

Polymer Insulator의 개발 동향

강 동 필^{*}, 윤 문 수

한국전기연구소 절연재료연구실

Technology Investigation of Polymer Insulator

D.P.Kang, M.S.Yoon

Korea Electrotechnology Research Institute Insulation Material Lab.

Abstract

Polymers have good electrical properties as an insulation material. Though they show more and less poor resistance to heat, radiation, and oxygen, the poor properties have been overcome by developing new resin with the saturated molecular structure and compounding resin with resistive fillers.

Polymer insulators have many advantages: light weight, good mechanical properties, better contamination performance, low cost by mass productivity, no destruction in many pieces, good flexibility in design, short manufacturing time.

Usage of polymer insulators has increased rapidly with good credit on long term properties in advanced nations and will continue to grow.

I. 서론

기존의 insulator는 대부분 세라믹을 소재로 한 것들이지만 최근 유기합성기술의 발달로 내열성과 내후성이 좋은 silicone, EPDM, epoxy, 불포화 폴리에스테르 등의 고분자 재료들이 개발됨에 따라 구미 선진국을 중심으로 이들의 전기 절연분야 응용에 크게 증가하고 있다.

고분자 재료는 저항이 크고 절연파괴 강도가 높으며 유전손실이 작고 기계적 강도가 우수할 뿐만 아니라 복합화기술과 가공설비의 발달로 대량생산이 가능하여 제조원가면에서도 이미 porcelain을 능가하는 단계에 와 있다.

구미 선진국의 경우 polymer insulator는 20년정도의 field 사용경력과 더불어 신뢰성을 인정 받고 있으며, 북미의 경우 신규 몰타중 배전용은 90%정도, 송전용은 50%정도를 polymer insulator가 차지하고 있다. 한편, 전기기기의 지지용 insulator 및 bushing도 polymer concrete를 소재로 하여 상품화 되어 있다.

본고에서 송배전용 rubber shed polymer insulator와 polymer concrete insulator의 국내의 개발 현황, 제조상의 핵심기술, 앞으로의 전망 등에 관해 기술하고자 한다.

II. Polymer Insulator Material의 요구 특성

1. 내열성

고분자는 절연재료로서의 우수한 특성을 가지고 있지만 탄소결합을 근간으로 하고 있기 때문에 열에 약하다. 따라서 고온에서 기계적 물성저하가 생기는 열가소성 고분자는 거의 이용되지 않고 대부분 경화성 고분자(thermoset 내지 rubber)가 사용되고 있다. 특히 후자는 자체로도 내열성이 좋지만 열에 잘 견디고 열전달이 좋은 무기물의 다량(80~90%) 첨가가 가능하여 내열특성 향상과 열발산이 우수한 복합물 제조가 가능하다.

2. 내후성

지구에 도달되는 고에너지 태양광은 자외선인 280~290nm의 파장부터 시작되는데 이들 광에 의해 고분자의 결합 전자 ionization은 불가능하고 단지 π 전자의 excited state에로의 전이는 가능하다. 그런데 이렇게 여기된 상태에서는 자체가 radical로 분해되기도 하고 산소 수분에 의

해 산화되어 본해가 일어나기도 한다. 따라서 이들 팜을 흡수할 수 있는 불포화 결합을 가진 고분자는 내후특성이 좋지 않는데 이 결합이 없는 silicone, EPDM, cycloaliphatic epoxy, 불포화 폴리에스테르 등의 경화성 수지를 복합화한 절연물이 옥외에서 신뢰성을 인정받고 있다. 더우기 복합화할때 자외선 흡수제, 산탄에 의한 팜 차단제, 산화안정제 등을 첨가하여 내후성이 좋은 복합재료의 개발이 가능하다.

3. 내트래킹성

절연물은 사용중에 표면이 오손되기 마련인데 적절한 수분조건이 되면 surface leakage current가 증가하게 되어 tracking이 발생한다. 이때 전기적 stress와 함께 발생하는 열에 의해 복합적으로 열화가 진행되는데 이는 tracking 발생의 조건인 수분의 막 형성에 영향을 주는 surface energy, 고분자의 화학적 분해에 기여하는 오손물질의 종류, 자외선 조건 등과 깊게 관련되어 있다. 이렇듯 오손과 열화가 계속적으로 진행되면 leakage current가 많아지고 dryband 생성에 이어 flashover로 진전된다.

