

Test Work 드로잉 금형의 설계 및 제작에 관한 연구

이춘규¹ · 최계광[†]

공주대학교 금형설계공학과^{1,†}

A study on the design and manufacture of test work drawing die

Chun-Kyu Lee¹ · Kye-Kwang Choi[†]

Department of Metal Mold Design Engineering, Kongju National University^{1,†}

(Received February 27, 2018 / Revised March 20, 2018 / Accepted April 01, 2018)

Abstract: It was analyzed and experimented on the change of the material thickness according to the size of the "R" of the punch and die corners using the material of SCP-1 0.25mm As a result, the following conclusions were obtained. Tensile strength analysis and safety analysis of materials are very important process for each process in strip layout, and Through this, the Influx of material and the deformation of the material were found. As a result of safety analysis and tensile thickness analysis, when the corner R of the punch was 0.3 mm and the edge R of the die was 1.0 mm The inflow of the material was not smooth, and the thickness of the corner part became 0.2 mm, causing cracks. when the corner R of the punch was 0.5 mm and the edge R of the die was 1.5 mm The inflow of the material was smooth, The thickness of the corners of the product is 0.21mm and It was considered that cracks do not occur when the thickness of the bottom surface and the body part becomes thin. The results obtained by applying the results obtained from the analysis, In Experimental Condition 1, a crack occurred in the same part of the analysis In Experimental Condition 2, the flow of the material was smooth and the drawing processing could be performed without generating cracks.

Key Words: Drawing processing, Material thickness, Safety analysis, Tensile strength analysis.

1. 서 론

드로잉 가공은 블랭크 먼 내에서 재료의 변형 이동에 의해 평판으로 바닥이 있고 이음매가 없는 용기 모양으로 만드는 것을 말하며, 드로잉 가공에 의해 제작되는 형상은 원통형, 각통형, 이형의 이 세 가지로 크게 구분한다¹⁾.

또한 드로잉 가공은 펀치에 의하여 재료를 다이 속으로 유입시켜 주름이나 크랙이 없는 용기를 만드는 가공으로 이때에 펀치와 다이 사이에는 적당한 두께의 클리어런스를 설정하여야 하며, 펀치와 다이의 인선부에는 드로잉 가공에 적합하도록 적당한

한 크기의 모서리 "R"을 적용하여야 한다. 그 중에서도 각통형이나 이형의 드로잉 제품을 성공적으로 성형하기 위해서는 드로잉 소재의 재질, 블랭크의 형상, 드로잉 압력, 블랭크 홀딩력, 다이 쿠션의 압력, 펀치와 다이 사이의 클리어런스, 펀치와 다이의 모서리 라운드의 크기, 드로잉 속도, 드로잉유의 종류, 다이의 구조 등의 총합적인 조합이 적절하여야 한다²⁾.

드로잉 금형의 설계는 블랭크 레이아웃 및 스트립레이아웃의 설계에서 각 공정마다 박관성형 해석을 설계자가 실시간으로 실시하여 문제가 발생하는 부분을 모델링상태에서 용이하게 수정하는 방법도 중요하다³⁾.

Lee는 드로잉가공에서 다이패드의 독립형과 일체형 구조가 제품 두께에 미치는 영향에 관한 연구

1. 공주대학교 금형설계공학과

† 교신저자: 공주대학교 금형설계공학과

E-mail: ckkwang@kongju.ac.kr

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 발표하였다⁴⁾.

본 연구에서 실험할 제품은 프로그레시브 드로잉에 의하여 성형되는 제품으로 1차는 상 방향 드로잉이 이뤄지며, 2차는 하 방향으로 드로잉이 이뤄지는 제품이다. 각 드로잉 단계에서 체적을 계산하여 설계하지만 CAD에서의 이론적인 치수 값을 직접 실험을 통하여 각 단계의 측벽 두께를 측정하여 두께의 변화를 고찰하고 해석과 병행하여 크랙과 주름이 발생하지 않는 최적의 드로잉 조건을 적용하기 위해 연구하고자 한다.

2. 제품도 분석 및 드로잉 금형제작

2.1. 제품도 분석

본 실험에서 사용한 피 가공 재료는 SCP-1의 0.25 mm를 사용하였으며, 연질의 재료이므로 드로잉 제품을 성형하는데 용이한 재료임으로 판단된다.

