

# 熔解用 誘導電氣炉의 選擇方法에 對한 小考

文 相 烈\*

## 1. 머릿말

鑄物工場을 新設하고자 하는 분 또는 새로이 增設하고자 하는 분들은 恒常 鑄造施設의 選擇과 그중에도 熔解炉의 選定에 많은 隘路를 겪고 迷惘을 믿고 있다.

筆者도 鑄物工場을 建設코져 여러方面으로 資料를 蒐集해 보았으나 資料의 不足은 勿論이거니와 과거의 慣習이나 他社의 模倣이란 테를 벗지못하여 오다가 生覺을 白紙로 돌려 국제적으로 唯數한 電氣炉 메이커와 直接 對話를 할 수 밖에 없다고 生覺하여 鑄物工場用 熔解炉에 對하여 經驗과 資料를 가지고 討論한 結果 製品의 生産性, 原価, 그리고 施設의 維持面에서 問題가 있음을 알게 되었다.

一般의 常識으로는 鑄鐵熔解에는 無條件 低周波炉를 特殊鋼에는 高周波炉를 使用한다는 生覺은 하나의 慣習性이라고나 할까 아니면 남이 그렇게 쓰고 있으니까 나도 그렇게 하자 또는 남달리 했다가는 어떠한 瑕疵라도 생기면 어떻게 하나 따위의 염려로써 慣習적으로 選擇하고 있지 않나 생각이 된다. 처음에는 鑄鐵熔解用으로 왜 저주파로를 쓰는가 다른 方法은 없는 것일까 하는 생각에서 美國, 日本 등지의 資料를 蒐集, 製造당사자와의 討論에서 부터 다음에 說明하는 바와같이 炉를 選擇한다면 韓國의 현실에 알맞는 것을 찾을 수가 있다고 생각 되었다.

## 2. 熔解炉의 選擇基準

金屬熔解用 誘導電氣炉를 어떻게 選擇하는가? 그 方法으로서

- ① 무엇을 熔解할 것인가? (재질)
- ② 製品의 1개 무게가 얼마인가? (單重)
- ③ 1개 鑄型(mold)에 몇개의 製品을 同時 造型하는가? (1개 mold의 重量)
- ④ 熔湯에 어떠한 處理를 하는가? (熔湯處理)
- ⑤ 操業時間은 1일 몇시간인가? (操業時間)
- ⑥ 其他 必要한 事項(各社의 特殊性) 이상의 問題를 미리 準備하여 이것을 基礎로 하여 炉를 揀한다.

### 가. 材 質

一般으로 工業用 鑄物材料로서는 다음의 것이 있다.

- ㉠ 鑄鐵, 球狀黑鉛鑄鐵 및 可鍛鑄鐵
- ㉡ 一般 鑄鋼 및 特殊鑄鋼
- ㉢ 알루미늄 및 알루미늄合金
- ㉣ 동 및 동合金
- ㉤ 其他金屬

### 나. 單重 및 重量

製品 1개의 重量이 큰 大型鑄物을 鑄造하느냐 아니면 小型의 것이냐 하는 것을 미리짜서 設計하여야 한다.

이때 반드시 湯口, 押湯등도 重量에 計算되어야 한다.

### 다. 操業時間

操業時間은 原価構成面에서 매우 重要하다. 一般으로 8時間, 16時間, 24時間 또는 8時間에다 殘業을 몇시간등,

\* 東亞自動車工業株式會社 常務理事

이런식의 操業時間이다. 여기서 고려해야 할 點은 冷材를 처음부터 스타트하는 것과 炉體가 뜨거운 狀態에서 스타트하는것과는 熱效率面에서 顯著한 差異가 있다는 것은 누구나 잘 아는 사실이다. 이런 點으로 보아서 操業時間은 길수록 有利하다.

#### 라. 熔湯處理如否

投入原材料가 熔解되어 鑄造에 앞서 어떠한 處理를 할 경우가 있다.

例컨데 球狀黑鉛鑄鐵의 경우 Mg 處理나 接種處理等を 施行하게 되는데 이런 경우 熔湯을 處理함이 없이 그대로 鑄造하는 것과 處理를 한 후 鑄造하는 것과는 時間적으로 差異가 있다. 즉 處理하는 時間만큼 鑄造時間이 길어지는 結果로 된다.

### 3. 炉容量의 決定

炉의 容量을 決定하는데는 다음 事項을 考慮하여야 한다.

- ① 炉의 種類
- ② 製品의 生産量
- ③ 炉의 數量
- ④ 保温炉의 設置如否

#### 가. 炉의 種類

炉의 種類를 어떤것으로 할 것인가는 다음을 調査하여야 한다.

- ㉠ 製造会社 (性能)
- ㉡ 型式
- ㉢ 電力
- ㉣ 周波數

炉가 熔解하고자 하는 材料에 合당한가를 알기 爲해서는 그의 熔觸狀態가 어떤 것이 좋은가? 다시 말해서 熔湯이 끓는 정도가 어느程度가 알맞은가를 調査해 볼 필요가 있다. 熔湯이 끓는 狀態를 수터링 (Stirring)이라고 하며 이 수터링이

가볍다. 중간이다. 심하다로 삼분하여 材質에 따라서 定해 두어야 할 絶對的인 要素인 것이다 (뒤에 여기에 對하여 詳細히 說明하겠다).

수터링은 周波數, 電力, 炉의 크기 (熔解能力)의 3개要素의 相互關係로써 決定되는 것인만큼 어느 한가지나 두가지 요소로도 定해지는 것은 아니다.

周波數에 따른 炉의 型에는 一般으로 1,000 Hz 이상, 500~600 Hz, 180 Hz 그리고 50~60 Hz의 것이 많이 이용되고 있다. 1,000 Hz 이상을 高周波, 500~600 Hz를 中周波 180 Hz를 3배 周波, 50~60 Hz를 低周波라고 稱한다.

수터링은 그림 2에 明示된 바와 같이

- ① 電力이 커지면 수터링이 커진다.
- ② 周波數가 커지면 수터링이 작아진다.
- ③ 炉의 容量이 커지면 수터링이 작아진다.

따라서 鑄鐵熔解에는 低周波炉를 鑄鋼熔解에는 3배周波炉를 써야한다는 이런식의 思考方式은 잘못된 판단이라는 것을 알 수 있다.

#### 나. 保温炉의 設置如否

炉의 容量이 작고 그런데도 큰鑄物을 鑄造해야 하는 경우가 있다. 이때는 不得已 保温炉에 熔湯을 必要한 量만큼 저장하여 使用하기도 한다. 또 作業後 湯이 남아 処分이 困難할 때와 炉의 熔解速度가 늦어 作業始作前에 미리 熔解한 湯을 保温炉에 몰아두는 경우등에 保温炉가 必要하다. 그러나 保温炉의 施設備가 高價이고 또한 持續적으로 通電을 해야 하는 不利한 點도 많다. 따라서 可及的 保温炉를 設置하지 않는 方向으로 方法을 模索해야 할 것이다.

#### 다. 炉의 數量

1基의 炉로써 必要한 熔湯으로 熔解할 것인가 아니면 2基, 3基의 炉로써 熔解할 것인가는 深重히 고려해야 할 問題이다.

炉가 ① 故障일 때 ② 鑄入時間 동안의 待機時間 ③ 材質의 變動이 생겼을 때 등 1基의 炉를 使用함에는 問題가 많다.

炉의 故障이 發生時에 修理하는 동안에는 作業을 中斷해야 하고 鑄造가 끝날때까지는 裝入이나 다음 熔解를 할 수 없다. 例로써 一般鑄鐵熔解에서 球狀黑鉛鑄鐵로 熔解를 變更해야 할 때 먼저의 熔湯을 完全히 消費시킨 然後에 始作하게 되므로 時間의 浪費 그리고 熔湯이 남을 確率이 높다. 또 "炉" 製造會社의 實力에 따르겠지만 大容量의 "炉"를 製作하는데 많은 難題가 뒤따라 크기에 制限이 있다는 點이다. 이 點은 各 製造會社의 資料를 보아서도 製作可能의 最大容量 爐를 쉽게 알 수 있다.

라. 其他事項

앞서 말한 바와 같이 製造會社의 技術水準 및 実績에 依하여 爐의 수명은 勿論 爐의 性能에도 格차가 많이 있다.

4. 重要資料

가. 수터링 (Stirring)

코어레스 (CORELESS) 誘導電氣爐에서는 誘導코일과 熔湯室 自体内에 흐르는 電流의 内部作用으로 熔湯室에 磁力作用이 일어난다. 이들 磁力은 코일의 中間部分에서 가장 強하다.

