

엠보싱 및 버링 공법을 이용한 휴대폰용 초정밀 알 에프 스위치 커넥터 셸 개발

최홍석¹ · 신현집² · 김병민³ · 고대철[#]

Development of High Precision R/F Switch Connector Shell for Mobile Phone by Embossing and Burring Process

H. S. Choi, H. J. Shin, B. M. Kim, D. C. Ko

(Received August 8, 2013 / Revised August 22, 2013 / Accepted August 23, 2013)

Abstract

A radio frequency(R/F) switch connector is widely used in wireless devices such as mobile phone and navigator to check defects of the circuit board of product. The R/F switch connector shell plays a role in protecting the switch connector. Previously, this part was machined using a turning, which is time-consuming and has poor material utilization. Furthermore, the workpiece material of brass containing lead that has excellent machinability has environmentally regulated during recent years. The purpose of the current study was to develop the connector shell by forming through progressive dies including embossing, burring and forging process in order to achieve higher productivity and dimensional accuracy without tool failure. To accomplish this objective, a strip layout was designed and finite element (FE) analysis was performed for each step in the process. Try-out for the connector shell was conducted using progressive die design based on FE-analysis results. Dimensional accuracy of developed part was investigated by scanning electron microscopy. The result of the investigation for the dimensions of the formed connector shell showed that the required dimensional accuracy was satisfied. Moreover, productivity using the progressive die increased four times compared to previous machining process.

Key Words : Connector Shell, Embossing, Burring, Forging, Progressive Die, Finite Element Analysis

1. 서 론

알 에프 스위치 커넥터(이하 스위치 커넥터)는 휴대폰, 네비게이터 및 GPS 등의 회로 기판에 부착되어 기기로부터의 정보 출력이나 새로운 정보의 입력을 담당하는 장치이다. 최근 소형화되는 전자 기기로 인하여 스위치 커넥터의 크기 또한 더욱 경박 단소화되고 있다. 스위치 커넥터는 Fig. 1에 나타난

바와 같이 도전성 금속인 셸(Shell)에 의해 밀봉되어 있으며, 이러한 셸은 플러그 삽입 시 접촉 성능을 향상시키기 위해 고정밀도로 제조되어야 한다. 기존에 커넥터 셸은 절삭가공으로 제작되어 왔으나, 재료이용률이 크게 저하될 뿐만 아니라 절삭성을 향상시키기 위하여 미량의 납을 첨가하는데 이는 유해물질 제한지침(RoHS)에서의 6대 원소로서 환경적 규제를 받고 있는 실정이다. 따라서, 납을 첨가하지

1. 부산대학교 정밀가공시스템

2. ㈜ 엠티에스

3. 부산대학교 기계공학부

Corresponding Author : Pusan national university, Innovation Liaison
Industrial Center, E-mail: dcko@pusan.ac.kr

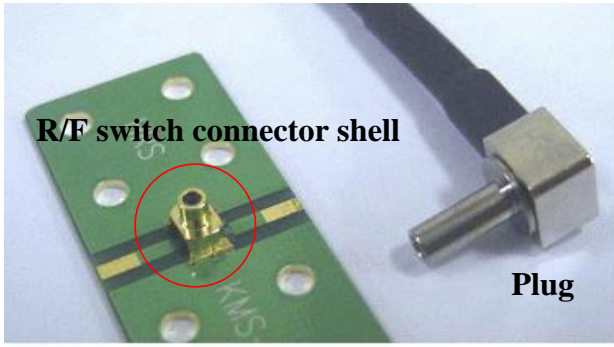


Fig. 1 Photograph of R/F switch connector shell

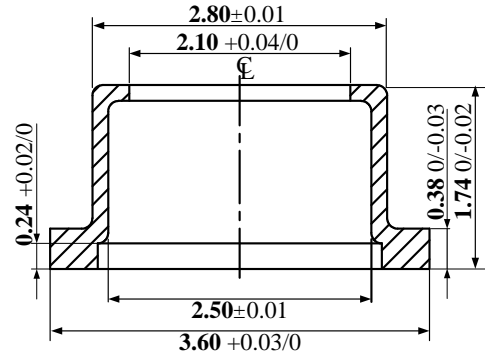


Fig. 3 Dimensions of R/F switch connector shell(Unit: mm)

