

ZnO Varistor 국산화 기술 개발

김 대 준

(일진전기 기술연구소 재료개발팀장)

1. ZnO Baristor 의 개요

Varistor는 Variable Resistor를 축약한 단어로 이해할 수 있으며, 우리말로 하면 전압의존성 저항체를 의미한다. 즉, 전압의 변화에 따라 저항이 변화하는 비직선성(Non Ohmic Property)을 특성의 요체로 하는 다소 특이한 저항체인 것이다.

Varistor를 구성재료에 따라 분류하면, 여기에서 언급하는 ZnO계와 SiC계, Se계 등으로 나눌 수 있으며, 각각의 특성과 제조방법에 있어 서로 상이하다.

ZnO Varistor는 주원료인 산화아연에 산화비스머스를 비롯한 수종의 첨가물을 넣고 일반적인 전자공업공정을 사용하여 제조된 Ceramic소자를, 전극처리 등의 후공정으로 처리한 제품이며, 그 기능은 전압안정, 펄스전압의 억제 및 써어지과전압의 흡수등으로 폭넓은 응용범위를 가지고 있다.

ZnO Varistor의 응용예를 들어보면, 가전기거나 컴퓨터 등 전기 전자기기의 전원써어지대책, 통신선 등 가공선로로부터의 써어지대책, 유도성부하 차단 및 개폐써어지의 흡수, 순간적 과전압으로부터 반도체소자의 보호, 마찰정전기 등에 의한 이상과 전압으로부터의 보호, 각종 전자기기의 회로전압의 안정화, 각종 피뢰기용 소자 등으로, 각종 서지대책 및 전압 안정화에 사용된다.

종전에는 SiC Varistor가 많이 사용되었으나, 약 20년 전에 일본의 마쓰시다전기에서 ZnO Varistor

를 세계 최초로 개발, 실용화한 이래, 이 ZnO Varistor가 주류를 이루어 광범위하게 보급되어 오고 있다. 이는 ZnO Varistor가 SiC Varistor의 최대 단점인 저전류영역특성을 크게 보완함과 함께, SiC Varistor의 장점인 큰 전류내량특성을 손상시키지 않는 우수한 재료이므로 필연적인 결과라 할 수 있다.

이 글에서 언급코자 하는 Varistor는, 우선 위의 분류에 의하여 산화아연을 주성분으로 하는 ZnO Varistor인데, 이 ZnO Varistor는 용도별로 전력용과 전기전자용으로 나누어진다. 즉, 전력용은 비교적 대형의—30mm dia, 10mm t이상—피뢰기용 소자를, 전기전자용은 주로 직경 20mm 이하급의 통신용이나 가전기용의 소형 부품을 의미한다. (사진 1참조)

당사에서 기업화를 추진하여, 현재 판매하고 있는 제품은 전기전자용으로써, 지금부터 이 제품의 국산

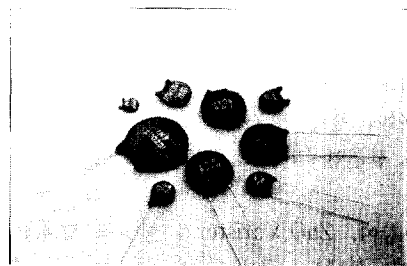


사진 1. 당사에서 생산 중인 전기전자용 ZnO Varistor

화 기술개발 및 기업화의 과정에 대하여 기술하고자 한다.

2. 국산화 기술개발 동기

당사에서 ZnO Varistor와 인연을 맺게 된 것은 배전선로용 피뢰기에서 찾아진다. 약 7,8년 전, 당시 회사의 주력제품 중의 하나였던 피뢰기는, Gap Type으로써 SiC Varistor를 사용하였으며, 주 수요처를 한전으로 하는 제품이었다.

그 당시, 미국이나 일본 등의 선진국에서는 이미 ZnO Varistor를 사용한 무공극피뢰기(Gapless Arrester)를 개발하고 있었으며, 그 핵심기술은 피뢰기용 ZnO Varistor소자의 제조기술이었다.

이 무공극피뢰기는 특성상 공극형피뢰기의 약점인 속류특성이 없는 등 장점을 가지며, 공극이 필요없어 조립이 간단해지는 등 경제성도 우수하여 개발효과가 매우 큰 것으로 평가되고 있었다.

