

Compliant Press-Fit Pin에 의한 접속기구에 관한 연구(II)

A Study on the Interconnection Mechanism of Compliant Press-Fit Pin(II)

전 병 회* 안 기 순**
B. H. Jeon, K. S. Ann

ABSTRACT

In this research, important mechanical characteristics of Compliant Press-Fit Pin and PTH are studied through the analysis of deformation mechanisms of Press-Fit Pin and PTH by elastic-plastic finite element method. The direct data for the optimal design of pin was obtained without interfere with the criterion on insertion force and retention force. Also, the insertion force and retention force of new type pin were measured by precision type tensile testing machine and it revealed good agreement with analytical results.

In conclusion, it is believed that above results will contribute satisfactorily to the practical design of Press-Fit Pin.

주요기술용어 : Interconnection Mechanism(접속기구), Insertion Force(삽입력), Retention Force(탈장력), Multi-linear(다중선형), Diagonal Length(대각선 길이)

1. 서 론

통신 시스템을 구성하는데 있어서 백보드와 회로패를 연결하는 커넥터로 고밀도, 다극화에 적합한 two-piece 커넥터가 있다. 이는 CPF(Compliant Press-Fit Pin) 구조를 가지며 남뿔형에 비하여 고신뢰성, 수리의 용이성 및 높은 경제성 등의 장점이 있다. 그러므로 비남뿔형의 커넥터가 프린트 기판용 커넥터의 주종을 이루어가고 있는 추세이며, 이에 따라서 장기간 안정된 접

속조건을 유지하도록 하기 위한 CPF의 구조적 연구가 꾸준히 이루어지고 있다.

CPF의 연구는 몇몇 선진국에 많은 연구¹⁻⁴⁾가 진행되어 왔지만, 특히 문제로 인하여 일반에게 알려진 설계방법은 극히 드물다. 본 연구에서는 주로 CPF를 프린트기판의 PTH(Plated-Through-Hole)에 삽입할 때의 변형해석을 중심으로 하여 커넥터의 성능에 결정적인 영향을 끼치는 접촉성, 강도, 단자 스프링의 특성, 삽입력, 접촉력 등에 관한 정량적 해석법을 제안하고

* 정회원, 인덕전문대학 기계설계과

** 인덕전문대학 기계과

이에 따른 설계방법을 도출하였다. 또한, 제안된 설계법¹⁾을 이용하여 새로이 개발된 핀의 기계적특성을 평가하기 위하여 실험을 하였고, 타사 제품과 그 특성을 비교하였다.

2. 커넥터 변형 해석의 기본가정

2.1 CFPF의 구조

Fig.1에서 볼 수 있듯이 비납땜형의 커넥터는 크게 press-fit핀과 프린트 기판으로 이루어져 있다. CFPF는 다시 스프링 가속부와 커넥터 단자부로 이루어져 있는데, 스프링 가속부는 도입부와 접속부로 나누어진다. 도입부는 PTH로의 삽입을 원활하게 해주는 부분이고, 접속부는 PTH와의 접촉을 유지하게 되는 부분이다. 프린트기판은 Fig.2와 같으며, 여기서 PTH에는 전기

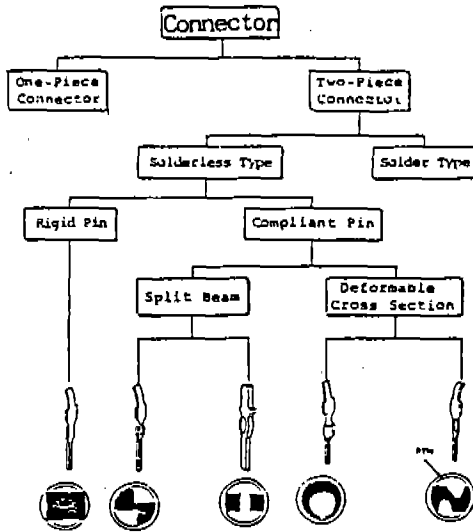


Fig.1 Types of Pin

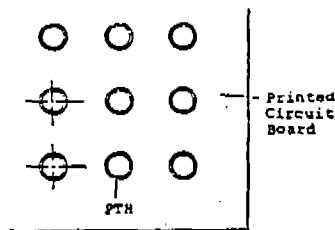


Fig.2 PTH and PCB

적 성질의 향상을 위하여 SnPb 도금(7 μ m) 및 Cu 도금(25 μ m)이 되어있다.

2.2 삽입력과 접촉력의 관계

CFPF와 PTH의 접속에서 거시적 소성변형을 하기 때문에 PTH직경에 대한 사용범위가 넓다. 이러한 특성은 Fig.3으로 나타낼 수 있다. 그리고 PTH에 응력이완이 일어날 지라도 핀에 저장된 많은 탄성 에너지에 의하여 핀과 도금층 사이에 밀접한 접촉이 유지되고 이로 인하여 기대했던 수명동안에 고신뢰성이 유지된다. 삽입력은 핀이 PTH에 완전히 삽입될 때 Fig.3의 A점에 해당되는 힘으로서 일부는 핀과 PTH의 영구변형으로 인하여 소멸되고 나머지는 탄성변형에 사용된다. 특히, 접촉력은 탄성변형에 사용된 힘과 밀접한 관계를 가지고 Fig.3의 B로 나타나며, 관계식은 다음과 같이 표시된다.¹⁾

$$F_{max} = P_i/\mu, F_{min} = P_w/\mu$$

여기서 F_{max} 는 반경방향 힘의 상한치, F_{min} 는 반경방향 힘의 하한치, P_i 는 삽입력, P_w 는 접촉력, μ 는 PTH와 핀 사이의 마찰계수이다.

