

유한요소해석을 이용한 이형형상 스프로킷 휠의 정밀 열간 단조공정에 관한 연구

A Study on the Precision Hot Forging Process of Special Form Sprocket Wheel Using Finite Element Analysis

*최용진^{1,3}, #박용복², 임성주³, 최호준³, 최석우³

*Y. J. Choi^{1,3}, #Y. B. Park(ybpark@kongju.ac.kr)², S. J. Lee³, H. J. Choi³, S. W. Choi³

¹공주대학교 일반대학원 기계공학과, ²공주대학교 기계자동차공학부 ³한국생산기술연구원

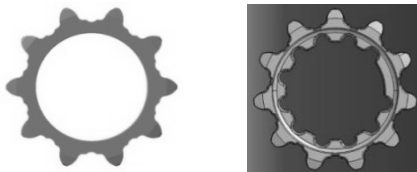
Key words : Hot forging, Sprocket Wheel, Special Form

1. 서론

소성가공 산업은 차세대 성장 동력 유형 중 주력기간 산업에 속하는 산업으로 신기술을 융합하여 지속적인 발전을 이루고 있다. 이에 발맞춰 소성 가공의 근간인 단조산업에서도 환경보호라는 고정정성과 제조 원가절감을 이루고자 무절삭 실형상(Net Shape)성형기술을 개발하고 있다.⁽¹⁾

스프로킷 휠은 전차에 결합되어 동력을 전달하여 전차를 기동시킨다. 정확한 동력전달을 위해서는 정밀한 스프로킷 휠 제작이 필요하다.

Fig. 1의 일반 스프로킷은 형상이 단순하고 성형이 용이하나 이형형상 스프로킷 휠은 내측과 외측이 비대칭형상으로 정밀한 성형이 어렵다. Table 1은 제품의 기본물성을 나타낸다.



(a) General sprocket (b) Starting wheel sprocket

Fig. 1 Comparison of sprocket shapes

Table 1 Specification of product

Product	AISI 1045 specific gravity (g/cm ³)	7.85
	Volume(mm ³)	9×10 ⁶
	Weight(kg)	70.65

본 논문에서는 유한요소해석 프로그램인 DEFORM-3D v10.0 을 이용하여 소재의

유동성을 판단 하였다. 2 가지의 초기소재 치수를 선정하였으며,⁽³⁾ 최적의 초기소재 크기를 제시하였다.

2. 성형 해석

2.1 예비성형체 설계

열간 단조공정 시 잘못된 예비성형체로 인해 소재의 낭비와 제품의 결함으로 이어질 수 있기 때문에 최적의 예비성형체 설계는 매우 중요하다. Fig. 2는 예비 성형체의 형상을 나타내고 있다.

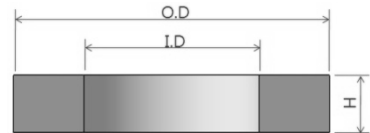
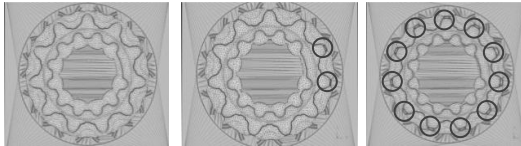


Fig. 2 Preform shape after ring rolling

Table 2 Preform dimensions of each case for hot precision forging

	O.D	I.D	H	Billet(v)	Product(%)
Case1	680	480	70	12.8×10 ⁶	71.0
Case2	690	490	70	13.0×10 ⁶	69.4
Case3	685	485	70	12.9×10 ⁶	70.0
Case4	690	485	65	12.3×10 ⁶	73.2
Case5	685	480	65	12.2×10 ⁶	73.8
Case6	690	480	60	11.6×10 ⁶	77.7
Case7	685	490	60	10.8×10 ⁶	83.4
Case8	680	490	65	11.3×10 ⁶	79.3
Case9	680	485	60	10.7×10 ⁶	84.0

Table 2와 같이 예비성형체 선정을 위해 9가지 설계 변수를 제시 하였고, 해석조건은 전단마찰계수(m)는 0.3, 열전달계수는 $5(\text{mm} \cdot \text{s/N} \cdot ^\circ\text{C})$ 이고, 햄머 타입으로 해석을 실시 하였다.