金屬은 湯室의 中心部를 向해서 아래에서 中心으로, 위에서 中心으로 方向을 바꾼다. 中心部에 있어서는 金屬이 上部로 움직이게 된다. 이 현상이 코어레스 (CORELESS) 전기爐의 特性인 "메니스커스" (Meniscus) 現象이다.

이를 그림 1에 표시한다.

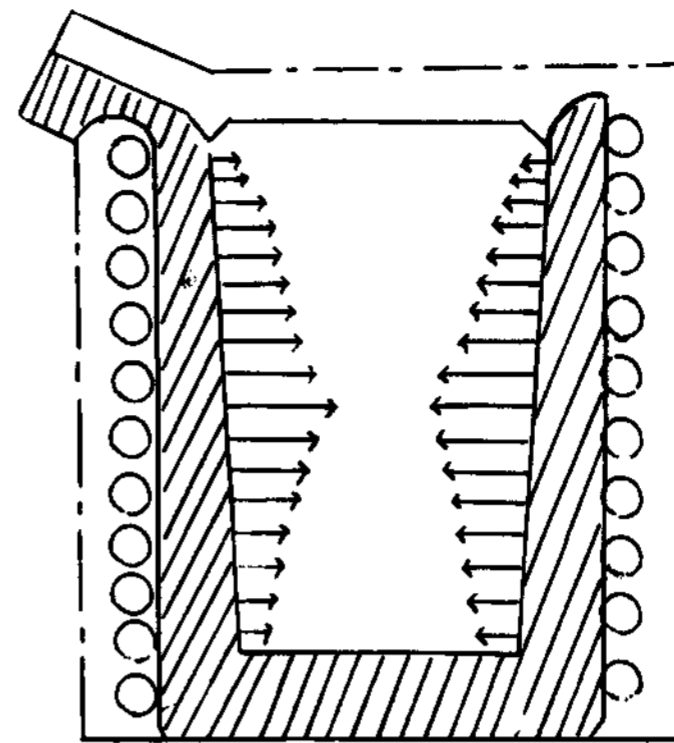


그림 1. 메니스커스 현상

앞서 말한 바와 같이 스테어링은 電力과 周波數, 그리고 유도코일과 熔湯室의 치수와 모양에 依해서 影響을 받게 된다.

勿論 熔湯의 密度와 粘性도 마찬가지로 影響을 받는다.

그림 2는 가장 스테어링에 影響을 미치는 3가지 重要要素를 說明하고 있다.

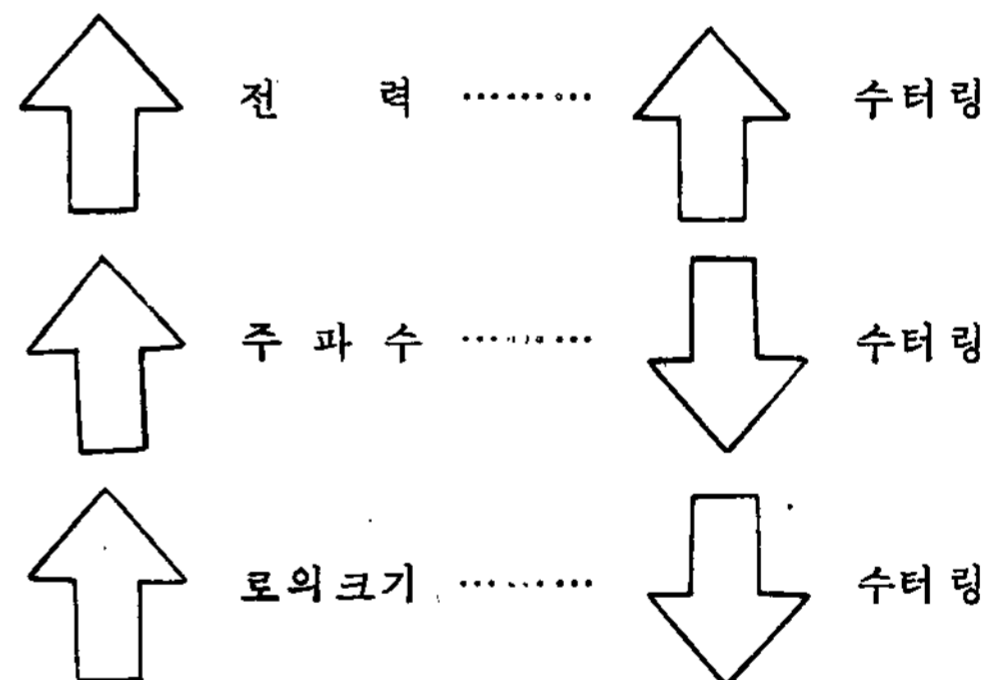


그림 2. 3개 요소와 수터링 관계

1) 코어레스 유도로에 있어서 스테어링의 影響

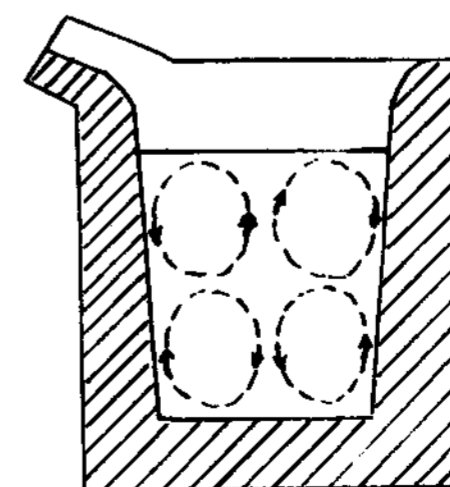


그림 3. 불충분 수터링

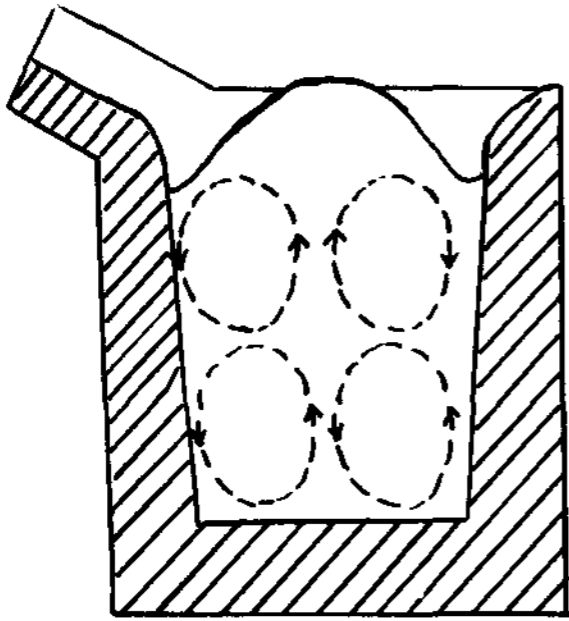


그림 4. 과격한 수터링

가) 不充分스터링

- ① 合金의 混合이 不充分하다.
- ② 湯熔內에서 溫度勾配가 甚해진다.
- ③ 熔湯이나 가볍고 작은 스크랩을 뒤집기 困難하다.

나) 과격한 스테링

- ① 라이닝 침식이 增加한다.
- ② 合金의 酸化가 甚하다.
- ③ Slag 이나 라이닝이 湯속에서 混入한다.
- ④ 가스발생이 甚해진다.
- ⑤ 熔湯이 튀긴다.

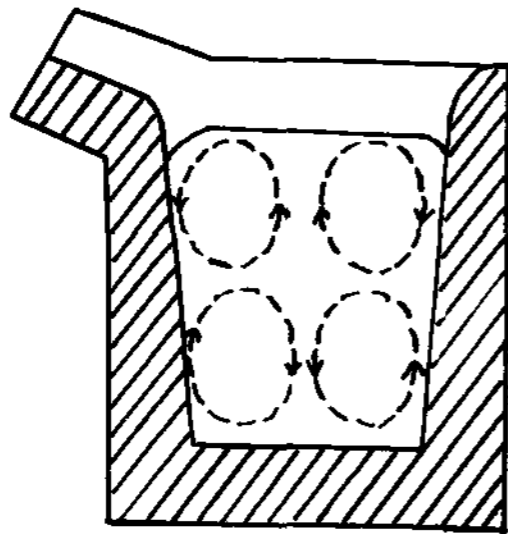


그림 5. 약하다.

