

자동차 조향장치 클램프 요크의 정밀냉간단조를 위한 유한요소해석

송두호* · 박용복** · 임성주*** · 김민응****

Finite Element Analysis for Precision Cold Forging of Clamp Yoke in Automobile Steering System

D. H. Song, Y. B. Park, S. J. Lim, and M. E. Kim

Abstract

Until now, the clamp yoke of automobile has been largely manufactured by hot forging or burring process. Through the study, the precision cold forging process for clamp yoke has been analysed by using rigid-plastic finite element analysis code, DEFORM-3D. It has shown various results of the FEM simulation. An engineer should select the proper processes considering the amount of product.

Key Words : Precision Cold Forging, clamp Yoke, Finite Element Method.

1. 서 론

현재 세계 자동차산업의 변화의 방향은 글로벌화의 진전, 모듈생산/조달의 확대, 환경/안전관련 기술의 중요성 등이 증대되고 있다. 자동차 산업에서 나타나고 있는 이러한 변화로 인해 부품업체들이 담당해야 할 역할도 증대되고 있으며, 설계 능력으로 대표되는 기술 수준의 향상이 필수적이다.

자동차의 조향장치는 자동차가 갖는 기본적인 기능 중 선회 기능을 담당하며, 기능적으로 보면 선회하기 위한 타이어 힘의 방향과 크기를 조정하는 장치라 할수 있다.

조향장치의 기본 구조는 스티어링 휠, 스티어링 컬럼, 스티어링 샤프트, 스티어링 기어 및 링크에이지로 구성되어 있다. 이중 스티어링 컬럼은 스티어링 휠로부터 받

은 회전력 및 회전을 스티어링 기어에 전달하는 부품으로 요크류, 연결축, 베어링 등으로 구성되어 있다. 요크류를 생산하기 위해서는 주로 열간단조 공정으로 제조되어 왔으나 제품의 특성상 요구되는 정밀도를 만족시키지 못하고, 후가공으로 인한 공정수의 증가로 인한 경제적 손실과 환경 문제를 초래하고 있다. 이러한 문제 때문에 산업계를 중심으로 냉간단조로 성형하는 연구가 진행되어 왔으며, 스티어링요크의 정밀냉간단조에 대한 연구와 버링가공을 이용하여 요크 제품의 가공에 대한 연구^{(1),(2)} 등의 연구 결과가 발표되었다. 본 연구에서는 경량화, 고강도화, 생산성 향상을 위하여 냉간단조를 이용하여 클램프 요크를 성형하는 공정을 개발하기 위하여 해석을 수행하였다.

* 유진산업주식회사
** 공주대학교 기계공학부
*** 한국생산기술연구원 생산공정기술연구팀
**** (주) 대림엔지니어

2. 스티어링 칼럼의 기능⁽³⁾

조향 장치의 주요 부품인 스티어링 컬럼은 그 자체로는 단순한 구조를 가진 부품이나 다양한 기능을 수행하게 된다. 스티어링 컬럼은 주행중 운전자가 주행 방향을 바꾸고자 할 때 스티어링 휠에 작용하는 조향력을 스티어링 기어에 전달하는 매개 역할을 하며, 이 조향력은 너클 암을 거쳐 바퀴를 조향한다. 충돌 사고시에는 스티어링 칼럼의 좌골로 충격력을 흡수하여 운전자를 보호한다. 또한 각종 운전 조작장치를 부착하여 자동차의 중추 신경 역할을 수행하고, 운전자의 체형 및 취향에 맞추어 스티어링 휠을 조정하여 운전 편의성을 부여하게 된다. 뿐만아니라 스티어링 샤프트 잠금장치가 부착되어 있기 때문에 키를 사용하지 않으면 조향이 불가능하므로 차량의 도난을 방지한다.

이러한 기능을 제공하는 스티어링 칼럼의 주요 구성부품인 클램프요크는 고정밀도와 고강도를 필요로 하기 때문에 냉간단조 공법을 이용한 공정을 개발하게 되었다.

3. 클램프 요크의 성형공정 해석

본 연구에서 제안된 클램프요크의 냉간단조 공정은 Fig. 1과 같다. 첫 번째 공정에서는 요크부 상하를 성형한 후에 두 번째 공정에서 내부를 성형하고, 마지막 공정에서 요크부 끝단을 가공한다.

