

제4절. 보일러 구성요소

- 절탄기 (ECO)
- 드럼 (DM)
- 노 (Furnace)
- 과열기/재열기 (SH/RH)
- 증기온도 조절

1. 절탄기 (ECO ; Economizer)

가. 정의

연소가스의 여열을 이용하여 보일러 급수를 예열

나. 효과

1) 보일러 효율 상승

- 보일러 압력↑ ⇒ 증기온도↑ ⇒ 가스온도↑ ⇒ 배기손실↑
- 배기가스온도 20℃ 강하 ⇒ 보일러 효율 1% 증가
- 절탄기 전후 온도차에 따라 대략 5~15% 정도 효율 증가
⇒ 연료소비량이 동일하면 증발량을 5~15% 증대

2) 드럼 보일러에서 드럼과 급수의 온도차가 적어져 드럼의 열응력 발생 저감

1. 절탄기 (ECO ; Economizer)

다. 특징

1) 통풍저항 증가로 강제통풍 실시

- 배기가스온도가 낮기 때문에 큰 전열면이 필요
- 절탄기를 연도 내에 설치

2) 급수의 가열도에 따라 증발식과 비증발식(발전용)

- 절탄기 출구 급수온도 : 운전압력하에서 포화온도 이하

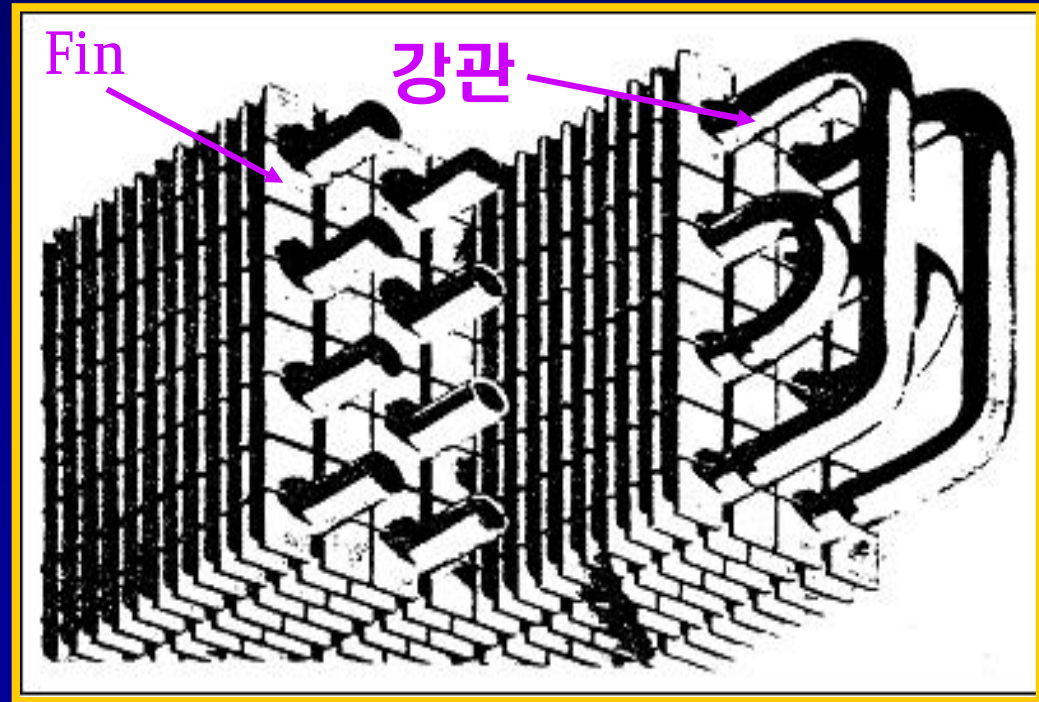
3) 절탄기 출구 연소가스 온도는 170℃ 이상 유지

- 전열면 표면에 접촉하는 가스온도가 노점 이하로 되면 연소가스 중의 수증기와 아황산가스가 결합한 황산증기가 금속표면에 응축하여 전열면을 부식(저온부식)

1. 절탄기 (ECO ; Economizer)

라. Fin 부착형 절탄기 구조

- 1) 전열면적 증대
- 2) 체적 감소
- 3) 강도 증대
- 4) 통풍손실 증대
- 5) 점검보수 어려움
- 6) Dust 부착

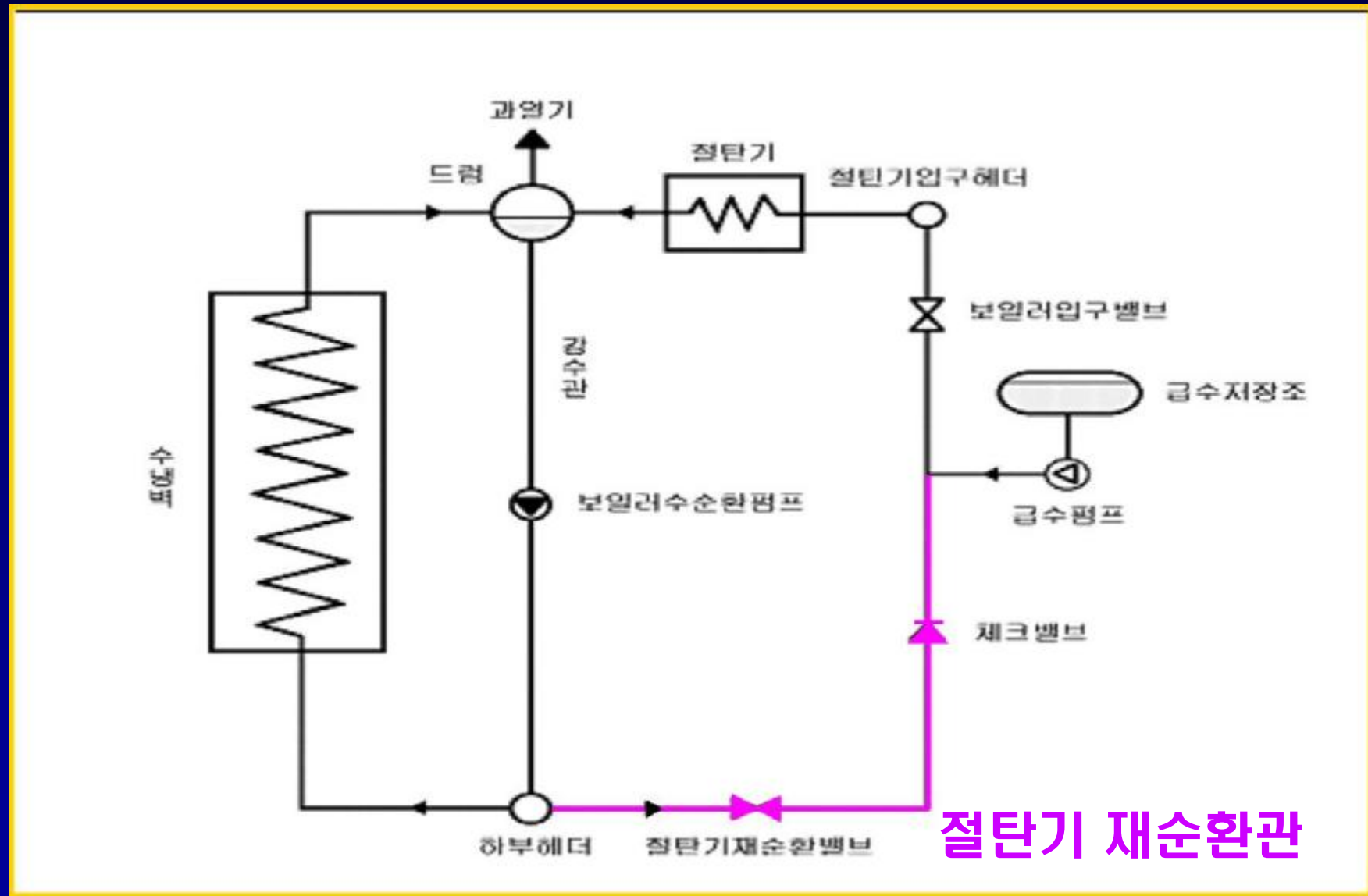


1. 절탄기 (ECO ; Economizer)

마. 절탄기 재순환관

- 순환 보일러는 승압기간 중 드럼으로 공급되는 물이 거의 없으므로 일부 절탄기에서 증기 발생
 - 이 증기는 드럼으로 급수가 공급될 때까지 절탄기 내부에 갇혀 있음
 - 이 현상은 드럼 수위 조절을 어렵게 하고 Water Hammer를 유발
- ⇒ 보일러수가 절탄기를 통해 드럼에 연속적으로 공급될 때까지 절탄기 재순환관을 설치하여 하부헤더에서 절탄기를 거쳐 드럼으로 흐름 형성

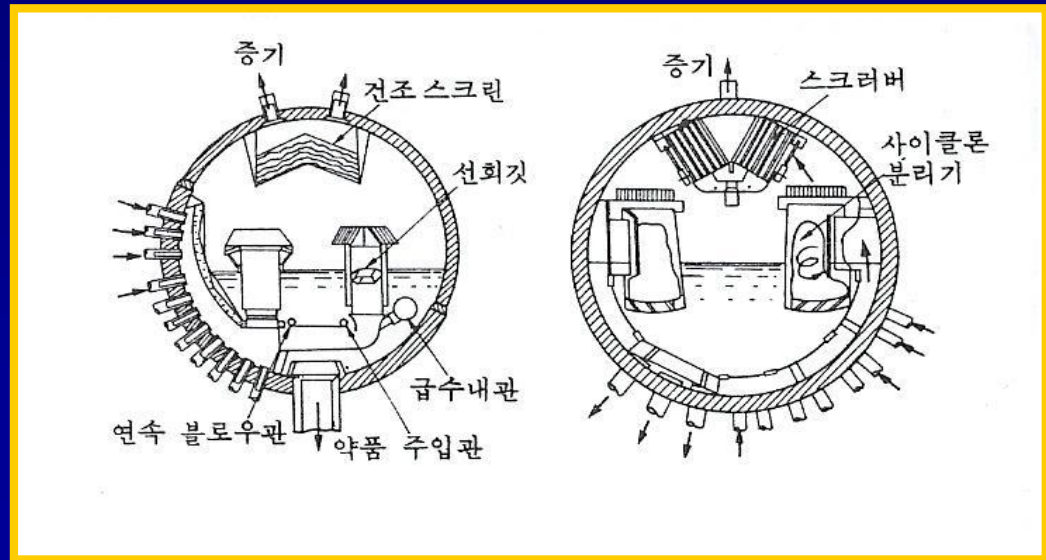
1. 절탄기 (ECO ; Economizer)



