

C5210-H(HP)와 NKT322-EH 소재의 헵피치 커넥터에서 단조 가공에 의한 소재 폭 변화에 관한 연구

신미경¹ · 이춘규[†]

(주)수지캠¹ · 공주대학교 금형설계공학과[†]

A study on the change of material width by forging processing in fine pitch connector of C5210-H(HP) and NKT322-EH materials

Mi-Kyung Shin¹ · Chun-Kyu Lee[†]

Suji Chem Co., LTD¹

Department of Metal Mold Design Engineering, Kongju National University[†]

(Received August 31, 2020 / Revised September 25, 2020 / Accepted September 30, 2020)

Abstract: As devices such as smartphones, tablet PC, and wearable devices have been miniaturized, the connectors that go into the devices are also designed to be very small. The connector combines the plug and the receptacle to transfer electricity. As devices are miniaturized, the contact shape is formed by partially thinning the thickness of the raw material of the terminal in order to lower the coupling height of the plug and receptacle. The product used in this study is a receptacle terminal used for 0.4mm pitch board to board connector among fine pitch connectors. When the material thickness is reduced by forging the receptacle terminal, the width change of the pin is checked. To reduce the thickness of the material by forging, pre-notching is applied in the first step, forging in the second step, and notching in the third step. After forming the width dimension of the pin to 0.28 mm in the pre-notching process, in the forging process, the material thickness 0.08 mm and 0.02 mm (25%) were forged and the thickness was changed to 0.06 mm and the width change amount of the pin was measured. The facility produced 10,000 pieces at 400 SPM using a Yamada Dobby (MXM-40L) press, and thirty pins were measured and the average value was shown. After forging by using C5210-H (HP) and NKT322-EH, which are frequently used in connectors, analyze the amount of change in each material. The effect of punching oil on forging is investigated by applying FM-200M, which is highly viscous, and FL-212, fast drying oil. This study aims to minimize mold modification by predicting the amount of material change after forging.

Key Words: Board to Board, Connector, Fine Pitch, Forging, Terminal

1. 서 론

최근 스마트폰, 태블릿 PC, 웨어러블 장치 등의 기기들이 소형화되면서 기기 안에 들어가는 커넥터도 극소형으로 설계가 되고 있다. 커넥터는 전기 기구와 코드, 또한 코드와 코드를 연결하여 전기 회로를 구성하기 위한 접속 회로를 연결하는 것으로, 그 중에서 기판 대 기판 커넥터(Board to board

connector)는 두 개의 인쇄 회로 기판(PCB) 사이에 신호 연결을 제공하는 것을 말한다^{1,2)}.

커넥터는 플러그(Plug)와 리셉터클(Receptacle)이 결합되어 전기를 전달하게 되는데, 기기들이 소형화되면서 플러그와 리셉터클의 결합 높이를 낮추기 위해 터미널(Terminal)의 원소재 두께를 접촉(Contact)되는 부분만 얇게 하여 제품을 성형한다. 이렇게 헵피치(Fine pitch) 제품에서 소재 두께를 부분적으로 얇게 만드는 가공을 단조(Forging) 가공이라고 하며, 이 단조 가공을 하기 위해서는 예비 노칭(Pre notching)을 하게 되는데, 헵피치 제품일 경우

1. (주)수지캠

† 교신저자: 공주대학교 금형설계공학과

E-mail: ckt1230@kongju.ac.kr

피치 간 간격이 작아 예비 노칭의 치수를 크게 할 수 없는 단점을 갖고 있다.

협피치 커넥터에 대한 연구를 살펴보면, Kim은 체결 성능 향상을 위한 FPCB 커넥터의 형상설계를 통하여 초소형 협피치 FPC 커넥터를 개발하기 위하여 터미널 두께 0.2 mm, 개수 50 개를 기준으로 체결성능 평가를 위해 수치해석을 수행하고 다구찌 방법을 이용하여 형상 최적화 연구를 수행하였다³⁾.

