

재생 ACSR 전선의 실계통 적용

김주용, 김상준, 송일근
전력연구원 전력계통연구실

Field Application of Recycled Aluminum Wires

Ju-Yong Kim, Sang-Joon Kim, Il-Keun Song
Korea Electric Power Research Institute (KEPRI)

Abstract - This paper presents experimental results on the recycling aluminum wires used in the actual field. Several testings were carried out with the recycled aluminum wires to prove that they are reusable. Mechanical, electrical and oxidation properties of recycled and new ACSR 160 mm² were compared after 7.5 year service aging at the salt contaminated areas of Korean peninsular.

2.1 재생 알루미늄 전선

알루미늄전선은 일반적으로 KSD 2315에 정의된 전기용 알루미늄 지금에 관한 규정에 따라 지금을 사용하고 있으며 전기설비기술기준에 의하여 KSC 3111에 규정된 (전기용 경알루미늄선) 도전을 61% 이상인 알루미늄 소선을 사용하여 만든다.

1. 서 론

최근 산업기자재의 재활용에 대한 사회적 관심이 높아짐에 따라 배전용 전선으로 사용되고 있는 알루미늄 전선의 재활용에 대한 검토가 필요하게 되었다. 배전용 전선 중에서 구리전선은 이미 재활용하여 사용되어지고 있으나 알루미늄은 등에 비하여 산화하기가 쉽고 취급하기가 곤란하므로 지금까지는 전선용으로 재생하지 않고 철거된 알루미늄을 Grade Down하여 2차 합금용으로 사용하여 왔다. 송전용 나알루미늄전선과 배전용 알루미늄전선은 도전을이나 내식성 때문에 알루미늄 99.65%이상의 고순도 알루미늄을 사용해야 하므로 폐알루미늄 전선을 재생 사용하기 위해서는 전선에 묻은 먼지 등의 이물질질을 제거하고 용융시킨 다음 산화물이나 철분 등의 이질 금속을 제거하여 지금(Ingot)을 적당량 혼합시켜 순도가 높여야 한다.

표 1. KSD 2315 전기용 알루미늄 지금의 화학성분

화학성분 %					
Si	Fe	Cu	Mn	Ti+V	Al
0.10	0.25	0.005	0.005	0.005	0.005
이하	이하	이하	이하	이하	이하

본 논문에서는 이상의 방법으로 재생한 ACSR 160 mm² 전선과 고순도의 지금(Ingot)으로 제조한 신품 ACSR 160 mm² 전선을 각각 7년 5개월 동안 부산과 포항의 해안지역에 설치한 후, 시료로서 채취하여 기계적특성과 전기적특성 및 부식정도를 서로 비교함으로써 폐알루미늄 전선의 재활용 가능성을 검토하였다.

알루미늄에 혼입되는 금속성 불순물이 증가하면 서 도전을 떨어지며, 망간, 티탄 등은 알루미늄의 도전에 미치는 영향이 크지만 철, 아연 등은 그 영향이 적다. 이에 대하여 산화물인 경우에는 그 영향이 정량적으로 파악되어 있지 않지만, 산화물량의 증가는 장기적인 기계적강도 및 내식성 등에 영향을 미칠 우려가 있다.

2. 본 론

2.2 불순물 제거방법

금속성 불순물의 제거를 위해 전선을 짧게 자른 다음 자력 선별장치를 2단 이상 설치하여 사용하면 강심부분의 철분을 제거할 수 있다. 한편 산화물의 제거방법으로는 크게 아래의 세가지 방법으로 가능하다. ① 노내에서 알루미늄을 용융시켜 산화물을 부상시키는 방법. ② 용융된 알루미늄이 흘러가는 도중에 고정야과기를 설치하여 알루미늄 용융중의 산화물을 강제적으로 제거하는 방법. ③ 노내에 아르곤가스와 같은 불활성 가스를 불어넣고 이러한 가스에 산화물을 흡착시켜 강제적으로 부상시키는 방법이 있다. 이 방법중에서 용해로의 설비구성을 크게 변경시키지 않고 산화물의 제거효율을 높이고 안정적인 품질을 확보하기 위해서 ②와③의 방법을 병용하였다. 알루미늄 전선만을 사용하여 재생할

경우 재생횟수에 비례하여 불순물량이 축적될 가능성이 있다. 불순물 축적량이 증가하면 도전을 등의 특성이 저하하기 때문에 재생횟수에 제한을 둘 필요가 있다. 재생횟수에 제한을 두는 방법으로는 재생횟수를 전선에 표시하는 방법이 있고, 재생품인가의 여부에 의하여 철거전선을 분별하고 관리하는 방법이 있다. 이와같이 재생횟수에 대한 개별관리가 필요하지만, 많은양을 취급하여야 하는 배전 분야에서는 취급하기가 곤란하다. 따라서 폐알루미늄을 재생시킨것에 순도가 상대적으로 높은 새로운 지금(Ingot)을 혼합시켜 사용해야 한다. n회 만큼 재생한 후의 불순물 축적률은 재생횟수와 철거 알루미늄의 혼합비율에 대해서 아래의 이론식으로 표시할 수 있다.

$$A_n = a \times r \times (1-r^n) / (1-r)$$

여기서 A_n 은 n회 재생후의 불순물 축적률을 나타내고 a는 초기의 불순물 농도를 나타내며, r는 철거 알루미늄의 혼합비율이다.

