

72.5kV/1200A 차단기 및 GIS용 개스 붓싱 개발

김정배* 송원표* 이철현* 노철웅* 최진용** 장원율**

*효성중공업 ** 고려애자

The Development of Gas Bushing for 72.5kV/1200 GCB and GIS

J.B Kim*, W.P Song*, C.H Lee*, C.W Noh*, W.Y Jang**, J.Y Choi**

* Hyosung Industries Company ** Korea Insulators Industrial Company

ABSTRACT

On Concerning to the Bushing for the High Voltage Transformer and GCB & GIS which we have imported of all type owing to the insufficiency of internal production facilities and the want of technology, our research team succeeded in the development of the 72.5kV/1200A Gas Bushing for GCB & GIS. We carried out the dimensions & visual tests and the mechanical & electrical tests, and we have got the favorable test-results.

1. 서론

가. 연구개발의 필요성

최근 세계적으로 산업 발전과 문화 생활이 고도화됨에 따라 양질의 전원을 공급할수 있는 대용량 전력 시스템이 필요하게 되었으며, 국내에서도 최근 이러한 세계적 추세와 더불어 전력 수요가 급증하고 있지만, 전력수요의 증가에 대처하여 전력용량을 증가시키지 못하고 있는 실정이다. 이에 국가적 차원으로 2000년대까지 중장기 전력설비 증가 계획을 세우고 있으며, 지금까지 착실히 진행되고 있는바, 이에 따른 전력설비 수요가 늘어날 전망이다. 이러한 전력설비 수요가 증가됨에 따라 초고압 변압기, 차단기등의 수요가 증가하는 추세에 있으며, 이러한 수요증가로 인하여 비국산화 부품에 대한 수입 의존도가 더욱 더 깊어가고 있다. 이러한 국내 여건에 비추어 볼때 초고압 변압기 및 차단기의 중요부품이며 국산화가 되지않은 부품중 가장 비중이 큰 붓싱은 초고압 설비의 국산화를 증대와 더불어 수입 개방시 요구되는 대외 경쟁력 강화의 측면에서 필히 개발되어야 한다. 또한 차기 800kV급 초고압 송전에 따른 초고압 기기의 국산화 개발을 위해서도 붓싱 개발은 선결되어야 할 과제이다. 그리고 붓싱 개발은 단품으로써 부가가치가 높은 수출 전략산업으로 육성이 가능한 기술이므로 이에 대한 적극적인 지원이 필요하다고 생각된다.

나. 연구개발의 내용

현재 국내에서 사용되는 붓싱은 크게 차단기 및 GIS에 주로 사용되는 Hollow Type Gas Bushing과 변압기에 주로 사용되는 Condensor Type Bushing 으로 25.8kV, 72.5kV, 170kV, 362kV급이 소요되고 있으며, 향후 초고압 송압시에는 765kV급이 소요되리라

생각된다. 그러나 국내 생산업체의 시설미비, 기술낙후 등으로 25.8kV급 변압기용 붓싱만 국내에서 생산되며, 나머지는 전량 수입에 의존하고 있다. 그러나, 선진 외국(일본, 유럽, 소련, 중공 등)에서는 독자적인 기술로 1100kV급 붓싱까지 생산하고 있다. 이러한 국내현실에 따라 본 연구팀은 현재 전량 수입에 의존하고 있는 차단기 및 GIS용 72.5kV급 GAS 붓싱을 국내 최초로 개발하여 붓싱이 가져야 하는 기계적 특성 시험, 전기적 특성시험을 수행하였다. 시험은 붓싱에 대한 국내 규격이 아직 정립되지 않은 관계로 IEC, ANSI, JIS, JEC규격등을 기준으로 시험을 수행하였으며, 시험 결과는 양호하였다.

2. 본론

가. 72.5kV급 붓싱 설계

1) 주요 SPEC.

