

굴삭기용 트랙체인 부품인 부싱의 열간단조품과 절삭품의 기계적 성질 비교 분석

장성민¹ · 장수진² · 김홍태³ · 전만수[#] · 이호민⁴ · 최지웅⁴

Comparative Study on Mechanical Properties of Forged and Machined Bushings for an Excavator Track Chain

S. M. Jang, S. J. Jang, H. T. Kim, M. S. Joun, H. M. Lee and J. W. Choi

Abstract

In this study, we compare the mechanical properties of forged and machined bushings for an excavator track chain. The manufacturing process is explained in detail together with the procedure of making the specimens. The longitudinal tensile strength and elongation and the radial ring compression strength are measured for this comparison. It has been shown that the forged is much better than the machined with regard to both longitudinal tensile strength and radial ring compression strength but that both are the same in terms of longitudinal elongation.

Key Words : Tensile Strength(인장강도), Compression Strength(압축강도), Metal Flow(금속유동선도), Forging(단조품), Machined Product(절삭품)

1. 서론

단조품이 절삭품에 비하여 강도면에서 우수하다는 것은 이미 널리 알려져 있는 사실이다. 그 이유는 크게 세 가지로 요약된다. 첫째, 단조 과정을 통하여 미세조직의 제어가 가능한 것이다. 즉, 결정의 크기를 작게 할 수 있다. 둘째, 단조 과정에서 내부의 기공이나 결함이 압접됨으로써 내부의 결함을 줄여 준다. 셋째, 단조품은 대부분 봉재로부터 만들어지는데 봉재는 제조 과정에서 내부에 금속결 또는 금속유동선(metal flow line)을 형성하게 되며, 단조를 통하여 최종 제품과 유사한 형태의 모양으로 성형이 되는 과정에서 금속유동선을 살릴 수 있기 때문이다.

부품산업 분야에서는 생산 방식 사이에서 항상 서로 경쟁을 하고 있다. 대표적인 경쟁 관계로 열

간단조와 주조, 열간단조와 냉간단조, 냉간단조와 절삭, 열간단조와 절삭 등이 있다. 경쟁에서 성패의 기준은 품질과 가격이다. 따라서 제조공정 간의 경쟁은 매우 복잡한 양상으로 나타난다. 가령, 소재가격이 상승하면 단조가 유리해지지만, 반대로 소재 가격이 하락하면 가공이 유리해지는 경우도 있다.

대표적인 예가 중장비용 트랙체인의 부품인 부싱이다. 단조업계에서 다수의 관계자들이 부싱의 단조를 고민해 왔다. 생산량이 방대하기 때문이다. 부싱은 극심한 반복하중을 받으므로 고강도가 요구되고 고내마모성이 요구되는 트랙체인의 핵심 부품이다. 그리고 트랙체인 자체가 일정시간 사용시에 교체되어야 하는 소모품이므로 가격의 압박을 크게 받는 특징을 지니고 있다. 즉, 고품질과 저가격의 압박을 동시에 받고 있는 그러면서도 개

1. 경상대학교 기계공학과 대학원
2. (사)경상대 수송기계부품기술혁신센터
3. 한국항공우주산업(주)
경상대학교 기계항공공학부/항공기부품기술연구소
E-mail : msjoun@gnu.ac.kr
4. ㈜진산금속

발 장점이 있는 제품이다.

국제적으로 주요 부싱 제조국가는 일본, 이탈리아, 한국 등이다. 물론 나라마다 생산 규모가 다르기 때문에 제작하는 방식도 다르다. 일본의 경우, 중공 압출 봉재를 절단하여 제작하고 있고, 이탈리아에서는 직접 가공 또는 냉간단조로 제작되는 것으로 파악되고 있다.

부싱은 매우 단순한 형상을 가지고 있으므로 단조의 효과를 정량화시키는데 적합하며, 그 결과가 전문가들에게 직관을 갖도록하는데 효과적일 것으로 사료된다. 따라서 본 연구에서는 봉재를 단조한 후 절삭하여 제작된 부싱과 봉재를 직접 절삭하여 제작한 부싱의 기계적 성질을 정량적으로 비교 분석함으로써 단조의 효과, 즉 품질의 개선 정도를 정량화하고자 한다.

2. 제조 공정 및 제품 분석

대상 제품의 치수를 Fig. 1에 나타내었다. 그리고 이 제품을 두 가지 공법으로 제조하였으며, 그 공법을 Table 1에 정리하였다. 재료는 SCM420H 이며, 둘 다 압연 봉재를 사용하였다. 두 공정의 근본적 차이는 중공의 생성 방법에 있다. 단조품은 중공 생성을 위하여 단조를 하는 반면, 절삭품은 고속드릴링기를 이용하여 소재를 제거하는데 있다. 물론 단조품이 소재의 수율 측면에서 훨씬 유리하다.

