

# 드럼클러치 허브의 딥드로잉 공정에서 블랭크 홀더가 소재 거동에 미치는 영향

## The Effects of Blank-holder on Material Behavior in Deep Drawing Process of Drum Clutch Hub

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

<sup>1</sup> 동아대학교 기계공학과 대학원, <sup>2</sup> 동아대학교 기계공학과, <sup>3</sup> 동아대학교 신소형재가공정공정개발연구센터

Key words : Deep drawing, Drum clutch hub, FE Simulation, Blank holder, Wrinkling

### 1. 서론

소성가공은 생산성이 높고, 재료소비율과 제품 1개당 생산단가가 낮고, 제품의 기계적 성질 또한 비교적 우수하다는 장점을 가지고 있다. 그 중 딥드로잉(Deep-drawing)가공은 다이 위에 판금을 놓고 펀치로 눌러 컵 모양의 원통형 물체를 만드는 가공법이다. 이 가공은 소성가공 중에서도 치수정밀도, 성형하중의 측면에서 비교적 높은 난이도를 요구한다. 일반적인 딥드로잉의 성형한계는 펀치윤곽부에서의 파단(Fracture)과 가공품 벽면 끝단의 주름(Wrinkling)현상으로 크게 나눌 수 있다. 그 중 주름현상은 재료가 가공 중 받는 압축응력 때문에 소성변형이 불안정해져서 가공 받지 않은 재료의 바깥쪽에 주름이 잡히는 현상이다.

이러한 주름현상은 드로잉이 계속 진행됨에 따라 펀치가 점차 하강하고 펀치와 다이가 만드는 세로방향의 제한적 공간 안에서 그대로 성형되거나 파단이 일어난다. 그러므로 최종 제품의 치수 만족도에 미치는 그 영향은 대단히 크다고 할 수 있다. 더구나 본 연구에서 다루는 드럼클러치 허브의 경우와 같이 제품 바닥면 모서리 치수공차가 상당히 정밀한 경우에는 드로잉품의 주름현상이 더욱더 중요하다. 이 문제는 드로잉 시 소재 끝단을 잡아주는 블랭크홀더(Blank holder)의 압력을 충분히 가함으로써 개선할 수 있다고 밝혀져 있다. 본 연구에서는 이러한 블랭크 홀더의 영향에 대해 금속가공 소프트웨어인 DEFORM<sup>TM</sup>을 사용하여 해석적으로 그 원인을 규명해보고자 한다.

### 2. 성형 해석 방법

성형해석 조건은 Table 1에 나타내었다. 클러치 드럼허브의 소재는 자동차 클러치 부품 류 생산에 대표적으로 사용되는 드로잉 강판 SAPH 3.0t 이며, 인장시험을 통해 확보한 소재의 기계적 성질은 Table 2에 정의된 것과 같다.

Fig. 1과 같이 일반적으로 드로잉 공정은 “U”자 타입의 드로잉 공정과 “∩”자 타입의 역드로잉 공정으로 구분되며, 순차적 드로잉 성형공정의 경우 제품의 취출 및 이송 등의 이점을 얻기 위해 역드로잉 공정을 주로 채택하고 있다. 그리고 본 연구에 앞서 진행된 선행 연구의 결과 드럼클러치 허브의에서는 역드로잉 공정의 경우가 치수 만족도가 비교적 높다는 결론을 얻을 수 있었다. 이에 따라 Fig. 1의 <Type 2>와 같은 역드로잉 공정을 채택하였다. Fig. 2는 드럼클러치 허브의 최종제품을 얻기 위한 전체 공정도를 나타낸다. 본 연구의 목표는 드로잉 공정 시 블랭크 홀더가 소재거동에 미치는 영향 분석에 있으므로 전체 공정 중 1st Drawing의 단계의 공정을 해석하고 분석하였다.

Table 1에 나타낸 바와 같이 전체 성형해석에 필요한 총 해석 단계(Simulation step)는 1,150step로 정의하였다. DEFORM-3D<sup>TM</sup>의 해석을 수행하는 각 해석단계의 정의는 2가지가 있다. 그 중 첫 번째는 각 단계별로 성형을 위해 움직이는 금형, 즉 주다이(Primary die)의 이동변위(Die displacement)를 지정해주는 방법이고, 두 번째는 단계별로 시간증분(Time increment)을 지정해주는 방법이다. 이번 연구에서는 첫 번째 방법을 택하였고 각 해석 단계별 이동변위는 0.1mm로 하였다. 주 다이 즉 상부 펀치의 해석 상 이동거리는 0.1mm X 1150=115mm가 되며, 이는 상부 펀치의 중앙부와 하부 다이의 중앙부간 간격이 정확히 소재 두께와 동일하게 될 때까지 성형하게 된다는 의미이다.

