선박용 리미트 스위치 박스의 설계에 관한 연구

이승희* · 고석조† ** · 이민철*** · 김해수**** · 김창동**

A Study on the Design of the Limit Switch Box for a Ship

Seung-Heui Lee, Seok-Jo Go, Min-Cheol Lee, Hae-Su Kim and Chang-Dong Kim

Key Words: Limit Switch Box(리미트 스위치 박스), Valve Actuator(밸브 액츄에이터), Surface Painting(분체 도장), Anodizing(아노다이징), Chromate(크로메이트)

Abstract

A limit switch box is used for a indicator of a valve actuator. This device indicates an opening and closing of a valve or throttle in a valve actuator. In ship, equipments are required safe and robust because of a rough environment and a specific condition during a voyage. However, the limit switch box is used in an indoor environment generally. Thus, a new limit switch box must be developed which can be used at an outdoor environment. This study designed the limit switch box. The housing of the limit switch box was made by an aluminium die cast method with surface painting after anodizing or chromate coating. In order to evaluate the endurance of the housing, the endurance tests against salt water have been conducted. Experiment results showed that the proposed device provides a reliable performance against salt water.

1. 서 론

선박은 각기 다른 항로와 운항조건에서 해양을 운항하므로 모든 교통기관 중에서도 부식으로 인한 안전성과 건조 비용에 대한 경제성 등의 관점에서 장기간의 수명을 요구하고 있다. 특히 방식(防蝕) 문제는 선박의 유지보수 차원에서 매우 중요한 요인으로 인식되어 있다.

선박의 갑판에는 선박의 안전한 운항을 위해 필요한 많은 종류의 장비들이 장착되어 있는데 원격지에서 밸브의 개폐 여부를 제어하기 위해 사용되는 것이 원격지 밸브 제어 장치이다. 원격지 밸브 제어 장치의 구성을 보면 주제어실의 컨트롤러, 유·공압 액츄에이터, 솔레노이드 밸브, 리미트 스위치 박스, 하이드로 파워 유니트 등으로 되어 있다. 여기서 리미트 스위치 박스는 원격지에 있는 밸브 및 액츄에이터의 상태를 주제어실에 기계적·전기적 신호로 보내주는 중요한 역할을 한다.[(1)] 즉, 리미트 스위치 박스는 배관 내 유체의 흐름을 제어하는 밸브를 구동하기 위해서 유공압 액츄에이터 상부에 장착되어 있으므로 배관 설비 상 외부로 보이지 않는 밸브 및 각종 액츄에이터의 개폐 및 개폐 정도를 시각적으로 또는 기계적·전기적 신호로 제어실에 보내어 주는 장치이다.

선박 및 화학 플랜트의 경우에는 일반 기계 장치와는 달리 환경적 위험성과 특수성 때문에 시스템의 안전과 내구성을 최우선으로 해야 한다. 따라서 선박의 실외 환경에서 리미트 스위치 박스가 사용되기 위해서는 먼지, 모래, 염수 및 바람 등의 영향을 고려한 설계가 이루어져야 한다.

† 동의공업대학 기계시스템계열 교수
E-mail : sjgo@dit.ac.kr
TEL : (051)860-3152 FAX : (051)860-3329
* 부산대학교 메카트로닉스협동과정
** 동의공업대학 기계시스템계열 교수
*** 부산대학교 기계공학부 교수
**** (주)세일세레스 기술연구소 선임연구원

