

# 크링카 冷却機의 發達과 傾向

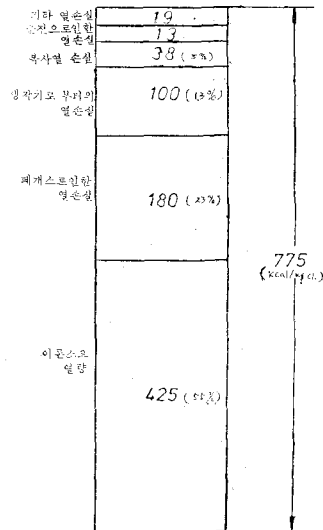
宋 泰 雄 譯

〈仁荷大學校窯業工學科研究室〉

- ◇……………編輯者註：最近 수개월 동안 시멘트 工業에 있어서 燃料費의 上昇과 製造裝置……………◇
- ◇……………의 高生産能力化에 따라 冷却效率이 높은 高能力의 크링카 冷却機가 要求되고……………◇
- ◇……………있다. 同 內容은 日本 Polysius 社가 數年間 研究해온 크링카 冷却機에 대해서……………◇
- ◇……………種類別로 研究해온 結果가 收錄되었는데 各各의 冷却機는 一長一短이 있으며……………◇
- ◇……………모든 크링카 燒成裝置에 共通으로 最適한 冷却機는 아니다. 현재 Grate 式……………◇
- ◇……………冷却機는 日産能力 7,000噸級의 것이 稼動中이고 日産能力 10,000噸級의 것……………◇
- ◇……………이 設計段階에 있으며 planetary 式 冷却機의 현재 最大能力은 日産能力이 약……………◇
- ◇……………5,000噸級이지만 서서히 大型化하는 傾向에 있고, rotary 式 冷却機는 日産能……………◇
- ◇……………力 약 2,000噸級의 것이 稼動中에 있다. 同 內容中에 紹介해온 크링카 冷却機……………◇
- ◇……………는 에너지 節減에 汗뻘을 차지하리라 믿어 紹介한다. ………………◇

## 1. 考 察

最近 수개월 동안의 燃料價格上昇으로 인하여 크링카를 生産하는데 消費되는 油類量이 다시 큰 關心의 對象이 되고 있다.



〈그림-1〉 日産能力 3,000噸級 Dopol kiln의 所要熱量(kcal/kgcl)

現代式 乾式工場에 있어서 所要熱量의 所要內譯을 檢討해 볼때 總 熱消費量中 55%가 理論所 所要熱量(改善의 여지가 없는)이 차지하고 있다 (〈그림-1〉 참조).

燒成系의 排개스로 인한 熱損失은 약 23%에 달하고 있는데 이것은 개스와 物質사이의 熱交換이 아주 效率的으로 이루어 지고 또 개스와 物質사이의 向流的인 흐름이 物質의 粒子크기에 좌우되지 않는 싸이크론을 使用함으로써 다소 改善될 수 있다. 그러나 排개스量의 減少는 排개스로 인한 熱損失의 減少를 意味하므로 싸이크론에는 純粹한 산소나 혹은 산소함량이 많은 공기를 必要로 한다. 그러나 산소는 價格面에서 非經濟的이어서 不適當하다. 總熱消費量의 약 5%에 지나지 않는 輻射熱損失 및 그밖의 粉塵과 水分蒸發 등으로 인한 熱損失의 減少方案에 대해서는 言及할 必要가 없다.

