

Spinning 공정을 이용한 spline drum 및 두께 분할 성형

김승수¹, 변원용², 강상욱², *김응주¹
¹한국생산기술연구원, ²경창산업

Spline drum spinning including thickness splitting process

S. S. Kim¹, W. Y. Byun², S. W. Kang², *E. Z. Kim¹
¹Institute of Industrial Technology, ²Kyong Chang Industrial Co.

Key words : Spinning, Spline drum, Shear spinning, Sheet splitting

1. 서론

최근에 이르러 자동차 산업 및 공작기계로부터 고도의 항공, 우주 산업에 이르기까지 모든 산업분야에서 초정밀, 고기능, 경량화 및 친환경적 가공기술이 요구되고 있다.¹⁾

현재 국내의 가공기술을 살펴보면, 치형 성형은 호빙, 브로칭, 셰이빙 공정과 같은 절삭공정이 주류를 이루고 있다. 절삭공정에 의한 치형의 제조는 정밀도가 낮아서 치면 연삭 등 후처리 공정을 필요로 하고, 금속 조직이 불연속적이어서 내마모성 및 내구수명 향상에 한계가 있으며, 가공시간이 길어 제조원가의 상승요인이 되고 있다. 반면, 기술 선진국의 경우에는 원통형 치형 부품의 생산에 냉간 단조, Roll forming, 전단 spinning 등의 성형 기법을 도입하여 발전시키고 있다. 저절삭 정미성형(Net Shaping)과 후속공정 제거를 통해 원가를 절감하고 제품을 경량화하고 있다.

본 연구에서는 자동차 자동변속기에 다량으로 사용되고 있는 치형블이 축대칭 원형 제품 성형을 위한 spinning 공정을 개발하였다. Spinning은 Fig.1에 나타난 것과 같이 판재 및 튜브형의 금속 블랭크를 mandrel에 고정하여 회전시킨 후 성형롤러로 회전하는 블랭크의 표면을 축 방향과 반경방향으로 가압하여 축대칭 원형 제품을 성형하는 비절삭 점진성형 공정이다.

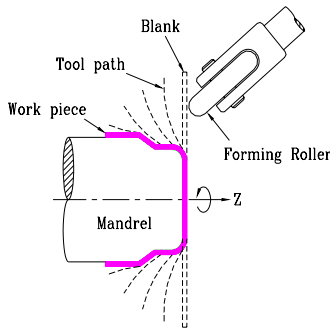


Fig. 1 Principle of conventional spinning process

Spinning 제품은 deep drawing에 의해서도 성형 가능한 것이 많이 있으나, 제품의 크기, 생산성, 형상의 복잡성 등을 고려할 때 스피닝 공정이 원가 절감과 품질 향상 면에서 유리한 점이 많다.^{2,3)}

2. Spline 및 두께 분할 성형

Spline 성형과 판재 두께 분할이 가능한 spinning 공정을 개발하고 공정변수의 영향을 살펴보았다. 내측에 spline이 나있는 drum 형 부위와 축대칭 접시형 부분이 단일 부품으로 통합된 Fig. 2와 같은 형태의 제품을 성형하였다.

융합된 부위를 갖는 치형블이 축대칭 제품과 같이 형상이 복잡한 경우 성형 공정 설계를 위해서는 소재 내부의 소성유동 특성, 제품의 형상 정밀도 및 치수 정밀도와 제품 결합요인 등의 파악이 필요하다. 단순한 형태에 대한 기초실험을 수행하여 공정의 특성을 파악하였다.

원통형 제품 성형시 오목형의 공구경로는 소재에 축방향 및 반경방향 인장 응력이 많이 걸려 두께 감소율이 큰 것으로 나타났

고, 볼록형의 공구경로는 성형중 압축 응력이 증가하여 소재 두께를 증가시키는 것으로 나타났다. 소재 두께를 변화시키지 않는 성형 즉, 원소재의 두께와 최종 제품의 각 부위별 두께가 일정한 제품을 얻기 위한 성형의 경우, 스프링 백을 완전히 없게 하는 것은 대단히 어려우며 스프링 백을 상쇄시키는 방법으로 mandrel에 소재가 over bending 될 수 있도록 적절한 taper 각을 주는 것이 효과적인 것으로 나타났다.