Table 1 Conditions for FEM simulation

Material	SM20C
Size	φ25×H54.4
Stress-Strain Relation	$\bar{\sigma} = 76.5 \bar{\epsilon}^{0.2} (kgf/mm^2)$
Friction Factor	m = 0.12

위와 같이 설계된 공정을 소성가공에 대한 유한요소해석 프로그램인 DEFORM-3D를 이용하여 해석하였으며, 소재 및 해석 조건은 Table 1과 같다.

해석은 첫 번째 공정에 대해서만 수행하였으며, 두 번째 공정은 요크부 내부의 표면을 가공하므로 프레스의 하중이나 금형의 제작에 큰 문제가 발생치 않을 것으로 판단되어 해석에서 제외하였으며, 클램프 요크가 1/2 대칭이기 때문에 1/2만 해석을 수행하였다.

유한요소해석 결과 클램프요크의 성형은 초기에는 하부에서 전방압출 공정이 일어나고, 성형이 진행되면서

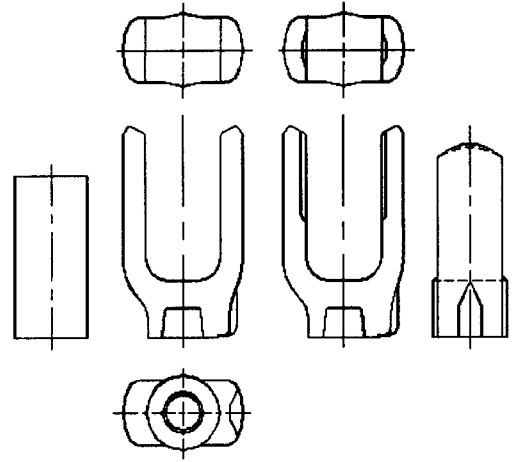


Fig. 1 Processes for cold forging of clamp yoke

상부의 업셋팅/후방압출 공정이 이루어지게 되는데, 하부의 비대칭성으로 인하여 Fig. 2와 같이 후방압출되는 소재의 높이가 양단에서 차이가 나게 된다.

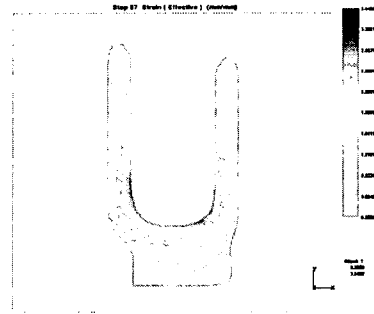


Fig. 2 Distribution of effective strain after cold forging

후방압출 초기에는 좌우 높이의 차이가 미세하지만 업셋팅으로 하부를 완전히 성형한 후에는 급격한 차이가 발생하게 되며, 후방압출되는 높이의 불일치를 최소화하기 위하여 예비성형 공정을 도입하고, 금형 및 펀치를 수정하며 설계된 공정을 변경하는 방법으로 해석을 수행하였다.

예비 성형 공정은 Fig. 3과 같이 두가지 경우에 대하여 해석하였으며, 각각의 경우는 다음과 같다.

- case (A) : 피어싱부를 제외한 하부를 성형 후 클램프 요크 성형
- case (B) : 하부 R 값의 크기 조절

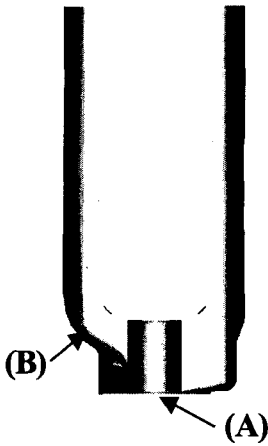
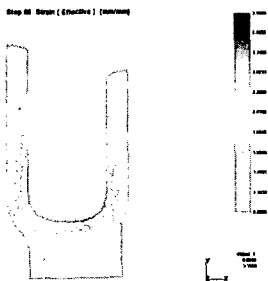


Fig. 3 Modifications of die

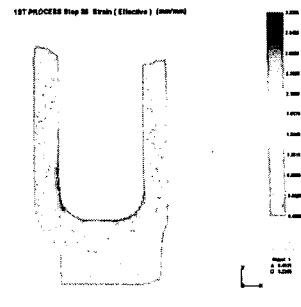
case (A)의 경우 측면부와 피어싱부를 제외한 하부를 성형한 후에 클램프 요크를 성형할 경우에는 측면부의 체적만큼 클램프 요크의 우측 길이가 증가할 것으로 예상하였으나 측면부가 성형한 후에 피어싱부가 성형되면서 별다른 영향을 미치지 못했다.