(a) Case5 (b) Case6 (c) Case7

Fig. 3 Flow patterns of product after hot precision forging

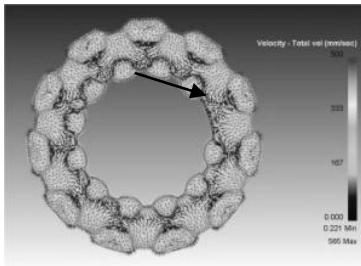


Fig. 4 Flow patterns of case6

Table 3 Modifications of case6 for optimal hot precision forging

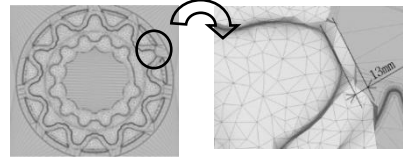
	O.D	I.D	H	Billet(v)	Product(%)
Case6-1	680	480	65	11.8×10^6	76%
Case6-2	675	490	70	11.8×10^6	76%

Fig. 3은 성형완료 후 Table 2에서의 대표적인 3가지 경우를 보여주고 있다. Case5는 완충된 형상이 보여지지만, Case6은 2개의 치형이 미충진된 형상이 나타나고, Case7은 모든 부분에서 미충진이 발생한다. 이는 스프라켓 휠이 이형형상을 하고 있기 때문이며, Case5는 높은 체적으로 많은 재료 손실이 발생된다.

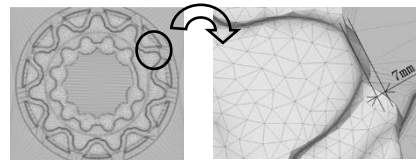
Fig. 4는 Case6의 유동양상을 보여주고 있다. 화살표 부분에 유동이 정체되어 충진이 먼저 이루어진 후, 외경방향으로 유동된다. 이에 Case6의 치형 2개의 미충진을 보완하면서 최대 재료이용률 달성을 위해 Table 3과 같이 소재의 크기를 수정하여 해석을 수행하였다.

Fig. 5에서 보는 바와 같이 2가지의 Case 모두 완충을 이루고 있다. Fig. 5 (a)의 경우 확대

된 부분의 플래쉬는 13(mm)이고, (b)에서는 이부분이 7(mm)로 측정된다. 이는 Case6-1, Case6-2의 예비성형체 형상이 미충진 결함을 해결할 수 있으며, 후가공을 용이하게 하기 위한 적절한 플래쉬가 생성 되었다고 볼 수 있다.



(a) Case6-1



(b) Case6-2

Fig. 5 Flow patterns of modified case6

4. 결론

이형형상 스프로켓 휠의 경우 형상이 복잡하여 일반 스프로켓 처럼 성형이 용이하지 않다. 이에 용이한 성형접근을 위해서 초기소재의 체적을 $11.6 \times 10^6 \sim 11.8 \times 10^6(\text{mm}^3)$ 으로 정하고 여기에 따른 크기를 변화시켜 2가지의 소재 (O.D: 680, I.D: 480, H: 65)와 (O.D: 675, I.D: 490, H: 70)를 선정함으로써 초기에 선택한 예비성형체에 나타난 미충진 결함을 제거할 수 있었다.

참고문헌

1. 김동진, 김병민, “이중 리브를 가진 냉간 압출품의 내·외부 결함방지를 위한 공정설계,” 한국소성가공학회지, 제 8 권, 제 6 호, 612-619, 1999.
2. 임홍섭, 이해경, 문영훈, “크랭크 샤프트 스프로켓의 단조공정에 따른 특성연구,” 한국소성가공학회 춘계학술대회 논문집, 365-365, 2008.
3. “DEFORM User’s Manual V10.0’, Scientific Forming Technologies Cooperation.
4. 김동진, 김병민, “신경망을 이용한 열간단조품의 초기 소재 설계” 한국정밀공학회 춘계학술대회 논문집, 198-203, 1995.