

KOSHA GUIDE

P - 164 - 2018

연구실험용 파일럿플랜트(Pilot plant)의  
안전에 관한 기술지침

2018. 06.

한국산업안전보건공단

## 안전보건기술지침의 개요

- 작성자 : 한국산업안전보건공단 이근원, 이정석
- 제·개정 경과
  - 2018년 5월 화학안전분야 제정위원회 심의(제정)
- 관련 규격 및 자료
  - 이근원 등, “화학산업 파이롯플랜트의 안전기준개발”, 연구원 2017-연구원-983, 안전보건공단 산업안전보건연구원, 2017
  - Francis X. McConville, “The Pilot Plant Real Book: A Unique handbook for the Chemical Process Industry”, 2nd ed. FXM Engineering and Design. 2002
  - Richard P. Palluzi, “Pilot Plant Design, Construction and Operation”, McGraw-Hill, Inc. 1992
- 기술지침의 적용 및 문의
  - 이 기술지침에 대한 의견 또는 문의는 한국산업안전보건공단 홈페이지([www.kosha.or.kr](http://www.kosha.or.kr))의 안전보건기술지침 소관 분야별 문의처 안내를 참고하시기 바랍니다.
  - 동 지침 내에서 인용된 관련규격 및 자료, 법규 등에 관하여 최근 교정본이 있을 경우에는 해당 개정본의 내용을 참고하시기 바랍니다.

공표일자 : 2018년 06월 26일

제 정 자 : 한국산업안전보건공단 이사장

## 연구·실험용 파일럿플랜트(Pilot plant)의 안전에 관한 기술지침

### 1. 목적

이 지침은 상업용 공장의 설계 및 건설과정에서 발생할 수 있는 오류를 최소화하기 위해 연구·실험용 파일럿플랜트 (Pilot plant)의 설계 및 운전 시 안전성 확보에 필요한 사항을 제시하는 데 그 목적이 있다.

### 2. 적용범위

이 지침은 연구, 실험, 처리 또는 시제품 개발을 목적으로 설계하거나 운전하는 회분식공정이 포함된 파일럿플랜트에 적용된다. 다만, 화학물질을 이용하여 연속적으로 시제품을 얻는 연속 공정에는 적용하지 않는다.

### 3. 용어의 정의

(1) 이 지침에서 사용되는 용어의 정의는 다음과 같다.

(가) “파일럿플랜트 (Pilot plant)”라 함은 상업용 공장 건설이나 제품 생산을 목적으로 공정 안전성 확보, 잠재적 위험성 발견 등 상업화에 필요한 데이터의 획득으로 소규모의 연구·실험용 설비로 이루어진 시제품 생산 공장을 말한다.

(나) “인화성물질 (Flammable materials)”이라 함은 인화성 가스 (Flammable gas)와 인화성 액체 (Flammable liquid)”를 말한다.

(다) “독성물질 (Toxic chemicals)”이라 함은 『산업안전보건기준에 관한 규칙』 별표 1(위험물질의 종류)의 제7호에서 정의한 급성독성물질 및 『고압가스안전관리법 시행규칙』 제 2조에서 정의한 독성가스를 말한다.

(라) “반응성물질 (Reactive materials)”이라 함은 격렬히 중합, 분해, 응축되거나, 어떠한 충격, 압력 또는 온도 조건하에서 자기반응을 하는 물질을 말한다.

(2) 기타 이 지침에서 사용하는 용어의 정의는 특별한 규정이 있는 경우를 제외하고는 『산업

안전보건법』, 같은 법 시행령, 같은 법 시행 규칙 및 『산업안전보건기준에 관한 규칙』에서 정하는 바에 따른다.

#### 4. 파일럿플랜트의 위험성

- (1) 상업용 생산설비보다 단위시간당 사용하는 위험물질의 양은 상대적으로 적으나, 고온 고압 하에서는 적은 량의 화학물질이라도 위험성이 높다.
- (2) 사용되는 압력용기의 경우 관련법규 등에서 정하는 기준에 적합하지 않게 제작될 경우가 있어서 고장과 화재 폭발에 취약하다.
- (3) 연구 실험시설의 특성상 좁은 공간에 많은 설비를 설치하기 때문에 높은 설비 집약도에 의한 위험성이 높다.
- (4) 검증되지 않은 공정과 기술을 적용하고 그 위험의 확인이나 크기를 정확히 알 수 없기 때문에 사고발생 위험이 높다.
- (5) 원부재료, 중간제품(생성물), 제품과 관련된 위험성이 파악되지 않을 수 있으므로, 비상상황에 대한 조치가 어렵다.
- (6) 새로운 설비 및 공정 도입에 따른 공정의 변경이 발생할 수 있어 검증된 상업공정보다 위험성이 높다.
- (7) 취급물질의 변경으로 인한 배관 및 반응기 등 공정설비의 부식 유발, 이상반응, 공정압력의 변화 및 안전밸브 등 안전설비의 기능 제한이나 저하를 유발시킬 수 있다.
- (8) 사용되는 설비가 연구개발 대상이 될 수 있으므로, 비 규격화된 설비의 사용에 의한잠재 위험성이 높다.

#### 5. 파일럿플랜트의 설계 시 안전사항

##### 5.1 일반사항

- (1) 플랜트의 주요 설비에 대한 운전과 유지보수를 위한 데이터시트를 작성해야 한다. 이러한

데이터시트는 실험실 단위의 실험노트처럼 기초적인 내용부터 시작해서 플랜트의 설치를 위한 모든 데이터, 모든 배치, 세정과정, 모든 시험과 결과 및 유지보수작업이 포함될 수 있다.