표준수터링

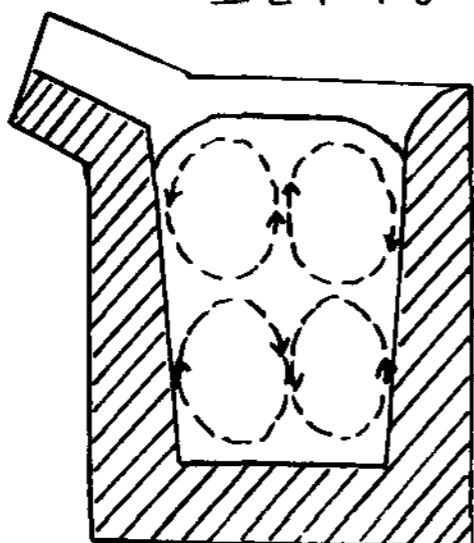


그림 6. 중간이다.

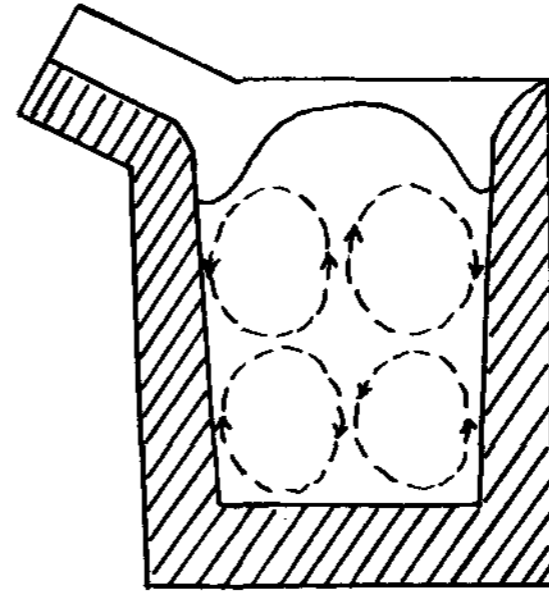


그림 7. 심하다.

그림 3은 스테링이 거의 일어나지 않는 상태이고 그림 4는 스테링이 지나치게 심한 상태를 표시한 것이다.

一般으로 標準으로 삼는 스테링은 그림 5~그림 7이며 金屬의 種類에 따라서 弱한 것, 中間인 것, 甚한 것을 選擇하여야 한다. 여기서 金屬의 種類에 따라 어떠한 스테링이 適合한가를 요약해서 說明하면 다음과 같다.

그림 5에 알맞는 金屬類

- ① 망간鋼 (Mn Steel)
- ② 黃銅 (Yellow Brass)
- ③ 알루미늄 青銅 (Al Bronze)

그림 6에 알맞는 金屬類

- ① 2-8 黃銅 (Red Brass)
- ② 合金鐵 (Alloy Irons)
- ③ 스테인레스鋼 (Stainless Steel)
- ④ 알루미늄 (Aluminum)
- ⑤ 炭素鋼 (Carbon Steel)
- ⑥ 니켈 (Nickel) ⑦ 稀有金屬

그림 7에 알맞는 金屬類

- ① 灰鑄鐵 ② 球狀黑鉛鑄鐵 ③ 可鍛鑄鐵

그림 8~12는 50/60 Hz, 150-180 Hz, 500 Hz, 1,000 Hz 및 3,000 Hz의 周波類에 對하여 適用電力과 爐의 크기 (容量) 등이 스테링에 미치는 影響을 표시하고 있으며 이것에 依하여 爐의 標準크기를 결정할 수 있다.

또 그림 13은 電力을 一定하게 維持한 경우, 그리고 스테링을 一定하게 하는 경우 스테링과 電力의 變化를 나타낸다.

