

# 感應電爐熔鑄能力本位訓練教材

## 感應電爐原理與構造

編號：PMF-IFM0101

編著者：周憲政

審稿者：許春林、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-IFM0101 學習指引

在你學習本單元前，你應該要先了解鑄造工廠的工作程序，而熔解作業為重要環節之一，其方式以感應電爐熔解最為簡單方便，且有效率；本單元為本職類的基礎，下一頁的能力目錄可作為你學習感應電爐熔鑄各單元教材之先後順序的參考。假如你認為可以的話，請翻到第 1 頁開始學習，或請教你的老師。

## 引言

在各種不同方式之熔解作業中，以感應電爐操作最為簡單方便，合金成分和溫度控制最容易，熔解損失最少，且能改善工作環境，符合環保要求。感應熔解之加熱原理係由原料或金屬熔液自身感應發熱，其熱能損失最少。其他如以焦炭、瓦斯、重油……等燃料燃燒加熱於原料表面，則大部份熱能消失在大氣或煙囪中。感應電爐應用在熔鑄工廠，經近半世紀以來之研究發展，在熔解效率和安全方面，已突飛猛進，至今已經是現代鑄造工場之主流熔解設備。本單元將使你正確認識感應電爐的基本原理和構造。

本單元承蒙美國應達公司 (INDUCTOTHERM CORP.) 提供感應電爐相關參考資料，謹此謝誌！

## 定義

**批量熔解 (Batch Melting)**：每爐次熔解出爐後不殘留熔融金屬液，以每爐次為熔解單位，可隨時改變不同材質之熔解方式。

**電力密度 (Power Density)**：
$$\frac{\text{額定功率(仟瓦)}}{\text{爐體容量(噸)}}$$

**成品率 (或稱得料率)**：
$$\frac{\text{良品鑄件重量}}{\text{總熔解量}} \%$$

## 學習目標

- 一、在不參考任何書籍和資料下，你能夠正確地描述感應電爐的原理。
- 二、在不參考任何書籍和資料下，你能夠正確地說出感應電爐的構造。
- 三、在不參考任何書籍和資料下，你能夠正確地說出如何選擇感應電爐。

## 學習活動

本單元之學習活動包括相關知識及正確的選擇設備，你可以閱讀本教材之第 5 頁至第 46 頁去學習。

本教材的第一個學習目標是

在不參考任何書籍和資料下，你能夠正確地描述感應電爐的原理。

## 一、說明

感應電爐的基本設計原理（參考圖1），就是將交流電源之原始電流送到整流器，經整流後變換為直流電，再將直流電送到變頻器，改變電流頻率後再轉換成交流電，最後將此交流電送到爐體線圈（Coil）。爐體線圈通電後產生磁場，此時爐體內之原料受磁場感應而發熱至熔解為止。

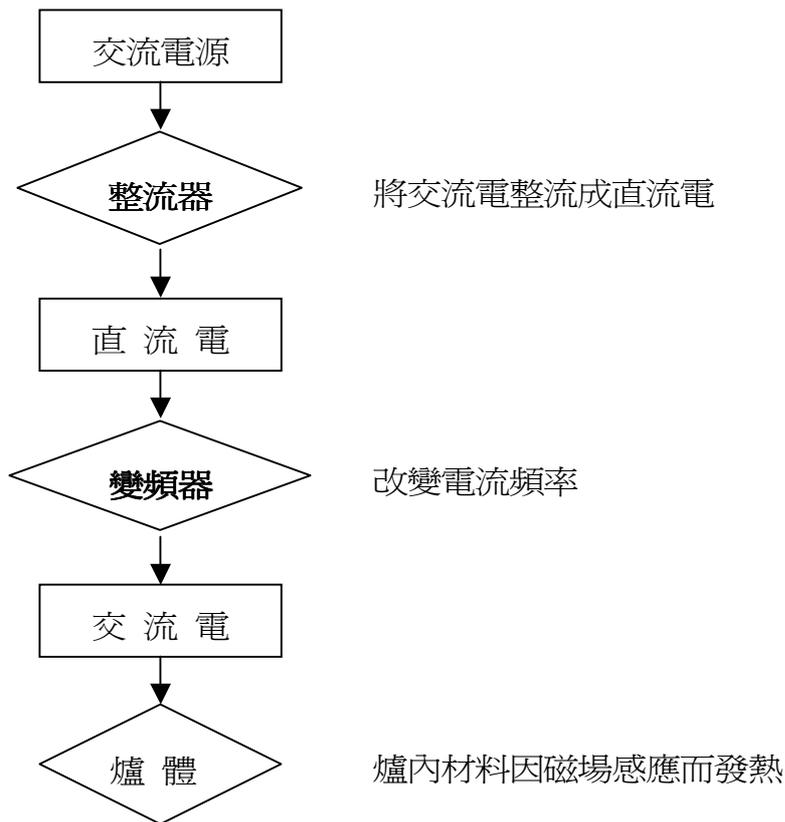


圖 1 感應電爐基本設計流程圖

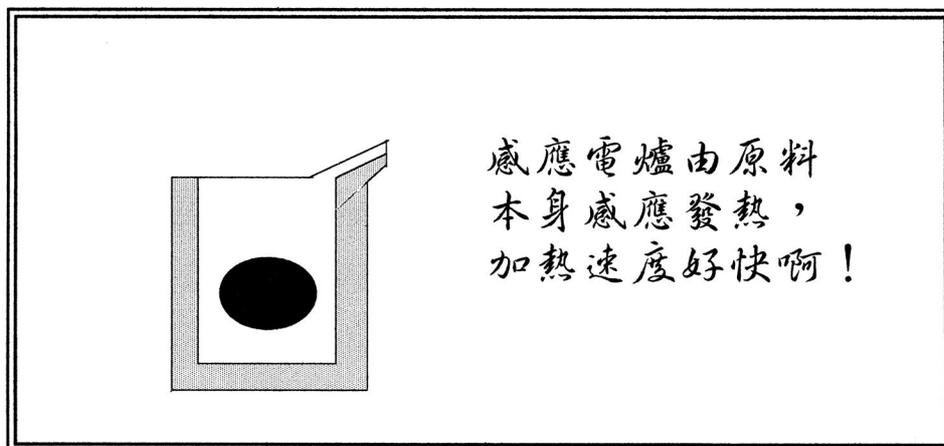


圖 2 感應爐加熱方式

## 二、分類

感應電爐主要區分為低週波和高週波兩種，亦有將高週波中其頻率在200—500週波範圍內稱為中週波，另高週波依電路設計再分為並聯電路和串聯電路兩種，其主要特性如表1。

項 目	低 週 波	高週波(並聯)	高週波(串聯)
1.頻率	60Hz 固定	固定不變	設計範圍可變
2.電源控制	分段負載開關	分段負載開關	不分段全功率
3.耗電量	最多	普通	最少
4.澆注殘留鐵水	1/2—1/3	1/5—1/10	不需要
5.冷材啓動	需要啓動塊	不需要啓動塊	不需要啓動塊
	時間長	時間短	時間短
6.單位電力生產能力	最少	普通	最多
7.設備投資費用	較少	一般	較高

表 1 各種感應電爐之特性比較表

## 三、歷史演進

### (一)早期之應用

- 1890— 美國 Mr.E.A.Colby 最早應用線圈爐 (Ring Furnace) 於小型鑄鋼熔解。
- 1917—1960 真空管式.....效率約 50%
- 1923—1970 馬達發電機式.....效率約 75%

### (二)高週波 (並聯式)

- 1961— 三倍週波 (180Hz) .....效率約 90%
- 1964—1974 九倍週波 (540Hz) .....效率約 86%
- 1967— 並聯式.....效率約 85%

### (三)高週波 (串聯式)

- 1976—1983 串聯式 (第一代) .....效率約 94%
- 1984— 串聯式 (第二代) .....效率約 97%

#### 四、應用

感應電爐新技術的研究發展，小批量熔解已經過很長一段時間，隨著科技的進步於80年代後突飛猛進，其用於整流變頻之關鍵電子零件—矽控整流器（Semiconductor，簡稱SCR）大型化後解決了大批量熔解的瓶頸問題。大批量熔解技術是新的趨勢，對鑄造工業而言也是一項新的貢獻，其優點如下：

- (一)提高電能利用效率。
- (二)變換不同材質熔解容易。
- (三)合金成份調整容易。
- (四)加料作業的安全性提高。
- (五)提高電力密度（Power Density），熔解快速，減少氧化現象。

### 學習評量一

請不要參考任何書籍及資料下，在下列各題前之空格寫出正確的答案。

#### (一)是非題：(50%)

- ( ) 1.感應電爐是直接將電流通於爐內原料而使其發熱熔解。
- ( ) 2.感應電爐的設計原理流程是「交流」→「直流」→「交流」。
- ( ) 3.低週波感應電爐的頻率是固定不變的。
- ( ) 4.高週波感應電爐冷材啓動時需要啓動塊。
- ( ) 5.高週波串聯電路感應電爐熔解耗電最少、熔解速度最快。
- ( ) 6.高週波感應電爐熔解成分調整和溫度控制容易。

#### (二)選擇題：(50%)

- ( ) 1.感應電爐的加熱方式是 (1)原料自身感應發熱 (2)加熱於原料表面 (3)直接通電於原料發熱 (4)以上皆是。
- ( ) 2.高週波串聯電路的頻率設計是 (1)60Hz 固定的 (2)固定不變的 (3)設計範圍內可變的 (4)50Hz 固定的。
- ( ) 3.利用高週波串聯電路感應電爐熔解需殘流鐵水 (1)1/2—1/3 (2)1/5—1/10 (3)不需要 (4)愈多愈好。
- ( ) 4.熔解耗電最少是 (1)高週波串聯電路 (2)高週波並聯電路 (3)低週波 (4)三倍週波。
- ( ) 5.感應電爐熔解作業全程可全功率送電是 (1)高週波串聯電路 (2)高週波並聯電路 (3)低週波 (4)三倍週波。
- ( ) 6.感應電爐熔解作業安全性最高的是 (1)高週波串聯電路 (2)高週波並聯電路 (3)低週波 (4)三倍週波。

#### (三)問答題：

大批量快速熔解技術是感應電爐的最新發展，請你最少列舉三項優點？

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. (×) 感應電爐設計原理是先將電源之交流電經整流為直流電，經變頻後再轉換為交流電通於爐體線圈產生磁場，原料經磁場感應而使其發熱溶解。
2. (○)
3. (○)
4. (×) 不需要。
5. (○)
6. (○)

#### (二)選擇題

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

#### (三)問答題

- 1.提高電能利用效率。
- 2.變換不同材質熔解容易。
- 3.合金成份調整容易。
- 4.加料作業的安全性提高。
- 5.提高電力密度（Power Density），熔解快速，減少氧化現象。