Yin은 자동차 전기 커넥터 압착 공정에 관한 유한요소해석 연구를 통하여, 전기 커넥터 압착 성형시 압착 관력 규격을 만족하기 위한 최적조건을 찾기 위한 연구를 수행하였으며, 압착 후 전기 커넥터의 저항 변화, 열 충격 실험 및 온도, 습도 실험 후 전기 커넥터의 저항 변화를 측정하였다⁴⁾. Lee는 모바일 기기 배터리용 초소형 파워 커넥터 해석을 통하여 배터리용 초소형 커넥터에 대한 전기/열해석을 바탕으로 초소형 파워 커넥터 설계시 고려하여야 하는 부분과 이러한 요소에 대한 설계 방향을 제시하였다⁵⁾. Park은 초정밀 협피치 FPC 커넥터의 체결 해석 및 형상설계를 통하여 휴대폰에 적용되는 커넥터 터미널에 대한 형상설계를 실시하고, 체결력 평가를 유한요소 해석 프로그램을 이용하여 연구하였다⁶⁾. 선행 연구를 분석한 결과 박판 소재의 부분 단조 가공 후 소재의 변화량에 대해 체계적으로 정립된 자료가 전무한 상황이며, 특히 협피치 커넥터에서 많이 사용하는 원소재 C5210-H(HP)와 NKT322-EH의 단조 가공 후 소재 변화량에 대한 연구 또한 전무한 상태이다. 따라서 금형설계시 원소재의 늘어나는 변화량을 정확하게 예측할 수 없기 때문에 예비 노칭의 치수를 정확히 결정할 수 없어 금형을 제작 후 실험을 통하여 노칭 치수를 결정하게 되므로 금형 수정이 빈번하게 발생하게 된다.

본 연구에서는 커넥터에서 많이 사용하는 원소재 C5210-H(HP)와 NKT322-EH를 이용하여 단조 가공 후 편이 폭 치수를 측정하여 소재별 변화량을 분석하고, 점성이 높은 타발유인 FM-200M과 속건성 타발유인 FL-212를 적용하여 타발유가 단조 가공에 미치는 영향을 고찰하고, 단조 가공 후 소재의 변화량 예측을 통하여 금형 수정을 최소화할 위한 방법을 연구하고자 한다.

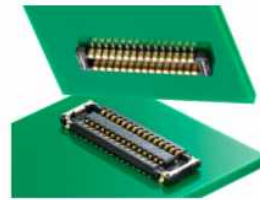
2. 제품도 및 실험방법

2.1. 실험 제품

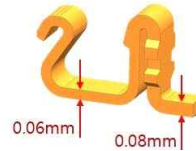
실험에 적용된 제품은 Fig. 1에 나타난 것과 같이 0.4mm pitch board to board connector에서 리셉터클 터미널(receptacle terminal)이다.

커넥터는 플러그와 리셉터클로 구분되며, 플러그와 리셉터클은 각각 터미널과 하우징으로 구성된다.

㉑는 0.4mm pitch board to board connector의 리셉터클과 플러그를 사진이며, ㉒는 리셉터클에 들어가는 터미널의 사진이다. 터미널 사진의 0.08 mm에서 0.06 mm로 소재 두께가 얇아진 부분을 나타내었으며, 이 부분을 단조 가공한 것이다.



(a) 0.4mm board to board connector (Molex)



(b) 0.4mm board to board receptacle terminal

Fig. 1 0.4mm Board to Board Connector and Receptacle Terminal

2.2. 실험조건

본 실험에 사용된 설비는 고속 프레스인 야마다 도비(MXM-40L) 프레스를 사용하였으며, 타발 속도(stroke per minute)는 SPM 400을 적용하였다.

금형은 크기 360 × 240 × 224.94 mm의 프로그래시브 금형을 사용하여 원소재 2가지 C5210-H(HP)와 NKT322-EH를 사용하고, 타발유(Punching Oil)로 FM-200M 과 FL-212를 적용하여 단조 가공 후 소재의 변화량을 측정하였다. Table 1에 실험에 사용된 조건을 나타내었다.

