

RS-KORAS-KIMM-069(2019)



플랜트 설비용 단조 게이트 밸브 해설서

RS-KORAS-KIMM-069(2019)

소재·부품 신뢰성전문위원회 심의
2019년 2월 22일 개정
한국신뢰성인증센터 발행

소재·부품신뢰성전문위원회 명단

	성명	소속	직위
(위원장)	이순복	한국과학기술원	교수
(위원)	권영일	청주대학교	교수
	연철성	(주)엘맥스텍	연구소장
	오근태	수원대학교	교수
	이정환	오산대학교	교수
(간사)	정해성	서원대학교	교수

신뢰성기술위원회 명단

	성명	소속	직위
(위원장)	이순복	한국과학기술원	교수
(위원)	권영일	청주대학교	교수
	김경욱	서울대학교	교수
	김규로	경기과학기술대학교	교수
	김유광	한국유체기계학회	자문위원
	김효진	MET	지사장
	심행근	(주)한화	센터장
	이정환	오산대학교	교수
(간사)	박종원	한국기계연구원	연구실장

제정자 : 한국기계연구원 신뢰성평가연구실

제정 : 2011년 5월 4일

개정 : 2019년 2월 22일

한국신뢰성인증센터 공고 제 2019-000호

원안작성협력자 : 한국신뢰성인증센터

심의위원회 : 소재·부품신뢰성전문위원회

플랜트 설비용 단조 게이트 밸브 해설서

이 해설서는 본체에 규정한 사항 및 이것과 관련된 사항을 설명하는 것으로 기준의 일부는 아니다.

1. 개 요

1.1 제정의 취지 플랜트 배관 설비의 핵심모듈인 플랜트 설비용 단조 게이트 밸브의 신뢰성 향상이 강하게 요구되고 있고, 특히 플랜트 설비용 단조 게이트 밸브는 사용 환경에 따른 영향이 크기 때문에 신뢰성 향상에 초점이 맞춰지고 있다. 이 때문에 플랜트 설비용 단조 게이트 밸브의 신뢰성 평가 기준의 확립은 플랜트 설비용 단조 게이트 밸브가 사용되는 전체 플랜트 설비의 신뢰성 확보와도 밀접한 연관이 있어 그 필요성이 요망되고 있으며, 신뢰성 평가기준을 마련하기 위하여 이 기준을 제정하였다.

1.2 제정의 경위 기술위원회를 설치하여 이하의 각각의 신뢰성 평가 기준을 작성하는 워킹그룹을 설치하는 것으로 하였다. 플랜트 설비용 단조 게이트 밸브의 워킹그룹은 플랜트 설비 업체, 플랜트 설비용 단조 게이트 밸브 제조회사, 연구소, 대학 등에서 선출되어진 위원으로 구성되어, 원칙적으로 신뢰성 평가 기준 원안을 작성하여 이것을 기술위원회에서 조정하는 형태를 취하였다. 원안은 2010년 6월의 워킹그룹 토의를 거쳐 최종안을 작성하여 2010년 10월에 개최되어진 기술위원회에 상정, 가결, 승인되어 여기에 규정하게 되었다. 각 워킹그룹은 작업 완료와 함께 일단 기능을 정지하고, 필요가 발생하였을 경우에는 부활하여 재평가 작업을 실시하는 것으로 되어 있다.

1.3 금번 개정의 경위(2019) 수송 가진시험 방법을 정현파 스위프 시험에서 불규칙 진동으로 대체하여 실제 발생하는 진동 조건을 잘 모사할 수 있도록 할 필요가 있고, 이에 대해 2018년 3월 개최되어진 기술위원회에 상정, 가결 승인하여 여기에 개정하게 되었다.

1.4 제정의 필요성 실내에서 플랜트 설비용 단조 게이트 밸브의 신뢰성을 시험하는 방법으로 작동 시험, 누설 시험, 운용 가진 시험, 저온 시험, 습도 시험, 염수 분무 시험, 내압 시험, 수명 시험 등이 있으나, 선진국 및 각 업체에서 규정하는 플랜트 설비용 단조 게이트 밸브의 신뢰성 평가기준이 서로 상이하고 미공개 되어 있는 실정으로, 국내 실정에 맞는 제품의 신뢰성 회복에 어려움이 있다. 따라서 위와 같은 문제를 해결하기 위해서는 플랜트 설비용 단조 게이트 밸브의 신뢰성 평가 기준을 제정 할 필요가 있었다.