恭禧你，如今你能正確地說出感應電爐的原理，並確實瞭解感應電爐的歷史演進和其不同設計的特性。本教材的第二部分是要你能夠正確說出感應電爐的構造。

本教材的第二個學習目標是

在不參考任何書籍和資料下，你能夠正確地說出感應電爐的構造。

### 一、感應電爐系統主要架構

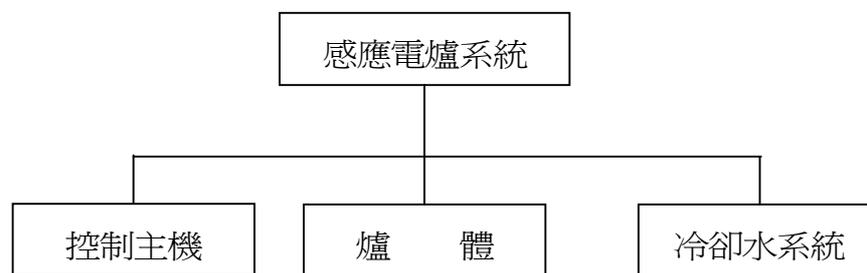


圖 3 感應電爐系統基本架構

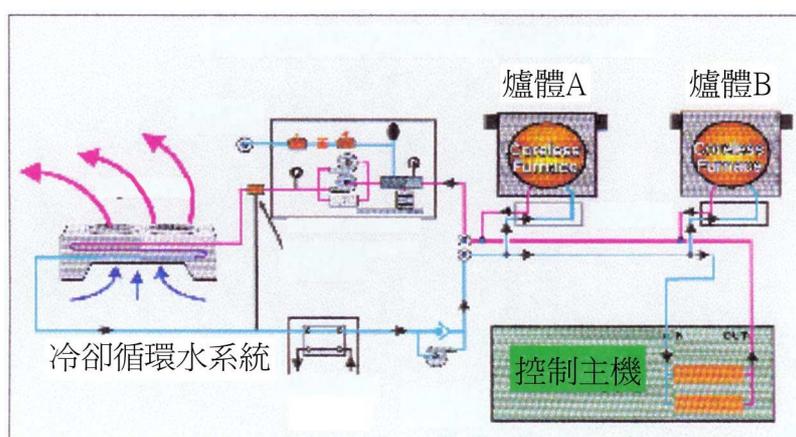


圖 4 感應電爐系統示意圖

### 二、控制主機的構造



圖 5 控制主機外觀圖

所有的電源和控制元件均裝在控制主機中，敘述如下：

(一) 電路保護系統

1. 一組無熔絲開關（圖 6）為線路斷路器，作為電源進入主機的隔離開關。
2. 一只電流限制電抗器，可延緩異常電流的上升速度，保護矽控整流器等電子元件。
3. 一組保險絲（圖 7）提供短路保護。



圖 6 無熔絲開關

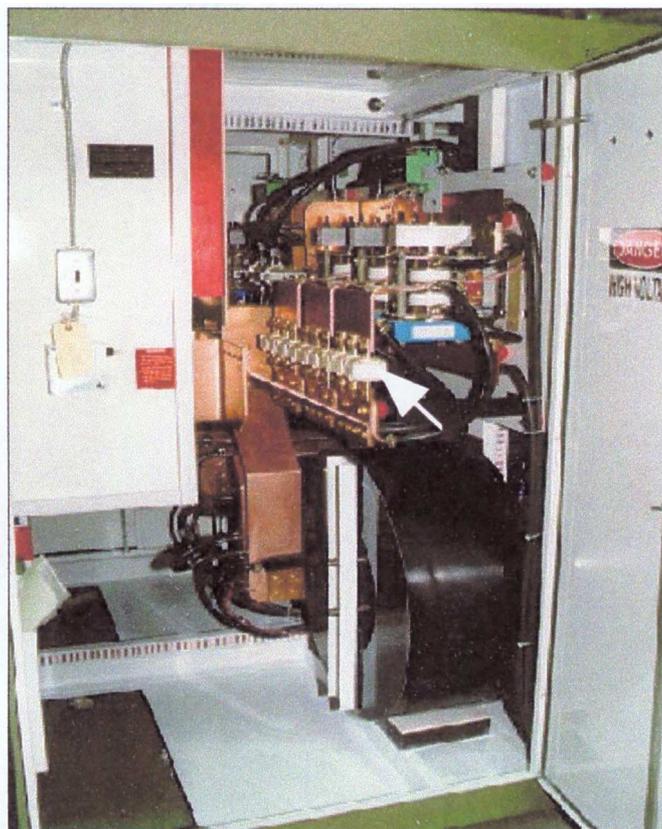


圖 7 保險絲組（箭頭指示）

#### (二)脈衝整流器及保護電路

- 1.（圖 8）一組半導體矽控整流器（SCR）將交流電源整流成直流電。
- 2.一組欠相保護器，當電源發生欠相時自動切斷電源。
- 3.一組電流緩衝啟動器，用於消除啟動時之電流突升。
- 4.一組二極體提供一條電能釋放的通路，當突然切斷電源時，無效電能可向濾波電容器釋放。
- 5.一組 SCR 保護模組，當 ACI 故障或 SCR 短路時，可切斷電源。



圖 8 矽控整流器

(三)濾波網路

- 1.一組非聚氫聯苯低耗薄膜率濾波電容器（圖 9），可濾去異常電壓雜波，並且阻斷高頻信號進入供電線路。
- 2.一組旁路電組，用於斷電時電容器放電。

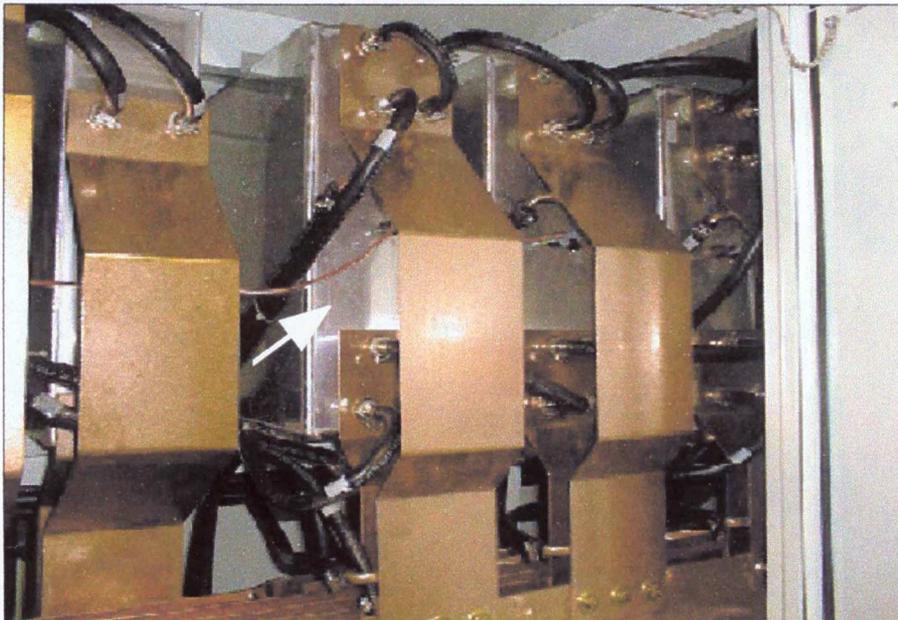


圖 9 濾波電容器（箭頭指示）

(四)圖 10 為直流／交流逆變器組 (INVERTER)，提供爐體線圈合適頻率之交流電。

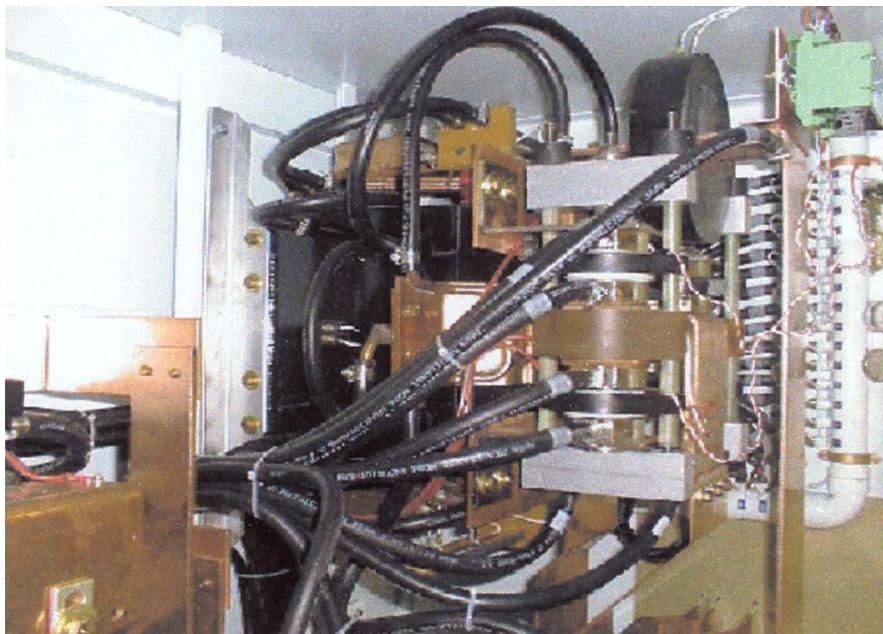


圖 10 直流／交流逆變器組

(五)電容器組

1.一組二次電容器組 (圖 11) 將電路調諧至所要求的頻率，並且校正系統的功率因素。

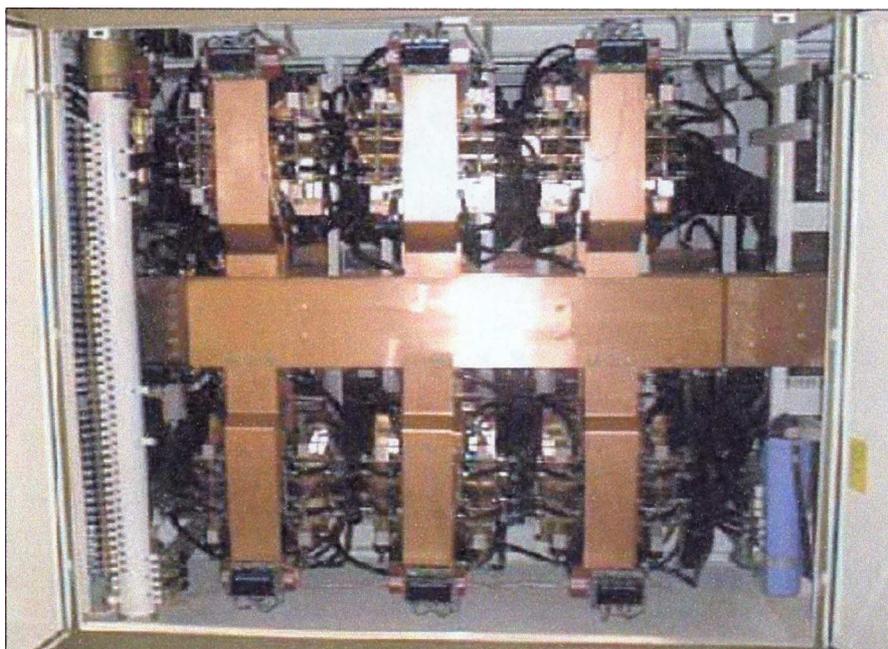


圖 11 二次電容器組

- 2.每個電容器裝置一個壓力開關（感測器），當內部壓力達到  $0.56\sim 0.86\text{Kgf/cm}^2$  時，立即切斷電源(電容器外殼的破裂強度約為  $2.46\text{Kgf/cm}^2$ )。