SiC Varistor는 그 전기특성상 누설전류가 크다는 약점을 가지고 있어, 이 소자를 피뢰기에 사용하기 위해서는 반드시 Air Gap(공극)을 사용하여야 하는데, ZnO Varistor는 누설전류가 매우 적어 공극을 설치할 필요가 없으므로, 무공극피뢰기의 제작이 가능한 것이다. 따라서, ZnO Varistor 소자의 제조기술 여하에 따라 무공극피뢰기 제작의 가능여부가 결정되는 것이다.

당시 국내업체에서는, ZnO Varistor는 물론이고 SiC Varistor의 제조기술이 전혀 없었으며, 당사에서 생산 중이었던 공극형피뢰기도 그 핵심요소인 피뢰기용 소자 즉, SiC Varistor를 수입하여 제작되고 있었다. 다시 말하여, ZnO Varistor 소자에 관한 국내업체에서의 기술적 기반은 전무하다시피 한 형편이었다.

ZnO Varistor는 기능성 Ceramics 중 Electronic ceramics에 속하는데, 당시 국내 요업계에서는 이러한 분야에 관한 활동이 비로소 시작되는 단계로써 아직은 전문연구인력도 적고, 연구활동도 많지 않았다.

이와같이, ZnO Varistor가 세상에 발표된지 10여년이 지났는데도, 국내에서는 업체는 물론 학계에서도 그리 알려져 있지 않은 상태였는데, 당사는 선진국들의 기술개발추이를 인지하고, 이의 개발을 모색

하게 되었다.

소위 High-Tech 기술이라, 외국과의 기술세류도 어려운 상황이었으므로, 국산화 개발만이 유일한 기술확보방안이었었는데, 마침 KAIST(KIST의 전신)에서 이 ZnO Varistor에 관한 연구를 진행하고 있었으며, 또한 이 연구과제의 책임자였던 오명환 박사(현 KIST 응용물리전자공학부장)는 불란서에서 ZnO Varistor를 전공한 후, 귀국하여 이 분야에 관한 많은 연구활동을 수행함으로써 학술적 기초를 다져놓은 상태였다. 이에 당사에서는, KIST와의 공동연구를 제의하여, “반도체 피뢰기소자의 개발에 관한 연구”라는 제목으로 연구계약을 맺어 국산화 기술개발을 시작하게 되었다.

당사와 ZnO Varistor와의 인연은 상기한 바와 같이 피뢰기소자용으로써의 ZnO Varistor이었으며, 이 글에서 기술하는 전기전자용 부품으로써의 ZnO Varistor 개발은 별도의 KNOW-HOW 계약을 통하여 이루어졌으며, 이 계약 역시 KIST의 오명환 박사의 연구보고서인 “고압전류흡수용 ZnO Varistor피뢰기의 국산화 개발”을 대상으로 한 것이었다. 즉, 이 ZnO Varistor 국산화 개발은 KNOW-HOW 계약에 의한 기초기술의 사전확보 및 기업에서의 제품화 연구개발을 통하여 이루어졌다고 할 수 있다.

3. 사업성 검토 및 기업화 착수

당사에서 이 ZnO Varistor를 기업화하기까지의 과정을 간추려보면, 사업성 검토, 제품 연구개발 및 시제품 제작, 생산 LINE의 준비, 시운전, 생산 및 판매로 요약할 수 있으며, 각각의 과정에 관하여 간략하게나마 기술해 보고자 한다.

전술한 바 있지만, ZnO Varistor는 Electronic Ceramics에 속하는 소재부품으로써, 그 제조방법은 Ceramic Process를 토대로 한다. 주물제품과 전기기기품이 주생산품이었던 당사로서는, 전혀 분야가 다른 이 ZnO Varistor의 기업화는, 사실 처음부터 많은 난관을 각오하지 않을 수 없었다.

KIST와 KNOW-HOW 계약을 체결한 때가 1984년 3월이었으며, 이후 기초기술의 습득을 겸한 선행개발과 사업성 검토에 약 1년 반 정도가 소요되었다.

당시 회사로서는 Ceramics 분야에 아무런 토대가

없었으므로, 우선 KIST의 협조를 얻어, 당사 연구원을 관련 연구실에 파견하여 기초기술의 습득 등 선형개발을 진행하였으며, 이와 병행하여 시장조사 등의 사업성 검토에 필요한 사전조사부터 수행하였다.

