한국금형공학회지, 제9권 제3호, 2015
J. Korea Society of Die & Mold Engineering, Vol.9 No.3, 2015 ISSN 2092-9692

단자 금형의 해석 및 프로그레시브 금형제작에 관한 연구

김동욱[1] · 최영락[1] · 김세환[1] · 최계광[1,†]
공주대학교 금형설계공학과[1,†]

A study on the analysis of terminal die and progressive die manufacture

Dong-Wook Kim[1] · Young-Rock Choi[1] · Sei-Hwan Kim[1] · Kyu-Kwang Choi[1,†]
Department of Metalmold Design Engineering, Kongju National University[1,†]
(Accepted November 23, 2015)

Abstract: The progressive die is processing methods that can improve the productivity for sequentially transferring while continuously producing in multiple processes. In this study was carried out the die analysis through the load analysis acting on the terminal die and sheet metal forming also the study was carried out with respect to optimized die design for the terminal die and progressive die manufacturing using the CimatronE Die Design.

Key Words: terminal, strip layout, progressive die, FEM.

1. 서 론

프로그레시브 금형은 다수의 공정을 순차적으로 이송시키며 연속적으로 생산하는 가공법으로 생산성을 향상시킬 수 있는 금형이다[1)].

본 연구의 제품은 단자(terminal)로 전기기기 내에서 발생한 전력을 방출하거나, 공급하는 전류의 출입구 역할을 하는 제품이다. 단자는 소형의 다공정을 제품으로 일반적으로 프로그레시브 금형을 통해서 제작된다.

본 연구는 단자 금형의 해석과 금형설계 및 제작을 최적화하기 위해서 수행되었다. 금형에 작용하는 하중의 분석과 박판성형해석을 통하여 금형해석을 수행하였으며 프레스금형설계 자동화 모듈인 시마트론 다이디자인(CimatronE Die Design)을 이용하여 단자금형에 최적화된 스트립 레이아웃 설계 및 금형설계를 하고 정밀도와 생산성을 향상시킬 수 있는 프로그레시브 금형제작에 관하여 연구하였다.

1. 공주대학교 금형설계공학과
† 교신저자 : 공주대학교 금형설계공학과
E-mail: ckkwang@kongju.ac.kr

2. 본론

2.1. 제품도

단자의 제품도를 Fig. 1에 나타내었으며 제품의 물리적 특성 및 주요사항을 Table 1에 나타내었다.

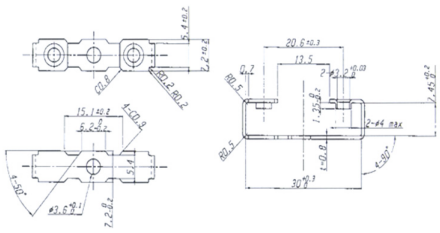

Fig. 1 Schematic drawing for production part

Table 1 Physical characteristics and Main point of product

Material	SPCC	Shear resistance(Ks)	30~35kgf/mm²
Thickness	0.8mm	Tensile strength(KF)	28~32kgf/mm²
Clearance	5% t	Working process	Shearing, Bending
Pitch	15mm	Press capacity	100ton

2.2. 스트립 레이아웃 설계

프로그레시브 금형 개발에 있어서 가장 중요한 일은 각 공정을 최적화된 위치에 배열하고 재료효율을 높임으로서 제품에 최적화된 Strip Layout설계를 하는 것이다.

본 제품에 최적화되도록 레이아웃을 광폭 1열로 배열하였으며, 총 15공정으로 진행하였다. 제 1공정은 사이드 커팅과 피어싱(piercing)을 실시하였다. 제 2-4공정은 제품 형상부를 형성하기 위한 노칭공정을 하였다.

제 5공정은 제품의 위치를 결정해주는 파일럿(pilot)과 아이들(idle)을 설정하고, 제 6공정은 버링공정을 실시, 제 7-8공정은 벤딩공정을 하였다. 제 9공정은 파일럿과 아이들을 하였고, 제 10공정은 벤딩을 하였다. 제 11공정은 파일럿과 아이들 공정, 제 12공정에는 벤딩공정을 실시하였다. 제 13-14공정은 파일럿과 아이들 그리고 제 15공정은 파팅(parting)을 하여 제품이 낙하되도록 스트립 레이아웃을 설계하였다. 최종 완성된 스트립 레이아웃의 재료이용률은 42%이며 Fig. 2에 완성한 스트립 레이아웃도를 나타내었다[2-4].

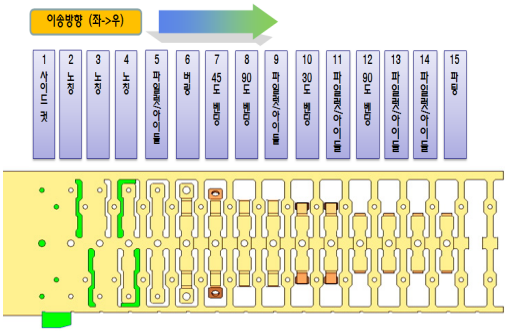

Fig. 2 Strip Layout Design

2.3 금형하중 분석

금형에 작용하는 하중을 분석하기 위해 시마트론사의 다이디자인의 다이포스 기능을 사용하여 하중분석을 수행하였다. 분석결과 금형에 작용하는 총 하중은 79347.3 N이 측정되었으며, 전체 하중의 약 97%를 전단하중이 차지하는 것으로 나타났다. 이를 통해 전단하중의 감소방안을 수립함으로서 금형의 파손 방지 및 수명증가가 가능할 것으로 사료된다.