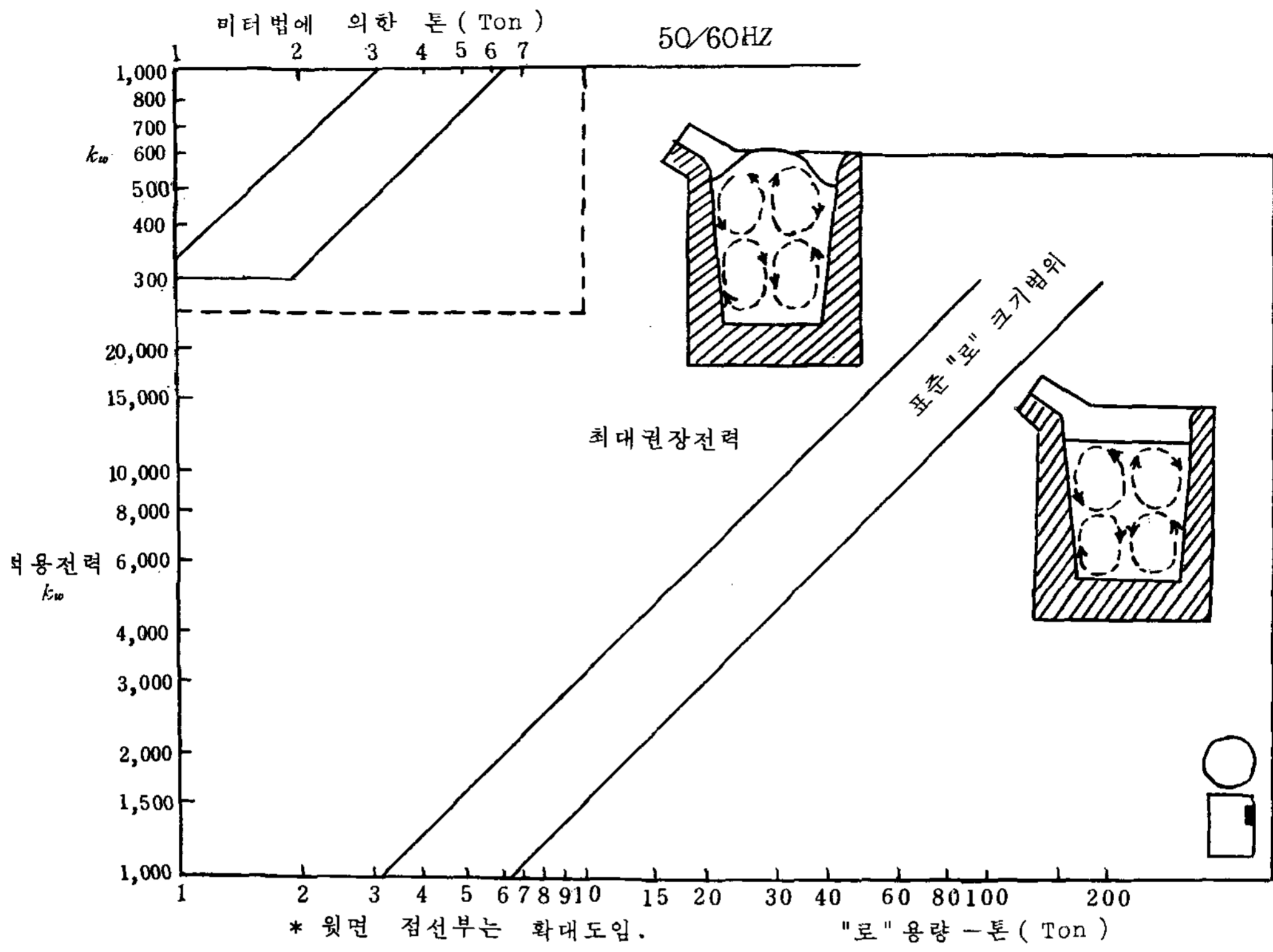


그림 8 50/60 Hz의 적용전력과 로의 용량

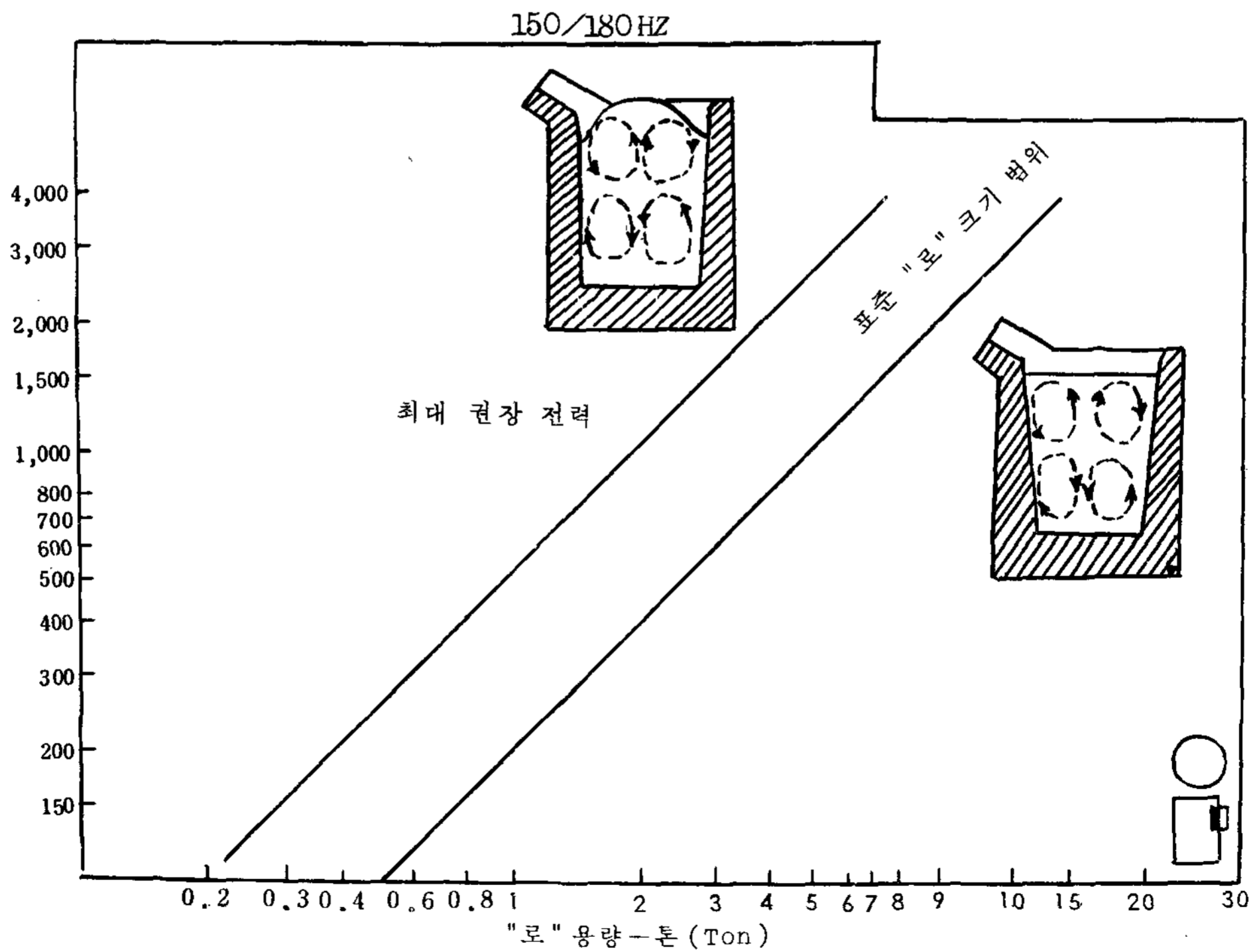
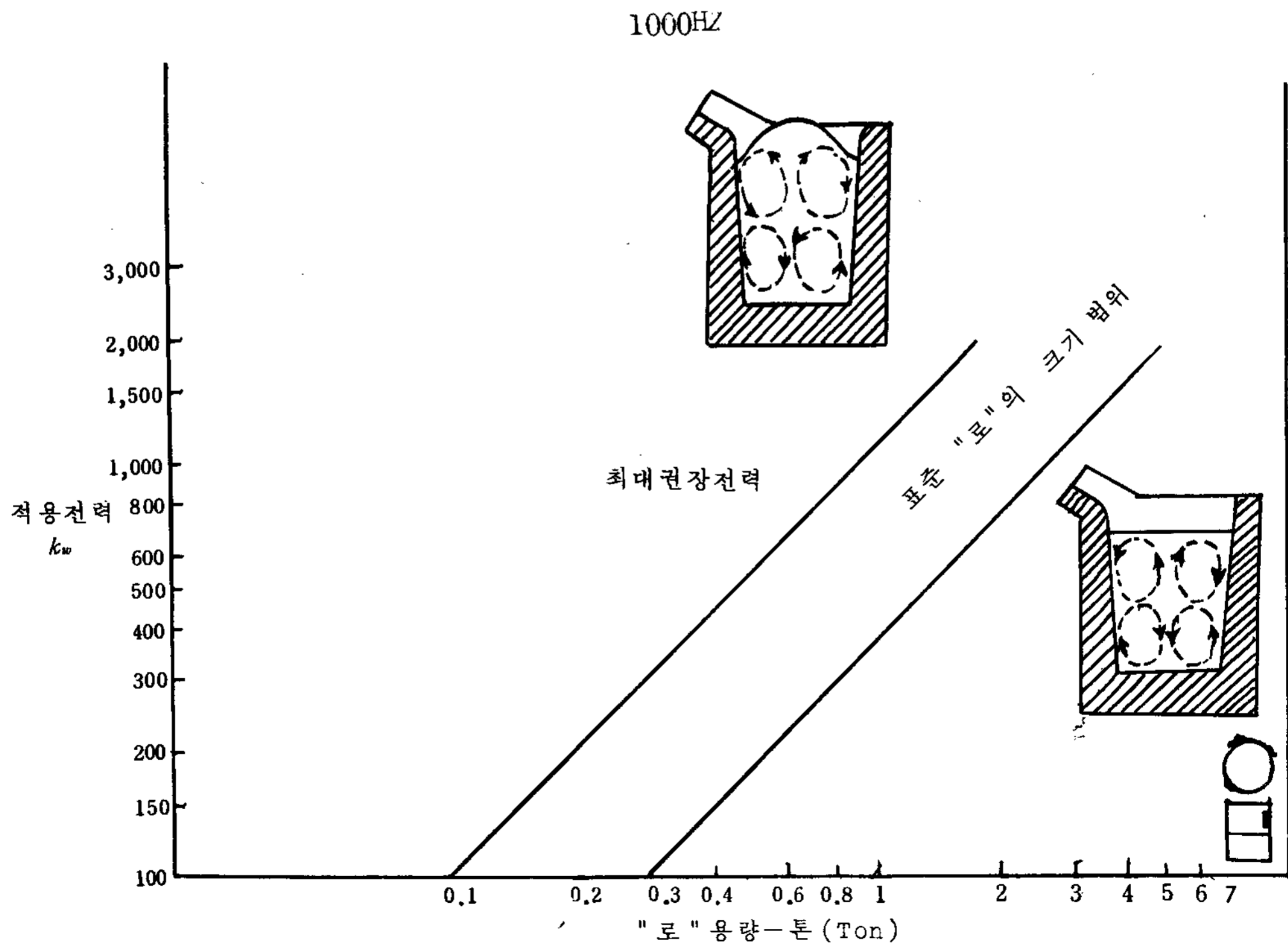
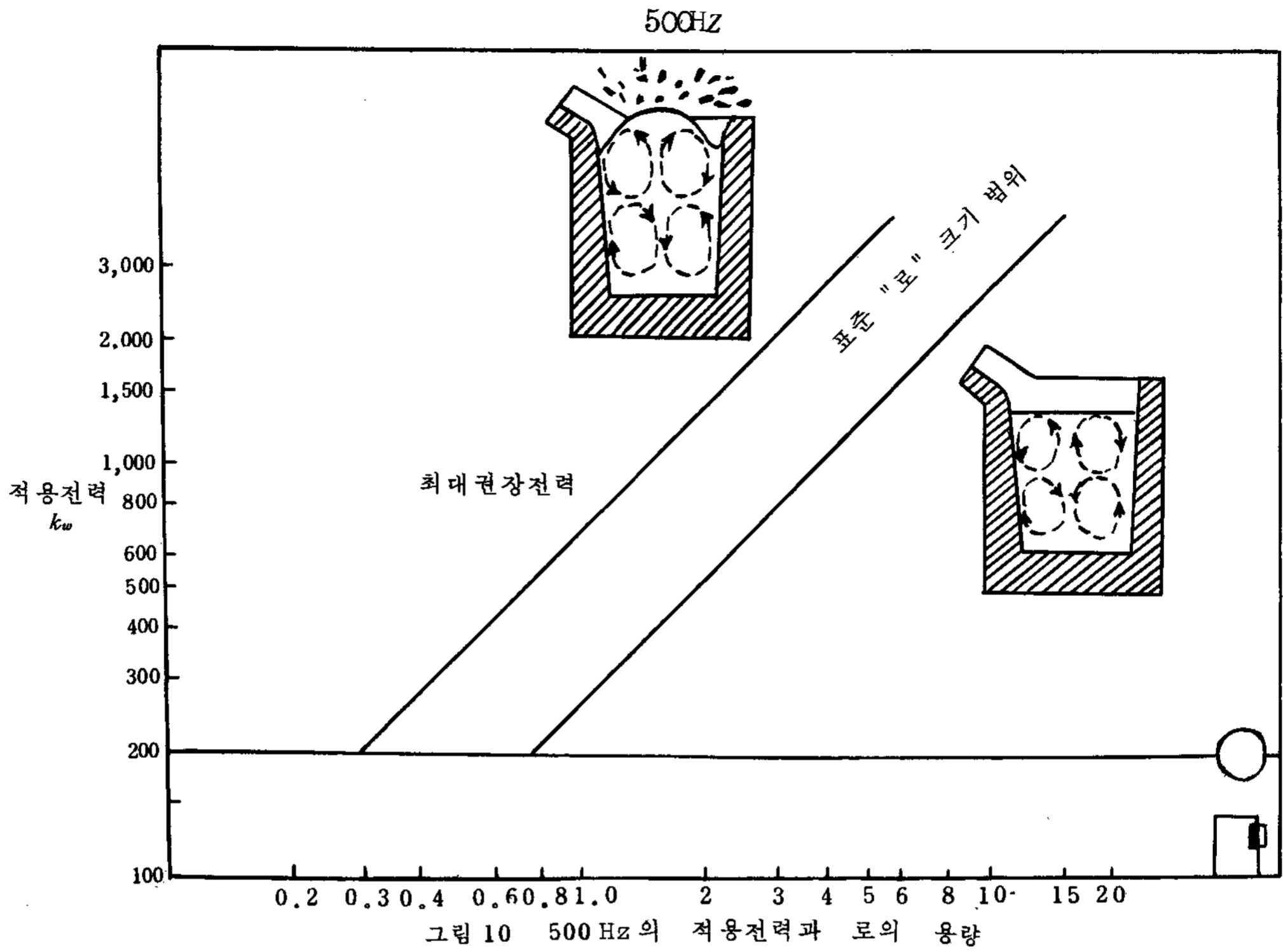