위의 식에서 핀과 PTH가 탄성변형만을 할 경우는 $F_{max} = F_{min}$ 가 되고 핀과 PTH중 어느 하나가 소성변형을 하게 되면 F_{max} 는 Fig.3의 A점이 되고 F_{min} 는 B점이 된다. 계산에 의하여 접촉력을 구할 경우는^{1,2)}핀과 PTH의 변형곡선이 만나는

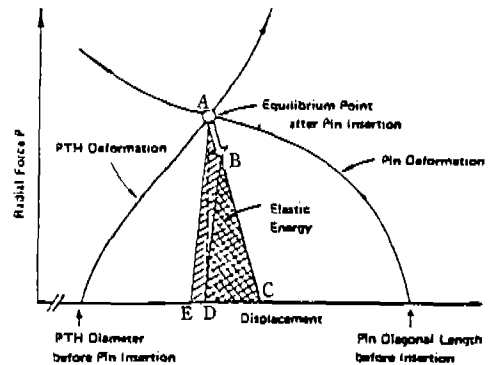


Fig.3 Compliant Press-Fit Pin Connection Model

평형점 A에서 핀의 하중을 제거시키면 C점으로 회복되며 PTH는 D점으로 회복된다. 그리고 A 점에서 변위축에 수직하는 직선상의 D점을 찾아서 AE에 평행하며 D를 지나는 직선을 찾는다. 이 직선과 AC가 만나는 점 B가 F_{min} 이며, 이때 접촉력은 F_{min} 와 마찰계수의 곱으로 얻어진다.

2.3 설계 조건

CFRP의 접속에서 핀과 PTH의 변형특성에 대한 해석과 핀의 설계를 위하여 명확한 요구 조건이 필요하게 되므로 이들을 다음과 같이 나타낸다. 핀 삽입력의 상한치는 PTH벽 내의 구리 도금층의 저항력에 의하여 결정된다. 그러므로 핀의 구조는 핀 삽입력이 상한치에 도달하기 이전에 좌굴이 발생하여야 함으로 새로운 핀의 설계조건은 아래와 같이 결정하였다.

- 축 방향에 대한 핀 좌굴력은 26kgf 이하로 한다.^{1,2)}
- 접촉력이 wire wrapping condition⁶⁾을 만족하려면 최소 3.5kgf 이상이 되어야 하고, 핀의 수명이 다할 무렵에 접촉력이 줄어들게 되므로 이를 고려하여 4.5kgf 이상으로 한다.^{1,3)}
- Pin 접속부의 질량 중심은 핀이 PTH에 삽입되었을 때의 PTH의 중심에 위치하여야 한다.
- PTH의 직경은 다른 제품과 호환성을 가지도록 국제 규격에 맞게 0.97~1.02mm 이내의 범위로 선정하였고, 허용 공차는 생산성이 증대되어 핀의 생산비용이 절감될 수 있도록 선정하였다.($\pm 0.025d$)^{1,3,4)}

3. 유한요소법에 의한 모델링 및 해석결과

본 연구에서는 K. J. Bathe에 의하여 개발된 탄소성 유한요소 프로그램인 ADINA⁶⁾를 사용하였다. 특히 PTH 도금층과 핀이 대변형, 대변위가 발생되므로 이에 따른 효과를 고려하기 위하여 대변형 이론인 updated Lagrangian formulation을

선택하였으며 von Mises의 등방경화 재료로 가정하였다. 2차원 PTH 해석에서는 4절점 요소, 핀은 굽힘효과를 고려할 수 있도록 8절점 요소, 3차원 핀 해석에서는 16절점 요소를 사용하였다.

3.1 핀 돌출부폭과 높이에 따른 PTH간의 접촉력 분포

본 해석에서는 이미 개발된 이리랑 type 핀⁵⁾의 주요 설계변수는 Fig.4에서 보여주듯이 돌출부 높이(H)와 폭(W)이다. 또한, 제안된 설계조건을 만족하는 H와 W의 값을 결정하기 위하여 H=0.33, 0.35, 0.37mm에 대하여 W=0.12, 0.15, 0.18mm에 대한 9가지 모델에 대하여 해석을 하였다. 이들 설계변수에 따른 해석 결과중 접촉력분포는 PTH 해석 및 핀의 해석시에 입력 데이터로 사용한다. 핀의 재료는 C5101RH로서 단축인장 시험을 통하여 얻어진 용력-변형률 관계는 Fig.5와 같다. 해석시 사용된 핀의 재료는 대변형, 대변위를 충분히 기술할 수 있도록 다중선형(multi linear)모델로 가정하였다. 접촉하는 두 물체가 모두 탄소성체인 경우의 접촉문제를 다루기위한 알고리즘이 없으므로 핀은 von Mises 등방경화성의 탄소성체로, PTH는 강체, 핀과 PTH는 2차원 평면 변형을 한다고 가정하였다. 본 해석에서는 사용된 유한요소 모델로서 핀은 요소수 56, 절점수 162개, PTH는 요소수 22개, 절점수 46개를 사용하였고, 이 모델은 Fig.6과 같으며, H=0.35, W=0.15mm인 경우의 초기 요소망을 보여준다. Fig.6은 초기 핀과 PTH의 형상이며, 이때 접촉점의 접촉력이 없고, 단순히 접촉만 하고 있는 상태이다. 경계조건으로는 PTH를 완전히 구속하였으며, 핀의 중간부분의 AB면에 반경방향으로 변위를 가하여 핀이 PTH에 삽입 후의 최종형상에 도달할 때까지 해석을 수행하였다. 이 해석 결과의 접촉력 분포는 Fig.7에 보여준다. 특히 Fig.7에서 보이듯이 핀의 돌출부분보다 모서리부분에서 극심한 용력집중이 나타났다. 해석결과중 반경방향 힘 및 핀 변위와의 관계는 Fig.8에 보이며, 이들 결과중 핀이 탄성에너지를 많이 함유 할 수 있는 것이 PTH와 핀 사이의 접촉력을 크게 유지할 수 있

