

砂模鑄造能力本位訓練教材 認識鑄砂種類

編號：PMF-SMC0301

編著者：李漢彰

審稿者：郭金國、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-SMC0301 學習指引

在你學習本單元前，您應該要先了解砂模鑄造流程及砂模鑄造用材料，且學習本職類各單元教材的先後順序，可參考背面之能力目錄。假如您認為可以的話，請翻到下一頁開始學習，如果您認為自己還不熟悉，請將本教材放回原位，並取出編號 PMF-SMC0103 及 PMF-SMC0104 之教材開始學習，或是請教您的老師。

引言

鑄砂包括基砂、模砂、舊砂、再生砂及鑄造工廠內所使用之砂，皆可稱為鑄造用砂。其中以基砂為所有鑄砂的基本，其品質的良劣及是否選用得當，將會直接影響到模砂的性質以及鑄件的品質。因此對鑄造用砂相關知識之學習，在砂模鑄造的工作領域上，實為重要的課題。本單元係針對鑄砂種類、特性、用途以及鑄砂應具備之條件做介紹，讓您了解鑄砂在砂模鑄造中的重要性。

定義

基 砂：鑄造工廠用來混練模砂之原料砂，無粘結性，不能單獨製成砂模，分為二氧化矽砂與非二氧化矽砂兩大類。

模 砂：以二氧化矽砂為主，加入粘結劑並經混練後，做為製作砂模及砂心的原料砂。

舊 砂：又稱古砂，係模砂經使用後已呈老化現象或需經淘汰之模砂。

三峰砂：在標準篩網網目上停留重量超過總和 10% 以上時稱為一峰砂，連接三個篩網之停留重量均超過 10% 以上時稱為三峰砂，中間網目佔最多重量者稱為主峰。

學習目標

- 一、在不參考任何書籍及資料下，你能夠正確的說出鑄砂的種類及特性、用途。
- 二、在不參考任何書籍及資料下，你能夠正確的說明鑄砂應具備之條件。

學習活動

本單元之學習活動係針對鑄造用基砂之相關知識為主。您對鑄砂種類、特性、用途以及鑄砂應具備之條件的認識,可藉由本教材之第 6 頁至第 29 頁來學習。至於說添加各種粘結劑後之造模用砂相關知識,在下一個單元 PMF-SMC0302 及 PMF-SMC0303 將會有詳細之介紹。假如您認為有需要獲得更多的相關知識,請您閱讀下列參考書籍：

- 一、楊榮顯，1997 年，鑄造技術手冊（第一冊），中華民國鑄造學會，161 頁～171 頁。
- 二、蔡全華，1998 年，鑄造技術手冊（第二冊），中華民國鑄造學會，16 頁～35 頁。

本教材的第一個學習目標是

在不參考任何書籍及資料下，你能夠正確的說出鑄砂的種類及特性、用途。

假如您認為能勝任上述目標之要求，請翻到第 14 頁做學習評量，如您需要更多學習的話，請翻到下一頁或閱讀參考書籍。

壹、鑄造用砂

在砂模鑄造中，鑄造用砂是製作砂模及砂心最主要的材料，鑄造用砂大體可分為矽砂與特殊用砂（非矽砂）兩大類。矽砂又稱石英砂或玻璃砂，其主要成份為二氧化矽（ SiO_2 ）及少量長石、雲母與氧化物等所組成，比重約 2.6，熔點 1720°C ，新砂熱膨脹係數約 1.6%。矽砂在鑄造用砂中，為最被普遍採用，也是最經濟，來源最豐富的基砂。

貳、鑄造用矽砂的種類、特性及用途

在所有鑄造用砂中，矽砂為目前鑄造廠用來當模砂的最主要原料，依其出產狀況，可分為天然粘土砂、天然風化砂及人造矽砂等。以下是目前鑄造工廠所普遍使用之矽砂來源種類。矽砂來源成份比較表如表 1 所示

表 1 各種矽砂來源成份比較表 (%)

種類	產地	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	MgO	CaO	IgLoss
天然粘土砂	台灣桃園	78.50	14.10	1.65	0.40	0.30	2.90
山砂(水洗砂)	台灣苗栗	95.1	2.3	0.13	0.18	0.20	0.25
海濱砂	越南金蘭灣	99.2	0.5	0.03			0.18
風積砂	中國內蒙古	92.62	4.70	0.56	0.21	0.25	0.23
人造矽砂	日本愛知縣	98.80	0.20	0.20			0.2
再生砂	台灣金晶公司	96.2	1.68	0.12	0.18	0.2	0.13

一、天然粘土砂

為矽砂與粘土礦物質之天然混合物，具有粘結性，只需加入適當的水份就能直接用來製作砂模，可塑性好。但其 SiO_2 含量僅達 70~80% 左右，粘土含量 8~20% 之間，且雜質較多，因而耐熱性較低，透氣性亦較差，加上產地來源品質狀況不穩定；以前曾被大量採用過，現僅少部份用於手工造模之鑄鐵薄壁鑄件及鑄銅、鑄鋁之小鑄件部份。鑄造工廠一般俗稱花園砂或紅砂，產地出自於桃園及新竹。

二、天然風化砂

由石英岩或花崗岩層經長期天然風化作用，自然分解成粒狀的砂。矽砂中含有粘土質及雜質，用來當鑄砂使用時，需經選洗處理，處理流程如圖 1 所示。經處理後之矽砂，無粘結性，僅能當基砂使用。

