

소화약제 및 산불에 노출된 가공송전선의 전기적, 기계적 거동 변화

論 文

58-2-5

The Mechanical and Electrical behavior Changes of Overhead Conductor due to Forest Fire and Agents

張容浩[†] · 金秉杰^{*} · 金相洙^{*} · 韓世元^{*} · 金辰漢^{**}

(Young-Ho Jang · Byung-Geol Kim · Shang-Shu Kim · Se-Won Han · Jin-Han Kim)

Abstract - Forest Fire can cause a serious damage to overhead conductors. Therefore, the detailed investigation for the changes of mechanical and electrical properties of damaged conductors should be carried out to understand the effect of forest fires on conductors. This is very much important to maintain transmission line safely. Oxidation of overhead conductor was increased with temperature and time(maximum time : 30min). Conductivity of Al conductor was decreased by Agents. The detailed will be given in the text.

Key Words : ACSR 410mm², Forest fire, Agents, Electrical property, Mechanical property

1. 서 론

우리나라는 최근 몇 십년 동안 엄청난 발전을 이루어 왔다. 그러한 발전의 토대에는 안정적인 전력 공급이 있다고 봐도 과언이 아니다. 그리고 전 국토의 고른 발전 및 산업화가 이루어지면서 어느 지역 할 것 없이 더 많은 양의 안정적인 전력 공급 수요가 증가하고 있는 실정이다.

우리나라는 국토의 약 65%가 산지로 구성되어 있다. 따라서 많은 송전선로가 산에 가설되어 있다. 이러한 지리적 조건에 따라 산불 발생 시 가공송전선은 직, 간접적으로 대부분 산불의 영향권에 속해 있다고 볼 수 있다. 한해 평균 산불의 발생 건수는 약 600건 보고되고 있고 산불에 의한 송전설비의 고장은 약 11건 발생하고 있다. 이것은 전체 송전설비 고장의 약 25%에 해당되는 수치이므로 결코 간과할 수 없는 요인이라 할 수 있다. 산불이 전력의 “안정적인 공급”을 위협하고 있는 것이다.

산불이 발생하여 송전설비의 파손이 발생하게 되면 연이어 “전력 공급”문제가 발생하게 된다. 따라서 산불 발생 시 전력 공급을 최대한 빨리 정상화시키는 것이 피해를 가장 줄이는 방안이 될 것이다. 그러기 위해서는 산불에 의한 피해를 최대한 빨리 파악하는 것이 중요하다. 하지만 현재까지 산불에 의해서 송전설비가 받는 영향에 대한 체계적인 연구는 이루어 진적이 없으며 산불대처방안 역시 확보되지 않은 상황이다.

산불 상황에서 가공송전선 수명은 아주 다양한 인자들에 의해 영향을 받게 된다. 그 중 몇 가지를 예로 들면 화염에

의한 온도 분포와 진화를 위한 진화수 및 소화약제, 화염에 동반되는 분진 등이 있다. 이러한 인자들의 복합적인 작용에 의하여 가공송전선 수명이 결정된다. 하지만 이러한 인자들에 대한 연구가 전무한 상태에서 다양한 인자들을 동시에 고려하는 것은 현실적으로 불가능하다고 판단하였다.

따라서 본 연구에서는 국내 산불 환경에 대한 정확한 자료조사를 토대로 실험 조건을 모의하였으며 산불의 여러 인자 중 화염에 의한 산화거동 및 소화약제 영향에 대해 국내에서 많이 사용되고 있는 강심알루미늄연선 즉, ACSR (Aluminum Strand Conductors Steel Reinforced) 410mm²에 적용하여 ACSR의 기계적, 전기적 거동 변화를 연구하였다.

2. 실험방법

2.1 고온산화거동(AI도체, 아연도금강심)

고온산화거동실험은 산불상황에서 노출온도에 대한 가공송전선의 영향을 분석하기 위하여 실시하였다. 온도에 따른 산화거동은 무게변화와 외관변화를 통해 분석하였다.

실험에 적용하기 위한 온도 조건은 국내 산불 환경을 최대한 모의하기 위하여 선행 연구결과를 참고로 하였다. 선행연구에 따르면 국내 수목지역의 산불 최대 온도는 약 1,200℃이며 대기 온도는 약 800℃이었다. 그리고 가공송전선의 온도는 대기온도의 약 50~60% 사이에서 발현되었다. 따라서 온도 조건은 500℃이하로 조절하였다. 그림 1은 산화거동 실험에 사용한 장비로서 (a)는 시간에 따라 온도를 상승시키면서 무게변화를 살펴보기 위한 열무게분석장치(TGA, Thermal Gravimetric Analysis)이며, (b)는 균열 가열하기 위한 인공 열화 챔버이다.

