

# rotary kiln의 耐火煉瓦 築爐方法

金 聖 洙

<雙龍洋灰 東海工場 生産課>

## 譯 者 註

- ◆.....기간 산업에서 지금까지 중요한 역할을 담당해온 내화 연와는 근년에 공정의.....◆
- ◆.....발달, 새롭고 혁신적인 시도 등에 따라 그 범위를 끊임 없이 넓혀 왔다. 이에.....◆
- ◆.....따라 사용되는 내화물의 종류가 다양해지고 내화물의 축로 방법도 더욱 발전되.....◆
- ◆.....었다. 그러나 지금까지 정리되고 체계화된 내화물 축로 방법에 관한 책자가 없.....◆
- ◆.....어 축로 방법은 전해 내려오는 관습과 경험에 의존하는 경우가 허다하였다. 이.....◆
- ◆.....에 정리된 책자가 절실히 요구되던 중 GR-STEIN Refractories Ltd. (England).....◆
- ◆.....에서 간행된 Refractories for the Portland Cement Industry 를 입수하였기에.....◆
- ◆.....내화 연와 축로의 기본 자료로 삼기 위하여 이를 발췌 번역하였다. 이 拙稿가.....◆
- ◆.....내화 연와 축로에 조금이라도 도움이 된다면 그 의의를 찾을 수 있겠다.....◆

### 1. 축로 절차

축로를 올바르게 하려면 세심하게 주의를 기울여야 하며, 그렇게 함으로써 내화 연와의 수명을 증가시켜 많은 이득을 얻을 수 있다.

축로의 성공 여부는 필수적으로 다음 요소에 따라 좌우된다.

1) 다음과 같은 요인들에 따라 가장 적절한 방법을 택할 수 있다.

- ① kiln의 직경
- ② kiln에 대한 동력의 유용도
- ③ 타부분의 보수
- ④ 장비의 유용도와 장비 사용의 지식

2) 가능하다면 two-taper system의 올바른 사용

3) 조정용은 이중 또는 단일 shim의 올바른 사용

4) 모든 ring에 있어서 방사면의 유지

5) 축로는 kiln의 세로축에 평행할 것

6) ring은 kiln 세로축의 오른쪽에 축로되어야 하며 인접한 ring은 앞쪽 ring에 밀착되어야 한다.

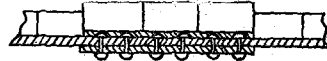
7) 각 ring에 있어서 효과적이고 정확한 마무리

8) 교정은 바른 금속 shim으로 하고 반복하거나 내화 점토로 해서는 안된다.

9) 축로는 kiln 출구쪽에서부터 시작해야 한다.

### 2. shell condition.

축로 전에 shell에 남아 있는 mortar이나 scale을 완전히 제거하고 계속해서 작업을 할 수 있도록



① riveted section



② proud butt weld

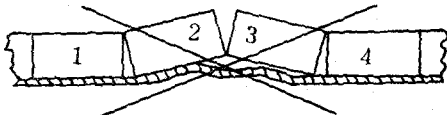


③ shell distortion

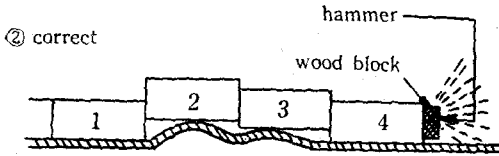
<그림-1> use of pyrrylite H.T. cement to overcome shell defects

록 kiln을 회전시켜 놓는다. 어떤 kiln shell은 열을 많이 받았던 부분이 상당히 변형된 상태를 보여 준다. 이 부분의 축로 작업을 효과적으로 수행하기 힘들면 변형된 부분에 mortar-pyrolyte H. T. cement를 사용하여 면을 고르게 해주는데 이것은 축로 전에 완전히 굳어져야 된다. rivet 용접이나 butt 용접이 있는 부분은 축로 면을 바르게 해주기 위하여 최소한의 pyrolyte cement를 사용해야 한다. 세로축 방향에서 연와들이 shell의 불규칙한 면을 따라 불규칙적으로 축로되지 않도록 주의해야 한다. 만일 pyrolyte H.T. cement를 사용하지 않았다면 다음의 방법을 택하라.

예를 들면 <그림-2>에서와 같이 둘째 줄을 첫째 줄에 밀착시키기가 어렵고 세째 줄과 네째 줄에서도 밀착시키기가 어렵다면 네째 줄에서 합마질을 하여(이때 연와에 주는 충격을 피하기 위하여 나무 조각을 사용) 둘째 줄과 세째 줄을 필요한 만큼 밀착시킬 수가 있다.



① incorrect



<그림-2> correct installation of bricks over deformed section of kiln shell

### 3. 축로

rotary kiln에서의 축로 방법은 3가지 기본형이 있다.

1) screw-jack 방법

2) centre method

여기에는 응용형이 있다. 즉,

① 목재 또는 금속 centre

② mechanical bricking rigs

③ pogo stick 방법

3) epoxy 수지 방법

축로시 어떤 방법을 택하든 가장 중요한 것은

연와 축로를 할 때 출발점부터 정밀하게 시작해야 한다. 원주형의 축로선을 정확하게 찾는 가장 쉬운 방법은 butt 용접이나 rivet 선으로부터 일정 간격으로 백묵으로 선을 긋는 것이다. 잔존하고 있는 연와들은 축로 작업 전에 이 선에 따라 똑바로 맞추어져야 한다. 이와 같은 충고를 따르지 않으면 축로된 모퉁이 나선형이 되거나 작업에 어려움이 따르게 된다. 첫째 줄에서 잘못을 범하면 계속해서 다음 줄들에 잘못이 생길 것이다.