Fig. 3은 프로그레시브 금형을 이용하여 제품생산 시 나타난 하중에 대한 결과를 나타내었으며, 각공정 시 측정된 하중은 Table 2와 같은 결과를 실험을 통해 확인할 수 있었다[5].

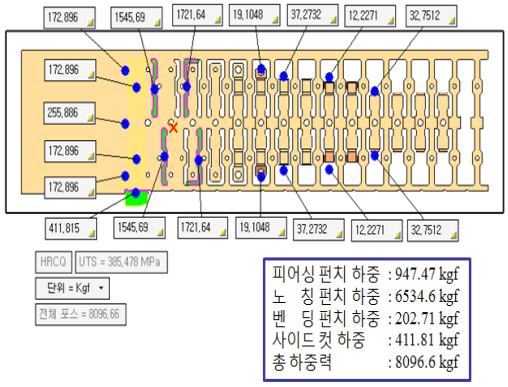

Fig. 3 Load analysis of Terminal die

Table 2 Process-specific Force analysis

Group	Working	Force (kgf)
Shearing	Piercing	947.47
	Notching	6534.66
	Side cut	411.81
Bending	30° bending	24.54
	45° bending	38.22
	1st 90° bending	74.54
	2nd 90° bending	65.50
Total	Shearing+Bending	8096.66

2.4. 박판성형해석

Fig. 4와 같이 판재성형해석을 이용하여 FEM 방식에 의하여 단자의 박판성형해석을 수행하였다[6]. 박판해석은 시마트론 프로그램을 사용하여 제품에 소성변형이 일어나는 벤딩과 버링가공부를 대상으로 인장 두께 분석(tensile thickness analysis)과 안전영역 분석을 하였다. 해석 결과 90° 벤딩 부에서 0.05 mm의 두께 감소가 일어나는 것을 확인하였으며 벤딩가공부는 두께의 변화 정도가 심하지 않아 안전영역으로 판명되었다. 반면 버링부는 전체적으로 약 30%의 두께 감소가 발생함을 알 수 있었다.

2.5. 금형설계 및 제작

2.5.1. 3D 금형설계

시마트론 다이디자인을 이용하여 3D 금형설계를 하였다. 하중분석으로부터 구한 값을 토대로 Eeuler의 좌굴식을 이용하여 펀치의 길이는 65.8 mm로 하였으며, Stresser의 경험식으로부터 다이두께를 계산

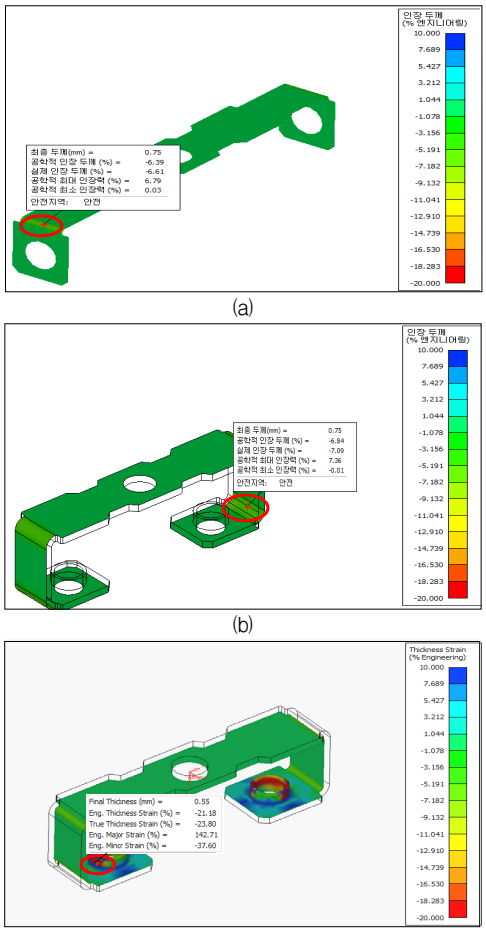

Fig. 4 Temperature at flow front result

하여 26mm로 결정하였다[7]. 또한 해석 데이터를 감안하여 최적화된 금형설계를 하였으며, 이때 펀치의 길이(L)은 아래 식 1과 같이 유도되어진다.

$$L = \sqrt{n\pi^2 EI/F_s} \quad \cdots\cdots (1)$$

여기서, n = 계수
(블랭크 홀더가 있는 경우 : 2, 없는경우 : 1)
E = 펀치 재료의 종탄성계수(kgf/mm^2)
I = 펀치의 단면 2차 모멘트(mm^4)
F_s = 펀치의 펀치력(ton)

$$H = K \cdot \sqrt[3]{P} \quad \cdots\cdots (2)$$

여기서, K = 전단길이에 대한 보정계수
P = 블랭킹 펀치력(ton)

2.5.2 금형제작

Fig. 5는 금번 연구에 사용한 단자 금형의 구조이다. 금형은 정밀도와 강성을 고려하여 FR type의 Ball guide Steel die set을 사용하여 제작하였으며, 측정된 하중에 견딜 수 있도록 다이플레이트와 스트리퍼 및 배킹플레이트의 소재를 SKD11 재질을 열처리하여 사용하였다.