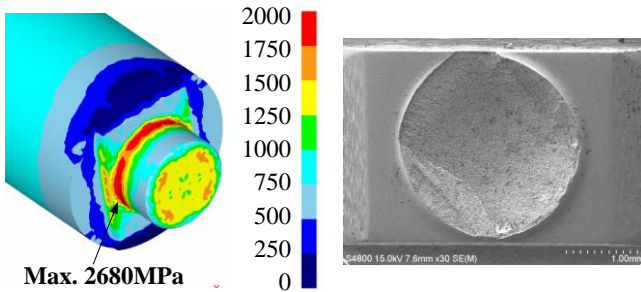


Fig. 2 Effective stress distribution and fractured punch in the forging after redrawing process

않고서도 높은 생산성과 작업성 및 제조 원가 저감을 위하여 프레스 성형공법을 이용한 커넥터 셸 제조가 요구된다.

문용석 등은 프로그레시브 금형을 이용하여 커넥터 셸을 제작하기 위한 특허를 출원하였다[1]. 이는 수회 딥 드로잉을 실시한 후 최종적으로 코너부와 플랜지부를 단조가공하는 공정으로 되어 있다. 그러나 재드로잉의 반복에 따른 다이 코너부 소재의 증육(Thickening) 및 가공경화로 인해 단조 시 Fig. 2에 나타낸 바와 같이 펀치의 파손이 빈번하게 일어나는 것이 확인되었다.

본 연구에서는 프레스 공법을 이용한 커넥터 셸의 제조 시 엠보싱 및 버링 공정을 도입함으로써 성형 하중을 분산하고, 최종 단조 공정에서 금형의 내구성을 향상시킬 수 있는 프로그레시브 공정을 개발하였다. 이를 위하여 각 공정에 대한 성형해석 및 강도해석을 실시하였으며, 유한요소해석 결과를 바탕으로 금형을 제작하여 커넥터 셸을 제조하였다. 마지막으로 요구 치수정밀도와 제품의 치수를 비교하여 개발된 공정의 타당성을 검증하였다.