#### 1) screw-jack 방법

##### ① 장점

i) 소형 kiln에 이상적이다.

ii) 축로 중 기계 보수를 할 필요가 있을 때 kiln을 회전시킬 수 있다.

iii) 모든 kiln의 taper section 축로에 적합하다.

iv) 두께가 다른 연와를 축로할 수 있다.

##### ② 단점

i) kiln을 회전시킬 동력이 없으면 적합치가 않다.

ii) 대형 kiln에 부적당하다(>15').

iii) 15' 이상 한번에 축로할 수 없다.

iv) kiln내 자유로운 출입이 어렵다.

v) staggered joint로, 축로하는 것이 타당치 못하다. 이것은 각 연와에 효과적으로 목재 받침목을 설치할 수 없고 축로 중 연와가 무너질 염려가 있다.

##### ③ 축로 순서

i) stage 1

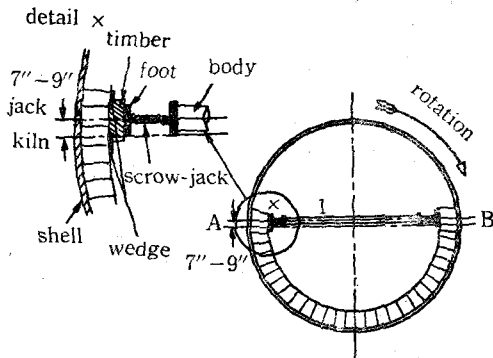
백묵으로 kiln shell의 최저부를 따라 세로축에 평행하게 축로할 부분까지 선을 긋는다. 축로는 이 선의 양쪽에 따라 축로 부분까지 연와를 놓고 각 줄의 연와를 kiln 양쪽에서 kiln 중심선 위 7"~9" 높이까지 쌓는다. 이때 각 ring에 있는 연와를 나무망치로 두드려주고 마지막으로 최상부의 방사면을 망치질한다. 이렇게 함으로써 하반부가 kiln shell에 대하여 견고히 축로 되었다는 것을 확증할 수가 있다. 4"×6"의 목재틀을 축로가 끝난 부분 최상부 방사면  $\frac{1}{2}$ " 아래에 kiln shell 양측에 설치한다. 그리고 screw-jack을 2'~6" 중심에 설치한다. jack은 kiln shell이

변형을 일으키지 않는 범위내에서 축로된 연와가 견고히 자리잡도록 충분히 조여주어야 한다. screw-jack 이 올바르게 설치 되었나 확인한 후 튼튼한 목재 썬기틀 연와와 목재틀 사이에 위아래에서 각 연와의 중간에 박는다. 그후 필요하면 jack 을 다시 조여 준다.

<주의>

A) jack 이 미끄러지는 위험을 피하기 위하여 kiln 수평 중심선 위에 jack 을 설치하는 것이 중요하다.

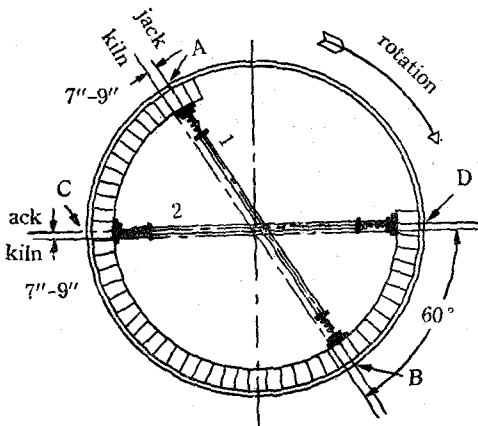
B) 하반기 축로가 끝난 회전축의 상부 방사면이 평행이 되도록 해야 한다. 이렇게 함으로써 마지막 마무리(keying) 작업이 용이해진다.



<그림-3> screw-jack installation stage 1

ii) stage 2

kiln 을 약 60° 회전시킨다. 축로 방법은 앞에서 설명한 바와 같고 수평 직경선 C-D 상부로

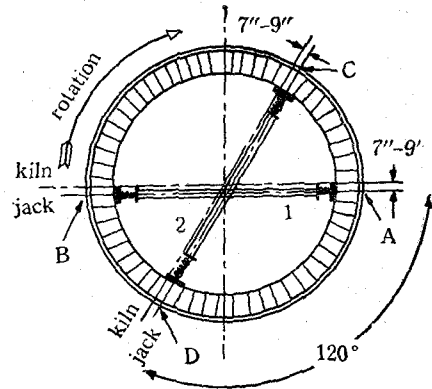


<그림-4> screw-jack installation stage 2

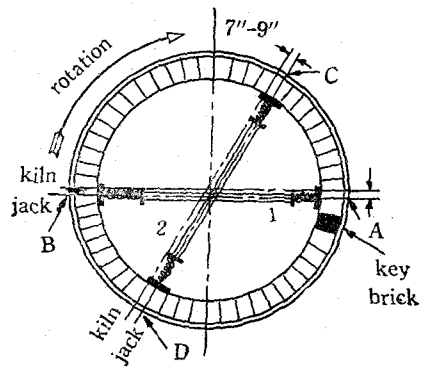
약 7" 에서 9" 에 도달하도록 축로한다. 다시 두개의 jack 받침목을 설치하고 두 받침목 사이와, 앞서 설치한 jack 의 중간에 jack 을 설치한다. 목재 썬기틀 받침목과 연와 사이에 박고 필요하면 jack 을 다시 조여 준다.