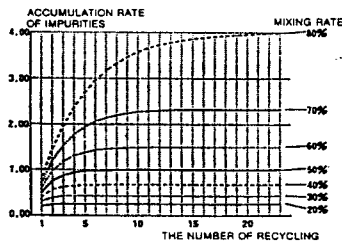


그림 1. 알루미늄의 재생횟수와 불순물 축적률과의 관계

이 식에 의하여 철거 알루미늄의 혼합비율을 변화시켜 재생횟수에 따른 불순물 축적률의 모의 시험결과는 그림 1과 같다. 이 시험에서 알 수 있는 바와 같이 불순물 축적률을 억제하기 위해서는 철거 알루미늄의 혼합비율을 낮추어야 한다. 또한 철거 알루미늄의 혼합비율과 도전율의 관계를 모의 시험하면 여러번 재생할 경우에도 철거 알루미늄의 혼합비율이 50%이내이면 도전율 61.7% 이상을 확보할 수 있다. 이상과 같은 이유로 재생용 알루미늄 전선을 제조하기 위한 철거 알루미늄의 혼합비율은 50% 이내로 하여야 한다.

2.3 재생알루미늄 전선의 경년변화 특성

신품 ACSR과 재생품 ACSR을 비교하기 위해 전기적특성, 기계적특성, 부식강도에 대해 조사했다. 시험에 사용된 시료는 총 8개의 160mm² ACSR 전선이며 이 전선은 내부 Al 2.6mm 18소선, 내부 Al 2.6mm 12소선, 강심 2.6mm 7소선을 가진다. 시료는 지역별로 신품, 재생품을 구분하여 [1]부산신품#1, [2]부산신품#2, [3]포항신품#1, [4]포항신품#2, [5]부산재생#1, [6]부산재생#2, [7]포항재생#1, [8]포항재생#2 로 표시했다.

2.3.1 전기적 특성

KSC 3002.6을 기준으로 체적저항률(mΩ · mm²/M)과 도전률(%)을 산출했다.

신품과 재생품의 전기적특성을 비교한 결과 아래의 그림 2와 그림 3에서 알 수 있는 것처럼 신품이나 재생품 모두 외부층 알루미늄 소선의 특성치는 비교적 넓게 퍼져 있고 내부층 알루미늄 소선의 특성치는 안정되게 모여 있는데 이는 내부층 보다는 외부층이 보다 불균일하게 부식되어 있음을 의미한다. 그러나 전반적으로 신품과 재생품의 체적저항률이나 도전율은 거의 동일한 특성을 보이고 있으며 경년에 따른 뚜렷한 특성 차이를 발견할 수 없었다.

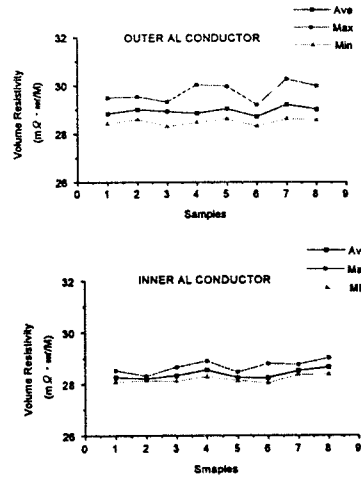


그림 2. 체적저항률 분석

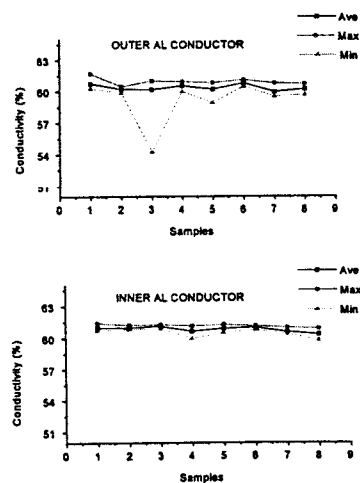


그림 3. 도전율 분석

2.1.2 기계적 특성

기계적 특성을 비교하기 위해 외부 소선(18개)과 내부소선(12개)을 각각 구분하여 실험하였다.

