

感應電爐熔鑄能力本位訓練教材 構築與燒結爐襯

編號：PMF-IFM0303

編著者：阮錫煌

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

單元 PMF-IFM0303 學習指引

在你學習本單元之前，你必須熟悉下列各單元：

- (一) PMF-IFM0101 感應電爐原理與構造。
- (二) PMF-IFM0102 感應電爐的種類及應用。
- (三) PMF-IFM0201 認識鑄鐵材料。
- (四) PMF-IFM0202 認識鑄鋼材料。
- (五) PMF-IFM0203 認識非鐵金屬材料。
- (六) PMF-IFM0204 認識合金材料。
- (七) PMF-IFM0205 認識熔解輔助材料。
- (八) PMF-IFM0301 認識耐火材料。
- (九) PMF-IFM0302 認識築爐用具。

學習本職類各單元的先後順序，可參考背面之能力目錄。假如你認為已經瞭解上列單元，請翻到第 1 頁開始學習，如果你認為無法瞭解，請依下列的指示進行學習。

(一) 你全部無法瞭解上列單元，請將本教材放回原位，並取出編號 PMF-IFM0101 開始學習，或是去請教你的老師。

(二) 你已瞭解部分單元，而其他部份不會時，則請你依編號取出不瞭解的單元教材開始學習或是去請教你的老師。

引言

經由 PMF-IFM0301 及 PMF-IFM0302 兩個單元，想必你對爐襯修築所使用之耐火材料及用具已有基本的認識，接著本單元將讓你學會如何將上述之知識運用於構築爐襯；且在限定時間內築好指定熔解量之爐襯，並完成燒結之工作。這對你在工作技能上及是否能獨當一面是非常有幫助的，希望能好好學習。

定義

起動塊：為增加感應爐加熱效率，尤其是低週波感應爐，在冷爐加熱前先置一大鐵塊於爐內加熱。通常此鐵塊都是上一爐次的剩餘熔液倒入鑄模內而成的。

爐襯：感應爐體結構中，自線圈耐火泥至成型鋼桶或坩堝間之耐熱填充物。

燒結：將搗築完成的耐火材料（爐襯），經加熱使其達到所預定的強度之熱處理方法。

額定容量：感應爐體在設計之初，其感應線圈之高度是依感應爐的熔解量而設計的，此熔解量，即為額定容量。

學習目標

- 一、給你相關築爐爐襯的資料下，你能依爐體的尺寸，正確計算出築爐襯時，需要耐火材料之種類及使用量。
- 二、在無人協助下，給你築爐襯有關之耐火材料及用具，能在三小時內正確的築好熔解 100 公斤鑄件之爐襯。
- 三、在不參考任何資料下，你能正確地說出爐襯燒結之過程及應注意事項。
- 四、在無人協助下，給你相關技術手冊資料，你能將築好的爐襯，在限定的時間內正確的完成燒結工作。

學習活動

本單元之學習活動包括相關知識及實際操作，針對構築與燒結爐襯之認識與學習，可經由下列途徑去學習。如學員人數太多時，亦可採 2~3 人爲一組方式進行教學。

- 一、閱讀本教材之第 5 頁至第 53 頁。
- 二、觀看教學媒體。

本教材的第一個學習目標是

給你相關築爐資料下，你能依爐體之尺寸，正確計算出築爐時需要耐火材料之種類及使用量。

構築爐襯

築爐襯程序一般分為：1.準備爐襯材料；2.準備築爐襯用具；3.築爐襯方法；4.燒結方法四大步驟。現在分別敘述如後：

一、準備爐襯材料

爐襯材料的種類繁多，請參考 PMF-IFM0301 認識耐火材料單元，吾人根據所熔解的金屬及各種生產條件之不同，選擇最適當之爐襯材料，以達最經濟有效使用，降低生產成本。

一般耐火爐襯材料價格昂貴，尤其乾式搗捶材料很怕潮濕，保存不易，所以有必要配合使用量，做適量採購，將有助於工廠管理；因此，每次築爐之爐襯材料使用量要計算清楚，特別是大型感應爐更為重要。現以圖 1 及表 1 為例，計算各種爐襯材料之需要量。

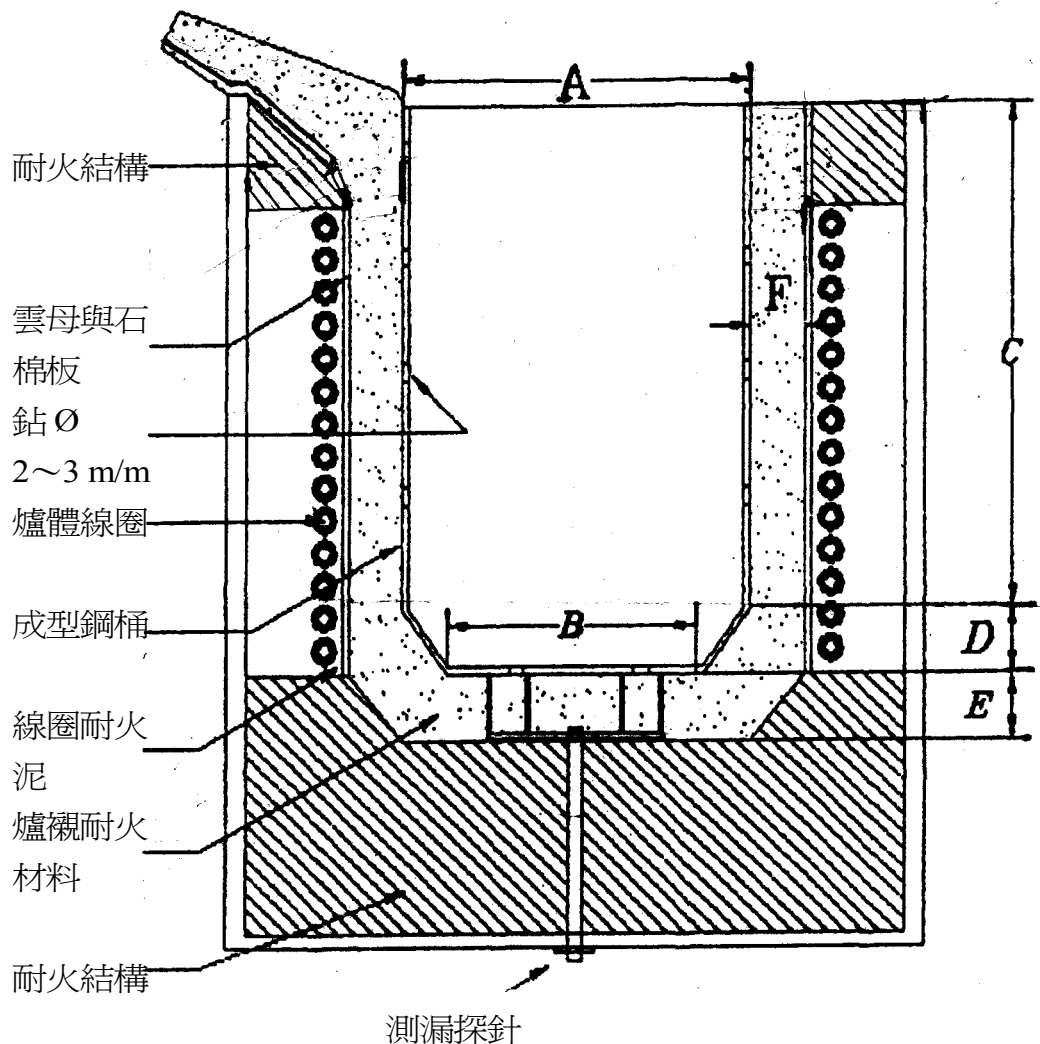


圖 1 感應爐爐體剖視圖

表 1 感應爐熔量與相關位置尺寸關係

單位：m/m

位置 熔量	A	B	C	D	E	F
100kg	220	170	420	50	70	55
150kg	270	210	465	60	70	65
300kg	330	250	510	90	90	75

(一) 石棉、雲母片的尺寸為：

$$\text{高} = C + D$$

$$\text{寬} = \pi (A + 2F)$$

(二) 填充耐火材料之重量為：

$$W = V \cdot \rho$$

V：填充耐火材料總體積。

ρ ：填充耐火材料捶打後之密度。

由圖 1，填充耐火材料之總體積，以高度將它劃分成 C、D、E 三部份體積計算，總體積即：

$$V = V_c + V_D + V_E$$

C 部份之體積為：

$$V_c = \frac{\pi}{4} (A + 2F)^2 \cdot C - \frac{\pi}{4} A^2 \cdot C$$

$$= \frac{\pi}{4} C \cdot [(A + 2F)^2 - A^2]$$

$$= \frac{\pi}{4} C \cdot 4(A \cdot F + F^2)$$

$$= \pi C \cdot F \cdot (A + F)$$

D 部份之體積為：

由截頭圓錐(如圖 2)體積公式：

$$V = \frac{\pi h}{3} (R^2 + R \cdot r + r^2)$$

h：為截頭圓錐之高度

R：為截頭圓錐之底圓半徑

r：為截頭圓錐之頂圓半徑

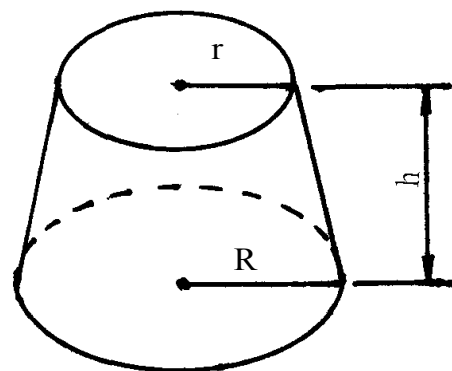


圖 2 截頭圓錐

$$\begin{aligned}
 V_D &= \frac{\pi}{4} (A+2F)^2 \cdot D - \frac{\pi D}{3} \left[\left(\frac{A}{2} \right)^2 + \frac{A}{2} \cdot \frac{B}{2} + \left(\frac{B}{2} \right)^2 \right] \\
 &= \frac{\pi D}{4} (A+2F)^2 - \frac{\pi D}{3} \left(\frac{A^2}{4} + \frac{A \cdot B}{2} + \frac{B^2}{4} \right) \\
 &= \frac{\pi D}{4} (A+2F)^2 - \frac{\pi D}{12} (A^2 + A \cdot B + B^2)
 \end{aligned}$$