#### (六)接地／滲漏偵測系統

一組連續監測接地／滲漏偵測裝置（圖12），在下列三種情況時紅色警示燈會亮，並切斷主電源。

- 1.金屬熔液滲透爐襯至爐體線圈。
- 2.爐襯過於潮濕。
- 3.電源系統或爐體存在對地低電阻時。



圖 12 接地／滲漏偵測裝置

#### (七)主機內部冷卻水系統

- 1.一組進口分水歧管（圖 13），將合適的冷卻水流量分配給各元件。
- 2.附有溫度和壓力感測開關。
- 3.一個側流式離子過率器。

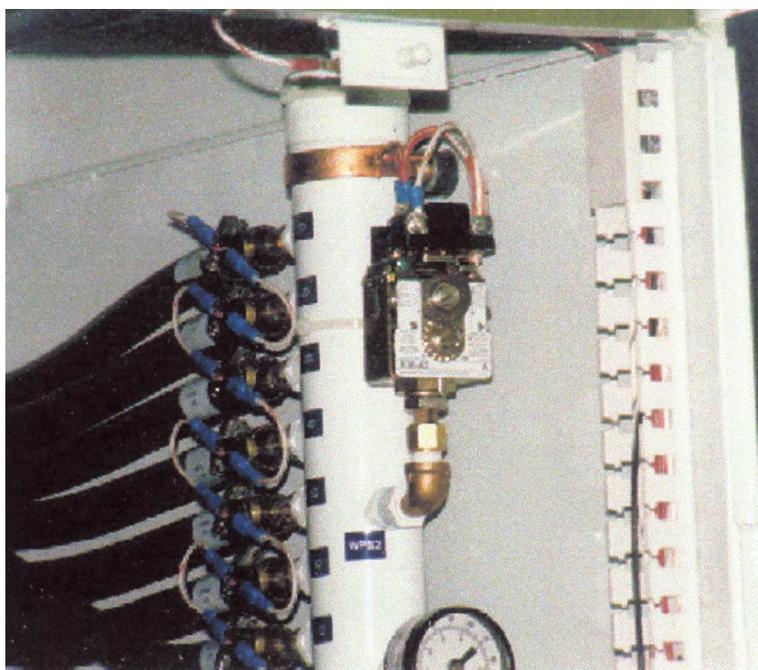


圖 13 入口冷卻分水岐管組

#### (八)控制系統

一組印刷電路控制板（圖14），係主機控制必需的重要電子邏輯元件，其重要功能如下：

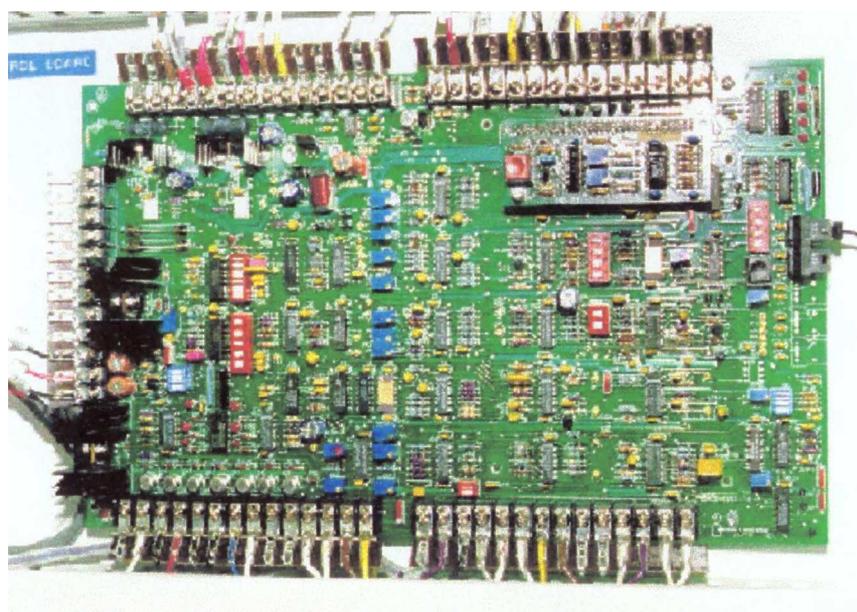


圖 14 印刷電路控制板

- 1.對爐體感應線圈的電壓、電流、頻率和功率作出瞬間的回應。
- 2.對逆變器運行設定限制，以免在過電壓或過電流的情況下，損壞矽控整流器（SCR）或電容器。
- 3.一個直流電源供應器（圖 15），提供控制回路之電源。



圖 15 直流電源供應器（箭頭指示）

(九)操作系統：操作控制面板組（圖 16），其主要部份如下：

- 1.一個功率控制旋鈕，設定熔爐的輸入功率值。
- 2.一組按鈕控制逆變器（INVERTER）的「運行」和「停止」。
- 3.一個主電源顯示燈。
- 4.裝置指針直讀式功率錶、頻率錶和電壓錶各一個，用於操作熔爐運作狀況。
- 5.一個監示器。

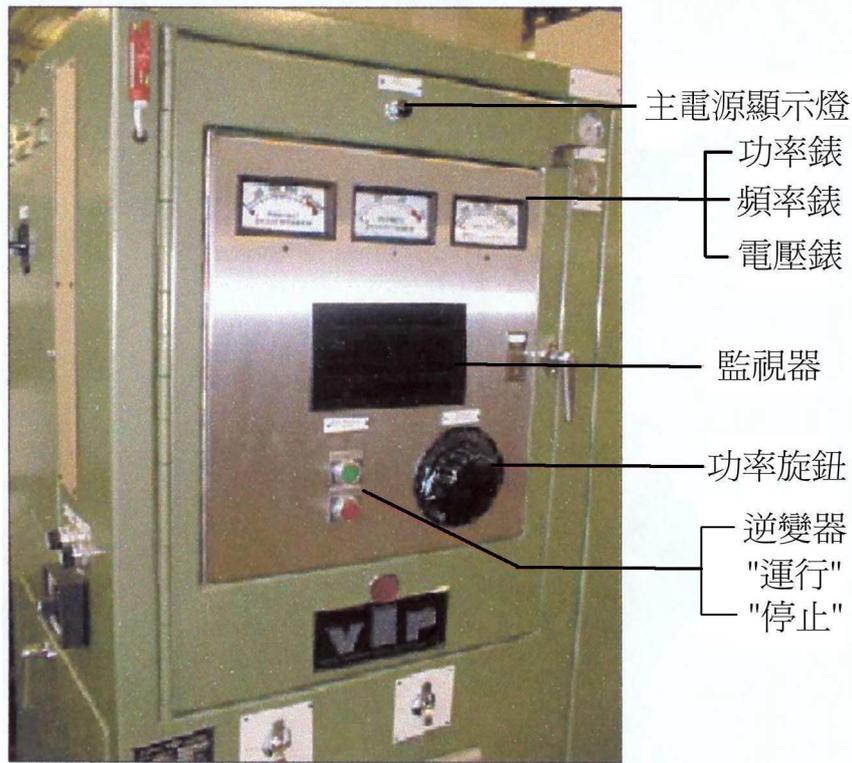


圖 16 操作面板組

(十) 監示器系統：一組監示器（圖 17）顯示出系統狀態，提供操作人員系統訊息如下。



圖 17 監示器組

- 1.綠燈顯示：正常運作
  - (1)逆變器運作 (Inverter on)：逆變器運行，提供熔爐供電狀態。
  - (2)全功率 (Full power)：熔爐供電成滿功率狀態。
- 2.黃燈顯示：限制警告尚能操作
  - (1)電容器電壓限制 (Capacitor volt limit)
  - (2)逆變器電流限制 (Inverter current limit)
  - (3)頻率限制 (Frequency limit)
  - (4)加料過多 (Excess charge)
  - (5)熔爐電壓限制 (Furnace volt limit)
- 3.紅燈顯示：故障指示切斷電源停止作業
  - (1)電容器過壓／主機箱門未關 (Excessive capacitor pressure or door open fault)
  - (2)矽控整流器過電壓 (Excessive SCR voltage protection)
  - (3)主機冷卻水超溫 (High water temperature of power unit)
  - (4)主機冷卻水壓低 (Low water pressure of power unit)
  - (5)爐體冷卻水超溫 (High water temperature of furnace)
  - (6)爐體冷卻水壓低 (Low water pressure of furnace)
  - (7)電爐隔離開關 (Furnace selector switch)
- 4.附加自動熔解管理系統 (MELT-MANAGER system)，其主要功能如下：
  - (1)自動爐襯燒結
  - (2)自動冷材啟動
  - (3)千瓦小時 (KWH) 自動熔解
  - (4)自動異常診斷記錄