- (2) 생산된 모든 제품과 중간 생산물을 보관하고 유지하기 위한 방법을 수립해야 한다.
- (3) 스케일 업 (Scale up)을 실시하기 전에 해당 공정을 정확하고 안정적으로 결정하는 것이 중요하며, 가능하면 공정개발이나 탐색과정의 초기단계부터 엔지니어를 투입함으로써 이후 발생할 수 있는 시간과 비용의 불필요한 소모를 감소시킬 수 있도록 해야 한다.
- (4) 공장에 신규 공정이 건설되는 경우에는 반응과 관련된 신규공정 도입 시 가능한 공정위험성평가(HAZOP 등)를 실시하는 것이 바람직하며, 이를 위해서 성분의 안정성, 반응열, 분해반응 및 폭주반응성에 대한 열량계적 분석 결과를 미리 확보해야 한다.
- (5) 파일럿플랜트에서 수행한 각 Batch에 대해서는 향후 이상여부 및 문제해결을 위하여 로그북을 작성하고, 주요한 기록은 책임자에 의해서 검토하거나 승인하여야 한다.
- (6) 파일럿 테스트를 위해서 준비된 중간 생성물이나 원료물질을 사용한 Bench test를 수행하고, 그 결과를 목적하는 사양과 비교함으로써 향후 원료물질에 의한 문제여부를 제거 할 수 있게 한다.
- (7) 각 Batch에서 가능한 많은 양의 샘플을 제조/보관하고 최종적으로 물질수지, 열수지 및 분석방법 등을 확인 하여야 한다.
- (8) 고도로 특화된 장비가 요구되거나, 위험성이 알려지거나, 특별한 안전설비를 요구하는 반응은 가능한 피해야 한다.
- (9) 모든 물질은 한 번에 투입하고 가열하는 방식을 피하여야 한다. 특히, 폭주반응, 격렬한 가스발생 및 분해반응의 발생 가능성이 예측되는 경우에는 한계반응 물질의 제한적인 투입방식을 고려해야 한다.
- (10) 국부적으로 Hot-spot이 발생하는 경우 교반에 의한 급격한 끓음이 발생하기 때문에 교반 없이 반응기를 가열하지 말아야 한다.
- (11) 반응기의 운전온도와 분해 또는 폭주반응의 개시온도의 차를 50 ℃ 이상이 되도록 운전

해야 한다.

- (12) 반응혼합물의 내부온도가 고온이거나 환류 (Reflux) 상태인 경우에는 분진폭발의 위험성이 증가하기 때문에 고체(분체)를 투입하는 것을 가급적 피해야 한다.
- (13) 최소운전 용량을 고려하여 건조나 체적 감소를 위해서 증발에만 의존하는 공정을 개발하는 것을 피해야 한다.
- (14) 만일 고려하는 공정이 커지게 되면 분리과정에 소요되는 시간이 24 시간 이상으로 소요될 가능성이 높기 때문에 이성질체처럼 즉각적인 분리가 요구되는 반응을 피해야 한다.
- (15) 환경적 위험성을 고려해서 할로젠이 포함된 용제를 사용하는 것을 지양해야 한다.
- (16) 포화용액의 고온 여과는 배관의 막힘을 유발하여 공정 중 의도하지 않은 고압발생에 의한 누출사고 발생 가능성이 높아 질 수 있기 때문에 가능한 피해야 한다.
- (17) 역상 (Reverse phase)의 상분리 공정은 추가적인 용기의 설치에 따른 고정 및 운전비용의 상승을 유발하기 때문에 피해야 한다.
- (18) 불순물의 영향 등을 고려하여 파일럿플랜트를 운전할 때에는 상업공정에서 사용하는 순도의 원료를 사용함으로써 추가 공정개발에 도움이 되도록 해야 한다.
- (19) 스케일 업 대상 공정이 신규 공정일수록 실패의 확률이 높기 때문에 하나의 Batch로 모든 원료 및 중간산물에 대한 위험을 감수하는 설계나 운전을 피할 수 있도록 해야 한다.
- (20) 파일럿플랜트 설계 시 안전성 확보를 위해 <부록 1>과 같은 안전 사항을 참조한다.

## 5.2 설계조건

- (1) 반응기 등 용기의 설계온도는 일반적으로 최고 운전온도에 30 ℃를 더한 수치로 한다.
- (2) 배관 또는 튜브의 설계온도는 직접 연결된 설비의 최대 설계온도로 한다.
- (3) 최대 운전압력이 게이지 압력으로 7 MPa를 초과하는 용기의 설계압력은 최대 운전압력의

105 % 또는 최대 운전압력에 0.7 MPa를 더한 수치 중 큰 수치를 설계압력으로 한다.

- (4) 최대 운전압력이 게이지 압력으로 7 MPa 이하인 용기의 설계압력은 최대 운전압력의 110 % 또는 최대운전압력에 0.18 MPa을 더한 수치 중 큰 수치를 설계압력으로 하되, 최소 0.35 MPa 이상으로 한다.
- (5) 진공으로 운전되거나 진공 하에서 운전되지 않더라도 제어의 잘못 또는 열 공급원의 차단 등으로 인하여 진공상태의 가능성이 있는 경우에는 완전 진공에 견딜 수 있도록 설계한다.
- (6) 자켓이 있는 반응기의 두께 계산 시에는 외압을 받는 경우를 반드시 고려하고, 내부에 코일이 있는 경우에는 코일 내부 유체의 압력을 고려하여 설계압력을 결정한다.
- (7) 배관 또는 튜브의 설계압력은 직접 연결된 설비의 최대 설계압력으로 한다.