- 가) 정격전압(Rated Voltage) : 72.5kV
- 나) 정격전류(Rated Current) : 1200A
- 다) 누설거리(Creepage Distance) : 최대 1870mm, 최소 1810mm
- 라) 적용규격 : IEC Pub 233(1974), IEC 137 (1984), JIS C 3801(1988), JIS C 3804(1982)
- 마) 내압시험(Inner Pressure Test) : 14kg/cm² (15분)
- 바) 최대사용압력 : 6.7kg/cm²·G
- 사) 두께 상용주파 AC 전압 : 70kV/2min
- 아) 굽힘강도(Cantilever Breaking Strength) : 1350kg 이상

2) 72.5kV급 애관 설계

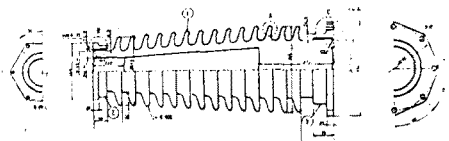


그림 1. 72.5kV급 애관 설계 도면

3) 72.5kV급 붓상의 전계해석

72.5kV급 애관이 차단기 및 GIS에 붓상으로 설치되어 전압이 인가될 경우, 각부위별 전계집중 정도를 사전에 파악하여 시제품 설계보완 및 원료선택에 대해 검토하고자 전계해석을 실시하였다. 해석수단으로는 효성중공업(주)에서 보유하고 있는 FEM(Finite Element Method)를 이용한 전계해석 Program을 사용하였다. 전계해석을 위해 먼저 붓상형상 및 조립형상에 대해 DATA를 입력하여 형상화 시킨후 기본요소 분할과 적용요소 분할을 실시 하였다. 요소 분할일시후 각 부위별 전계집중 정도를 분석하였으며, 계산결과는 그림 2와 같다.

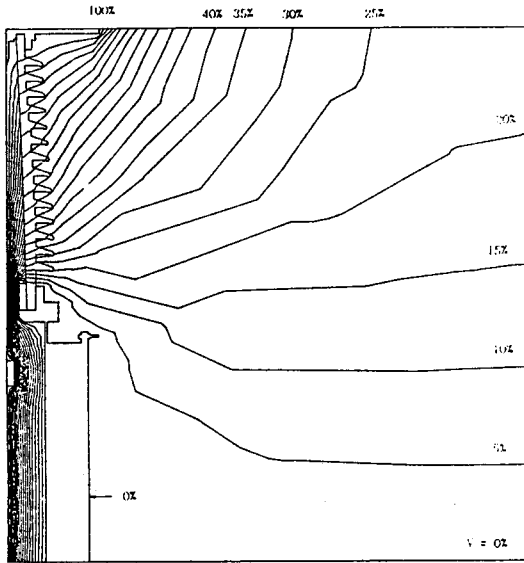


그림 2. 72.5kV급 붓상의 전계 분포도

그림 2는 도체에 인가되는 전압에 대해 각 부위별 전계집중 정도를 나타낸것으로 애관과 탱크와의 조립시 전계를 완화하기 위해 설치된 내부 Shield에 전계가 집중됨을 알수 있다. 각 부위별 전계집중 정도를 살펴보기 위해 각 부위별 x전계강도를 계산한후, 붓상의 최대 전압치인 325kV(최대 Impulse 치)를 100%로 산출하여 각 부위별 최대 전계강도를 계산하였다. 표 1과 같이 연구팀이 설계한 72.5kV급 개스붓상에 대한 최대전계강도는 모두 허용전계강도내에 포함되므로 그림 1의 설계도면을 기준으로 시제품 제작에 착수하였다.

표 1. 허용전계강도와 계산된 최고 전계강도 비교

	항 목	허용 전계 강도 (KV/mm)	계산된 최고 전계 강도 (KV/mm)	비 고
기 중	전극부	6.0 - 6.2	2.01	양호
	애관부	1.8 - 2.5	1.32	양호
Gas 중	전극부	23.5	11.4	양호

나. 72.5kV급 애관 제작

1) 제조 공정도

72.5kV급 애관의 시제품 제작은 당 연구과제의 참여업체인 고려애자(주)의 제조공정을 보완하여 그림 3의 제조공정에 따라 제작하였다.