2. 기준 작성의 기본적 방법 기계류 부품의 신뢰성 평가기준 작성의 방침은 다음과 같다.

- a) 가능한 국제성이 있는 것으로 한다.
- b) 신뢰성을 충분히 파악, 해석 가능한 시험 방법, 안정성을 확보할 수 있는 요구 성능으로 한다.
- c) 국가 기준으로서의 이행을 전제로 하므로 기술적 수준이 높은 것으로 한다.
- d) 필요성이 높은 것으로부터 취급하여 간다.
- e) 본 평가 기준에서는 공인된 국제 단위계(SI)로 단위 및 수치를 기입하였다.

플랜트 설비용 단조 게이트 밸브의 신뢰성 평가 기준은 플랜트 설비용 단조 게이트 밸브에 대하여 실내에서의 종합 성능 평가 시험과 내환경성 시험, 수명 시험을 통하여 신뢰성을 파악 해석함으로써 플랜트 설비용 단조 게이트 밸브의 신뢰성을 보다 정확히 파악하여 평가하는 것을 목적으로 한다. 따라서 이 기준의 작성에는 플랜트 설비용 단조 게이트 밸브에 관련된 KS 규격과 국제적으로도 권위가 있는 IEC, ISO, JIS, MIL 등 국제 규격을 참고하여 기준의 구성을 검토하였다.

3. 잠재적 고장의 형태 플랜트 설비용 단조 게이트 밸브의 잠재적 고장형태인 웅지의 마모 및

부식, 시트링의 마모 및 부식, 패킹의 마모 등의 그 영향을 분석해 본 결과 초기의 성능과 장기사용 후의 성능을 파악하여야 하고, 이에 적합한 시험을 실시하여야 한다. 플랜트 설비용 단조 게이트 밸브의 주고장 모드는 웻지의 마모 및 변형으로써 유로를 개방하고 차단하는 과정에서 시트링의 끝단과 접촉하는 과정에서 큰 부하가 걸려 마모 및 변형이 발생한다. 오랜 기간 사용된 밸브에서 웻지는 작동하나 기밀성이 떨어지는 현상이 바로 웻지 양쪽 면의 마모 및 변형에 의한 고장 현상으로, 소비자가 사용하는 기간 내에서 밸브에서 발생하는 고장 중 가장 많은 현상으로 조사되어 웻지의 마모 및 부식을 주 고장 모드로 선정하였다.

4. 평가 항목의 해설 이 시험 방법은 플랜트 설비용 단조 게이트 밸브에 대하여 작동 성능, 내환경성 등의 신뢰성 변화를 신상품 상태에서 시작하여 수명 시험을 해가는 과정에서 신뢰성을 파악하고, 신뢰성으로 요구하는 허용 가능한 최저 한도를 나타내는 것을 목적으로 하였다.

4.1 종합 성능 시험

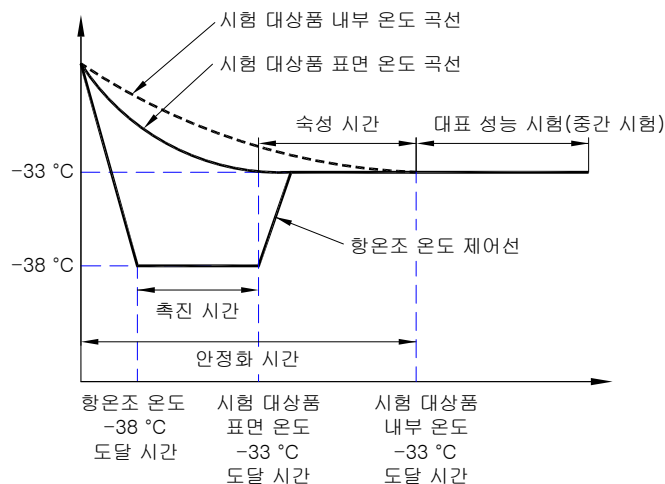
4.1.1 작동 시험 본 시험은 게이트 밸브의 개폐력을 측정하기 위한 시험이며 시험 방법 작성은 KS B ISO 5208 규격 및 현장 사용 조건을 참고하였다.

4.1.2 누설 시험 본 시험은 게이트 밸브의 기밀성을 측정하는 시험으로 시험 방법 작성에는 KS B ISO 15848-1, API STANDARD 622 규격 및 현장 사용 조건을 참고하였다.

