

精密鑄造能力本位訓練教材 認識精密鑄件材料 及用途

編號：PMF-IPC0104

編著者：林皆全

審稿者：陳美保、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

單元 PMF-IPC0104 學習指引

在你學習本單元之前，應該要先了解精密鑄造基本知識及特性，並且對精密鑄造的種類有所了解；而學習本職類各單元的先後順序，可參考下一頁的能力目錄。假如你對於上列的相關知識都有所了解，請翻到第 1 頁開始學習；假如你認為還不熟悉的話，請將本教材放回原位，並取出教材編號 PMF-IPC0101、PMF-IPC0102、PMF-IPC0103 重新學習或請教你的老師。

引言

在金屬材料中有些材質適合用鑄造法；有些材質因鑄造性不佳，不適合用鑄造的方法來生產，較適合鍛造加工。而適合於鑄造生產的材質有哪些？這些材質中哪些常用於生產精密鑄件？這些精密鑄件的用途為何？在工業上、生活的周遭有哪些地方運用了精密鑄件？本單元將使你認識精密鑄件的材質及廣泛的用途。

定義

鑄造性：係指金屬材料可被鑄造的性質，包括了金屬熔融性質、金屬液流動性等。

熱處理：藉熱的變化處理金屬材料（包括加熱冷卻恆溫等過程）使材料性質能達到所要求的方法。

3C 產品：資訊、通訊、電子業產品。

學習目標

- 一、在不參考任書籍資料下，你能正確說出精密鑄造鑄件的材質種類及材質的相關特性。
- 二、在不參考任書籍資料下，你能正確說出精密鑄造鑄件的用途、應用的範例。

學習活動

本單元之學習活動是相關知識的瞭解，你對精密鑄造鑄件的材質種類及應用範例的認識與學習，可由下列之二條途徑選擇一途徑去學習。

一、閱讀本教材之第 6 頁至第 40 頁。

二、閱讀下列參考書籍：

(一)金屬材料選用手冊，1987 年，中華民國鑄造學會編印，譯者潘國桐。

(二)機械材料，1997 年，復文書局，金重勳編著。

(三)精密鑄造用蠟，1988 年，工業技術研究院工業材料研究所，2 頁～6 頁。

(四)最新汽車用鑄件照片集，1988 年，中華民國鑄造學會，林良清編著。

(五)編號 PMF-IFM0201，PMF-IFM0202，PMF-IFM0203，PMF-IFM0204 教材。

本教材第一個學習目標是

在不參考任書籍資料下，你能正確說出精密鑄造鑄件的材質種類及材質的相關特性。

認識精密鑄件常用金屬與合金

目前幾乎可以熔融的金屬都可以很成功的運用精密鑄造，所以以下僅就常用的金屬合金來做說明：

一、鑄鐵

鑄鐵為鑄造之鐵－碳合金，含碳量通常在2.8~3.4%之間，尚含有矽、錳、磷、硫等成分，尤以碳及矽對其機械性質影響最大，其次是磷，如表1所示，把這些影響元素相加後所得的量稱為碳當量（簡稱為CE），可由碳當量測定儀求出，碳當量越低強度越大，計算公式如下：

$$CE = \text{碳}\% + 1/3 (\text{矽}\%)$$

$$\text{或 } CE = \text{碳}\% + 1/3 (\text{矽}\% + \text{磷}\%)$$

表 1 合金元素對鑄鐵的影響

碳	碳可與鐵化合成兩種型態：雪明碳鐵與石墨，含碳量越低，易形成雪明碳鐵，使鑄鐵變硬脆；含碳量越高，所形成石墨越多，將鑄鐵變軟，鐵水流動性越好，收縮量小，容易澆鑄。
矽	具有石墨化作用，增加鐵水流動性，減少縮孔，加強脫氧，普通鑄鐵中含 1.5%~2.5%的矽。
錳	普通鑄鐵中含 0.4%~1.0%的錳。具有防止石墨析出，所以組織會緻密化，強度硬度會增加，減少流動性，且與硫形成硫化錳會使鑄件變脆。
磷	算是有毒元素，會使鑄件變脆，含 1%的磷可增加鑄件的耐磨耗。
硫	是有毒元素，鐵水流動性變差，增加收縮，使鑄件變脆，產生熱脆性。

(一)灰口鑄鐵：

普通鑄鐵，價格低廉，罕用於精密鑄造法。

(二)可鍛鑄鐵：

又稱展性鑄鐵，具有較高的可彎曲性伸長率，罕用於精密鑄造法。

(三)球狀石墨鑄鐵：

球狀石墨鑄鐵乃鑄鐵中之石墨在鑄造狀態時成球狀石墨組織，如圖 1 所示，球狀石墨可增加鑄鐵之延性及強度，一般成分為碳 3.4~3.8%，矽 2~2.75%，錳 0.2~0.6%，磷 0.08%以下，鎂 0.02~0.08%，球狀石墨鑄鐵具高強度（抗拉強度可高達 40~70kgf/mm²）、耐磨性主要用途為汽車曲柄軸、凸輪軸、活塞、齒輪、一般機械零件等。