E 部份之體積為：

$$\begin{aligned}
 V_E &= \frac{\pi E}{3} [(A+2F)^2 + (A+2F) \cdot A + A^2] \\
 &= \frac{\pi E}{3} (A^2 + 4A \cdot F + 4F^2 + A^2 + 2A \cdot F + A^2) \\
 &= \frac{\pi E}{3} (3A^2 + 6A \cdot F + 4F^2)
 \end{aligned}$$

(三) 耐火泥量：端視拆舊爐襯時，損壞情況而定。

例：如表 1 內 100 公斤之爐容量，其爐襯材料需要搗捶密度為 2.40g/cm³，求各種爐襯之需要量？

1. 石棉、雲母片之尺寸為

$$\text{高} = 420 + 50 = 470 \text{ mm}$$

$$\text{寬} = \pi (220 + 2 \times 55) = 1036 \text{ mm}$$

2. 填充耐火材料之重量為：

$$V_C = \pi \times 42 \times 5.5 \times (22 + 5.5) = 19947 \text{ cm}^3$$

$$V_D = \frac{\pi \times 5}{4} \times (22 + 2 \times 5.5)^2 - \frac{\pi \times 5}{12} (22^2 + 22 \times 17 + 17^2) = 2774 \text{ cm}^3$$

$$V_E = \frac{\pi \times 7}{3} \times (3 \times 22^2 + 6 \times 22 \times 5.5 + 4 \times 5.5^2) = 16844 \text{ cm}^3$$

$$V = 19947 + 2774 + 16844 = 39565 \text{ cm}^3$$

$$W = 39565 \times 2.4 \div 1000 = 95 \text{ kg}$$

二、準備築爐用具

築爐用具，依築爐大小及耐火材料種類選擇適當之築爐用具，如表 2 所示。其相關知識、操作方法及動作原理，請參考 PMF-IFM0302 認識築爐用具單元。

表2 築爐用具表

編號	名稱	數量		規格	備註
1	水桶	1Ton以下	4 個	18 公斤家庭用不銹鋼	築爐調配耐火泥專用
		1.5~8Ton	6 個		
2	鐵板	2 張		900×1800×2t m/m	攪拌耐火材料用
3	砂鏟	2 支		鏟面 300×300,長 900m/m	攪拌耐火材料用
4	水平尺	1 支		0.5Ton	為防止爐襯壁厚不均勻築爐時用以較正坩堝之水平
				1~4Ton	
				5~8Ton	
5	磅秤	1		100~1000kg	
6	固定板手	1 組		12~23m/m	
7	螺絲起子	各 1 支		十字、一字 200m/m	
8	鋼絲鉗	1 支		200m/m	
9	美工刀	1 支		大號	
10	剪刀	1 支		250~300m/m	
11	直尺	1 支		1000m/m	
12	榔頭	1 支		1 $\frac{1}{2}$ 磅	
13	鑿刀	各 1 支		200m/m 平鑿、尖鑿	
14	砂紙	3~5 張		#60~#50	
15	鐵線	3m		2 ϕ ~3 ϕ	
16	空氣壓縮機	1 台		10kg/cm ² , 5HP	
17	鎚具	1 式		尖型,平型	
18	震動器	1 式		可更換式	
19	成型鋼桶	1 個		配合爐體設計	目前市面已有成型的坩堝,可快速築爐
20	口罩	1 個/人		口、鼻密封式	
21	防漏監測器	1 式			
22	攪拌機	1 台			濕式耐火材料用
23	鋤刀	各 1		平鋤,弧鋤	
24	楔形塊	4 塊		配合爐體設計	
25	線卡	1		2~3 ϕ , 爐深長	
26	吸塵機	1			
27	瓦斯噴槍	1			

學習評量一

請參考本單元的圖 1、表 1 及附錄一～四等資料，計算熔解 300 公斤灰口鑄鐵時，築爐襯所需的耐火材料應為多少？請依下列問題作答。

1. 你是選擇附錄_____作為參考依據(15%)
2. 依表 1 得知圖 1 的 A=_____ B=_____ C=_____ D=_____ E=_____ F=_____ m/m(15%)
3. 石棉及雲母片的高=_____ 寬=_____ cm(20%)
4. 填充爐襯之總體積共為_____ cm^3 (30%)
5. 選用的耐火材料主要成份為_____，需用_____公斤(20%)

學習評量一答案

- 1.你是選擇附錄四作為參考依據(15%)
- 2.依表 1 得知圖 1 的 A=330 B=250 C=510 D=90 E=90
F=75 m/m(15%)
- 3.石棉及雲母片的高=60 寬=150 cm(20%)
- 4.填充爐襯之總體積共為105823 cm³ (30%)
- 5.選用的耐火材料主要成份為氧化矽，需用254 公斤(20%)

恭喜你！已經學會根據查閱資料選用爐襯材料，及計算應該使用多少量，接下來將這些材料築成爐襯的方法正等著你去學習，希望你能成功！加油！

本教材的第二個學習目標是

在無人協助下，給你築爐襯有關之耐火材料及用具，你能在三小時之內正確的築好熔解 100 公斤鑄鐵的爐襯。

三、築爐襯的方法

具有高性能的感應爐，且準備了上好的爐襯材料，假如築爐襯方法有問題的話，就無法發揮爐襯應有的使用壽命。因此，築爐襯過程的每一環節都不能疏忽大意，馬虎不得的，茲將築爐襯程序敘述如下：(本節乃以使用過後之感應爐，再重新築爐襯之方法為例，而非生產感應爐廠商之新爐製作法)。

(一) 拆除舊爐襯

以尖鑿、平鑿鑿除舊爐襯，如大型感應爐可搭配氣動鑿，由爐襯內壁逐步往外鑿除，直到線圈耐火泥，鑿除過程儘量不要傷及線圈耐火泥。大型爐體有些附加油壓裝置，可將爐襯整體頂出，省去拆除工作。

(二) 清理廢爐襯

將鑿下的舊爐襯清理，先拿取整塊廢爐襯，最後細屑、粉末要用吸塵機清理，切忌用空氣噴槍直接將它吹散，造成環境污染，尤其廢爐襯中含有石棉粉屑及氧化矽粉末，對人體健康危害甚大，工作者應十分謹慎，以維護身體健康。清理後之爐座如圖 3 所示。



圖 3 清理舊爐襯後之爐座

(三) 修補線圈耐火泥

依拆除舊爐襯時線圈耐火泥損壞情況，取適量耐火泥，按照比例加水(依材料商提供之資料)，攪拌均勻如圖 4 所示。此時，需注意攪拌器皿之清潔及是否銹蝕。然後在損壞之處敷上耐火泥，再以鋤刀鋤平，如圖 5 所示。



圖 4 攪拌耐火泥



圖 5 修補線圈耐火泥

（四）烘乾修補過之線圈耐火泥

以瓦斯噴槍點火烘乾修補後之線圈耐火泥，如圖 6 所示



圖 6 烘乾修補之線圈耐火泥

（五）磨平線圈耐火泥

以砂布#60、#80 號磨平修補過之線圈耐火泥，唯有保持平滑的表面，才能讓耐火爐襯受熱後，順利膨脹，不致牽引線圈耐火泥引起龜裂變形。

（六）貼雲母片、石棉板

依計算好之長度剪裁雲母片及石棉板，如圖 7 所示，在其背面塗上砂心粘結劑，貼於線圈耐火泥上，張貼時，先貼雲母片後再貼石棉板，完成之後如圖 8 所示。現有廠商生產軟質雲母片，可抵用石棉板，避免石棉屑污染環境。



圖 7 雲母片與石棉板



圖 8 貼好雲母片、石棉板及裝置測漏探針之情形

(七) 安裝防漏監測器

在爐底及爐壁裝置防漏監測器，如圖 8 所示。爐底的測漏探針必須與成型鋼桶或坩堝及底部的爐襯接觸；防漏監測器的相關知識及原理，請參考 PMF-IFM0302 認識築爐用具。

(八) 築爐底部

在爐底填入乾式耐火材料，依感應爐大小分成數層次填入適當重量，如表 3 不同爐量的爐底部耐火材料填充次數及重量表。

表 3 爐底耐火材料填充層次數及重量表

單位 kg

爐量 層次	0.3Ton	0.5Ton	1.0Ton	1.5Ton	2.0Ton	3.0Ton	4.0Ton	5.0Ton	6.0Ton	8.0Ton
第一層	27	28	60	70	120	100	100	115	120	130
第二層	18	23	40	40	65	65	65	75	80	90
第三層	18	23	30	40	55	65	65	75	80	90
第四層				40	55	65	65	75	80	90
第五層										

