



가스보일러 직관 배기통의 길이에 따른 폐가스(CO) 농도 고찰

†임사환 · 허용정* · 이종락** · 김철진** · 박인수** · 하태영** · 김일우** · 최락범**

한국기술교육대학교 기계공학과, *한국기술교육대학교 메카트로닉스공학과,

**한국가스안전공사 가스안전교육원

(2007년 1월 9일 접수, 2007년 5월 11일 채택)

A Study on the Concentration of CO(Carbon Monoxide) by the Length of the Straight Exhaust Tube for Gas Boiler

†Sa Hwan Leem · Yong Jeong Huh* · Jong Rark Lee** · Cheol Jin Kim** · In Soo Park** ·
Tae Young Ha** · Il Woo Kim** · Rack Bum Choi**

Department of Mechanical Engineering, Korea University of Technology and Education

*School of Mechatronics Engineering, Korea University of Technology and Education

**Faculty Division, Institute of Gas Technology Training

(Received 9 January 2007, Accepted 11 May 2007)

요 약

지구상에 역사가 시작된 이후로 에너지, 경제, 환경 등 3E 문제가 존재해 왔다. 특히 근대산업혁명 이후 에너지 및 환경에 대한 문제가 두각을 나타내게 되었다. 따라서 환경친화적인 에너지원으로서 가스의 수요가 날로 급증하고 있다. 가스의 수요와 더불어 가스보일러의 설치 및 사용이 늘어나면서 보일러 폐가스(CO)에 의한 인명피해가 해마다 증가하고 있다. 따라서 가스보일러 직관 배기통의 길이에 따른 CO 농도의 고찰을 통하여 인체에 대한 위해성을 파악코자 한다. CO의 허용농도인 50 ppm에 해당하는 길이는 1곡관 3m에서는 5분이 경과할 경우이며, 4m와 5m에서는 3분 경과부터 CO 농도가 허용농도를 초과하는 것으로 나타났다.

Abstract – There have been 3E problems of energy, economy and environment since the earth has its history. Especially, the energy and environment problems have been getting serious after the modern industry revolution. Therefore, the demand of gas as an eco-friendly energy source is getting increased. With the demand of gas, the installation and use of gas boiler is also increased, so human life injury by the waste gas(CO) of boiler goes on increasing every year. Hence, we want to find out the harm to human body through the study on the concentration of CO by the length of the straight exhaust tube of gas boiler. The allowable concentration of CO is 50 ppm. The 3 m of once bended tube starts exceeding the allowable concentration of CO after 5 minutes, and the 4 m and 5 m starts exceeding after 3 minutes.

Key words : Gas boiler, Exhaust tube, CO(Carbon Monoxide)

I. 서 론

산업사회가 발전하면서 난방기술도 빠르게 변천하고 있다. 인간의 삶에 대한 편리성을 위하여 에너지원도 가스로 변화하였으며, 그 수요현황은 Table 1과 같다[1]. 또한 가스보일러의 설치현황도 가스의 소모량과 비례하여 수요가 날로 급증하고 있는 실정이다. 이와 더불어 가스사고가 증가하면서 가스 사고에 대한 많은 연

구가 수행[2-4]되었으며, 가스보일러 사용에 의한 CO 중독사고로 인한 인명피해도 매우 심각한 수준에 이르렀다.

최근 5년간 가스보일러에 의한 시설미비사고는 급·배기통 설치기준 미준수가 15건(55.6%)로 가장 많고 다음으로 배기통 연결부 이탈 12건에 의한 사고로 나타났다. 이러한 CO 중독사고의 인명피해는 Table 2에 나타난 것처럼 타 형태의 사고보다 무려 4.3배가 높게 나타났다[5].

따라서 본 교육원에서는 가스보일러의 사용에 따른

†주저자:leemsahwan@kut.ac.kr

Table 1. Energy consumption (units : megaton).