### 5.3 안전조치 사항

- (1) 전기공급 중단, 냉각수공급 중단, 외부화재 또는 밸브차단 등과 같은 압력 상승요인에 의하여 압력상승의 우려가 있는 파일렛플랜트의 반응기, 증류탑, 드럼과 같은 용기 등에는 안전밸브 또는 파열판을 설치해야 한다.
- (2) 반응폭주의 위험이 있는 반응기에는 반응기의 용량에 관계없이 파열판 등과 같은 압력방출장치를 설치하여 급격한 압력 상승에 대비하여야 한다.
- (3) 반응기 등 압력용기의 온도 또는 압력제어 장치는 자동 및 수동조절이 가능하도록 하여야 한다.
- (4) 반응기, 증류탑, 드럼과 같은 용기 등에는 현장 또는 제어실에서 각각 식별이 가능한 온도, 압력, 유량, 액위 등에 대한 계기를 설치하고, 중요계기에 대해서는 온도 또는 압력 등의 공정변수 상승시 1차 경보가 울리고, 계속하여 온도 또는 압력 등이 상승하는 때에는 2차로 경보가 울리도록 하여야 한다.
- (5) 2차 경보가 울리는 경우에는 원료의 공급을 차단하고 운전이 정지되도록 연동하여야 한다. 특히, 반응폭주의 우려가 있는 반응기 하부에는 온도 또는 압력 2차 경보에 따라 반응기내의 반응물이 안전한 장소로 긴급 배출되도록 연동설비를 구성하여야 한다.

- (6) 급격한 부반응이나 반응폭주가 발생할 위험성이 있는 반응기에는 반응억제제 주입 설비를 설치하고, 정전 시에도 주입설비는 가동할 수 있게 하여야 한다.
- (7) 반응억제제 주입배관에 자동밸브를 설치하는 때에는 자동밸브 구동원 공급 중단시 열리는 구조로 하고, 수동밸브를 설치하는 경우에는 운전원의 접근이 용이한 위치에 쉽게 조작이 가능한 형태의 밸브를 선정하여 설치하여야 한다.
- (8) 방호벽은 반응기 등이 폭발하는 경우에도 충분히 견딜 수 있는 강도를 유지해야 한다.
- (9) 화재 발생 시에는 효과적인 소화를 위하여 취급물질과 설비의 규모에 적절한 소화 설비를 갖추어야 한다.
- (10) 파일럿플랜트 설비가 건물 내에 설치되는 경우에는 설비에서 누출되거나 배출되는 유해 물질이 축적되어 근로자들에게 피해를 주지 않도록 충분한 성능을 가진 환기 설비를 설치하여야 한다. 이때 환기설비의 배출부위는 근로자 및 타 설비 등에 영향을 미치지 않도록 안전한 장소로 연결되어야 한다.
- (11) 폭주반응 등의 긴박한 상황에서 안전한 장소로 대피할 수 있도록 대피통로와 적절한 대피장소를 갖추어야 한다.
- (12) 파일럿플랜트 설비가 지하 또는 2층 이상의 구조로 설치되는 경우에는 기본 접근통로 외에 기본 접근통로와 반대되는 위치에 비상대피통로를 설치하여야 한다. 또한 연구·실험용 공장이 단층으로 설치되는 경우라도 건물 내에 설치되면 주 출입구와 비상대피용 출입구를 각각 별도로 설치하여야 한다.

## 6. 파일럿플랜트의 시운전 시 안전성 검토

### 6.1 시운전에 필요한 요소

- (1) 일반적으로 최소한으로 요구되는 인적요소로 운전원, 계장전문가, 배관전문가, 기술 적 관리자이며, 시운전을 관리하는 부서 또는 팀의 인적구성은 합리적인 비율에서 주요 기술 분야가 포함되어 있어야 한다.
- (2) 파일럿플랜트에서는 크고 작은 문제들에 대한 많은 결정사항이 존재하며, 관련 결정을 위한 시간적 제한이 존재하기 때문에 효과적인 시운전을 위해서는 관련업무의 전반적인 사



항을 조절하고 충분한 권한을 가진 한사람을 의사결정권자로 지정해야 한다.

(3) 시운전 시에는 수정, 변화 및 교정을 위해 시작단계부터 전기, 배관 및 계장 등 각 분야의 건설 기술자들을 충분하게 준비할 필요가 있으며, 지정된 의사결정권자의 통제 하에 있도록 해야 한다.

(4) 시운전에 필요한 주요장비는 주요 업무에 따라 다음과 같이 구분할 수 있다.

(가) 교정작업을 수행하기 위하여 표준물질, 유량계, 온도/압력계 등의 표준기가 필요하다.

(나) 세정작업을 위해서는 가연성 가스검지기, 용제, 플러싱카트, 펌프 등이 필요하다.

(다) 기밀테스트를 위해서는 가연성 가스 검지기, 헬륨 누출 검지기, 비누물, 수압테스트용 펌프, 불활성가스 실린더, 고정밀도 압력계, 고압용 차압계, 가스켓, 파이프 실란트, 경고표시등이 있으며, 이외에 배관 및 전기분야의 수정에 필요한 부품들도 충분히 준비하여야 한다.

## 6.2 시운전 고려사항

(1) 제안된 설계가 시운전을 실시하면서 발생 가능한 잠재적 문제를 설계변경을 통해 해결할 수 있는지를 건설이 시작되기 전에 충분히 검토하여야 한다.

(2) 시운전 계획은 가능하면 프로젝트가 완성되기 6~8주 전에 시작함으로써 잠재적 문제점을 해결할 수 있으며, 필요한 소모품 및 부자재의 주문에 필요한 시간을 준비해야 한다.

(3) 개략적인 순서 등 실시할 업무목록을 포함하는 상세한 시운전 절차를 준비하여야 하며, 각 업무에 소요되는 기간과 자원은 가능한 상세하게 추산해야 한다.

(4) 소요되는 모든 요소와 비상사태에 대응하기 위해서 필요한 사항까지 포함한 시운전 절차는 시행되기 이전에 적절한 절차를 통해 승인을 얻어야 한다.

(5) 잠정적인 시운전 절차는 모든 가용자원과 관련되어 개발하여야 하며, 적절하게 수정하고 개정하여야 한다.

- (6) 파일럿플랜트 시운전에 검토해야 할 사항과 절차는 <부록 2>를 참고하여 검토할 수 있다.