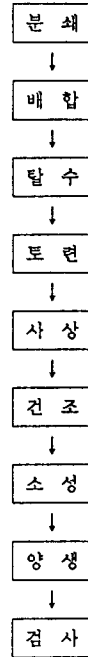


그림 3. 72.5kV급 애관의 제조 공정도

2) 주요 제조 공정

그림 1의 설계도면은 애관 최종 제품도면이며, 제작기간 동안 제품은 대기중에 노출되어 수축되므로, 먼저 각 부분별 수축률을 고려한 제작도면을 작성한후, 그림 3의 제작공정도에 따라 애관을 제작하였다. 그림 4, 5, 6, 7은 애관의 주요제작 공정사진 및 완제품 사진을 나타내었다.

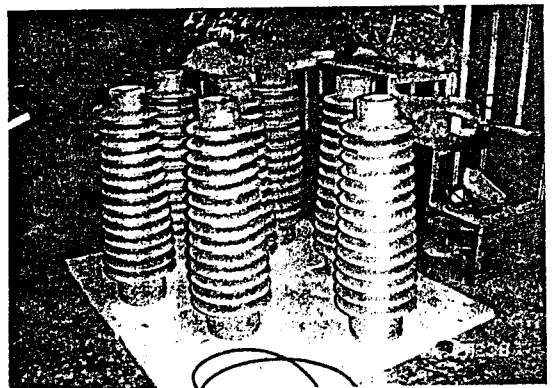


그림 4. 사상공정후의 시제품 사진

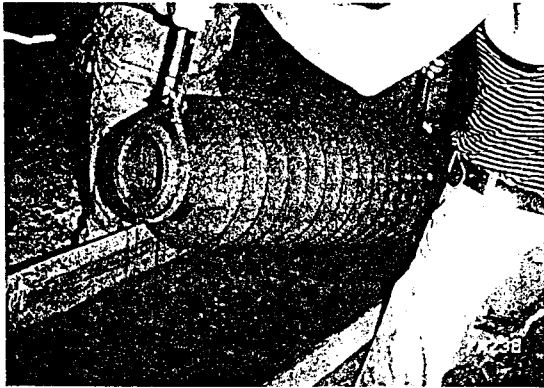


그림 5. 시제품 시유공정 사진

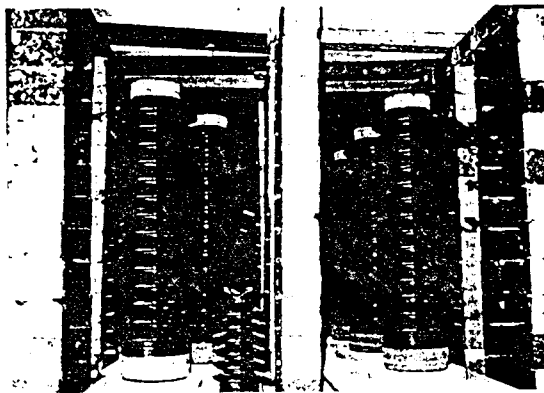


그림 6. 소성 완료후의 시제품 사진

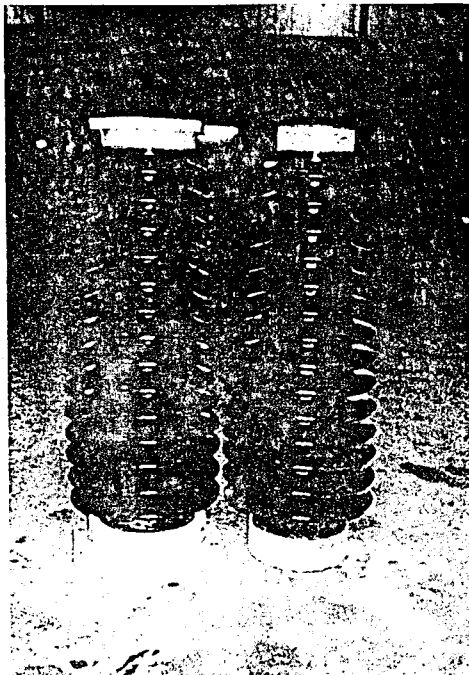


그림 7. 완성 시제품 사진

다. 외국 분식과의 성분 분석

애자의 성분은 주로 점토, 규석, 장석 등으로 구성되지만, 전 세계적으로 산출지가 다양하고 같은 원료라 할지라도 그 자체가 가지고 있는 화학적 배열 또한 어느정도 차이가 있으리라 예상된다. 또한 이러한 애자원료가 소성후 어떠한 결합구조로 변화되어 제품으로써 역할을 다하는지에 대해 미시적으로 검토할 필요성이 있었다. 따라서, 소성후 제품으로써 갖는 애자의 성분을 비교 분석하기 위해 국내 주요 수입원인 일본 NGK社와 스위스 MICALFIL社의 수입 애자와 시제품 애자와의 성분 및 표면 분석을 실시하였다. 분석수단으로는 습식분석, XRD(X-Ray Diffractometer)분석, 광학현미경, EPMA(Electron Probe Micro Analyzer)를 이용하였다.

1) 성분분석 결과