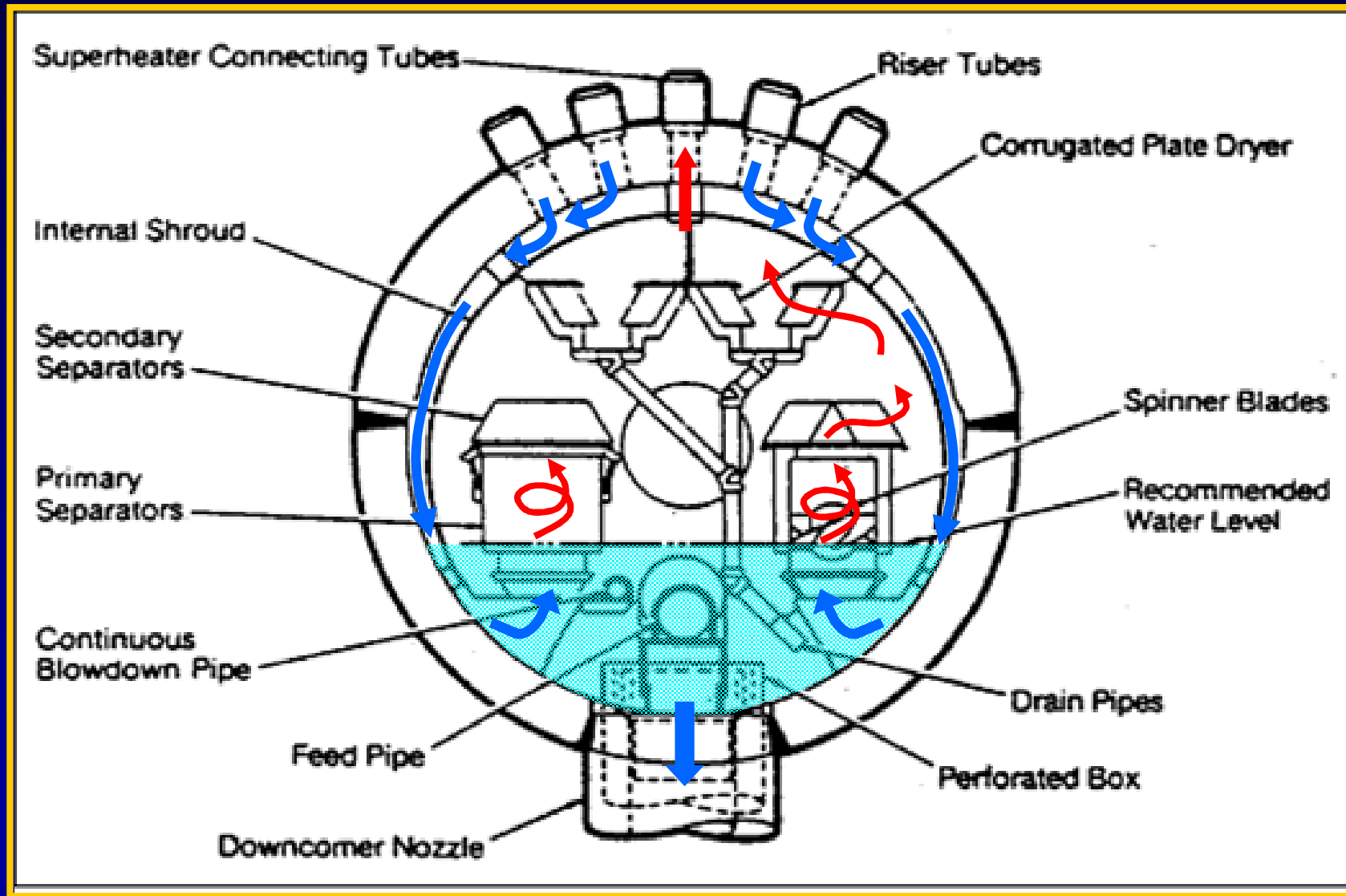
2. 드럼 (DM ; Drum)

가. 기능

- 1) 보일러수와 증기의 순환 경로를 구성
- 2) 증발관에서 유입되는 기수혼합물을 분리
- 3) 보일러수를 저장
- 4) 드럼 내부의 고형물질을 배출
- 5) 약품주입 장소



2. 드럼 (DM ; Drum)



2. 드럼 (DM ; Drum)

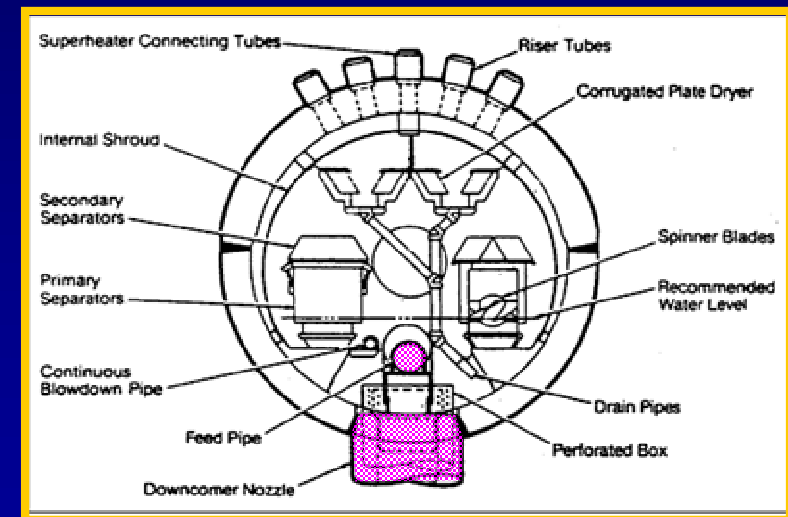
나. 내부 구성요소

n 급수관 (Feed Water Pipe)

- n 절탄기에서 예열된 급수를 드럼으로 공급
- n 급수를 균등하게 공급하기 위해서 드럼의 길이 방향으로 설치
- n 작은 구멍들이 뚫어져 있다

n 강수관 (Downcomer)

- n 드럼하부에 설치되어 하부헤더와 연결됨
- n 순환력을 크게 하기 위하여 노 외부 비가열 부분에 설치



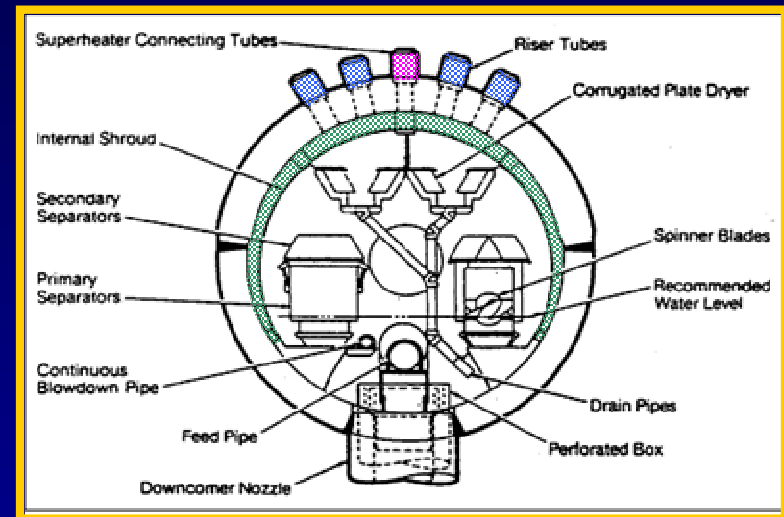
2. 드럼 (DM ; Drum)

n 상승관 (Riser Tube)

- n 수냉벽 출구에 설치되어 기수혼합물을 드럼으로 공급
- n 드럼 상부에 연결됨

n 격판 (Shroud, Baffle)

- n 상승관의 기수혼합물을 드럼의 내면으로 안내하여 드럼을 균일하게 가열하여 상하부 온도차를 감소시켜 열응력 발생을 억제



n 포화증기관 (Saturated Steam Pipe)

- n 드럼과 과열기 입구 헤더를 연결하는 관
- n 드럼에서 나온 증기를 과열기로 공급

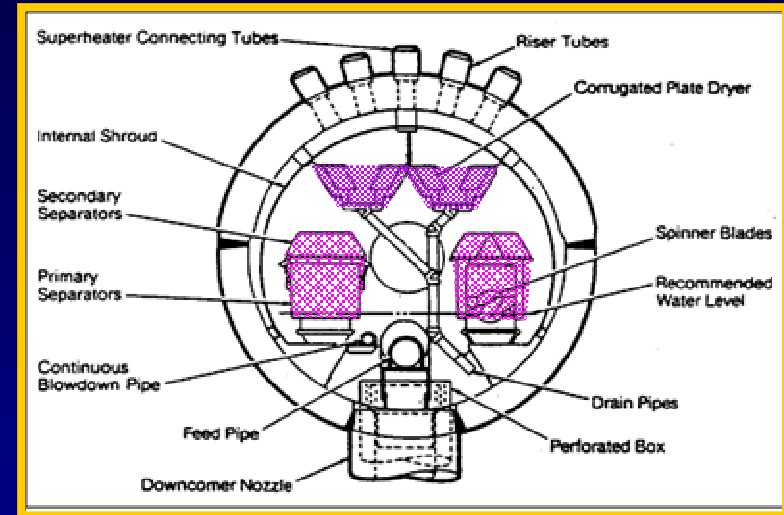
2. 드럼 (DM ; Drum)

n 원심분리기 (Cyclone Separator)

- n 기수혼합물을 선회시켜
원심력을 이용하여
물과 증기를 분리

n 건조기 (Dryer)

- n Cyclone Separator에서
분리된 증기가 과열기에
유입되기 전에 수분을 제거
- n V형 또는 W형의 단면을 갖는 철판이 백백이 채워짐
- n 포화증기가 Dryer를 통과하면서 수차례 방향전환을 하
면서 물은 Drum으로 떨어짐



