

원형포밍 성형 시 크랙 발생 최소화 방안에 관한 연구

손종민¹ · 김세환¹ · 이춘규[†]

공주대학교 금형공학과¹ · 유한대학교 금형설계과[†]

A Study on the cracks ways minimizing at circular forming

Jong-Min Son¹ · Sei-Whan Kim¹ · Chun-Kyu Lee[†]

Department of Mold & Die Engineering, Kongju National University¹,

Department of Metal Die Design Engineering, yuhan College[†]

(Received May 09, 2016 / Revised August 31, 2016 / Accepted September 02, 2016)

Abstract: Foaming is a step of forming by the ratio of the internal combustion chamber in a state where the flow of the material is suppressed, if the diameter is small and a high to a crack generated on the molding is not possible. The present study, we studied using as part experiments for forming the circular shape of the forming height of 10mm without the occurrence of cracks, results preformed primary, the need to set the height of the forming than the height of the product, preformed secondary. It was able to increase the height of the molded product with less than the height of the next step to be carried out compression processing to create a small corner of the desired shape. In addition, it was found that on a great influence on the quality of the final quality on the final molding of the primary preformed, secondary.

Key Words: Forming, Bracket, Embossing

1. 서 론

포밍(Forming)은 재료의 두께를 유지하면서 굴곡이 있는 형상을 구현하는 공법으로, 재료의 크기가 끌려들어가 줄어들고 정밀한 공차를 요구하는 드로잉(drawing)과는 차별 될 수 있다.

포밍 형상은 상측으로 브라켓(bracket)이 체결되어 형상이나 높이에 제약을 많이 받게 되며, 높이에 비해 포밍 형상의 면적이 적어 제품의 크랙(crack) 및 파단이 발생하고 스프링 백(spring back)으로 인하여 정확한 포밍 높이는 구현되지 않는다¹⁾. 그러므로 제품 포밍 형상 및 높이에 따른 크랙이 발생하여 제품 납기애 대한 일정이 지연되고 금형 수리에 대한 시간이 길어지며 금형의 제작비용 또한 증가되는 문제가 발생되고 있다.

Lee는 드로잉가공에서 다이패드의 독립형과 일

체형 구조가 제품 두께에 미치는 영향에 관한 연구²⁾를 통하여 다단 드로잉 가공의 경우 1공정에서 4공정까지는 일체형 패드를 사용하고, 5공정에서 8공정까지는 독립형 패드를 사용하는 것이 제품의 두께가 두껍게 되며 제품의 동심도를 유지하는데 용이하다고 발표하였다.

Kim은 리스트라이킹 금형용 펀치와 디플레이트의 구조 설계에 관한 연구^{3,4)}를 통하여 금형비용의 절감을 위하여 리스트라이킹공정과 드로잉 공정을 하나의 금형으로 쉽게 교체하면서 성형하는 공법에 대하여 연구 발표하였다.

Lee는 돔형드로잉제품의 변형 거동에 관한 연구⁵⁾ 통하여 돔형의 드로잉 제품의 측벽 두께의 변화에 대하여 연구 고찰 하였다. 그러나 포밍 공정은 드로잉 가공과는 다르게 재료의 유입이 발생하지 않으면서 원하는 형상을 포밍성형하게 되므로 금형의 형상 및 포밍 공정 조건이 매우 중요하다 할 수 있다.

본 연구에서는 포밍 형상의 높이 10mm 이상의

1. 공주대학교 금형공학과

† 교신저자 : 유한대학교 금형설계과

Email : ckt1230@naver.com

원형 포밍을 실시하고, 크랙이 발생하지 않는 최적의 높이와 금형의 형상을 구현하기 위하여 실험을 통하여 고찰하고자 한다.

2. 본론

2.1. 제품도 분석

실험에 사용된 재료는 Al-3104, 1.0t를 이용하여, 폭 150mm, 길이 200mm의 판재가 사용되었다.

Fig. 1에 나타낸 것과 같이 원형 포밍의 형상을 얻고자 한다. 포밍 형상의 높이(A)는 10.0mm 폭(B)는 26.6mm로 진행하며, 제품의 모서리에는 최소의 R(round)이 적용되어야 한다.