Section	2005	2004	2003	2002	2001
Energy consumption	229.3	220.2	215.0	208.6	198.4
LNG	29.9	28.3	24.2	23.1	20.7
Oil (LPG)	101.5 (12.2)	100.6 (11.9)	102.4 (11.9)	102.4 (12.3)	100.4 (11.4)
Hydraulic	1.33	1.46	1.72	1.33	1.04
Nuclear	36.69	32.67	32.41	29.77	28.03
Coal	54.79	53.12	51.11	49.09	45.71
Other	5.01	3.98	3.24	2.92	2.46

Table 2. Accident for boiler.

Section	CO poisoning	Explosion	Comparison (CO Poisoning/Explosion)
Death	43	-	-
Wound	64	4	16 times
Damage Case	107	4	26.8 times
	36	6	6 times
Rate	3.0	0.7	4.3 times

위험성에 대하여 안전성을 확보하기 위한 일환으로 가스보일러 폐가스 측정 실험 장비를 개발하게 되었다.

본 장비를 이용하여 교육생에게 직접 보일러 배기통에 의한 폐가스의 농도를 확인할 수 있도록 구성하였기에 현장적용 및 안전관리에 기여할 것으로 판단한다.

II. 측정장비 및 CO 특성

2.1. 장비현황

보일러 폐가스 측정 실험장비의 구성모습은 Fig. 1과 같이 전면 하부에는 열교환기 부스로 상부는 가스보일러를 설치하여 배기통을 길이 및 굴곡 수를 변경하면서 사용할 수 있도록 구성되어 있다.

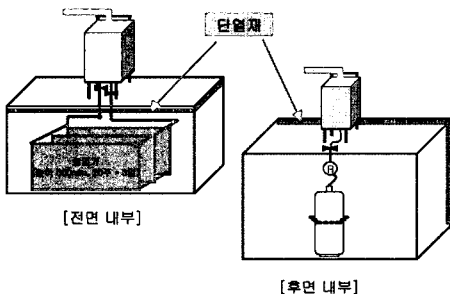
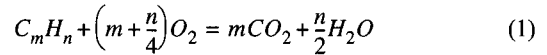


Fig. 1. View of training equipment.

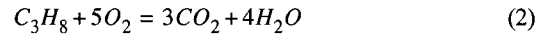
뒷면에는 가스용기를 설치하였으며 바퀴를 달아 장소에 구애를 받지 않고 자유로이 이동할 수 있도록 하였다. 따라서 실내에서 뿐만 아니라 야외에 설치된 가스보일러의 사용중 특성을 파악할 수 있는 장비이다.

2.2. 연소이론

연소라 하면 가연물이 산소와 화합하는 일종의 산화반응이지만, 불꽃(炎)과 열을 내는 화학반응을 말한다[6]. 탄화수소계 연소방정식은 다음과 같다[7,8].



표준상태의 가스 1 m³를 완전히 연소시키기 위하여 필요한 최소량의 공기를 이론공기(理論空氣)라 하며, 식 (1)을 이용하여 프로판(C₃H₈) 가스에 대입하여 계산하면 식 (2)와 같다.



LP 가스의 이론 공기량의 계산은 Table 3과 같다.

각종 가스의 이론량을 산출해보면 발열량 1000 kcal/m³당 약 0.9~1.0로 거의 일정한 것으로 알려지고 있다.

그러나 실제로는 이론공기량만으로는 노즐로부터 분출하여 연소하기까지 공기와 가스가 완전히 혼합하지 않기 때문에 완전 연소시킬 수가 없으며, 연소하지 않는 가스성분이 남든가 불완전한 화학반응을 일으킨다. 따라서 20~50% 정도의 과잉 공기가 필요하게 된다.

2.3. CO 특성

가스보일러 가동으로 인하여 연소중에 불완전연소하였을 때는 CO(일산화탄소)가 함유되어 있어 이로 인한 인명피해가 날로 심해지고 있는 실정이다.

