



가공송전선로 애자적용 실태와 전망



최진성
한국전력공사 송변전건설처 차장

1. 개황

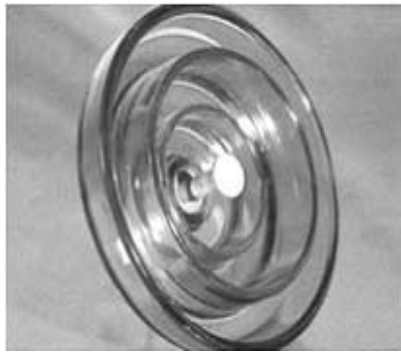
송전선로에 사용하고 있는 애자는 전기설비의 충전부(전선)를 절연시켜 철탑 또는 기타 지지물에 취부하기

위한 것으로 절연체의 재료에 따라 자기애자, 유리애자, 폴리머애자로 구분할 수 있다.

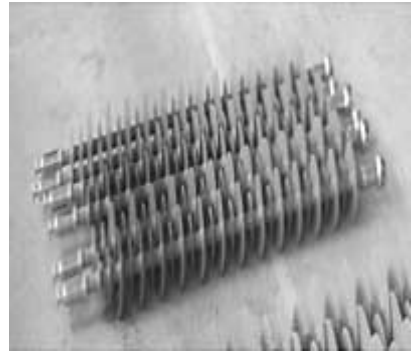
폴리머애자는 복합소재 애자 또는 NCI(Non Ceramic Insulator)로도 통용되고 있다.



[자기애자]



[유리아자]



[폴리머애자]

애자는 전기설비의 품질을 결정하는 매우 중요한 자재로서 품질 불량으로 이상이 발생할 경우에는 대형 설비고장으로 발전하기 때문에 열악한 기상 조건에도 충분히 견뎌야하고, 전기적·기계적 특성 확보와 장기간 특성의 저하를 일으키지 않는 내구성과 전기적 절연 내력을 가져야 함과 동시에 누설전류가 적어야 한다.

2. 현황

가. 재질 종류

현재 전 세계적으로 송전선로에 사용되고 있는 애자는 크게 자기애자, 유리아자, 폴리머애자로 구분된다.

자기애자는 도토(陶土), 장석, 석영 등의 미분(微粉)을 적당한 비율로 배합하여 반죽한 것을 고온으로 소성(燒成)하여 제작한 것으로써 배전선로에 많이 사용되는 자기애자와 특고압, 초고압 송전선로에 고장력 및 고강도용으로 활성시킨 알루미늄을 배합하여 만든 고강도 자기애자가 있다.

유리아자는 70% 이상의 규토(Silica, SiO₂)로 구성되어 있고 저온으로 용해하기 위하여 Na₂O(산화나트륨)를,

내구성을 향상하기 위하여 CaO(산화칼슘)를, 제작상의 편리와 특성의 유지를 위하여 MgO(산화마그네슘), Al₂O₃(Alumina), K₂O(산화칼륨)의 성분을 적당한 비율로 배합하여 높은 온도의 로(爐)에서 용융한 후 금형에 부어 제작한다.

제작과정에 따라 표면온도를 내부보다 저온으로 급냉하고 다시 내부온도 보다 고온으로 가열하는 과정을 수회에 걸쳐 반복하면서 냉각한 고강도 유리아자와 서서히 자연 냉각시켜 제작한 보통 유리아자가 있다.

고강도 유리아자는 특고압, 초고압 선로에 많이 사용되고, 보통 유리아자는 배전선로에 많이 사용된다.

폴리머애자는 에폭시 수지를 함유한 섬유유리(Fiber Glass) 봉에 전기적·기계적·열적 피로에 견디는 물질을 도포한 고물질 갖을 붙여 만들며, 자기애자나 유리아자에 비하여 수명은 짧지만 점차적으로 그 사용이 증가하고 있는 신소재의 애자이다.

