

수상함정용 회전 스위치의 재질 개선 연구

최우석
국방기술품질원

A Study on Material Improvement of Rotary Switch for Naval Vessels

Woo Seok Choi
Defense Agency for Technology and Quality

요약 본 연구는 수상함정에 적용하고 있는 회전 스위치의 외함 재질 개선에 관한 내용으로 회전 스위치의 외함을 내식성이 우수하고 유지 보수가 용이한 재질로 개선하여 회전 스위치의 유지 보수성 향상 방안에 대해서 연구하였다. 본 연구를 위해 미국 군사 규격과 한국 해군 OO함에 적용하고 있는 회전 스위치의 규격을 비교 분석하여 회전 스위치의 성능 요구사항을 확인하였다. 이후, 회전 스위치 외함 재질인 황동과 개선된 회전 스위치의 외함 재질인 스테인리스강의 내식 특성을 평가하기 위하여 염수 분무 시험을 하였다. 이를 바탕으로 외함의 재질이 스테인리스강으로 개선된 회전 스위치를 제작하였고 회전 스위치의 성능 요구사항인 내충격 성능, 진동 환경에서의 내구성, 외함의 밀폐 보호 등급, 전기적 특성에 대해 신뢰성 평가를 하였다. 이를 통해 개선된 회전 스위치가 성능 요구사항을 모두 만족함을 확인하였다. 이 연구를 통해 별도의 녹 제거 작업 없이 간단한 도장작업으로 보수함으로써 유지 보수에 드는 시간과 비용을 절감할 수 있을 것으로 기대된다.

Abstract This study is about improving rotary switches that are used on naval ships whereby the switch enclosures are replaced by improved corrosion-resistant, easy-to-repair enclosures to improve the maintenance of rotary switches. A comparative analysis against United States military standards and specifications for the rotary switch used by the Republic of Korea's navy was conducted. Afterwards, a salt spray test was conducted on the brass plate and stainless steel plate to evaluate corrosion resistance. Based on this analysis, the improved rotary switch is manufactured with stainless steel. Reliability assessments, such as impact resistance, durability in vibrating environments, sealed protection grade of the enclosures, and electrical properties, were conducted on the rotary switch. All requirements were fulfilled. This study is expected to reduce the time needed for, and the cost of, maintenance by simply painting the rotary switches, without requiring rust removal.

Keywords : Rotary Switch, Corrosion Resistance, Brass, Stainless Steel, Naval Vessels

1. 서론

해수는 염류가 용해되어 있어 전기 전도도가 높고 부식전류가 흐를 수 있는 매우 좋은 조건을 제공하므로 해양환경에서 부식속도는 육상보다 훨씬 높다. 함정은 임무 수행을 위해 장기간 해양환경에 노출되는데, 선체 대

부분이 철로 구성된 함정이 장기간 해양환경에 노출될 경우 선체와 선체 외부에 설치된 주요 장비가 해수와 해풍에 의해 부식되기 쉬우며, 시간의 경과에 따라 부식이 가속화되고 수상함정의 구조 안정성이 저하된다. 이는 함정의 성능 및 신뢰성 저하를 초래할 수 있다. 따라서 함정에는 부식을 방지하기 위해 방식 도료 시공, 외부전

*Corresponding Author : Woo-Seok Choi(Defense Agency for Technology and Quality)

email: wooseokchoi@dtq.re.kr

Received August 2, 2021

Accepted October 1, 2021

Revised August 18, 2021

Published October 31, 2021

원식 음극방식기술 등 다양한 방식기술을 적용하고 있으며 정기적인 정비와 보수 작업을 실시한다[1-4].

회전 스위치, 스위치 붙이 리셉터클 등은 함 내외에 설치되어 연결된 기기에 전원을 공급하게 되는데, 함정 운용 시 찍힘 등에 의해 외함 도장이 빈번하게 손상된다. 이때, 도장이 벗겨진 부위는 우선적으로 부식이 시작되며, 금속과 도막 사이의 틈새를 따라 부식면이 확산된다. 녹이 발생한 외함을 보수하기 위해서는 먼저 녹을 제거한 후 도장이 벗겨진 부분에 페인트를 칠하여 마무리하는데 함정에 설치된 회전 스위치, 스위치 붙이 리셉터클 등의 수량이 많아 보수 작업에 드는 비용과 시간이 많이 들게 된다.