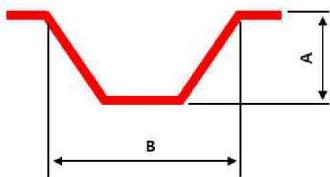


Fig. 1 Forming Section

제품의 형상을 분석한 결과 포밍 공정은 3공정으로 완성하는 것으로 설정하였으며, 제 1공정에는 예비 성형공정으로 하여 조건1과 조건2로 서로 다른 형상의 금형을 설정하였으며, 제 2공정에는 예비성형공정 2로 하여 동일한 금형을 사용하는 것으로 설정하였다. 또한 제 3공정에는 본 성형공정으로 하여 동일한 금형을 이용하여 성형을 실시하며, 실험에 적용한 금형은 Table 1과 같이 설정하였다.

Table 1 Process

구 분	제 1공정	제 2공정	제 3공정
실험 1	예비 성형 금형(1-1)	예비성형 2 (2-1, 2-2)	메인 성형 (3-1, 3-2)
실험 2	예비 성형 금형(1-2)	동일금형	동일금형

2-2. 예비성형 1-1 금형설계

제 1공정 1-1의 예비 포밍금형을 제작하기 위하여, PCB 장착을 위한 원형 포밍형상의 재료 두께 변형에 관한 연구⁶⁾를 참고하여 예비성형 1-1 펀치(punch) 및 다이(die) 형상을 설계 하였다.

Fig. 2에 나타낸 것과 같이 원형 포밍 높이 10.0mm, 폭은 26.6mm의 형상의 1회 예비 성형시

포밍 펀치는 크기와 포밍 높이에 적합하도록 연결된 구(round)형상에서 소재두께 30% (0.3mm) 침투하여 설계하였고, 다이는 제품의 높이와 모서리가 연결된 구(round) 형상과 일치되도록 1:1로 설계하였으며, 모서리 라운드는 3mm(R3)를 적용하였다. 이때에 다이의 내부에는 제품을 빼내기 위한 패드는 설치하지 않았다.

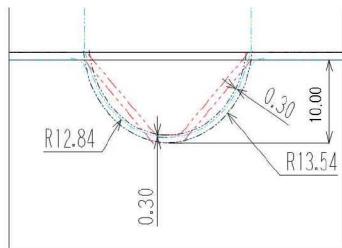


Fig. 2 Forming die design 1-1 Lay out

2.3. 예비성형 1-2 금형설계

제 1공정 1-2의 예비 포밍금형을 제작하기 위하여, Fig. 3에 나타낸 것과 같이 포밍 펀치는 제품 모서리부터 제품 높이까지 연결된 구(round) 형상에서 포밍의 높이를 제품도보다 2mm 낮게 설정하여 제품의 하면에 평면부가 존재하도록 설정하였다.

포밍 다이의 형상은 제품 모서리 라인에서 아무 간섭이 발생하지 않도록 제품도의 높이만큼 도파하고, 포밍의 높이 8.0mm, 다이 입구의 지름은 26.6mm를 적용하였으며, 플랜지부와 접하는 모서리에는 3mm(R3)를 적용하여 설계하였다.

여기서 다음공정 포밍성형시 주위의 재료 유입을 방지하기 위하여 포밍 펀치와 포밍 다이의 틈새를 재료 두께의 50%를 침투하여 설계 하였다. 이때에 다이의 내부에는 1-1의 공정과 동일하도록 제품을 빼내기 위한 패드는 설치하지 않았다.

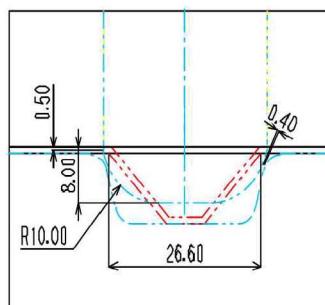


Fig. 3 Forming die design 1-2 Lay out

2.4. 예비성형 2 금형설계

예비성형 2공정에서는 제품 성형시 포밍 높이에 대한 스프링백을 고려하여 제품 높이 보다 30% 침투하여 성형을 하였다.