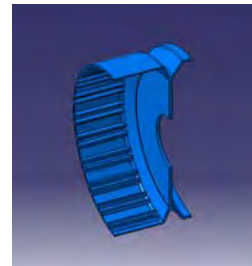


Fig. 2 Merged spline drum and dish part

윤활이 성형성에 미치는 영향을 파악하기 위해 높은 점도와 낮은 점도의 윤활유를 사용해본 결과 높은 점도의 윤활유가 안정된 윤활막을 형성하여 성형성을 높이고 제품의 표면조도를 향상시키며 성형롤러에 소착되는 현상이 줄어드는 것으로 나타났다. 냉각과 탈지의 용이성이 저하되지 않는 범위 내에서 고점도의 윤활유를 사용하는 것이 바람직하였다.

Conventional spinning의 경우 성형속도는 2~4mm/rev. 범위가 적정했고, 사이징 속도는 0.4~0.8mm/rev. 범위가 최적의 성형조건인 것으로 나타났으며, 두께 방향 변형을 크게 유도하는 shear spinning의 최적성형속도는 0.03mm/rev인 것으로 나타났다.

기초성형 실험에서 얻은 결과들을 바탕으로 fig. 3과 같이 성형공정을 설계하고 반복적인 실험을 통하여 최적 공정 조건을 찾았다.¹⁾

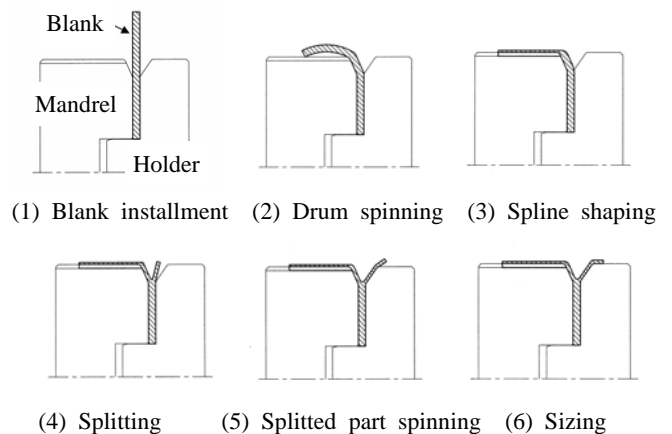


Fig. 3 Spline shaping and splitting process design

성형하고자 하는 제품이 spline drum 부와 축대칭 접시부로 통합된 형태를 갖고 있으므로 각 부위에 정확한 치수를 구현하기 위해서는 공정 순서 선정이 매우 중요하다. 판형 blank를 초기에

drum형태로 spinning한 뒤, 소재를 mandrel 쪽으로 밀어붙여 안쪽 spline을 성형하게 된다. 초기 소재의 두께가 유지되고 있는 바다 부분을 절개하여 접시 부를 구성할 소재를 확보하고 이를 holder 쪽에 맞추어 성형하게 된다.

실제 실험에 사용된 mandrel과 spinning roll들을 fig. 4에 나타내었다. 소재로는 냉연 강판을 사용하였으며 두께 5.4mm, 직경 240mm의 원형 blank를 초기 소재로 이용하였다.



Fig. 4 Mandrel on spindle and rolls on turret used in the spinning experiments

Mandrel의 형상은 설계된 제품의 안쪽 spline 치수에 따라 제작 되었다. 성형 roll 외경의 경우 직경 220mm로 선정하였으며 이는 단순 형태 성형 실험으로부터 적정 값인 것을 확인하였다.¹⁾ 최적의 성형 조건을 찾기 위하여 drum 성형시에는 성형 roll의 coner 반경을 15mm에서 30mm까지 바꾸어 가며 실험을 수행하였고, 제품의 좌우부분 절개 성형시에는 절개용 롤러의 선단 각도를 15°에서 30°까지 바꾸어 가며 실험하였다. 성형 roll 이송 속도는 0.01mm/rev.에서 0.05mm/rev.까지 바꾸어가며 실험하였다. 성형 실험 과정을 fig. 5에 나타내었다.