## 7. 파일럿플랜트의 현장 안전점검 사항

- (1) 일반점검으로 플랜트 내부의 통로 확보, 운전관련 부자재의 부적절한 보관 및 장비의 부적절한 유지보수 등 장치나 작업구역의 잠재되어 있는 위험성을 점검해야 한다.
- (2) 절차점검 (Procedure inspection)으로 플랜트 관련 설비와 운전의 가동절차가 지속적으로 사용할 수 있는지와 안전한지 여부를 확인해야 한다.
- (3) 현장 및 장치검사 (Area or unit audit)는 설비를 설계하여 건설된 후에 이루어진 모든 법적기준, 기술기준 및 훈련 등을 포함한 모든 관심사항을 검토해야 한다.
- (4) 현장에서 활용할 수 있는 파일럿플랜트 일반점검 사항의 예를 <부록 3>에 나타내었으며, 세부내용 및 항목은 활용하는 현장의 상황에 맞게 추가하거나 삭제하여 사용할 수 있다.

## 8. 운전원의 교육·훈련

- (1) 파일럿플랜트를 운전할 운전원은 최소한 공정개요, 운전절차, 안전보건의 특별한 잠재적 위험성, 공장정지를 포함한 비상운전 및 안전한 작업관행에 관한 필요한 직무훈련 (Job training)을 받아야 한다.
- (2) 기초훈련은 운전원 훈련을 위한 교육강사의 훈련, 기초과학, 기초안전, 공정, 유틸리티, 장비·측정 및 계장의 기본원리와 관련된 내용이 포함되어야 한다.
- (3) 설비의 운전은 특별한 훈련과 정보가 필요하기 때문에 작업을 안전하게 수행할 수 있도록 충분한 정보를 알고 있는 운전원이 실시해야 한다.
- (4) 물질안전보건자료를 포함하여 인화성, 폭발성, 독성, 노출기준 등 공정 화학물질을 취급하기 위한 안전규정과 주의사항을 검토하여야 한다.
- (5) 화재 발생 시 공정구역의 격리와 화재진압절차에 대한 내용과 화재예방 방법 및 비상상태 발생 시 개인별 직무에 대한 내용을 포함하여야 한다.

- (6) 교육·훈련 후 운전원에 대해서는 운전에 필요한 충분한 지식을 갖추었는지를 평가 등을 통해 이력관리를 해야 한다.

## &lt;부록 1&gt; 파일럿플랜트 설계 시 안전검토 사항

## 1. 일반사항

## 1) 공정흐름도 (PFD) or 블록흐름도 (BFD)

## 2) 물질수지

## 원료

명칭 \_\_\_\_\_

조성 \_\_\_\_\_

유량 \_\_\_\_\_

정상 \_\_\_\_\_ 최대 \_\_\_\_\_ 최소 \_\_\_\_\_

요구되는 정밀도(정상상태 기준) \_\_\_\_\_

성상(고체, 액체, 기체) \_\_\_\_\_

배출압력 (Delivery pressure)

정상 \_\_\_\_\_ 최대 \_\_\_\_\_ 최소 \_\_\_\_\_

배출온도 (Delivery temperature)

정상 \_\_\_\_\_ 최대 \_\_\_\_\_ 최소 \_\_\_\_\_

## 제품

명칭 \_\_\_\_\_

조성 \_\_\_\_\_

유량 \_\_\_\_\_

정상 \_\_\_\_\_ 최대 \_\_\_\_\_ 최소 \_\_\_\_\_

요구되는 정밀도(정상상태 기준) \_\_\_\_\_

성상(고체, 액체, 기체) \_\_\_\_\_

배출압력 (Delivery pressure)

정상 \_\_\_\_\_ 최대 \_\_\_\_\_ 최소 \_\_\_\_\_

배출온도 (Delivery temperature)

정상 \_\_\_\_\_ 최대 \_\_\_\_\_ 최소 \_\_\_\_\_

## 회수재사용

명칭 \_\_\_\_\_

조성 \_\_\_\_\_

유량 \_\_\_\_\_

정상 \_\_\_\_\_ 최대 \_\_\_\_\_ 최소 \_\_\_\_\_

요구되는 정밀도(정상상태 기준) \_\_\_\_\_

성상(고체, 액체, 기체) \_\_\_\_\_

배출압력 (Delivery pressure)

정상 \_\_\_\_\_ 최대 \_\_\_\_\_ 최소 \_\_\_\_\_

배출온도 (Delivery temperature)

정상 \_\_\_\_\_ 최대 \_\_\_\_\_ 최소 \_\_\_\_\_

## 3) 특성

인화성

명칭 \_\_\_\_\_

연소 상하치 (%)      상한 \_\_\_\_\_ 하한 \_\_\_\_\_

인화점 \_\_\_\_\_

자연발화온도 \_\_\_\_\_

건강유해성

명칭 \_\_\_\_\_

노출허용농도 (Permissible exposure limit) \_\_\_\_\_

노출한계농도 (Threshold limit value) \_\_\_\_\_

물질안전보건자료 보유여부 \_\_\_\_\_

이송특성

명칭 \_\_\_\_\_

밀도 \_\_\_\_\_

점도 \_\_\_\_\_

## 4) 운전형식

회분식 \_\_\_\_\_

반회분식 \_\_\_\_\_

운전시간(hr)