2. 드럼 (DM ; Drum)

n 수위계(Level Gauge)

- n 수위를 쉽게 인식하기 위해서 Bi-Color Gauge를 사용
 - n 물 : 청색
 - n 증기 : 적색
- n 고온고압의 물과 증기에 사용되므로 취급에 주의

n 기타

- n Blow Down Pipe
- n Safety Valve
- n Vent Pipe

2. 드럼 (DM ; Drum)

다. 드럼 수위

1) 수위 기준 : 기수분리기 하단

- 정상 수위는 드럼의 중심점보다 약간 낮다
- 드럼수위가 상승되면 기수분리기가 물속에 잠겨 기수분리가 어렵다

2) 고수위 : 터빈 보호 위해 보일러 정지

- 기수가 분리되지 않아 수분을 포함한 다량의 증기가 과열기로 유입되어 Scale 생성으로 과열기 과열 우려
- 터빈 케이싱과 로타의 팽창차 급변
- 터빈 침식 및 진동 발생

3) 저수위 : 수냉벽 보호 위해 보일러 정지

- 너무 낮게 되면 일부 수관의 유량 부족으로 과열 우려

2. 드럼 (DM ; Drum)

라. 드럼 수위 변화 요인

- 1) 터빈 부하 급변
- 2) 연료량 급변
- 3) 드럼 압력 급변
- 4) 보일러 튜브 파열
- 5) 드럼 수위 검출 및 전송계통 고장 등

부하 급감발시 압력 상승으로 물이 수축하여 수위 ▼

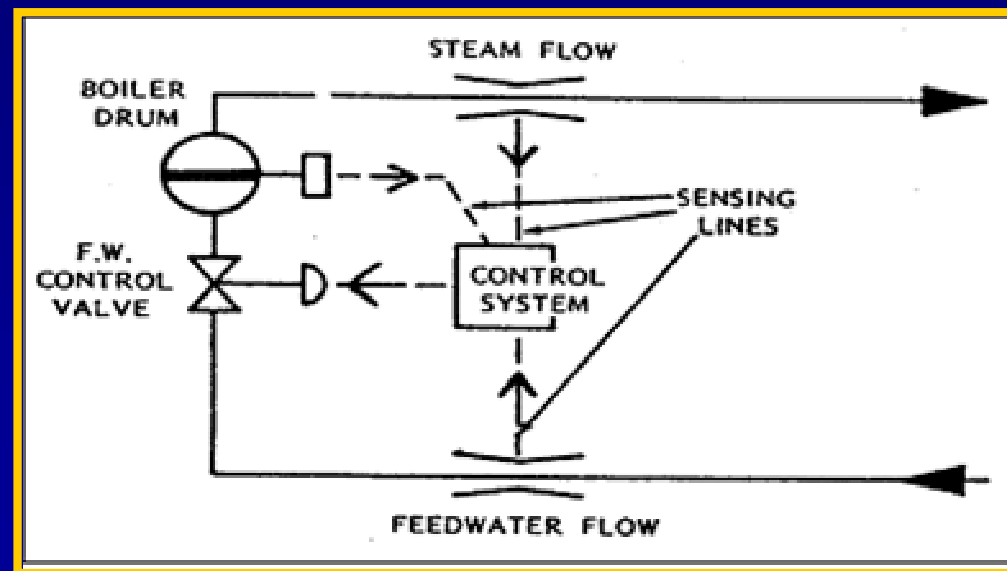
부하 급상승시 압력 감소되어 물이 팽창하여 수위 ▲

2. 드럼 (DM ; Drum)

마. 드럼 수위 제어

3요소 제어방식 : 정확성과 신뢰성

- 1) 드럼 수위 (Drum Level)
- 2) 주증기량 (Main Steam Flow)
- 3) 급수량 (Feed Water Flow)



2. 드럼 (DM ; Drum)

바. 드럼 보호

1) 드럼의 열응력 발생 방지

- 드럼 상하부 온도차를 55°C 이내로 제한
- 드럼 내외부 온도차 65°C 이내로 제한

2) 기동, 정지시 관수온도 변화율

- 자연순환 보일러 : $55^{\circ}\text{C}/\text{Hr}$
- 강제순환 보일러 : $110^{\circ}\text{C}/\text{Hr}$
- 관류 보일러 : $220^{\circ}\text{C}/\text{Hr}$

3. 노 (Furnace)

가. 노의 구비조건

- 1) 전열면적 : 출구 연소가스 온도를 과열기가 요구하는 온도로 낮출 수 있을 만큼 충분히 클 것
- 2) 높이 : 순환되는 물이 충분히 순환될 수 있게 높을 것
- 3) 수냉벽 관경 : 마찰손실 감소, 기수혼합물의 원활한 순환 및 과열되지 않도록 충분히 클 것
- 4) 버너 사이 간격 : 화염이 서로 간섭되지 않도록 적당할 것
- 5) 전체 치수와 형상은 연소가스 접촉 및 각 부분의 열흡수가 균일하고 연료가 완전 연소된 후 배출될 수 있는 구조일 것

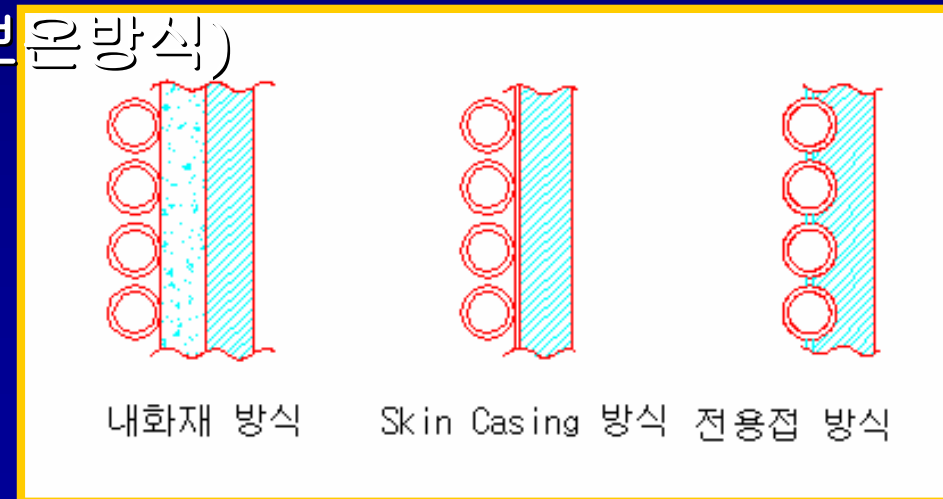
연료의 완전연소 및 노의 출구가스 온도를
적당히 낮출 수 있도록 충분히 커야 한다

3. 노 (Furnace)

나. 노 벽의 구조

1) 수냉벽

- 연소가스의 누출이나 공기의 누입이 없도록 전용접 방식
- 노 외벽은 충분히 보온하여 열 방산 최소화
- Buckstay : 노 외부 또는 내부에 가해지는 힘으로부터 노벽을 보호
- 수냉벽의 분류(단열, 보온방식)
 - 내화재 방식
 - Skin Casing 방식
 - 전용접 방식



3. 노 (Furnace)

나. 노 벽의 구조

2) 공기 냉각 벽

- 노벽을 이중으로 하고 그 사이에 공기를 통하게 하여
- 노벽을 냉각함과 동시에 공기가 예열되어 연소에 이용
- 미분탄 연소의 점화를 돕기 위한 고온 벽과 같은 특수한 경우에 부분적으로 사용

3) 증기 냉각 벽

- 과열기를 노벽에 설치하여 복사 과열기로 한 것
- 냉각 효과는 수냉벽에 비해 떨어짐
- 필요시 노벽의 일부에만 사용

3. 노 (Furnace)

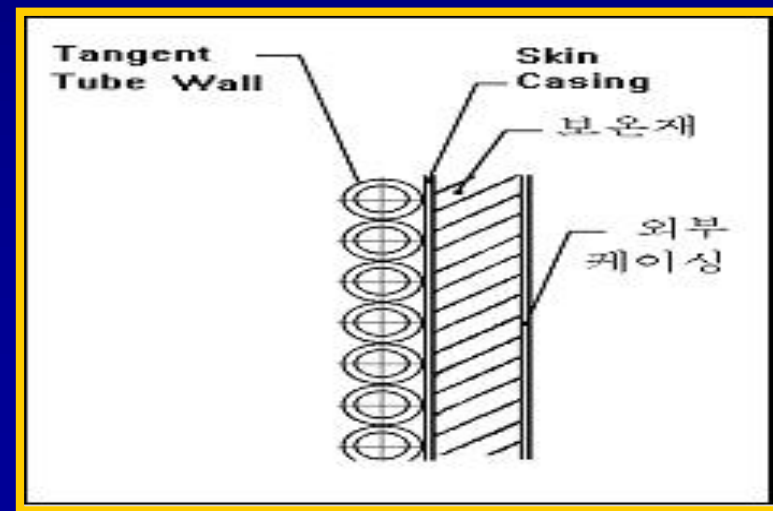
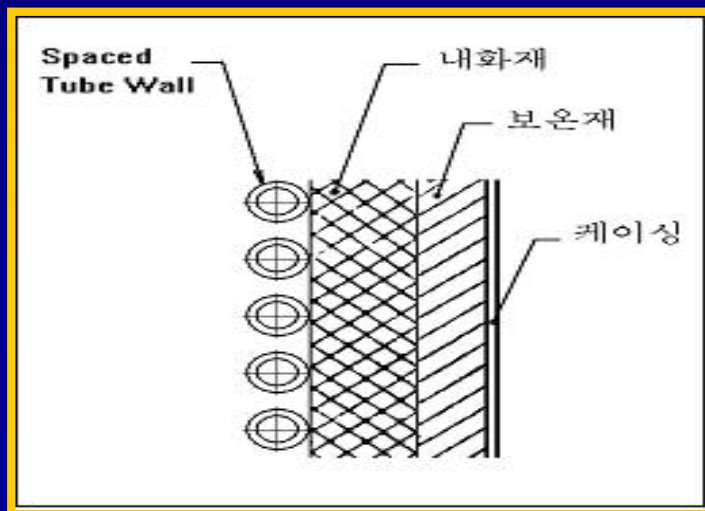
다. 수냉벽

