

휴대용 전동공구의 감전위험성



한 기 봉

전기안전시험연구원
감전연구팀장/기술사

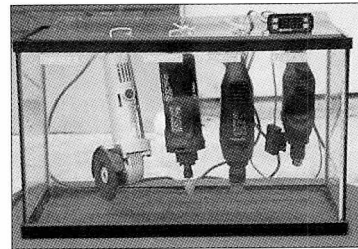
[지난호에 이어]

3.2 습한장소에서의 감전위험성

이동용 전동공구를 터널 및 지하공사장 등의 습도가 높은 장소에 장시간 보관하게 되면 절연저항의 감소에 의하여 감전재해가 발생할 우려가 높다. 따라서, 본 절에서는 습도 90% 이상, 온도 20~30℃의 조건하에서 기능절연 제품과 이중절연 제품에 대한 모의실험장치를 구성하였고, 이 실험을 통하여 경년변화에 따른 이동용 전동공구의 절연저항 변동특성을 고찰하고자 한다.

가. 실험 방법

이동용 전동공구를 습도가 높은 장소에 장시간 보관시 절연저항의 변동특성을 고찰하기 위하여 [사진 2]와 같이 모의 실험장치를 구성하였다. [사진 2]에서 알 수 있는 바와 같이 기능절연 그라인더 1대, 이중절연 그라인더 1대 그리고 이중절연 드릴 2대를 대상으로 습도 90% 이상, 온도 20~30℃의 조건하에서 20주 동안 주기적으로 기기의 절연저항을 측정하였다.

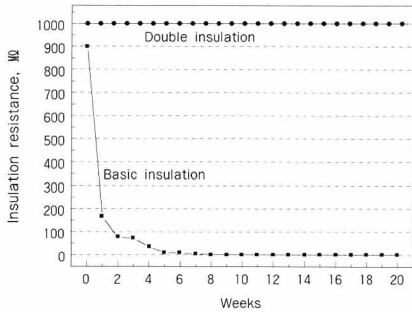


[사진 2] 내습시험 장치

나. 실험 결과

[그림 3]에서는 20주 동안 주별로 측정된 절연저항 측정값을 보이고 있다. 실험 결과, 기능절연 그라인더인 경우 장치를 구성하고 1주 경과 후 절연저항값은 165M Ω 으로 초기 절연저항값 898M Ω 에 비하여 82%가 감소, 2주 경과 후에는 92%의 감소율을 나타냈고 이후 7주까지도 급격히 감소하다가, 그 후 7주부터 20주까지는 2.5M Ω 에서 1.5M Ω 으로 절연저항의 감소추이는 둔화되었지만 시간 경과에 따라서 지속적으로 절연저항값이 감소됨을 알

수 있었다. 따라서, 기능절연 기기인 경우 보관 및 관리측면에서의 환경요건이 그만큼 중요하다는 것을 제시할 수 있다. 반면에, 이중절연 기기인 경우 20주 경과 후에도 초기의 절연저항값 1,000M Ω 을 그대로 유지하고 있어 이와 같은 감전사고 예방을 위해선 가능한 한 이중절연 구조의 기기를 사용하는 것이 바람직함을 알 수 있다.



[그림 3] 시간 경과에 따른 절연저항 변동 특성

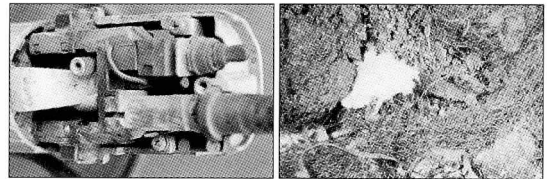
3.3 도전성 분진에 의한 감전위험성

현장 실태조사에서 알아본 바와 같이 전기그라인더는 기기외함이 다이캐스팅의 도전성 물질로 되어 있는 기능절연 제품을 작업현장에서 많이 사용하고 있다. 이러한 기능절연 제품의 그라인더에서 발생한 감전사고 대부분은 사용상 또는 보관상 부주의로 빗물 또는 도전성 분진이 환풍구를 통하여 기기 내부로 들어가 축적되면서 발생하는 것으로 나타나고 있다.

[사진 3]에서는 도전성 분진이 그라인더의 환풍구를 통하여 코일피복 및 그라인더 내부에 퇴적되어 발생한 기기누전의 일례를 보이고 있고 [사진 4]는 분진을 실체현미경으로 확대한 것이다. 여기서, 그라인더의 환풍구는 빗물 또는 도전성 분진의 기기 내부로의 침입경로가 되어 결국에는 기기누전에 의한 감전사고를 일으키는 원인이 될 수 있음을 알 수 있다.

