

폴리머 애자의 신제품 개발동향

한국전기연구원
심대섭

1. 서론

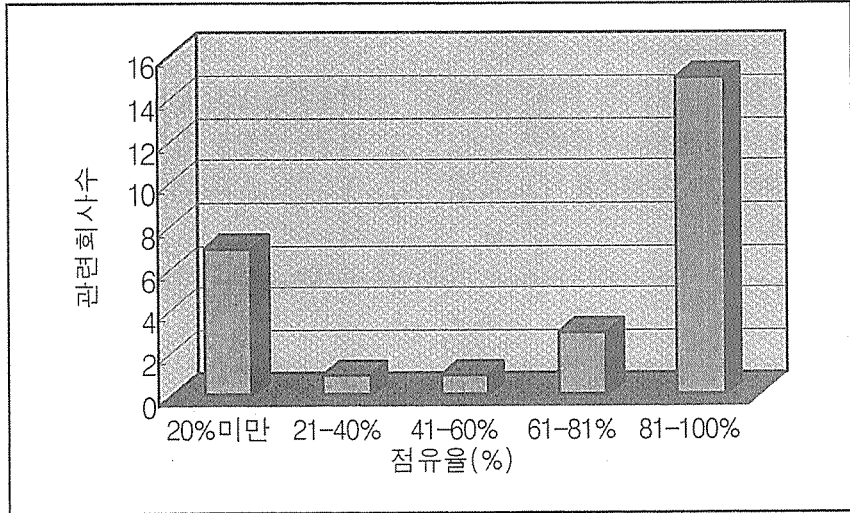
Polymer 애자는 중량이 가볍고 오손 습윤시에도 발수성이 우수하며, 설계가변성으로 제작이 용이하고, 경량화가 가능하고, 또한 가격도 저렴하여 구미 선진국에서 1970년도부터 송배전 계통에 적용하여 사용중에 있다. 현재 국내의 경우 송전계통은 적용 검토 단계이고, 1994년도부터 배전계통은 초기 14만여개를 수입하여 사용중이며, 국산 polymer 애자도 최근에 개발하여 기사용중에 있다.

이러한 polymer 애자의 절연재료로는 전기적 특성 및 내후성이 우수한 EPDM 고무와 실리콘 고무가 주로 사용되고 있으며, 그 사용효과도 자기애자보다 우수한 것으로 평가되고 있다. 그러므로 본 보고는 polymer 애자에 관계된 기술의 발전과 송전 및 배전계통의 신뢰성 향상등을 위하여, polymer 애자의 신기술 개발현황을 간략히 소개하여, 향후 polymer 애자의 확대사용시 애자개발계획에 참고 자료가 될 것으로 생각된다.

