

쉴드 커넥터 스트립레이아웃 자동설계에 관한 연구

이동천¹, 윤재웅^{2*}

¹쓰리디씨시스템즈코리아, ²오피에스잉거솔코리아

Study on the Automatic Strip Layout Design of Shield Connector

Dong-Chun Lee¹, Jae-Woong Yun^{2*}

¹3D Systems Korea, ²OPS-INGERSOLL Korea

요약 쉴드 커넥터는 자동차 전장부품으로 차량 내 전기 배선을 연결하는데 사용된다. 이 부품은 전기 전도도가 높은 인청동 재질을 사용하고 프로그레시브 프레스 성형으로 제작된다. 본 제품 형상의 기하학적인 측면을 고려했을 때 복잡하지 않지만, 드로잉, 밴딩 등의 소성가공과 피어싱, 노칭 등의 전단 가공을 실시하여 제품 성형을 완성해야 한다. 프로그레시브 금형을 설계하는 과정 중에 공정 및 스트립레이아웃 설계단계의 성형 해석 모듈을 활용하여 제품의 재질에 따른 두께 변화 및 성형 안전성, 스프링 백(Spring Back) 검토를 수행하여, 균열 혹은 주름의 경향과 불완전 소성 변형에 대한 보정치를 예측 및 발생 가능한 문제들을 사전에 확인하고, 드로잉 공정 초기에 발생된 성형 불량에 대한 대책으로 드로잉 형상을 수정하여 공정 설계에 반영하였다. 공정설계에서 얻어진 제품의 블랭크 전개 형상은 효과적인 재료 이용을 위해 네스팅에 의한 최적화된 블랭크 배치로 재료의 손실을 최소화하여 3차원 스트립레이아웃 설계를 완성하였다. 본 연구를 통해 프로그레시브 성형을 통해 생산되는 쉴드커넥터 제품의 균열과 스프링백 현상을 사전에 개선하여 생산안정도를 향상시켰다.

Abstract A shield connector is an automotive electrical component that is used to connect electrical wiring in a vehicle. This part is made by progressive pressing using a phosphor bronze material with high electrical conductivity. The shape of the product is not complicated, but plastic forming techniques are required, such as deep drawing and bending, as well as shearing techniques such as piercing and notching. The finite element method was used to model the process. The strip layout design stage of the progressive die makes it possible to examine the thickness change, the stability of the forming process, and the spring-back. As a result of this analysis, it is possible to predict the correction values for the tendency of cracks, wrinkles, and incomplete plastic deformation, and to identify possible problems in advance. As a countermeasure against the forming error caused by the drawing process analysis, the drawing shape was modified and applied in the process design. For effective material utilization, a 3D strip layout was designed using an optimized blank shape based on nesting. The results improve the crack stability and spring-back of shield connector products produced through progressive pressing.

Keywords : deep drawing, finite element method, progressive die, sheet metal forming, strip layout

1. 서론

쉴드 커넥터는 자동차 전장 부품으로 차량 내 전기 배선 케이블 앞의 전원을 전달하는 커넥터에 삽입되는 부

품으로 제품 외곽을 플라스틱 재질이 감싸고 안으로 35SQ 쉴드 케이블을 통과 시켜, 차량 내 전원이 필요한 유닛과 접촉되는 부분으로 전기 전도도가 높은 인청동 재질을 사용하였다. 본 제품 형상의 기하학적인 측면을

*Corresponding Author : Jae-Woong Yun(OPS-INGERSOLL KOREA)

Tel: +82-2-2157-8983 email: yun@ops-ingersoll.co.kr

Received January 19, 2017

Revised February 2, 2017

Accepted February 3, 2017

Published February 28, 2017

고려했을 때 복잡하지 않지만, 드로잉, 밴딩 등의 소성가공과 피어싱, 노칭 등의 전단 가공을 실시하여 제품 성형을 완성해야 한다.

이에 공법 및 금형 제작 방식을 감안해서 여러 공정들을 순차이송 가공 방식에 의한 생산하는 것이 바람직하고, 또한 제품 사이즈는 소형이고, 생산 수량을 고려해 고속 대량 생산에 적합한, 프로그래시브 금형으로 3차원 설계하고 제작에 적용하기로 하였다.