(十一)空冷式匯流銅排 (圖 18) 連接變頻電源輸出端和水冷式電纜的連接點。

(十二)水冷式電纜 (圖 19) 連接匯流銅排和爐體線圈，提供爐體線圈變頻電力。



圖 18 空冷式匯流銅排組

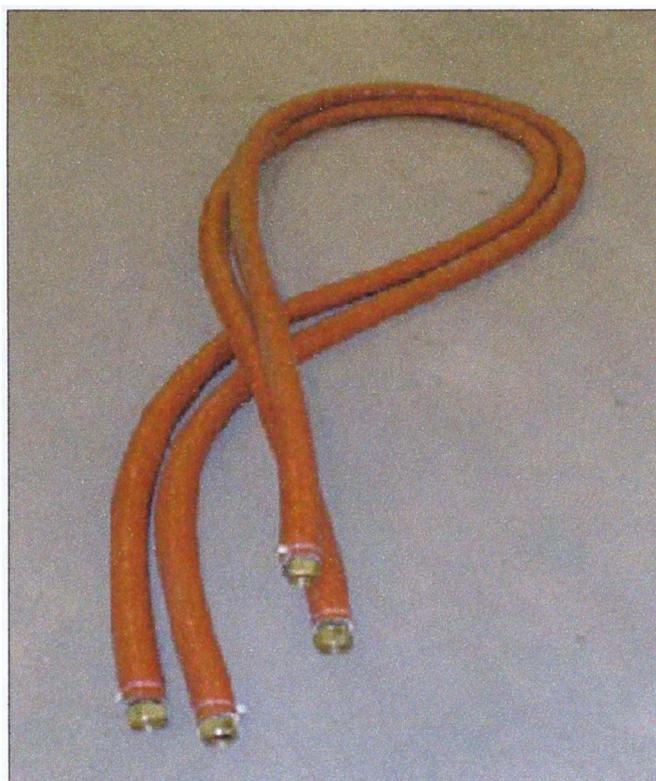


圖 19 水冷式電纜

### 三、爐體的構造

(一)無芯式鋁殼爐體，其構造主要包括高強度鑄鋁側板、感應線圈、上下耐火材料鑄體和傾動油壓缸等組件。適用於中小型熔解爐，構造簡單維修容易。



圖 20 無芯式鋁殼爐體外觀

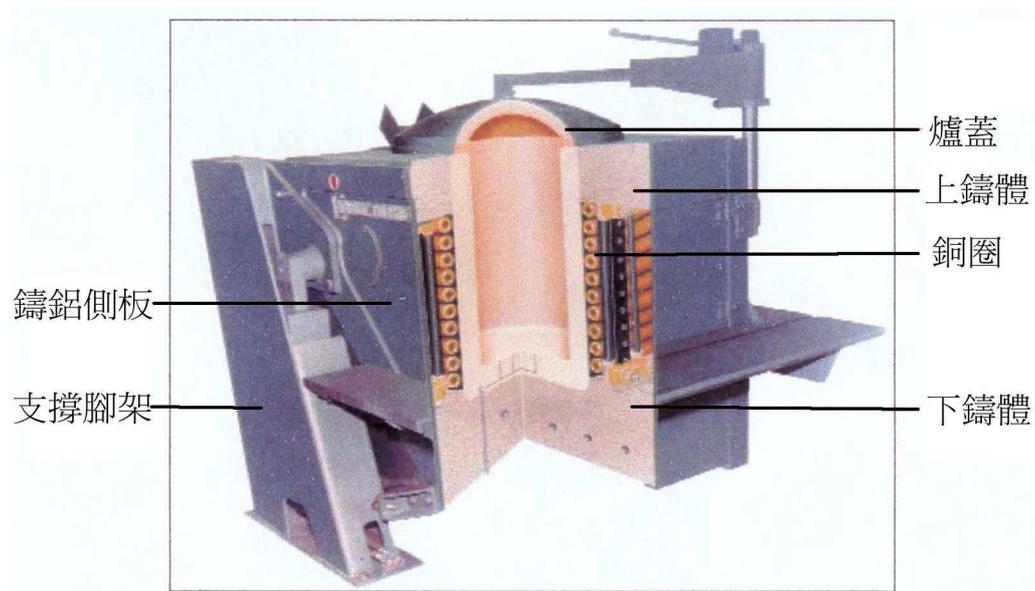


圖 21 無芯式鋁殼爐體剖面圖



圖 22 無芯式鋁殼爐熔解作業

(二)無芯式鋼殼爐體，其構造主要包括鋼結構爐殼和支架、感應線圈、水冷矽鋼柱、上下耐火材料鑄體和傾動油壓缸等組件，構造結實適用於中大型熔解或保溫爐。



圖 23 無芯式鋼殼爐體附集塵環外觀

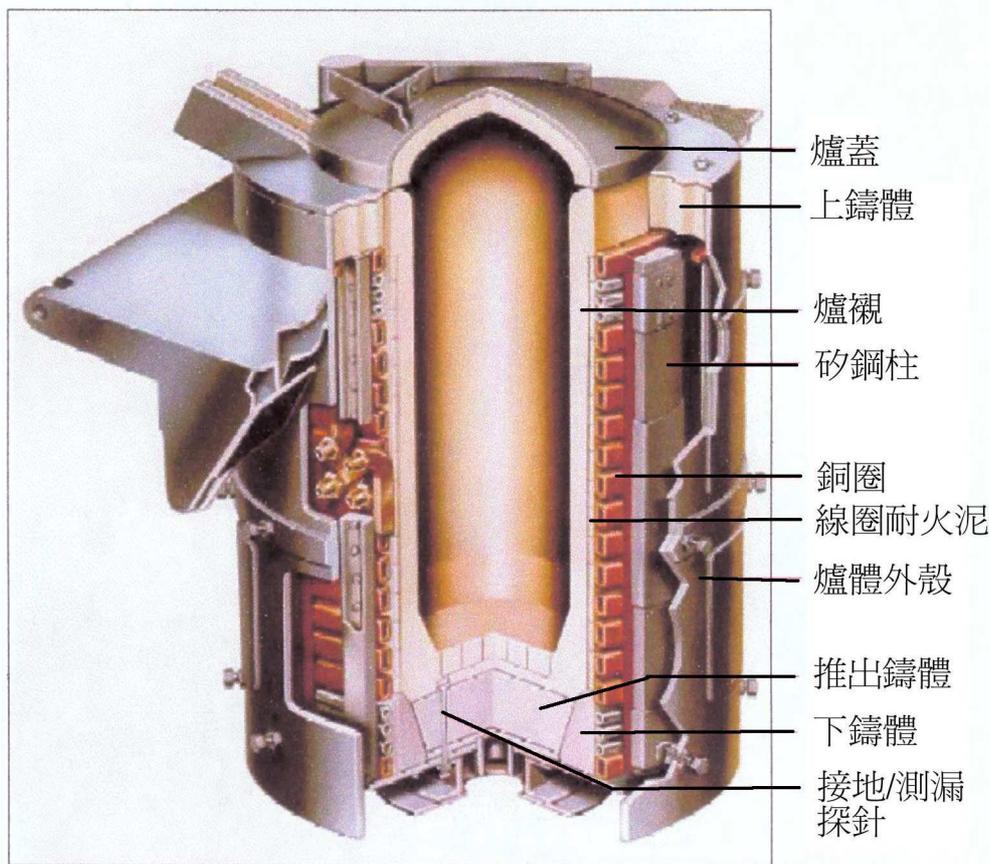


圖 24 無芯式鋼殼爐體剖面圖

(三)爐體附屬設備

- 1.油壓泵浦組（圖 25），提供傾倒爐體和爐蓋之動作。



圖 25 油壓泵浦組

2.集塵環 (圖 26)

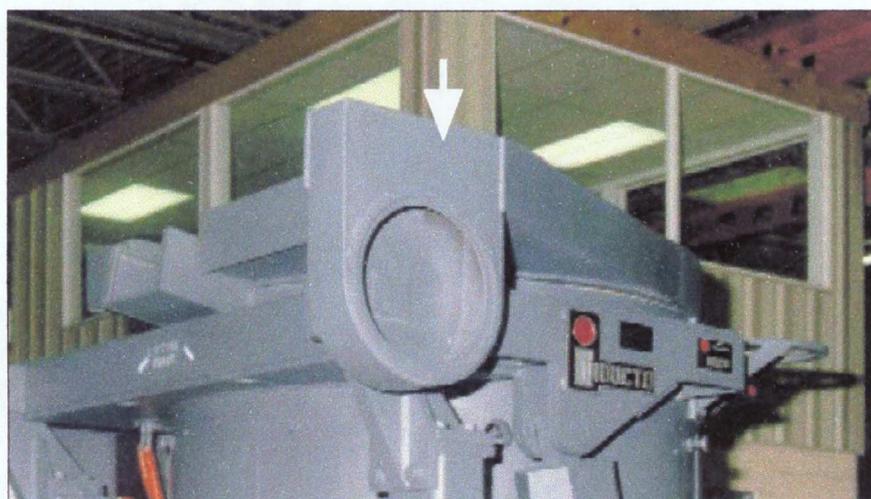


圖 26 集塵環 (箭頭指示)

3.集塵罩

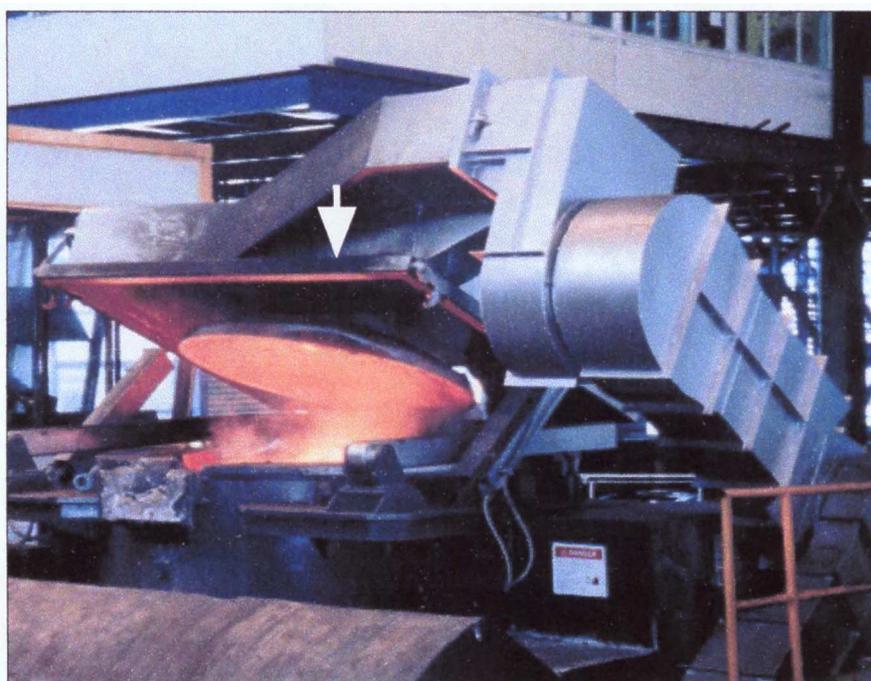


圖 27 集塵罩 (箭頭指示)

## 4.油壓動作爐蓋（圖 28）

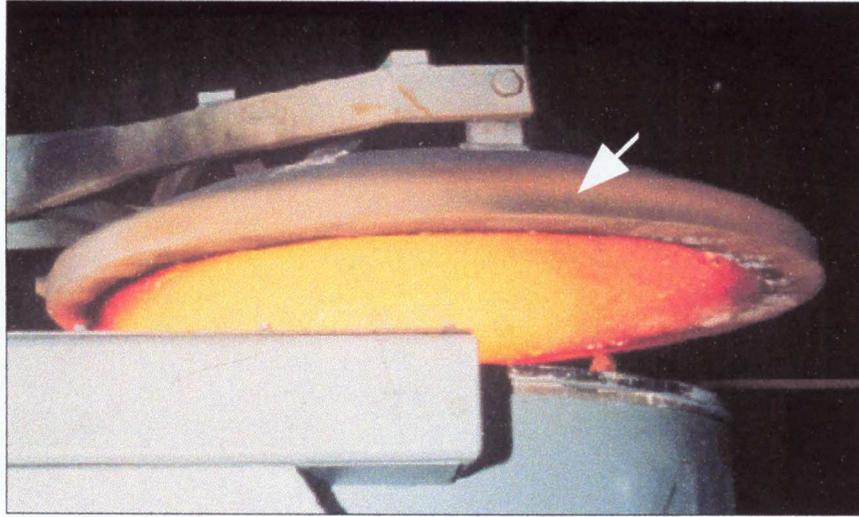


圖 28 油壓動作爐蓋（箭頭指示）

## 5.爐襯推出裝置

推出爐襯時首先將爐體舉起 90 度，然後將油壓推出裝置以活動插梢固定於爐底鑄塊之預流孔處，再啓驅動油壓缸即可慢慢推出待拆除之爐襯。但爐襯必需殘留粉末層，一般應用在鑄鐵工廠採用氧化矽（Silica）為築爐材料者。