4.2 내환경성 시험

4.2.1 수송 가진 시험 평가기준명의 진동에 대한 내성을 시험하는 것으로서 시험 방법 및 시험 조건은 KS C IEC 60721-3-2, IEC 60068-2-6, IEC 60068-2-64 를 참고하여 기준을 정하였다.

4.2.2 저온 시험 플랜트 설비용 게이트 밸브의 실외 환경의 저온 조건에 대한 내성을 시험하는 것으로서 시험 방법 및 시험 조건은 MIL-STD-810G 방법 502.5를 참고하여 기준을 정하였다.



해설 그림 1 저온 시험 축진 시간

4.2.3 습도 시험 플랜트 설비용 게이트 밸브의 실외 환경의 습도에 대한 내성을 시험하는 것으로서 시험 방법 및 시험 조건은 MIL-STD-810G 방법 507.5를 참고하여 기준을 정하였다.

4.2.4 염수 분무 시험 게이트 밸브의 염분에 대한 내성을 시험하는 항목으로서 시험 방법 및 시험 조건은 KS D 9502 및 MIL-STD-810F 방법 509.4를 참고하여 채택하였다.

4.3 안전성 시험

4.3.1 내압 시험 게이트 밸브의 패킹과 실링이 최고 허용 압력의 1.5배의 압력을 받았을 시 발생할 수 있는 내압성을 확인하는 시험 항목으로 **KS B ISO 5208** 규격을 참조하여 채택하였다.

4.4 수명 시험 플랜트 설비용 단조 게이트 밸브의 현장 작동조건을 조사한 결과 보증기간은 10년이며, 1일에 평균적으로 0.6사이클이 사용되고 1년에 300일이 가동되므로 10년과 등가되는 수명은 1800사이클이다. 따라서 보증수명은 신뢰수준 80 %로 B_{10} 수명 1800사이클(등가 수명 10년)을 보장하는 것으로 한다. 플랜트 설비용 단조 게이트 밸브의 주 고장 모드는 웨지의 마모로, “Machinery Failure Analysis and Troubleshooting”에서 언급된 마모와 등가되므로 형상모수(β)를 3.0으로 결정하였다.

참 고 Heinz P. Bloch, Fred K. Geitner “Machinery Failure Analysis and Troubleshooting”, Third Edition Vol. 2, Gulf Publishing Company, 1997, Page 490~493

a) 무고장 시험 시간 산출 신뢰성 평가 기준에서 규정된 플랜트 설비용 단조 게이트 밸브의 수명 1800사이클(B_{10} 수명)을 보장하기 위한, 무고장 합격 기준을 만족하는 시험 시간의 계산은 다음에 따른다.

- 수명 분포 : 형상모수(β)가 3.0인 와이불(Weibull) 분포
- 보증 수명 : B_{10} 수명 1800사이클
- 신뢰 수준 : 80 %
- 시 료 수 : 3개
- 무고장 시험 시간(t_n) :

$$t_n = B_{100p} \cdot \left[\frac{\ln(1-CL)}{n \cdot \ln(1-p)} \right]^{\frac{1}{\beta}}$$

$$= 1800 \cdot \left[\frac{\ln(1-0.8)}{3 \cdot \ln(1-0.1)} \right]^{\frac{1}{3.0}} = 3096.69 \simeq 3100 \text{ 사이클}$$

여기에서 t_n : 무고장 시험 시간

B_{100p} : 보증 수명

CL : 신뢰 수준(confidence level)

n : 시험 중인 전체 아이템의 개수(시료수)

p : 불신뢰도(B_{10} 수명이면 $p = 0.1$)

