

단자(Terminal) 압착고에 따른 인장력 변화에 대한 고찰

신 영록, 양 윤석, 김 철한, 사 공건
동아대학교 전기전자컴퓨터공학부

A variation of tensile force with the terminal height

Young-Lok Shin, Yun-suk Yang, Chul-Han Kim, Geon Sa-Gong
Dept. of Electrical, Electronic & Computer Engineering, Dong-A University

Abstract - The principle of crimping connection is to produce a compressive connection force between terminal and cores(wire conductor). Compressive connection force is produced by pushing each other on that stress(crimping force) of barrel by restored elastic strain after plastic deformation and the expansion force of cores' elastic stress. And resistance and tension force between terminal and cores are determined according to the condition of compressive connection force.

In this study, we've found out that the adaptive height which has maximum tensile force by measuring a tensile force with a height of terminal.

1. 서 론

도체의 접속방법은 영구접속과 일시적 접속으로 구분한다. Wire Harness의 단자, 전선의 접속에는 단자구조, 전선구조, 접속능력, 부품가격 등의 이유로 기계적 접속방식의 하나인 압착접속방법을 사용하고 있다. Wire Harness에서 사용되는 단자(terminal)는 접속하고자 하는 2개의 도체를 압착 접속시켜서 기계적, 전기적 특성을 장시간 유지하도록 하는 영구접속방법 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 barrel이 소성 변형된 후 회복된 탄성변형률에 의한 응력(위에서 누르려는 힘: 압착력)과 심선(전선 도체)의 탄성력에 의해 팽창하려는 힘이 서로 맞물려서 압접력이 발생하며, 압접력의 상태에 따라서 단자와 전선간의 저항과 인장력이 결정된다. 압접력은 압착된 단자의 압착고(height)에 따라 변화하며 이에 의해 단자와 전선간의 인장력도 변화하게 되고 이 인장력은 단자의 단면형상, 단자와 전선간의 저항과 더불어 단자의 품질에 영향을 미치는 요인 중의 하나이다.

본 연구에서는 단자의 압착고에 따른 인장력의 변화를 측정함으로써 최대의 인장력을 나타내는 압착고에 대해 고찰하였다.

2. 이론 및 실험방법

2.1 변형경화

연성이 있는 시편에 소성범위(plastic range)까지 하중을 가한 후 그 하중을 제거하면, 재료가 원래의 평형상태로 되돌아가는데 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 곡선에서 설명할 수 있다. 여기서 시편을 탄성적으로 늘리기 위해서는 원자간 힘을 이겨내어야 하며, 시편이 항복점 A를 넘어 A'까지 하중을 받은 후 그림 1에서와 같이 하중이 제거될 때 같은

크기의 힘이 원자들을 본래 위치로 끌어당긴다. 결과적으로 탄성계수는 동일하므로 직선 O'A'와 OA의 기울기는 서로 같다.

응력-변형률 곡선에서 아래 식 (1)에서와 같은 경화법칙(power law of hardening)이 널리 사용되고 있다.

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

여기서, k 는 $\epsilon = 0.1$ 에서의 응력이고, n 은 가공경화지수이다.

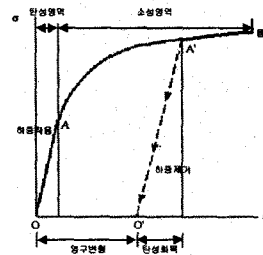


그림 1. 응력-변형률 곡선

2.2 실험방법

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 압착함으로써 소정의 특성을 얻도록 하였으며 압착에 요구되는 기본적인 특성은 접속부가 짧은 손실 없이 전기가 도통해야 하고 또한, 그 통전이 확실하게 얻어질 수 있도록 상호간에 보지(保持)되는 것이다.

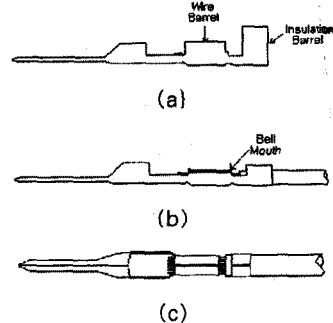


그림 2. 단자의 외관

- (a) 압착전 단자(terminal)의 외관,
- (b). 압착 후 옆에서 본 그림,
- (c) 압착 후 위에서 본 그림

그림 2(a)에 나타난 Insulation Barrel은 심선이 유동할 시 저항이 증가하고 심선이 파손될 우려가 있으므로, 유동을 방지하기 위하여 단자로부터 전선을 고정시켜주는 역할을 하고, Wire Barrel은 단자와 전선을 접속하여 전선과 단자간에 전류가 원활히 흐르도록 해주는 역할을 한다. 또한 그림 2(b)와 그림 2(c)에서와 같이 압착 후의 단자의 모양이 Barrel 롤링 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.

