

CEMENT 설비 이형 BRICK 설계방법

박 형 곤
<조선내화(주)>

1. 서 론

CEMENT 설비에는 다품종의 이형 BRICK 이 사용되고 있다. 이들 이형 BRICK 에 대한 최적의 형상, 최대치수, 최적의 단중등을 결정하여 爐體의 특성에 따른 이상적인 BRICK 설계방법을 정립하여 제조, 설계, 시공 까지의 원활한 업무를 수행하는데 그 목적이 있다.

2. 이형 BRICK 이란?

1) 정의

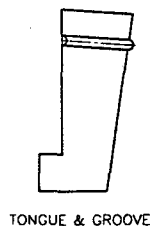
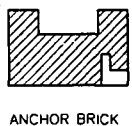
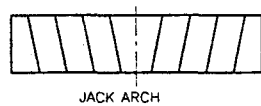
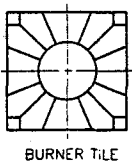
: KS 규격 이외의 BRICK

2) 분류

① 단순이형 : 표준형 이외의 BRICK으로 ARCH, DOME, CIRCLE 등의 형태임.

② 복잡이형 : 복잡한 형상의 BRICK으로 PRESS 로 성형할 수 없는 것들이 많다.

- TONGUE & GROOVE BRICK
- ANCHOR & HANGER BRICK
- BURNER TILE
- JACK ARCH BRICK
- 測溫孔 에 적용되는 BRICK
- 丹形, 球形 의 BRICK

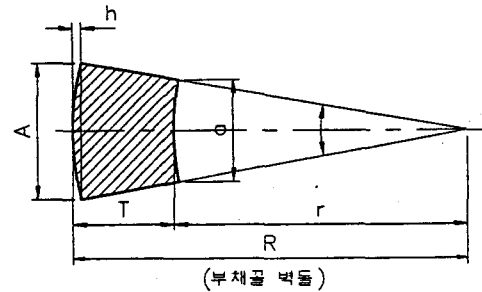


3. CIRCLE BRICK 설계방법

1) CIRCLE BRICK : 원통의 내장에 사용되는 이형 BRICK 으로 부채꼴 형태임.

2) 사용부위 : CYCLONE or GAS DUCT 원통부위

3) 설계기준



① R 과 A 와의 상대관계가 있으나 R 이 작은 경우, h 의 치수가 2mm 이상인 경우에 적용함.

② A 의 치수는 최대 250mm 로 한다.

③ 계산근거

$$a = \frac{rA}{r + T} = \frac{rA}{R} \quad (\text{inside chord})$$

$$A = \frac{(r + T)a}{r} = \frac{Ra}{r} \quad (\text{outside chord})$$

$$r = \frac{aT}{A - a}, \quad d = 2r$$

$$R = r + T, \quad D = 2R$$

$$Nr = \frac{2\pi T}{A - a} \quad (\text{근사값})$$

$$N_r = \frac{\pi D}{A} = \frac{\pi d}{a} \quad (\text{근사값})$$

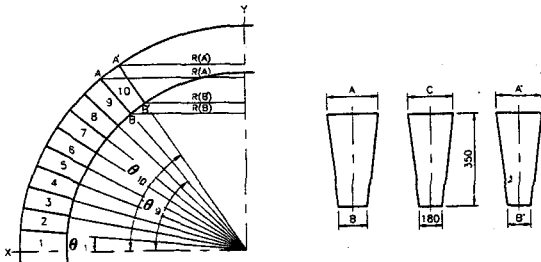
Nr : 1 돌레를 쌓는데 소요되는 벽돌의 수

4. DOME BRICK 설계방법

1) DOME BRICK : 半球 또는 그보다 낮은 球狀으로 된 천정 등의 DOME 에 사용되는 BRICK 임. BRICK 의 세로방향으로 4면에 TAPER 되어 있는 형상임.