따라서 본 논문에서는 회전 스위치의 외함 재질을 내식성이 우수하고 유지 보수가 용이한 재질로 개선하여 장비 운용성과 유지 보수성 향상에 관해 연구하였다.

2. 이론적 고찰

2.1 회전 스위치 개요 및 연구절차

회전 스위치는 수상함 내외부에 설치되며 회전 스위치 부를 조작하여 회전 스위치에 연결된 전기 회로를 개폐하는 기구이다. 기존 회전 스위치를 대체할 개선된 회전 스위치의 연구절차는 Fig. 1에서 보는 바와 같이 한국 해군 OO함에서 사용하는 회전 스위치의 규격과 미국 군사 규격을 비교 분석하였고 이를 바탕으로 내식성이 우수하고 기계적 성질이 우수한 외함 재질을 선정 후 개선된 회전 스위치를 제작하여 회전 스위치 성능 요구사항을 검증하였다.

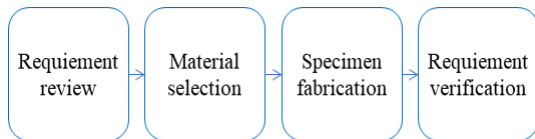


Fig. 1. Study process

2.2.1 회전 스위치 형상

미국 군사규격(MIL-DTL-15743, switches rotary enclosed)에 따라 COMSACO, INC.에서 제작한 회전 스위치의 형상은 Fig. 2 (a)에서 보는 바와 같고 한국 해군에서 사용 중인 회전 스위치는 함정 설계/건조 기준의 회전 스위치 표준도면으로 규격화하여 관리하고 있다.

한국 해군 OO함에서 사용 중이며 대양전기공업에서 제작한 회전 스위치의 형상은 Fig. 2 (b)에서 보는 바와 같다. Fig. 2 (a)와 (b) 회전 스위치의 형상은 원통형 모양의 외함과 조작부인 로터리 핸들 등이 유사하였다.

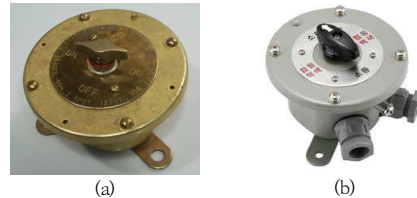


Fig. 2. Rotary switch
(a) COMSACO, INC. (b) DAEYANG

2.2.2 회전 스위치 성능 요구사항

함정 설계/건조 기준의 회전 스위치 표준도면에 따른 외함 재질은 황동이며 표준도면에는 형상과 외함 등의 재질 외 별도의 성능 요구사항은 나타나 있지 않다. 회전 스위치에 요구되는 성능 요구조건은 구매요구사항서에 명시되어 있으며, 최근에 건조된 한국 해군 OO함의 함정용 회전 스위치 구매요구사항서에 따른 주요 성능 요구사항은 Table 1에서 보는 바와 같다. 한국 해군 OO함에 적용 중인 회전 스위치의 성능 요구사항을 미국 군사규격(MIL-DTL-15743, switches rotary enclosed)에 따른 주요 요구사항과 비교해본 결과, 외함 재질은 내식성을 갖춘 황동, 강, 알루미늄 등의 재질을 사용하도록 규정되어 있으나 한국 해군 실적함과 함정 설계/건조 기준의 표준도면에 따른 외함 재질은 황동임을 확인하였다. 이외에는 충격과 진동 조건이 미국 군사규격의 요구사항과 같으며 기타 요구사항은 미국 군사규격과 유사한 수준임을 확인하였다.