Fig. 1에 나타낸 것과 같이 본 연구에 사용되는 제품은 원통형의 드로잉 제품으로 드로잉 높이는 높지 않으나, 드로잉 내측에 작은 드로잉가공이 외경의 드로잉과 반대 방향으로 되어 있어 재료의 유입이 원활하지 못할 경우에는 제품의 모서리에 크랙이 발생할 우려가 있다.

제품의 내측은 상 방향의 드로잉이 적용되어야 하며, 외측은 하 방향으로 드로잉 가공이 적용되어야 한다. 또한 외경과 내측의 버링(burring)가공에 의하여 완성되는 부분의 동심도를 정확하게 하기 위한 방안이 요구되며, 전체 두께 및 모서리에 크랙이 발생되지 않아야 한다.

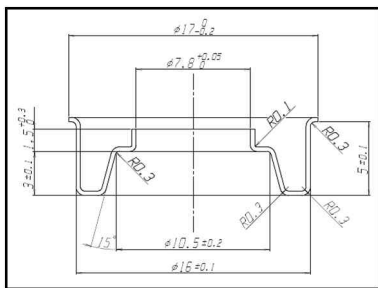


Fig. 1 Products

2.2. 스트립레이아웃 작성

문헌을 참고하여¹⁾ $\varnothing 28.0$ mm의 블랭크 치수를 얻고 트리밍 여유 2 mm를 적용하여 피치 30 mm를 적용하였다. 여기에 앞뒤 잔폭은 드로잉 완성 후 제품을 지지하면서 다음 공정으로 제품을 이동시킬 때 이를 유지하기 위한 캐리어의 크기 4.5 mm와 앞뒤 잔폭 값을 적용하여 42 mm의 재료의 폭을 결정하고, 사이드 컷 가공을 위한 노칭 폭을 2 mm를 적용하여 최종의 재료 폭을 44 mm를 결정하였으며, 이를 토대로 Fig. 2와 같이 블랭킹에 의하여 최종 완성되는 타입의 스트립 레이아웃을 작성하였으며, 각 공정에 적용된 드로잉 펀치의 형상 및 드로잉 높이를 나타내었다.

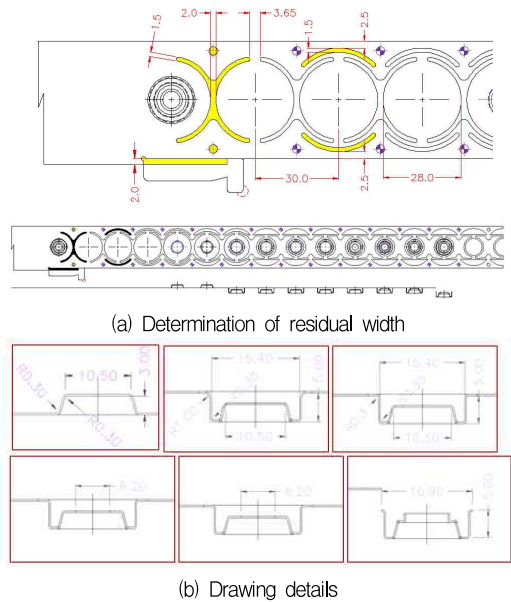


Fig. 2 Strip layout

2.3. 프로그레시브 드로잉 금형제작

스트립레이아웃을 바탕으로 Fig. 3과 같이 가이드 리프터 타입의 프로그레시브 드로잉 금형을 설계하고, 실험을 위한 금형을 제작하였다.

제 1 드로잉공정으로 내측의 높이 3 mm, 외경 10.5 mm의 상측 방향의 드로잉공정을 적용하였으며, 제품의 형상과 동일하도록 펀치의 외경에 30°의 테이퍼를 적용하였다. 펀치의 모서리와 다이의 입구 모서리에는 R0.3 mm를 적용하였다.

제 2 드로잉공정 드로잉은 하측으로 향하도록 드

로잉을 행하며, 이때에 제 1공정 드로잉에 의한 제품의 형상을 유지하기 위하여 패드의 형상을 제 1공정 드로잉 펀치의 형상과 동일하게 제작하였으며, 펀치의 모서리에는 R0.3 mm를 적용하고, 다이의 입구 모서리에는 R1.0 mm를 적용하였다.

제 9공정에 리스트라이킹공정(Re-strike process)을 설정하여 다이의 모서리의 라운드 크기를 R0.3 mm로 적용하고 제품의 형상을 정확하게 하기 위한 공정을 설정하였으며, 제 11공정에는 버링 가공을 하기 위한 예비 피어싱 공정을 설정하고, 제 12공정에서 버링 가공을 실시하였다. 제 14공정에서 트리밍 가공에 의해 제품이 완성되도록 금형을 제작하였다.