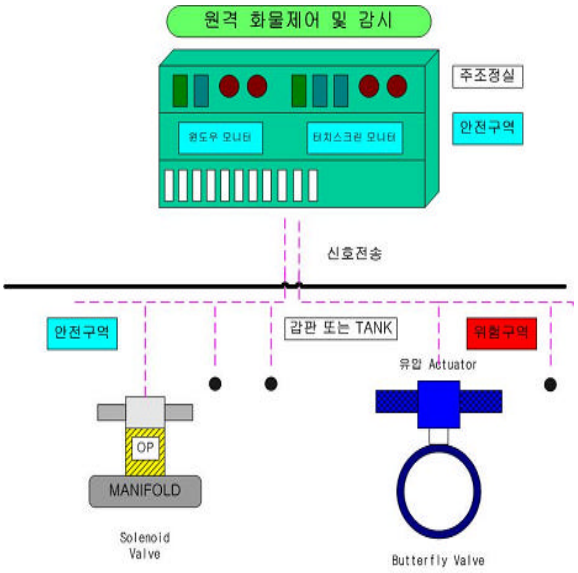


Fig. 1 Valve remote control system

본 연구에서는 선박과 같은 환경에서도 사용 가능한 리미트 스위치 박스를 설계 및 제작하고자 한다. 이를 위해서 먼저 리미트 스위치 박스의 구조 설계를 하였다. 다음으로 하우징부를 제작하여 내식성에 대한 설계를 하였다. 하우징 부의 제작 과정은 알루미늄 다이캐스트 금형으로 압출하여 아노다이징(anodizing) 및 크로메이트(chromate) 처리한 것에 분체 도장을 하였다. 그리고 내식성에 대한 평가를 위해서는 염수 분무 시험을 하여 그 결과를 분석하고자 하였다.

2. 리미트 스위치 박스의 설계

2.1 원격지 밸브 제어 시스템

최근에는 원격지에서의 시스템 관리에 대한 관심이 증가되고 있으므로 원격지에서 밸브의 개폐 상태를 인지할 수 있도록 하기 위해서 선행 연구에서는 두 가지의 방법이 고려되었다.[(1)] 첫 번째 방법은 액츄에이터에 실제로 공급된 유량을 용적식 유량계를 이용해서 측정하는 방법이고, 두 번째 방법은 밸브 축에 지시계를 설치하여 밸브의 개폐 상태를 확인하는 방법이다. 그러나, 밸브 축에 지시계를 장착하는 것은 공간상의 제약과 유지 보수측면에서 많은 문제점을 가지고 있다. 따라서 본 연구에서는 유지 보수에 강인함을 가지는 리미트 스위치 박스의 설계에 대해서 연구하고자 한다. Fig. 1은 원격지 밸브 제어 시스템의 블록도 이다. Fig. 2와 3은 원격지 밸브 제어 시스템에 구성요소인 리미트 스위치 박스와 액츄에이터 및 밸브 등을 나타낸다. Fig. 2에서 검정색의 사각형 케이스가 현재 육상 장비에서 사용되고 있는 리미트 스위치 박스이다.

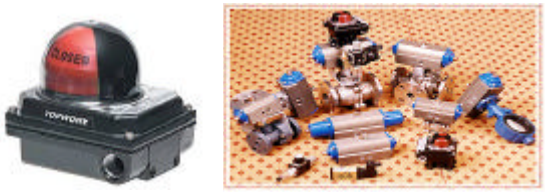


Fig. 2 Limit switch box and valve actuator assembly

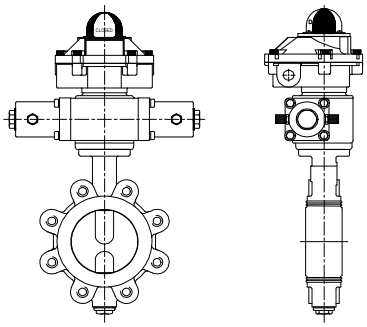


Fig. 3 Limit switch box, actuator, butterfly valve

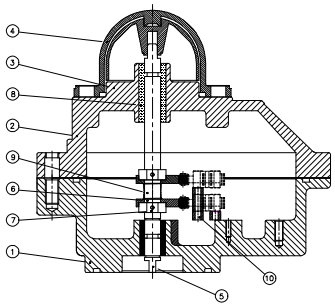


Fig. 4 Schematic diagram of the limit switch box

2.2 리미트 스위치 박스의 구조

Fig. 4는 리미트 스위치 박스의 구성도를 나타낸다. 리미트 스위치 박스는 지시부와 하우징부 그리고 내부의 스위칭부로 구분되어 설계된다. 하우징부는 스위치 박스 바디와 스위치 박스 커버로 나누어져 설계한다. 내부 스위칭부는 기계적 접점식인 캠 샤프트 방식, 전기적 저항식인 리미트 스위치 방식, 근접 스위치 등을 이용한 다양한 방식으로 설계한다.