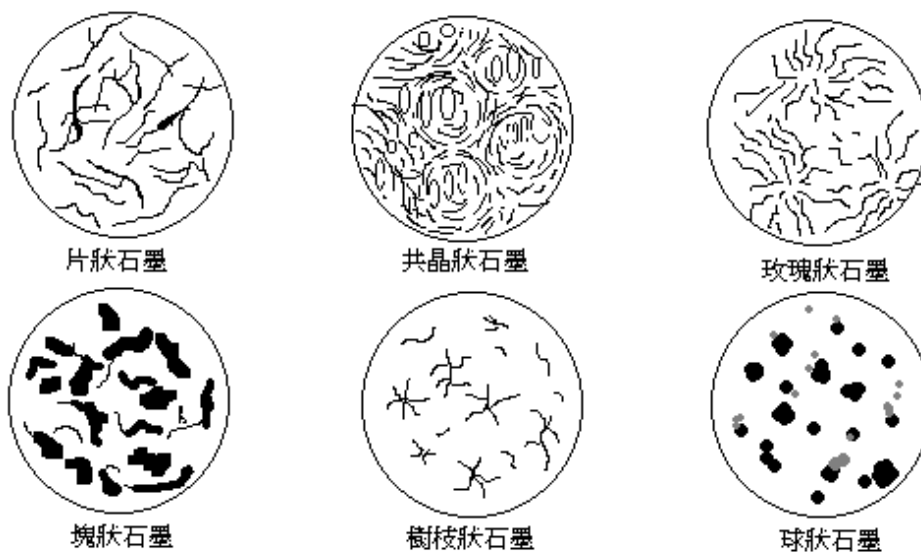


圖 1 石墨的六種型態

二、碳鋼

碳鋼泛指未添加特別合金元素者，碳鋼主要成分為Fe及C，另有少量非特意添加的Si、Mn、P、S。

各種低碳鋼（含碳0.02~0.25%）、中碳鋼（含碳0.25~0.55）、高碳鋼（含碳0.55~1.5%以上）鑄件均可用精密鑄造法生產。

三、合金鋼

合金鋼是在普通碳鋼內添加一種或一種以上的合金元素所構成的鋼。

(一)構造用合金鋼：罕用於精密鑄造法。

(二)高強度低合金鋼：

由於低合金鋼的鑄造性良好及易於熱處理，因此常被採用於構造用精密鑄件，除含碳、矽、錳外另含鉻、鎳、鉬、釩，以單獨存在或各種不同組合存在，而合金總含量低於8%者，應用在通信機零件、渦輪機葉片、齒輪、船舶等。

表 2 精密鑄造用低合金鋼種類表

種類	元 素 含 量											抗拉強度	降伏強度	延伸率	硬度
	C	Mn	Si	Ni	Cr	Mo	P	S	Cu	Fe		UTS(PSI)	YS(PSI)		
低 合 金 鋼	IC 1010	0.05 0.15	0.03 0.6	0.4 0.8	-	-	-	0.04	0.04		Bal	50-60,000	30-35,000	30-35	%0-55 Rb
	IC 1020	0.15 0.25	0.2 0.6	0.2 0.6	-	-	-	0.04	0.04		Bal	60-70,000	40-45,000	25-40	75Rb
	IC 1030	0.25 0.35	0.7 1	0.2 0.6	-	-	-	0.04	0.05		Bal	65-75,000	45-50,000	20-30	75Rb
	IC 1040	0.35 0.45	0.7 1	0.2 1	-	-	-	0.04	0.05		Bal	85-100,000	55-90,000	7-22	75Rb-28 Rc
	IC 1050	0.45 0.55	0.7 1	0.2 1	-	-	-	0.04	0.05		Bal	90-180,000	50-180,000	10-25	100-60 Rc
	IC 1060	0.55 0.65	0.6 0.9	0.2 1	-	-	-	0.04	0.05		Bal	100-200,000	55-180,000	5-20	30-50Rc
	IC 1090	0.85 0.98	0.6 0.9	0.2 1	-	-	-	0.04	0.05		Bal	110-180,000	70-180,000	3-10	23-49Rc
	IC 4130	0.25 0.35	0.4 0.7	0.2 0.8	-	0.8	0.2	0.04	0.04		Bal	130-170,000	100-130,000	5-20	29-57Rc
	IC 4140	0.35 0.45	0.7 1	0.2 0.8	-	0.8	0.2	0.04	0.04		Bal	130-200,000	100-155,000	5-20	29-55Rc
	IC 4340	0.36 0.44	0.6 0.9	0.2 0.8	1.65	0.7	0.2	0.03	0.25		Bal	130-200,000	100-180,000	5-20	20-45Rc
	IC 8620	0.15 0.25	0.65 0.95	0.2 0.8	0.4	0.4	0.2	0.04	0.45		Bal	100-130,000	80-110,000	10-20	90Rb

(三)特殊用途合金鋼

1.工具鋼：

現已十分成功的，將此種材料運用精密鑄造法，生產許多工具鋼零件，如工具、模具、量具等，工具鋼含有相當高的合金成分，是一種鑄造性優異的材料，因此在精密鑄造用工具鋼，與鍛造用工具鋼材料選擇程序是一樣的，但更降低了材料成本及加工時間。

表3 工具鋼之分類

分 類	種 類
按硬化方法分類	水硬性、油硬性、自硬性工具鋼
按合金元素分類	碳工具鋼、中合金工具鋼、高合金工具鋼、高速鋼、工具用硬質合金
按用途分類	高速鋼、熱加工工具鋼、耐衝擊工具鋼、耐磨工具鋼、不變形工具鋼、軸承用工具鋼、鋼彈簧鋼

2.耐蝕合金鋼：不銹鋼、耐熱鋼

不銹鋼主要合金元素以含 Cr12%以上為主，可耐高溫氧化、硝酸、亞硫酸氣體腐蝕，另添加 Ni 以進一步耐硫酸、鹽酸等非氧化性酸之腐蝕。不銹鋼較低合金鋼的鑄造性更佳，這是由於不銹鋼含大量之合金成分，其融點也相對降低，且由於流動性良好，故可以用於生產薄斷面鑄件，並擁有良好的表面精度。

表4 不銹鋼之分類

按成份分類	按組織分類	大略組成	用途
鉻系不銹鋼 (AISI 400 系)	1.麻田散鐵型不銹鋼	13~16Cr 0.1~0.4C	熔接性汽車零件 化學工業用裝置
	2.肥粒鐵型不銹鋼	13~18Cr <0.1C	外科醫療器具 蒸氣機渦輪葉片
鉻鎳系不銹鋼 (AISI 200 及 300 系)	1.沃斯田鐵型不銹鋼	17~25Cr， 8~20Ni	化工業用的耐酸鋼
	2.析出硬化型不銹鋼 (簡稱 PH 型)	同上加 Cu/Mo/Al/Ti/Nb	

圖 5 精密鑄造用不鏽鋼種類表

種類	元素含量											抗拉強度	降伏強度	延伸率	硬度	
	C	Mn	Si	Ni	Cr	Mo	P	S	Cu	Fe		UTS(PSI)	YS(PSI)			
不 鏽 鋼	CF-8 (304)	0.08	1.5	2	8 11	18 21	-	0.04	0.04		Bal		65-75,000	30-35,000	35-50	90Rb
	CF-3 (304L)	0.03	1.5	2	8 12	17 21	-	0.04	0.04		Bal		65-75,000	30-35,000	35-50	90Rb
	CF-8M (316)	0.08	1.5	2	9 12	18 21	2	0.04	0.04		Bal		65-75,000	30-40,000	35-50	90Rb
	CF-3M (316L)	0.03	1.5	1.5	9 13	18 21	2	0.04	0.04		Bal		65-75,000	30-40,000	35-50	90Rb
	CA-15 (410)	0.05 0.15	1	1.5	1	11.5 14	0.5	0.04	0.04		Bal		95-200,000	75-160,000	5-12	94Rb-45Rc
	IC 416	0.15	1.25	1.5	0.5	11.5 14	0.5	0.05	0.15 0.35		Bal		95-200,000	75-105,000	3-8	94Rb-45Rc
	IC 431	0.08 0.15	1	1	1.5 2.2	15 2.2	15 17	-	0.04		Bal		110-160,000	75-105,000	5-20	20-40Rc
	IC17-4 PH	0.06	0.7	0.05 1	3.6 4.6	15.5 16.7	-	0.04	0.03	2.8 3.5	Bal	1.5- 4Cb +Ta .05N	150-190,000	140-160,000	6-20	34-44Rc

