

145kV 40kA GCB용 AI 알루미늄 주물탱크 개발

한동영*, 조낙근*, 이근호*, 김정배*, 송원표*, 고희석**, 최인혁**
 *(주)효성, **경남대학교, ***한전 전력연구원

The Development of AI Casting Tank for 145kV 40kA GCB

Han Dong Young*, Cho Nak Keun*, Lee Keun Ho*, Kim Jung Bae*, Song Won Pyo*, Ko Hee Suk**, Choi In Hyuk**
 *Hyosung Corporation, **KyungNam University, ***Korea Electric Power Research Institute

Abstract - 최근 세계시장이 AI-Casting 외함(알루미늄 주물탱크)을 적용한 GCB(Gas Circuit Breaker) 및 GIS(Gas Insulated Switchgear)를 선호하고 있으며, 이는 철재 외함에 비해 많은 이점을 갖고 있기 때문이다.

알루미늄 외함은 철재 용접형 제품에 비해 중량이 가벼워 취급 및 운반이 용이할 뿐 아니라 장기 사용 시에도 발청의 우려가 없으며, 2층 이상의 건물에 신설 또는 증설시 건물의 중량 제한에 따른 제약 조건에서 훨씬 자유롭다. 또한 Casting은 Welding형에 비해 분기부 전계강도가 유리하고, 알루미늄은 철에 비해 열발생량이 적어 외함크기 축소가 가능하다. 또한 제작공정이 철재 용접외함에 비해 단순하고 대량생산에 유리하다. 이로 인해 외함이 표준화되고 GIS 모듈화가 완성되면 기중별 Series화하여 대량생산 체제 구축에 유리하게 된다. 점진적인 인건비 상승으로 용접형 외함의 단가상승이 예상되며, GCB의 경우 AI Casting형이 원가면에서도 유리하다.

이에 당사 GCB 및 GIS 제품 경쟁력 향상 및 수출시장 적극공략을 목적으로 현행 GCB 및 GIS 철재 용접형 외함을 알루미늄 Casting 외함으로의 변경, 개발을 실시하였다. 본 연구에서는 AI Casting 외함을 개발하기 위한 일련의 과정에 대해 소개한다.

1. 서 론

최근 세계경제의 저 성장시대 진입, 국내 전력기 시장의 성장 둔화로 수출비중 확대가 생존 및 성장의 필수 코드가 되었다. 현재 당사 수출 주력기종에 대한 개발이 완료되었거나 진행 중에 있으며 기능 및 가격 경쟁력을 갖추고 있으나, 선진 他社에 비해 외함 재질이 크게 차이가 나 경쟁력 저해 요인으로 작용하고 있다. 이에 당사 GCB 및 GIS 제품 경쟁력 향상 및 수출시장 적극공략을 목적으로 현행 GCB 및 GIS 철재 용접형 외함을 알루미늄 Casting 외함으로의 변경, 개발을 실시하였다.

개발을 위한 과정으로, 3D CAD를 활용한 개념설계와 상용프로그램인 MSC.Nastran과 Ansys를 활용한 구조해석을 통해 제품의 형상을 확정하였고, 또한 상용프로그램인 MAGMA를 활용한 응고해석을 통해 시제품 제작을 위한 주조의 방안을 결정하였다. 그리고, 시제품 제작 및 시험(재료특성시험, 기밀시험, 수압시험, 파열시험)을 통해 시제품의 성능을 검증하였다.

이와 같은 과정을 통해, 145kV GCB용 알루미늄 주물탱크의 개발을 완료하였고, 향후 수출품에 적용되어 당사 제품의 경쟁력 제고에 대한 요구에 대응할 수 있게 되었다.

2. 본 론

2.1 시제품의 형상 설계 및 구조방안 결정

2.1.1 시제품의 형상 설계 및 구조해석

기존의 철재 용접형 GCB 탱크의 형상을 기반으로 하여, 145kV GCB용 알루미늄 주물 탱크의 형상을 3D CAD 프로그램인 Solid Edge를 이용하여 개념설계를 실시하였고 Fig.1에 나타내었다.

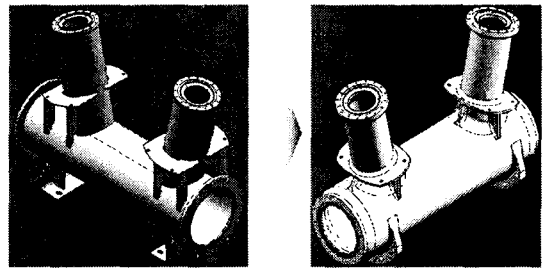


Fig.1 145kV GCB용 기존 철재 용접형 탱크형상 및 초기설계 AI 주물탱크의 형상

설계 형상에 대한 구조적 안전성을 검증하기 위하여, 구조해석용 프로그램인 MSC.Nastran과 Ansys를 활용하여, Table.1과 같은 해석조건에 따라 해석을 실시하였다.