시편은 ACSR 410mm²의 최외측 Al 도체를 사용하였다. 고온 산화량은 신전선의 무게와 열화 후 무게를 측정하여 그 차이를 이용하여 도출하였다. TGA는 5℃/min의 속도로 온

* 正 會 員 : 寒國電氣硏究員

** 正 會 員 : 慶南地方中小企業靑

† 교신저자, 正會員 : 寒國電氣硏究員

E-mail : jyh100402@keri.re.kr

接受日字 : 2008年 9月 18日

最終完了 : 2008年 12月 24日

도를 상승시켜 500℃까지 온도를 조절하였다. 시편의 앞면과 뒷면은 샌드페이퍼 2000번까지 연마하여 실험의 정확성을 높이고자 하였다.

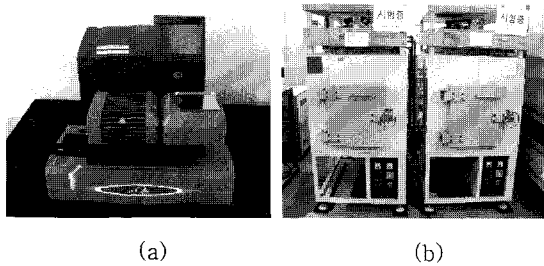


그림 1 산화거동 측정 장비 (a) TGA 시험기(TA instruments-SDTQ600), (b) 인공 열화 챔버

Fig. 1 Equipment for Oxidation behavior
(a) TGA Tester, (b) Camber

2.2 소화약제 실험

가공송전선에 대하여 산불 소화 시에 사용되는 소화약제 영향을 파악하기 위하여 실시하였다. 시편은 가설되어 있는 가공송전선을 모의하기 위하여 ACSR 410mm²전선을 그대로 사용하였다. 전선 온도는 실제 산불 환경을 모의하여 상온에서 400℃까지로 설정하였다. 소화약제는 규정에 2%이하로 사용하게끔 되어 있으므로 물 20ℓ와 소화약제 0.3ℓ를 교반하여 1.5%로 희석하여 사용하였다.

실험은 소화약제에 의한 침투 정도를 1차적으로 살펴보았으며 2차적으로는 침투되어진 소화약제에 의해 오염되어진 가공송전선의 기계적 특성변화와 도전을 변화를 살펴보았다.

그림 2는 소화약제 침투 실험에 사용한 시편의 사진이다. (a)는 ACSR 410mm²전선에서 소화약제의 침투위치이다. ACSR 410mm² 가공송전선은 외부의 2층으로 되어진 Al도체와 내부의 아연도금강심으로 구성되어있으며 각각 연선의 형태로 되어있다. 강심에는 수분의 침투와 부식을 방지하기 위한 윤활제가 도포되어 있다. 따라서 소화약제 침투는 내층과 외층 Al 도체 사이, 내층 Al도체와 아연도금강심사이, 아연도금강심중심인 내측아연도금강심 이렇게 3곳에서 확인하였다. (b)는 침투거동을 확인하기 위해 사용한 시편의 형상이다. 시편의 길이는 약 70cm 이었으며 양 끝단을 통한 침투를 방지하기 위하여 양 끝단은 각 20cm씩 밀봉하였다. 따라서 침투는 시편의 중심을 기준으로 30cm구역에서만 이루어졌다. 그리고 시편의 벌어진에 의한 침투가 아닌 정상상태에서의 침투만을 확인하기 위하여 cable tie 5개를 이용하여 고정된 상태에서 실험을 실시하였다.

침투 시험은 두 가지 방법으로 실시하였다. 첫 번째는 소방헬기나 호스로 산불 진화 시, 공중에서 가공송전선에 소방약제가 투척되는 것을 모의한 Pouring법이고 두 번째는 소방약제에 가공송전선이 일정시간 동안 지속적으로 영향을 받고 있는 것을 가정된 Dipping법이다. Pouring 법은 가공송전선으로부터 30cm 높이에서 1회당 2초 동안 일정량의

소화 약제를 투하하였고, 투하 횟수별에 따라 각 Layer의 침투거동을 알아보았다. Dipping 법은 일정시간동안 소화약제 속에 가공송전선을 침수시켜 침투거동을 확인한 방법이다.

ACSR 가공송전선의 구성 소재의 인장강도를 측정하기 위하여 사용된 인장 시험기는 전선 전용 인장시험기인 1톤 용량 Zwick사의 Z030시험기를 이용하였다. 시험편은 JIS Z 2201 시험편규정을 따라 전체길이는 약 350mm이며 시험편의 중심부에 100mm의 extensor meter를 부착하여 측정하였다. 전선의 도전을 시험은 KS C 3002, IEC 1232 시험규정을 준하였으며, 시편의 길이는 50cm로 하였다. 장비는 TINSLEY MICRO - OHMETER 5890 시험기를 사용하였다.

