

# 원웨이 클러치 베어링 외륜의 열간과 냉간 복합단조 공정 기술 개발

장수진<sup>1</sup> · 전병윤<sup>2</sup> · 장성민<sup>2</sup> · 전만수<sup>#</sup> · 문호근<sup>3</sup> · 성현석<sup>4</sup> · 허민호<sup>4</sup>

## Development of Hot and Cold Combined Forging Process for a One-Way Clutch Bearing Outer Race

S. J. Jang, B. Y. Jun, S. M. Jang, M. S. Joun, H. K. Moon, H. S. Sung, M. H. Heo

### Abstract

In this research, a hot and cold combined forging process for manufacturing net-shape one-way clutch bearing outer race of an automobile automatic transmission unit is developed. The process is composed of hot forging for manufacturing an optimized gear-like perform and precision cold forging for sizing the perform into final net-shape product. Finite element simulation techniques are applied to find the optimized process designs including blank and die shapes. The predictions and experiments are compared, revealing that they are in good agreement with each other. The dimensional test showed that the important dimensional requirements on gear tooth-like shape of the forged product were fulfilled.

**Key Words** : Net-Shape, Combined Forging, One-Way Clutch Bearing Outer Race, Finite Element Simulation

### 1. 서 론

단조가공법은 가장 오래된 소성가공법의 하나이며 우수한 기계적 특성을 가진 제품의 대량생산이 가능하기 때문에 자동차산업과 더불어 비약적으로 발전해왔다. 최근 자동차사업에서는 내구성과 고강도뿐만 아니라 고정밀 부품을 요구하게 되었고, 이에 따라 내구성과 고정밀도를 동시에 만족시킬 수 있는 성형법에 대한 요구가 높아지게 되었다[1,2].

스퍼기어, 베벨기어, 헬리컬기어, 클러치기어 등 기어류 부품은 높은 정밀도가 최종적 제품을 요구되기 때문에 전통적으로 절삭가공 혹은 열간단조 후의 절삭가공에 의해 주로 생산되어 왔다.

그러나 최근에는 우수한 기계적 성질과 높은 생산성을 위하여 대변형 온간단조 혹은 열간단조

공정으로 확보하고 정밀도를 냉간 사이징 공정에 의존하는 복합 단조가 널리 행해지고 있다[1,3,4].

자동변속기[5,6]의 기술 진보에는 각종 자동차용 부품의 고안 및 기술의 진보가 중요한 역할을 하였는데, 자동차용 원웨이 클러치 베어링[7]도 중요한 역할을 담당한 핵심 부품 중 하나로 취급될 수 있다. 현재 국내의 자동차용 원웨이 클러치 베어링의 부품 설계기술은 선진국에 비하여 약 5년 정도 뒤떨어져 있으며, 공정설계 및 제조 관련 분야의 요소기술은 미국, 독일, 일본 등의 선진국에 비하여 약 3년 정도 뒤떨어져 있는 것으로 평가되고 있다. 이에 비하여 성능 및 제조원가의 대부분을 차지하는 외륜은 아직까지도 우리나라에서 개발된 실적이 없다. 원웨이 클러치 베어링용 외륜의 핵심기술은 제조기술이다. 단조 선진국에서는 대부분 정밀폐쇄단조공법과 기계가공을 혼합

1. (사)경상대 수송기계부품기술혁신센터  
2. 경상대학교 대학원 기계공학과  
3. 세플러코리아(유) R&D 센터  
4. 우성정공(주)  
# 경상대학교 기계항공공학부/항공기부품기술연구소  
Email: msjoun@gnu.ac.kr

하여 외륜을 제조하여 사용하고 있다.

본 연구에서는 정밀 정형단조품의 성형기술인 열간·냉간 복합 단조 공법을 사용하여 원웨이 클러치 베어링 외륜의 최적 제조공정 개발을 실시하고자 한다.

## 2. 단조 공정 설계

### 2.1 개발 대상 제품

Fig. 1은 본 연구에서 열간과 냉간 복합단조 공법으로 개발하고자 하는 원웨이 클러치 베어링의 외륜과 그 주요치수를 나타낸 도면이다.