이러한 환풍구는 [사진 5]에서 보는 바와 같이

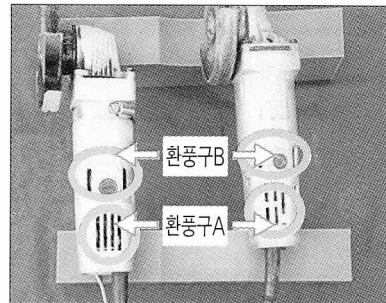
내부 온도의 상승으로 인한 코일의 손상 방지와 기기 외함의 온도상승을 막기 위한 것이지만 기기누전의 간접적인 원인으로 지적되므로 그 유용성을 재평가 할 필요가 있다. 또한 [사진 5]에서 보는 바와 같이 환풍구는 원활한 공기순환을 위한 환풍구 A(브러시 하단)와 브러시 부분의 마찰열을 냉각시키기 위한 환풍구B(브러시 상단)로 나뉘어져 설치되어 있다. 이 중 환풍구B는 브러시 상단에 설치되어 있고 또한 충전코일과의 연면거리도 매우 짧기 때문에 이 부분을 통하여 도전성 분진 또는 수분이 침투된다면 기기누전으로 이어져 감전사고 발생 가능성이 높은 것으로 나타났다.



[사진 3] 분진에 의한 기기 누전의 일례

[사진 4] 기기 내부에 부착된 도전성 분진(배율1:32)

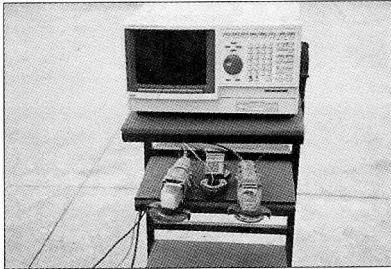
따라서, 본 절에서는 기기누전에 의하여 감전사고를 유발시킨 제품에 대하여 설명한 후, 도전성 분진에 의하여 발생할 수 있는 기기누전의 간접적인 원인이 되는 환풍구 B의 유·무에 따른 기기의 성능을 평가하고자 한다. 성능 평가를 하기 위하여 무부하시 및 과부하시 기기외함의 온도변동 특성을 분석함으로써 그 유용성을 평가하고자 한다.



[사진 5] 그라인더의 외형

가. 실험방법

[사진 5]에서 본 바와 같이 기능절연 제품의 그라인더인 경우 브러시 상단에 위치한 환풍구B는 원활한 공기순환을 위하여 상하 좌우 대칭으로 각각 4개소에 위치하고 있다. 본 실험에서는 환풍구 유·무에 따른 기기외함의 온도 변동 특성을 알아보기 위하여 [사진 5]에서 보는 바와 같이 K사와 H사의 기능절연 제품을 선정한 후, 브러시 상단에 상하 좌우 4개소에 위치한 환풍구B를 테이프를 이용하여 완전히 밀폐시키고 모의실험을 실시하였다.



[사진 6] 모의실험 장면

그라인더의 작업 형태는 작업중의 온도 변동특성과 작업을 마치고 정지하는 동안의 온도 변동특성을 분석하기 위하여 설치 후 1분후에 11분간 작업한 후 9분간 작업중지, 이어서 12분간 작업을 하는 형태로 모의실험을 실시하였다. 또한 부하전류에 따른 온도 변동특성을 보기 위하여 K사 그라인더인 경우 정격전류의 2~3배의 과부하로 작업을 행하였고, H사 그라인더인 경우 정격전류의 1.5~2배의 부하로 작업을 실시하였다.

[사진 6]에서는 모의실험장면을 보이고 있으며, 여기서 표면 온도 변동특성을 분석하기 위하여 그라인더 표면에 열전 온도계(K-type)를 Recorder(요코가와제)에 연결하였다.

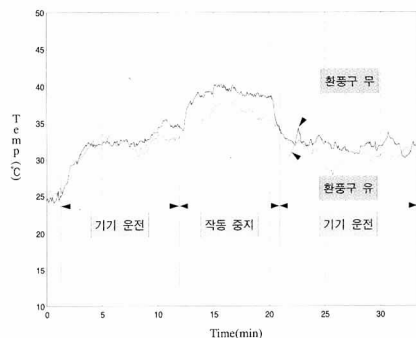
나. 실험결과

[그림 7]에서는 K사 그라인더에 대하여 환풍구가 있는 경우와 환풍구를 막은 경우의 온도변동 특

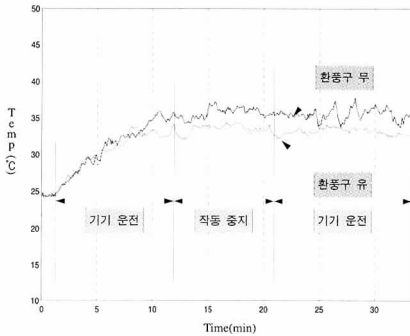
성을 보이고 있다. [그림 7]에서 알 수 있는 바와 같이 작업중에는 환풍구 유·무에 상관없이 거의 동일한 온도변동 특성을 보이고 있으며, 작업 정지 후에 공기순환을 위한 프로펠러의 동작이 정지되기 때문에 어느 정도의 온도상승이 진행되고 있다. 먼저, 환풍구가 있는 경우 정지후 4.5분까지 37.69℃까지 온도상승 후 서서히 냉각되는 특성을 보이고 있으며, 환풍구B를 막은 그라인더인 경우에는 정지후 4.5분에 40.65℃까지 온도상승이 이어졌고 그 후부터의 냉각속도는 환풍구를 막지 않은 경우와 비슷하게 진행되고 있음을 알 수 있다. 그리고 환풍구 유·무에 따른 온도변동의 차이는 기기운전중보다 작업정지 중에 발생하였고 그 때의 표면온도 상승폭의 차이는 평균 2℃정도로써, 환풍구를 막은 경우 가동정지 후 환풍구가 있는 경우보다 약간의 온도상승이 발생하고 있음을 알 수 있다.