구분	해석 조건			
	7 (설계압)	10.5 (수압시험)	21 (사고시 상승압)	40 (목표파열압)
판성 (응력최대치 kgf/mm ²)	재료인장강도의 1/2 이하	재료인장강도의 1/2 이하	재료인장강도의 90% 이하	재료인장강도 이하
자중조건	적용	미적용	적용	미적용

Table.1 145kV GCB용 알루미늄 주물탱크의 해석조건

Fig.2와 같이 응력해석을 통해 알루미늄 주물탱크의 구조 취약부를 파악하고, 이를 보강하는 설계를 반복하여 실시하였고, Fig.3과 같이 해석의 판정조건을 만족하는 최종적인 탱크 형상을 결정하였다.

다음 Table.2는 최종 알루미늄 주물탱크의 형상과 기존 철재 용접형 탱크 간의 제원비교표이다.

구분	철재 용접형	AI-Casting 형
Tank 중량	218 kg (100%)	128 kg (59%)
GCB 1대 중량(BCT제외)	3,930 kg (100%)	3,480 kg (89%)
枝管 높이	820 mm (100%)	720 mm (88%)
Tank 길이	1,415 mm (100%)	1,310 mm (93%)

Table.2 제원 비교표

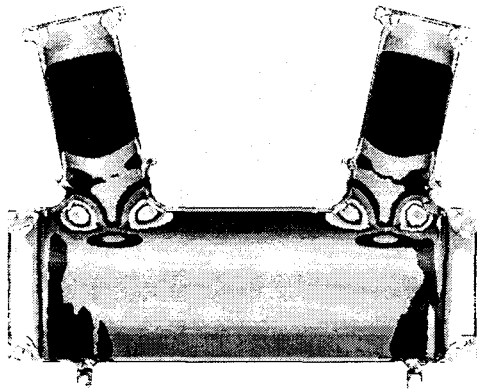


Fig.2 145kV GCB용 알루미늄 주물탱크 응력해석 결과

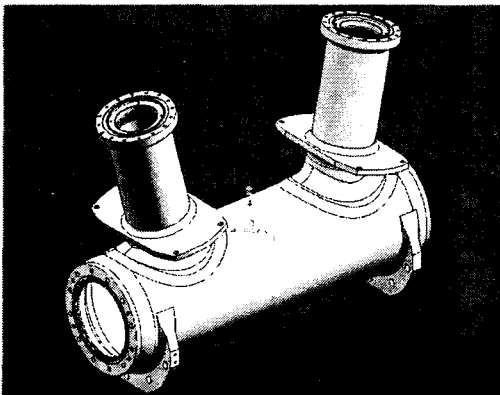
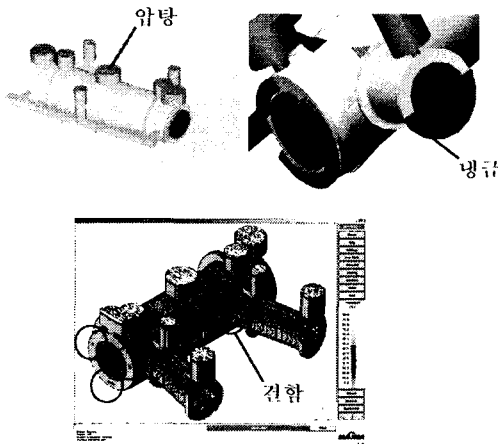


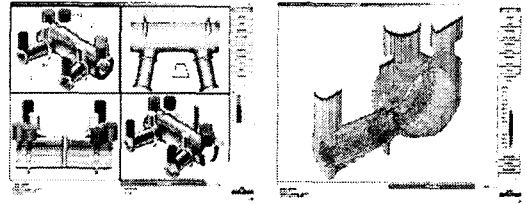
Fig.3 145kV GCB용 알루미늄 주물탱크 최종 형상

2.1.2 응고해석을 통한 주조방안 결정

시제품의 제작을 위한 주조방안의 결정 및 주형제작에 따르는 개발비용의 절감을 위해, 응고해석용 상용 프로그램인 MAGMA를 활용하여 해석을 실시하였고, Fig.4와 같이 초기 해석을 통해 주조시 형상의 문제점과 취약부위를 파악하고, 보완하여 제품의 형상을 결정하는 프로세스를 통하여 최종적인 주조방안을 수립하였다.