β : 형상 모수

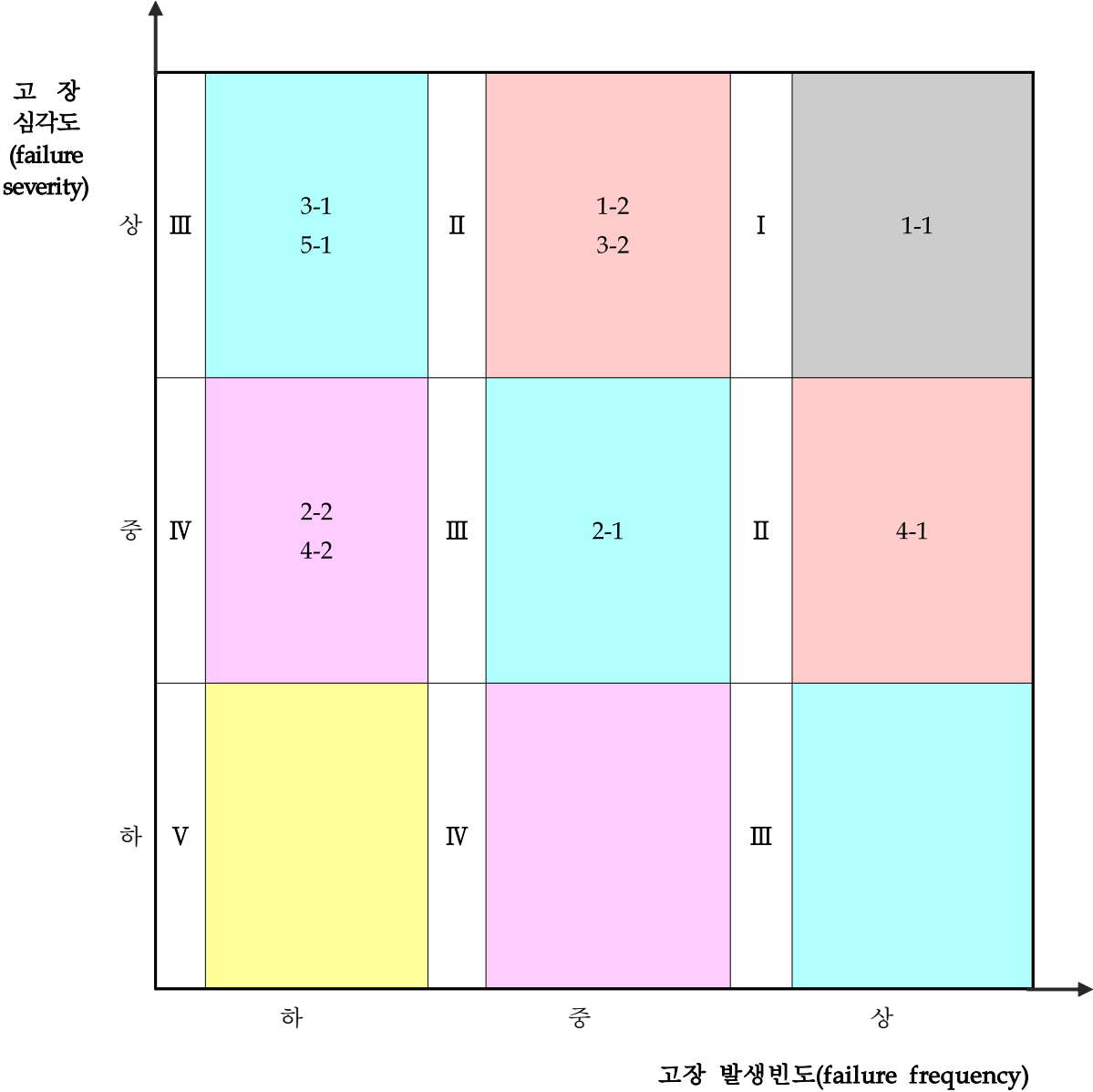
b) 합격기준 발체 시료 3개를 3100사이클까지 수명 시험한 후, 3개 모두 고장이 없고 종합 성능의 평가 기준을 만족하면, 신뢰 수준 80 %에서 작동 사이클 1800사이클(B_{10} 수명)을 보장한다.

5. 플랜트 설비용 단조 게이트 밸브의 고장 해석 자료

5.1 고장모드 및 메커니즘 분석(Failure Modes and Mechanisms Analysis; FMMA)

주요구성품 (primary components)	기능 (function)	고장 모드 (failure modes)	고장 메커니즘 (failure mechanisms)	
웬지	유로의 개폐	마모	1-1	피로, 과부하
		부식	1-2	고온, 습도
시트링	웬지 지지	마모	2-1	과부하, 피로
		부식	2-2	과부하, 피로
패킹	기밀 유지	마모	3-1	과부하
		부식	3-2	고온
가스켓	기밀 유지	마모	4-1	과부하, 열화
		부식	4-2	피로
스텝	웬지 이송	마모	5-1	과대하중, 반복충격

5.2 치명도 매트릭스 분석(Criticality Matrix Analysis; CMA)



비 고 치명도(점수) : I (9) → II (7) → III (5) → IV (3) → V (1)