2.2 회전 스위치 분석

2.2.1 현실태

회전 스위치의 외함은 부식 방지를 목적으로 분체 도장(powder coating)을 하므로 내식성이 우수하나 사용 중 도장 찍힘 또는 흠집 발생으로 인해 금속 표면이 공기, 해수 등에 노출된 상태에서 장시간 사용 시 Fig. 3에서 보는 바와 같이, 부식이 발생하는 사례가 보고되고 있다. 보수 작업을 위해서는 부식 정도에 따라 별도의 녹 제거 작업 후 도장작업으로 보수하고 있다.

Table 1. Performance requirements of rotary switch[5-10]

Type	Performance requirements	
	ROK navy OOO class	MIL-SPEC
Enclosure material	Standard for naval ship design and building - rotary switch (brass)	MIL-DTL-15743, MIL-E-24142 (brass, steel, aluminum, etc.)
Shock	Grade A, type A, class I equipment in accordance with MIL-STD-901D.	Grade A, type A, class I equipment in accordance with MIL-STD-901D.
Vibration	Type I vibration tests of MIL-STD-167-1A	Type I vibration tests of MIL-STD-167-1A
Dielectric withstanding voltage	Test voltage is AC 1,500V, 60Hz and applied for 1 minute	Method 301 of MIL-STD-202
Insulation resistance	Test voltage is DC 500V. Measuring insulation resistance shall be over 20Mega-ohms	Method 302, test condition B of MIL-STD-202
Salt spray	Method 509.5 of MIL-STD-810G	Method 101, test condition A of MIL-STD-202
Degrees of protection	KS C IEC 60529, IP56	Submersible 15 feet per MIL-STD-108E



Fig. 3. Corrosion on rotary switch

2.1.2 회전 스위치 외함 재질 특성

한국 해군에서 사용 중인 회전 스위치 외함의 재질은 Table 2에서 보는 바와 같이 구리(Cu)와 아연(Zn)의 합금인 황동(brass)를 사용한다. Cu 70%, Zn 30%의 황동은 α 고용체이며 연하고 연성이 풍부하므로 상온 가공으로 공작할 수 있다. Cu 60%, Zn 40%의 황동은 $\alpha+\beta$ 고용체로서 단단하므로 기계 부품 또는 주물에 사용한다. 황동 합금의 탈아연(dezincification) 현상은 질산, 황산, 염산 및 아세트산 등 부식·산화 분위기에 노출되었을 때, 황동 합금 원소 중에서 아연이 우선적으로 부식되어 산화물 형태로 탈아연되는 부식기구이다. 탈아연의 부식형태는 아연 성분의 부식이탈로 인하여 황동표면에는 고농도 구리 집적상과 부식생성물이 혼합된 다공성 구조로 구성된다[11,12].

Table 2. Chemical composition

Chemical Composition	Cu (%)	Zn (%)	Pb (%)	Fe (%)
KS D 5201 (C 2680)	64.0~64.8	REM.	Max 0.05	Max 0.05
Mil cert.	64.57	REM.	0.004	0.002

3. 실험 및 결과 분석

3.1 개선 후 회전 스위치 외함 특성

3.1.1 개선 후 재질 특성

수상함정 외부 갑판에 설치되는 주요 조명 기구의 외함 재질은 황동 합금, 알루미늄 합금, 스테인리스 강 등을 사용하고 있으며, 회전 스위치 외함은 황동으로 제작하고 있다. 회전 스위치 도장 손상 시 부식 발생 및 부식 확산 현상을 해소하기 위해서 알루미늄 합금(5000계열), 스테인리스 강(STS316L) 등의 물성 평가를 통하여 비교적 내식성이 강하고 기계적 성질이 우수한 스테인리스 강(STS316L)을 적용하는 방안을 연구하였다. STS316L은 오스테나이트계 스테인리스 강의 일종으로 Table 3에서 보는 바와 같이 16~18%의 크롬(Cr)과 니켈(Ni) 및 몰리브덴(Mo)을 함유하여 내식성을 더욱 높인 것이다. 이 등급은 내식성이 우수하여 해양 환경에 사용되며, 현재 수상함정 외부 갑판에 설치하는 탐조등 등에 적용하고 있다[13].