III. Polymer Insulator의 장점

- 우수한 기계적 강도
- 가벼워서 제조, 운반, 설치 용이
- 우수한 오손특성(low surface energy, water repulsion)
- mass productivity (low cost)
- 폭발시 비산하지 않음
- 설계의 가변성이 우수 (누설거리 확대)
- 긴급 제조 가능

IV. Polymer Insulator의 종류별 개발 현황과 핵심기술

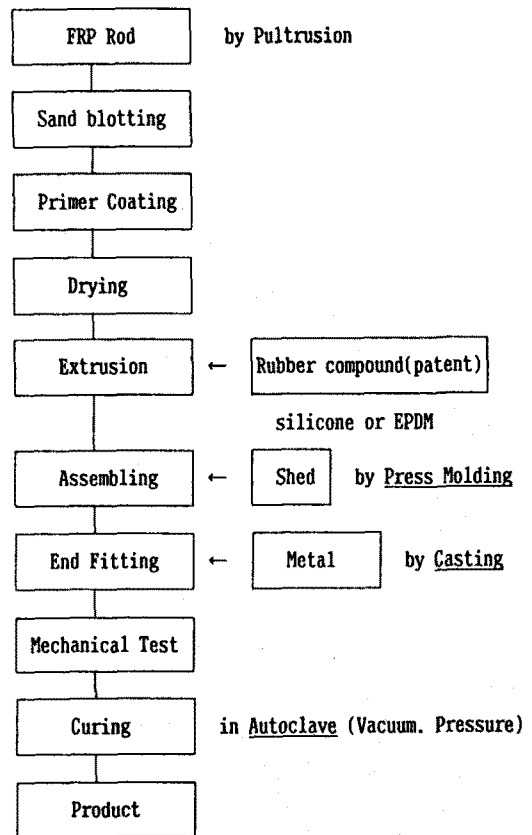
1. rubber shed polymer insulator

인발(pultrusion)에 의해 고인성 fibre와 수지를 결합시켜 고강도 FRP봉이나 관을 만들 수가 있다. 이들 위에 내후특성이 좋은 실리콘 또는 EPDM 고무로 shed를 만드는데 규모가 큰 것은 고무 shed를 몰드에서 찍어 조립하는 방법을 택하고 작은 규모는 FRP봉을 금형속에 넣고 한번에 5~6개의 shed를 사출 press한다. 그리고 양쪽끝에 금구류를 압착하여 부착하면 된다(그림 1a). 유사한 방법으로 FRP관 위에 rubber shed 제작이 가능한데 관 내부에 소자를 넣고 양쪽을 봉하면 피뢰기가 되는데 제작이 간편하고 특성이 우

수한 것으로 판정되어 선진국을 중심으로 사용이 급증하고 있다.

이런 방식의 고분자 절연물을 만드는 미국 소재 회사와 제조 process를 아래에 나타내었다.

회사명	소재지	비고
Lapp Insulators	Le Roy, New York, USA	EPDM, silicone 고분자 arrester
Ohio Brass	Mausfield, Ohio, USA	EP 고무, 고분자 arrester
Sediver Inc.	York, South Carolina, USA/France	EPDM
Reliable	Chicago, USA	EPDM, silicone
NGK	Baltimore Maryland, USA	일본 NGK의 미국현지공장
A.B.Chance	USA	distribution only
Salisbury	USA	"

