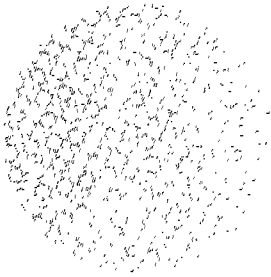


國產碍子の 品質水準 向上에 對하여

On Quality Improvement for Locally Made Porcelain Insulators



朴 文 洙

新韓碍子工業(株) 社長

1. 서 론

우리나라의 전력수요는 급속한 경제성장과 더불어 매년 수요가 급속히 증가하는 추세다.

이수요를 만족하기 위해서는 당연히 새로운 전원이 개발되지 않으면 안된다. 전력기술의 진보와 수요의 증가는 발전소에서 장거리의 수요지까지 공급하기 위해서는 고전압으로 송전하지 않으면 안되며 이러한 전력수송으로 애자의 대형화 또는 일반자기와 다른 전기적 기계적 성질이 우수한 고강도 현수애자를 요구하게 되었다.

본고에서는 주로 이러한 목적에서 개발된 고강도 현수애자의 구조와 당사에서 사용되고 있는 여러가지 자기재질과 제조기술을 중심으로 간단히 소개하고자 한다.

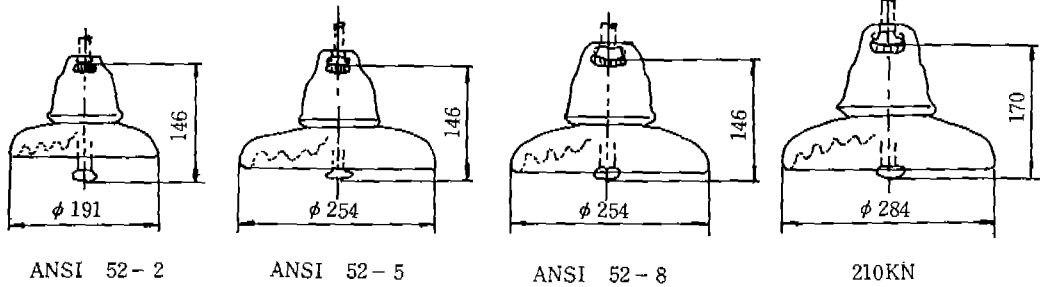
2. 현수애자의 구성 재료

현수애자는 Pin애자나 다른 일반애자와는 달리 철탑에 수직 수평으로 매달아 애자의 하단부에 전선을 부착하여 대지와 절연시키는 애자를 말하며 이하에 이런 애자를 총칭하여 현수애자라 하며 이것은 원판형 현수애자(Disc Type)와 원주형(Rod Type) 현수애자로 대별하나 현재 우리나라에서는 송배전선용으로는 원판형 현수애자만 사용하며 그구성재질은 자기, 굼구, 시멘트로 되어 있고 그림 1과 같다.

2.1 자기의 특성

2.1.1 일반 배전선로용 자기(Cristobalite Porcelain)

일반애자의 자기도 보통자기와 마찬가지로 장석, 규석, 점토제를 주성분으로 하고 있으나 특이한 것은 천연에서 산출되는 주원료로해서 화학성분적 조절과 광물학적인 조합 기타 입자의 미세도를 조절하여 자기내부의 결정구조가 석영, 크리스토파라이트, 그리고 올라이트로 되어 있으며 그결정의 크기는 아주 작지만 일반자기에 비하여 높은%를 차지하고 있다. 즉 자기중의 결정량을 증가시킴에 따라 기계적 강도가 증가하며 이 결정중에서 크리스토파라이트 자기가 강도가 높은 이유는 여러가지가 있지만 그 중에서도 유리질에 생성한 높은 팽창의 아



주 작은 크리스토팔라이트 결정과 그 주위의 유리질의 열팽창 차이에 의해서 생긴 아주 미세한 압축 응력에 의한 효과이며 현재 당사의 배전선로용 애자의 주 결정구조로서 일반자기에는 거의 존재하지 않으며 X-ray회절분석과 열팽창측정에 의해서 확인된다.

이러한 자기를 크리스토팔라이트 자기라 하며 이 자기의 특징은 200°C 부근에서 크리스토팔라이트의 전이에 의한 높은 열팽창율을 나타내며 이 팽창 때문에 다른 자기에 비해 열충격 저항이 낮다.

