

## 알루미늄 용해로의 열량변동대응 공연비제어기술

이중성\*†, 유현석\*, 한정옥\*

한국가스공사 가스기술연구원

### Air-Fuel ratio Control Technology Corresponding to High Heating Value Variation for Aluminum Melting Furnace

Joongsung Lee\*†, Hyunseok You\*, Jeongok Han\*

KOGAS Research Institute

#### Abstract

국내 천연가스 열량제도를 현행 표준 열량제 10,400kcal/Nm<sup>3</sup>(43.54MJ/Nm<sup>3</sup>)에서 중간 조정기간을 두고 2012.07.01부터는 최저 10,100kcal/Nm<sup>3</sup>(42.28MJ/Nm<sup>3</sup>)을 유지하고 2015년 이후 9,800(41.1MJ/Nm<sup>3</sup>)~10,600kcal/Nm<sup>3</sup>(44.4MJ/Nm<sup>3</sup>) 열량범위제도로 변경 추진되고 있다.

산업현장에서 열량변동을 측정하여 공연비 제어기술을 개발하고자 60ton Al 용해로에 열량대응기술 개발을 위한 내용으로 열량측정시스템설치 및 열량 값과 연계하여 공연비 제어기술개발연구 내용으로 결과는 다음과 같다.

단순히 표준열량으로 에 맞춰 프로그램된 제어로직에 열량변동에서 검출된 신호를 이용하여 연료보정 값을 추가한 로직을 재구성할 필요가 있다. 이 허장의 경우는 용탕의 온도가 목표온도 근처까지 올리기가 어려워진 상황으로 주로 공급열량 저열량화에 따른 과잉공기영향으로 온도상승이 어려워 보이며 적절한 공연비로 최적화 되면 이러한 문제가 개선되리라 생각된다.

**Key word:** HHV(High heating Value) WI(wobbe index), air-fuel ratio, FF Control(Feed Forward control), FB Control(Feed Back control)

#### 1. 서론

현재 세계적으로 고열량의 천연가스가 줄어들고 PNG, Shale gas 등 저열량의 가스가 늘어나고 있어 현재의 표준 열량을 맞추기 위해 고열량의 천연가스를 고비용으로 수입함과 그에 따른 추가비용이 소비자들에게 부담이 되고 있다.

국내 천연가스 열량제도를 현행 표준 열량제 10,400kcal/Nm<sup>3</sup>(43.54MJ/Nm<sup>3</sup>)에서 중간 조정기간을 두고 2012.07.01부터는 최저 10,100kcal/Nm<sup>3</sup>(42.28MJ/Nm<sup>3</sup>)을 유지하고 2015년 이후 9,800(41.1MJ/Nm<sup>3</sup>)~10,600kcal/Nm<sup>3</sup>(44.4MJ/Nm<sup>3</sup>) 열량범위제도로 변경 추진된다.

또한 지속적으로 천연가스의 열량이 감소될 것을 대비하여 저 열량의 천연가스의 사용이 산업체 열량민감공정에 미치는 영향을 선행연구를 통해 결과를 도출하였고, 후속으로 산업현장에서 열량변동을 측정하여 공연비 제어기술을 개발하고자 관련 열량측정을 통해 공연비 제어기술개발을 위해 시범적용 연구를 진행하고 있으며 그 일부 내용을 소개하고자 한다.

#### 2. 열량변화가 연소공정에 미치는 영향

열량 즉 조성변화가 산업체 연소공정설비에 미치는 영향은 다음과 같다.

##### 2.1 열량에 민감한 공정

가. 가열공정

가열온도제어에 있어서 산업현장에서는 여러 가지 형태의 제어로직레벨이 있다. 현재 연료가

\* 한국가스공사 가스기술연구원

† 연락처, jslee@kogas.or.kr

TEL : 031-400-7532, FAX :031-406-1495

스의 열량변동에 대한 공연비제어는 이루어지지 않고 있으며 저열량화에 따라서 과잉공기 증가로 약간의 효율손실 발생의 가능성이 있다.

나. 열처리 공정

열처리공정에는 소둔, 침탄, 템퍼링 등이 있으며 이중 직화식 소둔이나 DX소둔의 경우 수동식이 대부분으로 열량변동에 대한 제어설비가 추가적으로 필요한 상황이다.