1) Space Tube Wall

- 수관을 일정 간격으로 배열하고 뒤쪽을 내화벽돌로 구성
- 외부에 단열재로 보온한 구조

2) Tangent Tube Wall

- 수관 사이에 간격이 없이 관과 관이 서로 접촉되게 한 구조
- 내화성 및 냉각효과 우수



3. 노 (Furnace)

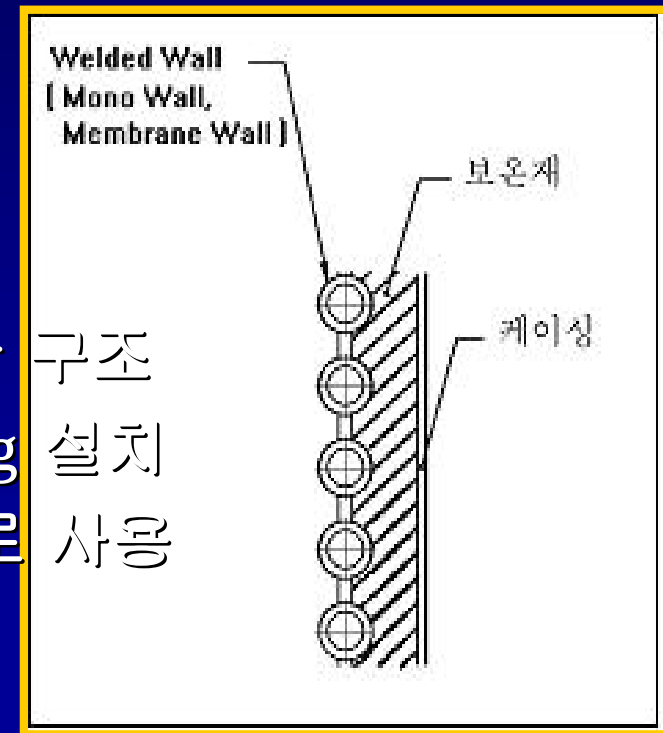
다. 수냉벽

3) Membrane Tube Wall

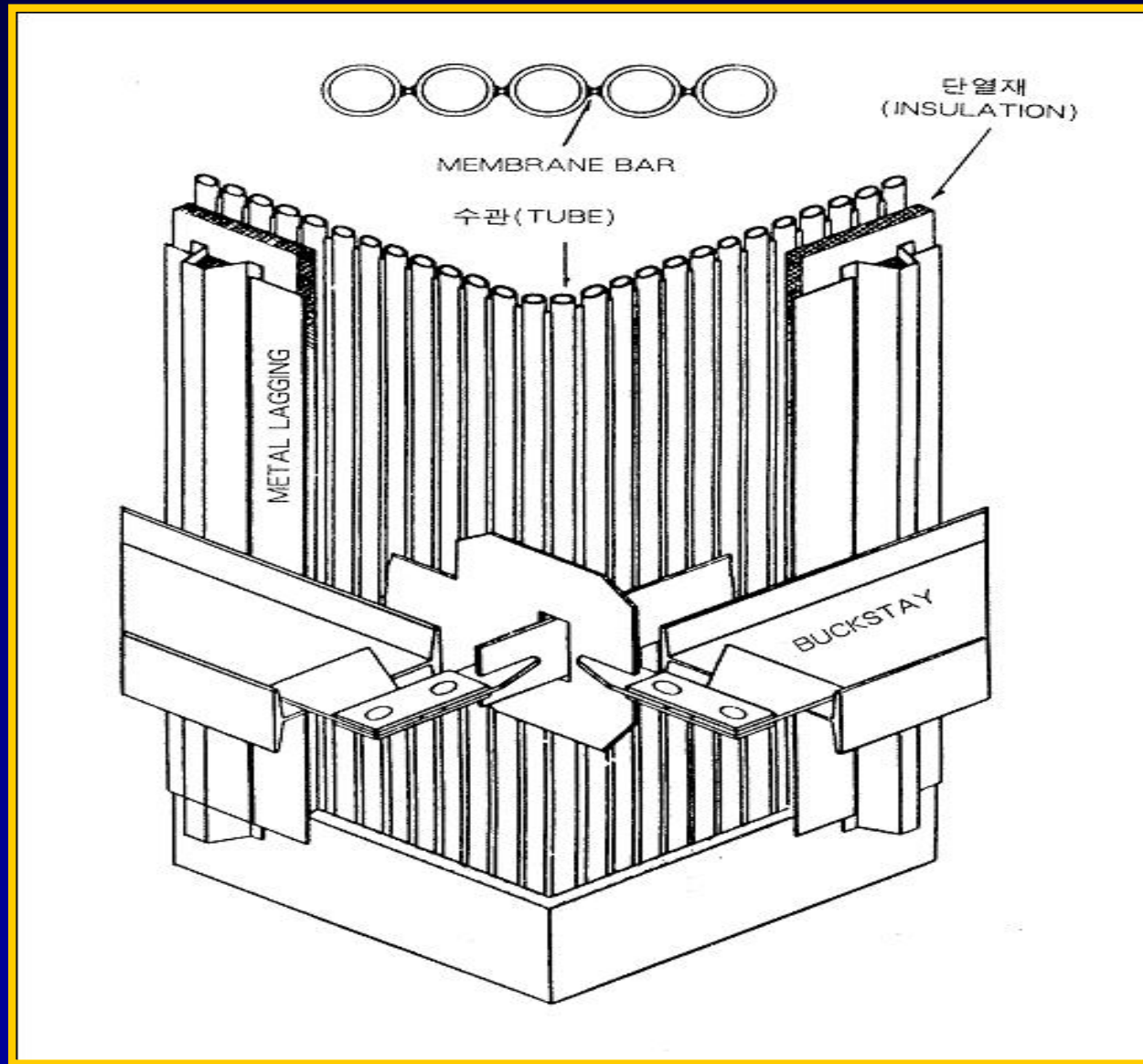
- Membrane Bar가 Tube와 Tube 사이에 전용접된 구조
- 벽 내부는 화염과 접촉, 벽 외부는 보온재 설치하고, 그 외부에 금속판의 Lagging 설치
- 완전기밀 유지(Gas Tight)

4) Finned Tube Wall

- Tube 양 옆에 작은 평판을 용접한 구조
- Tube 외부에 기밀의 Inner Casing 설치
- 노 상부 대류가스 통로의 관벽으로 사용



3. 노 (Furnace)



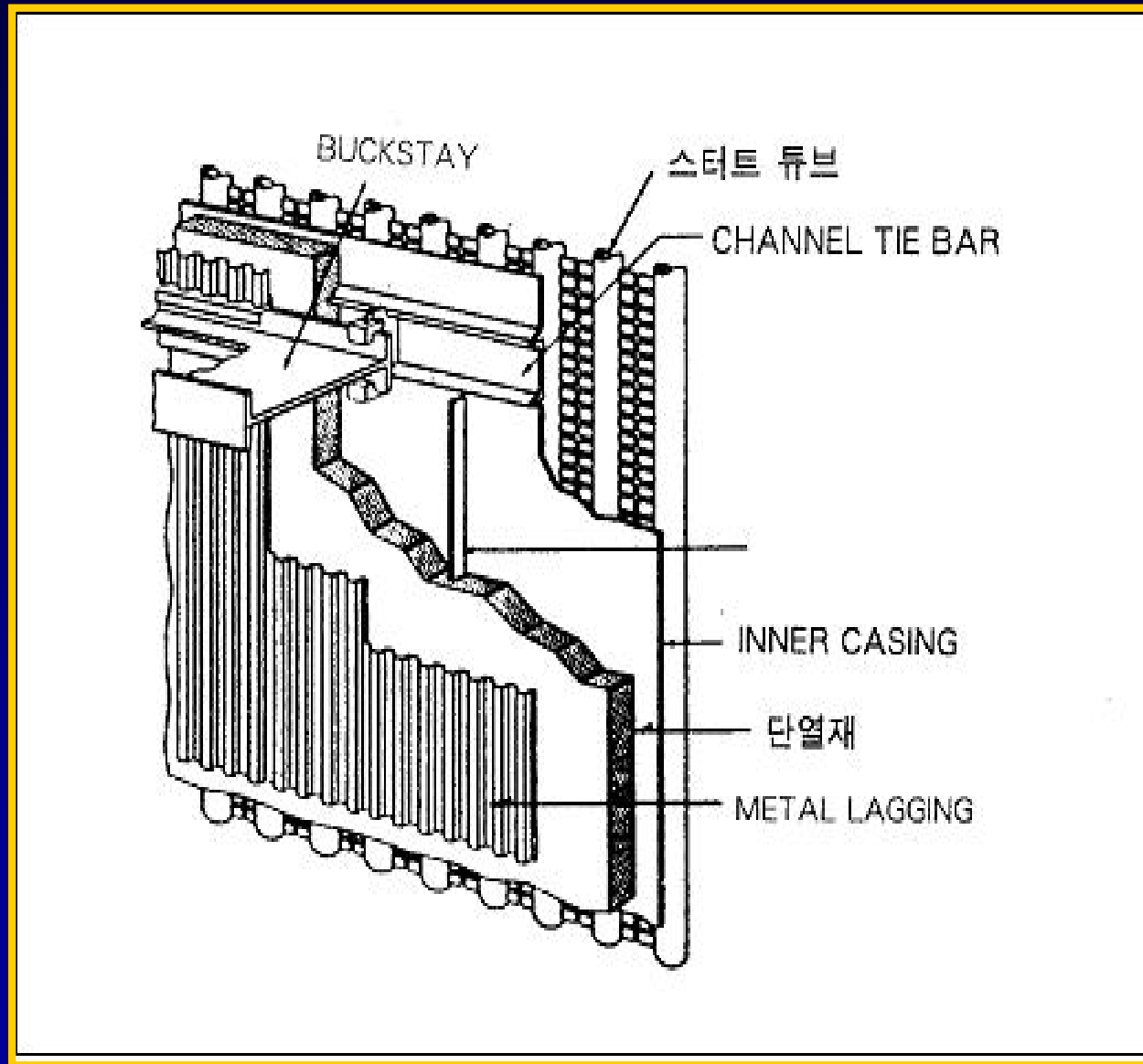
Membrane
Tube Wall

제4절. 보일러 구성요소



Korea Power Learning Institute Myung Joo Hong

3. 노 (Furnace)



