

# 구멍탄용 온수온돌

저온수 난방방식인 연탄용 온수온돌이 지난 '60년후반 민간연구가들에 의해 개발된 이래 실사용 열효율이 40% 미만인 점을 감안, 필자는 현장조사연구, 현장실험, 온수온돌 시공법 강의, 연탄연소기기에 관한 한국공업규격 등의 심의 과정에서 얻은 지식을 토대로 연탄연소의 기초이론, 연탄용 온수온돌의 시공방법, 온수온돌의 하자발생 원인 분석 및 그 대책을 제시하고자 한다.

## (5) 방열관의 간격

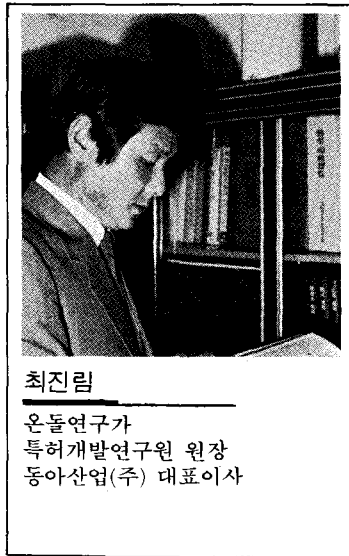
방열관과 벽체와의 간격은 30cm로 하고 방열관의 간격은 20cm~25cm가 되도록 하여 바닥 또는 배관 받침재에 합성수지제 새들(saddle)로 고정시켜야 한다.(철재 새들은 부식 유발)

## (6) 밸브

중앙공급식인 경우에는 그림 22와 같이 방마다 환수관측에 밸브를 설치하여 난방효과의 균형을 조절하여야 한다.

## (7) 공기방출기

공기방출기는 매실마다 1개소 이상 설치하는 것을 원칙으로 하되 상향순환식인 경우에는 배관중 가장 높은 곳에 설치하고 하향순환식에 있어서는 환수 헛더에 설치하여야 하며 개방식 공기방출기를 설치할 경우에는 팽창탱크보다 50cm 이상 높은 곳에 설치하여야



최진림  
온돌연구가  
특허개발연구원 원장  
동아산업(주) 대표이사

한다.

## (8) 퇴수장치

보일러 및 배관내의 물을 배출할 수 있도록 환수주관의 가장 낮은 곳에 또는 보일러의 가장 낮은 곳에 퇴수장치를 설치하여야 한다.

## (9) 자갈층(축열층)

그림 20과 같이 단열층 및 기초모르터 위에 습기가 없는 왕모래 또는 자갈을 충전하되 그 높이는 관 직경의 1/2 정도 노출되어 시멘트 모르터에 묻히도록 하여야 하며 습기가 많은 경우에는 잠열이 생겨서 방이 따뜻하지 않게 된다. 이때 축열층이 없이 시멘트 모르터로 마감하여도 무방하다.

## (10) 배관경사 조정

온수순환 시험을 실시하여 순환상태가 양호하도록 재조정 하여야 한다.

## (11) 시멘트 모르터

시멘트 모르터는 수압시험 및 순환시험에 이상이 없음을 확인한 연후에 시공하되 시멘트 모르터 두께는 2cm~3cm로 하고 시멘트 1, 모래 3의 혼합비율로 관 직경의 1/2 이상 모르터층에 묻도록 하고 방 표

면을 매끈하게 바른다. 이때 시멘트와 물의 배합비율이 높을수록 방바닥이 갈라지는 확률도 높을 뿐만 아니라 물이 자갈층에 흘러 잠열이 생기게 되므로 방바닥이 썩고 따뜻해지지 않는다는 사실도 알아두어야 한다.

(12) 양생

시멘트 모르타의 바른작업이 완료된 후 최소 40시간 습윤상태로 자연 양생시켜야 한다.

(13) 주관선의 보온

주관선은 보온재를 사용하여 두께 20mm 이상 보온하여야 한다.