정상 \_\_\_\_\_ 최대 \_\_\_\_\_ 최소 \_\_\_\_\_

실시간 유지보수 필요여부 \_\_\_\_\_

## 5) 운전원상태

참여 \_\_\_\_\_ 비참여 \_\_\_\_\_

계획된 운전원 총원 \_\_\_\_\_

## 6) 가용되거나 제안된 위치(개념도 혹은 스케치 포함)

## 7) 공정알람

유량경보

변수이름 \_\_\_\_\_

경보범위 \_\_\_\_\_

고 or 저 \_\_\_\_\_

경고 or 정지 \_\_\_\_\_

정지 시 조치사항 \_\_\_\_\_

지연시간 \_\_\_\_\_

시운전시 무효화 여부 \_\_\_\_\_

## 압력경보

변수이름 \_\_\_\_\_

경보범위 \_\_\_\_\_

고 or 저 \_\_\_\_\_

경고 or 정지 \_\_\_\_\_

정지 시 조치사항 \_\_\_\_\_

지연시간 \_\_\_\_\_

시운전시 무효화 여부 \_\_\_\_\_

## 온도경보

변수이름 \_\_\_\_\_

경보범위 \_\_\_\_\_

고 or 저 \_\_\_\_\_

경고 or 정지 \_\_\_\_\_

정지 시 조치사항 \_\_\_\_\_

지연시간 \_\_\_\_\_

시운전시 무효화 여부 \_\_\_\_\_

## 다른 경보

변수이름 \_\_\_\_\_

경보범위 \_\_\_\_\_

고 or 저 \_\_\_\_\_

경고 or 정지 \_\_\_\_\_

정지 시 조치사항 \_\_\_\_\_

지연시간 \_\_\_\_\_

시운전시 무효화 여부 \_\_\_\_\_

## 8) 데이터 요구사항

변수이름 \_\_\_\_\_

## 입력형태

열전대형태 \_\_\_\_\_

RTD \_\_\_\_\_

mA \_\_\_\_\_

mV \_\_\_\_\_

DC volts \_\_\_\_\_

기타 \_\_\_\_\_

스캔 빈도 \_\_\_\_\_

정확도(요구되는) \_\_\_\_\_

## 데이터 저장사항

간격 \_\_\_\_\_

기간 \_\_\_\_\_

변환형태 여부 \_\_\_\_\_

## 경향 (Trending)

간격 \_\_\_\_\_  
 기간 \_\_\_\_\_  
 변환여부 \_\_\_\_\_  
 온라인 디스플레이 \_\_\_\_\_  
 변환형태 여부 \_\_\_\_\_

## 9) 건설 재질

구역 \_\_\_\_\_  
 요구재질 \_\_\_\_\_  
 대체재질 \_\_\_\_\_  
 비호환성 재질 \_\_\_\_\_

## 10) 정제관련 요구사항

흐름 \_\_\_\_\_  
 오염물질 명칭 \_\_\_\_\_  
 오염정도 \_\_\_\_\_  
 정상 \_\_\_\_\_ 최대 \_\_\_\_\_ 최소 \_\_\_\_\_

## 11) 특별한 분석센터 혹은 분석장비

## 12) 특별한 정확도의 측정장치(예비품 포함)

## 13) 비표준 장비에 대한 교정여부

## 14) 특별한 인터페이스 혹은 데이터 전송장치 여부

## 15) 다른 특수한 요구사항 여부

## 2. 관련 설비들

## 16) 실험실 면적

후드 \_\_\_\_\_  
 면적 \_\_\_\_\_ 속도 \_\_\_\_\_  
 벤치 \_\_\_\_\_  
 면적 \_\_\_\_\_  
 싱크 \_\_\_\_\_  
 건조설비  
 면적 \_\_\_\_\_ 유틸리티 \_\_\_\_\_