三、鋁合金

鋁是銀白色的金屬，比重約為2.7，純鋁鑄造性欠佳，不適合鑄造。

(一)鑄造用鋁合金

- 1.鋁銅系合金：銅 16%以下，應用在航空機械、車輪匡、車輛活塞、計數器、汽缸。
- 2.鋁矽系合金：矽 14%以下，應用在飛機唧筒零件、駕駛機構零件、水冷式汽缸體、汽車傳動齒輪箱。
- 3.鋁鎂系合金：鎂 12%以下，應用在飛機零件、船舶零件、化學工業用零件。
- 4.鋁銅鋅系合金：銅 2.5~3.0%，鋅 12.5~14.5%，鑄造時易裂開，應用在汽車之曲軸箱、齒輪箱。
- 5.鋁銅鎳鎂系合金：銅 4%，鎳 2%，鎂 1.5%，應用在汽車飛機發動機之活塞、汽缸。

表 6 精密鑄造用鋁合金種類表

種類	元素含量											抗拉強度	降伏強度	延伸率	硬度	
	Cu	Si	Mg	Ti	Fe	Mn	Zn	Cr	Al	Others Ea.	Tot					
鋁合金	355	1 1.5	4.5 5.5	0.4 0.6	0.25	0.6	0.5	0.35	0.25	Bal	0.05	0.15	35-50,000	28-39,000	1-8	
	356	0.25	6.5 7.5	0.2 0.4	0.25	0.6	0.35	0.35	-	Bal	0.05	0.15	32-40,000	22-30,000	3-7	
	A356	0.2	6.5 7.5	0.2 0.4	0.2	0.2	0.1	0.1	-	Bal	0.05	0.15	38-48,000	28-36,000	3-10	
	A712	0.35 0.65	1.5	0.65 0.8	0.25	0.4	0.05	0.05	-	Bal	0.05	0.15	33-40,000	25-35,000	3-8	

五、鎂合金

(一)鑄造用鎂合金

鎂合金的特性是比重小，抗拉強度，伸長率及衝擊值等與鋁合金比較並不遜色，但在熔鑄時容易氧化，所以採用真空熔鑄。

1. 鎂鋁合金：含鋁 4~6%，是鎂合金中最輕，熔融鑄造最容易。
2. 鎂鋅鋁合金：含鋅 2~8.4%，汽車飛機零件、照相機器材。
3. 鎂鋁鋅合金：含鋅 4.5%，鋁 0.7%，錳 0.1%，飛機機體。
4. 鎂鋁鈣鈦合金：飛機必要零件。

六、銅合金

精密鑄造較常選用的銅基合金，為矽黃銅、矽青銅、鈹銅合金。

銅合金分類：

(一)黃銅：為銅鋅合金，色黃、耐蝕性大、易於鑄造及加工。

1. 鍛造黃銅：銅貝、七三黃銅、六四黃銅。
2. 鑄造黃銅：含鋅量多者流動性佳，可鑄造精密鑄件用於機械零件。

圖 8 添加合金元素對機械性質的影響

添加合金	機械性質的影響
黃銅加錫	改善耐蝕性
黃銅加鋁	晶粒細化增加抗拉強度及耐蝕性
黃銅加錳	強度高達 50kgf/mm ² 耐海水侵蝕
黃銅加鐵	晶粒細化增加強度及硬度不降低延展性
黃銅加鉛	降低抗拉強度及伸長率增加表面美觀於精密加工零件