구조는 심재(Core)와 절연부(Housing)로 구성되며 절연성능을 유지하면서 동시에 기계적 하중에 견뎌야 하는 심재는 봉 형태의 유리섬유 강화 프라스틱(FRP Rod)으로 되어 있고, 심재의 표면은 고무계열의 절연부가 감싸고 있다.

나. 애자 특성 및 제조 과정

■ 종류별 특성

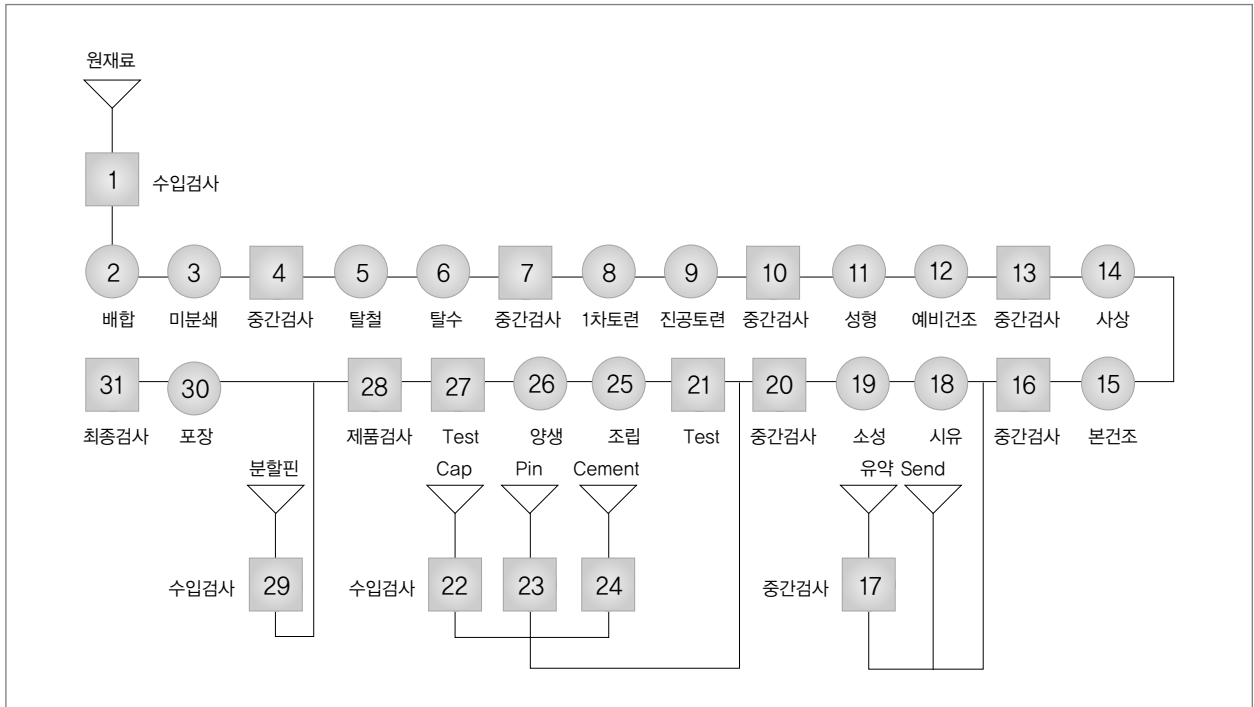
항 목	자기애자	유리애자	폴리머애자
신뢰성	○	○	△
시공성	△	△	○
경제성	△	△	○
기 타	<ul style="list-style-type: none"> • 회사별 품질차이 큼 • 충격, 내오손 특성 우수 • 급준파 특성 열등 • 잔류강도 열등 	<ul style="list-style-type: none"> • 회사별 품질차이 큼 • 중량, 불량애자 식별, 급준파 특성 우수 • Shattering, Vandalism, 내오손 특성 열등 	<ul style="list-style-type: none"> • 불량 검출방법 없음 • 취급부주의 시 손상 • 경량 • 내오손 특성 양호