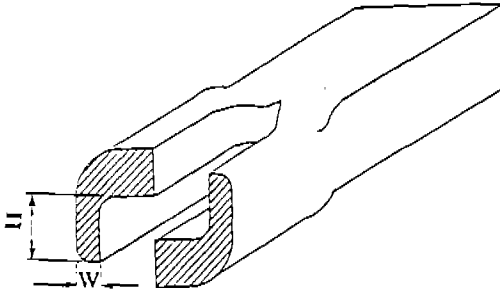


Fig.4 The Shape of Arirang Type Pin

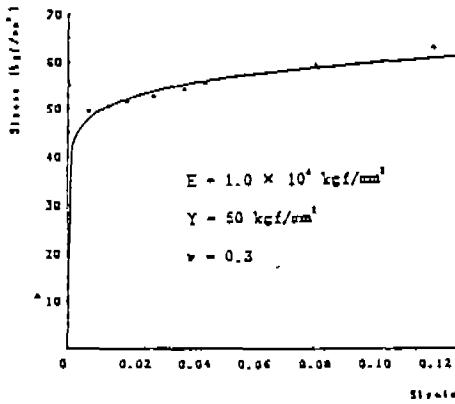


Fig.5 Stress-Strain Curve(C5101RH)

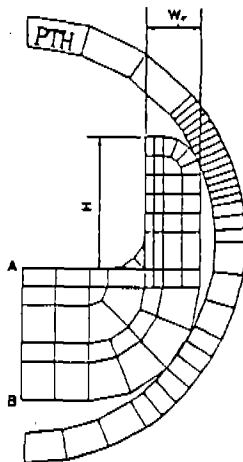
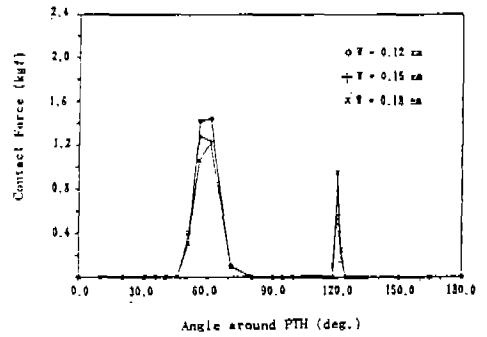
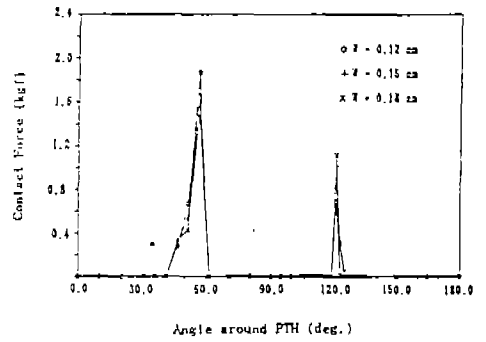


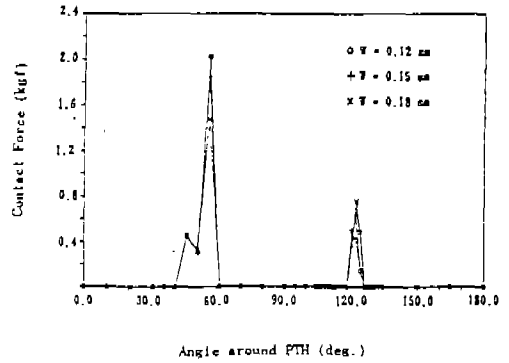
Fig.6 Finite Element Mesh of PTH and Pin



(a) H=0.33mm

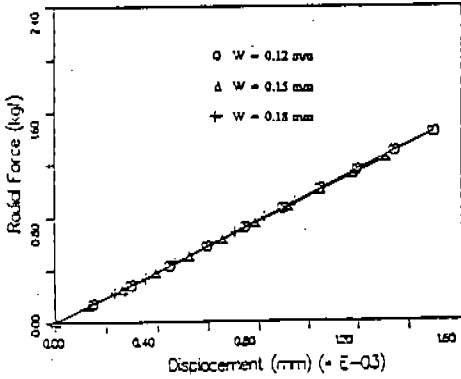


(b) H=0.35mm

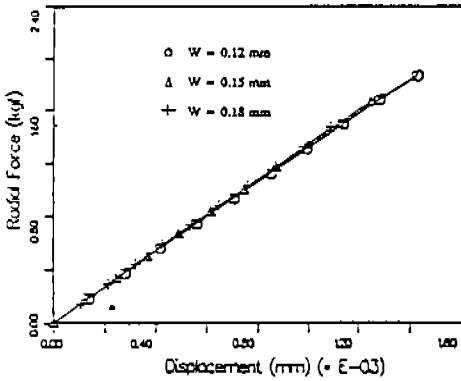


(c) H=0.37mm

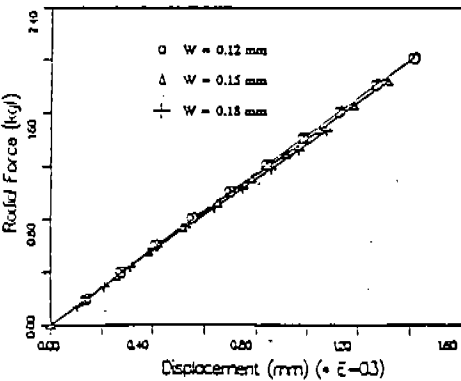
Fig.7 Contact forces vs. Displacement of Pin



(a) H=0.33mm



(b) H=0.35mm



(c) H=0.37mm

으므로 적합하다. 이를 위하여는 핀이 PTH에 삽입되었을 때 소성영역이 적은 것이 좋고, 핀의 가공시에 생산성이 향상될 수 있도록 돌출부의 높이가 너무크지 않도록 설정하는 것이 좋다. 그리하여 돌출부 높이 및 폭은 각각 0.33, 0.15 mm로 결정하였다.

