

# 배관계통에 있어서 용도별 밸브의 적용

민경화/한국전력기술(주)원자력사업단 배관기술부 차장

## 4.3 밸브의 구매사양서

### 4.3.1 밸브 구매 기술사양서

밸브의 구매사양은 구매에 따른 행정적인 사항인 발주자와 수주대상자간의 상거래조건을 정하고 있는 일반적인 계약외에 구매물품의 기능 및 품질을 정하고 있는 기술사양으로 구분된다. 밸브의 구매에 따른 기술사양은 발주자의 밸브사용목적에 맞는 즉, 설비의 한 구성품목으로서 설비의 운용목적에 적합한 기능을 갖도록 강도적으로 충분히 안전하고, 요구되는 설비 운전기간 동안 건전하게 운전하며 운전 및 보수에 편리하도록 발주자가 수주대상자에게 요구하는 밸브의 총체적설계 및 기술시방서로 볼 수 있다. 따라서 밸브의 구매사양에 있어서 기술사양은 밸브의 기능 및 품질을 정하는 계약이다. 기술사양서의 작성은 산업의 발달과 관련기술의 진전에 따라서 날로 고도화되어 가고 있으며, 사용자의 입장에서 보면 높은 신뢰성과 보수의 용이성 및 자동화가 가능한 방향으로 작성되기 때문에 경우에 따라서는 밸브 제작사의 기술을 선도하기도 한다. 밸브의 기술사양서는 밸브의 기능 및 품질에 관련되는 내용을 상세하게 기술한다. 단지 기술시방 내용이 국가 표준 규격이나 공인기관의 표준 또는 규격서와 같을 경우에는 관련표준 또는 규격서로 같음할 수 있다. 그러나 밸브의 기능상 성격을 특징지을 수 있는 부분과 특정재료를 사용하고자 할 때는 표준규격에 포함된 사항이라도 별도로 기술하는 것이 바람직하다. 밸브의 기술사양서는 수주자가 제공해야만 하는 역무의 책임한계를 먼저

정하고 기술사양서에서 사용되는 용어 및 약어를 미리 정해두고 다음으로 적용하고자 하는 국가 공업규격이나 산업표준을 정하는 것이 좋다. 이러한 표준규격들은 관련 밸브의 최소한의 요구사항을 빠짐없이 정한 것이고, 이미 경험과 실증으로 밸브의 성능이 확인되었다고 볼 수 있기 때문이다. 그러나 이것은 어디까지나 최소한의 요구사항이기 때문에 추가의 요구사항 즉, 사용하고자 하는 목적과 사용유체의 특성 및 제어관계 등은 표준규격으로는 만족시킬 수 없는 것이 대부분이어서 추가로 기술하여야 한다. 또한 책임의 한계를 정할 때 중요한 것은 기술사양의 해석시 상호간의 의무 및 준수사항과 협의사항 그리고 밸브제작사의 선택사항을 명확히 하는 어휘를 미리 정하여 기술하는 것이 편리하다. 아울러 기술사양서의 내용중 표준규격의 내용과 본 사양서의 내용간에 어떤 차이가 있을 수 있으므로 이에 대한 대비책으로서, 이들 상반되는 또는 이해하기 곤란한 사항에 대한 적용 순위를 정해두는 것도 편리하다. 사실 미국의 Rockwell Valve나 Dresser Valve사와 같이 선진 밸브회사의 경우는 밸브회사 자체에서 준비하고 있는 밸브 표준사양서를 밸브 발주자(주문자)가 적극적으로 활용하는 사례도 있는데 이는 주문자가 밸브회사의 기술과 신용을 사는 좋은 예이다.

다음으로 밸브품질에 대한 요구사항과 수주자가 밸브를 설계·제작·납품까지 지켜야 할 사항과 검사항목을 정한다. 물론 수주자가 밸브를 제작하기 앞서 발주자의 승인 또는 참고용으로 제출해야할 밸브의 전반적 성격을 보여주는 조립도 등의 설계관

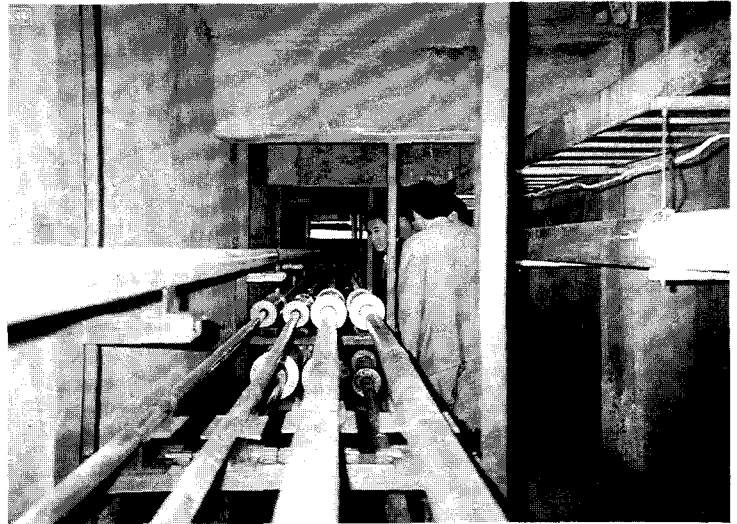
런 도서와 품질관련 서류 등도 기술하여 추후 계약 후 또는 발주관리시 발생할수 있는 문제들에 대하여 효과적으로 이용할수 있는 계약이 된다.

기술사양서의 본론이라고 할수 있는 설계요구사항은 밸브의 사용목적 및 운전방법에 부합되도록 밸브의 각 구성 부품의 가공방법, 형태, 재료, 조립 방법, 열처리방법, 도장방법 및 현장설치시를 고려한 밸브 약세서리 등의 형태를 각 항목별로 기술한다.

이 항목은 밸브의 기능 및 품질을 정하는 실질적인 기술시방으로서 전문적인 기술이 필요하다.

실제로 밸브의 구매사양서를 작성하는 부서는 설비의 설계를 담당하는 부서 또는 전문구매부서가 통상적이므로 다양한 품목의 구매사양과 신기술의 추세등을 감안한 신기술사양의 작성에는 기술적으로 제한받고 있는 것이 현실이다. 예를 들면 밸브의 사용목적에 적합하지 않은 사양을 작성하는 경우가 대표적인 사례로서 대규모 엔지니어링 회사의 구매사양을 내용이 좋다고 그대로 복제하여 쓰는 경우가 이에 속한다. 밸브의 사용목적은 배관 시스템의 운전모드가 다양할 뿐만 아니라 사용 유체의 물리·화학적 특성이 매우 다양함을 고려할 때 구매사양의 밸브 재질·구조·압력등급·패킹형식 및 재질·밸브구성방식 등 이루 말할 수 없이 다양하다. 따라서 밸브의 기술사양서를 사용목적에 맞도록 작성하기 위해서는 밸브응용기술자의 역할이 중요하다 하겠다.