※ ○ : 우수, △ : 보통, × : 열등
 ※ Vandalism : 무의식적인 파괴 충동욕구 및 파괴 행위
 ※ Shattering : 유리애자의 열처리(Toughening)시 내부에 불순물이 포함될 경우 제작 후에 외부 충격이 없어도 Shell이 자동으로 파열

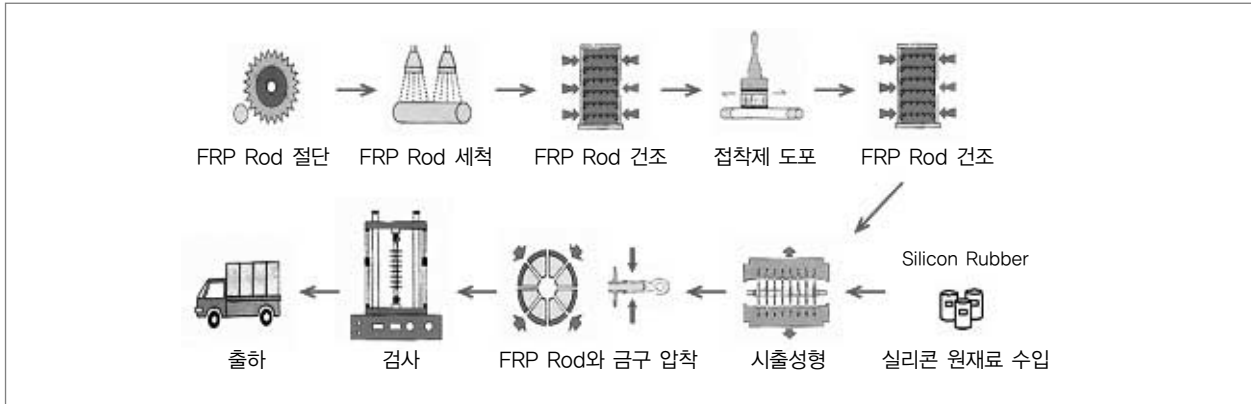
■ 애자 제조 과정

애자의 제조과정은 애자를 만드는 주요 재료별로 다르다. 일반적으로 도자기를 만드는 점토를 이용하여 제조하는 자기애자의 경우 수많은 단계의 과정을 거쳐야

하나 폴리머애자는 자기애자의 제조과정에 비하여 비교적 제조공정이 단순하다.



자기애자의 제조 공정

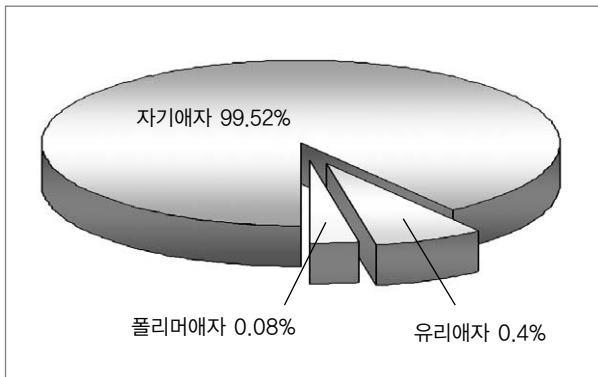


폴리머애자의 제조 공정

다. 동향

우리나라의 가공송전선로에 사용되고 있는 애자를 살펴보면 대부분이 자기애자를 사용하고 있으며, 일부 유리애자와 폴리머 애자가 사용되고 있다.

전국에 산재되어 있는 송전선로가 통과하는 지역의 염해에 의한 오손도 및 전압별로 사용하고 있는 애자의 규격은 각각 다르며, 가장 많이 설치되어 운영되고 있는 자기애자에 대하여 요약해 보면 다음과 같다.



