

배전용 Pcelain Insulator Body의 미세 결정조직과 전기적 유전특성에 관한 연구 Study on Microstructure and Dielectric Properties of Pcelain Insulator Body for distribution Line

김 형 식 한 세 원 소 진 중
한국전기연구소 전기재료부 소재기술연구팀

H. S. Kim S. W. Han J. J. Soh
Korea Electrotechnology Research Institute, Electrical Materials Lab.

ABSTRACT

High strength pcelain insulators with 35wt% alumina were manufactured by wet produce technique.

The microstructure and crystalline phases of this samples and the effect of CaO addition to insulator bodies were studied.

Electrical and mechanical properties (permittivity, dissipation factor, modulus of rupture, Young's modulus etc.) were studied.

The relation between microstructure and electrical, mechanical properties were analyzed.

공정등을 통하여 특성이 안정되고 강도가 높은 형태의 결정상을 얻기 위한 연구가 지속적으로 이루어지고 있다.

본연구에서는 알루미나가 약30wt% 함유된 알루미나질 고강도 insulator body를 제조하여 기존의 애자와의 기계적, 전기적 특성의 차이와 미세 결정조직의 변화를 비교 고찰하였으며 이러한 결정 조직의 변화와 내부 스트레스, 그리고 Na₂O, K₂O와 같은 이온화 성분들이 비유전율(permittivity), 유전손실(dissipation factor), 절연강도(breakdown voltage) 등과 같은 전기적 유전특성에 미치는 영향에 대하여 조사하였다.

1. 서론

애자는 전력용 설비의 절연을 주목적으로 하는 주요부품의 하나로 사용전압의 등급이나 사용형태에 따라 다양한 제품이 개발되어 있으며, 재질에 따라서도 여러 종류의 애자가 개발되고 있는 실정으로 배전용 현수애자로는 현재까지 주로 Pcelain 애자가 주종을 이루고 있다.

Pcelain 애자는 구성요소에 따라 석영질(quartz), 동석질(steatite), cristobalite질, 알루미나질(alumina) 애자의 4종류로 나누어 진다. 최근들어 보다 고강도의 특성을 얻기 위해 알루미나의 첨가량을 늘리면서 고강도 애자의 개념은 알루미나질 애자로 대표되고 있다.

알루미나질 애자는 보통 석영질 애자와 같은 성분으로 제조되지만 용제(filler)로서 규석(silica) 대신 알루미나를 첨가하는 것이 다르다. 애자를 구성하는 결정상은 사용 원료, 열처리 조건등에 따라 민감하게 나타나는데 주요 결정상은 석영상, 알루미나상, cristobalite상, mullite 상 그리고 유리상을 들 수 있다.

Pcelain 애자의 기계적, 전기적 물성은 애자를 구성하는 미세 결정 구조에 의해 결정 된다고 할수 있다. 따라서 고신뢰성의 애자를 얻기 위하여 제조과정에서 적당한 원료선택과 열처리

2. 실험방법

그림1은 Pcelain Insulator Body를 제조하는 공정도를 나타낸 것이다. 시편의 제조는 그림과 같이 Filter Press와 진공도련에 의한 습식공정 그리고 Spray Dryer를 이용한 건식공정 두가지 방법이 가능하다. 여기서는 습식공정으로 알루미나가 35wt%조성에 대하여 열처리 조건 1310℃, 30min을 기준으로 제조 하였다. 또한 CaO를 5wt%까지 증가 시키면서 결정상의 변화와 특성차이를 비교 하였다.

사용된 출발 원료와 제조된 시편의 성분은 I.C.P 또는 E.D.S Analyzer를 이용하여 정량 분석하였으며 표1는 분석결과를 나타낸 것이다. 표2는 분쇄후 출발 원료의 입자크기를 알아보기 위한 입자평균 크기의 분포를 표시한 것이다.

제조된 시편의 결정상에 대하여 자세히 고찰하기 위하여 XRD(PHILIPS, 40kV, 30mA)와 SEM(HITACHI S2700, Japan)을 이용하여 결정상의 형태와 분포를 조사 하였고 기계적 파단에 의한 조직의 이상등도 고찰 하였다.

기계적강도 시험은 일반적으로 행해지는 4-Bending Test (ASTM C674-81)방법으로 Instron(6022, Max Iton)을 가지고 굴곡강도(Modulus of Rupture)와 영률(Young's Modulus)을 측정하였다. 그림2(a)는 이때 사용한 시편의 형상을 나타낸 것이다.