iii) stage 3

kiln 을 120° 더 회전시켜 마무리한 곳이 12" 이내가 되도록 축로한다. 특히 주의할 것은 kiln 직경이 0"~13" 이상 되는 것은 60° 각도에서 세번째 jack 을 설치할 필요가 있는 경우도 있다. 마무리를 하기 전에 축로된 연와가 충분히 조여져 있나를 확인하는 것이 중요하고 이렇게 하기 위해 spreader jack 을 사용할 것을 권한다. 축로된 각 줄의 연와가 충분히 조여져 있나를 확인한 후 틈새가  $\frac{1}{4}$ " ~  $\frac{1}{2}$ " 이내가 되도록 key brick



<그림-5> screw-jack installation stage 3



<그림-6> screw-jack installation completion

을 선택하여 마무리한다. 연와들이 충분히 조여 질 수 있도록 radial joint 에 metal plate 를 삽입하여 마지막 마무리를 끝낸다.

<주의>

한개의 radial joint 에 두개 이상의 metal plate 를 사용해서는 안된다.

2) the wood or metal centre method

① 장점

- i) kiln 을 회전시킬 필요가 없다.
- ii) 축로 길이에 제한이 없다.
- iii) kiln 출입이 자유롭다.
- iv) kiln 에 대한 동력이 필요 없다.

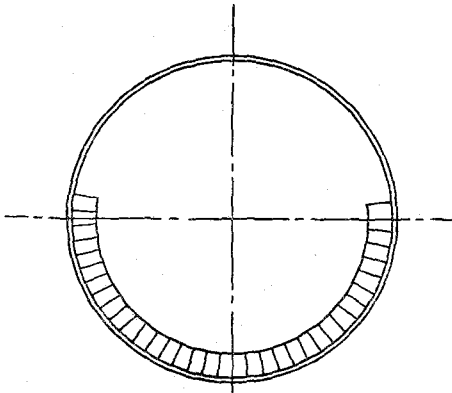
② 단점

- i) 마지막 key plate 삽입이 약간 어렵다.
- ii) kiln 상부에 corrective shim 설치가 어렵다. shim 들이 자주 떨어진다.

③ 축로 순서

i) stage 1

screw-jack 방법의 stage 1 과 똑같은 방법으로 축로한다. kiln 하반부의 축로 길이에 하등의 제한이 없다.



<그림-7> centre method of installation stage 1

ii) stage 2

일련의 screw-jack 이나 목재(cross timber)를 kiln 중심선 A-B 하부 3'~4' 에 설치한다. 그리고 작업을 안전하게 수행하기 위하여 발판을 설치한다. centre 는 상부 중심과 하단부에 췌기를 박고 축로 첫재 줄을 효과적으로 손질할 수 있도록 centre 를 설치한다. centre 는 단단히 조여 주어야 되고 이때 직경은 kiln 내경보다 2''~4'' 작게 된다. 축로 작업은 kiln 양쪽에서 동시에 상

부로 진행한다. 각 연와를 kiln shell 에 대하여 이중 췌기로 단단히 부착시킨다. 축로 작업은 상부 중심이 12'' 정도의 간격이 되도록 계속하고 마지막 마무리를 하기 전 축로된 연와의 ring 들이 완전히 조여져 있나를 확인 하는 것이 중요하다. 이때는 spread jack 을 사용하는 것이 중요하다. 마지막 마무리는 screw-jack 사용법에서 설명한 것과 같은 방법으로 행하고 centre 를 다음 ring 으로 옮겨 위에서 설명한 방법을 되풀이한다.

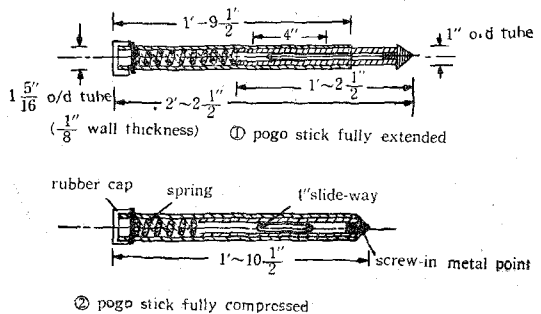
3) center method 의 변형

① bricking rigs

큰 직경을 가진 kiln 의 출현과 이에 따른 빈번한 연와 작업 및 운휴 시간을 단축시키기 위하여 centre method 가 bricking rigs 의 형태로 구체화 되었다. 근본적으로 이것은 metal centre method 이다. 이것은 가끔 rail 을 연결하여 사용하는 이동 운반대가 부착된다. 이것은 연와공에게 연와를 공급하기 위한 기계적인 system 이다. centre method 에서 사용하는 목재 췌기는 여기서는 기계적이나 수력학적으로 운동하는 壓版이 대신한다. 축로법이나 마무리 방법은 편리한 centre method 에서 설명한 바와 같다.

