

수트리억제 충실 전력 케이블(TR CNCE-W)의 재료에 대한 평가 기술

소진중, 심대섭, 김규섭
한국전기연구원

Assessment of material analysis for TR CNCE-W

Jin-Joong Soh, Dae-sub Shim, Ku-sub Kim
KERI

Abstract : The test method on materials of electrical power cable are used in accordance with 18 specifications of IEC, ICEA, KS and KEPCO Spec. The validation of test methods were checked and established by solving the problems occurred during the test. These tests are tensile strength, hot creep, shrink back, environmental stress cracking, flammability, oxygen index, absorption coefficient, differential scanning calorimetry, amount of ion in semiconductor, void, amber, contaminant and water tree etc. The performance test of power cable made by A, B, C, D company were evaluated and compared.

Key Words : TR CNCE-W, Stress cracking, DSC, Absorption Coefficient

1. 서 론

수트리억제 충실 전력 케이블(TR CNCE-W)은 22.9kV-y 다중접지 지중 배전선로용으로 수밀형 압축도체 위에 수트리억제 가교폴리에틸렌으로 절연하고, 연동선을 감아 불인 중성선을 갖고, 그 위에 폴리에틸렌으로 충실외피를 한 케이블을 말한다. 현재 사용중인 전력케이블의 재료에 대한 평가 항목은 18여 종류로 IEC, ASTM, ICEA, KS 및 한전규격 등의 규격을 기본으로 평가를 하게 되어 있다. 따라서 본 평가 기술에서는 CNCV-W 및 TR CNCV-W에 없는 시험항목이거나 기존 값이 강화된 외피 환경응력균열 시험, 외피 산소지수 시험, 외피 흡광계수 시험 및 반도체층내 이온성 불순물 함량측정 등의 주요 재료시험에 대한 시험방법을 검토하고 시험에 적용하여 시험 시 문제점 등을 도출하고 시험방법을 정립하여 국내의 주요 생산업체 A, B, C, D사 제품 중 325mm를 대표규격으로 비교 평가하였다.

2. 시 험

2.1 외피 환경응력균열 시험

시험편은 38.0±2.5mm×13.0±0.8mm, 두께 3.15±0.15mm인 10개의 시험편을 취한다. ICEA S-94-649의 10.3.1.1에서 정한 노치장비를 이용하여 노치를 낸 다음 구부러져 동합금제의 홀상치구에 넣는다. 지지대는 시험편이 구부러진 다음 5~10분 후 200×32mm 경질 유리 시험관에 홀상치구를 넣고 10%의 Igepel CO-630 용액으로 채우고, 50±0.5℃로 유지된 항온조에 48시간 후 육안으로 시험편의 균열을 확인하여 1개라도 파괴가 된 경우 불량으로 판정한다. 시험 시 시험편이 시험관과 접촉하지 않도록 주의한다.

2.2 외피 산소지수 시험

산소지수법에 의해 연소성을 측정하는 방법으로서 KS M ISO 4589-2에 따른다. 길이 80~150mm, 나비 6.5±0.5mm,

두께 3.0±0.5mm의 시편에 대하여 시험한다. 시편의 추정 산소농도부터 시험을 시작한다. 점화기의 앞을 위로 향하게 했을 때의 불꽃 길이를 15~20mm로 조절한 후 30초 동안 가스를 방출한 다음 시편 상단에 점화한다. 이때 시편 상단 전체에 불이 붙어 불꽃 모양으로 연소하는 것을 확인한 후 불꽃을 제거하고 즉시 연소 시간과 동시에 연소길이 측정을 시작한다. 시편의 연소시간이 3분 이상 계속해서 연소하든지 또는 불이 붙은 후의 연소 길이가 50mm 이상 계속해서 연소하는데 필요한 최저의 산소 유량과 질소유량을 확인한다. 산소지수는 20% 이상 이어야 한다.

표 1. 케이블 종류별 시험항목 비교

시험항목	CNCV-W	TR CNCV-W	TR CNCE-W
내한성	○	○	-
내유성	○	○	-
내부반도전층 굴곡깊이	○	-	-
내외부 체적저항	○	○	-
내외부 가열신율	○	-	-
내외부 내한시험	○	-	-
내외부 이온성 불순물	○	○	○
가교도	○	○	-
산소지수	-	-	○
형상지수	-	○	○
반도전층 시편가열	-	○	○
외피 환경응력균열	-	-	○
외피 흡광계수	-	-	○
외피 DSC	-	-	○

2.3 외피 흡광계수 시험

외피를 미세하게 연마된 판에 넣고 적당한 온도에서 지름 40~50mm, 두께 약 0.01mm인 시편 3개를 준비 한다. ICEA S-94-649의 10.3.1.2의 방법으로 시험하여 320(흡광도

/mm) 이상 이어야 한다.

