

## Heater interlock by-pass로 인한 위험분석 및 사고방지에 대한 연구

<sup>†</sup>손재근·박교식·강태연·여영구\*

한국가스안전공사 가스안전시험연구원

\*한양대학교 화학공학과

(2003년 1월 20일 접수, 2003년 3월 15일 채택)

## A Study on Risk Analysis and Accident Prevention Heater Interlock By-pass

Jae-geun Son · Kyo-Shik Park · Tae-Yeon Kang and Yeong-Koo Yeo\*

Institute of Gas Safety Technology, Korea Gas Safety Corporation,

\*Department of Chemical Engineering, Hanyang University

(Received 20 January 2003 ; Accepted 15 March 2003)

### 요약

본 연구에서는 국내 석유화학공장에서 운전되고 있는 CDU plant heater, NCC plant heater, CO plant Heater, aromatic plant heater 등 15개 plant heater를 대상으로 조사하였으며, 세부 내용으로는 heater 사고 예방을 위한 공정운전 표준, alarm 작동시 조치 및 setting 변경, 시운전 점검사항, interlock system 분석, interlock by-pass 운전현황, heater 주요 사고·사례 등을 분석하였다.

interlock 방지 및 시설개선 대책으로 실시간 monitoring 설치, local 압력계 및 온도계 추가설치, 초기 운전시 점검방법, interlock by-pass 관리, 오작동 계기 sensor maker 변경, 운전 mode 변경시 주요 현장확인사항, DCS alarm 관리방법 등을 제시하였다.

heater interlock에 관련되는 국내외 연구자료가 거의 없어서 주로 석유화학업체 운전 절차서, 공정trouble 일지, 부서장 및 현장 운전원의 의견을 반영하여 연구하였다. 연구의 결과에 따라 interlock 방지 및 시설개선 대책을 운전 절차서에 반영한다면 interlock으로 인한 사고를 크게 줄일 수 있을 것으로 기대된다.

**Abstract** - In this paper it was investigated 15 heaters of CDU plant heater, NCC plant heater, CO plant heater, Aromatic plant heater and so on while running in our country. It was also analysed the standard of operation procedure, the action in alarm, the interlock system, the operating situation of the interlock by-pass and major accident about the heater and so on.

This paper presents the installation of the on-line monitoring, the additional installation of the local pressure gauge and temperature gauge, the check in starting operation, the management of the interlock by-pass, the change of manufacturer causing the disorder of instrument sensor, the management method of DCS alarm for methods of the interlock prevention and facilities improvement.

It was few information about the heater interlock in the inside and outside of the country. We mainly have studied with reflecting the opinion of the operator and manager on site, the sheet of process trouble and operation procedure and so on.

we think that the accident relating to the interlock will significantly reduce if the companies apply the conclusion of this study(i.e. methods of the interlock prevention and facilities improvement).

**Key words :** DCS(distribute control system), CDU(crude oil unit), FD(forced draft) fan, ID(induced draft) fan, interlock by-pass

## 1. 서 론

석유화학공장의 heater는 연소실 내에 tube를 연결한 형태로 tube 내로 가열될 유체를 통과시키고 연료를 연소시켜 열을 가하는 방법의 가열장치를 말하며 그 형태에 따라 가온형, 원통형, 또는 상자형 등이 있다. 운전 압력은  $15 \text{ kg/cm}^2$  ~  $180 \text{ kg/cm}^2$ , 온도는  $350^\circ\text{C}$  ~  $1,100^\circ\text{C}$ 로 고온 고압의 조건에서 운전되는 설비이기 때문에 이로 인한 사고가 많이 발생되고 있다.

Heater와 관련되는 사고의 원인으로는 가열장치의 interlock system을 임의 해제하여 운전하는 것이 주된 원인이 되고 있다.

본 연구에서는 국내 석유화학공장에서 운전되고 있는 CDU 플랜트 heater, NCC플랜트 heater, CO 플랜트 heater, aromatic 플랜트 heater 등 15개 플랜트 heater를 대상으로 heater 공정운전표준, alarm 작동시 조치 및 setting 변경, 시운전 점검사항, interlock System 분석, 자동제어설비 구성, interlock by-pass 운전현황, heater 관련 주요사고·사례 등을 연구하였다.

## 2. 석유화학공장의 heater 개요

### 2.1. heater의 형태

heater 종류는 보통 heater내 공급되는 연소방법에 따라 draft 와 nature의 두 가지 형태로 구분한다.

