成份	用途
低碳鋼	碳含量約在 0.25%以下	低強度、硬度用機械零件，熔解用
中碳鋼	碳含量約在 0.25%～0.45%	一般強度，且能熱處理硬化型機械構造
高碳鋼	碳含量約在 0.45%以上	用於高碳工具、高硬度、（耐磨耗用）

二、依基地組織分類

依基地組織可分爲肥粒體、波來體、麻用散體、沃斯用體等單獨組成或 2～3 相混合組成之基地，如表 2 所示：

若依其硬度性質分類：

(一)極軟鋼：含碳量低於 0.1%以上，製造鍍鋅鍍錫鐵皮等用，如馬口鐵。

(二)軟鋼：含碳量在 0.15%～0.25%之間，用於製造鋼絲、螺釘、鋼板、鋼管等。

(三)半軟鋼：含碳量在 0.25%～0.35%之間，常用於造船、建築、製軸與齒輪等。

(四)半硬鋼：含碳量在 0.35%～0.60%，適於中型及大型鍛造品，如軸、曲柄、曲柄銷、傳動軸、齒輪等。

(五)硬鋼：含碳量在 0.60%～0.80%，用於土木工具機件等。

(六)極硬鋼：含碳量在 0.80%～2.0%，製造鑽、鑿、刀具、模子機件等。

請翻至下一頁

表 2　基地組織分類表

項次	基地的組織分類
1	全爲肥粒體，肥粒體加波來體基地。
2	麻田散體基地。
3	回火麻田散體或粒滴斑體基地。
4	沃斯田體基地。
5	肥粒體加沃斯田體基地。
6	其他 2～3 相混合基地。

貳、合金鋼種類

一、低合鋼

低合金鋼其合金化學成份含量約 5%以下者，如鉬鋼、鉻鉬鋼、鎳鉻鋼、鎳鉻鉬鋼等，這些合金鋼可用來做成單獨特性用途的耐磨、耐蝕、耐熱的材料，表 3 爲 SAE 與 AISI 之鎳鉻鋼的成份規範。

表 3　鎳鉻鋼化學成份表

S.A.E	碳	矽	錳	磷	硫	鎳	鉻	AISI
3115	0.13-0.18	0.20-0.35	0.40-0.60	0.040	0.040	1.10-1.40	0.55-0.75	3115
3120	0.17-0.22	0.20-0.35	0.60-0.80	0.040	0.040	1.10-1.40	0.55-0.75	3120
3130	0.28-0.33	0.20-0.35	0.60-0.80	0.040	0.040	1.10-1.40	0.55-0.75	3130
3145	0.43-0.48	0.20-0.35	0.70-0.90	0.040	0.040	1.10-1.40	0.70-0.90	3145

二、高合金鋼其合金化學成份含量約在 10%以上者，如高鉻鋼、耐熱鋼、高錳鋼，而這些高合金鋼之選用需特別注意其機械性質，及靠熱處理來達到客戶所需之要求，如可加工性，特殊的硬度。

參、不銹鋼的種類及用途

不銹鋼的種類通常以基地組織分類，其中最普通的是奧斯田體系的 304 不銹鋼，即所謂 18-8 型，其 Ni 鎳含量爲 8%，Cr 鉻含量 18%，在 JIS 規範內爲 SCS13，此鋼種之特性爲無磁性、無磷火硬化性，且抗拉強度高。

麻田散體系組織在 JIS 規範內以 SCS2 較具代表性，一般稱呼 420 之不銹鋼材料，其用途有不銹鋼餐具、自助餐盤、刀叉、湯匙等。

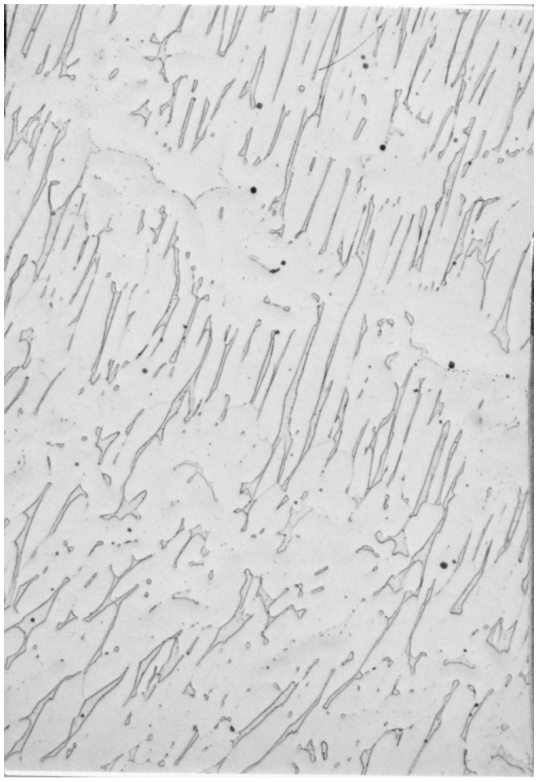
另外還有肥粒體系在 JIS 規範內爲 SCS1 之規格。大部分不銹鋼鑄鋼件用於化學、食品、石油化工、閥管件等之零件上較多。表 4 爲 AISI 之不銹鋼的成