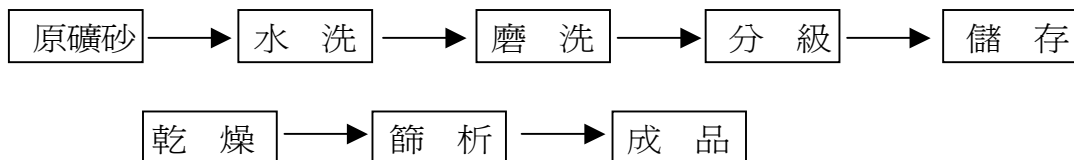


圖 1 矽砂選洗處理流程

(一) 山砂：採露天開採方式，如圖 2 所示



圖 2 苗栗山砂採礦情形

由於矽砂與粘土夾雜混合，採掘後之原礦砂，需經水洗、磨洗去泥、乾燥、篩析分級等處理，故又稱水洗矽砂。為目前台灣鑄造工廠做為基砂使用之最主要來源。經水洗處理後之矽砂，含泥量低（<0.3%），粒形呈多角形，粒度分佈寬廣，經篩析分級後，具有多種粒度分佈規格。如表 2 所示。產地在苗栗、新竹地區。

表 2 苗栗（金晶公司）矽砂粒度規格表

編號	A.S.T.M SIEVE	16	20	30	40	50	70	100	140	200	270	PAN
	μm A.F.S NO	1168	833	589	417	295	208	147	104	74	53	
2	18-24	0.6	18.08	60.99	18.08	1.75	0.25	0.1				
2.5	25-32		2.6	21.9	45.6	26.1	2.7	0.7	0.2			
3	33-40			4.85	34.91	45.11	11.3	3.05	0.73	0.1		
4	48-58				2.41	32.13	46.8	13.58	4.02	1.07	0.1	
5	60-70				1.45	13.73	37.61	30.17	13.45	3.05	0.49	0.05
6	75-90					2.34	13.84	37.31	30.62	12.11	2.87	0.91
9	110-130					1.4	5.94	14.65	40.35	27.8	7.04	2.82

(二) 海濱砂（含河川砂、湖濱砂）：



圖 3 海濱砂

石英岩或花崗岩層經自然風化後之砂粒，受雨水冲刷，經由河川（沈積於河底之砂稱為河川砂，沈積於湖濱之砂稱為湖濱砂）流入海中，再經由海浪拍打上岸邊堆積而成之砂。如圖 3 所示。由於經過水流長期冲刷、淘洗後，砂粒尖角剝落，因此砂粒型呈圓角形到圓形，且質地堅硬，非常適合用於粘結劑添加量少，且循環再生使用之基砂。台灣鑄造工廠目前所使用之此種砂，來自於越南金蘭灣及澳洲富利達利，已有逐漸取代國產矽砂之趨勢。表 3 為常用之越南矽砂粒度規格表

表 3 越南金蘭灣矽砂粒度規格表（金晶公司提供）

編號	A.S.T.M SIEVE	10	12	14	16	20	30	40	50	70	100	140	200	270	PAN
	μm A.F.S NO	1981	1651	1397	1168	833	589	417	295	208	147	104	74	53	
101V	10~15	3.76	15.88	41.49	29.21	9.66									
201V	16~21				4.61	74.56	20.62	0.21							
202V	18~23				3.0	44.51	42.7	9.8							
250V	24~29					1.22	59.59	33.43	5.55	0.21					
302V	29~35					0.86	8.49	61.98	25.32	3.01	0.31	0.03			
402V	46~56							4.14	36.91	41.19	13.19	3.62	0.83	0.12	
501V	50~60							3.74	33.03	41.98	14.81	5.31	1.03	0.12	

（三）風積砂（沙漠矽砂）：



圖 4 風積砂

經天然風化作用後之砂粒，受天然巨風吹襲，造成移位沈積成堆之砂。如圖 4 所示。由於長期受風力吹打之作用，砂粒與砂粒間互相碰撞、磨擦，因此砂粒形較圓（粒形係數 <1.3 ），砂粒不易破碎，相當適合用於自動高壓造模及有機粘結劑基砂之使用。產地以中國內蒙古為代表。表 4 為風積砂之粒度規範

表 4 風積砂粒度分佈規範

型號	粒度指數 A.F.S	粒度分佈%	主峰	粒形係數
30-50	26-32	30 目+40 目+50 目 >80	40 目	≤ 1.3
40-70	34-39	40 目+50 目+70 目 >80	50 目	≤ 1.3
50-100	48-58	50 目+70 目+100 目 >80	70 目	≤ 1.15
70-140	60-70	70 目+100 目+140 目 >80	100 目	≤ 1.15
100-200	80-90	100 目+140 目+200 目 >75	140 目	≤ 1.3

三、人造砂砂：

以人工方式利用機械設備，將石英岩石加以破碎、篩選分級而成之砂砂。如圖 5 所示。由於石英岩石 SiO_2 含量高，雜質低，且質地堅硬，此種砂相當適合於高溫如鑄鋼（合金鋼）件基砂之使用；但由於受機械破碎後之砂粒，粒形呈尖角形，因此在製造過程中，應予以利用風力碰撞或研磨方式，將砂之尖角去除，進行整粒，方能得到適宜之粒形需求。

