

# 클러치 드럼허브 프리폼의 두께변화를 고려한 다단계 딥드로잉 금형설계 Multi-stage Deep Drawing Die Designing Consider Thickness of Clutch Drum-hub Preform

\*김승규<sup>1</sup>, #박영철<sup>2</sup>, 박준홍<sup>3</sup>, 서성열<sup>3</sup>, 박건형<sup>3</sup>

\*S. G. Kim<sup>1</sup>, #Y. C. Park(parkyc67@dau.ac.kr)<sup>2</sup>, J. H. Park<sup>3</sup>, S. Y. Seo<sup>4</sup>, G. H. Park<sup>5</sup>

<sup>1</sup> 동아대학교 대학원 기계공학과, <sup>2</sup> 동아대학교 기계공학과, <sup>3</sup> 동아대학교 신소재 RIC, <sup>4,5</sup> (주)센트랄 선행연구팀

Key words : Deep Drawing, Die Designing, Clutch Drum-hub, Rigid-Plastic FEM

## 1. 서론

판재성형(sheet metal forming)은 그 활용범위가 높고, 생산되는 제품의 비강도 및 비강성이 높다는 장점을 가진다. 그 중 딥드로잉(deep drawing)가공은 판재성형 중에서도 가장 고 난이도의 가공이라 할 수 있다. 또한 오늘날의 산업이 기술개발을 바탕으로 제품의 고부가가치화를 지향하여야 하므로 딥드로잉 공정 역시 사전 해석 및 설계를 정밀히 하여 제품 제작에 드는 비용, 시간 및 불량률을 줄이는 연구가 필요하다. 이에 대해 많은 소성가공이론에 의거한 실험 및 유한요소해석(FEM, finite element method)을 이용한 다양한 연구가 이루어지고 있다. 또한 최근에는 이를 바탕으로 주로 절삭가공에 의존하던 자동차 기어류 부품의 생산에도 다양하게 응용되고 있고, 그 중 하나로 클러치 드럼허브의 프리폼(preform) 성형을 들 수 있다. 클러치 드럼허브의 경우 폭과 반경방향에 따라 다른 두께 분포를 가지므로 딥드로잉을 통한 원통형 프리폼의 성형 시 이를 고려한 공정변수의 선정은 매우 중요하다. 이미 박관 딥드로잉 가공에서는 두께 분포에 대한 많은 연구가 이루어지고 있는데, 많은 공정변수 중 펀치 및 하부금형의 소재도입부 형상이 두께 분포 및 변화에 미치는 영향이 가장 큰 것으로 알려져 있다. 본 연구에서는 후판 딥드로잉 가공에서 펀치 및 하부금형의 소재도입부 형상이 최종 제품의 두께 분포 변화에 미치는 영향을 규명하여 최적의 형상을 제안하고자 한다.

## 2. 성형 해석

본 연구에 필요한 성형해석은 강소성유한요소해석(Rigid-Plastic FEM)코드인 DEFROM 2D를 사용하였고 해석 조건은 Table 1에 정리된 것과 같다. 클러치 드럼허브 프리폼 성형의 전체 공정은 여러 가지 조건을 고려하여 Fig. 1과 같이 2단계에 걸쳐 성형하는 것으로 결정하였으며, 이에 따른 공정변수의 선정은 클러치 드럼허브의 치수정밀도, 성형하중 및 변형저항에 가장 많은 영향을 주는 인자인 첫 단계 딥드로잉에서 펀치 및 다이의 소재도입부 형상으로 선정하였다. 다이 및 펀치의 소재도입부 형상은 Fig. 2와 같이 1단의 테이퍼를 가진 형상 ㉠, 라운드를 가진 형상 ㉡, 분할된 테이퍼를 가진 형상 ㉢의 3가지로 선정하고, 각 형상에 따라 성형해석을 수행하였다.

성형해석 결과 3가지 형상에 대한 각각의 해석 결과 모두 성형하중의 측면에서는 아무런 문제가 없는 것으로 판단되었다. Fig. 3은 다이 및 펀치의 소재도입부 형상 ㉠, ㉡, ㉢에 따라 성형된 1단계 드로잉 결과가 2단계 드로잉 공정에 미치는 영향을 보여 준다. 그림에서 보는 바와 같이 1단의 테이퍼를 가진 형상 ㉠의 경우 프리폼 중심부 바닥 부분의 소재가 외측 벽면 부위로 유동되어 요구되는 치수정밀도 향상에는 기여하지만, 소재변형