공기중의 CO농도와 호흡시간에 따른 중독증상은 Table 4와 같다[9-12].

Table 5는 개인의 건강상태에 따라 다를 수 있으나

Table 3. Calculation.

Ingredient	A Contain volume in 1 Nm ³	B Oxide equivalent	AB Oxide needed	Theory air volume
C ₂ H ₄	0.008	3	0.024	4.988/0.21= 23.75
C ₃ H ₈	0.989	3	4.945	
C ₄ H ₁₀	0.003	6.5	0.019	
Total	1.000		4.988	

Table 4. CO and toxic symptoms in air.

In air (%)	Breathing hour and symptoms
0.02	Slight headache in 2~3 hours.
0.04	Front headache in 1~2 hours, back headache in 2.5~3.5 hours.
0.08	Headache, feel sick, vomiting in 45 minutes. Swoon in 2 hours.
0.16	Headache, feel sick in 20 minutes. Death in 2 hours.
0.32	Headache, feel sick in 5~10 minutes. Death in 30 minutes.
0.64	Headache, feel sick in 1~2 minutes. Death in 10~15 minutes.
1.28	Death in 1~3 minutes.

Table 5. CO-hemoglobin and toxic symptoms in blood.

CO Hemoglobin of blood (%)	Symptoms	
	Setting up straight	Working
0-10	No symptoms	No symptoms
10-20	No symptoms	Slight headache
20-30	Headache	Feel sick
30-40	Headache, Vomiting	Convulsions
40-50	Difficulty in eyesight, Hearing, Consciousness, etc.	Muscle decrease, Convulsions
50-60	Syncope	Syncope
60-70	Heart gets weak	Sometimes death
70-80	Pulse gets weak	Difficulty in breathing, Death

*공기중의 0.02%는 200 ppm.

*CO의 허용농도는 50 ppm.

CO와 헤모글로빈의 중독증상을 나타내고 있다[13-16].

CO가 함유된 폐가스가 사람이 상주하는 곳에 누출 되면 사람은 CO에 중독되고 CO는 인체의 혈액중에 있는 헤모글로빈(혈액소)과 급격히 반응하여 O₂의 순환을 방해하므로 질식 또는 생명을 잃을 수도 있다.

III. 장비적용사례

보일러 폐가스 측정 장비를 이용하여 실제 현장에서 시공되고 있는 방법 [17-19]에 입각하여 곡관과 직관을 시공하여 그 각각에 대한 폐가스 발생농도를 시간대비 변화를 고찰하여 최적의 폐가스 누출량 감소에 대하여

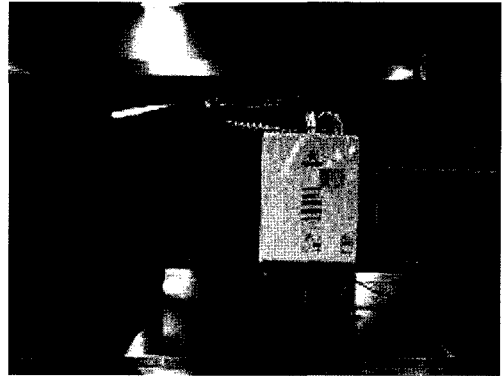


Fig. 2. Once bend and length 1 m.

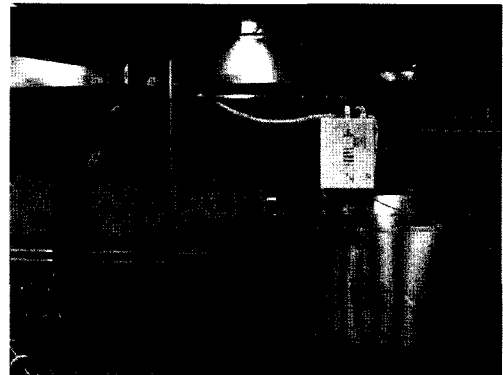


Fig. 3. Once bend and length 2 m (View of measurement).