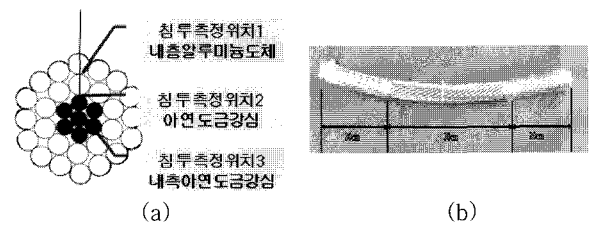


그림 2 소화약제 침투 실험 시편
(a) 침투 확인 위치, (b) 시험편 형상

Fig. 2 Specimen for Agent
(a) measurement position, (b) specimen shape

3. 실험 결과

3.1 고온 산화 거동

3.1.1 알루미늄 소선의 고온부식시험의 결과

그림 3은 ACSR 410mm² 가공송전선의 Al도체를 이용하여 산불 노출 온도 200, 300, 500℃에서 시간에 따른 산화거동을 무게 변화를 통해 확인 한 것이다. 200℃와 300℃에서 알루미늄 도체의 고온산화거동을 살펴보면, 중량이 산화초기부터 약 1분간 감소하다가 이후 증가하는 거동을 확인 할 수 있다. 반면에 500℃에서는 초기에 보이는 중량감소 구간이 보이지 않고 시간에 따라 증가하는 경향을 나타내었다. 초기에 보이는 중량감소거동은 표면의 이물질이 제거되는 현상과 표면이 산화되는 현상이 복합적으로 나타난 것이다. 따라서 산화되는 속도가 느리면 표면 이물질 제거 현상이 더 빨리 일어나 전체적으로 중량이 감소되어진 구간이 나타나는 것이다. 200℃거동과 300℃에서 거동을 비교해보면, 초기 산화량이 300℃가 더 많은 것을 확인 할 수 있다. 그리고 500℃거동을 살펴보면 초기부터 이물질 제거 속도보다 산화속도가 빨라 무게 감소 구간이 나타나지 않는 것을 알 수 있다. 그리고 모든 온도에 대해서 약 30분이 지나면 더 이상의 중량 증가는 발생하지 않았다. 따라서 산화속도는 온도 증가와 비례하며 빨라지며 산화는 약 30분간 발생 후 포화된다는 것을 알 수 있다.

그림 4는 5°C/분의 속도로 상온에서 500°C까지 온도를 증가시키는 조건에서 중량변화를 조사한 것이다. 중량은 실험 시작 후 약 200°C까지 감소되어졌지만 그 이후 점차적으로 증가하여 최고 온도인 500°C까지 지속적으로 증가하였다. 200°C이전에 발생한 중량감소현상은 앞서 언급한 바와 같이 Al 도체가 산화되어 중량이 증가하는 속도보다 Al 도체 표면에 있던 이물질 등이 온도를 증가시키는 과정에서 소실되거나 알루미늄 소선 내 흡착된 가스가 증발되어 중량이 감소되는 속도가 더 빠르기 때문으로 판단된다.

앞의 2가지 결과를 종합하여 보면 Al 도체의 산화로 인한 중량변화는 온도가 높을수록 증가하고 약 30분 동안 발생한다는 것을 확인 할 수 있다. 따라서 국내 수목지역 산불 상황에서 Al 도체의 산화가 가장 많이 발생하는 조건은 가공송전선이 산불에 접한 상태에서 30분 동안 노출되는 것이라고 판단된다. Al 도체의 산화피막형성은 단시간적으로는 내부식측면에서 긍정적인 결과를 보이지만 장시간적으로는 전선의 단면적을 감소시켜 수명 저하의 원인이 된다.