Finned
Tube Wall

제4절. 보일러 구성요소



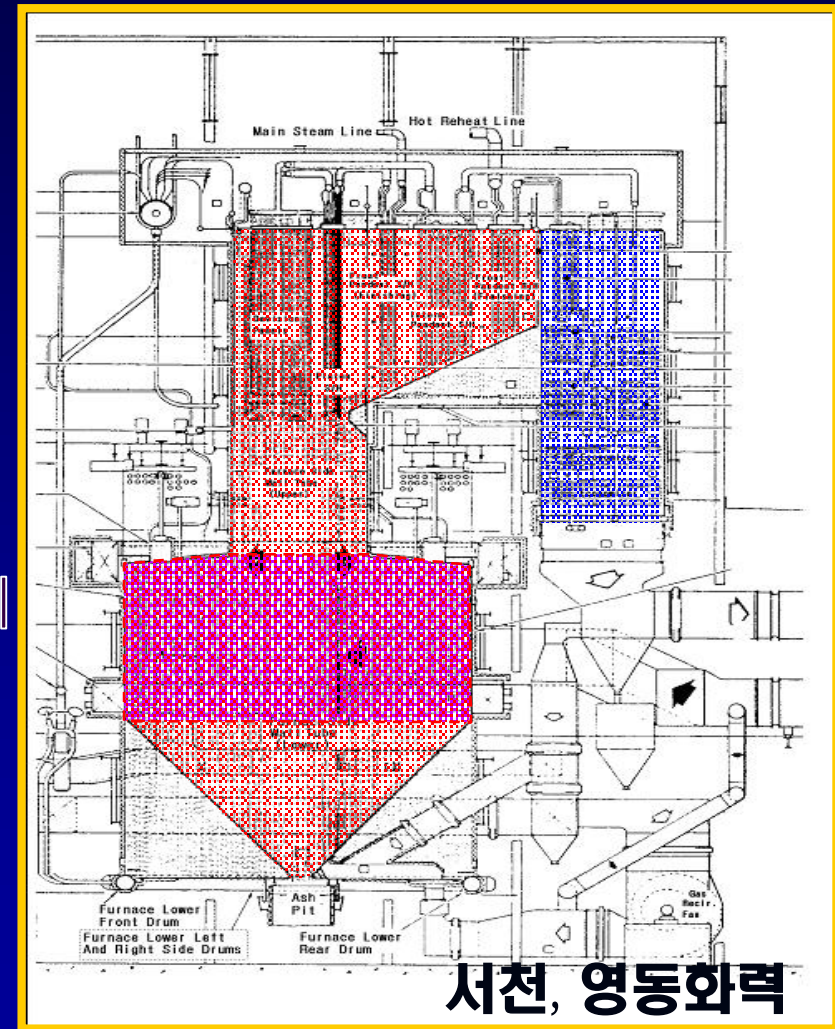
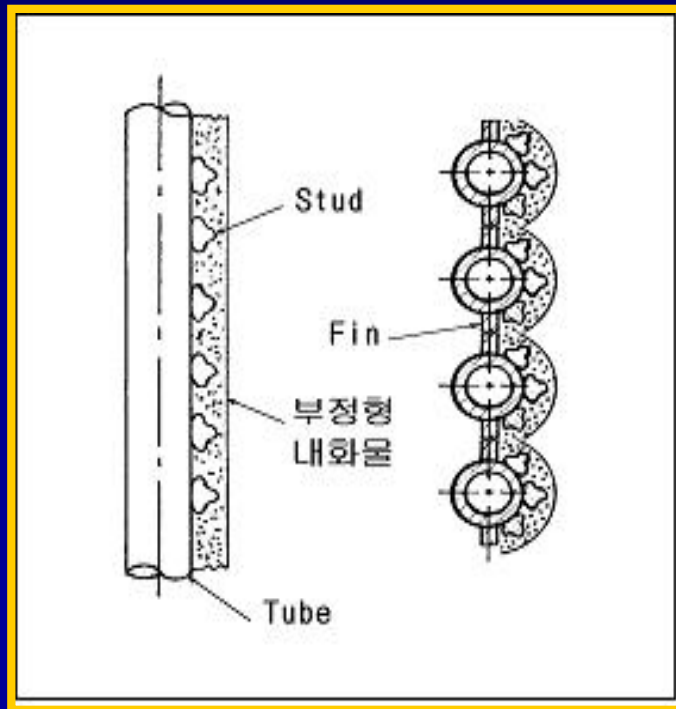
Korea Power Learning Institute Myung Joo Hong

3. 노 (Furnace)

다. 수냉벽

5) Stud Tube Wall

- 연소실의 집중 열부하 부위
- 국내탄 보일러의 버너 부위



서천, 영동화력

4. 과열기 (SH) 및 재열기 (RH)

가. 과열기 (SH ; Superheater)

1) 역할

포화증기를 가열하여 과열증기로 만듦

2) 사용목적

- 발전소 열효율은 증기압력과 온도가 높을수록 상승
- 보유열량이 많아 터빈에서의 열낙차 증가
- 증기소비량 감소시켜 터빈의 크기 축소
- 증기공급배관과 터빈 내에서의 마찰손실 감소로 터빈 내부효율 증가
- 응축수에 의한 관의 부식방지

4. 과열기 (SH) 및 재열기 (RH)

나. 재열기 (RH ; Reheater)

1) 역할

고압 터빈에서 일을 한 후 온도가 떨어진 증기를
다시 가열하여 과열도를 높임

2) 사용목적

- 초기 압력을 높이면 터빈 저압부의 증기의 습도 증가
⇒ 마찰손실 증가로 내부효율 저하 및 날개 침식 촉진
- 열효율 향상 및 저압터빈 Blade의 침식 경감

4. 과열기 (SH) 및 재열기 (RH)

다. 전열방식에 따른 분류

1) 복사과열기 (Radiant Superheater)

- 연소가스 온도가 높은 노 상부에 설치되어 복사열을 흡수
- 보일러 부하 상승시 노내 온도는 증발량 만큼 급격히 상승하지 못하므로 증기온도는 떨어짐

2) 대류과열기 (Convection Superheater)

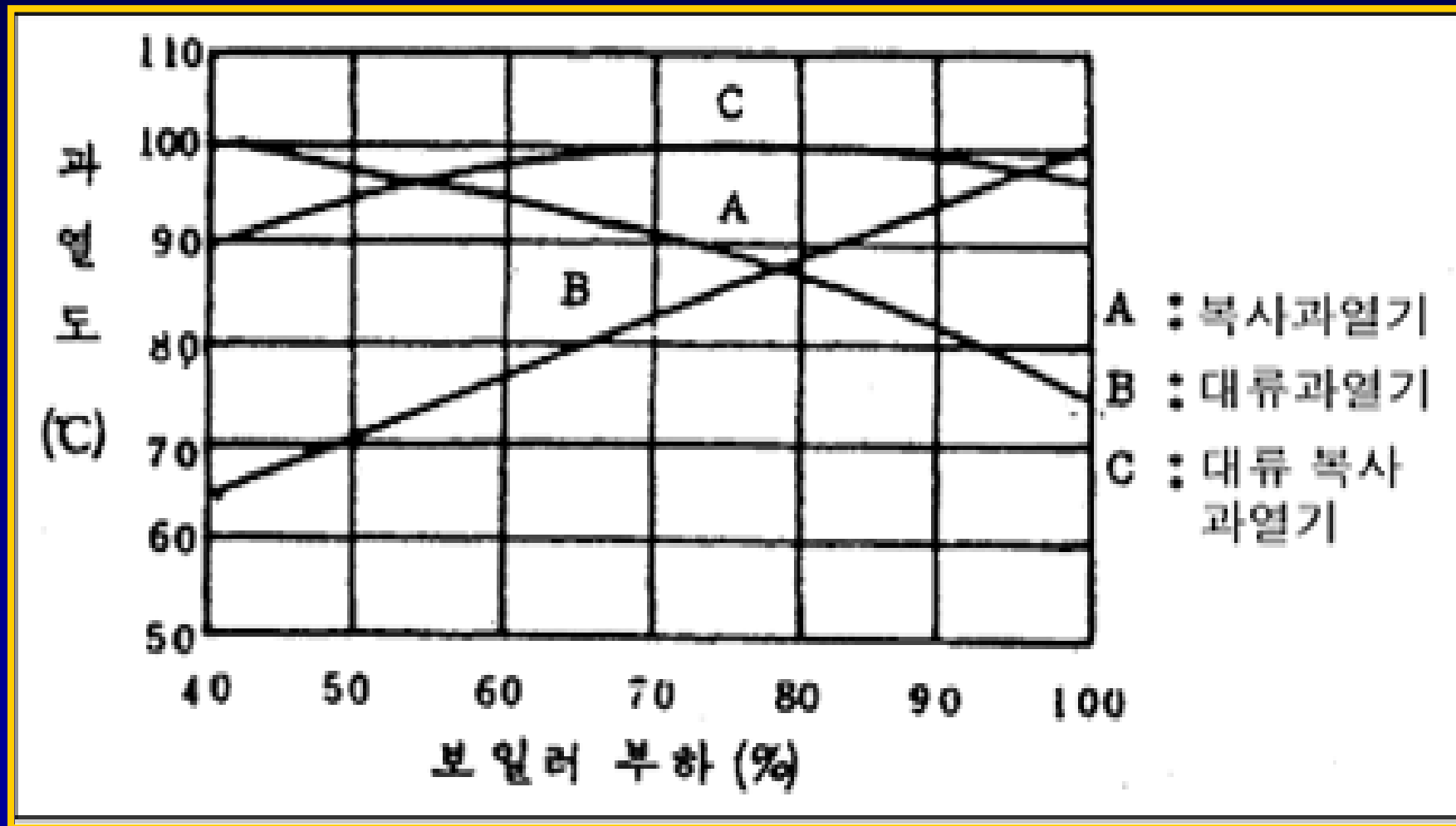
- 연소가스 통로에 설치되어 연소가스의 대류작용에 의한 접촉전열로 가열
- 보일러 부하 상승시 증기온도는 상승

