

변속기용 부품 제조를 위한 유동성형 공정 설계 Flow Forming Process Design for Transmission Part

*#권용남¹, 김상우¹, 김봉준², 박은수², 차달준²

*#Yong-Nam Kwon(kyn1740@kims.re.kr)¹, S. W. Kim¹, B. J. Kim², E. S. Park², D. J. Cha²

¹한국기계연구원 부설 재료연구소, ²경창산업(주)

Key words : flow forming, process design, annulus gear

1. 서론

유동성형기술(flow forming)은 회전하는 성형롤(roller)의 운동 제어를 이용하여 판재에 소성변형을 점진적으로 유도하여 부품을 성형하는 기술이다. 유동성형기술을 통해 복잡한 형상을 완제품 치수에 최대한 가깝게 구현함에 따라 소재의 이용율을 다른 소성가공법에 비해 월등히 향상시킬 수 있으며 그 과정에 형성된 소재결(metal flow) 제어 및 가공 경화를 이용하여 기계적 특성(정적강도, 피로강도, 표면경화) 향상을 추가적으로 달성할 수 있는 장점을 가진다. 유동성형공정은 축대칭 원형제품의 다품종 중·소량생산에 탁월한 경쟁력을 가지고 있다. 유동성형공정은 기존의 축 대칭 원형제품을 대량생산할 때 사용되는 스탬핑(stamping) 공정 혹은 딥드로잉(deep drawing) 공정과 비교할 때 전단응력을 사용하기 때문에 기존 프레스 기반 성형법에 비해 상대적으로 낮은 가공력만을 사용할 수 있다는 장점을 가진다. 유동성형은 많이 알려진 스피닝(spining) 공정과 같은 회전 점진성형기술이지만, 스피닝의 경우 투입소재의 두께를 줄이는 방향으로 성형이 진행되는 것에 비해 유동성형은 두께를 두껍게도 할 수 있어 보다 높은 형상표현력을 가지는 성형 기술이다.

본 연구에서는 그림 1에 나타난 자동변속기용 기어부품인 annulus gear를 유동성형법으로 제조하기 위한 공정방안을 설계해 시도하였다. 그림 1에 나타난 annulus gear는 길이방향으로 상이한 두께분포를 가지는 부품이다. 기존에는 열간단조 공정을 통하여 제조되었기 때문에 최종 제품의 제작을

위해 다량의 기계가공이 필요하여 30% 정도로 소재이용율이 매우 낮은 수준이다. 이외에 이 제품을 유동성형법으로 제조할 경우 소성변형에 의한 metal flow로 인해 추가적인 기계적 물성의 향상을 얻을 수 있을 것으로 기대된다.



Fig. 1 . Annulus gear for flow forming process design

2. 유동성형 공정설계

Annulus gear의 유동성형 방안으로 중심부에 작은 직경의 맨드릴로 소재를 밀어붙이고 상하로 롤러를 이동하여 성형하는 방식으로 예비 설계를 수행하였다. 이를 위하여 제품 제작에 사용되는 원소재는 튜브형상의 소재가 적합하다. 원소재 튜브는 550MPa급의 인장강도를 가지는 seamless 튜브를 사용하였다.

축관성형 시 롤러에 부과되는 하중을 최소화하고, 소재의 성형성을 향상시키기 위해 유동성형 공정해석을 진행하였다. 중공부품의 성형시 축관부 내측과 동일한 형상의 롤러로 축관할 경우, 롤러의 코너 부위에서 과도한 응력집중이 발생함에 따라 소재의 파단발생이 우려된다. 따라서, 이를 방지하기 위해 우선, 두께가 얇고 곡면으로 이루어진 성형용 롤러를

이용하여 개략적인 형상으로 회전하는 튜브를 축관 성형한 후, 날카로운 코너 각을 가진 두 번째 성형 롤러를 이용하여 제품의 중앙 축관 모서리부의 각도를 형성할 수 있도록 공구경로를 설계하였다.

그림 2 는 공구경로 위치별 변형형상, 유효변형률, 유효응력 분포를 보여주고 있다. P1 에서는 롤러 #1 이 튜브소재의 좌측하단에서 출발하여 X 방향으로 이동한 후 소재와 접촉하면서 약간의 소성변형을 유도하고 튜브소재의 중간영역까지 Z 방향으로 이동함으로써 튜브소재의 하측 끝단의 두께를 감소하기 위한 공정이다. P3 는 롤러가 축관부를 성형하기 위하여 축관부의 중앙에서 출발하여 X 방향으로 이동하여 튜브소재를 축관하고, 하단부로 이동하여 축관영역을 넓히는 공정이다.

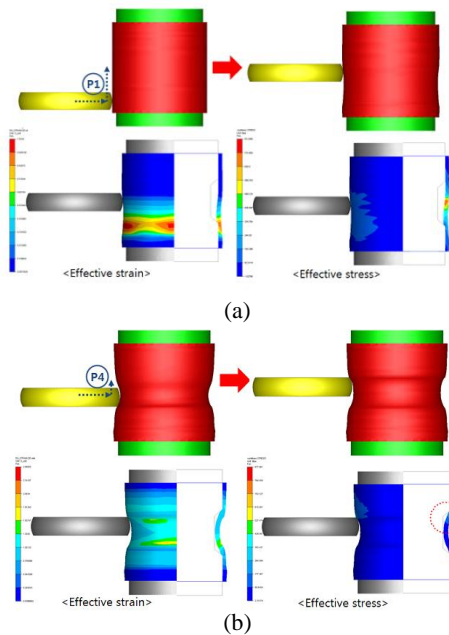


Fig. 2 Strain and stress distribution for two characteristic steps of flow forming for annulus gear

그림 3 은 600°C 에서 유동성형을 실시했을 때 공구경로의 진행에 따라 롤러에 가해지는 하중을 나타낸 결과이다. 유동성형의 장점을

높이기 위해서는 상온에서 가공경화를 이용하여 성형을 하는 것이 유리하나 제품 개발의 초기 단계에서 롤러 및 맨드렐에 가해지는 성형하중을 줄이기 위한 시작업조건으로 해석을 수행한 결과이다.

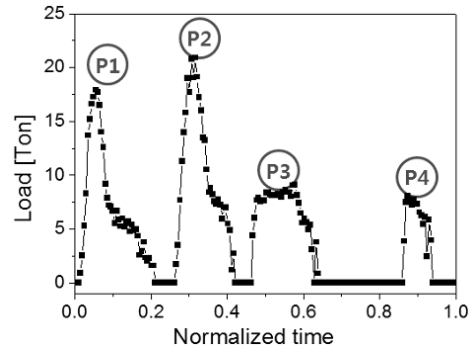


Fig. 3 Roller force during flow forming of annulus gear at 600°C.

3. 요약

본 연구에서는 축대칭 원통형상을 가지는 제품의 정형성형에 효과적으로 적용할 수 있는 유동성형에 관한 기초연구를 수행한 결과를 정리하였다. 유동성형을 이용하여 증공부품을 효과적으로 생산할 수 있는 가능성을 확인하였다.

후기

본 연구는 산업원천기술개발사업(과제명: Flow forming 및 Roll die forming 에 의한 치형 부품의 경량·일체화 성형 기반 기술 - 과제번호: 10033529)의 지원을 받아 수행되었으며 이에 감사 드립니다.