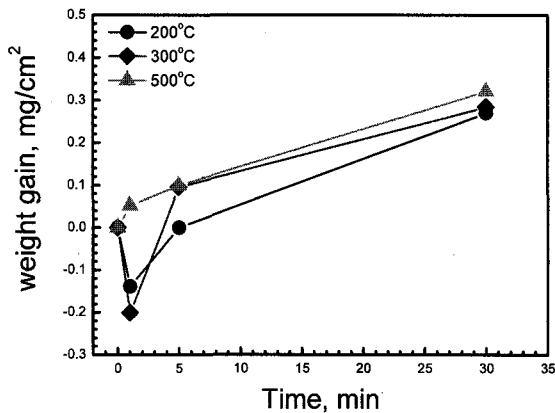


그림 3 열화 온도에 따른 알루미늄 소선의 무게 변화량
Fig. 3 Weight changes of Al conductor

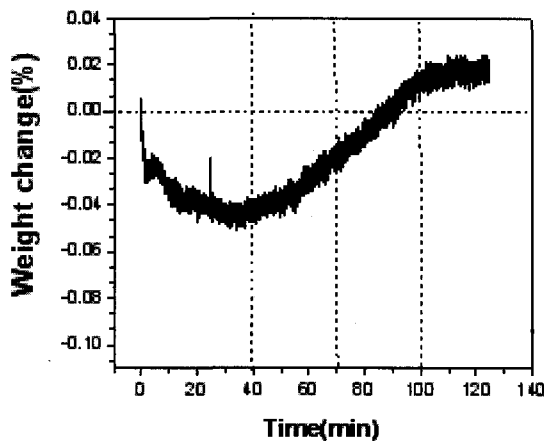


그림 4 TGA를 이용한 500°C의 고온 산화거동
Fig. 4 TGA Test result

3.1.2 아연도금강심의 고온산화거동

그림 5는 아연도금강심의 외관 변화를 온도에 따라 살펴본 것이다. 온도는 Al 도체의 산화거동 실험과 마찬가지로 500°C까지 설정하였다. (a)는 산불에 노출하지 않은 건전한 상태이며, (b)와 (c)는 300°C에 노출한 시편의 외관이다. 상온에서 300°C까지는 온도에 노출 시간이 60분이 경과해도 신전선과 비교해서 변화를 찾을 수 없었다. (d)와 (e)는 400°C에 노출한 시편이다. 노출 시간 20분이 경과한 후 아연도금층이 부풀어 오르는 현상이 발생하였다. 그리고 약 40분이 경과한 후 대부분의 아연도금층이 소실되었다. (f)와 (g)는 산불온도 500°C에 노출한 시편이다. 약 5분이 경과한 후 아연도금층의 부풀음 현상이 나타나기 시작하여 약 10분이 경과한 후 대부분의 아연도금층이 소실되었다. 아연도금층의 소실은 단시간적인 면에서는 가공송전선의 운용에 아무런 영향을 주지 않는다. 하지만 가공송전선을 장시간 운용하게 되면 아연도금층이 소실되어진 부분은 부식의 원인이 되어 급격한 수명감소를 초래한다. 따라서 가공송전선이 산불온도 약 500°C에 5~10분간 노출되는 수명이 급격히 감소되어지는 치명적인 문제를 유발 할 수 있음을 알 수 있다.

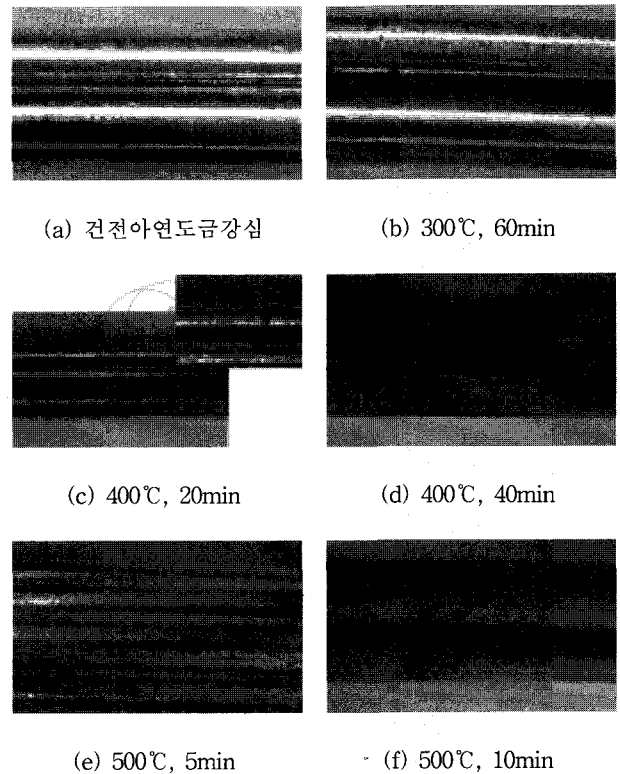


그림 5 아연도금강심 외관변화거동
Fig. 5 Surface changes of Zinc-coated steel wires

그림 6은 ACSR 410mm² 전선을 산불에 노출 시켰을 때의 외관변화이다. (a)는 신전선의 외관이고 (b)는 500°C에서 10분간 노출시켰을 때의 외관이다. (a)와 (b)에서 확인 할 수 있듯이 ACSR 410mm²전선은 500°C에서 10분간 화염에 노출이 되어도 외관상 변화가 없음을 알 수 있다.