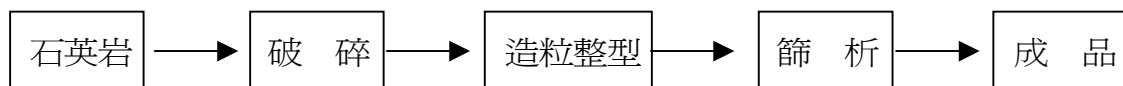


圖 5 人造砂砂製造流程

四、回收再生砂：

將鑄造廠經澆鑄後之模砂或需汰換之舊砂，予以回收分類，再依各種模砂之比例配料，利用焙燒方式（680℃），將包覆於砂粒表面之有機物予以燃燒去除，再利用風力碰撞或研磨方式，將附著於砂粒表面之粘結劑予以分離去除後，經篩選分級而成之砂。再生砂處理流程如圖 6 所示。由於砂粒經高溫且長時間之悶燒（6 小時），因此回收再生砂之熱膨脹係數約為 0.8% 左右，僅為新砂之一半，所以可改善因模砂熱膨脹而產生之鑄疵。加上目前資源再生利用及事業廢棄物減量之環保訴求，回收再生砂之處理及使用，將是時勢所趨。

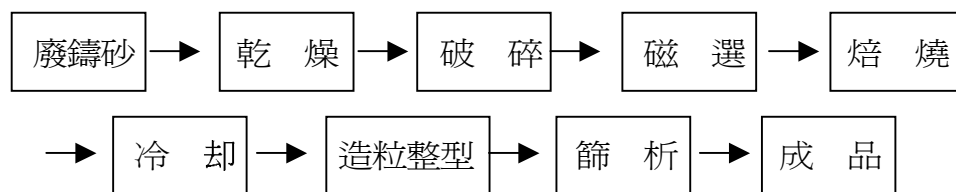


圖 6 回收再生砂處理流程

參、特殊用鑄造砂的種類、特性及用途

一般在鑄造工廠中所稱之砂，係泛指矽砂而言，但在高溫等特殊用途中，由於矽砂之耐熱性、熱傳導性、熱膨脹性及砂之酸鹼值（PH 值）等受天然具備條件所限，在鑄造高溫如鑄鋼、合金鋼等之大型鑄件及厚斷面鑄件時，往往造成鑄件之鑄疵，甚至造成不良品產生，是故必需以特殊砂來輔助使用，彌補矽砂之不足，方能防止鑄疵之產生。以下是幾種常用之特殊用砂物性介紹。特殊用砂之成份物性如表 5 所示。

表 5 特殊用砂之成份及物性表

項目	鋳砂	鉻砂	橄欖砂	氧化鋁砂	矽砂
硬度	7.5	5.5	7~7.5	7	5~6
比重	4.7	4.5	3.2~3.7	2.4~2.6	2.6
材積比	2.8~3.0	2.7~2.9	1.7~2.0	1.2~1.4	1.3~1.5
PH 值	6.5	7~8	8~9	7~7.5	6~7
熔點 (°C)	2200~2300	1970~2030	1700~1800	1700~1750	1720
色澤	金紅色	黑色	綠色	白色	白色
粒形	圓形	多角形	多角形	多角形	圓形~多角形
主要成份 (%)	ZrO ₂ 65~67 SiO ₂ 30~33 Al ₂ O ₃ 0.5 Fe ₂ O ₃ 0.15 TiO ₂ 0.19	Cr ₂ O ₃ 45~47 FeO 25~27 MgO 8~10 Al ₂ O ₃ 13~16 SiO ₂ 1~2	MgO 45~47 SiO ₂ 40~43 FeO 8~9 Al ₂ O ₃ 0.6~1.0 CaO 0.4	SiO ₂ 50~60 Al ₂ O ₃ 30~40 FeO 2~3	SiO ₂ 99.2 Al ₂ O ₃ 0.5 Fe ₂ O ₃ 0.03

- 一、鋳砂：是由火成岩風化而成的天然顆粒砂，具有比重大(約為矽砂 1.8 倍)，耐熱性高，熱傳導率良好(約為矽砂 2 倍)，熱膨脹係數小(僅約為矽砂 1/3)等之特性，用於大型鑄鋼、合金鋼件或厚斷面鑄件之面砂及小砂心，或是與矽砂摻和做為澆、流道系統之強化砂用。鋳砂為最耐燒結之鑄砂，唯價格較昂貴。
- 二、鉻砂：是由鉻鐵礦經人工以機械方式破碎、篩選分級而成之砂。砂顆粒呈多角至尖角形；和鋳砂一樣具有耐熱性高，低膨脹率及良好熱傳導率等特性，可防止鑄件表面燒結和滲透結砂之鑄疵，用於大型或厚斷面鑄鋼、合金鋼件之面砂及小砂心。鉻砂呈弱鹼性，故不能直接和矽砂摻和使用，否則會造成耐火度降低，產生燒結、氣孔等鑄疵。
- 三、橄欖砂：由橄欖岩石經人工以機械方式破碎、篩選分級而成的砂，砂粒呈多角形。同樣具有耐熱性高、熱膨脹係數小之特性。橄欖砂屬鹼性耐火物，在高溫狀態下，不易與金屬氧化物產生反應作用，因此用於鑄造高錳鋼之面砂時，可防止鑄件因化學反應而產生之燒結現象發生。
- 四、氧化鋁砂：俗稱馬來砂，是經由高溫焙燒過的氧化鋁質粘土，經粉碎篩分而成的砂。為輕質多孔性材料，熱膨脹係數小，用於鑄造大型碳鋼及合金鋼之面砂。

五、炭砂：是由石油精煉製程中之殘留油加以焦炭化後，再經破碎、篩選分級而成之砂。具有耐熱性高、低膨脹性及高熱傳導率之特性。用作防止鑄件燒結及表面缺陷的材料，可單獨或與矽砂混合使用。