RX소둔의 경우 제어설비가 있기는 하나 열량변동에 대한 운전 방법의 개선이 필요한 설비도 있다.

2.2 현황 및 대응방안

가스연료의 저열량화 및 열량변동에 대응하기 위해서는 산업 현장적용에 열량변동을 측정하는 장치와 연계되는 공연비제어 기술개발이 필요하다. 산업현장 중 고온 유리 제조 공정, 직화식 열처리공정 등은 열량 변동에 매우 민감하여 열량 정보를 열량(웨이비저수) 측정기로부터 직접 얻어 공연비 제어장치를 조절하는 기술이다. 이러한 기술개발 및 적용을 통해 열량 민감업체에 기술지원을 함으로써 해당 분야에서의 열량 변동에 따른 불만 및 제도에 대한 불신을 해소시킬 필요가 있다.

2.3 국내의 연구동향

기술현황으로는 유럽의 경우 GasPT 등을 이용한 가스 열량 측정 장치 상용화하여 사용하고 있다. 한국의 경우는 열량제도 변경에 대한 대응연구를 통해서 KOGAS&KIER 연구와 KOGAS에서 중소기업 지원연구과제로 열량 변동에 따른 공연비 제어장치 및 발열량(WI) 측정 장치를 공동 개발하였다.



<GasPT>

- 통신으로 열량 Data 출력.
- 실시간으로 열량 측정 가능.
- Gas소모량 1LPM
- 측정방식 : Sound of Speed & T.C.D

<국의 열량 측정 장치 GasPT>



<발열량(WI)측정>

- 통신 및 Analog 열량 Data 출력.
- 실시간으로 열량 측정 가능.
- Gas소모량 1LPM
- 측정 방식 Sonic nozzle & Thermal Mass

<국내 열량(WI) 측정 장치>

3. 열량변동 대응 공연비제어장치

세계 천연가스시장의 열량이 하향 평준화되므로 인해 국내에서도 표준열량에서 열량범위를 두고 변동하는 열량변동제도 실시로 열량에 민감한 산업체에서는 연소기 및 분위기가스 조성이 열량변화로 인한 기존 공연비가 틀어짐으로 인해 공정문제와 생산제품의 품질저하를 야기할 수 있다.

이에 대비하여 개발된 열량(WI)측정 장치를 열량 민감 산업현장에 적용시키기 위하여 개발된 열량측정(WI)계와 공연비제어로직, 기존설비에 설치하여 열량변동에 대응하기 위한 기술개발을 위하여 시범적용 설치한 장치의 S/W, H/W구성은 다음과 같다.

3.1 System Flow Plan

열량계를 연계한 기존설비의 공연비제어 장치 구성은 다음과 같다. 열량계를 이용한 공연비 제어기술은 주로 용해, 열처리공정과 같이 정상적으 배가스 중에서 O2를 측정할 수 없는 공정에서 유효하다.

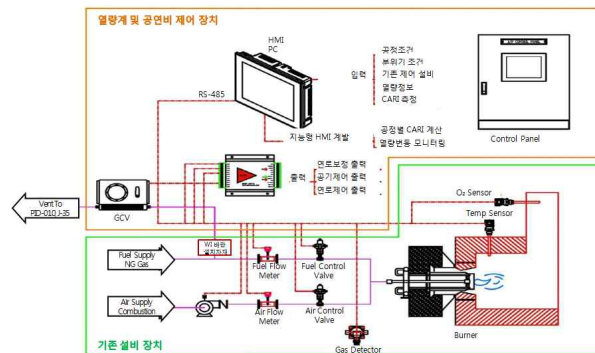


Fig.1 열량계 및 공연비제어장치 구성도

3.2 공기비 제어기술 및 열량변동의한 제어

레벨별 공연비 조정방법은 Fig.2와 같이 4단계가 있으며, 다음과 같이 조정하여 개선할 수 있다.