3) 굴뚝공사

가) 연도관

연도관은 다음 조건을 구비하여야 한다.

(1) 연도관의 크기는 보일러의 배기통의 치수에 따르고 하단부에는 그림 11과 같이 연도개자리를 두어야 하며 보일러의 배기가스 출구로부터 1m 이상 수직으로 설치하고 굴뚝으로 연결되는 수평부분은 기울기를 10도 이상 구배를 주어야 한다.

(2) 수평부분의 연도를 설치하지 아니하고 구들온돌의 고래에 연결하여서는 안되며, 수평부분의 길이가 3m를 초과하지 않는 것이 좋으며 불가피한 경우에는 기울기를 크게 하고 보온하여 배기가스가 원활하게 배기되도록 하여야 한다.

(3) 연도의 이음부분은 외기가 연도 안으로 유입되거나 유해가스 연도의 외부로 스며나오지 않도록 기밀하게 시공하

여야 한다.

(4) 굴뚝은 다음 조건을 구비하여야 한다.

ㄱ. 굴뚝의 크기는 연도관의 크기와 같거나 크게 하고 굴뚝의 하단부에는 굴뚝 개자리를 두어야 하며 높이는 지붕면에서 90cm 이상이 되도록 한다.

ㄴ. 굴뚝은 보일러마다 단독으로 설치하는 것을 원칙으로 하되 아파트 또는 연립주택 등과 같이 공동으로 설치할 경우의 단면적은 연도관 크기의 합계보다 커야 하고 굴뚝과 연결되는 부분은 압력차의 영향을 받지 않도록 하는 조치를 하여야 한다.

ㄷ. 굴뚝의 재료를 일반용 경질염화비닐판(P.V.C판)을

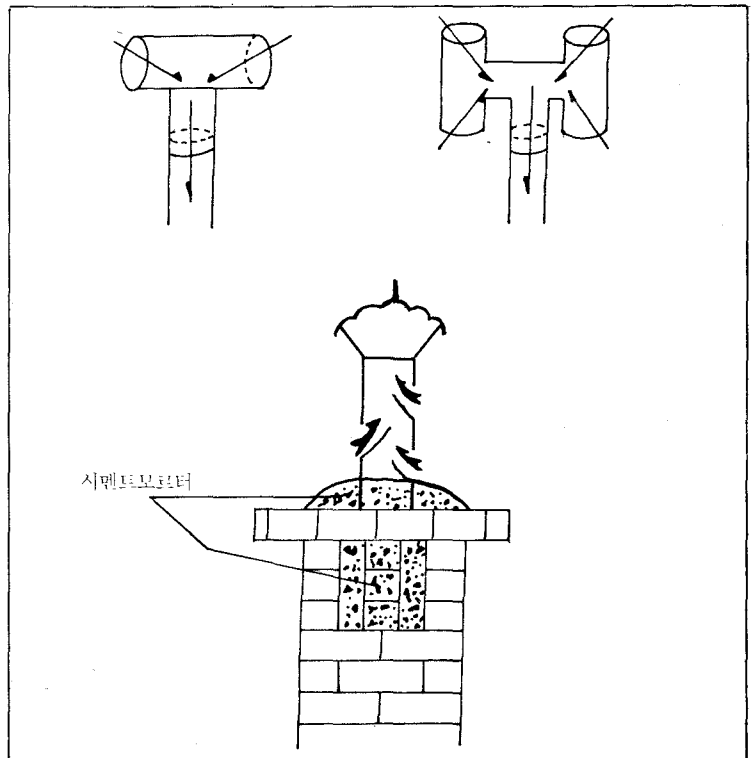
사용하는 경우에는 이중 굴뚝 또는 보온하여 배기가스가 냉각되지 않도록 하여야 한다.

ㄹ. 굴뚝의 위치는 보일러와 가까운 곳에 설치하고 냉각요소가 없는 곳이 좋다.

ㅁ. 굴뚝면에는 외부로 관통하는 구멍 또는 틈이 생겨서는 안된다.