설계 방법은 포밍 편치 경우 제품보다 측벽과 높이를 30% 침투하여 설계를 하였고 포밍 다이 부분은 제품의 측벽 1:1로 규제를 하고, 제품의 바닥면은 간섭을 받지 않게 포밍 높이보다 1.0 ~ 2.0mm 도피 가공을 하여 설계를 하였다. 이때에 다이의 내부에는 1-1, 1-2의 공경과 동일하도록 제품을 빼내기 위한 패드는 설치하지 않았다.

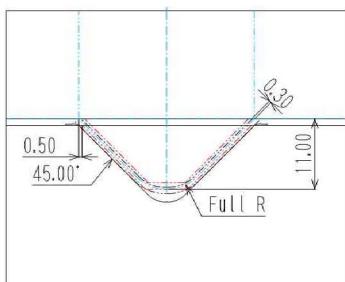


Fig. 4 Forming die design 2 Lay out

2.5. 메인 성형 금형설계

본성형 제3공정에서는 제품의 마무리 완성시켜 주는 단계로 포밍 편치 부분의 측벽은 제품과 동일한 치수로 설계를 하였고, 포밍 편치의 바닥면은 제품의 두께가 얇아지는 것을 고려하여 0.1~0.2mm 침투하여 설계를 하였다. 또한 포밍부분 다이의 경우에는 측벽과 바닥면을 제품과 동일한 치수로 규제하는 방식으로 설계를 진행 하였고, 원형 포밍의 높이를 규제하기 위하여 다이 바닥면에 별도로 PAD 처리를 하여 제품의 높이 조절을 가능하게 하고, 성형 후 제품을 빼내기 위한 장치를 설치하였다.

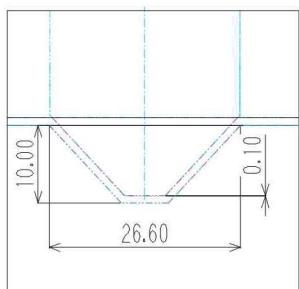


Fig. 5 Main Forming die Design 3 Lay out

3. 실험 결과 및 고찰

3.1. 예비성형 1-1 실험결과 및 고찰

예비성형 1-1금형을 이용하여 포밍을 실시한 결과 Fig. 6에 나타낸 것과 같이 크레이가 발생하였다. 이는 포밍의 높이가 너무 높아 재료의 인장한계를 넘어 크레이가 발생한 것으로 사료된다. 크레이의 발생을 제거하기 위하여 동일한 방식으로 소재의 온도를 45°C로 가열하여, 소재 온도를 높인 후 트라이 아웃을 하여도 동일하게 크레이가 발생하였으며, 윤활성을 개선하기 위하여 윤활유를 주유하여도 동일하게 크레이가 발생하였으므로 다음 공정의 포밍을 진행할 수 없었다.

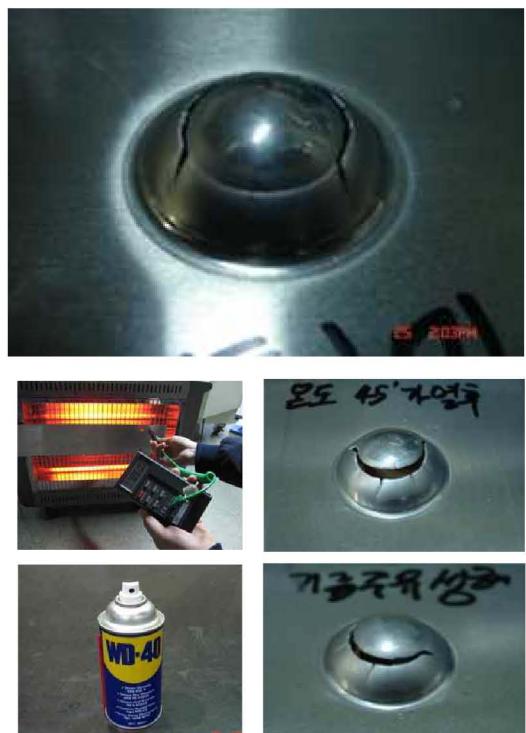


Fig. 6 Forming 1-1 Sample

3.2. 예비성형 1-2 실험결과 및 고찰

예비성형 1-2의 성형에서는 재료를 예열하거나, 윤활유를 공급하지 않은 상태에서 실험을 실시하였으며, 실험 결과 Fig. 7과 같이 크레이가 발생하지 않았으며, 이를 와이어 컷으로 절단하여 재료의 두께

