

## 단자(Terminal) 압착 조건에 따른 파형의 고찰 및 분석

### A study and analysis of waveforms with press conditions of terminal

신 영록\*, 양 윤석\*, 김 철한\*, 사공 건\*

\*동아대학교 전기전자컴퓨터공학부

Young-Lok Shin\*, Yun-Suk Yang\*, Chul-Han Kim\*, Geon Sa-Gong\*

\*Dept. of Electrical, Electronic & Computer Engineering, Dong-A University

#### Abstract

The crimping connection is a permanent connection that maintains mechanical and electrical property for a long time by crimping two conductors. In this paper, we have done a basic study to make a decision the normal or abnormal condition depending on crimping. By using PZT piezo-sensor, we have compared and analyzed crimping waveforms of abnormal conditions(core omitting, cover biting) at the normal crimping height. And hence the normal or abnormal condition of crimping connections in real time could be determined by comparison of crimping waveforms in the cases of normal crimping, core omitting and cover biting.

**Key Words(중요용어):** crimping connection(압착접속), height(압착고), piezo sensor(압전센서), normal crimping(정상압착), core omitting(심선빠짐), cover biting(피복 물림)

#### 1. 서 론

도체의 접속방법은 영구접속과 일시적 접속으로 구분한다. Wire Harness의 단자, 전선의 접속에는 단자구조, 전선 구조, 접속 능력, 부품 가격 등의 이유로 기계적 접속방식의 하나인 압착 접속방법을 사용하고 있다. Wire Harness에서 사용되는 단자(terminal)는 접속하고자 하는 2개의 도체를 압착 접속시켜서 기계적, 전기적 특성을 장시간 유지토록 하는 영구접속 방법 중의 하나이다. 이 경우 접속부(barrel)는 원래의 도체와 같은 정도의 기계적 강도, 전기적 저항을 유지해야 한다.

압착접속의 원리는 barrel이 심선(전선 도체)을 압착 접속할 때 barrel의 소성 변형(위에서 누르려는 힘: 압착력)과 심선(전선 도체)이 탄성력에 의해 팽창하려는 힘이 서로 맞물려서 압접력이 발생하며, 압접력의 상태에 따라서 단자와 전선간의 저항과 인장력이 결정된다. 이러한 이유로 생산 현장에서는 과압착, 미압착, 심선빠짐, 피복물림 등의 불량 요인을 인장력 시험을 통하여 판단한다. 인장력 시험은 압착 후 전선에 인장력을 가해 전선이 끊어지면 과압착으로 판정하고 터미널이 전선에서 빠져버리면 미압착으로 판정하는 것이다. 이것은 결국 단자의

압착고(height)를 측정함으로써 간접적으로 알 수 있으며 실제로 서로의 상관관계는 매우 높은 편이다.

또한 압착고가 정상일지라도 작업자의 작업미숙이나 전선자체의 불량에 의해 심선이 빠지거나 wire barrel에 피복이 물린 상태로 압착을 하는 경우가 발생한다.

인장력 시험과 압착고 검사는 전수 검사가 불가능하고 정상 압착고에서의 불량요인들(심선빠짐, 피복물림)을 판정해내기가 어려우므로, 본 연구에서는 프레스의 압착과 동시에 압착력을 측정하여, 이를 비교·분석하여 압착과 동시에 양·불 판정이 가능한 시스템을 구성하기 위한 기초연구를 행하였다.