請翻至下一頁

份規範。圖 1 及圖 2 分別為 AISI316 不銹鋼固溶化前及固溶化後之金相組織圖。

表 4　不銹鋼化學成份

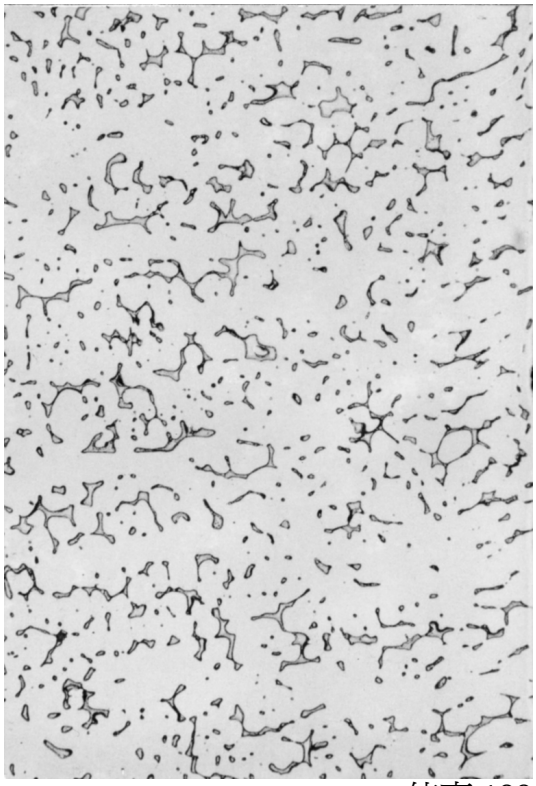
AISI 規格	碳	矽最大	錳最大	磷最大	硫最大	鉻	鎳	鉬
410	1.05	1.0	1.0	0.04	0.03	11.5-13.5	1.25-2.5	-
420	0.3～0.4	1.0	1.0	0.04	0.03	12.0-14.0	-	0.6
430	0.12	1.0	1.0	0.04	0.03	12.0-14.0	-	0.6
431	0.12	1.0	1.0	0.04	0.03	15.0-17.0	1.25-2.50	-
304	0.08	2.0	1.5	0.04	0.04	18.0-21.0	8.0-11.0	-
316	0.08	1.5	1.5	0.04	0.04	18.0-21.0	9.0-12.0	2.0-3.0



倍率 100

圖 1　316 固溶化前之金相組織

顯現沃斯田鐵基地內存在大部分樹枝連續狀肥粒體組織，需經固溶化熱處理，以提高其耐蝕性。



倍率 100

圖 2　316 固溶化後之金相組織

此金相組織由沃斯田鐵基地內存在肥粒體呈分散的粒塊狀分佈，表示熱處理品質良好，符合 ASTM A743 第 6 節之需求。

請翻至下一頁

肆、耐熱鋼之種類及用途

根據金相組織分爲麻田散體系用於較低溫，肥粒體系用於高溫但不需強度的場合，奧斯田體系用於耐氧化及有強度需求的場合。因其凝固範圍大，故容易發生裂紋及縮孔，耐熱性能需包括抗氧化性能和高溫機械性能，對使用環境表面安定性及使用溫度耐荷重能力需注意下列特性，溫度持久性、熱疲勞耐久性、滲浸碳的抵抗性、熱傳導性、被切削性、銲接性。表 5 爲美國 ACI 有耐熱鋼之分類、成份及組織。

表 5　美國 ACI 耐熱鑄鋼之分類

分類	ACI 名稱	代表組成	金屬組織	JIS 類似鋼種
Fe-Cr 合金	HC	28Cr	肥粒體	SCH2
Fe-Cr 合金	HD	28Cr-5Ni	肥粒體、沃斯田體	SCH11
Fe-Cr-Ni 合金	HF	20Cr-10Ni	沃斯田體、碳化物	SCH12
Fe-Cr-Ni 合金	HH	26Cr-12Ni	Type 1 沃斯田體、肥粒體 Type 2 沃斯田體	SCH13
Fe-Ni-Cr 合金	HP	35Ni-26Cr	沃斯田體、碳化物	SCH15
Fe-Ni-Cr 合金	HT	35Ni-17Cr	沃斯田體、碳化物	SCH16

請翻至下一頁

學習評量一

請不要使用參考資料或書籍，回答下列問題，每題答對得十分。

是非題：

（　）1.CNS 是代表我國國家標準規範。

（　）2.不銹鋼是屬於鑄鋼材料的一個種類。

（　）3.DIN 是代表日本國家標準規範。

（　）4.台灣是鋼鐵原料的出產國家。

（　）5.碳鋼種類的材料可用於強酸、強鹼液體管路而不被侵蝕。

（　）6.台灣的鑄鋼原材料除了進口鋼錠外，否則就用沖壓件之沖子或毛邊之材料。

（　）7.耐熱鋼的用途一般用於模具及鍋爐用具。

（　）8.所謂 18-8 不銹鋼是表示 Ni 含量 18%、鉻含量 8%。

（　）9.碳鋼類中是以碳含量來區分 0.25%以下低碳鋼，0.25%～0.45%中碳鋼，0.45%以上高碳鋼。

（　）10.不銹鋼、耐熱鋼也屬於合金鋼的一種。

請翻至 12 頁核對答案。

筆記欄

請翻至下一頁

學習評量—解答

是非題：

1.（◯）

2.（◯）

3.（×）DIN 是德國國家標準規範。

4.（×）台灣本地不出產鋼鐵原料，但是鋼鐵材料鑄鋼件的出口國家。

5.（×）不銹鋼種類的材料可用於強酸及強鹼液體管路而不被侵蝕。

6.（◯）

7.（◯）

8.（×）所謂 18-8 不銹鋼是表示鎳 Ni 含量 8%、鉻 Cr 含量 18%。

9.（◯）

10.（◯）

請翻至下一頁

你已經熟悉鑄鋼材料中基本常用的四個種類及用途，並瞭解相互間的關係，接著，你將進入第二個學習目標。

本單元的第二個學習目標是：

不參考任何書籍及資料下，你能夠正確地說出鑄鋼材料中常用的四種規格及特性用途。

假如你能夠勝任這個目標，請翻至第 23 頁做學習評量（二）測驗，假使你認爲自己無法勝任達成，請參閱第 4 頁所列參考書或翻至第 14 頁進行學習本教材內容。

壹、碳鋼的規格及用途

碳鋼之用途在此一單元，請參照表 6 之化學成份及機械性質，配合設計圖面之需要選用配合即可。另外在選用材料時要特別注意抗拉強度及硬度以利機械加工上之需求。

碳鋼中各化學元素的功用及影響。

一、碳：碳在鋼中可增加強度，但會減低鋼之展性及韌性。碳也有發揮鋼之耐磨性，含量越高則對於鋼之機械加工性越困難，刀具消耗大，因碳使鋼之斷面組織細密化，並因碳之高低影響碳鋼之熱處理效果。