Table 1 Experimental conditions

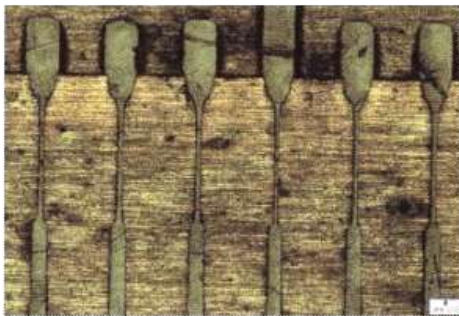
	Material	Punching oil	SPM
1	C5210-H(HP)	FM-200M	SPM 400
2		FL-212	
3	NKT322-EH	FM-200M	
4		FL-212	

2.3. 실험방법

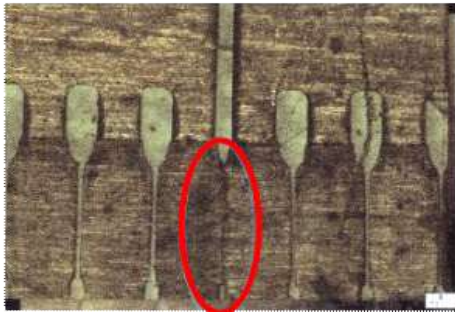
단조 가공을 시행하여 두께를 감소시켰을 때 핀의 폭 변화량을 측정하였다.

단조 가공에 의하여 소재의 두께를 감소시키기 위해서는 제 1 공정에서 예비 노칭을 적용하고, 제 2 공정에서 단조 가공, 제 3 공정에서 노칭 가공의 순서로 가공한다.

예비 노칭 가공에서 펀치 치수가 작은 경우 핀과 핀 사이의 공간(hole)이 작게 되고, 제 2 공정에서 단조 가공을 하면 소재가 늘어나서 Fig. 2의 ㉑와 같이 핀과 핀이 붙게 된다. 이런 경우 이후의 공정에서 밴딩(bending) 가공을 할 때 미세한 가루 찌힘 및 핀 변형(slant) 등의 불량 발생 된다.



(a) Normal



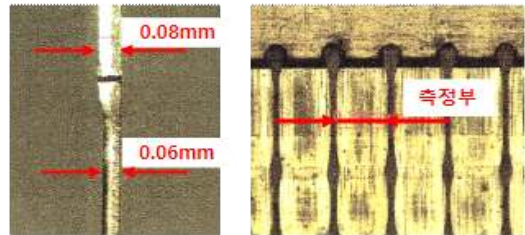
(b) Bad

Fig. 2 Normal and bad pictures after forging

그러나 예비 노칭 가공의 치수를 크게 할 수 없는 이유는 제품의 피치(pitch)가 작기 때문으로, 실험에 적용된 제품은 0.4 mm pitch에 핀의 폭 치수가 0.22 mm인 제품으로 핀과 핀 사이가 0.18 mm로, 노칭 펀치의 최대 치수는 0.18 mm가 된다.

예비 노칭의 펀치 치수는 0.18 mm 보다 작아야 하기 때문에 펀치가 매우 취약하게 되어 소재의 늘어남을 고려한 설계를 하기 어렵다.

본 실험에서는 Fig. 3과 같이 예비 노칭 공정에서 핀의 폭 치수를 0.28 mm로 성형 후 단조 공정에서 소재 두께 0.08 mm를 0.02 mm(25%)를 단조가공을 시행하여 두께가 0.06 mm가 되도록 한 후, 단조 가공된 부분의 전체 길이에서 폭이 가장 얇게 발생된 부분을 선택하여 폭 변화량을 측정하였다.



(a) Pin thickness

(b) Pin width

Fig. 3 Measurement location of the product

원소재로 C5210-H(HP)와 NKT322-EH를 선정한 이유는 C5210-H(HP)는 인칭동이며, NKT322-EH는 티타늄 구리 합금으로 2가지 모두 기계적 강도가 높은 소재로 커넥터에서 많이 사용하는 재료이기 때문이다.

타발유가 단조 가공 시 소재 변화에 어떠한 영향을 미치는지를 비교하기 위해 점성이 높은 FM-200M 과 속건성인 FL-212 를 선정하여 각각의 원소재에 적용하여 실험, 고찰하였다.