본 연구에서는 기계적 접속 방식의 하나인 압착 접속 방법을 사용하였으며 그 구조를 그림 3에 나타내었다. 압착력은 프레스에 의해서 발생되며, applicator에 의해 단자와 전선을 압착 접속하게 된다. 전선은 AVSS 0.85 [sq]선(심선 19가닥)을 사용하였고 압착 후의 압착고는 마이크로미터로 측정하였으며 압착고의 조정은 프레스에 부착되어 있는 압착고 조정장치(Ram Adaptor)로 하였다.

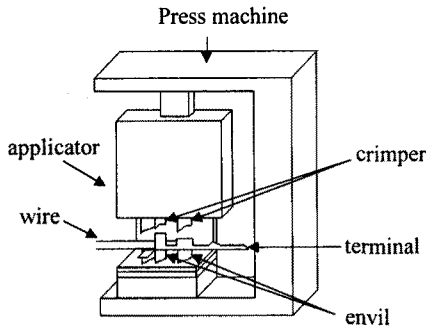


그림 3. 프레스의 구조

인장력 측정장치는 프레임의 상단보에 인장형 Load Cell(정격 용량: 50kgf, 출력전압: 0~5V)을 취부하고 그 하단에 단자고정용 클램프를 부착하였으며 하단에도 클램프를 부착하여 시료가 상·하단의 클램프에 견고히 연결되도록 하여 모터에 의해 당겨지는 시료의 인장력이 Load Cell에 전달되도록 구성하였다. 그리고 단자가 전선에서 빠지기 직전의 최대 인장력을 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

압착고를 1.35[mm]에서 1.60[mm]까지 0.05 [mm] 씩 증가시켜가며 각 압착고에서 제작된 시편들에 대한 인장력을 표 1~3에 나타내었다. 이때 압착고는 press와 applicator의 결합 및 측정으로 인한 오차로 약간씩 변화된 값을 나타내었으며, 측정치는 각 20회씩 인장력을 측정하여 평균한 값을 취하였다.

표 1에서는 최초 설정 압착고를 1.35[mm]로 했을 때 인장력의 최소값은 17.33[kgf], 최대값은 24.25[kgf]이었으며, 평균 인장력은 21.29[kgf]이었다.

표 2에서 설정 압착고를 1.40[mm]로 했을 때 인장력의 최소값은 18.09[kgf], 최대값은 24.44 [kgf], 평균 인장력은 21.90[kgf]이었다.

표 1. 각 시편에 대한 인장력(압착고 1.35[mm])

시편 No.	시험내용		시료 No.	시험내용	
	압착고 [mm]	인장력 [kgf]		압착고 [mm]	인장력 [kgf]
1	1.358	20.13	11	1.360	22.58
2	1.358	20.51	12	1.357	21.28
3	1.358	17.33	13	1.354	19.95
4	1.357	23.10	14	1.356	23.67
5	1.360	20.80	15	1.353	23.15
6	1.357	24.25	16	1.357	21.75
7	1.352	20.31	17	1.357	17.51
8	1.358	23.77	18	1.356	18.89
9	1.355	19.45	19	1.357	21.71
10	1.353	21.49	20	1.360	24.10

표 2. 각 시편에 대한 인장력(압착고 1.40mm)

시료 No.	시험내용		시료 No.	시험내용	
	압착고 [mm]	인장력 [kgf]		압착고 [mm]	인장력 [kgf]
1	1.393	23.51	11	1.394	22.23
2	1.395	23.04	12	1.398	22.09
3	1.396	23.80	13	1.395	19.93
4	1.401	22.82	14	1.393	18.09
5	1.395	21.32	15	1.395	24.44
6	1.394	23.18	16	1.395	22.50
7	1.394	23.26	17	1.391	24.43
8	1.395	20.17	18	1.396	18.74
9	1.405	18.88	19	1.392	19.60
10	1.398	22.78	20	1.401	23.18

표 3. 각 시편에 대한 인장력(압착고 1.45mm)

시료 No.	시험내용		시료 No.	시험내용	
	압착고 [mm]	인장력 [kgf]		압착고 [mm]	인장력 [kgf]
1	1.460	22.29	11	1.454	23.62
2	1.461	23.07	12	1.459	22.82
3	1.456	22.34	13	1.451	21.88
4	1.459	21.93	14	1.458	22.97
5	1.461	22.01	15	1.459	23.24
6	1.460	20.59	16	1.458	22.33
7	1.460	24.64	17	1.458	22.66
8	1.458	22.86	18	1.455	21.62
9	1.454	22.33	19	1.458	23.67
10	1.457	22.60	20	1.461	24.95

표 4. 각 시편에 대한 인장력(압착고 1.50mm)

시료 No.	시험내용		시료 No.	시험내용	
	압착고 [mm]	인장력 [kgf]		압착고 [mm]	인장력 [kgf]
1	1.506	22.94	11	1.508	23.70
2	1.502	24.28	12	1.504	22.38
3	1.507	23.57	13	1.506	23.29
4	1.506	23.59	14	1.502	23.63
5	1.506	24.91	15	1.508	23.70
6	1.503	24.08	16	1.505	22.28
7	1.510	23.94	17	1.513	25.08
8	1.505	23.31	18	1.506	22.64
9	1.504	22.90	19	1.508	23.56
10	1.504	22.72	20	1.508	23.54

