

자동차 변속기 허브 클러치 생산을 위한 롤 다이 포밍공정 해석 Finite Element Analysis of Hub Clutch in Automotive Transmission through Roll Die Forming Process

*고대훈¹, #고대철², 이상곤³, 권용남⁴, 김상우⁴, 이현석⁵, 박은수⁶

*D. H. Ko¹, #D. C. Ko(dcko@pusan.ac.kr)², S. K. Lee³, Y. N. Kwon, S. W. Kim, H. S. Lee, E. S. Park

¹부대학교 대학원 정밀가공시스템, ²부품소재산학협력연구소, ³부산대-IFAM JRC, ⁴기계연구원 재료연구소 융합공정본부, ⁵나라엠앤디(주) PD 연구팀, ⁶경창산업(주) 연구개발팀

Key words : Automotive transmission, Roll die forming, Hub clutch, Finite element analysis

1. 서론

자동차 변속기 핵심 부품인 허브 클러치(hub clutch), 드럼 클러치(drum clutch)와 같은 치형부품들은 대부분 셰이빙, 호빙 등의 기계가공과 전도, 단조 등의 소성가공을 병행하여 생산되고 있다.¹ 그러나 이러한 공정의 경우 단류선 파괴로 인한 강도저하, 또는 회전가공 시 생산성 저하 등의 문제가 발생하고 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해서는 새로운 제조공법이 요구되며, 그 한 방법으로 최근 롤 다이 포밍(roll die forming: RDF)공법이 적용되고 있다.^{2,3} 롤 다이 포밍공법은 금형 내부에 회전하는 롤을 장착하여 판재를 드로잉하여 외곽의 치형을 성형하는 기술로, 판재 치형부품의 생산성을 획기적으로 향상시킬 수 있다. 뿐만 아니라 롤의 회전으로 인하여 소재와 금형 사이의 마찰을 줄여 성형하중을 현저히 저감시킬 수 있으며, 기존의 프레스 성형과 동일한 설비를 그대로 사용할 수 있는 장점이 있다. 본 논문에서는 자동차 변속기에 사용되는 대표적인 치형부품인 허브 클러치 제조를 위한 롤 다이 포밍공정에 대한 성형해석을 수행하여 치형부의 치수를 평가하였으며, 현장 테스트를 통해 성형해석의 타당성을 검증하였다.

2. 허브 클러치 롤 다이 포밍공정

Fig. 1에 본 연구에서 적용한 허브 클러치를 나타내었다. 허브 클러치는 소음 및 진동 등 동력전달성과 직결되는 부품으로 내/외경의 동심도 및 직각도, 그리고 치형부의 치수공차, 그리고 치형부의 균일한 두께 확보가 매우 중요하다. 허브 클러치 생산을 위한 롤 다이 포밍공정의 개략도를 Fig. 2에 나타내었다. 틀은 구조는 펀치, 스트리퍼, 그리고 롤로 구성되어 있다. Fig. 3에서 보듯이 첫 번째 예비성형체 생산을 위한 드로잉 공정 후 총 3번의 롤 다이 포밍공정에 의해 최종제품이 생산된다.

3. 롤 다이 포밍공정 성형해석

Fig. 3의 롤 다이 포밍공정에 대한 성형해석을 수행하였다. 적용소재는 SAPH440이며, 성형해석을 위해 인장시험으로 확보한 유효 응력-변형률 곡선은 식(1)과 같다.

$$\bar{\sigma} = 722.2 \cdot \bar{\epsilon}^{0.196} [MPa] \quad (1)$$

해석조건은 Table 1에 나타내었으며, DEFORM-3D를 이용한 초기 해석모델은 Fig. 4와 같다.

