韓國精密工學會 2005 年度 春季學術大會論文集

베어링 허브의 트랜스퍼 열간 단조 공정 설계에 관한 연구

변현상*(부산대 대학원 정밀기계과), 김병민(부산대 기계공학부), 고대철(부산대 ILIC)

A Study on Transfer Process Design on Hot Forging of Bearing Hub

H. S. Byun(Mecha Eng.PNU), B. M. Kim(Mecha. Eng. Dept. PNU), D. C. Ko(ILIC. PNU)

ABSTRACT

This paper is concerned with transfer process on hot forging of bearing hub. Workers on hot forging have difficulty in working by high temperature and weight workpiece. And In conventional got forging of bearing hub, the material wasted to the flash accounts approximately 10% of the original workpiece. It is need manufacture automation and reduce the cost of forged products. Surface treatment of die and lubricant are investigated from experiment and FE-simulation for analysis of forming simulation. In order to hot forging process design considered flash thickness and blocker geometry and initial temperature of die and billet. This transfer process gave comparatively good results compared with actual products.

Key Words : Asymmetric Bearing Hub (비대칭 베어링 허브), Process Design (공정 설계), Flash(플래시), Transfer process (트랜스퍼 공정), Hot Forging (열간단조)

1. 서 론

열간 단조는 자동차, 산업 기계 등의 주요부품을 제조 하는데 많이 이용되고 있다. 또한 복잡한 성형을 요구하는 경우, 또는 제품의 치수가 커서 높은 하중이 필요한 경우에 적용되고 있다.

열간 단조는 재결정 온도 이상에서 예비 성형 공정을 통해 최종 제품을 생산하는 소성 가공 법으로 자동차, 산업기계 등의 주요 부품을 제조 하는데 많이 이용되고 있다.

열간 단조 공정에서 금형은 제조비용, 생산성, 그리고 정밀도에 크게 영향을 미치며, 공정 변경에 있어 신중히 고려되어야 한다. 본 연구에서 베어링 허브는 비대칭 리브-웨브 형상으로 복잡하고 단조 난이도가 높은 형상이다.

베어링 허브는 베어링의 품질 및 수명 향상을 위한 요구 조건을 만족하기 위해서는 베어링 제조 공정 최적설계가 필수 적이다. 또한, 수작업에 의해 공정간 이송이 이루어 지고 있어 공정중의 고열의 소재와 많은 중량으로 작업상의 어려움이 많고, 특히 원가 절감, 재료비 감소, 대량 생산이 절실히 요구되는 오늘날에는 공정의 자동화가 필수적이다.[(1)]

많은 열간 단조 제품에서 트랜스퍼 공정을 많이 적용하고 있으나 이송이 어려운 형상의 경우 이송이 가능한 형상 설계가 필요하다. 베어링 허브의 공정은 업셋팅, 브로커, 피니셔의 세가지 공정으로 이루어져 있다. 업셋팅 공정은 개방 단조이고 브로커 공정과 피니셔 공정은 플래쉬가 있는 밀폐 단조이다. 플래쉬가 있는 밀폐 단조 에서 플레시쉬 두께 및 랜드폭 길이와 단조 압력에 대한 영향은 정성적으로 잘 알려져 있다. 플래시로 인한 재료 손실량을 평가하기 위하여, 특히 정량적인 결정방법을 개발할 목적으로 T. Altan, V. Vazquez[(2)]등 은 지금까지 실제로 만들어진 축대칭 단조품들의 플래시량에 기초하여 통계적인 해석을 수행 하였다, A, N. Bruchanov 와 A. V. Revelski[(3)] 등 은 중앙에 한정된 웨브를 갖는 H-형태의 단면에 대하여 웨브폭의 크기와 리브높이 대 폭의 비에 따라 설계 방법을 제시 하였다. 본 연구에서 공정 설계는 지금까지 제시된 여러가지 시스템[(4)]을 이용하여 공정 설계 및 변경을 하였고, 열간 단조 공정중 소재의 유동특성을 예측하기 위하여 강점소성 유안요소 해석을 실시 하였다.[(5,6)]