2. 본론

2.1 제품 형상 및 재질 특성 분석

2.1.1 제품 형상 분석

쉴드 커넥션의 모델링 파트(Fig. 1과 2 참조)에 대해 공정설계 전 제품의 형상에 대한 정보를 얻기 위한 사이즈와 두께(Fig. 2 참조), 곡률, 각도(Fig. 3 참조)에 대한 검토를 하였으며, 각 분석은 색상에 의한 시각적 분석 데이터를 참고로 이 결과들을 공정설계에 적용하였다.



Fig. 1. Product of shield connector

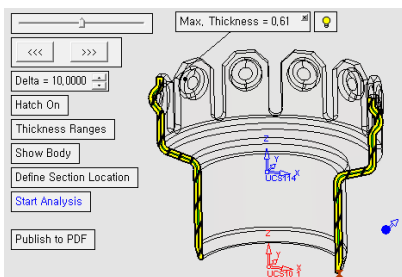


Fig. 2. Thickness measurement according to shape

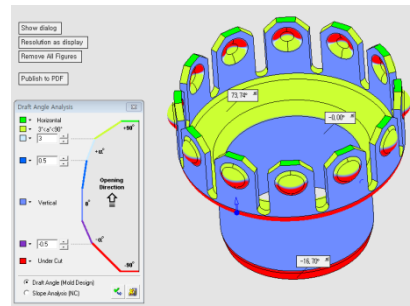


Fig. 3. Draft angle analysis

2.1.2 재질 특성

인청동은 청동 탈산 소재로서 인이 더해진 금속으로, 그 성분은 동을 주로 하고 7% 전후의 주석 및 미량의 인을 포함하고 있다. 주석의 함유량이 많게 되면 많을수록 강도, 스프링성은 향상되고 역으로 적게 되면, 전도성이 우수한 합금이 된다. 주석의 함유량은 0.15%~10%까지로 요구되는 재료특성에 대응하여 각종배합의 소재를 만들 수 있다. 인청동은 주로 전자 기기의 탄성을 요구하는 제품이나 터미널, 커넥터 등의 접속단자로 널리 쓰이는 소재이다.

이 제품의 재질은 인청동으로 C5191을 사용하였다. 해석은 해석결과 값과 제품의 생산에 미치는 영향이 미미한 해석 모듈의 재질 라이브러리 안에 유사한 물성을 보유하고 있는 CS2100-10M로 진행하였다. (Table 1. 참조)

Table 1. Comparison of phosphor bronze material

Phosphore bronze	CS191	Sn 6% P0.03~0.035% Cu+Sn+P99.5%
Phosphore bronze for spring	CS5210	Sn 8% P0.03~0.035% Cu+Sn+P99.7%

2.2 스트립 레이아웃 설계

2.2.1 성형 검토

드로잉 높이가 비교적 깊지 않기 때문에, 1차 드로잉에서 제품의 윤곽을 대부분 완성 시키고, 나머지 공정에서 나머지 두 공정에 일부 성형을 하기로 결정하였다. 1차 드로잉의 경우 전체 제품 성형에 미치는 영향이 매우 높았다.(Fig. 4 참조)

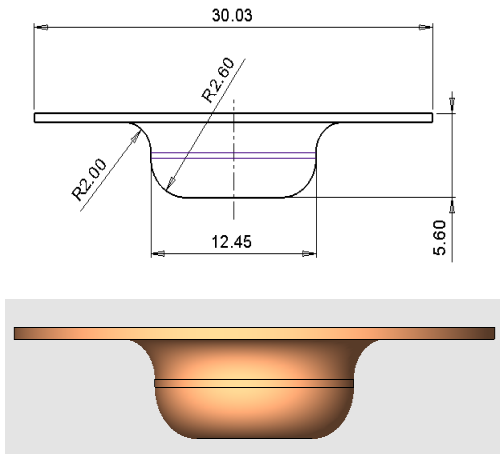


Fig. 4. 1st drawing shape - before correction

1차 드로잉에 대한 두께 분석과 주름 및 균열 발생 유무를 검토하는 성형 안정성을 분석을 하였다. (Fig. 5와 Fig. 6 참조)