Table 3. Chemical composition

Chemical Composition	C (%)	Si (%)	Mn (%)	P (%)	S (%)
ASTM-A240M-316L	Max 0.03	Max 0.75	Max 2.0	Max 0.045	Max 0.03
Mil cert.	0.0194	0.546	0.069	0.0297	0.0038
Chemical Composition	Cr (%)	Ni (%)	Mo (%)	N (%)	Fe (%)
ASTM-A240M-316L	16~18	10~14	2~3	0.1	Bal
Mil cert.	16.327	10.085	2.074	207 (ppm)	Bal

스테인리스강은 크롬(Cr)이 산소를 만나 산화되어 철 표면에 매우 얇은 산화크롬 피막(Cr_2O_3)을 형성하고 금속기지내로 침입하는 산소를 차단시켜 모재인 철이 녹스는 것을 방지하나, 부동태 산화막은 일반적인 전면 부식을 억제하는 대신 염소이온(Cl^-) 농도가 높은 환경에서 부동태 피막이 국부적으로 파괴될 경우 국부적인 형태의 부식이 발생하게 된다[14].

3.1.2 개선 전후 외함 성형 특성

회전 스위치의 몸체부는 황동 외함과 스테인리스강 외함이 동일하게 드로잉 가공으로 제작되나 스테인리스강 외함의 경우 Fig. 4 (b)에서 보는 바와 같이 몸체부와 선체 고정부를 점용접(spot welding)하므로 황동 외함과 비교하여 용접면이 깨끗하고 피용접재의 열 비틀림이 적었다. 또한 용접 공정이 자동화되어 제품의 품질 수준이 일정하고 생산성이 높았다.

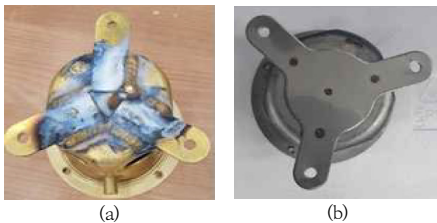


Fig. 4. Enclosure of rotary switch
(a) Brass type (b) Stainless steel type

3.2 환경 특성

3.2.1 염수 분무 시험

회전 스위치의 개선 전후 내식성을 확인하기 위해 황동 시험편과 STS316L 시험편을 가지고 염수 분무 시험을 하였다. 제한된 시간 내 외함 재질의 부식 상태를 확인하기 위해 시험편은 Fig. 5에서 보는 바와 같이 부식

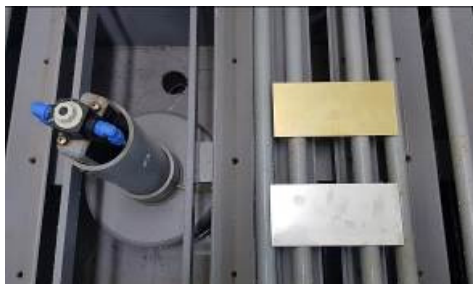


Fig. 5. Salt fog test

방지를 목적으로 하는 분체 도장(powder coating)을 하지 않은 금속 재료를 사용하였고 시험편의 치수 및 모양은 150mm x 75mm x 1mm의 평판이다.

염수 분무 시험은 미 군사규격(MIL-STD-810G, method 509.5)에 따라 염수 분무 시험기 내 온도는 $35 \pm 2^\circ\text{C}$ 로 유지하면서 NaCl($5 \pm 1\%$)인 염수를 분무하였고 Fig. 6에서 보는 바와 같이 24시간 노출, 24시간 건조를 2회 실시하였으며, 총 96시간 동안 실시하였다.