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：（30%）

- 1.鑄造用砂是製作砂模和砂心最主要的材料。
- 2.鑄造用砂可分為矽砂及特殊砂兩大類。
- 3.天然風化矽砂是由火成岩風化而成的天然顆粒砂。
- 4.回收再生砂由於經焙燒處理，所以熱膨脹係數比新砂大一倍。
- 5.在鑄造高溫之鑄鋼件時，使用特殊砂可防止燒結之現象產生。
- 6.矽砂和鉻砂摻和使用，可提高模砂之耐熱性。

(二) 選擇題：（30%）

- 1.砂模鑄造中最主要的基砂為(1)鋯砂(2)鉻砂(3)矽砂(4)炭砂。
- 2.下列鑄砂中何者不屬於天然風化砂(1)山砂(2)海濱砂(3)風積砂(4)鉻砂。
- 3.海濱砂由於受到水流沖激淘洗，砂之粒形呈(1)扁平形(2)圓角形(3)多角形(4)複合形。
- 4.下列何者不屬於鋯砂之特性(1)比重大(2)耐熱性高(3)熱傳導性良好(4)熱膨脹係數大。
- 5.PH 值呈鹼性之砂為(1)橄欖砂(2)矽砂(3)鋯砂(4)山砂。
- 6.炭砂的原料來源為(1)木炭(2)無煙煤(3)石油焦(4)炭棒。

(三) 問答題：（40%）

1. 請問天然矽砂的種類有那些？並說明其特性。（20%）
2. 請寫出三種以上特殊砂之名稱及用途。（20%）

筆記欄

學習評量一答案

你的答案應該包括下列要點

(一) 是非題

1. (○)
2. (○)
3. (×) 天然風化砂砂是由石英岩風化而成的天然顆粒砂。
4. (×) 回收再生砂熱膨脹係數僅為新砂一半。
5. (○)
6. (×) 矽砂和鉻砂摻和使用會造成耐火度降低。

(二) 選擇題

1. (3)
2. (4)
3. (2)
4. (4)
5. (1)
6. (3)

(三) 問答題：

- 1.(1)山砂：經選洗處理後，含泥量低。砂粒呈多角形，為台灣目前鑄造廠使用基砂之最主要來源。
(2)海濱砂：砂呈圓角形，質地堅硬，適合於循環使用之基砂。
(3)風積砂：砂粒形較圓，不易破碎，適用於自動高壓造模及有機粘結劑之基砂。
- 2.(1)鋯砂：為最耐燒結之鑄砂，用於大型或厚斷面高溫鑄件之面砂及小砂心。
(2)鉻砂：可防止鑄件表面燒結和滲透結砂，用於高溫鑄鋼件之面砂及小砂心。
(3)橄欖砂：屬鹼性耐火物，可防止高溫產生之化學反應燒結，用於高錳鋼之面砂。

假如您的答案與上述之重點相似，請翻至下一頁。假如您的答案與上述重點有所差異，則請翻至第 6 頁重新閱讀以便發現您的錯誤之處，並將第 14 頁上的錯誤改正，然後翻至第 17 頁。

恭喜你，如今你已能正確的說出鑄砂的種類及特性、用途，本教材的第二部份是要你能正確的說明鑄砂應具備的條件。

本教材的第二個學習目標是

在不參考任何書籍及資料下，你能夠正確的說明鑄砂應具備之條件。

一、基砂應具備之條件

在第一個學習目標中，我們已經了解矽砂為所有鑄造用基砂中，蘊藏量最豐富，來源取得最容易，最為經濟，也是目前鑄造廠最為普遍使用的鑄砂。隨著鑄造技術不斷的精進，對鑄造用砂的要求也越來越高，基砂品質的良劣與否，將直接影響到模砂的性質及鑄件的品質。因此，為使鑄造用矽砂合乎各種造模方式之需求，至少應具備下列之條件：

(一) 成份純度高，雜質含量少

矽砂主要礦物成份為二氧化矽 (SiO_2) 及少量長石、雲母等氧化物所組成，長石、雲母等屬於低熔點礦物，將會影響矽砂之耐熱度，故宜愈少愈好。表 6 為矽砂組成礦物之熔點。

表 6 矽砂組成礦物之熔點比較

品 名	組成化學式	熔點 $^{\circ}\text{C}$
二氧化矽	SiO_2	1720
正長石	$\text{K}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$	1160
曹長石	$\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$	1080
灰長石	$\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$	1500
雲 母	$\text{H}_2\text{KAl}_3(\text{SiO}_4)_3$	1240~1350

一般而言，二氧化矽 (SiO_2) 含量較高之砂，耐火度較佳，但熱膨脹性亦較大，故應慎選合適之砂。以矽砂純度為例，鑄鋼應選用 SiO_2 含量 $>95\%$ 之砂，鑄鐵用砂 SiO_2 含量應 $>90\%$ ，鑄銅、鑄鋁等非鐵金屬 SiO_2 含量 $>85\%$ 即可。另矽砂中所含之泥份，對砂模之強度、透氣性及耐火度等模砂性質均有所影響，故應管制其含量。以目前之品質要求，鑄砂之含泥量應管制在 $<0.3\%$ ，方足以滿足各種不同造模方式基砂之需求。表 7 為 CNS 對鑄造用矽砂成份之規範