2. 1. 2 고강도 현수애자 자기 (Alumina 함유 Porcelain)

대용량 송전선에 사용되는 현수애자는 항상 하중이 걸리는 것 이외에 미진동 충격하중등 복합된 기계하중이 중복되면서 애자중에서 가장 심한 조건하에 오랜 세월을 사용하기 때문에 위에서 설명한 자기보다도 높은 기계적강도와 우수한 내 Arc 성능이 필요하기 때문에 이러한 성능을 만족시키기 위하여 알루미늄 함유의 고성능 자기를 개발하였다.

이 자기의 특징은 석영 대신에 20~35% 정도를 알루미늄으로 교체시킨 것으로서 소성후 자기중에 20~40% 알루미늄 결정이 함유되어 있는 것이 특징이고 이 자기는 다른 자기보다 기계적 강도가 강하다.

따라서 Test Piece의 시유곡감도는 1550~1700kg/cm²으로 상당히 높다. 또 이 자기는 다음과 같은 특징이 있다.

- (1) 미세하고 치밀한 자기조직과 알루미늄 결정(코란담)이 다량 함유되어 있어 기계적강도가 높다.
- (2) 열팽창계수가 낮기 때문에 내열충격성과 내 Arc성이 우수하다.

(3) 자기내부에 응력이 적기 때문에 자기가 파손할때 Crack의 과급이 적다.

그러나 이러한 특징 이외에 일반적으로 알루미늄 함유 자기는 비가소성원료인 알루미늄이 첨가되어 때문에 성형성이 나쁘고 내화도가 높은 소결 온도가 높은 것이 보통이다. 문제점을 당사는 원료의 조성 및 소지조성을 오랜기간 연구해 생산 기술문제를 해결함과 동시에 대량 생산체제를 갖추었으며 현재 25,000LBS급 이상의 애자에 신뢰도를 높이기 위하여 이소지가 사용되고 있다 (표 1 참고).

3. 유약의 성질

또한 자기에는 습분, 열화학가스등의 부착방지외 자기의 강도를 증가시키기 위하여 표면에 유약을 바르며 특히 공업재료로 해서 이용하는 경우에는 기계적강도의 증가 그외에 물리적성질 향상에 유약의 효과가 크며 유약을 재질면에 보면 일반적으로 유리질이며 내부에는 미세한 결정입자랑 적은 기포가 분산되어 있는 불균일한 유리질이지만 소지와 열화학반응을 일으켜 반응하며 특히 자기본체의 열팽창계수보다 약간 적은 열팽창계수를 갖는 유약을 사용하는 방법이 있다.

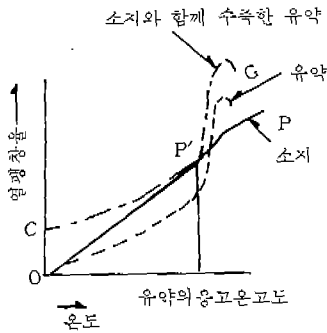
자기소지 위에 유약을 시유하여 소성후 냉각하면 이 열팽창의 모양은 그림 2와 같이 된다.

OP는 자기본체의 열팽창이고 OG는 유약의 열팽창율이다. 소성후 냉각할때 유약은 900°C 정도까지는 액상으로 자기표면에 피복되어 있으나 800~700°C 정도의 온도가 되면 유약은 그대로 응고하여 자기와 일체가 된다.

이것이 계속 냉각되어 상온이 될때까지 열팽창계수가 적은 유약은 자신의 열팽창계수만큼 수축할수 없는 까닭에 그림(2)에서와 같이 CP에 따라 CP'까

〈표-1〉 NK의 자기특성

성질	단위	크리스토팔라이트자기		아루미나 함유자기
비중	g/cm ³	2.37	2.4	2.48
곡강도	부유	1000~1100	1200~1300	1300~1500
	시유	1150~1250	1350~1500	1600~1700
탄성계수	kg/cm ²	7.1×10 ⁸	8.2×10 ⁸	9.8×10 ⁸
열팽창율	25~200℃	0.201	0.140	
	25~700℃	0.460	0.390	0.34
냉열온도차 시유폴	℃	120~130	138~144	176~188
유전율 25℃	—	6.2	6.4	6.8
체적고유저항50HZ, 25℃	Ω, cm	3.1×10 ¹²	3.5×10 ¹²	5.3×10 ¹³
결정량	석영	5~10	3~5	2~4
	크리스토팔라이트	19~28	11~20	
	플라이트	20~23	19~22	11~19
	아루미나	—	8~10	18~24
용도		일반에자매전선로용 중실품애자		25,000LB급이상현수애자



〈그림-2〉 소지와 유약의 열팽창곡선

지 수축한다.

그러나 자기는 유약에 비하여 두껍기 때문에 자기표면의 유약에는 관계없이 자신의 열팽창계수에 따라 그림의 OP선과 같이 수축한다.

