한국소음진동공학회 1995년도 춘계학술대회논문집 pp. 83-88

화력발전소에서의 소음감소

°신 강 석 , 윤 호 식 , 안 상 기

(Noise reduction in thermal power stations)

(Kang-Suk Shin, Ho-Sik Yun, Sang-ki An)

1. 서 론

인간의 문화생활은 기계문명의 발달과정과 같이 성장해 왔다. 기계문명의 발달에 따라 각종 산업기계의 사용은 점점 증가하게 되었고, 사회는 산업 기계 및 각종 소음으로 인한 피해도 더해가고 있다. 소음 문제를 해결하는 가장 최선의 방법은 소음원에서 방사되는 소음을 줄이는 것이다. Austria소재 Glaunach GmbH사와 기술 제휴하여 화력 발전소에서의 효과적인 소음 감소 방안으로 다음과 같은 공업용 소음기를 소개하고자 한다.

1.1 소음의 원인

음속의 gas jet와 무풍 경계영역 사이의 혼합영역에서 소용돌이가 발생하며, 이때의 소용돌이가 open jet noise의 원인이 된다.

가스가 밸브에서 나올때 음압수준을 결정하는 요인?

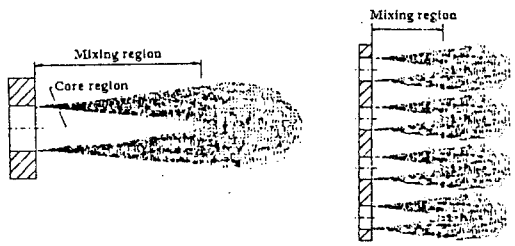
1.1.1 VDI 규정 2713" 화력발전소에서의 소음감소" 는 음압 수준을 결정하는 방법으로 다음의 공식을 제시 한다. <VDI : Verein Deutscher Ingenieure (German Association of Engineers)

$$Lwv = 17 \log G + 50 \log T - 15 \qquad \text{Formula No. 1}$$

위의 식에 따르면, 소음의 크기는 단지 두가지 요인 즉, 음량 G (t/h) 와 온도 T (° K)가 결정한다. 배기밸브에 대한 더 최근의 조사에서 압력의 차이는 소음의 강도를 결정짓는 요소라는 점이 밝혀졌다. 음량과 온도의 증가는 압력의 차이를 일으키므로, 상기 두 이론은 간접적으로 연관이 있다. 다른 계산 방식과 비교하면 "VDI-Formaula"에 의한 결과치는 상당히 높은편이다.

1.1.2 소용돌이 소음, 그림 1.1과 1.2 참조

소음 수준은 소용돌이 구간의 길이에 의해서 상당히 많은 영향을 받는다. 더우기 그 길이는 diffuser hole의 직경과 압력차이에 의해 결정된다. 만약 hole의 직경이 3mm정도이고 hole 사이의 거리가 가깝다면 소음 수준은 약 10 dB 정도 감소된다.



1.1.3 소음강도의 감소에 관해서, peak frequency를 안다는 것이 중요하다. Strouhal의 계산 방식은 이주파수를 찾는 간단한 계산 방식을 제공해 준다.

$$f = s * \frac{w}{d} \qquad \text{Formula NO. 2}$$

s = Strouhal's figure

w = speed in m/s

d = diameter in m

*유니슨산업주식회사

조사에 의하면, Strouhal 상수는 압력의 비율에 따라서 변하나 대체로 초음속 영역에서 s = 0.2 로 간주한다. 그러나 우리는 Strouhal 식에서 정확한 peak frequency를 얻을 것이라고 가정해서는 안된다. 다른 요소도 또한 중요하다. Strouhal 식에서 우리는 peak frequency가 직경이 감소할때 증가된다는 것을 알 수 있다. 고주파를 처리하는 것이 더 쉽기 때문에 가능한 diffuser의 직경을 작게 하는것이 중요하다.