그러므로 그림 5와 그림 6을 비교하면, 산불에 노출된 상태에서 외관검사에서 “양호”판정을 받은 가공송전선이라 할 지라도 실제로는 치명적인 문제점을 가지고 있을 가능성이 있다.

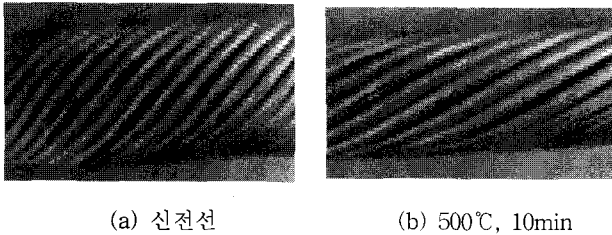


그림 6 ACSR 410mm² 전선의 외관변화거동
Fig. 6 Surface changes of ACSR 410mm²

3.2 소화약제에 의한 영향

3.2.1 소화약제

소화 약제란 소화의 목적을 효율적으로 달성하기 위해 사용하는 것으로 우리나라에서는 산불 발생 시에 수계 소화약제(물, 포)를 사용하게 되어 있다.

소화약제는 연소의 4요소(연료, 산소, 발화점, 연쇄반응) 중 한 가지 이상을 제거할 수 있는 능력이 탁월할 것, 가격이 싼 것, 저장 안정성이 있을 것, 환경에 대한 오염이 적을 것, 인체에 대한 독성이 없을 것의 5가지 조건을 가지고 있다. 그리고 소화 약제를 사용하는 경우는 크게 4가지로 나뉜다. 첫 번째는 산불 확산 속도가 빠른 경우, 두 번째는 화재가 강한 벌채목 등이 있는 경우, 세 번째는 군부대, 사격장 및 지뢰지역 등 인력진화가 어려운 경우, 네 번째는 문화재 등 재산의 가치가 높은 지역인 경우이다. 즉 진화에 있어 어려움이 있는 경우와 빠른 진화가 필요한 경우라 할 수 있다. 따라서 산불의 경우, 가공송전선은 거의 모든 경우 소화약제에 노출된다고 판단된다.

본 연구에서 사용한 Phos-chek은 2006년부터 산림청에서 산불진화과정에서 사용하고 있는 소화약제로 대표적인 성분은 Allpha-olefin, Sulfonate solution, pontanediol docecanol, limonene이다. Phos-chek의 역할은 물의 증발을 억제하고 연소열의 흡수를 용이하게 하여 물이 가연물의 표면에 접촉하게 하여 열전달을 방해하는 것이다. 인체에는 피부, 눈 등에 대해 강한 자극성을 가지며 금속과는 구리, 아연, 알루미늄 또는 그 합금, 철에 대한 부식 작용을 한다. 하지만 2%이하로 희석하여 사용 시에는 인체와 금속에 대한 영향이 거의 없다. 따라서 규정에서도 2%이하로 사용하게끔 정하고 있다.

3.2.2 소화약제 침투 거동

산불 진화시 소화약제가 가공송전선에 어느 정도 침투를 하는지 확인하여 보았다. 시험 방법은 낙하되는 소화약제의 침투정도를 확인하는 Pouring법과 가공송전선이 소화약제에

담겨 있을 때의 침투정도를 확인하는 Dipping법 2가지를 적용하였다.

표 1은 Pouring 법에 의한 침투성 여부와 침투정도를 나타낸 표이다. 1회와 3회 Pouring에서 내층 AI 도체는 상당한 양의 소화약제가 침투한 반면 아연도금강심은 건전한 상태를 유지하였다. 약 5회 Pouring에서 아연도금 강심에 소화약제가 약간씩 도달하기 시작하였다. 그러나 소화약제의 침투량은 다소 미미하였다. 약 7회 이상의 Pouring에서 아연도금강심까지 침투한 소화약제 흔적이 선명해지기 시작하였으며 침투량도 점차적으로 증가하였다. 약 20회 Pouring 결과 아연도금강심의 내층까지 소화약제가 침투한 흔적이 발견되었다.