그림 9 150/180 Hz의 적용전력과 로의 용량



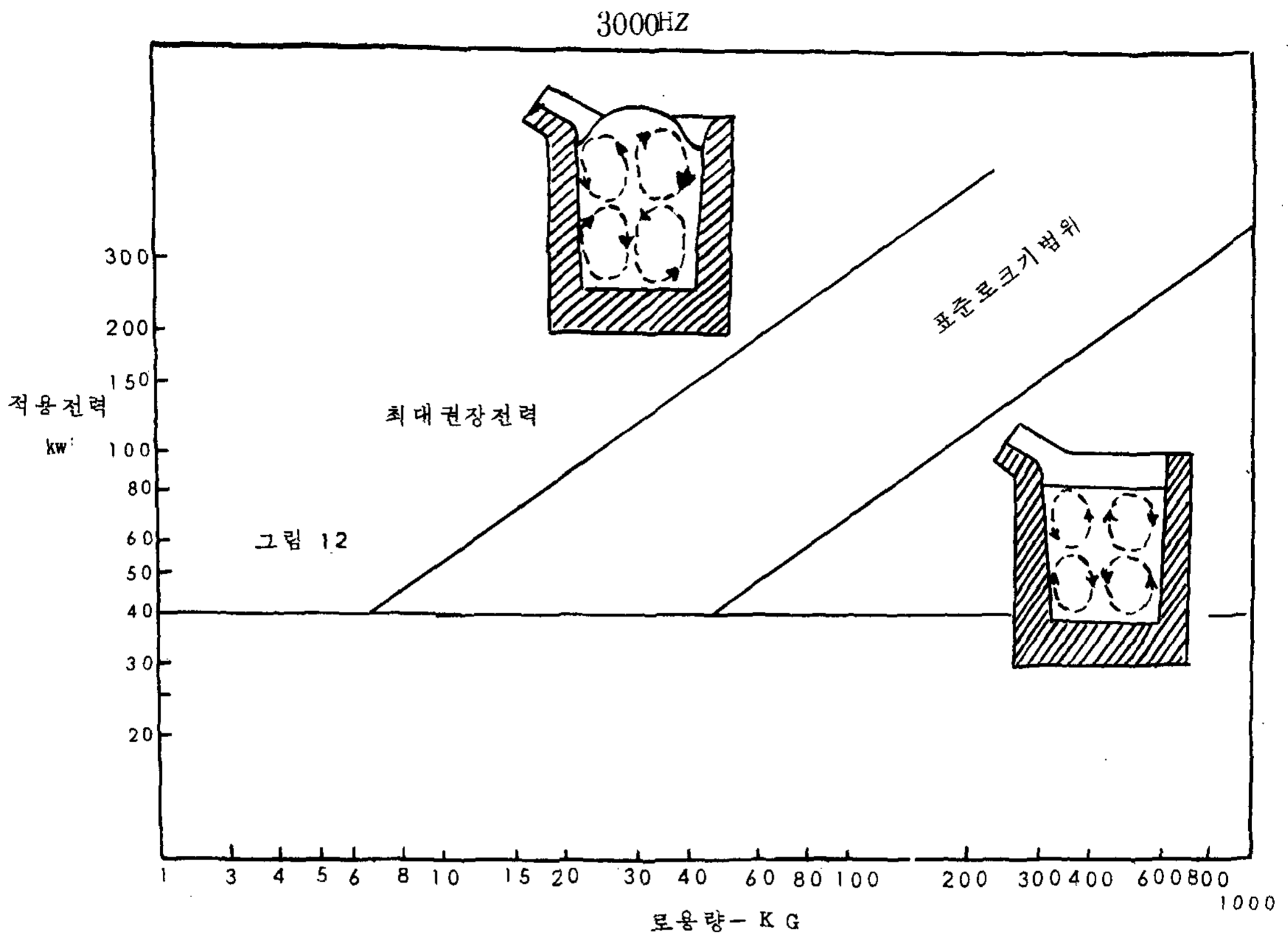
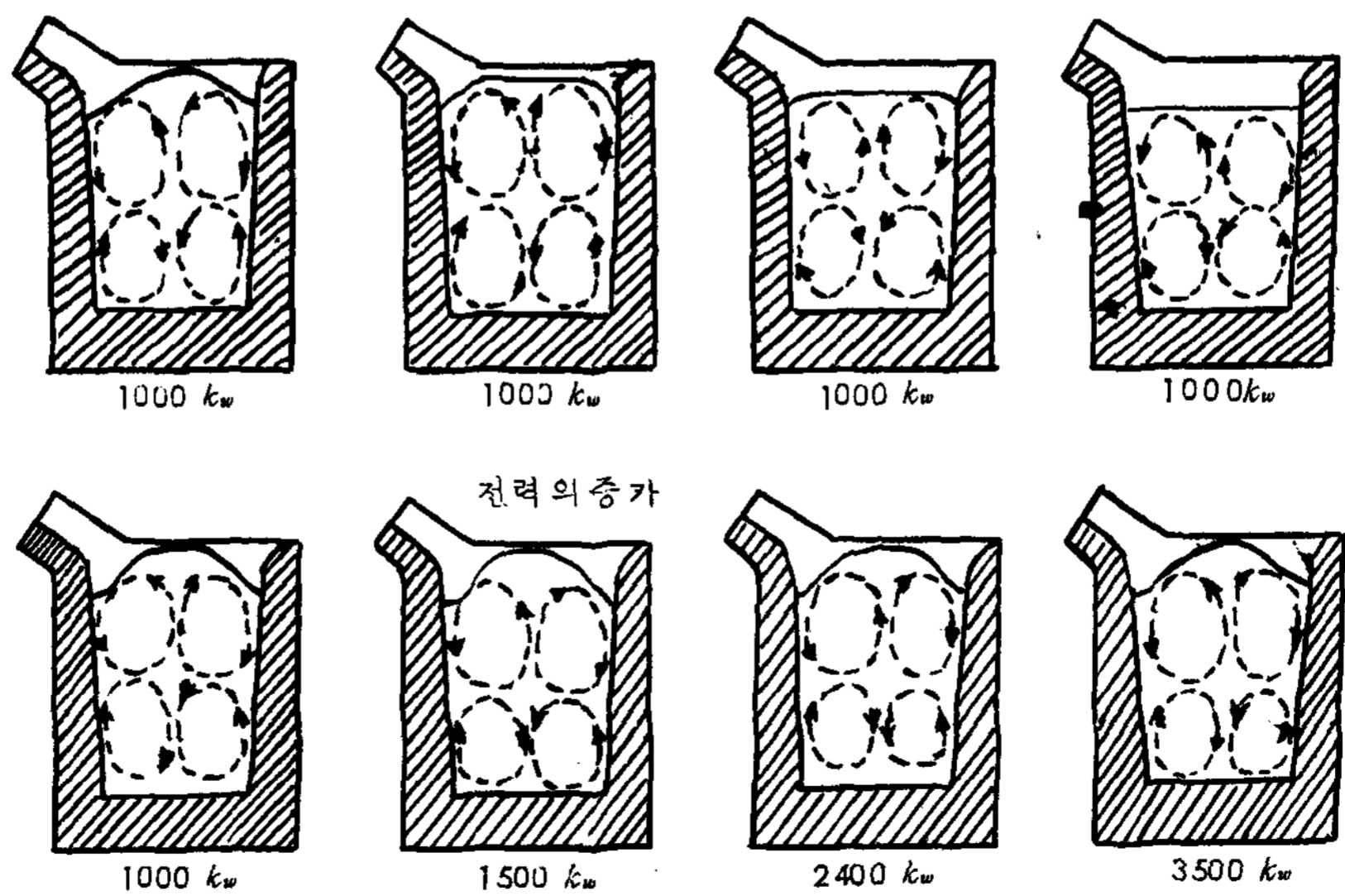