이 기술시방 다음에는 밸브의 취급, 운반, 포장, 저장 및 배부표식을 설비의 운용목적과 설치현장 여건에 맞도록 기술하고 아울러 밸브의 가공, 조립 및 완성품에 대한 비파괴검사 사항과 수압시험, 내누설시험, 기능시험 및 최종 세척방법과 도장방법에 대하여 기술한다. 한 예로 미국석유공업협회(API)의 게이트 밸브에 대한 기준서 API STD600의 경우는 수동 게이트 밸브의 좋은 구매



기술사양서로 볼 수 있다. 이 기술사양서의 내용을 개조식으로 개괄하면 대략 다음과 같은 내용이 포함되어 있어야 할 것이다.

#### (밸브 구매기술사양서 내용)

- (1) 역무의 책임구분
  - (가) 수주자 책임한계
  - (나) 발주자 책임한계
- (2) 약어 및 용어
  - (가) 약어 및 용어의 정의
  - (나) 적용 순위
- (3) 적용 표준 및 기준서
  - (가) 일반사항
  - (나) 공업(산업)규격 및 적용년도(판)
  - (다) 회사의 표준기준서(붙임처리)
- (4) 품질요구사항
- (5) 제출서류 요구사항
- (6) 설계 요구사항
  - (가) 설계 및 운전조건
  - (나) 내환경 설계조건
    - 사용환경(기후, 온도, 습도, 먼지 등)
    - 사용유체(가능한 한 그룹별로 성격을 구분)
    - 기타
- (7) 밸브의 재질, 가공, 조립 및 도장
  - (가) 밸브의 재질(밸브몸체, 밸브트림, 밸브패킹재료, 기타)

- (나) 가공 및 용접
- (다) 조립
- (라) 밸브 약세사리
- (마) 도장
- (8) 밸브의 취급, 운반, 포장, 저장 및 표시요구사항
- (9) 검사 및 시험
  - (가) 비파괴검사
  - (나) 벽두께검사
  - (다) 수압시험
  - (라) 기능시험
  - (마) 최종 세척방법

### 4.3.2 밸브 설계도면의 검토

배관시스템의 설계과정에서 설계자는 밸브의 선정을 통상 밸브 제작사의 카다로그상의 조립도로 밸브의 설계 특징을 파악하고 대부분 이를 통하여 적용하고자 하는 밸브를 정한다. 일반적으로 호칭 4" 이상의 밸브는 공업규격 또는 산업규격으로서 밸브의 양끝단 노즐간의 치수가 정해져 있지만 2"이하의 밸브는 양끝단 노즐간의 치수가 제작사 표준으로 정해져 있기 때문에 배관시스템의 상세설계시 제작사의 카다로그 등을 참고하여야 된다.

그러나 카다로그나 또는 참고용으로 제출받은 밸브의 설계도면은 다음과 같은 사항들을 사용하고자 하는 계통의 목적과 함께 검토한다.

- 각 밸브의 부품별 재료규격
- 접속단의 구체적 형상
  - 플랜지형 : 평면 플랜지, Raised Type 플랜지, 링 조인트형 플랜지
  - 용접형 : 접속될 파이프의 용접단 형상과 합치여부, 용접가능성 등
  - 소켓형 : 소켓의 깊이
  - 나사체결형
- 핸들부의 높이와 핸들의 직경, 특히 볼 밸브나 프러그 밸브일 경우에는 핸들부의 크기(회전반경)를 운전 편의성 측면으로 검토
- 스테핑 박스의 깊이 및 크기를 검토
- 밸브의 유로내경(Port size)를 접속되는 파이프의 내경과 비교하여 가능한 90% 이상 될 것(예,

- 배관의 내경 2"  $\phi$  일 때 유로내경은 1.8"  $\phi$  이상 일 것)
- 가능한 밸브의 무게 및 무게 중심-배관응력 해석시에 필수 입력 Data임.
- 밸브의 유량계수
- 유로 방향의 표시
- 현장 설치 또는 보수시 용접작업이 필요할 때 밸브의 디스크 또는 프러그의 위치
- 밸브의 누설등급(제어밸브인 경우)
- 패키지의 재료-필히 비석면계열의 패키징일 것
  - 사용패킹 및 가스켓의 종류(제작사 포함) 및 형태
- 체크밸브의 경우 최소 흐름속도
- 스템과 디스크(시트)의 재질 및 경도
  - 하드페이싱(Hard Facing) 육성 용접부의 열처리 방법
  - 스템 재질에 따른 열처리 방법
- 최소 운전개도(유량 제어용 밸브)

다음은 상기 사항을 기준으로 승인용 밸브설계도면을 검토하는 체크리스트이다. 우선 밸브도면번호 및 도면명이 맞는가를 확인하고 설계(제도) 년월일 및 승인여부와 밸브의 크기 및 압력-온도 기준을 확인한다. 그리고 다음의 순서로 검토해 나간다.

- (1) 도면번호는 정확한가(조립도와 부품도의 도면번호관계)
- (2) 도면명(부품표 포함)은 올바른가.
- (3) 문자는 명료하고 오지는 없는가.
- (4) 단위, 축척, 제도년월일, 도면의 크기는 적당한가.
- (5) 온도, 압력, 유체종류 등 사용조건은 표시는 정확한가.
- (6) 검사압력의 표시는 정확하며 압력시험의 유체는 표시되었는가.
- (7) 주요치수는 올바르게 표시되었는가.
- (8) 압력유지부의 트림재질은 올바르게 전부 표시되었는가.
- (9) 제조번호는 기입되었는가.
- (10) 기존의 조립도(승인도)가 있는가(있다면 이하 항목의 검토는 불필요함).
- (11) 신규설계도면인가 또는 기존설계 도면을 수정했는가.

- (12) 치수선·치수의 표시는 정확한가.
- (13) 단면도, 투영도는 정확한가.
- (14) 상세도는 적절히 도시되었는가.
- (15) 필요한 치수는 모두 기입되었는가.
- (16) 감합부(Fitting)의 상관치수는 적절한가.
- (17) 제작 및 조립에 따른 공차는 적절한가.
- (18) 볼트의 길이는 충분히 여유가 있는가.
- (19) 밸브 트림 및 스테어링 박스 등의 표면 가공 정밀도는 충분히 높은가. 표면거칠기의 표시는 적절한가.

- (20) 정확한 제도기호를 사용하였는가.
- (21) 현장설치시를 고려한 현장용 치수를 계산할 필요는 없는가.
- (22) 용접부의 용접크기 및 표시는 적절한가.
- (23) 스템, 몸통 및 트림등에 13Cr를 사용하였는가.
- (24) 13Cr를 사용한 재질에 경도표시는 되었는가.
- (25) 열처리에 관련한 절차서 및 그 기호를 도면에 표시하였는가.
- (26) 제작근거인 Code표시는 되었는가.

