

유한요소해석을 이용한 외치형 클러치부품의 냉간성형기술개발 Development of Cold Forging Process of Clutch Part with Outer Gear Using FE simulations

*김동환¹, 이정민^{1#}, 이태규², 이종석³, 김병민⁴

*D. H. Kim¹, J. M. Lee(monkey1976@pusan.ac.kr)^{1#}, T. G. Lee², J. S. Lee³, B. M. Kim⁴

¹한국국제대학교 기계자동차공학부, ²부산대학교 정밀기계공학과 대학원, ³대승정밀, ⁴부산대학교 기계공학부

Key words : Clutch, Outer gear, Cold forging, FEM, Optimal design

1. 서론

본 논문의 대상인 클러치 기어는 치형 부의 치수 정밀도를 요하는 제품이다. 이러한 부품은 최근까지 치형 성형 전 단계의 딥 드로잉제품을 수입한 후 그로브 전조 및 절삭가공에 의하여 치형부를 성형하였다. 이러한 기계가공은 프레스 가공법에 비해 생산성이 크게 떨어지며 제조 단가가 높다는 단점이 있다. 따라서 클러치류에 대한 치형부 냉간단조 공정을 개발하여 작업능률 및 생산성을 획기적으로 향상시키고 또한 제품의 고정도화를 실현하여 경쟁력을 높일 필요가 있다[1-3].

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. 냉간단조 공정은 위의 조건들을 충족시키면서 고정도화를 이룰 수 있는 뛰어난 성형기술이다. 또한 두꺼운 판재를 이용한 정밀단조기술은 프레스 가공에 의한 높은 생산력과 경량화에 따른 생산비용 저감이 가능하기 때문에 적용범위가 널리 확대되고 있다. 따라서 본 논문에서는 클러치 기어의 치형부를 원추형(Cylindrical type), 주저형(Declined cylindrical type), 창형(Spear type)의 3 가지 타입을 냉간단조 공법으로 성형하고 발생하는 결함 및 형상을 비교하였으며 클러치 기어의 성형에 가장 적합한 타입을 도출하였다.

2. 냉간단조 소재 물성치 및 공정 조건

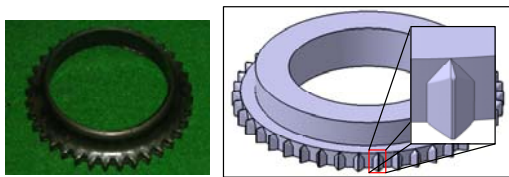


Fig. 1 Shape of Clutch gear

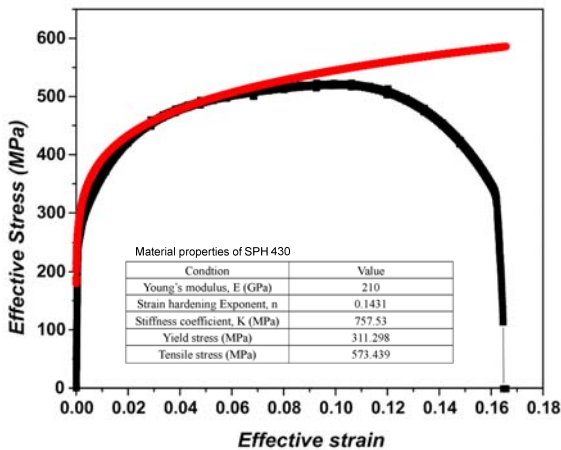


Fig. 2 Strain-Stress curve and material properties of SPH 430

Fig. 1 은 본 연구에 적용된 클러치 기어의 형상을 나타낸다. 클러치 기어는 중공형, 외치형을 가지는 형상으로 냉간단조공법을 통하여 성형된다. 그러나 기어부의 성형시 기어부에서 결육이 발생되기 쉬운 단점이 있다.

Fig. 2 는 클러치 기어의 재료인 SPH 430 소재의 공칭응력-공칭 변형율, 진응력-진변형율 곡선과 소재 물성치를 나타낸다. 얻어진 곡선은 유한요소해석을 하기 위한 소재의 소성 물성치로 사용되었다. SPH 430 은 탄성계수(E) 210GPa, 가공경화지수(n) 0.1431, 강도계수 (K) 757.53MPa, 항복응력 (YS) 311.298MPa, 인장강도(TS) 573.439MPa 를 가진다.

Fig. 2 는 냉간단조용 클러치 기어의 예비 성형체와 최종 제품을 나타내는 도면이다. 냉간 단조시 내경 치수 변화는 없으며, 냉간단조를 통하여 외치형만을 성형된다. Fig. 3 은 클러치 기어의 성형을 위한 냉간 단조 금형 형상을 나타내는 그림이다. 금형은 펀치, 백업 금형 그리고 기어성형을 위한 금형으로 이루어져있다.