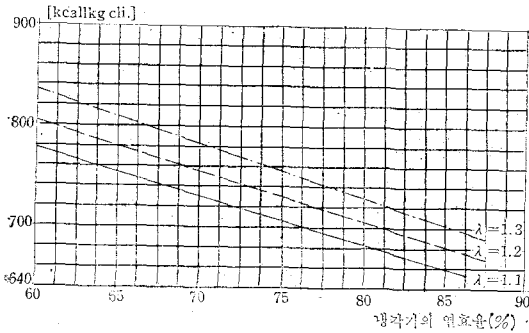
다음으로 冷却機의 熱損失은 總熱消費量中 약 13%로서 이의 減少가 기대되는 部分으로 注目되고 있다. 現在 稼動中에 있는 잘 알려진 grate 式 冷却機와 planetary 式 冷却機의 熱效率은

65~70%에 이르고 있다(〈그림-2〉 참조). 冷却機의 熱效率을 현재 以上으로 높였다고 假定했을 때에 燒成系에 總熱消費量의 減少를 나타낸 것이다.

즉 過剩空氣의 增加없이 冷却機의 熱效率을 5% 높이면 總熱消費量은 약 24 kcal/kg-cl(86, 600 BTU/ST)만큼 節減된다. 그러나 過剩空氣를 0.1倍 增加시켜 冷却機의 熱效率을 5% 높였다면 總熱消費量은 단지 2 kcal/kg(7, 200BTU/ST)만큼만 節減된다. 더욱이 이러한 測定值로부터 알 수 있는 바와 같이 冷却機 熱效率의 改善은 全工場의 安全操業에 나쁜 影響을 미치지 않으며 따라서 稼動率을 낮추지 않는다. 만일

그렇지 않으면 冷却機 熱效率의 改善에 의해 얻어지는 利點은 生産量減少에 의해 相殺되어 버리고 만다.

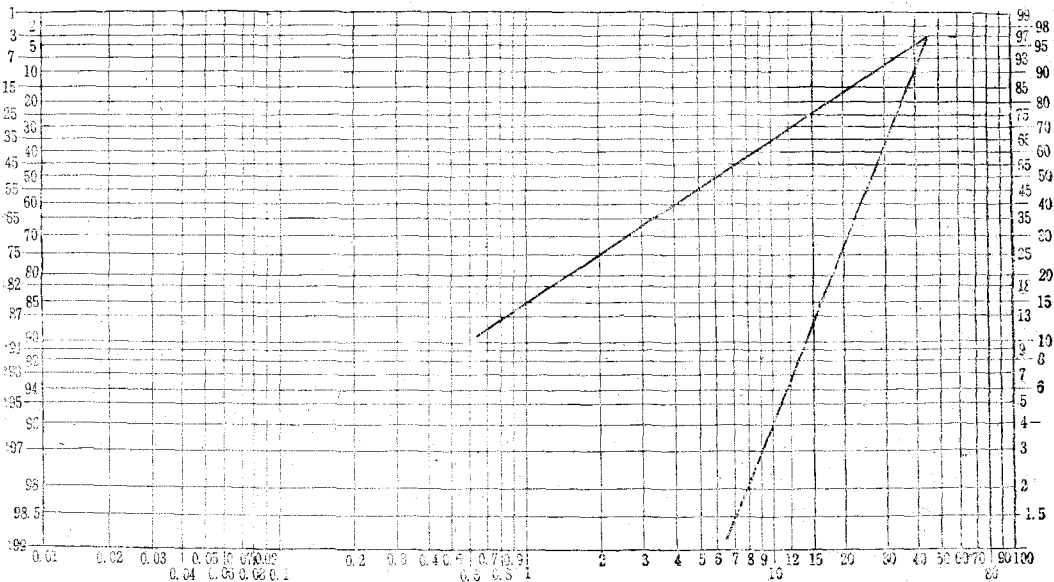
油類價	150DM/to
	152.3 DM/10 <sup>7</sup> kcal
豫想利益	15DM/to
冷却機 熱效率을 개선함으	20kcal/kg cli.
로써 얻어지는 熱量	
연간 정규 가동시간(가동율)	90%
	$365 \cdot 0,9 \cdot 15 \cdot 3000 - 365 \cdot \times \cdot 15,3046 \cdot 3000 = 0$
	$365 \cdot 0,9 \cdot 15 \cdot 3000 = 365 \cdot \times \cdot 15,3046 \cdot 3000$
	$0,9 \cdot 15 = \times 15,3046$
	$\times \cdot = 0.882$
	$= 88.2\%$