#### 2. 이론 및 실험방법

##### 2.1 변형 경화

연성재료의 시편이 소성범위(plastic range)까지 하중이 가해진 후 그 하중이 제거되면, 재료가 평형 상태로 되돌아감에 따라 탄성변형률은 회복되나 소성변형률은 남게 되어서 재료는 영구변형을 받게 된다. 소성적으로 휘어진 barrel은 하중이 제거될 때

약간 복원되지만 완전히 되돌아가지는 않는다, 이러한 거동은 그림 1과 같은 응력-변형률 선도로 설명할 수 있다. 여기서 시편은 먼저 항복점 A를 넘어 A'까지 하중을 받는다. 시편을 탄성적으로 늘리기 위해서는 원자간 힘을 이겨내야 하며, 그림 1과 같이 하중이 제거될 때 같은 크기의 힘이 원자들을 본래 위치로 끌어당긴다. 결과적으로 탄성계수는 동일하고, 따라서 직선 O'A'와 OA의 기울기는 서로 같다.<sup>1)</sup>

응력-변형률 곡선을 수식으로 표시하는 것 중에서 식 (1)에 나타난 멱경화법칙(power law of hardening)이 가장 널리 사용되고 있다.

$$\sigma = k\varepsilon^n \quad (1)$$

여기서,  $k$ 는  $\varepsilon = 0.1$ 에서의 응력이고,  $n$ 은 가공경화지수이다.<sup>2)</sup>

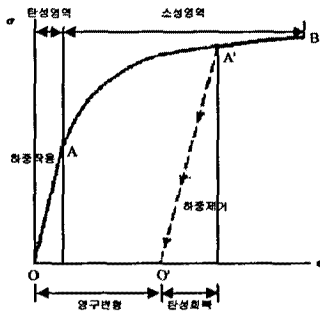


그림 1. 연성재료의 대표적인 응력-변형률 곡선

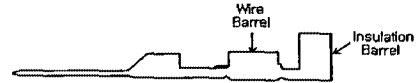
## 2.2. 실험 방법

압착접속은 전선에 단자를 Caulking 금형(Applicator)에 의해 기계적으로 고정시키는 방법으로 행하였다. 사용전선 size에 적합한 단자에 전선을 삽입하여 이것을 Press에 붙은 Caulking 금형(Applicator)으로 압축률이 약 20~30% 정도가 될 때까지 압착하는 것에 의해 소정의 특성을 얻도록 하였으며, 압착에 요구되는 기본적인 특징은 접속부가 많은 loss없이 전기를 통하고 한편, 그 통전이 확실하게 얻어질 수 있도록 상호간에 보지(保持)되는 것이다.

그림 2(a)에 나타낸 Insulation Barrel은 심선이 유동할 시 저항이 증가하고 심선이 파손될 우려가 있으므로, 유동을 방지하기 위하여 단자로부터 전선을 고정시켜주는 역할을 하고, Wire Barrel은 단자

와 전선을 접속하여 전선과 단자간에 전류가 원활히 흐르도록 해주는 역할을 한다. 또한 그림 2(b)와 그림 2(c)에서 보는 바와 같이 압착 후의 단자의 모양이 barrel 물림 이외에는 압착전과 같아야 하며, 피복의 끝이 양 barrel(insulation barrel과 wire barrel) 사이의 중앙에 위치해야 한다.

또 저항 발생시 일어나는 열을 발산시키고 심선을 보호하기 위해 wire barrel의 양단이나 그림(b)에서처럼 bell mouth가 형성되어야 하고, wire barrel의 밖으로 도출되는 심선 길이는 0.5~1 [mm] 이하이어야 한다. 이것은 심선이 도출되지 않을 경우 저항증가와 더불어 인장력이 떨어지기 때문이고, 1[mm] 이상인 경우에는 단자가 하우징(Housing)에 영향을 줄 수 있기 때문이다.



(a). 압착전 단자(terminal)의 외관



(b). 압착 후 옆에서 본 그림



(c) 압착 후 위에서 본 그림

그림 2. 단자의 외관

본 연구에서는 기계적 접속방식의 하나인 압착접속방법을 사용하였으며, 그림 3에 그 구조를 나타내었다. 압착력은 프레스에 의해서 발생하며, applicator에 의해 단자와 전선을 압착접속하게 된다. 그리고 압착력을 측정하기 위하여 applicator의 하부면에 센서 블록을 제작하였다. 단자압착과 동시에 PZT 압전센서에서 출력되는 신호를 low pass filter를 거쳐 TDS3012 디지털 오실로스코프로 관찰하였으며, 그림 4에 그 회로도도를 나타내었다.

