

자동변속기용 헬리컬 피니언 기어의 냉간 압출 공정 개발

Development of Cold Extrusion Process for Helical Pinion Gear of Automatic Transmission

*정명식¹, 이상곤¹, 윤정환¹, 성지현¹, 김강은¹, 이강원², #최태훈¹

*M. S. Jeong¹, S. K. Lee¹, J. H. Yoon¹, J. H. Sung¹, K. E. Kim¹, K. W. Lee²,

#T. H. Choi(thchoi@kitech.re.kr)¹

¹한국생산기술연구원 녹색전환기술센터, ²한국생산기술연구원 대경권지역본부

Key words : Helical pinion gear, Cold extrusion, Energy saving, FE-analysis

1. 서론

최근 제품 전주기적 환경영향의 최소화를 위한 지속가능 생산(sustainable manufacturing)에 대한 관심이 높아지고 있다. 이에 따라 생산기술 또한 그 패러다임이 변화되고 있으며, 공정 최적화, 공정대체 및 공정생략 등의 방법으로 제조공정의 에너지 소비를 최소화 시키고자 하는 노력들이 이루어지고 있다[1].

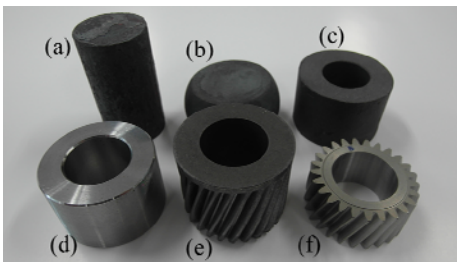


Fig. 1 Helical gear made by cold extrusion process

본 연구에서는 자동변속기용 헬리컬 피니언 기어의 제조를 위한 기계가공 공정을 냉간 압출(cold extrusion) 공정으로 대체하여 적용하였다. 기어의 치형정도 향상을 위하여 압출(extrusion)과 취출(ejection)의 2 단계 공정을 적용하였으며, 유한요소해석을 통하여 성형공정 동안 기어 치형의 좌, 우면에 작용하는 면압을 분석하였다.

압출 금형과 성형 소재간의 최소거리분석(minimum distance analysis)을 통하여 금형 입구부 각도 및 예비 성형체(preform)의 형상을 설

계 하였으며, 압출 하중을 예측하였다. 항온소둔, 구상화소둔의 열처리 공정을 이용하여 재료의 성형성을 향상시켰으며, 개발된 공정을 적용하여 압출품을 제작하였다.

Figure 1 은 개발한 공정을 통하여 헬리컬 피니언 기어가 제작되는 과정을 보여주는 것이다. 초기소재(a)를 예비 성형체(d)로 제작하기 위해 열간단조 공정을 사용하였으며, 이 후 냉간 압출(e), 선삭, 열처리 공정을 통해 헬리컬 기어(f)를 제작하였다.

2. 헬리컬기어 냉간 압출 공정설계

고정도 형상을 갖는 헬리컬 기어의 냉간 성형을 위해서는 금형의 치형 도입부 각도 설계가 매우 중요하다. 이는 치형 도입부 각도가 소재의 충전률, 펀치 하중에 영향을 미치기 때문이다. Figure 2 는 금형의 치형도입부 각도에 따른 기어 충전양상을 보여주는 것으로, 도입부 각도가 50 도 이상일 경우 미충진 구간이 크게 발생하는 것을 볼 수 있다.

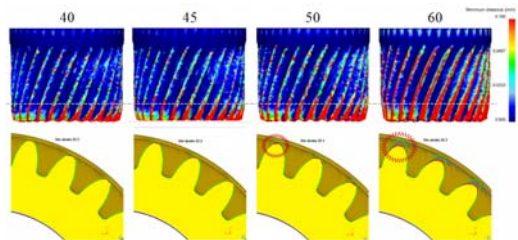


Fig. 2 Filling ratio of helical gear by entrance angle of extrusion die

Figure 3 은 압출 및 취출 공정 시 기어치의 좌, 우면에 걸리는 면압을 예측한 것으로 취출 공정을 통하여 기어치의 좌측면 가공이 추가로 이루어짐을 확인할 수 있다. 또한 너아웃 편을 통하여 취출된 성형품의 바다부 변형 높이는 약 1mm 로 압출품의 아래쪽 절단 높이에 포함 되는 양으로 허용 가능한 높이이다.