〈그림-2〉 冷却機의 熱效率 및 過剩空氣와 總熱消費量사이의 關係

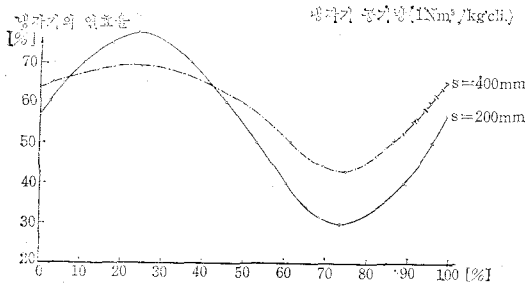
〈表-1〉 日産能力 3,000噸級の Dopol 工場에 있어서 rotary 키른의 稼動時間과 冷却機 熱效率 사이의 關係

日産能力 3,000噸級 키른에 대해서 간단히 計算한 結果에 의하면 冷却機의 性能을 높이기 위해 年間 7日間の 非操業時間이 더 要求된다면 이렇게 해서 얻은 5%의 冷却機熱效率의 改善은 아무 이익이 없다(〈表-1〉 참조). 따라서 冷却機의 安全運轉과 稼動率을 增加시키는데 모든 努力을 다해야 한다. 크링카 冷却機의 性能에 影響을 미치는 要因은 매우 많지만 그 모든 要因을 거론하기는 어렵다. 〈그림-3〉은 시멘트 크링카 粒子크기의 범위를 나타낸 것이다. 粗粒 크링카



〈그림-3〉 크링카 試料의 粒子크기 範圍

(남유럽 工場에서 生産)에는 6mm(1/4") 以下の 粒子가 없으며 微粒크링카는 그 半以上이 3mm (1/8") 以下の 粒子로 되어 있다. 이 두 極端的인 크링카 粒子 사이에 다른 모든 크링카 粒子가 存在한다.



〈그림-4〉 粒子크기가 冷却效率에 미치는 影響

粒子크기의 變化는 自然 冷却工程에 影響을 미친다(〈그림-4〉 참조). 數年前부터 이 問題에 關係 試驗한 結果이다.  $1\text{Nm}^3/\text{kg-cli}$ 의 冷却用 공기를 使用함으로써 얻어지는 熱效率은 크링카 bed의 높이와 粒子크기에 따라 30%와 76% 사이에서 變動된다. 새로운 工場에서 크링카 粒子 크기에 關係한 不均衡을 피하기 위해 polysius社에서 크링카 粒子 크기를 아주 精密하게 決定하는 試驗方法을 개발하였다. 그림에도 불구하고 2000톤급 工場에서 轉動中에 生기는 特수한 非正常的인 크링카 크기에 冷却機가 대처하도록 해야한다.

## 2. 冷却機의 種類

현재 日産能力 2,000~4,000噸級 工場에 建設中이거나 轉動中에 있는 많은 크링카 冷却機중 가장 普遍的인 冷却機는 planetary式 冷却機와 rotary式 冷却機 및 특별히 製作된 grate式 冷却機 등이다. 따라서 다음에 이들 冷却機에 대해서 重點으로 說明하려고 한다. 熱傳達 原理는 근본적으로 rotary 2000톤급 工場에서 轉動中에 生기는 特수한 非正常的인 크링카 크기에 冷却機가 대처하도록 해야한다.

### 2-1 Planetary式 冷却機

planetary式 冷却機는 현재 日産能力 4,000

噸級 2000톤급 工場에서 轉動中에 生기는 特수한 非正常的인 크링카 크기에 冷却機가 대처하도록 해야한다.