1.2 소음감소

소음의 감소에 대한 요구는 환경 개선의 요구에 따라 항상 증가되고 있다. 그러므로 소음기와 밸브에 대한 설계와 구조는 끝없이 향상되어 왔다.

흡음 소음기는 일반적으로 Vent소음을 처리하기 위해서 설치된다. 팽창하는 가스는 직선형 또는 링형의 baffles 사이로 들어오게 되는데 이때 vent 소음뿐만아니라 valve 소음도 감소하게 된다. 이러한 것은 굉장히 큰 소음기를 설치해야 하므로 설치하는데 부담이 된다. 또한 baffles의 상류측에 설치되는 팽창실을 필요로 한다. 이 팽창실에서 난류의 흐름을 진정시키게 된다.

1.2.1 효과적으로 소음을 감소 시키려면 ?

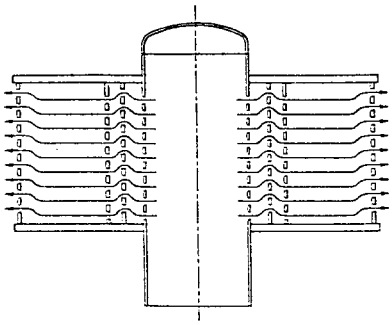
1. 밸브에서 소음기까지 가능한한 압력의 차이만큼을 전달한다.

2. 디퓨져의 구멍을 가능한한 작게 만들어서 소용돌이의 발달을 제한한다.

3. 배기구멍을 가능한한 작게 만들어서 peak frquency가 가장 높은 frequency을 갖게 하는데, 소음의 제거는 저주파보다 고주파가 더 쉽기 때문이다.

자동적으로 동작하는 스프링이 달린 안전밸브는 전압의 10-40%의 양에 달하는 후압을 받게 된다. 이것은 압력차의 일부가 소음기내의 소음 제어과정에서 흡음되어짐을 의미한다.

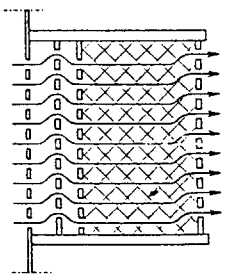
약 25 dB 로의 소음의 감소는 집중적으로 배열된 pressure stage를 통해서 달성될 수 있다.



만약 이전에 설명했던 바와 같이 디퓨져구멍의 직경을 작게 유지한다면 peak frequency는 매우 높게 될 것이다. 그럼에도 불구하고, 밸브에서 만들어진 저주파음은 작고 많은 디퓨져 구멍을 통해서 주위로 빠져 나가게 된다. 그러므로 소음기 안에서와 마찬가지로 밸브의 소음 크기를 줄이는 것이 필요하다.

어떻게 해야 하는가 ?

밸브로부터 나온 소음은 하류 흡음 소음기나 각 압력단계다음에 배치된 흡음재에 의해서 소음은 감소된다.



그림과 같이 압력단계바로 다음에 흡음 물질을 배열함으로서, 소용돌이 발달과 그에따르는 소음 발생은 감소되며, 소음자체 도 일부 흡음된다. 상당한 소음감소가 작고 compact한 구조에 의해 이루어 질수 있다.

그러한 구조에서 blow-off pipe는 압력을 받게 되지만,

파이프내의 가스의 속도는 밸브뒤의 blow-off pipe에 의해 방출되는 소음 방출과 함께 느려진다.
따라서 blow-off pipe는 좀 더 작아질 수 있다.

I.3 DIFFUSER SILENCER의 설계

소음기의 설계에서 요구되어지는 것은 ?