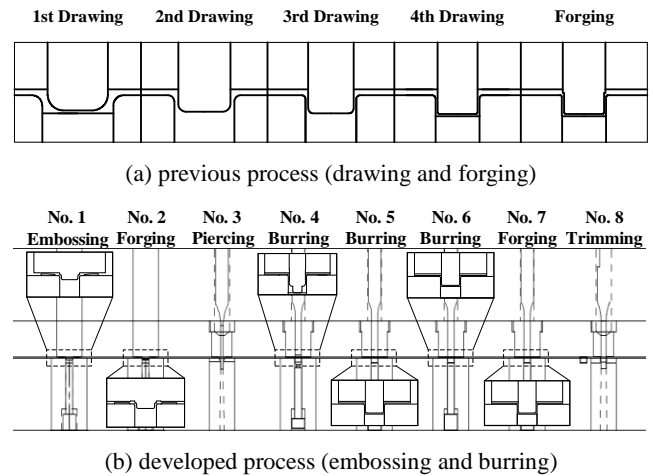


Fig. 4 Process lay-out of progressive die for connector shell

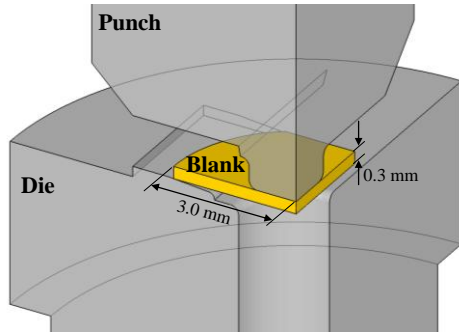
2. 프로그레시브 공정설계

2.1 커넥터 셸의 치수

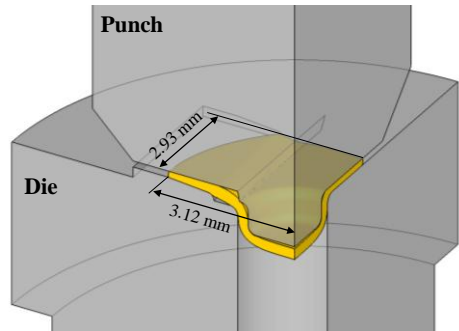
Fig. 3에 커넥터 셸 단면의 주요 치수를 나타내었다. 접촉 성능 향상을 위해 직각도 및 내/외경 치수가 정밀해야 되며 제품의 강도 향상을 위하여 플랜지부는 초기 소재 두께(0.36mm) 이상으로 두껍게 제조되어야 한다.

2.2 공정 레이아웃

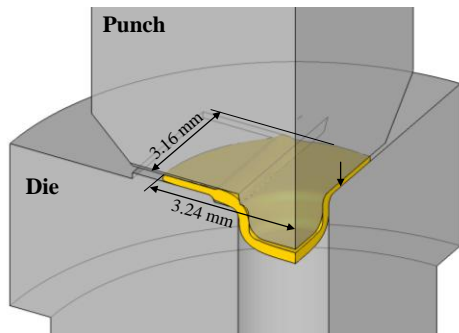
커넥터 셸 제조를 위한 프로그레시브 공정 레이아웃을 기존의 드로잉 공정과 비교하여 Fig. 4에 나타내었다. 기존 공정에서는 컵 형상을 성형하기 위하여 4 공정의 딥 드로잉을 실시한 후 단조 공정으로 플랜지부를 성형하였으나 본 연구에서 개발된 공정에서는 컵 형상 성형 시, 성형하중의 분산 및



(a) initial tool set



(b) embossing process (No. 1)



(c) forging process (No. 2)

Fig. 5 Deformed shape of connector shell in embossing and forging processes

제품 코너부의 증육을 위하여 엠보싱 및 단조 공정을 도입하였다. 또한 측벽부의 높이를 성형하기 위하여 버링을 실시하며, 플랜지부의 성형을 위해 단조 공정을 배치하였다. 단조 공정 후에는 트리밍을 통하여 최종 제품으로 취출된다.

3. 유한요소해석 및 결과

3.1 유한요소해석 조건

유한요소해석을 실시하여 성형특성 및 변형 거동을 평가하였다. 적용된 소재는 두께 0.36mm의 황동

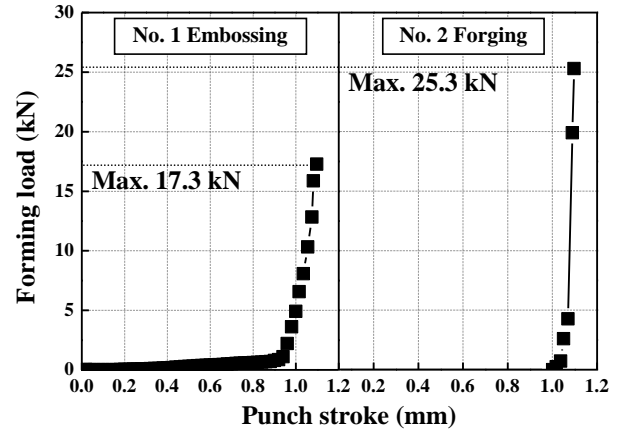
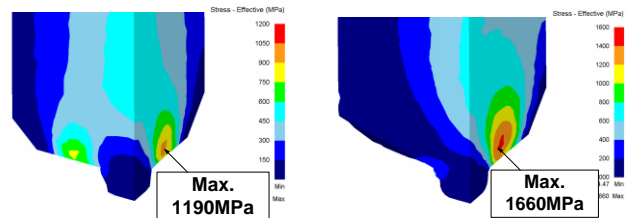


Fig. 6 Load-stroke diagrams of embossing and forging processes



(a) embossing (No. 1)

(b) forging (No. 2)

Fig. 7 Effective stress distribution on each tool

(C2680)이며 인장시험을 통하여 도출된 유동응력 $\bar{\sigma} = 794 \cdot \epsilon^{-0.475} [MPa]$ 이다. 성형 시 금형과 소재 간의 마찰상수는 0.08로 부가하였으며, 요소 개수는 10,000개이다. 유한요소해석은 제품의 형상을 고려하여 1/4 모델에 대해서 수행되었다. 한편, 금형의 내구성을 파악하기 위하여 각 공정에서 금형 강도해석을 실시하였다. 이 때 금형의 탄성계수는 210GPa, 프라송비는 0.3으로 설정하였다.