Dopol  2000톤급  工場의  所要熱補	760 kcal/kgcli
1. amount of heat obtained (kcal/kg)	
1.1 from clinker	291
t=1200°C	
1.2 from cooling air	—
t=20°C	
1.3 total amount of heat obtained	291
2. heat expenditure	
2.1 secondary air	201
t=735°C	
V=0.852Nm <sup>3</sup> /kg cli.	
2.2 cooler waste air losses	—
2.3 clinker waste heat losses	26
t=155°C	
2.4 losses by radiation and convection	64
2.5 total heat expenditure	291
$\eta = \frac{231}{341} \cdot 100 = 69\%$	냉각기의 열효율

〈表-2〉 日産能力 3,000噸級の Dopol式 2000톤급 工場에서 轉動中에 生기는 特수한 非正常的인 크링카 크기에 冷却機가 대처하도록 해야한다.

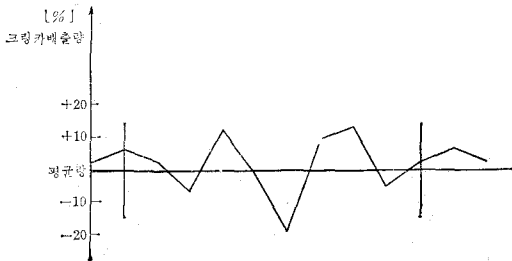
planetary式 冷却機의 長點은 그 設計가 매우 2000톤급 工場에서 轉動中에 生기는 特수한 非正常的인 크링카 크기에 冷却機가 대처하도록 해야한다.

또 이 冷却機는 다른 더 복잡한 冷却機와 同一한 熱效率를 갖고 있으며 資本投資費가 적게 들고 grate式 冷却機보다 動力消耗가 적기 때문에 相當數의 planetary式 冷却機가 최근 곳곳에 建設중에 있다. 불행이도 planetary式 冷却機는 몇가지 短點을 가지고 있다. 즉 키 큰 셀의 구멍을 통해 各冷却파이프로 供給되는 크링카의 量이 일정하지 않다는 點이다. 이것은 크링카가 키 큰내에서 不規則的으로 移動하고 冷却機의 구멍이 크링카 층에 대하여 움직이기 때문이다.

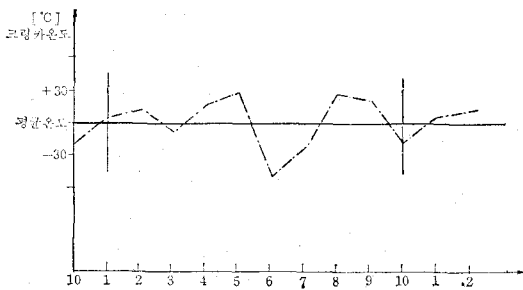
〈그림-5-1, 2〉이 크링카가 planetary式 冷却機의 各파이프가 直徑 2.2m×길이 20m(7'-2''φ×65'-7'')인 10個의 파이프로부터 排出되는 量을 測定한 것이다. 이 排出量은 平均에서 ±15%까지 變化한다. 따라서 이것은 키 큰出口 溫度를 變動시키는 要因이 된다. 만약 키 큰 出口에서의 크링카 總排出量이 링形成의 破壞나 기타 操業上의 攪亂으로 인해 變動된다면 크링카 溫度는 急

激히 增加할 것이다. 한 planetary 파이프의 크링카 排出量이 정상 稼動時보다 50% 增加하면 全 파이프의 가장 뜨거운 부분의 셀 溫度는 약 150°~200°C(300°F~390°F)만큼 增加한다는 計算이 나온다. 동시에 크링카 溫度는 약 100°C(212°F)가량 높아진다. 여기서 冷却機 파이프에 걸린 크링카 負荷量이 增加하였을때 冷却空氣의 흐름을 妨害하는 流動抵抗도 增加한다는 사실은 고려하지 않았다. 그러므로 planetary式 冷却機는 크링카 排出量의 變動에 아주 민감하다. 물론 冷却機에 熱的인 負荷가 걸려도 冷却機 셀에 影響을 미치며 따라서 saddle support에도 影響을 미쳐 重大한 問題點을 일으키거나 損害까지 입힐 우려가 있다. 冷却機 saddle support의 改良, 셀 두께와 플레이트 品質의 改善 등 構造的인 面은 別問題로 하고 改善空氣나 물로 冷却시켜 왔다.