1.3.1 밸브 소음의 감소

소음감소의 최적화에 대한 유익한 설계는 앞에서 예시했다. Plant 운전자는 때때로 안전밸브의 하류부분에서 일어나는 압력감소를 그대로두지 않을 것이다. 보안상 또는 다른 어떤 원인에 의해 대기중에 배출되는 거의 모든 매체는 순수하거나 단지 액상성분과 혼합 되어있는 상태에 있다. 따라서 그 매체들은 diffuser silencer에 의해 문제점없이 팽창될 수 있다. diffuser silencer의 유일한 장애요인은 먼지같은 불순물이 존재하는 경우이다.

diffuser 구멍보다 큰 먼지의 고형 입자들은 소음기에 어떤 문제를 야기하지는 않는다. 청소를 해서 Diffuser 구멍을 막히지 않도록 하면된다.

파이프를 크게 할수 없기때문에, 밸브에서 분출하여 자유롭게 되었을때 음속으로 blow-off pipe를 통해서 가스가 흐르는 것이 종종 관찰되어진다.
이것은 파이프 내에서 후압을 일으키고, 자유 팽창임에도 불구하고 파이프는 압력용기로 고려되야 한다.

1.3.2 고유 소음의 방지

압력의 대부분이 소음기로 전달되고 압력 감소 제어 구간을 통과하기 때문에 blow - off pipe는 더 작은 직경으로 만들어질 수 있다. 이것은 가격 절감을 가져온다.

valve로 부터의 소음방출 뿐만 아니라 배출속도는 전체 system에 의한 소음 공해를 결정 짓는다. 만약 소음기가 높은 소음 감소를 제공코져하려면 이러한 기준들은 무시되어져선 안된다.

VDI 규정 3733 "파이프에서의 소음"은 파이프 라인들과 파이프 벽에 의한 제동에 있어 소음발생을 계산하기 위한 기초가 된다.

2.1 소음기의 종류

소음기에서 최대로 허용될 수 있는 음압수준(Lws)을 얻기 위해서 요구평가레벨(Lr)과 소음 강도의 거리 의존 감소치를 더한다.

$$Lws = Lr + 10\log 2\pi r^2$$

소음기의 종류는 계산된 음압수준에 의해 결정한다.

Type of diffuser	Max. admissible sound power level
D DA DAA	>130 dB(A) 100 - 130 dB(A) < 100 dB(A)

밸브에서의 음압수준 Lwv와 소음기에서의 허용가능한 음압수준 Lws의 차, 즉 소음기의 소음감소치 Dd를 결정한다.

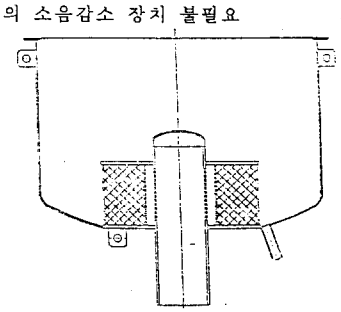
$$Dd = Lwv - Lws = (17\log G + 50\log T - 15) - (Lr + 10\log \pi r^2)$$

평가레벨 Lr을 결정 짓는것은 소음 감소 Dd뿐만아니라 blow-off line에서 발생되는 flow noise와 valve noise도 영향을 미친다. 만약 엄격한 소음감소가 요구된다면 이러한 소음 발생 요인들이 제거되거나 blow-off pipe가 insulated되어야 한다.

2.2 소음기의 종류

2.2.1 Type D

구 조 : 흡음재가 없는 silencer shell
최대 허용 음압수준 : Lws > 130dB(A)
별도의 소음감소 장치 불필요



소음기가 FRUST ZONE에 설치되는 경우, BLOW-OFF PIPE는 보온 되어야 한다.

2.2.2 Type DA

900㎜이상의 직경을 가진 Silencer shell용

구 조 : 내부에 흡음재를 가진 shell

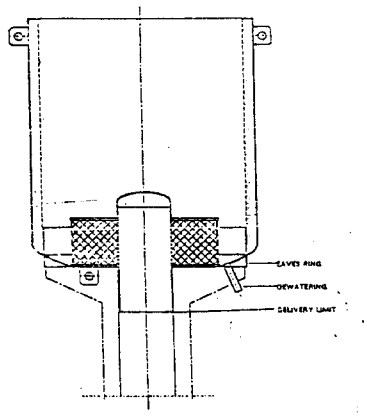
최대 허용 음압수준 : Lws = 100-130 dB(A)

소음 감소 장치 :

소음기 바닥과 밸브 사이에 있는 blow-off pipe를 insulation

Insulation 두께는 100-120㎜

Type DA에는 eaves ring이 설치되었음.