습식분석, XRD분석, EPMA의 EDS(Energy Dispersion Spectroscopy)를 이용하여 외국애자와 시제품 애자의 성분을 비교 분석하였다. 각각의 시험결과는 거의 유사하였기에, 본 논문에서는 습식분석의 결과만을 그림 8에 나타내었다.

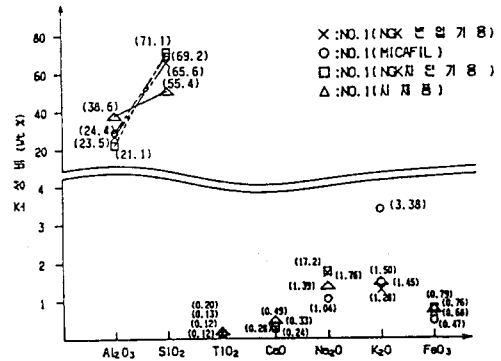
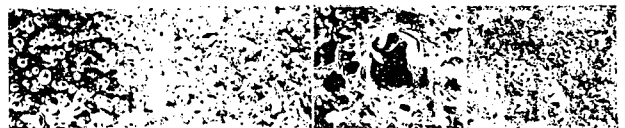


그림 8. 각 시료별 습식분석의 결과

따라서 본 연구팀이 연구초기에 애자의 절연성보다 강도의 취약성을 보완하기 위해 SiO₂ 성분보다 Al₂O₃의 성분을 높은 결과는 의도대로 잘 되었음을 알수 있었다.

2) 표면 분석 결과

광학 현미경 및 EPMA의 SEM을 이용하여 표면분석한 결과 그림 9와 같이 일본 NGK社 보다는 시제품 애자가 크기 및 분포면에서 불균일함을 알수 있었다. 따라서 애자 입자 분포에 대해 과학적이고 체계적인 관리가 필요함을 알수 있었으며 현재 1차로 입도 분리를 구입하여 수시로 애자 입도관리를 수행하고 있다.



(a) NGK 변압기용 (b) NGK 차당기용 (c) MICALFIL 제품 (d) 시제품

그림 9. SEM 시험 결과

라. 시제품 특성시험

72.5kV급 애관의 특성시험 규격은 국내 KS 및 한전 ESB 규격에는 언급되어 있지 않기 때문에, 국제규격인 IEC, ANSI 및 일본규격인 JIS, JEC 규격을 바탕으로 자체시험방안을 작성한후, 아래와 같이 특성시험을 실시하였다.

1) 치수 외관 검사

2) 기계적 특성 시험

기계적 특성시험은 표 2와 같이 시험, 설비상의 문제점으로 시제품 시험과 시편시험으로 나누어 수행하였으며, 시험결과는 대체적으로 양호하였다. 굽힘 파괴 강도시험 및 시편 압축 파괴 강도시험에서 몇가지 문제점이 노출되어 현재 금구 취부 방법이나 시험방법에 대해 대책 수립 중에 있다.