分別以適當之鎚具搗捶至規定之密度(請參考材料供應商提供之資料)，當築好一層爐襯後，要再造下一層爐襯之前，需先用尖型鎚具鎚之，以利上下層緊密結合。一般 300 公斤以下小型爐僅用手工鎚具搗捶即可，300 公斤以上之爐容量可用氣動或電動鎚輔助搗捶如圖 9 所示。空氣壓力為 5kg/cm^2 以上。

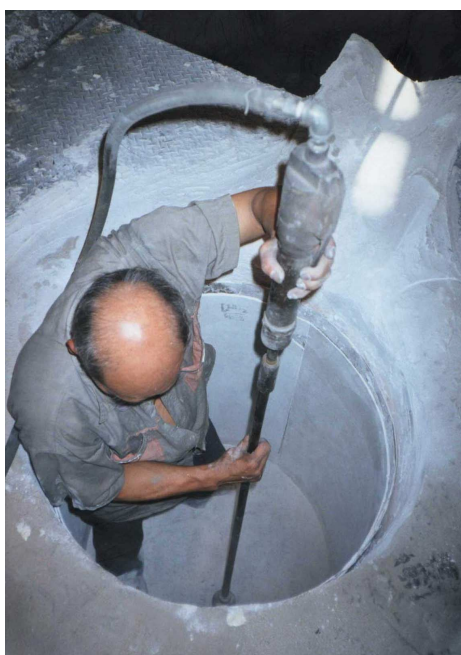


圖 9 氣動鎚具搗捶之情形

最後再用自轉捶桶如圖 10 所示，以起重機吊入爐底上面如圖 11 振動捶打 20 分鐘，俟整個爐底平整密實再行吊起自轉捶桶。



圖 10 自轉捶桶



圖 11 自轉捶桶吊入爐底上面之情形

注意：捶打的時間不足，則會形成耐火材料的密度會不夠；捶打的時間過度時，則會引起耐火材料顆粒偏析現象，一般乾式耐火材料鎚打的時間請參考表 4，濕式耐火材料填充層次數及搗捶時間約乾式耐火材料的一半即可。施工時，工作場所的整潔，工作人員的服裝、鞋、及所用之器具等均需保持清潔，否則會影響爐襯使用壽命甚鉅。

表 4 爐底耐火材料每層次鎚打時間表

單位：分鐘

爐量 層次	0.5Ton	1.0Ton	1.5Ton	2.0Ton	3.0Ton	4.0Ton	5.0Ton
第一層	6	9	12	14	16	19	23
第二層	6	9	12	14	16	19	23
第三層	6	9	12	14	16	19	23
第四層		9	12	14	16	19	23
第五層							

（九）吊入成型鋼桶或坩堝

成型鋼桶吊入前應擦拭乾淨，吊入後以四塊楔片成十字形置於鋼桶周邊，固定中心位置，如圖 12 所示，再以線卡測量成型鋼桶與爐壁周圍上、下距離，並調整使其距離一致，如圖 13 所示。

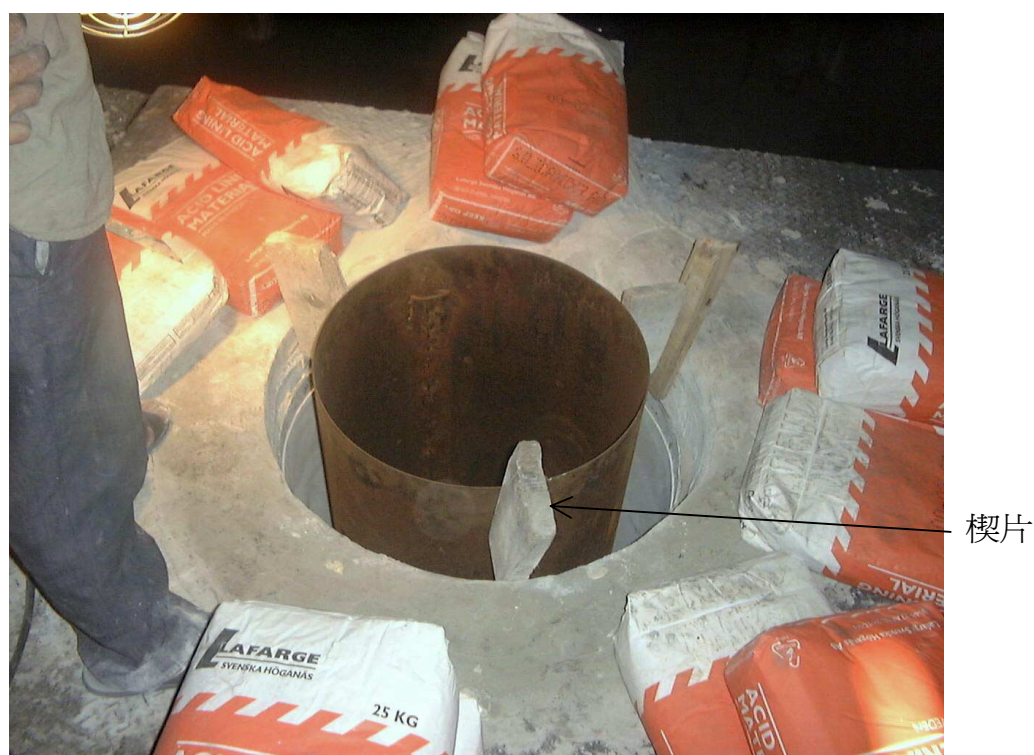


圖 12 成型鋼桶定中心情形

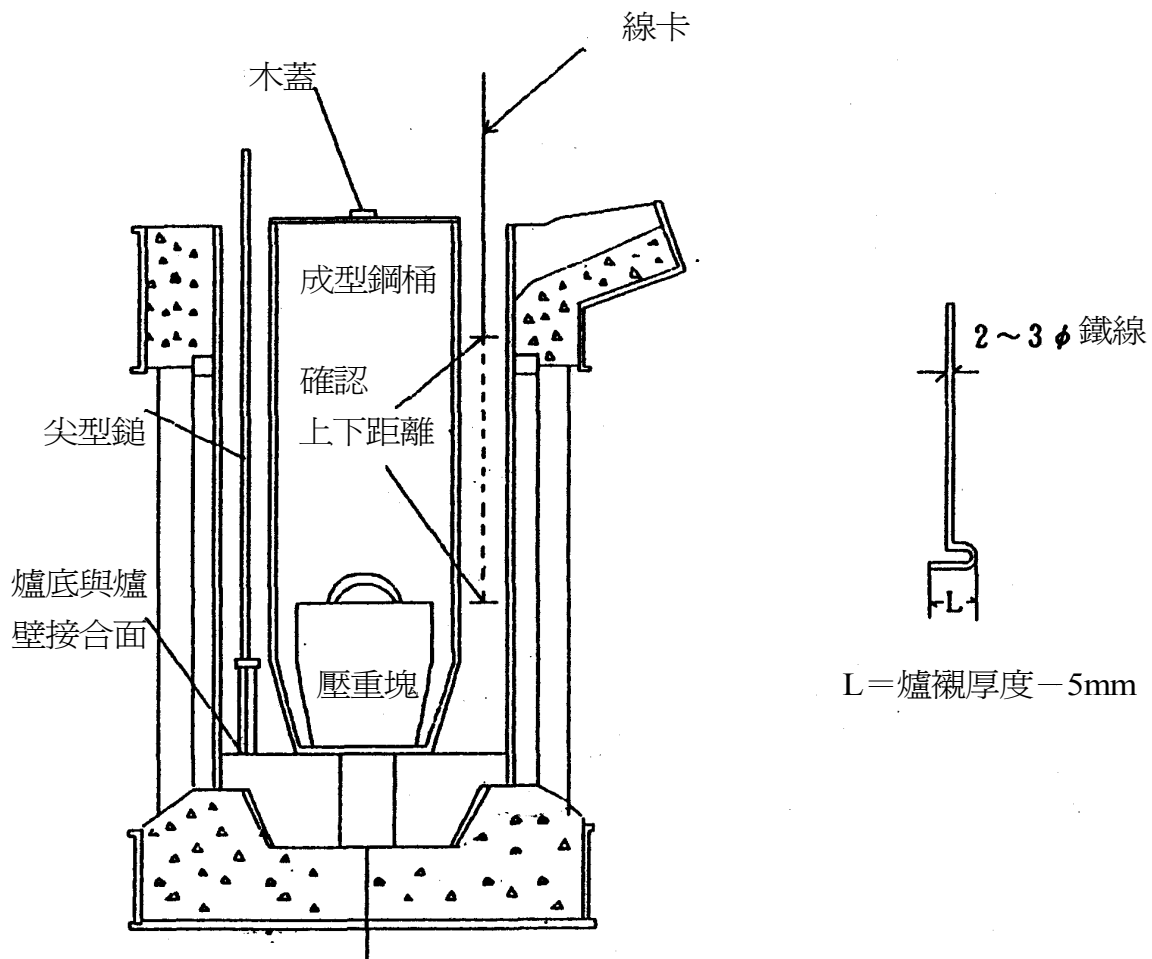


圖 13 以線卡測量成型鋼桶定中心位置之情形

(十) 吊入壓重塊

成型鋼桶中心位置定妥之後，唯恐搗捶耐火材料過程發生偏移，可在桶內加壓重塊，如圖 13 亦可作為感應爐起動塊及燒結爐襯之加熱塊。

(十一) 築爐壁

在成型鋼桶上口蓋上木蓋，預防耐火材料進入桶內。隨著感應爐大小分成數層次，邊搗捶邊填入適量之耐火材料，如表 5，分別以鎚具搗捶到規定之密度，300 公斤以下小型爐僅用手工鎚具搗捶即可，300 公斤以上之爐容量用氣動或電動鎚輔助搗捶如圖 14 所示。濕式耐火材料只要用振動棒振紮實即可如圖 15 所示。築好一層爐襯，要再築下一層之前，需先用尖型鎚具捶之，以利上、下層緊密結合如圖 16 所示。