3.2 핀의 접속부 길이와 PTH 직경 변위와의 관계

PTH의 재료는 내벽에 SnPb 도금층 및 Cu 도금층이 있으며 나머지 부분은 epoxy glass로 이루어 있고, 이들 재료의 기계적 성질은 Table 1과 같으며 Fig.9에서 PTH의 형상을 보여준다. PTH는 핀에 비하여 변형이 작기 때문에 이중 선형(bilinear)모델로 가정을 하였고, 본 해석에서 사용된 PTH의 해석 모델은 핀이 PTH에 삽입되었을 때의 PTH의 중앙에 위치하고 있다는 가정을 하여 Fig.10과 같이 요소수 225개, 절점수 250개로 유한요소화 하였다. 외력 경계조건으로는 핀이 PTH에 삽입되었을 때의 3.2절에서 얻어진 결과의 접촉력 분포를 PTH의 내벽에 가하여 SnPb와 Cu도금층 및 epoxy glass의 변위 및 응력 분포를 계산하고, 이 결과를 이용하여 epoxy glass가 소성영역에 도달하지 않은 범위에서 적합한 핀의 형상을 찾았다. 특히, 핀의 돌출 부분보다 모서리 부분에서 극심한 응력집중이 Fig.7과 같이 나타났으므로 이 결과를 이용하여 핀의 접속부 길이를 결정하기 위한 3차원 해석시에 전체의 1/8만을 유한요소화하여 경제적인 해석을 할 수 있음을 알 수 있다. 핀의 접속부 길이를 최적화하기 위하여 앞절에서 결정된 PTH의 접촉력 분포를 이용하여 PTH 직경 0.97, 1.02, 1.12mm에 대하여 3차원 해석을 수행하였다.

Table 1. Material Properties of PTH

| Material | Cu | SnPb | Epoxy Glass |
|-----------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| $E(\text{kgf/mm}^2)$ | 1.7×10^3 | 3.0×10^3 | 2.1×10^4 |
| $\sigma_r(\text{kgf/mm}^2)$ | 50.0 | 5.0 | 14.0 |
| ν | 0.3 | 0.3 | 0.3 |
| $E_t(\text{kgf/mm}^2)$ | 1.0×10^2 | 1.0×10^2 | 1.0×10^2 |

Fig.8 Radial Forces vs. Displacement of Pin

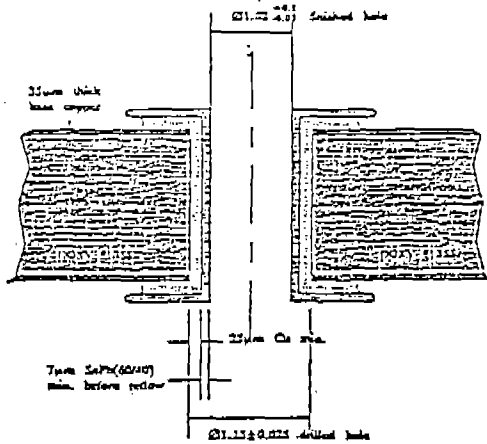


Fig.9 Cross Section View of PTH

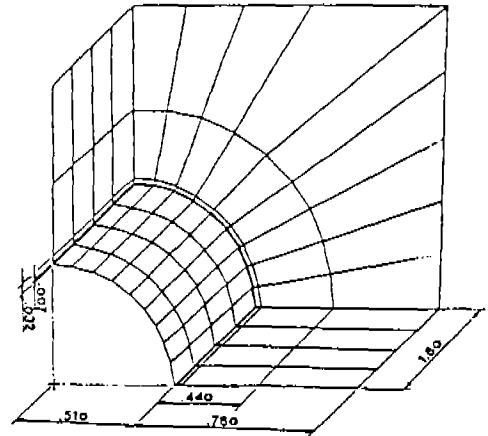


Fig.10 Finite Element Mesh of PTH

(단위 : mm)

| Force (kgf) | L=1.20 (mm) | L=1.60 (mm) | L=2.00 (mm) | L=2.40 (mm) | L=2.80 (mm) | L=3.20 (mm) |
|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 0 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 0.000E+00 |
| 3 | 0.120E-02 | 0.990E-03 | 0.768E-03 | 0.648E-03 | 0.506E-03 | 0.470E-03 |
| 6 | 0.240E-02 | 0.198E-02 | 0.153E-02 | 0.129E-02 | 0.101E-02 | 0.942E-03 |
| 9 | 0.362E-02 | 0.296E-02 | 0.230E-02 | 0.194E-02 | 0.152E-02 | 0.141E-02 |
| 12 | 0.484E-02 ▼ | 0.398E-02 | 0.308E-02 | 0.258E-02 | 0.202E-02 | 0.188E-02 |
| 15 | 0.608E-02 ▼ | 0.498E-02 ▼ | 0.384E-02 | 0.324E-02 | 0.254E-02 | 0.236E-02 |
| 18 | 0.734E-02 | 0.600E-02 | 0.462E-02 | 0.390E-02 | 0.304E-02 | 0.282E-02 |
| 21 | 0.868E-02 | 0.704E-02 ▼ | 0.540E-02 ▼ | 0.454E-02 | 0.356E-02 | 0.330E-02 |
| 24 | 0.103E-02 | 0.814E-02 | 0.618E-02 | 0.520E-02 | 0.406E-02 | 0.378E-02 |
| 27 | 0.121E-02 | 0.940E-02 | 0.696E-02 | 0.586E-02 ▼ | 0.458E-02 | 0.426E-02 |
| 30 | 0.143E-02 | 0.109E-02 | 0.776E-02 ▼ | 0.650E-02 | 0.510E-02 | 0.474E-02 |