### 4.3.3 발주(주문) 기초용 밸브 형식 및 기준표 작성 예시

NO.	내 용	비 고
1.	밸브의 형식 : <input type="checkbox"/> 볼밸브 _____, <input type="checkbox"/> 체크 밸브 _____, <input type="checkbox"/> 다이아후람 밸브 _____ <input type="checkbox"/> 게이트 밸브 _____, <input type="checkbox"/> 그로브 밸브 _____, <input type="checkbox"/> 프러그 밸브 _____ <input type="checkbox"/> 버터후라이 밸브 _____, <input type="checkbox"/> 체크 밸브 _____ <input type="checkbox"/> 기타 _____	
2.	제작자 사양 : 제작사/모델 _____ Figure NO. _____, 사용자 사양 NO. _____ 적용코드 _____, _____, _____, 기타. _____	
3.	패킹/스템 실링 형식 : <input type="checkbox"/> 벨로우즈 _____, 벨로우즈 형식 _____ 벨로우즈 재질 _____ <input type="checkbox"/> 패킹, 재질 _____, 싱글셀 _____, 더블셀 _____ 형식 _____, 렌턴링형식/접속크기 _____ <input type="checkbox"/> 기타 _____	
4.	밸브 구성 재질 : 몸체 _____, 트림, 디스크 _____, 시트 _____ 스템 _____, Hard Facing _____ 비금속 탄성재질 _____, _____, _____ 선택 열처리 요구사항(Y/N) _____ PER ASTM : _____	
5.	상기 조건에 따라 선정된 밸브의 재질 _____ 에 따른 압력 온도 기준 _____ psig/ _____ °F _____ PN/ _____ °C 내부 밸브(트림)의 특기사항 _____	
6.	밸브 접속단 형식 : <input type="checkbox"/> 프랜지, 등급 _____, 형식 _____ 접속면 형식 _____	

프랜지 적용규격 ANSI B16.5 \_\_\_\_\_, MSS SP-44 \_\_\_\_\_

Taylor Forge \_\_\_\_\_, 기타 \_\_\_\_\_

프랜지 면 가공도 \_\_\_\_\_, 기타 주문사항 \_\_\_\_\_

( ) 용접형, 적용규격 \_\_\_\_\_, 용접개선부 상세 첨부 Y/N

맞대기 용접형 \_\_\_\_\_, 소켓 용접형 \_\_\_\_\_, 기타 \_\_\_\_\_

( ) 기타, \_\_\_\_\_

공통사항, 매칭 파이프 규격, 재질 \_\_\_\_\_, 스케줄 \_\_\_\_\_

프랜지 형식일 경우, Welding Neck \_\_\_\_\_, Slip On \_\_\_\_\_

Stub-end W/Lap Joint \_\_\_\_\_, 기타 \_\_\_\_\_

7. 밸브 볼트의 구성 재질 :

Internal \_\_\_\_\_, External \_\_\_\_\_

8. 배관 계통의 가스켓 데이터(밸브 접속이 프랜지 일 경우) :

Sheet \_\_\_\_\_, 가스켓 형식 \_\_\_\_\_, Spiral Wound \_\_\_\_\_,

Style/Type of Spiral Wound \_\_\_\_\_, Filler materials \_\_\_\_\_

of Windings \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_, Inner Ring 필요유무 \_\_\_\_\_

기타 \_\_\_\_\_

9. 밸브의 크기 및 무게 :

Face to Face Dim. \_\_\_\_\_, 높이 \_\_\_\_\_

밸브 무게 \_\_\_\_\_, 밸브의 무게 중심 위치 X \_\_\_\_\_,

Y \_\_\_\_\_, Z \_\_\_\_\_, 관련도면 번호 \_\_\_\_\_

10. 밸브 구동부 구조 :

( ) 렌치(Wrench) \_\_\_\_\_

( ) 기어(Gear) \_\_\_\_\_

( ) 레버(Lever) \_\_\_\_\_

( ) 기타 \_\_\_\_\_

11. 밸브 구동장치 :

( ) 공기압식(Pneumatic) \_\_\_\_\_

( ) 전동식(Electric Motor) \_\_\_\_\_

( ) 유압식(Hydraulic) \_\_\_\_\_

( ) 기타 \_\_\_\_\_

공통사항 : Double Acting \_\_\_\_\_, Spring Return \_\_\_\_\_

전압/전류 \_\_\_\_\_, 제어원 압력 \_\_\_\_\_, 연결관 크기 \_\_\_\_\_

기타 \_\_\_\_\_

12. 도장/도색 :

제작사 표준 \_\_\_\_\_, 형식 \_\_\_\_\_, 색상 \_\_\_\_\_

기타 특기사항 \_\_\_\_\_

13. 보온대책 :

( ) 보온, ( ) 비보온 \_\_\_\_\_

보온형태 \_\_\_\_\_, 보온환경 : Cold \_\_\_\_\_ °, Heat \_\_\_\_\_ °,

방음보온시 \_\_\_\_\_ dBa, 보온두께 \_\_\_\_\_, 본네트 부분 보온 Y/N,  
 핸들보온 Y/N, 보온 총 길이 \_\_\_\_\_  
 기타 \_\_\_\_\_

14. 저장 :  
 저장시 소요면적H: \_\_\_\_\_, W: \_\_\_\_\_, L: \_\_\_\_\_, 기타 \_\_\_\_\_  
 밸브 프랜지/노즐 보호 대책 : 나무 \_\_\_\_\_, 플라스틱 \_\_\_\_\_  
 기타 \_\_\_\_\_, 저장시 방청대책 \_\_\_\_\_

15. 세척 :  
 ( ) 세척 필요, ( ) 세척 불필요  
 Clean for O<sub>2</sub> \_\_\_\_\_, Cl<sub>2</sub> \_\_\_\_\_, 기타 \_\_\_\_\_  
 특수 세척 요구사항 \_\_\_\_\_

상기 내용중 밸브의 실질적 성능을 나타내는 밸브의 크기, 사용유체의 압력, 온도, 유량과 Key Data는 밸브의 Data Sheet로 처리하고 상기 내용을 기준으로 하는 보조 주문용 Sheet를 작성하여 각 밸브별로 관리하면 매우 유용한 발주, 설치, 운전 및 예방정비의 기초자료가 된다. 더욱이 널리 보급되어 있는 개인용 컴퓨터(PC)를 이용하여 운전중 배관설비의 기초 Data Base로서 배관계통의 운전상황 및 특성들과 결부시켜 활용하면 배관계통의 원활한 관리에 많은 도움을 줄 것이다.