따라서 표면에 고착된 유약은 OC만큼 압축 작용을 받게 된다. 이와같은 상태에서 자기에 하중을 가하면 자기표면 유약에는 원래 압축력이 있기 때문에 이 압축력이 0이 될때까지는 실제로 유약층에 하중이 가하여지지 않는 경우가 되며 유약층에도 힘이 생기지 않는다.

이때의 하중보다 더큰 하중이 가하여지면 비로소 자기는 파괴된다. 이러한 압축유약을 이용하면 자기강도를 130%정도 증가시킬 수 있다. 이러한 유약

을 압축유약이라 하며 그효과는 표(1)에 나타난 바와 같다.

3.1 금구 및 시멘트

애자의 강도를 증가시키는 방법은 자기와 유약이 외에도 금구 및 시멘트의 조립방법을 개선하여 증가시킬 수 있다.

특히 금구는 구상흑심가단주철을 사용하며 또 그형상은 특고압 송전선에서 코로나방전과 라디오 장애 전파 발생을 억제하기 위해 그 표면을 매끄럽게 하고 금구의 가장자리는 둥글게 해준다.

또 만일 자기표면에 녹이 비와 함께 흘러 부착된다면 금구의 기계적 강도를 감소시킬뿐 아니라 절연성까지도 감소시키므로 이러한 것을 방지하기 위하여 그 표면에는 용융아연도금을 하며 금구의 기계적 특성은 표(2)와 같다.

〈표-2〉

인장강도	51kg/mm ²
항복전	38kg/mm ²
신율	21%

그리고 시멘트는 포틀랜드시멘트를 사용하며 시멘트가 경화할때 약간의 수축이 있게된다. 만일 수축이 너무 많으면 이것은 시멘트와 금구 또 시멘트와 자기 사이에 아주 작은 틈을 만들지도 모르고

또 이 틈이 Crack를 일으켜 열충격에 약하게 만들므로 이것을 방지하기 위하여 입도분포가 균일한 모래를 혼합 사용하며 또한 금구와 시멘트와 화학반응을 방지하고 시멘트와 자기와와의 완충역활을 하여 자기에 응력집중을 완화할 수 있게 두께가 일정하게 Paint를 바르고 있다.

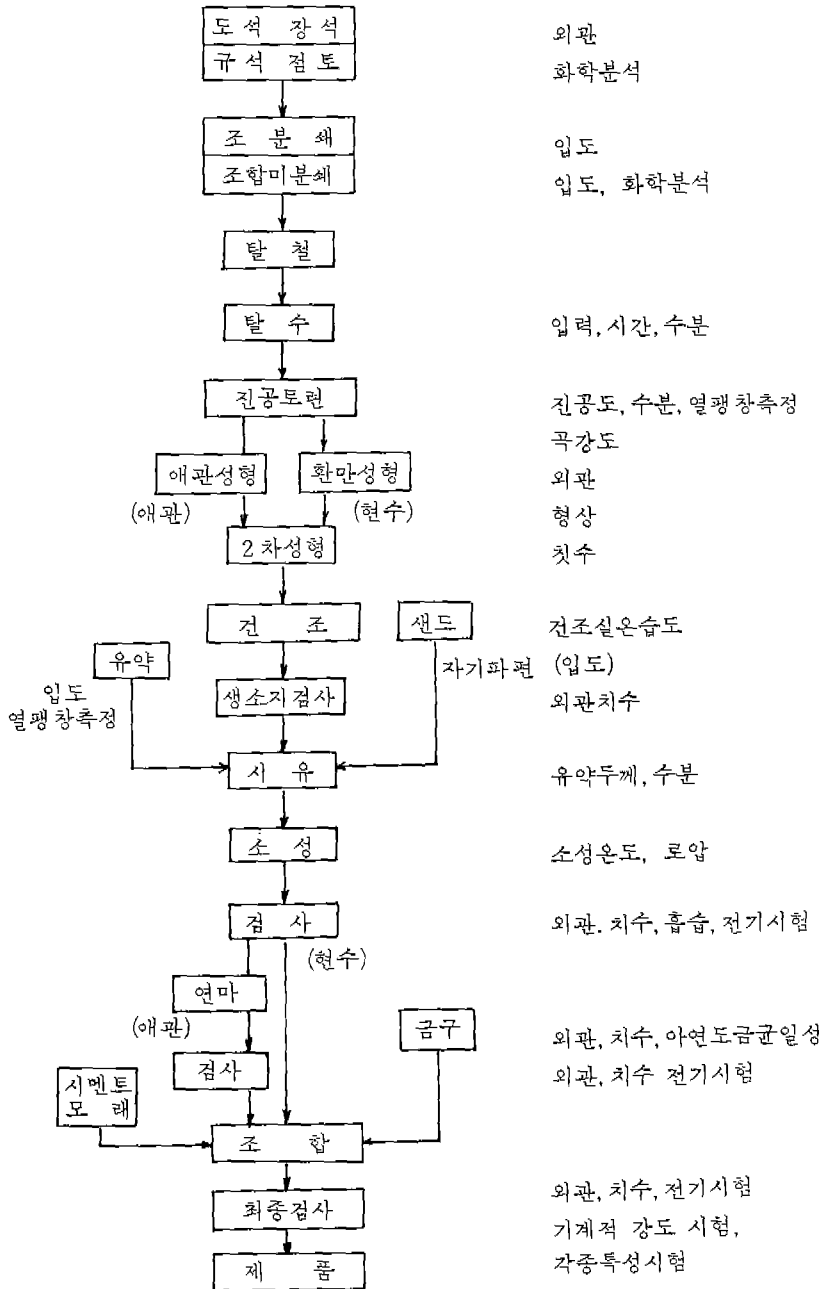
시멘트의 특성은 다음 표(3)과 같다.