二、矽：矽在鋼中有防止氧化之特性，又有增加鋼之收縮作用，且有助於鑄鋼之流動性，除變壓器用之矽鋼片含矽量較高外，普通鋼料含矽量在 0.3%以下者居多。

三、錳：錳在鑄鋼中易與硫結合成 MnS 或 FeS 或兩者之混合物浮渣，使鋼液潔淨 MnS 或 FeS 在鋼中降低可減輕鋼之紅熱脆性。

四、磷：磷在鋼中有增大晶粒之壞性質，在常溫下磷能使鋼發生冷脆性（Cold Shortness）如果磷在鋼中超過 0.1%時，即可影響鋼之品質變脆，磷又有害於鋼之延展性。

五、硫：硫在鋼中結合成 MnS 及 FeS，當鋼在施工中，即是說鋼在加熱鍛打時，硫能使鋼起紅熱脆性（Red Shortness）硫有害於鋼之可鍛性，其延展性能無表現。

表 6　碳鋼的化學組成及機械性質

名稱	化學性質					物理性質		
	C	Si	Mn	S Max	P Max	抗拉強度 1b/in	屈伏點 1b/in	延長率 %
低碳鋼	＜0.12	0.15-0.30	0.30-0.60	0.050	0.04	42000-65000	28000-40000	46-54
中碳鋼	＜0.50	0.15-0.30	0.60-0.90	0.050	0.04	65000-92000	39000-50000	34-21
高碳鋼	＜1.0	0.15-0.30	0.60-0.90	0.050	0.04	92000-100000	50000-53000	21-12

請翻至下一頁

認識合金元素：如圖 3 至圖 8 所示：

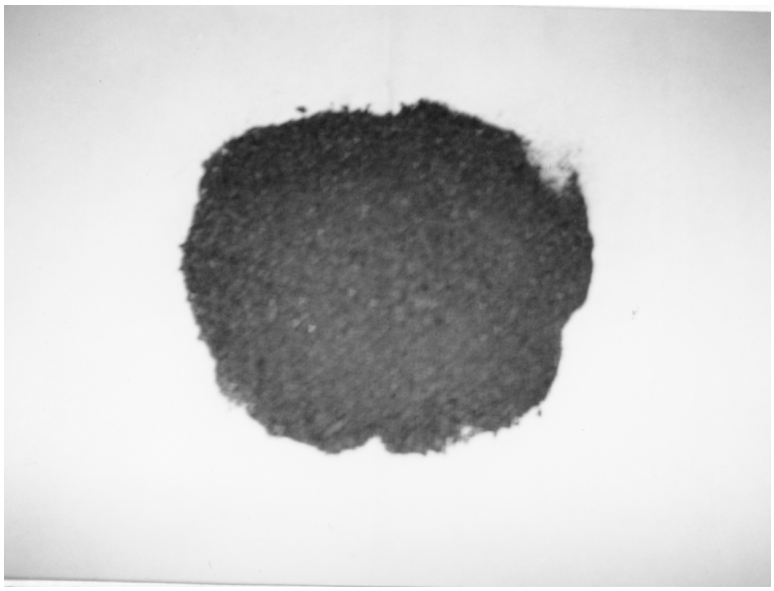


圖 3　加碳劑　C 99.9％

圖 4　矽鐵　Si 60％

請翻至下一頁

圖 5　低碳錳鐵　Mn 63%

圖 6　純鎳丸　Ni 99.9%

請翻至下一頁

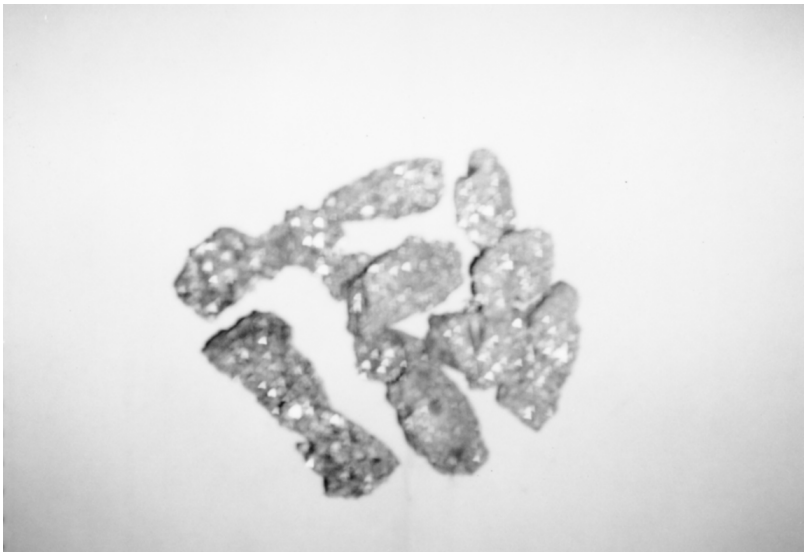


圖 7　低碳鉻鐵　Cr 62%粗大晶粒具金屬光澤

圖 8　低碳鉬鐵　Mo 60%結晶細密具有金屬光澤

請翻至下一頁

貳、合金鋼的用途

一、構造用合金鋼大多供機械另件用品，機車另件、鐵道及火車、建築鋼材，所含合金元素較少，價格較便宜，原料取得方便。

二、特殊合金鋼需具有特殊物理性質或化學性質，故含有合金元素較多，含量通常在 12%以上，其價格較高，其主要用途爲常溫及高溫之耐蝕鋼之材料，高彈性之彈簧材料等，約分爲耐熱鋼、耐蝕鋼、耐酸鹼鋼、磁性鋼、彈簧鋼。

