

感應電爐熔鑄能力本位訓練教材 認識築爐用具

編號：PMF-IFM0302

編著者：阮錫煌

審稿者：張永遠、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-IFM0302 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-IFM0301 認識耐火材料

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，請你將本教材放回原位，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，而其他部分不會時，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。

而下一頁的能力目錄，可以提供你學習本職類各單元之先後順序的參考。

引言

當你學過 PMF-IFM0301 認識耐火材料這個單元之後，想必你已知道耐火材料之種類及功用，跟使用於那些場合工作，接著本單元的學習讓你知道：爐襯修築時，該準備那些用具及相關知識。

定義

1. **沃斯田體**：金屬金相組織之名詞，鐵晶粒的原子排列，在一般常溫時呈現體心立方格子，到高溫（ 721°C ）時，其原子則呈現面心立方格子排列，此時組織上的名詞稱為沃斯田體，當溫度下降低於 721°C 時，則晶粒原子排列方式又恢復成體心立方格子。通常鐵形成沃斯田體組織只有在高溫時才會出現，在常溫時不出現，但是如果鐵與其他金屬如（鎳、鉻）成為合金之後，在高溫時的沃斯田體組織就可在常溫出現，一般不銹鋼就是典型的例子。
2. **邊際效用**：經濟學的名詞，在此解釋為某一種東西將其有效的利用到極至。
3. **L E D**：是一種二極發光體，其特性省電，壽命長。為近年來控制盤上指示燈的主流。

學習活動

本單元之學習活動包括相關知識及實物認識，你對築爐用具的認識與學習，可以由下列方式去學習。

一、閱讀本教材第 4 頁至第 33 頁。

二、閱讀下列參考書籍：

侯國光 1996 年感應電爐爐襯浸蝕的連續監測系統，鑄造月刊 85 期，高雄市，中華民國鑄造學會。

三、向管理室領取築爐襯用具對照辨識。

學習目標

在不參考任何資料下，你能正確的說出五種以上築爐用具名稱及功用。

築爐用具

築爐所用之耐火材料有各種類別，如 PMF-IFM0301 所述。要將這些耐火材料填充於各種大小不同的熔爐內成為爐襯，所需的用具也有所不同。茲將這些築爐用具列於表 1，相關知識及用途分述於后。

表1 築爐用具表

編號	名 稱	數 量		規 格		備 註
1	水桶	1Ton 以下	4 個	18 公升家庭用不銹鋼		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	300m/m	爲防止爐襯壁厚不均勻 築爐時用以較正 坩堝之水平
				1~4Ton	400m/m	
				5~8Ton	600m/m	
5	磅秤	1		100~1000kg		
6	固定扳手	1 組		12~23m/m		
7	螺絲起子	各 1 支		十字、一字，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 1/2 磅		
13	鑿刀	各 1 支		200m/m 平鑿、尖鑿		
14	砂紙	3~5 張		#60~#80		
15	鐵線	3m		2°~3°		
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		目前市面上已有 成型坩堝，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°，爐深長		
26	吸塵機	1				
27	瓦斯噴槍	1				

一.水桶：盛裝耐火材料之用具如圖 1，材質以不銹鋼為佳，塑膠次之。絕不能使用含有鐵銹之水桶，因盛裝耐火材料時，鐵銹一旦沾上，會影響築爐後爐壁使用壽命甚鉅。所以使用前必須清理乾淨。



圖 1 水桶

二.鐵板：做為攪拌耐火材料之用，材質為不銹鋼，且需清理乾淨。

三.砂鏟：在鐵板上攪拌耐火材料之用。如圖 2 不得銹蝕，最好以不銹鋼材質。



圖 2 砂鏟

四.水平尺：檢驗感應爐體之水平度及爐底耐火材料填充之水平度，如圖 3 所示。



圖 3 水平尺

五.磅秤：耐火材料過磅及成分比例控制之用，如圖 4 所示。



圖 4 磅秤

六.固定扳手：器具拆卸、裝配之用，如圖 5 所示。



圖 5 固定扳手

七.螺絲起子：器具拆卸、裝配之用，如圖 6 所示。



圖 6 螺絲起子

八.鋼絲鉗：製作線卡及器具維修之用，如圖 7 所示。



圖 7 鉗絲鉗

九.美工刀：切割耐火材料包裝袋及石棉板之用，如圖 8 所示。



圖 8 美工刀

十.剪刀：裁剪雲母片、石棉板之用，如圖 9 所示。



圖 9 剪刀

十一.直尺：切割石棉、雲母片及丈量之用，如圖 10 所示。



圖 10 直尺

十二.榔頭：拆除舊爐襯時用，如圖 11 所示。



圖 11 榔頭

十三.鑿刀：拆除舊爐襯時用，如圖 12 所示。



圖 12 鑿刀

十四.砂紙：工具除銹及線圈耐火泥整平之用，如圖 13 所示。



圖 13 砂紙

十五.鐵線：製作線卡及綁吊器具之用，如圖 14 所示。



圖 14 鐵線

十六.空氣壓縮機：大型爐襯填充耐火材料時，振動器鎚打時供應高壓空氣之用。如圖 15 所示。



圖 15 空氣壓縮機

十七.鎚具：築爐襯之鎚具隨著爐體大小分為手工鎚具及機械鎚具。

(一)手工鎚具：用於小型爐體築爐。鎚具末端有圓形、弧形及尖叉形如圖 16 所示。築爐襯時，以手握住把柄沖搗耐火材，其中圓形及弧形鎚具主要功用為沖緊耐火材，令其密實。而尖形鎚具為讓每一層耐火材緊密結合，所以當搗好一層爐襯，要再造下一層爐襯之前需先用尖形鎚具鎚之，以利上下層結合。

