

단류선을 고려한 베어링 허브의 열간 단조 공정설계

변현상¹, 노현영², 김병민[#]

The Process Design for Hot Forging of Bearing Hub Considering Flow Line

H. S. Byun, B. M. Kim, H. Y. No

Abstract

This paper describes the process design for hot forging of bearing hub. Forging processes of bearing hub are simulated using the rigid-plastic finite element method. In the process called closed die forging without flash, the design of blocker geometry is of critical importance. Forging processes designs are take advantage of computer aided Process planning and experts. But that is difficult to predict metal flow line. So the preform is designed by the expert, and modified through predict metal flow line by CAE. This paper is to approach preform design considered defect such as metal flow and unfilling etc. at the finisher process.

Key Words : Hot forging(열간단조), Flow line(단류선), Die Design(금형설계), Preform(예비성형체)

1. 서론

단조 공정은 생산성이 좋고, 단류선 방향의 기계적 성질이 좋아 자동차, 산업기계 등의 주요 부품을 제조에 많이 이용되고 있다. 특히 복잡한 성형을 요구 하는 경우에 적용되고 있다. 최근 철강 원자재 비용의 상승으로 인한 생산 비용 증가로 인해 단조 공정 후 기계 가공을 줄여 재료 절감과 비용 감소가 필요하다.

열간 단조는 예비 형상을 통하여 최종 형상의 제품을 성형하는 공정으로서 금형과 소재의 접촉면에서의 마찰 거동, 변형하는 소재와 다이 사이의 열전달 그리고 장비와 공정 변수와의 관계 때문에, 매우 복잡한 성형 공정이다. [1-3] 열간 단조

공정은 예비 성형체를 설계하기 위하여, 먼저 예비 성형 공정수를 선택하고, 그 공정수를 지침 및 과거의 경험을 이용하여 단조품을 생산하기 위한 비용을 결정하는 단조 공정설계를 수행한다. 이러한 단조 공정의 설계는 경험을 필요로한다. 이와 같은 방법은 시행 착오가 많아 이로 인해 종종 잘못된 설계된 금형으로 인하여 과대한 단조하중, 금형마멸, 금형파괴, 미충진, 유동결합 등의 문제가 발생하고, 금형의 재설계 및 재가공 등으로 경제적인 손실을 초래할 뿐만 아니라, 많은 시간을 필요로 한다.[4,5]

밀폐형단조 공정에서 브로커는 2 차원(축대칭 및 평면변형)으로 단순화시켜 설계하고, 그 후 각각의 브로커 단면들을 다시 연결함으로써 한 단조품에 대한 브로커를 얻었다.[6] Choi. 등은 축대

1. 부산대학교 정밀기계공학과

2. ㈜동은단조

교신저자: 부산대학교 기계공학부 ,

E-mail: bmkim@pusan.ac.kr

청 부품의 열간 단조 공정설계의 전문가 시스템에 대한 연구를 하였고, 몇몇 문헌들에는 밀폐형 단조에서 브로커를 설계하는 방법들을 제시하였다. [7]

본 연구에서는 현재 플래쉬가 있는 열간 단조로 제조되고 있는 제품을 플래쉬가 없는 열간 밀폐 단조 공정으로 재료 손실을 줄여 재료 비용을 줄이기 위한 공정을 개발하고자 한다. 전문가로부터 조언과 여러 문헌을 토대로 공정 설계를 하였고[8-10], 성형 해석을 위해 상용 강소성 유한요소 해석 코드인 DEFORM 2D 를 사용하였다. 미충진, 유동결합, 성형 하중에 따른 재설계를 통해 열간 밀폐 단조로 성형하는 베어링 허브의 제조공정을 제시하고자 한다.