三、合金元素對合金的效用：

(一)矽 Si 對鋼有脫氧作用，並增加流動性，耐氧化性提高。

(二)錳 Mn 與硫 S 產生化學作用產生硫化錳 MnS 有造渣去硫防止脆化。

(三)鎳 Ni 有強化肥粒鐵，改善低溫時的衝擊性。

(四)鉻 Cr 提高耐蝕性、耐酸性，並增進高溫強度。

(五)鉬 Mo 增加回火軟化抵抗，提高高溫強度也具有耐酸性。

因爲合金鋼之角色較特殊，需看工作之需要來選用才能達到物美價廉且具有長效耐用的材料。

參、不銹鋼之規格及用途

一、不銹鋼的規格

JIS 不銹鋼的化學成份，如表 7 所示；表 8 爲其熱處理及機械性質表。

表 7　不銹鋼鑄鋼的化學成份 JIS-G5121

種類	化學成分 %								
記號	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	其他
SCS13	0.08 以下	2.00 以下	2.00 以下	0.040 以下	0.040 以下	8.00～11.00	18.00～21.00	-	-
SCS14	0.08 以下	2.00 以下	2.00 以下	0.040 以下	0.040 以下	10.00～14.00	17.00～20.00	2.00～3.00	-
SCS16	0.03 以下	1.50 以下	2.00 以下	0.040 以下	0.040 以下	12.00～16.00	17.00～20.00	2.00～3.00	-
SCS19	0.03 以下	2.00 以下	2.00 以下	0.040 以下	0.040 以下	8.00～12.00	17.00～21.00	-	-
SCS23	0.07 以下	2.00 以下	2.00 以下	0.040 以下	0.040 以下	27.50～30.50	19.00～22.00	2.00～3.00	Cu3.00～4.00

請翻至下一頁

表 8　不銹鋼的熱處理及機械性質 JIS-G5121

種類記號	固溶化熱處理度 C	降伏強度 kgf/mm（N/mm）	抗拉試驗 kgf/mm（N/mm）	伸長率%	硬度 HB
SCS13	1030～1150 急冷	19 以上（186）以上	45 以上（441）以上	30 以上	183 以下
SCS14	1030～1150 急冷	19 以上（186）以上	45 以上（441）以上	28 以上	183 以下
SCS16	1030～1150 急冷	18 以上（177）以上	40 以上（392）以上	33 以上	183 以下
SCS19	1030～1150 急冷	19 以上（186）以上	40 以上（392）以上	33 以上	183 以下
SCS23	1070～1180 急冷	17 以上（167）以上	40 以上（392）以上	30 以上	183 以下

二、不銹鋼的用途

不銹鋼的材質表面安定性是其特性，主要是應付氧化氣氛的環境，所以船用五金，閥類產品能抵抗海水及化學品之腐蝕。

不銹鋼的耐氧化性，在於鉻鎳 CrNi 形成 Cr_2O_3 之表層不動態之保護膜。所以在衛浴五金，衛生下水道管路，泵浦零組件、食品機械運動器材，使用非常普遍。

在各種特殊的氧化，腐蝕的場所選用不銹鋼除了美觀外，對於其日後的維護成本可以降低很多，再加上其本身具有的特殊機械性質，在鋼鐵使用量已逐漸取代傳統碳鋼及構造用鋼等等。

肆、耐熱鋼之規格及用途

一、耐熱鋼的規格

耐熱鋼化學成份，如表 9 所示；表 10 爲其熱處理及機械性質表。

請翻至下一頁

表 9 耐熱鋼之化學成份規格表 JIS-G5122

種類記號	化學成分 %						
	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr
SCH1	0.20-0.40	1.50-3.00	1.00 以下	0.040 以下	0.040 以下	1.00 以下	12.00-15.00
SCH2	0.40 以下	2.00 以下	1.00 以下	0.040 以下	0.040 以下	1.00 以下	25.00-28.00
SCH3	0.40 以下	2.00 以下	1.00 以下	0.040 以下	0.040 以下	1.00 以下	12.00-15.00
SCH11	0.40 以下	2.00 以下	1.00 以下	0.040 以下	0.040 以下	4.00-6.00	24.00-28.00
SCH12	0.20-0.40	2.00 以下	2.00 以下	0.040 以下	0.040 以下	8.00-12.00	18.00-23.00
SCH13	0.20-0.50	2.00 以下	2.00 以下	0.040 以下	0.040 以下	11.00-14.00	24.00-28.00
SCH15	0.35-0.70	2.50 以下	2.00 以下	0.040 以下	0.040 以下	33.00-37.00	15.00-19.00
SCH16	0.20-0.35	2.50 以下	2.00 以下	0.040 以下	0.040 以下	33.00-37.00	13.00-17.00
SCH17	0.20-0.50	2.00 以下	2.00 以下	0.040 以下	0.040 以下	8.00-11.00	26.00-30.00
SCH18	0.20-0.50	2.00 以下	2.00 以下	0.040 以下	0.040 以下	14.00-18.00	26.00-30.00
SCH19	0.20-0.50	2.00 以下	2.00 以下	0.040 以下	0.040 以下	23.00-27.00	19.00-23.00
SCH20	0.35-0.75	2.50 以下	2.00 以下	0.040 以下	0.040 以下	37.00-41.00	17.00-21.00
SCH21	0.25-0.35	1.75 以下	1.50 以下	0.040 以下	0.040 以下	19.00-22.00	23.00-27.00
SCH22	0.35-0.45	1.75 以下	1.50 以下	0.040 以下	0.040 以下	19.00-22.00	23.00-27.00
SCH23	0.20-0.60	2.00 以下	2.00 以下	0.040 以下	0.040 以下	18.00-22.00	28.00-32.00
SCH24	0.35-0.75	2.00 以下	2.00 以下	0.040 以下	0.040 以下	33.00-37.00	24.00-28.00