한 예로서 필자가 근무하는 회사에서는 각 밸브의 설계 및 운전조건과 발주관리에 필요한 제반사항을 OB화 시켜 관리하고 있다.

#### 4. 4 밸브의 신뢰성 및 사고 사례

밸브의 사고는 그 직접적인 원인으로서는 원칙적인 사항을 고찰하여 보면 기계적인 사항과 인간적인 사항이다. 기계적인 사항이라 함은 밸브 그 자체의 신뢰성을 일컫는 것이고 인간적인 것이라 함은 밸브 운전의 최종 책임과 그 결과가 인간에 있다는 것이다. 현대와 같은 고도 산업사회에서는 산업안전의 측면에서 보다 높은 믿음 즉 신뢰를 요구하고 있다. 주위에서 항상 접하고, 이용하고 있는 수 많은 산업사회의 기기(利器)중에서 어느 것이나 주의를 기울리하면 화재나 폭발 등과 같은 재앙을 불러올

수 있는 것들이다. 특히 이러한 기기들의 제어를 담당하고 있는 밸브야 말로 너무나도 중요한 역할을 담당하고 있음은 주지의 사실이다. 밸브의 신뢰성을 공학적으로 표현하면 전 월호에서도 언급하였듯이 밸브가 갖고 있는 능동적인 제어요소로서의 역할, 계통에 대한 기능상의 능력 및 밸브 자체의 건설한 운전성 등 3대 역할이 밸브의 사용목적에 적합한 것을 말한다. 그러나 밸브의 각 구성요소별로 본다면 밸브의 신뢰는 첫째 내부 누설이 없어야 한다는 것과 둘째 외부로 누설이 있어서는 안된다는 것으로 귀결 지을 수 있다.

내부의 누설 문제는 밸브 내부에서 유체와 직접적으로 접하고 있는 밸브트림의 신뢰성을 말하는 것이고 외부로의 누설문제는 유체의 압력을 받는 밸브 몸체와 그랜드 패킹부위의 신뢰성을 말하는 것이다.

이중에서 밸브 몸체에서의 누설은 비록 유체의 압력이 매우 높더라도 견고히 설계되고 고도화된 비파괴 검사의 적용으로 거의 해소되었지만 밸브트림에서의 내부 누설 문제와 그랜드 패킹부에서의 셀링(밀봉)대책은 신뢰성 측면으로 보아 점차 큰 이슈로 되어가고 있다.

##### 4.4.1 밸브의 내부 누설

밸브의 내부 누설은 밸브의 설치 목적에 따라 그 허용하는 양이 다르다. 밸브의 설치 목적에서 보면 차단밸브, 제어밸브 및 체크밸브로 대별할 수 있는

데 각 밸브의 디스크와 시트간의 내부 누설 기준이 규격으로 정해져 있다. 모든 밸브는 내부누설의 검사를 100% 받은 후 출하되어야 한다. 검사방법은 밸브 종류별로 다른데 차단용의 수동밸브의 경우 밸브의 최고 허용압력이 1.1배에 해당하는 수압으로 일정시간을 유지시킨후 밸브 내부에 물이 얼마만큼 새는가를 판정하는 것으로서 밸브 종류별로 간략하게 설명하면 다음과 같다.

밸브 내부에서의 누설한계를 정하는 규정으로서는 “KS B2304-72밸브검사 통칙”과 미국 규격으로서 ANSI B16.34-88밸브”에서 인용하고 있는 “MSS SP-61강제밸브의 수압시험” 및 일본 규격으로서 “JIS B2003밸브검사”가 있으며, 이들 규격에서 언급하는 일반 차단용의 밸브가 최대한 허용하는 누설의 한계는 밸브 호칭 직경 1”(25A)당 물의 경우 1시간에 10cc정도이고, 기체의 경우에는 약 0.1ft<sup>3</sup>(2.381ℓ)정도이다. <표 4>는 밸브 종류별 내부 누설 허용량 기준이다.

그러나 제어밸브의 경우에는 ANSI B16.104 및 국제전기표준회의(IEC) 규정의 IEC Publication 534-4-82등에서 누설등급을 6등급으로 구분하여 정하고 있다. 다음의 <표 5>는 제어밸브의 누설허용 기준으로서 ANSI B16.104를 기준으로 하고 IEC 534-4 공업용 프로세스용 제어밸브 검사 및 시험규정을 참고로 한 것이다.

#### 4.4.2 밸브의 신뢰성을 고려한 배관설계

밸브를 배관계에 올바르게 설치하려면 밸브의 조작, 취급의 용이성, 점검, 보수 및 교환이 용이성을 사전 고려하여 배관계를 설계하여야 한다. 배관계 통에서 밸브의 성능을 보장하기 위하여는 다음과 같은 사항들을 유의하여 배관설계를 한다.

- (1) 밸브의 조작, 취급성, 점검, 보수 및 교환이 용이하도록 설계하여야 한다. 접근통로는 안전하여야 하며 또한 보기 쉬운 위치에 밸브의 특성에 적합하게 설치되어 위치, 방향, 지지 및 필요한 작업공간이 확보되도록 한다. 특히 높은 위치에 설치될 때는 사다리 또는 플랫폼 홈 등을 설치하고 이곳에는 중량물 등의 운반·보수 등을 위한 체인블록 등의 설치가 가능하도록 설계한다.
- (2) 벽면에 근접한 배관의 경우에는 밸브의 보수 점검 및 프랜지용 볼트의 체결 등에 지장이 없도록 벽면과 적정거리를 유지한다.
- (3) 밸브는 배관계에 있어서 집중하중으로 고려됨으로써, 배관계통의 진동 또는 유체천이에 의한 맥동현상 및 기타 외력에 의한 영향을 최소화하기 위하여 적절한 지지물 설계가 수행되어야 한다.
- (4) 밸브에 있어서 운전 중 예상되는 이물질의 유입, 드레인 문제, 밸브 디스크 및 시트에서의 침식, 작동의 불안정, 진동 또는 소음의 발생, 충격 또는 이상 승압, 열수축에 의한 고착 문제 등 밸브

<표 4> 차단용 밸브 종류별 내부 누설량 기준

밸브의 종류	시험의 방법	허 용 치			비 고
		1 등급	2 등급	3 등급	
그로브 밸브	밸브가 닫힌 상태에서 디스크의 하부에서 압력을 가한다.	0.1mm <sup>3</sup> /sec×밸브 호칭 직경(mm)	0.01mm <sup>3</sup> /sec×밸브호칭 직경(mm)	전혀 없어야 됨	
게이트 밸브	밸브 디스크를 닫은 상태에서 양쪽 방향을 각각 압력을 가하여 시험한다. 더블 디스크 게이트 밸브와 같은 경우에는 밸브 디스크를 닫고 본넬트 부위에서 압력을 가해도 된다.	(10cc/hr×밸브호칭 직경, inch)	(1cc/hr×밸브호칭 직경, icnh)		
체크 밸브	밸브 Downstream측에 압력을 가하고 시험한다.	그로브 밸브나 게이트 밸브의 허용치의 약 4배 정도			