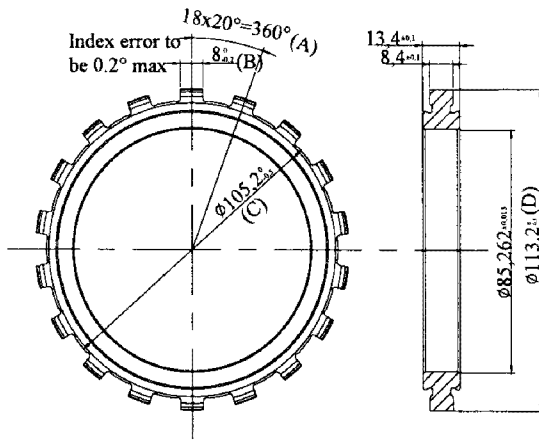


Fig. 1 One-way clutch bearing outer race to be Developed

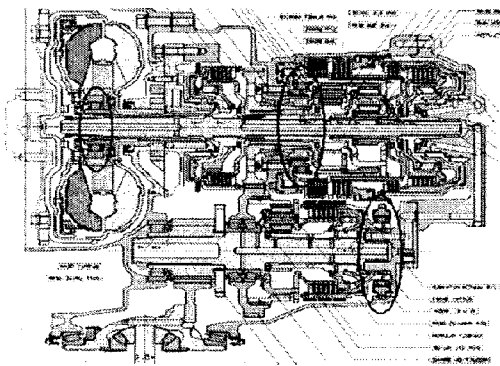


Fig. 2 Schematic diagram of an automatic transmission unit

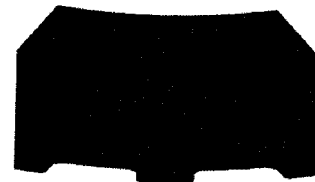
자동차용 원웨이 클러치 베어링은 Fig. 2에서 보는 바와 같이 자동변속기의 핵심부품인 토크 컨버터[8]와 위성치차 조립체의 동작을 제어하는 마찰 부품의 지지 부위에 적용이 되고 있다.

### 2.2 복합단조 공정의 설계

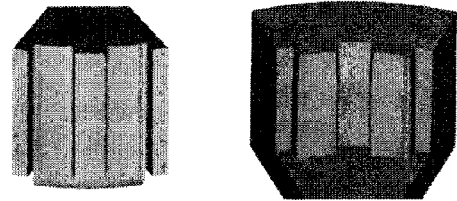
자동차용 자동변속기의 원웨이 클러치 외륜은 아직 국내에서 냉간단조 공법으로 개발된 사례가 문헌상으로 보고된 바가 없다. 본 연구의 공정설계는 제품의 형상이 복잡하지 않으나 소재의 원가절감과 소재 회수 등 여러 가지를 고려하여 열간단조를 통하여 냉간단조용 예비형상을 만든 후 냉간단조를 통하여 정밀성형을 하는 방향으로 개발을 하였다.

#### 2.2.1 정밀 냉간단조 공정 설계

제품의 정밀도를 측면에서 가장 중요시되는 부분은 치차의 치형 부위이다. 정밀 냉간단조 공정은 사이징을 목적으로 하며 치형 부위의 정밀도를 내는데 초점이 맞추어진 공정이다. 따라서 이 공정에서는 Fig. 3(a), Fig. 4에서 보는 바와 같이 변형량은 작지만 치형의 정밀도가 중요하다.



(a) Preform



(b) Die and punch

Fig. 3 Cold sizing process design

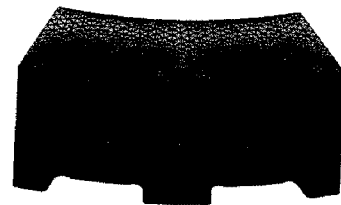


Fig. 4 Simulation of the cold sizing process

Fig. 3의 냉간 사이징 공정은 단조 시뮬레이터 AFDEX 3D[9]를 이용하여 시행착오를 실시한 끝에 개발된 것으로 Fig. 4에서 보는 바와 같이 전방압출을 통하여 외곽의 치수를 생성하면서 동시에

내부의 금형에 의하여 원주방향으로 압축 하중이 작용하도록 설계되었다. 이 공정의 개발에서 예비성형체의 형상은 열간단조 가능성 등과 냉간 사이징 시의 성형 특성을 동시에 감안해야 함으로 설계가 매우 까다로우며, 단조 시뮬레이션 기술의 활용이 필수적이다.

냉간 사이징 과정에서 치수의 정도를 내기 위해서는 Fig. 5(a)에서 보는 바와 같이 버(Burr)의 발생이 불가피한 것으로 판단된다. 따라서 이 공정은 일종의 단조와 절삭의 복합공정이다. 그리고 과도한 하중으로 인한 금형 파손을 방지하기 위하여 Fig. 5(b)에서 보는 바와 같이 치형 내부의 주요 치수가 아닌 부위에서의 금형과 소재가 완벽하게 접촉하지 않도록 함으로써 과도한 접촉하중이 작용하지 않도록 하였다.