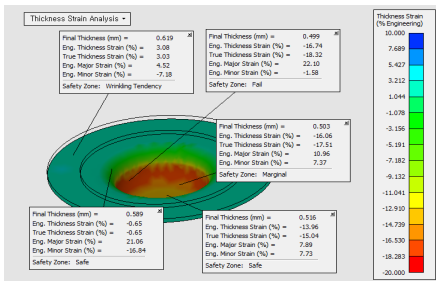


Fig. 5. Thickness analysis - before correction

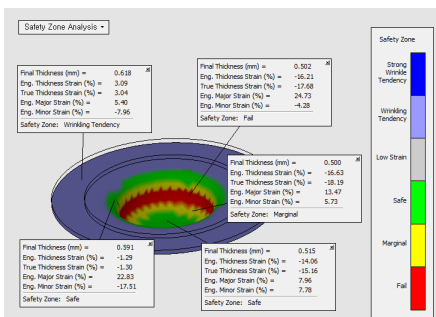


Fig. 6. Safety zone analysis - before correction

플랜지 부분은 0.619mm로 3%대로 증가하였고, 위, 아래 코너 라운드는 각각 0.589mm와 0.503mm로 -0.65%와 -17.51% 감소, 바닥 역시 두께가 0.516mm로

감소는 많았지만 균열이 생길 정도는 아니었다. 측벽의 경우 두께 감소가 0.499mm로 18.32%이하로 감소하는 경향을 보였다.(Fig. 5와 Fig. 6 참조)

이 분석을 통하여 균열과 주름 발생 문제를 알 수 있었고, 드로잉 형상에서 문제가 되었던 측벽을 없애고, 구 형태의 드로잉 형상을 다시 설계하였다.(Fig. 7 참조)

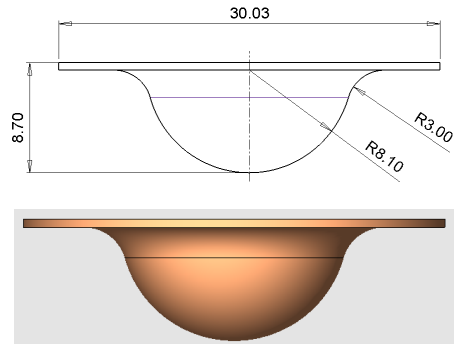


Fig. 7. 1st drawing shape - after correction

이전과 동일한 방법으로 수정된 1차 드로잉 성형해석을 Fig. 8과 Fig. 9와 같이 실시하였다.

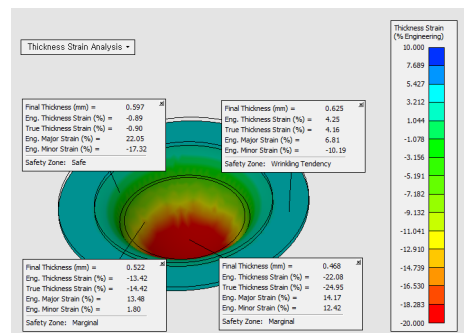


Fig. 8. Thickness analysis - after correction

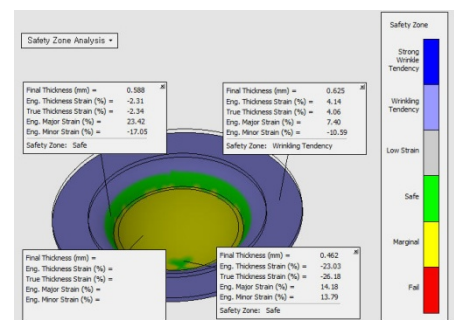


Fig. 9. Safety zone analysis - after correction

측벽에 대한 균열의 위험은 사라진 반면에 컬러 분포가 드로잉 아래 부분에 적색이 몰려있는 것을 볼 수 있다. 또한 아래쪽으로 갈수록 두께감소가 심한 경향 갖고 있었으며, 이전 드로잉 형상과 상당히 다른 결과를 보였다. 안전성 분석을 보면 그 결과는 큰 차이를 보이고 있다. 대부분 영역에서 문제가 없는 것으로 나왔고, 플랜지 부분에서 두께가 증가했고, 주름의 경향을 보이는 것은 유사하였다.(Fig. 9 참조)