請翻至下一頁

表 10 耐熱鋼之熱處理及機械性質 JIS-G5122

退火	熱處理℃	拉伸試驗				
		降伏強度		抗拉強度		伸長率%
		kgf/mm^2	（N/mm^2）	kgf/mm^2	（N/mm^2）	
SCH1	800-900 徐冷	—	—	50 以上	（490）以上	—
SCH2	800-900 徐冷	—	—	35 以上	（343）以上	—
SCH3	800-900 徐冷	—	—	50 以上	（490）以上	—
SCH11	—	—	—	60 以上	（588）以上	—
SCH12	—	24 以上	（235）以上	50 以上	（490）以上	23 以上
SCH13	—	24 以上	（235）以上	50 以上	（490）以上	8 以上
SCH15	—	—	—	50 以上	（490）以上	23 以上
SCH16	—	20 以上	（196）以上	45 以上	（441）以上	13 以上
SCH17	—	28 以上	（275）以上	55 以上	（539）以上	5 以上
SCH18	—	24 以上	（235）以上	50 以上	（490）以上	8 以上
SCH19	—	—	—	40 以上	（392）以上	5 以上
SCH20	—	—	—	40 以上	（392）以上	4 以上
SCH21	—	24 以上	（235）以上	45 以上	（441）以上	8 以上
SCH22	—	24 以上	（235）以上	45 以上	（441）以上	8 以上
SCH23	—	25 以上	（245）以上	46 以上	（451）以上	8 以上
SCH24	—	24 以上	（235）以上	45 以上	（441）以上	5 以上

請翻至下一頁

二、耐熱鋼的用途及特性

(一)麻田散體系材料：SCH1，SCH3 耐熱鋼除了耐高溫外，也需考慮耐高溫氧化性，此種規格之材料在 800℃之作業環境尚能使用，但如果需具備高溫強度將建議在 680℃以下使用較安全，此類規格之材料用於管路閥類、鍋爐零件、水泥窯零件等。

(二)肥粒體系材料：SCH2，SCH11，SCH17 此規格的材料具有耐 1100℃高溫優越的氧化性，但其強度較沃斯田體系稍低。但依其鎳 Ni 含量越高，其強度及韌性越高。另外需考慮其在 400～500℃之間有脆性及 650～850℃δ 相析出，也易生脆化的特點，在使用上需深加考慮。此類規格之材料用於熱處理爐之爐條、煙道用檔板、爐床板、鹽浴爐材料、礦石培燒爐用零件如刀片、雙臂等。

(三)沃斯田體系材料：SCH12、13、14、15、16、18、19、20、21、22、24，共十一項規格。此規格材料是工業界最常用的耐熱鋼，當鎳 Ni 與鉻 Cr 含量的增加，其耐氧化性更好。使用於大氣中有硫磺氛的場合以選定鎳 Ni 含量低的材料較佳。

在設計材料上如要求強度者，耐熱潛變強度爲設計應力計算基礎，一般採用 0.001％／小時的潛變應力的 25～50％當作設計應力。

此類材料的用途：石油化學工業加熱爐內零件，（管路配件、支架），熱處理爐內爐床轉子棘輪、管子、托盤、烙條（Muffle）。

請翻至下一頁

學習評量二

請不要使用參考資料或書籍，在下列各提前之空格寫一下正確的答案。

一、是非題：十題，每題五分

（　）1.碳鋼類的機械性質，一般要注意抗拉強度、硬度。

（　）2.碳鋼類的材料用途須配合化學成份及機械性質。

（　）3.合金鋼中矽 Si 原元素具有脫氧作用，增加鋼液流動性，提高耐氧化性。

（　）4.合金元素中鎳 Ni 具有提高耐蝕性、耐酸性，並增進高溫強度之特性。

（　）5.不銹鋼的耐氧化性，在於鉻鎳 CrNi 形成 Cr_2O_3 之表層不動態之保護膜。

（　）6.碳鋼中碳含量越高，其斷面組織越粗大。

（　）7.使用於大氣中有硫璜氣氛的場合以選定鎳 Ni 含量高的材料較佳。

（　）8.鍋爐零件，水泥窯零件要選用麻田散體系的耐熱鋼。

（　）9.耐熱鋼除了耐高溫外也要具有耐高溫氧化性。

（　）10.不銹鋼中 304 與 316 之區別在於含有 Mo 之高低，316 含有 0.5%即可。

二、選擇題：五題，每題十分

（　）1.特殊合金鋼需具有特殊物理性質或化學性質，故含有合金元素較多，含量也常在 (1)25%以上 (2)12%以上 (3)50%以上。

（　）2.肥粒體系耐熱鋼具有耐 (1)100℃ (2)800℃ (3)1100℃ 的高溫氧化特性。

（　）3.合金元素中具強化肥粒體，並改善低溫的衝擊值在下列何種元素？(1)Ni 鎳 (2)Cr 鉻 (3)鉬 Mo。

（　）4.衛浴五金零件、泵浦零件、食品機械零件以下列何種鋼種較適合？ (1)碳鋼 (2)鑄鋼 (3)不銹鋼。

（　）5.沃斯田體系材料中常用 SCH13 的耐熱鋼，當 (1)碳 C 矽 Si (2)鎳 Ni 鉻 Cr (3)錳 Mn 鉬 Mo 增加則其耐氧化性會更好。

請翻至下一頁核對答案。

學習評量二解答

一、是非題

1.（○）
2.（○）
3.（○）
4.（×）應爲 Cr 鉻，不是 Ni 鎳。
5.（○）
6.（×）應爲細密不是粗大。
7.（×）應爲 Ni 鎳含量低的材料較佳。
8.（○）
9.（○）
10.（×）應爲含鉬量 2～3%。