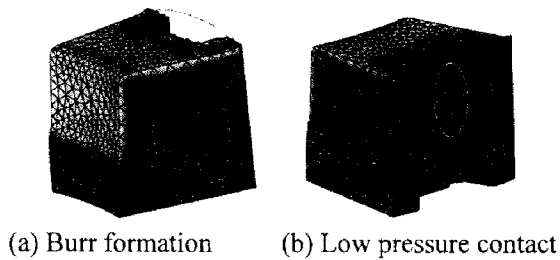


Fig. 5 Prediction results of the final design

### 2.2.2 열간단조 공정 설계

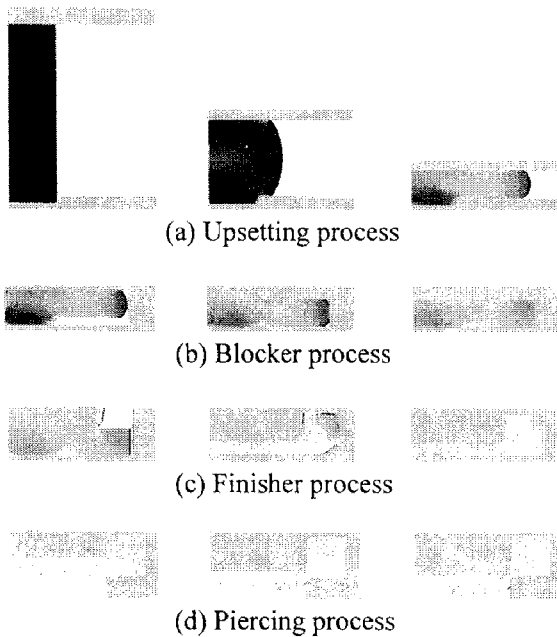


Fig. 6 Hot forging process for the perform depicted in Fig. 3(a)

열간성형은 상대적으로 성형 하중이 작고 큰 소성 변형을 허용하는 장점을 지니고 있다. 이와 같은 이유로 열간단조는 냉간단조의 예비성형체의 생산 목적으로 널리 사용되고 있다.

Fig. 6은 Fig. 3(a)의 냉간 사이징 공정용 예비성형체의 제조를 목적으로 하는 열간단조 공정의 단조 시뮬레이션 결과를 나타내고 있다.

열간 피니셔 작업은 밀폐식 단조공법으로 성형이 이루어지며 단조성형 중 소재 접힘 현상의 방지를 고려하여 금형 설계를 실시하였다.

### 3. 시험 결과 및 분석

본 실험에 사용된 장비는 750 ton, 최대 스트로크 180 mm, 100 spm의 사양을 지닌 열간 단조장비와 (사)경상대 수송기계부품기술혁신센터에 보유하고 있는 1000 ton, 최대 스트로크 250 mm, 30 spm의 사양을 지닌 냉간단조 장비이다.

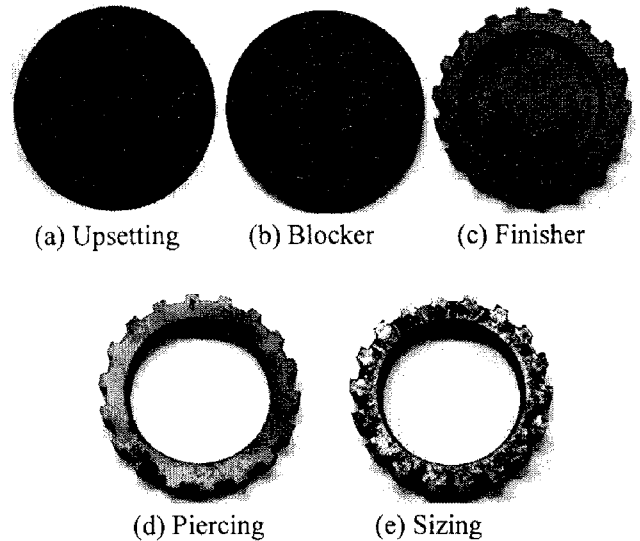


Fig. 7 Experiments

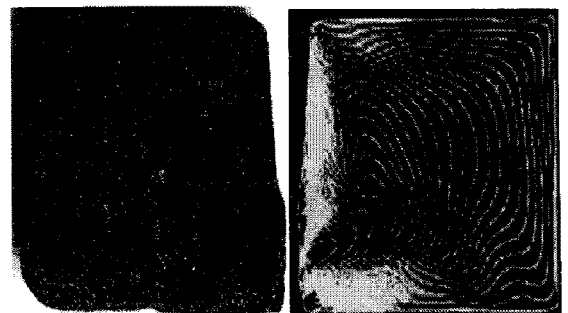


Fig. 8 Metal flow

Fig. 6의 4단 열간단조를 실시한 후 Fig. 7(e)의 냉간 사이징을 실시하였다.

단조품과 성형 중의 소재 형상을 시뮬레이션 결과와 비교한 결과, 비교적 잘 일치하는 결과를 얻었다. 단조품의 단면을 예칭 처리하여 Fig. 8에 나타내었으며, AFDEX 3D로 해석하여 얻은 시뮬레이션 결과와 비교한 결과 서로 잘 일치하였으며, 금속유동선도가 적절함을 확인하였다.