〈표 5〉 제어밸브의 누설 허용 기준

누설등급	허용기준치	시험 매체	시험 방법 개요
I	—	—	사용자가 시험을 요구하지 않음. (제작자와 사용자가 상호협의)
II	최대 Cv의 0.5% * $5 \times 10^{-3} \times Q(\text{Test})$	물 또는 공기 (10~52°C)	45~60psig/최대 운전차압 중 낮은 압력으로 또는 50psig로 시험
III	최대 Cv의 0.1% * $1 \times 10^{-3} \times Q(\text{Test})$	〃	〃
IV	최대 Cv의 0.01% * $1 \times 10^{-4} \times Q(\text{Test})$	〃	〃
V	0.0005 cc/min- 포트에서의 차압 1psi에서 포트 직경 1"당 ** $(1.8 \times 10^{-5} \times \Delta p \times D)$	물 (10~52°C)	최대 운전 차압 상태하의 ±5% 내의
VI	허용기준치를 포트직경별로 구분하고 공기 또는 질소가스의 기포수로 정함.		

포트 직경	분당 기포의 수(분당 cc)
1"	1 (0.15)
1.5"	2 (0.3)
2"	3 (0.45)
2.5"	4 (0.6)
3"	6 (0.9)
4"	11 (1.7)
6"	27 (4.0)
8"	45 (6.75)

주) \* IEC 534-82 기준으로서 Q(Test)는 소정의 시험압력조건하에서 정격 Travel에 있어서 밸브를 통과하는 시험 유체의 유량을 말함

\*\* IEC 534-4-82 기준으로서 Δp는 소정의 시험차압(bar)이고, D는 밸브 시트의 직경(mm)이다.

의 기능 저하등의 문제 발생을 될 수 있는 한 감소하기 위해서는 적당한 위치에 스트레이나, 더스트 포트 또는 오물 배출 드레인을 설치하여야 하고, 배관계에 적절한 구배, 배관 분기점의 적정성, 적당한 유속의 유지 등을 설계 포인트로 한다. 제어밸브의 경우 및 High Recovery(볼 밸브, 버터후라이 밸브등) 밸브는 밸브 입구측과 출구측의 배관이 일정거리 만큼 직관으로 설계되도록 한다. 아울러 배관계통을 수직 또는 수평에 대비하도록 설계하고 밸브가 이들 유체

천이로 인한 동적하중에 충분히 견딜 수 있도록 밸브근처에 앵카나 배관지지대를 설치되도록 설계한다.

(5) 유체의 성상(性狀)에 따라 동결 방지 대책을 밸브에도 고려하여 배관설계를 한다.

(6) 이상유체(二相流體)와 같은 고에너지 유체를 제어하는 밸브나 배관계에 공기/드레인 정체(停滯), 진공의 발생과 이물질이 유입되어 잔류물로 되는 경우와 같이 배관계 또는 밸브 운전에 장애가 예상되는 배관계통에는 해당 부위에 벤



트(공기배출), 증기/공기 트랩, 진공브레이커, 드레인(배수) 또는 바이패스 밸브를 운전목적에 맞도록 설치한다.

### 4.4.3 밸브의 가스켓 및 스템 패키징

산업의 발달에 따라 다양한 유체가 각종 산업 및 생산현장은 물론 가정에까지 널리 쓰이게 되었다. 따라서 취급하는 유체 또한 유독가스, 폭발성가스, 고압가연성 가스, 고온고압의 증기와 같이 취급에 특별한 주의가 필요로 하는 유체와 방사선유체 등은 만약 누설이 될 경우 인간은 물론 가축에게 큰 위협을 환경을 만들 수 있는 유체로서 우리들 주변에 가깝게 있다. 이들 위험 유체를 취급하는 배관계통에는 그 누설의 가능성이 가장 높게 나타나는 곳이 밸브의 가스켓 및 스템 패키징 즉 그랜드 패키징이다. 일반적으로 유체의 누설 또는 외부로부터 이물질의 침입을 방지하기 위하여 사용하는 밀봉장치의 내부에서, 정지부분의 밀봉을 담당하는 것을 가스켓이라 하고 회전 또는 왕복운동등에서와 같이 습동(摺動)부분에 쓰이는 밀봉을 패키징이라 한다. 밸브에서의 가스켓은 밸브몸체와 스템의 안내지지의 역할을 담당하는 본네트 부위에 쓰인다. 그리고 패키징은 통상 그랜드 패키징이라 하여 스템을 밀봉(씰)하는데 쓰인다. 가스켓 및 패키징에 요구되는 성능은 다음과 같다.

- 탄성(Resilient)을 충분히 가지고 있어야 한다. 접촉면(전면 접촉 또는 선형 접촉)에 항상 일정한 탄성이 유지되어 틈새를 만들지 말아야 한다.
- 내부식성이어야 한다.
- 온도 및 압력의 변화에 있어서도 탄성력 등과 같은 재질 특성이 변하지 말아야 한다.
- 파손되어도 분말 또는 용해되지 말아야 한다.
- 유체의 물리·화학적 특성에 강하여야 한다.

조인트에 널리 쓰이는 주요가스켓의 특징은 <표 6>과 같다.

그랜드 패키징에 있어서 내누설의 대책으로는 기계적인 씰 성능향상대책과 재질개량에 따른 씰 성능향상이 있다. 기계적인 면에서는 그랜드 패키징실(스터핑 박스)의 구조와 체결방법 및 깊이의 조정이 고려되며, 패키징의 재질 개량에 있어서는 석면계열의

표 6. 주요가스켓의 특징

가스켓 종류	장 점	단 점	비 고
링조인트 가스켓	1. 극저온에서 고온, 진공에서 고압까지 사용범위가 매우 넓다. 2. 씰 특성이 매우 좋다.	1. 금속 평형 가스켓의 단점과 동일	1. 금속 가스켓
툰니형 가스켓	1. 고온, 고압에서 사용가능 2. 접촉면적이 적어 체결압력이 적다.	1. 금속 평형 가스켓의 단점과 동일 2. 프렌지 가공면에 홈집을 만들 수 있다.	1. 금속계

패키징에서 흑면계열의 패키징으로 바뀌기는 추세이다. 이외에 그랜드 패키징의 운용관리 측면에서는 패키징의 충전설계, 패키징의 체결압력(압축량관리 및 그랜드 패키징체결 볼트의 토오크 관리)와 그랜드 패키징의 면압(面壓)의 관리가 있다. 아무튼 그랜드 패키징의 역할은 밸브의 조건에서 보면 가장 중요하게 관리되어야 할 기능으로서 소홀히 할 수 없는 매우 중요한 밸브 구성 부분이다. 본호에서는 그랜드패키징의 내누설 대책중 재질개량의 측면에서 비석면계 흑면패키징의 사용에 대하여 설명한다. 사실 석면계 패키징이 지난 세월동안 매우 광범위하고 효과적으로 적용되어 왔지만, 석면이란 물질이 인간에게 치명적인 폐 관련 증양을 일으키는 주범물질로서 미국의 경우 어느 상품이건간에 1996년부터는 일체의 석면관련 제품을 생산, 판매, 사용을 전면 금지시킬 것이며 이미 1986년부터 석면이 섞인 어느 상품의 수입도 전면 금지시키고 있을 정도로 심각한 환경오염 물질이다. 따라서 앞으로는 특수한 경우를 제외하고는 석면계 패키징의 사용은 금지되어야 한다. 다음 <표 7>은 대표적 비석면계 패키징재료의 일람표이다.