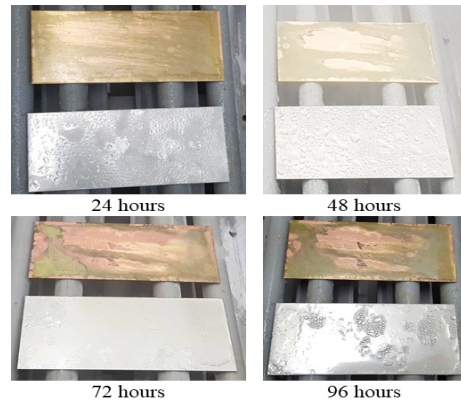


Fig. 6. Test result of salt spray

24시간 간격으로 각 시험편에 발생한 부식 면적을 시간의 경과에 따라 비교 분석하여 시험편의 내식성을 평가하였다. 황동 시험편은 시간의 경과에 따라 부식 면적이 급격하게 증가하는 것을 확인할 수 있었고 시험편 표면의 약 80% 면적에 부식 발생을 확인하였다. STS316L 시험편은 부식이 육안으로 식별되지 않았으며 이는 STS316L의 내식 특성에 기인한 것으로 STS316L 시험편이 표면에 형성된 얇은 부동태 산화크롬 피막이 모재의 산화를 방지하여 부식으로부터 보호한 것으로 볼 수 있다. 따라서 염수 분무 시험을 통해 STS316L의 내식성이 황동보다 우수한 것을 확인하였다.

3.2.2 충격시험

개선된 회전 스위치의 내충격 성능을 검증하기 위해 MIL-STD-901D에 따라 충격시험을 진행하였으며 충격 시험은 Fig. 7에서 보는 바와 같이 경증량 충격시험기로 경증량 충격시험을 수행하였다.

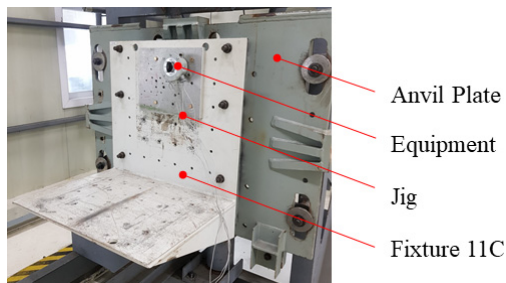


Fig. 7. Lightweight shock test

Fig. 8에서 보는 바와 같이 해머(hammer)를 1ft, 3ft, 5ft의 높이에서 Top blow, back blow, side blow 방향으로 자유낙하 하여 장비가 탑재된 타격대(anvil plate)에 충격을 가하였다. 충격시험 후 육안으로 장비의 손상(이탈, 파단, 변형, 균열 등) 유무를 확인하였고, Table 4에서 보는 바와 같이 장비의 손상이 없음을 확인하였다. 또한, 정상 작동 상태, 전원 출력 상태 등 기능이 양호함을 확인하였다. 충격시험을 통해서 개선된 회전 스위치가 충격시험 요구조건을 만족하는 것을 확인하였고 내충격성을 검증하였다.

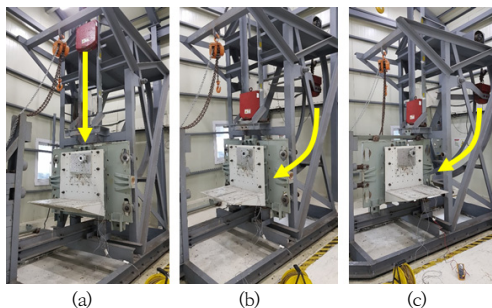
Fig. 8. Lightweight shock test
(a) Top blows (b) Back blows (c) Side blows

Table 4. Test result of lightweight shock test

No. of blows	Hammer drop height	Shock axial	Test result
1	0.305m (1ft)	Top blows	Accept
2	0.914m (3ft)		Accept
3	1.524m (5ft)		Accept
4	0.305m (1ft)	Back blows	Accept
5	0.914m (3ft)		Accept
6	1.524m (5ft)		Accept
7	0.305m (1ft)	Side blows	Accept
8	0.914m (3ft)		Accept
9	1.524m (5ft)		Accept

3.2.3 진동시험

개선된 회전 스위치의 외부 진동 환경에서 성능을 유지할 수 있는 내구성을 검증하기 위해 MIL-STD-167-1A Type I (환경 진동)에 따라 진동시험을 진행하였으며 진동시험은 Fig. 9에서 보는 바와 같이 진동시험기 슬립테이블에 고정 지그(jig)를 설치 후 시험품을 장착하였으며 시험품에 가속도계를 부착한 후 공진주파수 탐색시험, 가변주파수 시험, 내구성 시험을 좌우, 전후, 상하 방향으로 수행하였다.