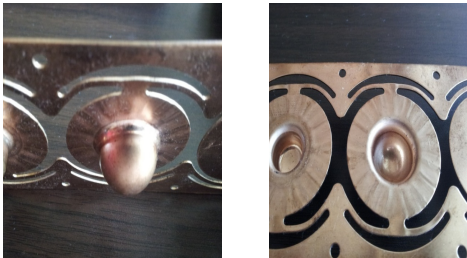


Fig. 10. Result of tryout for 1st drawing

2.2.2 스프링백 해석

스프링 백에 대한 대책을 세우기 위해 먼저 잔류 탄성에 의해 벌어지는 량이 얼마나 되는지 스프링백 해석을 하였다.(Fig. 11 참조)

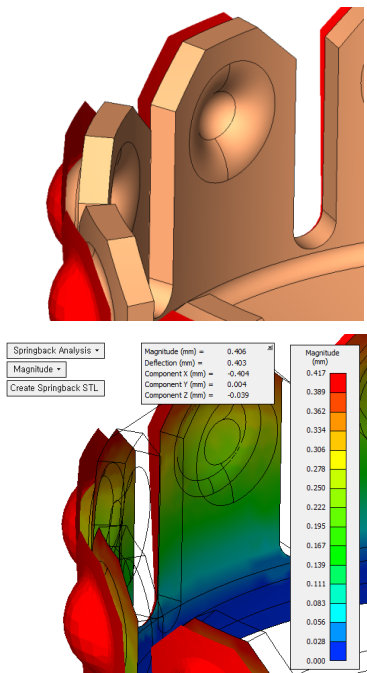


Fig. 11. Spring back analysis

적색은 표시된 부분이 스프링 백이 발생된 량을 보여주고 있으며, 제품 끝 단에서 가장 많은 변형이 있음을 알 수 있다. 이에 대한 수치적인 변형 량을 측정하기로 하고 결과 분석을 하였다. Fig. 11의 컬러맵에서 최대 변형량을 확인하면, 최대 0.417mm까지 스프링 백이 발생하는 것을 볼 수 있다.

2.3 스트립 레이아웃 설계

2.3.1 공정설계

3D 설계의 경우 제품 모델링을 기준으로 역으로 공정설계를 진행하였으며, 성형 해석의 결과를 통해 최종 블랭크를 얻었다.(Fig. 12 참조)

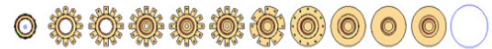


Fig. 12. Final precess design

1차 드로잉 형상을 기준으로 전개했을 때 블랭크 지름이 31.916mm 이었다.

2.3.2 네스팅

블랭크로 네스팅 분석을 하였고, 공정거리는 블랭크 지름 31.916, 노칭 폭 2mm, 트림여유 3.042mm를 고려하여 아래의 계산식에 따라 40mm로 결정했다. 이렇게 하였을 때 재료 이용률이 62.7% 이었다.

$$\begin{aligned} \text{공정거리(mm)} &= \text{블랭크지름} + \text{노칭폭} \\ &+ 2 \times \text{트림여유} \\ &= 31.916 + 2 + 2 \times 3.042 \\ &= 40\text{mm} \end{aligned}$$

스트립의 진행 방향은 프레스 기계의 진행 축 방향과 일치되도록 X축 + 방향으로 왼쪽에서 오른쪽으로 스트립 진행이 되도록 설계하였다. 완성된 스트립의 최종 사이즈를 Fig. 13과 같이 얻었다.

$$\begin{aligned} \text{스트립 사이즈} &= \text{가로} \times \text{세로} \times \text{높이} \\ &= 840.8463 \times 57 \times 15 \\ &(+Z = 2.4, -Z=12.6) \end{aligned}$$