(二)青銅：銅錫合金，其特色為具有強度和硬度較大及鑄造性、耐蝕性、耐磨性、皆優良的機械性質，是銅合金中最容易鑄造者。

1.普通青銅之種類：除了部分機械用、貨幣用青銅，係由鍛造或施行塑性加工使用外，其餘均為鑄造所使用。

(1)機械用青銅：錫 5~10%，鋅 2%之銅合金。

(2)貨幣用青銅：錫 3~8%，鋅 1%，鉛 1~3%。

(3)砲銅用青銅。

(4)軸承用青銅：錫 13~18%，若加入鉛 4~26%為鉛青銅鑄，則更具韌性及潤滑性。

(5)美術用青銅：錫 2~8%，鋅 1~12%，鉛 1~3%，造鐘須具有相當好的韌性及硬度，則含錫 20%左右。

2.特殊青銅之種類：

(1)磷青銅：錫 9~16%，磷 0.05~0.60%，應用在泵之零件、承、齒輪、閥。

(2)鎳青銅：鎳 10~70%，鋁 2%，鋅 1%，應用在蒸汽機、內燃機、閥座、化學工業用具。

(3)鋁青銅：鋁 10%，鐵 1~3%，鎳 3~4%，應用在船舶推進器、軸、唧筒、內燃機零件、軸承、渦輪、化學工業用具。

(4)矽青銅：矽 3~4.5%，錳 1~1.2%，其機械性質類似磷青銅，但較便宜，應用在船舶零件、泵、閥、化學容器。

(5)鈹青銅：鈹 2%，鈷 0.25%，其時效硬化性為銅合金中最大，施以適當熱處理抗拉強度可達 100kgf/mm^2 ，應用在軸承齒輪、外科醫療手術用具。

表 8 精密鑄造用銅合金種類表

CAD 類型	成份	抗拉強度 1000psi	HB 硬度	應用例
C80500	Cu96.8, Co2.6, Be0.6	50~100(HT)	55~95(HT)	電阻焊端頭、軸承
C82200	Cu96.5, Ni1.5, Be0.6	57~95(HT)	60~96(HT)	離合器環、煞車鼓、縫焊電極
C82800	Cu96.6, Be2.6, Co+Ni0.5, Si0.25	97~165(HT)	85Rb~45Rc(HT)	凸輪、套筒、閥、軸承
C84400	Cu72~81, Zn9~24, Pb3~7, Sn1~3	34~38	45~55	手工具低壓用閥美術用
C86200	Cu63~64, Zn25~26, Al4~6, Fe3, Mn3	95~119	180~225	大型桿閥、凸輪、液壓缸
C87400	Cu83, Zn14, Si3	55	70	齒輪、葉輪、搖臂
C90300	Cu88, Sn8~10, Zn2~5, Ni1~1.5	44~45	70~85	齒輪軸承、套筒、葉輪
C92300	Cu88, Sn6~8, Zn4~4.5, Pb1.5	40	65~70	高壓蒸汽鑄件
C94700	Cu88, Sn5, Ni5, Zn2	50~85(HT)	85	閥體軸承、齒輪、活塞缸、噴嘴
C95200	Cu81~88, Al9~11, Fe1~4	75~100	125~195	船舶零件、泵、齒輪、化學工業用具
C97300	Cu55~56, Sn2~5, Ni12~25, Pb2~10, Fe1.5	35~55	55~80	船用件閥座

附註：CAD 銅發展協會，(HT) 表熱處理

七、超合金

或稱超耐熱合金，有鐵基、鈷基及鎳基三大類，這些超合金不但高溫強度優良而且耐高溫氧化、耐熱疲勞。為近代渦輪葉片高速噴射引擎之材料。

- (一)鐵基為傳統鎳鉻系耐熱鋼中再添加鈷 (Co)、鉬 (Mn)、鎢 (W)、鈮 (Nb) 等元素而成者，應用於氣渦輪、葉片、葉輪、噴嘴。
- (二)鈷基超合金以鈷為主要成分，再添加 Cr、Ni、W、Fe 等元素而成者，需耐高溫用渦輪葉片，噴射引擎。
- (三)鎳基超合金以鎳為主要成分，再添加 Al、Cr、Ti、Nb、鉭 (Ta)、W 等元素而成者，氣渦輪葉片、噴射引擎燃燒器等。

八、鈦合金

由於熔融鈦對氧具有高度的親和溶解性，鈦合金的生產需要特殊的技術。鈦的最大優點為：比重小（為4.507）、強度大、高溫紅熱硬度之抵抗力大、耐蝕性特別優良，雖然能以純鈦製作各種重要部分機件，但通常添加鋁、錳、鐵、鈮等元素做成鈦合金，更能改良其機械性質，因鈦合金具高溫安定性、疲勞強度、潛變特性優良、耐蝕性佳，所以逐漸被利用於噴射式飛機之發動機、船舶、原子爐航空太空梭等。

目前鈦合金也列為政府積極輔導的十大新興工業，我國鈦合金產業是由高爾夫球頭的生產所建立，未來的發展方向，則朝3C產品外殼、零組件、醫療器材、眼鏡框、五金、藝品、閥類、泵等多方向研發，國內目前一年約使用二千五百噸的鈦合金，預計在未來五年內，因3C產品的使用需求，會帶動國內鈦合金的使用量呈現倍數成長。

3C產品具有需符合輕、薄、具良好散熱、高強度，以及可以隔絕電磁干擾等材料需求，而鈦合金正可以滿足這些3C產品所需要具有的特性，近來國內已經有一些筆記型電腦的製造廠商，向金屬工業研究發展中心要求，希望能協助業者開發鈦合金的筆記型電腦外殼，鈦合金電腦外殼有機會再取代鋁合金電腦外殼，成為廿一世紀3C產品的外殼主要素材。

附錄：常用材料編號

各國標準規格簡稱和全銜如下：

CNS (Chinese national standard) 中國國家標準

ISO (international organization for standardization) 國際標準組織規格

SAE (society of automotive engineers) 美國汽車工程學會

AISI (American society for testing and material) 美國材料試驗協會

DIN (deutsche industric normen) 德國工業標準

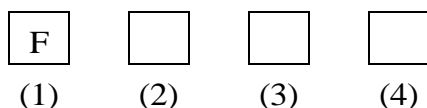
JIS (Japanese industrial standard) 日本工業標準

一、CNS 材料符表示法

(一)鋼鐵

1.鑄造用生鐵及合金生鐵之規格：

鑄造用生鐵及合金生鐵之表示法由下列四部分組成：



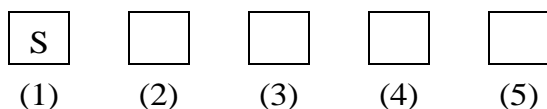
- 例：①FMn H2 (第二種高碳錳鐵)
 ②FCr M1 (第一種中碳鉻鐵)
 ③F m (展性鑄鐵用生鐵)

說明：

- ①以字頭“F”表示生鐵 (ferrum)。
- ②以元素符號代表所含合金元素，如 Mn，Cr。
- ③以 L，M，H 表示含碳量之高低，L：低碳，M：中碳，H：高碳。
- ④以數字 1，2，3，……表示種類別，以 m 表示展性鑄鐵 (malleable iron) 以 S 表示鏡鐵 (spiegeleisen)。

2.鋼之規格：

鋼之表示法由下列五部分組成：



- 例：①S8C2 (PH) (含碳 0.08%之第二類，熱軋鋼板)
 ②S18NiCr (CR) (含碳 0.18%之鎳鉻系不銹鋼)
 ③S35NiCr1 (含碳 0.35%之第一類鎳鉻合金鋼)
 ④S50C (含碳 0.50%之機械構造碳鋼)
 ⑤S (50) C (抗拉強度 50kgf/mm² 以上之一般構造用鋼)

說明：

- ①以字頭“S”表示鋼。
- ②以數字表示含碳量，如為表示最小抗拉強度時則將該數字加以括號。
- ③以元素符號代表主要合金元素。
- ④以數字 1，2，3，……表示合金含量之種別。
- ⑤以括弧附加字母，表示鋼料之種別或用途，其字母表示意義如下表：