I : 9 점

II : 7 점

III : 5 점

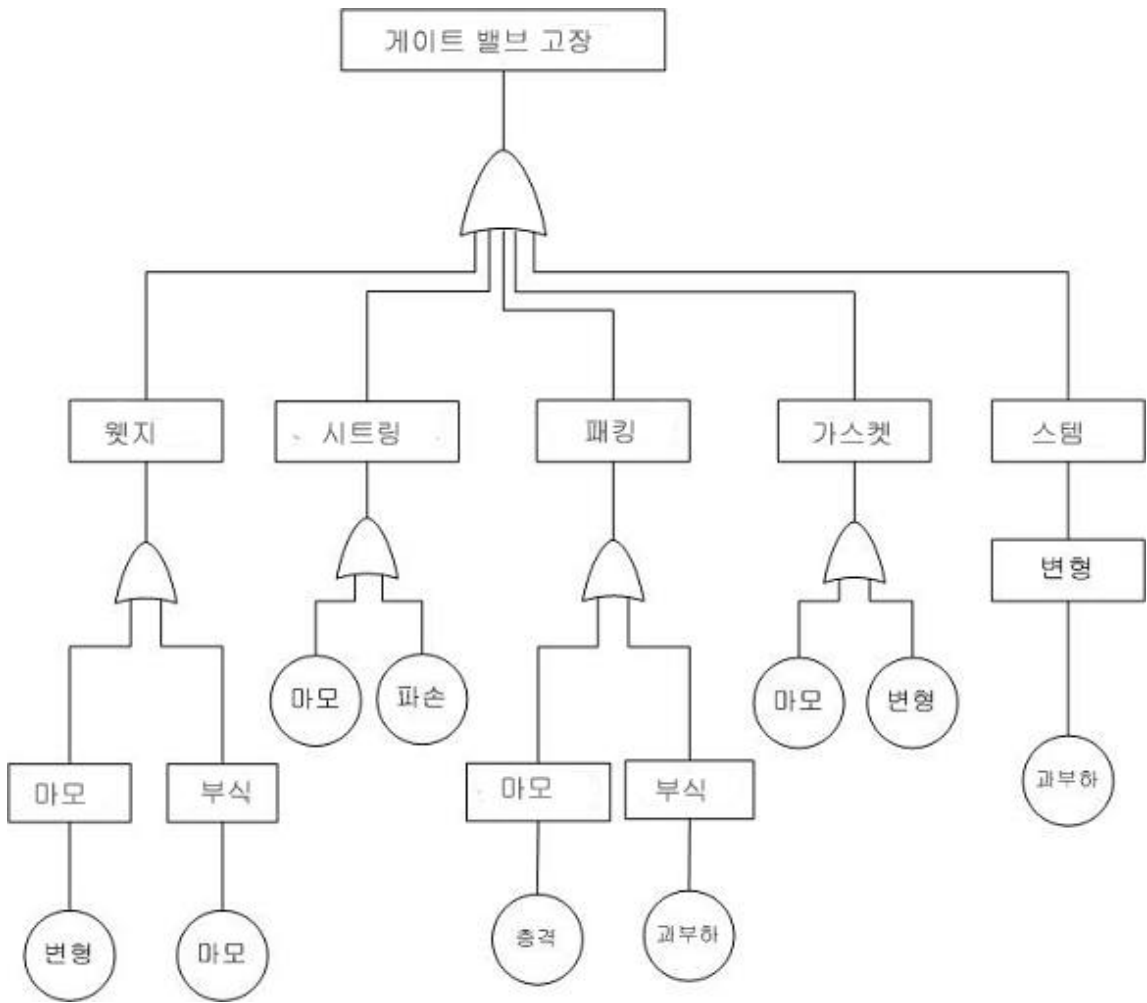
IV : 3 점

V : 1 점

5.3 고장모드, 영향 및 치명도 분석(Failure Modes, Effects and Criticality Analysis; FMECA)

주요구성품 (primary components)	기능 (function)	고장형태 (failure mode)	고장메커니즘 (failure mechanism)	고장 원인 (failure causes)	고장영향 (effects)	치명도평가 (criticality)		
						고장 발생 빈도	심 각 도	치 명 도
웻지	유로의 개폐	마모	피로, 과부하	과부하, 온도상승, 피로	진동, 소음 정밀도 저하	상	상	9
		부식	과부하	이물질, 정렬불량	정밀도 저하, 진동, 소음	중	상	7
시트링	기밀 유지	마모	과부하, 피로	과부하	진동, 정밀도 저하	중	중	5
		부식	피로	조립불량	진동	하	중	3
패킹	웻지 이송	변형	과부하	과부하, 재료이상	작동불량	하	상	5
		부식	과부하	과부하, 피로	작동불량	중	상	7
가스켓	기밀유지	마모	과부하, 열화	과부하	작동불량	상	중	7
		부식	피로	과부하	작동 불량	하	중	3
스텝	기밀유지	마모	과대하중, 반복충격	과부하, 피로	이상 진동 작동 불가	하	상	5