2. 예비 공정설계

베어링 허브는 1200ton 프레스를 사용하여 1200℃에서 플래쉬가 있는 단조공정으로 생산되고 있다. 이 경우 플래쉬로 인한 재료손실이 발생하며, 이를 줄이기 위해서 기존 생산되고 있는 제품을 플래쉬가 없이 2000ton 프레스 900℃에서 생산하기 위한 밀폐 단조공정은 소재의 충만 뿐만 아니라 단조하중, 소재 유동을 고려한 설계는 쉽지 않다. 공정 설계는 피니셔 형상에 대한 브로커와 업셋팅, 초기소재 순서로 설계하였다. 브로커 공정은 피니셔 형상에 따라 결정되며 피니셔의 형상은 Fig. 1에 나타내었다.

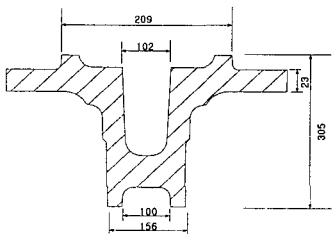


Fig. 1 Shape at finisher process

공정도는 Fig. 2에 나타냈으며 브로커 공정은 피니셔 공정에서 업셋팅으로 웨브를 채우는 방법과 웨브의 형상을 성형한 후 후방압출로 코너부를 채우는 방법 두 가지를 고려하였다. 브로커 형상에 따라 업셋팅 형상은 개방 단조로 소재의

안착과 소재 유동을 양호하게 하기 위해 바닥 부분의 모서리에 라운드 형상으로 디자인 하였으며, 업셋팅 높이는 브로커 공정시 소재의 안착이 잘 되도록 베럴링 양을 고려하여 업셋팅 높이를 최대한 성형 되도록 설계하였다.

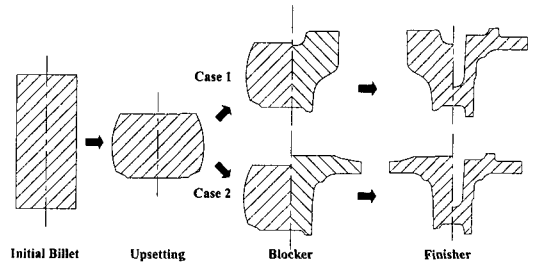


Fig. 2 Initial Process Design of case 1 and case 2

3. 공정 해석

베어링 허브의 소재는 AISI 1055 금형은 열간 금형강인 SKD 61(AISI H-13)종을 사용하였고 Table 1에 성형해석 조건을 나타내었다.

Table 1 Process conditions of FE analysis

Billet	Material	AISI 1055
	Thermal conductivity	75 N/sec ² ℃
	Emissivity	0.3
	Heat capacity	3.6 N/mm ² ℃
Die	Material	STD 61
	Thermal conductivity	28.6 N/sec ² ℃
	Emissivity	0.3
	Heat capacity	3.574 N/mm ² ℃
Forging conditions	Surface treatment	Iron-nitride
	Friction factor(m)	0.3
	Heat transfer coefficient	11.36 N/sec ² ℃
	Convection coefficient	0.026 N/sec ² ℃
	Billet/die initial temp.	900,350℃
Forging velocity	700mm/sec	

3.1 유한요소 해석 조건 및 설정

본 연구에서는 전반적으로 금형의 초기 온도는 350℃로 설정하였고, 소재의 초기 온도는 900℃로 설정하였다. 한계 하중은 프레스 용량인 2000ton, 펀치 속도는 700mm/s, 소재와 금형의 접촉면 사이의 마찰상수는 0.3을 적용하였다. 해석

모델은 축대칭 상태에서 성형 해석을 실시하였다.

3.2 유한 요소 해석 결과

3.2.1 단류선 형상

단조 제품의 경우 단류선 방향의 기계적 성질이 좋아 주요 부품으로 많이 사용되고 있으며, 단류선은 제품의 수명이나 피로 강도에 영향을 미치므로 단류선의 형상을 평가 하여 설계하였다. Fig. 3 에 두 경우의 피니셔 공정에서 단류선의 형상을 나타내었다.