3. 실험 결과 및 분석

실험에 사용된 설비는 야마다 도비(MXM-40L) 프레스를 사용하여 SPM 400으로 10,000개를 생산한 후, 핀을 30개씩 측정하여 그 평균값을 나타내었다.

핀의 두께는 측정기 디지털 인디게이터 543-390 (Mitutoyo)를 이용하여 측정하였고, 폭 치수는 공구 현미경 MF-UA2010D (Mitutoyo)를 이용하여 측정하였다.

3.1. 실험결과

3.1.1. 실험조건 1에 의한 결과

원소재 C5210-H(HP)에서 타발유 FM-200M 을 사용하여 단조 가공으로 25%를 압축한 후 핀의 폭 변화량을 측정한 결과 Fig. 4와 같이 최소값 0.363 mm, 최대 값 0.368 mm, 평균 0.366 mm로 단조 전 치수인 0.28 mm 보다 30.7% 폭 치수가 증가한 것으로 고찰되었다.

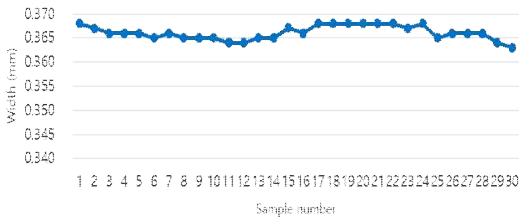


Fig. 4 C5210-H(HP) / FM-200M

3.1.2. 실험조건 2에 의한 결과

원소재 NKT322-EH에서 타발유 FM-200M을 사용하여, 1차 실험조건과 동일한 조건으로 실험을 실시하여 변화량을 측정된 결과를 Fig. 5에 나타낸 것과 같이, 최소값 0.342 mm, 최대값 0.346 mm를 나타내었으며, 평균 0.343 mm로 단조 전 0.28 mm보다 22.5% 폭 치수가 증가한 것으로 고찰되었다.

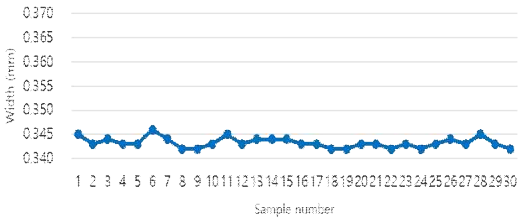


Fig. 5 NKT322-EH / FM-200M

3.1.3. 실험조건 3에 의한 결과

원소재 C5210-H(HP)에서 타발유 FL-212를 사용하여 1차 실험조건과 동일한 조건으로 실험을 실시하여 변화량을 측정된 결과를 Fig. 6에 나타낸 것과 같이, 최소값 0.361 mm, 최대값 0.365 mm를 나타내었으며, 평균 0.363mm로 단조 전 0.28mm보다 29.6% 폭 치수가 증가한 것으로 고찰되었다.

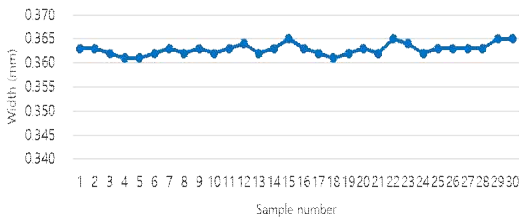


Fig. 6 C5210-H(HP) / FL-212

3.1.4. 실험조건 4에 의한 결과

원소재 NKT322-EH에서 타발유 FL-212를 사용하여

여 1차 실험조건과 동일한 조건으로 실험을 실시하여 변화량을 측정된 결과를 Fig. 7에 나타낸 것과 같이, 최소값 0.342 mm, 최대값 0.347 mm를 나타내었으며, 평균 0.345 mm로 단조 전 0.28mm보다 23.2% 폭 치수가 증가한 것으로 고찰되었다.