**Table 1 Measurements of forgings**

		A				B	C	D
		Index diameter				Thickness of tooth	Peak diameter	valley diameter
		°				mm	°	°
Dim.		20				0.8	113.2	105.2
Tol.		Max0.2 °				-0.2	-0.5	-0.5
Outer ring	1	-0.186	-0.040	0.114	-0.178	-0.081	-0.397	-0.494
	2	-0.002	-0.108	-0.144	-0.045	-0.110	-0.403	-0.439
	3	0.030	0.198	0.087	0.071	-0.050	-0.407	-0.441
	Avg.	19.947	20.017	20.019	19.980	7.928	112.798	104.742

**Table 2 Measurements of machined products**

		A				B	C	D
		Index diameter				Thickness of tooth	Peak diameter	valley diameter
		°				mm	°	°
Dim.		20				0.8	113.2	105.2
Tol.		Max0.2 °				-0.2	-0.5	-0.5
Outer ring	1	0.080	0.113	-0.040	0.110	-0.140	-0.244	-0.382
	2	0.183	0.015	-0.007	-0.107	-0.129	-0.266	-0.401
	3	-0.001	-0.038	0.060	-0.064	-0.135	-0.229	-0.345
	Avg.	20.087	20.020	20.004	19.980	7.866	112.798	104.676

본 실험의 최종목적인 시제품의 정밀도 분석을 위해 Fig. 1에 나타낸 치수의 단조가공 부위를 3차원측정기로 측정하였다. Table 1과 2는 단조가공과 절삭가공 후의 열처리 단계를 거쳐 완성된 시제품을 측정함으로써 단조품의 측정값이 다소 불규칙한 것을 볼 수 있으나 검사 규격을 만족시키는 결과를 얻고 있음을 확인할 수 있다.

#### 4. 결론

본 연구에서는 자동차의 자동변속기용 원웨이 클러치 외륜은 열간-냉간 복합단조 공법을 이용하여 개발하였다. 비용 및 소요시간의 최소화를 위하여 단조 시뮬레이터를 이용하여 공정 개발을 실시하였다. 단조 시뮬레이션 결과와 실험 결과는 공학적으로 잘 일치하였다. 제품의 치수 정밀도는 기준 공차에 만족하는 결과를 얻었으며, 절삭 가

공품과의 비교에서 뒤떨어지지 않는 결과를 나타내었다.

본 연구는 아직 우리나라에서 개발 실적이 없는 원웨이 클러치의 외륜의 단조에 관한 선행적 연구로써 수년 뒤떨어져 있는 자동차용 원웨이 클러치베어링 부품 설계기술의 격차를 한 단계 줄여 줄 수 있는 결과라 판단된다.

#### 후 기

본 연구는 경상남도의 지역진흥사업사업의 경제적 지원과 BK21 의 인력 양성사업의 지원으로 실시되었음.

#### 참 고 문 헌

- [1] 이광오, 김정민, 제진수, 강성수, 2006, 복합단조공법을 이용한 자동차 트랜스미션용 클러치기어 개발, 한국정밀공학회지, 제23권, 제1호, pp. 158~192.
- [2] 엄재근, 전병윤, 이민철, 박정휘, 전만수, 조광재, 2007, 정밀 베벨기어 단조 공정의 시뮬레이션 및 공정설계에의 적용, 한국정밀공학회 춘계학술대회논문집, pp. 15~16.
- [3] 전만수, 문호근, 이민철, 서대운, 1996, 복합단조 공정의 유한요소해석, 한국정밀공학회 춘계학술대회논문집, pp. 546~550.
- [4] 강민석, 전만수, 김진욱, 강상명, 전병윤, 2003, 단조 시뮬레이션 기술을 이용한 소형 풀리의 복합 단조 공정의 개발, 한국소성가공학회지, 제12권, 제1호, pp. 66~71.
- [5] 정규홍, 이교일, 2000, 승용차용 자동변속기의 HILS, 한국자동차공학회 춘계학술대회논문집, pp. 355~362.
- [6] 김영흡, 박찬일, 이장무, 1997, 승용차용 자동변속기의 동특성 해석, 한국자동차학회논문집, 제5권, 제3호, pp. 172~181.
- [7] T.IKEDA, N.GOUDA, 2004, Development of Low Friction One-Way Clutches, koyo engineering journal, Vol. 165, pp. 45~48.
- [8] 임원식, 박영일, 이장무, 1995, 토크 컨버터의 모델링을 중심으로 한 변속과도 특성해석, 대한기계학회논문집, 제19권, 제1호, pp. 132~141.
- [9] <http://www.afdex.com>.