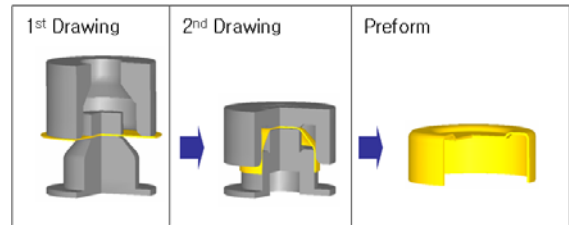


Fig. 1 Process of Deep-Drawing the drum hub preform

과정 중 굴곡이 심하게 발생되어 폴딩(folding)이 발생하므로 적합하지 않다. 라운드를 가진 형상 ㉡의 경우에는 중요치수 부위 중 하나인 프리폼 코너 부위에서 단유선이 분할되어 두께 감소의 원인이 되므로 역시 프리폼의 성형 방법으로는 적합하지 않다.

이에 반해 2단 이상의 경사각도가 분할된 테이퍼를 가진 형상 ㉢의 경우 적절한 소재 분포로 인하여 중요시되는 제품 코너부위의 치수를 만족하며 폴딩 등의 문제점도 야기시키지 않으므로 3가지 형상 중 가장 적합한 형상을 알 수 있다.

## 3. 성형시험

성형해석 결과 프리폼 제작을 위한 딥드로잉 가공 시 하부금형 및 펀치의 소재도입부 형상은 테이퍼를 가지되 그 경사각도는 1단이 아닌 2단 이상으로 분할된 형상이 가장 적합한 것으로 나타났다. 이를 토대로 성형시험을 진행하였고 그 결과는 다음과 같다. 성형시험 전체 결과, 중요치수의 오차는 여러 가공 조건 등을 감안 할 때 상당히 만족스러운 결과이다. 하지만 Fig. 4와 Table 2에서 확인할 수 있듯이 F부분의 치수와 다른 부위의 치수 차이가 아주 심함이 성형시험결과 발견되었다. 이는 성형해석 과정에서도 확인 할 수 있으며, 이는 2차 체적가공을 고려한 프리폼(preform)의 완성도에 치명적인 문제점이므로 보완이 꼭 필요하다.

## 4. 코너 반경의 영향

성형시험 결과와 해석 결과 모두에서 문제점으로 지적된 프리폼 벽면 함몰부위의 해결을 위해 1단계 성형과정에서의 코너부위 노드를 추적한 결과 분할된 테이퍼 형상에 의한 코너부위 반경이 벽면두께의 함몰부위 뿐 아니라 바닥면의 편평도에도 영향을 준다는 사실을 알 수 있었다. 이에 따라 1단계 드로잉 다이의 코너부위 반경을 점차 증가하여 2단계 드로잉에 미치는 영향을 살펴본 결과 코너부위를 증가 시킬수록 함몰 부위 및 제품 바닥면의 편평도 개선에 효과가 있는 것을 Fig. 5와 같이 알 수 있었다.