2) 사용부위 : CYCLONE CONE, DOME 천정 부위

3) 형상, 치수 결정방법



① A, D, E 치수를 결정함. (A = 100, D = 350, E = 180)

- ② A, E 치수 결정시 고려사항
 - PRESS 성형능력
 - 자중에 의한 구조적인 문제와 설계경험

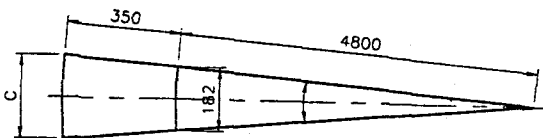
③ θ_1 을 구한다.

$$\tan^1 \theta_1 = 182/4800 = 2.17^\circ$$

④ C 의 길이를 구한다.

$$4800 : 182 = 5150 : C$$

$$C = 195.27 - 2 = 193.27 = 193.5$$



⑤ BRICK 치수의 소수점 계산법

- 0 ~ 0.24 = 0
- 0.25 ~ 0.74 = 0.5
- 0.75 ~ 0.99 = 1.0

⑥ 9단 및 10단의 각도를 구한다.

$$9\text{단} = \theta_1 \times 9 = 19.54^\circ$$

$$10\text{단} = \theta_1 \times 10 = 21.71^\circ$$

⑦ y축을 기점으로 한 R(A), R(A'), R(B), R(B')를 구한다음 A', B, B'의 치수를 구한다.

$$R(A) = 4853.3$$

$$R(A') = 4784.6$$

$$R(B) = 4523.5$$

$$R(B') = 4459.4$$

$$\frac{4853.3}{100(A)} = \frac{4784.6}{A'} = \frac{4523.5}{B} = \frac{4459.4}{B'}$$

∴ A = 100, A' = 98.5, B = 93.0, B' = 92.0

⑧ 원주방향의 필요매수

$$2\pi R/\text{형상치수}$$

$$2\pi R(A)/A = 305 \text{ 枚}$$

$$2\pi R(A')/A' = 305 \text{ 枚}$$

$$2\pi R(B)/B = 305.5 \text{ 枚}$$

$$2\pi R(B')/B' = 304.5 \text{ 枚}$$

이들 값이 모두 같을때 가장 양호한 치수가 된다.

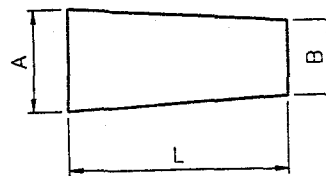
5. ARCH, WEDGE, BRICK 설계방법

1) ARCH BRICK : BRICK의 두께가 가로방향으로 TAPER가 되어있는 BRICK으로 가로형 벽돌임.

2) WEDGE BRICK : BRICK의 두께가 세로방향으로 TAPER가 되어있는 BRICK으로 세로형 벽돌임.

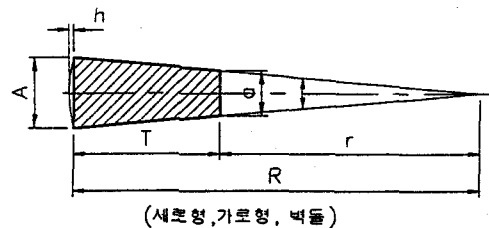
3) 사용부위 : CYCLONE, GAS DUCT의 원통부위

4) TAPER 결정방법



A-B의 차이가 크면 성형시 B의 부분에 粗粒이 들어가서 약해지므로 이 차는 最大 L에 대하여 30% 까지로 한다.

5) 계산근거



(세로형, 가로형, 벽돌)

$$a = \frac{rA}{r+t} = \frac{rA}{R} \quad (\text{inside chord})$$

$$A = \frac{(r+T)a}{r} = \frac{Ra}{r} \quad (\text{outside chord})$$

$$r = \frac{aT}{A-a}, \quad d = 2r$$

$$R = r + T, \quad D = 2R$$

$$Nr = \frac{2\pi T}{A-a} \quad (\text{근사값})$$

$$Nr = \frac{\pi D}{A} = \frac{\pi d}{a} \quad (\text{근사값})$$

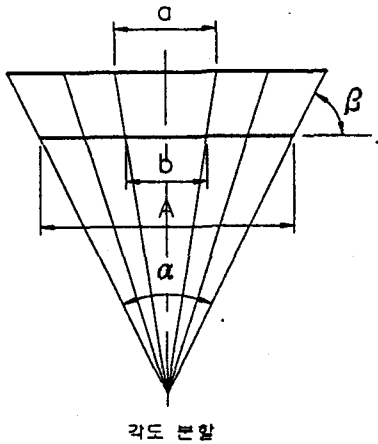
Nr : 1 돌레를 쌓는데 소요되는 벽들의 수

6. JACK ARCH BRICK 설계방법

1) JACK ARCH : 요로의 ARCH 구조의 일종으로 ARCH의 상.하면 또는 하면이 직선으로 되어 있는 구조임. 일반적으로 SPAN이 작은 장소에서 ARCH의 RISE가 허용되지 않는 경우에 사용되는 방법임.