表 5 爐壁耐火材料填充層次數及重量表

單位：kg

爐量 層次	0.3Ton	0.5Ton	1.0Ton	1.5Ton	2.0Ton	3.0Ton	4.0Ton	5.0Ton	6.0Ton	8.0Ton
第一層	11	12	16	25	45	60	65	70	82	94
第二層	11	12	16	25	40	50	55	60	75	80
第三層	11	12	16	25	35	40	45	45	70	75
第四層			16	25	35	35	40	42	65	70
第五層				25	30	35	40	42	60	60



圖 14 電動鉗具搗捶之情形



圖 15 振動棒振搗之情形



尖
鎚

圖 16 上、下層接合面先以尖鎚搗捶之情形

[請翻至下一頁](#)

如以懸固式鎚具振動時，耐火材料只要一次就填到滿，再將懸固式鎚具固定於成型鋼桶內底部，如圖 17、18 所示。振畢一個位置後，鬆开支腳，將鎚具原地旋轉 45° 再行固定繼續振動，完成後，將鎚具支腳鬆開並吊昇一層再行固定振動，如法反覆，俟鎚具昇到爐口，全部爐壁都振動紮實為止。如果以坩埚取代成型鋼桶築爐襯時，不能用此懸固式鎚具振動，否則坩埚會破裂。以上每層次施予鎚打之時間請參考表 6



圖 17 吊車吊起懸固式鎚具

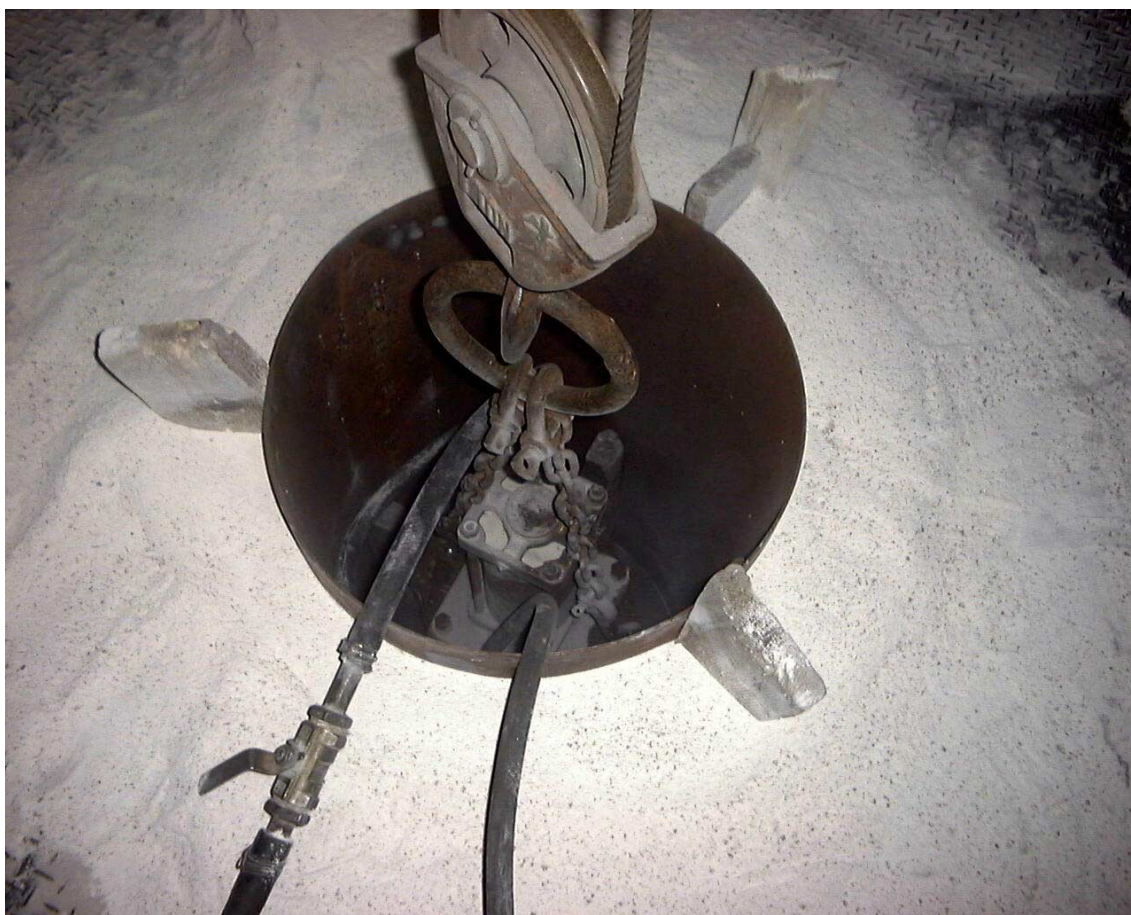


圖 18 懸固式鏈具吊入成型鋼桶內之情形

表 6 爐壁耐火材料每層次鏈打時間表 單位：分鐘

爐量 層次	0.5Ton	1.0Ton	1.5Ton	2.0Ton	3.0Ton	4.0Ton	5.0Ton
第一層	4	5	8	9	10	11	14
第二層	4	5	7	8	10	10	13
第三層	4	4	6	6	9	10	12
第四層	3	4	6	6	8	9	10
第五層		4	6	6	7	7	9

(十二) 築爐嘴

- 1.將爐口處沒鎚紮實之耐火材掃除。
- 2.於爐口處及爐嘴上塗水玻璃如圖 19 所示。



圖 19 在爐口及爐嘴上塗水玻璃之情形

- 3.取適量耐火材料(視爐嘴及爐口大小而定)加入水玻璃粘結劑 5%拌勻。如圖 20 所示。



圖 20 耐火材料調水玻璃之情形

4.以平鎚捶緊，並用平鋸平整光滑，如圖 21 所示。



圖 21 平鎚捶爐口之情形

5.以弧鋸鋸爐嘴，使之光滑平整，如圖 22 所示。



圖 22 弧鋸鋸爐嘴之情形

6.以酒精調石墨粉塗抹爐口及爐嘴周邊，如圖 23 所示。



圖 23 以酒精調石墨粉塗抹爐口之情形

7.在爐口上點火，使之乾燥，即可準備燒結。以濕式耐火材料填充成爐襯，要等 2~3 天使其乾固後，再準備燒結。

現在你是否已熟悉築爐襯之方法與步驟？假如你仍未完全熟悉，請重覆學習本單元的第 13 頁到第 28 頁，直到熟悉為止；如有困難，請你到管理室借電視錄影片觀看學習，若無錄影片或仍然有困難，則去請教你的老師。然後向管理室領取築爐襯所需的用具及材料(依用具表、材料表所列領取)，依據下列工作指示進行練習。若有困難，再重讀本單元第 5 頁至第 28 頁或去請教你的老師。