전기적특성 시험은 절연강도,비유전,유전손실과 같은 유전특성을 주파수와 온도를 변화시켜 가면서 그특성의 변화를 관찰하였다. 절연강도 시험(ASTM D149-64)은 두께 2.0mm의 시편에 대하여 시험하였으며, 유전특성 시험(ASTM D150-67)은 Precision Tanδ, C Bridge Meter(TETTEX, 2kV)를 가지고 상용 주파수(50Hz)에서의 유전특성을 측정하였고,고주파 범위에서의 유전특성은 Impedance Analyzer(HP 4194A, 100Hz-40Mhz)를 이용하여 측정 하였다. 그림2(b)는 전기적특성 시험에 사용한 시편의 모양과 크기를 나타낸 것이다.

체적저항은 ASTM D257의 방법에 따라 High Resistance Meter (HP 4339A)를 이용하여 측정 하였다.

그의 열적특성으로는 열팽창 계수와 비열을 측정하였으며, 시편의 밀도와 기공율은 Autoscan Porosimeter (QUANTACHROME, V1.33)를 이용하여 측정 하였다.

3. 실험결과 및 고찰

그림3은 알루미늄이 35wt% 함유되어 제조된 고강도 알루미늄 에자와 기존 cristobalite 에자의 조직사진을 비교한 것이다. 두 시편의 결정상의 종류는 XRD분석 결과 그림4와 같은 피크 패턴 을 얻었다. 여기서 나타나는 결정상의 종류는 크게 4가지로 quartz, cristobalite, mullite, alumina 상으로 나타났다.

그림5는 CaO를 1.5wt%첨가된 조성에서 나타나는 mullite의 형상이다. 그림6은 알루미늄이결 시편에서 나타나는 cristobalite 상의 내부 스트레스 상태의 XRD(2θ=21.7)특성이다.

그림7은 알루미늄이 35wt%함유된 조성의 시편에서 나타나는 유전손실(Dissipation Factor, Tanδ)의 주파수에 따른 변화 특성이다.

Table 1 Components Analysis of samples

Components	Unit	Sample1	Sample2
SiO ₂	wt%	54.37	65.8
Al ₂ O ₃		34.0	19.1
Fe ₂ O ₃		1.04	0.71
CaO		0.76	0.49
MgO		0.39	0.17
K ₂ O		1.54	2.34
Na ₂ O		1.92	1.17
TiO ₂		0.68	-
S.K		-	-

REFERENCES

- (1)K.H.Schiller,"Reactions Between Mullite and Glassy Phase in Pocolain",Trans.Brit.Ceram.Soc.,13(2),1964
- (2)S.K.Khandelwal and R.L.Cook,"Effect of Alumina Additions on Crystlline Constituents and Fired Properties of Elec trical Porcelains",Bull.Amer.Ceram.Soc.,49(5),1970
- (3)R.M.Fulrath,"Internal Stresses in Model Ceramic Systems",J.Amer.Ceram.Soc.,42(9),1959
- (4)N.Higuchi et al.,"The Study of Compression Glaze",NGK Tech.Report R-68-1.,1968
- (5)I.O.Knickerbocker, W.Curtis,"Improvement of Mechanical and Electrical Strength of Pocolain Insulators",EPRI 434-1 (1,2,3),1977
- (6)J.R.Floyd,"Effects of Secondary Crystalline Phasss on Dielectric Losses in High Alumina Bodies",J.Amer.Ceram. Soc.,47(11),1964
- (7)S.P.Chadhuri,"Ceramic Properties of Hard Porcelains in Relation to Mineralogical Composition and Microstructure 3,Dielectric Behavior",Trans.Brit.Ceram.Soc.,73(2),1974

Table 2 Distribution of Particle Size

High Size	Under %	High Size	Under %	High Size	Under %	High Size	Under %	High Size	Under %	High Size	Under %	Span
80.0	100	24.9	96.1	7.75	64.3	2.41	32.3	0.75	10.8	0.23	1.2	D(4,3)
71.9	99.9	22.4	92.1	6.97	64.9	2.17	29.9	0.68	9.4	0.21	0.9	7.12µm
64.7	99.8	20.1	93.6	6.27	61.7	1.95	27.8	0.61	8.1	0.19	0.7	D(3,2)
58.2	99.6	18.1	91.7	5.64	57.7	1.75	26.0	0.55	7.4	0.17	0.5	1.80µm
52.3	99.5	16.3	89.6	5.07	54.2	1.58	23.0	0.49	6.7	0.15	0.3	
47.1	99.3	14.6	87.1	4.56	50.7	1.42	20.9	0.44	6.1	0.14	0.2	D(v,0.9)
42.5	99.1	13.2	84.4	4.10	47.4	1.28	19.0	0.40	5.6	0.12	0.1	16.61µm
38.1	98.9	11.8	81.5	3.69	44.1	1.15	17.0	0.36	5.1	0.11	0.0	
34.2	98.7	10.7	78.4	3.32	41.0	1.03	15.0	0.32	4.6	0.10	0.0	D(v,0.1)
30.8	98.0	9.59	75.2	2.98	38.1	0.93	13.0	0.28	4.2	0.09	0.0	0.71µm
27.7	97.3	8.62	71.8	2.68	35.2	0.83	12.3	0.26	3.8	0.08	1.8	