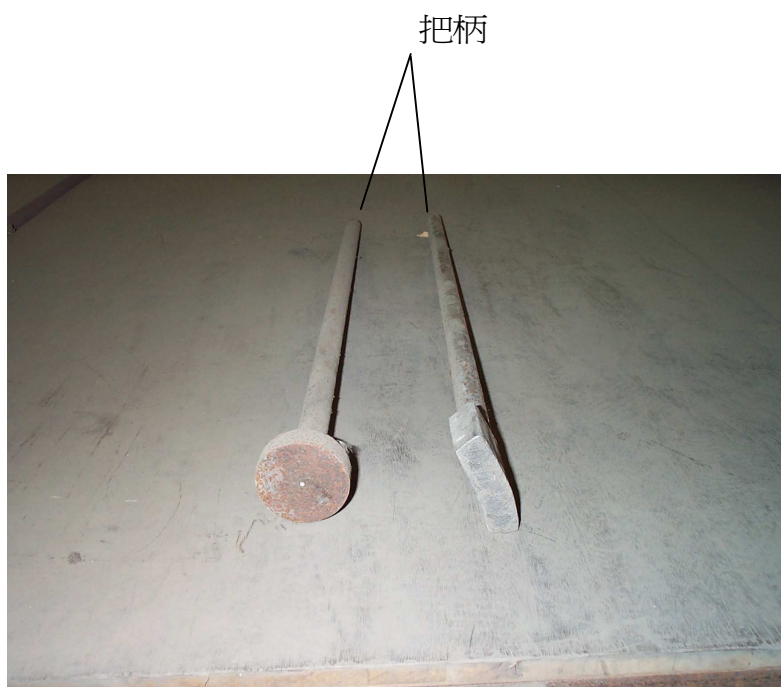


圖 16 手工鎚具

(二)機械鎚具：有電動式及氣動式兩類，電動式鎚具構造如圖 17 所示。其主要原理為利用振動馬達通電，產生高頻振動促使下端鎚頭振動，再經操作者雙手握住振動馬達兩側把手，對耐火材施予振壓撞擊搗實。鎚具鎚頭可變換各種形狀，耐火材如屬於濕式材料，則鎚頭為圓棒形。如屬於乾式材料，則鎚頭末端需再接上平板蹄如圖 17 所示。

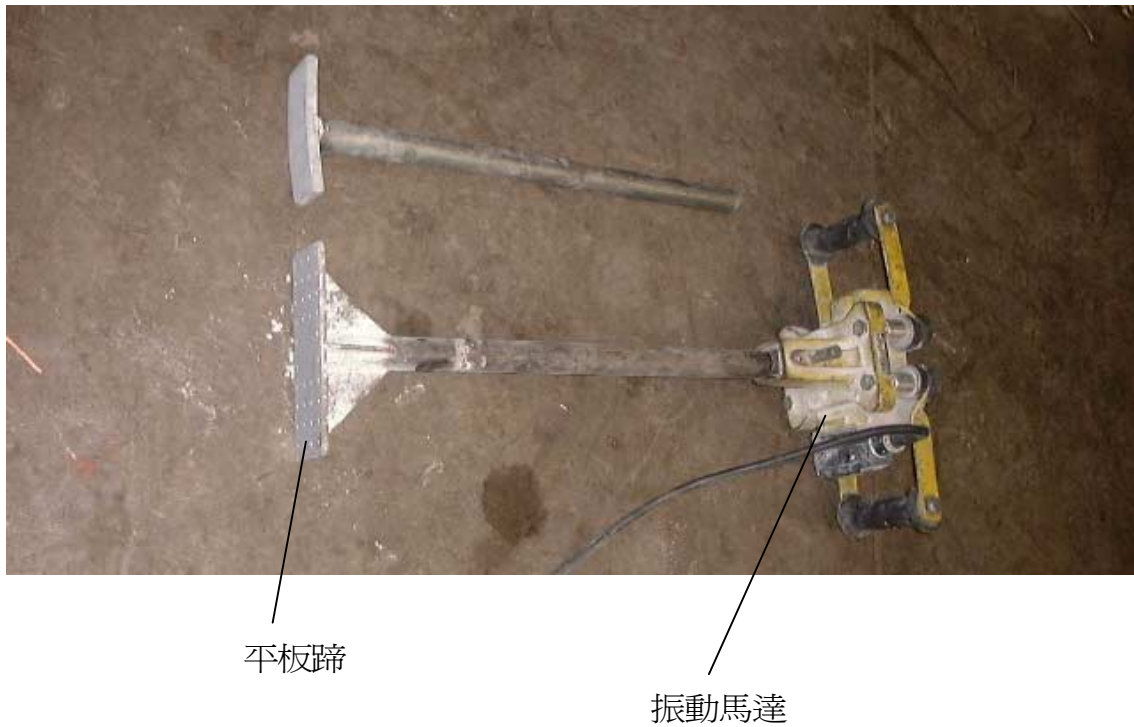


圖 17 鏈頭形狀

氣動式鏈分為手提式、自轉捶桶式及懸固式。

手提氣動式如圖 18 所示。其工作原理乃利用高壓空氣（ $5\text{kg}/\text{cm}^2$ ）導入振動器，裡頭有一震盪子經由空氣開關把手控制令其產生振動，而使末端連帶產生振動做功。用於大型爐襯第一道沖搗程序。