제품의 형상이 원형이므로 가공의 편리성 및 수명이 용이하도록 하기 위하여 다이플레이트와 스트리퍼플레이트는 원형의 인서트를 제작하여 삽입되도록 금형을 제작하였다. 소재의 가이드 방식은 가이드 리프터를 사용하였으며, 간접 파일릿 방식을 적용하여 이송 피치를 맞출 수 있도록 제작하였다.

제품의 크랙발생 여부와 재료의 변형을 고찰하기 위하여 제 2 드로잉 공정 펀치의 입구 모서리(R_p)의 경우 R0.3 mm와 R0.5 mm로 변경이 가능하도록 하였으며, 다이 인서트의 모서리(R_d)는 R1.0 mm와 R1.5 mm로 변경할 수 있도록 제작하였다.

제품도에서 요구한 동심도를 정확하게 적용하기 위하여 드로잉 가공 완성 후 리스트라이킹 공정에 의하여 내측의 버링 가공 부분과 드로잉에 의하여 완성된 부분을 다시 교정할 수 있도록 적용하였다. 또한 사이드 컷 펀치에는 전단가공에 의한 스크랩의 상승을 방지하기 위하여 노칭 가공되는 모서리에 작은 돌기 형상을 만들어 스크랩이 다이에서 상승에 의한 이탈로 제품에 찍힘 불량 발생되지 않도록 하였다.

실험에 사용된 조건을 Table 1에 나타내었으며, 각 공정의 드로잉 펀치와 다이 인서트의 모서리 입구는 경면으로 하여 재료의 유입이 용이하도록 제작하였다.

Table 1 Experimental conditions

Test order	Punch corner (R_p)	Die corner (R_d)
1	0.3	1.0
2	0.5	1.5

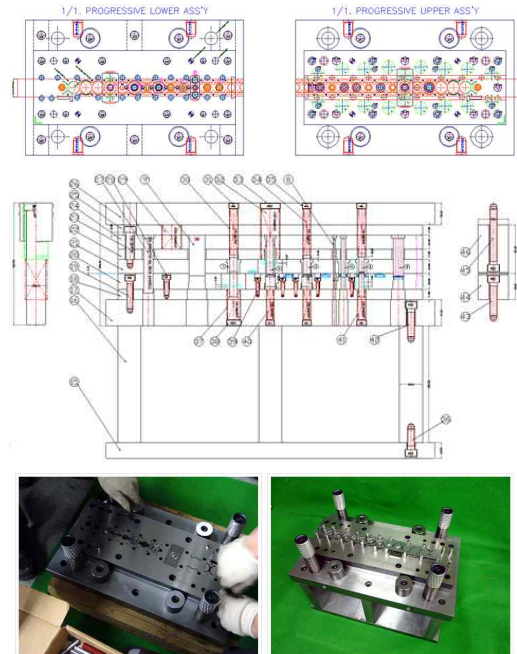


Fig. 3 Die making

3. 해석 및 실험방법

3.1. 드로잉 해석

Cimatron E 프로그램을 이용하여 Fig. 4와 같이 안전 분석과 인장에 의한 재료의 두께를 분석하였다. 안전 분석결과 실험조건 1에서는 펀치와 다이의 입구 모서리 R의 크기가 작게 설정되어 제품의 두께가 얇게 되는 것으로 나타났으며, 실험조건 2에서는 측벽 부분과 바닥부분이 얇게 되고 모서리 부분이 약간 두껍게 되면서 안전하게 성형이 가능한 것으로 분석되었다. 또한 인장 두께 분석에도 실험 조건 2에서는 안전하게 드로잉가공이 이뤄지는 것을 확인할 수 있었다.

3.2. 드로잉 실험

실험에는 CS프레스 160 Ton을 사용하였으며, 프레스의 드로잉 가공 속도는 10 m/min을 적용하였다. 또한 드로잉에서 패드의 압력은 금형용 스프링을 이용하여 두 가지 실험조건에 동일하게 적용하였으며, 펀치의 모서리부분과 다이의 입구 모서리 부분은 경면가공을 실시하여 재료의 유입이 원활하게 이뤄질 수 있도록 하였으며, 드로잉유는 모빌 텔박 (MX 15W-40)을 사용하였다.