전선은 AVSS(0.5 [mm], 심선 6가닥)선을 이용하였고, 본 연구에서의 정상 압착고(height: 압착된 wire barrel의 상하 두께)는 압착고에 따라 제작된 샘플들의 단자와 전선간의 인장력 시험을 통해 1.4 [mm]로 하였다. 압착 후의 압착고는 마이크로미터로 측정하였고, 압착고의 조정은 프레스에 부착되어 있는 압착고 조정장치(Ram Adaptor)로 하였다. 압착고를 정상 압착고로 고정한 후, 심선 1가닥이 빠진 경우와 심선 2가닥이 빠진 경우는 고의적으로 심선을 피복에서 빼내어 실험을 수행하였고, 피복

물림도 고의적으로 wire barrel에 피복이 물리도록 하여 압착하였다.

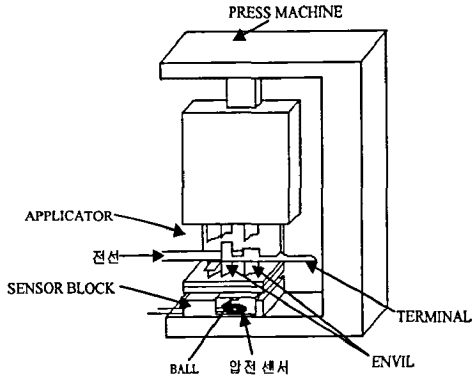


그림 3. Configuration

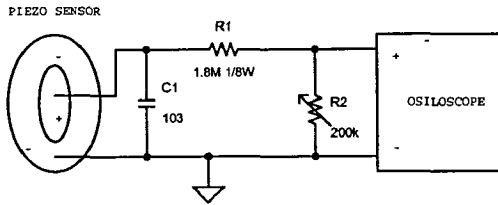


그림 4. 압착신호 측정회로

### 3. 결과 및 고찰

그림 5는 1회 압착에 대한 시간에 따른 압착력 파형의 변화를 나타내고 있다. ㉔지점에서 압착이 시작되며 이때 Insulation Barrel과 단자 양단의 팁을 같이 압착하게 된다. 압착력이 점차 증가하여 ㉕지점에 이르면 팁이 절단되고 Insulation Barrel의 압착만 일어나므로 압착력이 약간 감소하게 된다.

이후 압착이 더 진행되면 Insulation Barrel이 급격히 휘어지면서 압착력이 계속해서 증가하게 되고 Insulation Barrel 압착이 끝나면 Wire Barrel 압착이 진행된다. ㉖지점은 Wire Barrel 압착이 끝나는 지점으로 압착력이 최대이며, Press는 다시 상승하게 되고 압착력은 급속히 떨어지게 된다.

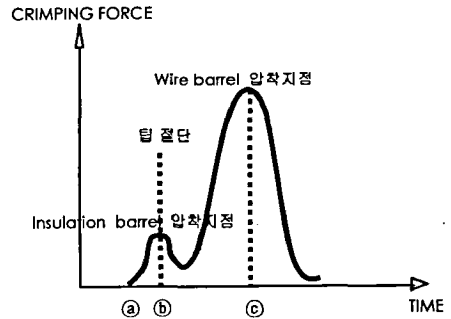


그림 5. 압착 파형

정상 압착 파형은 실험을 통하여 압착고가 1.4[mm]일 경우로 하였으며, 이것을 심선을 1가닥 및 2가닥을 뺀 후 압착한 단자와 wire barrel에 피복이 물리게 한 후 압착한 단자들의 압착파형과 비교, 분석하였다.