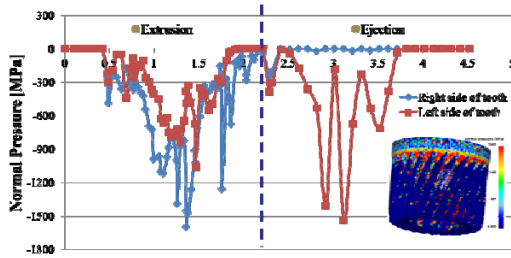


Fig. 3 Predicted normal pressure during extrusion and ejection process

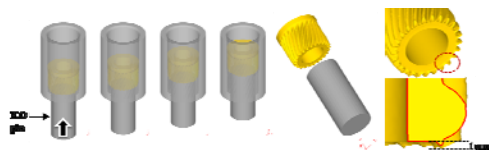


Fig. 4 Ejection process using knock out pin

예비성형체 형상은 성형 가공력, 제품 충진 륜 등에 밀접한 영향을 미친다. Figure 5 는 단 면감소율이 따른 기어의 충진량을 나타낸 것으로 단면감소율이 15% 인 경우 치형의 상부(후 가공시 그립을 잡는 부분)에 미충진을 보였으며(Fig.5(a)), 40%의 경우 치형부에 미충진이 크게 나타났다(Fig.5(b)). 예비성형체가 약 27%의 단면감소율을 가질 경우 최적의 충진량을 보이는 것을 확인할 수 있다(Fig.5(c)).

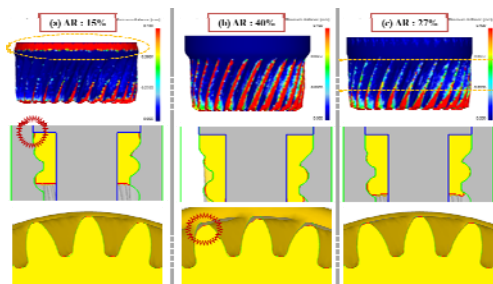


Fig. 5 Filling ratio of helical gear by area reduction

3. 원소재 열처리

헬리컬 기어 냉간 압출 공정에 사용된 원 소재(SCM920HVS1, Fig.6(a))는 저온변태상이 주 를 이루고 있어 고강도, 저연신율을 보일 것으 로 예상된다. 이에 항온소둔, 구상화소둔의 열 처리를 통하여 재료의 성형성을 확보하였다. 항온소둔, 구상화소둔을 거친 재료는 저온변태 상의 파괴분율 및 전위밀도가 감소하여 성형성 이 증가될 것으로 판단되며, Fig.7 의 유동응력 곡선은 이를 잘 보여준다.

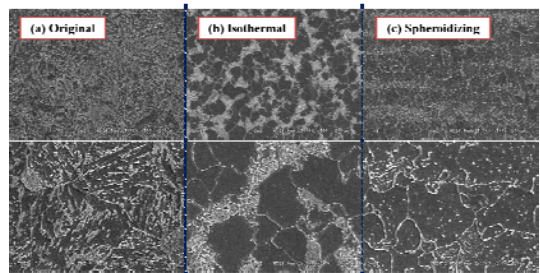


Fig. 6 SEM image of heat treated specimen

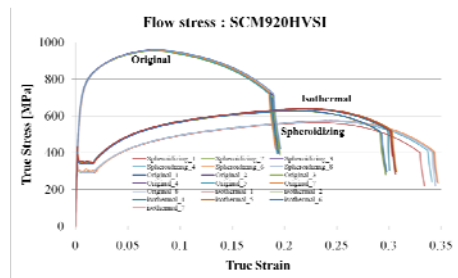


Fig. 7 Flow stress: SCM920HVS1

4. 결론

본 연구에서는 고강도의 헬리컬 기어를 제 작하기 위한 친환경 냉간압출 공정을 개발하였 다. 유한요소 해석, 금형-소재간 최소거리 분석 을 통하여 최적 예비성형체 형상 및 금형 입구 부 형상을 설계하였다. 또한 개발된 공정을 적 용하여 헬리컬 피니언 기어를 제작하였다.

참고문헌

1. M. S. Jeong, S. K. Lee, et all, "Green alternative processing Technology for a spring guide pin of stamping die set," ISGMA2011, 2011.