② pogo stick method

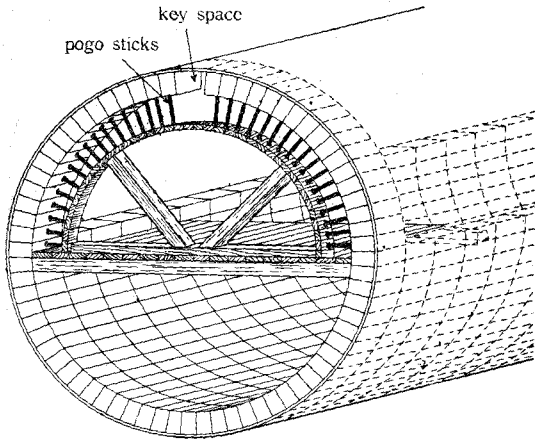
pogo stick 은 centre method 에서 사용하는 목재 췌기를 支柱가 달린 spring 으로 대체한 것이다. 이경우 아래에서 보여 주는 크기의 pogo stick 을 사용하고 wooden centre 는 직경이 축로된 연와의 내경보다 2''~0'' 작다.



<그림-8> pogo stick

이 방법은 편리한 centre method 나 bricking rigs 보다 더 큰 장점을 가지고 있다.

- i) 자금이 적게 든다.
- ii) 축로가 빠르다.
- iii) spring 을 단 pogo stick 은 spreader jack 을 사용했을 때 안전하게 운전할 수 있다.
- iv) wide centre 에서 두줄 축로가 가능하다.



<그림-9> pogo stick method of installation completion

③ epoxy 수지 방법

i) 장점

- A) 긴 축로에서 대단히 빠르다.
- B) epoxy 수지 설치 후 kiln 을 언제나 회전시킬 수 있다.
- C) 자금이 적게 들고 자금을 순환시킬 수 있다.

ii) 단점

- A) 짧은 축로에서 느리다.
- B) kiln 회전에 유효한 동력이 없을 때는 사용할 수 없다.
- C) 마무리 작업을 하기전 연와를 조여 주기 위하여 spreader jack 을 사용할 수 없고 과도하게 힘을 주면 접착제 결합이 파괴된다.
- D) 축로에 panelled 범을 사용치 않으면 단열 backing 을 할 수 없다.
- E) tar 를 입힌 341 dolomite 연와 같은 것은 epoxy 수지 방법을 사용 할 수 없다. 이같은 경우 kiln shell 에 접착제를 붙일 수 있는 magnesite chrome 연와를 사용하는 것이 필요하다.

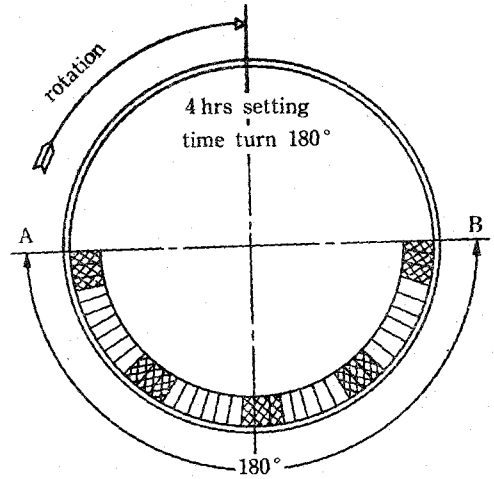
F) 외관상 지지되어 있지 않은 연와 속에서

작업하는 것은 심리적으로 용기를 잃게 한다. 보조판을 설치하는 것이 바람직하다.

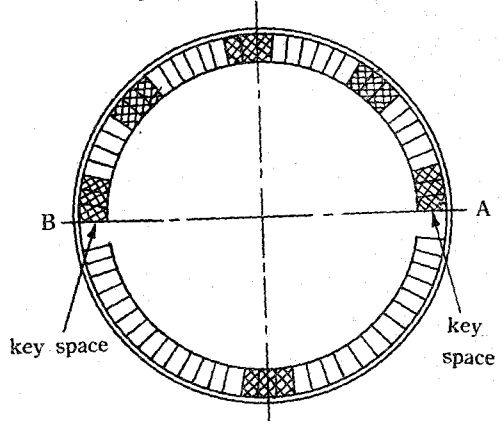
epoxy 수지 방법 선택에는 2가지가 있다. 어떤 방법을 채택하든 epoxy 수지 접착제를 바르기 전 kiln shell 에 붙어 있는 mortar 이나 scale 을 완전히 제거하고 전체적으로 wire brush 로 꼭 닦아내야 한다. 또한 epoxy 수지 접착제와 응고재를 철저히 혼합해야 하며 굳기 전에 즉시 사용한 만큼의 양을 준비해야 한다. kiln 내의 주위 온도가 epoxy 수지 아교 응결 한계 이내이어야 하고 모든 변화 조건들이 만족한가를 확인하기 위하여 축로전 시험용 brick 을 shell 에 접착제로 붙여 볼 필요가 있다.