## 17) 온장고

면적 \_\_\_\_\_ 온도 \_\_\_\_\_

## 18) 냉장고

면적 \_\_\_\_\_ 온도 \_\_\_\_\_

## 19) 기타 세부

증류설비

스케일

실험실

## 20) 전기 방폭구역

## 21) 특별 원료 공급 사양

드럼 취급여부 \_\_\_\_\_ 크기 \_\_\_\_\_

백 취급여부 \_\_\_\_\_ 크기 \_\_\_\_\_

탱크로리 하여여부 \_\_\_\_\_

탱크여부

크기 \_\_\_\_\_ 양 \_\_\_\_\_

정제요구사항

다른 요구 사항

## 22) 특별 제품 취급사항

드럼 취급여부 크기 \_\_\_\_\_

백 취급여부 크기 \_\_\_\_\_

탱크로리 하여여부

탱크여부

크기 \_\_\_\_\_ 양 \_\_\_\_\_

정제요구사항

다른 요구 사항

## 23) 안전관련

발열반응 여부 \_\_\_\_\_

얼마나 강한가? \_\_\_\_\_

폭주반응의 잠재적 위험성이 있는가? \_\_\_\_\_

취급시 주의 사항 \_\_\_\_\_

물반응성 \_\_\_\_\_

공기반응성 \_\_\_\_\_

발암성 \_\_\_\_\_

변이원성 \_\_\_\_\_

독성 \_\_\_\_\_

감염경로 경구 \_\_\_\_\_

경피 \_\_\_\_\_

흡입 \_\_\_\_\_

다른 특별 안전관련 사항

## 24) 다른 특별 요구사항



## &lt;부록 2&gt; 파일럿플랜트 시운전을 위한 점검목록

1.0 시운전 전 활동 (Pre-startup activities)	
1.1 시운전 순서 개발을 위한 예비 시운전 계획회의 준비 (P/J 완료4~6주 전)	
(PT/SUT)	_____ / _____ / _____
1.2 시운전의 기계적/ 기술적 지원을 위한 준비	
(SUT)	_____ / _____ / _____
1.3 최종 시운전순서 및 일정의 부서간 협의를 위한 시운전 계획회의 준비	
: P/J 완료 3~4주전, (PT/SUT,OT)	_____ / _____ / _____
1.4 현장 변화를 반영한 모든 배관 및 전기도면의 최신화(PT)	
(PT)	_____ / _____ / _____
1.5 공식적인 시운전을 시작하기 위한 OT과 SUT의 기계적 완공회의 준비	
(PT/ST,OT)	_____ / _____ / _____
2.0 시운전 전 활동 (Pre-startup activities)	
2.1 밸브번호, P&ID 표시번호 부여 (OT)	
: SOP상 독립적, 개별적 식별 가능한 ID부여	_____ / _____ / _____
2.2 메이크업 밸브에 대한 사전 태그(OT)	_____ / _____ / _____
2.3 모든 라인을 추적하고, 모든 밸브의 위치를 확인하여 P&ID 수정	
(OT/PT)	_____ / _____ / _____
2.4 메인 유틸리티 차단밸브까지 모든 밸브에 대한 태그	
(OT)	_____ / _____ / _____
3.0 예비 시운전 활동(Preliminary startup activities)	
3.1 모든 압축이음매 (Compression fitting)가 기밀을 유지하는지 확인	
(PF)	_____ / _____ / _____
3.2 200 kPa의 질소를 이용하여 설비 (Unit)를 가압하고 낮은 압력의 총괄 기밀테스트를 실시, 발견된 누출부위를 수정	
(PF/OT)	_____ / _____ / _____
3.3 플러싱을 위한 설비준비	
3.3-1 플러싱 과정에서 손상이 가능한 모든 분석/제어 설비(전자변, PT등)의 분리	
: 사용하는 용제와의 재질 호환성 확인	
3.3-2 계장용 공기라인에 있는 제어설비의 분리	
3.3-3 차압셀이나 오리피스에 플러싱 오리피스 설치	
3.3-4 모든 연결 해제된 설비에 점퍼(연결부품) 설치	
: 가연성/인화성액체를 사용하고 점퍼로 플라스틱재질을 사용하는 경우 화기작업 허가가 필요함	
3.3-5 모든 Dead leg(배관)에 배출용 임시배관 설치	
3.3-6 플러싱 카트 혹은 다른 용제 공급원으로부터 임시 배관 설치	
(PF/OT)	_____ / _____ / _____

## 3.4 적절한 용제를 이용한 플러싱

- 3.4-1 공급원에서 설비로 가스공급 플러싱
- 3.4-2 헤더연결부에서 설비로 가스공급 플러싱
- 3.4-3 공급원에서 설비로 액체공급 플러싱
- 3.4-4 공급원에서 실험실로 가스공급 플러싱
- 3.4-5 가스공급시스템 플러싱
- 3.4-6 액체공급시스템 플러싱
- 3.4-7 가스제품 시스템 플러싱
- 3.4-8 액체 제품 시스템 플러싱
- 3.4-9 샘플링 시스템 플러싱
- 3.4-10 그 외 기타 시스템 플러싱

(PF/OT) / /

## 3.5 모든 Dead leg에 대한 개별적 배출

(PF/OT) / /

## 3.6 건조 질소를 이용하여 일정기간(1~2hr, 밤샘)모든 플러싱 라인의 건조, 배출된 가스는 안전한 곳에서 처리됨을 보장

(PF/OT) / /

## 3.7 시스템마다 비교적 주요하지 않은 배관을 house 질소를 이용하여 불어냄

배출된 가스는 위험성, 독성 등 잠재적 위험요인을 고려, 사람과 떨어진 장소배출

- 3.7-1 계장용 air를 제외한 공기배관
- 3.7-2 질소배관
- 3.7-3 헬륨배관
- 3.7-4 아르곤 배관
- 3.7-5 스팀배관
- 3.7-6 기타 배관

(PF/OT) / /

## 3.8 Step 3.3에서 해제된 모든 품목을 재 연결

(PF/OT) / /

## 3.9 모든 필터류를 교체하거나 세정

(PF/OT) / /

## 4.0 필요한 경우 700 kPa의 스팀을 이용하여 밴트스택을 불어내어 세정

(PF/OT) / /

## 5.0 모든 계장의 교정

## 5.1 전송장치를 효과적으로 교정 가능한 장소결정(현장 or 실험실)

	실험실	현장
5.1-1 차압셀 (DP cell)	✓	
5.1-2 압력전송장치	✓	
5.1-3 질량유량계	✓	
5.1-4 압력스위치	✓	
5.1-5 플로우 스위치		✓
5.1-6 전류-압력 컨버터		✓
5.1-7 압력-전류 컨버터		✓
5.1-8 액위 전송장치		✓
5.1-9 온도 스위치	✓	
5.1-10 기타		
(OT/IS)		/ /

## 5.2 모든 전송장치를 교정하고 태그넘버, 교정결과, 셋팅에 대한 라벨링

5.2-1 차압셀의 영점과 범위
5.2-2 압력전송장치의 영점과 범위
5.2-3 질량유량계의 영점과 범위
5.2-4 압력스위치 설정
5.2-5 플로우 스위치 설정
5.2-6 액위 전송장치의 영점과 범위
5.2-7 전류-압력 컨버터의 영점과 범위
5.2-8 압력-전류 컨버터의 영점과 범위
5.2-9 온도 스위치 설정
5.2-10 기타
(IS/OT,PT)

## 5.3 모든 제어장치를 교정하고, 태그넘버, 범위에 대한 라벨링

5.3-1 제어기의 입력과 범위를 확인
5.3-2 경보기의 입력과 범위 확인
5.3-3 전원조절장치의 영점과 범위
5.3-4 온도표시계의 입력과 범위 확인
5.3-5 기타
(IS/OT,PT)

## 5.4 기록계 작동 확인

## 5.4-1 범위확인

## 5.4-2 교정상태 확인

## 5.4-3 작동상태 확인

(IS/OT)

/ /

## 5.5 모든 현장 배선상태 확인

## 5.5-1 모든 열전대에 대한 극성 및 위치 확인

## 5.5-2 제어시스템 및 컴퓨터에 대한 모든 아날로그 출력 확인

## 5.5-3 제어시스템 및 컴퓨터에 대한 모든 아날로그 입력 확인

## 5.5-4 경보시스템 및 컴퓨터에 대한 모든 디지털 입력 확인

## 5.5-5 경보시스템 및 컴퓨터에 대한 모든 디지털 출력 확인

(IS/OT)