圖 18 手提氣動鏈具

自轉捶桶式如圖 19 所示。其構造為一圓形鐵桶，直徑比線圈耐火泥的內壁約小 30~50mm，底部加相當重量以利捶搗。在其中心位置裝上空氣振動器，操作時，以吊車吊入用圖 18 手提式沖搗過後之爐底上，再導入高壓空氣（ 5kg/cm^2 ）令其振壓爐底，使其平整密實。



圖 19 自轉捶桶

懸固式構造如圖 20 所示。它主要功用為築爐襯壁。操作時置於成型鋼桶內，再由管路導入高壓空氣（ $5\text{kg}/\text{cm}^2$ ），進入氣壓缸，氣壓缸推動連桿使四隻支腳向外伸展頂住成型鋼桶後，再起動振動器使整個成型鋼桶產生振動，牽引耐火材料緊密結合。所以此種型式的鏈具在作功時沒有與耐火材料直接接觸衝搗。

自轉捶桶式與懸固式的振動器可互換共用。



圖 20 懸固式鏈具

十八.成型鋼桶：主要用途為築爐時，輔助耐火材料容易成型。成型鋼桶是以 2m/m 鐵板製成桶狀，如圖 21 所示。築好之爐襯即為此形狀。成型鋼桶整體表面需每隔 5m/m 距離鑽 $\varnothing 2\sim 3\text{m}/\text{m}$ 之小孔，做為築爐襯時水份蒸發出口，尤其濕式耐火材料更需要鉗孔，以縮短乾燥時間。

成型鋼桶之尺寸大小，端視熔爐的最大熔解噸位數而定。如圖 22 爐襯厚度與熔爐熔解量之關係。例如 100 公斤熔爐之爐襯厚度查表得知為 50m/m，此時線圈耐火泥內壁測量得知之尺寸，假設為 320m/m，則成型鋼圈桶之直徑為線圈耐火泥內壁之直徑減去兩邊耐火爐襯之厚度，即 $320 - 50 \times 2 = 220\text{m/m}$ ，高度為熔爐之深度。



圖 21 成型鋼桶

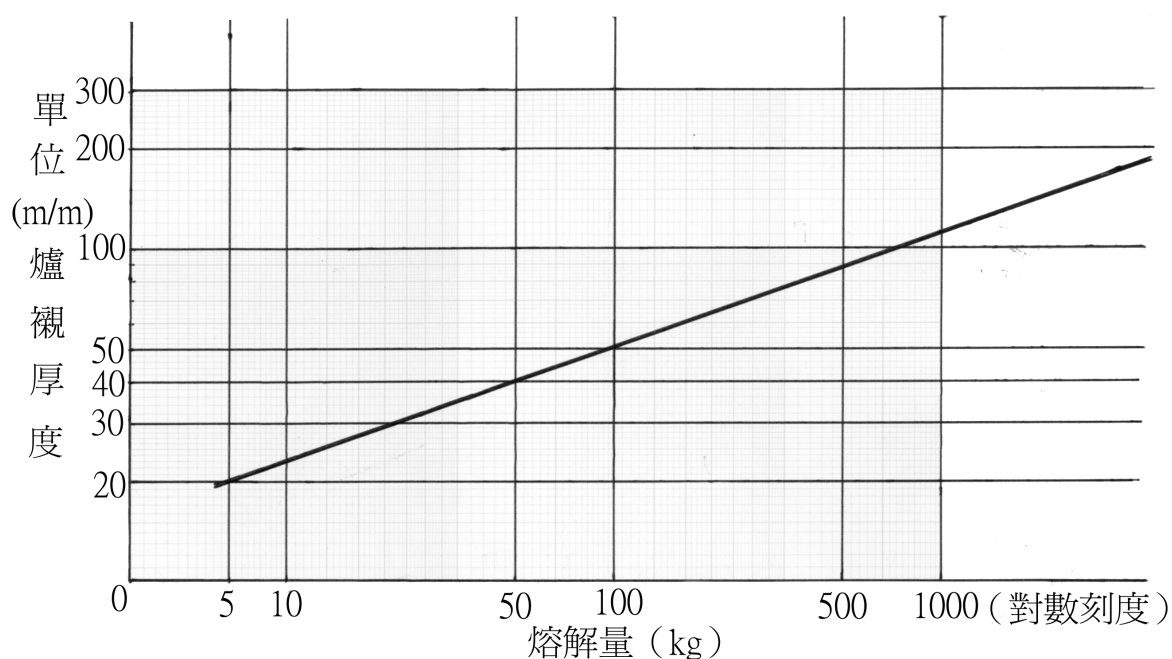


圖 22 爐襯厚與容量之關係

十九.口罩：築爐襯之耐火材料含有非常細之粉末，這些粉末一旦吸入人體肺部，將有害健康，所以築爐者應帶上專用之口罩，以維護自己的身體健康。專用之口罩如圖 23 所示，此種口罩之面罩部分能完全貼緊臉部，它的兩側裝有過濾罐濾掉粉末並可更換之。