符號	名稱
BB	球軸承用鋼 (ball bearing steel)
B	鍋爐用鋼 (boiler steel)
C	鑄鋼 (cast steel)
CR	耐蝕鋼 (corrosion-resisting steel)
D	竹節鋼筋 (deformed reinforcement bar)
F	鍛造用鋼 (forging steel)
FC	易切鋼 (free cutting steel)
HR	耐熱鋼 (heat-resisting steel)
HS	高速鋼 (high-speed steel)
M	磁化鋼 (magnetic steel)
N	氮化用鋼 (nitriding steel)
P	管 (pipe tube)
PB	鍋爐用管 (boiler tube)
PG	瓦斯管 (gas pipe)
PP	高壓用管 (pipe for high pressure use)
PT	高溫用管 (pipe for high temperature use)
PC	冷軋薄鋼板 (cold-rolled plate)
PH	熱軋薄鋼板 (hot-rolled plate)
R	鉚釘用鋼 (rivet steel)
S	彈簧用鋼 (spring steel)
SH	熱軋鋼帶 (hot-rolled strip steel)
T	工具鋼 (tool steel)
TA	耐磨不變形鋼 (abrasion resisting & nondeforming tool steel)
TC	切削用工具鋼 (cutting tool steel)
TH	熱加工用工具鋼 (hot-work tool steel)
TD	中空鑽桿鋼 (hollow drill steel)
TS	耐衝擊工具鋼 (shock-resisting tool steel)
WR	線材 (wire-rod steel)

註：鋼料中如需要表明其煉鋼法料，則以該煉鋼法代號置於鋼種符號“S”之前。其字母代號之代表意義如下：

B：轉爐法

O：平爐法

E：電爐法

例：OS14OC (T)

是以平爐法 (O) 煉製成，含碳 14.0% 之碳素工具鋼 (T)。

二、SAE、AISI 鋼鐵符號表示法

(一)SAE 鋼鐵符號以四位數字表示。左端第一位數字表示鋼種，如 1：碳鋼、2：鎳鋼、3：鎳鉻鋼、4：鉬鋼、5：鉻鋼。左端第二位數字表示主要合金之大約成分。右端二位數字表示含碳量。例 1021 表示含碳 0.21% 之碳鋼，2340 表示含碳 0.40% 及鎳 3% 之鎳鋼。但此原則不能應用於三元合金鋼、耐熱鋼等。例 61××表示含 Cr0.95%，V0.1%，C0.××% 之鉻釩鋼，8×××表示低鎳鉻鉬鋼，如 86××表示含 Ni0.55%、Cr0.50%、Mo0.20%、C0.××% 之鎳鉻鉬鋼。各數字表示之鋼種詳見下表。

SAE 鋼鐵符號表

記號	化學成分%	記號	化學成分%
碳鋼 (**代表含碳 0.**%)		鎳鉻鉬鋼	
10**純粹碳 (Mn 最大 1.00%)		43**	Ni1.82Cr0.50 0.08
11**硫快削鋼			Mo0.25
12**硫快削鋼、磷快削鋼		43BV**	Ni1.82Cr0.50
15**純粹碳 (Mn1.00%~1.65%)			Mo0.12 0.25 V0.03
錳鋼		47**	Ni1.05Cr0.45
13**	Mn1.75		Mo0.20 0.35
鎳鋼		81**	Ni0.30Cr0.40Mo0.42
23**	Ni3.50	86**	Ni0.55Cr0.50Mo0.20
25**	Ni5.00	87**	Ni0.55Cr0.50Mo0.25
鎳鉻鋼		88**	Ni0.55Cr0.50Mo0.35
31**	Ni1.25Cr0.65 0.80	93**	Ni3.25Cr1.20Mo0.12
32**	Ni1.75Cr1.07	94**	Ni0.45Cr0.40Mo0.12
33**	Ni3.50Cr1.50 1.57	97**	Ni0.55Cr0.20Mo0.26
34**	Ni3.00Cr0.77	98**	Ni1.00Cr0.80Mo0.25
鉬鋼		鎳鉬鋼	
40**	Mo0.20 0.25	46**	Ni0.85 1.82Mo0.20 0.25
44**	Mo0.40 0.52	48**	Ni3.50 Mo0.25
鉻鉬鋼		鉻鋼	
41**	Cr0.50 0.80 0.95	50**	Cr0.27 0.40 0.50 0.65
	Mo0.12 0.20 0.25 0.30	51**	Cr0.80 0.87 0.92 1.00 1.05
		501**	Cr0.50
		511**	Cr1.02
		521**	Cr1.45

前表 (續)

記 號	化 學 成 分%	記 號	化 學 成 分%
鉻鈮鋼 61**	Cr0.60 0.80 0.95 V0.10 0.15	鉻鎳系 303**	Cr8.5 15.50 17.00 18.00 19.00 20.00 20.50 23.00 25.00 Ni7.00 9.00 10.00 10.50 11.00 11.50 12.00 13.00 13.50 20.50 21.00 35.00
鎢鉻鋼 71*** 72**	W13.50 16.50 Cr3.50 W1.75 Cr0.75		
矽錳鋼 92**	Si1.40 2.00 Mn0.65 0.82 0.85 Cr0.00 0.65		
不銹鋼 (**代表編號) 鉻錳鎳系 302** Cr17.00 18.00 Mn6.50 8.75 Ni4.50 5.00		鉻 系 514**	Cr11.12 12.25 12.50 13.00 16.00 17.00 20.50 25.00
		515**	Cr5.00
		硼強化鋼 **B**	B 表示含硼
		含鉛鋼 **L**	L 表示含鉛
		高強度低合金鋼	
		9**	**×10 ⁴ lb/in ² 抗拉強度

(二)AISI 分類號碼與 SAE 相同，唯在 AISI 之分類中另加添前置字母及接尾字母，其代表意義如下。

1.前置字母：表示鋼之生產方式。

A—— basic open —— hearth alloy steel

(鹼性平爐合金鋼)

B—— acid bessemer carimn steel

(酸性柏塞麥碳鋼)

C—— basic open —— hearth carbon steel

(鹼性平爐碳鋼)

D—— acid open hearth carbon steel

(酸性平爐碳鋼)

E—— electric frunace alloy steel

(電爐鋼)

2.接尾字母

H——表此鋼具有特殊規定硬度能

F——免機械加工之鋼

(三)工具鋼

茲將 SAE/AISI 及 ASM (American Society for Metals) 工具鋼種類及對照表列於下：

AISI/SAE	ASM	AISI/SAE	ASM
水冷工具鋼		鉻合金冷模合金鋼	
W1	IA	D1	II D1
W2	IC	D2	II D2
W3	IC	D3	II C1
W4	IB	D4	II D3
W5	IB	D5	II D2
W6	—	D6	II C1
W7	—	D7	—
抗震工具鋼		鉻合金熱模合金鋼	
S1	II D, III E	H11	IV B
S2	III B	H12	IV B
S3	—	H13	IV B
S4	III C	H14	IV C
S6	III C	H15	IV E1
		H16	IV D
油冷工具鋼		鎢合金熱模工具鋼	
O1	II A1	H20	IV F1
O2	II A2	H21	IV F1
O6	—	H22	—
O7	II A3	H23	IV F2
空冷冷模合金工具鋼		H24	IV F3
A2	II B2	H25	IV F3
A4	II B1	H26	IV F4
A5	II B1		
A6	II B1		
A7	—		