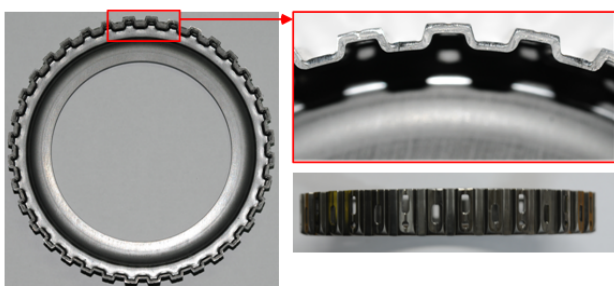


Fig. 1 Hub clutch for automotive transmission

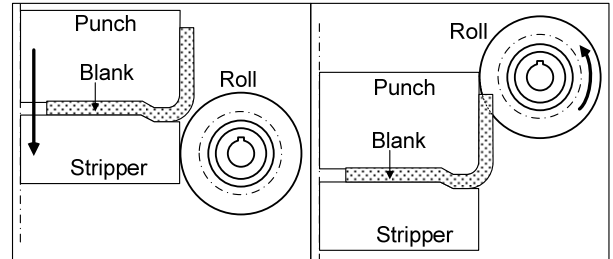


Fig. 2 Schematic diagram of RDF process

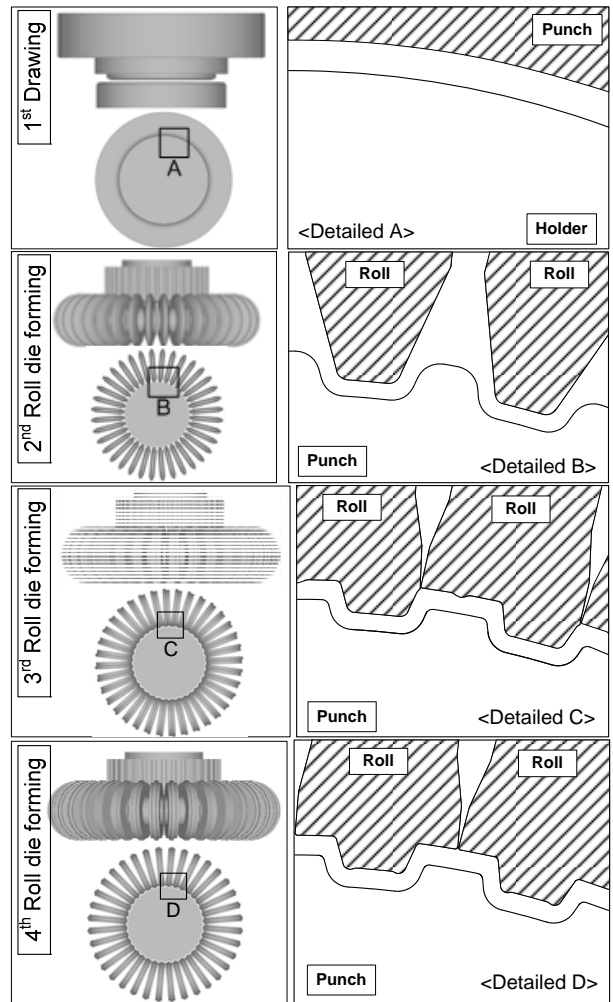


Fig. 3 RDF process for hub clutch

Table 1 FE analysis conditions

Blank size(mm)	D195.0 x t2.3		
Punch speed(mm/s)	500.0		
Roll velocity(rad/s)	2 nd : 12.626	3 rd : 12.578	4 th : 12.588
Friction factor(m)	B-P : 0.12	B-S : 0.12	B-R : 0.02

B: blank, P: punch, S: stripper, R: roll

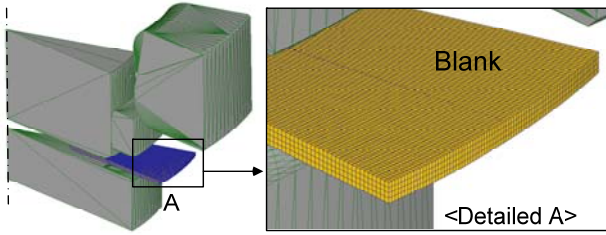


Fig. 4 Initial FE analysis model

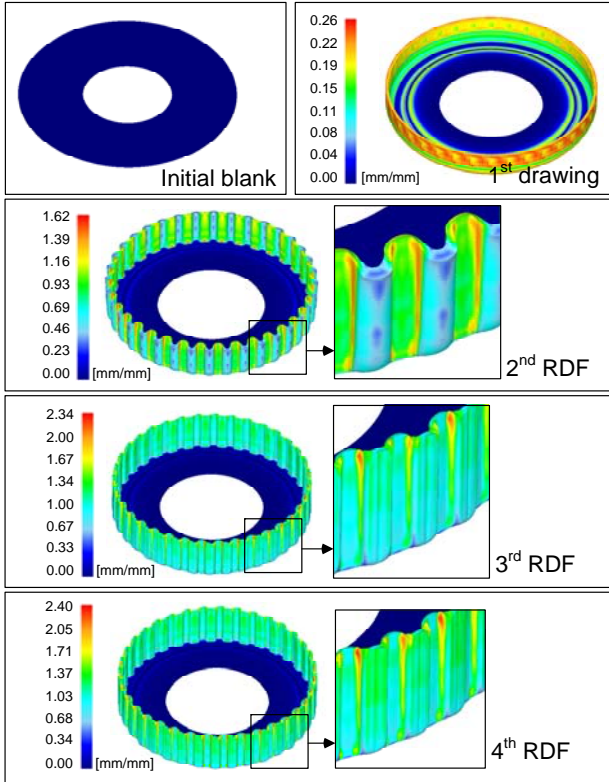


Fig. 5 Result of FE analysis

4. 성형해석 결과

Fig. 5 는 성형해석결과 각 공정의 유효 변형률 분포를 나타낸 것으로, 공정진행과 함께 변형률이 증가함을 알 수 있으며, 특히 2 공정에서 성형률이 가장 많을 알 수 있다. 해석결과 2, 4 공정은 치형부의 내치가 성형되고 3 공정에서는 외치가 성형된다. 그리고 최종 4 공정에서는 변형률 증가량이 크지 않음을 알 수 있으며, 이는 최종제품의 치수 정도 향상을 위한 사이징(sizing) 과정이기 때문이다.