#### 1) nature type

heater내에서 연소되는 공기를 강제 fan을 설치하지 않고 자연 대기공기를 그대로 heater내부로 공급하여 연소시키는 형태로서 용량이 적은 것이 대부분이다.

#### 2) draft type

heater의 한정된 공간에서 많은 탄화수소를 가열하기 위해서 강제로 heater내에 공기를 불어넣는 FD fan을 설치하고 heater내에서 연소된 공기를 대기로 배출시키는 ID fan이 설치되어 있다.

### 2.2. 용도별 heater 분류

#### 1) column reboiler

tower 밑으로부터 물질을 공급받아 열을 약간 가하는 경우에 사용된다. 기액이 공존할 때가 많고 보통의 열교환기식 reboiler와 기능은 같으나 높은 온도가 요구되거나 열교환기보다 큰 용량이 요구될 때 주로 사용된다.

#### 2) column feed preheater

tower에 feeding하기 전 기액을 공존시키기 위해 주로 사용되며 종종 매우 높은 온도까지 가열하기도 한다. 원유 상압증류 및 감압증류의 경우는 원료의 50 ~ 60 % 정도가 기화된다.

#### 3) Reactor feed preheater

반응기의 온도에 따라 조건에 따라 다음과 같이 구분할 수 있다.

가) 단일상, 단일물질의 가열같은 경우 유입온도는  $370^\circ\text{C}$ , 유출온도는  $815^\circ\text{C}$  정도이며 고압에서 운전된다. (예 : 스틸렌 제조공정의 반응기에서 스텁가열)

나) 단일상, 혼합물질의 가열인 경우 유입온도는  $427^\circ\text{C}$ , 유출온도는  $538^\circ\text{C}$ 이며 운전압력은 중압이다. (예 : 휘발유 제조공장에서 나프타와 수소가열)

다) 다상, 혼합물질의 가열인 경우 공급되는 온도가  $250$  ~  $370^\circ\text{C}$ 이고 유출온도는  $450$  ~  $850^\circ\text{C}$ 이며 압력은 대략  $50$  ~  $200 \text{ Kg/cm}^2$  정도이다. (예 : 수소분해, 수소틸황 공정)

#### 4) 열매체 가열용

액-액식이나 액-기체의 조건이 다른 열매체의 가열용으로 사용되며, 석유화학공장이나 기타 화학공장에서 많이 사용되며 주로 소형이 많다.

#### 5) 점성유체의 가열용

탱크나 기타 공정에서 상온이나  $100^\circ\text{C}$  이하에서 굳어지거나 점성이 매우 커지는 유체의 경우 저온에서 pumping이 어려우므로 계속해서 가열하여 회전을 시켜야 할 경우에 사용된다. (예 : 아스팔트, 타르, 고비점 석유화학물질 등)

#### 6) Fired heater

석유화학공장에서 가장 많이 사용하는 heater

로 heater tube 내부에서 반응이 일어나고 tube에서 직접 가열되는 경우로서 2종류가 있다.

#### 가) 수소제조장치

스팀-나프타-개질기 heater의 경우 나켈 촉매에서 수소가 생성된다. 이때 수소의 농도는 75 ~ 88 % 정도 존재하고 온도는 780 °C에서 900 °C 정도이다. 여기서 나온 수소는 PSA unit를 거쳐 고순도의 수소로 전환된다.

#### 나) 열분해 heater

중질유나 crude oil 내에서 고온으로 열분해 시켜서 휘발유, 경유, 프로판, 부탄, fuel 가스등을 생산하는데 압력은 과거에는 고압이었으나(70 ~ 200 Kg/cm<sup>2</sup>) 최근 유동층 촉매 개발로 고온 저압공정을 사용하기도 한다.

### 2.3. Heater 공정 흐름도

석유화학공정에서 heater 공정 흐름도는 그림 1과 같다.

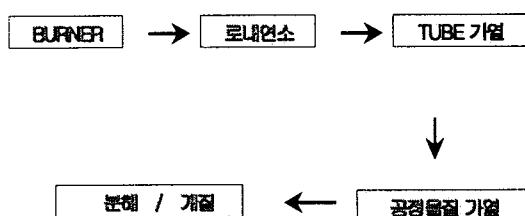


Fig. 1 heater 공정도.

### 3. Heater interlock 주요 운전현황과 개선방향

#### 3.1. 운전현황 조사

4개 업소 15개 plant의 heater 운전현황을 조사하였고 이 가운데 12개 플랜트가 by-pass 운전을 하고 있었다.