前表 (續)

AISI/ASE	ASM	AISI/ASE	ASM
鉬合金熱模工具鋼		鉬高速鋼	
H41	—	M1	VA2
H42	—	M2	VA3
H43	—	M3	—
低合金工具鋼		M4	VA4
L1	—	M6	—
L2	III A	M7	—
L3	VIJ	M8	—
L4	—	M10	VA1
L5	—	M15	—
L6	VIF1, VIE	M30	VB1
L7	—	M33	—
超硬合金工具鋼		M34	VB2
F1	—	M35	VB3
F2	VIK	M36	VB4
F3	VIK	其他	
塑膠模具鋼		—	IVA1
P1	VIA	—	IVA2
P2	—	—	VIC
P3	VIB	—	VID
P4	—	—	VIF2
P5	—	—	VIF3
P6	—	—	VIF4
P20	—	—	VIF5
鎢高速鋼		—	VIF6
T1	VC1	—	VIF7
T2	VC2	—	VIG
T3	VC3	—	VIH
T4	VD2	—	VIH1
T5	VD3	—	VIH2
T6	VD4	—	VII
T7	—		
T8	VD1		
T9	—		
T15	—		

學習評量一

請不要參閱資料或書籍，在下列各題前之空格寫出正確的答案。

(一)是非題：(20%)

- () 1.鑄鐵中的碳增加，則強度增加
- () 2.矽在鑄鐵中，可幫助熔鐵的流動性，減少氣泡，降低強度。
- () 3.碳鐵的化合物，稱為石墨碳鐵。
- () 4.鋁的比重為 2.7 故為輕金屬之一種。
- () 5.鈦之最大優點為比重小，強度大，且具耐蝕性。

(二)選擇題：(60%)

- () 1.以含碳量的百分率來區分鋼與鑄鐵，其限界為鋼的含碳量 (1) $<0.8\%$ (2) $>0.8\%$ (3) $<2.0\%$ (4) $>2.0\%$ 。
- () 2.中碳鋼的含碳量為 (1) $<0.3\%$ (2) $0.3\sim0.6\%$ (3) $0.3\sim0.8\%$ (4) $0.6\sim0.8\%$ 。
- () 3.不鏽鋼的含鉻量在 (1) 8% (2) 12% (3) 15% (4) 20% 以上。
- () 4.鑄鐵的含碳量一般為 (1) $<0.05\%$ (2) $0.05\sim2.0\%$ (3) $2.0\sim4.3\%$ (4) $2.0\sim6.67\%$ 。
- () 5.鑄鐵中含有 (1)磷 (2)錳 (3)矽 (4)硫 具有熱脆性。
- () 6.球狀石墨鑄鐵中的石墨型態為 (1)片狀石墨 (2)塊狀石墨 (3)球狀石墨 (4)共晶狀石墨。
- () 7.黃銅是 (1)銅鋅合金 (2)銅錫合金 (3)銅鉛合金 (4)銅鎳合金。
- () 8.作為藝術人像、鐘之銅合金 (1)黃銅 (2)白銅 (3)青銅 (4)砲銅。
- () 9.內燃機活塞最宜採用 (1)鋁銅鎂鎳系合金 (2)鋁銅矽系合金 (3)矽鋁鎂系合金 (4)鋁鎂鉛系合金。
- () 10.純鋁 (1)鑄造性良好 (2)鑄造困難 (3)強度大 (4)硬度大。
- () 11.鎂合金中比重最輕，鑄造性最佳，機械性質最優良是 (1)鎂鋁 (2)鎂鋅鋁 (3)鎂錳鋁 (4)鎂銅。
- () 12.1040 鋼為 (1)高錳鋼 (2)鎳鋼 (3)碳素鋼 (4)易切鋼。
- () 13.2040 鋼為鎳鋼其含碳量為 (1) 4% (2) 0.4% (3) 0.04% (4) 0.004% 。
- () 14.CNS 符號 S125WCrV (TC) 中之 125 代表 (1)硬度為 HB125 (2)含碳量 1.25% (3)抗拉強度 125kg/cm^2 (4)抗拉強度 125 磅/吋²。
- () 15.不鏽鋼中主要合金元素為 (1)碳、鉻 (2)鎢、鉻 (3)鎳、鉻 (4)銅、鋅。

(三)簡答題 (20%)

試寫出 CNS、AISI、SAE、ISO、JIS、DIN 等符號所代表的中文意義全名。

學習評量答案

(一)是非題：

1. (×) 會使鑄鐵變軟，強度下降。
2. (×) 矽使晶粒細化，增加強度。
3. (×) 稱為雪明碳鐵。
4. (○)
5. (○)

(二)選擇題：

1. (3)
2. (2)
3. (2)
4. (3)
5. (4)
6. (3)
7. (1)
8. (3)
9. (1)
10. (2)
11. (1)
12. (3)
13. (2)
14. (2)
15. (3)

(三)簡答題

CNS (Chinese national standard) 中國國家標準

ISO (international organization for standardization) 國際標準組織規格

SAE (society of automotive engineers) 美國汽車工程學會

AISI (American society for testing and material) 美國材料試驗協會

DIN (deutsche industric normen) 德國工業標準

JIS (Japanese industrial standard) 日本工業標準

假如你的答案與上述之重點相同，請翻到下一頁；假如你的答案不與上述之重點相同，則請閱讀第 4 頁所之參考書籍，或請翻至第 5 頁重新閱讀，以便發現你的錯誤之處，並將 23~24 頁上的錯誤更正，然後請翻至第 27 頁。