ㅂ. 굴뚝머리에는 그림 23과 같이 눈, 비, 바람이 굴뚝안으로 유입되지 아니하고, 배기가스의 유속을 저하시키지 않는 역풍방지 장치를 태풍에도 견딜 수 있도록 견고하게 설치하여야 한다.

ㅅ. 연소가스 누설시험을 실시하여 보일러의 뚜껑사이로 연탄가스가 누설되면 배기통



(그림 23)

로의 시공이 잘못된 것이므로 연도의 경사도를 재조정 하여야 하고 배기통로 이외의 곳으로 연소가스가 누설되면 시멘트 모르터 등으로 철저히 처리하여야 한다.

**하자발생 원인과 대책**

• 하자 발생원인 분석

1) 온수온돌이 따뜻하지 않은 원인

자연순환식에서 온수온돌이 따뜻하지 않으면 우선 순환상태가 양호하지 못하기 때문이라고 속단하는 경우가 많다.

그 원인을 분석해 보면 그렇지 않은 경우가 훨씬 많다는 사실을 알아 두어야 한다.

예전대 자연순환식의 온수온돌이 따뜻하지 않을 때 강제순환식(모터펌프)을 채용하였음에도 자연순환식 때보다 약간은 나아질지 모르지만 만족스럽지 못한 경우를 우리는 많이 보아왔다.

따라서 온수온돌이 따뜻하

지 않은 원인은 순환상태에만 있는 것이 아니라 발생열량의 부족과 손실열의 과다에 더 큰 원인이 있으므로 지금까지의 잘못된 관념을 바꾸어야 한다.

그 근본적인 원인을 세분화해보면,

가) 열량부족

(1) 연소실의 보온상태가 불량하면 연탄재 속에 미연소분이 많아지고 그에 따라 발열량이 크게 감소된다.

(2) 그림 24와 같이 보일러에서 돌발적 비등으로 발생되는 100℃ 이상의 증기포가 안전판 또는 팽창탱크를 통하여 외기로 직접 방출되면 엄청난 현열 손실이 발생하고 팽창탱크 안에 들어있는 보충수의 온도가 높아지므로(순환수의 온도와 같거나 높음) 증발열손실과 방열손실이 많아짐에 따라 열효율이 약 30%까지 저하되어 방이 따뜻하지 않게 된다.

(3) 배관 기초부분에 사용되는 자갈, 보온재, 시멘트 모르

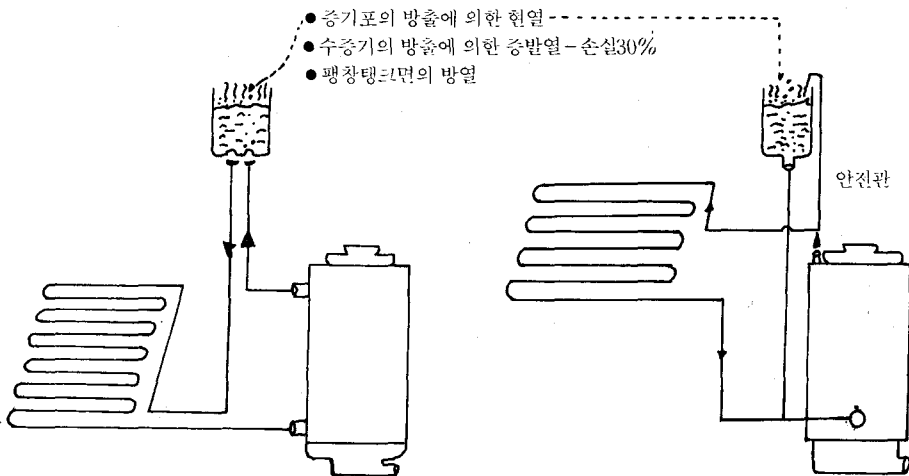
터 등에 습기가 많거나 지면으로부터 모세관현상으로 스며드는 습기와 냉기가 벽체를 통하여 자갈층으로 스며들거나, 절로현상으로 생기는 잠열을 유발하게 되므로 온수온돌의 열효과가 크게 저하된다.