iii) 방법 I

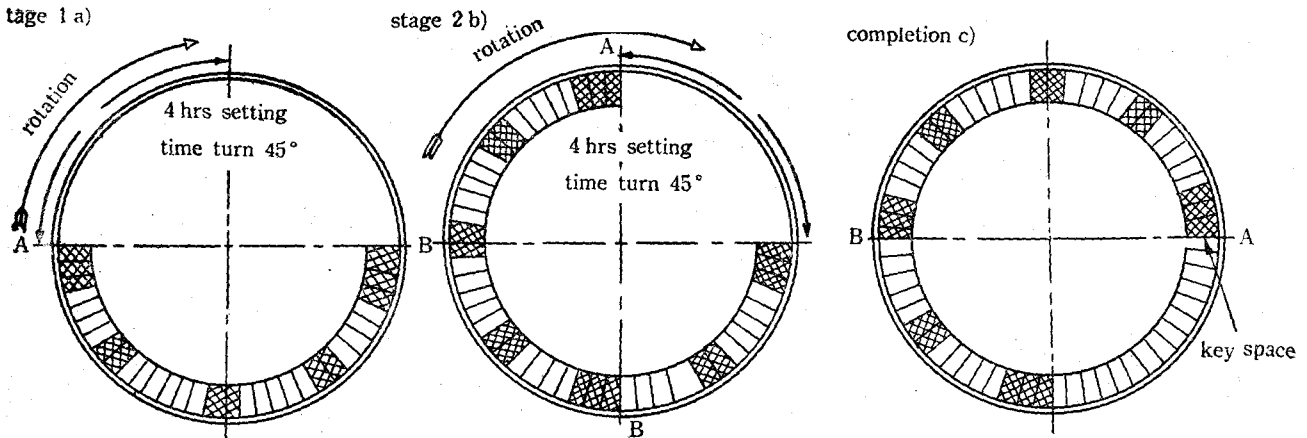
① stage 1



② completion



<그림-10> epoxy-resin glue method of installation method 1



<그림-11> epoxy-resin method of installation method-2

이 방법은 별로 자주 사용되지 않는다. 그 첫째 이유는 epoxy 수지 아교가 굳기를 기다리는 대기 시간이 한번이지만 마무리할 부분이 두곳으로 많은 시간이 걸리기 때문이다.

iv) 방법 2

가장 보편적으로 사용되는 방법이다. 회전 순서는 screw-jack 방법과 유사하다. 접착제가 굳기를 기다리는 시간이 두번이지만 마무리할 곳은 한 곳이다. <그림-10, 11>에서 사진을 그은 연와들을 똑바로 kiln shell 에 고착시킨다. 옆의 연와들은 편리한 방법으로 놓는다. epoxy 수지 접착제는 연와 표면 중 冷所에 최소한 50%에  $\frac{1}{8}$ " 정도 두께로 발라서 사용해야 한다.

4. 여러 가지 형태의 연와 축로에 대한 일반적인 서술

1) 내화 연와와 high alumina 연와

이 연와들은 건조 상태 또는 mortar 을 발라 축로한다. cement 를 발라 축로할 때는 이것의 최대 두께가  $\frac{1}{16}$ " 를 넘지 않도록 하는 것이 중요하다.

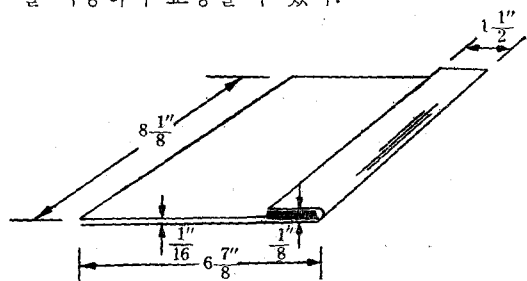
회전비의 적절한 측정 및 kiln 축에 대한 평행의 유지는 mortar 사용을 최소한으로 감소시킬 수 있다. 두껍게 발린 mortar 은 회전로 lining 의 응력을 받아 파괴되며 적절한 metal shim 을 사용하여 mortar 사용량을 줄일 수 있으나 metal 사용량은 최소가 되도록 해야 한다. 만일 철저한 교정이 필요하다면 축로를 배열하기 위하여 연와

를 가공하는 것이 가장 만족스러운 것이다. 마지막 마무리는 가공 연와를 사용한다. key brick 은 본래 size 의  $\frac{2}{3}$  이하로 가공하는 것은 금물이다.

2) 열기성 연와

① radial joints

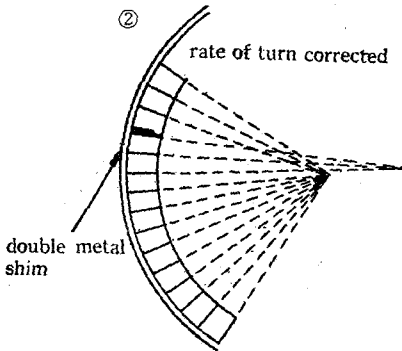
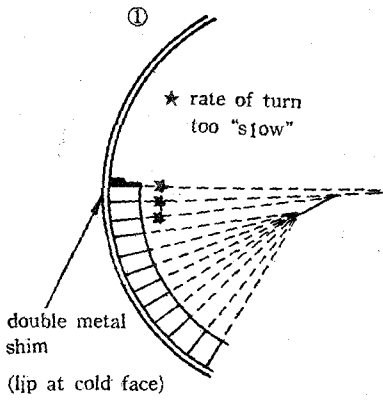
각 ring 에서 모든 연와의 방사면은 정확하게 放射狀이 되어야 한다. 방사면에서의 편기는 연와 size 의 미소한 변화, shell 의 굴곡, kiln shell 의 타원형 등에서 일어날 수 있다. 방사면에서의 편기는 간단한 계기를 사용하여 검사할 수 있다. 편기가 일어나면 각 연와의 hot face 면에서 "liping" 현상을 볼 수 있는데 이중 metal shim 을 사용하여 교정할 수 있다.