표 1 Pouring 법에 의한 침투성 여부와 침투정도

Table 1 Osmosis by Pouring method

Pouring 횟수	소화약제 침투성	
	내층 AI 도체	아연도금강심
1	O	X
3	O	X
5	O	O
15	O	O
20	O	O(내층 core)

일반적으로 가공송전선의 내층 AI 도체까지는 소화약제의 침투가 용이하였으나 아연도금강심까지는 침투가 용이하지 않았다. 가공송전선은 각 소선이 S형으로 연선되어 있으며 또한 각 층은 역으로 연선되어 있기 때문에 쉽게 소화약제 침투를 허용하지 않는 구조로 되어 있다. 특히 강심과 AI 도체 사이는 부식과 수분의 침투를 방지하기 위하여 윤활제가 도포되어 있어 소화약제 침투는 더욱 어렵다. 하지만 가공송전선이 산불에 노출이 되면 윤활제 소실 및 birdcage 발생으로 소화약제가 더욱 쉽게 침투 할 것으로 예상된다. 또한 상당히 높은 높이에서 대량으로 투하되는 소화약제는 본 시험법에서 나타난 시간보다 더욱 빠르게 전선내로 침투할 것으로 예상된다. 한번 침투하게 된 소화약제는 역으로 윤활제나 연선구조로 인해 장시간 전선 내에 존재하게 되어 부식을 촉진할 것으로 사료된다.

표 2는 Dipping법에 의한 침투성 여부와 침투정도를 나타낸 표이다. 가공송전선을 소화약제에 Dipping하는 순간 소화약제는 내층 AI 도체까지는 쉽게 침투를 하지만 아연도금강심까지 도달하기까지는 다소 시간이 소요되었다. 약 7초 동안 소화약제에 투입한 전선의 경우 내층 AI 도체에서는 소화약제가 침투하였으나 아연도금강심에서는 소화약제가 침투하지 못하였다. 약 8초 동안 Dipping을 하면 아연도금강심에서 소화약제의 흔적이 발견되기 시작하나 소화약제 침투량은 다소 미미하였다. 이후 Dipping시간에 따라 아연도금강심내로 소화약제의 침투량은 점차적으로 증가하였으며, 약 15초 이상 Dipping시, 아연도금강심까지 소화약제의 침투흔적이 선명해지기 시작하였으며 침투량도 상당하였다. 60초 이상의 Dipping 시험에서는 아연도금강심의 내층에서 소화약제 침투흔적이 발견되었다.

가공송전선내로 소화약제의 침투거동은 2가지 방법이 거

의 비슷하였지만 Pouring법에 비하여 Dipping법이 약간 용이한 것으로 나타났다. 두 가지 방법은 아연도금강심까지 침투되는 시간에서부터 차이를 나타내었다. 아연도금강심이 소방약제에 노출되는 시간은 Pouring법에 의하여 약 10초, Dipping법에 의하면 8초 후부터 나타났다.

표 2 Dipping 법에 의한 침투성 여부와 침투정도
Table 2 Osmosis by Dipping method

Dipping 시간	소화약제 침투성	
	내층 Al도체	Core
1sec	○	×
7sec	○	×
8sec	○	○
15sec	○	○
60sec	○	○[내층 Core]

3.2.3 소화약제가 가공송전선의 강도에 미치는 영향

산불에 노출되어진 가공송전선이 소화약제에 오염되면 기계적 특성에 어떤 변화가 생기는지를 시간 경과에 따라 조사해 보았다.

그림 7과 8은 상온~400℃까지 산불온도에 노출된 후 소화약제에 오염되어진 Al 도체와 아연도금강심의 인장강도 잔존율을 5000시간까지 경과시간에 따라 나타낸 것이다. 산불온도에 노출된 시간은 1분이며 소화약제 오염방법은 Dipping법, 오염시간은 아연도금강심까지 오염이 되는 10초였다. 그 후 5000시간까지 유지하면서 Al 도체와 아연도금강심의 인장강도 변화를 살펴보았다. 참고로 산불에 노출되지 않은 신전선(상온)의 소화약제에 대한 인장강도 잔존율을 함께 나타내었다.

그림 7과 그림 8에서, Al 도체와 아연도금강심은 소화약제에 의한 인장강도 감소가 발생하지 않고 있다. 사실 산불의 진화과정은 가공송전선의 강도적인 측면에 이로운 점이