특히 일본의 공업규격 JIS F7102는 밸브시스템의 그랜드 패키징사용기준을 정하고 있으므로 많은 참고가 될 것이다.

또한 기계적인 씰 성능향상 대책으로는 패키징의 체결압력과 패키징의 면압관리를 소위 Live Loading 방식이라는 지속적인 면압 유지방법을 쓰기도 한다. <그림 6>은 Live Loading 형식의 패키징 체결력 관리방법이다. 이에 대한 이론적인 배경은 불과 5~

〈표 7〉 대표적인 비석면계 패키징재료

종 류	명 칭	주 요 재 료	구 조	사 용 조 건			마찰저항 *1	
				유 체	온도(℃)	압력(bar)	체결시	운전시
범용 패키징	무기섬유 패키징	무기섬유, 흑연 4불화에칠렌 수지	格子編	물, 증기, 기 름, 가스	+260	110 #600*2	0.045	0.022
중압용 패키징	4불화 에칠렌 수지 패키징	4불화에칠렌 수지 섬 유 및 수지액	角編 + 格子編	물, 증기, 기 름, 가스 및 화학약품	+150	110 #600	0.019	0.010
	흑연혼입4불화 에 칠렌 수지 패키징	4불화에칠렌 수지 섬 유에 흑연섬유를 혼입	角編		+150	110 #600	0.009	0.005
	아라미드계열 섬유 패키징	아라미드섬유+4불화 에칠렌 수지액	格子編	물, 증기, 기 름, 가스	+150	110 #600	0.034	0.017
	탄소섬유패키징	탄소섬유+4불화 에칠 렌 수지액+특수 윤활 제	格子編	물, 증기, 기 름, 가스 화학약품	+350	110 #600	0.027	0.007
	팽창흑연 (Graphite Foil) 패키징	Graphite Foil 아라미드 섬유	格子編				0.058	0.015
고압용패키징 (조합패키징)	팽창흑연 패키징 + 탄소섬유 패키징	팽창흑연(금속선 혼 입) + 탄소섬유+특수 윤 활제	몰드형 + 格子編		+350	265 #1500	0.045	0.027
	팽창흑연 패키징 + 탄소섬유 패키징	상기와 동일 +흑연분말(고순도)	상동	물, 증기, 기 름, 가스 화학 약품	+500	440 #2500	0.063	0.038
	팽창흑연 패키징 + 금속계 패키징조합	팽창흑연(금속선 혼 입)+스텐레스강선+ 세라믹+흑연	몰드형 + Braid형 (또는 格子編)		+600	440 #2500	0.059	0.028
	팽창흑연 패키징	팽창흑연(인코넬 細線 의 혼입)	Braid형		+600	440 #2500	0.069	0.039

\*1 마찰저항 계수는 스템과 패키징재료간의 습동마찰(저항)계수로서 다음과 같은 원칙하에 계산된 것으로 개략  
치이다.

$$\text{마찰저항계수}(M) = \frac{R}{\pi \cdot d \cdot L \cdot \sigma g}$$

R=습동저항력(kgf), d=스템의 직경(cm), L=패키징의 깊이(cm), σg=패키징의 체결압력(kgf/cm<sup>2</sup>)이다.

\*2 ANSI B16.34에 의한 밸브의 온도-압력 기준이다.

6년전에 채택되었으며 일부 중요한 프로세스 계통 | 의 밸브에는 Live Loading방식의 그랜드 패키징이

필수적으로 사용되기도 한다. 보다 구체적인 사항은 필자에게 문의하기 바란다.

#### 4.4.4 밸브의 사고사례

일본의 고압가스보안협회가 일본의 석유컴비나트에 대한 보안조사(1983년)에서 밝힌 600여건의 사고 중에서 약 17%인 109건이 밸브에서 기인되었다고 한다. 다음의 (표 8)은 이를 밸브조작 행위별로 분석한 것이다. 이중 20%가 밸브 자체의 결함으로 인한 것이고 나머지 80%는 밸브를 오조작하여 일어난 것으로 나타나 있다.