#### ① 정상 압착

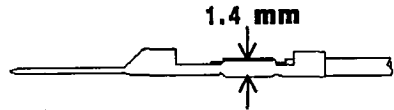


그림 6. 정상압착 단자

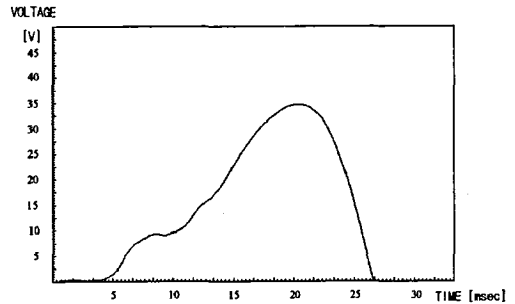


그림 7. 정상 압착 파형

그림 6은 정상 압착고(1.4[mm])로 압착했을 때의 단자의 외관이며, 그림 7은 그 파형으로, 압착이 끝나는 지점인 최고치에서의 전압은 10회 압착하여 평균한 결과 35[V] 정도이었다.

또한, 1회 압착하는데 걸리는 시간은 약 27[ms]이었다.

정상 압착의 경우 각 barrel의 소성 변형에 의한 응력과 심선의 탄성력이 서로 맞물려 큰 압착력을

가지게 된다.

④ 심선 1가닥 빠짐

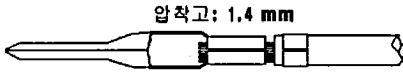


그림 8. 심선 1가닥 빠짐 단자

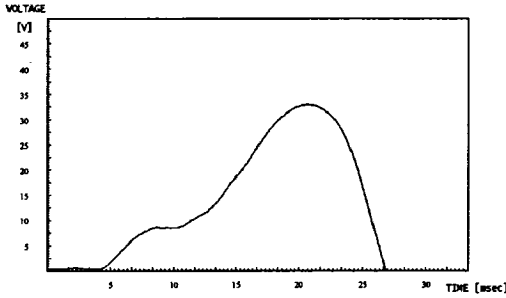


그림 9. 심선 1가닥 빠짐 파형

그림 8은 심선 1가닥이 빠진 경우이며, 그림 9는 그 파형이다. 정상 압착고(1.4 [mm])로 압착한 결과 최대치가 약 33.2 [V]였으며, 정상적인 경우보다 5.1 [%] 감소하였다.

심선 1가닥이 빠졌으므로 압착된 wire barrel 내부에 공백이 생기게 되고, 이 공백에 의해 압착력이 약간 줄어든 것이다. 또한 이 공백 때문에 심선의 탄성력이 감소하게 되어 압접력이 감소하게 된다.

⑤ 심선 2가닥 빠짐

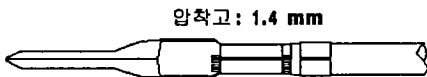


그림 10. 심선 2가닥 빠짐 단자

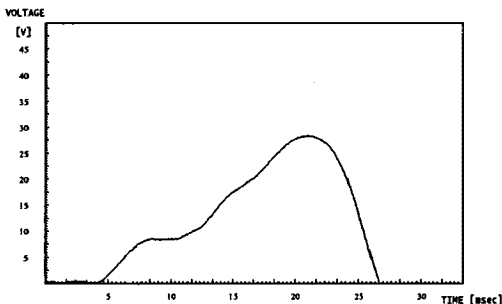


그림 11. 심선 2가닥 빠짐 파형

그림 10은 심선 2가닥이 빠진 경우이며, 그림 11은 그 파형이다. 정상 압착고(1.4 [mm])로 압착한 결과 최대치가 약 28.1 [V]였으며 정상적인 경우보다 19.7 [%] 감소하였으며, 심선 1가닥이 빠진 경우보다는 전압이 5.1 [V] 감소하였다.