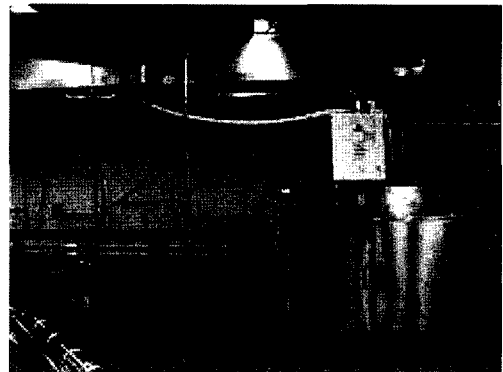


Fig. 4. Once bend and length 3 m.

알아보고자 한다.

Fig. 2에서 Fig. 6은 1곡관 배기통에 대한 시공형태를 나타내고 있다.

Fig. 2는 1곡관 수평과 직관길이 1 m로 시공된 형태를 나타내고 있다.

Fig. 3은 1곡관 수평과 직관길이 2 m로 시공된 형태를 나타내고 있으며, 폐가스(CO와 CO₂)와 O₂ 및 온도

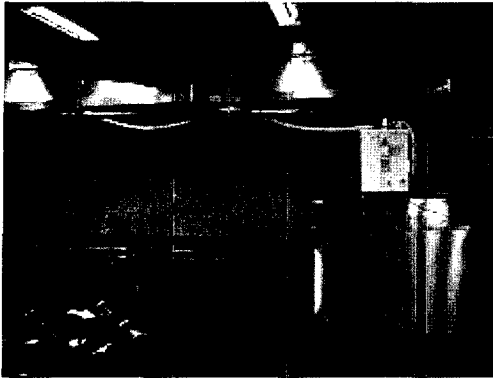


Fig. 5. Once bend and length 4 m.

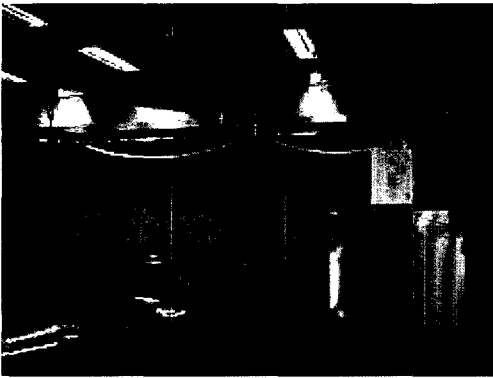


Fig. 6. Once bend and length 5 m.

측정 장비(Sprint 2000)를 이용하여 일정장소에서 측정하는 모습을 보여주고 있다.

Fig. 4는 1곡관 수평과 직관길이 3 m로 시공된 형태를 나타내고 있다.

Fig. 5는 1곡관 수평과 직관길이 4 m로 시공된 형태를 나타내고 있다.

Fig. 6은 1곡관 수평과 직관길이 3 m로 시공된 형태를 나타내고 있다.

IV. 결과 및 고찰

보일러 폐가스 측정 장비를 이용하여 실제 현장에서 시공되고 있는 방법에 입각하여 곡관과 직관을 시공하여 그 각각에 대한 폐가스 발생농도를 시간대비 변화를 고찰하여 최적의 폐가스 누출량 감소에 대하여 알아보고자 한다.

곡관 1개를 이용하여 배기통을 시공하였을 경우 각각의 길이에 따른 시간의 변화를 1분에서 5분까지 변화과정을 살펴보았다.

Fig. 7은 곡관 1개를 이용하여 배기통을 시공하였을

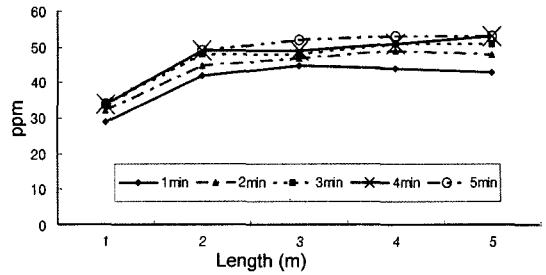


Fig. 7. CO concentration by length.