▼ : Cu 도금층의 소성 변형 발생
 ▼ : Epoxy Glass의 소성 변형 발생

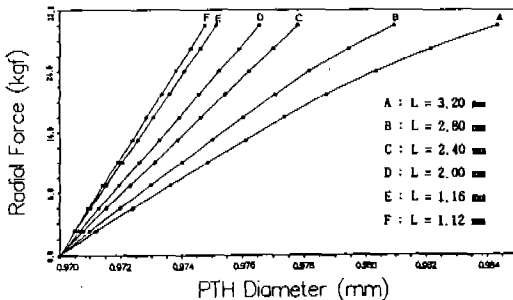


Fig.11 Radial Forces vs. PTH Diameter (0.97mm)

각각의 PTH 직경에 대하여 핀의 접속부 길이 1.20, 1.60, 2.00, 2.40, 2.80, 3.20mm의 18가지 경우를 해석하였다.

해석 결과 접속부 길이가 1.20mm인 경우 Cu 도금층이 12~21kgf, epoxy glass는 15~21kgf에서 소성 응력 상태가 되므로 PCB를 해칠 우려가 있다. 그러나 접속부 길이가 2.00mm인 경우에는 Cu 도금층이 PTH 직경 0.90mm일 때에는 21kgf이지만 PTH 직경이 1.12mm일 때에는 소성 응력 상태에 도달하지 않았고, epoxy glass는 PTH 직경 0.97, 1.12mm인 경우 30kgf에서 소성

(단위 : mm)

| Force (kgf) | L=1.20 (mm) | L=1.60 (mm) | L=2.00 (mm) | L=2.40 (mm) | L=2.80 (mm) | L=3.20 (mm) |
|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 0 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 0.000E+00 |
| 3 | 0.101E-02 | 0.992E-03 | 0.710E-03 | 0.644E-03 | 0.504E-03 | 0.468E-03 |
| 6 | 0.200E-02 | 0.198E-02 | 0.142E-02 | 0.129E-02 | 0.101E-02 | 0.938E-03 |
| 9 | 0.302E-02 | 0.298E-02 | 0.212E-02 | 0.194E-02 | 0.151E-02 | 0.141E-02 |
| 12 | 0.404E-02 | 0.398E-02 | 0.284E-02 | 0.258E-02 | 0.202E-02 | 0.188E-02 |
| 15 | 0.506E-02 ▼ | 0.500E-02 | 0.356E-02 | 0.322E-02 | 0.252E-02 | 0.234E-02 |
| 18 | 0.610E-02 ▼ | 0.600E-02 ▼ | 0.428E-02 | 0.388E-02 | 0.304E-02 | 0.282E-02 |
| 21 | 0.716E-02 | 0.706E-02 ▼ | 0.500E-02 | 0.454E-02 | 0.354E-02 | 0.328E-02 |
| 24 | 0.830E-02 | 0.814E-02 | 0.572E-02 ▼ | 0.518E-02 | 0.406E-02 | 0.376E-02 |
| 27 | 0.962E-02 | 0.938E-02 | 0.644E-02 | 0.584E-02 ▼ | 0.456E-02 | 0.424E-02 |
| 30 | 0.112E-02 | 0.108E-02 | 0.718E-02 ▼ | 0.648E-02 | 0.508E-02 | 0.472E-02 |

▼ : Cu 도금층의 소성 변형 발생

▼ : Epoxy Glass의 소성 변형 발생

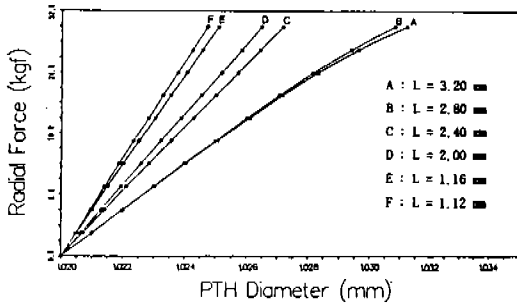


Fig.12 Radial Forces vs. PTH Diameter (1.02mm)

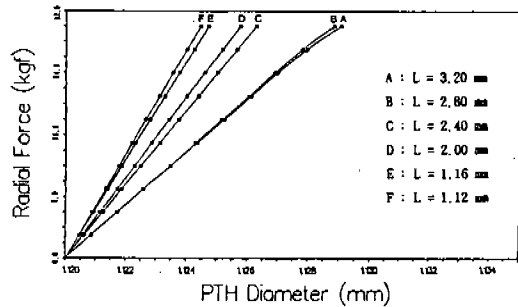


Fig.13 Radial Forces vs. PTH Diameter (1.12mm)