2) 설계방법

① 각도 분할법



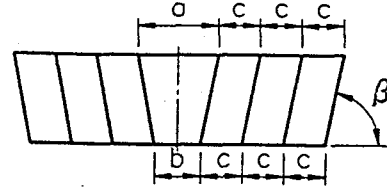
* A 치수에 대해 균등하게 분할되지 않고 각도 α에 대해서 균등하게 분할함.

* A 치수가 큰 경우 (1300mm 이상) 는 각도

β에 대해서 평행분할함.

* β는 60° ~ 70°의 범위로 한다.

② 평행 분할법



평행 분할

* A 치수가 큰 경우 (1300mm 이상) 적용함.

* a = 200 >, b = 75 <, c = 200 >로 적용함.

7. ROTARY KILN BRICK 설계기준

1) BRICK 形状

① CIRCLE BRICK

· 過去 설계방식

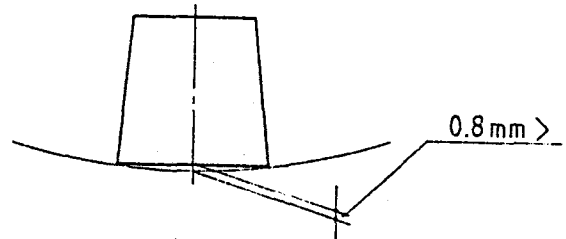
· KILN DIAMETER가 작은 경우 적용

② ARCH BRICK

· 現在 설계방식

③ ARCH BRICK 설계방식

· 基準



· 理由

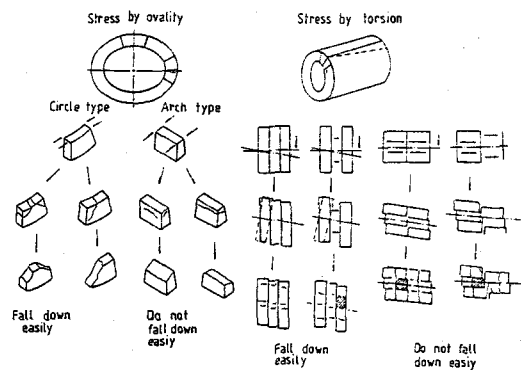


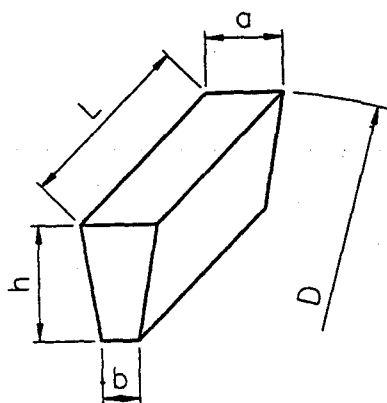
Illustration of damage progression comparison of circle and arch type

2) BRICK HEIGHT

내화물 Lining 두께를 결정하는 BRICK HEIGHT 는 KILN DIAMETER에 적합하게 한다.

適用높이 (mm)	KILN DIAMETER (M)	備考
200 ≥ (180)	3 ~ 6 >	
220 ≥ (200)	3.6 ~ 4.2	
230 ≥ (220)	4.2 ~ 5.2	
250 ≥ (250)	5.2 <	

3) ROTARY KILN 표준형 BRICK



① VDZ-SHAPE

• constant average

$$\text{wedge} = \frac{a+b}{2}$$

$$\frac{a+b}{2} = 71.5\text{mm for basic bricks}$$

• brick lengths L = 198mm

(with 2mm joint, 5 rows per meter of kiln length)

• three brick height

h = 160mm, 180mm, 200mm
unit diameters D = 2m, 4m, 6m

② ISO-SHAPE

• constant outer wedge

a = 103mm

$$(103\text{mm} + 1.7\text{mm gap} = \pi/3)$$

• brick length L = 198mm

• brick height H = 160mm, 180mm, 200mm, 225mm, 230mm, 250mm

• unit diameters D = 2m, 4m, 6m, 8m

(number of bricks per ring = D(mm) × 0.03)