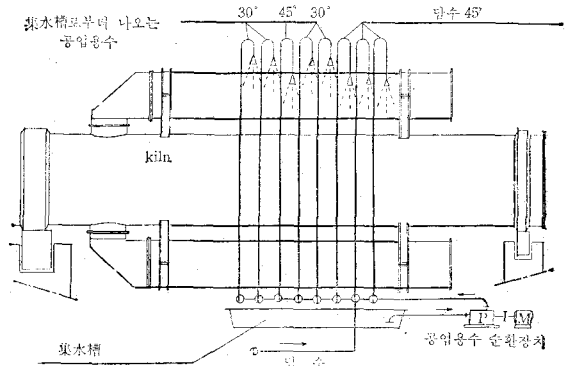
水冷却의 경우는 〈그림-6-1, 2〉와 같이 외부로



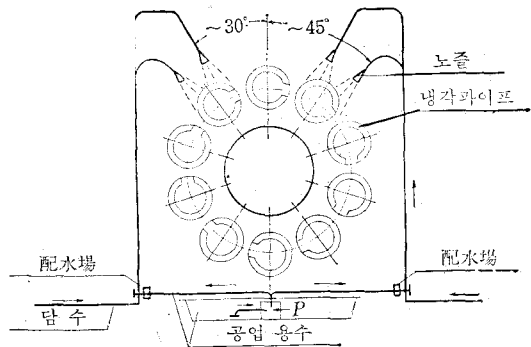
〈그림-5-1〉 Planetary式 冷却機의 各 튜브에 排出되는 크링카量



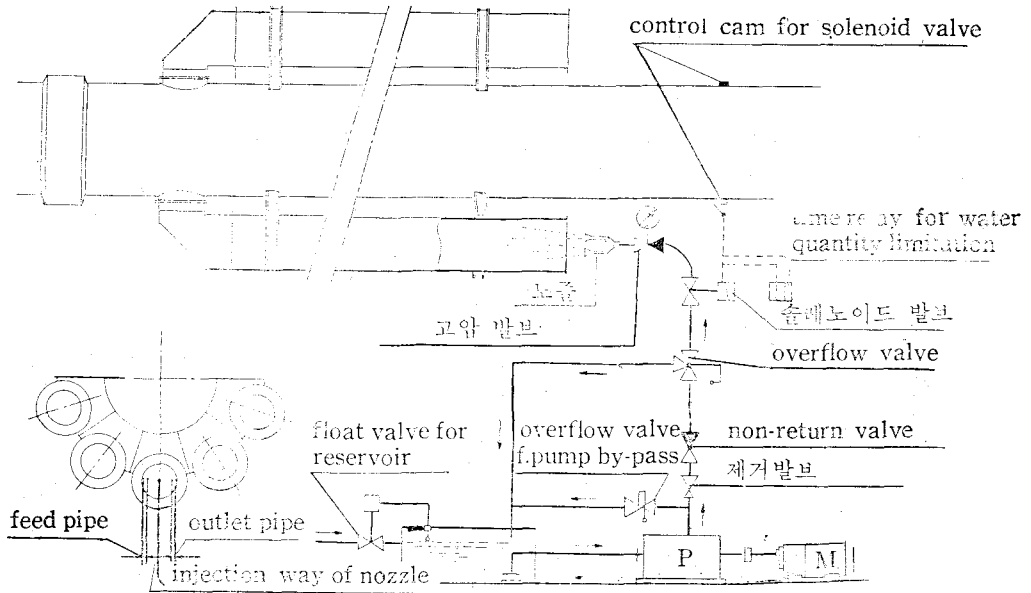
〈그림-5-2〉 Planetary式 冷却機의 各 튜브에 排出되는 크링카溫度