심선 2가닥이 빠졌으므로 압착된 wire barrel 내부에 많은 공백이 생기게 되어 압착력이 비교적 큰 폭으로 감소한 것이다. 이 공백에 의해 심선이 탄성력이 크게 줄어들므로 압접력과 인장력도 모두 감소하게 된다.

⑥ 피복 물림

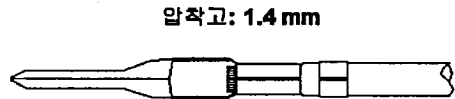


그림 12. 피복 물림 단자

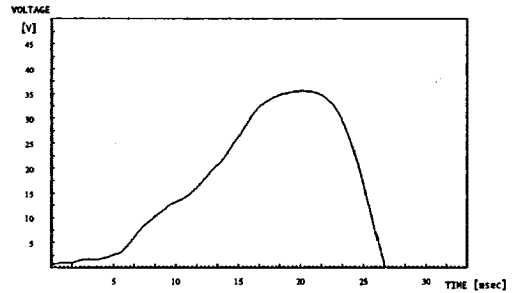


그림 13. 피복 물림 파형

그림 12는 wire barrel에 피복과 심선이 같이 압착된 경우이며, 그림 13은 그 파형이다. 정상 압착고(1.4 [mm])로 압착한 결과 최대치가 약 35.5 [V]였으며 정상적인 경우보다 1.4 [%] 상승하였다.

Wire barrel에 심선과 피복이 같이 압착되므로 wire barrel이 압착되기 시작하는 시점에서부터 약간 더 큰 압착력을 받게되고, 압착이 끝난 후에도 압착된 wire barrel 내부의 내용물의 부피가 증가하게 되므로 압착력이 정상적인 경우보다 다소 증가하게 된다. 따라서 피복 물림은 파형에서 보는 바와 같이 최고치 부근에서의 파형의 폭이 다른 경우들보다 약간 더 넓어지게 된다.

그림 5의 ㉑지점에서와 같이 파형이 약간 감소하였다가 다시 상승하여야 하지만 4개의 측정 파형에서는 감소하지 않고 일정 값을 잠깐 유지하다가 다

시 상승하는 경향을 보였다. 이것은 그림 4의 신호 측정 회로에서 filter부에 사용된 콘덴서 C1과 압전 센서의 병렬등가 저항과의 시정수 때문이라 생각된다.

#### 4. 결 론

프레스에 부착되는 applicator의 하부에 압전센서를 부착하여 프레스에 의한 압착력을 측정하여 정상 압착고에 있어서의 불량 요인들의 압착 파형을 정상 압착파형과 비교, 분석한 결과 출력 전압의 크기가 변화하였으며 파형의 형상도 다소 변화하였다. 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

- [1] 심선 1가닥이 빠진 경우와 심선 2가닥이 빠진 경우는 압착된 wire barrel의 공백으로 인해 정상압착고(1.4 [mm])임에도 불구하고 정상보다 낮은 전압이 출력되었으므로 불량으로 판정하는 것이 가능함을 확인하였다
- [2] 피복이 물린 경우는 wire barrel에 심선과 피복이 같이 압착되어 wire barrel 압착 구간에서 압착력이 전체적으로 약간씩 증가하여 최고치 부근에서의 파형의 폭이 조금 넓어짐을 확인하였다.
- [3] 정상 압착고에서의 불량요인들의 비교가 가능하였으므로 생산과 동시에 실시간으로 품질관리를 할 수 있음을 확인할 수 있었다.

#### 참 고 문 헌

- [1] R. C. Hibbeler, "Mechanics of Materials", MACMILLAN, pp. 88-89, 1994.
- [2] Robert R. Archer, Nathan H. Cook, Stephen H. Crandall, Norman C. Dahl, Thomas J. Lardner, Frank A. McClintock, Ernest Rabinowicz, George S. Reichenbach, "An Introduction to the Mechanics of Solids" Department of Mechanical Engineering Massachusetts Institute of Technology, 1985.