③ Mixing ratio calculation

X = brick size for smaller diameter

Y = brick size for larger diameter

Xa = "a" dimension of brick size "X"

Xb = "b" dimension of brick size "X"

Ya = "a" dimension of brick size "Y"

Yb = "b" dimension of brick size "Y"

D = inside kilnshell diameter

d = inside kilnshell diameter - 2 × brick thickness

$$X = \frac{\frac{D}{\pi(d-Yb \quad Ya)}}{\frac{Xa}{Xb - Ya \cdot Yb}} = \text{pieces per ring}$$

$$Y = \frac{\frac{D}{\pi(d-Xb \quad Xa)}}{\frac{Ya}{Yb - Xa \cdot Xb}} = \text{pieces per ring}$$

④ ISO-SHAPE는 일반적으로 적용되는 TYPE임.

VDZ-SHAPE는 basic brick에 사용되는 경우가 있고 joint부가 많아서 flexibility가 양호하기 때문에 shell의 deformation이 심한 경우에 적용됨.

4) 설계 BRICK

① 치수결정

kiln diameter(mm)	a (mm)	L (mm)	h (mm)
3 ~ 4.2	100	228	200
4.2 ~ 5.2	110	198	230 (220)

"b" 의 치수는 kiln diameter 와 "a" 의 치수가 결정됨에 따라 계산에 의해 산출됨.

② 圓周方向 調整 brick

• 施工時 원주방향에 brick 가공이 발생되지

양도록 large size small size를 설계하여 迅速하고 精密한 시공을 가능하게 한다.

- large size : 기준 brick "a" size의 115%로 설계
- small size : 기준 brick "b" size의 90%로 설계
- 數 量 : 각각 2pcs/ring 으로 설계
- 軸方向 調整 brick은 기준 brick의 2/3 이상 cut 하여 사용함.

5) 표준형 brick 과 설계 brick 의 장.단점

	장 점	단 점
표준형 brick	1. 호환성이 있다. 2. 형상수가 감소된다. 3. 금형 이용이 가능하다.	1. 시공이 복잡하다.
설 계 brick	1. 1종류이기 때문에 시공이 간단하다	1. 호환성이 없다.

8. PRESS와 RAMMING의 구분

PRESS와 RAMMING의 구분은 형상 및 재질, 성형매수에 의해 결정됨. 따라서 수량이 많은 이형 BRICK은 금형의 제작이 용이하도록 설계 검토되어야 함.

1) 성형매수에 따른 분류

① 규석질 BRICK

成形枚數	金型 (SKD)	金型 (鑄物)	木型 (鐵)	木型	備考
50 以下				○	
50 ~ 300		○	○		
300 以上	○				

② HI-AL, 점토질 BRICK

成形枚數	金型 (SKD)	金型 (鑄物)	木型 (鐵)	木型	備考
50 以下				○	
50 以上			○		
1000 以下		○			
1000 以上	○				

2) 木型 1SET 당 成形 可能 數

① 규석질 BRICK

品質名	成形枚數	備考
규석질	200 >	

② 粘土質, HI-AL 질 BRICK

品質名	成形枚數		備考
	木型 (鐵)	木型	
HI-AL, 粘土質	300 + 20	60 + 10	

9. PRESS 적용방법

PRESS 적용은 성형성 재질, 크기에 따라 결정되나 가장 중요한 각 종류별 PRESS에 대한 최적, 최대 SIZE 및 최적, 최대 단중에 대해 검토함.

1) 종류별 PRESS 에 대한 최적 치수

① FRICTION PRESS

품 질	치수	길 이	폭	두 계
규석질		300 ~ 350	150	140
HI-AL점토질		350 + 50	200 + 30	100 + 20

② 油壓 PRESS

종류	치수	길 이	폭	두 계
500 Ton		300	150	100
1000 Ton		350	140	100
1200 Ton		400	150	100
2000 Ton		500	200	100

③ TOGGLE PRESS

품 질	치수	길 이	폭	두 계
점토질, HI-AL질		200	100	80

④ IMPACT PRESS

치수 품질	길이	폭	두께
규석질	300 ~ 350	150	150
HI-AL (普通 PRESS)	300	200	100
점토질(普通 PRESS)	350	200	100
HI-AL (大形 PRESS)	450	300	150
점토질(大形 PRESS)	300	200	90 ~ 100