表 7 CNS 鑄造用砂成份規範表

成份 級別	SiO ₂ %	Fe ₂ O ₃ %	Al ₂ O ₃ %	CaO+MgO%	含水量%
第一級	>98	<0.5	<1.0	<1.0	<0.5
第二級	96-98	<1.0	<2.0	<1.5	<0.5
第三級	93-96	<1.5	<4.5	<2.0	<0.5
第四級	90-93	<2.0	<6.0	<2.5	<0.5
第五級	85-90	<3.0	<8.0	<3.0	<0.5
第六級	70-85	<5.0	<15	<5.0	<0.5

(二) 適當的粒形

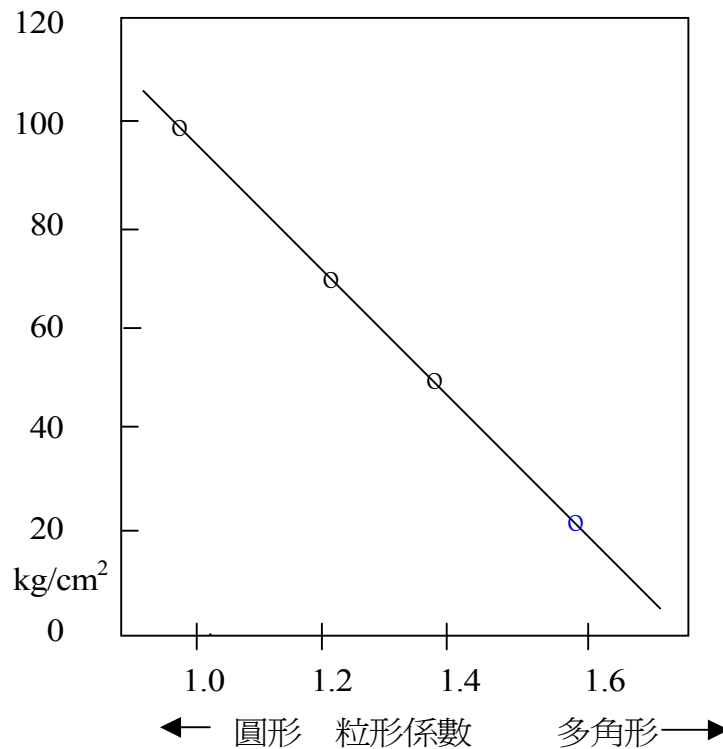
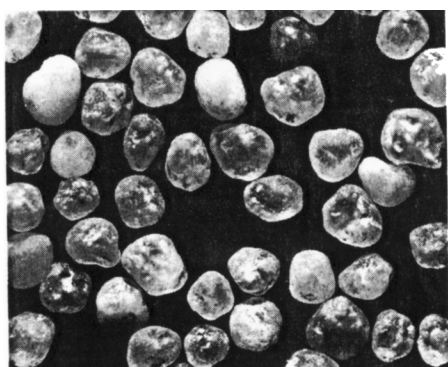
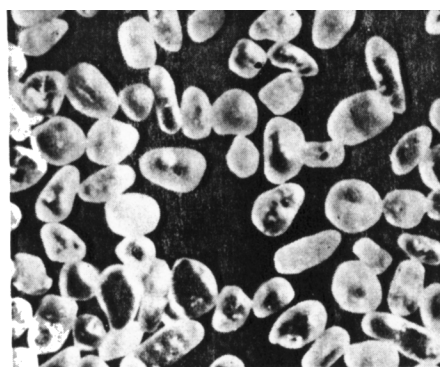


圖 7 砂粒型與強度之關係

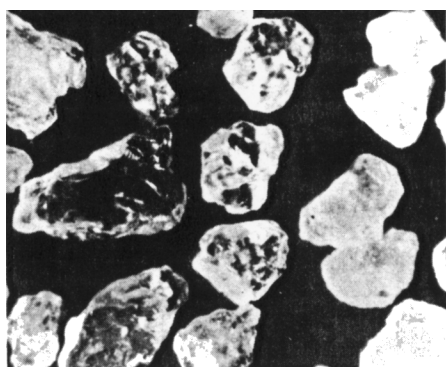
砂之粒形對於模砂之強度、通氣度、流動性、充填性等砂模性質影響頗大，尤其對於粘結劑之添加量影響更大，應予以重視。圖 7 為砂粒型與強度之關係。砂之粒形通常可分為 4 種，如圖 8 所示。即圓形、圓角形、多角形、複合形，其中圓形砂之強度、透氣性、充填性等最佳，圓角形次之，多角形之砂較差，屬於複合形之砂係由多顆砂粒結合而成，硬度低，在砂模製程中，經過輸送碰撞，擠壓造模後易造成破碎，形成砂粉，加速粒度變化及模砂老化，故應避免選用。



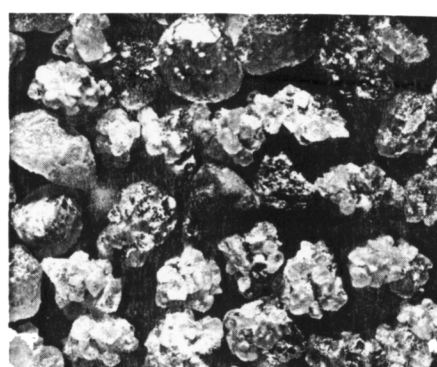
(a)圓形



(b)圓角形



(c)多角形



(d)複合形

圖 8 砂之粒形（資料來源：Clyde A. Sanders: Foundry Sand Practice）

(三) 具適當的粒度及粒度分佈

粒度及粒度分佈，不但與鑄件外觀之光潔度有直接之影響，對砂模之強度、通氣度、充填密合度等亦有密切之關係。因此對鑄砂之選用應視鑄件大小、厚薄、不同材質及各種造模方式等慎選合適的粒度及其分佈狀況。表 8 為 CNS 鑄造用砂砂粒度分佈規範