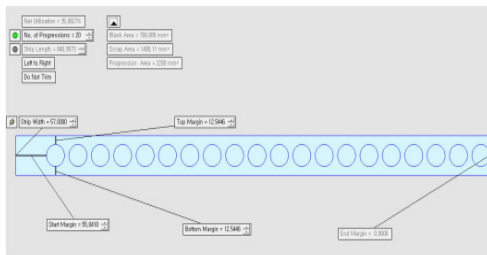


Fig. 13. Nesting

2.3.3 스트립레이아웃

스트립레이아웃 설계는 과일링 펀치, 블랭크를 따내기 위한 노칭, 1차, 2차, 3차 드로잉, 딴플 포밍, 날개부 피어싱, 1차 2차, 버링을 위한 피어싱, 버링, 날개부 노칭, 날개부 곡면 포밍, 최종 포밍과 함께 제품 파팅 및 스크랩 파팅 등의 순서로 순차 가공 되도록 설계하였다.

스트립 설계는 트림 공정을 제외한 나머지 공정들에 대해 공정 설계된 파트들을 해당 공정에 배치하고, 드로잉, 버링, 최종 포밍의 경우 혹시 있을 수 있는 가공불량과 이에 따른 추가공정이 필요한 경우를 대비해 9, 16, 19 공정에 아이들 공정을 두었다. 이들 외에 4, 14공정에 아이들을 더 추가해 스트립레이아웃 설계를 완성했다.(Fig. 14 참조)

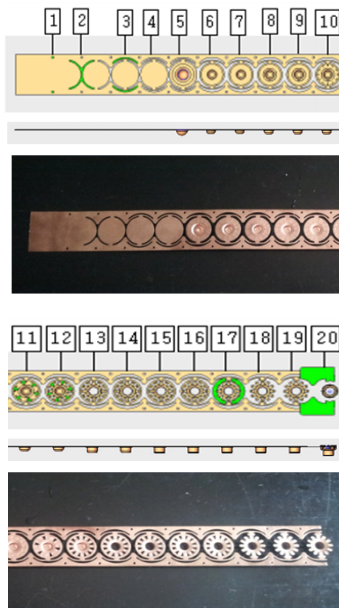


Fig. 14. Final strip layout and result

2.4 다이포스 계산

다이 드로잉력, 밴딩력 및 전단력등을 시스템에 의해 스트립레이아웃 전체에 대한 자동 계산을 할 수 있어 프레스힘을 결정하는 데 참고로 하였다. 이에 따라 제품을 찍기 위한 프레스 톤수를 사전에 예측하고 적용하였다.(Fig. 15 참조)

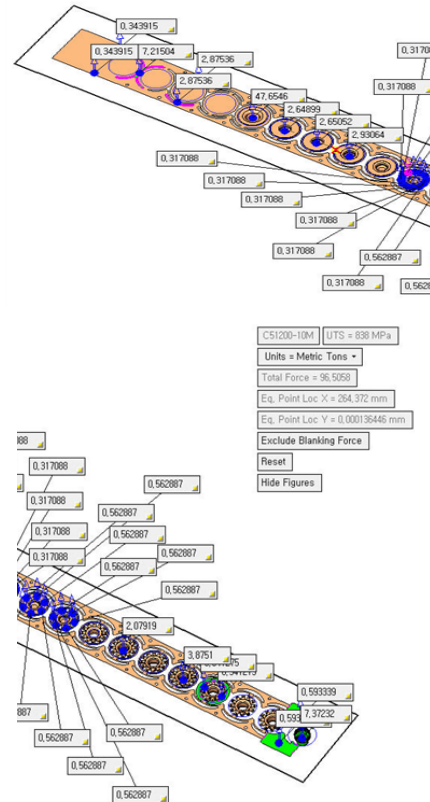


Fig. 15. Calculation of die force

3. 결론

3차원 설계에 의한 금형제작을 하는 과정에서 발생된 문제에 대해 제품 성형분석을 하고 그 결과를 바로 적용하여 문제를 해결 하는데 많은 도움을 받았으며, 발생 가능한 문제를 미리 검증함으로써 전체 과정에 미치는 영향에 대해 확인할 수 있었고, 다음의 결과를 얻었다.