하부를 완전히 성형하면서 R 값을 조절하여 해석한 case (B)의 경우에는 최초의 해석에서보다 그 높이차가 줄어드는 결과를 보여주었다. 이는 예비성형시 소재 체적을 적절히 배분한다면 좌우의 높이차를 줄일 수 있는 것을 알 수 있었다.

예비성형 공정을 도입하는 방법과 병행하여 펀치를 수정하여 Fig. 5와 같이 길이가 짧게 올라오는 우측부를 약간 높게 성형한 후에 클램프 요크를 성형하는 방법으로 해석을 수행하였다. 해석결과 좌우측 높이는 비슷해졌지만 (C)부에 결함이 발생할 소지가 발견되었다.

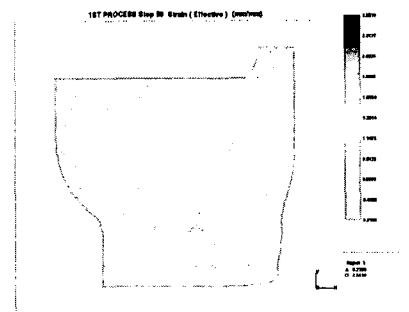


(a) case (A)

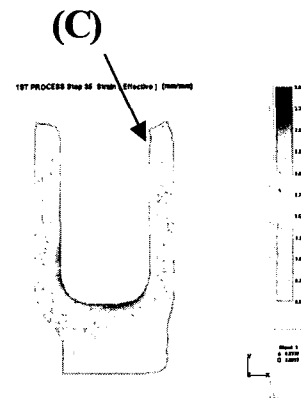


(b) case (B)

Fig. 4 Distributions of effective strain by modified dies



(a) 1'st process



(b) 2'nd process

Fig. 5 Distributions of effective strain by modified punch

클램프 요크의 냉간단조를 위하여 설계된 공정은 두 개의 공정을 거치면서 요크부를 성형하고 후가공을 하게 되는데, 설계를 변경하여 한공정으로 요크부를 성형하는

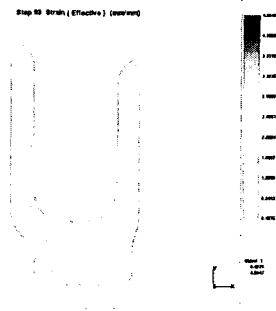


Fig. 6 Distribution of effective strain by one process without preform

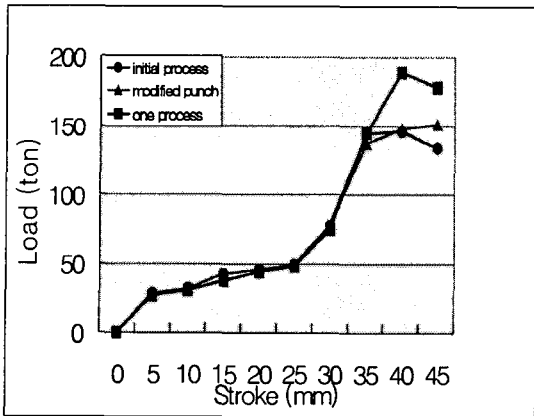


Fig. 7 Comparison among processes

해석을 수행하였다. 해석 결과 Fig. 6과 같이 여전히 요크부 좌우측 높이의 차이가 존재하지만 공정수를 감소할 수 있는 이점이 있으며, Fig. 7과 같이 단조하중을 분석할 결과 성형하는데 무리가 없다는 결론을 얻었다.

4. 결 론

클램프 요크를 냉간단조로 생산하기 위해 공정을 설계하였으며, 유한요소해석을 통하여 이를 검증하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) 클램프 요크는 좌우측의 비 대칭성으로 인하여 요크부 양단의 높이가 차이가 나게 된다.
- (2) 좌우측의 높이 차는 소재의 체적을 적절히 배분한다면 해결 가능하다.
- (3) 펀치를 수정한 해석 결과 좌우측의 높이 차는 줄일 수 있었으나 결함의 가능성이 있다.
- (4) 클램프 요크는 한 공정으로 성형 가능하다.

참 고 문 헌

- (1) 박용복 외 6인, 1999, "자동차 Steering Yoke의 정밀 냉간단조에 대한 연구", 한국소성가공학회 '99추계학술대회 논문집, pp.120~123.
- (2) 김동진, 김병민, 김정근, 2000, "버링가공을 이용한 자동차 요크 제품의 가공 공정 설계", 한국소성가공학회 2000년도 춘계학술대회 논문집, pp. 151~154.
- (3) 김능배, 김재현, 1995, "스티어링 컬럼 설계 기술 개발(최종보고서)", pp. 11~17.