

# 에어홀 금형을 이용한 클러치 기어류 정밀 냉간성형공법개발 Development of Cold Forming Technology for Clutch Gear Using Die with Air Hole

\*#김동환<sup>1</sup>, 이경훈<sup>2</sup>, 강제영<sup>3</sup>, 이종석<sup>4</sup>, 김병민<sup>5</sup>

\*D. H. Kim(dh403@iuk.ac.kr)<sup>1</sup>, K. H. Lee<sup>2</sup>, J. Y. Kang<sup>3</sup>, J. S. Lee<sup>4</sup>, B. M. Kim<sup>5</sup>

<sup>1</sup> 한국국제대학교 기계자동차공학과, <sup>2</sup> 부산대학교 정밀가공시스템 대학원, <sup>3</sup> 한국국제대학교 기계자동차공학과 대학원, <sup>4</sup> 대승정밀, <sup>5</sup> 부산대학교 기계공학부

Key words : Air hole, Clutch, Cold forging, FEM

## 1. 서론

냉간소성가공은 생산성이 높고, 재료 소비율과 개당 생산비가 낮으며 또한 제품의 기계적 성질이 우수하다는 장점을 가지고 있다. 최근에는 상품의 경쟁력 강화 요구에 대한 부응으로 고부가가치의 소성가공기술의 개발이 가속화 되고 있다[1]. 냉간단조 공정은 위의 조건들을 충족시키면서 고정도화를 이룰 수 있는 뛰어난 성형기술이다. 본 연구에서는 클러치 기어류에 대한 정밀 냉간성형공법개발을 개발하고자 한다. 클러치 기어의 경우 치형부 치수 정밀도가 매우 중요한 부품이다. 본 연구에서는 클러치 기어류에 대한 치형부 냉간단조 공법을 개발하기 위하여, 성형 해석 및 시험을 수행하였다. 이전의 연구[2]에서는 클러치 기어의 치형부를 원주형(Cylindrical type), 주저형(Declined cylindrical type) 그리고 창형(Spear type)의 3 가지 냉간단조 공법에 대하여 성형공정 해석을 수행하여 결함 및 치형 정밀도에 관한 연구를 수행하였고, 그 결과, 창형(Spear type)이 유리함을 제시하였다. 본 연구에서는 이전 연구에 대하여 치형 끝단부 정밀도 향상을 위하여 금형 에어홀(Air-hole)에 관한 연구를 수행하였다.

## 2. 클러치 기어 성형해석

본 연구의 클러치 기어류 부품은 치수의 정밀도를 요하기 때문에 Fig. 1(a)의 3D 설계에서부터 정확한 치수로 모델링 하였고, 체적을 계산하였다.

먼저, 클러치 기어류 성형해석을 위하여, 클러치 기어의 재료에 대해 인장시험을 수행 하였다. 인장시험으로부터 본 논문에서 사용된 재료 SCr420H의 응력-변형률의 커브 및 관계식을 얻었다. 클러치 소재 SCr420H의 기계적 특징치는 탄성계수(E)는 210GPa, 가공경화지수(n) 0.173, 강도계수(K) 869MPa, 항복응력(Ys) 311.298MPa이다.

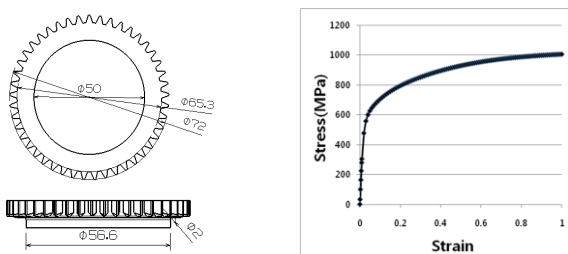


Fig. 1 3D modeling and stress-strain curve of SCr420H

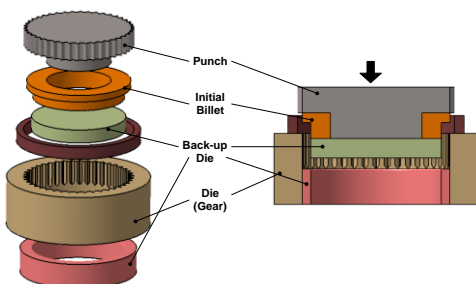


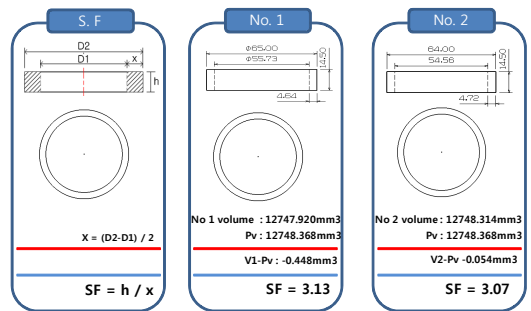
Fig. 2 FE-simulation die positioning

본 연구에서는 클러치 기어의 성형해석을 위하여 상용 유한요소코드인 DEFORM-3D를 이용하였다.