소형 리미트 스위치의 경우에는 기계적 접점으로 신호가 발생하는 것으로 구조적으로 간단하지만 마찰에 의해 마모가 발생할 수 있다. 근접 스위치의 경우에는 샤프트와 스위치 사이에 비접촉으로 신호가 발생하는 것으로 내구성은 강하지만 방폭형 제품을 요구한다. 포텐셔메터의 경우에는 연속적인 개폐 정도의 전압·전류 신호가 발생하는 것으로 단순 개폐 상태가 아니라 연속적인 정도를 알 수 있게 해준다. 이러한 특성들은 리미트 스위치 박스가 적용되는 환경에 맞게 선택된다.

지시부는 로컬 영역에서 밸브 및 액츄에이터의 상태를 확인 할 수 있는 장치이고, 스위칭부는 원격지에 있는 제어실까지 밸브 및 액츄에이터의 상태를 신호로 변환하여 보내는 역할을 한다. 하우징부는 외부환경의 영향으로부터 스위칭부를 보호한다. Table 1은 리미트 스위치 박스의 각부 사양을 나타낸다.

2.3 리미트 스위치 박스의 재질

Fig. 5는 밸브의 개폐 위치를 표시하는 지시부로 외부의 충격에 견고하고 시각적인 투명성을 갖춰야 하므로 폴리 카보네이티드 재질을 사용하여 사출 성형하였다.

시제품으로 제작한 바디와 커버로 이루어지는 리미트 스위치 박스의 하우징부는 기존의 실내용으로 적용되는 제품 재질과 같은 제작 방법인 알루미늄 다이캐스팅 금형으로 제작하였다. 하우징부의 제작과정에서는 개발과정에서의 가공 편리성을 위해 내식성 소재보다는 알루미늄 다이캐스팅 금형으로 제품을 성형하여 표면에 분체 도장으로 피막 보호를 할 수 있게 설계하였다. 이는 실외에서 환경적 요인에 의해서 얼마나 많은 영향을 받는지에 대한 검증과 차후 스테인레스 재질의 양산품 생산을 하기 전에 설계 및 제작의 용이성과 시행착오를 줄이기 위해서 이다.

스테인레스강은 약 12% 이상의 Cr을 넣어서 만든 합금강이다. 표면에 생기는 Cr_2O_3의 얇은 부동태 피막이 부식을 억제함으로서 내식성이 좋으며 면이 아름답고 기계적 성질이 양호하며 강도가 크고 가공성이 우수한 특성을 가지고 있으므로 내마모, 내식성 부품이나 고온로, 의료기기, 건축의 내·외장재 등에 널리 사용된다.[2]

SUS 316은 오스테나이트계(austenite)의 스테인레스강으로서 16%Cr-10%Ni-2%Mo의 조성을 가지며 자성이 없고, 내식성, 고온강도가 특히 우수하며 열처리로 경화되지 않고 기계적 성질도 우수한 스테인레스의 대표적인 강종이다. Table 2는 SUS 316의 대표적인 기계적 특성을 나타낸 것이다. SUS 316 재질을 이용한 제품의 성형 방법으로 정밀주조 금형으로 제품이 제작된다. 이렇게 만들어진 제품은 성형성 및 표면 거칠기가 양호하여 대량생산에 적합하다.

Table 1 Specification of the limit switch box

	Specification
Mounting bracket	NAMUR standard
Shaft	재질 : Stainless Steel NAMUR standard 규격 요구 조건 : VDI/VDE 3845;1998
Painting	Powder coating
Micro switch	Voltage : Max. 250V AC or 125V DC Current : 16A

Fig. 5 Local indicator slice cutting

Table 2 Mechanical properties of SUS 316

Yield strength	205 MPa
Tensile strength	520 MPa
Elongation	40 %

2.4 방식기법

녹층은 외부적 환경에 의해서 계속 부식이 진행되는데 이를 방지하기 위한 방식 기술은 선박에서는 필수적이라 할 수 있다. 철에 사용되는

금속재료의 방식기법으로는 사용환경에 따라 합금성분을 조절하는 금속의 물성변화기법과 철의 표면에 코팅을 하는 표면보호법이 널리 쓰이고 있다. 이와 같은 두 가지의 방식기법을 적절한 방법에 맞추어 적용함으로써 금속 구조물의 유지보수비를 경제적으로 상당히 절감할 수 있다.