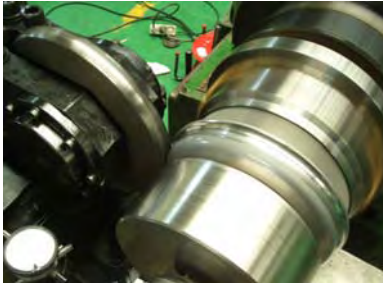


Fig. 5 Spinning experiment

원판형 blank로부터 출발하여 drum형 spinning, spline 성형, 두께 분할 각 공정 단계에서 얻은 제품 형상을 fig. 6에서 확인할 수 있다. Spline 부위 drum 성형시에 블록형태를 유지하므로써 두께 감소를 방지하고 spline 치형을 채우기에 충분한 체적을 확보할 수 있었다. Drum 벽의 두께가 충분하지 않을 경우 치형이 충전 되지 않았으며, 치형을 채우기 위해 성형 roll을 mandrel 쪽으로 과도하게 밀어붙이게 되면 소재는 치형 홈으로 밀려들어가지 않고 축 방향으로 흘러 높이만 길어지는 결과를 나왔다.

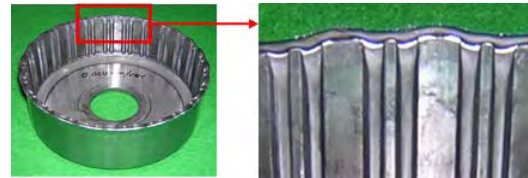


Fig. 6 Initial blank and spined product

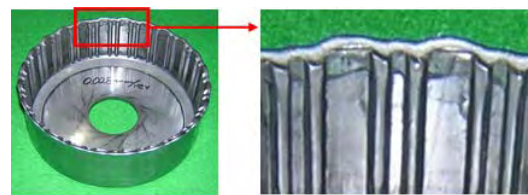
성형 완료 후 spline drum의 선단부에는 축 방향으로 높이가

일정하지 않고 과형을 이루게 된다. 이는 치형 마루 부분과 골짜기 부분의 반경 방향 변형량이 다르기 때문이다. 상대적으로 두께가 두껍게 남아있는 마루부분은 축 방향 유동이 적으며, 두께 방향으로 많이 늘린 골짜기 부분은 축 방향으로 소재가 많이 흐른 결과이다.

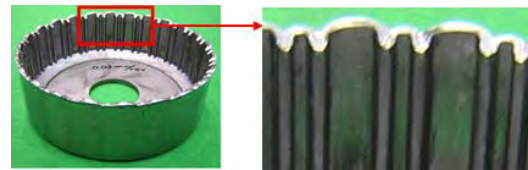
성형 속도가 성형성에 미치는 영향을 확인하기 위해 mandrel의 1 회전당 roll 이송 거리를 달리하여 실험을 수행하였으며, 그 결과를 fig. 7에 나타내었다.



(a) Feed rate : 0.024mm/rev



(b) Feed rate : 0.028mm/rev



(c) Feed rate : 0.030mm/rev

Fig. 7 Effect of feed rate on front waviness

성형속도가 느릴수록 표면조도는 좋으나 spline부 결육이 생기고, 성형속도가 빠를수록 표면조도는 저하되나 spline부 결육이 없어지는 것으로 나타났다. 이는 표면조도와 spline성형 양쪽 모두를 고려할 때 최적의 성형속도가 있음을 보여주는 것으로 spline 성형만을 고려할 때 본 실험에서는 0.03mm/rev 일 때가 가장 양호한 것으로 나타났다.

3. 결론

자동차 자동변속기에 다량으로 사용되고 있는 치형붙이 축대칭 원형 제품의 저절삭 정미성형(Net Shaping)을 위한 spinning 공정을 개발 하였다. 기존의 단순 축대칭 형상에 널리 적용되었던 spinning 공정의 고도화를 통하여 spline이 나있는 drum형 부위와 축대칭 접시형 부분이 단일 부품으로 통합된 복잡한 형태의 제품을 성형하는데 성공하였다. 공구경로 등 spinning 공정 조건의 최적화를 통하여 정밀도 높은 제품을 얻을 수 있음을 확인하였다.

후기

본 연구는 산업자원부가 지원한 ‘고기능 구동체를 위한 저절삭 초정밀 부품 성형기술 개발’ 과제의 일환으로 수행되었으며, 이에 관계자 여러분께 감사드립니다.

참고문헌

1. 차달준, 고기능 구동체를 위한 저절삭 초정밀 부품 성형 기술 개발, 산업기술개발사업 보고서, 산업자원부, 2006.
2. 日本塑性加工學會(葉山), 回轉加工, コロナ社, 1990.
3. 日本塑性加工學會(葉山), スピニング加工技術, 日刊工業新聞社, 1984.