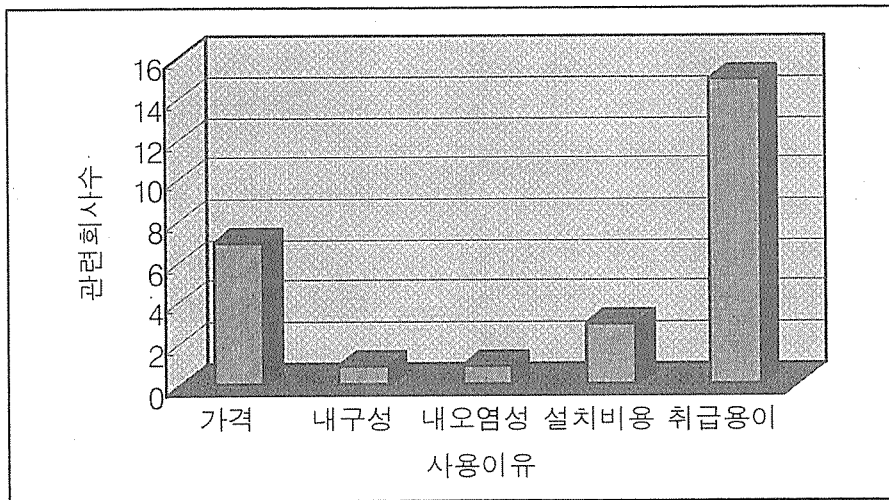
2. 국내·외 기술동향

국내외의 polymer 애자에 관한 기술개발은 polymer

재료의 사용용도에 적합한 특성을 갖는 재료에 관한 연구가 진행되었다. 이는 현재 사용되고 있는 EPDM 과 실리콘의 특성이 다르고, 따라서 적용되는 사용 범위가 조금 다르기 때문이다. EPDM은 제조가 용이하고, 저중량에 비하여 높은 내구성과 내후성을 갖고, 무엇보다도 생산원가가 적기 때문에, 광범위하게 이용되는 재료이지만, 기후와 장기사용에 의한 열화와 그로인해 발생하는 tracking, erosion, 그리고 flashover 등의 문제점이 지적되어 왔다. 반면에 실리콘 소재는 장기사용에 대한 안정성 및 뛰어난 내후성을 가지고 있기 때문에 EPDM에서 발생하는 문제점은 빈번하게 발생하지는 않지만, 무엇보다도 고비용의 제조원가가 소요되기 때문에 광범위하게 적용되는데 문제점이 있다고 지적되었다. 그림 1에 polymer 애자를 사용하는 이유에 대하여 나타내었다. polymer 애자의 사용이유는 사기재료의 애자에 비하여 제조비용이 저렴하고 내구성이 뛰어나며, 내오염성이 우수하고, 설치비용이 저가이며, 취급이 용이하기 때문이다. 이러한 장점을 가진 polymer 애자를 현재 사기애자로 사용되는 많은 부분을 이미 대체하고 있다(그림 2). 따라서 polymer 애자 개발은 polymer 애자를 사용함에



(그림 1) 미국의 총사용 애자에 대한 polymer 애자의 사용율 (27개 전력회사 대상)



(그림 2) Polymer 애자의 사용이유

있어 그 용도와 사용이유를 명확히 하여 사용 목적에 부합되는 특성을 지닌 재료를 개발하는데 연구가 진행되고 있다.

가. 국외현황(미국)

(1) 배전계통

1970년 polymer 애자개발 이래 광범위하게 사

용되고 있으며, 특히 해안의 오존지역에 실리콘 애자를 사용하여 이미 그 성능이 우수함이 확인되었다. 특히, 초기에는 EPDM과 EPDM/실리콘 블렌드 또한 사용되었으나, 실리콘 소재가 수명이 길고, 전체적 성능이 우수하여 실리콘 재질을 주로 배전계통에 이용되고 있다.

(2) 송전계통

1990년도 이후 표준규격을 제정하여 송전계통에도 polymer 애자를 적용하고 있다. 230kV급 현수에 자 및 Line post 애자에 적용되어 사용하고 있다.

나. 국내현황

국내에 적용된 polymer 애자를 정리하면 다음과 같다.

- 1994~1997년까지 미국에서 14만개를 수입하여 사용
- 현재 polymer 현수애자, 폴리머 피뢰기에 대한 한전규격을 제정하여 확대사용
- 송전급 장간애자가 국내에서 개발되어 철도청 고속전철에 적용예정
- polymer 현수애자, polymer 파워휴즈, 송전용 polymer 장간애자, polymer 변압기 붓싱들의 KS 표준화 규격제정 완료 또는 제정중
- polymer COS 애자에 대한 한전구매규격을 제정하여 업체 개발중

3. 기술개발 내용

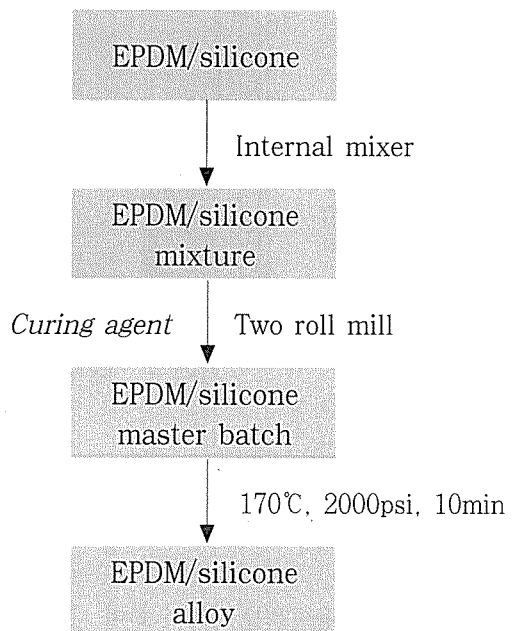
폴리머 애자의 소재기술개발 - EPDM/실리콘 블렌드 개발

가. 특징

- 기존 EPDM의 물성향상과 전기적특성 및 내환경성의 균형을 부여
- 실리콘 고무의 가격을 전감하여 EPDM 고무의 가격수준으로 제조
- 실리콘 고무의 기계적 강도 보완

나. 제조방법

- 상용화제를 이용하여 내부혼련기에서 base polymer 제조
- EPDM/실리콘 base polymer의 compound 제조(그림 3)
- 배합비(표 1)



(그림 3) EPDM/실리콘 블렌드의 제조과정

〈표 1〉

EPDM/실리콘 블렌드(ES polymer) 제조의 배합비

	EPDM (phr)	Silicone (phr)	Compatibilizer (phr)	Cuing agent (phr)
ES - 0	100	0	0	1.5
ES - 10	90	10	10	1.5
ES - 30	70	30	10	1.5
ES - 50	50	50	10	1.5
ES - 70	30	70	10	1.5
ES - 90	10	90	10	1.5
ES - 100	0	100	0	1.5

