

세멘트工業과 耐火煉瓦

1. Kiln 煉瓦의 要求性質
2. • 煉瓦의 種類
3. Kiln 煉瓦의 性質
4. 提言 Ratschläge für die Zustellung der Zementöfen

1. Kiln 用 耐火煉瓦의 必要條件

Cement 工業의 여러가지 不可欠한 要素中에서도 가장 重要한 것으로 耐火연 와를 들 수 있을 것이다.

耐火연 와에서 一般的으로 擧頭되는 要求條件 即 煉瓦壽命에 影響을 주는 것들을 다음表와 같이 區別하여 생각해 볼 수 있다.

(表1)

左側은 Kiln 의 種類, Process 方法 (Betriebsweise) Kiln 內 流動物質 (Ofengut) 에 따른 要素들이고 右側에는 用途上 要求되는 諸性質이 羅列 되어 있다. 即 後者は 耐火연 와의 持續을 爲한 연 와 自体面에서 由來되는 것으로 연 와 製造와 연 와 選擇에 留意 點들이다.

좀더 要約하면

1. Coating 生成과 鉍滓化에 對한 性質
2. 溫度變化에 對한 安定性
3. 熱伝導

4. 熱膨脹

5. 연 와의 組織 (Gefügeschaffenheit)

表 1

炉의 種類 炉의 구조 燃燒方法 (Feuerungsart) 燃料 燃燒反應 (Feuerführung) 利用處 溫度의 高 炉의 燃燒狀態 灰分, 鉍滓, dust Coating Material Process (Continuous, Periodical)	Form 과 Dimension 化學的 鉍物學的反應 氣孔率과 Raumgewicht 氣休透過性 物理的強度 마모強度 (Abriebfestigkeit) 인장強度 彈力性 熱膨脹 Raumbeständigkeit 溫度急變化에 對한 安定性 比熱 熱伝導 斷熱性 鉍滓化에 對한 強度 熱壓縮에 對한 安定 酸化, 還元에 對한 安定性
---	---

2. Kiln 에 쓰이는 耐火煉瓦의 種類

2-1 샴모트 연 와

比較的 熱이 弱한 데에 쓰이고 있으며 wet-plastic process 가 옛날부터 내려오고 있는 製法인데 이를 獨逸선 Handel-sübliehen Schamotstein 이라 부르고 있다.

近來는 더욱 단단하고 均一하며 物理的 強度, 마모強度가 좋은 所謂 硬質 샴모트 (Hartschamottestein 를 特殊製法으로 製造 하고 있다.

2-2 高 Alumina 연 와 (Al_2O_3 50-80%)

熱과 化學侵蝕에 對해 抵抗性이 커야하는 部分에 利用되고 있으며 Elektrokorund, Bauxit 이에 類似한 첨가재를 多少間 섞어 特殊製法으로 製造하고 있다.

2-3 magnesitstein

高 알미나 煉瓦를 쓰는 炉部分에 利用되고 있다.

3. Cement Kiln 用 煉瓦의 諸性質

Cement工業에 문제시 되는 煉瓦의 性質을 다음과 같이 나누어 생각할 수 있다.

3-1 耐火現狀

耐火煉瓦의 壽命에 가장 문제되는 것으로 Ofengnt(kiln 物質) 과 Coalash의 化學的 侵蝕作用에 對한 抵抗을 들수 있다.

Ofengnt 이라 함은 Kiln Zone 에 따라 Klinker 나 Rohmehl 일수가 있다. 이 現狀은 溫度와도 關係가 있는데 約 1300°C 以下에서는 煉瓦의 腐蝕作用은 일어나지 않는다고 본다. 그러므로 Sinterzone 및 Calcination Zone에서는 Ofengnt 이 危險한 侵害物이 된다.