二、選擇題

1.（２）
2.（３）
3.（１）
4.（３）
5.（２）

請翻至下一頁

上面兩個學習目標，你都能順利又正確地瞭解了，那麼第三個學習的目標是：

本單元的第三個學習目標是：

給你一份鑄鋼材料材質表，在無人幫助的情況下，你能依鑄鋼材料規格表計算出一份配料表，供熔解人員下料熔解使用。

本學習活動僅就前面四種鑄鋼材料各選一規格，以現有可在市場上取得之材料合金，進行調配成份以達到澆鑄時合格之化學成份之材質鋼水，進行澆鑄成完美之鑄件。

假如你能夠勝任這個目標，請翻至第 31 頁做學習評量（三）測驗，假使你認爲自己無法勝任達成，請參閱第 4 頁所列參考書籍或翻至第 26 頁進行學習本教材內容。

壹、碳鋼類（CARBON STEELS）之配料範例

以 S45C 中碳鋼來計算配料，此規格與 SAE1045 相同，其目標成份如下：

碳 c%	矽 Si%	錳 Mn%	磷 P%	硫 S%
0.42-0.48	0.15-0.35	0.60-0.90	0.03 以下	0.035 以下

其用途爲一般連接棒、接頭、軸類、曲軸、螺絲、汽車零件、機器零件等，爲工業用途最廣之鋼材。

在國內熔解原料均取用沖壓件之下腳料，其規格以 S20C 爲主，即 SAE1020，其標準成分如下：

碳 C%	矽 Si%	錳 Mn%	磷 P%	硫 S%
0.15-0.25	0.20-0.60	0.20-0.60	0.04 以下	0.045 以下

綜合以上 S45C 與 S20C 兩相比較，我可計算出：碳 C%不足 0.23%、矽 Si%已經足夠且有超出，因此矽 Si 不必再增加，但多出的部分因熔解過程損失及造渣效應，可以讓矽含量在成品達到目標成份錳 Mn%少約 0.3%，磷 P%在熔解時高溫即有揮發作用也可達成目標成份，硫 S%在熔解過程會與錳 Mn 產生化學作用形成硫化錳 MnS 變成爐渣，並有防止 S 之高溫脆性的雙重效果。經過上述分析結果，實際上只要針對碳 C%含量及錳 Mn%含量進行補充即可。再則，一般配料過程中我們需要配合約 30%的回爐料（澆冒口及報廢鑄件）進行熔解，回爐料部分均視爲其化學成份已達到目標值，故僅就添加之原料 70%來計算補充量。

碳的添加物均採用加碳劑，一般以電極碳爲主，其含量約 99%。

錳的添加物均採低碳錳鐵作爲添加物，其錳含量約 66%。

一、碳不足 0.23×70%÷99%＝163 公克，須另外補充熔解損失約 8%，故 163×0.08＝13 公克→163＋13＝176 公克／每 100 公斤；預估熔解後其 C 含量可達到 0.45%，在目標值範圍 0.42～0.48%。

二、錳不足 0.3×70%÷63%＝333 公克，須另外補充熔解損失約 5%，故 333×0.05＝17 公克→333＋17＝350 公克／每 100 公析；預估熔解後其 Mn 含量可達到 0.75%，在目標值範圍 0.60～0.90%。

表 11 所示爲各合金元素回收率百分比做爲計算時之依据。

表 11　合金元素回收率%

合金元素	矽鐵 Fe-Si	錳鐵 Fe-Mn	鉻鐵 Fe-Cr	鎳丸 Ni	鉬鐵 Fe-Mo	硫 S	磷 P	碳 C	鋁 Al
回收率%	90	95	95	100	95	75	75	92	70

表 12 所示爲選用 S20C 材料配成 S45C 中碳鋼之高週波爐配料表。

請翻至下一頁

表 12　高週波爐 S45C 中碳鋼配料表（單位：公斤）

原材料	回爐料	加碳劑	矽 Si	錳鐵	鋁棒
70	30	0.18	—	0.35	0.1

貳、合金鋼（ALLLOY STEELS）之配料範例

以鉻鉬合金鋼爲例，屬低合金鋼，一般以紅十字鋼代表 SCM440 與 SAE4140 相同，其目標成份如下：

碳 C%	矽 Si%	錳 Mn%	磷 P%	硫 S%	鉻 Cr%	鉬 Mo%
0.33-0.43	0.15-0.35	0.60-0.85	0.03 以下	0.03 以下	0.90-1.20	0.15-0.30

主要用途爲汽車零件、機械零件、軸類、齒輪、強力螺絲、鑽礦零件、打釘機零件，其硬度要求在經淬火與回火熱處理後達到 HB269°～341°。

在現有市場仍以沖壓件之邊料及下腳料爲主，它的規格以 S20C 即 SAE1020 爲主，其標準成份如下：

碳 C%	矽 Si%	錳 Mn%	磷 P%	硫 S%
0.15-0.25	0.20-0.60	0.20-0.60	0.04 以下	0.045 以下

兩相比較後，與前面碳鋼類 S45C 相類似，只要再增加鉻 Cr 與鉬 Mo，其中碳 C 與錳 Mn 參照前面即可。

鉻的添加物以低碳鉻鐵較爲洽當，其含鉻 Cr 量以 62%居多，此合金須由國外進口；

鉬的添加物以低碳鉬鐵較爲理想，其含鉬 Mo 量以 60%居多，此合金須由國外進口。

一、鉻不足 1.2%，其中我們使用 100%之原料進行熔解：

1.2÷62%＝1.94 公斤　　須另外補充熔解損失爲 5%

1.94×0.05＝0.097 公斤→1.94＋0.1＝2.04 公斤／每 100 公斤；

預估熔解後，其鉻含量可達到 1.1%，在目標範圍 0.90～1.20%內。

二、鉬不足 0.3%，也使用 100%原料進行熔解，低碳鉬鐵 Fe-Mo 其含鉬 Mo 成分 60%：

0.3÷60%＝0.50 公斤　　須另外補充熔解損失爲 5%

0.50×0.05＝0.025 公斤→0.5＋0.025＝0.53 公斤／每 100 公斤；

預估熔解後，其鉬含量可達到 0.25%～0.28%，在目標範圍 0.15～0.30%內。

三、因爲碳鋼及合金鋼在大氣中熔解均會吸收大氣中的氧 O_2，嚴重時造成氧化，整爐鋼水報廢，爲防止此一現象必在出鋼水前加入鋁棒 Al，形成 Al_2O_3 充分除氣並增進結晶微細化，然後做最後一次除渣迅速出鋼水澆鑄，而鋁棒的使用量通常以 0.1%即可。