를 측정한 결과 바닥의 평면부의 두께가 0.91mm, 코너 모서리의 두께가 평균 0.495mm로 고찰되었다.

제 1차 예비 성형의 1-1설계방식은 포밍 제품높이와 동일하게 10.0mm를 성형을 하였고 1-2설계방식은 포밍 제품높이의 -2.0mm를 적용한 8.0mm로 설계를 하였다. 이 실험을 통하여 포밍 높이 10.0mm 이상의 형상은 제1차 예비성형공정에서 편치의 높이를 제품 높이보다 낮게 설계하는 것이 포밍의 크랙을 방지하는 방법임을 알게 되었다.



Fig. 7 Forming 1-2 Sample

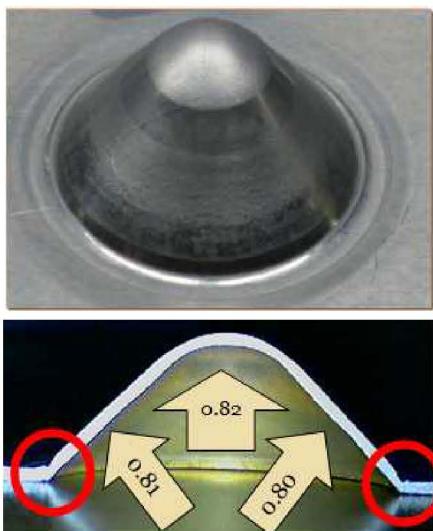


Fig. 8 Forming 2 Sample Test

3.3. 예비성형 2 실험결과 및 고찰

예비성형 1-2에서 성형된 제품을 이용하여 예비성형 2에 대하여 실험을 실시하였다. 이때에도 재료를 예열하거나 윤활유를 공급하지 않은 상태로 실시하였으며, 트라이 아웃(try out) 결과 Fig. 8과 같이 크래이 발생하지 않았으며, 이를 와이어 컷으로 절단하여 재료의 두께를 측정한 결과 바닥 만곡지점의 두께가 0.82mm, 측벽의 두께가 평균 0.8mm로 고찰되었다.

절단하여 제품의 단면을 확인한 결과 예비성형 1-2에서 침투하였던 측벽 형상이 예비성형 2의 성형 후 모서리로 이동을 하였고 예비성형 2공정의 포밍 높이는 외부에서의 재료 유입 없이 예비성형 1-2의 포밍 바닥면의 두께로만 성형이 된 것을 확인할 수 있었다.

3.4. 메인성형 실험결과 및 고찰

메인성형공정은 원형포밍을 완성하는 단계로 예비성형 2공정에서 성형된 원형포밍의 형상의 바닥면은 재성형하여 코너의 라운드를 줄이는 방식으로 진행하였다.

메인성형 공정 성형 후 Fig. 9에 나타낸 것과 같이 원형 포밍의 살 두께는 원재료 두께에서 80%로 감소하여 0.8mm를 나타내었으며, 원형 포밍의 높이는 요구하는 높이와 일치하게 성형이 완성되었다.