각종 통계자료의 수집 및 분석, 수요업체 방문조사 등의 여러 방법을 동원하여 국내의 시장을 조사한 결과, 연간 수요가 약 30억원 정도, 수요업체는 가전 MAKER와 전화기 등의 통신기 MAKER, 그리고 누전차단기 등의 전기제품 MAKER 등으로 상당히 광범위한 것으로 분석되어, 일단 사업전망이 있는 것으로 판단할 수 있었으며, 이에 따라, 기술개발 및 기술조사에 본격적으로 착수하게 되었다.

수요조사를 진행하는 과정에서 느꼈던 점은, 우리나라의 각종 통계가 원하는 수준까지 구체화되어있지 않았다는 점이었다. 물론, 통계자료에 대한 각계의 필요가 분야에 따라, 또 ITEM에 따라 많은 차이가 나는 것은 분명하겠지만, 여하튼 우리가 목표하는 ZnO Varistor에 관한 직접적인 통계자료는 어디에서도 찾을 수 없어 어려움을 겪었다. 그래서, 간접적인 방법을 동원하였는데, 이는 ZnO Varistor를 그 부품으로 사용할 가능성이 있는 제품들을 대상으로 하여 이 제품들의 생산량을 통계자료로부터 조사, ZnO Varistor의 수요를 역산하였고, 이를 다시 대표적인 수요업체의 방문조사를 통하여 확인 및 수정을 해나가는 방식이었다. 수요업체를 방문조사하는 과정에서 우여곡절도 제법 있었는데, 분명히 ZnO Varistor를 사용하는 것으로 판단되었던 제품인데 설계변경 등의 이유로 사용치 않는 것을 확인하였을 때는 풀이 죽기도 하고, 예상치 않았던 제품이 사용하는 것을 알았을 때는 좋아하기도 하였다.

이와 같이, 방문조사를 통하여 확인 및 수정을 해나가는 일은, 번거롭기도 하고, 시간도 많이 소요되었지만, 비교적 정확한 수요예측이 가능하였다.

이 ZnO Varistor는 Protective Device이기 때문에, 사용자측에서는 가능하면 사용치 않으려는 경향이 있는데다 가격마저 다른 범용부품에 비해 상당히 바싹기 때문에, 그러한 사용회피경향이 심했다. 예를 들어, 어느 업체의 TV에는 '84년 경만 해도 TV SET당 4-5개씩 사용하던 것을, 그 후로는 전연 사용치않고 있으며, 여타 TV 업체에서도 수출품 등의 한정된 모델에만 적용하고 있다. 그러나, 각종 전자

제품이나 통신기기에는 IC등의 Surge에 민감한 고가의 능동소자를 점차로 많이 채용하는 경향이 있는데다가, 외국의 전기전자제품에 관한 안전규격이 Surge 대책에 매우 엄격해지는 추세였으므로, 국내에서도 이의 사용이 확대될 것이 낙관적으로 기대되었으며, 최종소비자의 보호라는 측면에서도 가급적 많은 제품들에 사용되어야 할 터였다.

수요조사 등의 사업성검토와 병행하여, 회사내에 연구실험실을 갖추어 기술개발도 활발히 진행해 나갔는데, 개발이 진행됨에 따라, KIST와의 계약에 의해 취득된 기초기술만으로는 해결할 수 없는 기술상의 문제점들이 대두되었다. 즉, ZnO Varistor의 특성평가에는, Surge Generator등의 고가의 특수한 평가장비들이 필요한데, 기초기술을 연구할 때는 설비상의 문제로 검토되지 못했던 몇 가지 특성들이 문제가 되었던 것이다. 제품개발시에 문제에 대두되었던 몇몇 특성들을 열거해보면 제한전압특성, 서지내량특성, 에너지내량특성 등 주로 대전류영역의 특성들이었다. 이러한 특성들을 향상시키기 위하여, 원료의 조성 및 제조공정에 관하여 수많은 실험을 반복하였다. Ceramics의 개발은 원래가 Trial and Error 방식의 실험을 반복하여 이루어진다고 할 수 있으며, 따라서 개발에 장기간의 시간이 소요된다. 약 1년 반의 끈질긴 작업 끝에 실험실에서나마 시제품의 제작에 성공하여, 양산준비에 들어갈 수 있었다.