5.4 결함 나무 분석(Fault Tree Analysis; FTA)



5.5 2단계 품질 기능 전개(2-stage Quality Function Deployment; QFD)

5.5.1 품질 기능 전개 단계 1(Quality Function Deployment level I; QFD level 1)

주요구성품	웻지		시트링		패킹		가스켓		스텝
고장 모드 요구 사항	마모	부식	마모	부식	마모	부식	마모	부식	마모
작동 능력	◎	◎	◎	●	●	●	●	◎	●
효율	◎	◎	●	◎			◎	◎	
소음	◎	◎	●	●			●	●	▲
기밀 능력	●	●					◎	◎	
성능 유지	●	●	●	●	●	●	●	●	
내부식성			●						◎
저진동	◎	◎	●	▲			●	●	▲
수명	◎	●	●	●	●	▲	●	▲	▲
중요도 점수	31	29	23	18	9	7	25	25	11

비 고 중요도 : ◎ 가장 중요(5점), ● 중요(3점), ▲ 보통(1점)

5.5.2 품질 기능 전개 단계 2(Quality Function Deployment level 2; QFD level 2)

주요 구성품	고장 모드	점수	시험 항목							
			동작 시험	누유 시험	내압 시험	수송가 진시험	저온 시험	습도 시험	염수분 무시험	수명 시험
웬지	마모	31	▲	◎	◎					◎
	부식	29	▲	◎	◎		▲	●	●	◎
시트링	마모	23	▲	◎	●	▲				◎
	부식	18	●	◎			▲	▲	●	◎
패킹	마모	9	◎	●		▲				●
	부식	7	◎	◎	●		▲	▲	●	◎
가스켓	마모	25	●	●	●	▲				●
	부식	25	●	●			▲	▲	▲	◎
스탬	마모	11		▲	▲	●			▲	●
시험 유효성 점수 및 순위 (test effectiveness score and rank)			367	728	476	90	79	137	198	800
			4	2	3	7	8	6	5	1

비 고 1. 평가 척도 : ◎ 가장 중요(5점), ● 중요(3점), ▲ 보통(1점)

2. 시험 항목별 유효성 점수 = $\Sigma(\text{중요도 점수} \times \text{평가 척도})$

6. 플랜트 설비용 단조 게이트 밸브의 품질인증 규격비교

규 격	세계 유명 규격														
	종합 성능 시험, 안전성 시험, 수명 시험										내환경성 시험				
	KS B 6968	KS B ISO 5208	KS B ISO 5996	KS B ISO 6002	KS B ISO 7259	KS B ISO 10434	KS B ISO 15761	KS B ISO 15848 -1	API STD 602	API STD 622	KS D 9502	IEC 6006 8-2- 6	ISO 1028 9	MIL- STD- 810F	
시험 항목	동작시험	△	△	△	△	△	△	△	△	△					
	누유 시험	△	△	△			△	△	△	△	△				
	내압시험	△	△				△	△		△	△				
	수송가진시험											△			
	저온 시험													△	
	습도 시험													△	
	염수분무시험											△		△	△
	수명 시험	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△

비 고 ○ : 직접 인용, △ : 간접 인용, × : 인용 내용 없음

신뢰성평가기준

플랜트 설비용 단조 게이트 밸브

2019년 2월 22일 발행

편 집 겸

한국신뢰성인증센터장

발 행 인

발 행

한국신뢰성인증센터

13591 경기도 성남시 분당구 황새울로 360

번길 21 신영팰리스타워 2층 205호

☎ (031) 703-2871

Fax (031) 703-2868

인쇄·제본

한국신뢰성인증센터

이 기준에 대한 의견 또는 질문은 한국신뢰성인증센터(☎031-703-2871) 또는 한국기계연구원 신뢰성평가연구실(☎042-868-7009)로 연락하여 주십시오. 또한 신뢰성 평가기준은 한국신뢰성인증센터 운영규정 제24조 및 신뢰성인증 업무세칙 제11조에 따라 신뢰성전문위원회에서 심의되어 확인, 개정 또는 폐지됩니다.

RS-KORAS-KIMM-069(2019)



Forged gate valve for
plant equipment

Korea Reliability Certification Center
<http://www.koras-krc.or.kr>