3.2 엠보싱 및 단조 해석

Fig. 5, 6에 각각 엠보싱 공정(No. 1) 및 단조 공정(No. 2) 시의 변형된 형상과 이 때의 성형 하중 선도를 나타내었다. 단조 공정에서 플랜지부의 압축성형으로 인하여 성형하중이 다소 높은 25.3kN으로 나타났다. Fig. 7은 각 공정에서의 펀치에 작용하는 응력을 나타내는 것이며 단조 공정 시 코이닝 효과[2]에 의하여 플랜지부에 1660MPa의 응력이 작용한 것을 확인할 수 있다. 그러나 금형재인 STD11의 허용압축항복강도가 2500MPa임을 고려하였을 때, 안전할 것으로 판단된다[3].

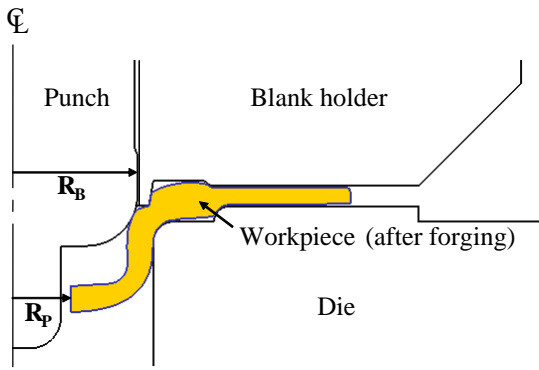


Fig. 8 Finite element model of burring process

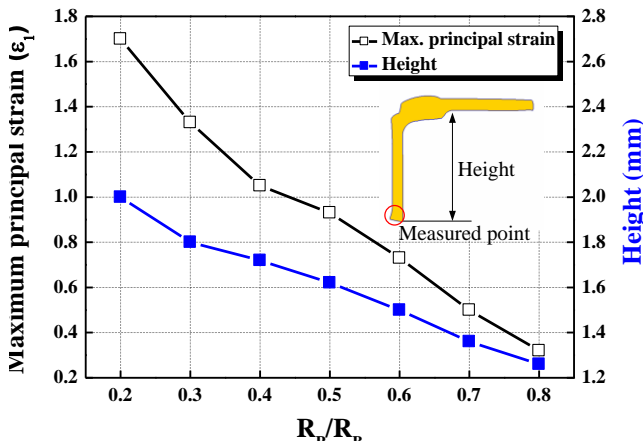


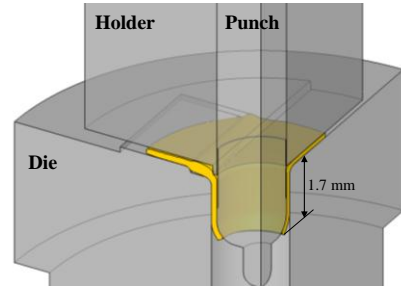
Fig. 9 Maximum major strain at burring for R_p/R_b

3.3 버링 및 판단조 공정 해석

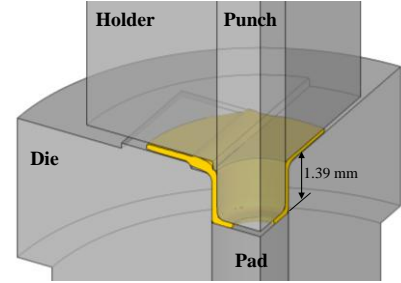
버링 시에는 버링 전의 피어싱 펀치 반경 및 버의 형성 방향이 중요하다[4]. 본 연구에서는 소재의 버링 한계를 파악하기 위하여 단조 및 엠보싱 후의 피어싱 치수에 따른 성형성을 평가하였다.