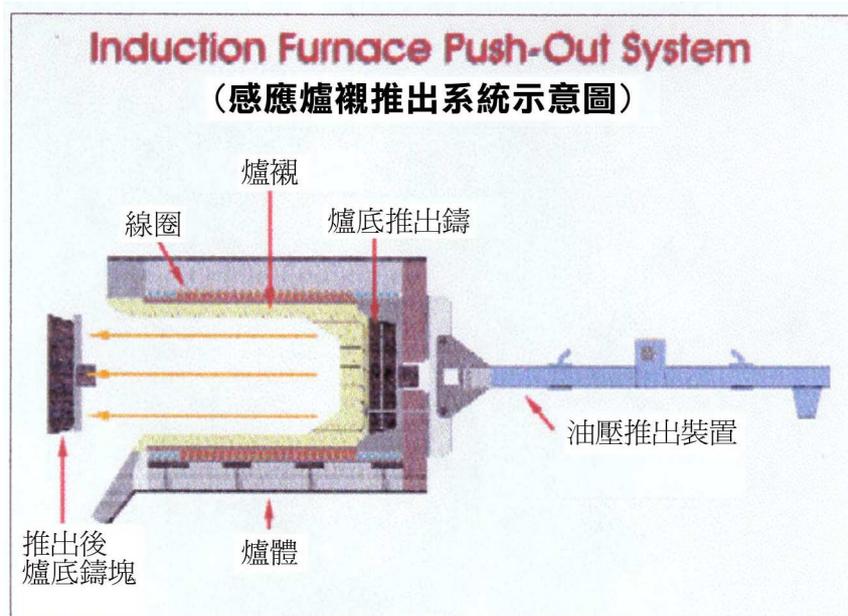


圖 29 爐襯推出系統示意圖



圖 30 爐襯推出情形（箭頭指示）

#### 四、冷卻循環水系統

(一)典型密閉式循環冷卻水系統（圖 31）

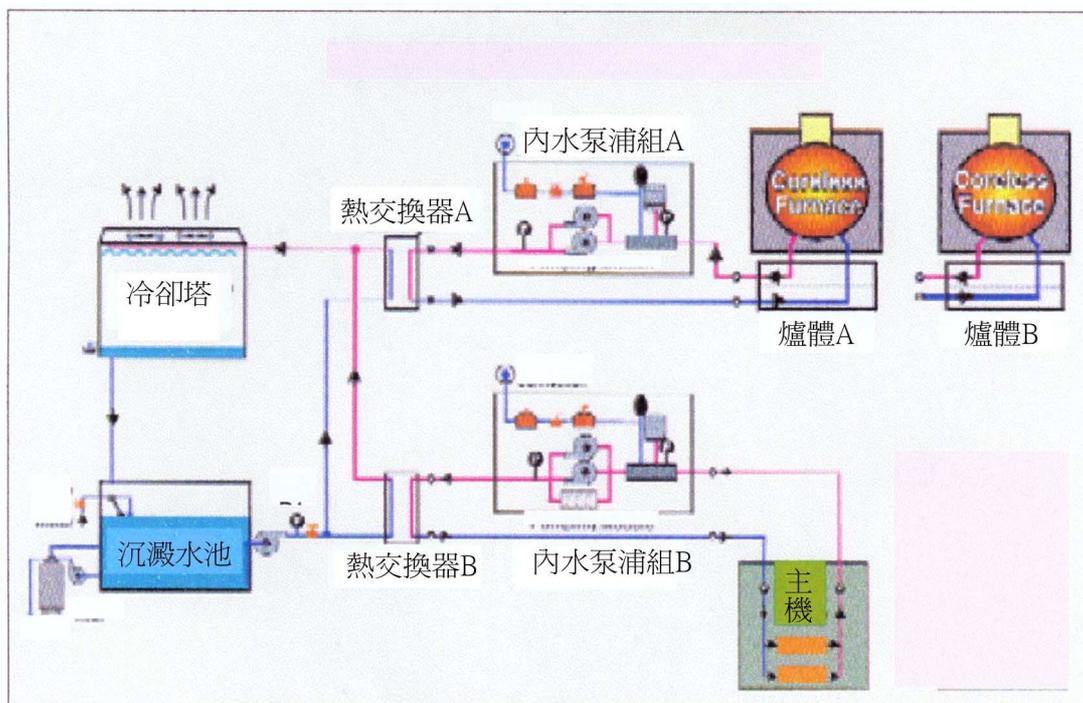


圖 31 典型密閉式循環冷卻水系統

- 1.經由冷卻塔散熱後之冷卻外水儲存於沉澱水池，由外水泵浦（P1）送到熱交換器，帶走內水熱源後循環回到冷卻塔。
- 2.冷卻塔散失部份水蒸汽，應以軟水補充。
- 3.冷卻爐體線圈、矽鋼柱等後之熱水，經內水泵浦（A）送至熱交換器被外水間接帶走熱量，降溫後再循環回到爐體。
- 4.冷卻控制主機內部電子元件後之熱水，經內水泵浦（B）送至熱交換器被外水間接帶走熱量，降溫後再循環回到控制主機。
- 5.內水採用密閉式循環系統，理論上不需補充，但如因管路流失，應以純水補充。

## (二)冷卻塔的種類

- 1.低噪音開放型冷卻塔（圖 32）

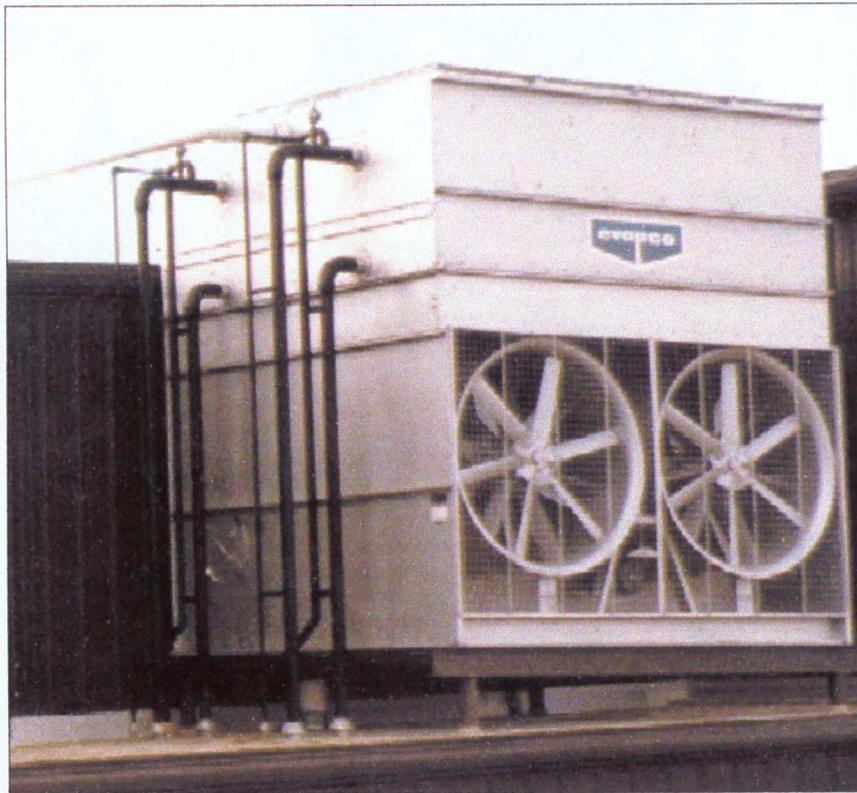


圖 32 低噪音開放型冷卻塔

2.密閉式工業用冷卻塔（圖 33）



圖 33 密閉式工業用冷卻塔

3.風冷乾式冷卻塔（圖 34）



圖 34 風冷乾式冷卻塔

(三)循環泵浦組

1.外水採用鑄鐵泵浦（圖 35）。



圖 35 外水鑄鐵泵浦組

2.內水應採用不銹鋼泵浦（圖 36）。



圖 36 內水不銹鋼泵浦組

(四)水系統控制盤（圖 37），附有定時器、警報器等。

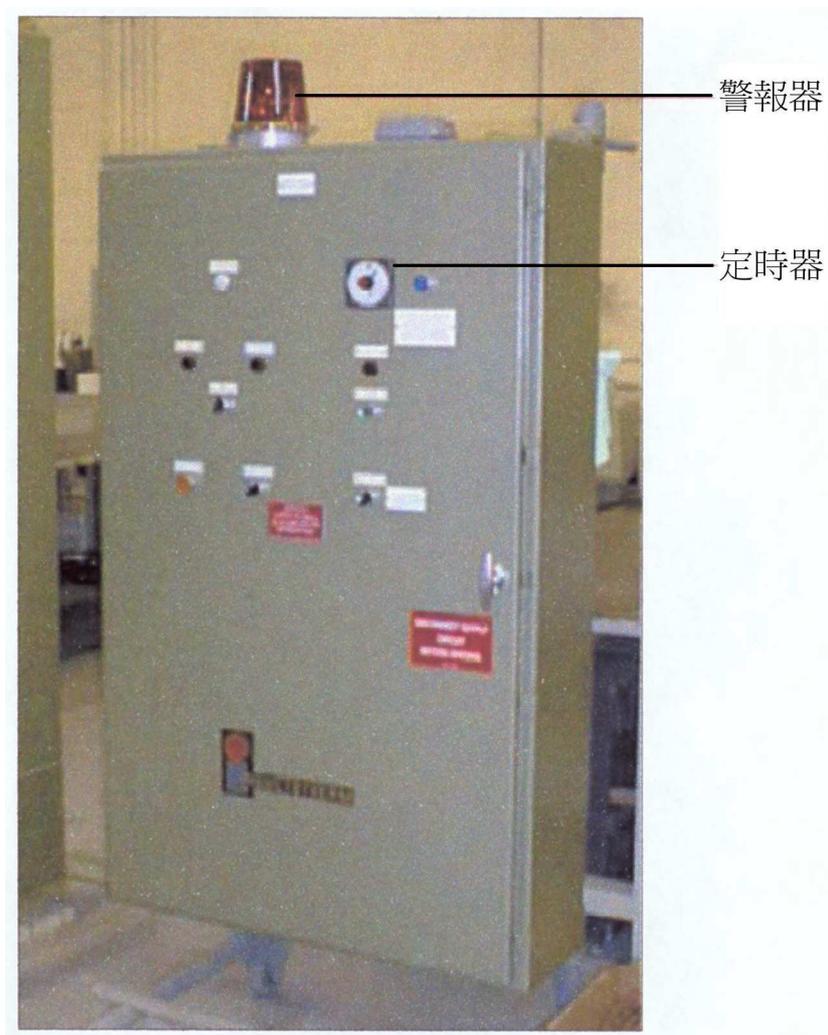


圖 37 水系統控制盤

#### 四、其他附屬設備

- (一)高壓受電盤
- (二)變壓器(Transfomer)
- (三)爐體荷重感測元件 (Loadcell)

## 學習評量二

請不要參考任何書籍及資料下，在下列各題前之空格寫出正確的答案。

## (一)是非題：(50%)

- ( ) 1.脈沖整流器是一組半導體，將直流電源整流成交流電。
- ( ) 2.濾波電容器可濾除異常電壓雜波，並且阻斷高頻信號進入供電線路。
- ( ) 3.直流／交流逆變器，提供爐體線圈合適頻率之交流電。
- ( ) 4.接地／滲漏偵測器紅燈亮時，還可以繼續送電作業。
- ( ) 5.印刷電路控制板，對爐體線圈的電壓、電流、頻率和功率連續作出瞬間的回應控制。
- ( ) 6.當監視器的黃燈亮時，隨即切斷電源停止作業。

## (二)選擇題：(50%)

- ( ) 1.控制主機將何種電流送到爐體線圈而感應磁場 (1)直流電 (2)合適頻率之交流電 (3)綜合電源 (4)以上皆可。
- ( ) 2.監示器何種顏色燈亮時表示正常運作 (1)紅色燈 (2)黃色燈 (3)綠色燈 (4)藍色燈。
- ( ) 3.監示器何種顏色燈亮時表示限制警示尚能操作 (1)紅色燈 (2)黃色燈 (3)綠色燈 (4)藍色燈。
- ( ) 4.監示器何種顏色燈亮時表示故障切斷電源停止作業 (1)紅色燈 (2)黃色燈 (3)綠色燈 (4)藍色燈。
- ( ) 5.外水系統應選用何種水質補充 (1)地下水 (2)軟水 (3)河水 (4)以上皆可。
- ( ) 6.內水系統應選用何種水質補充 (1)自來水 (2)軟水 (3)純水 (4)河水。