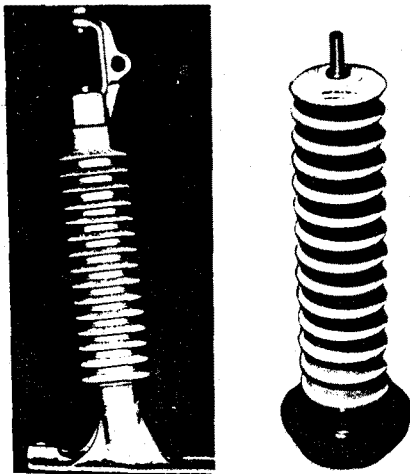


rubber shed polymer insulator의 제조 process

2. polymer concrete insulator

경화성 수지에는 80%이상의 무기물 보강재를 첨가하여 복합재료화 할 수가 있는데 무기물의 양이 훨씬 많고 수지의 경화반응에 의해 딱딱하게 굳어지므로 고분자 콘크리트라고 한다. 무기물을 이렇게 다량으로 첨가하는데는 여러가지 이유가 있다. 첫째, 기계적 강도, 특히 충격강도를 향상시키기 위함이고 둘째, 수지의 경화시 수반되는 부피감소를 최소화하여 정밀성형물의 제조시 부피축소에 따른 문제점을 줄이고 셋째, 수지보다 값이 싼 무기물 보강제를 첨가하여 생산원가를 줄이며 넷째, 전기재료로서 요구되는 내아크성, 내후성, 열전도성 등의 여러가지 기능을 보강하기 위함이다. 이와 같은 고분자 절연물은 육내 지지용 insulator, 기 기용 bushing 등에는 오래전부터 사용되어 왔는데 최근 내후특성이 좋은 몇몇 고분자가 개발되므로써 육외용 지지애자 및 현수애자가 실용화되어 있다.

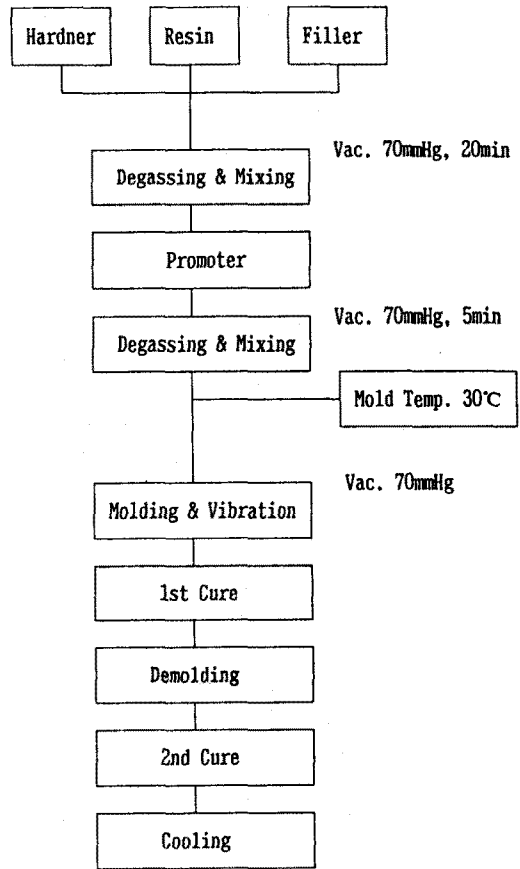
이와 같은 절연물의 개발은 미국의 EPRI가 주축이 되었으며 Syn Technics, Inc. (Memphis Tenn, USA)와 Lindsey Manufacturing Co. (Azusa, Ca. USA)가 개발에 성공하여 polysil insulator라고 하여 생산하고 있다. 현재 국내에서도 육내기기용 bushing 및 지지절연물이 상업화 되어 있고 (그림 1.b) 선진국에서는 10년 이상 field에서 사용중에 있다. 이러한 경우 product의 가공기술은 소재 자체의 특성 못지 않게 중요한데 제조 process는 사용하는 수지, 경화 조건, 가공장비 등의 상황에 따라 상당히 다르다.



(a)

(b)

그림 1. rubber shed polymer insulator(a)와 polymer concrete insulator(b).



polymer concrete insulator 제조 process

V. Polymer Insulator의 전망

- 유럽은 1970년도 그리고 미국은 1975년도 부터 상업화되기 시작하여 15~20년 정도 field에서 사용되고 있으며 특성이 좋아 사용량이 꾸준히 증가할 것이다.
- 배전용은 polymer insulator로 거의 대체되어 갈 것으로 예상된다.
- 송전용도 멀지않아 50%정도는 대체될 것으로 본다.
- 배전용 피뢰기는 선진국을 중심으로 점진적으로 대체되어 갈 것이다.