당시, 수요조사, 기술조사 등의 기초 자료의 수집 및 분석에서부터, 사업계획의 작성, 그리고, 기술개발에 이르기까지의 개발과정에 있어서, 진척이 부진할 때는, 무모한 일을 시작했다고 비판 견 위로를 하는 사람도 있었고, 개발팀장으로써 압박감에 시달리기도 하였지만, 가장 견디기 어려웠던 것은 스스로와의 싸움이었다.

광범위한 업무가 힘에 겨워, 혹독한 시련을 겪고 있다는 생각, 업무의 성격상 누구의 도움도 기대하기 힘든데서 오는 고독감 등으로 고통스럽기도 하였지만, 오히려 어려운 만큼 도전할 만한 가치도 있고, 일하는 보람도 있다고 생각하며, 꾸준히 개발 작업을 추진해 나갔다.

4. 국내 최초의 양산기술 개발 성공

당시 국내의 Electronic Ceramics업계의 상황을 보면, 제조하는 품목이 Ceramic Capacitor와 Ferrite 정도였으며, 기술수준도 그리 높지 않았다. Ceramic Capacitor의 경우를 보면, 제조역사는 10년 이상이나 되고 생산량도 연간 수억개에 이를 정도로 양적으로는 발달되었지만, 일본산 배합원료를 수입해서 성형 이후의 공정처리를 하거나, 더욱 심한 경우는 소성까지 된 소자를 들여와 조립을 하는 정도였다.

이는, Electronic Ceramics의 핵심기술인 소재기술이 낙후되었던 탓으로, 그러한 형태로 생산된 제품의 부가가치는 당연히 적을 수밖에 없었고, 제품의 품질경쟁력에도 한계가 있어, 소재기술의 국산화 개발은 매우 절실한 형편이었던 것이다.

이와 같이, 국내의 기술수준이 낙후되어 있는 상황에서, 그 기술이 일본과 미국 정도의 선진국에 독점되어 있었던 ZnO Varistor를 국산화하는 것, 그것도 원료의 배합기술을 포함하는 일체의 제조기술을 외국 기술의 도입 없이 국산화한다는 것은 매우 획기적인 일이었으며, 성공 가능성에 회의적이었던 사람도 많았던 게 사실이었다.

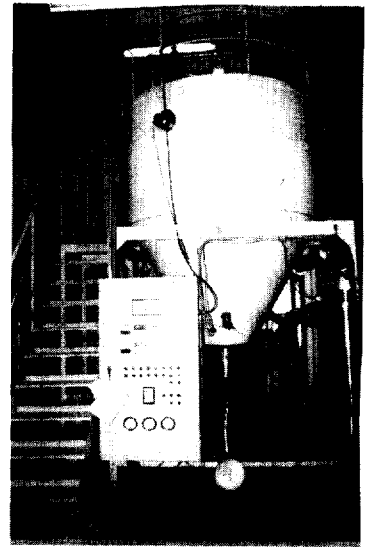
여하튼, 실험실에서의 시제품 제작에 성공할 즈음, 이미 우리 개발팀은 양산설비와 공장의 LAY-OUT에 관한 검토를 이미 마치고, 양산 SYSTEM도 거의 완료된 상태였다.

혼자서 개발에 착수한 것이, 이때쯤 해서는 개발팀이 6명으로 늘었고, 별도로 생산팀까지 구성되어 양산을 준비하고 있었다.

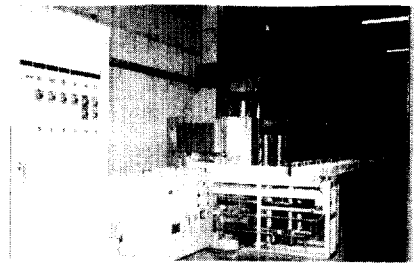
양산설비를 준비하던 단계에서의 가장 큰 애로점은, 이 분야에 관련한 전문가나 경험자가 없었던 것으로, 그야말로 배우면서 검토하는 식으로 진행할 수밖에 없었다.

특히, Spray Dryer와 같은 원료처리설비는 일본에서 수입하였는데, 당시 국내의 Ceramics업계에서는 처음으로 도입하는 설비로써, 검토단계에 자체 실험실에서 배합한 원료를 일본에까지 들고 가서 직접 적용한 후에야 도입을 결정할 수 있었다.