Fig. 8 에 버링 공정의 유한요소해석 모델을 나타내었다. 피어싱 공정의 설계를 위하여 피어싱 펀치 반경(R_p)은 버링 펀치 반경(R_b)을 기준으로 20%에서 80%까지 10% 간격으로 해석하였으며, 클리어런스는 벽부의 치수정밀도 향상 및 버링 높이 증대를 위하여 40% 정도로 아이어닝이 되도록 부가하였다.

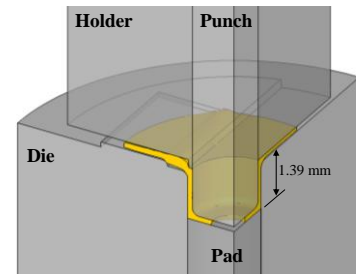
Fig. 9 에 R_p/R_b 에 따른 버링 끝단부의 최대 주변형률(ϵ_1)을 나타내었다. R_p/R_b 가 감소됨에 따라 버링부에 작용하는 주변형률이 증가함을 알 수 있으며, 이는 버링 공정에서 제품에 크랙이 발생할 수 있음을 나타내고 있다. 한편, R_p/R_b 를 70% 이상으로 증가시킬 경우, 1.36mm 인 제품의 높이를 만족시킬 수



(a) burring (No. 4)



(b) burring (No. 5)



(c) burring (No. 6)

Fig.10 Deformed shape of connector shell in embossing and forging processes

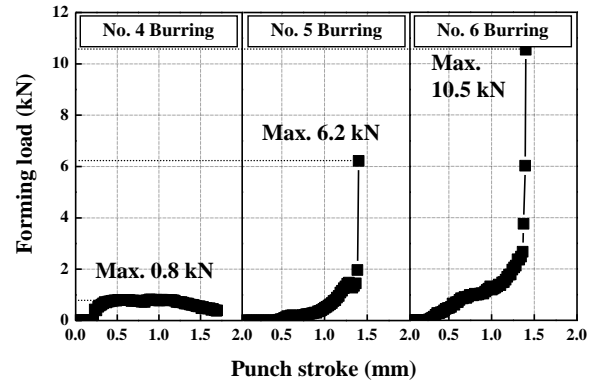


Fig.11 Load-stroke diagrams in each burring process

없었으므로, 본 연구에서는 60%의 R_p/R_b 를 선정하였다.

Fig. 10은 버링 및 판단조 공정에서의 변형 형상을 나타낸 것이다. 버링 공정은 3공정으로 이루어지면

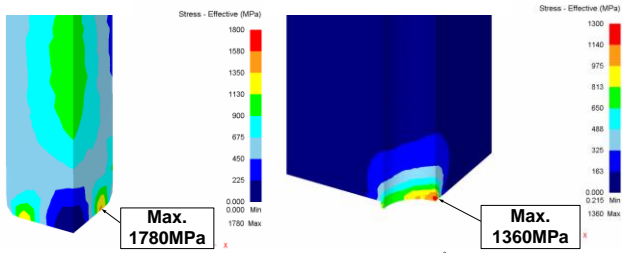


Fig.12 Effective stress distributions on punch and blank holder in forging process

1차 버링 시 소재 두께보다 얇아진 벽부를 2차, 3차 버링 공정에 의해 요구되는 두께로 성형하였다. Fig. 11은 이에 따른 성형하중 변화를 나타낸 것이며 1차 버링 공정에 비해 2차, 3차 버링 시 하중이 상승함을 알 수 있다.