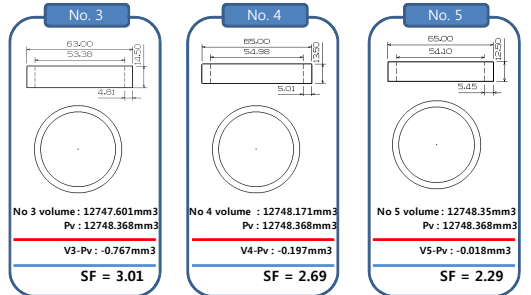
Fig. 2는 해석시 금형의 구성요소로서 펀치, 다이, 소재의 하단부를 받쳐주는 백업다이, 소재로 구성되어있으며, 펀치의 속도는 1000mm/sec 이고, 마찰계수(m)는 0.12 를 사용하였다.

냉간단조의 경우 초기소재 형상 결정은 매우 중요하다. 본 연구에서는 링(ring)형 초기소재 두께와 높이에 따른 형상비(shape factor)에 따라 해석을 수행하였다. 형상비의 정의는 Fig. 3(a)와 같다.

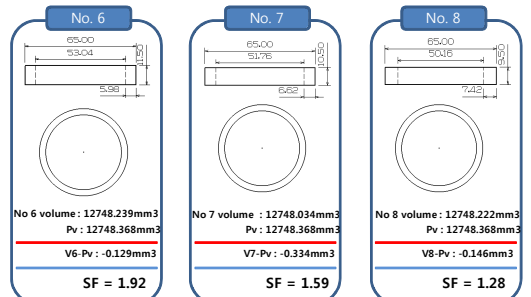
본 연구에서는 형상비의 범위를 3.13~1.28 로 하여 해석을 수행하였다.



(a) Shape factor (S. F) (b) S. F 3.13 (c) S. F 3.07



(d) S. F 3.01 (e) S. F 2.69 (f) S. F 2.29



(g) S. F 1.92 (h) S. F 1.59 (i) S. F 1.28

Fig. 3 Initial material and shape ratio

## 3. 클러치 기어 해석 결과

초기소재의 형상비에 따른 클러치 기어부의 금속 유동을 평가하기 위하여 해석한 결과를 Fig. 4에 나타내었다.

Fig. 3(b)~(d) 소재는 8.1mm의 편치행정을 필요로 하는 공정이지만 각각 7.98mm, 7.89mm, 7.88mm의 편치행정으로 형상비가 적을수록 편치행정 또한 줄어들며 기어부가 충만하였다. 그러나 기어부의 높이 또한 6.61mm, 6.61mm, 6.62mm으로 조기에 충만되고, Fig. 4(a)에서 보이는 것처럼 기어부의 중앙 부분이 풀딩이 되는 결함이 발견되었다. Fig. 3(e)~(g)의 경우에는 Fig. 4(b)와 같이 기어부의 상단 및 하단이 고르게 충만되면서 기어부의 높이도 각각 6.49mm이며, 기어부가 충만하는 편치행정 또한 6.98mm, 5.98mm, 4.98mm으로 일정하면서 유동성이 가장 우수한 것으로 나왔다. 그리고 나머지 Fig. 3(h)~(i)는 Fig. 4(c)에 나타낸것과 같이 기어부의 하단이 먼저 충만되면서 치형부의 유동성이 불균일하게 나타났다. 그리고 기어부의 형상높이가 각각 6.62mm, 6.59mm으로 나왔으며, 편치행정 또한 3.97mm, 3.00mm으로 나타났다.