過濾罩

圖 23 口罩

二十.防漏監測器

感應電爐因操作方便性，佔地不大，環境污染少等之優點，而大量取代傳統熔解爐進行熔解工作。但其缺點在於感應爐的爐襯很薄，及金屬熔化後，熔液有攪拌作用及爐渣的化學作用，造成爐襯之浸蝕及爐襯龜裂，形成熔液穿透燒壞線圈而造成莫大傷害。

業者往往為保險起見，常提早停爐，重築新的爐襯，這不但會耽誤生產，也浪費人工及爐襯材料，增加生產成本，非常不經濟。且感應爐爐襯之壽命，視熔煉的材料及操作者工作態度而有極大的差異，所以不能單以計算使用熔解爐次數多寡來決定是否需重新築爐之必要性。因此裝置防漏監測系統不但可防止災害發生，亦可讓爐襯之使用壽命達到邊際效用。

(一)防漏監測器之原理

現在常用的監測方法，已放棄傳統的次數統計方法，通常以如下三類方法監測：

第一類為測量熔液與線圈之間，爐襯的電阻。此法主要是在熔液與線圈之間嵌入一組探測棒，如圖 24 所示。用#304 ϕ 2.4m/m 不銹鋼線，安裝於爐底，一般分成四支，尾端頂著成型鋼桶，並接上直流電壓，以測量爐襯受浸蝕而發生電阻之變化。此種系統要注意爐子的接地線，不受污染或熱化學作用，而產生與熔液接觸不良，影響導線的作用，使得系統失去監測功能，或出現錯誤的訊號。

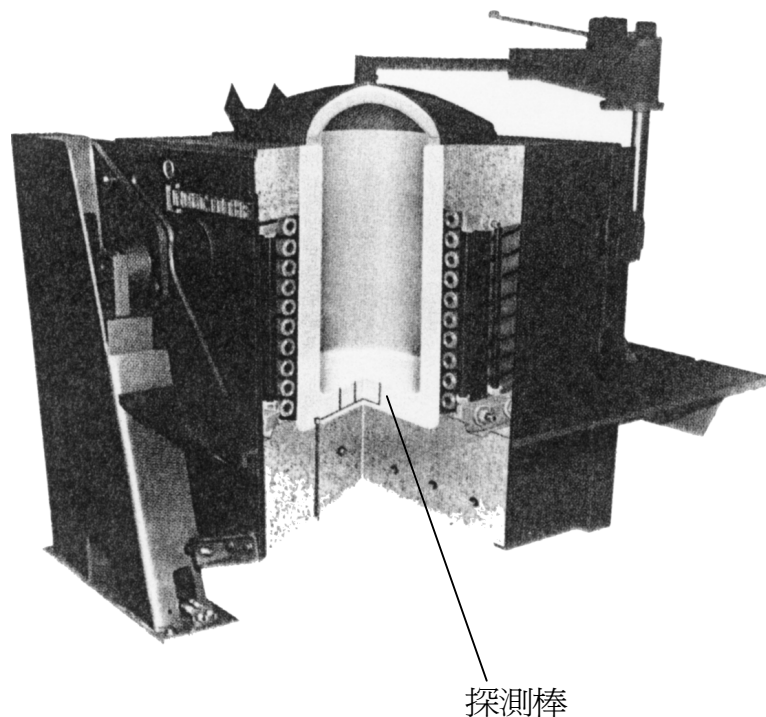


圖 24 探測棒裝置情形

第二類是基於感應線圈的阻抗，隨爐襯的浸蝕而有所改變，藉此判斷爐襯的狀況。但是，阻抗與熔液的高度、加料的疏密度、電壓都有關聯，所以此種方法必須不斷將各種不同的參數輸入電腦，電腦根據提供的數據推測爐襯的浸蝕狀況，且尚有爐襯發生龜裂，熔液浸入爐襯成狹區的穿入體時，往往不易偵測出來，而造成損害。

第三類是近年來發展的系統，主要是依據耐火材料在不同的溫度有不同的電阻，如圖 25 侯國光 1996 所示，例如 SiO_2 材料在 400°C 時電阻為 $10^8 \Omega$ ，但在 1400°C 時則降為 $10^4 \Omega$ 。依此原理築爐襯時，在爐壁上線圈耐火泥爐襯之間嵌入兩支電極，如圖 26（侯國光 1996）A、B 所示。測量二極間的電阻可得到的結果如下：剛築好的新爐襯因溫度甚低，所以兩極間的電阻相當高，但經過熔解後，爐襯的浸蝕便逐漸進行，爐襯從狀況 1 到狀況 2 到狀況 3，熔液逐漸接近電極，電極附近的溫度也隨之逐漸升高；狀況 3 時表示熔液已經接近線圈的保護層，此時兩極間的電阻急速降低，表示危機已現，狀況 4 表示爐壁有裂縫，熔液浸入隙縫處之溫度與狀況 3 相同，此時同樣的出現危險信號。