〈그림-6-1〉 Planetary式 冷却機의 물 噴霧系

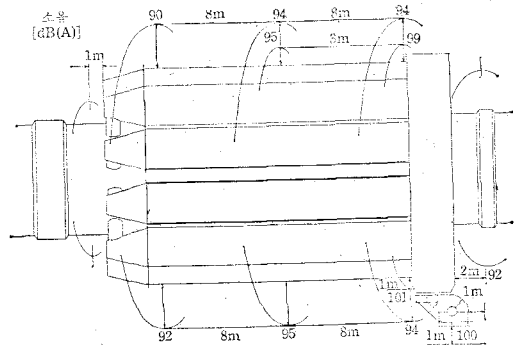


〈그림-6-2〉 Planetary式 冷却機의 물 噴霧系



〈그림-7〉 冷却튜브의 水噴射裝置

부터 물을 噴霧시켰다. 日産能力 3,000吨級 키론에서  $100\sim 120\text{m}^3/\text{h}$ (440~530 GPM)가 필요한데 이 量은 冷却파이프에 過다한 量이 再循環되고 있는 실정이다. 한편 冷却系에서 물 循環없이稼動될때 약  $10\sim 15\text{m}^3/\text{h}$ (44~65 GPM)가 蒸氣로 蒸發되어 물 溫度를 調節하기 위해서 交替시켜야만 한다. 이러한 工程은 planetary 파이프 冷却機로 부터 떨어져 있는 것이 유리하며 동시에 크링카 溫度를 必要溫度까지 낮출 수 있게 된다. 〈그림-7〉에서는 planetary 파이프 内部로 물이 噴射되기에 알맞게 되어 있으며 噴霧시스템은 자력밸브에 의해 調整되고 있으며 이는 planetary 式 冷却機가 열릴때 노즐을 통해 물의 噴霧가 이루어지고 있다. 日産能力 3,000吨級 키론에서 크링카 溫度를  $150^\circ\text{C}$ ( $300^\circ\text{F}$ )에서  $100^\circ\text{C}$ ( $210^\circ\text{F}$ )로 낮추기 위해서는 물이 약  $2.5\text{m}^3/\text{h}$ (11 GPM)가 필요한데 이는 스팀상태로 키론을 통하여 放出된다. 이러한 두개의 方案을 工場運轉中에 試驗해 왔다. 工場에서 planetary 式 冷却機의 위치에 따라 防音소리를 줄이기 위한 裝置를 必要로 하고 있으며 實際 騒音값을 測定한 바 (그림-8 참조) 그 測定置가 100 dB에 달하고 있다. 일반적으로 planetary 式 冷却機는 현재 建設中에 있는 日産能力 약 10,000吨級



〈그림-8〉 Planetary 式 冷却機의 騒音測定裝置

의 大型 키론까지도 設計할 수 있다. 그러나 이러한 雄大한 設計는 우리가 적지 않은 荷重을 다룰 경우를 대비해 앞에서 論議해온 바와같이 熱影響 때문에 建設的인 問題點을 내포하고 있다. 그러므로 이러한 冷却機를 設計할 때 우리의 현재 知識을 勘案해서 이러한 方向의 開發을 천천히 그리고 慎重하게 着手하여야만 한다.