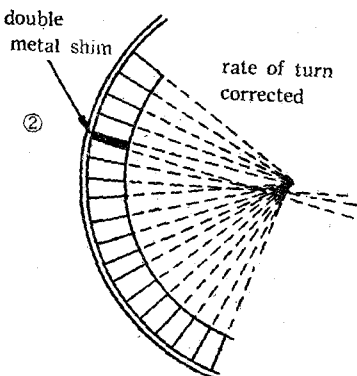
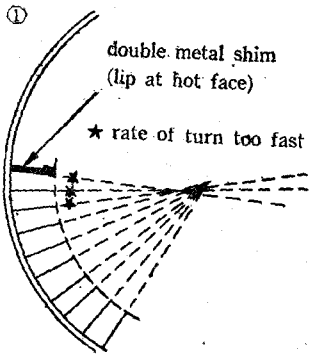
<그림-12> double metal shim (for 9x7x3/8 side arch)

회전비가 너무 느릴 경우 double metal shim 을 metal plate 로 대체하고 접혀진 부분은 연와의 cold face 에 위치시킨다.

만일 회전비가 너무 빠를 경우 double metal shim 을 metal plate 로 대체하고 접혀진 부분은



<그림-13>



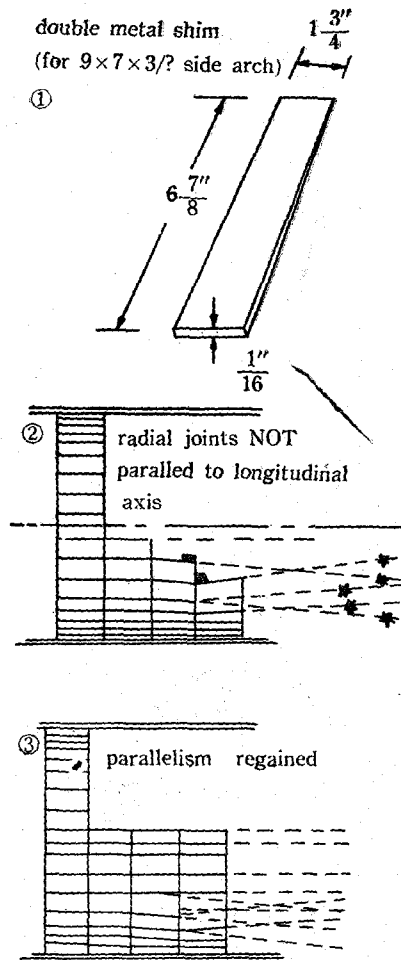
<그림-14>

연와의 hot face 에 위치시킨다. 한 ring 에 10개 의 double metal shim 사용은 허용되나 이의 과도한 사용은 피해야 한다.

② parallel joint

두 연와 사이의 radial joint 는 kiln 세로측에 평행으로 놓여 있어야 한다. 만일 편기가 있을 때는 single metal shim 을 사용하여 교정한다. single metal shim 은 연와 하부에 삽입해야 하고 kiln 에 대하여 연와의 hot face 에서 cold face 로 우회전해야 한다.

<N. B.>



<그림-15>

교정이 필요하다는 것을 빨리 발견하여 조치할 수록 축로 작업이 그만큼 더 쉬워지고 좋아진다.

③ 마지막 마무리

spreader jack 을 사용한 후 key brick 이 아직 많은 면적을 차지하고 있다면 다음 줄 축로를 위하여 metal plate 를 제거했을 때 그 간격은 더욱 커진다. 마지막 마무리 면적과 key brick 의 선택은 metal plate 가 필요한 만큼 되어야 하고 이 경우 어떤 radial joint 에서도 두개 이상의 metal plate 를 사용하는 것은 좋지 않다.

④ 축로 연와의 마지막 점검

특히 새로운 kiln shell 이나 아주 긴 길이의 축로 후 kiln shell 이 축로 기간 중 상당히 타원형을 나타낸다. 축로된 길이가 연장됨에 따라 타원형의 경향이 감소된다. 축로 초에 다시 검사하여 metal plate 로 조여 주는 것이 중요하다.