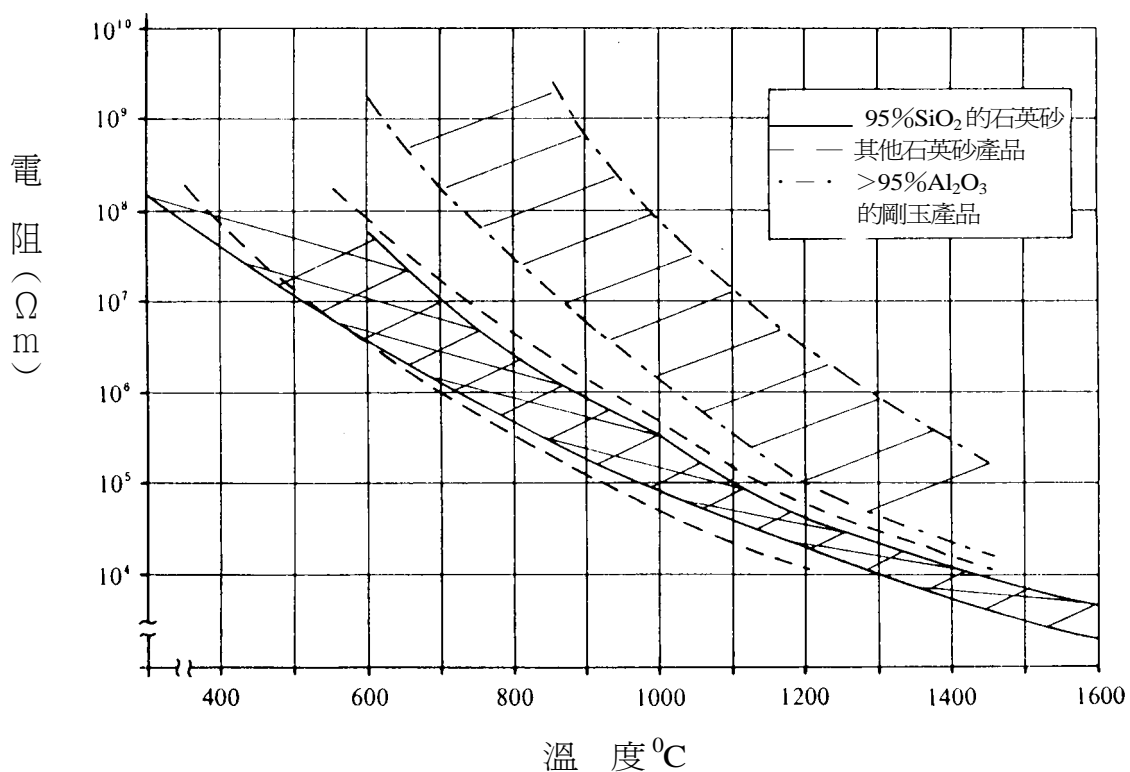


圖 25 築爐材料溫度與電阻的關係

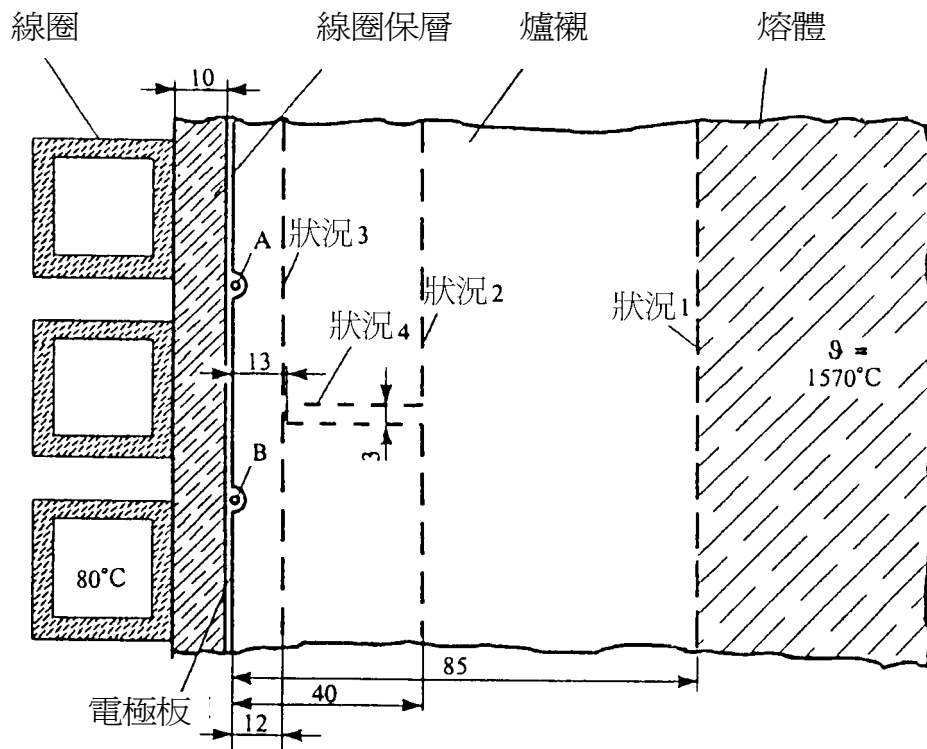


圖 26 監測電極與四種爐襯浸蝕的情形

由上所述，從兩極間的電阻大小，即可判斷當時爐襯的厚度多寡，甚至隙縫亦能偵測得到，可以說信賴度非常高之監測方法，但它只限於 A、B 兩電極附近局部偵測，如欲擴及整體爐襯，需將 A、B 兩極設計成如圖 27(侯國光 1996) 所示。梳形 A、梳形 B 將偵測涵蓋面擴大，如多加裝幾組，佈滿爐體圓周，便能全面偵測如圖 28(侯國光 1996) 所示。圖 27 中材料 1 在接近熔液時其電阻變化要與爐襯相同，材料 2 為絕緣與斷熱之性質，兩電極組合成梳形，嵌入其中。電極為抗蝕性的奧斯田體線製作而成，上下連接，與感應線圈相同高度，這些感應片緊貼於線圈耐火泥保護層上。