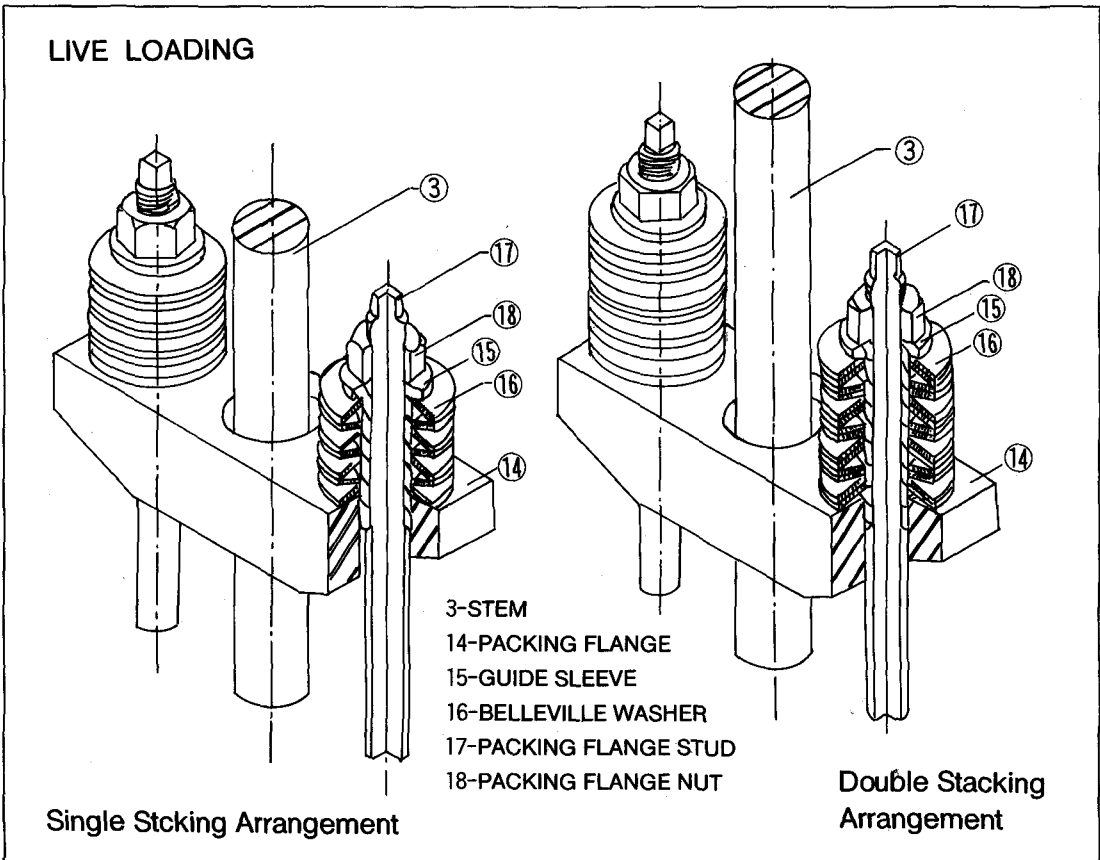
##### (1) 오조작에 의한 사고의 분석

「고압가스 사용에 있어서 밸브 조작에 의한 여러의 원인분석을 위한 조사보고서」에 의하면 다음과 같다.

표 8. 밸브에 기인한 사고의 건수

분 류	건수	%	비고
1. 밸브자체의 결함에 의한 것	22	20	
2. 밸브 조작의 순서를 위반	5	5	
3. 밸브 조작이 완전하지 못했다.	45	41	
4. 다른 밸브를 조작하였다.	10	9	
5. 밸브 조작의 방향을 위반	1	1	
6. 기타	26	24	
계	109	100	

- 프랜트의 가동상태별로는 수리 중 보다 가동중에 많이 발생하며 특히 정상가동중에 절반가량 일어났다(가동중 72%, 정상가동중 약 50%)
- 사고의 원인이 되는 종업원의 행동에서 보면 - 관행에 의한 조작이 50% 정도이며,



- 기타 지식과 경험에 의한 조작과, 규칙, 절차서에 의한 행동이 각기 15%내외였다. 이는 밸브운전을 기준화하고 규칙이나 절차를 올바르게 이해할 수 있도록 재교육 및 개정이 필요한 것으로 나타났다.

○ 작업상황에서 보면

- 단순로운 작업상황이 34%로 가장 높으며 오히려 복잡한 상황에서는 6%로 상대적으로 적었다. 적당한 제재가 필요하다.  
 - 위험도와 중요도가 높은 계통의 밸브에서 18% 및 20%로 비슷했으며 스피드를 요구하는 조작이 10% 정도였다. 설비를 개선하고 운전절차 및 안전대책을 올바르게 수립 또는 교육할 필요가 있다.

○ 사고가 발생했을때 프랜트의 상태는

- 배관계통에 내압에 이상이 있었던 경우가 20% 정도이고 정상운전의 경우도 15%나 되었다.  
 - 또한 작업자가 프랜트의 상태를 알고 있었는가 또는 모르고 있었는가는 공히 20% 정도이고, 특별히 기분이 좋지 않았을 때 사고가 생긴 경우가 60%로써 작업자의 기분이 매우 중요한 요소임을 알 수 있다.  
 - 또한 프랜트의 상태에 있어서 운전정보의 전달체계는 연결이 불충분했다가 약 60% 이상이었다.

○ 운전절차에 있어서는

- 절차가 수립되어 있었던 경우가 약 70%로써 절차의 개정이 요구되었으며

- 사고원인의 직접적인 운전기준의 수립에 있어서, 사고예방에 필수적이라고 할 체크리스트가 준비되어 있지 않은 경우가 약 60%에 달했다.

- 또한 문제가 된 밸브의 처치에 있어서 공통적으로 모두 밸브핸들을 사용하지 않았음이 밝혀졌다.

○ 밸브의 운전조작성에서 보면

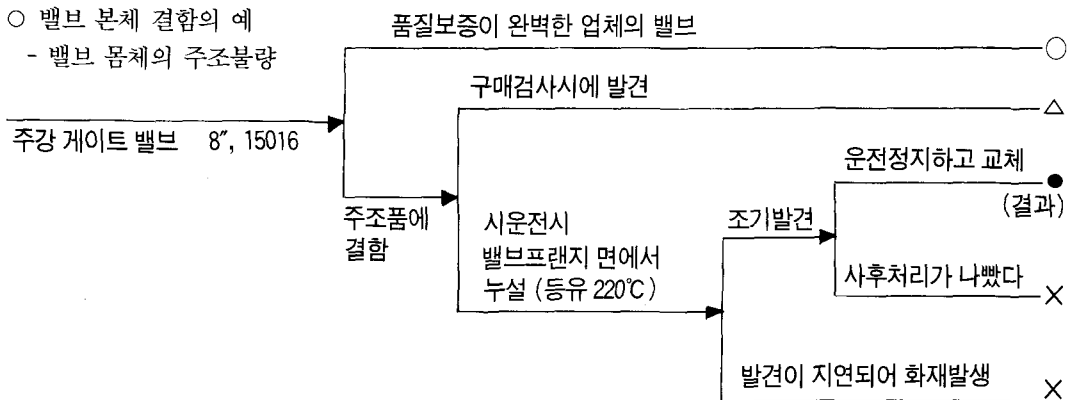
- 정상적인 것이 85% 정도로서 별 문제점은 없었으며  
 - 밸브의 상태로 보면, 밸브에 개도량의 표시가 없는 경우가 약 15% 이상이고 일상적인 예방점검정비가 미흡해서 사고를 일으킨 경우가 약 20%, 그리고 특별히 문제가 없었던 경우에서도 약 30%가 발생하였다. 이외에 밸브의 명판이 없어서 운전조작에 혼란을 준 일, 설치장소 및 배치상태가 복잡하여 발생한 건수도 약 10%에 달했다.