그림 12 3000HZ 의 적용전력과 노의용량



(b) 수터링의 일정유지

그림 13 스테링과 전력의 관계

5. 操業時間

操業時間은 一般으로 鑄物工場에 있어서 8時間은 여러면으로 견주어 보아도 짧다고 본다. 操業短縮이나 不可抗力의 事態에 限하여 이행하는 方法이라고 보아야 할 것이다.

8時間操業이 짧다는 理由는 다음과 같다.

- ① 造型數量和 熔解量의 均衡을 이루기 힘들다.
- ② 鑄造後의 殘湯을 翼日 操業時間까지 維持하는데 時間이 너무 길다.
- ③ 스타트할 때 炉가 完全히 冷却되어 열손실이 크다.
- ④ 炉의 施設費가 막대하다.
- ⑤ 電氣料금이 높아진다. 等

以上과 같은 不利한 點을 改善하기 爲하여 가장 電氣料금이 비싼 初저녁 4時間만 運休하고 나머지 20時間을 操業時間으로 잡는다면 理想的이라고 생각된다.

操業時間을 20時間으로 하면 다음의 利點이 있다.

- ① 炉의 容量을 大幅 줄일 수 있다.
- ② 生産原價가 節減된다.
- ③ 人力變動에 따른 재배치가 可能하다 (2交代)
- ④ 4時間동안이면 補修가 可能하다.

따라서 一定한 生産量에 대한 適合한 유도로의 결정방법을 예를 들면 다음과 같다.

<예제 1>

月間 1,000 TON規模의 鑄鐵鑄物을 生産하고자 할 때 여기에 適合한 誘導炉를 決定하면 다음과 같다. 단, 操業時間은 經濟的인 面에서 任意로 選擇한다.

<풀이>

以上의 問題에 對하여 아래와 같은 條件을 生覺하게 된다.

- ① 鑄入熔湯에 對한 鑄物品의 收率은 50%이다.

- ② 不良率을 5%로 定한다.

- ③ 炉의 熔解能力에 比하여 實地 熔解되는 量은 約 80%이다.

- ④ 炉의 種類는 50~60 Hz, 150~180 Hz, 그리고 500 Hz의 것 3種類에 對하여 比較 檢討한다.

우선 炉의 呼稱容量에 對해서 實地 合格鑄物品이 얼마나 되는지 計算해 보기로 한다.

첫째, 熔解能力이 1 TON인 경우 鑄入熔湯은 80%인 800 kg이다. 이 800 kg을 鑄入했다고 가정한다면 이의 50%인 400 kg이 鑄物品으로 生産되지만 이 중에서 5%가 不良品으로 된다고 본다면 380 kg이 純粹合格品으로 된다.

따라서 熔解能力 1 TON(1,000 kg)의 炉는 合格製品 380 kg을 生産한다는 計算으로 되므로 바꾸어 말해서 炉의 熔量 對製品量은 100:38 즉 38%의 收率로 나타난다.

(A) 至今 操業時間을 8時間으로 할때를 考慮해 보면,

$$8시간 \times 25日 = 200時間 / 月(月)$$

$$1,000TON \div 200時間 = 5TON / 時間$$

즉 1時間에 5 TON의 製品을 生産하는 炉의 크기라야 한다는 뜻이다.

1時間의 5 TON의 製品을 生産하는데 必要한 炉의 熔量은

$$5,000 kg \div \frac{38}{100} = 13,158 kg / 時間$$

이다.

그래서 500 Hz, 180 Hz, 60 Hz의 어느 炉든간에 時間當 約 13 TON의 容量을 가진 炉이어야 하는 것이다.

가) 500 Hz型 炉의 경우

그림 1에서 보는 바와 같이

$$7 TON \times 2炉 = 14 TON$$

데이터에 依하면 500 Hz의 炉는 熔解速度가 鑄鐵인 경우



$$14 \text{ TON} \times 0.933 = 13062 \text{ kg} (13 \text{ TON} \\ 62 \text{ kg})$$

을 용해하는 능력을 가진다고 보고되고 있다.

나) 180 Hz 型 炉의 경우

그림 9에서 보는 바와 같이 5.5 TON  $\times$  4 炉가 필요하다. 즉 5.5 TON 용량의 것은 그 용해속도가 3.35 TON/시간인 고로  $3.35 \text{ TON} \times 4 \text{ 炉} = 13.4 \text{ TON/시간}$ 으로 된다.

炉의 크기를 5.5 TON으로 잡은 것은 180 Hz 炉型은 11 TON 같은 超大型의 炉를 製造하기 困難하기 때문에 取한 것이다.

다) 60 Hz 型 炉의 경우

그림 8에서 보는 바와 같이 9 TON  $\times$  4 炉가 필요하다. 이 9 TON 炉는 용해속도가 3.4 TON/시간인 고로  $3.4 \text{ TON} \times 4 \text{ 炉} = 13.6 \text{ TON/시간}$ 의 용량을 가지는 것이 된다.

이상과 같이 3 種類의 炉를 比較해 보면 다음과 같다.

- ㉠ 500 Hz 型의 炉 : 7 TON  $\times$  2 炉  
→ 14 TON CAP
- ㉡ 180 Hz 型의 炉 : 5.5 TON  $\times$  4 炉  
→ 22 TON CAP
- ㉢ 60 Hz 型의 炉 : 9 TON  $\times$  4 炉  
→ 36 TON CAP

즉, 月間 1,000 TON (2,000 時間) 을 生産하는 炉로써 以上の 3 가지로 生覺할 수가 있다. 그래서 이 3 가지의 炉에 對해서 炉의 購入價, 維持費 등을 調査해 볼 必要가 생긴다.

參考的으로 美國, 日本, 獨逸, 韓國에서 받은 見積에 依하면 같은 規格으로도 價格에 差가 甚하여 一律的으로 言及하기는 困難하나 美國의 것이 價格과 제작기술 그리고 실적에 비추어 尤리하지 않나 생각된다.

따라서 韓國의 것도 하루 속히 世界水

準으로 發展하기를 기원하며 그래야만 國産을 安心하고 저렴하게 구입하여 쓸 수 있지 않나 생각된다.

製造原價面에서 볼 때 가장 큰 比重을 차지하는 것이 電氣料金이다. 特히 韓國은 時差制에 依하여 料金이 다르기 때문에 電氣料金이 가장 비싼 時間을 피하고 싼 時間에 操業하여야 하는 特殊事情에 놓여 있음을 감안할 때 自然操業 時間表도 考慮하지 않을 수 없다.

(B) 操業時間을 20 時間으로 假定한다면 月間 500 時間에 1,000 TON 을 生産하는 것이 된다.

$$200 \text{ 時間} \times 25 \text{ 日} = 500 \text{ 時間/月}$$

$$1,000 \text{ TON} \div 500 \text{ 時間} = 2.0 \text{ TON/時間}$$

여기서 時間當 2 TON 을 生産하기 爲한 炉의 容量은

$$2 \text{ TON} \div \frac{38}{100} \approx 5.3 \text{ TON/時間}$$

이며 餘裕를 보아서 6 TON/時間이면 充分하다.

前述한 바와같이 500 Hz, 180 Hz, 60 Hz 型 炉에 對하여 그림 10, 9, 8에서 다음과 같이 定해진다.

가) 500 Hz 炉인 경우

$$3 \text{ TON} (1,400 \text{ Kw}) \times 2 \text{ 炉}$$

나) 180 Hz 炉인 경우

$$5 \text{ TON} (1,800 \text{ Kw}) \times 2 \text{ 炉}$$

다) 60 Hz 炉인 경우

$$8 \text{ TON} (2,000 \text{ Kw}) \times 2 \text{ 炉}$$

以上에서 보는 바와 같이 操業時間이 8 時間인 경우와 20 時間의 경우를 比較해 보면 施設이 얼마나 縮小되는가를 알 수 있다.