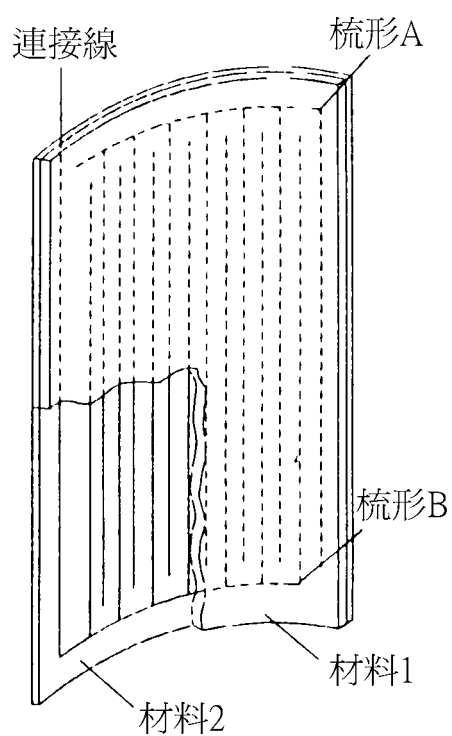


圖 27 兩電極成梳形狀的電極片

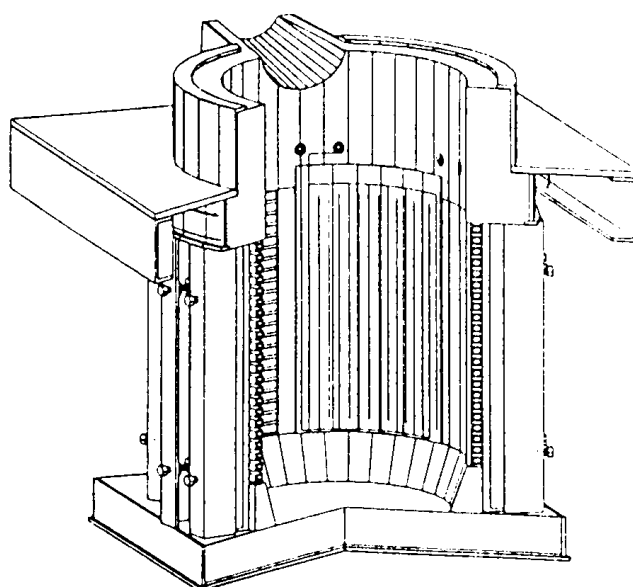


圖 28 電極片貼於爐膛情形

在實際操作應用上圖 27 這種設計有其缺點，它每一組感應片兩極間的梳形鐵線是採並聯方式連接於兩極上。只有兩隻連接線與控制中心相連，如圖 29（侯國光 1996）所示。此種設計在使用中如遇到圖 29（侯國光 1996）黑影區發生電極線損壞，其本身系統無法偵測，而使整個系統失靈。圖 30（侯國光 1996）為改良後之設計，將感應片之梳形電極做成串聯連接，便成為每一極有首末兩端連接線，每一感應片共有四支連接線與控制中心相連。此種設計可經由每一極的兩端，在任何時間作檢測電極是否正常，不致使整個系統失靈。同時將電極改成鉬合金，可以維持在氬氣浸蝕下正常運作。