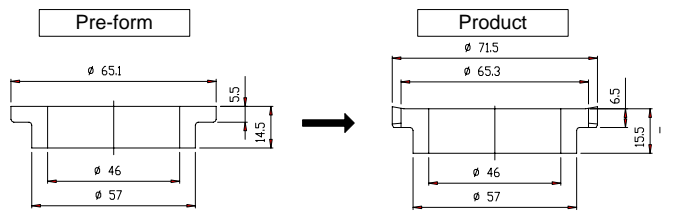


Fig. 2 Pre-form and product of clutch gear for cold forging

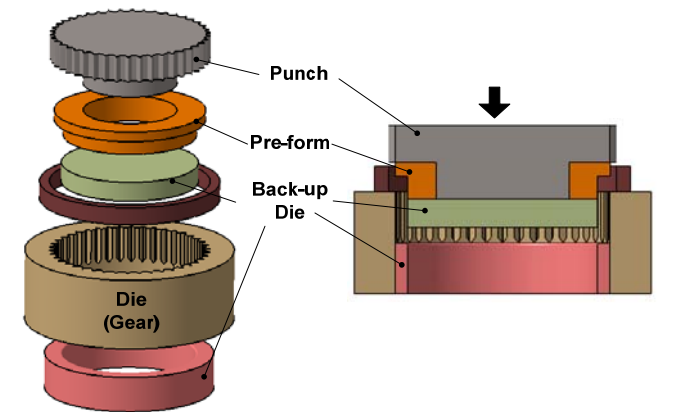
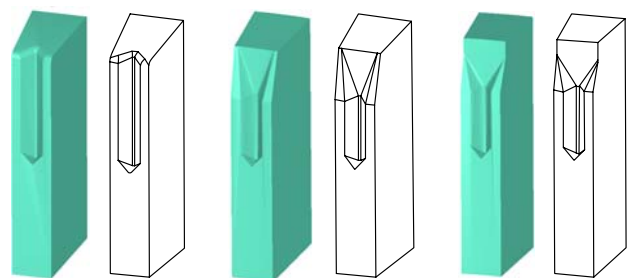


Fig. 3 Tool shape of clutch gear for cold rolling



(a) Cylindrical type (b) Declined cylindrical type (c) Spear type
Fig. 4 3D modeling of die for cold rolling

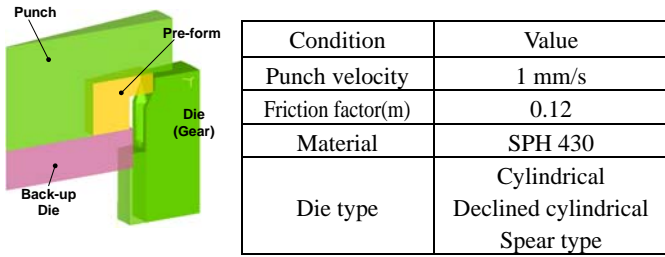


Fig. 5 Simulation model and condition for FE-simulation

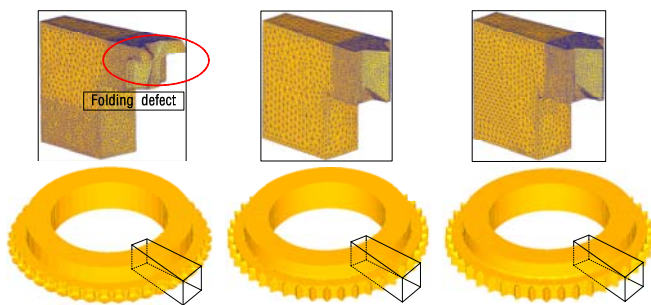
시뮬레이션을 통해 재료의 충만성 및 성형하중, 변형양상이 가장 우수한 펀치 도입부 형상을 제시하기 위해 Fig. 4 에 원추형(cylinder type), 주저형(declined cylinder type), 창형(spear type)의 3 가지 펀치의 도입부 형상을 나타내었고, 각 형상에 따라 해석을 수행하였다.

Fig. 5 는 시뮬레이션을 위한 모델과 해석 조건을 나타낸다. 해석 모델은 실제 해석에 사용된 예비성형체와 금형의 형상은 대칭성을 고려하여 1/42 단면을 사용하였다.

