

1 톤/일급 가연성폐기물 가스화용융공정의 제어시스템 개발

김원배, 구재희, 조성수, 정석우, 주지선
고등기술연구원 Plant Engineering 센터

Control System Development for 1 Ton/Day-Scale Gasification/Melting Process Treating Combustible Wastes

Won-Bac Kim, Jae Hoi Koo, Sung-Su Cho, Seok Woo Jung, Ji-Sun Joo
Plant Engineering Center, Institute for Advanced Engineering

1. 서론

1 톤/일급 가연성폐기물 가스화 용융공정은 정상상태 조업시 약 1400℃, 5기압의 고온 및 고압의 조건하에서 운전되는데 설정된 운전조건을 안정하게 유지하기 위해서는 이러한 조건에 상응하는 안정된 제어로직의 구성은 매우 중요한 요소이다. 주요공정은 액상폐기물 및 고압가스 공급설비, 가스화용융로, 생성가스 냉각설비, 비산재 제거 및 생성가스 분석설비 등으로 구성되어 있다. 이러한 가스화용융 공정의 연속운전을 통해 제어시스템의 구성 및 제어로직의 적합성 연구가 수행되었다. 가스화용융공정의 제어는 운전조건의 변화에 따라 주어진 설정치를 추적 또는 유지하기 위한 PID(Proportional-Integral-Derivative) 제어를 중심으로 구성되는 제어루프를 조합하여 구성되어 있다. 또한 설정된 조건의 변화에 따라 작동되는 순차제어(Sequence Control)와 비상정지(Emergency Shutdown, ESD) 제어 시스템이 구성되어 있다. 본 연구에서는 이러한 가스화용융공정 제어로직의 개발에 대하여 설명하고자 한다.

2. 제어시스템 구성

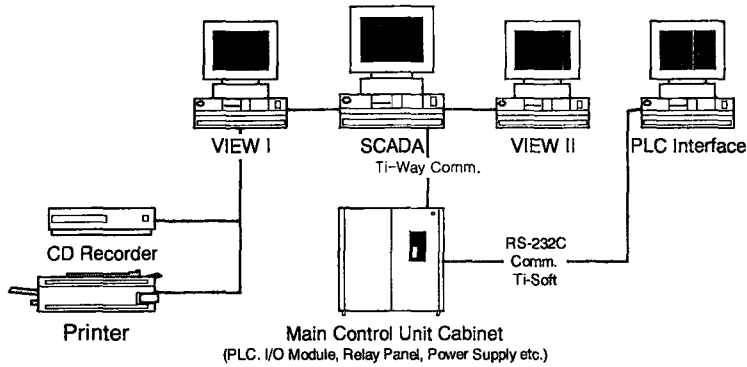
가연성폐기물 처리용 가스화용융로 제어시스템의 설계는 2단계로 구성되어 있는데, 우선 시스템의 간편성 및 이동성을 고려하여 현장에서 단독으로 제어가 가능한 현장제어판넬(Local Control Panel, LCP) 시스템을 구성하였다. 운전자는 현장에서 단독으로 설비의 운전 및 제어가 가능하다. 2단계로 제어실을 구성하여 PLC(Programmable Logic Controller)와 MMI(Man Machine Interface) S/W를 사용하여 원격제어 및 운전데이터 수집이 가능하게 구성하여 운전자가 제어실에서 손쉽게 통합제어를 할 수 있게 제어시스템을 구성하였다.

제어시스템 구성은 SIEMENS TI-545 PLC와 운전자가 운전을 용이하게 하기 위한 MMI S/W인 Intellution사의 FIX v.7.0이 설치된 펜티엄급 PC로 구성되어 있다. 단위공정에 설치된 계측 기기들은 PLC I/O module을 통해 PLC와 계측 및 제어신호를 주고받으며, PLC 제어로직은 TI-SOFT라는 프로그램에 의해 운용된다.

또한, PLC는 자체에 장착된 NIM(Network Interface Module)을 통하여 FIX S/W가 설치된 PC와 운전정보를 주고받는다. PLC와 NIM을 통해서 연결된 SCADA(Supervisory Control Alarm & Data Aquisition)는 PLC에 수집된 공정변수를 감시하며, 또한 운전자의 명령을 PLC에 전달하는 기능을 한다. SCADA와 LAN으로 연결된 2대의 VIEW 노드는 공정변수들의 감시, 운전조작 및 데이터 저장기능을 담당한다. PLC와 직접 연결(RS-232C)된 Interface PC는 PLC와의 통신을 통해 PLC의 동작을 감시하는 기능 이외에 사용자가 작성

한 제어 프로그램을 up-loading 및 down-loading하는 역할을 한다. 운전중 실시간으로 수집된 운전자료는 FIX S/W의 Historical Data 처리기능을 사용하여 VIEW 노드를 통해서 주기적으로 저장되며, 운전후 검색이 가능하다.