(1) 상용성 확인

- 전자현미경을 이용하여 ES polymer의 미세 분산구조 확인
- ES-90 및 ES-70은 실리콘상이 EPDM에 고르게 분산된 미세구조를 형성
- 그림 4, 그림 5 참조

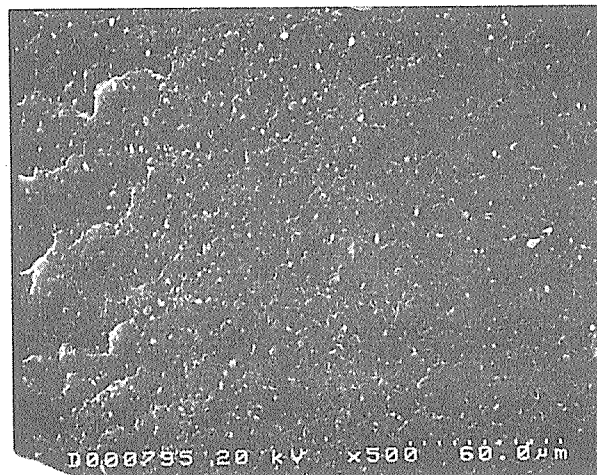
(2) 기계적 특성의 확인

- 인장시험을 통한 기계적 특성의 확인

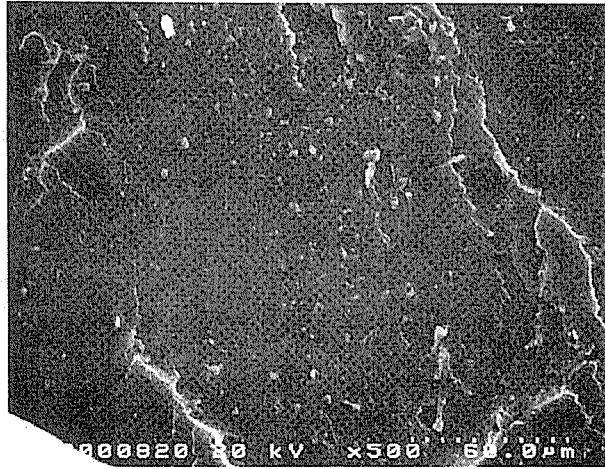
- ES-90 및 ES-70의 인장강도 및 신율은 EPDM보다 우수함
- 그림 6, 그림 7 참조

(3) 전기적 강도의 확인

- 절연파괴전압의 측정을 통해 확인
- ES-90 및 ES-70의 절연파괴강도는 EPDM보다 우수함
- 그림 8 참조



(그림 4) ES-90의 미세상구조.(×500)



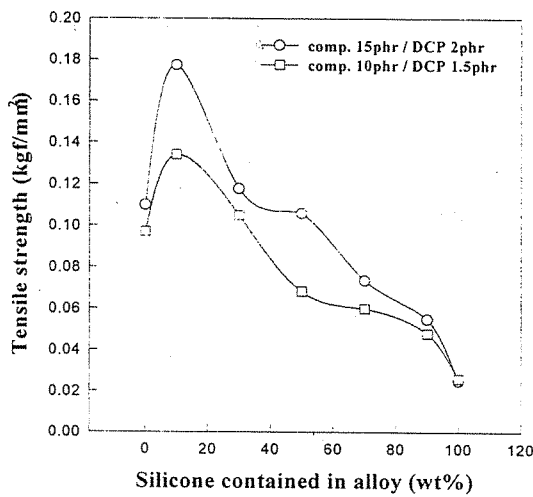
(그림 5) ES-70의 미세상구조.(×500)

(4) 유전율의 확인

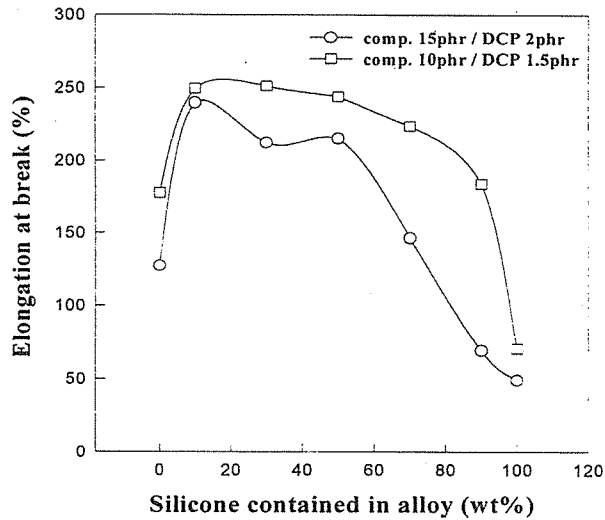
- Guard-ring capacitor를 이용한 유전율의 확인
- ES-polymer의 유전율은 EPDM과 실리콘의 중간이며, 실리콘의 함량에 따라 증가
- 그림 9 참조