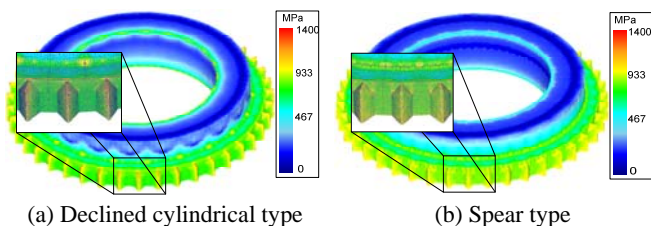
3. 해석 결과

Fig. 6 은 기어도입부 형상에 따른 치형부 소재 유동을 나타내는 결과이다. 결과에서 보는 바와 같이, 원추형의 경우 결속이 발생되어 성형이 어려운 것을 확인할 수 있다. 주저형과 창형의 경우 치형부까지 원활하게 소재가 충전되는 것을 확인할 수 있다. Fig. 7 은 주저형과 창형의 기어 치형부 유효응력분포를 나타내는 결과이다. 주저형의 경우, 치형 부에서 창형보다 높은 유효응력분포를 가지는 것을 알 수 있다. 이는 냉간 가공시 소재의 유동이 주저형이 창형에 비하여 원활하지 않음을 나타낸다.

Fig. 8 은 주저형과 창형의 치형부 소재의 유동을 나타낸다. 주저형의 경우, 치형부에 소재를 충전시키기 위하여 스트로크가 17.4mm 가 필요한데 반해, 창형의 경우 14.9mm 의 스트로크로 기어 치형부에 소재의 충진이 가능하였다. 이는 창형이 주저형에 비하여 성형성 및 충전성이 양호함을 나타낸다. Fig. 9 는 주저형과 창형의 단조 성형 하중을 나타내는 그림이다. 앞선 결과에서와 같이, 창형이 주저형보다 성형성이 양호함을 보여준다.



(a) Cylindrical type (b) Declined cylindrical type (c) Spear type
Fig. 6 FE-simulation results according to tool types



(a) Declined cylindrical type (b) Spear type
Fig. 7 Distribution of effective stress on declined cylindrical type and spear type

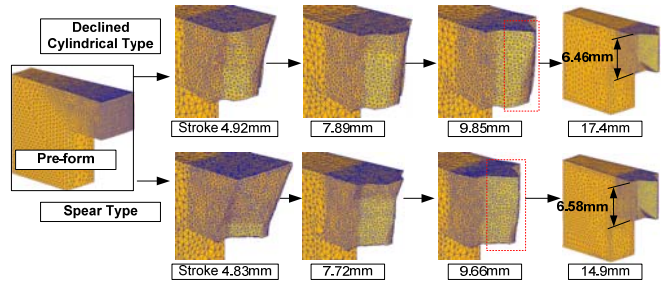


Fig. 8 Filling in gear tooth of declined cylindrical type and spear type

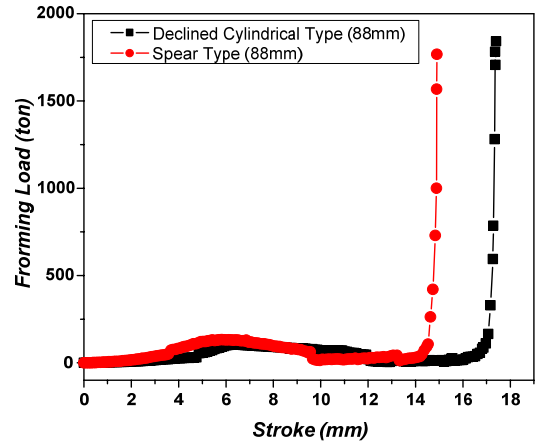


Fig. 9 Load-stroke curve of declined cylindrical type and spear type

4. 결론

냉간단조 공법의 이용하여 클러치 기어의 치형을 성형하기 위하여, 금형 기어 도입부를 원추형, 주저형, 창형의 3 가지 타입을 FE 시뮬레이션을 통하여 성형성 및 충전성을 확인하였다. 원추형의 경우, 기어 치형부 소재의 유입시 결속이 발생하여 치형의 성형이 어려움을 확인할 수 있다. 주저형과 창형의 경우 기어 치형부의 성형은 원활하지만, 주저형은 창형에 비하여 더욱 큰 스트로크를 가져야만 기어 치형부까지 소재가 충전된다. 그리고 단조하중의 경우 또한 창형이 주저형에 비하여 낮게 나타나 성형성 또한 양호한 것으로 판단된다. 따라서 냉간단조용 클러치 기어의 성형시 원추형, 주저형, 창형의 금형 기어 도입부 형상 중 창형이 성형성 및 충전성이 가장 양호한 것으로 판단된다.

후기

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

참고문헌

1. Dohmann, F., Traudt, O., "Metal Flow and Tool Stress in Cold Forging of Gear Components," Proc. 2th ICTP, **2**, 1081-1089, 1987.
2. Izumisawa, M., "Estimation of Forging Load by Upper Bound Approach-Study on Hot Forging of Straight Bevel Gears," J. of Jstp, **18**(193), 92-100, 1977
3. 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.