3-2 溫度急變에 對한 安定性(Temperaturwechselbeständigkeit) 運轉上 있을수 있는 作熱狀態 停止狀態와 炉의 廻轉運動等으로 溫度急變現狀을 볼수 있다. 그래서 850°C 의 加熱狀態의 煉瓦를 찬물에 急히 넣어서 破損되기 까지의 反覆回數로 安定性を 表示한다. (DIN.1068)

Cement 用 Rotary kiln 에 쓰이는 耐火煉瓦는 다음 限界值 丙에 들어 가야 한다.

表 2 샤토트연와 10-25

korund 含有 알미나煉瓦	15-25
bauxit 含有 알미나煉瓦	6-25
바그네사이트煉瓦	2-3
特殊바그네사이트 연와	5-12

샤토트연와와 高Almina 연와도 適合한 첨가물을 써서 質改善만 하면 바그네사이트 연와 보다 좋다.

그러므로 長期間 使用해도 이 溫度急變에 對한 安定性(TWB) 이 나 빠지지않는 연와일수록 좋다고 볼수있다.

反面 kiln 內에서의 異物質(Fremdestoff)의 介入, 後期Sintering (Nachversinterung) 物質轉換(Stoffwanderung) 등으로 이 T,W,B 가 退化하기도 한다.

3-3 마모강도 (Abriebfestigkeit)

Ofengut 는 多小의 差異가 있지만 연와 마모에 影響을 준다. 그리고 마모現象은 Kiln-Zone 에 따라 高溫 或은 低溫에서 일어난다. 또 마모강도는 Cold Crushing Strength 와 關聯이 있으며 原料粉末의 Hardness(Kornhorte) 도 큰 影響을 미친다. 830°C 의 단단한 마찰면에서 흘러내려 單位面積當 損失體積 (Cm³/Cm²) 으로 마모강도를 比較한다 (by Böhmischen Apparat)

表 3

	Cold Crushing Strength (Kaltdruckfestigkeit) kg/Cm ²	마 모 損 失 (Abriebverlust) Ap = Cm ³ /Cm ²
Handelsüblicher Schamottestein	150 - 250	0.4 - 0.6
Hartschamottestein	300 - 400	0.2 - 0.3
Korundhaltiger Stein	500 - 600	0.1 - 0.2
Magnesitstein	400 - 600	0.1 - 0.2

3-4 熱傳導 (Wärmeleitfähigkeit)

熱經濟的으로나 運轉面에서 보아 熱傳導가 잘되는 煙瓦는 不適當하다.

即 熱傳導率이 적은 煙瓦가 利用度가 높다. 마그네사이드煙瓦를 보면 溫度가 上昇함에 따라 熱傳導率이 떨어지는 現象이긴하나 亦是 熱傳導率이 커서 不利한 立場에 있다. 한편 熱傳導率이 너무 낮어도 좋지않는데 高溫狀態인 煙瓦의 內壁에서만 Ansatz (Coating) 이 생기기 때문이다.

即 熱傳導가 어떤 障害를 받아도 좋지않다.