2) 종류별 PRESS 에 대한 最大 치수

① FRICTION PRESS

종류	치수	길이	폭	두께
100 Ton		150	150	80
200 Ton		400	300	200
300 Ton		400	300	200
500 Ton		500	400	200
750 Ton		600	400	220
1000 Ton		600	500	250

② 油壓 PRESS

종류	치수	길이	폭	두께
500 Ton		500	230	135
1000 Ton		600	350	150
1200 Ton		650	350	150
2000 Ton		600	400	150

③ TOGGLE PRESS

품질	치수	길이	폭	두께
	400 Ton	250	120	80

④ IMPACT PRESS

품질	치수	길이	폭	두께
규석질		350	200	170
HI-AL (普通 PRESS)		450	350	170
점토질 (大形 PRESS)		600	600	300

3) 종류별 PRESS 에 대한 최적,최대 단중

① 최적단중

PRESS	품질	규석질	HI-AL 質 점토질
FRICTION PRESS		15Kg 前後	15Kg 前後

② 최대단중

PRESS	품질	규석질	HI-AL 質 점토질
FRICTION PRESS		40Kg	40Kg

10. RAMMING 적용방법

각 품질에 대한 최적,최대 SIZE 및 최적,최대 단중에 대해 검토함.

1) 품질에 대한 최적,최대 치수

① 최적치수

품질	치수	길이	폭	두께
규석질		400	250	120 ~ 150
HI-AL 質 점토질		450	250	100 ~ 150

② 최대치수

품질	치수	길이	폭	두께
규석질		800	500	200 ~ 250
HI-AL 質 점토질		1000	1000	300

2) 品質에 대한 최적,최대 단중

① 최적단중

品質	單重
규석질	15 ~ 20 Kg
HI-AL, 점토질	25 Kg

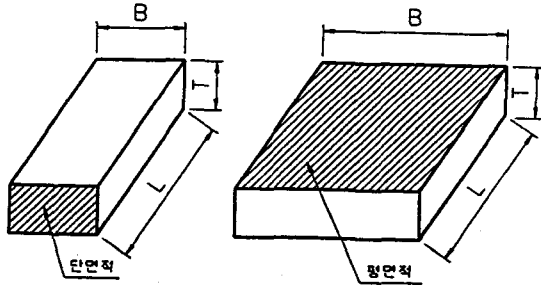
② 최대단중

品質	單重
규석질	70 Kg
HI-AL, 점토질	80 ~ 100 Kg

11. 이형 BRICK 설계시 고려할 사항

1) 細長比

斷面積 과 길이 및 平面的 과 두께의 比를 말함.



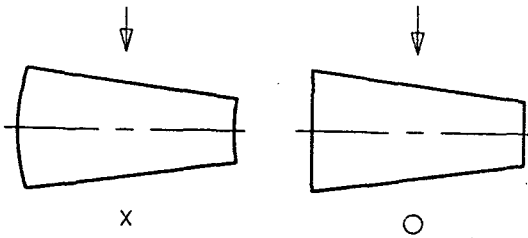
① 斷面積 과 길이 (L 에 대한 B.T 의 關係)

품 질	치 수 B	치 수 T	最大可能 B 치수	最小可能 T 치수
규 석 질	15% <	15% <	RAM.20mm<, PRESS 30<	RAM.20mm<, PRESS 30<
HI-AL질, 점 토 질	15% <	15% <	RAM.30mm<, PRESS 30<	RAM.30mm<, PRESS 30<

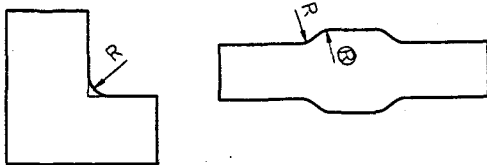
② 平面積과 두께 (L, B 에 대한 T 의 關係)

품 질	치 수 L 또는 B 중 큰 쪽 치수에 대한 "T"	最大可能 T 치수
규 석 질	10 ~ 15% <	RAM.40mm<, PRESS 30<
HI-AL질, 점 토 질	15% <	RAM.30mm<, PRESS 30<

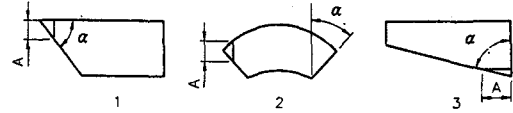
2) PRESS 成形成品의 경우 成形成方向에 대하여 R 은 반드시 直線으로 할 것.