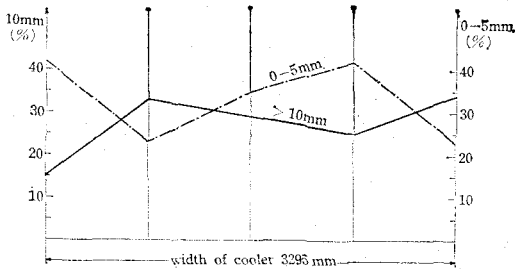
## 2-2 Rotary 式 冷却機

rotary 式 冷却機는 키론에 附着된 많은 planetary 파이프가 단 하나의 冷却파이프로 代置되어

있는데 이러한 점은 應力問題와 마찬가지로 材質에 있어서 planetary式 冷却機의 여러가지 問題點을 제거하고 있다. 그러나 한편으로는 planetary式 冷却機의 長點인 設計나 價格面에 있어서 單純한 點을 利用하지 못하고 있다. 더 나아가서는 rotary式 冷却機는 큰 動體와 떨어져 있어 自體의 運轉을 要하는 反面 rotary式 冷却機를 갖고 있는 工場의 큰 問題點은 表面放出熱量이 많아 크링카의 冷却效率이 低下된다. 그러므로 대단히 큰 冷却機를 設計하여야만 한다. 크링카 日産能力 3,000屯級の キ른에서는 rotary式 冷却機가 길이 약 65m(213ft), 直徑 1.2m(17ft)를 가져야만 한다. 현재 크링카 日産能力 2,000屯級을 가진 豫熱 キ른에서 稼動中인 가장 큰 rotary式 冷却機는 길이 46m(150ft) 直徑 48m(15'-9'')로 되어있다. 이러한 싸이즈의 冷却機에서는 상당한 落下 높이로 인하여 Lifter 등과 같은 内部의 機械荷重이 增加되기 때문에 結果적으로 이것도 問題點中의 하나로 추가되고 있다.

### 2-3 Grate式 冷却機

planetary式 冷却機와 함께 grate式 冷却機도 大型 크링카 生産能力을 가진 キ른에 알맞게 특별히 開發에 더한층 힘을 기울여 왔다. grate式 冷却機의 가장 큰 問題點은 grate內에서 均一하게 크링카가 분산되는 것이며 이렇게 함으로써 크링카의 충분한 冷却과 적절한 熱回收가 이루어 지게 할 必要가 있다. 크링카 크기가 다른 rotary キ른에서 크링카 싸이즈별로 分離되



〈그림-9〉 日産能力 3,000屯級 Lepol kiln에서 Grate式 冷却機의 粒度分布

어 冷却機로 供給되어야 하는 것을 고려해야만 한다. 〈그림-9〉는 日産能力 3,000屯級の Lepol キ른에서 Grate式 冷却機의 이러한 粒度分布를 나타낸 것이다. 上記 冷却機에서 粗粒크링카는 큰 下部에 微粒크링카는 큰 上部에 密集되어 있다.

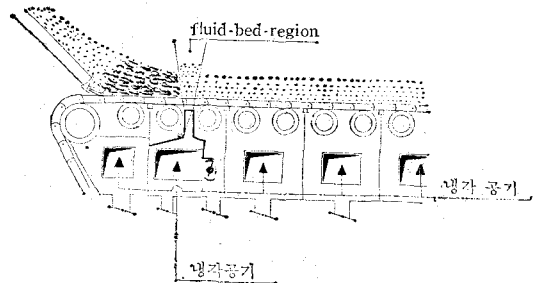
#### 2-3-1 Reciprocating Grate式 冷却機

reciprocating grate式 冷却機는 그딩가들 機械 및 空氣의 作用을 利用하여 分散시키고 있다. 즉 移動과 固定된 Grate의 조합으로 크링카를 分散시키고 있으며 이런 形式의 grate式 冷却機는 日産能力 7,500屯의 工場에 稼動되고 있으며 日産能力 10,000屯級の 工場이 設計中에 있다. 日産能力 약 7,000屯級 工場의 冷却機로서는 길이가 약 42m(138 ft)와 폭이 약 5.3m (17'-14'')가 적당하며 grate表面에 받는 荷重은 31MTPD/m<sup>2</sup> 혹은 17.5BPD/ft<sup>2</sup>이 되고 있다.