현재 가장 널리 쓰이는 일반 강구조물의 방식방법으로는 표면에 보호막을 만드는 페인트 도장기법이다. 과거에는 주위 환경이 현재처럼 열악하지 않았기 때문에 단순한 페인팅 도장으로 충분한 방식효과가 있었으나 현재는 산성비, 아황산가스 등 각종 공해물질로 인하여 환경이 열악해졌기 때문에 고가의 기술수준인 방식성이 있는 금속 성분으로 철강재의 표면에 도포하는 금속도금법과 전기방식법, 특수 신소재 및 각종 수지제품인 유기 및 무기질 피복 라이닝법 등의 방식법이 이용되어지고 있다.[3]

3. 염수 분무 시험

3.1 부식의 원인

해수는 담수에 비해 일반적으로 부식작용이 심한데, 이는 해수가 각종 원인에 의한 전기화학적 부식을 일으키기 쉬운 전해질 용액이기 때문이다. 따라서 선박의 경우는 항상 다량의 염분을 포함하는 해풍에 노출된 채로 해양을 항해하므로 대기 상태에서의 완전 노출에 의한 부식이 심하다. 특히, 야간의 기온저하로 인해 염분을 다량으로 포함한 강전해질이 갑판 위에 응집됨으로써 국부적으로 부식되는 경우가 많다.[4]

그 외에 부식에 영향을 미치는 인자로는 온도, 염분, 농도, PH, 수중 오염물질 그리고 유속 등이 있는데, 그 중에서도 해수에 포함되어 있는 염소이온의 경우에는 내식성이 양호한 금속이라도 그 보호막이 파괴되어 부식이 발생하는 경우가 종종 확인되고 있다.

3.2 염수 분무 시험

최근 들어 시험평가는 국제공인인증시험을 요구하는 곳이 증가하고 있는 추세이다. 이에 염수분무 시험평가를 KOLAS 인증기관인 한국산업기술시험원에 의뢰를 하였다. 염수 분무 시험의 규격은 KS D 9502에 따른다.[5,6] 이 규격은 금속 재료 또는 도금, 무기질 피막 혹은 유기질 피막을 입힌 금속 재료의 내식성 시험을 중성 염수 분무 시험(NSS), 아세트산 염수 분무 시험(AASS) 또는 캐스 시험(CASS) 방법에 따라서 실시할 경우에 필요한 장치, 시약, 기법 및 판정 방법에 대하여 규정한다.

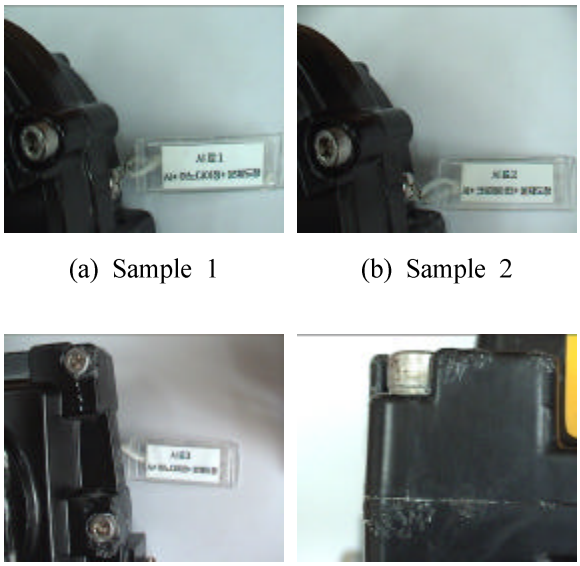
리미트 스위치 박스의 운전 중에 영향을 미칠 수 있는 요인으로는 먼지, 모래, 염수 분무 및 바람 등이 있다. 이러한 영향으로 해서 리미트 스위치 박스에 나타날 수 있는 문제는 다음과 같다. 첫째, 접촉 불량, 접촉 저항성의 변화 등에 의해 전기적 특성이 변화한다. 둘째, 베어링, 축, 샤프트 및 기타 이동 부품의 운동을 방해한다. 셋째, 표면 마모(부식, 침식)가 발생한다. 넷째, 윤활유가 오염된다. 그리고, 수증기와 같은 기타 환경 인자들은 먼지와 모래가 혼합될 때 제품에 부식 및 곰팡이 성장 등에 영향을 미칠 수 있다. 대기 중 습기열과 화학적으로 공격적인 먼지가 결합해 부식 작용을 일으키고 대기 중 염수 분무에 의해서도 유사한 효과가 일어날 수 있다. 예를 들어 제빙 소금과 같은 이온 발생 부식 먼지의 영향도 이에 포함된다.