표 3에서 설정 압착고를 1.45[mm]로 했을 때 인장력의 최소값은 20.59[kgf], 최대값은 24.95[kgf], 평

균 인장력은 22.72[kgf]이었다

표 4에서 설정 압착고를 1.50(mm)로 했을 때 인장력의 최소값은 22.28[kgf], 최대값은 25.08[kgf], 평균 인장력은 23.50[kgf]이었다

표 5. 각 시편에 대한 인장력(압착고 1.55mm)

시료 No.	시험내용		시료 No.	시험내용	
	압착고 (mm)	인장력 (kgf)		압착고 (mm)	인장력 (kgf)
1	1.553	23.61	11	1.551	22.17
2	1.552	25.45	12	1.551	21.99
3	1.555	22.29	13	1.552	23.32
4	1.552	22.64	14	1.554	21.96
5	1.551	22.44	15	1.548	24.45
6	1.556	24.43	16	1.548	20.50
7	1.557	25.16	17	1.551	22.43
8	1.552	22.96	18	1.550	21.14
9	1.550	23.94	19	1.552	20.91
10	1.550	21.61	20	1.556	23.54

표 5에서 설정 압착고를 1.55(mm)로 했을 때 인장력의 최소값은 20.50[kgf], 최대값은 25.45[kgf], 평균 인장력은 22.85[kgf]이었다.

표 6. 각 시편에 대한 인장력(압착고 1.60mm)

시료 No.	시험내용		시료 No.	시험내용	
	압착고 (mm)	인장력 (kgf)		압착고 (mm)	인장력 (kgf)
1	1.603	20.71	11	1.597	20.60
2	1.605	22.03	12	1.602	20.83
3	1.596	16.92	13	1.603	20.17
4	1.597	20.72	14	1.600	22.07
5	1.601	21.74	15	1.602	19.11
6	1.606	22.77	16	1.600	22.34
7	1.602	20.17	17	1.599	22.02
8	1.597	21.97	18	1.604	22.67
9	1.602	22.24	19	1.601	17.70
10	1.605	18.05	20	1.605	20.72

표 6에서 설정 압착고를 1.60(mm)로 했을 때 인장력의 최소값은 16.92[kgf], 최대값은 22.77[kgf], 평균 인장력은 20.78[kgf]이었다.

이상의 실험결과에서 AVSS 0.85(sq) 전선은 압착고 1.50(mm)에서 최대의 인장력을 나타내었으므로 1.50(mm)의 압착고에서 최대의 압접력을 가짐을 확인하였다. 1.50(mm)에서 최대의 인장력을 가지다가 압착고가 낮아질수록 인장력이 감소하는 이유는 barrel이 크게 휘어질수록 응력이 barrel의 전면에 걸쳐서 고르게 분포되지 못하고 휘어진 부분에 응력이 집중되기 때문으로 생각된다. 그리고 1.50(mm)보다 높은 압착고에서는 압착된 단자의 내부에 약간의 공백이 생기게 되고 이 공백에 의해 압접력이 감소하게 되므로 인장력이 감소된 것으로 생각된다.

그림 4에 각 압착고에 따른 평균인장력의 변화를 나타내고 있는데, 압착고가 1.50(mm)에서 최대의 인장력을 나타냄을 볼 수 있다.

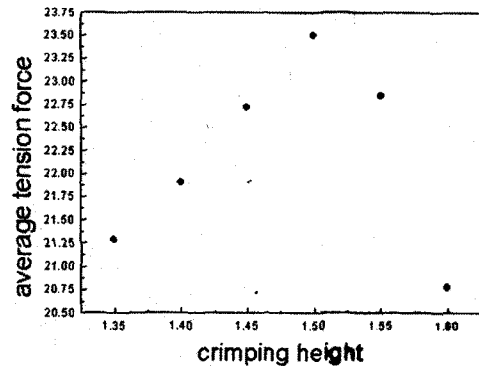


그림 4. 압착고에 따른 평균인장력의 변화

4. 결 론

프레스를 사용하여 압착고를 1.35(mm)부터 0.5(mm)씩 증가시켜 1.6(mm)까지 시편을 제작하고 자체 제작한 인장력 측정장치로 각 시편에 대한 최대 인장력을 측정한 결과를 요약하면 아래와 같다.

- (1) 측정 결과 AVSS 0.85(sq) 전선은 1.50(mm)에서 최대의 인장력을 나타내었다.
- (2) 1.50(mm)보다 높은 압착고에서는 단자의 내부 공백에 의한 압접력 감소로 인해 인장력이 감소하였다.
- (3) 1.50(mm)보다 낮은 압착고에서는 barrel의 휘어진 부분에 응력이 집중되어 압접력과 동시에 인장력이 감소되었다.

향후 단자와 전선간의 저항에 의해 일어나는 전압강하 및 단자의 단면 형상에 대한 연구가 더욱 진행되어야 할 것이다.

(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.