表 8 CNS 鑄造用砂砂粒度分佈

號數	粒度分佈及所佔重量%	主峰及重量%	含泥量%
10 號	8 目 + 10 目 + 14 目 > 70	10 目 > 40	< 2
14 號	10 目 + 14 目 + 20 目 > 70	14 目 > 40	< 2
20 號	14 目 + 20 目 + 28 目 > 70	20 目 > 40	< 2
28 號	20 目 + 28 目 + 35 目 > 70	28 目 > 40	< 2
35 號	28 目 + 35 目 + 48 目 > 70	35 目 > 40	< 2
48 號	35 目 + 48 目 + 65 目 > 70	48 目 > 30	< 1
65 號	48 目 + 65 目 + 100 目 > 70	65 目 > 30	< 1
100 號	65 目 + 100 目 + 200 目 > 70	100 目 > 30	< 1
150 號	100 目 + 150 目 + 200 目 > 70	150 目 > 30	< 2
200 號	150 目 + 200 目 + 270 目 > 70	200 目 > 30	不規定

註：(1)篩網目數為泰勒標準篩。

(2)矽砂中之含泥量除指所含黏土分外，尚包含直徑 20 μ m 之微粒子在內。

(3)成份屬第一級及第二級之矽砂，10 號至 65 號之含泥量應 < 1.5%。

表 9 泰勒、美國、日本標準篩網網目對照表

泰勒篩網	8	10	14	20	28	35	48	65	100	150	200	270
A.S.T.M 篩網	8	12	16	20	30	40	50	70	100	140	200	270
J.I.S 篩網	8	10	14	20	28	35	48	65	100	150	200	270

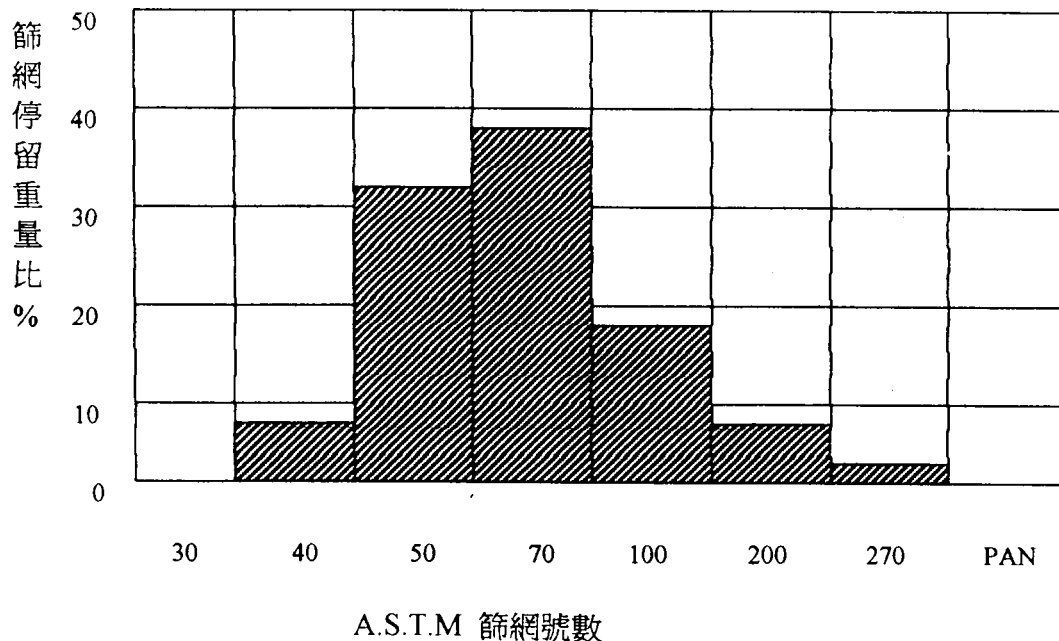


圖 9 適當的粒度分佈

鑄造用砂最適當的粒度分佈，應為連續篩號之三峰砂或四峰砂，且其重量總和須佔全部重量之 80% 以上。例：AFS NO.50~60 之砂粒度分佈為

40 目 < 10%，50 目 + 70 目 + 100 目 > 80%，通過 100 目 < 10% 如圖 9 所示

二、模砂應具備之條件

模砂是以砂為主要材料，依各種不同之造模方式，添加一定比例之粘結劑，並經混練後，做為製作砂模及砂心的材料砂。為得到良好的鑄件品質，防止鑄疵的發生，模砂應具備下列之條件：

(一)使砂模具有適當的強度與模面硬度

模砂經造模完成後，須具有適當的強度與模面硬度，才不致於在拔模、搬運、合模時，損壞砂模造成鑄件缺陷，更重要的在於澆鑄時，能耐金屬液的壓力及沖刷而不致造成崩砂，產生不良品。

(二)能耐高溫金屬溶液的熱衝擊，且膨脹性小

模砂在高溫金屬液的熱作用下，可被軟化、熔化而產生鑄件表面燒結之缺陷。因此鑄砂須具有良好的耐熱性，才能鑄造出外觀光潔的鑄件。當石英砂受熱至 575°C 時由 α 石英變態至 β 石英時，呈現急遽的膨脹，亦將造成剝砂、結疤等鑄疵的原因。各種鑄砂之熱膨脹係數如圖 10 所示。為了防止砂模因熱膨脹而產生鑄疵，通常在模砂中添加瀝青或糊精等用以緩和砂模之熱膨脹或是添加氧化鐵、特殊砂來增加模砂之熱傳導率，可藉由適當的冷卻速度，來解決因熱膨脹而產生之鑄疵。