실험조건 1을 이용하여 실험한 결과를 Fig. 5의 (a)에 나타낸 것과 같이 드로잉 공정에서 제품 내측의 모서리에 크랙이 발생하여 다음 공정을 진행하기에 불합리한 제품이 성형되었다.

실험조건 2의 조건을 이용하여 실험한 결과를 Fig. 5의 (b)에 나타내며, 해석에서 얻어진 결과와 같이 드로잉 가공에서 크랙이 발생되지 않았으며, 제품을 가공하기에 적합한 조건으로 성형이 가능하였다. 두 실험에 의한 제 7공정의 R_u 수정 전·후의 중요 변경사항을 Table 2에 나타내었다.

Table 2 Experimental conditions

Test order	Classification	Experimental Condition 1	Experimental Condition 2
1	Rd size	1.0	1.5
2	Rp size	0.2	0.5
3	Influx of material	Not smooth	smooth
4	Important Area	Insecure	stable
5	Thickness variation	Irregularity	Uniformity
6	Formability	Insecure	stable

4. 해석 및 실험결과 고찰

4.1. 안전 분석 고찰

Cimatron E 13 프로그램을 이용하여 안전 분석을 실시한 결과를 Fig. 6에 나타낸 것과 같이 1차 실험 조건에서는 내측 1차 드로잉 공정에 의하여 얻어진 제품의 모서리 두께가 0.20 mm, 내측 바디 부분이 0.23 mm, 상면부 0.22 mm로 인장되면서 크랙이 발생하는 것으로 나타났다. 반면에 2차 실험에 의한 제품 모서리 부분 재료의 두께가 0.21 mm, 내측 바디 부분 0.22 mm, 상면부 0.21 mm로 크랙이 발생되지 않고 성형이 가능하게 되었다. 이는 바닥부분과 바디부분, 상면부분의 재료가 원활하게 유동되면서 당겨져 늘어지게 되고 이로 인하여 모서리부분의 인장이 다소 감소함으로 나타난 것이다.

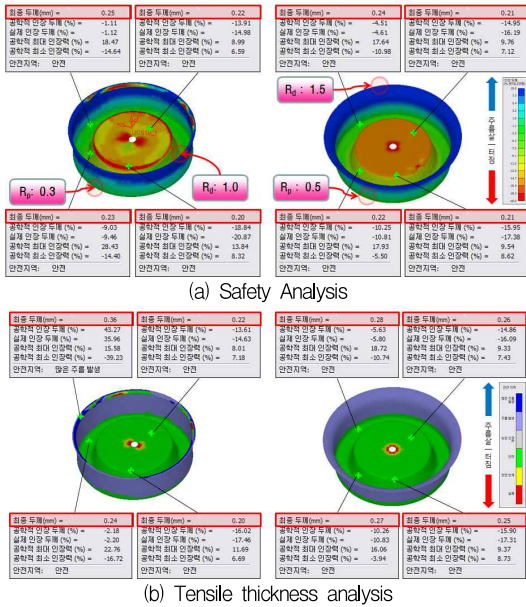


Fig. 4 Analysis results



Fig. 5 Press product

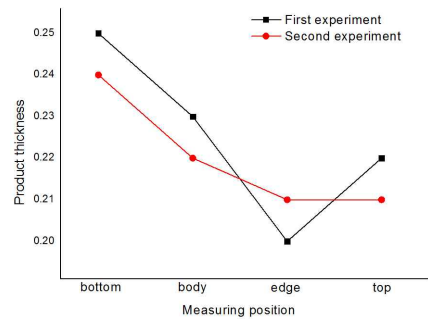


Fig. 6 Result of safety analysis

4.2. 인장 두께 분석

Cimatron E13 프로그램을 이용하여 인장 두께 분석을 실시한 결과를 Fig. 7에 나타낸 것과 같이 1차 실험조건에서는 내측 1차 드로잉 공정에 의하여 얻어진 제품의 모서리 두께가 0.20 mm, 내측 바디 부분이 0.25 mm, 상면부 0.24 mm로 인장되면서 바디 부분이나 상면부에서 재료의 인장이 발생되지 않고

소재 두께를 유지하고 있었으며, 모서리 부분에 크랙이 발생하는 것으로 나타났다.

2차 실험에 의한 제품 모서리 부분 재료의 두께가 0.22 mm, 내측 바디 부분 0.22 mm, 상면부 0.23 mm로 상면부, 바디부, 바닥부분이 고르게 인장되면서 크랙이 발생되지 않고 성형이 가능하게 되었다. 이는 안전 분석에서와 같은 원리에 의하여 재료의 인장이 전체의 제품표면에 대하여 고르게 적용된 결과로 사료된다.