/ /

## 6.0 현장에서 각 경보장치의 개별적 트립에 의한 경보작동상태 확인

(IS/OT)

/ /

## 7.0 설비의 기밀테스트

## 7.1 모든 피팅류에 대하여 최소 핸드타이트(hand tight) 여부 확인

(PF/OT)

/ /

## 7.2 기밀테스트에 직접참여인원을 제외한 사람을 장소에서 배제하고, 경고표지판 부착

(OT/PF)

/ /

## 7.3 700 kPa의 질소를 이용하여 기밀테스트 실시, 가시적 누출 없음을 확인

## 7.3-1 공급원에서 설비까지 가스공급라인

## 7.3-2 헤드연결부위에서 설비까지 가스공급라인

## 7.3-3 공급원에서 설비까지 액체 공급라인

## 7.3-4 공급원에서 실험실까지 가스공급라인

## 7.3-5 가스 공급시스템

## 7.3-6 액체 공급시스템

## 7.3-7 가스 제품시스템

## 7.3-8 액체 제품시스템

## 7.3-9 샘플링 시스템

## 7.3-10 그외 기타 시스템

(PF/OT)

/ /

7.4 헬륨을 이용하여 최대운전압력 혹은 압력배출장치 설정압력의 80% 중 높은 수준까지 7000 kPa 단위로 증가시키면서 각 영역에 대한 기밀테스트 실시하고, 누출이 최대허용 누출속도 아래에 있는지를 확인

7.4-1 공급원에서 설비까지 가스공급라인

7.4-2 헤드연결부위에서 설비까지 가스공급라인

7.4-3 공급원에서 설비까지 액체 공급라인

7.4-4 공급원에서 실험실까지 가스공급라인

7.4-5 가스 공급시스템

7.4-6 액체 공급시스템

7.4-7 가스 제품시스템

7.4-8 액체 제품시스템

7.4-9 샘플링 시스템

7.4-10 그외 기타 시스템

(PF/OT)

/ /

7.5 모든 유틸리티 시스템에 대해서 최대운전압력까지 기밀테스트하고 가시적 누출 여부 확인

7.5-1 하우스 공기

7.5-2 하우스 질소

7.5-3 하우스 헬륨

7.5-4 하우스 아르곤

7.5-5 스팀 공급 및 응축

7.5-6 냉각수 공급/회수

7.5-7 천연가스

7.5-8 그외 기타 시스템

(PF/OT)

/ /

7.6 140 kPa로 벤트시스템의 기밀테스트를 실시하고 가시적 누출 없음을 확인

(PF/OT)

/ /

7.7 운전온도에서 모든 가열된 요소들에 대한 기밀테스트 실시

7.7-1 반응기

7.7.2 열선배관

(PF/OT)

/ /

8.0 액상공급펌프

8.1 회전과 작동상태 확인

8.2 교정곡선을 작성

(OT)

/ /

## 9.0 압축기

9.1 회전과 작동상태 확인

9.2 압축비율과 압축능력 확인

9.3 안전 차단 상태 확인

(OT) / /

## 10 습식 테스트기 교정

(OT) / /

## 11 퍼지 상태 확인(절차가 확립되지 않은 경우 최소 0.05 kPa 로 실시)

(OT) / /

## 12 히터의 전류인출 확인

(OT) / /

## 13 모든 봉입구조(enclosures) 및 국부배기에 대한 환기상태 확인

(OT) / /

## 14 가스 감지설비

14.1 스모크(smoke)테스트로 설치상태 확인

14.2 특정 가스에 의한 교정

14.3 문제해결 모드를 포함한 작동상태 확인

(OT) / /

## 15 모든 전선관의 씌를 밀봉

(IS/OT) / /

## 16 제어루프 작동 확인

16.1 가스유량 제어

16.2 압력제어

16.3 액체유량 제어

16.4 액체수위 제어

16.5 온도 제어

(OT) / /

## 17 모든 제어루프 조정

17.1 가스유량 제어

17.2 압력제어

17.3 액체유량 제어

17.4 액체수위 제어

17.5 온도 제어

(OT) / /

## 18 구역별 설비 시운전

18.1 공급시스템

18.2 반응기 시스템

18.3 제품 분리 시스템

18.4 제품 회수 시스템

18.5 리사이클 시스템

18.6 분석 시스템 등

(OT)

/

/

## 19 완성된 설비를 반영하여 도면 및 파일류 최신화

(OT,SUT)

/

/

\* SUT: 시운전팀, PT: 프로젝트 건설팀, OT: 운전팀, PF: 배관팀, IS: 계장지원팀

## &lt;부록 3&gt; 파일럿플랜트 일반점검 목록

OK: 만족, NA: 해당사항 없음, NI: 개선요망

단위 공정이름 \_\_\_\_\_

위치 \_\_\_\_\_

1. 관리상태 사항 : 내부	OK	NA	NI
파일럿플랜트가 정돈되고 깨끗한가?			
점검구역이 깨끗하고 어지럽게 흩어져 있지 않은가?			
통로 및 복도가 깨끗한가?			
소화기에 방해 없이 접근이 가능한가?			
비상사위에 방해 없이 접근이 가능한가?			
낙하 위험없이 반응기가 적절하게 설치되었는가?			
캐비닛 위 전도 및 낙하위험의 물품이 없는가?			
바닥에 튜브나 파이프가 방치되어 있지 않은가?			
바닥에 누출된 액체가 없는가?			
점검 구역 내부에 방치된 박스가 없는가?			

  

2. 관리상태 사항 : 외부	OK	NA	NI
점검구역이 깨끗하고 어지럽게 흩어져 있지 않은가?			
통로 및 복도가 깨끗한가?			
소화기에 방해 없이 접근이 가능한가?			
비상사위에 방해 없이 접근이 가능한가?			
낙하 위험없이 반응기가 적절하게 설치 되었는가?			
캐비닛 위 전도 및 낙하위험의 물품이 없는가?			
바닥에 튜브나 파이프가 방치되어 있지 않은가?			
바닥에 누출된 액체가 없는가?			
모든 드럼은 방유제 내부에 적치되어 있는가?			
모든 고압실린더의 보안 및 안전장치가 적절한가?			
실린더 캡이 안전하게 되어 있는가?			
모든 드럼에는 성분과 공정이름이 라벨링 되어 있나?			