請翻至下一頁

表 13 所示爲選用 SAE1020 材料配成 SCM440 合金鋼之高週波爐配料表。

表 13　高週波爐 SCM440 材料配料表（單位：公斤）

原材料	回爐料	加碳劑	矽 Si	錳鐵	磷 P	硫 S	鉻 Cr	鉬 Mo	鋁棒
100	0	0.36	—	0.71	—	—	2.04	0.53	0.1

參、不銹鋼類（STAINLESS STEELS）之配料範例

以 ASTMCF8M 爲例來計算配料，此規格與 JIS G5121 的 SCS14 相同，其目標成份如下：SUS316 同規格

碳 C%	矽 Si%	錳 Mn%	磷 P%	硫 S%	鎳 Ni%	鉻 Cr%	鉬 Mo%
0.08 以下	2.00 以下	2.00 以下	0.04 以下	0.04 以下	10.0-14.0	17.0-20.0	2.0-3.0

此一規格之不銹鋼用於化工業之管配件、閥類、食品機械零件、絞肉機、深水幫浦零件、船用五金、港區裝飾五金等。在國內均採用 18-8 的 304 沖壓床下腳料或專用鋼錠進行熔解。

其標準成分如下：SCS13

碳 C%	矽 Si%	錳 Mn%	磷 P%	硫 S%	鎳 Ni%	鉻 Cr%	鉬 Mo%
0.08 以下	2.00 以下	2.00 以下	0.04 以下	0.04 以下	8.0-11.0	18.0-21. 0	0.5 以下

綜合以上 316 與 304 兩種成分比較後，可計算出：碳 C、矽 Si、錳 Mn、磷 P、硫 S，其目標成份完全相同，所以這五種元素無需再另外補充。僅針對鎳 Ni、鉻 Cr、鉬 Mo 三種合金來進行配料調整。

一般 304 之鎳 Ni 成分均偏下限約在 8%，爲達目標成分中間值 12%，所以鎳少約 4%，不銹鋼在熔解配料時，也使用 30%的回爐料進行熔解，而回爐料部分均經分光分析儀作材質分析達到目標成份，因此只要添加原料 70%來計算補充量。鉻 Cr 成份約 18%僅補充熔解損失 0.05%即可。鉬 Mo 約須再加 2%。

鎳的添加物均以電解鎳爲主，其含量約以 100%（99.99%），須由國外進口；

鉻的添加物均以低碳鉻鐵較爲適合，其含鉻量在 62%，須由國外進口；鉬的添加物均以低碳鉬鐵較爲適合，其含鉬量在 62%，須由國外進口；

一、鎳不足：4×70%＝2.8 公斤／每 100 公斤，因其回收率達 100%，所以熔解損失 0，預估熔解後，其 Ni 含量可達到 12%。

二、鉻不足：1×70%÷62%＝1.13 公斤／每 100 公斤，須另外補充熔解損失約 5%；1.13×0.05＝0.0565 公斤→1.13＋0.06＝1.19 公斤／每 100 公斤；預估熔解後其 Cr 含量可達 19%。

三、鉬不足：2×70%÷62%＝2.23 公斤／每 100 公斤，須另外補充熔解損失約 5%；2.33×0.05＝0.116 公斤→2.33＋0.116＝2.446 公斤／每 100 公斤；預估熔解後其 Mo 含量可達 2.3%。

請翻至下一頁

表 14 所示爲選用 304 材料配成 316 不銹鋼之高週波爐配料表。

表 14　高週波爐 316 不銹鋼材料配料表（單位：公斤）

原材料	回爐料	鎳丸 Ni	低碳鉻鐵	低碳鉬鐵	矽鐵
70	30	2.8	1.19	2.45	—

肆、耐熱鋼類（HEAT-RESISTING STEELS）之配料範例

以 SCH3 耐熱鋼化學成份如附表 15 所示來計算配料，此規格在中國國家標準（CNS）同日本（JIS），其目標成分如下：SCH3 規格

表 15　SCH3 耐熱鋼規格表

碳 C%	矽 Si%	錳 Mn%	磷 P%	硫 S%	鎳 Ni%	鉻 Cr%
0.4 以下	2.0 以下	1.0 以下	0.04 以下	1.0 以下	1.0 以下	12.0-15.0

此規格材料主要用途爲幫浦零件、各型閥類、水泥窯零件、鍋爐用零件、電石鍋用之鋼材。

以現有市場較易取得之材料爲 SUS420 或 SCS2 之沖壓件之下腳料爲主，其形態有壓丸或沖子居多，且材料較便宜，每公斤約台幣十三元。

其標準成分如下：SCS2 化學成份表如附表 16 所示。

表 16　SCS2 化學成份規格表

碳 C%	矽 Si%	錳 Mn%	磷 P%	硫 S%	鎳 Ni%	鉻 Cr%
0.16-0.24	1.50 以下	1.0 以下	0.04 以下	1.0 以下	1.0 以下	11.50-14.00