Fig. 12는 플랜지부 단조 공정(No. 7)에서의 펀치 및 블랭크 홀더에 작용하는 유효응력 분포를 나타낸 것이다. 커넥터 셸 상단부의 압축 성형으로 인하여 펀치 하부에 비교적 큰 응력이 작용하고 있으며, 단조 성형을 수행하는 블랭크 홀더의 모서리부 또한 1360MPa의 높은 응력이 발생함을 알 수 있다. 그러나 드로잉 후 단조를 실시하는 기존 공정에 비해 상당히 낮은 응력 수준이었다. 이는 드로잉 공정을 제거함에 따라 플랜지부에 가공경화가 발생하지 않으므로 상대적으로 낮은 응력이 금형에 작용하기 때문이다. 또한 펀치와 블랭크 홀더를 분할함으로써 모서리부에서의 응력이 분산된 것도 하나의 원인으로 생각된다[5].

4. 시제품 제작 및 정밀도 평가

Fig. 13에 커넥터 셸 제조를 위한 프로그레시브 금형을 나타내었다. 생산성 확보를 위하여 3열 금형(3 cavity tool)으로 제작하였으며 공정 간의 성형하중 배분 등을 목적으로 아이들(Idle) 공정을 추가하였다. 한편, 산폭(공정 간 거리), 스트립 폭 등은 1열 레이아웃의 설계치보다 다소 여유를 두고 설계하였다. 일반적인 원통 딥 드로잉 공정에서의 산폭은 초기 블랭크 직경의 약 1.2배 정도를 취하고 있으나 본 연구에서는 단조 공정에서의 부하 등을 배분하기 위하여 블랭크 직경의 2배에 가까운 11.8mm로 설계하였다. 또한 다이 플레이트, 백킹 플레이트의 두께는 경험치를 반영하여 결정하였으며, 다이 홀더는

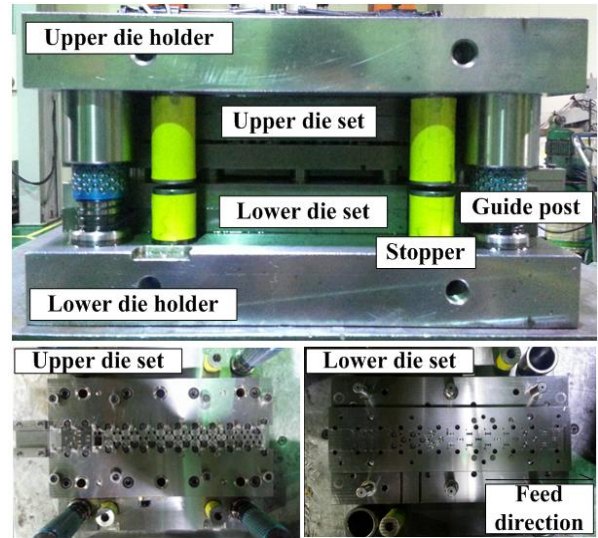


Fig. 13 Progressive die set for connector shell

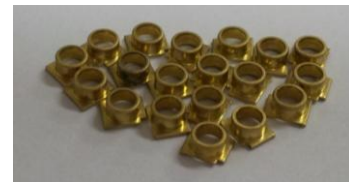
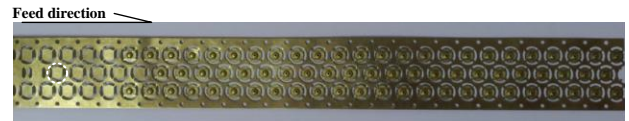


Fig.14 Progressive strip layout and developed connector shell by embossing and burring process

충분한 강성을 가지도록 다소 두꺼운 65mm로 설계하였다. 실험은 Bruderer사의 50ton급 기계식 프레스를 이용하였으며 이 때의 성형 속도는 120SPM (stroke per minute)이다.

Fig. 14에 엠보싱 및 버링 공법을 이용한 커넥터 셸의 스트립과 이를 통하여 개발된 제품 사진을 나타내었다. 개발된 커넥터 셸의 치수 정밀도를 평가하기 위하여 주사전자현미경을 이용하여 주요 치수를 측정하였다. Fig. 15 및 Table 1에 요구되는 제품 치수와 개발된 제품 간의 치수를 측정하여 나타내었다. 트리밍 공정에서 플랜지부에 미소한 롤오버가 발생하였지만 단조 가공에 의한 제품 두께를 만족하였으며, 측벽부 두께 또한 3공정의 버링을 실시함으로써 비교적 균일한 것을 알 수 있다. 한편, 겹침 등의 결함은 발생하지 않았으며 전체적인 치수 측정