(a)는 case 1 브로커 형상의 단류선을 나타내었다. A 영역에서 끊기거나 복잡한 단류선이 나타났다. (b)는 case 2 브로커 형상의 단류선을 나타내었다. B 영역에서 복잡한 단류선이 나타났다.

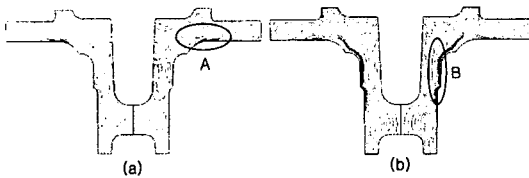


Fig. 3 (a) Flow line at finisher of case 1 preform
(b) Flow line at finisher of case 2 preform

Case 1,2 해석결과 하중과 코너부 충전 상태는 양호 하게 나타났으나 단류선이 복잡하여 공정의 수정이 필요하다.

3.2.2 공정 변경

소재의 유동을 양호하게 하기위해 브로커에서의 성형률을 높여 브로커 공정을 수정하였다. 브로커 공정에서 하중이 매우 높게 나타났으며, 프레스 하중인 2000 ton 까지 최대한 성형한 뒤 피니셔 공정에서 업셋팅 형태로 성형이 되도록 하였고, 수정된 공정도는 Fig. 4 에 나타내었다.

브로커에서 성형률을 높여 상부 보스 부분을 브로커 공정에서 성형 하였다. 이 경우 브로커 공정에서 2000 ton 까지 성형한 결과 Fig. 5(a)와 같이 브로커 공정에서 재료가 하단부에 차지 않아 Fig. 5(b)와 같이 피니셔 공정에서 겹침 결함이 발생하였다.

Case 1,2 공정을 수정하여 업셋팅 공정에서 Fig.

4 와 같이 하단부로의 유입과 성형성을 높이기 위하여 라운드를 주었다. 그 결과 브로커 공정에서의 결육이 나타났지만 피니셔 공정에서 겹침 현상은 나타나지 않았다. 하지만 Fig. 6 과 같이 단류선이 복잡하게 나타났다.

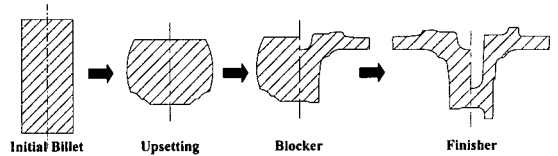


Fig. 4 Modified Process (case 3)

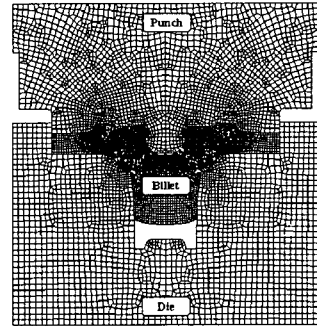


Fig. 5 (a) Unfilling at blocker process

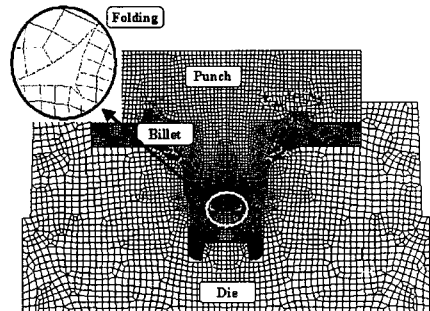


Fig. 5 (b) Folding at finisher process

앞에서의 결과에서 재료의 유동은 한 공정에서 성형이 일어나면 단류선의 형상이 하게 나타났고, 같은 형상이 두번에 걸쳐 성형이 되면 복잡한 형태의 단류선이 나타났다.