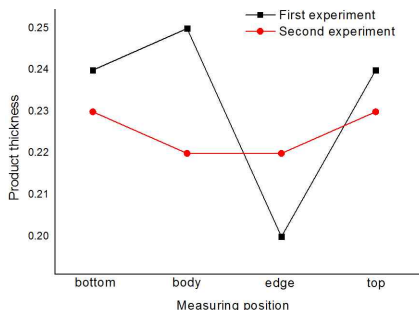


Fig. 7 Tensile thickness analysis

4.3. 실험결과 고찰

실험용 금형을 제작하여 각 조건에 대하여 실험을 실시한 결과를 Fig. 8에 나타낸 것과 같이 실험 1차 조건인 (a)는 R_p , R_d 의 모서리 "R"이 작기 때문에 재료의 유입이 원활하지 못하고 플랜지 부분에 주름이 발생하였으며, 이로 인하여 재료의 유입이 원활하게 이뤄지지 않았으며 제품의 모서리 부분에 크랙이 발생하였다.

편치와 다이의 모서리 "R"의 크기를 조정된 실험 조건 2에서는 Fig. 8의 (b)와 같이 플랜지부분에 주름이 발생되지 않았으며, 재료의 유입이 원활하게 이루어짐으로서 크랙이 발생되지 않은 것으로 고찰되었다.

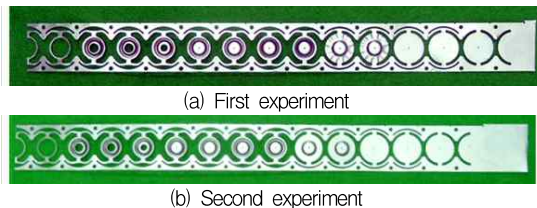


Fig. 8 Strip layout by each experimental condition

5. 결론 및 토의

본 연구에서는 SCP-1, 0.25 mm의 재료를 이용하

여 편치와 다이의 모서리 "R"의 크기에 따른 재료 두께의 변화에 대하여 해석과 실험을 실시한 결과 다음과 같은 결론을 얻게 되었다.

1) 스트립레이아웃 작성에서 각 공정에 대하여 재료의 인장두께 분석과 안전 분석이 매우 중요한 과정이며, 이를 통하여 재료의 유입이 원활하게 이뤄짐을 알 수 있었다.

2) 안전 분석과 인장두께 분석 결과 편치의 모서리 R을 0.3 mm로 적용하고, 다이의 모서리 R을 1.0 mm로 적용하였을 경우에는 재료의 유입이 원활하지 않아 모서리에 크랙이 발생하는 것으로 고찰되었다.

3) 안전 분석과 인장두께 분석결과 편치의 모서리 R을 0.5 mm로 적용하고, 다이의 모서리 R을 1.5 mm로 적용하였을 경우 재료의 유입이 원활하였으며, 제품의 모서리부분에 크랙이 발생되지 않는 것으로 고찰되었다.

4) 해석에서 얻어진 결과를 적용하여 실험을 실시한 결과 실험조건 1에서는 해석에서와 동일한 부분에 크랙이 발생되었으며, 실험조건 2에서는 크랙이 발생되지 않고 드로잉 가공을 할 수 있었다.

본 연구에서는 편치의 모서리 R과 다이의 입구 모서리 R의 크기에 따른 드로잉 성형성에 대하여 연구하였으나, 본 연구를 통하여 드로잉 공정에서는 이외로 드로잉 속도, 윤활유에 따른 드로잉성, 편치와 다이의 표면 거칠기 등도 매우 중요한 요소임을 알게 되었다. 추후 이 부분에 대한 연구가 지속되어야 할 것이다.

참고문헌

- 1) Chun kyu Lee Three other than, "Press Die Design Manual that is easy to know", Kijeon Media, pp. 166-168, 2012.
- 2) Sea hwan Kim, "Study on the Punch and die for each copy, drawing each design radius of the hole", Korea Die & Mold Engineers, pp. 16-23, 2008.
- 3) Gye gwang Choi, Chan gyo Pak, Korea Die & Mold Engineers, 2008, Summer symposium, pp. 17-22, 2008 June 24.
- 4) Chun kyu Lee, Seung-Don Nam, "A Study on the Influence of the Integrated Structure and Independent of the Die Pad process", J. Korea Saf. Manag. Vol. 17 No2, n the Products thickness in the Drawing P2015.