

열간 알루미늄 률단조 공정의 유한요소해석과 실험적 검증

엄재근¹· 이추실²· 이민철²· 전만수[#]· 정순종³· 박건형⁴· 곽양섭⁵

Finite Element Simulation of a Hot Aluminum Roll Forging Process and its Experimental Verification

J. G. Eom, Q. S. Li, M. C. Lee, M. S. Joun, S. J. Jung, G. H. Park, Y. S. Gwak

Abstract

In this paper, an aluminum ring forging process of manufacturing an optimized perform for a hot forging process is simulated using AFDEX 3D, a general-purpose metal forming simulator based on rigid-thermoviscoplastic finite element method. Non-isothermal analysis is carried out and the predictions are compared with the experiments in terms of dimensional accuracy. It was shown that the predictions are in good agreement with the experiments.

Key Words : Roll Forging, Non-Isothermal Analysis, Experiment, Aluminum

1. 서 론

롤단조(Roll forging)[1]는 일종의 압연에 속하는 것으로 길이방향으로 형상이 균일하지 않는 봉재 형상의 제품 또는 예비성형체를 제조하는 목적으로 사용되고 있다. 률단조 공정은 원주방향으로 단면이 일정하지 않는 역방향으로 회전하는 두 개의 롤 사이로 봉재 형상의 소재를 통과시킴으로써 행해진다. 률단조는 완성품 제작에도 사용되고 있으나, 주로 건전한 금속유동선도와 소재의 실수율 향상을 목적으로 하는 예비성형체의 생산에 사용되고 있다. 크랭크샤프트, 터빈블레이드, 프론트엑셀의 생산 등이 대표적인 예이다[2, 3]. 률단조 제품에서 소성유동선도의 건전성 등으로 률단조 제품은 형단조 제품에 비하여 우수한 기계적 성질을 가지는 것으로 알려져 있다. 률단조는 성형하중이 작게 소요되고 크기가 작기 때문에 대형 단조품의 경제적 생산에 유리한 면이 있다.

롤단조에 관한 학술적 연구는 산업적 중요성에 비하여 많지 않다. 일반 형상압연에 비하여 기하

학적으로 복잡한 것이 한 원인으로 사료된다. Cai [3]는 회전롤의 표면과 소재의 표면 사이의 접합 해석을 바탕으로 하는 률 설계 기법을 제안하였다. Liu 등[3]은 타원형-원형 형상의 비교적 단순한 형상의 제품의 생산을 위한 률단조 공정을 상용 소프트웨어를 이용하여 등온 시뮬레이션을 실시하였다.

본 논문에서는 강열점소성 유한요소법을 이용하여 알루미늄 봉재의 률단조 공정의 비등온해석을 실시하고 그 결과를 실험 결과와 비교함으로써 결과의 타당성 검토를 실시하고자 한다.

2. 률단조 공정의 시뮬레이션 및 실험결과와의 비교

Fig. 1에 률단조 금형의 형상과 롤의 상태 위치를 나타내었다. Table 1에 유동응력 정보, 즉 온도와 변형률에 따른 C 와 m 값을 나타내었다. 롤과 소재 사이의 마찰조건으로 쿨통마찰법칙을 사용하였고, 마찰계수로 0.25 를 사용하였다. 롤의 회전속도는 50 rpm 으로 하였다.

1. (사)경상대 수송기계부품기술혁신센터

2. 경상대학교 대학원 기계공학과

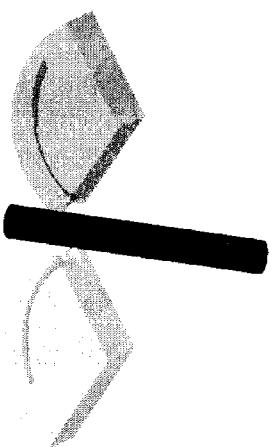
3. 씨센트랄모텍

4. 씨센트랄

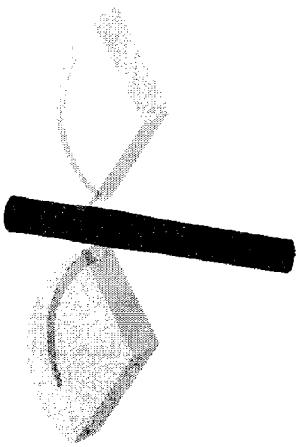
5. 대화정밀

교신처자: 경상대학교 기계항공공학부,

E-mail: msjoun@gnu.ac.kr



(a) 1 Pass



(b) 2 Pass

Fig. 1 Roll geometries and relative roll position

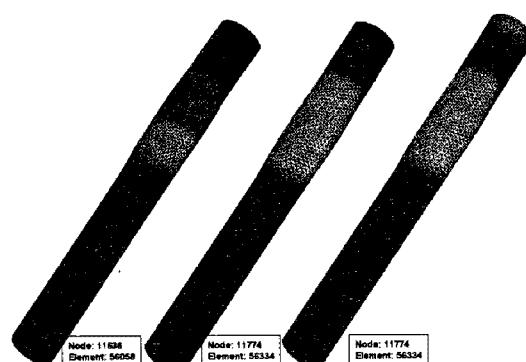
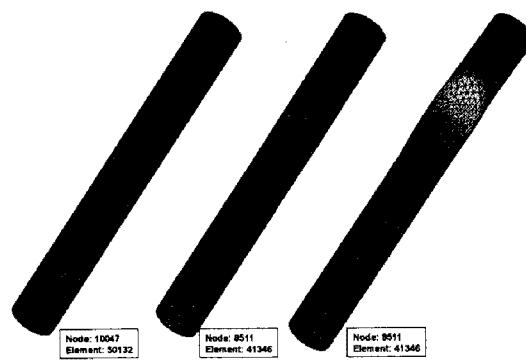
Table 1 Flow stress information