(C) 熔解炉의 數量

1, 2, 3 의 各各의 炉의 數量을 2 基로 잡았을 때 炉의 容量을 定한 것이지만 實際에 있어서 이 數量은 實際動의 數量이기 때문에 鑄造時間동안 새로운

裝入을 한다던가 炉의 補修를 要할 때를 對備하여 餘分으로 1대쯤 追加 設置하는 것이 바람직하다. 또 여기에서 빠뜨릴 수 없는 것은 造型機도 月間 500 時間에 1,000 TON을 生産하는 容量의 것을 選擇해야 할 것은 勿論이다.

(D) 資 料

表 1은 600 Hz, 500 Hz, 180 Hz의 炉에 對하여 炉의 容量, 電力, 熔解率 TON當 所要電力을 表示하고 있다.

表 2는 1978.9月 現在 韓電에서 實施하고 있는 電氣料金を 表示한다.

表 2에서 알 수 있는 바와같이 輕負荷 中負荷, 最大負荷의 3種類의 時差를 두어 各各 電氣料금이 差를 알 수 있다.

즉, 料金の 廉價順位는 輕負荷→中負荷→最大負荷의 順이다. 輕負荷의 電氣料를 1이라고 할 때 中負荷 2, 5 最大負荷 5의 比率이다.

<표 1> 주파수별 소요전력 비교

60 Hz (鑄 鐵)			
로용량 (TON)	입 력	변압기 (KVA)	용해율(1,550°C) T/Hr
1	350	400	0.53
2	600	700	0.98
3	800	1,000	1.36
4	1,000	1,200	1.73
5	1,200	1,450	2.11
6	1,400	1,650	2.46
8	1,800	2,150	3.23
9	1,950	-	3.40
10	2,100	2,500	3.77 (환산)

180 Hz (鑄 鐵用)			
로용량 (TON)	전 력 (Kw)	용 해 율 (TON/Hr)	KwH/TON
0.25	210	0.28	750
0.5	370	0.55	680
1.0	630	1.0	630
1.5	950	1.55	615
2.0	1,160	1.94	600
3.0	1,370	2.3	600
4.0	1,580	2.7	590
5.0	1,800	3.05	580
5.5	1,900	3.35	580
6.0	2,100	3.65	580

500 Hz (鑄 鐵)		
로 용 량	입 력	용해율 (1,550°C)
0.73	350	0.680 T/Hr
1.07	500	1.000
1.29	600	1.200
1.5	700	1.400
1.94	900	1.810
2.57	1,200	2.400
3	1,400	2.800
3.86	1,800	3.600
4.39	2,100	4.100
7.0	3,000	6.531

<表 2 > 韓国 電力요금 비교

순 위	적 요 / 로 형	500 Hz, 고주파로	180 Hz, 유도로	60 Hz, 유도로
1	변 환 효 율	약 86 %	약 92 %	약 96 %
2	무 부 하 손 실	단전해도, MG가 회 전함으로 손실 발생 함.	없 음	없 음
3	입력 / 로 용량	1,000 Hz × 1로 900 Kw 최대	1 T로 750 Kw 최대	1 T로 500Kw 최대
4	냉각로 로서기 동 (스타트)	작은 스크랩이라도 냉재로 기동 가능	대형 스크랩이 아니면 기동불능	스타팅 블록이나 잔탕이 있어야 기 동 가능
5	장 입 물 크 기	6 - 12 미리 (최소)	130 - 150 미리 (최소)	200 미리 (최소)
6	전 력 부 하 율	전용해 기간중 최대 최대 전력 투입 가능	스크랩이 자성체이 며, 크기가 큰 것 또 순차적으로 투 입하는 경우는 최 대 전력 투입이 가능 함. 기동후, 작은 스크 랫을 사용시는 상 로 용량으로 될때 까지는 전력은 제 한된다.	장입물이 로용량의 용정도로 되어 비 로서 최대 전력을 투입 가능함.
7	(수터링) 로 란 작 용	적 당. (로의 용량을 일정하게 했을 때)	심하다.	매우 심하다.
8	염기성 라이닝	만족하게 사용가능	보 통	곤란하다.
9	최소 정격입력	20 Kw	200 Kw	300 Kw
10	재료투입의 난 이도	용이하다.	큰 덩어리를 투입 시는 단절해야 함. 용해율이 저하한다.	좌와 동일

<表 3> 주파수별 전류의 침투 깊이

(單位: cm)

장 입 물	온 도	주 파 수 (Hz)			
		50	500	1,000	3,000
탄 소 강	상 온	0.32	0.11	0.08	0.04
	1,200 °C	6.60	2.30	1.62	0.95
	용 해 시	9.10	3.18	2.25	1.30
18-8 스테인리스강	상 온	5.70	1.97	1.39	0.80
	1,200 °C	7.50	2.60	1.84	1.06
황 동	상 온	1.56	0.54	0.38	0.22
	800 °C	2.70	0.93	0.66	0.38
구 리 (Cu)	상 온	0.95	0.33	0.23	0.12
	850 °C	0.93	0.66	0.47	0.27
닉 켈	상 온	1.07	0.37	0.26	0.14
	500 °C	1.93	0.66	0.47	0.27

資料: 주물편람 p.485(1978.1)

<電氣料金計算>

實地稼動에 所要되는 電力을 中心으로 電氣料金を 계산해 보면 다음과 같다.

<表 4> 각종 주철용해로의 비교

제 조 국	로 형	로용량 (톤)	TON 용해량 / 시간	(KWH) 전력 / 1톤	비 고
일 본 (후 지)	180 Hz	5	3.05	580	1,450 °C
미국 (인닥토섬)	500 " (1,400 Kw)	3	2.8	528	1,500 °C
일 본 (후 지)	60 "	8	3.23	540	1,500 °C
" (후 지)	60 "	8	3.23	500	1,450 °C
" (후 지)	보 온 로	3	보 온 전력 정 격 입력 승 온 전력	80 Kw 200 Kw 54KWH / TON	1,450 °C
일본 (미쓰비시)	500 Hz (1,500 Kw)	3	(1,600°C) 2.23	600	
일본 (미쓰비시)	500 Hz (1,800 Kw)	3	(1,600°C) 2.77	580	
독 일 (EMA)	500 Hz (1,480 Kw)	3	-	-	

表 4 에서 알 수 있는 바와같이 材料 1 TON 을 熔解하는데 所要되는 電力은 約 500 ~ 600 KWH 의 범위이다.

一定量の 材料를 熔解하는데 必要한 電力은 어느 製造会社라도 同一해야 함에도 다르게 나타나는 것은 역시 기술적인 問題라고 생각할 수 있다.

例컨데 日本製의 것은 時間当 熔解能力이 2.77 TON, 美国의 것은 2.8 TON, 또 소비전력은 日本의 경우 560 KWH/TON, 美国의 경우 528 KWH/TON 인 바 美国의 것이 32 KWH/TON 이나 電力이 적게 먹는다는 것을 알 수 있다.

다음은 500 Hz, 180 Hz, 60 Hz 의 炉를 使用했을 때 各各 電氣料金を 計算으로 比較해 보기로 한다.

1) 日本 (○○ 電機製)

60 Hz, 8 TON 炉 2 基를 使用했을 경우

$$540 \text{ KWH} \times 5.27 \text{ TON} = 2,846 \text{ KWH/HR}$$

$$2,846 \text{ KWH} \times 20 \text{ HRS} = 56,920 \text{ KWH/DAY}$$

$$56,920 \text{ KWH} \times 25 \text{ DAYS} = \underline{1,423,000} \text{ KWH/MON}$$

..... (가)

여기서 60 Hz 저주파 炉에 있어서는 炉容量의 1/2 ~ 1/3 의 殘湯을 一定温度로 계속 維持시켜야 하므로 操業中斷時間 約 4 時間도 通電이 계속되어야 할 것이다.

이와같이 보온통전은 8 TON  $\times \frac{1}{2.7} \approx$  3 TON 에 대하여 가해지므로 約 80 KWH/HR 가 소요된다.