이러한 제어시스템 구성상태를 [그림 1]에 나타내었다.



[그림 1] 가연성폐기물 처리 제어시스템 구성사항

3. 제어로직 구성

가스화용융로 제어시스템은 200여개의 입출력 포인트를 제어하며, 8개의 제어루프로 운전되는데 PID 제어루프 6EA, P 제어루프는 2EA로 구성되어 있다. 이러한 제어루프의 상세한 내용은 <표 1>에 나타내었다. 또한 운전중 주요 포인트에 대한 Alarm Block이 구성되어 있으며, 주로 반응물 공급압력 및 반응기 압력, 주요설비의 차압등이 포함되어 있다.

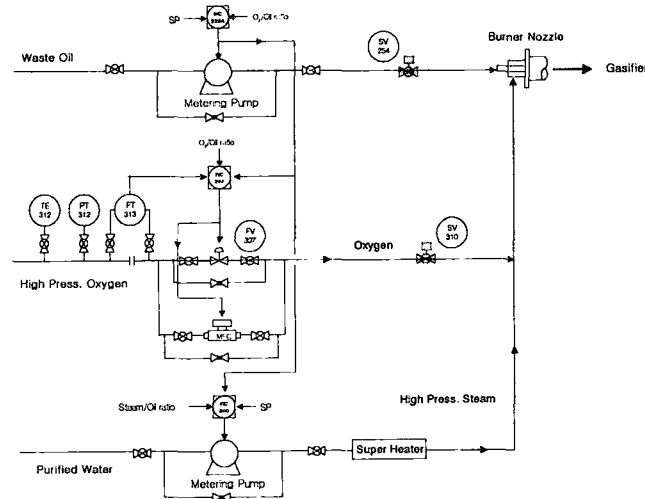
<표 1> 가연성폐기물 가스화용융로 제어루프 구성내용

No.	TAG NAME	RANGE	UNIT	DESCRIPTION	LOOP TYPE	REMARK
1	FIC-300	0 ~ 200	KG/HR	Air Flow Control	PID	
2	FIC-310	0 ~ 60	NM ³ /H	Oxygen Flow Control	PID	
3	FIC-320	0 ~ 50	NM ³ /H	Steam Flow Control	PID	
4	PIC-360	0 ~ 10	kg/cm ²	Furnace Pressure Control	PID	
5	TIC-100	0 ~ 200	℃	1st Tank Temp. Control	PID	
6	TIC-200	0 ~ 200	℃	2nd Tank Temp. Control	PID	
7	TIC-110	0 ~ 200	℃	Waste Oil Line Temp. Control	P	
8	TIC-320	0 ~ 200	℃	Steam Line Temp. Control	P	

(1) 반응물 공급량 제어

가스화기로 공급되는 공기 및 산소유량을 안정적으로 제어하기 위하여 유량조절밸브로 공급되는 가스압력을 가스화기 보다 항상 일정압력 높게 공급한다. 가스화기 운전시 운전자

가 주로 조작하는 변수는 Oil 공급량, 산소/Oil 비, 스팀/Oil 비 이며, 이러한 비를 조절하며 가스화기 온도 및 압력도 동시에 제어한다. 운전중에 유량조절밸브는 가스화기의 부하, 온도, 압력 및 가스조성 등을 제어하기 위하여 변동성이 크므로 PID 제어기의 성능이 운전에 가장 중요하며 [그림 2]에서는 공급유량 제어로직 구성을 나타내었다.



[그림 2] 가스화기로 공급되는 공급유량 제어로직 구성도

(2) 가스화기 온도 및 압력제어

가스화기의 온도변화는 반응물 공급의 불안정 등의 외란에 의하여 주로 발생되며, 이러한 외란에 대해 가스화기가 안정한 온도범위 내에서 조업될 수 있도록 가스화기의 온도를 제어변수로 하는 온도제어로직을 구성하였다.

가스화기 온도제어는 가스화기 주 반응영역에 설치된 R Type 열전대(Thermocouple)에 의해서 측정된 온도를 기준으로 제어하는데 주제어기의 출력은 하위의 ratio 로직으로 전달되며, 출력 신호는 산소/Oil 비 이며 제어기의 출력은 0.4 - 1.2의 범위로 전환된다. Ratio 로직에서 가스화기로 공급되는 Oil의 유량과 곱하여 하위의 산소유량 제어기의 설정치로 공급되는데 산소유량 제어기는 상위의 ratio 로직으로부터 출력된 설정치에 맞추어 가스화기로 공급되는 산소의 유량을 조절한다.