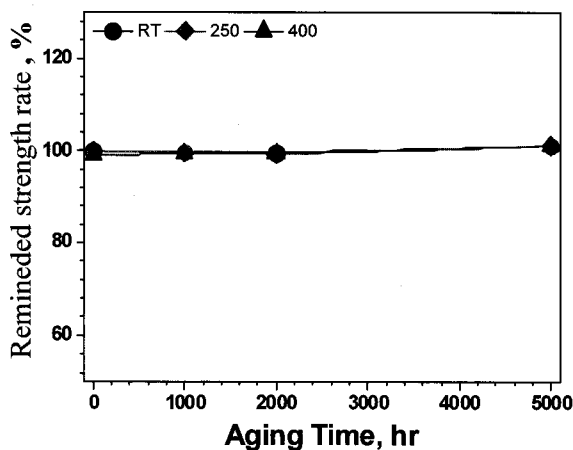


그림 7 Al 도체의 인장강도 변화
Fig. 7 Tensile strength changes of Al conductor

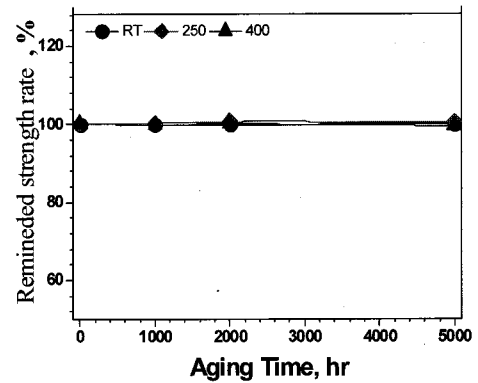


그림 8 아연도금 강심의 인장강도 변화
Fig. 8 Tensile strength changes of Zinc-coated steel wires

있다. 즉 산불화염에 노출된 전선에 대하여 헬기에서 소방약제 또는 물로 진화하면 산불화염에 의해 가열된 전선을 급격히 냉각 시켜 줌으로 강도저하를 방지할 수 있는 측면이 있다. 그러나 강도 측면 이외 부식적인 측면을 고려하며 물이나 소화약제가 전선의 부식과 알루미늄 도체에 균열을 촉진할 가능성이 있다. 이러한 부식에 의한 인장강도 감소는 갑자기 급격하게 나타나기 때문에 추후 소화약제가 전선의 인장강도에 미치는 영향을 지속적으로 조사할 예정이다.

3.2.4 소화약제가 가공송전선의 도전율에 미치는 영향

산불 화염에 노출되어진 가공송전선이 소화약제에 노출되면 도전율에 어떤 영향을 미치는지 경과시간에 따라 조사해 보았다.

그림 9는 상온 ~ 400℃까지 산불 온도에 노출된 후 소화약제에 오염되어진 Al 도체와 아연도금강심의 도전율 변화를 5000시간까지 경과시간에 따라 나타낸 것이다. 전체적인 실험 방법은 앞의 인장강도 변화를 확인한 방법과 일치한다.

그림 9에서 상온은 화염에 노출되지 않고 소화약제에 오염만 된 상황을 가정한 것이다. 5000시간까지 시간이 경과하는 동안 Al 도체는 지속적인 도전율의 감소 거동을 보였다. 그리고 2000시간까지는 산불 노출 온도에 대한 영향 없이 거의 동일한 감소 거동을 보였지만 2000시간이 경과하면서 산불 노출 온도가 높은 400℃가 산불에 노출되지 않은 상온이나 더 낮은 온도인 200℃조건에 비해 많은 감소량을 보였다. 즉, 도전율은 산불 노출 온도가 증가 할수록 더 많은 감소를 보였다. 그리고 산불에 노출되지 않은 Al 도체 역시 도전율 감소를 보인 것은 소화약제가 도전율 감소의 원인으로 작용하고 있다는 것이다. 아연도금 강심은 산불 노출 온도와 소화약제에 대하여 도전율이 변화가 없는 것을 알 수가 있다.

따라서 ACSR 410mm²전선은 산불에 노출되어진 후 소화약제에 의해 오염이 되면 Al 도체의 도전율이 아연도금강심에 비해 많은 영향을 받는다는 결과를 얻을 수 있다. 하지만 본 실험에서는 산불 노출을 1분, 소화약제 침투를 10초로 제어하였지만, 만약 더 오랜 시간 산불에 노출되어 아연도금층에 변화가 발생하고 그 상황에서 소화약제에 오염된다면 Al 도체뿐만이 아니라 아연도금강심 역시 특성에 변화가 발

생할 것이고 부식 속도가 증가하여 더 심각한 결과를 더 빠른 시간 안에 초래 할 수 있을 것이라 판단된다. 왜냐하면 산불 노출온도가 높을수록 알루미늄 도체표면균열의 확장과 더불어 재료 내 결함의 발생으로 소화약제가 도체 표면에 존재할 시간이 많아지기 때문이다. 이후 경과 시간을 장시간으로 두면서 도전율의 변화에 소화약제가 미치는 영향을 조사할 계획이다.