즉,

$$80 \text{ KWH} \times 4 \text{ 시간} = 320 \text{ KWH/1 炉 1 日}$$

$$320 \text{ KWH} \times 2 \text{ 炉} = 640 \text{ KWH/2 炉 1 日}$$

$$640 \text{ KWH} \times 25 \text{ 日} = \underline{16,000 \text{ KWH/2 炉 1 月}}$$

..... (나)

月間 5 日을 休務日로 간주하면 그간의 通電電力은

$$80 \text{ KWH} \times 2 \text{ 炉} \times 24 \text{ 時間} \times 5 \text{ 日} = \underline{19,200} \text{ KWH} \text{ ..... (다)}$$

도합 (都合)

$$(가) + (나) + (다) = 1,458,200 \text{ KWH/1 月이다.}$$

이 소비전력을 金額으로 환산하면 다음과 같다.

表 5 에 依하여

(1), (가)의 料金

月間 操業期間中の 料金は:

$$\text{輕負荷: } 2,846 \text{ KWH} \times 8 \text{ 시간} \times 8.87 = \underline{201,952 \text{ 원}} \text{ ..... (라)}$$

$$\text{中負荷: } 2,846 \text{ KWH} \times 12 \text{ 시간} \times 17.83 = \underline{608,930 \text{ 원}} \text{ ..... (마)}$$

$$\text{最大負荷: } 640 \text{ KWH} (160 \text{ KWH} \times 4 \text{ 시간}) \times 44.31 = \underline{28,358 \text{ 원}} \text{ ..... (바)}$$

計 839,240 / 1 日

$$\{(라) + (마) + (바)\} \times 25 \text{ 日} = 20,981,000$$

또 休日, 5 日間の 保温用으로 消費되는 電力料金は 다음과 같다.

$$\text{輕負荷: } 160 \text{ KWH} \times 8 \text{ 시간} \times 8.87 \times 5 \text{ 日} = 56,768$$

$$\text{中負荷: } 160 \text{ KWH} \times 12 \text{ 시간} \times 17.83 \times 5 \text{ 日} = 171,168$$

$$\text{最大負荷: } 160 \text{ KWH} \times 4 \text{ 시간} \times 44.31 \times 5 \text{ 日} = 141,790$$

計 369,726 / 月間

月間 總電力費는:

$$(20,981,000) + 369,726 = \underline{21,350,726}$$

이 中에서 保温用 電力料金は

평일의 ₩ 708,950 (28,358 × 25 日)

休日の ₩ 369,726

$$\text{計 ₩ } 1,078,676$$

또 直接 熔解用 電力料金は ₩ 20,272,050 이다. 그리고 保温料金は 直接熔解料金の 約 5 % 정도다 (25 日操業, 1 日 20 時間인 경우)

2) 日本富士電氣製 180 Hz 의 炉를 使用하는 경우의 電氣料金

資料에 依하면 1,450 °C 까지의 熔解電力은 580 KWH/TON 이며 이것을 1,550 °C 까

지 승온한다면 54 Kwh / TON 가 더 소비된다.

따라서 이를 합하면 634 Kwh / TON 이 소비된다는 계산이 된다.

$$634 \text{Kwh} \times 5.27 \text{ TON} = 3,341 \text{ Kwh/Hr}$$

$$3,341 \text{Kwh} \times 20 \text{ Hr} = 66,820 \text{ Kwh/}$$

DAY

$$66,820 \text{Kwh} \times 25 \text{ DAY} = 1,670,500 \text{Kwh/}$$

MON

이것을 전기료금으로 환산하면 :

$$\text{輕負荷} : 3,341 \text{Kwh} \times 8 \text{時間} \times 8.87 =$$

$$\text{₩ } 237,077$$

$$\text{中負荷} : 3,341 \text{Kwh} \times 12 \text{時間} \times 17.83 =$$

$$\text{₩ } 714,640$$

$$\text{計 } 951,717 / \text{DAY}$$

$$\text{따라서 } 951,717 \times 25 \text{ 日} = 23,792,925 /$$

月

3) 美国 인덕토섬 (INDUCTO-THERM CO.)

製 500Hz 3 TON 炉 2 基를 사용한 경우

의 전기료금

<表 5> 韓国 電気料金

1978. 9.23. 시행

○ 전기요금 ( 500 Kw 이상, 20 KV 미만 수용 )			
A) 경 부 하 :	PM 10.00	-	AM 6.00
B) 중 부 하 :	AM 6.00	-	PM 6.00
C) 최대 부 하 :	PM 6.00	-	PM 10.00
( 픽타임 )			
A') 경 부 하 :	PM 10.00	-	AM 6.00
B') 중 부 하 :	AM 6.00	-	PM 7.00
C') 최대 부 하 :	PM 7.00	-	PM 10.00
( 픽타임 )			
1. 경부하요금 :	₩ 8.87원 / Kwh	} ※ 한전전기 요금표에 의함. 이 전기료는 ( 산업용 전력 ) ( 내 산업용 전력 ( 올 ) - 소동력 500Kw 이상 20 KV 급 미만 수용에 적용함.	
2. 중부하요금 :	₩₩ 17.83 / Kwh		
3. 최대부하요금 :	₩ 44.31 / Kwh		

表 5 에서 時間当 2,782 Kwh 가 소요되

$$\text{므로 } 528 \text{ Kwh} \times 5.27 \text{ TON} = 2,782$$

Kwh/HR

$$\text{輕負荷} : 2,782 \text{ Kwh} \times 8 \text{時間} \times 8.87 =$$

$$197,310$$

$$\text{重負荷} : 2,782 \text{ Kwh} \times 12 \text{時間} \times 17.83 =$$

$$595,236$$

$$\text{計 } 792,546 / \text{일}$$

따라서

$$792,546 \times 25 \text{ 日} = \text{₩ } 19,813,650 / \text{月}$$

$$2,782 \text{ Kwh} \times 20 \text{時間} \times 25 \text{ 日} =$$

$$1,391,000 \text{ Kwh} / \text{月}$$

以上 3 가지의 경우를 例로 들었지만

이것을 表示하면 다음 表 6 과 같다.

<表 6 > 주파수별 사용전력 비교

번호	제 조 회 사	규 격	용 량	월간사용전력	월간전력비	비 고
1	美 国 INDUCTO-THERM CO.	500 Hz	3 TON	1,391,000 Kwh	₩ 19,813,650	
2	日 本 富士電氣	180 Hz	5 TON	1,670,000 Kwh	₩ 23,792,925	
3	日 本 富士電氣	60 Hz	8 TON	1,458,200 Kwh	₩ 21,350,726	

以上에서 알 수 있는 바와같이 鑄鉄熔解炉로서는 180 Hz의 炉는 電力費가 莫大하여 (500 Hz, 60 Hz에 比해서) 適合하지 않다. 그러나 美国製 180 Hz의 炉에 对해서 좀더 데이터를 찾아보면 일본 것에 比하여 TON当 電力消費가 可能 있음직 한다.

5. 결 론

以上에서 說明한 바와같이 金屬 熔解用 電氣誘導炉를 選擇함에 있어서 다음과 같이 結論을 얻을 수가 있다.

- ① 被熔解材와 스테어링 (Stirring) 狀態를 調和시킬 것
- ② 炉의 數는 大型 1基보다는 2~3基의 數로 하는 것이 便利하고 經濟的이다.
- ③ 最上의 熔解條件은 被熔解材料에 맞는 스테어링狀態로써 定해지며 또 스테어링은 炉의 容量, 電力 및 周波數로 定해진다.
- ④ 熔解費의 經濟性을 考慮하여 最大負荷時間을 (PICK-TIME) 피하는 作業을 하도록 해야 한다.
- ⑤ 常用 熔解炉外에: 1基의 예비炉가 必要하다.

⑥ 低周波炉에서는 保温炉가 별도로 必要하지만 中周波 以上の 炉에서는 必要性이 희박하다.

⑦ 炉 製作所의 技術과 使用資材 및 部品の 質等이 炉의 性能과 수명에 至大한 影響을 주므로 메이커의 選擇에 신중을 기하여야 한다.

⑧ 예제에서 알 수 있는 바와같이 한국같은 特殊事情에 놓여 있는 곳은 低周波炉쪽이 不利하고 오히려 500 Hz ~ 600 Hz의 中周波炉쪽이 有利하다.

計算上으로 500 Hz 炉가 60 Hz 低周波炉보다 年間 約 18,444,912 원의 電力費가 節約되지만 실제로는 이 以上の 費用差가 생길 것으로 展望된다.

⑨ 停電같은 特殊事態가 發生할 때 低周波炉의 경우에는 冷材와 冷却된 炉로써 처음부터 스타팅해야 하므로 損失이 增加될 것을 豫則할 수 있다.

參考資料提供

- 1. 美国 INDUCTO-THERM CO.
- 2. 韓國 효성중공업(株)
- 3. 韓國電力(株)
- 4. 日本富士電機(株)
- 5. 鑄物便覽 (日本版)