Temperature (°C)	Strain hardening exponent (c, MPa))	Strength coefficient (m)
400	59.0	0.0740
450	44.0	0.1164
500	33.0	0.1976
550	28.0	0.2031

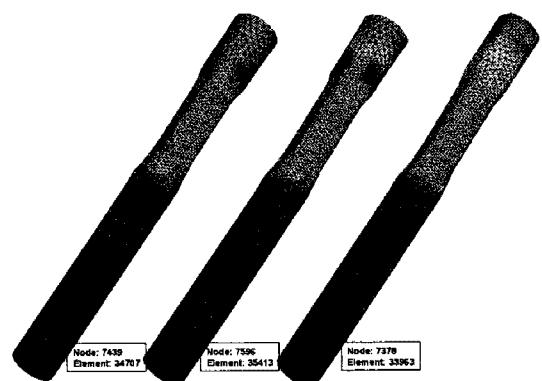
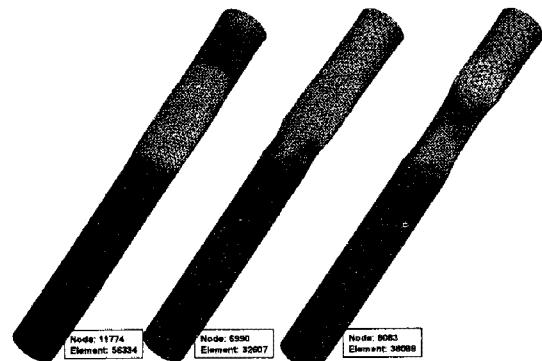
금형의 초기온도는 250°로 하였고, 금형과 소재 사이의 접촉 열전달계수를 0.05 W/(mm² °C)로 간주하였다.

해석은 AFDEX 3D를 사용하여 실시되었고, 요소망의 수는 75,000개 내외가 되도록 하였다.

Fig. 2와 Fig. 3은 해석 결과로 얻은 공정 중 소재의 변형과정과 온도 분포를 각각 나타내고 있다.