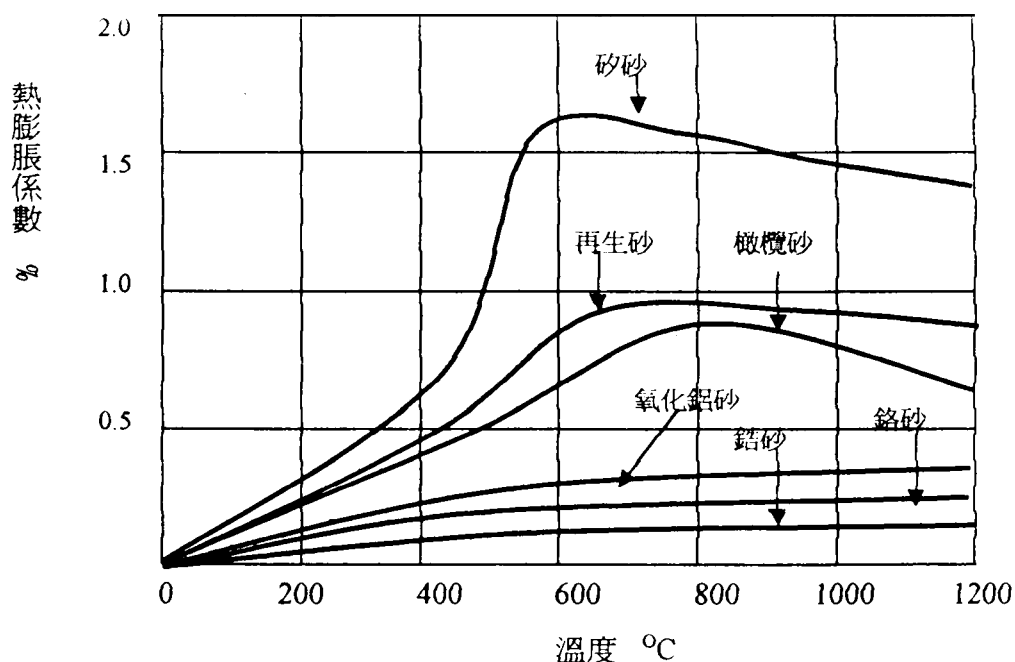


圖 10 各種基砂之熱膨脹係數

(三)具有適當的透氣性

在澆鑄作業時，由於高溫金屬熔液熱作用所產生於砂模內的大量氣體，須藉由砂顆粒間間隙，迅速的向外逸散，才不致於殘留在鑄模內，被金屬熔液於冷卻凝固時吸收，因而產生氣孔等鑄疵。大體而言，砂顆粒較大，透氣性較佳。但若透氣性過高，會因砂粒間之孔隙過大，而產生金屬液滲透或穿刺鑄件表面，造成表面粗糙之缺陷，故應慎予管制。圖 11 為粒度指數與通氣度之關係

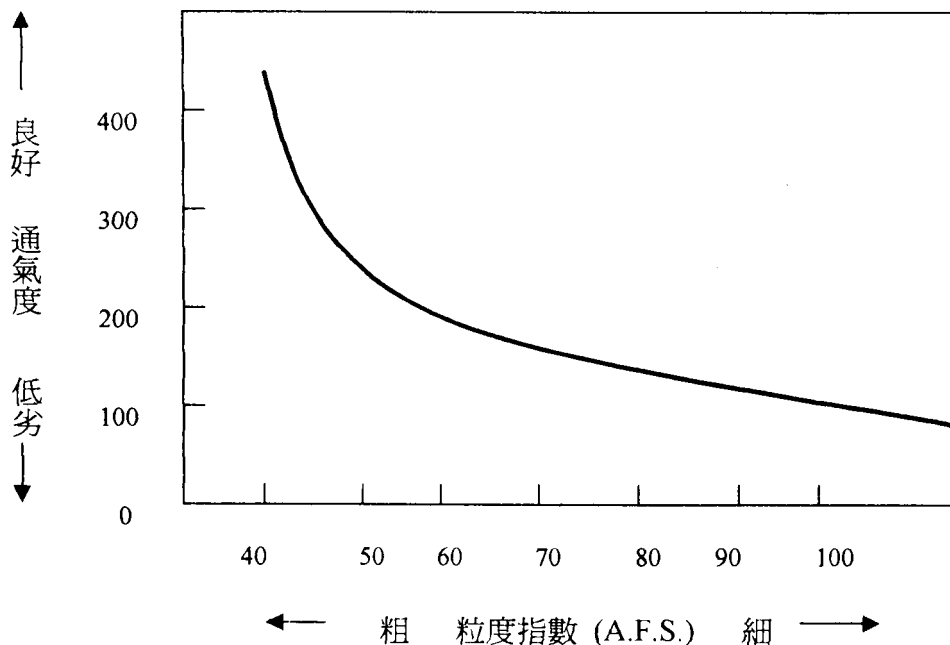


圖 11 粒度指數與通氣度關係圖

(四)良好的流動性及充填性

流動性及充填性良好的模砂，可製作出模面強度均勻及填充密實的砂模，並可得到表面光滑潔淨的鑄件。選用粒形渾圓表面平滑的基砂，在調配模砂時，所需之粘結劑添加量可減少，因而可提高模砂之流動性及充填性。