Source = Sample Base length = 2.4 µm Model indep
 Residual = 0.25 %
 Focal length = 45 µm Observation = 0.1708 Values Conc. = 0.0655%
 Presentation = std Volume distribution (Sp.S.R 3.3402 µm³/cc)

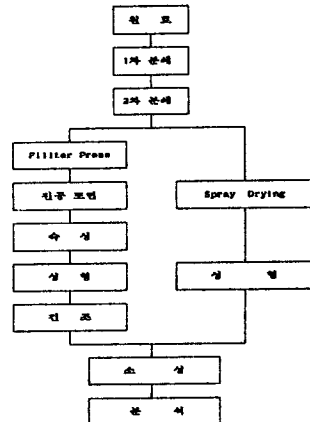


Fig.1 Manufacture Process

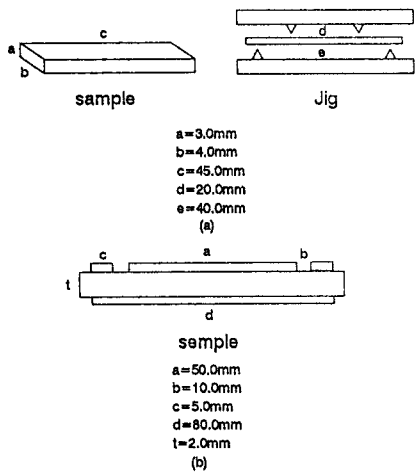


Fig.2 Sample Shape for Mechanical(a) and Electrical(b) Test

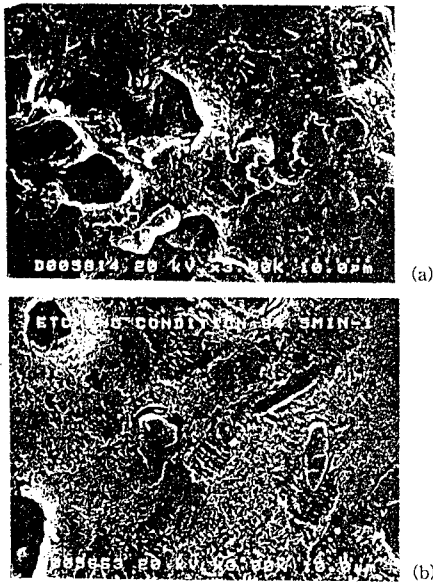


Fig.3 SEM Microstructure of Sample1(a) and Sample2(b)



Fig.5 SEM Microstructure of Sample with CaO 5wt%

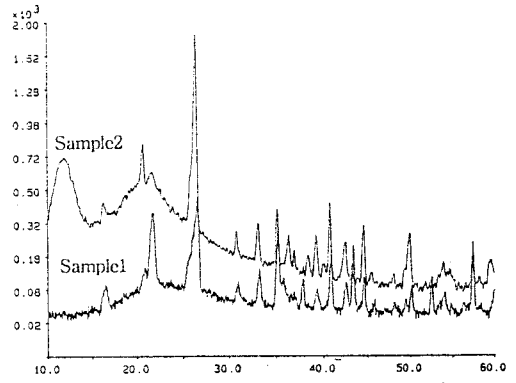


Fig.4 XRD Pattern of Sample1(a) and Sample2(b)

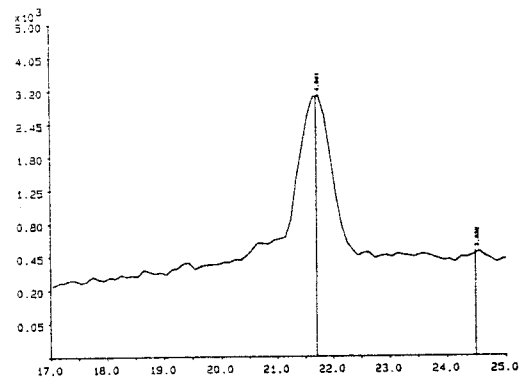


Fig.6 XRD Pattern of Cristobalite Phase(2θ=21.7)

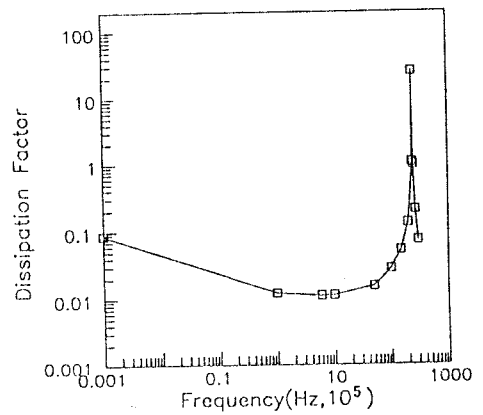


Fig.7 Dissipation Factor of Sample1 with Frequency