표 2. 기계적 특성시험 결과

시험 항목	시험 기준	결과
1. 냉열시험	- 온도차 : 55deg - 침수시간 : 30분 - 온 냉탕 각각 3회 실시	양 호
2. 굽힘 파괴 강도 시험	- 인가하중 : 1350kg - 인가시간 : 1분	이 상
3. 내압 시험	- 인가압력:14kg/cm ² - 인가시간:15분	양 호
4. 흡습시험	-인가압력:15x10 ⁶ N/m ² -인가시간:12시간이상	양 호
5. 기밀시험	-인가압력:5.0kg/cm ² G -규정:년간1%이하	양 호
5. 압축 파괴	-시편시험으로 대체 -5,500-7,000kg/cm ²	이 상
6. 인장 파괴 강도 시험	-시편 시험으로 대체 -600-850kg/cm ²	양 호
7. 열팽창 계수시험	-열팽창 계수 : 6.3~7.7x10 ⁻⁶ -열팽창율 : 0.34~0.44 (650°C)	양 호

3) 전기적 특성시험

전기적 특성시험은 표3과 같이 애관자체 시험과, 애관을 Test Chamber에 조립하여 시험한 봉침시험으로 나누어 실시하였으며, 시험결과는 모두 양호하였다.

표 3. 전기적 특성시험 결과

시험 항목	시험 결과	판정
1. 절연 저항 측정	무 한 대	양 호
2. 상용주파 두께 내전압	70kVrms / 2분	양 호
3. 상용주파 두께 섬락시험	최대섬락전압 찾지 못함. (90kVrms)	참 고
4. PD Measurement	44kVrms에서 Free	양 호
5. 건조 상용 주파 내전압 시험	140kVrms / 60 sec	양 호
6. 건조 충격 내전압 시험	325kVp(1.2 x 50μs)	양 호
7. 정격 재단파 충격 내전압 시험	425kVp(2μs)	양 호
8. 주수 상용 주파 내전압 시험	140kVrms / 60 sec	양 호

3. 결론

본 연구팀은 국내 최초로 차단기 및 GIS용 72.5kV급 1200A 봉침을 제작하여, 국제규격에 따라 치수 외관 검사, 기계적 특성시험 그리고 전기적 특성시험을 실시하였다. 시험결과는 양호하였으며, 특히 전기적 특성시험은 한국전기연구소에서 수행하여 시험의 공인성을 확보하였다. 그리고 향후 장기 열화 과전 시험을 수행할 예정이며, 현재 170kV급 애관에 대해서도 개발중에 있다.

* 상기연구는 한국전력공사의 자금을 지원받아 수행한 기술개발 결과임을 밝힌다.

참 고 문 헌

1. Test on insulators of ceramic material on glass for overhead lines with a nominal voltage greater then 1000V, IEC 383, 1976
2. Tests on hollow insulator for use in electrical equipment, IEC 233, 1974
3. Bushings for alternating voltages above 1000V, IEC 137, 1984
4. Test methods for electrical power insulators, ANSI C 29.1, 1982
5. Requirements and Test Procedure for outdoor Apparatus Bushings, ANSI/IEEE std. 21, 1976
6. DIN 40685, 1974
7. がいし, 日本 電気學會, 1983
8. 碍管 の 設計, 日本 碍子 株式會社, 1985
9. Technical Guide, NGK Cat. No. 91, 1991
10. 日立 がいし 要監, 日立 化成, 1974
11. がいし, が이 管類 一般 求入 仕様書, Hitachi HKS-SG 10
12. が이し 試驗 方法, JIS C 3801, 1988
13. 電氣用 碍器類 の 外觀 檢査, JIS C 3802, 1964
14. Tests and Inspection on Hollow Porcelain, JIS C 3804, 1982
15. 초고압 애자 개발 최종 보고서, 한국 과학 기술원, 1990
16. 애자 시험 방법, ESB 131, 1984
17. 전기를 자기류의 결모양 검사, KS C 3802, 1977
18. 애자 시험 방법, KS C 3801, 1987