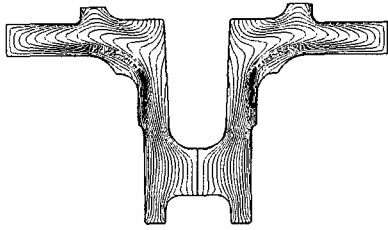


Fig. 6 Flow line at finisher process of case 3

Fig. 7 의 case 4 공정도는 브로커 공정에서의 성형률을 줄여 Fig. 8 에서 단류선의 형상은 웨브의 성형과 상부 보스의 성형을 후방 압출로 성형한 결과 단류선이 어느 한쪽으로 치우치지 않고 고르게 분포한 양호한 단류선이 나타났다.

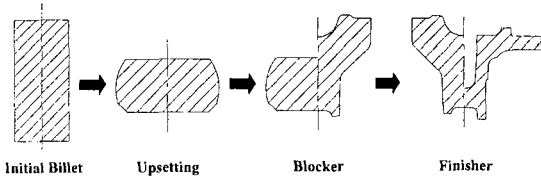


Fig. 7 Processes of case 4

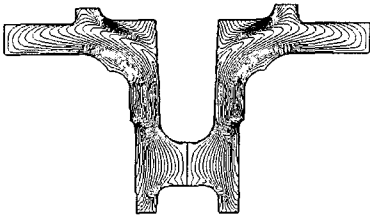


Fig. 8 Flow line at finisher process of case 4

4. 결론

본 연구에서는 브로커 공정에서 웨브 부분을 먼저 성형하는 것 보다 업셋팅과 후방압출로 동시에 웨브 부분을 성형하는 것이 단류선 상에는 양호 하게 나타났으며 프레쉬 없는 열간 단조로 제조 되는 베어링 허브의 공정도를 제시 하였다. 앞으로 압출형상, 라운드 크기, 재료 유동량에

다른 단류선의 형상예측 기술을 개발 함으로써 예비 형상 설계에 유용하게 적용될 수 있을 것이다.

참고 문헌

- [1] K. Lange, "Handbook of Metal Forming", McGraw-Hill Book Company, 1985.
- [2] A.M. Sabroff, F.W. Boulger, H.J. Henning, "Forging Material and Practices", Reinhold Book Corporation, Battelle Memorial Institute, Columbus, Ohio, 1968.
- [3] Sabroff, A.M., Boulger, F. W. and Henning, H. J., "Forging Materials and Practices", Reinhold Book Cooperation, Battelle Memorial Institute, pp.61~110, 1968
- [4] T. Altan, F. W. Boulger, N. Akgerman, J. R. Becker, H. J. Henning, "Forging Equipment, Material and Practices", Metal & Ceramic Information Center Battelle Columbus Laboratories, MCIC-HB-03.
- [5] T. Altan, Soo-Ik Oh, Harold L. Gegel, "Metal Forming: fundamentals and Application", American Society for Metals, Metal Park, 1983.
- [6] Vemuri, K.R., OH, S.I, and Altan, T."BID:A Knowledge-based System to Automate Blocker Design", Int. J. Mach. Tool Des. Res., pp.505~518, 1988.
- [7] 최재찬, 김병민, 1992, 축대칭 부품에 대한 열간 단조의 공정 및 금형설계에 관한 연구(I), 한국소성가공학회지, 제 1 권, 제 1 호, pp. 20~32.
- [8] Biswas, S.K. and Knight, W.A., "Preform Design for Closed Die Forgings Experimental Basis for Computer aided Design" , int. J. Mach. Tool Des. Res., Vol. 15, pp.179~193,1975.
- [9] Subramanian, T.L, Akgerman, N. and Altan, T., "Computer-Aided Preform Design for Pecision Isothermal Forging", Battelle Columbus Laboratories, Air Force Materials Laboratory Contract No. F33615-75-C-5049, p.198~203, 1975.
- [10] Yu, G. B. and Dean, T.A., "A Practical Computer Approach to Mould Design for Axisymmetric Forging Die Cavities", Int. J. Mach. Tool Des. Res., Vol. 25, No. 1, pp.1~13, 1985.