결빙의 위험이 있는 경우, 배수관은 수 Cm Insulation 밖으로 나와있어야 한다. 어떤 경우도 아래의 dewatering은 피해야 한다.

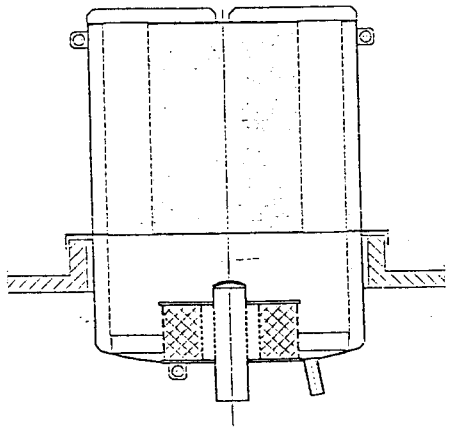
2.2.3 Type DAA

900㎜이상의 직경을 가진 silencer shell용 / Type DA와 같은 구조이며 별도 흡음장치가 있다.

소음감소 장치 :

소음기와 roof 사이의 연결 부위는 두껍게 Insulation되어야 한다.

더러운 빗물이 탱크내에 고이지 않도록 해야함.



3. 설치 효과

호남정유(주) 여천공장의 Combustion air blower vent silencer 개선공사의 예를 들어 Glaunach Type의 감음 효과를 살펴보도록 한다.

당초 85 dB(A)로 보증키로 된 H사의 제품이 소음기 설치후 측정 결과 112.7 dB(A) / 117.8 dB(A)로 소음 보증치에 미달됨. H사에서는 개보수 능력이 없음을 통보 당사에서 Glaunach Type으로 소음기를 설치, 소음도 측정 결과 78 dB(A) / 76 dB(A)로 보증치 85 dB(A)보다 뛰어난 감음 효과를 나타냄.

소음기의 사양을 비교하면 다음 표와 같다.

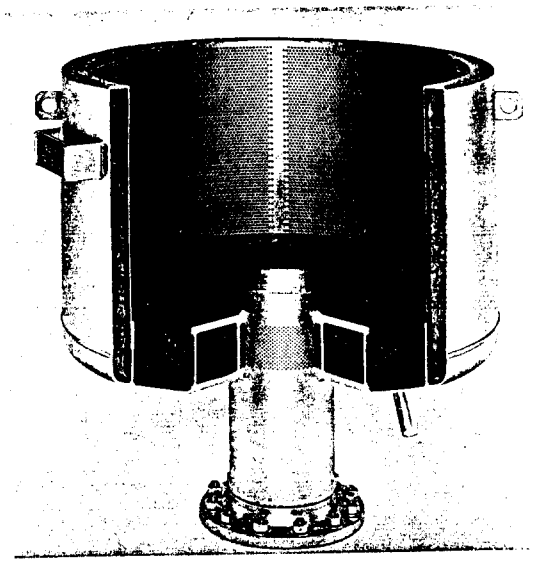
표1)

TYPE	Glaunach	General
SIZE	φ600 x 2523L	φ615 x 3050L
CAP	FLAT RAIN CAP	CONE RAIN CAP
설치전 소음도	135 dB(A)	135 dB(A)
설치후 소음도	76 ~ 78 dB(A)	113~118 dB(A)