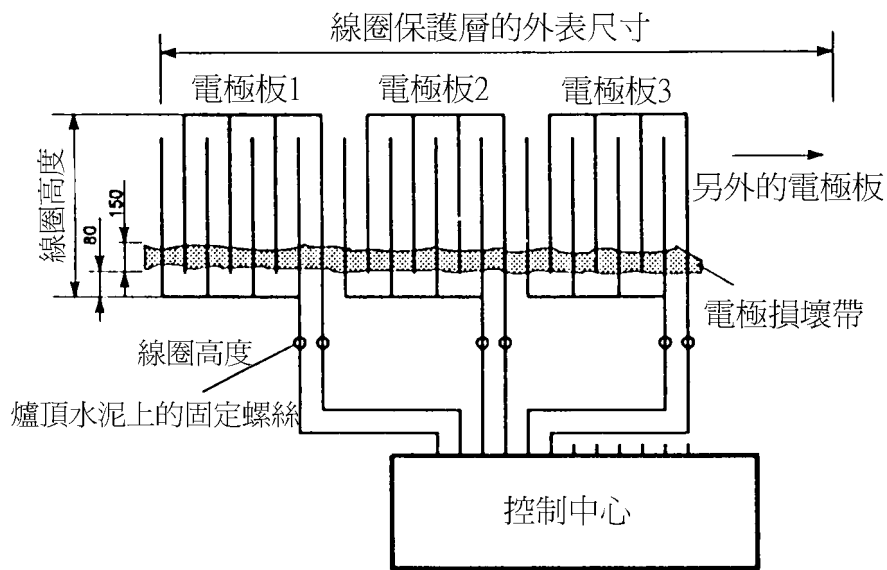


圖 29 並聯梳形電極

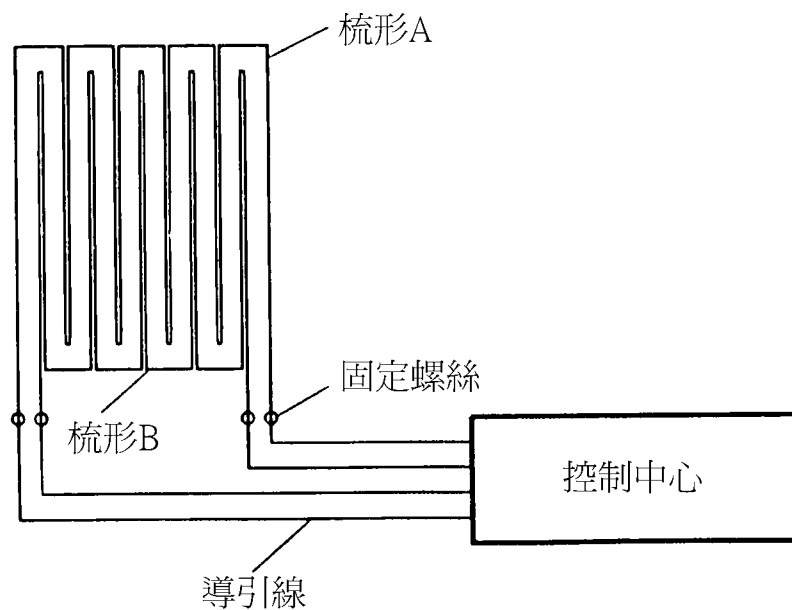


圖 30 串聯梳形電極

將所有電極片的訊息收集到控制中心，根據它測出電阻，換算出爐襯的厚度。又可將它顯示於 LED 上，看當時爐襯的情況，如（圖 31 侯國光 1996）所示，白色部分為嚴重的浸蝕位置一目了然。

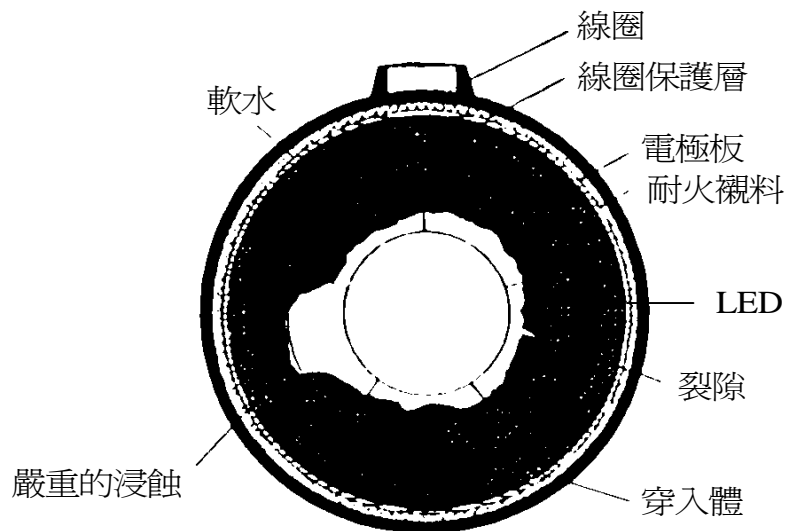


圖 31 電極片的相對位置安裝 LED 顯示爐襯情況

(二)防漏監測器需具備之條件如下：

- 1.從第一次熔解金屬開始，即需要連續記錄爐襯的浸蝕情形。
- 2.必須能偵測出任何大小穿入體。
- 3.熔液萬一侵入爐襯時，必須有保護線圈之措施。
- 4.能隨時計算出爐膛的改變情形，以避免發生危險。
- 5.能適合各種型式的感應爐使用。
- 6.可保持爐子的最佳效率。
- 7.重築新爐之程序，易於安置。

廿一.攪拌機： 主要用於大型爐襯濕式耐火材混練之用，如圖 32 所示。混練好之耐火材正在傾倒情況。



圖 32 攪拌機

廿二.鋟刀：平鋟刀如圖 33 所示，修整線圈耐火泥內爐壁之用。
弧形鋟刀如圖 34 所示，修整爐嘴之用。



圖 33 平鋟刀



圖 34 弧形鋸刀

廿三.楔形塊：是為斜長方形狀之木塊如圖 35 所示，主要功用為築爐襯時，使成型鋼圈之頂部固定在爐中心之位置，當在填耐火材料及沖搗過程中不致移位。通常一組有四塊，成十字形位置固定之。