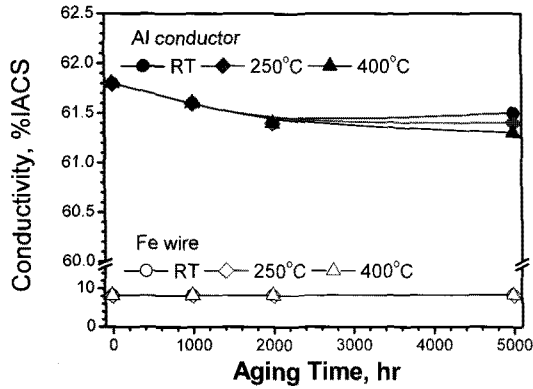


그림 9 도전율 변화
Fig. 9 Conductivity changes

4. 결 론

1. 알루미늄 도체의 산화거동은 온도의 증가에 따라 산화정도가 증가하였고 약 30분 경과 후 어느정도 무게증가가 정지되는 거동을 보였다. 따라서 산화는 가공송전선이 산불에 접한 상태로 약 30분간 유지될 때 최대로 발생한다고 할 수 있다. 하지만 실제 산불 발생 시 산불의 이동속도를 고려한다면, 알루미늄 도체는 산불에 30분 동안 노출되지는 않을 것이라 판단된다.
2. 아연도금강심은 산불 온도 400°C에서 20분 이상 노출되거나 산불 온도 500°C에서 5분간 노출되면 아연도금 층의 손상 및 소실이 야기 되었다. 이러한 아연도금 층의 변이는 부식의 원인이 되어 장기간 운영 시 급격한 수명 감소를 나타낼 수도 있다. 하지만 500°C에서 10분간 산불에 노출되어진 ACSR 410mm 가공송전선은 신전선과 비교할 때 외관상 아무런 변화가 없는 건전한 상태임을 확인할 수 있었다. 따라서 산불에 노출되어진 가공송전선은 외관이 건전하더라도 내부의 건전성은 의심의 여지가 있다고 할 수 있다.
3. 소화약제 살포 시, 가공송전선의 침투 거동은 Pouring 과 Dipping 시험법 모두 유사한 거동이 발현되었지만 Dipping법이 약 2초 정도 빨리 침투되었다. Pouring 법은 아연도금강심까지 10초경과 후 침투하였고 Dipping법은 약 8초경과 후 아연도금강심까지 침투하였다.
4. 소화약제 살포 시, 가공송전선의 인장강도 거동은 소화약제에 오염된 후 5000시간 경과까지 뚜렷한 변화는 발견되지 않았다. 하지만 도전율은 산불 노출 온도가 증가함에 따라 감소하는 폭이 커지는 거동을 보였고, 소화약제에 오염되면 도전율이 감소하는 거동을 보였다. 하지만 소화약제에 의한 특성변화는 장시간의 경년특성이 중요하기 때문에 향후 지속적인 관찰이 필요하다.

감사의 글

본 연구는 2008년도 산업자원부의 지원에 의하여 이루어진 연구로서, 관계부처에 감사드립니다.

참 고 문 헌

- [1] 김병걸의 3명, "산불에 의한 가공송전선의 열화거동", 전기전자재료학회논문지, 2007 20:1105-1111
- [2] 김병걸의 5명, "환경적 요인에 의한 노후 가공송전선의 특성변화", 전기전자재료학회논문지, 2006 19:287-291.
- [3] 김병걸의 2명, "고강도 저손실 가공송전선 개발-기계적 특성", 전기전자재료학회논문지, 18권 12호, p.1152, 2005
- [4] 김상수의 2명, "고강도 저손실 가공송전선 개발-전기적 특성", 전기전자재료학회논문지, 18권 12호, p.1159, 2005
- [5] 김상수의 4명, "가공송전선의 열적거동과 전류 및 외기 온도의 영향", 전기전자재료학회논문지, 2006, 19: 486-491
- [6] 김병걸의 2명, "STACIR/AW 송전선의 장시간 운전에 따른 기계적 물성 변화", 한국전기전자재료학회 2004 하계학술대회논문집, p.1258, 2004
- [7] P. H. Schwabe and D. Pike, "The Measurement of Corrosion in Overhead Power line", ANTI-Corrosion, 1988
- [8] 김영달, "화염에 의한 ACSR 송전선의 표면 특성에 관한 연구", 조명·전기설비학회지, 17권, 6호, p. 173, 2003.

저 자 소 개



장 용 호 (張 容 浩)

1977년 8월 20일생.
2007년 경북대 대학원 졸업.
2007 ~ 현재 한국전기연구원
Tel : 055-280-2533
Fax : 055-280-1590
E-mail : jyh100402@keri.re.kr



김 병 걸 (金 秉 杰)

1961년 3월 14일생.
1986년 경북대 대학원 졸업.
1991년 일본 동북대학교 공학박사 취득.
1992년 ~ 현재 한국전기연구원