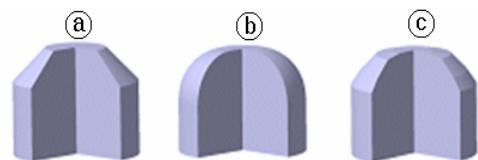


Fig. 2 Shape of Die Corner for Einleitung workpiece

Table 1 Condition for FE-Simulation

Conditions	Type
Material of workpiece	SAPH
Punch speed	1.0mm/s
Friction	0.1

# 동아대학교 기계공학과  
\* 동아대학교 대학원 기계공학과  
\*\* 동아대학교 신소재 RIC 센터  
\*\*\* (주)센트랄 선행연구팀

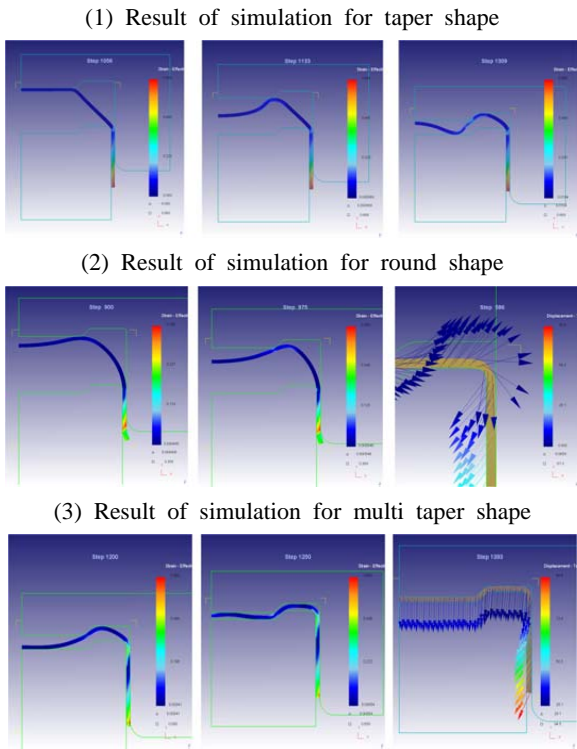


Fig.3 Result of FE simulation for 2nd Drawing

Table 2 Result of forming Hub preform

	Result of FE simulation	Result of testing	DIFF
A	2.8530	2.95	+0.0970
B	2.8517	2.99	+0.1383
C	2.8546	2.80	-0.0546
D	2.8869	2.86	-0.0269
E	3.2125	3.10	-0.1125
F	2.7365	2.78	0.0435
G	3.0213	3.00	-0.0213
H	3.1210	3.02	-0.1010



Fig. 4 Result of Hub preform for test deep-drawing

5. 결론

본 연구에서는 자동차용 클러치 드림허브 제품 생산을 위한 프리폼(preform)의 2단계 딥드로잉(deep-drawing) 가공 중 하부급형 및 상부편치의 소재도입부 형상이 제품 벽면 두께에 미치는 영향에 대해 규명하였다. 그 중 첫 번째 결론은 첫 단계 드로잉 급형의 소재도입부 형상은 분할된 2개 이상의 경사 각도에 의한 테이퍼를 가져야 한다는 것이다. 또 이와 같은 소재도입부 형상의 경우 나누어진 각 지점의 코너 반경이 제품의 편평도 및 벽면두께에 미치는 영향의 민감도가 높으므로 이에 대한 적절한 예측 및 설계가 중요하다는 것이 두 번째 결론이다.

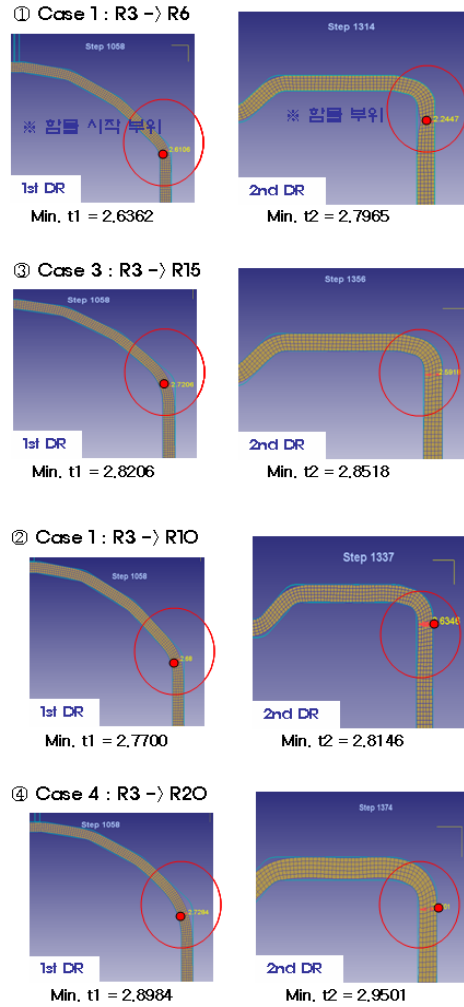


Fig. 5 Effect of increase for die shoulder head round

후기

본 연구는 산업자원부 지방기술혁신산업(RT104-01-03)지원으로 수행되었음.

참고문헌

1. Romanowski, E., "Handbook of Blanking Technology(in Germany)", Berlin VER verlag Technik, 1959.
2. Sellin, W., "Handbook of draawing Technology", Belin, Springe, 1931.
3. Donald F. Eary and Edawrd A. Reed, "Techniques of Pressworking Sheet Metal," Prentice-Hall Inc., pp.100-110,:1974
4. Oehler, G., and KAiser, F., "Blanking, and Punching, and Drawing Tool," 6th ed., Berlin, Heiderlberg, New York, Springer,. 1973
5. Dohmann, f. and Traudt, O., "Metal flow and tool Stress in Cold forging of Gear Components," Proc. 2th ICTP, Vol. 2, pp 1081-1089, 1987
6. ASM HANDBOOK, Vol. 14B Metalworking: Sheet Forminig
7. "AIDA PRes Hand-book," Aida Engineering Ltd, pp.77-78, 1992