表 各種煙瓦의 熱傳導率

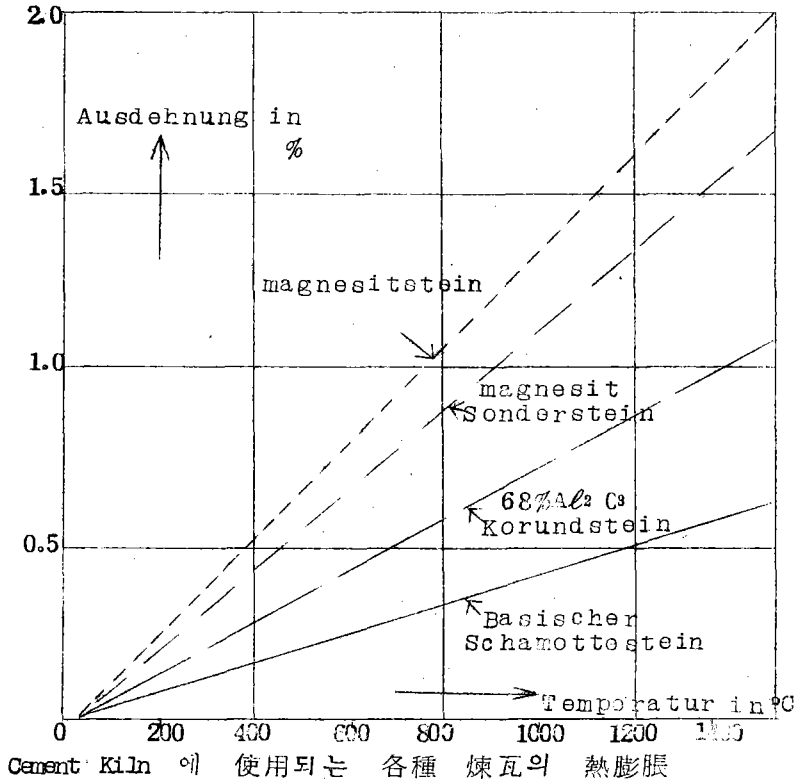
表 4

	Wärmeleitzahlen in Kcal/m h °C bei Mittemperaturen von		
	300°	900°	1100°
Schamottestein	0.90	0.95	1.02
Hartschamottesteine	1.10	1.16	1.20
Korundhaltige Steine (Ca, 68% Al ₂ O ₃)	1.80	1.71	1.66
Bauxithaltige Steine	1.60	1.50	1.40
Magnesitsteine	7.6	4.8	3.0
Magnesitsondersteine je nach Aufbau und Magnesitgehalt	4 - 6	3 - 4	2 - 3

3-5 熱膨脹

熱을 받으면 一般的으로 物體는 膨脹하고 냉각시키면 收縮한다. Kiln 用 煙瓦는 規則的인 膨脹曲線 (Ausdehnungskurve) 을 所有하여야 한다 (膨脹과는 다르다) 그중에서도 마그네사이드煙瓦가 膨

脹性이 甚한데 1400 °C 에서 2%를 나타내고 있고 特殊첨가제를 使用한 特殊마그네사이트연 와(Sondermagnesite) 가 이보다는 적다. 샤모트연 와(Schamottestein) 에서는 0.7%(1400°C), Korund 함유한 알미나 연 와는 1 - 1.2%가 적당하다고 본다.



그러나 熱膨脹은 축로에 意義를 가지게 된다. 即 加溫時에 수반하는 膨脹으로 Dehnfuge와 Mörtelfuge (目地) 쪽으로 연 와가 늘어나서 팽창해지므로 연 와의 安定性を 생각할 수 있다. 연 와自体를 생각해 볼때 高温인 안쪽은 熱膨脹이 甚하고 바깥쪽으로 갈수록 膨脹이 減어지므로 膨脹이 다른 層이 연 와 自体內

에 생긴다. 故로 연 와 (Steinkörper)의 内部에서 부러의 引力이 생겨 부수러지는 現象 (Zug-und- Abscherwirkung)이 일어나기도 한다. 마그네사이트 연 와가 가장 甚하다. 또 연 와가 物理強度가 弱하거나 脆弱性 (Sprödigkeit)이 크면 Kiln Shell (mantel)에 平行해서 떨어져나가는 現象 (Abplatzungen)이 일어나면 Alkali의 侵害作用을 받게되던 연 와의 膨脹曲線이 달라지게되어 上記 現象이 일어나기도 한다.

3 - 6 體積均一性 (Raumbeständigkeit)

可逆性的 體積變化가 問題되는것으로 大概의 堯業물질은 製造時 이러한 體積變化 (Volumenänderung)를 수반하게된다.