(五)於澆鑄後具有良好的崩散性，且可反覆使用

當鑄模於澆鑄冷卻後，須進行清箱作業，使鑄件與砂模分離，是故模砂需具有良好的崩散性。若模砂於澆鑄後殘留強度過高，不但造成清砂困難，嚴重的更會導致鑄件在凝固收縮時，產生變形、熱裂等鑄疵。另模砂需能耐造模與清箱作業時之機械擠壓衝擊及澆鑄時冷、熱循環衝擊的能力，而不致於破碎，導致粒形及粒度分佈變化，影響模砂之性質。

學習評量二

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：（30%）

- 1. 砂中所含泥份，可增加模砂強度，應適度提高。
- 2. 砂之粒形對於粘結劑之添加量影響頗大，故應予以重視。
- 3. 二氧化矽含量較高之砂，耐火度較佳，熱膨脹亦較大。
- 4. 流動性較好之砂，其充填性較差。
- 5. 砂顆粒較大之砂，其透氣性較佳。

(二) 選擇題：（30%）

- 1. 砂砂之主要成份為(1)SiO₂(2)MgO(3)CaO(4)K₂O。
- 2. 鑄砂最佳的粒形為(1)複合形(2)多角形(3)圓形(4)扁平形。
- 3. 鑄砂最適當的粒度分佈為連接篩號之(1)1—2 峰砂(2)3—4 峰砂(3)5—6 峰砂(4)6 峰砂以上。
- 4. 下列何者不適用於緩和模砂熱膨脹之添加劑(1)氧化鐵(2)瀝清(3)糊精(4)水泥。
- 5. 當石英砂受熱至(1)350°C(2)480°C(3)575°C(4)720°C時會由α石英變態為β石英呈現急遽的膨脹。

(三) 問答題（40%）

1. 請寫出基砂應具備之條件。（20%）
2. 請寫出模砂應具備之條件。（20%）

筆記欄

學習評量二答案

你的答案應包含下列要點

(一) 是非題

1. (X) 矽砂中泥份對砂模之強度會造成影響，應予以管制含量。
2. (O)
3. (O)
4. (X) 流動性較好之砂充填性較佳。
5. (O)

(二) 選擇題

1. (1)
2. (3)
3. (2)
4. (4)
5. (3)

(三) 問答題

1. (1)矽砂中所含二氧化矽純度高，雜質等不純物少。
(2)選用適當的粒形：圓形最佳，圓角形次之，複合形之砂應避免選用。
(3)適當的粒度及粒度分佈。
2. (1)具有適當的強度與模面硬度。
(2)能耐金屬液的熱衝擊，且膨脹性小。
(3)具有適當的透氣性。
(4)具有良好的流動性及充填性。
(5)於澆鑄後具有良好的崩散性，且可反覆使用。

學後評量

請不要參閱資料或書籍，寫出正確的答案。

(一) 是非題：(30%)

- () 1.鑄造用砂可分為矽砂及特殊砂兩大類。
- () 2.天然風化矽砂是由火成岩風化而成的天然顆粒砂。
- () 3.回收再生砂由於經焙燒處理，所以熱膨脹係數比新砂大一倍。
- () 4.在鑄造高溫之鑄鋼件時，使用特殊砂可防止燒結之現象產生。
- () 5.矽砂和鉻砂摻和使用，可提高模砂之耐熱性。
- () 6.矽砂中所含泥份，可增加模砂強度，故應適度提高。
- () 7.砂顆粒較大之砂，其透氣性較佳。
- () 8.砂之粒形對於粘結劑之添加量影響頗大，故應予以重視。
- () 9.二氧化矽含量較高之砂，耐火度較佳但熱膨脹亦較大。
- () 10.流動性較好之砂，其充填性較差。

(二) 選擇題 (30%)

- () 1.砂模鑄造中最主要的基砂為(1)鋯砂(2)鉻砂(3)矽砂(4)炭砂。
- () 2.下列鑄砂中何者不屬於天然風化砂(1)山砂(2)海濱砂(3)風積砂(4)鉻砂。
- () 3.海濱砂由於受到水流沖激、淘洗，砂之粒形呈(1)扁平型(2)圓角形(3)多角形(4)複合形。
- () 4.下列何者不屬於鋯砂之特性(1)比重大(2)耐熱性高(3)熱傳導性良好(4)熱膨脹係數大。
- () 5.P.H 值是碱性之砂為(1)橄欖砂(2)矽砂(3)鋯砂(4)山砂。
- () 6.炭砂的原料來源為(1)木炭(2)無煙煤(3)石油焦(4)炭棒。
- () 7.鑄砂最佳的粒形為(1)複合形(2)多角形(3)圓形(4)扁平形。
- () 8.鑄砂最適當的粒度分佈為連接篩號之(1)1—2 峰砂(2)3—4 峰砂(3)5—6 峰砂(4)6 峰砂以上。
- () 9.下列何者不適用於緩和模砂熱膨脹之添加劑(1)瀝青(2)氧化鐵(3)糊精(4)水泥。
- () 10.當石英砂受熱至(1)350°C(2)480°C(3)575°C(4)720°C時會由 α 石英變態為 β 石英，呈現急遽的膨脹。

(三) 問答題：(40%)

1. 請問天然矽砂的種類有那些？並說明其特性。(15%)

[請翻至下一頁](#)

2. 請寫出基砂應具備之條件。(10%)
3. 請寫出模砂應具備之條件。(15%)

參考書目

- 一、楊榮顯編著 1997 年 鑄造手冊第一冊 中華民國鑄造學會出版。
- 二、蔡全華等編著 1998 年 鑄造手冊第二冊 中華民國鑄造學會出版。