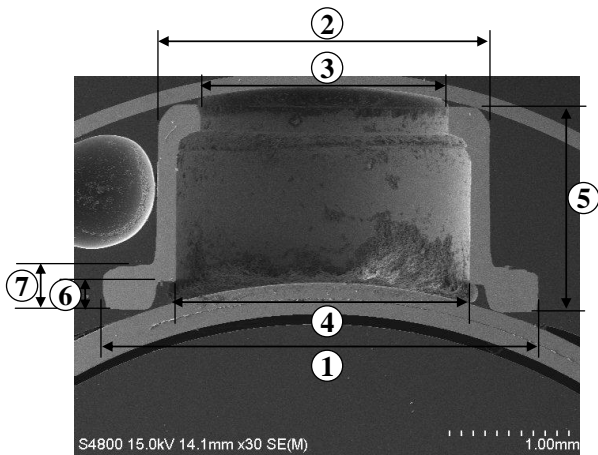


Fig.15 Measured point by scanning electron microscope, which indicates main dimensions of the connector shell

Table 1 Comparison of measured dimensions with required values

Measured point	Required (mm)	Measured (mm)
1	3.60 +0.03/0	3.61
2	2.80 ±0.01	2.79
3	2.10 +0.04/0	2.13
4	2.50 ±0.01	2.49
5	1.74 0/-0.02	1.72
6	0.24 +0.02/0	0.24
7	0.38 0/-0.03	0.37

결과 모든 치수가 제품에 요구되는 치수 범위 있는 것을 확인할 수 있었다.

5. 결론

본 연구에서는 고비용 및 낮은 재료 이용률의 절삭가공으로 제조되고 있을 뿐만 아니라 환경적인 규제도 받고 있는 휴대폰용 알 에프 스위치 커넥터 셸을 프레스 가공으로 제작하기 위한 프로그래시브 공정을 개발하였다. 드로잉 및 단조 공정에 의하여

커넥터 셸을 제작할 경우, 펀치부에 높은 응력이 작용하여 성형 시 빈번하게 파손되는 문제점이 있었다. 이를 개선하기 위하여 엠보싱 및 버링 공정을 제시하였으며 엠보싱 후 버링 공정에서 피어싱 반경에 따른 버링 한계를 검토한 결과, 펀치 반경의 60% 정도를 피어싱 할 경우 버링 선단부의 파단을 방지하면서 치수를 만족할 수 있었다. 버링과 플랜지부 단조 공정을 실시하여 제품 치수를 만족시키면서 금형의 강도적인 측면에서도 안전한 커넥터 셸을 제조할 수 있었다. 시제품의 치수 정밀도를 평가한 결과, 요구되는 치수를 만족시킬 수 있었으며, 양산 시험 시 금형의 내구성 또한 확보되었다.

후 기

이 논문은 부산대학교 자유과제 학술연구비(2년)에 의하여 연구되었음.

REFERENCES

- [1] Y. S. Moon, 2007, Apparatus for Manufacturing Shell of Coaxial Connector for Portable Telephone and thereof Method, Patent Application, 10-2007-0130680.
- [2] S. K. Byun, H. H. Choi, B. S. Kang, 1995, Process Design in Precision Press Forming of Electronic Components, Trans. Mater. Process. Vol. 4, No. 1, pp. 79~91.
- [3] P. D. Harvey, 1985, Engineering Properties of Steel, 2nd ed., American Society for Metals, Ohio. pp. 431~468.
- [4] J. W. Kim, S. R. Gong, B. J. Kim, Y. H. Moon, 2000, Proc. Kor. Soc. Tech. Plast. Autumn Conf., Kor. Soc. Tech. Plast., Seoul, Korea, pp. 49-52
- [5] H. Y. Lee, H. T. Yeo, K. D. Hur, 2007, A Study on the Design of Cold Forging Die with Parted Notch, Trans. Mater. Process. Vol. 16, No. 6, pp. 452~456.