(5) 내트랙킹성능 확인

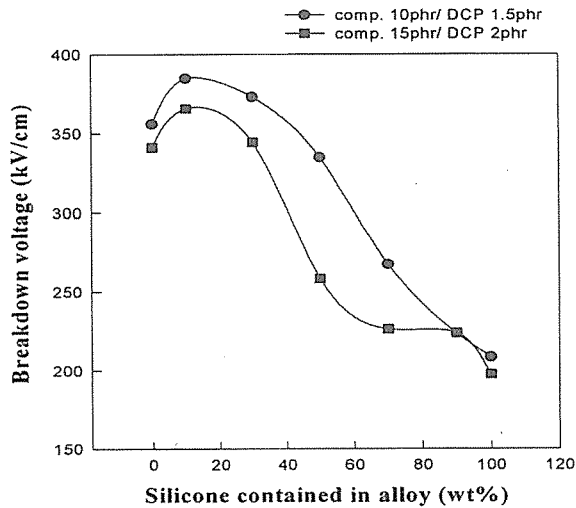
- 경사평판법을 이용하여 확인
- ES-70의 내트랙킹 성능이 가장 우수
- 표 2 참조



(그림 6) ES polymer의 인장강도



(그림 7) ES polymer의 신장율

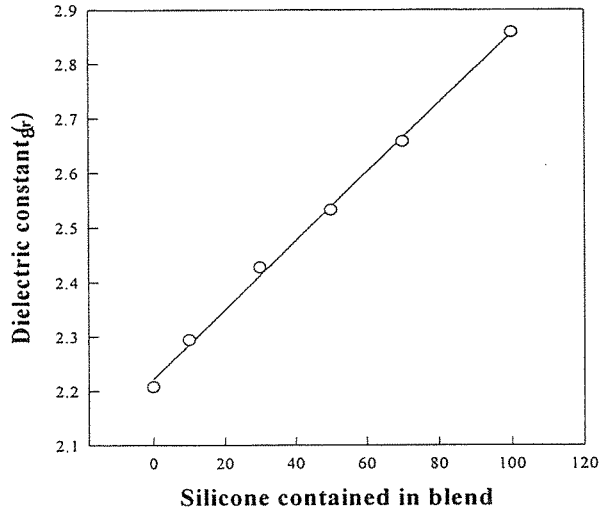


(그림 8) ES polymer의 유전강도

<표 2>

ES polymer의 내트래킹 성능평가

Typo	unit	ES-0	ES-10	ES-30	ES-50	ES-70	ES-90	ES=100
Sicontent	wt%	0	10	30	50	70	90	100
Mass reduction	wt%	2.11	0.83	0.58	5.49	5.40	3.08	0.13
Time at failure	Min	>360	>360	>360	>250	>190	>310	>360
Erosion	Min	2.55	1.24	1.09	3.95	3.98	3.05	0.31
Passed the test	Y/N	Y	Y	Y	N	N	N	Y



(그림 9) ES polymer의 유전율

4. 적용분야 및 기대효과

가. 적용분야

- 배전용 polymer 현수애자, polymer 피뢰기, bushing, polymer COS 애자, polymer 파워휴즈, polymer line post 애자, polymer 변압기 bushing 등
- 성능 평가후 송전용 애자의 대체가능여부 진단

나. 기대효과

- Polymer 애자의 소재기술 향상
- EPDM 애자의 실리콘 소재와 대등한 성능개선 가능
- ES polymer의 사용에 의한 제조원가 절감

5. 결론

Polymer 애자는 구미 선진국에서 지속적으로 확대 사용하고, 그 고기능성이 평가되어지고 있다. 국내의 산업발달과 이에 따른 전력사용의 급증으로 송배전 계통의 절연재료의 고기능화가 필연적으로 요구되어지는 추세이므로 폴리머 애자의 housing 또는 shed용 소재로 사용되는 신소재 절연물의 용도에 대한 개발이 요구되어진다. 또한 국내의 고압 옥외용 절연재료 산업은 일부 배합처방된 소재를 수입하여 가공, 조립 생산에 의존하는 실정이기 때문에 사용환경의 다변화에 따른 좋은 재질특성이 요구되는 새로운 측면에 접근하지 않을 수 없다. 따라서 polymer 신소재 애자의 개발은 polymer 애자의 상품화를 가속시키고, 자체적 공정기술 및 평가 기술의 주도적 역할로 제품의 선진화에 기여할 것으로 기대된다.