그 例로서 Korund 含有質 알미나 연 와는 製造時 膨脹하고 마그네사이트 연 와 샤프트 연 와는 收縮한다. 그러나 大概의 연 와는 製造後 使用時에는 이러한 後期生長 (Nachwachsen)이나 後期收縮 (Nachschwinden)이 없어지지만 Alkali의 侵害를 받게되던 副反應을 일으킨다.

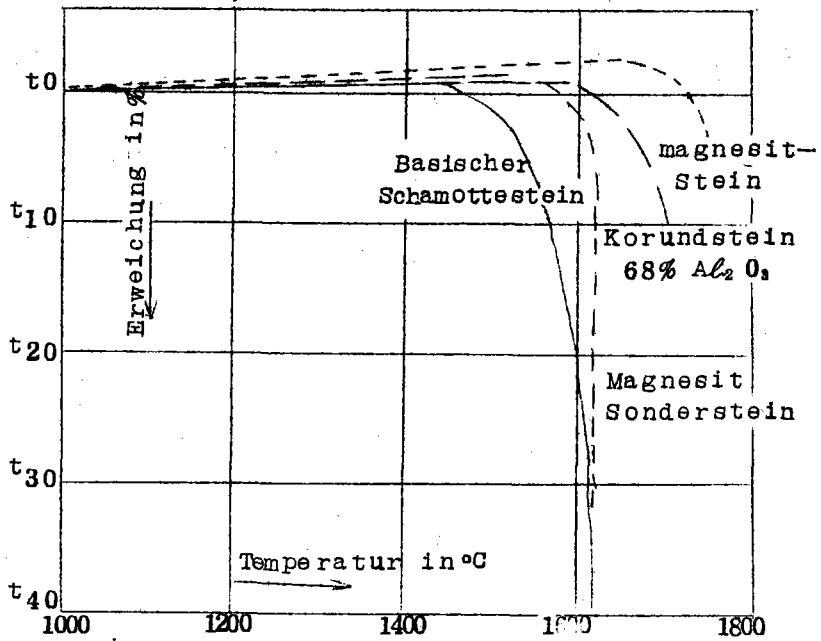
그러나 이 體積變化가 1% 以下이면 短點으로 보지 않는다. 연 와가 收縮하면 연 와의 Ring이 弛緩하게되어 弱하게되고 反面生長하면 모서리로 圧力이 加해져서 剝裂되기 쉽다 (Absplittierungen) 그러나 이러한 現象은 強度가 充分히 큰 mortar을 쓰고 熟練된 축로기술로 避할 수 가있다.

3 - 7 熱壓縮強度 (Feuerdruckfestigkeit)

연 와가 四面에서 熱을 받으면서 同時에 2kg/Cm²의 壓力에서 휘어지는 溫度 (ta-punkt)로 上記性質을 比較한다.

다음 圖表에서 보면 特殊마그네사이트 연 와 (Sondermagnesi-tstein)는 普通 마그네사이트 연 와에 비해 普通強度는 크지만

ta-punkt 는 낮다 (1500 °C)



업 와의 Druckerweichungskurven

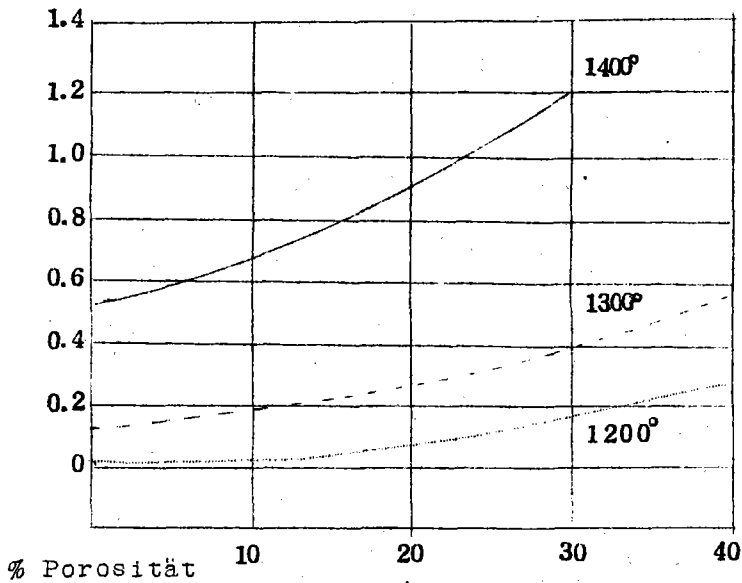
3-8 Structural Condition (Gefügebefähigkeit)