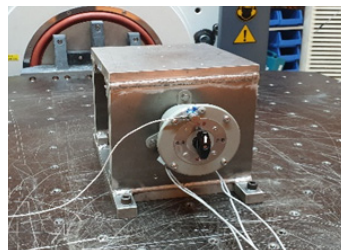


Fig. 9. Jig for vibration test

Table 5. Exploratory vibration test

Frequency Range (Hz)	Single Amplitude (mm)	Sweep rate (Hz/s)
4~33	0.254 ± 0.051	0.067

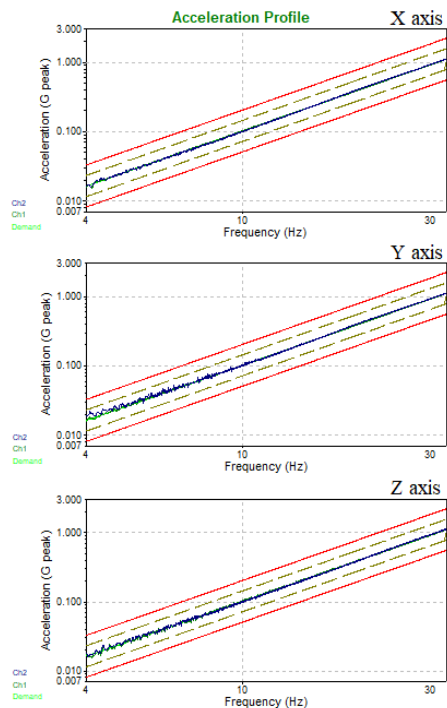


Fig. 10. Test result of exploratory vibration test

공진주파수 탐색시험은 Table 5에서 보는 바와 같이 주파수 범위 4~33Hz, 단진폭 $0.254 \pm 0.051\text{mm}$, 주사속도 0.067Hz/s 의 조건으로 진동을 가하여 시험품의 공진주파수를 탐색하였다. 시험 결과는 Fig. 10에서 보는 바와 같이 좌우, 전후, 상하 모두 공진주파수는 발견되지 않았다.

가변주파수 시험은 Table 6의 단진폭과 주사속도 조건으로 4Hz에서 33Hz까지 1Hz 간격으로 각 주파수에 약 5분간 진동을 가하였다. 시험 결과는 Fig. 11에서 보는 바와 같이 좌우, 전후, 상하 모두 공진주파수는 발견되지 않았다.

Table 6. Variable frequency test

Frequency Range (Hz)	Single Amplitude (mm)	Sweep rate (Hz/s)
4~15	0.762 ± 0.152	5
16~25	0.508 ± 0.102	
26~33	0.254 ± 0.051	

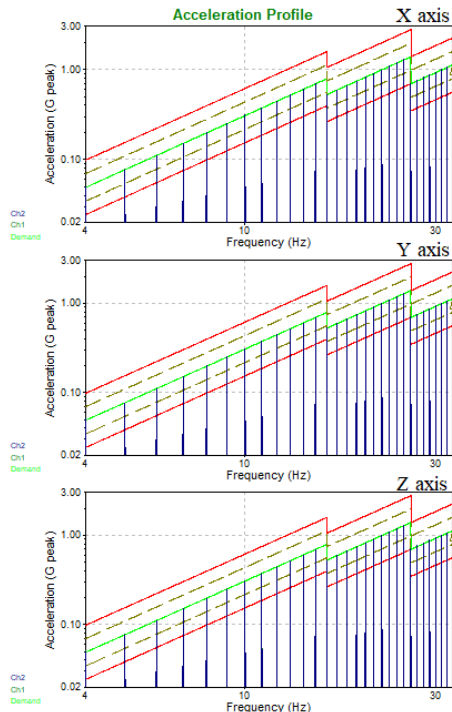


Fig. 11. Test result of variable frequency test

탐색진동 및 가변주파수 시험 결과, 공진이 관찰되지 않았으므로 내구성 시험은 Table 7에서 보는 바와 같이 주파수 33Hz, 단진폭 $0.254 \pm 0.051\text{mm}$ 의 조건으로 2

시간 동안 진동을 가했다. 이후 육안 검사와 기능 검사를 하였고 시험품에 이상이 없음을 확인하였으며 시험품이 관련 규격에 부합하는 내구성을 확인하였다.