2. 최적 공정 조건 설정

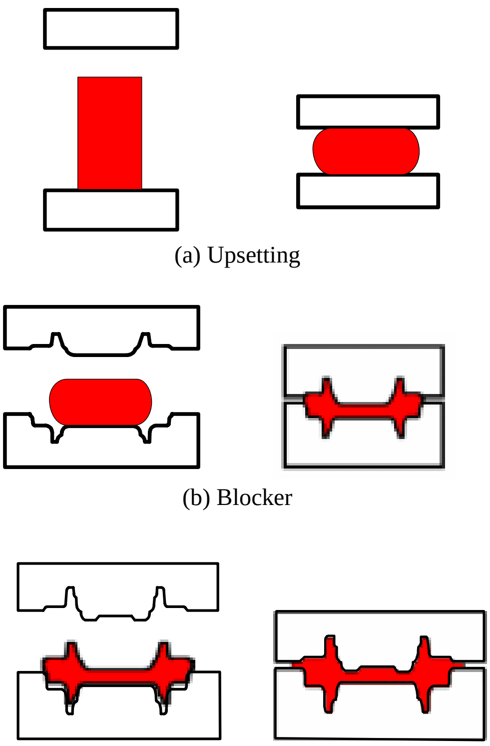
성형 해석을 위하여 초기 공정 조건을 선정 하기 위해 링 압축테스트[7]와 열간 압축 테스트[8]를 이용하여 얻은 마찰 계수와 열전달 계수를 얻었다. 실험 조건은 Table 1 에 나타내었다.

또한 소재와 금형의 초기 온도 조건을 설정 하기 위해 기존 설계된 Fig. 1 의 형상인 중량 1.1kg 으로 성형 해석을 수행하였다.

성형 해석은 Fig. 1 의 공정도를 적용하여 트랜스퍼 공정에 적용 시켰으며 온도 조건은 일반적으로 열간 단조 에서 소재의 온도는 1100°C, 금형의 온도는 150°C 이상[8]이므로 본 연구 에서는 소재의 온도는 1100~1250°C 금형의 온도는 200~300°C로 하였다.

Table 1 Condition of simulation for hot forging.

Workpiece	AISI 1055
Die	SKD-61
Lubricants	Water base
Surface treatment	Ion-nitrided
Ram speed	800mm/s



(a) Upsetting

(b) Blocker

(c) Finisher

Fig.1 The hot forging process of bearing hub.

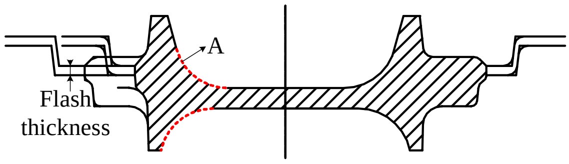


Fig. 2 The modified Blocker design 1 of bearing hub for deciding flash thickness.

초기 온도에 따른 성형 해석 결과 금형의 압력은 Table 2 와 같았다. 소재와 금형의 접촉 시간 및 마찰로 인해 온도변화가 크게 나타났으며 소재의 온도가 1280°C이하 및 금형의 온도가 350°C이하인 경우의 압력 조건을 비교하여 Table 2 에 나타냈으며 결정된 초기 금형의 온도는 250°C, 소재의 온도는 1200°C에서 가장 최적의 조건을 보였으며 이것을 성형해석에 적용하였다.

Table 2 Max. die pressure of finisher process about initial die temperature. (Mpa)

Workpiece \ Die	200°C	250°C	300°C
1100°C	1298	1226	1171
1150°C	1036	1025	1013
1200°C	957	973	-
1250°C	-	-	-

Table 3 Process conditions for Mechanical analysis.

Billet	Material	AISI 1055
	Thermal conductivity	74.93 N/sec
	Emissivity	0.3
	Heat capacity	3.602N/mm°C
Tools	Material	SKD 61
	Thermal conductivity	28.6N/sec°C
	Emissivity	0.3
	Heat capacity	3.574N/mm°C
	Surface treatment	Ion-nitride
Forging conditions	Friction factor(m)	0.3
	Heat transfer coefficient	11.3N/secmm°C
	Convection coefficient	0.02N/secmm°C
	Initial billet temp.	1200°C
	Initial die temp.	250°C
	Forging velocity	800mm/s

3. 트렌스퍼형 공정 설계

제품의 특징은 단조 공정 후 기계가공 없이 단조 치수를 사용하므로 매우 정밀한 단조 공정이 필

요하다. 공정 설계 변수로는 브로커 형상의 보스 부분의 라운드와 플래시 형상과 피니셔 공정에서 플래시 형상을 선정하였고, 집게에 의한 이송을 용이하도록 초기의 평탄한 플래시 형상에서 Fig. 2 와 같이 단이 있는 플래시 형상으로 변경 하였으며 상부 플래시 랜드폭의 길이가 13mm 이상 되어야 이송이 가능함으로 이를 고려하여 플래시 형상을 설계 하였다. 브로커에서 플래시의 랜드폭 길이는 12mm, 피니셔에서 플래시의 랜드폭 길이는 15mm 로 설정 하였다.