이는 粒子形成 (Körungsanfbau) 조색한 粒子의 結合性 基本物質 (Grundmasse) 의 Versinterung 氣孔率 (Porosität) 流体의 透過性 (Durchlässigkeit) 등에 의해서 規定되는것으로 高温에서 업 와가 化学侵襲을 받을때에 安定性은 업 와의 구조와 密接한 關係가 있다.

다음 圖表에서 보면

1. 氣孔率 (Porosität) 가 크면 化学侵襲가 增加 한다.
2. 溫度가 增加하면 化学侵襲도 增加한다.

即 鉍滓의 液狀層이 생기게 되므로 해서 增加한다고 볼수 있다.



溫度와 연의構造에 따른 化學侵蝕度

Kiln 用 연의는 可及的 調密한 組織을 가져야한다. 이를 Porosität 로 表示하면 다음과 같다.

샤모트연 와	25 - 30 %
硬質샤모트	18 - 25 %
高알미나연와	18 - 25 %
마그네사이트연와	18 - 23 %
特殊마그네사이트연와	18 - 25 %

4-1 提言

Kiln 은 恒常 回轉해야하고 一定한 規格을 갖고있으니까 正確하고 安定한 속도를 해야한다. 即 目地(mörtelfüge) 를 可及的 적게잡아 단단하게 쌓아야하고 Kiln 의 Jone 에 따라 要求되는 性質을 考慮하여 연의를 選擇하여야한다(表5 参照) 가장 重要한 部分으로 Sinterzone 을 들수있고 보수를 위한 停止時

間을 短縮할 수 있다. 그런데 sinterzone 에는 마그네사이트
연 와 高알미나연 와의 二種만이 適合하다. 이들의 性質 即 마모
性 化学侵蝕에 对한 抵抗力은 아주 다르다(表 6 参照)

Klinker 의 化学侵蝕에 对해 特殊마그네사이트연 와는 比較的
強한편인데 比해 1400°C 以上の 高알미나 연 와는 弱하다. 實驗
에 依하면 (1500°C 도가니로) 마그네사이트연 와는 何等의 化学侵蝕
없이 Klinker 內에 남아있으나 Korund 나 Bauxit 含有연 와에서
보면 Klinker 質이 없어지고 연 와內로 吸引되어 있음을 볼수
있다.

表 6

	Hochtonerdereicher Stein 高 알미나연 와	Magnesit- Sonderstein 마그네사이트연 와
Chemische Resistenz (化学侵蝕에 对한 抵 抗性)	Von Temperatur ab- hängig, oberhalb 1400° fallend (1400 °C 以上에서 低下)	Sehr gut
Temperaturwechsel bestandigkeit (溫度急變에 对한 安定性)	Sehr gut	mapig bis gut
Wärmeleitfähigkeit (熱伝導率)	hoch	Sehr hoch
Thermische Ausdeh- nung (熱膨脹)	hoch	Sehr hoch