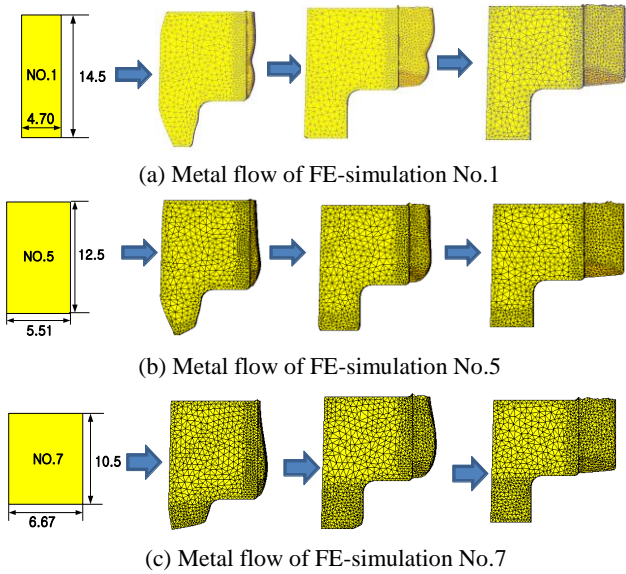


Fig. 4 Metal flow for simulation conditions

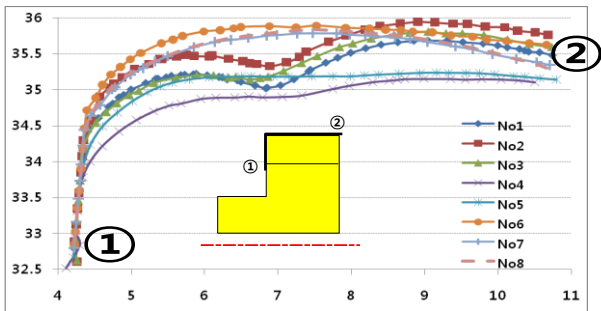


Fig. 5 Shape data for simulation conditions

이상의 결과로부터 클러치 기어류 치형부 금속 유동은 형상비가 1.92와 2.29인 조건이 양호한 것으로 나타났다. 본 연구에서는 이 두가지 조건에 대하여 에어홀(Air-hole)에 관한 해석을 수행하였다. Fig. 6은 에어홀 형상을 나타내었다. 에어홀의 크기는  $\phi 0.3$ 이며, 위치는 Fig. 6에서 보는 것처럼 치형부분의 하단 끝부분이며 각도는  $0^\circ$ 와  $20^\circ$ 의 2가지 금형을 사용하여 해석하였으며 앞서 해석한 일반금형과 소재의 유동을 파악하여 비교하였다.

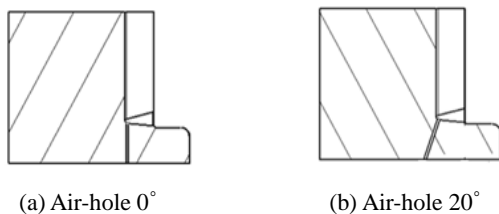
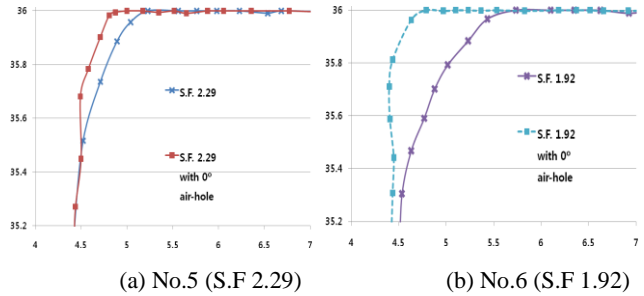


Fig. 6 Angle of air-hole die

에어홀 유무에 따른 성형해석 결과로부터 미세 치형부 형상좌표를 Fig. 7에 나타내었다. 먼저 S.F 2.29인 No.5의 조건 해석 결과를 Fig. 7(a)에 나타내었다. 그림에서 알 수 있듯이 에어홀이 있는 경우가 미세 치형부로의 유동성이 좋고 치형 금형 내부를 충만 시키기에 유리하다는 것을 알 수 있었다. 마찬가지로 S.F 1.92인 No.6의 조건도 치형 끝단부 금형에 에어홀이 있는 경우가 금속 유동에 보다 효과적임을 알 수 있었다. (Fig. 7(b))



(a) No.5 (S.F. 2.29) (b) No.6 (S.F. 1.92)  
Fig. 7 Comparison No.5 and No.6

해석 결과로부터 Fig. 2와 같이 편치 및 다이 금형을 구성하였고 클러치 기어 성형 실험을 수행하였다. Fig. 8(a)에 실험에 사용된 air-hole 금형을 나타내었다. 본 금형으로 실험을 수행한 결과 정밀한 치형을 가진 클러치 기어를 성형할 수 있었다. Fig. 8(b)는 성형된 최종 클러치 기어 부품을 나타내었다.



(a) Die with air-hole (b) Clutch gear part  
Fig. 8 Experiment result

### 5. 결론

본 연구에서는 에어홀 금형을 이용한 클러치 기어의 정밀 냉간성형공법 개발을 위하여 먼저 소재의 형상비를 통한 소재의 유동을 제어하여 소재가 금형의 치형에 충만하는 소재의 형상비를 제시하였다. 또한 에어홀 유무에 따른 클러치 기어 금속 유동을 고찰하였고, 그 결과 하부 금형 에어홀이 치형 정밀도 효과적임을 알 수 있었다. 본 연구를 통하여 향후 고수명, 고정밀의 클러치 기어 금형 기술 개발에 적용될 것으로 기대된다.

### 후기

본 연구는 2008년도 중소기업기술혁신개발사업 중 “신기술평가 우수과제” 지원으로 수행되었으며 이에 감사드립니다.

### 참고문헌

- Kim, D. H., Kim, B. M., “Preform Design of the Bevel Gear for the Warm Forging using Artificial Neural Network,” Journal of the Korean Society of Precision Engineering, **20**(7), 36-43, 2003
- 김동환, 이정민, 이태규, 이종석, 김병민, “유한요소해석을 이용한 외치형 클러치부품의 냉간성형기술개발,” 한국정밀공학회 춘계학술대회 논문집, 685-686, 2009