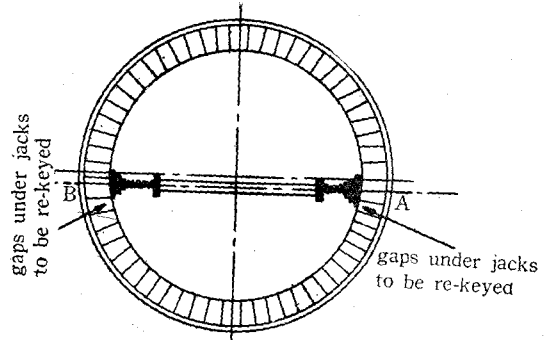
⑤ 축로된 연와의 재교정(필요한 경우)

처음 마무리 과정에서 상당히 주의를 했다고 하나 한줄에서 한 두개의 연와는 느슨해지는 것을 느낄 수 있다. 상부 중심에서 축로 기구를 제거함에 따라 kiln shell 에서 연와가 약간 떨어지는 것을 느낄 수 있다. 이런 상태에 대한 대비책을 kiln 가동 전에 취하는 것이 필요하다. 이 작업에 다음 방법을 추천하는데 이것은 빠르면서도 효과적이다.

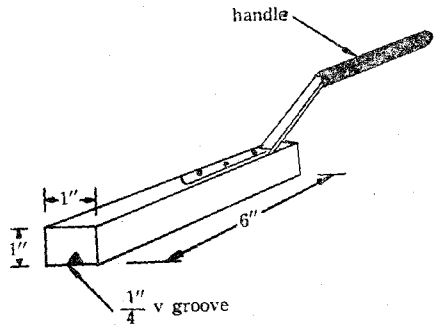
kiln 축로에 사용했던 모든 기구를 완전히 제거하고 남아 있는 부스러기를 완전히 청소한다. 그리고 각 연와가 kiln shell 에 닿는 소리가 들릴 때까지 무거운 나무망치로 두들겨 박는다. 이 과

정을 kiln 최하부 중심에서부터 kiln 수평부까지 양쪽으로 계속한다. jack 받침목을 설치하고 screw-jack 을 3' 중심에 튼튼하게 설치한다. jack 받침목 상하 각 줄에 단단히 썬기질하고 screw-jack 을 다시 조인다.

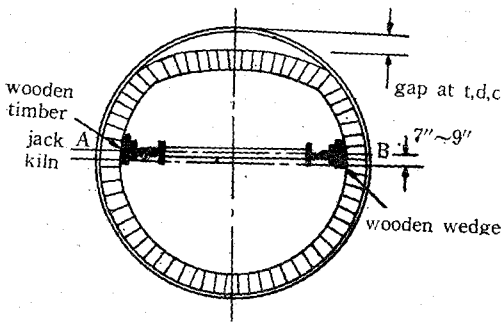
kiln shell 을 180° 회전시키고 하부 중심에서 상부로 각 연와에 닿기질하는 작업을 하반부에서 반복한다.



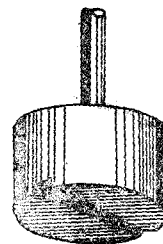
<그림-17>



① striker plate-hand use



<그림-16>



② striker tool for attachment to electric or pneumatic hammer

<그림-18>

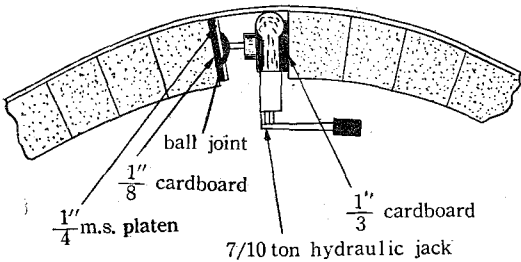


축로부터 느슨해진 것은 목재 하부에 틈새로서 명확하게 나타난다. 느슨해진 곳에 metal plate 를 박는다. radial joint 에 두개 이상의 metal plate 를 사용해서는 안된다.

⑥ 마지막 마무리 과정에서 사용하는 striker plate 마무리 metal plate 를 삽입할 때 metal hammer 로 계속해서 두드려 박으므로 plate 가 손상을 주어 신속하고 효과적인 삽입이 굉장히 어려워지는 경우가 허다하다. 이 어려움을 제거하기 위하여 striker plate 를 사용할 것을 권한다.

⑦ spreader jack

epoxy 수지 방법을 포함하는 모든 축로 방법에서 축로된 연와를 적당히 조이기 위하여 spreader jack 사용을 추천한다. 이것은 통상 약 3" stroke 에  $\frac{7}{10}$  ton 압력의 portable jack 으로 되어 있다.



<그림-19> use of spreader jack

load 는  $\frac{1}{4}$ " 두께의 bearing plate 에 가해져야 하고 jack 의 동체는 보통 또 하나의 bearing 면을 가지고 있다. 한점에 집중적으로 하중을 받아 연와가 갈라지지 않도록 연와를 향한 jack bearing 동체와 bearing plate 는 cardboard 와 접촉해야 한다. spreader jack 에 압력을 가함에 따라 연와에 가벼이 망치질을 해주어 느슨하게 해주고 연와가 인지할 수 있을 만큼 움직였을 때 더욱 압력을 가한다. jack 의 압력은 부드럽게 가해야 하고 일시에 최대 압력을 가해서는 안된다.