〈표-3〉

곡 강 도	90kg/cm ² 이상
압 축 강 도	450kg/cm ² 이상
오토클리브열팽창율	0.05% 이하

이와 같이 엄선된 자기금구 시멘트가 각각 층은

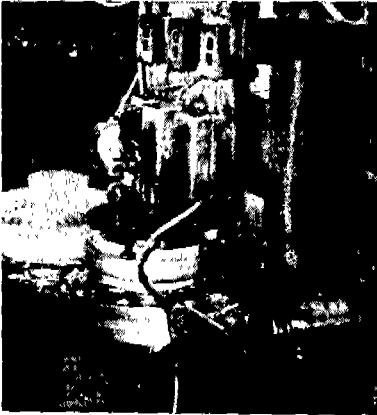
〈그림-3〉 제조공정 관리항목



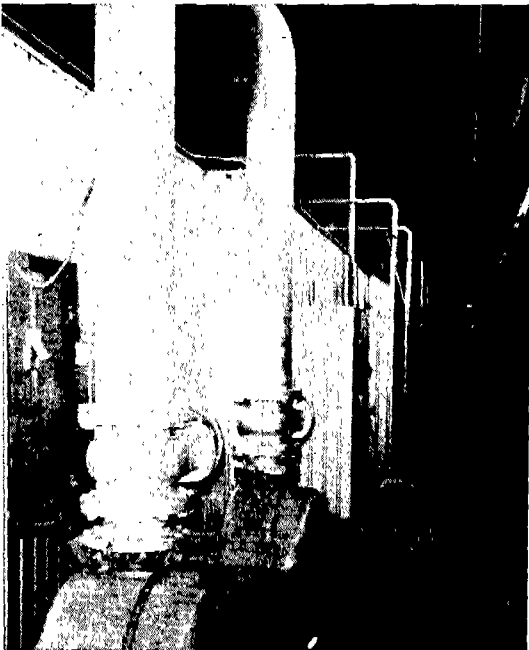
특성을 나타낼 현수애자의 강도가 증가되는 것이다.

4. 제조공정과 품질관리

그림(2)는 제조공정과 관리항목을 나타낸 것이다. 현수애자의 문제점은 대부분 제조상의 결점에 원인이 있기 때문에 신뢰성이 높은 현수애자를 생산하기 위해서는 천연원료의 선정부터 소성후 자기소성이 일정범위내에 있게 하지 않으면 안된다. 그렇기 때문에 처음 원재료의 화학분석과 입도, 소지의 화학분석과 입도열팽창율, 곡강도 치수, 소성온도 등



〈그림 4 - 1〉 성형공정



〈그림 4 - 2〉 소성공정

각 공정마다 관리항목을 규정해 놓고 이 표준에 의하여 관리한계내에 있도록 해줌으로서 고강도 현수애자의 우수한 특성을 나타내는 것이다.

그림(3)은 성형공정과 소성공정 설비의 한예이다.

5. 품질검사

애자는 사용중에 여러가지 종류의 기계적하중, 온도변화, 전기적스트레스 등에 견디지 않으면 안되며 그품질의 균일성이 중요시 되기 때문에 그와 같은 품질의 균일성은 제조공정중 품질관리에 의해 이루어지고 최종으로 기계적, 전기적시험에 의해서 애자의 신뢰성을 확인한다.