2.4 외피 특성 시험

외피의 녹는점을 KS M ISO 11357-3(DSC)에 따라 시험했을 때 118~128℃ 이어야 한다. 5~10mg의 시료를 정확도는 0.1mg까지로 한다. 양호한 결과를 얻기 위하여 시료 접시와 시험편 지지대와의 접촉을 좋게 한다. 분당 20℃로 온도의 속도로 외상된 종말 녹는 온도보다 약 30℃ 이상 높은 온도까지 시험한다.

2.5 반도체층내 이온성 불순물 함량 시험

시료 5g을 정확히 측정 후 깨끗한 도가니에 넣는다. 시료가 담긴 도가니와 빈 도가니 2개를 전기로에 넣어 유기물질을 태워서 날려 보낸다. 이때 400℃에서 4시간, 800℃에서 6시간동안 회화시킨다. 5% 질산용액으로 회화된 시료를 녹여 100ml의 매스 플라스크에 채운 다음(침전물이 생길 경우 filter하여 사용) ICP(유도결합 플라즈마 분석기)를 이용하여 농도를 측정 한다. 내부는 300ppm 이하, 외부는 1,500ppm 이하 이어야 한다.

3. 결과 및 고찰

3.1 외피 환경응력균열 시험

오손용액에 대한 시험으로써 각 회사의 시험결과 균열 발생이 없었다.

시험기준	시험결과			
	A 사	B 사	C 사	D 사
균열이 없을 것	이상 없음	이상 없음	이상 없음	이상 없음

3.2 외피 산소지수 시험

추정 산소농도는 27% 부터 시작하여 시험하였다.

시험기준	시험결과			
	A 사	B 사	C 사	D 사
28% 이상일 것	29.4	30.3	30.1	30.5

3.3 외피 흡광계수 시험

난연 충전제로 인한 UV 차단제에 대한 시험으로써 시료의 두께를 0.01mm로 만들기가 어려워 0.1mm 이하의 시험편으로 시험하였다.

시험기준	시험결과			
	A 사	B 사	C 사	D 사
320(흡광도/mm) 이상일 것	583	455	381	409

3.4 외피 특성 시험

열분석은 고분자 재료에 열을 가할 때 고분자가 반응하는 것을 측정하는 방법으로 고분자에 열을 가할 때 반응

하는 가장 중요한 것은 고분자 사슬의 움직임이라 할 수 있다. 열분석기를 이용하여 질소의 분위기에서 외피의 녹는점을 측정하는 시험으로써 각각의 시료마다 균일한 결과를 얻을 수 있었다.

시험기준	시험결과			
	A 사	B 사	C 사	D 사
118~128℃	124.5	122.5	126.6	124.1

3.5 반도체층내 이온성 불순물 함량 시험

이온성 불순물은 수트리를 성장시키는 요인으로 작용하기에 내부 반도체층의 경우 500ppm에서 300ppm으로 강화되었다. 가열로에서 일부 미 분해된 시료는 800℃에서 2시간정도 더 회화 시켰으며, 유기물을 태워서 날려 보낸 시료를 질산용액에 충분히 용해시키기 위하여 약간 가열을 하고 filter 한 후 ICP를 이용하여 Ca, Si, Fe, Al, Zn, Cu, Mg, Ni, K 등 10종에 대하여 성분분석 하였다.

시험기준 (ppm)	시험결과(ppm)			
	A 사	B 사	C 사	D 사
내부 300 이하	84.8	128.2	104.6	206.9
외부 1,500 이하	292.4	370.7	330.6	329.0

4. 결론

모든 성능평가에서 좋은 결과를 얻을 수 있었다. 이온성 불순물 시험의 경우 유기물을 회화시킨 후 나머지 성분을 산에 녹이는 건식회화법을 이용하였으며, 이온성 불순물을 분석하는 중요한 이유는 절연체와 반도체 재료에 수용성 이온이 존재하고 또한 절연체와 반도체층의 계면에 수트리가 발생하기 때문인데 이 현상은 외부 반도체층으로부터 유입되거나 절연체내에 존재하는 이온이 중요한 역할을 하기 때문이다. 즉 불순물이 수트리의 발생과 성장의 주요요인으로 작용하므로 TR CNCE-W에서는 이온성 불순물의 기준을 강화한 것으로 보인다. 외부 반도체층은 쉽게 시료를 채취할 수 있었으나, 내부 반도체층의 경우 시료 채취 시 불순물의 오염으로 만족한 결과를 얻지 못하여 동일한 컴파운드에서 채취하여 시험한 결과 좋은 결과를 얻을 수 있었다.

참고 문헌

- [1] ICEA S-94-649, "Concentric Neutral Cables Rated 5,000-46,000 Volts, 2000.
- [2] KS M ISO 11357-3, "프라스틱-시차주사열량계(DSC), 2003.
- [3] 한전등록구매규격, "수트리적제형 충실 전력케이블", 2005.
- [4] ASTM D 1693, "Environmental Stress-Cracking of Ethylene Plastics", 2001.