工作指示：

請你依材料表、用具表及工作圖，照築爐襯之方法正確的築好熔解 100 公斤鑄鐵之爐襯。

- 材料：1. 石棉、雲母片 470×1036 m/m
 2. 氧化矽耐火材料 95kg
 3. 耐火泥 10 公斤

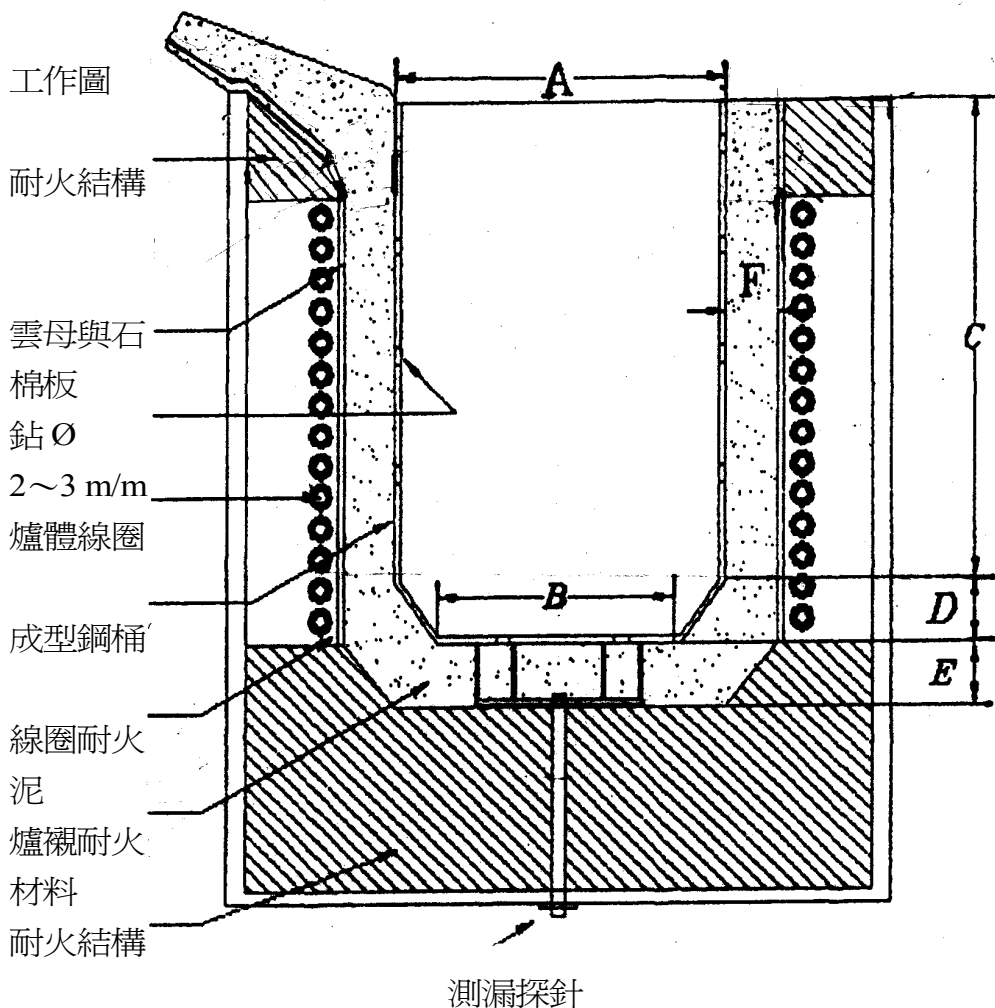


圖 24

用具：如表 2 所示，因 100 公斤屬於小型爐，所以編號 16、18、22 三項用具不用準備。

[請翻至下一頁](#)

學習評量二

請在三小時內完成以下指示，並依自我評量表，檢查自己的成果。

工作指示：

請你依照表 1 及附錄四耐火材之施工方式及築爐用具，正確的築好熔解 100 公斤鑄鐵之爐襯。

材料：

1. 石棉、雲母片 470×1036 m/m
2. 附錄四之材料 95 公斤
3. 耐火泥 10 公斤

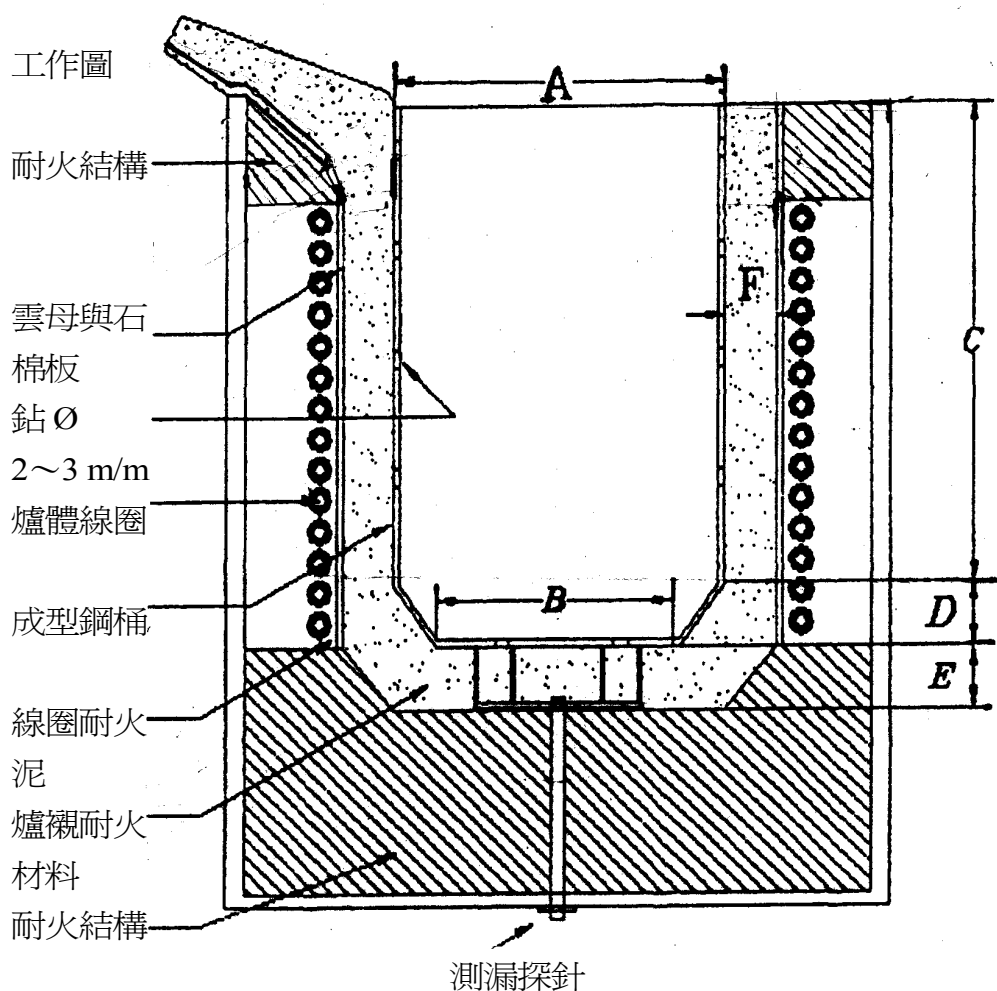


圖 25

自我評量表：通過者打(√)，不通過者打(×)

1.安全習慣：

- () (1)工作中是否有不當操作而受傷。
- () (2)氧化矽在填充及搗捶時是否帶口罩。
- () 2.工具使用規則：工具有無不當操作而損壞。
- () 3.時間：是否依規定時間在三小時內完成工作。

4.結果

- () (1)築好之爐襯壁，以水平尺檢查其垂直度是否正確。
- () (2)檢查爐口及爐嘴的耐火材是否平整密實。
- () (3)檢查防漏監測器安裝是否確實。

評分標準：你必須達到每個項目都是(√)，才算合格，如果有一個(×)代表不合格。那麼請你繼續練習，直到合格才再練習下個學習目標。

假如你能夠熟練上列工作的話，請你翻到下頁繼續下一個學習目標，如果你不能的話，那麼請你繼續練習，直到完全熟練為止，再翻到下頁學習。

恭喜你！已經學會築爐襯的方法，接下來將告訴你如何將築好的爐襯燒結。加油！

本教材的第三個學習目標是

在不參考任何資料下，你能正確的說出爐襯燒結之過程及應注意事項。

爐襯燒結

將搗築完成的耐火材料(爐襯)，經加熱使其達到所預定的強度之熱處理方法謂之燒結。爐襯燒結一般分為三個程序進行，即昇溫期、金屬熔解期、耐火材料燒結期。整個燒結過程隨著爐襯的耐火材料及熔解材料之不同而異，一般爐襯材料供應商都有相關的資料可供查詢參考。

(一) 昇溫期：

- 1.將啟動塊或較大的金屬塊置放於成型鋼桶內約 $1/2$ 額定容量之高度，如圖 26 所示，這樣才能產生足夠的熱量讓爐襯耐火材料充分燒結，如金屬塊太小時，會在爐襯耐火材料尚未完成燒結便提早熔解成為液體，因而侵入耐火材料內破壞爐襯。

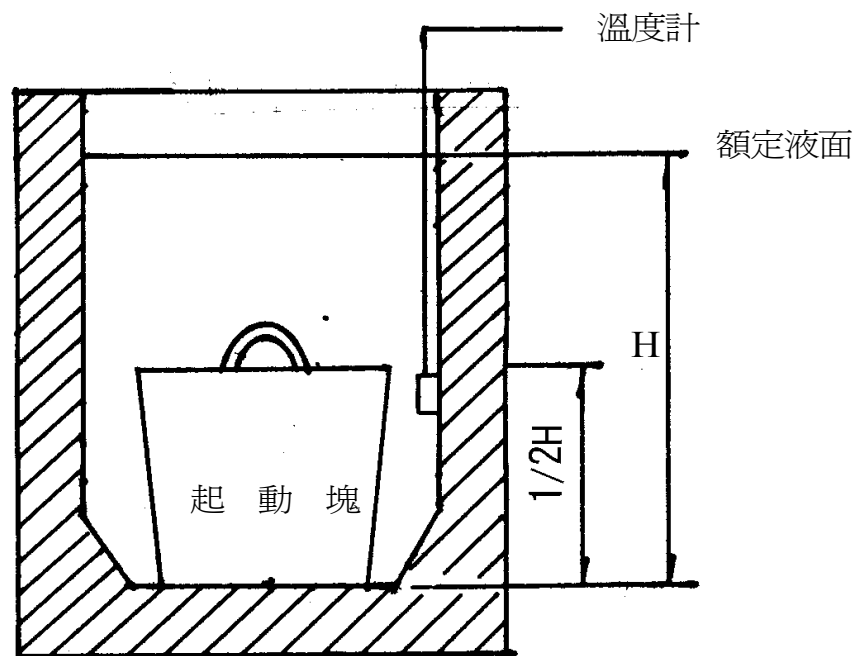


圖 26 啟動塊及溫度計於燒結時放置於桶內之情形

- 2.在成型鋼桶內插入溫度計，到約 $1/2 \sim 3/4$ 桶深處，如圖 24 所示。並記錄燒結時爐壁之溫度，作為控制電力功率大小之依據，如表 7 所示。
- 3.啟動感應電爐(請參閱 PMF-IFM0403 操作感應電爐)，此時爐襯的水份慢慢蒸發而排出爐外。隨著溫度的上昇，氧化矽由 α 石英變態為 β 石英，再變為磷石英，因此產生體積膨脹，需讓其緩緩進行加溫，方可降低在爐襯內所產生之應力，同時可減少對爐體的壓力。更重要的是此期間溫度超過 100°C 之後不可讓溫度再下降，因會使強度尚不太好的爐襯產生收縮而導致產生龜裂。一般爐襯燒結加熱功率及速度如表 7 所示。