(4) 근본적으로 보일러의 열효율이 낮거나 굴뚝에 가스배출기(강제모터식)를 설치하여 배기량이 과다하게 배출되면 배기손실이 많아지므로 보일러의 열효율이 낮아지고 이와 반대로 배기조건이 불량하여 배기량이 과소하게 배출되면 연소조건이 나빠지므로 연속속도가 저하되고 미연소분의 발생율이 높아짐에 따라 보일러의 열효율이 낮아진다.

(5) 보일러의 공기공급구의 단면적이 작아서 단위시간당 소량이 너무적거나 난방 면적에 비하여 보일러의 정격출력이 미달한 경우도 있다.

나) 순환저항과다

(1) 배관경사는 일반적으로



(그림24)

수평배관형식을 채용하고 있으나 수평배관형식은 강제순환방식에 알맞는 것으로 자연순환식인 연탄용 온수온돌에서는 순환저항이 크기 때문에 적합치 못하다.

자연순환방식인 연탄용 온수온돌에서는 상향순환식은 송수주관으로부터 환수주관 끝까지 상향구배로 배관하여 이를 상향식 배관이라고 하며 하향순환식은 송수주관으로부터 환수주관끝까지 하향구배로 배관하여 이를 하향식 배관 또는 중력식 배관이라고 한다.

그럼에도 불구하고 이를 반대로 배관하는 경우에는 배관저항이 커서 순환이 불가능하게 된다.

(2) 배관내의 순환수내에는 산소와 탄산가스 등 공기가 용존되어 있기때문에 이와같은 공기가 물에서 분리되어 관의 내부에 공기포가 생겨서 온수의 순환을 저해하게 된다. 따라서 배관내에 들어있는 공기가 용이하게 방출될 수 있는 위치에 공기방출기를 설치하여야 한다. 이때 상향식 배관에서는 배관중 가장 높은 위치에 공기방출기를 설치하고 하향식 배관에서는 헛더 또는 환수관끝에 설치하여 공기포의 방출이 용이하게 되는 것이다.

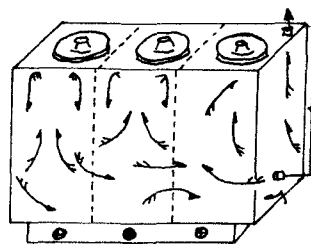
이와같은 공기방출기의 설치방법이 잘못되어 공기포의 방출이 용이하지 못하고 누적되면 순환이 불가능하게 된다.

(3) 상향식 배관은 최초 급수시 배관내에 공기포가 다소 들어있는 상태에서 보일러를 가동할지라도 공기포의 진행방

향과 온수의 진행방향이 환수주관 끝쪽(높은쪽)으로 같은 방향이기 때문에 배관중 가장 높은 위치에 설치된 공기방출기만 개방하면 공기포는 용이하게 배출된다.

그러나 하향식 배관에서는 그렇지 않다. 왜냐하면 하향식 배관은 배관구배가 환수주관 끝까지 점점 낮기 때문에 온수는 중력에 의하여 환수주관 끝쪽(낮은쪽)으로 흐르고 배관내에 있는 공기포는 부력에 의하여 송수주관쪽(높은쪽)으로 상승되므로 각각 진행방향이 상충되기 때문에 최초 급수시 배관내에 있는 공기를 완전히 제거하지 아니하고 잔유되면 순환이 불가능하게 된다.

따라서 하향식 배관의 최초 급수방법은 낮은쪽에서 높은쪽으로 즉, 환수주관쪽에서 송수주관쪽으로 급수하여야 배관내의 공기포가 용이하게 배출된다는 것을 잊어서는 안된다.