綜合以上 SCH3 與 SCS2 兩相比較可計算出

碳 C%不足約 0.1%，矽 Si%不足約 0.5%，鉻 Cr%不足約 1%

(1)碳 C%不足 0.1×70%÷99%＝70 公克　需另外補充熔解損失約 8%

70×0.08＝6 公克→70＋6＝76 公克　碳添加量

(2)矽 Si%不足 0.5×70%÷65%＝538 公克　需另外補充熔解損失約 10%

538×1.1＝592 公克　矽添加量

(3)鉻 Cr%不足 1×70%÷63%＝1.11 公斤　需另外補充熔解損失約 5%

1.11×1.05＝1.16 公斤　鉻添加量

預估熔解後其碳含量可達到 0.26%

預估熔解後其矽含量可達到 1.80%

預估熔解後其鉻含量可達到 12.50%

請翻至下一頁

表 17 所示爲選用 SCS2 材料配成 SCH3 耐熱鋼之高週波爐配料表。

表 17　高週波爐 SCH3 耐熱鋼材料配料表（單位：公斤）

原材料	回爐料	加碳劑	矽鐵	低碳鉻鐵
70	30	0.076	0.592	1.16

圖 9　鋼沖子原料

圖 10　鋼壓丸原料

請翻至下一頁

學習評量三

請不要參考資料或書籍，回答下列問題。

一、是非題：五題，每題十分

（　）1.碳的添加劑均採用加碳劑，一般以電極碳爲主，其含碳量約 99%。

（　）2.一般配料過程中，我們需要配合約 30%的回爐料是澆冒口及報廢鑄件。

（　）3.碳鋼及合金鋼在大氣中熔解均會吸收大氣中的氧 O_2，嚴重時造成鋼液氧化，爲防止此現象，要加入銅棒來改善。

（　）4.鎳 Ni 的的添加物以電解鎳爲主，其含量約爲 99.99%。

（　）5.一般配料計算均採目標成份的下限來計算較節省成本。

二、計算題：一題五十分

選用 SCS19 的材料來配 SCS16 的不銹鋼鑄鋼，鑄鋼之材料規格計算出一份配料表。其中計算鎳 Ni、鉬 Mo 即可。配料以 70%原料配 30%回爐料爲依據。採用高週波爐 100 公斤爐體。

化學成分如下表

規格	碳 C	矽 Si	錳 Mn	磷 P	硫 S	鎳 Ni	鉻 Cr	鉬 Mo
SCS19	0.03 以下	2.0 以下	2.0 以下	0.04 以下	0.04 以下	8.0～12.0	17.0～21.0	-
SCS16	0.03 以下	1.5 以下	2.0 以下	0.04 以下	0.04 以下	12.0～16.0	17.0～20.0	2.0～3.0

請翻至下一頁核對答案。

學習評量三解答

一、是非題

1.（◯）

2.（◯）

3.（×）要加入鋁棒來改善

4.（◯）

5.（×）要目標成份的中間值，即使有誤差，也可保證在目標成份範圍內。

二、計算題

(1)鎳 Ni 不足量 14-10＝4%　　因鎳 Ni 無熔解損失

4×70%＝2.8 公斤　　故鎳 Ni 的補充量 2.8 公斤

預估鎳含量可達 14%

(2)鉬 Mo 不足量＝2.5-0＝2.5%

2.5×70%÷62%＝2.82 公斤　　因鉬 Mo 需另外補充熔解損失約 5%

所以 2.82×1.05＝2.96 公斤

預估鉬含量可達 2.5%

高週波爐 SCS16 不銹鋼材料配料表（單位：公斤）

原材料	回爐料	鎳 Ni	低碳鉬鐵 Mo	總投入量
70	30	2.81	2.96	105.76

請翻至下一頁

學後評量

請不要使用參考書籍或再翻閱前面的資料，直接在各題前空格處作答。

一、是非題：十題，每題五分

（　）1.碳鋼類高碳鋼的用途以高碳工具鋼如鑽頭，鑿子等高硬耐磨耗為主。

（　）2.高合金鋼其合金化學成份含量約在 10%以上者如高鉻鋼、高錳鋼等。

（　）3.麻田散體系在 JIS 內 SCS2 之不銹鋼材料用於自助餐盤、西餐用刀叉居多。

（　）4.碳元素在鋼中可增加強度，也會增加鋼之展性及韌性。

（　）5.硫元素在鋼中結合成 MnS 及 FeS，在加熱鍛打時，能使鋼產生低溫脆性，有害鋼之可鍛性。

（　）6.碳鋼的材質具有表面安定性，所以能應付氧化氣氛的環境。

（　）7.石油化學工業加熱爐內零件應選用沃斯田體系耐熱鋼。

（　）8.合金元素在熔解過程因高溫作用會有揮發及化學作用而損失。

（　）9.矽鐵 Fe-Si 其合金元素的回收率是 80%。

（　）10.低碳鉻鐵 Fe-Cr，市場上一般其含鉻 Cr 量約 90%。

二、選擇題：五題，每題五分

（　）1.中國國家標準規範以下列何者表示　(1)DIN　(2)JIS　(3)CNS　(4)SAE。

（　）2.在下列合金元素中能使鋼潔淨產生 MnS 的是　(1)錳 Mn　(2)鉬 Mo　(3)鉻 Cr　(4)鎳 Ni。

（　）3.要具有溫度耐荷重能力及溫度持久性、熱疲勞耐久性應選用　(1)碳鋼　(2)不銹鋼　(3)高錳鋼　(4)耐熱鋼。

（　）4.在特殊的氧化、腐蝕的場所選用下列哪一種材料，又可減少維護成本　(1)碳鋼　(2)不銹鋼　(3)低合金鋼　(4)耐熱鋼。

（　）5.合金元素中的低碳鉬鐵 Fe-Mo 成份約多少　(1)50%　(2)60%　(3)75%　(4)90%。

三、計算題：一題 25 分

選用 AISI430 材料來配 431 的不銹鋼鑄鋼，之材料規格計算出一份配料表，其中計算鉻 Cr 及鎳 Ni 即可。配料以 70%原料配 30%回爐料為依據。

化學成份如下表：

規格	碳 C	矽 Si	錳 Mn	磷 P	硫 S	鉻 Cr	鉬 Mo	鎳 Ni
430	0.12	1.0	1.0	0.04	0.04	12.0-14.0	0.6 以下	-
431	0.12	1.0	1.0	0.04	0.04	15.0-17.0	0.6 以下	1.25-250