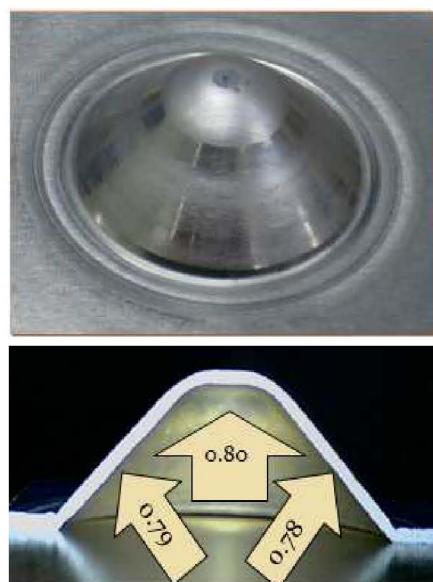
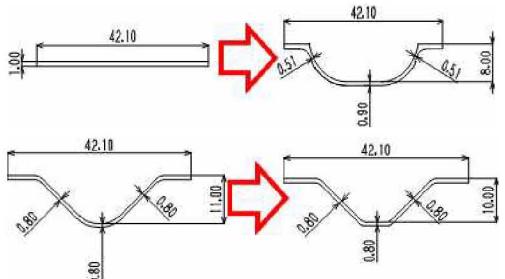


Fig. 9 Forming 3 Sample Test

위 실험을 통하여 원형 포밍을 위한 금형 설계기준은 Fig. 10에 나타낸 것과 같은 데이터를 얻게 되었다.



	소재	1회공정	2회공정	3회공정
면적	42.1 mm^2	40.66 mm^2	35.0 mm^2	36.2 mm^2
길이	42.1mm	49.9mm	50.5mm	50.1mm

Fig. 9 Die design Data

4. 결론.

크랙이 발생되지 않고, 포밍의 높이 10mm이상의 원추형 포밍을 성형하기 위한 실험을 실시하여 다음과 같은 결론을 얻게 되었다.

1) 예비성형 1-1의 경우 제품의 높이와 동일하도록 성형하였으나, 소재 두께의 변형으로 인하여 포밍 형상에 크랙이 발생하였다.

2) 예비성형 1-2의 성형시 포밍의 포밍 편치 높이를 제품 높이에 비해 2.0mm 낮게 성형한 결과 포밍 바닥면의 살두께의 변형을 최소화 하고, 측면 살두께를 집중적으로 감소하여 포밍 주변형상의 변형을 최소화 할 수 있었다.

3) 예비성형 2의 성형시 예비성형 1-2의 형상 바

닥면의 소재 두께로 최대한 이용하여 포밍의 높이를 제품 높이의 비해 1.0mm 더 높게 성형할 수 있었으며, 처음 성형에서 침투하였던 측면 살두께를 포밍의 모서리 부분으로 이동시켜 성형이 가능하게 되었다.

4) 메인 성형에서는 예비성형 2공정에서 1.0mm 높게 성형된 포밍 형상을 제품 높이에 맞게 포밍의 높이를 압축 성형 하여 포밍의 바닥면의 라운드를 줄여 제품 형상의 마무리 성형이 가능하게 되었다.

5) 포밍의 높이 10.0mm 이상의 경우 예비성형 1차 성형시 포밍편치의 높이를 제품의 높이보다 낮게 성형하는 것이 크랙을 방지하는 효과를 얻을 수 있다.

참고문헌

- 1) Kim Sei-Hwan, "Defective and Countermeasure of the press die", pp. 143-228, Daekwang seorim, 2013.
- 2) 이춘규, 남승돈, “드로잉가공에서 다이패드의 독립형과 일체형 구조가 제품 두께에 미치는 영향에 관한 연구”, 대한 안전 경영 과학회, Vol. 17 No2, pp. 235-240, 2015.
- 3) 김세환, “리스트라이킹 금형용 편치와 다이플레이트의 구조 설계에 관한 연구”, 한국산학기술학회, pp. 708-712, 2007.
- 4) 김세환, “각통 드로잉용 편치와 다이 구멍의 각 반지름 설계에 관한 연구” 한국금형공학회, pp. 16-23, 2008.
- 5) 이종배, 류제구, “돔형 드로잉 제품의 변형 거동에 관한 연구”, 한국금형공학회, 제2권 제3호, pp. 32-39, 2008.
- 6) Lee Chun-Kyu, "A Study on Material thickness variation of the circle Forming shape for installing PCB.