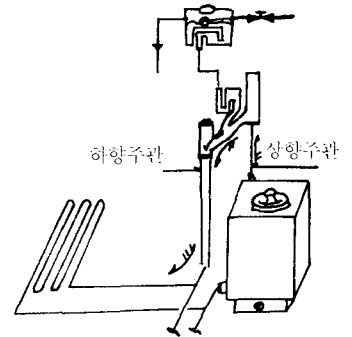


(그림25)

(4) 단위 시간당 발열량이 비교적 많은 2통식 또는 3통식 보일러의 송수구와 환수구는 대각의 위치에 있어야 한다.

그림 25와 같이 보일러의 송수구와 환수구가 한쪽에 몰려

있으면 그쪽 부분만 정상순환되고 다른쪽 부분의 수실내의 온수가 과열현상을 일으켜서 이상 팽창압력이 발생되므로 주기적으로 역수현상을 일으키게 된다.



(그림26)

(5) 하향순환식은 물의 중력을 이용한 순환방식이므로 물의 중력이 온수의 진행방향쪽으로 작용되도록 하여야 함은 너무나도 당연하다. 따라서 그림 26과 같이 온수의 상향주관보다는 하향주관의 크기가 클수록 온수의 중력에 의하여 순환속도가 빨라지므로 이점을 유의하여야 하며 팽창탱크와 팽창관 안에 들어 있는 물의 중력도 하향주관쪽으로 작용되도록 하여야 한다. 따라서 물의 중력과 순환의 진행 방향이 반대로 작용되면 순환계통에 하자가 발생하게 된다.

(6) 그림 27과 같이 송수 및 환수주관과 방열관이 상향식 배관에서 방열관이 높이보다 낮게 하향으로 꺾인 부분이 있거나 하향식배관에서 방열관의 높이보다 높게 꺾인 부분이 있으면 자연순환은 불가능하게 된다.

(7) 순환 및 배관의 형식에서 기술한 바와같이 배관의 형식은 분리주관식이 순환저항이 적고 방바닥 온도도 균일하다.

우리나라 좌식생활 방식의 습성이 방바닥 표면온도가 36℃ 이상으로 체온보다 높고 실내온도는 20℃ 이하일때 쾌적감을 느낀다. 보온이 잘된 주택의 연탄용 온수 온돌에서 분리주관식을 채택하면 실내온도를 최적온도인 18℃~20℃로 유지하기는 그리 어려운 일이 아니다.

그러나 이때 방바닥 표면온도는 25℃를 넘지 않는다. 그러므로 쾌적한 실내온도는 유지되었지만 방바닥 표면온도는 미지근하다고 불평을 하는 수가 많다.

또한 방바닥 표면온도를 36℃ 이상 유지하자면 연탄의 연소속도를 높여서 연탄의 소비량(연소량)이 많아져야할 뿐만 아니라 실내온도는 20℃ 이상이 되므로 불쾌감이 높아져서 창문을 열어야 하는 결과가 초래된다. 따라서 우리가 요구하

는 방바닥 표면온도와 실내온도를 동시에 충족시키면서 연탄을 절약할 수 있는 배관방식은 배관저항이 다소 크다고 할지라도 온도가 높은 송수가 아랫목쪽에서부터 윗목쪽으로 흐르도록 함으로서 아랫목 방바닥 표면온도는 37℃ 정도, 윗목쪽 방바닥 온도는 20℃ 정도, 실내온도는 18℃~20℃ 정도가 유지되는 직열배관방식이 추천된다.

연탄용 온수보일러는 단위시간당 발열량이 낮고(1통식인 경우 시간당 약 2,500kcal/h) 연소초기에는 발열량이 아주 낮았다가 점차적으로 높아지면 또 다시 연탄을 갈아주게 되므로 다시 낮아지게 되는 주기의 특성을 지니고 있으므로 이를 배관저항이 적은 분리주관식, 인접주관식, 사다리꼴식, 회오리식 등은 방바닥 표면온도가 균일하기 때문에 표면온도가 낮을 수 밖에 없다. 따라서 이론적으로는 양호한 배관방식임에도 불구하고 우리의 습성에 맞지 않기 때문에 시공

이 잘되었다 하더라도 하자 공사라는 불평을 면키 어렵다는 것을 알아 두어야 한다.