(단위 : mm)

| Force (kgf) | L=1.20 (mm) | L=1.60 (mm) | L=2.00 (mm) | L=2.40 (mm) | L=2.80 (mm) | L=3.20 (mm) |
|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 0 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 0.000E+00 | 0.000E+00 |
| 3 | 0.872E-02 | 0.860E-03 | 0.628E-03 | 0.574E-03 | 0.470E-03 | 0.446E-03 |
| 6 | 0.175E-02 | 0.172E-02 | 0.126E-02 | 0.115E-02 | 0.940E-03 | 0.892E-03 |
| 9 | 0.260E-02 | 0.258E-02 | 0.188E-02 | 0.173E-02 | 0.141E-02 | 0.134E-02 |
| 12 | 0.348E-02 | 0.348E-02 | 0.250E-02 | 0.230E-02 | 0.188E-02 | 0.178E-02 |
| 15 | 0.436E-02 | 0.430E-02 | 0.314E-02 | 0.286E-02 | 0.234E-02 | 0.222E-02 |
| 18 | 0.524E-02 | 0.516E-02 | 0.376E-02 | 0.344E-02 | 0.282E-02 | 0.266E-02 |
| 21 | 0.612E-02 ▼ | 0.604E-02 | 0.440E-02 | 0.402E-02 | 0.330E-02 | 0.312E-02 |
| 24 | 0.700E-02 | 0.690E-02 ▼ | 0.502E-02 | 0.460E-02 | 0.378E-02 | 0.356E-02 |
| 27 | 0.796E-02 | 0.780E-02 | 0.566E-02 | 0.518E-02 | 0.426E-02 | 0.402E-02 |
| 30 | 0.906E-02 | 0.884E-02 | 0.628E-02 | 0.576E-02 | 0.472E-02 | 0.446E-02 |

▼ : Cu 도금층의 소성 변형 발생

▼ : Epoxy Glass의 소성 변형 발생

상태가 되었다. 해석 결과는 Fig.11, 12, 13에 나타내었으며 이는 두께 3.20mm인 PCB에서 핀의 접속부 길이가 2.00mm 이상일 때에는 PTH의 직경이 0.95~1.12mm이며 PCB 두께가 2.00~3.20mm인 경우에 대하여 사용이 가능하다.

3.3 3차원 핀의 해석

핀의 대각선 길이를 결정하기 위하여는 설계 조건을 만족하면서 생산성이 좋고 수리가 용이한 공차 영역을 찾아야 한다. 그러므로, 핀의 대각선 길이가 1.20mm에서 1.40mm 사이에서 설계 조건을 만족하는 핀의 대각선 길이를 결정하기 위하여 3차원 탄소성 해석을 하였으며 요소수 27개, 절점수 127개로서 Fig.14와 같이 모델링하였다. 핀 재료는 C5101 RH로서 인장시험을 통하여 물성치를 구하였으며 그 결과는 Fig.5와 같고, 핀은 PTH에 비하여 변형량이 크기 때문에 다중선형 모델로 사용하였다.

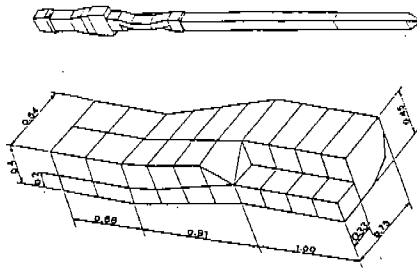


Fig.14 Finite Element Mesh of Pin

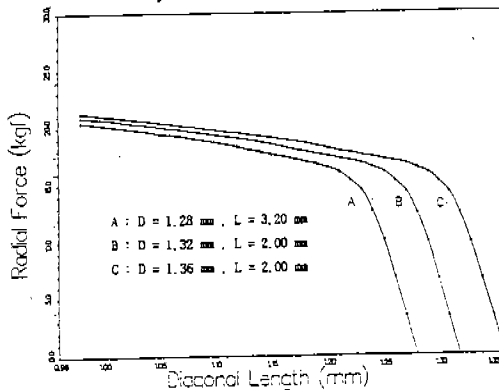


Fig.15 Pin Deformation Characteristics

개발한 핀의 해석은 대각선 길이 1.28, 1.32, 1.36mm에 대하여 접속부 길이를 각각 1.20, 1.60, 2.00, 2.40, 2.80, 3.20mm로 하여 18가지 경우에 대하여 핀의 접속부에 균일한 변위를 가하여 반경 방향 힘을 구하였으며 해석 결과를 Fig.15에 나타내었다. 또한, Fig.15는 응력 집중이 심한 대각선 길이 1.36mm, 접속부 길이 2.00mm인 경우와 wire wrapping condition을 만족하여야 할 대각선 길이 1.28mm, 접속부 길이 3.20mm에 대한 핀의 변형 관계를 나타낸 것이다.

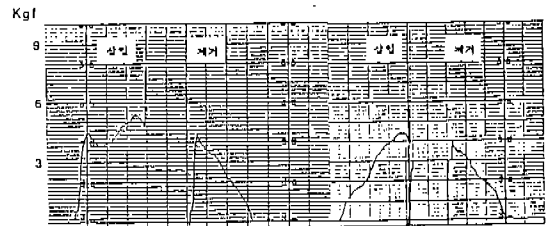


Fig.16 Insertion and Retention Forces

4. 실 험

4.1 PTH의 직경 및 핀의 대각선 길이 측정

PTH의 직경 측정은 윤곽투영기를 사용하였으며 그 직경이 진원이 아니기 때문에 한번 측정된 직경에 대하여 90°방향으로 다시 측정하여 그 평균값으로 정하였다. 300개의 PTH에 대한 지름을 측정된 결과 직경은 1.076~1.119mm였으며 설계조건인 0.97~1.12mm의 범위에는 대부분 포함되지만 Table 2에 보여주듯이 상당히 평준된 결과가 나타났다. 기존 핀 3가지와 새로 개발된 핀의 대각선 길이 측정은 마이크로미터를 사용하여 각각 40개씩 측정하였다. 특히, 본 측정은 측정시 상당한 오차가 발생하므로 동일한 시편을 5회씩 측정하여 평균값을 취하였다.