3.3 염수 분무 시험 결과

염수 분무 시험 시료로는 자체 설계 제작한 시제품 2세트와 육상용으로 사용되는 기존 제품 1세트를 시험 대상으로 하였다. 염수 분무 시험 결과 비교는 Table 3, Fig. 6과 같다. Fig. 6을 보면 모든 시료에서 부식은 발생하였지만 크로메이트 처리한 시제품의 경우 기존 제품에 비교해서는 내식성이 가장 우수함을 알 수 있다. 특히 리미트 스위치 박스의 상부 커버와 하부 케이스를 조립하기 위한 볼트 체결되는 부분과 외부로 돌출된 모서리 부분에서 본 연구에서 제작한 시제품의 우수성이 확연히 나타남을 알 수 있다.

Table 3 Testing results

구분	구성	결과	비고
Sample 1	Al, 아노다이징(50㎛), 분체도장	부식 보통	시제작
Sample 2	Al, 크로메이트, 분체도장	부식 적음	시제작
Sample 3	Al, 아노다이징(30㎛), 분체도장	부식 심함	기존 제품



(a) Sample 1 (b) Sample 2

(c) Sample 3 (d) Sample 3 zoom

Fig. 6 Testing results

4. 결 론

선박에서 사용되고 있는 리미트 스위치 박스의 경우는 갑판과 같이 실외 환경에서 사용하기 위한 용도로 적용되고 있으므로 이러한 특수성을 지닌 환경에서 사용 가능한 견고한 모델의 개발이 필요하다. 본 연구에서는 이러한 특수한 환경에서도 강인하게 동작하는 리미트 스위치 박스를 설계 및 제작 하고자 하였다. 그리고 본 연구에서 제작된 시제품의 염수 분무 시험을 통한 성능 시험 결과를 보면 알루미늄 다이캐스팅, 도금 및 분체 도장에 의해 제작된 기존 방식의 하우징부와 비교해서 본 연구에서 제시한 아노다이징 및 크로메이트 처리된 시제품의 내식성이 우수함을 알 수 있었다. 시험 평가를 토대로 해서 최종 양산품 제작 시에는 스테인레스인 SUS 316 소재를 사용하여 내식성이 뛰어난 리미트 스위치 박스의 하우징부를 제작하고자 한다. 그러나, 스테인레스 재질은 내식성이 강한 반면 제품의 가격 상승 요인이 되므로 이는 앞으로 해결해야 할 문제이다.

후 기

본 연구는 2004년도 산 · 학 · 연 공동기술개발 컨소시엄사업의 지원에 의한 것입니다.

참고문헌

(1) Lee, S. H., Lee, M. C., Go, S. J., Jang, Y. S. and Choi, M. H., 2003, “A Study on Development of a Noncontact Precision Flow-meter Using MR Sensor and PIC,” *Proceedings of the Korean Society of Precision Engineering Conference*, pp. 1063～1066.

(2) Lee, M. K., Sim, J. H. and Paik, I. H., 2002, “Evaluation of Cutting Characteristics for Hot-Drilling of Stainless Steel,” *Proceedings of the Korean Society of Precision Engineering Conference*, pp. 287～290.

(3) Kim, J. W., 2000, “Protection Technology by Coating and Lining,” *Journal of the Korean Society of Marine Engineers*, Vol. 24, No. 5, pp. 1～15.

(4) Kim, Y. H., 1999, “Corrosion Status of Marine Structures and Applicable Protection Methods for Those Erosion-Corrosion Environments,” *Journal of the Korean Society of Marine Engineers*, Vol. 23, No. 1, pp. 1～8.

(5) KS D 9502, *METHODS OF NEUTRAL SALT SPRAY TESTING(NEUTRAL SALT, ACETIC ACID AND CASS TEST)*.

(6) ISO 9227:1990, *Corrosion tests in artificial atmospheres -- Salt spray tests*.