#### 2-3-2 Travelling Grate式 冷却機

reciprocating grate式 冷却機가 갖고 있는 잘 알려진 問題點을 解決하기 위해서 travelling grate式 冷却機를 開發해 왔으며 polysius社는 지금까지 170個의 冷却機를 供給해 왔다. grate에서 크링카의 分散은 振動機에 의해서 空氣의 作用만으로 이루어 지고 있으며 이러한 概要가 다음에서 볼 수 있다(〈그림-10〉 참조).

현재 이러한 type의 가장 큰 冷却機로서는 폭 3.3m(11ft), 길이 31m(102ft)로 日産能力 3,000~3,500屯級の 工場에서 약 9個月間 稼動해 왔다. 〈表-3〉에서는 日産能力 약 3,000屯級の 工場에서 上記 冷却機의 熱精算을 나타낸 것



〈그림-10〉 Recupol 冷却機에 있어서 空氣의 作用으로 인한 크링카의 分散

〈表-3〉 日産能力 3,000 吨級 工場에서 recopol 冷却機에 대한 熱精算

1. amount of heat obtained (kcal/kg cli)	
1.1 from clinker	341
t=1348°C	
1.2 from cooling air	3
V=1.86 Nm <sup>3</sup> /kg cli.	
t=26°C	
1.3 total amount of heat obtained	344
2. heat expenditure	
2.1 secondary air	231
2.2 cooler waste air losses	72
V=0.8 Nm <sup>3</sup> /kg cli	
t=305°C	
2.3 clinker waste heat losses	24
t=144°C	
2.4 losses by radiation and convection	3
2.5 other losses	14
2.6 total heat expenditure	344
$\eta = \frac{231}{341} \times 100 \cong 68\%$	냉각기의 열효율

이다.

travelling grate 式 冷却機는 冷却 排氣量이 1.8Nm<sup>3</sup>/kg cli에 불과해 이러한 경우에 lepol grate 에서 再使用하고 있다. 따라서 冷却機의 排出空氣 除塵式은 필요없게 된다. 正常的인 reciprocating grate 式 冷却機는 크링카 冷却空氣 약 2.8~3.0Nm<sup>3</sup>/kg이 必要하다.

grate 式 冷却機의 長點은 낮은 溫度의 크링카를 얻을 수 있다는 點이며 키른 狀態에 따라 適切히 調節할 수 있으며 騒音또한 70~90 dB 로

알맞게 되어 있다.

日産能力 10,000 吨級の travelling grate 式 冷却機가 設計中에 있으며 이러한 能力의 冷却機는 폭이 약 5.4m(17'-9") 길이 55m(180')여야 되며 이런경우 分散問題가 뒤따라 크링카 能力增加로 分散效率이 減少되므로 폭이 더 적게 특별히 製作하였기 때문에 使用者에게는 더욱 인기를 끌고 있다. grate 式 冷却機의 短點은 排出空氣에 대한 定期的인 除塵을 필요로 하며 이러한 問題點이 주위의 環境條件과 安全運轉方法으로 gravel bed filters 를 사용함으로써 해결되었다. 그런데 불행하게도 값이 비싸므로 grate 式 冷却機의 原價도상대적으로 높다.

### 3. 要約

오늘날 grate 式 冷却機는 日産能力 7,000 吨級の 工場에서 稼動中에 있는 日産能力 10,000 吨級 工場의 것이 設計段階에 있다. planetary 式 冷却機의 현재 최대능력은 日産能力 약 50,000 吨級이지만 서서히 대형화하는 경향에 있다. rotary 式 冷却機는 日産能力 약 2,000 吨級の 것이 稼動中이다.

현재의 크링카 冷却機는 一長一短이 있으며 모든 크링카 燒成裝置에 共通으로 最適한 冷却機는 아니다. 시멘트 製造業者는 키른에 적합하게 특별히 製作된 최적의 方法을 선택하기 위해 서 끊임없는 노력을 계속해야만 할 것이다. 한편 冷却機 製造業者들은 오늘날 市場에 있는 모든 冷却機가 改善의 方向으로 끊임없는 努力을 해야만 할 것이다.