  

3. 화학물질 저장	OK	NA	NI
가연성 저장캐비닛등에 모든 화학물질이 적절하게 보관되어 있는가?			
후드에 화학물질이 저장되어 있는가?			
실험실 벤치에 화학물질이 저장되어 있는가?			
모든 캔 형태의 용기의 라벨링의 유효보관기간이 표시되어 있는가?			



OK: 만족, NA: 해당사항 없음, NI: 개선요망

모든 용제, 산, 염기들은 적절하게 분리되고 환기팬이 있는가?			
내부에 고압실린더가 없는가?			
내부에 드럼이 없는가?			
모든 가연성물질 저장 캐비닛의 문은 정상 작동하는가?			
사용량을 초과해서 유기용제를 보관하는가?			

<b>4. 파일럿 설비(Unit)</b>	<b>OK</b>	<b>NA</b>	<b>NI</b>
모든 밸브에 tag이 있는가?			
모든 라인에 적절한 지지대가 되어 있는가?			
모든 펌프 및 압축기의 기름받이는 청결한가?			
가연성 물질이 비금속성 장비나 배관에 연결된 것은 없는가?			
모든 개방된 배관은 적절한 마개가 설치되어 있는가?			
모든 개방된 배기구는 적절한 마개가 설치되어 있는가?			

<b>5. 압력계이지</b>	<b>OK</b>	<b>NA</b>	<b>NI</b>
좋은 상태(good condition)에 있는가?			
적절한 재질로 제작되어 있는가?			
기타:			

<b>6. 조절기</b>	<b>OK</b>	<b>NA</b>	<b>NI</b>
유효기간 내에 있는가?			
공급을 위한 꼬리표가 되어 있는가?			
적절하게 배관이 연결되어 있는가?			

<b>7. 압력배출장치</b>	<b>OK</b>	<b>NA</b>	<b>NI</b>
유효기간 내에 있는가?			
공급을 위한 꼬리표가 되어 있는가?			

<b>8. 방호장치</b>	<b>OK</b>	<b>NA</b>	<b>NI</b>
모든 유량계는 적절하게 보호되어 있는가?			
모든 압력계는 적절하게 보호되어 있는가?			
모든 유리제 설비는 적절하게 보호되어 있는가?			
모든 회전체에 접촉방지 장치는 설치되어 있는가?			
기타:			

<b>9. 고열표면</b>	<b>OK</b>	<b>NA</b>	<b>NI</b>
모든 배관의 단열상태는 적절한가?			
모든 증기배관은 단열되어 있는가?			
모든 고온표면은 단열되어 있는가?			
모든 고온표면은 라벨링되어 있는가?			

OK: 만족, NA: 해당사항 없음, NI: 개선요망

## 10. 전기

방폭지역에 아크나 스파크 유발 장비는 없는가?

모든 휴대용 전등은 구역 방폭등급에 적합한가?

모든 전선의 코드 상태는 적절한가?

모든 정선박스는 덮개가 있고 라벨링 되었는가?

모든 전선관은 밀봉 및 도색되어 있는가?

모든 플러그는 구역 방폭 등급에 적합한가?

모든 누전차단기는 작동하는가?

모든 차단기 판넬이 깨끗하고 방해물이 없는가?

OK

NA

NI

## 11. 안전설비

보관/설치 장소가 명확히 표시되어 있는가?

개인보호구의 적합성

보호안경

보호장갑

보호앞치마 등

OK

NA

NI

## 12. 운전지침

업무절차 계획이 보이는 곳에 위치하는가?

업무절차 계획이 최신본인가?

근무외 시간 지침의 최신본이 게시되어 있는가?

비상정지절차의 지침은 게시되어 있는가?

비상정지 밸브와 스위치는 명확하게 라벨링되었는가?

호출표시장치는 명확하게 라벨링되어 있는가?

비상호출번호는 최신화되어 게시되어 있는가?

OK

NA

NI

## 13. 계장 캐비닛

모든 도어는 닫혀진 상태인가?

모든 계장은 명확하게 라벨링되어 있는가?

모든 조명은 제대로 작동하는가?

회로차단장치는 라벨링되어 있는가?

(가능한 경우) 펴지는 적절한가?

OK

NA

NI

OK: 만족, NA: 해당사항 없음, NI: 개선요망

**14. 이송라인**

인화성 물질을 취급한다면 관련 재질은 금속인가?

적절하게 지지되고 있는가?

좋은 상태(good condition)에 있는가?

깔끔하게 보관되었는가?

OK

NA

NI

**15. 일반사항**

모든 출입문은 적절하게 열리고 닫히는가?

모든 비상구 사인은 적절하게 작동하는가?

모든 내 외부 조명은 작동하는가?

비상연락처는 최신화되어 있는가?

공정 구역 내 취식 및 취사 금지 사인이 있는가?

모든 냉장고는 저장 목적에 맞게 라벨링되었는가?

OK

NA

NI

**16. 표시**

모든 장비는 사용된 재질관련 정보가 라벨링 되었는가?

모든 보관용기, 드럼, 탱크의 재질관련 정보는 라벨링 되었는가?

발암성물질 등 위험물질을 다루는 설비는 라벨링 되었는가?

OK

NA

NI

**17. 후드**

후드도어는 미사용시 닫혀진 상태인가?

후드는 적절한 주기로 점검되고 있는가?

후드 경보는 라벨링 되어 있고 작동하는가?

OK

NA

NI

**18. 기타**

OK

NA

NI

점검일자 : \_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_