또한 가스화기의 압력제어 루프는 가스화기 후단부 압력조절밸브의 제어로 가능하며, 반응물 공급량의 변동에 따른 생성가스 발생량의 변화를 고려한 압력제어 루프를 구성하였으며, 제어기 미세튜닝을 통하여 안정되게 운전하였다.

(3) 인터록(Interlock) 시스템

가스화기 운전시 주요 현장계기등의 이상이나 불안정한 운전상태에 의하여 더 이상의 운전이 불가능할 경우 자동으로 제어 로직이 동작하여 운전을 정지하도록 안정된 인터록(interlock) 시스템을 구성하였다. 특히 가스화기 또는 Oil 공급의 이상시 주로 동작하는데, 가스화기는 압력 및 온도 이상시, Oil 공급은 노즐쪽의 막힘현상 및 역압(back pressure) 이상시에 발생한다.

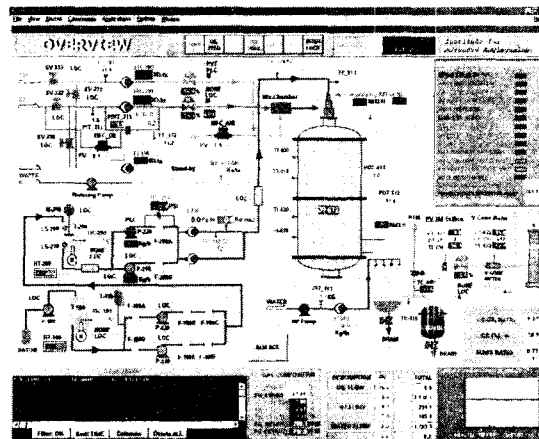
인터록 작동시 고온 인화성가스가 Oil 및 산소와 반응하지 못하도록 Oil 공급펌프가 정지하며, 산화제인 산소와 공기 공급밸브가 닫히고 질소 밸브가 열려 산화제 배관을 질소로 퍼지(purge) 한다. 이러한 인터록 관련 내용을 정리하면 <표 2>와 같다.

<표 2> 가스화기 인터록 동작상태 및 밸브 개별상태

Interlock No.	Activation Conditions	Actions
I-1 (Gasifier Shutdown)	<ul style="list-style-type: none"> Gasifier Pressure High-High PT_360 : 6 Kg/cm² Gasifier Temperature High-High TE_400 ~ TE_430 : 1600℃ ESD push button (HPB_300) HPB_300 Activated : ON 	<ul style="list-style-type: none"> SV_330 Opened(O₂→N₂) SV_331 Opened(Air→N₂) SV_332 Closed(O₂ Sol.) SV_333 Closed(Air Sol.) P-210 / P-220 Stop PV_360 Fully Opened
I-2 (Oil Feed Shutdown)	<ul style="list-style-type: none"> F-200A&D DP High-High PDT_200 : 0.6 Kg/cm² Oil Supply Press. High-High PT_220 : 20 Kg/cm² Gasifier Temperature Low-Low TE_400 ~ TE_430 : 600℃ 	<ul style="list-style-type: none"> P-210 / P-220 Stop SV_330 Opened SV_331 Opened SV_332 Closed SV_333 Closed

(4) 운전화면 구성

가연성폐기물 처리용 가스화용융로의 운전화면은 크게 반응물 공급, 가스화기 및 후처리설비, 열 및 물질수지 부분으로 크게 나눌 수 있다. [그림 3]에서는 운전시 주로 사용하는 운전상태가 일괄적으로 파악이 가능한 운전화면을 나타내었다.



[그림 3] 가연성폐기물 가스화용융로 주요 운전화면 구성상태

4. 결 론

본 연구를 통하여 가스화용융로 제어시스템은 앞서 설명한 바와 같이 반응물 공급량 제어, 가스화기 압력 및 온도제어, 인터록 시스템 등으로 구성되어 있다. 이러한 제어로직 개발은 가스화기의 다양한 가연성폐기물 및 운전압력 적용을 통해 문제점을 파악, 개선하였으며, 운전자의 수동조작이 가능한한 배제될 수 있도록 최적화 되었다. 또한 안정된 운전을 위하여 제어기의 성능을 충분히 활용하기 위하여 제어기의 미세한 조절(tuning)을 완성하여 안정된 가스화기 운전이 가능하게 되었다.

감 사

본 연구는 과기부 국가지정연구실과제인 “가연성폐기물 처리용 가스화용융 공정기술 개발” 과제 연구의 일부로 수행되었습니다. 지원에 감사드립니다.