Table 1 Condition for FE-simulation

Simulation Conditions	Data
Punch speed	1.0mm/s
Friction	0.1
Number of element(2D-simulation)	1020
Number of element(3D-simulation)	23690
Number of simulation step	1150

Table 2 Tensile test results of SAPH

Properties	Experiment data
Yield Strength	290MPa
Tensile Strength	448MPa
Young's Modulus	40.011GPa
Elongation	39%

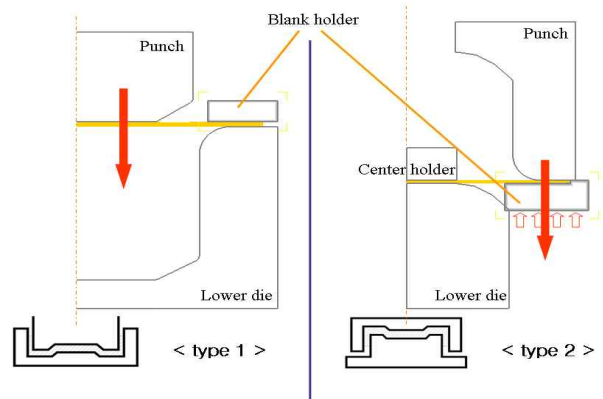


Fig. 1 Comparison between drawing and reverse drawing processes for clutch hub products

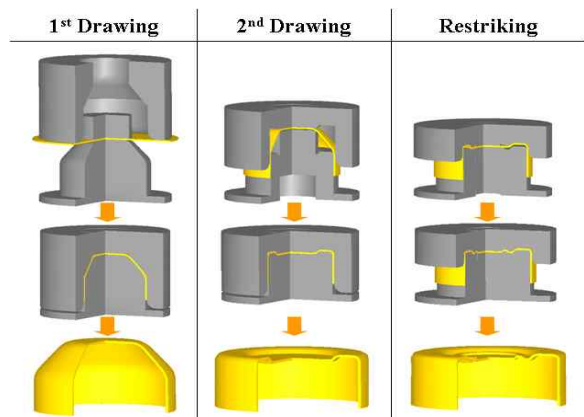


Fig. 2 Deep drawing and re-striking process

하지만, 상부 펀치를 일정한 속도로 이동시킨다는 점에서 실제 성형시험 조건과 비교하면 실제와 상당히 상이한 조건이라고 생각된다. 이 부분은 차기 논문에서 다시 정확히 다루고자 한다. 또한 본문에는 생략하였지만 DEFORM-2D<sup>TM</sup>을 이용하여 모든 조건을 동일하게 한 선행 해석을 수행한 결과 600~625step, 즉 상부 펀치 이동거리가 60~62.5mm되는 순간 소재 벽면의 변형률이 급격히 증가하여 소재 자체가 끊어지는 결과를 볼 수 있었다. 이는 드로잉 성형에서 나타나는 일반적인 벽면 주름현상

(Wrinkling)을 프로그램이 2차원으로는 표현하지 못하는 현상으로 판단되었다. 그 결과 Fig. 3과 같이 해석모델을 1/6로 3차원 모델링 후 DEFORM-3D™을 사용하여 블랭크 홀더가 없을 경우와 블랭크 홀더를 사용한 경우에 대해 각각 해석하였다.

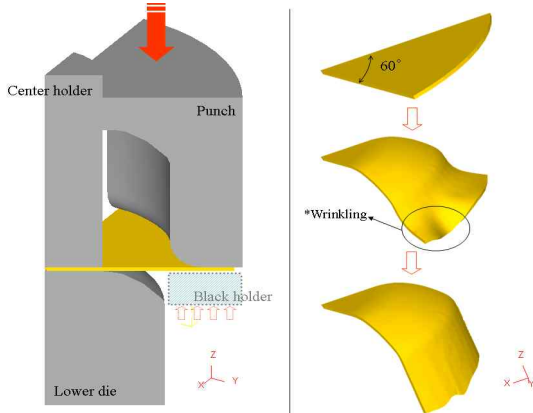


Fig. 3 Process of deep drawing and behavior of material

### 3. 실험 해석 결과 및 고찰

Fig. 5는 블랭크홀더가 없을 경우의 해석결과 중 600step에서의 유효변형률, 유효변형률 속도, 유효응력의 분포를 나타낸 것이다. 그 중 주름이 가장 심하게 발생하는 부분에 대한 값들은 Table 3에 나타내었다. 벽면에 주름이 생긴 상태로 계속 상부 펀치가 하중을 가하며 하부펀치로 내려갈 경우 Fig. 3에서 알 수 있는 바와 같이 그 주름들은 상부펀치 안쪽 벽면과 하부펀치 바깥쪽이 만드는 제한적 공간 안에서 상당한 변형을 받게 되고, 이는 앞서 말한 최종 제품 벽면 두께 및 바닥면 모서리 치수 만족도를 저하시키는 제 1의 요인이 될 것으로 판단된다.