表現不錯，如今你已經認識了精密鑄件的材質種類及材質的性質，本教材的第二部分是要你能說出精密鑄造鑄件廣泛的用途及應用範例。

本教材的第二個學習目標是

在不參考任書籍資料下，你能正確說出精密鑄造鑄件的用途及應用的範例。

精密鑄造鑄件的用途

表 9 精密鑄件的應用範例

機 種	品 名
燃器輪機、噴射引擎零件	動翼、靜翼、噴嘴、轉子、連接器、U形鉤、外殼
飛機機體零件	操縱裝置、翼機構、座位裝置、框架、鉸鍊、接頭、通信機底盤
內燃機零件	預燃燒噴口、增壓器翼輪、噴口、入口導翼
蒸氣輪機零件	靜翼、噴嘴、噴口片
車輛零件	閥座、扭拒變換輪、旋轉板移位器、螺旋離合器、扇形齒輪、爪、檔止件
食品機械、印刷機械、製紙機械零件	耐磨板、凸輪、保持器、圓板、配件
壓縮機、閥零件	閥座、閥導、閥體
泵浦零件	動葉輪、噴嘴、接頭、齒輪箱、接頭箱
電器裝置、通信機零件	無熔絲開關零件、變壓器零件、導波管、鏈輪、凸輪特殊馬達機台蕊、軛、磁鐵、雷達用喇叭
計測器零件	游尺、厚薄規、迴轉計、桿、凸輪、臂、接頭、輪
紡織機零件	凸輪、桿、棘輪、導引保持器
工業用縫紉機零件	送布件、壓布件、桿、內外、配件
武器零件	手槍、獵槍、小槍等的扳機撞針、照門、腳頭、準星座
事務機器	桿、觸指、驅動軸、機台、數字環、扇形齒輪
原子爐	燃料、控制棒用速度限制器、燃燒棒用繫板
其他	升降機零件、木工機械零件、工具類、運動用品、醫療用器材、電腦零件、五金零件、珠寶首飾



圖 2 各種機械零件(一)

圖 2~18 感謝奇鈺精密鑄造股份有限公司提供



圖 3 各種機械零件(二)



圖 4 國防零件



圖 5 車輛零件(一)



圖 6 車輛零件(二)



圖 7 五金零件(一)

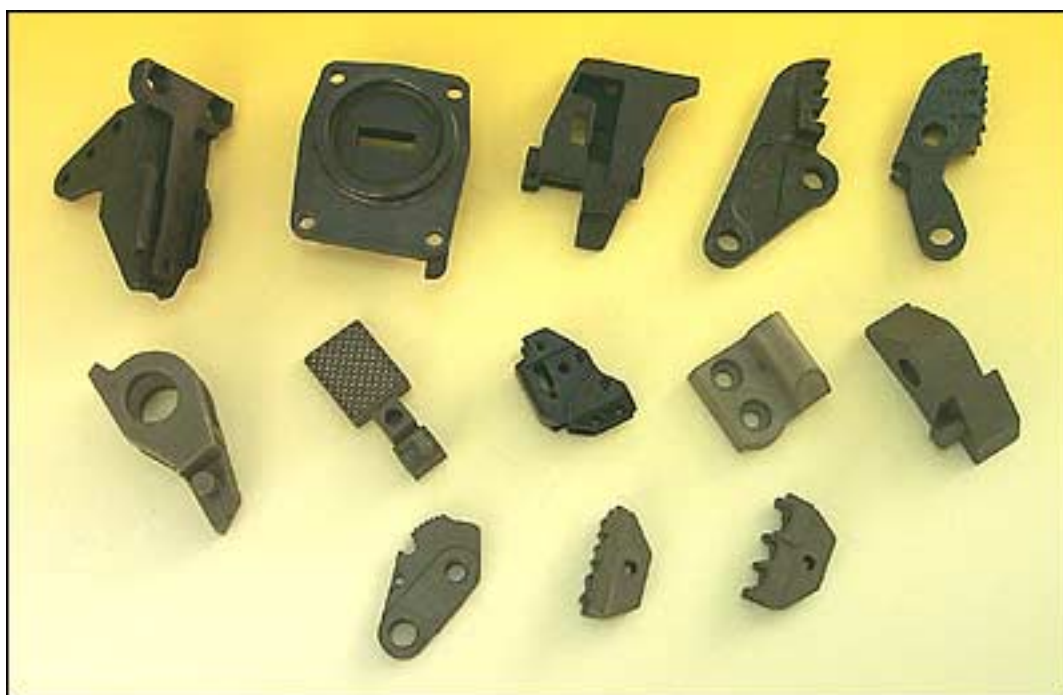


圖 8 五金零件(二)

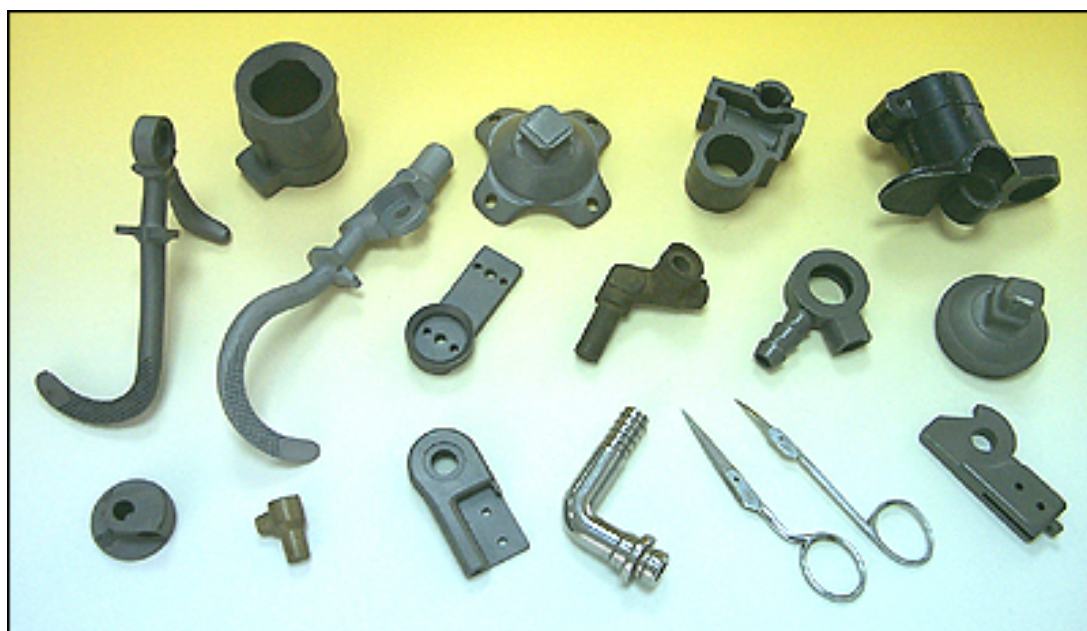


圖 9 醫療器材零件



圖 10 電腦零件



圖 11 縫紉機械(一)