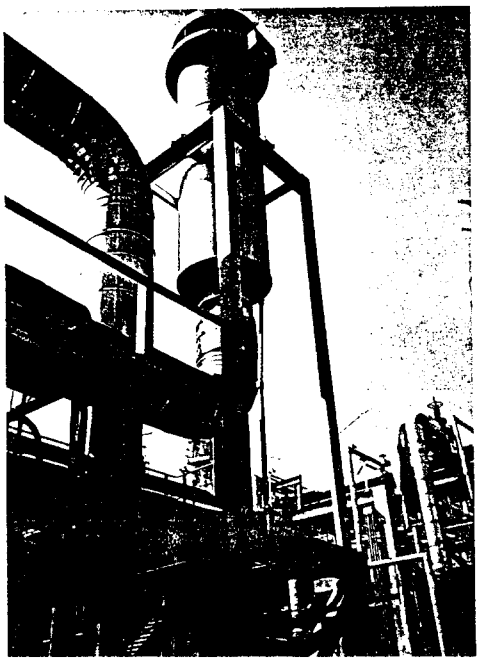
표1)에서와 같이 크기가 작으면서도 훨씬 뛰어난 감음 효과를 나타내었다. 마지막으로 Glaunac h Type 과 General Type 대략적인 비교를 표 2)에 정리하도록 하겠다.

표2)

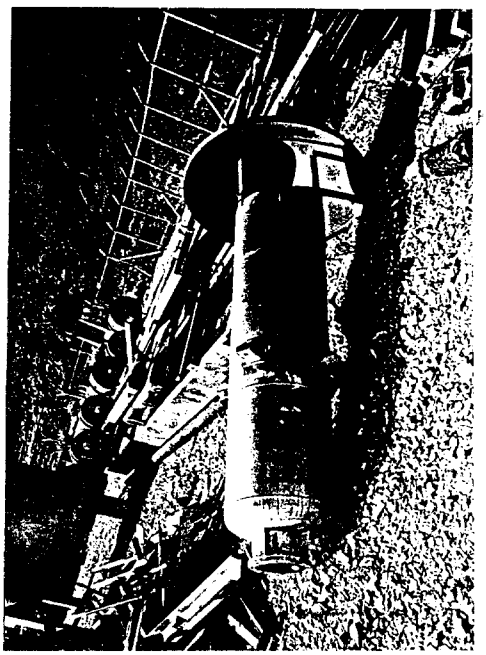
구 분	Glaunach Type	General Type
감음 원리	DIFFUSER를 채용하여 MIXING REGION을 최소화 시켜서 발생 소음 자체를 극소화 시킴	PIPE에 타공하여 1차 소음을 발생시킨 후 2차 흡음재도 감음 시킴.
SIZE	General Type에 비해 소형으로 감음효과 큼	대 형
설치 면수	Support가 필요 없는 Self Support 형태로 설치 면적 적음	길이가 길어 STRUCTURAL Support가 필요함. 설치 면적 넓다.
유지 보수	고속 부위없고 Steel Protector 가 있더 유지 보수 불필요	고속 분출되는 STEAM에 의거 INSULATION에 파손되어 고체 및 유지 보수 필요.
특기 사항	DIFFUSER AUSTRIA 수입으로 General Type에 비해 고가이나 고온 및 고압에서도 뛰어난 감음효과를 나타냄으로 장기적으로 볼때 General Type에 비해 경제성이 뛰어남.	



<Glaunach Section도>



<Glaunach Type>



<General Type>

4. 결 론

화력발전소에서 사용되는 STEAM VENT SILENCER의 DIFFUSER TYPE을 GLAUNACH社 제품을 중심으로 설치사례를 예를 들어 성능등을 설명하였다.

향후 발전방향은

1) 온도별 사용재질을 개발
2) 설치방법을 단순화 (BRACKET 없이)
3) 열 팽창에 따른 SILDING DIFFUSER의 연구
4) 수개의 SEFETY VALVE를 1개의 SILNECER로 처리 방안 모색
5) 동결방지 및 DRAIN의 효율화를 연구 개발 하여야 할 것을 생각한다.

본원에 자료 협조를 해준 Mr. Glaunach씨에게 감사를 표한다.