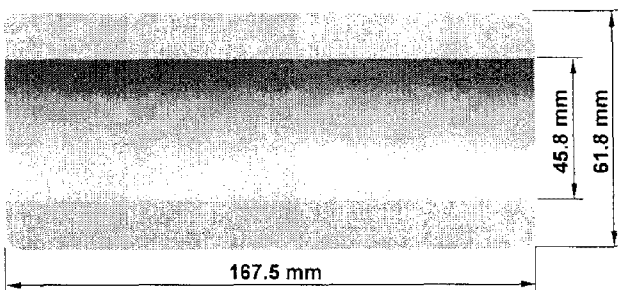
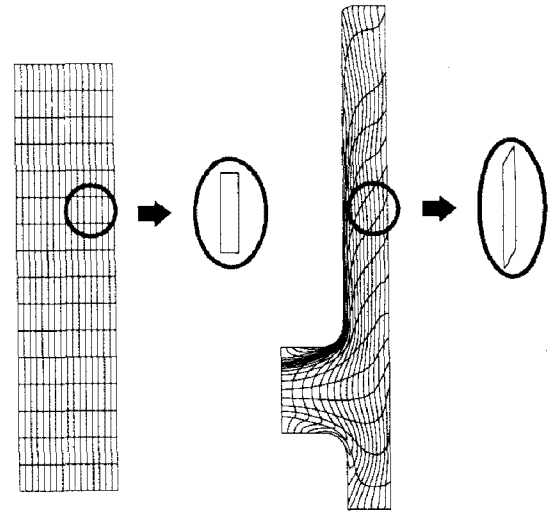


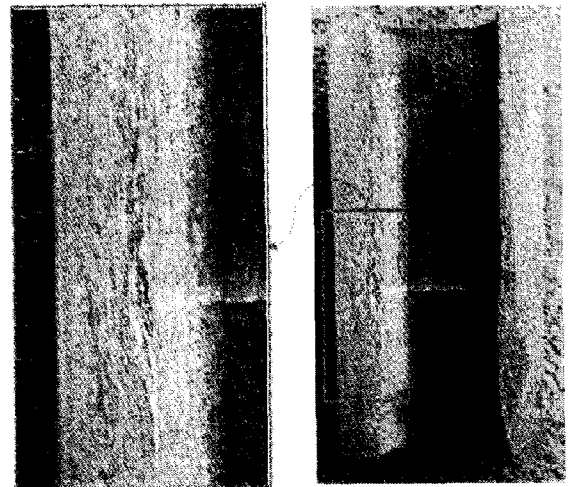
Fig. 1 Geometrical dimension of a bushing

Table 1 Comparison of measured roughness data

	Forged bushing	Machined bushing
Diameter of material	Ø58	Ø62
Cutting method	Band Sawing M/C	Cutting Press
Hole	Hot forged	Machined



(a) Simulation



(b) Experiment

Fig. 2 Metal flow that deformed by forging

그러나 추가적으로 소요되는 단조비용이 만만치 않다.

Fig. 2는 단조에 의하여 변형된 소성유동선도를 나타내고 있다. Fig. 2(a)는 단조 시뮬레이터로 예측한 결과를 나타내고 있으며, Fig. 2(b)는 실험결과이다. 절삭품에 사용된 봉재의 소성유동선도는 소재의 길이 방향과 평행하므로 생략하였다.