(2010. 6 기준)

애자 종류	설치 수량	점유율
자기애자	9,321,373	99.52%
유리애자	37,034	0.4%
폴리머애자	7,613	0.08%
합 계	9,366,020	100%

국내 송전선로 애자 사용 현황

규격별 애자 사용개소

전압	사용개소	애자 형태
154kV	25,000 LBS : 청정지구, 현수 또는 내장형 25,000 LBS(FOG) : 오손지구, 현수 36,000 LBS : 청정지구, 오손지구 내장형	ANSI Type
345kV	210 kN : 청정지구, 현수 또는 내장형 210 kN(FOG) : 오손지구, 현수형 300 kN : 청정지구, 오손지구 내장형	IEC Type
765kV	210 kN : 청정지구, 점퍼형 210 kN(FOG) : 오손지구, 점퍼형 300 kN : 청정지구, 현수형 300 kN(FOG) : 오손지구, 현수형 400 kN : 청정 및 오손지구 현수형, 내장형	IEC Type
기타	530, 400 kN : 한강 횡단 등 장경간 횡단개소	-

※ ANSI(미국 공업규격) : American National Standards Institute
 ※ IEC(국제 표준규격) : International Electro-technical Commission

■ 자기애자

전 세계적으로 상용화 되어 널리 사용되고 있는 애자 가운데 하나인 자기애자는 우리나라의 송전 철탁에서 흔히 사용되고 있는 애자이다. 1984년 이전에는 일본 등 외국에서 전량 도입하여 사용되었으나 그 이후 국내 업체인 고려애자와 신한애자가 자체 개발한 154kV 송전선로용 자기애자가 한전에 납품되었다. 그러나 신한애자가 폐사하면서 현재는 고려애자가 국내 유일의 송전용 자기애자 생산업체로 존재하고 있다.

세계적으로도 700kV급 이상 송전선로에는 모두 자기애자나 유리아자가 설치되어 있으며, 최근 미국과 남아프리카공화국, 중국 등 일부 전력회사에서 폴리머애자를 700kV급 송전선로에 적용하기 시작하였다.

기술이 급격하게 변하는 전자, 통신 분야와는 달리 전력 산업은 신뢰성을 매우 중요시하기 때문에 전력회사의 의사결정도 보수적인 경향이 있다. 이러한 경향은 전압 등급이 높아질수록 더욱 강해진다. 한전은 아직까지 765kV 송전선로에 폴리머애자를 확대 사용할 만한 여건이 성숙되지 않았다고 판단하여 자기애자를 사용하고 있다.

국산 자기애자의 품질향상으로 고려애자에서 제조하고 있는 애자가 154kV 송전선로는 물론이고 345kV 이상 송전선로에도 사용이 점차 늘어나고 있다. 과거 345kV 이상 송전선로용 자기애자를 자연적 독점상태로 공급하여 왔던 일본 NGK사는 자국 공장에서는 300kN 내염형, 400kN 일반형과 같은 고부가가치의 애자를 생산하고 300kN 일반형 이하 애자는 가격경쟁력이 높은 중국 공장에서 생산하여 우리나라 시장에 공급하고 있다.

또한 2006년 한전 345kV 송전선로에 최초로 300kN 일반형 애자를 공급했던 중국의 대련애자가 2009년

210kN, 2009년 300kN과 400kN 일반형 애자를 공급하고 있으며, 쑤조애자도 2011년부터 400kN을 비롯하여 초고압 볼소켓형 현수애자의 입찰에 참여할 수 있는 자격을 보유하게 되어 국내외 4개 업체가 초고압용 볼소켓형 현수애자 시장에서 경쟁을 하고 있다.

■ 유리아자

자기애자와 함께 전 세계적으로 널리 사용되고 있으며, 우리나라에서는 1970년대 프랑스 차관으로 건설된 345kV 송전선로에 유리아자가 처음으로 설치되었다. 이후 1997년 현수애자 공급업체 다변화를 위한 시도로 일부 345kV 송전선로에 프랑스 Sediver社의 유리아자가 설치되었다. 그 외에도 프랑스 TGV를 들여온 KTX 고속철도 구간에 유리아자가 설치되어 있다. 자기애자에 비해 사용 역사는 다소 짧지만 자기애자와 달리 내부적인 절연파괴 고장을 일으키지 않는 특징이 있다.