- (1) 제품 성형 분석을 통해 초기 원통형의 드로잉에 대한 두께 변화를 분석한 결과, 측면부분에 두께

가 18% 감소하여 이에 따른 균열이 발생함을 확인하고, 드로잉 형상을 구의 형태로 수정 후 2차 제품 성형 분석을 실시한 결과, 측벽의 두께 감소율이 14%로 약 4%정도 개선하여 안전한 성형을 할 수 있었다.

- (2) 기초 피어싱 펀치 지름을 Ø3.04로 하고 버링 가공한 결과, 균열이 발생하였고, 버링부에 대한 성형 해석 역시 동일한 결과를 얻었으며, 피어싱 펀치의 형상을 제품 안쪽과 동일하게 지름을 수정하여 균열 문제를 개선하였다.
- (3) 최종 제품 성형에서 위쪽 형상이 밖으로 벌어지는 문제를 해결하기 위해 스프링 백 해석을 한 결과, 0.417mm 정도 탄성이 남아 있음을 알았고, 벌어진 만큼의 펀치형상 모델링을 수정하여 스프링 백을 해결하였다.

References

- [1] D-C Lee, "CimatronE Die Design Solution for 3D Press Mold Design, April-June", Monthly Mold Journal, Seoul, 2009.
- [2] S-H Kim, K-K Choi, "Design of Strip Layout for EZ5", Proceedings of the Korea Academia-Industrial cooperation Society Spring Conference, pp. 958-961, May, 2011.
DOI: <http://doi.org/10.5762/KAIS.2011.12.2.588>
- [3] K-K Choi, Y-H Cho, D-C Lee, "A Study on Mold Design and Die Manufacturing of Plunger Parts of Diesel Vehicle", Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society, Vol. 12, no. 2, pp. 588-593, 2011.
- [4] K-K Choi, S-H Kim, Y-H Cho, "A Study on Strip Layout and Die Design of HEV UV Terminal", Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society, Vol. 11, no. 12, pp. 4691-4696, 2010.
DOI: <http://doi.org/10.5762/KAIS.2010.11.12.4691>
- [5] <http://blog.naver.com/four24rang?Redirect=Log&logNo=150035733901>, Mechanical properties of phosphor bronze
- [6] <http://blog.naver.com/four24rang?Redirect=Log&logNo=150035731521>, Features and uses of phosphor bronze
- [7] <http://cafe.naver.com/qlcjf/890>, Phosphor bronze related
- [8] J-H Kim, "Practical Basics of CimatronE Die Design for 3D Press Mold Design", Sejin Books, Seoul, 2012.
- [9] I-Y Jung, K-K Choi, G-H Lee, "For 3D modeling CimatronE CAD Practical Basis", Sejin Books, Seoul, 2012.

이 동 천(Dong-Cheon Lee)

[정회원]



- 1991년 2월 : 서울산업대학교 기계설계학과 (공학사)
- 1997년 7월 : (주)화인테크 기술지원부서 과장
- 2001년 2월 : 보람엔지니어링 근무 CAD/CAM 부서과장
- 2003년 6월 : Cimatron 한국지사 (Cimatron Korea) 기술지원 부장
- 2011년 11월 : 한국씨마트론기술(주) 기술 마케팅 이사
- 2015년 11월 ~ 현재 : 쓰리디시스템즈코리아 기술 마케팅 이사

<관심분야>

3D 금형설계, 5축 가공

윤 재 웅(Jae-Woong Yun)

[종신회원]



- 2000년 3월 : 독일 루르보름대학 기계공학과 석사졸업
- 2005년 2월 : 독일 하노버대학 기계공학부 프레스성형과 박사졸업
- 2005년 8월 ~ 2013년 1월 : LG전자 금형기술센터장
- 2013년 2월 ~ 현재 : OPS-INGER SOLL KOREA 대표이사
- 2016년 2월 ~ 현재 : 한국금형공학회 부회장

<관심분야>

프레스금형설계, 금속가공