表 5

	Einlauf- und Trockenzone (Inlet zone)	Kalziniervone	Siterzone	Auslaufzone u. Ofenkopf
Thermische (熱的性質) Beanspruchung	gering	stark	sehr stark	mäßig
Chemische (化學的性質) Beanspruchung	gering	stark	sehr stark	mäßig
Anbackbildung (Coating 生成)	keine	gering	sehr stark	gering
Temperatur Wechsel (溫度急變)	gering	stark	stark	sehr stark
Abrieb (마모성)	mäßig	mäßig	stark	stark
Steingualitäten (염외의 성분)	hü-scha- motte Hart- schamotte	Hartschamotte tonereiche spezialsteine Magnesitsteine geringerwertig	hochtonerdehalt steine (über 65% Al ₂ O ₃) Magnesit- sondersteine	Hart- Schamotte
Mörtel	häufig hy- draulisch abbindend	spezial- mortel	Spezial- Mörtel Blech Draht + Mörtel	Keramisch abbindend

또 1500°C 에서 空氣로 불어주면 마그네사이트엔와는 別 變化를 일으키지 않지만 氣孔率이 큰 Korurd 質 알미나엔와는 균열 (Rillen) 과 生表 (Auswachsen) 現狀이 일어남을 볼수있다.

表 6에서 보는바와 같이 高알이나 연와는 열전도율이 낮고 韌性에 對한 저항성이 큰 長點을 갖고있어 次次 그 利用度가 커가고 있는 現狀이다. 한便 마그네사이트엔와를 보면 여러가지 型으로 製造되고있어 보수時에 迅速을 期할 수 있고 갑자기 停止할때 받는 열충격 (Warmeschock) 을 적게받고 노벽에 密着해 있는 長點을 갖고있다.

4.2 Coating 形成과 연와의 수명

Klinker 의 質이나 企業의 經濟面을 보아 Sinterzone 의 연와가 壽命이 길어야 하는 自明한 일이다.

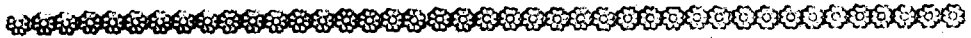
연와를 保護할 程度의 Ansatz가 생기면 오히려 연와를 熱的 機械的, 化學的 浸害 (Schädigung) 에 對해 保護해주고 爐의 복사열을 적게하여 열손실을 적게한다. 처음 Ansatz가 생길때에는 연와와 Klinker 사이의 反應이지만 但 形成된後에는 연와와 關係가 없는 다른 要因에 따라 生成한다. 即 Rohmehl (Raw meal) 의 SM (Kieselsäuremodul) IM (Tonerdensaul) 이 낮으면 Ansatz가 생기기쉽고 SM 2.5~3.2, IM 1.8~2.2 이 經驗上 Ansatz가 덜생기는 理想值로 본다. 그러나 SM가 높더라도 IM이 낮으면 Ansatz가 생긴다.

또 燒成狀態가 Ansatz 形成의 다른하나의 要因이 되고있다. 燒成手의 能力, 연소gas의 速度, 石炭의 質과 粉末度, Flame의 長短 空氣의 供給方法 등이 問題된다. 다음으로 Kiln의 負荷를 들수있는데 너무 負荷가 크면 연와에 無理가 가게된다. Sinterzone에 負荷가 過하면 Ring이 形成되고 따라서 無理가

간다. 그리고 Kiln을 세울때에는 천천히 均一하게 冷却시켜야 함을 兪와와 關聯해서 附言하고 싶다.

參考로 西獨 Didier 社의 兪와의 性質表를 添付한다.

參考 Zement-Chemie Von Hans Kongs Kühl
Feuerfeste Baustoffe in der Zementindustrie
Von Didier-Werke AG.



原稿募集廣告

1. 內 容 : 1. 時事的인內容 및 세멘트工業에 關한 經濟論文
2. 세멘트工業에 關한 經營論文
3. 세멘트工業의 技術向上을 爲한 論文
2. 枚 數 : 60 枚 內外
3. 期 限 : 每月 20 日限
4. 執筆資格 : 各會員會社 役職員

備 考 : 掲載分에 對하여는 所定原稿料를 支払함

1964年 8月 日

韓國洋灰工業協會 企劃調查部