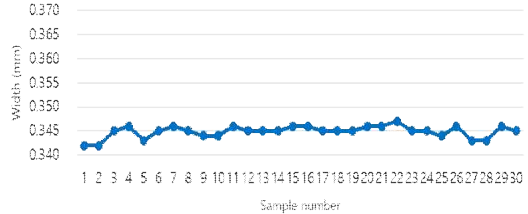


Fig. 7 NKT322-EH / FM-200M

3.1.5. 실험조건 1~4에 의한 결과 비교

실험조건 1~4에서 측정된 변화량의 최대값, 최소값, 평균을 Fig. 8에 나타내었다. 실험조건 1번과 3번은 원소재가 C5210-H(HP)에 타발유를 변경한 것이고, 실험조건 2번과 4번은 원소재가 NKT322-EH에 타발유를 변경한 것으로 타발유 보다 원소재에 따라 변화량이 다름이 고찰되었다.

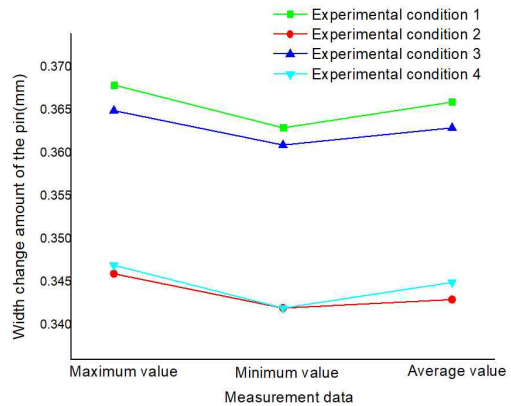


Fig. 8 Comparison of experimental results

3.2. 실험 결과 분석

3.2.1. 원소재 변경에 의한 결과 분석

원소재 C5210-H(HP)와 NKT322-EH에 단조 가공 후 핀의 폭 치수를 측정된 결과를 Table 2에 나타내었으며, C5210-H(HP)에서는 폭 치수 평균 변화율이 30.4%를 나타내었으며, NKT322-EH에서는 평균 변화율이 22.9%로 고찰되었다.

원소재 C5210-H(HP)의 경우가 NKT322-EH 보다 핀

Table 2 Average change rate by material

	Material	Amount of change	Average rate of change
1	C5210-H(HP) / FM-200M	0.366mm	30.4%
2	C5210-H(HP) / FL-212	0.363mm	
3	NKT322-EH / FM-200M	0.343mm	22.9%
4	NKT322-EH / FL-212	0.345mm	

의 폭 치수가 더 크게 증가한 것으로 고찰되었으며, 이는 Table 3에 원소재의 기계적 특성을 나타낸 것과 같이, 기계적 특성의 차이로 인장강도가 작고, 연신율이 큰 C5210-H(HP)이 핀의 폭 변화량이 더 많은 것으로 사료된다.

Table 3 Mechanical properties comparison

Material	Tensile strength	Elongation
C5210-H(HP)	625 Mpa	28.9%
NKT322-EH	970 Mpa	15%

3.2.2. 타발유 변경에 의한 결과 분석

원소재 C5210-H(HP)와 NKT322-EH에 각각 타발유 FM-200M과 FL-212를 사용하여 단조 가공 후 핀의 폭 치수를 측정된 결과 타발유가 단조 가공에 의한 폭 방향의 치수 변화에는 영향을 미치지 않는 것으로 고찰되었다.

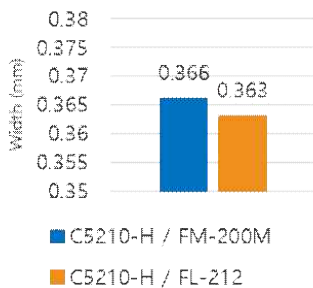


Fig. 9 Experiment with punching oil in C5210-H(HP)

C5210-H(HP)에서 타발유를 FM-200M과 FL-212를 변경하여 단조 가공 후 핀의 폭 치수를 측정된 결과 Fig. 9와 같이 FM-200M은 평균 0.366 mm, FL-212는 평균 0.363 mm로 그 차이가 매우 미소한 것으로 고찰되었다.