Level 1: 주기적 조절방법 도출, 링크구조개선, level 3화

Level 2: ratio regulator에서 주기적 조절방법 도출, 전동밸브이용 level 3화

Level 3: 연료/공기측 전동밸브 출력 조정방법 도출

Level 4: control room에서 PLC이용 공연비제어 방법도출

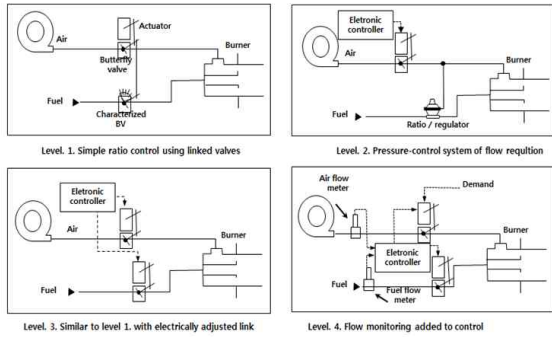


Fig.2 공연비제어 방법 및 제어레벨

연소제어 기술은 일반적으로 연소배가스 중 O2농도를 측정하여 FEED BACK 제어를 하나 이러한 제어기술은 항상 적용이 가능한 것이 아니다. 여기서는 용해로에 이용할 수 있는 FEED FORWARD 제어방식으로 발열량(HHV or WI)을 보정(correction)하는 방식으로 적용하는 제어로직은 Fig.3과 같다.

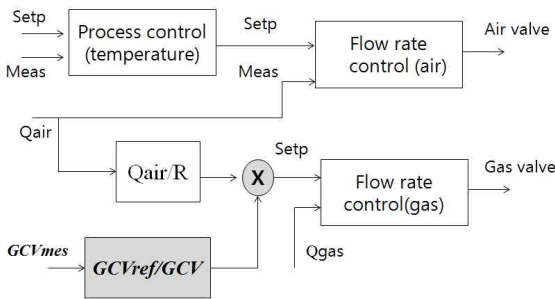


Fig.3 FF(Feed Forward)방식(HHV correction)

적용대상 설비로는 60톤 AL 용해로로 열량대응 기술개발을 위하여 검토내용 및 기술개발 안은 다음과 같다.

- 열량센서를 부착하여 열량대응이 용이함
- 열량에 따라 프로그램에서 공연비 조절 가능함
- 효율 문제만 영향 받음
- 축열식반사 용해로:비례제어 Level 4
- 공기비계산시 이론공기량이 열량에 비례하는 점을 계산에 반영하면서 공연비를 계산하여 공기량, 가스량 설정치를 계산하여 프로그램 수정을 한다. 또한 수동모드로 하여 유량조절도 가능하다(공연비 계산필요)



Fig.4 60ton AL 용해로

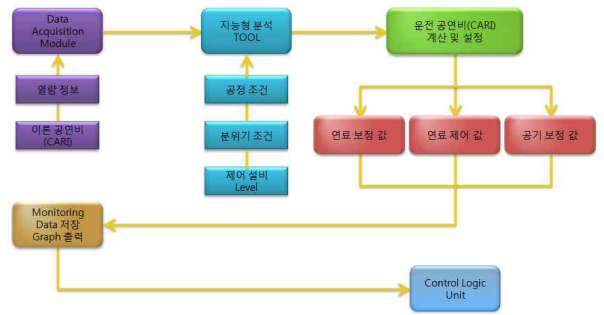


Fig.5 열량계 적용 S/W 구성

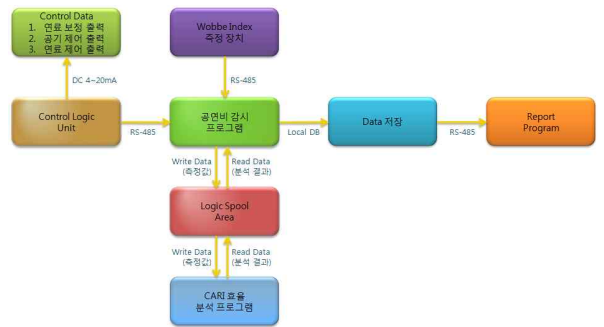


Fig.6 열량계 및 공연비 제어장치 계통도

4. 시범설치 시험 및 대응방안

4.1 설치 및 시험

Fig.7은 열량변동 대응기술개발을 위하여 현장에 설치된 열량추정시스템이다.