表 7 爐襯燒結加熱功率及速度參照表

時間(分) 爐壁溫度(℃)	基準電力			額定電力
	30%	50%	80%	
300	15	15	15	連續
300~900	15	15	—	連續
900 以上	—	—	—	連續

爐容量 kg	基準電力 Kw	爐容量 kg	基準電力 Kw
300	150	3000	800
500	300	4000	1000
1000	400	5000	1200
1500	500	6000	1400
2000	600	8000	1800

(二) 金屬熔解期

先將啟動塊熔化後，再加入金屬塊繼續熔解，使熔融金屬液面達到爐襯上端(額定液面)所需要的時間，謂之金屬熔解期，此時成型鋼桶也一併熔解。在這期間內要儘量維持金屬液不令其表面產生凝固之最低溫度，如此期間急速地昇溫會導致金屬液滲透爐襯；若讓金屬液凝固的話，則會發生爐襯龜裂的情況。

(三) 燒結期：

熔融金屬液面達到爐襯上端之後，將溫度上昇到能使爐襯燒結的溫度，讓爐襯表面產生堅硬的白矽石(Crystoballite)化的結構所需的時間，謂之燒結期。在所定的溫度保持規定的時間進行充分燒結是很重要的。每一種耐火材料都有不同的燒結參數，詳細情形可參考材料供應商提供的資料。如附錄一～四(期偉有限公司提供)，依據相關資料設定感應爐加熱之溫度控制曲線。如感應爐沒有這種裝備，則以人工按資料所示操作。

學習評量三

是非題 請將在()內填入答案，對的打“○”，錯的打“×”，每題 10 分

- () 1.爐襯燒結一般分為三個程序進行；其順序為昇溫期、耐火材料燒結期、金屬熔解期。
- () 2.爐襯燒結的過程，隨著爐襯耐火材料及熔解材料之不同而異。
- () 3.爐襯燒結過程，為了增進燒結效率，則開始加熱階段，爐內先放些小塊金屬，方便快速熔解。
- () 4.爐襯燒結過程中，在成型鋼桶內插入溫度計，主要目的為測量金屬熔化之溫度。
- () 5.爐襯燒結過程中期，氧化矽由 α 石英變態為 β 石英，再變為鱗石英。
- () 6.爐襯在燒結過程中，當爐襯溫度超過 100°C 之後，不可讓其溫度下降，否則爐襯會因收縮導致龜裂。
- () 7.氧化矽爐襯燒結過程中，初期加熱需緩緩進行加溫，方可降低爐襯之內應力。
- () 8.爐襯燒結時，當爐內之起動塊熔解後，再加入金屬塊時，若讓金屬液凝固，則會發生爐襯龜裂的現象。
- () 9.當爐內之起動塊熔解後，為使其液面趕快達到爐口，即可提高功率再加入之金屬塊，使其快速熔解。
- () 10.氧化矽耐火爐襯在燒結末期，其表面會形成堅硬之白矽石。

學習評量三答案

- (X) 1.燒結程序之順序為昇溫期、金屬熔解期、耐火材料燒結期。
- (O) 2.
- (X) 3.燒結剛開始加熱階段，爐內應放置大塊金屬，才能產生足夠的熱量。
- (X) 4.爐襯燒結過程，在成型鋼桶內插入溫度計，主要目的作為控制燒結過程控制電力功率大小之依據。
- (O) 5.
- (O) 6.
- (O) 7.
- (O) 8.
- (X) 9.爐內起動塊熔解後，應保持熔液不凝固之最低溫度，慢慢熔解以後再陸續加入之金屬塊。
- (O) 10.

恭喜你！又學會爐襯燒結的方法，已經接近成功了，接著將告訴你查閱相關技術資料，應用於爐襯的燒結操作上面。加油！快學會了！

本教材的第四學習目標是：

在無人協助下，給你相關技術手冊資料，你能將築好的爐襯，在限定的時間內正確的完成燒結工作。

假如你認為能勝任上述目標之要求，請翻至第 43 頁做學習評量，如你需要多學習的話，請翻到下頁學習。

一般耐火材料廠商都會編製其產品(材料)之說明書，說明書內容包括如下：

- 1.該產品是以何種材料為主，適合何種場合使用。
- 2.該產品之特性。
- 3.產品之化學成分百分比。
- 4.操作方法及要求。
- 5.包裝方式及貯存方法。
- 6.燒結參數。

當你拿到說明書後，應詳細研讀，務必完全了解，尤其燒結參數，它是說明爐襯燒結時，溫度與時間之關係，攸關燒結成敗甚大。茲舉附錄一～四(資料來源：期偉有限公司)說明各種耐火材料如上述 6 點之敘述，請依照所訂之燒結參數進行爐襯燒結工作。

附錄一：

DRI-VIBE 622 A

DV-662 A 是一種以熔融氧化鋁(電熔剛玉)為基材的乾震實耐火材料，專為熔化鋁及鋁合金的高頻無芯感應電爐爐襯而設計。DV-622A 也適用於整爐出湯的大型電爐，此產品具有下列優點及特性：

- > 完全乾燥.
- > 優秀的不沾粘(渣)之特性.
- > 突出的熱強度.
- > 在正常操作條件下，保有鬆散層.
- > 可用於脫出模及消失模築爐襯.

技術數據

化學成分：

氧化鋁·····85.5%
 氧化矽·····5.6%
 氧化鈦·····2.2%
 氧化鋯·····2.0%
 氧化鐵·····0.1%
 其 他·····6.6%

要求密度·····2.88g/cc
 粒度·····不大於 5 毫米
 使用溫度·····980°C
 最低使用溫度·····650°C
 施工方式·····乾搗實或震動
 施工工藝·····CL-1,CL-2,CL-4,CL-14
 CL-17,CL-52,CL-53

標準包裝和儲存方式

用 25 公斤多層紙袋包裝，每 40 袋裝在一個 106cm × 106cm 的棧板，用強力塑膠布包裹，建議儲存期不超過 12 個月，置於乾燥處防止吸潮。

燒結參數

初始保溫溫度為 650°C，最終保溫溫度為 760°C，昇溫速度率為 222°C／小時，對於高於 760°C 的使用條件，則根據操作溫度燒結。(CL-14)

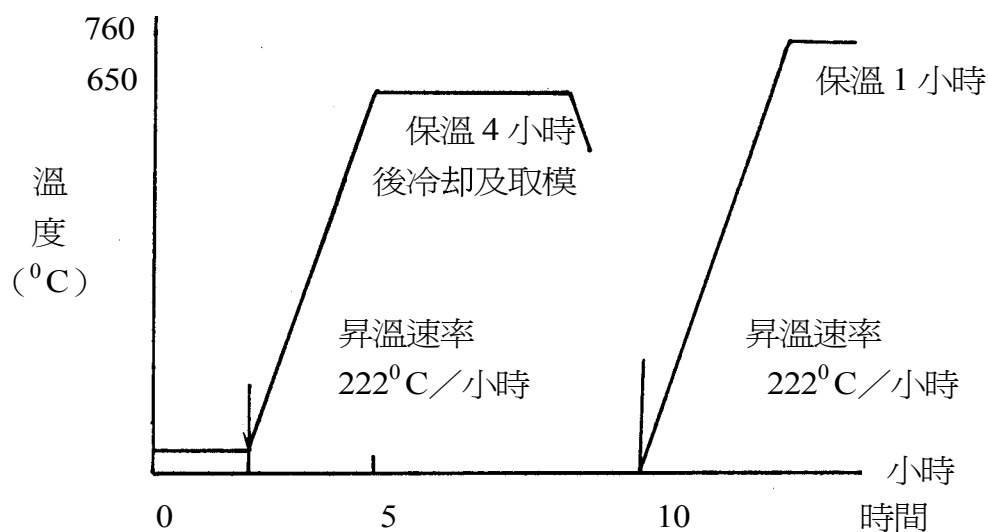


圖 27

請翻至下一頁

附錄二：

DRI-VIBE 351®A

DV-351®A 是一種以熔融氧化鋁(電熔剛玉)為基材的乾震實耐火材料，是專為熔化銅基合金的高頻無芯感應電爐爐襯而設計，另熔融氧化矽的添加使體積更穩定。

DV-351®A 特別適合於出熔液溫度介於 1070~1260℃的操作，此產品具有下列優點及特性：

- > 熱燒結性.
- > 優秀的不沾粘(渣)之特性.
- > 抗磨耗及腐蝕性.