절연체가 유리로 되어 있는 점을 제외하면 자기애자와 큰 차이가 없으나 자기애자와 달리 내부 절연파괴 고장이 발생되지 않아 일부 국가에서는 자기애자보다 우선하여 쓰여 지고 있다. 주로 유리의 원료가 되는 석영이 풍부한 유럽지역에서 발달되었다. 프랑스의 Sediver社는 세계적인 유리아자 제조회사이며, 우리나라에는 현재 유리아자를 생산하는 업체가 없다.

■ 폴리머애자

자기애자나 유리아자에 비해 가볍기 때문에 시공성이 좋은 장점이 있으며, 실리콘 재질의 경우 발수성이 뛰어나 오손성능이 좋은 것으로 알려져 있어 바닷가, 공장지대 등 오손이 심한 지역에서 많이 사용된다.

한전은 2006년부터 154kV 송전선로에 폴리머애자를 점차 확대 사용한다는 방침을 세우고 있었으나, 공급자

측면의 문제로 인해 실질적인 확대 사용이 지연되고 있다. 이에 따라 한전은 송전선로용 폴리머애자 시장을 활성화하기 위한 목적으로 국내 제조업체의 시험사용 기간을 단축하였다.

국의 제조업체는 국외 전력회사에 일정 수준 이상의 납품실적이 있고 사용 결과가 양호한 경우 그 실적으로 시험사용을 대체할 수 있도록 하는 공급자 등록 완화 기준을 내놓았다. 이에 따라 현재 중국의 3개 폴리머 제조업체가 국내 판매회사와 손을 잡고 한전의 공급 유자격업체로 등록되어 154kV 및 345kV급 폴리머 애자를 한전에 납품하고 있으며, 현재 국내에서 유일하게 폴리머애자 납품자격을 보유하고 있는 평일산업이 이들 중국 업체와 가격 경쟁을 벌이고 있다.

3. 전망

중국은 최근 급속한 경제성장으로 인해 전력설비의 확충이 활발히 이루어지고 있을 뿐만 아니라 폴리머애자의 사용이 급격히 증가하고 있으며 이에 대한 연구도 활발히 진행되고 있다. 이로 인해 중국의 폴리머애자는 향후 세계 시장뿐만 아니라 국내시장에도 영향력을 점차 키워나갈 것으로 전망된다.

우리나라의 345kV 이상 송전선로용 자기애자 시장의 판도는 2003년 이전에는 일본의 독점상태였다.

이후 국산애자의 개발로 일부 품목에서 경쟁 환경이 조성되었고 2006년에는 중국산 자기애자가 가세하여 경쟁이 본격화되었다.

또한, 중국의 애자업체가 국내 시장으로 진입하게 되면서 가격 경쟁력을 잃게된 일본애자의 경우 내염형 등 고부가가치 애자를 제외하고는 중국내 생산기지를 활용할 수 밖에 없는 실정으로 사실상 국내 애자 시장은 중국 제조업체와 국내 업체와의 경쟁구도로 조정되고 있다. 하지만 저임금으로 대량생산이 가능한 중국 업체의 가격 경쟁력이 국내 업체보다 우수하여 향후 국내 애자시장에 미치는 영향이 거세질 것으로 전망되며, 이에 따른 애자의 품질을 확보하는 것이 최대 관심사로 떠오르고 있다.

한전은 2011년 이후부터 154kV 및 345kV 송전선로도 전량 폴리머애자로 사용할 계획이었으나, 1999년 이후 시험 사용하고 있는 154kV 선로용 폴리머애자의 일제 점검 결과 불량사항이 일부 발생되었다. 또한 2010년 3월 765kV 폴리머애자가 당진화력 구내에서 불량을 일으킴에 따라 자기애자를 대체하는 폴리머애자의 전면 사용계획을 일부 변경하게 되었다. 국내 송전선로에 사용되는 애자 수요는 폴리머애자의 교체주기를 고려한 경제성과 자기애자와의 동일한 성능이 입증되기 전까지는 당분간 자기애자의 수요가 폴리머애자를 앞서갈 것으로 전망된다. KEA