圖 35 楔形塊

廿四.線卡：是以 $\varnothing 3\text{m/m}$ 之鐵線彎折成形如圖 36 所示。用來測量檢視築爐時，成型鋼桶是否有偏離爐中心位置。

圖中 ℓ 線段的長度為爐襯厚度減去 5m/m 。

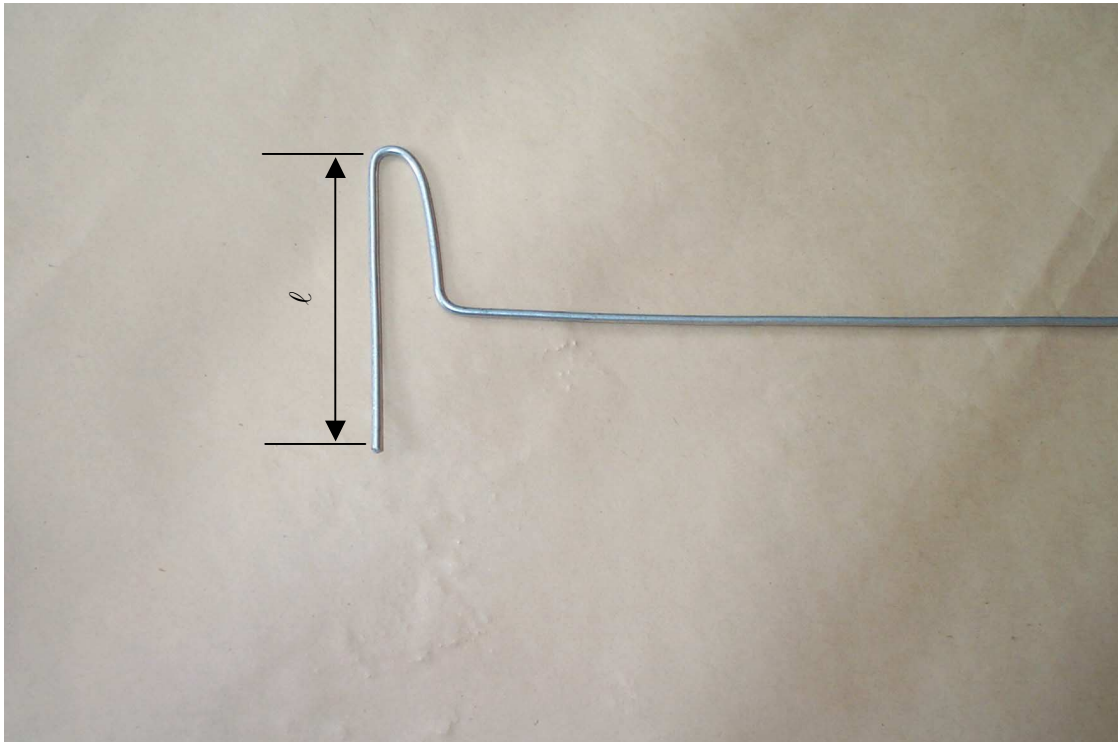


圖 36 線卡

廿五.吸塵機：拆除舊爐襯後殘留在爐內及周邊之粉屑，最後用吸塵機如圖 37 所示，清除乾淨，再另行築新的爐襯。不可直接用空氣噴槍吹散粉屑造成環境污染，尤其當粉屑中含有石棉板屑時危害身體健康更加嚴重。



圖 37 吸塵機

廿六.瓦斯噴槍：當線圈耐火泥經過修補之後，用瓦斯噴槍如圖 38 所示，點火烘烤，令其快速乾硬，以利做耐火材料之裝填工作。



圖 38 瓦斯噴槍

學後評量

一、填充題：請將正確的答案填入空格內。（30%）

- 1.築爐襯時，用來盛裝及攪拌、沖搗之用具，不得有_____情形，否則會減損爐襯之使用壽命。
- 2.築爐襯用的機械式鎚具分為_____、_____兩類。
- 3.築爐襯時使用的成型鋼桶，在其表面上每隔 5m/m 鑽^φ2~3m/m 的小孔，主要的目的為_____。
- 4.防漏監測器主要是利用爐襯耐火材料，在溫度越高時，其電阻值_____的原理。
- 5.防漏監測器梳形電極，其梳形探棒以_____方式聯接，才能檢測電極是否有損害情形。

二、辨識題：寫出下列各題圖片的工具名稱及用途（50%）

1.



圖 39

2.



圖 40

3.



圖 41

4.



圖 42

5.

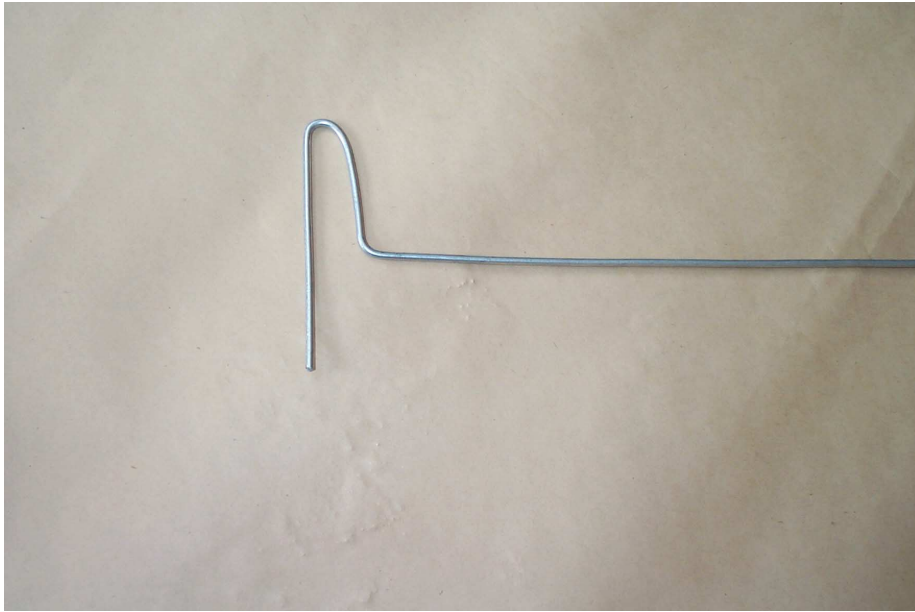


圖 43

三、問答題：

感應電爐防漏監測器必須具備那些條件？請敘述之。（20%）

參考書籍資料

- 一、侯國光，1996 年，感應電爐爐襯浸蝕的連續監測系統，鑄造月刊 85 期，
高雄市，中華民國鑄造學會。
- 二、五力機電廠股份有限公司提供場地拍攝。
- 三、高益工業股份有限公司提供場地、器具拍攝。
- 四、期偉有限公司提供器具拍攝。
- 五、南港高工鑄造科提供場地、器具拍攝。