技術數據

化學成分：

氧化鋁·····80.5%	要求密度·····2.77g/cc
氧化矽·····10.8%	粒度·····6maeh 不大於 4 毫米及更細
氧化鈦·····1.8%	使用溫度·····1370℃
氧化鐵·····0.2%	最低使用溫度·····980℃
碳化矽·····4.3%	施工方式·····乾搗實或震動
其 他·····2.5%	施工工藝·····CL-1,CL-4,CL-14

標準包裝和儲存方式

用 25 公斤多層紙袋包裝，每 40 袋裝在一個 106cm×106cm 的棧板，用強力塑膠布包裹，建議儲存期不超過 12 個月，置於乾燥處防止吸潮。

燒結參數

初始保溫溫度為 538℃，最終保溫溫度為 1260℃，昇溫速率為 222℃／小時，

熱燒結：初燒結·····538℃ 成型模：移出成型鋼桶

最終燒結·····1260℃

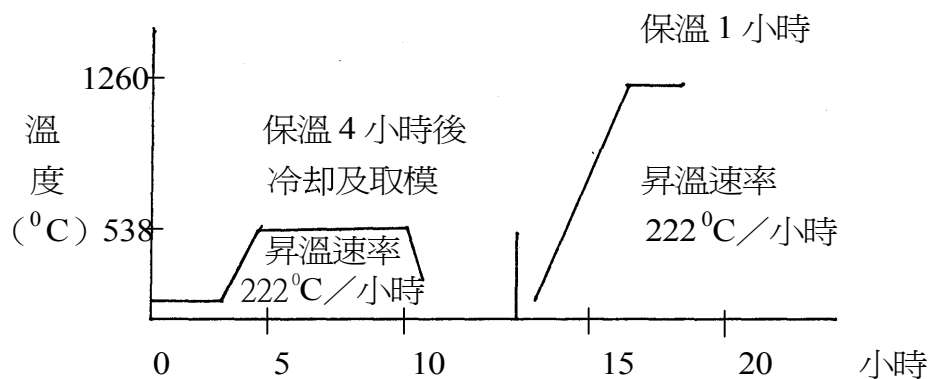


圖 28

附錄三：

DRI-VIBE 681A

DV-681A 是一種以熔融氧化鋁(電熔剛玉)為基材尖晶石成形的乾震耐火材料，專為熔化碳鋼，不銹鋼及高合金鋼的無芯感應電爐而設計的爐襯。DV-681A 特別適合熔液溫度介於 1540°C 和 1705°C 的熔煉操作，此產品具有下列優點及特性：

- > 完全乾燥.
- > 尖晶石鍵結在高溫下有熱穩定性及強度.
- > 優越的抗化學侵蝕性能.

技術數據

化學成分：

氧化鋁·····85.8%	要求密度·····3.04g/cc
氧化鎂·····12.2%	粒度·····4maeh(5mm)及更細
氧化鈦·····0.3%	使用溫度·····1815°C
氧化矽·····0.6%	最低使用溫度·····1427°C
氧化鐵·····0.1%	施工方式·····乾搗實或震動
氧化鈣·····0.4%	施工工藝·····CL-1,CL-4,CL-14
其 他·····2.5%	

標準包裝和儲存方式

用 25 公斤多層紙袋包裝，每 40 袋裝在一個 106cm × 106cm 的棧板，用強力塑膠布包裹，建議儲存期不超過 12 個月，置於乾燥處防止吸潮。

燒結參數

最終保溫溫度為 1595°C，昇溫速率為 222°C/小時。

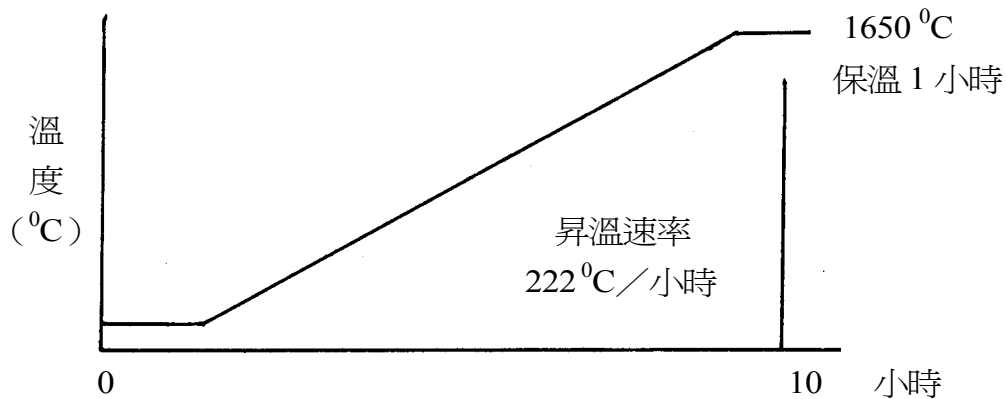


圖 29

附錄四：

DRI-VIBE®400Z

DV-400®Z 是一種添加氧化鋯而以氧化矽為基材的耐火材料，專為熔化灰口鑄鐵及球墨基鑄鐵的無芯感應電爐爐襯而設計。它同時也是用來熔解或保溫合金鑄鐵的理想材料，此項產品是為減少因熔解球墨基鑄鐵使下層爐壁磨耗變薄的情形而研發。DV-400Z 具有下列優點及特性：

- ＞ 氧化鋯的添加以抗磨耗。
- ＞ 氧化矽為基材具抗熱震性並具有體積穩定性。
- ＞ 適合與 MINRO-SIL®RAM1001 作間層使用。

技術數據

化學成分：

氧化矽·····83.3%	要求密度·····2.40g/cc
氧化鋯·····15.5%	粒度·····6maeh(4 毫米)及更細
氧化鋁·····0.2%	使用溫度限制·····1650°C
其 他·····1.4%	施工方式·····乾搗實或震動
	施工工藝·····CL-1,CL-2,CL-3,CL-4 CL-13,CL-18,CL-44,CL-52

標準包裝和儲存方式

用 25 公斤多層紙袋包裝，每 40 袋裝在一個 106cm×106cm 的棧板，用強力塑膠布包裹，建議儲存期不超過 12 個月，置於乾燥處防止吸潮。

燒結參數

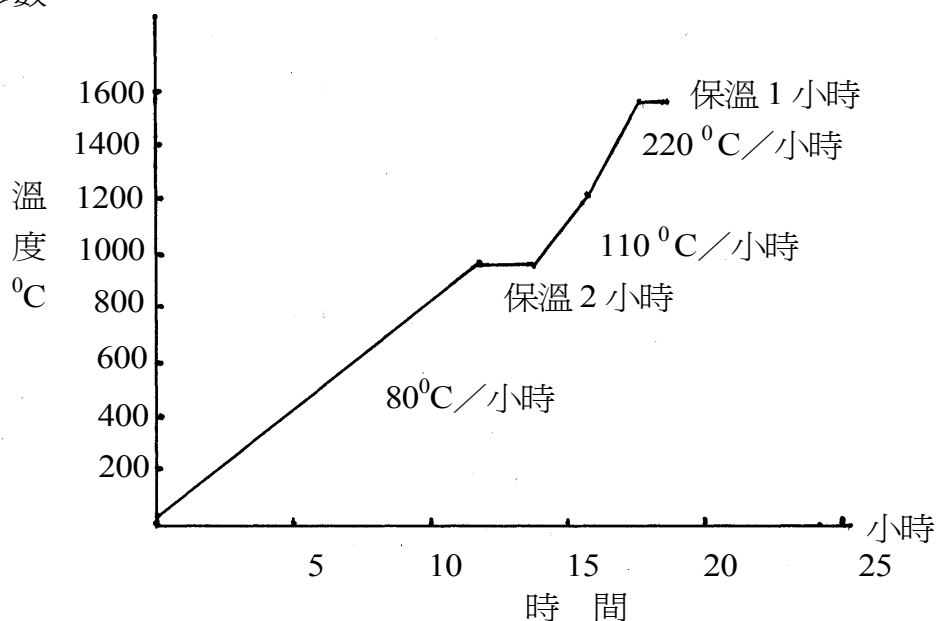


圖 30

學習評量四

請在限定的時間內完成以下指示，並依自我評量表，檢查自己的成果。

工作指示

請你依照附錄四耐火材料的燒結參數，設定感應爐爐襯燒結的加溫曲線圖，並完成燒結工作，如該感應爐無此設備，則改以手操作完成燒結工作。

材料：

築好的氧化矽爐襯，熔解量 100 公斤一個（用評量二的工作指示）。

自我評量表：通過者打(√)，不通過者打(x)

1.安全習慣

- () (1).工作中是否有不當操作而受傷。
- () (2).是否穿戴安全防護衣、帽、手套等。
- () 2.工具使用規則：工具有無不當操作而損壞
- () 3.時間：是否依限定時間(附錄四燒結參數表)完成工作。

4.結果

- () (1).燒結過之爐襯面是否充份燒結。
- () (2).燒結過之爐襯表面是否光滑。
- () (3).檢查防漏監測器動作是否正常。

評分標準：你必須達到每個項目都是(√)，才算合格。如果有一個(x)代表不合格。那麼請你繼續練習，直到合格為止。

假如你能夠熟練上列工作指示，請你翻到下一頁學習，否則請你繼續練習，直到完全熟練為止，再翻到下頁學習。

學後評量

一、筆試：請不要參閱資料或書籍，寫出正確的答案

(一) 是非題(30%) 請在()內，對的打(○)，錯的打(×)