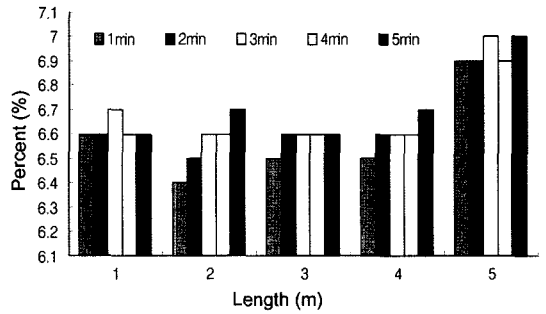


Fig. 8. CO₂ concentration by length.

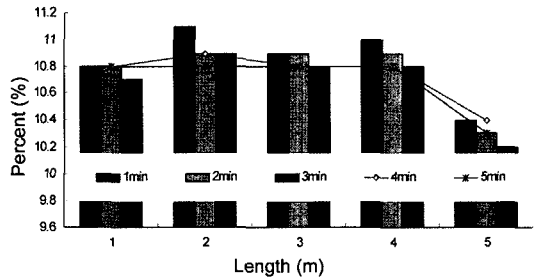


Fig. 9. O₂ concentration by length.

경우 그 길이를 1 m부터 5 m까지 변화시키면서 길이에 따른 일산화탄소(CO) 농도 변화 추이는 조금씩 늘어나는 것으로 나타났으며, 시간의 경과에 따른 CO 농도 역시 조금씩 변화함을 알 수 있다.

Fig. 8은 곡관 1개를 이용하여 배기통을 시공하였을 경우 그 길이를 1 m부터 5 m까지 변화시키면서 길이에 따른 이산화탄소(CO₂) 농도 변화 추이를 살펴보면 5 m에서는 증가함을 알 수 있으며, 시간의 경과시간 변화에 따라 CO₂ 농도도 변화함을 알 수 있다.

Fig. 9는 곡관 1개를 이용하여 배기통을 시공하였을 경우 그 길이를 1 m부터 5 m까지 변화시키면서 길이에 따른 산소(O₂) 농도 변화 추이를 살펴보면 길이가 길어질수록 조금씩 하락하는 것으로 나타났으며, 시간의 변화에 따라 O₂ 농도도 조금씩 감소하는 것으로 나타남

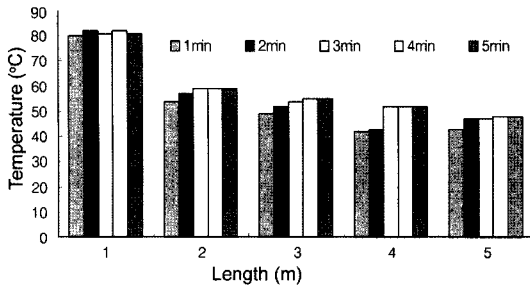


Fig. 10. Variation of temperature by length.

을 알 수 있다.

Fig. 10은 곡관 1개를 이용하여 배기통을 시공하였을 경우 그 길이를 1 m부터 5 m까지 변화시키면서 길이에 따른 배기통 내부 온도변화 추이를 살펴보면 1 m에서는 온도변화가 시간의 변화에 따라 배기통 내부 온도가 변화를 볼 수 없었으나, 2 m 이상에서는 시간의 변화에 따라서 온도가 조금씩 상승함을 알 수 있다.

V. 결 론

보일러 배기통 직관의 영향에 대하여 결론을 도출하였으며, 본 연구는 현장에서 실제 보일러 가동이 가장 많은 겨울철 심야를 기준으로 야간 20시부터 22시 (14~16°C)에 실험을 실시하였다.

본 연구를 통하여 다음과 같은 결론을 도출하였다.