3) 복사대류과열기 (Radiant -Convection Superheater)

- 노 출구 고온부에 설치되어 복사와 대류열을 동시에 받음
- 보일러 부하 변화에 대해 증기온도가 비교적 일정함

4. 과열기 (SH) 및 재열기 (RH)

n 보일러 부하에 따른 과열증기의 온도 특성



4. 과열기 (SH) 및 재열기 (RH)

라. 유동방식에 따른 분류

1) 병류식

- 연소가스의 흐름 방향과 증기의 흐름 방향이 일치
- 연소가스의 고온부와 증기의 저온부가 접촉
- 튜브 표면온도 상승폭이 적고 열전달 효율은 낮음
- 이 형식의 과열기 및 재열기는 고온부에 설치

2) 향류식

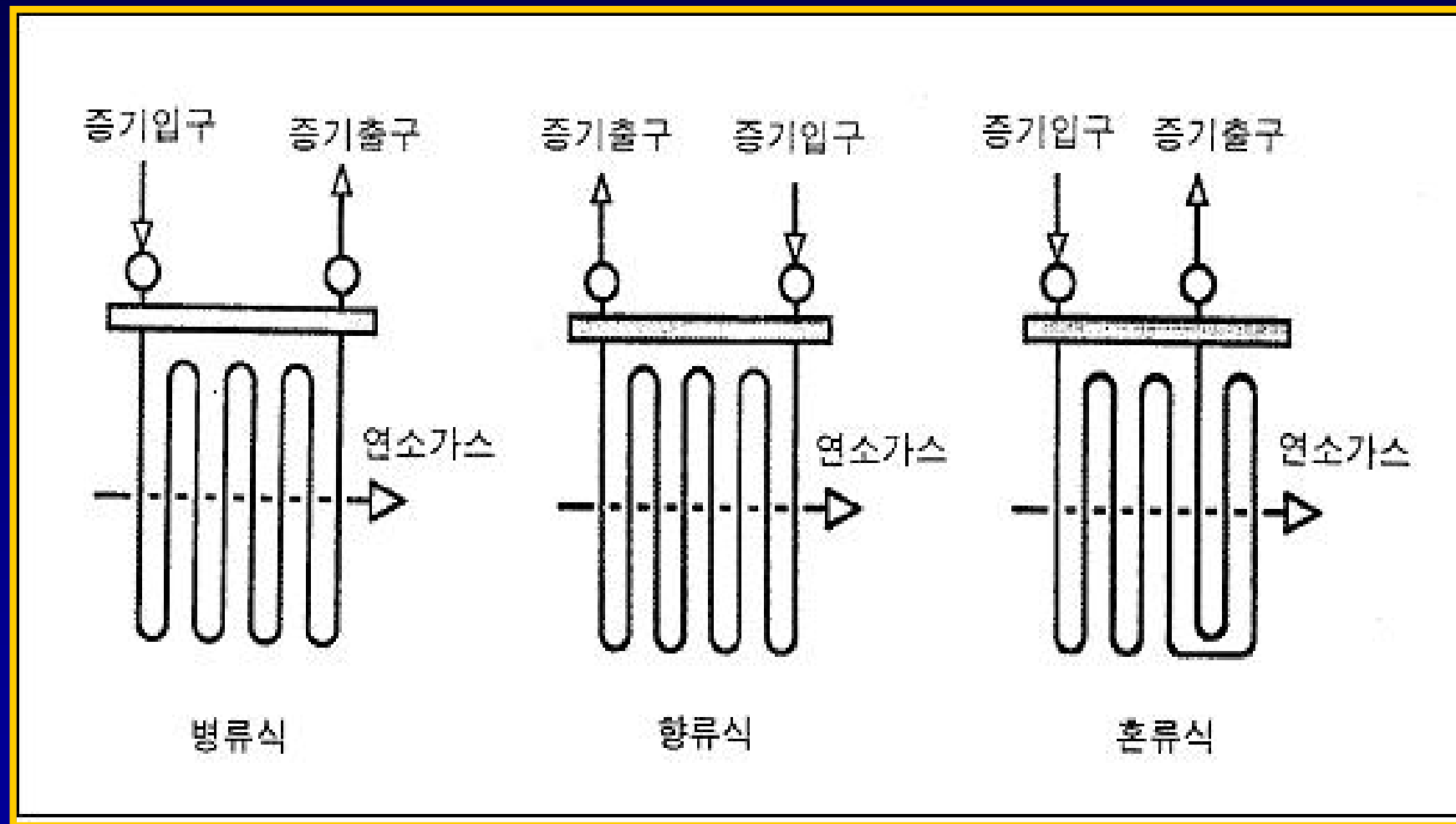
- 연소가스의 흐름 방향과 증기의 흐름 방향이 반대
- 연소가스의 고온부와 증기의 고온부가 접촉

3) 혼류식

- 병류식과 향류식을 조합
- 최종과열기 및 최종재열기에 주로 사용

4. 과열기 (SH) 및 재열기 (RH)

n 유동방식에 따른 분류



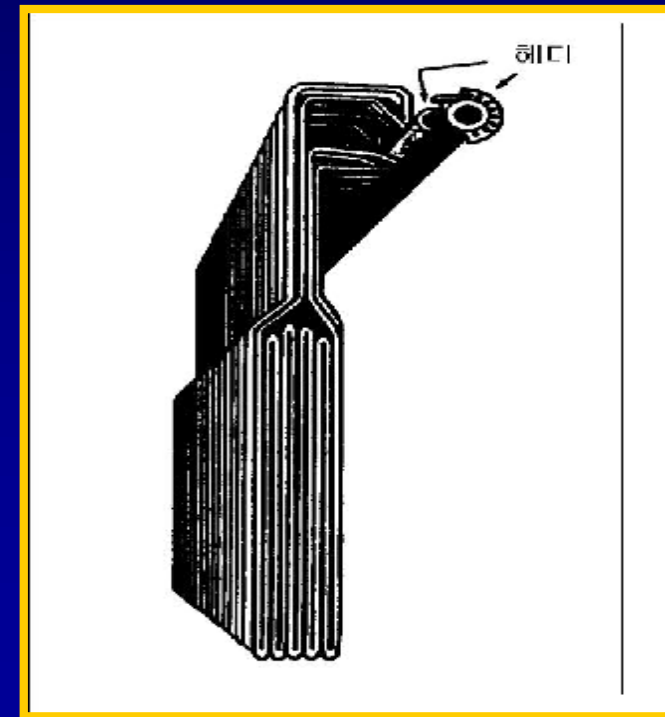
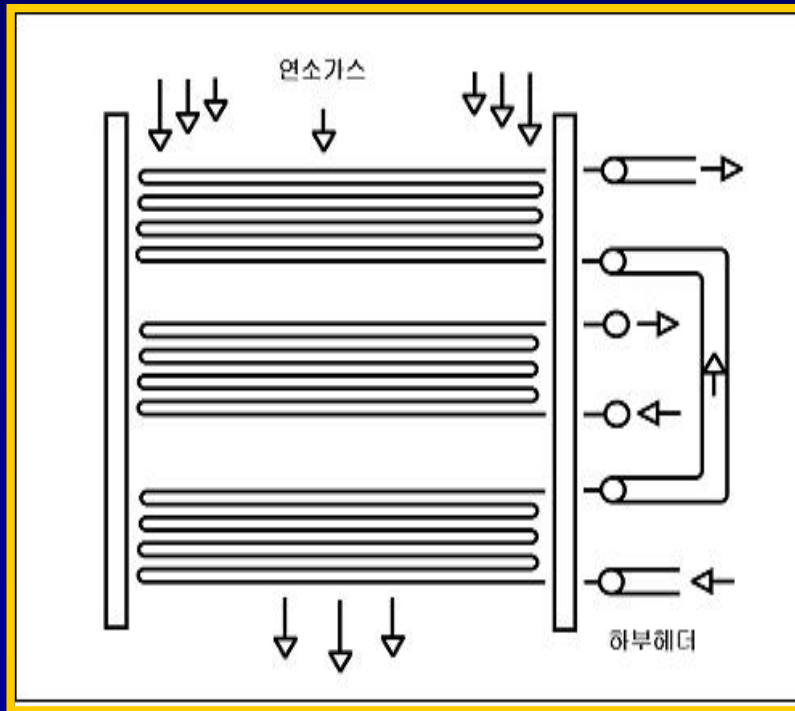
4. 과열기 (SH) 및 재열기 (RH)

마. 설치방식에 따른 분류

1) 수평식 (Horizontal Type)

설치 곤란 및 응축수의 배출이 용이

2) 수직식 (Pendant Type)



5. 증기온도 조절

가. 개요

1) 목적

- 보일러 효율 향상
- 과열기 및 재열기관의 과열 방지
- 터빈 열응력 감소
- 터빈 저압단의 습분에 의한 부식 방지

2) 증기온도 제어 방법

- 과열저감기 (Desuperheater ; Attemperator)
- 화염의 위치 (Tilting Burner)
- 가스 재순환 (Gas Recirculation)
- Gas By-Pass Damper

5. 증기온도 조절

나. 증기온도 변화 요인

1) 증기온도가 올라가는 요인

- 부하의 변동
- 과잉공기량의 증가 $\Rightarrow$ 대류전열면의 가스유량 증가
- 급수온도가 기준치보다 낮은 경우 $\Rightarrow$ 연료소비량 증가
- 석탄회가 수냉벽 표면에 부착된 경우
- 과열기/재열기 표면 청소시
- 화염위치(버너의 각도) 상향 시
- 포화증기(보조증기) 소모시, Blow Down시

2) 증기온도가 떨어지는 요인

- 과열저감기가 누설되는 경우 등

5. 증기온도 조절

다. 과열저감기 (De-SH ; Desuperheater)

1) 분사식 과열저감기 (Spray Attemperator)