(8) 송수 및 환수주관에서 여러개의 방으로 분기 배관되는 경우 분기된 방열관의 단면적의 합계가 송수 및 환수주관의 단면적과 같거나 작아야 한다.

2) 방바닥이 부패하는 원인

가) 배관 이음부분의 부실한 교합으로 누수가 되어 부패하는 경우가 있다.

나) 그림 28과 같이 축열층(자갈층)의 벽체면을 시멘트 모르타 등으로 바름을 하지 않은 경우에는 온도가 낮은 외기가 온도가 높은 자갈층으로 스며들게 되므로 결로현상을 일으켜서 외기(냉기)가 유입되어 습기가 발생되므로 방바닥이 부패하게 된다.

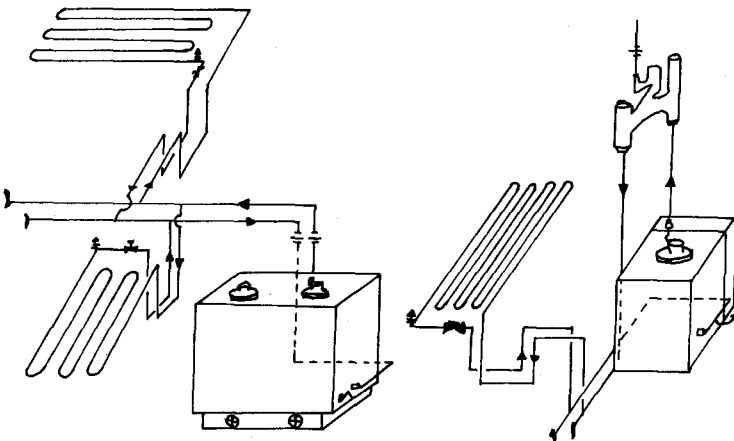
다) 일반적으로 배관의 바닥부분 보온층은 설치하지만 축열층의 벽체면을 보온하는 경우는 드물다.

그렇기 때문에 외기와 접한 벽체면의 온도는 외기온도와 거의 같다. 따라서 결로현상이 일어나게 되므로 방바닥 가장자리(굽도리)가 부패하게 된다.

라) 벽체를 사이에 두고 욕실과 방바닥이 인접된 경우 방수처리가 잘못되면 습기가 침투되어 방바닥이 부패하게 된다.

마) 건축물 내의 급수관을 보온하지 않으면 습기가 발생하여 부패한다.

바) 배관의 바닥이 흠인 경우 방습처리를 하지 아니하고 시공하면 모세관 현상으로 습



(그림27)

기가 축열층으로 스며 올라서 방바닥이 부패하게 된다.

사) 배관 기초부분의 높이가 건물 주위 지면의 높이와 같거나 낮은 경우에 습기가 스며들어서 방바닥이 부패하는 경우도 있다.

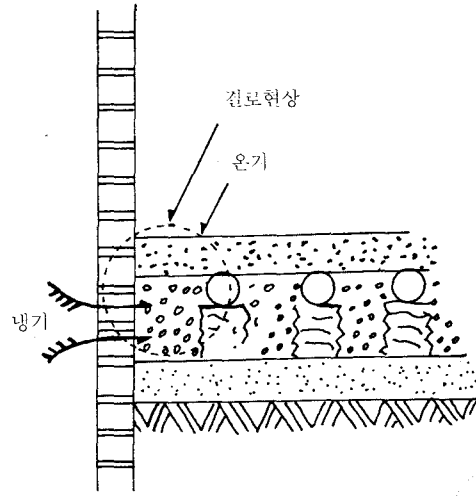
아) 고온의 송수측 방열관(supply)을 외벽측(창측)으로부터 배관하면 결로현상이 촉진되고 대류속도가 빨라지므로 체감온도가 낮아지고 방안에 먼지가 비산되어 비위생적인 점에 유의해야 한다.