3. 시험 결과 및 분석

기계적 성질을 비교 분석하기 위하여 길이 방향

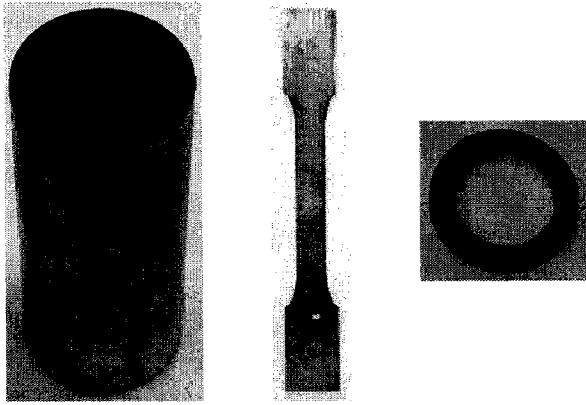


Fig. 3 Specimens

Table 2 Results of the tensile test

	Forged bushing	Machined bushing
Yield strength (MPa)	1614.0	1543.0

Table 3 Results of the compression test of a ring

	Forged bushing	Machined bushing
Ultimate load (kN)	20.468	18.955

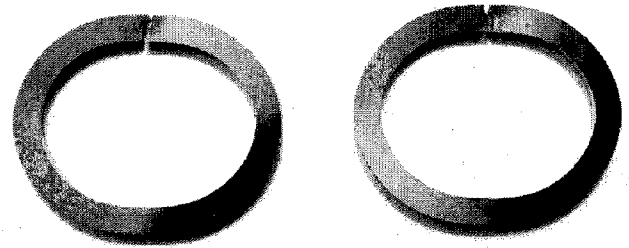


Fig. 6 Results of the compression test of machined specimens

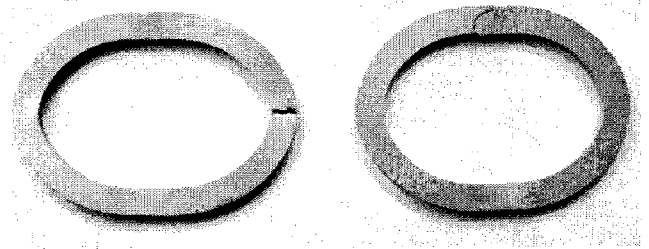


Fig. 7 Results of the compression test of forged specimens

시편에 대한 인장시험과 길이 방향에 수직인 방향의 환상 시편에 대한 압축시험을 실시하였다.

시편의 가공은 동일한 조건하에서 실시되었으며, Fig. 3에서 보는 바와 같이 길이 방향으로 인장시험을 제작하였으며, 부싱의 길이 방향에 수직인 방향으로 절단하여 링을 제작하였다.

인장시험과 압축시험은 INSTRON 사의 만능재료 시험기를 이용하여 실시되었다. 시험 결과는 Table 2, Table 3, Fig. 4-7에서 보는 바와 같다.

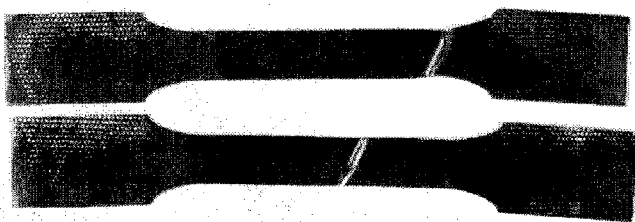


Fig. 4 Results of the tensile test of machined Specimens

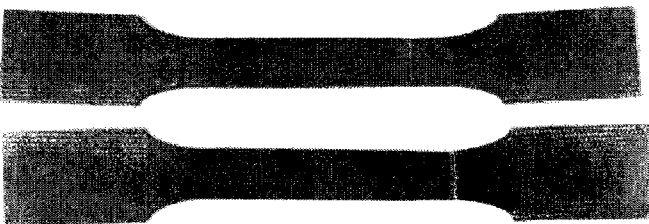


Fig. 5 Results of the tensile test of forged specimens

4. 결론

본 연구에서는 동일한 부품을 단조와 봉제의 절삭으로 제작하여 기계적 성질을 비교하였다. 이를 위하여 제조 공법의 영향을 비교적 객관적으로 논할 수 있는 형상이 단순한 굴삭기용 트랙체인인 부싱을 선택하였다. 완제품을 대상으로 시험을 실시하였으며, 부싱의 길이 방향 항복강도, 부싱의 길이 방향에 수직인 방향의 링 압축강도 및 연신 등이 비교되었다. 이를 위한 두 비교 대상 제품은, 단조 부분과 봉제 절삭 부분을 제외하고, 동일한

조건하에서 제작되었다.

부상의 길이 방향 항복강도의 비교 결과, 단조품이 4.6% 이상 절삭품에 비하여 많이 나타났다. 그리고 단조품이 링 압축하중 측면에서도 절삭품에 비하여 8.0% 큰 것으로 나타났다. 이 수치는 단조로 인한 치밀화 또는 소성유동선도의 변화가 크지 않은 것에 비하면 무시할 수 없는 기계적 성질의 향상이다.

후 기

본 연구는 산업자원부 지방기술혁신사업[RTI04-01-03] 지원으로 수행되었다.

참고문헌

- [1] S. L. Semiatin, Joseph R. Davis, 1989, ASM Metals Handbook : Forming and Forging, Vol. 14
- [2] Friedrich-Wilhelm Bach, Bernd-Arno Behrens, Helge Dähndel, Christian Krause and Aziz Huskic, June 2005, Integration of Heat Treatment in Precision Forging of Gear Wheels, The Arabian Journal for Science and Engineering, Vol. 30, No. 1, pp. 103~112.
- [3] 장용순, 고대철, 김병민, 최재찬, 1997, 유한요소법에 의한 열간단조공정에서 강의 미세조직 변화 예측, 한국정밀공학회 97년도 추계학술대회논문집(I), pp. 219~222.
- [4] 이상곤, 고대철, 김병민, 1999, 최적 예비성형체형상설계를 통한 열간 단조품의 미세조직 제어, 한국정밀공학회 99년도 추계학술대회논문집(II), pp. 1085~1088.
- [5] M. Ya. Belkin and S. V. Shramchenko, 1976, Mechanical properties of large forgings of steel 25, Metal Science and Heat Treatment, Vol. 18, No. 7, pp. 617~619.
- [6] 김영호, 배원병, 김형식, 변홍석, 1997, 엔진피스톤의 기계적 성질의 향상에 관한 연구, 한국정밀공학회 97년도 추계학술대회논문집(I), pp. 113~116.