## (三)問答題：

接地／滲漏偵測系統在何種情況下，紅色警示燈會亮，並切斷主電源停止作業，請寫出兩種原因？

### 學習評量二答案

你的答案應該包括下列要點。

#### (一)是非題

1. (×) 將交流電源整流為直流電。
2. (○)
3. (○)
4. (×) 切斷電源停止作業。
5. (○)
6. (×) 警告信號尚可繼續作業。

#### (二)選擇題

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

#### (三)問答題

1. 金屬熔液滲透爐襯至爐體線圈。
2. 爐襯過於潮濕。
3. 電源系統或爐體存在對地低電阻時。

好極了，如今你已能正確地說出感應電爐的構造，接下來本教材的第三部分是要你能夠如何正確地選擇感應電爐。

本教材的第三個學習目標是

在不參考任何書籍和資料下，你能夠說出如何正確地選擇感應電爐。

## 一、對感應電爐要有正確的認識

當你需要選擇感應電爐作為熔解設備前，你最好對感應電爐的原理和構造已經有了正確的認知，假如你還不甚瞭解，請翻閱本單元第4頁至第33頁，當你有了正確的認識後，再設定你的需求作正確的選擇。

## 二、要如何正確的選擇感應電爐

(一)首先要確定鑄造需求條件：

- 1.計劃要生產什麼材質的鑄件？
- 2.預估每月鑄件的目標產能為多少？
- 3.估計成品率（或稱得料率）是多少？
- 4.每月工作日和每日熔解作業時間是多少？
- 5.最重要的是計算每小時熔解量需求是多少？
- 6.最大、最小鑄件的重量是多少？
- 7.造模方式是什麼？

【實例 1】你要新置或增設感應電爐，鑄造條件是什麼？

必需先確定基本需求，請填下表以供選擇的參考依據。

1.要生產什麼材質？	灰口鑄鐵、球墨鑄鐵
2.每月鑄件的目標產能？	600 噸／月
3.估計成品率多少？	60%
4.熔解作業時間多少？	每月 25 工作日、每日 20 小時
5.每小時熔解量需求多少？	2 噸／小時 [*註 1]
6.最大、最小鑄件是多少？	最大 20Kgs，最小 10Kgs
7.造模方式是什麼？	混合濕砂，自動造模線

[\*註 1]： $\frac{600}{0.60}$ （噸／月）／25（日／月）／20（時／日）=2（噸／時）

## (二)計算額定功率：

- 1.由【實例 1】確定需求條件後，首先算出每小時 2 噸的需要熔解量。
- 2.預定熔解溫度為 1500°C，熔解耗電以每噸 550 度 (KWH) 計算。
- 3.計算額定功率的方法如下：

熔解功率：550 千瓦小時/噸×2 噸/小時= 1100 千瓦 (KW)

如選用雙電源主機需加保溫電力 (參考表 C01) 117 (KW)

合 計 =1217 千瓦 (KW)

爐內殘留鐵水 (噸)	保溫電力 (KW, 千瓦)	以 1000KW 送電 升溫速率(°C/分)
1	109	8.3
2	117	10.4
3	124	14.0
4	132	21.2
5	140	42.8

表 1 5 噸爐體之參考保溫電力 (爐體小於 5 噸則保溫電力略小於表列數據)

## (三)依不同材質選擇適當之攪拌力

- 1.如圖 38，完全不攪拌的情形，其特性如下：
  - (1)合金元素無法充分混合，調質困難。
  - (2)細小原料溶解困難。
  - (3)適合選擇作為保溫爐。

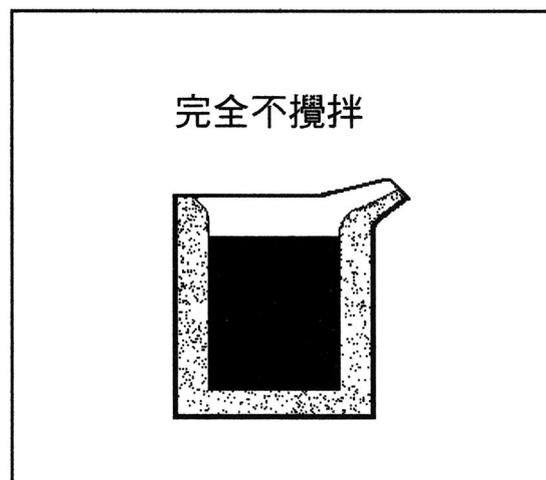


圖 38 金屬熔液完全不攪拌的現象

2.如圖 39，低度攪拌力適合熔解的金屬材質如下：

- (1)高錳鋼 (Manganese Steel) 。
- (2)黃銅 (Yellow Brass) 。
- (3)鋁黃銅 (Aluminum Brass) 。
- (4)碳鋼 (Carbon Steel) 。
- (5)純銅 (Copper) 。

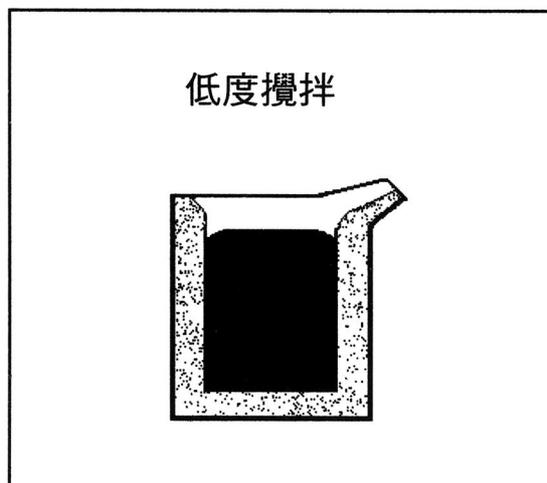


圖 39 金屬熔液低度攪拌的現象

3.如圖 40，中度攪拌力適合熔解的金屬材質如下：

- (1)紅銅 (Red Brass) 。
- (2)合金鑄鐵 (Alloy Cast Irons) 。
- (3)不銹鋼 (Stainless Steel) 。
- (4)鋁 (Aluminum) 。
- (5)鎳 (Nickel) 。
- (6)超合金 (Precious Mtal) 。

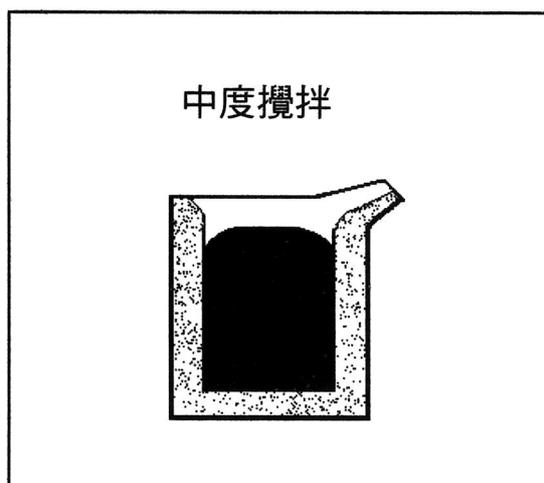


圖 40 金屬熔液中度攪拌的現象

4.如圖 41，高度攪拌力適合熔解的金屬材質如下：

- (1)灰口鑄鐵（Grey Cast Iron）。
- (2)球墨鑄鐵（Nodular Cast Iron）。
- (3)可鍛鑄鐵（Malleable Cast Iron）。

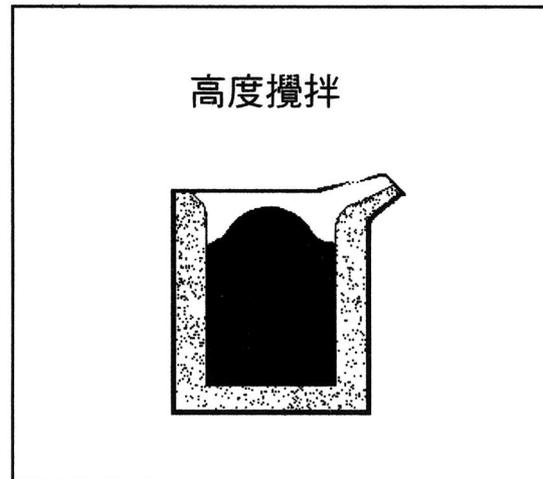


圖 41 金屬熔液高度攪拌的現象

5.如圖 42，過度攪拌的情形，其特性如下：

- (1)加快爐襯的侵蝕（Increased Lining Erosion）。
- (2)合金容易被氧化（Oxidation Of Alloys）。
- (3)增加氣體含量（Increased Gas Pick-Up）。
- (4)熔融金屬液濺出（Splashing Of Metal）。

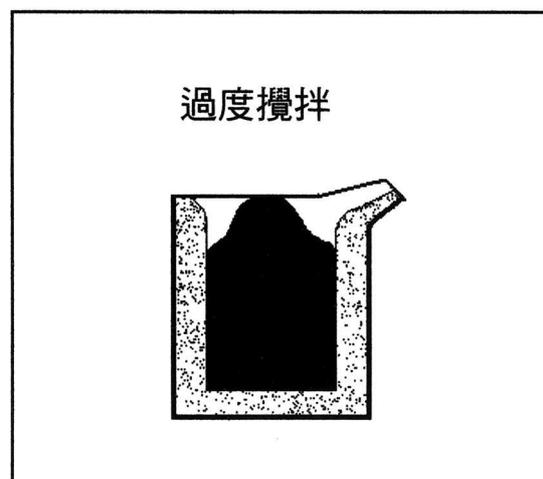


圖 42 金屬熔液過度攪拌的現象

(四)認識電力功率、頻率、爐體大小和攪拌力的關係：

- |                         |         |
|-------------------------|---------|
| ↑ 增加電力功率 (Power)        | ↑ 增加攪拌力 |
| ↑ 增加電力頻率 (Frequency)    | ↓ 減少攪拌力 |
| ↑ 增加爐體大小 (Furnace size) | ↓ 減少攪拌力 |