이와같이 방바닥이 부패하면 불결하고 비위생적일 뿐만 아니라 습기에 의한 잠열이 생기므로 온도의 열효과가 극감된다는 사실을 증시하여야 한다.

3) 연탄가스 중독사고의 원인

가) 보일러의 설치위치가 보일러를 중심으로 좌우로 수평거리 각 1m 이내의 직상부에 방안으로 통하는 창문이나 출입문이 있으면 방안 공기의 대류현상에 의하여 아래부분의 문틈으로 외부공기가 유입되고 윗부분의 문틈으로는 방안공기가 밖으로 배출되므로 보일러의 뚜껑틈 등에서 유출된 일산화탄소가 상승되는 도중 아래부분의 문틈으로 유입된다.

나) 보일러의 배기상태가 비록 양호할지라도 연탄을 갈아줄 때에는 일산화탄소가 보일러실로 유출되는 것을 막을 길이 없다. 그러므로 보일러실에는 공기유입구와 배출구가 있어야 보일러실로 유출된 일



〈그림28〉

산화탄소가 외기로 배출된다. 이때 배출구의 위치는 실내로 통하는 문틈등 공기통로 보다 높아야 공기보다 가벼운 일산화탄소가 용이하게 외기로 배출된다.

다) 보일러실의 위치가 거실의 지하에 있는 경우에는 보일러실 천정면의 틈으로 일산화탄소가 상승하여 거실안으로 유입되지 않도록 철저히 처리되어야 한다. 이때 보일러실의 천정이 목재로 된 경우에는 여하한 조건하에서도 보일러를 설치하여서는 안되며 보일러실의 계단이 거실로 직접 통하게 된 경우의 계단은 연통력(굴뚝역할)이 생긴다는 사실도 알아두어야 한다.

라) 연도 및 굴뚝의 단면적 부족, 경사도 낮음, 개자리 없음, 틈이 생김 등으로 연탄가스가 굴뚝으로 원활하게 배기되지 못하면 배기되지 못한 일산화탄소가 주거실내로 유입될수 있는 가능성이 커지는 것이다.

마) 굴뚝의 재료로 많이 사용되고 있는 합성수지제(P.V.C 파이프, 유론파이프 등)관은 봄, 여름, 가을철에는 배기상태가 양호하다. 그러나 외기온도가 영하로 떨어지는 겨울철, 특히 기온이 가장 낮은 밤중에는 굴뚝이 냉각되기 때문에 성애가 피게 되어 배기가 거의 불가능하게 된다. 따라서 이와 같은 굴뚝 재료는 보온하거나 2중 구조로 시공하여야 한다.

바) 연도를 구들온돌의 고래에 연결할 경우에는 특별한 경우를 제외하고 배기상태가 불량하다.

사) 강제순환펌프를 설치한 경우 자동온도 조절장치의 온도를 45℃ 이하에 맞추었을때 배기가스의 온도가 낮아지므로 배기상태가 불량해진다.

자) 굴뚝머리에 바람막이 굴뚝모자를 설치하지 않으면 바람이 역류하게 되므로 일산화탄소가 역류되어 실내로 유입된다.

4) 현장에서의 진단방법

### 가) 온수의 순환계통

(1) 순환상태는 이론적으로 송수온도와 환수온도 차가 15~20℃ 이내이어야 정상 순환이라고 할 수 있다.

이때 방열면적(방열량)은 보일러의 출력에 따른 난방부하의 적정한 방열면을 전제로 한다.

현실적으로 대부분의 현장 시공은 방열면이 이론치(E.D.R) 보다 3~5배나 크기 때문에 실제 현장에서 송수온도와 환수 온도차만으로는 온수의 적정순환량을 정확하게 측정하기 어렵다. 그러므로 현장에서 손쉽게 순환상태를 점검하는 방법이 현실적으로 절실히 필요한 것이다.