3) 內角에는 반드시 R을 둔다. R은 가능한 한 크게 둔다. 外角에는 R을 두지 않는다. 단, PRESS 成形成品으로 상. 하板 1枚로 內.外角이 있을 때는 약간의 R을 둔다.



4) 성형에 필요한 모따기 치수결정



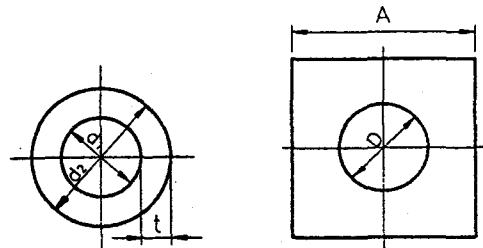
① 角度에 의한 "A" 의 값

	$\alpha < 45^\circ$		$45^\circ < \alpha < 80^\circ$	
	규 석	점 토	규 석	점 토
1	10mm	10mm	10mm	10mm
2	10mm	10mm	10mm	10mm
3	10mm	10mm	10mm	10mm

② 單重에 의한 "A" 의 값

	15Kg >		15kg <	
	규 석	점 토	규 석	점 토
1	10mm	10mm	10mm	10mm
2	10mm	10mm	10mm	10mm
3	10mm	10mm	10mm	10mm

5) 구멍이 있는 형상 (분할하지 않고 단체로 성형 가능한 경우) 치수 결정



① 各部 치수

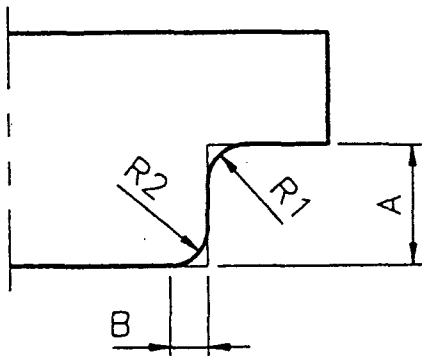
品 質	區 分	d_2	$\frac{d_2 - d_1}{2}$ (두께)
규 석 질	RAMMING	150 ~ 200	20 <
	PRESS	150 >	$d_2 \times 30\% <$
HI-AL질 점 토 질	RAMMING	400 >	$d_2 \times 15\% <$, 단 30mm <
	PRESS	400 >	$d_2 \times 15\% <$, 단 30mm <

品 質	區 分	A	$\frac{A-D}{2}$
규 석 질	RAMMING	250 ~ 500	40 <
	PRESS	250 >	$A \times 30\% <$
HI-AL질 점 토 질	RAMMING	400 >	$A \times 20\% <$, 단 30mm <
	PRESS	400 >	$A \times 20\% <$, 단 30mm <

② d_2 , A 의 最大, 最小 치수

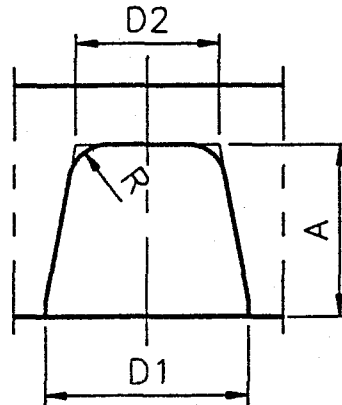
品質	區分	d의 最大	d_2 의 最小	A의 最大	A의 最小
규석질	RAMMING	200mm	50mm	300mm	40mm
	PRESS	500	50	500	80
HI-AL질 점토질	RAMMING	400	100	400	100
	PRESS	400	100	400	100

6) PRESS 成形 方向에 턱이 있는 경우 치수 결정



A	B	R_1	R_2
15mm 未滿	2 ~ 3	3 <	3 <
15mm 以上	3 ~ 5	5	5

7) HOLE 部에 대해서는 TAPER 를 들것.



	A 에 대한 %
규석질	3% <
HI-AL, 점토질	3% <

12. 결론

이형 BRICK의 설계방법을 검토, 정립하여 원활한 설계업무를 수행할 수 있으며 爐體의 특성에 따른 최적의 형상을 결정 爐의 구조적 안정을 꾀하고 성형방법에 따른 최적의 BRICK SIZE 를 결정, 설계에 반영하여 완벽한 품질관리와 USER 의 신뢰성 증대에 기여하리라고 판단됨.