(五)常用頻率、其電力功率、爐體大小相對攪拌力的參考關係圖：

1.低週波 (60Hz) 攪拌力之參考關係圖。

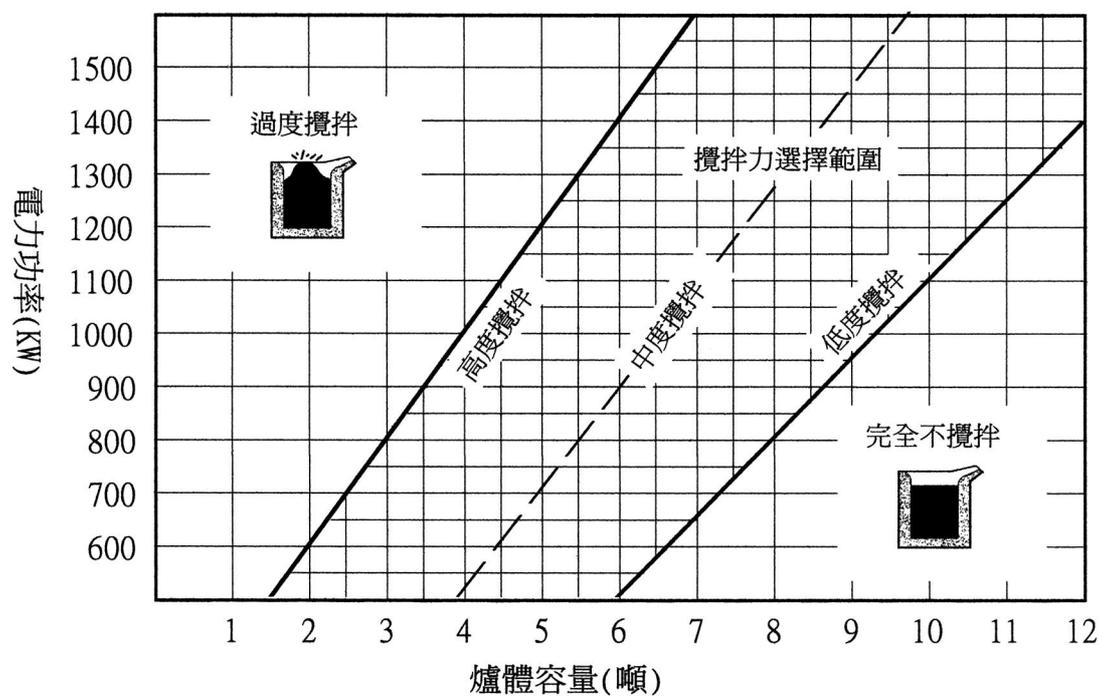


圖 43 低週波 (60Hz)