圖 12 縫紉機械(二)



圖 13 縫紉機機械零件(三)



圖 14 縫紉機機械零件(四)



圖 15 縫紉機機械零件(五)



圖 16 紡織機械零件(一)



圖 17 紡織機械零件(二)



圖 18 紡織機械零件(三)



圖 19 高爾夫球頭

圖 19~25 感謝鉅明精密鑄造股份有限公司提供

高爾夫球頭精密鑄用材料如下：

鈦合金：6-4 鈦、 β 鈦、純鈦

不銹鋼：17-4ph、15-5ph、18-8、16-2（規格參照 10 頁表 5）

鋁合金：201、358、6061 系、7075 系（規格參照 11 頁表 6）

銅合金：鈹銅合金、青銅、黃銅

碳鋼：8620（規格參照 18 頁）

如圖 20~圖 25 為實際應用範例。



圖 20 3 pcs Forged Ti (Beta+G4+G2) Driver 鍛造鈦合金最長打用球桿



圖 21 (Titanium+Brass Insert) Iron & Putter (鈦合金+嵌入黃銅) 鐵桿&推桿



圖 22 Polymer Face+Stainless Body Putter (複合材料打擊面+不銹鋼體推桿)



圖 23 290c.c. Titanium Wood 鈦合金木桿



圖 24 (Ti Face+Stainless Body) Wood & Iron & Putter (鈦合金打擊面+不銹鋼體) 木桿&鐵桿&推桿



圖 25 Ti-Wood 鈦合金木桿

學習評量二

(一)精密鑄造鑄件的用途有那些？（至少寫出十種類）40%

(二)請列舉三種不鏽鋼精密鑄造鑄件主要用途為何？12%

(三)鋁合金精密鑄造鑄件主要用途為何？8%

(四)銅合金精密鑄造鑄件主要用途為何？20%

(五)何謂超合金？其精密鑄造鑄件主要用途為何？20%

學習評量二答案

(一)精密鑄造鑄件的用途有那些？

- 1.燃器輪機、噴射引擎零件
- 2.飛機機體零件
- 3.內燃機零件
- 4.蒸汽渦輪機零件
- 5.汽車零件
- 6.食品、印刷、製紙機械零件
- 7.工業機械、紡織機、縫紉機零件
- 8.電腦零件
- 9.電器裝置、電信機零件
- 10.國防武器
- 11.運動用品
- 12.醫療器材

(二)不鏽鋼精密鑄造鑄件主要用途為何？

- 1.化學工業耐腐蝕性裝置
- 2.外科醫療用器具
- 3.蒸氣機渦輪葉片

(三)鋁合金精密鑄造鑄件主要用途為何？

- 1.航空飛機零件
- 2.汽車零件：活塞、氣缸

(三)銅合金精密鑄造鑄件主要用途為何？

- 1.藝術品
- 2.船舶零件
- 3.內燃機零件
- 4.運動用品
- 5.軸承、齒輪

(四)何謂超合金？其精密鑄造鑄件主要用途為何？

就是超耐熱合金，具有高溫強度優良，耐高溫氧化，耐熱疲勞，共有鐵基、鉻基、鎳基三大類。

為近代渦輪葉片，高速噴射引擎材料。

假如你的答案與上述之重點相同，請翻到下一頁，假如你的答案與上述之重點不相同，則請閱讀第 4 頁所列之參考書籍，或請翻至 27 頁重新閱讀，以便發現你的錯誤之處，並將 39 頁上的錯誤更正，然後請翻至 41 頁。

學後評量

請不要參閱資料或書籍，在下列各題前之空格寫出正確的答案。

(一)選擇題：(40%)

- () 1.以含碳量的百分率來區分鋼與鑄鐵，其限界為鋼的含碳量 (1) $<0.8\%$ (2) $>0.8\%$ (3) $<2.0\%$ (4) $>2.0\%$ 。
- () 2.中碳鋼的含碳量為 (1) <0.3 (2) $0.3\sim0.6\%$ (3) $0.3\sim0.8\%$ (4) $0.6\sim0.8\%$ 。
- () 3.不鏽鋼的含鉻量在 (1) 8% (2) 12% (3) 15% (4) 20% 以上。
- () 4.鑄鐵的含碳量一般為 (1) $<0.05\%$ (2) $0.05\sim2.0\%$ (3) $2.0\sim4.3\%$ (4) $2.0\sim6.67\%$ 。
- () 5.球狀石墨鑄鐵中的石墨型態為 (1)片狀石墨 (2)塊狀石墨 (3)球狀石墨 (4)共晶狀石墨。
- () 6.內燃機活塞最宜採用 (1)鋁銅鎂鎳系合金 (2)鋁銅矽系合金 (3)矽鋁鎂系合金 (4)鋁鎂鉛系合金。
- () 7.鎂合金中比重最輕，鑄造性最佳，機械性質最優良是 (1)鎂鋁 (2)鎂鋅鋁 (3)鎂錳鋁 (4)鎂銅。
- () 8.1040 鋼為 (1)高錳鋼 (2)鎳鋼 (3)碳素鋼 (4)易切鋼。
- () 9.CNS 符號 S125WCrV(TC)中之 125 代表 (1)硬度為 HB125 (2)含碳量 1.25% (3)抗拉強度 125kg/cm^2 (4)抗拉強度 125 磅/吋²。
- () 10.不鏽鋼中主要合金元素為 (1)碳、鉻 (2)錫、鉻 (3)鎳、鉻 (4)銅、鋅。

(二)簡答題：(60%)

1.精密鑄造鑄件的用途有那些？

2.銅合金精密鑄造鑄件主要用途為何？

3.何謂超合金？其精密鑄造鑄件主要用途為何？

參考書目

- 一、金屬材料選用手冊，1987年，中華民國鑄造學會，譯者潘國桐。
- 二、奇鈺精密鑄造股份有限公司網際網路網頁資料。
- 三、鉅明精密鑄造股份有限公司網際網路網頁資料。
- 四、機械材料，1997年，復文書局，金重薰編著。
- 五、機械材料，1991年，全華科技圖書股份有限公司，邱廣泉編著。
- 六、精密鑄造用蠟，1988年，工業技術研究院工業材料研究所編印。