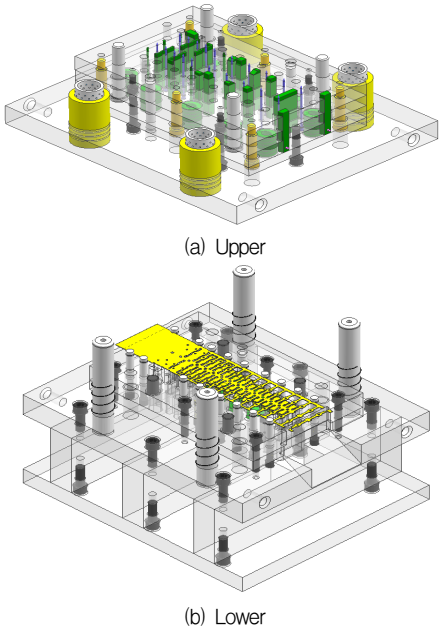

Fig. 5 3D progressive die design

Fig 6은 본 실험을 위해 제작된 단자 프로그레시브 금형이다. 전단 펀치는 정밀도와 생산성을 고려하여 SKD11재질을 사용하며 H_RC 58이 되도록 열처리 공정을 통하여 펀치 경도를 증가시켜, 제품 성형시 펀치마모에 대한 대책을 수립하였다. 또한 벤딩 펀치와 다이 인서트 및 버링 펀치와 다이 인서트는 SKD11을 사용하여 마모에 대한 대책을 수립하였다. 재료 가이드 및 이송시스템은 가이드 리프터 핀을 사용하여 가공시 소재의 가이드와 타발 후 소재를 리프팅(lifting)하여 자동 이송되도록 하였다.

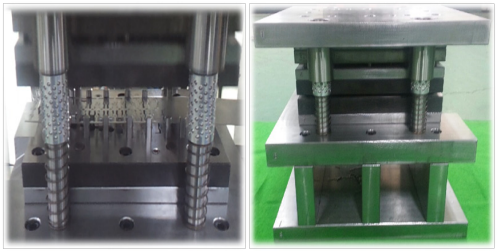

Fig. 6 Manufactured Terminal progressive die

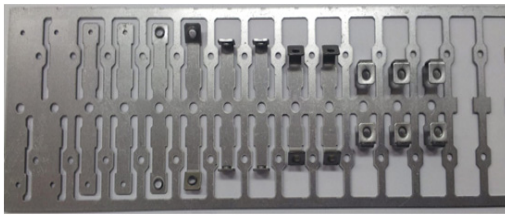

Fig. 7 Strip of Finished Product

Fig. 7은 최종 완성된 단자 제품의 스트립 레이아웃으로 제품이 문제없이 성형되었으며 본 제품이 요구되는 치수정밀도를 만족시키는 것을 확인하였다.

3. 결론

본 연구를 통하여 단자 금형의 해석과 금형설계 및 제작에 대하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1) 단자의 레이아웃은 1열 광폭배열이 최적의 배열방법임을 알 수 있었으며 재료이용률은 42%를 확보하였다.

2) 전체 스트립 레이아웃의 공정수를 15공정으로 최적화하여 스트립 레이아웃도를 완성하였다.

3) 박판해석을 통하여 소성변형부의 두께 감소량을 파악하였고 금형설계 및 제작에 반영하여 본 제품에 최적화된 금형을 제작하고 양질의 제품을 생산하였다.

참고문헌

1) Sei-Hwan Kim, “Press die design engineering”, pp.44, pp.281~318, Daekwang books, 2012
2) 김세환, “도해 프레스 금형설계 데이터북”, 대광서림, pp.1-4~1-84, 2006.
3) 김세환, “프레스금형설계기준”, 한국금형정보센터, pp.48~122, 1992.
4) 최계광, 조윤호, “디젤 차량 플런저 부품의 스트립 레이아웃 설계에 관한 연구”, 한국산학기술학회 추계 학술발표 논문집, 2010.
5) Kye-Kawng Choi, Sei-Hwan Kim and Yun-Ho Cho “Study on the Strip Layout & Die Design of HEV UVTerminal”, Journal of KoreaAcademia-industrial Cooperation, Vol. 11, pp. 4691-4696, 2010.
6) Sei-Hwan Kim, Kye-Kawng Choi. “A Study on the Strip Layout Design of Ez5”, Journal of Korea Academia-industrial Cooperation, Vol. 12, pp. 588-593, 2011.
7) chun-kyu Lee, “High-precision die making and forming practice(press)”, Korea polytechnic college corporation, 2010.