먼저 성형 해석을 통하여 플래쉬 두께에 따른 성형 압력 및 성형성을 평가 하였다.

3.1 플래쉬 두께 결정

플래쉬 두께를 설정하기 위해 수정안 1 의 브로커 형상으로 성형 해석을 하였고 수정안 1 은 Fig.2 에 나타내었다. 플래시 두께는 브로커에서 2.0, 2.5, 3.0mm 피니셔 공정에서는 1.8, 2.0, 2.2, 2.4mm 로 설계하여 성형 해석을 수행 하였다. 브로커 형상은 피니셔 형상에서 상부 곡률부를 성형하는 공정으로 1 단 라운드로 설계 하여 리브 부분으로 소재 흐름이 양호 하도록 설계 하였다. 그 결과 Table 4 와 같이 금형이 받는 압력이 나타났으며, 성형 해석 결과 각 공정의 플래시 두께는 브로커에 2.5mm, 피니셔 공정에서는 2.0~2.2mm 로 결정하였다.

Table 4 Die pressure at finisher process. (Mpa)

	1.8mm	2.0mm	2.2mm	2.4mm
2.0mm	1523	1390	-	-
2.5mm	-	1327	1280	-
3.0mm	-	-	1120	967

3.2 금형 수정안 2

공정 수정안 1 에서 브로커 공정의 1 단 라운드를 Fig. 3 과 같이 2 단 라운드로 수정해 리브 부분의 성형성을 파악 하였다. 피니셔 공정에서 리브의 성형에 문제가 없었고, 피니셔 공정에서 성형률을 줄여 형수명 향상에 유리할 것으로 판단 하였다.

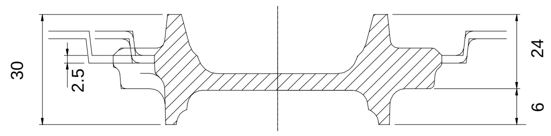
플래시 두께는 브로커에서 2.5mm, 피니셔에서 2.2mm 로 성형 해석을 실시 하였고 성형 해석 결과 성형 압력이 1240Mpa 으로 Table 5 에 정리 하였다.

4. 공정 설계 결과

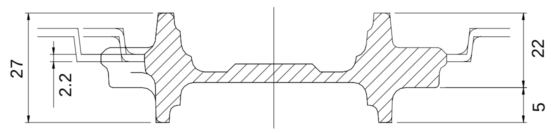
공정설계 결과 초기가열온도는 빌렛은 1200℃, 금형은 250℃로 나타났고, 최종 공정안으로 브로커 공정에서 보스를 성형하고, 플래시 두께는 브로커에서 2.5mm, 피니셔 공정에서 플래시 두께는 2.2mm 로 결정 하였다. 그 결과 플래시량을 줄이면서 성형 압력을 감소시킬 수 있는 공정을 설계할 수 있었다. 결정된 최종 공정은 Fig. 4 에 나타내었고, Table 6 는 공정별 조건을 나타내었다.

Table 5 The Max. temp. and pressure of billet and die.

Max Temp. of Billet	1260℃
Max Temp. of Upper Die	298℃
Max Temp. of Lower Die	292℃
Max pressure of Lower Die	1240Mpa

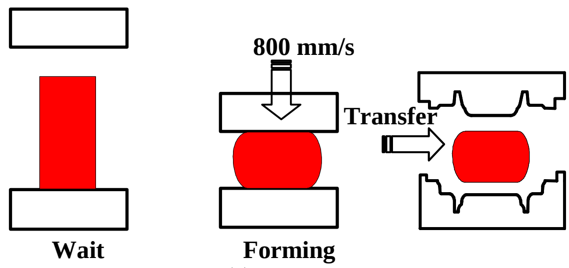


(a) Blocker

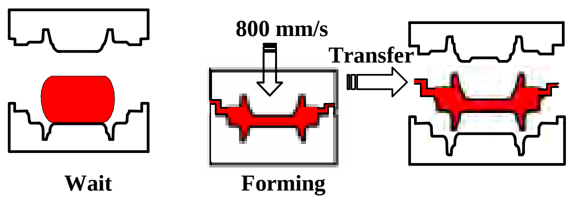


(b) Finisher

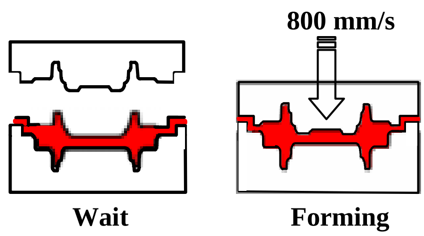
Fig. 3 Shape and dimension of finisher die.