Fig.7 열량계(WI) 측정장치 시스템 설치

이러한 열량측정시스템을 통해 측정된 열량값의 변동폭은 다음과 같다.  
 현재는 평균 열량은 10,311kcal/Nm<sup>3</sup> 최대편차는 42kcal/Nm<sup>3</sup>, 편차율은 0.4% 이다. WI는 약 평균값에 비해 편차는 HHV 기준으로 50%정도 수준이다.

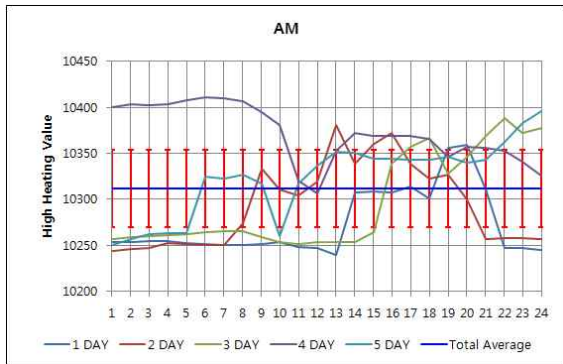


Fig.8 용해로 가스연료 HHV변화

High Heating Value [kcal/Nm <sup>3</sup> ]					
	1 DAY	2 DAY	3 DAY	4 DAY	5 DAY
Average	10273.58	10293.98	10297.06	10371.89	10322.92
Total Average	10311.88				
편차	27.09	12.66	10.48	42.43	7.80
편차률%	0.26	0.12	0.10	0.41	0.08

Fig.9 용해로 가스연료 HHV 분석

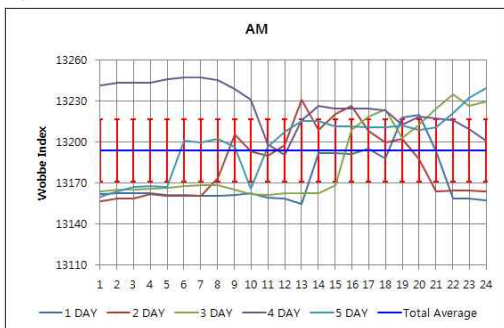


Fig.10 용해로 가스연료 WI 변화

Wobbe Index [kcal/Nm <sup>3</sup> ]					
	1 DAY	2 DAY	3 DAY	4 DAY	5 DAY
Average	13173.02	13184.09	13185.76	13226.32	13199.79
Total Average	13193.80				
편차	14.69	6.86	5.68	23.00	4.24
편차률%	0.11	0.05	0.04	0.17	0.03

Fig.11 용해로 가스연료 WI 분석  
 4.2 대응방안

열량변동 대응기술을 개발하기 위하여 시범설치된 열량 값을 이용하여 현재 Level 4로 구성되었지만 제어로직은 Level 3 이하로 PLC를 구성하고 운전하고 있다. 따라서 단순히 표준열량으로 에 맞춰 프로그램된 제어로직에 열량변동에서 검출된 신호를 이용하여 연료보정 값을 추가한 로직을 재구성하고 있으며 준비가 되면 시범적용할 계획이다. 이 현장의 경우는 용탕의 온도가 목표온도 근처까지 올리기가 어려워진 상황으로 주로 공급열량 저열량화에 따른 과잉공기영향으로 온도상승이 어려워 보이며 적절한 공연비로 최적화 되면 이러한 문제가 개선되리라 생각된다.

5. 결론

가스 열량저열량화 및 열량변동으로 열량민감업체에 적용할 수 있는 열량대응기술을 개발하고자 열량측정 및 제어장치 시범적용결과는 다음과 같다.

1. 열량민감공정조사 및 분석을 통해 문제점 및 개선사항을 도출
2. 열량측정장치를 현장에 설치 및 운전을 통해 열량변동 추이 및 제어로직 구축 및 방안 수립
3. 열량변동과 연계하여 공연비제어 로직 및 HW 구축, 선정 진행

참고 문헌

- [1] 천연가스 발열량 변화에 대응할 수 있는 산업용 가스기기 공연비제어장치 기술개발, 2012.12, 한국가스공사 연구개발원
- [2] 열량변경 대응 중소 산업용 연소기기 조정방법 및 현장적용기술 수립, 2012.6, 한국가스공사 연구개발원