하향식 배관의 경우 팽창탱크 안에 들어있는 보충수의 온도를 측정하여 보충수의 온도가 외기온도차 25℃ 이하이면 순환상태가 양호, 25℃ 이상이면 불량, 40℃ 이상이면 극히 불량한 상태로 시공이 잘못된 것으로 판단한다. 이의 이론적 근거로는 순환상태가 불량하면 순환되지 못한 온수가 팽창관을 통하여 팽창탱크로 밀어 올리거나 대류 또는 전도에 의하여 보충수의 온도가 높아지는 것은 너무나 자명하고 보충수의 온도가 높으면 증발열손실과 방열손실이 많기 때문이다.

(2) 팽창탱크 안에 들어 있는 보충수가 주기적으로 넘치게 된 경우에는 배관저항이 지나치게 크거나 배관속에 공기포가 들어서 온수의 순환을 저지하는 것으로 볼 수 있으며 2통

식 또는 3통식의 경우 송수구와 환수구의 위치가 대각의 위치에 있지 않고 한쪽으로 편중되어 있는가를 점검하여야 한다.

### 나) 연소계통

(1) 보일러의 공기구를 연탄 1장이 12시간 지속되도록 조정된 후 3.6kg탄을 연소시켜서 연탄재의 중량을 측정한다. 이때 연탄재의 중량이 1.7kg 이하이면 연소상태가 극히 양호한 것이고 2kg 이상이면 불량한 것이며 연소가 지속되지 못하고 연탄불이 꺼지면 극히 불량한 것으로 판단된다.

### 다) 배기계통

(1) 굴뚝 끝에서 배기가스 온도를 측정하여 외기온도 10~15의 범주에 들면 양호한 것이고 15℃가 넘으면 배기손실이 과다한 것이며 5℃ 미만이면 배기상태가 아주 불량한 것으로 판단한다.

### 라) 손실열

(1) 하향식 배관에서 폭발을 방지하기 위하여 안전판 또는 개방식 공기 방출기가 송수주관 쪽에 설치되어 있으면 순환수의 온도보다 높은 증기포(보일러에서 돌발적비등으로 발생된 증기포)가 외기로 직접방출(현열손실) 되거나 증발 열손실이 크므로 부실한 시공으로 판단한다.

안전판 또는 개방식 방출기의 설치가 불가피한 경우에는 환수주관쪽에 설치하여야 한다.

(2) 팽창탱크는 상향식배관의 경우 방열관의 끝부분 또는 환수주관쪽에 설치하고 하향

식 배관의 경우에는 송수주관 쪽에 설치하된 보일러에서 돌발적비등으로 발생하는 고온의 증기포가 팽창탱크를 통하여 직접 외기로 방출되지 않도록 하여야 하고 보충수와 순환수 사이에 공기층을 형성하지 않으면 손실열이 아주 많다는 것을 잊어서는 안된다.

(3) 보일러 외부의 가장 높은 온도가 외기온도차 60℃ 미만이면 양호한 것이고 60℃ 이상이면 불량한 것이며 100℃ 이상이면 극히 불량한 것으로 판단한다.

(4) 연소상태, 보일러 외부면의 방열상태, 팽창탱크 부분의 열손실상태, 배기상태 등이 양호함에도 불구하고 온수온도의 열효율이 좋지 못하면 배관 기초부분의 습기에 의한 잠열 때문이라고 판단한다.

## 결론

연탄용 온수온도의 구조를 대별하면 열발생장치인 보일러 열이용 장치인 방열관, 가스배기장치인 굴뚝부분으로 구분된다.

열발생장치인 보일러는 연소효율을 높여서 연탄이 지니고 있는 열량을 최대한으로 발열시킨 후 배기 및 방열손실을 감소시켜야 하고 배관은 폭발위험, 손실열과다, 순환저항 과다를 방지할 수 있어야 할 것이며, 굴뚝에서는 연소증 발생되는 가스를 유효하게 배출시켜야 하는 기법이 삼위일체를 이루었을때 비로소 소기의 성과를 거둘수 있는 것이다.

〈연재 끝〉