(a) 압탕, 냉금 위치에 따른 결함발생(위치파악)



(b) 최종 주조방안 및 해석 결과

Fig.4 응고해석 Process

2.2 시제품 제작 및 가공

응력해석 및 응고해석의 결과를 바탕으로, Fig.5와 같이 최종 형상에 대한 주형 및 시제품을 제작하였다.

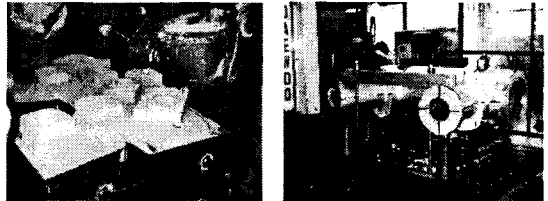


Fig.5 Al 용탕주입 및 시제품 가공

2.3 성능검증 시험

시제품 제작 후 성능검증 시험을 실시하여, 개발품에 대한 신뢰성을 확인하였다. 성능검증의 중요한 시험 항목으로는 시편특성시험, 기밀시험, 수압시험, 파열시험 등이 있고, 각 시험결과 모두 시험 기준을 준수하는 양호한 성능을 나타내었다.

재료특성시험		관련사진
시험기준	인장강도 : 225N/mm ² 이상 연신율 : 3% 이상 경도 : 약 75HB 이상	
결과	인장강도 : 247N/mm ² 연신율 : 5.2% 경도 : 약 79.6HB	

Table.3 재료특성시험 결과(양호)

기밀시험		관련사진
시험기준	공압 7kgf/cm ² 을 탱크에 채워 수조에 넣었을 때 누기가 없을 것	
결과	누기부 없음	

Table.4 기밀시험 결과(양호)


수압시험		관련사진
시험 기준	수압 10.5kgf/cm ² 에서 영구 변형 및 파손이 없을 것	
결과	수압시험 중 변형율을 측정하였으며 10.5kgf/cm ² 에서 10분간 유지한 후 측정 한 변형율의 차이가 없음	

Table.5 수압시험 결과(양호)


파열시험		관련사진
시험 기준	수압 40kgf/cm ² 에서 파손이 없을 것	
결과	수압 50kgf/cm ² 까지 가압하였으나 이상상태 발생하지 않음	

Table.6 파열시험 결과(양호)

3. 결 론

본 연구에서는 응력해석을 통한 시제품의 설계와 구조 방안 수립을 위한 응고해석, 주형 및 시제품 제작, 제품 시험의 일련의 과정을 거쳤고, 이를 통해 145kV GCB용 알루미늄 주물탱크를 성공적으로 개발하였다.

① 알루미늄 주물탱크 개발의 일련의 프로세스를 수행하고, 성공적으로 과제를 완수하여, 추후 타 제품의 알루미늄 주물탱크의 적용에 있어, 시간 및 비용의 절감이 가능하게 되었다.

② 145kV GCB용 알루미늄 주물탱크의 성공적인 개발로 철재 용접형 탱크에 비해 약 20%의 원가절감이 가능하였고, 이로 인해 당사 제품의 경쟁력 상승을 도모하는 것이 가능하였다. 또한 알루미늄 주물탱크의 적용시에만 입찰이 가능하던 해외 수주에 참여가 가능하게 되어, 수출을 통한 당사의 매출신장 및 무역수지 개선이 가능하게 될 것이다.

③ 향후 당사의 다양한 전압 Class의 제품에 본 기술을 적용하여, 제품의 원가절감 및 경쟁력 향상을 도모할 예정이다.

[참 고 문 헌]

- [1] 日本鑄物協會, “鑄物便覽 改訂4板”, 1986
- [2] 日本工學標準調查會, “壓力容器的構造·一般事項(JIS B 8265), 2000
- [3] 日本鑄造工學會, “鑄造工學便覽”, 2002
- [4] International Electrotechnical Commission, “International Standard IEC62271-203”, 75-77, 2003
- [5] 한국공업규격 KS B 0801, “금속재료 인장시험편”, 1981
- [6] 홍석주 외 2인, “최신 기계재료학”, 보문당, 2001
- [7] DEWETRON, “DEWESoft Software User Manual”, 2002
- [8] MSC.Software, “Introduction to MSC.Nastran”, 1999