인장강도(kg/mm²)는 표선거리 25cm, 100mm/분 시료의 인장하중으로부터 구하고 신율(%)은 (늘어

난길이-표선길이)/표선길이로 구했다. 비틀림 횡수(회)는 소선경의 100배길이 26cm, 50회전/분 시료의 비틀림 횡수로 구했다.

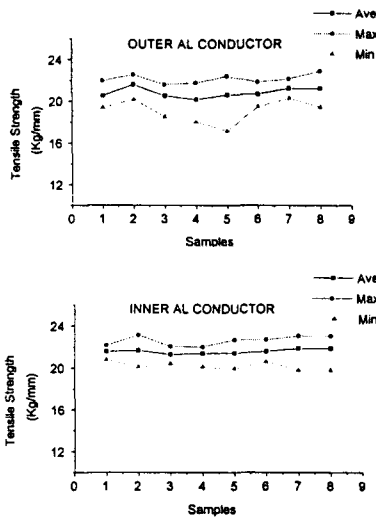


그림 4. 인장강도 분석

그림 4에서 알 수 있듯이 신제품이나 재생품 모두 외부층 알루미늄 소선의 특성치는 비교적 넓게 퍼져있고 내부층 알루미늄 소선의 특성치는 안정되게 모여 있는데 이는 내부층 보다는 외부층이 보다 불균일하게 부식되어 있음을 의미한다. 그러나 인장강도는 거의 동일한 특성을 보이고 있으며 경년에 따른 뚜렷한 특성 차이를 발견할 수 없었으며, 그림 5에서처럼 신율도 거의 동일한 특성을 나타냈다. 그리고 비틀림 횡수는 산만한 분포를 보이고 있으나 이것은 참고적으로 시험한 것으로서 신제품과 재생품을 비교하기 위한 물성적인 의미는 없다.

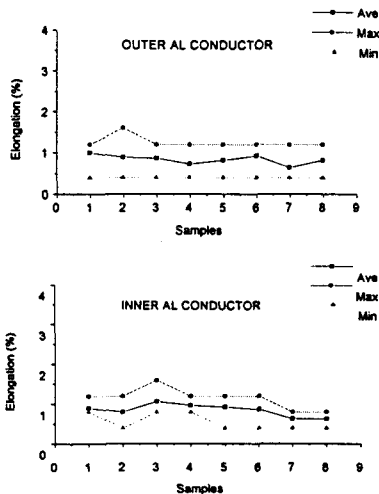


그림 5. 신율 분석

2.3.3 부식정도

신제품과 재생품의 표면을 근접촬영방법을 이용하여 비교하고, 단면은 광학현미경(optical microscope)으로 관찰하여 부식상태를 비교하기 위한 실험이다. 표면을 비교하기 위해 신제품과 재생품의 외층표면과 내층표면을 각각 근접촬영하였고 상대적인 비교를 위해서 신제품과 재생품의 외층표면을 동시에 촬영하였다.

한편, 단면의 비교를 위해 ACSR을 절단하여 mounting하고 단면을 Polishing한 후, 광학 현미경으로 관찰 하였다. 그 결과 부식정도의 뚜렷한 차이를 발견할 수 없었다.

2.3.4 SEM에 의한 단면 비교 분석

신제품과 재생품의 단면을 주사전자 현미경(scanning electron microscope, SEM)으로 관찰하여 조직상의 차이를 비교하였다. 그 결과 신제품과 재생품 모두 유사한 조직을 보이고 있었으며, 뚜렷한 차이를 발견할 수 없었다.

4. 결 론

염해지역에 설치하여 7년 5개월동안 장기 폭로시험한 연구를 통해서 신제품 ACSR전선과 재생품 ACSR 전선의 경년특성을 비교한 결과 전선에서 가장 중요한 전기적인 특성인 체적저항률과 도전을 및 기계적 특성인 인장강도는 뚜렷한 차이가 없었다. ACSR의 표면과 단면을 근접촬영하여 부식상태를 비교하였지만 특별한 차이가 없었다. 또한 주사현미경을 이용하여 신제품과 재생품의 단면을 관찰한 결과역시 유사한 조직을 보여주고 있었다.

위와같은 전기적 특성변화 기계적특성, 부식정도를 종합하여 검토한 결과에 의하면 철거되는 ACSR 전선을 재생하여 사용하는 것은 가능하다고 생각된다. 따라서 폐알루미늄 전선을 재생하여 사용함으로써 전선의 제조원가를 절감하고, 알루미늄 자원과 알루미늄 제조에 따른 에너지 절약에 의하여 환경을 보호할 수 있을 것이다.

[참 고 문 헌]

- [1] 김상준, "재생 알루미늄전선 경년열화특성 연구", 전력연구원, 1996
- [2] 長井 壽, 리사이클과材料設計, 電氣學會研究會, 1994
- [3] 內田 進牛, "알루미늄리사이클 配電線의開發", 電氣現場技術, pp. 36-40, 1992