결론적으로 밸브로 인한 사고를 사전예방하기 위해서는 좀더 체계화된 프랜트 운용관리 및 운전절차의 재검토가 필요한 것으로 나타났다. 원인에 대한 대책으로는 전반적으로

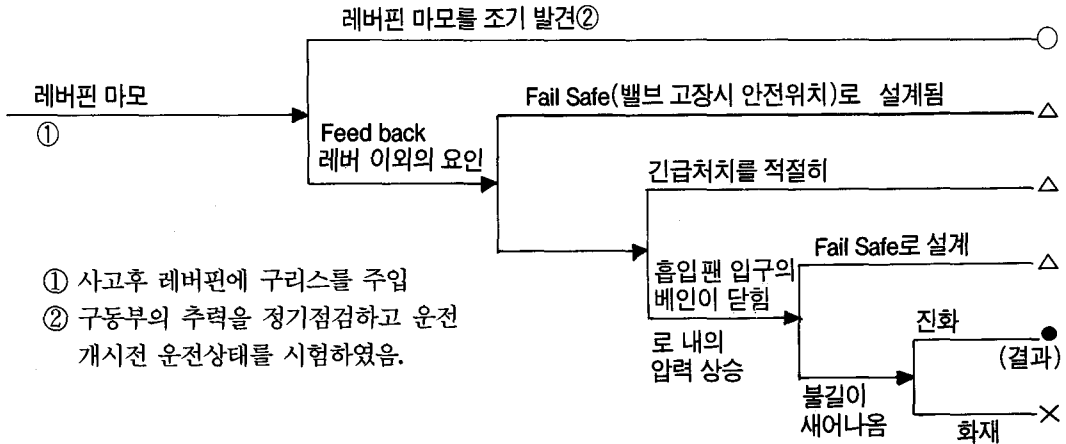
- 운전원에 대한 재교육(정신자세와 운전조작방법 및 절차)
- 밸브 운전절차에 대한 단순화된 절차 수립
- 설비의 개선(운전조건에 따른)
- 밸브 운전에 대한 역할 분담 및 운전기준
- 밸브 체크리스트의 지속적이고 체계적인 이용 등을 들 수 있겠다.

(2) 밸브자체의 결함에 의한 사고사례

- 밸브 본체 결함의 예
- 밸브 몸체의 주조불량



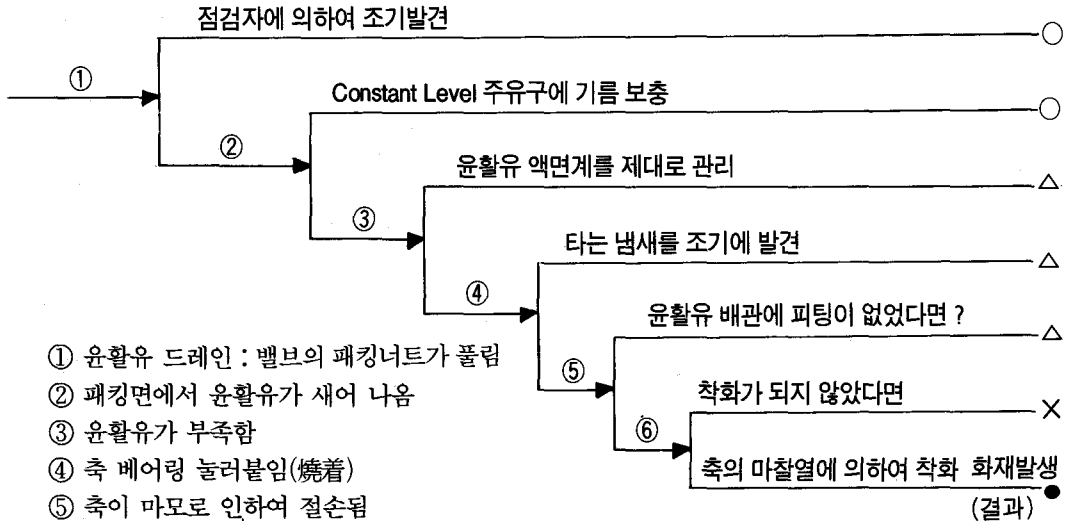
- 제어밸브의 고장
  - 제어밸브의 Feedback레버 핀의 마모



- ① 사고후 레버핀에 구리스를 주입
- ② 구동부의 추력을 정기점검하고 운전 개시전 운전상태를 시험하였음.

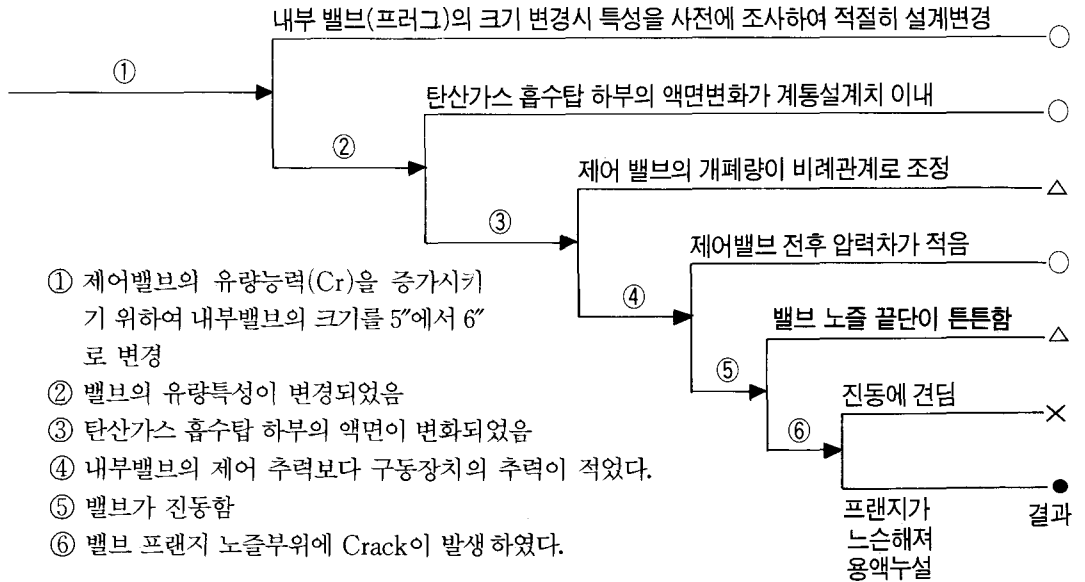
“  
**밸브로 인한 사고를 사전에 예방하기 위해서는 좀더 체계화된 프랜트 운용관리 및 운전절차의 재검토가 필요하다.**  
 ”

- 밸수 밸브에서의 누설(보일러터빈 구동용 송풍기에 의한 화재)



- ① 윤활유 드레인 : 밸브의 패킹너트가 풀림
- ② 패킹면에서 윤활유가 새어 나옴
- ③ 윤활유가 부족함
- ④ 축 베어링 눌러붙임(燒着)
- ⑤ 축이 마모로 인하여 절손됨
- ⑥ 절손된 축 파편이 윤활유 배관을 절손 하여 윤활유가 대량 유출

○ 제어밸브의 설계불량(산화에 켈렌 탄산가리 용액 누출사고)



\* 사고후 상기밸브는 구동장치를 Oil Dash pot형식을 채택하고 한단계 높은 다이아후람으로 변경하였으며, 제어용 공기압력도 높였다.

○ 체크 밸브 프랜지에서의 누설(중유 탈황장치 체크밸브 프랜지에서 누설로 화재)