NKT322-EH에서 타발유를 FM-200M과 FL-212를 변경하여 단조 가공 후 핀의 폭 치수를 측정된 결과 Fig. 10과 같이 FM-200M은 평균 0.343 mm, FL-212는 평균 0.345 mm로 그 차이가 거의 발생하지 않았으며, 2가지 재료에 대하여 실험한 결과 C5210-H(HP)에서는 타발유 FM-200M의 경우가, NKT322-EH에서는 타발유 FL-212의 경우가 미소하지만 크게 증가하는 것으로 고찰되어, 이는 서로 상반되는 결과이며, 타발유에 의한 결과라 하기 보다 단조 가공 후 불규칙한 면의 측정 위치 선정에 의한 결과로 사료된다.

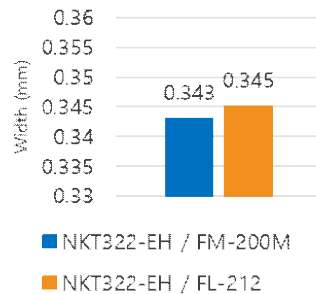


Fig. 10 Experiment with punching oil in NKT322-EH

4. 결론 및 토의

본 연구에서는 단조 가공 후 소재의 변화량을 알아보기 위해 원소재 C5210-H(HP)와 NKT322-EH에 각각 타발유 FM-200M과 FL-212를 실험하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

- 1) 단조 가공 후 핀의 폭 변화율은 원소재 C5210-H(HP)는 평균 30.4% 증가되었고, NKT322-EH는 평균 22.9% 증가 되는 것으로 고찰되었다.
- 2) 타발유 FM-200M과 FL-212를 적용하여 실험한 결과, 타발유는 단조 가공시 핀의 폭 변화에 영향을 주지 않는 것으로 고찰되었으며, 원소재의 기계적 특성에 따라 변화량이 다를 수 있다.
- 3) 단조 가공 후 핀의 폭 변화량을 예측 할 수 있게 되어 금형설계 시 예비 노칭의 치수를 정확히 결정할 수 있다. 또한 예비 노칭의 부품 (punch, stripper, die)의 수정 비용 절감 및 금형 제작 납기를 단축할 수 있게 되었다.

본 실험에서는 두께 0.08mm인 원소재 2가지에

국한하여 실험을 실시하였으나, 추후 더 많은 소재와 두께를 실험하여 단조 가공 후 소재의 변화량에 대한 연구가 요구된다.

참고문헌

- 1) Y.J. Jeon, K.H. Shin, Y.M. Heo “Structural Analysis of High-Density Mobile Micro-Connector”, J. Korea Society of Die & Mold Engineering, Vol. 9 No.2, 2015.
- 2) www.korean.molex.com
- 3) D.Y. Kim, H.S. Park, W.K. Kim, C.R. Pyo, H.Y. Kim, “Shape Design of FPCB Connector to Improve Assembly Performance”, J. Korean Society of Mechanical Engineers, Vol. A, Vol. 36, Vol. 3, pp. 347-353, 2012.
- 4) Z.H. Yin, “FEM Studies for Crimping Process of Automobile Electrical Connector”, The Graduate School Kyungpook National University. 2009.
- 5) K.M. Lee, U. Oh, S.K. Yoo, B.S. Song, “Anaysis of Small-sized Power Connectors for Mobile Device Batteries”, J.inst.Korean.electr.electron.eng., Vol.19, No.1, pp. 101-109, March 2015.
- 6) H.S. Park, “Insertion Analysis and Shape Design of Precision Fine Pitch FPC Connector”, The Graduate School Kangwon National University, 2011.

저자 소개

신 미 경 (Mi-Kyung Shin) [학생회원]



- 1990년 2월~2001년 8월 : 한국몰렉스 프레스 금형설계팀
- 2006년 1월~2010년 2월 : 우주일렉트로닉스 프레스 금형설계팀
- 2008년 3월~현재 : ㈜수지켄

< 관심분야 >
프레스 금형 및 설계, 커넥터

이 춘 규 (Chun-Kyu Lee) [정회원]



- 2014년 8월 : 공주대학교 기계공학과 (공학박사)
- 2010년 3월~2016년 12월 : 유한대학교 금형설계공학과 교수
- 2016년 12월~2018년 3월 : 한국폴리텍 대학 창원캠퍼스 금형디자인과 교수
- 2018년 4월~현재: 공주대학교 금형설계공학과 교수

< 관심분야 >
프레스 성형 및 금형