Table 7. Test result of lightweight shock test

Frequency (Hz)	Single Amplitude (mm)	Time (hours)
33	0.254 ± 0.051	2

3.2.4 외함의 밀폐 보호등급

개선된 회전 스위치의 밀폐 보호등급을 검증하기 위해 한국 해군 OO함에 적용 중인 회전 스위치의 요구사항 (KS C IEC 60529, IP56)에 따라 분진시험과 방수시험을 진행하였다.

분진시험은 외부 먼지 침투에 대한 회전 스위치 보호 여부를 확인하기 위한 시험이며, Table 8에서 보는 바와 같이 IP5X 조건으로 진행하였다. Fig. 12 (a)에서 보는 바와 같이 분진시험기로 분진시험을 진행한 후 Fig. 12 (b)에서 보는 바와 같이 육안으로 시험품의 내부 상태를 확인하였다. 분진시험 결과, 시험품의 내부 상태가 양호하였으며 작동을 방해하거나 안전을 해치는 양의 먼지 침투가 없음을 확인하였다.

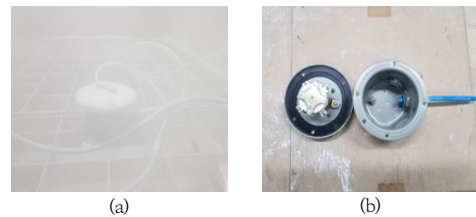
Fig. 12. Ingress protection test
(a) Under testing (b) Check inside of enclosure

Table 8. Test result of ingress protection test

Type	Test condition
IP5X	• Test powder : The talcum powder used shall be able to pass through a square-meshed sieve the nominal wire diameter of which is 50 mm and the nominal width of a gap between wires 75 mm
	• The amount of talcum powder : 2 kg/m^3 of the test chamber volume
	• Maximum depression : 2 kPa
	• Duration of test : 8 hours

방수시험은 외부 물 침투에 대한 회전 스위치의 영향을 확인하기 위한 시험이며, Table 9에서 보는 같이 IPX6 조건으로 진행하였다. Fig. 13 (a)에서 보는 바와 같이 물 분사 장치로 방수시험을 진행한 후 Fig. 13 (b)에서 보는 바와 같이 육안으로 시험품의 내부 상태를 확인하였다. 방수시험 결과, 시험품의 내부 상태가 양호하였으며 물 분사에 의한 외함 파손 또는 물의 침투가 없음을 확인하였다.

Table 9. Test result of ingress protection test

Type	Test condition
IPX6	· Nozzle size : 12.5 mm diameter
	· Water flow rate: 100L/min $\pm$ 5%
	· Distance: 2.5 m to 3 m
	· Duration of test: at least 3 min



Fig. 13. Ingress protection test
(a) Under testing (b) Check inside of enclosure

3.2.5 전기적 특성

개선된 회전 스위치 외함의 전기 안전성을 검증하기 위해 내전압 시험과 절연저항 시험을 수행하였다. Table 10에서 보는 바와 같이 재질 개선 후 회전 스위치에 대한 전기적 특성을 확인한 결과 요구 성능 기준을 충족하였다.

Table 10. Test result of electrical properties

Performance requirements		Test result
Dielectric withstanding voltage	Test voltage is AC 1,500V, 60Hz and applied for 1 minute	OK
Insulation resistance	Test voltage is DC 500V. Measuring insulation resistance shall be over 20Mega-ohms	OK

4. 결론

본 연구는 수상함정용 회전 스위치 외함 재질 개선 연구한 결과는 아래와 같다.