1. CO의 허용농도인 50 ppm에 해당하는 길이는 1곡관 3 m에서는 5분이 경과하면서 부터이고, 길이가 4 m와 5 m에서는 3분 경과부터 CO 농도가 허용농도를 초과하고 있다.

따라서 배기통 길이는 최대한 짧게 시공이 되어야 보다 안전하다고 판단된다.

2. 산소(O₂) 농도는 1곡관 길이의 변화와 시간의 변화에 상관없이 대체적으로 일정하게 나타났으나, 5 m 부터는 급격하게 감소하였다.

따라서 현장에서 배기통을 시공할 때에는 길이를 최대 4 m 이내가 보다 안전할 것으로 판단된다.

3. 배기통 내부의 온도는 40~85°C로 시간의 증가에 따라 상승함을 알 수 있었으며, 이로 인하여 시간이 경과함에 따라 배기가스의 수증기가 응축수로 변화하는 양이 많아졌다.

추후 보다 많은 실험을 통하여 배기통 굴곡 및 길이의 설치상태(상향과 하향)에 따른 폐가스 분출영향 및 배기능력 등에 대하여 연구를 진행코자 한다. 또한, 콘덴싱 보일러의 응축수 발생량 및 농도에 대하여도 연구를 진행할 계획이다.

참고문헌

- [1] Korea Statistical Information System Consumption data of Energy source <http://kosis.nso.go.kr>
- [2] Ha, D.M., "Risk Assessment of Fire and Explosion of Methane", *Journal of the Korean Institute of Gas*, 9(2), 1-7, (2005)
- [3] Lee, S.K., Y.B. Bae and J.G. Oh, "Consequence Analysis of Gas Explosion in LPG Vessel Retail Store Which is Located around Apartment Complex", *Journal of the Korean Institute of Gas*, 10(3), 48-53, (2006)
- [4] Leem, S.H., I.W. Choi, and D.Y. Lim, "A Study on Estimation of Overpressure Damage caused by Rupture of Butane Can(volume:34g)", *Journal of the Korean Institute of Gas*, 9(2), 8-15, (2005)
- [5] 한국가스안전공사, 2005가스사고연감, (주)오성프린팅, (2006)
- [6] Tatyana A. Davletshina Nicholas P. Cheremisinoff, Ph.D, *Fire and Explosion Hazards Handbook of Industrial Chemicals*, Noyes Publications, (1998)
- [7] 한국가스석유기기협회, 가스연소기기 편람, 서라벌인쇄(주), (1994)
- [8] 류석기, LPG 및 도시가스 실무핸드북, 구인사, (1994)
- [9] 조진성, 직업성두통, 한국산업간호학회지 제4권 제3호, pp. 69-71, (1997)
- [10] American Conference of Governmental Industrial Hygienists(ACGIH), "Documentation of the Threshold Limit Values and Biological Exposure Indies", Cincinnati, OH, (1996)
- [11] Carl L. Yaws, "Matheson Gas Data Book I: Seventh Edition", Matheson Tri-Gas, (2001)
- [12] Carl L. Yaws, "Matheson Gas Data Book II: Seventh Edition", Matheson Tri-Gas, (2001)
- [13] <http://www.mathesonrigas.com/MSDS>
- [14] 권부현, 밀폐공간작업에서의 질식재해예방, 한국산업안전공단 안전보건 제18권 제5호 통권 제201호, pp. 11-19, (2006)
- [15] <http://www.safety.or.kr>
- [16] <http://www.kgs.or.kr>
- [17] 日本ガス機器検査協會, ガス機器の設置基準及び實務指針(前篇)-「總則法令」集, 有限會社サムネク, (2005)
- [18] 日本ガス機器検査協會, ガス機器の設置基準及び實務指針(後篇)-「實務指針」集, 有限會社サムネク, (2005)
- [19] 최진구, 천직II-가스보일러의 모든 것, 도서출판푸른숲, (1992)