(a) Upsetting



(b) Blocker



(c) Finisher

Fig. 4 The process sequence of transfer die.

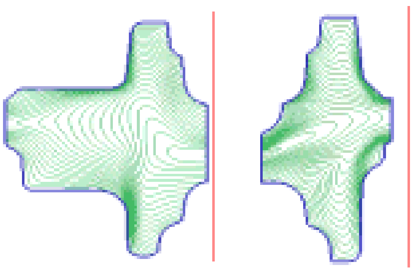
Table 6 Condition of transfer process.

Wait	Time	0.5 s
	Heat transfer coefficient	3 N/smm℃
Transfer Time		0.5
Forming Time		0.2

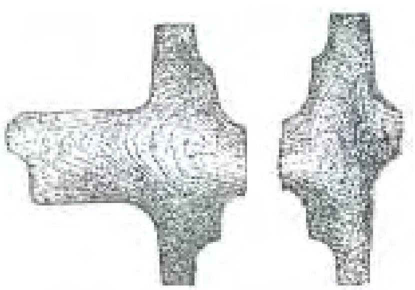
실제 생산에 적용한 결과 생산량은 3 배 증가 하였고 금형의 수명은 하부 금형의 압력 상승으로 인해 5000 개에서 크랙이 발생 하였다. 생산된 제품과 성형 해석에서의 단류선 형상을 Fig. 5 에 단조 제품 형상은 Fig. 6 에 나타내었다.

5. 결 론

자동차용 베어링 허브의 열간 단조 공정에서 자동화를 위해 트랜스퍼 단조 공정을 설계 하였다. 초기 공정안은 평탄한 플래시 형상으로 트랜스퍼 단조에서 이송이 어려웠고, 플래시의 형상을 수정하여 계단 형상으로 단을 주었다. 플래시의 두께에 따라 금형의 압력에 변화가 많았고, 압력이 최소화 되는 플레시 두께의 공정을 설계할 수 있었다. 플래시 형상이 평탄한 형상 보다는 단 형상이 금형의 수명이 짧지만 자동화 함으로서 생산성 향상, 원가 절감을 할 수 있다. 앞으로 비대칭 베어링 허브와 같은 비대칭 형상의 열간 단조공정 에서 열간 특성 및 금형 수명 인자를 파악하고 영향을 평가 함으로써 정량적인 수명을 평가하고 금형 수명에 미치는 플래시의 영향에 대한 평가가 필요하다.



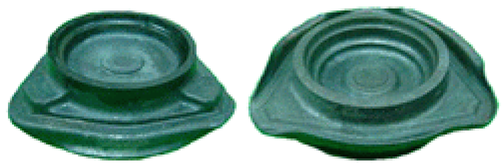
(a) Final flow line of Simulation product



(b) Final flow line of actual product

Fig. 5 Forging flow line of bearing hub.

(a) Final product on simulation



(b) Final product of actual product

Fig. 6 The forging product of simulation and actual.

참고문헌

1. 문호근, 이재성, 유선준, 전만수,"베어링강의 고온변형특성과 열간 단조조건에 관한연구," 한국소성가공학회 춘계학술대회 논문집,pp.159~162. 2002.
2. T. Altan, S, I. Oh and H. J. Gegal, Metal Forming: Fundanentals and Applications, ASM, Metals Park, OH 44073, 1983.
3. G. B. Yu, V. Vazquez., “Die design for flashless forging of complex parts” J. Materials Pricessing Technology, pp.81~89, 2000.
4. Choi, J.C., Kim, B.M. and Kim, S.W., “Computer-Aided Design of Blockers for Rib-Web Type Forgings,” J. of Materials Processing Technology, Vol. 54, pp. 314~321, 1995.
5. Doege, E. and Bohnsack, R., “Closed Die Technologies for Hot forging,” J. of Materials Processing Technology, Vol.98, pp. 165~170, 2000.
6. Ward, M.J. and Miller, B.C., “Simulation of a Multi-stage Railway Wheel and Forming Process,” J. of Materials Processing Technology, Vol. 80~81, pp. 206~212, 1998.
7. R. E. Duffon, V. Secthraman, R. L. Geofz and S. L. Semiafin, “Effect of flow softening on ring test calivration curves.” Materials science and Eng, A. Vol. 270, Issue 2, pp.249~253, 30. Sep.1999
8. Qingbin, L. and Zengxiang, F., “Coupled Thermo-Mechanical Analysis of the High-Speed Hot-Forging Process,” J. of Materials Processing Technology, Vol. 69, pp. 190~197, 1997.