2.中週波（200Hz）攪拌力之參考關係圖。

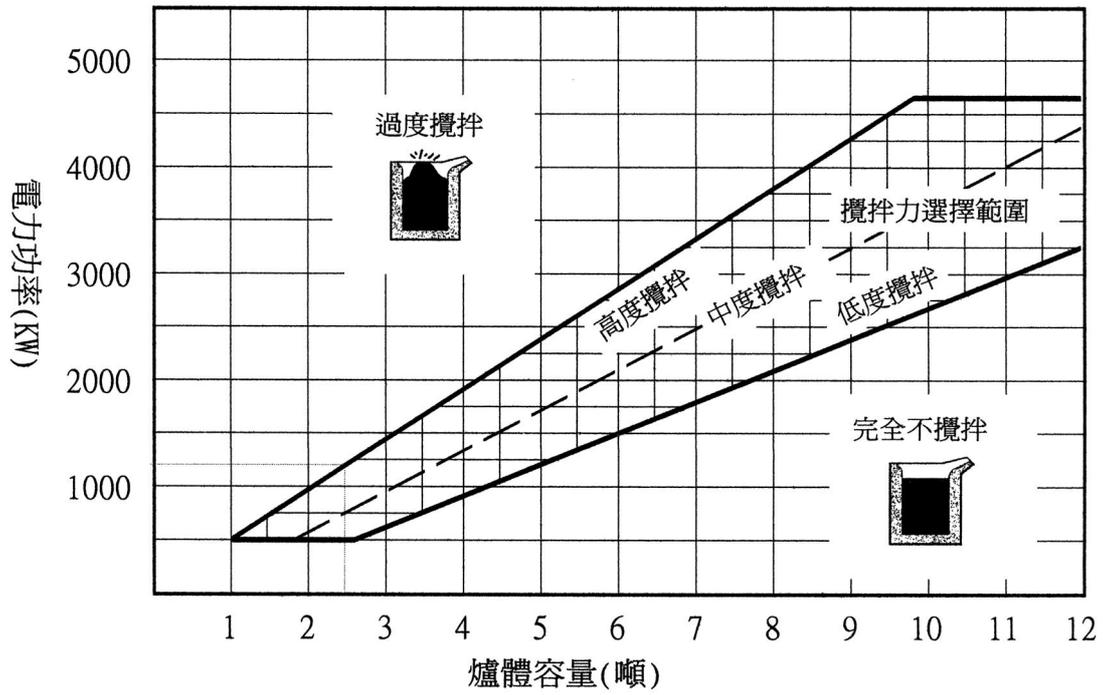


圖 44 中週波（200Hz）

3.中週波（500Hz）攪拌力之參考關係圖。

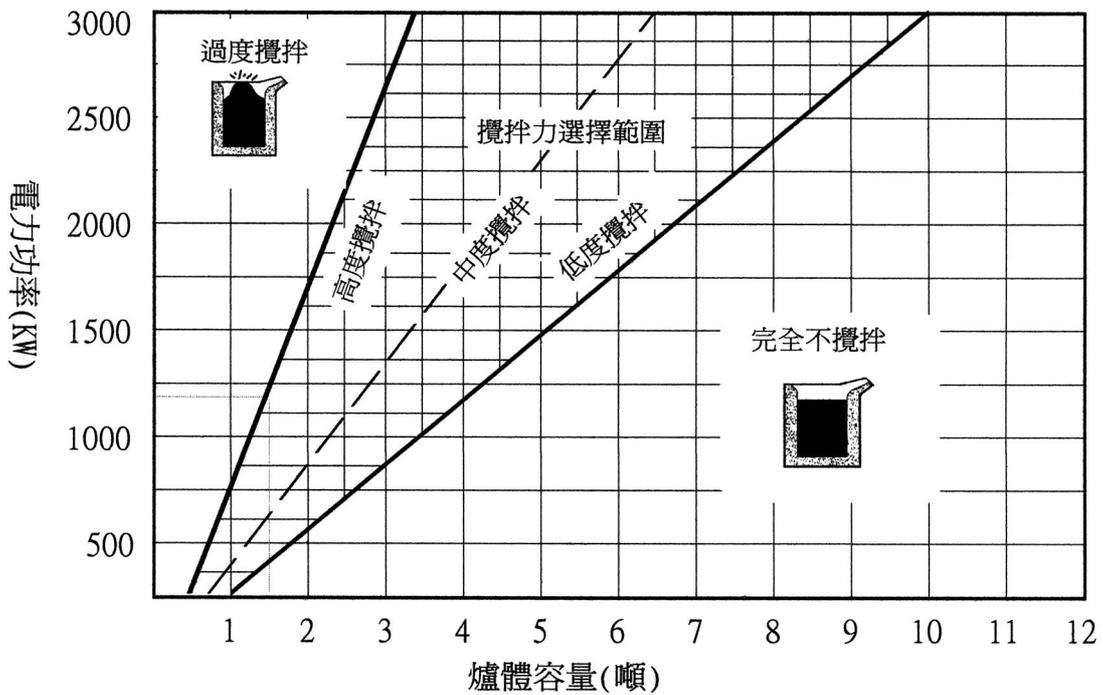


圖 45 中週波（500Hz）

4.高週波（1000Hz）攪拌力之參考關係圖。

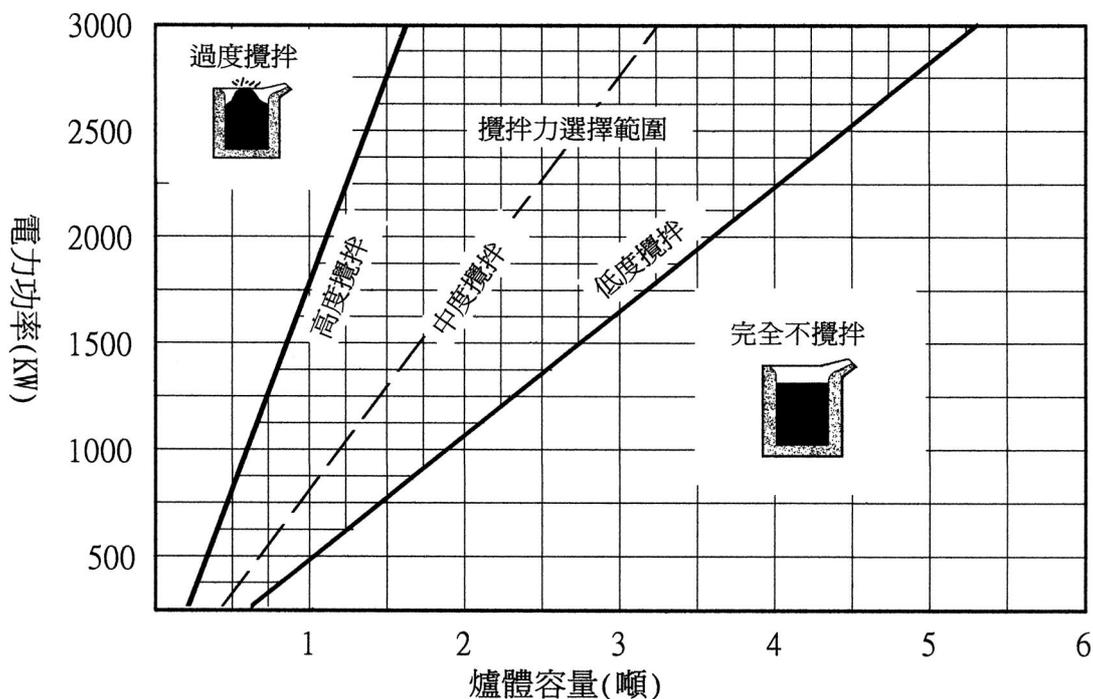


圖 46 高週波（1000Hz）

5.高週波（3000Hz）攪拌力之參考關係圖。

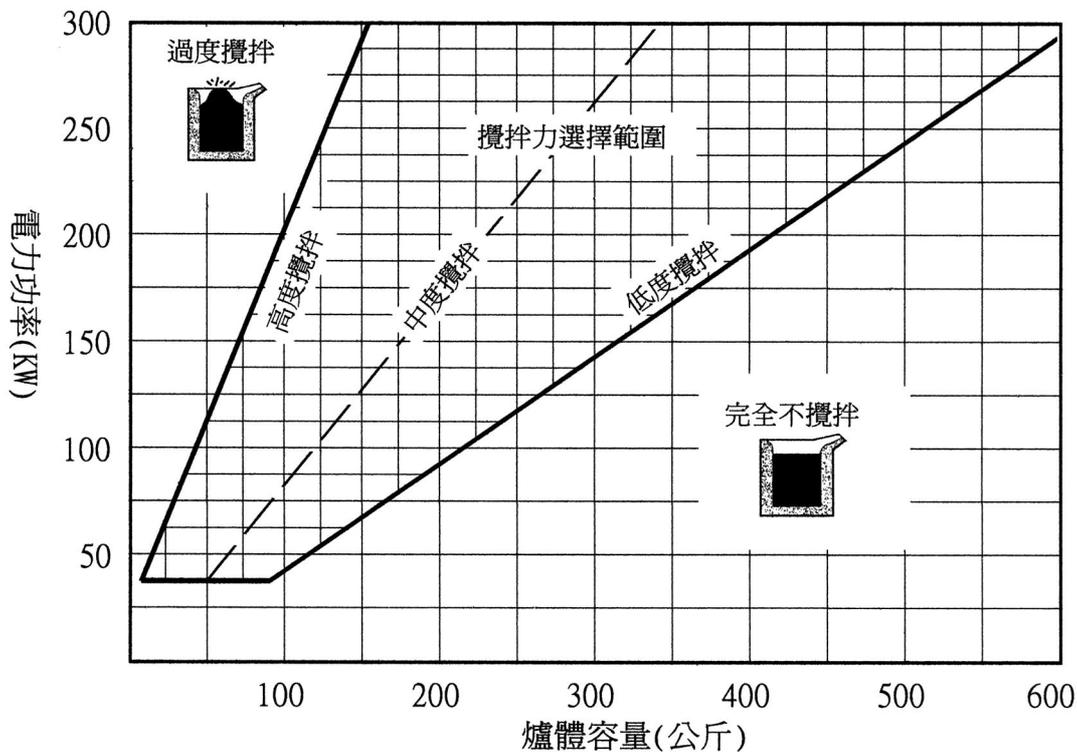


圖 47 高週波（3000Hz）

## 6.高週波（10000Hz）攪拌力之參考關係圖。

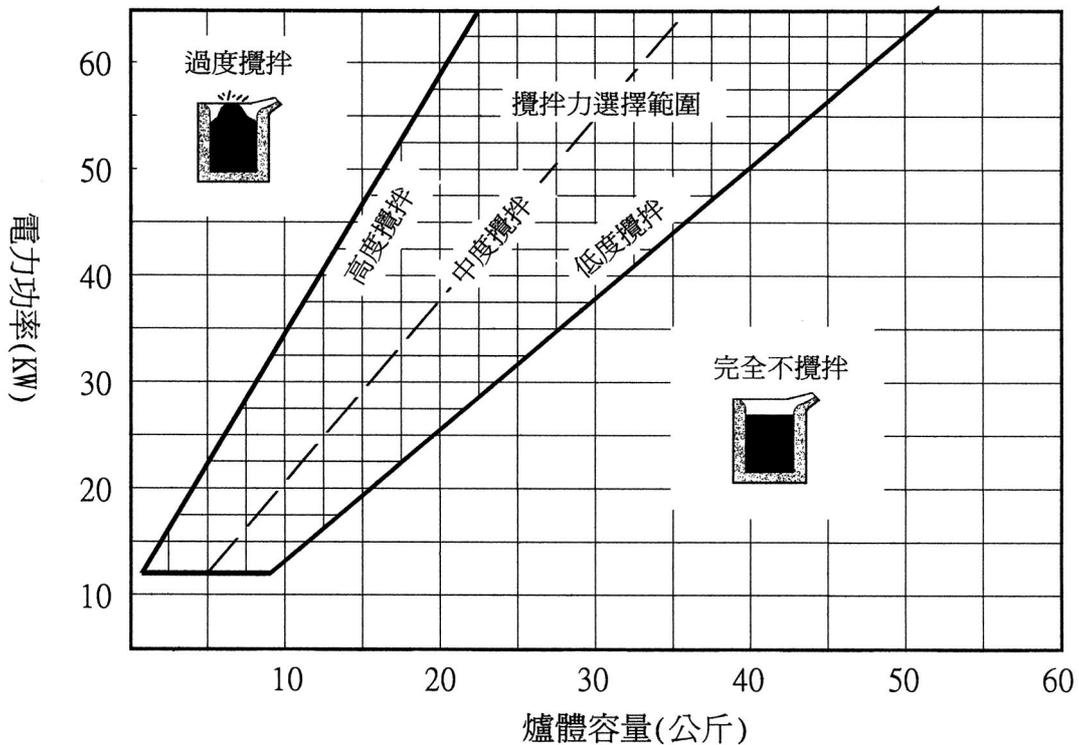


圖 48 高週波（10000Hz）

## (六)選擇參考

- 1.【實例1】由（二）項計算額定功率為1217KW，應選擇1250KW之電源主機。
- 2.參考（三）-4，生產灰口鑄鐵和球墨鑄鐵，應選擇高度攪拌能力。
- 3.方案一請參考（五）-1 圖 43，可選擇低週波（60Hz）5噸爐體。
- 4.方案二請參考（五）-2 圖 44，可選擇中週波（200Hz）2.5噸爐體。
- 5.方案三請參考（五）-3 圖 45，可選擇中週波（500Hz）1.5噸爐體。

## (七)結論

【實例1】係屬自動造模線生產灰口鑄鐵和球墨鑄鐵之小型鑄件，如果選擇方案一採用低週波（60Hz）5噸爐體，因為需殘留鐵水 $1/2 \sim 1/3$ ，改變材質較困難；如果選擇方案二採用中週波（200Hz）2.5噸爐體，每爐熔解時間（ $2.5/2 =$ ）1.25小時，且需較長時間出爐澆鑄，殘留鐵水在高溫狀況下容易氧化，因此必需分階段重新調質，增加熔解成本；如果選擇第三方案採用中週波（500Hz）1.5噸爐體，每爐熔解時間（ $1.5/2 =$ ）0.75小時，即45分鐘出爐一次，出爐間隔適合，成分容易掌控，因此方案三應該是最正確的選擇。

## 學習評量三

請不要參考任何書籍及資料下，在下列各題前之空格寫出正確的答案。

## (一)是非題：(50%)

- ( ) 1.選擇感應電爐時，應先確定鑄造需求條件，最重要的是先算出每小時需要的熔解量。
- ( ) 2.相同功率和爐體之感應電爐，提高頻率可以增加攪拌力。
- ( ) 3.應用感應電爐熔解時，將爐體加大可以增加熔解能力。
- ( ) 4.熔解灰口鑄鐵，應選擇高度攪拌能力之感應電爐。
- ( ) 5.選擇感應電爐時，增加攪拌能力會增加熔解速率。
- ( ) 6.保溫電爐一般選擇大爐體、小功率，屬低度攪拌能力。

## (二)選擇題：(50%)

- ( ) 1.不銹鋼熔解應選擇 (1)低度攪拌力 (2)中度攪拌力 (3)高度攪拌力 (4)以上皆可。
- ( ) 2.球墨鑄鐵熔解應選擇 (1)低度攪拌力 (2)中度攪拌力 (3)高度攪拌力 (4)以上皆可。
- ( ) 3.黃銅熔解應選擇 (1)低度攪拌力 (2)中度攪拌力 (3)高度攪拌力 (4)以上皆可。
- ( ) 4.加大爐體容量會 (1)增加攪拌力 (2)減少攪拌力 (3)不影響 (4)增加生產量。
- ( ) 5.增加電力頻率會 (1)增加攪拌力 (2)減少攪拌力 (3)不影響 (4)增加生產量。
- ( ) 6.增加電力功率會 (1)增加攪拌力 (2)減少攪拌力 (3)不影響 (4)增加生產量。

## (三)問答題：

某一鑄造工廠每月工作25天每日工作20小時，以化鐵爐熔解生產中大型鑄鐵件，每月目標產能為2000噸，成品率為80%，因材質和環保要求，急需改為感應電爐熔解，請你建議如何作正確選擇？

筆記欄

## 學習評量三答案

你的答案應該包括下列要點。

## (一)是非題

1. (○)
2. (×) 提高頻率則降低攪拌力。
3. (×) 爐體加大並不改變其熔解能力。
4. (○)
5. (×) 無關，唯有增加功率才可增加熔解速率。
6. (×) 完全無攪拌能力。

## (二)選擇題

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

## (三)問答題

1. 每月熔解量需求： $2000 / 0.80 = 2500 \text{ T/M}$ 。
2. 每小時熔解能力需求： $2500 / 25 / 20 = 5 \text{ T/H}$ 。
3. 熔解溫度  $1500^{\circ}\text{C}$  時，假設每噸鐵水熔解耗電為  $550\text{KWH}$ ，則額定功率需求： $550\text{KWH} / \text{T} \times 5 \text{ T/H} = 2750\text{KW}$ 。
4. 生產中大型鑄鐵件，應選擇高度攪拌能力，故建議：
  - 〔方案一〕參考圖 44，選擇中週波（ $200\text{Hz}$ ）採用 6 噸爐體。
  - 〔方案二〕參考圖 45，選擇中週波（ $500\text{Hz}$ ）採用 3.5 噸爐體。
5. 每爐熔解時間：
  - 〔方案一〕 $6 / 5 = 1.2$  小時，約 72 分鐘。
  - 〔方案二〕 $3.5 / 5 = 0.7$  小時，約 42 分鐘。
6. 參考最大鑄件重量，選擇方案一或方案二。

假如你的答案與上述重點相似，請翻到下一頁，假如你的答案不與上述重點相似，則請翻到第 35 頁重新閱讀，以便發現你的錯誤之處，並將第 44 頁上的錯誤改正，然後翻到第 47 頁測驗本單元的學後評量。

## 學後評量

請不要參考任何書籍及資料下，在下列各題前之空格寫出正確的答案。

### (一)是非題：(50%)

- ( ) 1.感應電爐是直接將電流通於爐內原料而使其發熱熔解。
- ( ) 2.高週波感應電爐冷材啓動時需要啓動塊。
- ( ) 3.高週波感應電爐熔解成分調整和溫度控制容易。
- ( ) 4.脈沖整流器是一組半導體，將直流電源整流成交流電。
- ( ) 5.直流／交流逆變器，提供爐體線圈合適頻率之交流電。
- ( ) 6.接地／滲漏偵測器紅燈亮時，還可以繼續送電作業。
- ( ) 7.當監視器的黃燈亮時，隨即切斷電源停止作業。
- ( ) 8.選擇感應電爐時，應先確定鑄造需求條件，最重要的是先算出每小時需要的熔解量。
- ( ) 9.相同功率和爐體之感應電爐，提高頻率可以增加攪拌力。
- ( ) 10.熔解灰口鑄鐵，應選擇高度攪拌能力之感應電爐。

### (二)選擇題：(50%)

- ( ) 1.感應電爐的加熱方式是 (1)原料自身感應發熱 (2)加熱於原料表面 (3)直接通電於原料發熱 (4)以上皆是。
- ( ) 2.利用高週波串聯電路感應電爐熔解需殘流鐵水 (1)1/2－1/3 (2)1/5－1/10 (3)不需要 (4)愈多愈好。
- ( ) 3.感應電爐熔解作業全程可全功率送電是 (1)高週波串聯電路 (2)高週波並聯電路 (3)低週波 (4)三倍週波。
- ( ) 4.控制主機將何種電流送到爐體線圈而感應磁場 (1)直流電 (2)合適頻率之交流電 (3)綜合電源 (4)以上皆可。
- ( ) 5.監示器何種顏色燈亮時表示故障切斷電源停止作業 (1)紅色燈 (2)黃色燈 (3)綠色燈 (4)藍色燈。
- ( ) 6.外水系統應選用何種水質補充 (1)地下水 (2)軟水 (3)河水 (4)以上皆可。
- ( ) 7.內水系統應選用何種水質補充 (1)自來水 (2)軟水 (3)純水 (4)河水。
- ( ) 8.不銹鋼熔解應選擇 (1)低度攪拌力 (2)中度攪拌力 (3)高度攪拌力 (4)以上皆可。
- ( ) 9.球墨鑄鐵熔解應選擇 (1)低度攪拌力 (2)中度攪拌力 (3)高度攪拌力 (4)以上皆可。
- ( ) 10.降低電力頻率會 (1)增加攪拌力 (2)減少攪拌力 (3)不影響 (4)增加生產量。