3) kiln 축로시의 내화 연와와 단열 연와의 이중 lining 방법

많은 kiln 에서 내화 연와나 단열물을  $1\frac{1}{2}$ "~

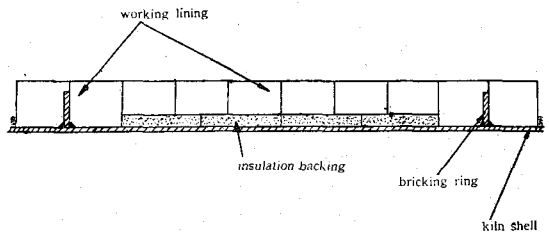
$2\frac{1}{2}$ " 두께로 burning zone 연와 밑에 backing 하고 transition zone 이나 pre-heat zone 에서 내화 연와나 high alumina 연와 밑에 단열 물질을 backing 하여 운전하는 것을 볼 수 있다. 이 경우 단열 물질을 먼저 깔고 축로한다. screw-jack 을 사용했을 때 단열 물질이 부서지지 않도록 안전하게 jack 을 채울 수 있도록 주의하다. 보호되어 있지 않은 단열 물질 위를 걸거나 밟는 것은 좋지 못하다. 축로 작업의 마무리 작업 전에 정확한 size 로 가공한 연와로 단열 물질의 가 ring 을 덮는다.

① 단열 물질의 기계적 안전성

단열 연와는 비교적 기계적 강도가 낮고 내마모성이 적으므로 축로 중 위험을 최소한으로 줄이기 위하여 panelling 방법을 채택하는 것이 좋다.

i) 방법 1

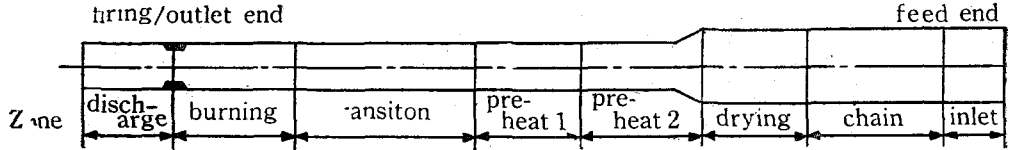
bricking ring 을 kiln 길이에 따라 이중 lining 할 곳에 적당한 간격(예 50'~0")으로 설치한다. working lining 과 동질의 연와를 bricking ring 안쪽에 쌓는다. 이 두 ring 의 두께는 working lining 의 두께와 단열물 두께의 합과 같다. 이중 lining 을 working lining 과 동질의 연와로 단일 축로된 부분까지 편리한 방법으로 축로한다.



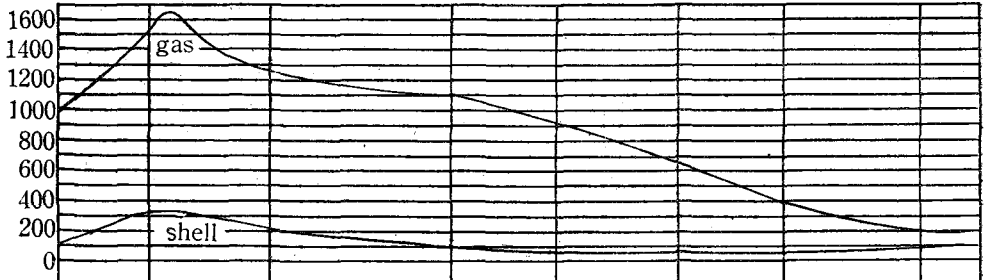
<그림-20> circumferential panelling of insulation backing

ii) 방법 2

단열 backing panelling 에 대한 제 2의 방법은 방법 1 에서와 같이 세로축에 support 를 만들고 부가해서 radial support 가 필요하다. 이 경우 working lining 과 동질의 두줄의 연와와 단일 축로의 working lining 및 단열 lining 이 축로된다. 약 60° 의 각도로 working lining 과 동질의 연와로 한줄을 단일 축로한다. 이 방법은



temp °C



coating	약	간	극	심	심	약	간	심	약	간	약	간	약	간
화 학 적 침 식	약	간	극	심	심	약	간	심	약	간	약	간	약	간
spalling 性	극	심	극	심	심	약	간	약	간	약	간	약	간	약
마 찰 성	극	심	심	약	간	심	약	간	심	약	간	극	심	약

<그림-21> 습식 rotary kiln에서의 일반적인 data

약한 단열 물질에 적합한 지지를 필요로 하고 screw-jack 방법에 의하여 축로된 lining의 경우 세로축에 단일 축로된 연와는 단열 물질을 파괴시키지 않고 jack을 채우는데 사용될 수 있다.

### iii) staggered joint construction

어떤 공장에서는 staggered joint 방법으로 축로한다. 이 방법의 주요 장점은 축로된 연와의 각 ring이 인접한 ring에 전혀 영향을 주거나 영향을 받지 않는다는 것이다. 만일 인접한 ring 사이에 lipping 현상을 완전히 방지할 수 있다면 각 ring을 완전히 조여 주는 것은 아주 쉽다.

위에서 이미 열거한 이유로, 목재들과 쇠기로 각 ring을 안전하게 받히는 것이 어렵기 때문에 screw-jack 방법을 병행하여 사용하는 것은 좋지 않다. 이것은 위험스러운 정도로 불안하게 축로된 연와 밑에서 사람이 작업을 하는 결과를 초래하나 실제로 시작하는데 시간이 많이 걸리고 하반부 축로가 어려운 staggered joint 방법은 별로 필요치가 않다. shell의 윤곽에 따라, metal shim을 닦치는대로 사용하는데 따라, taper의 사용비 변화에 따라 인접한 두 ring의 joint 사이에 틀림 없이 difference가 있게 된다.