이에 따라 블랭크 홀더를 설계하여 그 하중은 상부펀치 하중과 크기는 같고 방향은 반대가 되고, 펀치와 이동속도는 같도록 해석을 수행하였다. 또한 실제 가공에서 스프링 방식의 블랭크홀더를 사용함을 감안하여 일정시간이 경과하면 블랭크 홀더는 더 이상 그 기능을 수행하지 못하도록 드로잉이 약 2/3만큼 진행되는 시점 즉 320step에서 제거 되도록 해석을 수행하였다. 블랭크홀더를 사용하였을 경우, 앞서 주름현상이 심하게 나타난 지점의 유효변형률, 유효변형률 속도, 유효응력도 Table 3에 함께 나타내었다. 그 결과를 보면 벽면 주름 개선에 상당한 효과가 있는 것으로 판단된다.

Table 3 Result of wrinkling point in FE-Simulation

Properties	Data of excepted blank holder	Data of using blank holder
Strain-effective	0.353	0.0349
Strain rate-effective	0.00764	0.000659
Stress-effective	458[MPa]	315[MPa]

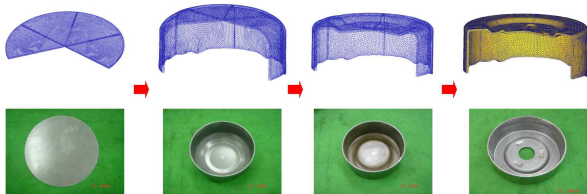


Fig. 4 Result of FE-simulation for using B/H and photograph of pilot product from all deep drawing process

### 4. 결론

본 연구에서는 성형해석(FE-Simulation)을 통해 벽면 두께 및 바닥 부 모서리 치수공차가 까다로운 드림클러치 허브의 딥 드로잉 성형에서 블랭크홀더가 미치는 영향이 상당히 크다는 결론을 얻을 수 있었다. 일반적인 드로잉시험은 이론적 방법을

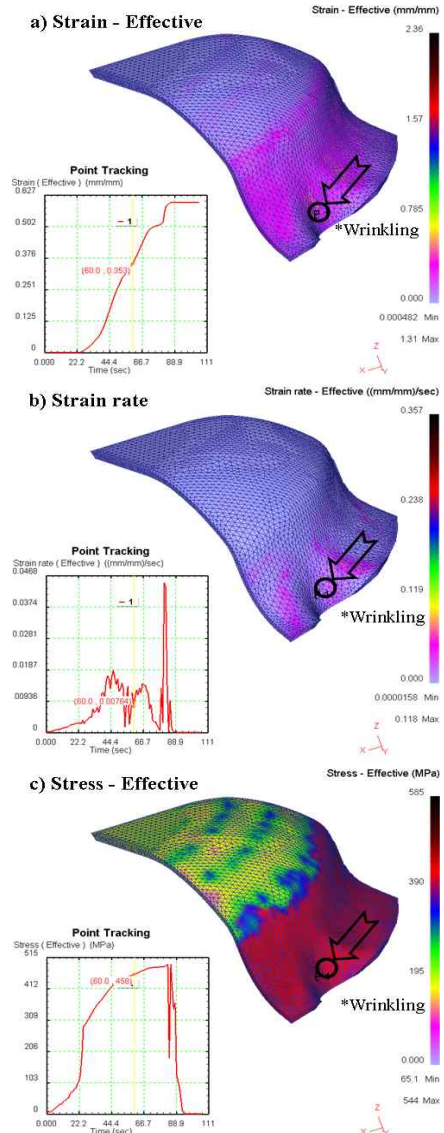


Fig. 5 Results of FE simulation for process blank holder excepted

통해 먼저 드로잉력 및 블랭크홀더력을 계산하고 블랭크홀더력의 변화에 따른 최대 드로잉력의 변화로 마찰계수 값 등을 정확히 계산한 후 진행되어야 한다. 유한요소해석 또한 같은 단계의 연구를 거쳐야 한다. 하지만 본 논문은 이런 과정을 단순화시키고 연구를 진행하였다. 이는 본격적인 연구에 앞서 블랭크홀더가 미치는 영향에 대한 최소한의 경향을 먼저 살펴보고, 정확한 해석 및 실험에 요구되는 변수들을 제시해보자는 데 의의가 있으며, 추가 연구를 통해 정량화된 결론을 도출할 예정이다.

### 후기

본 연구는 지식경제부 지방기술혁신사업[RTI04-01-03] 지원으로 수행되었습니다.

### 참고문헌

1. Romanowski, E., "Handbook of Blanking Technology(in Germany)", Berlin VER verlag Technik, 1959.
2. Donald F. Eary and Edawrd A. Reed, "Techniques of Press-working Sheet Metal," Prentice-Hall Inc., pp.100-110, 1974
3. Naziri, H. and pearce, R., "The Effect of Plastic Anisotropy on Flange Wrinkling Behavior During Sheet Metal Forming", Int. J.Mech. Sci., Vol.10, pp. 681-694, 1968
4. ASM HANDBOOK, vol. 14B Metalworking Sheet Forming