4.2 실험 방법

PTH 직경 및 핀의 대각선 길이는 측정된 시편들을 선별하여 각 시편 종류별로 15개씩 삽

입력을 측정하였고, 실험 장비는 500kgf 정밀 인장 및 압축용 시험기를 사용하였다. 시험기의 하중은 20kgf, head speed 5 mm/min, chart speed 50mm/min로 실험을 하였다. 본 실험 결과는 Table 2, 여러가지의 형태를 가진 제품은 Table 3~5 와 같으며, 핀이 PTH에 삽입되는 상태에 대하여 삽입력과 PTH의 깊이에 따른 핀의 삽입 깊이 관계를 Fig.16에 나타내었다. 특히, 수리의 용이함을 판별하기 위하여 핀을 동일한 PTH에 삽입시킬 때 2회씩 반복하여 삽입력 및 집속력을

측정하였다. Table 2~5는 새로 개발한 핀의 집속력 및 삽입력을 나타내며 2회씩 반복하여 얻어진 실험 결과이다. 이 실험 결과 새로 개발된 핀의 삽입력은 기존 핀과 유사하였으나, 수리의 효율성 측면에서 볼 때 Table 2~5에서 보이듯이 기존의 핀보다 우수하였다. 특히, 일부 기존의 핀은 PTH를 심각하게 손상시켰고, 핀을 재사용할 경우에는 삽입 방향을 처음 방향과 정확히 일치시키지 못함으로 인하여 처음보다 더 큰 삽입력을 나타내었다.

Table 2. Insertion Forces of PTH vs. Diagonal Length(Arirang Type Pin)

| 시편 | PTH직경 (mm) | 대각선길이 (mm) | 삽입력 (kgf) | 반경방향 힘 (kgf) |
|----|------------|------------|-----------|--------------|
| 1 | 1.092 | 1.203 | 5.0 | 16.7 |
| 2 | 1.099 | 1.198 | 7.0 | 23.3 |
| 3 | 1.102 | 1.198 | 6.8 | 22.7 |
| 4 | 1.104 | 1.197 | 6.7 | 22.3 |
| 5 | 1.108 | 1.197 | 6.5 | 21.7 |
| 6 | 1.110 | 1.197 | 6.4 | 21.3 |
| 7 | 1.112 | 1.196 | 7.1 | 23.7 |
| 8 | 1.113 | 1.195 | 6.7 | 22.3 |
| 9 | 1.113 | 1.195 | 6.8 | 22.7 |
| 10 | 1.119 | 1.194 | 7.2 | 24.0 |

Table 4. Insertion Forces of PTH vs. Diagonal Length(B Type Pin)

| 시편 | PTH직경 (mm) | 대각선길이 (mm) | 삽입력 (kgf) | 반경방향 힘 (kgf) |
|----|------------|------------|-----------|--------------|
| 1 | 1.076 | 1.205 | 5.4 | 18.0 |
| 2 | 1.076 | 1.208 | 6.6 | 22.0 |
| 3 | 1.080 | 1.197 | 6.4 | 21.3 |
| 4 | 1.081 | 1.208 | 6.7 | 22.3 |
| 5 | 1.806 | 1.199 | 6.4 | 21.3 |
| 6 | 1.092 | 1.198 | 5.6 | 18.7 |
| 7 | 1.101 | 1.196 | 5.6 | 18.7 |
| 8 | 1.106 | 1.196 | 5.6 | 18.7 |
| 9 | 1.107 | 1.196 | 5.7 | 19.0 |
| 10 | 1.118 | 1.194 | 5.4 | 18.0 |

Table 3. Insertion Forces of PTH vs. Diagonal Length(A Type Pin)

| 시편 | PTH직경 (mm) | 대각선길이 (mm) | 삽입력 (kgf) | 반경방향 힘 (kgf) |
|----|------------|------------|-----------|--------------|
| 1 | 1.083 | 1.174 | 6.9 | 23.0 |
| 2 | 1.083 | 1.178 | 7.0 | 23.3 |
| 3 | 1.087 | 1.171 | 5.9 | 19.7 |
| 4 | 1.092 | 1.175 | 6.2 | 20.7 |
| 5 | 1.096 | 1.174 | 6.0 | 20.0 |
| 6 | 1.099 | 1.171 | 6.5 | 21.7 |
| 7 | 1.105 | 1.167 | 6.4 | 21.3 |
| 8 | 1.108 | 1.161 | 5.6 | 18.7 |
| 9 | 1.108 | 1.165 | 6.4 | 21.3 |
| 10 | 1.119 | 1.194 | 7.2 | 24.0 |

Table 5. Insertion Forces of PTH vs. Diagonal Length(C Type Pin)

| 시편 | PTH직경 (mm) | 대각선길이 (mm) | 삽입력 (kgf) | 반경방향 힘 (kgf) |
|----|------------|------------|-----------|--------------|
| 1 | 1.081 | 1.323 | 5.4 | 18.0 |
| 2 | 1.086 | 1.320 | 5.2 | 17.3 |
| 3 | 1.088 | 32571 | 5.7 | 19.0 |
| 4 | 1.089 | 1.330 | 5.8 | 19.3 |
| 5 | 1.093 | 1.322 | 6.0 | 20.0 |
| 6 | 1.098 | 1.326 | 6.2 | 20.7 |
| 7 | 1.100 | 1.327 | 6.4 | 21.3 |
| 8 | 1.102 | 1.314 | 6.0 | 20.0 |
| 9 | 1.104 | 1.313 | 5.9 | 19.7 |
| 10 | 1.105 | 1.329 | 5.2 | 17.3 |

5. 결 론

이상의 결과를 이용하여 커넥터의 성능에 결정적인 영향을 미치는 접촉성, 강도, 단자 스프링의 특성, 삽입력, 접촉력 등에 관한 정량적 해석을 통하여 다음과 같은 설계방법을 도출하였다.