그러나, 본 모의실험에서는 실제 작업환경보다 가혹한 과부하전류(정격전류의2~3배) 상태에서 연속적으로 10분 이상 실험한 것을 고려한다면 브러시 상단에 위치한 환풍구를 막아도 외함의 온도 및 기기의 운용상에 큰 영향이 없는 것으로 사료된다.

[그림 8]에서는 H사 제품에 대하여 정격전류의 1.5~2배의 부하로 운전한 경우의 온도변화를 보이고 있다. [그림 8]에서 알 수 있는 바와 같이 환풍구 유·무에 의한 기기외함의 온도 변화는 그렇게 크지 않다는 것을 알 수 있다.



[그림 7] K사 제품의 기기외함 온도변화



(그림 8) H사 제품의 기기외함 온도변화

4. 결론

휴대용 전동공구의 감전위험성 예방대책 정립을 위하여 전기드릴이나 그라인더를 많이 사용하고 있는 공업사, 자동차정비업체, 건설현장 등을 대상으로 하여 휴대용 전동공구의 사용 실태조사를 실시한 후, 이를 바탕으로 하여 다각적인 측면에서의 감전위험성 실험을 한 결과 다음과 같은 감전사고 예방대책을 수립하게 되었다.

1) 이중절연구조 채택

휴대용 전동공구의 감전사고 방지를 위한 가장 근원적인 대책으로서 이중절연 구조의 채택이라 할 수 있다. 기능절연 제품의 전동공구는 초기에는 절연저항이 이중절연제품과 마찬가지로 양호하나 주변 환경에 따라서 절연저항이 급격히 감소함을 실험을 통하여 확인할 수 있었고, 이중 절연 제품의 전동공구류인 경우 별다른 문제점을 발견할 수 없었다. 그리고 전동공구류와 관련된 규정에서는 절연구조에 따른 절연저항값만 명시되어 있을 뿐 이중절연 제품 사용에 대한 강제 항목은 없다. 따라서, 전동공구에서 발생하는 감전사고를 예방하기 위해서는 제품의 절연구조를 이중절연으로 채택하도록 법적인 장치를 마련하여야 할 것이다.

2) 브러시 부분의 환풍구 덮개설치

휴대용 전동공구의 환풍구는 내부 온도의 상승으

로 인한 코일의 손상방지와 기기 외함의 온도상승을 막기 위함이지만, 도전성 분진의 기기 내부로의 유입 경로로 지적되고 있다. 따라서, 브러시 상단에 위치한 환풍구의 필요성을 확인하기 위하여 환풍구가 있는 경우와 없는 경우로 구분하여 온도변화 실험을 한 결과, 브러시 부분의 환풍구를 막을 경우 기기의 표면온도 상승폭 차이는 평균 2°C정도임을 확인하였다. 그러나, 기기 내부 중 온도에 의해 직접적인 영향을 받는 권선 부분의 온도상승폭은 기기 표면에서 측정된 결과 보다 더 많은 차이가 있을 것이며, 이는 절연물의 열화를 가속시켜 기기의 수명 단축 원인으로 작용할 우려가 높다. 따라서, 습기, 도전성 분진 등의 직접적인 유입경로로 지적되는 환풍구의 상단에 슬라이드 형태의 덮개를 첨부하여 작업시에는 방열·냉각을 위하여 개방하고, 보관 및 정지시에는 슬라이드 덮개를 닫아 습기, 분진 등의 내부침입을 방지하는 구조로 환풍구의 문제점을 보완하는 것이 감전사고 위해 요인 감소에 도움이 되리라 본다.

3) 누전차단기 설치 및 접지

이동용 전기기기의 경우 대부분 소형으로써 손으로 들고 작업을 하기 때문에 기기누전에 의한 감전사고시 기기 사용 전압 대부분이 인체에 가해질 뿐만 아니라 전원측에 누전차단기가 설치되어 있지 않은 경우 감전 상황이 지속되기 때문에 이동용 전기기기 사용에는 반드시 전원측에 감전 보호용 누전차단기를 설치하고 사용하여야 한다. 그리고 외함이 금속으로 된 기능절연 기기는 전기안전을 위하여 반드시 접지를 해야 하며, 접지하는 방법은 보통 기기외함의 접지단자를 접지선에 연결하는 경우가 많지만, 휴대용 전동공구인 경우에는 전원선 코드 VCTF 3심(흑·백·녹색)중 1심이 기기외함과 연결되어 있는데, 이와 같은 경우 접지형 콘센트에 접속하여 사용하면 된다. 