이 Spray Dryer의 적용 실험을 2회 하였는데, 처음에는 경험이 없어 Slurry—원료분말과 물과의 혼합물—를 일본까지 들고 갔는데, 약 50kg이나 되는 Slurry를 석유통에 넣어 들고 가느라 땀도 많이 흘렸고, 공항 세관원들에게 구박도 받았지만, 정작,



(a) Spray Dryer



(b) Tunnel Kiln

사진 2. 관련 양산설비의 예

Spray Dryer업체에서 이를 보고 눈이 휘둥그레졌다. 원료분말만 들고 가서 현지에서 물과 혼합하면 되는데, 고생을 사서 한 것이었다. 어쨌든, 이 Spray Dryer는 2년 이상을 사용하고 있는데, 그동안 한 번도 말썽을 부리지 않고, 부품 하나 교체하지 않고 잘 사용하고 있으니 미리 고생을 한 덕인지도 모르겠다.

시운전 과정에서도 가장 어려웠던 공정이 원료처리공정이었는데, 구체적으로 설명하면, 혼합공정에서의 Slurry Condition조절문제와 Spray Dryer운전 조건이었다.

이 두 가지는 서로 깊은 관계를 가지고 있어, 이의 해결에 장시간을 소요하였고, 투입된 Batch—Ball Mill에 1회 투입하는 것을 1Batch라 함—만 해도 무려 40여 Batch나 되었다. Ball Mill을 1

Batch운전하는데 약 하루 반이 소요되므로, 연속하여 시운전을 행하였다 해도 약 2-3개월 정도가 소요된 셈이다.

이러한 제반 과정을 거쳐, 사업성 검토를 시작하고부터 약 4년여 만에야 국산화 개발된 제품을 시장에 내놓을 수 있었던 것이다.

5. 맺음말

일진전기공업주식회사는 국내 최초로 첨단 전자세라믹스 제품인 ZnO Varistor의 국산화 개발에 성공하여, 정부로부터의 신기술 제품 보호를 받는 등 인정을 받았으며, 그 이후로도 제품의 성능 및 신뢰성 향상 등의 연구개발을 지속하여, 미국의 UL, 캐나다의 CSA 등 외국의 우수 안전규격을 획득, 품질의 우수성을 입증받고 있을 뿐만 아니라, 현재 국내의 광범위한 수요업체에의 납품은 물론, 미주와 구라파지역을 비롯하여, 홍콩, 싱가포르, 대만 등의 아시아 지역 등 많은 나라에 수출을 시작하고 있다.

아쉬운 점이 있다면, 국산화 개발이 이루어지자 일본 등의 기존 MAKER들이 가격을 대폭 인하함에 따라, 가격경쟁이 치열해져, 개발비 및 초기 설비투자비의 부담을 상대적으로 크게 안고 있는 국산개발

업체로써는, 힘겨운 가격경쟁을 해야 하는 등, 국산화 개발이라는 명분 외에는 기업의 투자효과를 크게 기대하기 어려운 실정이다.

따라서, 앞으로는 이러한 면이 정부 등에서 고려되어, 첨단기술 등 기술적 파급효과가 크거나 기술축적이 필요한 중요기술들의 국산화 개발시에는 보다 적극적인 정부의 지원시책과 수요업체의 관심이 있어야 할 것이다.

처음, 이 사업에 관심을 가지고 시장조사에서부터, 사업계획, 기술개발, 양산설비검토 및 공장 LAY-OUT설계 그리고, 생산라인의 설치 및 시운전에 이르기까지 어느것 하나도 쉽고 간단한 것이 없었다.

각 단계에서 겪었던 무수한 시행착오와 애로점들 역시 일일이 열거할 수 없을 정도이지만, 회사 경영진의 인내어린 후원과 격려, 솔하게 밤을 새운 개발팀원들의 헌신적인 노력과 단결 그리고, KIST의 오명환 박사를 비롯한 관련 연구개발요원들의 물심양면의 지원으로, ZnO Varistor의 국내 최초의 국산화 개발 그리고, Electronic Ceramics업계에서의 최초의 원료배합기술의 확보라는, 작지만 귀중한 결실을 이루었다고 생각하며, 그동안 관심을 가져주신 모든 분들께 회사를 대신하여 감사드립니다.