첫째, 미국 군사규격에 따른 회전 스위치 외함 재질은 황동, 강, 알루미늄 등의 재질을 사용하도록 규정하고 있고 한국 해군의 실적함과 함정 설계/건조 기준의 표준도면에 따른 외함 재질은 황동임을 확인하였다.

둘째, 염수 분무 시험 확인 결과 황동 시험편의 약 80% 표면에 부식이 발생하였고 STS316L 시험편에는 부식이 식별되지 않았으므로 STS316L의 내식성이 우수한 것을 확인하였다.

셋째, 개선된 회전 스위치의 성능 요구사항인 내충격, 진동 환경에서의 내구성, 외함의 밀폐보호 등급, 전기적 특성에 대한 신뢰성 검증을 통해 성능 요구사항을 모두 만족함을 확인하였다.

이 연구를 통해 회전 스위치 사용 중 도장 찰힘 또는 흠집 발생으로 인해 금속 표면이 해양환경에 노출 시 상당한 기간 내에는 별도의 녹 제거 작업 없이 간단한 도장 작업으로 보수할 수 있으므로 운용 시 유지 보수에 드는 시간과 비용을 절감할 수 있을 것으로 기대된다.

References

- [1] K. J. Kim, "Countermeasures for Corrosion and Method of Vessels I", *Research in Engineering Design*, No.17, pp.44-54, Oct. 2005.
- [2] K. J. Kim, "Countermeasures for Corrosion and Method of Vessels II", *Research in Engineering Design*, No.18, pp.39-62, Oct. 2005.
- [3] U. O. Akpan, "Risk assessment of aging ship hull structures in the presence of corrosion and fatigue", *Marine structures*, Vol.15, pp.211-231, 2002.
DOI: [https://doi.org/10.1016/S0951-8339\(01\)00030-2](https://doi.org/10.1016/S0951-8339(01)00030-2)
- [4] Y. Dong, D. M. Frangopol, "Risk-informed life-cycle optimum inspection and maintenance of ship structures considering corrosion and fatigue", *Ocean engineering*, Vol.101, pp.161-171, June 2015.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2015.04.020>
- [5] U.S Department of Defense, Mechanical Vibrations of Shipboard Equipment, MIL-STD-167-1A, 2005.
- [6] U.S Department of Defense, Shock Test, H.I. (high-impact) Shipboard Machinery Equipment and Systems, Requirement For, MIL-S-901D(NAVY), 1989.
- [7] U.S Department of Defense, Electronic and Electrical Component Parts, MIL-STD-202, 2002.

- [8] U.S Department of Defense, Environmental Engineering Considerations and Laboratory Tests, MIL-STD-810G, 2008.
- [9] U.S Department of Defense, Switch, Rotary, Enclosed, MIL-DTL-15743, 2007.
- [10] KATS, Degrees of protection provided by enclosures (IP Code), KS C IEC 60529, 2017.
- [11] C. W. Stillwell and E. S. Turnipseed, Ind. Eng. Chem., 26, 740 (1934).
- [12] G. D. Walker, Corrosion, 33, 262 (1977).
- [13] I. C. Park, "Electrochemical Corrosion Damage Characteristics of Alumium Alloy and Stainless Steel with Sea Water Concentration", *Journal of the Korean institute of surface engineering*, Vol.50, No.4, pp.259-265, 2017.
DOI: <https://doi.org/10.5695/JKISE.2017.50.4.259>
- [14] U. Hiroshi, "Corrosion resistance of stainlesssteels under marine environments for 10 years", *J-STAGE*, Vol.79, No.3, pp.245-251, Aug. 2008.
DOI: <https://doi.org/10.4262/denkiseiko.79.245>

최 우 석(Woo-Seok Choi)

[정회원]



- 2013년 2월 : 경상대학교 전기공학과 (공학사)
- 2013년 1월 ~ 2019년 7월 : 대우조선해양 특수선전장설계부
- 2019년 8월 ~ 현재 : 국방기술품질원(DTaQ) 연구원

〈관심분야〉

전투체계, 소나체계, 수중음향, EMI/EMC