또한 이러한 일반적인 시험이외에도 애자의 높은 품질요구에 대응하여 RIV시험이라든가 Aging시험, 애자련시험등 여러가지 시험이 매우 고도화 되고있다.

그림(4)는 애자 시험설비의 한 예이며 그중에서 Aging시험에 관해서 간단히 설명하고자 한다.

5 · 1 Aging Test (경년 변화시험)

현수애자는 전기의 절연 및 기계적지지 기능으로써 옥외에서 오랜세월을 사용하기 때문에 보다높은 신뢰성이 요구된다.

간혹 설계 제도가 잘못되었다든지 하는 경우에는 장시간 사용하면 기계적지지 기능 및 자기절연 기능이 저하되는 수가 있다.

그런데 종래의 파전과파하중이라든가 전수인장내 하중으로는 이러한 장기적인 성능을 검사하기가 불



〈그림 5 - 1〉 전수인장시험기

이 양자의 적2.5V를 허용접촉전압이라고 한다.

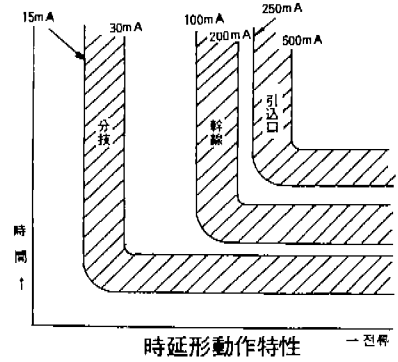
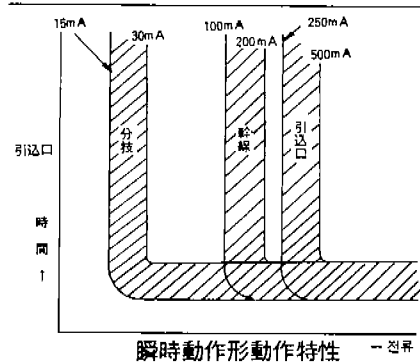
제 2종의 경우, 심실세동전류의 50mA를 채택하고 인체저항은 젖어 있으므로 500Ω을 채택하면 이 적은 25V로 된다.

제 3종의 경우는 심실세동전류50mA를 채택하고 인체를 1000Ω으로 한 경우에 이 적은 50V로 된다.

표 2에 저압전로지락의 판정기준이 상세하게 표시 되어 있다.

6. 漏電遮斷器의 地絡保護協調

누전차단기의 설치시에는 재해의 발생시 이의 파급효과를 최소한으로 축소할 수 있는 방안이 고려되어야 한다. 지락에 대한 선택보호협조는 간선, 분지회로에 누전차단기를 설치하여, 분지회로의 지락사고시, 분지회로만 차단하여 다른 회로의 정전을 방지하기 위한 것이다. 그림 8은 순시형과 시연형으로 각각 회로를 구성한 경우 동작특성이다. 표 3은 회로방식에 따른 장단점을 표시한 것이다.



〈그림-8〉 순시형과 시연형 동작특성

〈표-3〉 회로방식

	회로방식	장점	단점
幹線取付		<ul style="list-style-type: none"> 누전차단기 1개로 보호범위가 크며, 소요수량이 적음. 	<ul style="list-style-type: none"> Feeder 측 1개소만 수전되어도 전회로가 정전됨. 지락 장소 발견이 어려우며 정전시간이 길. 고감속, 고속動作形 사용시 빈번한 지락트립과 오동작이 많음.
分岐取付		<ul style="list-style-type: none"> 선택保護協調가 잘 이루어지 타 회로에 영향이 없음. 지락 장소의 발견이 용이하고 소치시간이 단축됨. 	<ul style="list-style-type: none"> 누전차단기의 소요수가 많음.

7. 맺음말

현재 우리나라에서 발생하는 전기재해의 원인을 분석하여 보면, 78년부터 82년까지, 전기화재의 경우 과부하가 9.9%, 누전이 16.9%, 합선이 50.9% 등으로 나타나 있으며 인명피해에 대해서는 정확한 숫자는 나와있지 않지만 분명한 것은 산업이 고도

로 발전해감에 따라 전력이용율이 증가하며 이에 따른 인명피해가 날로 늘어나고 있다는 것이다. 즉 누전차단기로 이러한 전기재해를 예방할 수 있었던 것들이었다. 앞으로 적극적이고 조직적인 재해방지 대책이 수립되어야 하며, 이에따를 수 있는 다양한 형태의 누전차단기가 개발 되어야 할 것이다. 그리고 일반인들의 전기재해에 대한 새로운 인식이 필요하다 하겠다.