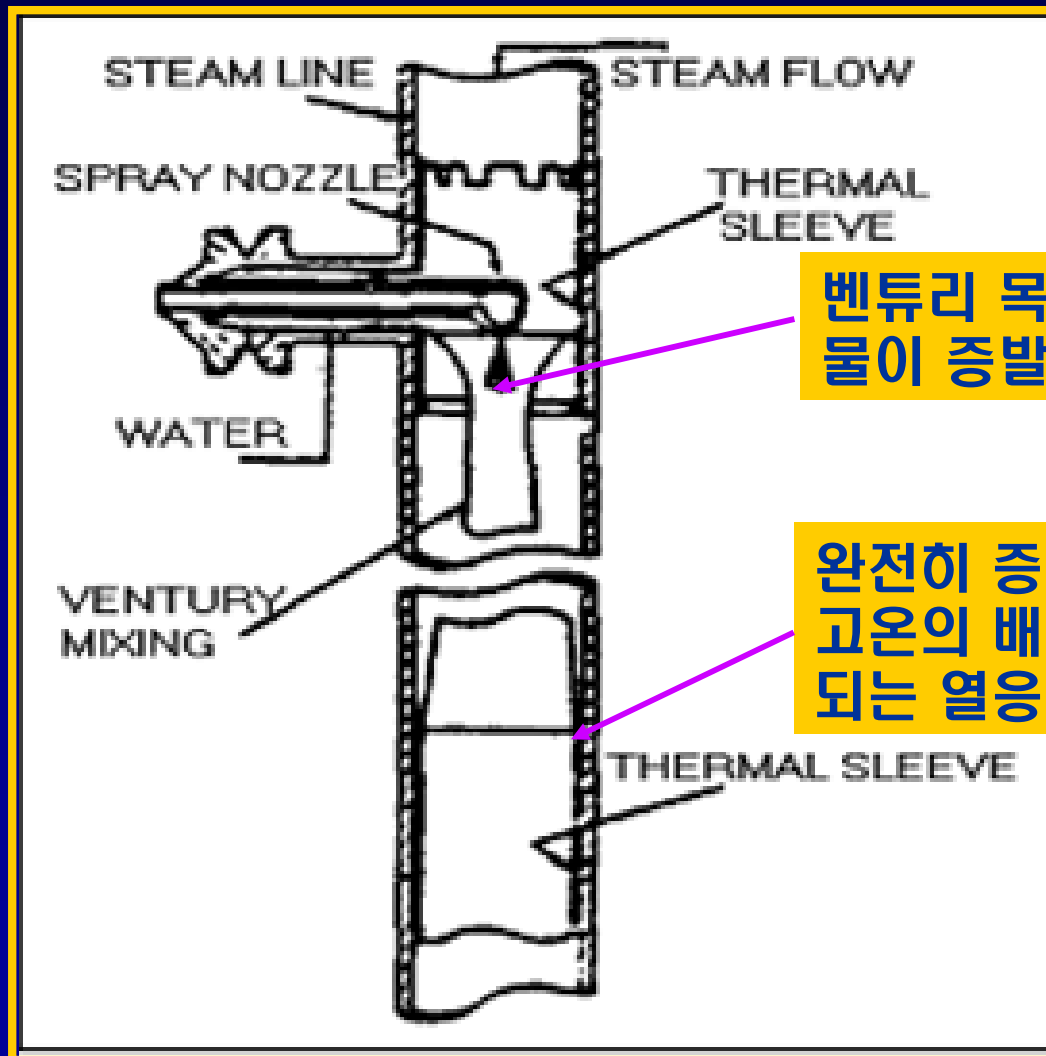
- 과열증기 통로에 설치된 분사 노즐(Spray Nozzle)에서 물을 분사하여 온도 제어
- 증기온도 조절범위가 넓고 신속
- 분사수가 증기와 직접 혼합 $\Rightarrow$ 과열기 및 터빈에 Scale 부착을 방지하기 위해서 분사수의 순도가 높아야 함

2) 표면식 과열저감기 (Surface Attemperator)