- CDU : 9개 플랜트
- 나프타 heater : 6개 플랜트
- ※ 80 % by-pass 운전

#### 3.2. heater 주요 interlock

석유화학공장에서 많이 사용되는 주요 interlock 현황을 보면 다음 조건이 될 경우 운전이 정지되며 그 로직은 그림 2와 같다.

- heater fuel gas low pressure

- 투브 온도가 높을 경우
- heater 압력 양압 유지시
- heater fuel gas high pressure
- 투브에 흐르는 유체가 정상흐름보다 30 % 이하가 될 때
- pilot burner gas low pressure
- 스팀 drum level
- recycle gas flow low
- F/D fan pressure low
- I/D fan fail

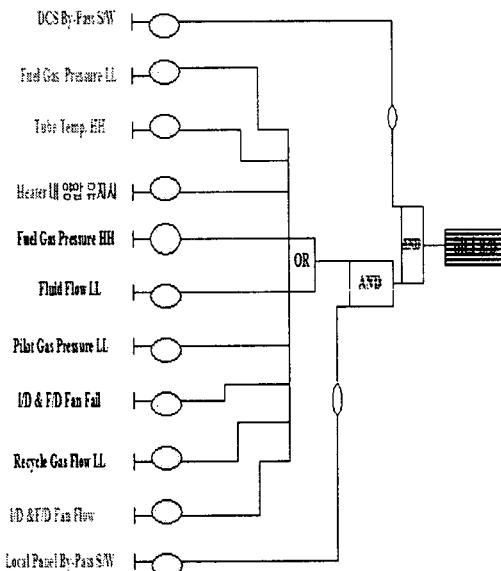


Fig. 2 heater interlock sequence system.

#### 3.3. Interlock by-pass 시키는 사유

운전되고 있는 heater interlock by-pass 시키는 이유를 조사한 결과 사유는 아래와 같다.

- 1) heater interlock 항목이 너무 많음 (10가지 이상)
- 2) sequence system이 or gate로 구성되어 한 부분만 이상이 발생되더라도 전 공장이 가동 중지됨
- 3) 계기 오작동이 많음
- 4) full load로 운전됨

#### 3.4. interlock by-pass 시키는 사례

- 1) DCS에서 by-pass 시킴
- 2) local panel에서 by-pass 시킴

- 3) solenoid latch를 철사로 holding하여 by-pass 시킴

### 3.5. 시설개선 대책

주요 interlock by-pass 운전사항은 heater 음압 미유지, fuel gas low pressure, 계기오작동 등이며 시설개선 대책은 아래와 같다.

- 1) heater 내 음압 미 유지 interlock
  - 현장 압력 확인 manometer 설치
  - 적정 damper valve 조정
- 2) fuel gas low pressure
  - local gauge 주기적 점검
  - 압력을 추가로 DCS에 연결
- 3) heater 투브 온도
  - 온도감시 TT point를 추가 설치하여 DCS에서 관리
  - 직화방지를 위하여 주기적으로 불꽃을 점검하여 불꽃길이 조정
- 4) 계기 오작동
  - 매월 1회이상 calibration 실시
  - 고장이 자주 발생되는 sensor는 maker 변경

## 4. 결 론

국내 석유화학공장 heater 운전현황을 보면 대부분 plant에서 interlock by-pass 운전은 관행적으로 운전하고 있다. heater로 인한 사고가 석유화학공장 전체 사고의 34 %를 차지하고 있는 현

실이며, 동 사고를 방지하기 위하여 by-Pass 시킨 항목에 대하여 HAZOP을 보다 철저하게 실시, local 지시치와 interlock setting수치를 주기적으로 비교 점검하고, 불필요한 alarm은 setting 치 조정으로 제거하며, by-pass 일지에 by-pass 시킨 사항을 기록하여 근무자가 인지 할 수 있도록 하여야 한다. 특히 투브온도와 노내 압력 등은 실시간 Monitoring System 설치가 필수적이다.

동 연구내용을 석유화학공장 운전절차서에 반영한다면 Interlock By-Pass로 인한 사고를 크게 줄일 수 있을 것으로 기대된다.

## 감사의 글

본 논문은 과학기술부 및 KISTEP의 국가기정연구실 지원으로 수행되었으며, 연구비 지원에 감사 드립니다.

## 참 고 문 헌

1. API 530 Calculation of Heater Tube Thickness in Petroleum Refineries (1996)
2. API 560 Fired Heaters for General Refinery Service (1995)
3. API RP 573 Inspection of Fired Boilers and Heaters (1991)
4. 표준운전 절차서 (15개 플랜트)