- () 1.舊爐襯拆除後，清理爐襯粉屑時，用空氣噴槍吹散較為乾淨。
- () 2.在築爐襯時，是貼雲母片再貼石棉板。
- () 3.築好一層爐襯後，要再築下一層爐襯之前，需先用尖型鎚具鎚擊，其主要目的是使上、下層能緊密結合。
- () 4.以氣動式鎚具輔助搗捶，其空氣壓力不得超過 5kg/cm^2 以上。
- () 5.通常築爐襯之耐火材料，皆分成數層次邊搗捶邊填充，唯有使用懸固式鎚具振動時，可以一次就填滿材料再振動。
- () 6.懸固式鎚具可裝設於成型鋼桶或坩堝內振動。
- () 7.爐襯燒結過程，隨著爐襯耐火材料及熔解材料之不同而異。
- () 8.爐襯燒結過程中期，氧化矽由 β 石英變態為 α 石英，再變為鱗石英。
- () 9.當爐內之起動塊熔解後，為使其液面趕快達到爐口，可立即提高功率再加入金屬塊，使其快速熔解。
- () 10.氧化矽爐襯燒結過程，初期加熱需緩緩進行加溫，方可降低爐襯之內應力。

(二) 問答題：(30%)

- 1.線圈耐火泥修補乾固後，需經砂布磨平，其主要目的為何？
- 2.築爐襯時，發生耐火材料、顆粒偏析現象是什麼原因造成的？

二、實作測驗：(40%)

請你依下列之指示到管理室領取築爐材料及用具，然後到感應爐體上築爐襯並完成燒結工作。在工作之前，請你先填好工作計劃，並送給老師認可。

工作指示：請依照給你的耐火材料資料（附錄一～四），選取正確的爐襯耐火材料，並築好熔解 100 公斤的銅基合金爐襯且完成燒結。(圖 31)

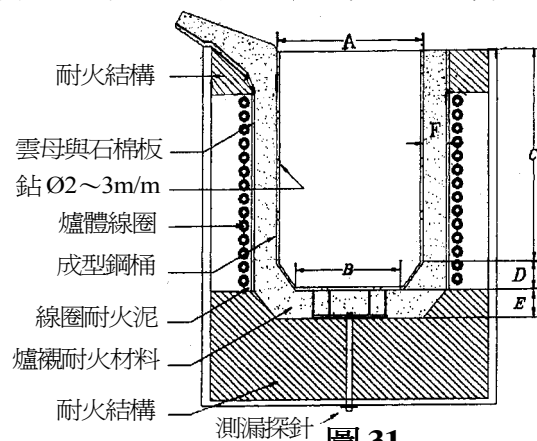


圖 31

我的工作計劃

作業名稱：_____

工作開始日期：_____ 完成日期：_____

工作時間：_____小時 教師認可：_____

我製作上列工作時所需用之工具及機器

- | | | |
|---------|---------|---------|
| 1_____ | 2_____ | 3_____ |
| 4_____ | 5_____ | 6_____ |
| 7_____ | 8_____ | 9_____ |
| 10_____ | 11_____ | 12_____ |
| 13_____ | 14_____ | 15_____ |
| 16_____ | 17_____ | 18_____ |
| 19_____ | 20_____ | 21_____ |
| 22_____ | 23_____ | 24_____ |
| 25_____ | 26_____ | 27_____ |
| 28_____ | 29_____ | 30_____ |

我所需的材料及消耗品

名稱	說明	規格	數量	估價

請翻至下一頁

我計畫如何做我的作業

工作步驟	安全注意事項	工作時注意要項

注意：(1)現在你已完成你的作業計畫，請不要馬上工作，你先檢討一下，有沒有其他更好的方法呢？有沒有遺漏呢？將你的計畫送給你的老師認可；然後再開始工作，工作時間為築爐三小時，燒結十八小時。

(2)當你做好了作業，請將測量結果填入評量表中，然後送交老師評分。

學生自我評量

一、我對我學後評量之評分

(一) 筆試：是非每題 3%，問答題每題 15% 共 60% 總得分_____分

(二) 實作：自我評量—40%，總得分_____分

自我評量表：請在下表評分內容，通過者打(✓)

操作項目	評分內容	得分
1. 築爐襯 (每項 10%)	() (1) 檢查爐襯壁的垂直度是否正確。 () (2) 檢查防漏監測器安裝是否確實。	
2. 燒結 (每項 10%)	() (1) 燒結過之炸襯面是否充分燒結。 () (2) 檢查防漏監測器動作是否正常。	
總 得 分		

A=90 分以上 B=80 分以上 C=70 分以上

D=60 分以上 E=60 分以下

學後評量得分=筆試+實作=_____分，屬於____等

二、我的工作計畫得分_____分，屬於____等。

你可依照下列各項自我考量，有一項缺失即扣 10 分。

- | | |
|-------------------------------------|------------------------------------|
| <input type="radio"/> 是否細心周詳的填列工具設備 | <input type="radio"/> 是否細心周詳的計劃作程序 |
| <input type="radio"/> 是否重視安全事項並適時提示 | <input type="radio"/> 是否再作檢討以求更好方法 |
| <input type="radio"/> 書寫是否清晰整齊 | <input type="radio"/> 老師是否做很多改正 |

三、安全習慣得分_____分，屬於____等。

你可依照下列各項自我考量，有一項缺失即扣 10 分。

- | | |
|-------------------------------------|--------------------------------------|
| <input type="radio"/> 是否戴安全帽、口罩 | <input type="radio"/> 是否遵守機器操作規則 |
| <input type="radio"/> 是否遵守工具使用規則 | <input type="radio"/> 是否注意操作過程各項安全事項 |
| <input type="radio"/> 是否有用具脫落或損壞之情形 | <input type="radio"/> 是否有材料散落或損壞之情形 |

四、敬業精神與學習態度得分_____分，屬於____等。

你可依照下列各項自我考量，有一項缺失即扣 10 分。

- | | |
|----------------------------------|------------------------------------|
| <input type="radio"/> 工具排放是否整齊 | <input type="radio"/> 工作環境是否清潔 |
| <input type="radio"/> 操作時是否與他人閒聊 | <input type="radio"/> 工作態度是否積極而有耐心 |
| <input type="radio"/> 是否虛心接受老師指導 | <input type="radio"/> 是否常主動向老師請教問題 |

教師評量

一、學後評量評分：

(一) 筆試得分_____

(二) 實作得分_____

實作評量項目：請在下表評分內容，通過者打(✓)

操作項目	評分內容	得分
1. 築爐襯 (每項 10%)	() (1) 檢查爐襯壁的垂直度是否正確。 () (2) 檢查防漏監測器安裝是否確實。	
2. 燒結 (每項 10%)	() (1) 燒結過之爐襯面是否充分燒結。 () (2) 檢查防漏監測器動作是否正常。	
總得分	40	

A=90 分以上 B=80 分以上 C=70 分以上

D=60 分以上 E=60 分以下

學後評量得分_____分，屬於____等

二、工作計畫評分

工 作 計 劃 評 量 表

工作計畫評量項目	分 數					
	優	良	中	可	差	劣
	10	8	6	4	2	0
1.使用材料及消耗品記錄清楚	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.使用機器及工具之準備	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.工作次序之前後安排	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4.工作時間長短適宜	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5.未遺漏工作細節	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6.機器使用注意事項	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7.工具使用注意事項	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8.工作安全事項	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9.工作前後檢討改進	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10.書寫清晰整齊	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
實 得 總 分						

A=90 分以上 B=80 分以上 C=70 分以上

D=60 分以上 E=60 分以下

工作計劃得分_____分，屬於____等

三、安全習慣評分

安全習慣評量表

安全習慣評量項目	是	否
1.使用合於規定的工具，不任意替代	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.工具及材料置於正確位置並擺放整齊	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.依規定穿戴個人安全器具	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4.起動機器前檢查防護及運轉部位，異常應即反應	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5.獨立操作機器，集中精神，不玩笑嬉鬧	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6.機器運轉時不擅離工作崗位	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7.不以任何物品及肢體接觸運轉中的機件	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8.工作環境周圍保持整齊、清潔、光線足夠	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9.乾粉滅火器及急救器材，準備妥當	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10.依規定清潔及保養機具	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
實 得 總 分		

*每一項為“是”者得10分，“否”者得0分

A=90分以上 B=80分以上 C=70分以上

D=60分以上 E=60分以下

安全習慣得分_____分，屬於____等

四、學習態度評分

學 習 態 度 評 量 表

學 習 態 度 評 量 項 目	分 數					
	優	良	中	可	差	劣
	10	8	6	4	2	0
1.言行舉止合宜，服裝儀容整齊	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.準時上、下課，不遲到早退	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.守秩序，不喧嘩吵鬧	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4.服從教師指導，進行學習	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5.上課專心認真	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6.愛惜教材教具及設備	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7.有疑問時主動要求協助	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8.閱讀教材外的講義及參考資料	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9.參與班級教學的討論活動	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10.將學習內容與工廠環境配合	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
實 得 總 分						

A=90 分以上 B=80 分以上 C=70 分以上

D=60 分以上 E=60 分以下

學習態度得分_____分，屬於____等

五、總評量表

評分項目	單項得分	單項等第	比率(%)	單項分數	總分	等地	
1.作業部分			40%			<input type="checkbox"/> A	
2.工作計畫			20%			<input type="checkbox"/> B	
3.安全習慣			20%			<input type="checkbox"/> C	
4.學習態度			20%			<input type="checkbox"/> D	
總 評	<input type="checkbox"/> 合格 <input type="checkbox"/> 不合格						
備 註							

參考資料

- 一、五力機電廠股份有限公司提供資料及場地拍攝
- 二、期偉有限公司提供資料及器具拍攝
- 三、高益工業股份有限公司提供場地、器具拍攝
- 四、南港高工鑄造科提供場地、器具拍攝