(a) 1 Pass



(b) 2 Pass

Fig. 2 Deformation history of material

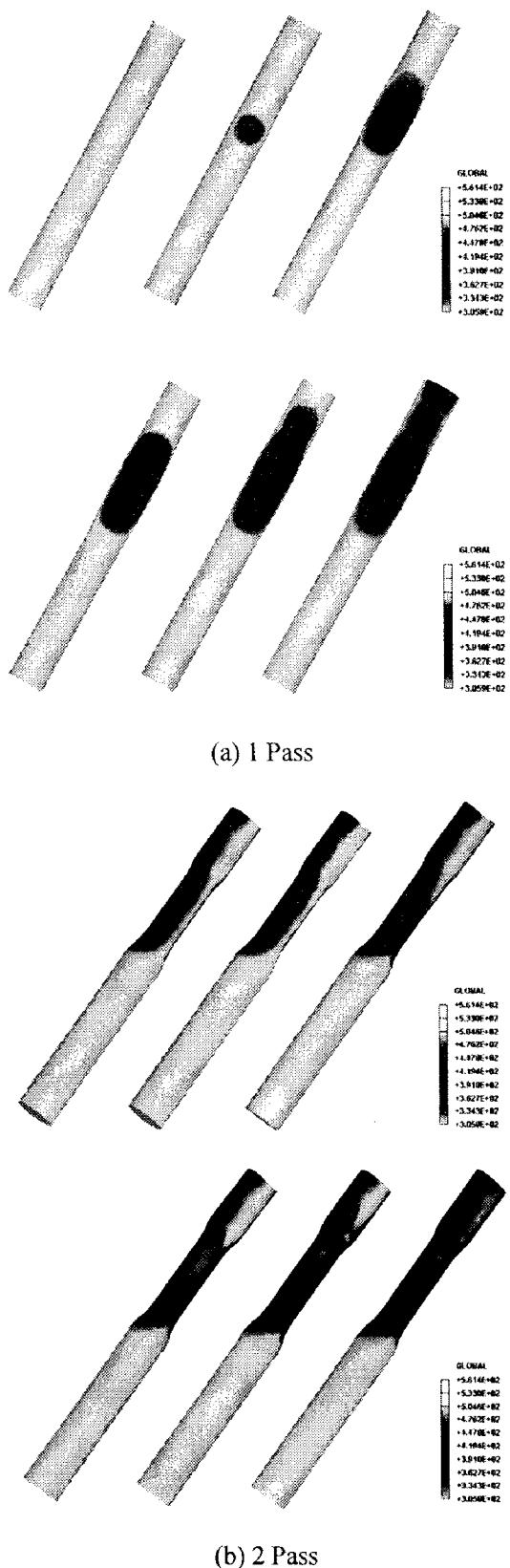


Fig. 3 Temperature variation of material during roll forging

한편, Fig. 4에 실험 결과를 나타내었다. Fig. 5는 실험치와 예측치를 비교하기 위한 치수를 정의하고 있으며, Table 2와 Table 3에 주요 치수의 비교 결과를 정리하였다. 비교 결과, 해석 결과는 비교적 실험 결과와 잘 일치함을 알 수 있다.

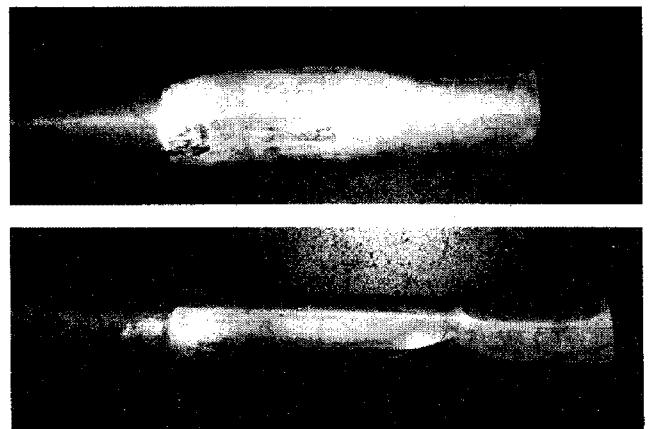


Fig. 4 Experiments

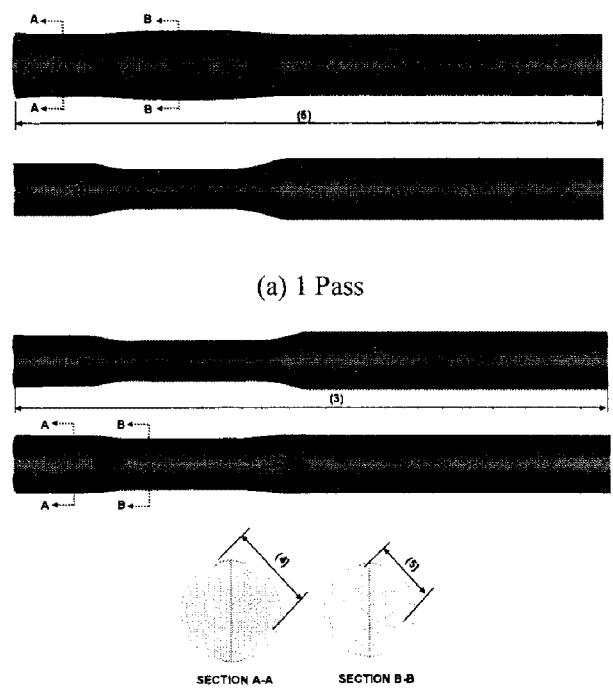


Fig. 5 Definition of the dimensions for comparison between experiments and predictions

Table 2 Comparison of predicted dimensions with measured dimensions (1 Pass)

Section	Measure(mm)	Predict(mm)	An error(mm)
1	66.78	66.60	0.18
2	75.00	73.05	1.95
3	55.14	55.79	-0.65
4	42.02	42.33	-0.31
5	589.8	585.2	4.60

Table 3 Comparison of predicted dimensions with measured dimensions (2 Pass)

Section	Measure	Predict	An error
1	64.39	56.68	7.71
2	58.98	45.28	1.37
3	614.40	622.71	-8.31
4	56.92	57.25	-0.33
5	47.68	47.33	0.35

3. 결 론

본 논문에서는 강열점소성 유한요소법을 이용하여 알루미늄 룰단조 공정의 사물레이션을 실시하였으며, 그 결과를 실험 결과와 비교하였다.

그 결과, 해석결과와 실험결과가 정량적으로 매우 잘 일치함으로 확인하였다.

후 기

본 연구는 지식경제부의 지역전략기획기술개발 사업의 지원으로 실시되었음.

참 고 문 헌

- [1] K. Lange, 1985, Handbook of metal forming, Society of Manufacturing Engineers.
- [2] S. Z. Hong and R. G. Hu, 1989, A Study of the Roll Forging Technology for Turbine Blades of a Supercharger, Rotary Forming in Proc. Int. Conf., Int. Academic Publishers, Beijing, pp. 230-233.
- [3] Z. Y. Cai, 2005, Precision design of roll-forging die and its application in the forming of automobile front axles, J. Mat. Proc. Tech., Vol. 168, pp. 95-101.
- [4] G. H. Liu, G. S. Ren and C. G. Xu, 2007, Simulation of 3-D deformation and material flow during roll forging process using system of over-round groove, Acta Metal. Sim., Vol. 20, No. 5, pp. 380-384.