5. 현장테스트

Fig. 6 은 대표로 3 공정의 RDF 금형 및 펀치를 나타낸 것이다. 각 공정에 대한 현장테스트 수행 후 Fig. 7 에서 보듯이 치형부의 주요 치수를 평가하였다.

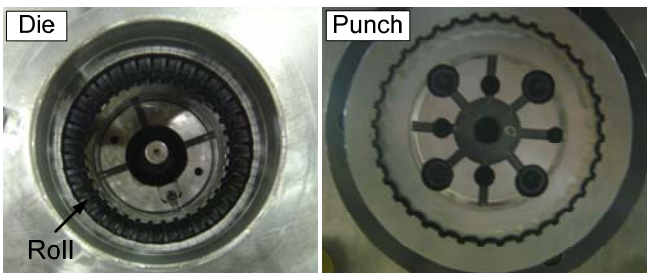


Fig. 6 RDF tool (3rd process)

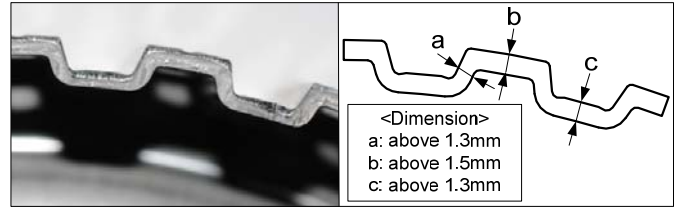


Fig. 7 Dimension of the produced hub clutch

Table 2 Dimension of the hub clutch

Location	a		b		c	
	FEA	Test	FEA	Test	FEA	Test
2 nd RDF	1.141	1.522	2.145	2.371	1.353	1.452
3 rd RDF	1.414	1.495	1.491	1.518	1.348	1.414
4 th RDF	1.411	1.426	1.532	1.616	1.386	1.397

Table 2 에 각 공정별에 대한 성형해석과 현장테스트 결과에 대한 치수측정결과를 비교하여 나타내었다. 물에 의해 치형형상 및 치수에 가장 영향이 큰 2 공정의 b 지점에서 오차가 0.1mm 로 상대적으로 큰을 알 수 있으나, 대체로 두 결과가 잘 일치함을 알 수 있다. 따라서, 성형해석을 통해 롤 다이 포밍공정의 최종제품 치수정도를 효과적으로 평가할 수 있음을 알 수 있다.

5. 결론

본 연구에서는 자동차 변속기 주요부품인 허브 클러치 생산을 위해 롤 다이 포밍공정을 적용하였다. 예비성형체 성형을 위한 첫 번째 드로잉공정 후 세 번의 롤 다이 포밍공정이 적용된다. 먼저 허브 클러치 생산을 위한 롤 다이 포밍공정에 대한 성형해석기법을 확립하였다. 성형해석결과 롤 다이 포밍공정의 각 공정별 소재 변형양상을 평가할 수 있었다. 해석결과 2 공정에서는 허브 클러치 치형부의 내치가 주로 성형되고, 3 공정에서는 주로 외치가 성형됨을 알 수 있었다. 그리고 마지막 4 공정은 최종 치수확보를 위한 사이징 공정으로 성형량은 그다지 많지 않음을 알 수 있었다. 성형해석의 타당성을 검증하기 위하여 해석적용공정에 대한 금형제작 후 현장 테스트를 실시하였다. 치형부에서 해석 및 현장 테스트 두 경우의 최종제품 최대치수 오차는 약 0.1mm 였으나, 두 결과가 잘 일치함을 알 수 있었다. 이상의 연구결과로부터 향후 허브 클러치 롤 다이 포밍공정 설계에 본 연구결과를 유용하게 적용할 수 있을 뿐만 아니라 변속기에 적용되는 다양한 치형부품 생산을 위한 롤 다이 포밍공정 설계에 효과적으로 활용 가능할 것이다.

후기

본 연구는 지식경제부 산업원천기술개발사업의 지원을 받아 수행된 연구임.

참고문헌

1. Lee, J. M., Kim, B. M., and Kang, C. G., "A Study on The Cold Ironing Process for The Drum Clutch with Inner Gear Shapes," Int. J. Mach. Tool. Manuf., **46**, 640-650, 2006.
2. 박준홍, 김승규, 강정호, 박영철, 김성환, 서성열, 박건형, "자동차용 드럼 클러치 허브 제조를 위한 예비성형체 설계," 한국정밀공학회지, **25**(12), 33-38, 2008.
3. <http://www.beier-kassel.de>