- 1) CFP를 PTH에 삽입할 때 커넥터의 성능에 결정적인 영향을 미치는 접촉력, 삽입력 및 단자 스프링의 특성을 고려하기 위하여는 epoxy glass가 항복응력 상태가 되기 이전의 범위에서 핀 모서리 부분의 곡률 반경을 결정한다.
- 2) 단자 스프링의 특성은 대각선 길이와 접속부 길이에 매우 민감하기 때문에 PTH의 제한 범위 내에서 핀을 재사용시 wire wrapping condition을 만족하도록 대각선 길이를 결정한다.
- 3) 이미 결정된 대각선 길이를 이용하여 핀을 PTH에 삽입시킨 상태에서 접속부 길이를 변화시키면서 PTH의 영구 변형이 심하지 않도록 접속부 길이를 결정한다.

이러한 시뮬레이션 수법을 이용하여 PTH의 직경 0.97~1.12mm에 대한 수치해석을 한 결과 새로 개발된 핀의 형상은 핀의 모서리 부분의 곡률 반경 0.30mm, 접속부 길이 2.00mm 이상, 대각선 길이 1.28~1.36mm가 적합하다.

새로 개발된 핀은 PTH 직경 0.95~1.12mm에 대하여 PCB 두께 2.00~3.20mm까지 사용이 가능하다. 제안된 설계법을 이용하여 설계된 핀 형상에 대하여 실험과 해석 결과를 PTH의 반경방향 하중으로 비교한 결과 매우 양호한 일치를 보였으며, 여러가지의 형태를 가진 핀의 삽입력 및 접촉력을 측정된 결과 기계적 성질이 비슷하였으며, 수리의 용이성이 아주 좋았다.(Table 6~9) 또한 본 연구에서 도출한 시뮬레이션 수법은 다른 형상의 핀 설계시에도 적용이 가능하고, 접속기구의 체계적인 연구에도 큰 도움이 되리라고 사료된다.

Table 6. Insertion and Retention Forces (Arirang Type Pin)

| 대각선 길이 (mm) | PTH 직경 (mm) | 삽입 횟수 | 삽입력 (kgf) | 반경방향 힘 (kgf) | 접촉력 (kgf) |
|-------------|-------------|-------|-----------|--------------|-----------|
| 1.331 | 1.094 | 1 | 5.4 | 18.0 | 3.5 |
| | | 2 | 3.8 | 12.7 | 3.2 |
| 1.323 | 1.097 | 1 | 5.4 | 18.0 | 4.4 |
| | | 2 | 4.6 | 15.3 | 3.5 |

Table 7. Insertion and Retention Forces (A Type Pin)

| 대각선 길이 (mm) | PTH 직경 (mm) | 삽입 횟수 | 삽입력 (kgf) | 반경방향 힘 (kgf) | 접촉력 (kgf) |
|-------------|-------------|-------|-----------|--------------|-----------|
| 1.195 | 1.100 | 1 | 7.2 | 24.0 | 5.6 |
| | | 2 | 5.2 | 17.3 | 5.3 |
| 1.198 | 1.091 | 1 | 7.2 | 24.0 | 5.5 |
| | | 2 | 5.6 | 18.0 | 5.1 |

Table 8. Insertion and Retention Forces (B Type Pin)

| 대각선 길이 (mm) | PTH 직경 (mm) | 삽입 횟수 | 삽입력 (kgf) | 반경방향 힘 (kgf) | 접촉력 (kgf) |
|-------------|-------------|-------|-----------|--------------|-----------|
| 1.176 | 1.093 | 1 | 7.3 | 24.3 | 5.6 |
| | | 2 | 5.7 | 19.0 | 7.2 |
| 1.179 | 1.092 | 1 | 8.0 | 26.7 | 7.7 |
| | | 2 | 6.7 | 22.3 | 7.5 |

Table 9. Insertion and Retention Forces (C Type Pin)

| 대각선 길이 (mm) | PTH 직경 (mm) | 삽입 횟수 | 삽입력 (kgf) | 반경방향 힘 (kgf) | 접촉력 (kgf) |
|-------------|-------------|-------|-----------|--------------|-----------|
| 1.314 | 1.098 | 1 | 5.4 | 18.0 | 4.8 |
| | | 2 | 4.9 | 16.3 | 3.6 |
| 1.335 | 1.092 | 1 | 6.3 | 21.0 | 3.2 |
| | | 2 | 4.0 | 13.3 | 3.0 |

참 고 문 헌

1. Tsuneo Kanai, Yasushiro Ando and Shuichiro Inagaki, "Design of a Compliant Press-Fit Pin Connection". IEEE Transactions on Components, Hybrids and Manufacturing Technology, Vol.CHMT-8, No.1, March 1985.
2. Ram P.Goel, "Analysis of an Interference-Fit Pin Connection", IEEE Transactions on Components, Hybrids and Manufacturing Technology, Vol.CHMT-1, No.3, September 1978.
3. R. Cobaugh and A. S. Taylor, "Card-Edge Connector Design for Cost Effective Backplanes", 13th Annual Connector Symposium, Philadelphia, PA October 7-9-1980.
4. R.K.Henderson and T.D.Moyer, "Compliant Pin Design Using Design of Experimentation Techniques", E.I du PONT de de NEMOURS & Co., Inc. 1985.
5. 김동원, 전병희, 김의석, "Compliant Press-Fit Pin에 의한 Interconnection Mechanism에 관한 연구", 서울대학교 공학연구소, 1988.
6. K.J.Bathe, Automatic Dynamic Incremental Nonlinear Analysis, ADINA ENGINEERING, 1985.