- 과열증기를 보일러수나 급수와 열교환하여 온도 제어
- 과열기 출구에 비례밸브 설치하여 열교환되는 증기량을 가감하여 증기 온도를 조정

5. 증기온도 조절

n 분사식 과열저감기

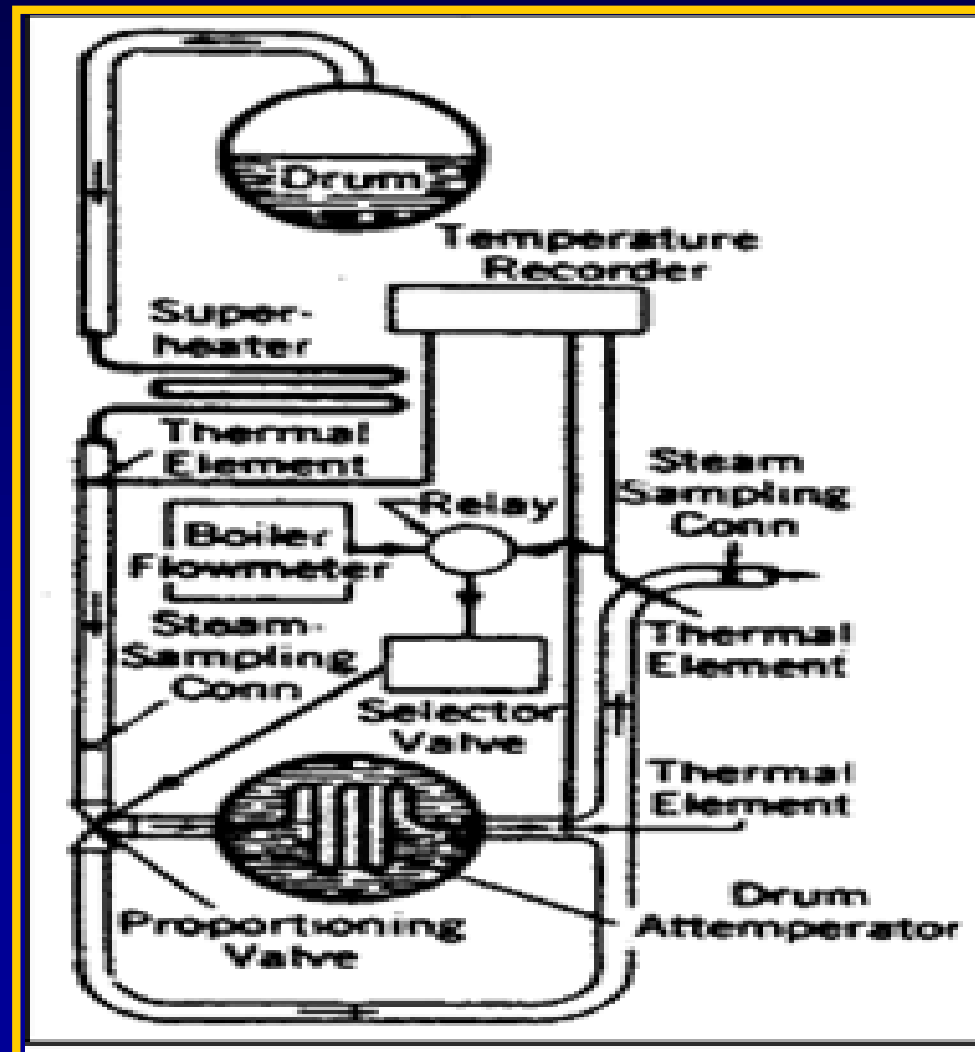


벤츄리 목에서 속도가 증가하여
물이 증발되면서 증기와 혼합

완전히 증발하지 못한 물방울이
고온의 배관면에 충돌할 때 발생
되는 열응력으로부터 배관 보호

5. 증기온도 조절

n 표면식 과열저감기



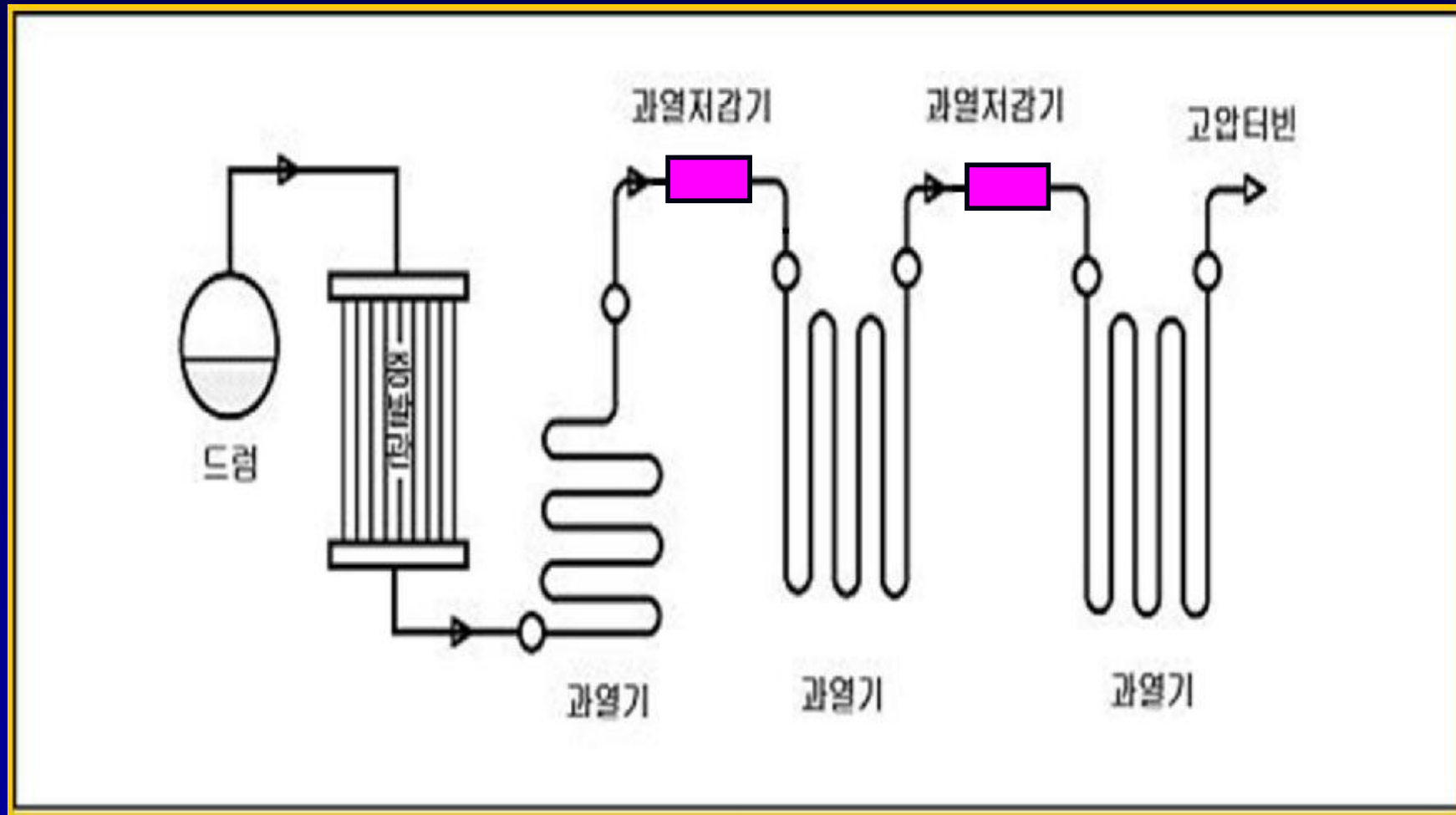
제4절. 보일러 구성요소



Korea Power Learning Institute Myung Joo Hong

5. 증기온도 조절

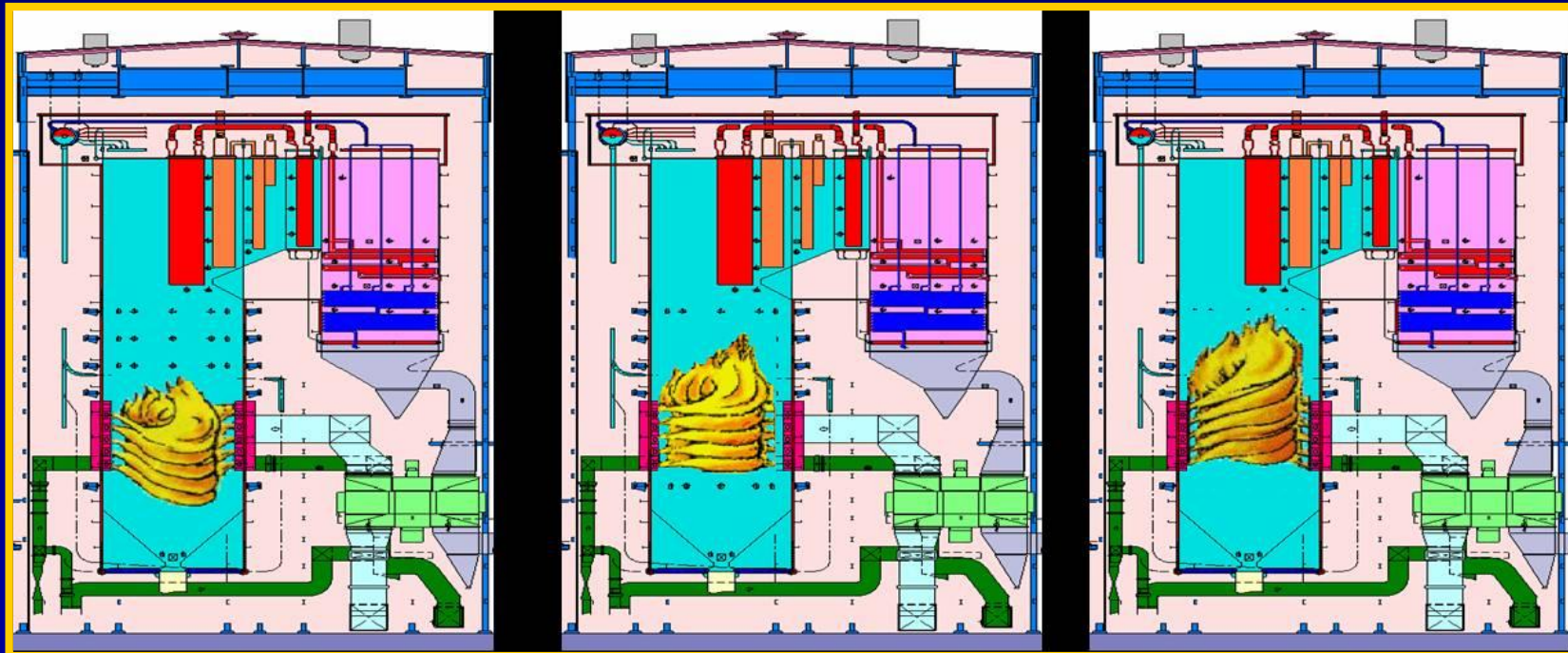
n 과열저감기 설치 위치



5. 증기온도 조절

라. 화염의 위치 : 경사각 조절 버너 (Tilting Burner)

- 노의 4 모퉁이에 설치되어 상하 30°로 조절할 수 있다
- 버너 분사각이 상향 : 증기온도 상승
- 버너 분사각이 하향 : 증기온도 떨어짐
- 버너의 분사각은 증기온도에 따라 자동으로 조절됨



제4절. 보일러 구성요소

5. 증기온도 조절

마. 가스 재순환

1) 개요

- 전열면에서의 열교환은 **복사전열(온도)**과 **대류전열(유량)**
- 전열면의 부위별로 가스온도와 유량을 조정하므로써 전열량을 변화시켜 증기온도를 유지
- 보일러 각부 **전열면을 통한 열흡수 형태만** 변화되고 열흡수 총량, 배출 가스량, 보일러 효율은 거의 변함없음
- 가스가 유입되는 지점에 따라 재순환가스의 영향이 변화
- **재순환가스량(%) = 재순환가스량/취출한 후 남은 가스량**
- **재순환되는 가스의 유입 위치에 따라**

① **가스 재순환**(Gas Recirculation) : **노의 하부**

② **가스 조절**(Gas Tempering) : **노의 출구 부근**

5. 증기온도 조절

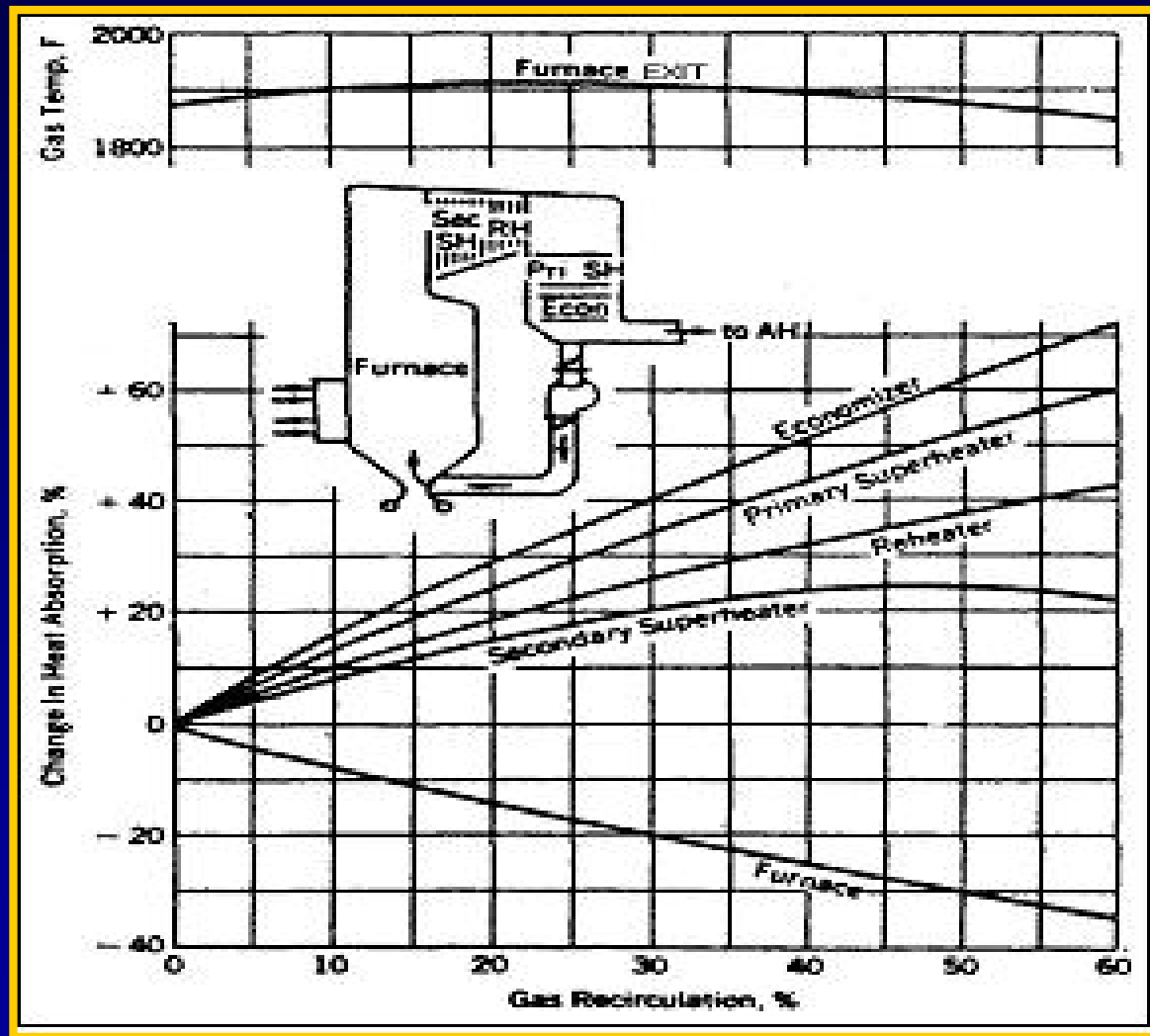
마. 가스 재순환

2) 가스 재순환 (Gas Recirculation)

- 저부하시 절탄기를 통과한 연소가스 일부를 노하부로 유입
연료 및 연소용 공기는 부하에 비례하여 감소하나
노 내 온도는 거의 일정하여 증발관 부위의 전열량은 일정
대류전열면은 연소가스량 감소로 증기온도 저하
- 노 내 온도가 떨어져 복사열 감소
- 대류전열면의 열흡수율 증가
- 과열증기 특히 재열증기의 온도 증가
- 노 출구의 가스온도는 큰 변화 없음
- 재순환가스량이 많을 경우 연소상태 불량으로 소화 위험

5. 증기온도 조절

n 가스 재순환량에 따른 열흡수율의 변화



5. 증기온도 조절

