

# 유동성형을 이용한 자동차 림 가공

오진호<sup>1#</sup>, 김상현<sup>2</sup>

## Automotive Rim Manufacturing using Flow Forming

J. H. Oh, S. H. Kim

### Abstract

In designing full vehicle, crash safety, fuel efficiency, exhaust gas, and driving stability are very important factors. Especially, automotive wheel which supports total vehicle weight is a critical component in view of driving stability. Most of automotive wheel have been manufactured for beautiful appearance by using aluminum alloy in domestic industry. However, the amount of automotive steel wheel used are on an increasing trend according to developing the advanced high strength steel with good formability property recently. In this study, the circumferential deviation of rim with various thickness and yield strength was investigated. The formability evaluation of the rim was developed by using a finite element module furnished by Forge software.

**Key Words** : Wheel (휠), Rim (림), Flow Forming (유동성형)

### 1. 서론

최근 들어, 운송수단의 발전과 더불어 자동차에 대한 수요는 기하급수적으로 증가하고 있다. 자동차 보유 대수는 7 억대 이상으로 지구상의 인구 1 인당 0.1 대 이상 차량을 보유하고 있는 실정이다. 이처럼 차량이 보편화 대중화 되면서 차량의 안정성과 더불어 연비, 진동, 소음에 대한 요구가 더욱 세분화 다양화 되고 있다. 자동차사에서는 이러한 요구를 만족시키기 위해 여러 가지 해결책을 제시하고 있는데, 그 중 하나가 고강성 경량 부품 개발이다. 이러한 부품 개발은 크게 두 가지 (재료적, 구조설계적) 측면에서 접근을 해야 한다. 재료적 측면은 복합재료, 알루미늄 합금과 같은 가벼운 재료를 사용하는 방안이다. 그러나, 위의 재료는 경제성으로 인해 고급차량을 제외하고 쉽게 접근할 수 없는 단점이 있다. 국내의 자동차 업계에서는 이러한 문제점을 보완하기 위해, 저가이면서 재활용성이 큰 고강도강(Steel)을 사용하여 대체하고 있는 실정이다. 그러므로, 고강도강(AHSS) 개발은 더 이상 미룰 수 없는 매우 중요한 당면 과제를 알 수 있다. 두번째로, 구조설계적 관점의 접근을 고려할 수 있다. 단순히 고강성 경량 부품 개발을 위해 두께만을 설계변수로 하여 설계제작을 하게 되면, 전체 중량이 증가되어 연비는 떨어지고, 차량 가격은 올라가는 문제점이 발생하므로, 차량 부품 설계시 최적화를 이용하여 기존 구조물의 불필요한 부분을 제거하거나, 저가 일반강 대체하는 작업은 매우 중요하다.

휠은 디스크와 림으로 구성되는 사시계 부품으로 고속 회전을 하면서 노면으로부터 일차적 충격하중을 받는 부품이기 때문에 내구강도를 고려한 설계는 매우 중요하다고 할 수 있다. 지금까지 휠로 사용되고 있는 소재분야는 크게 알루미늄 합금제와 스틸로 양분화 되어있다. 알루미늄은 스틸 대비 가볍고 내식성이 강하면서 비강도(질량대비 강도)성이 크기 때문에 항공기 재료로 많이 사용되고 있다. 그러나 가격이 비싸기 때문에 시장에 널리 사용되기 어렵다는 단점이 있다. 스틸의 경우 초기에는 가격적 측면으로 인해 널리 사용되었으나, 최근에 들어 차량 연비(경량화) 및 디자인이 차량을 선택하는 중요한 기준이 됨에 따

라 사용비율이 점차 감소하고 있는 실정이다. 그러나 경량화를 위한 고강도강 및 가공성이 개선된 스틸이 개발되어 정교한 형상 가공이 가능함으로써, 스틸 사용량이 점차 증가할 것으로 예상된다. 본 연구에서는 스틸 휠을 구성하는 림 제작시 발생하는 원주편차에 대한 내용으로 이러한 연구는 고강도강 성형 시 발생하는 문제점 파악하는데 기초 자료로 활용될 것이다.

## 2. Flow Forming 성형 해석

유동 성형은 가벼우면서도 강도가 높은 림을 제작하는 일반적인 방법이다. 특히, 유동 성형[1-3]은 일반 냉간 금형 성형과는 달리 형상의 반복 정밀도가 높기 때문에, 림과 같이 반복되는 치수 정밀도를 요구하는 부품에 적용 시 매우 유리할 것으로 판단된다. 유동 성형은 일방향 소재 조직을 유지하면서 가공을 하기 때문에, 기계적 성질인 강도 및 연신 측면에서 다른 공법에 비해 유리하다. 결국, 두께를 좀더 얇게 할 수 있기 때문에 경량 부품을 제작하는데 있어서 가장 적합하다고 할 수 있다.

기존 차량용 스틸 휠의 구조는 도 1 과 같이 두께가 일정한 디스크 와 림으로 구성되어 있으며 주로 용접에 의해 조립이 된다. 휠은 크게 디스크를 만드는 공정과 림을 제조하는 두 가지 공정이 있다. 디스크는 크기에 따라 금형에 의한 냉간 성형과 spinning 공법에 의해 제조 된다. 림은 코일링, 용접, 성형, 확관등의 공정을 거쳐 제조된다. 본 연구에서는 두께 편차와 항복강도에 따라 림 성형 해석을 수행한 후, 원주편차에 이러한 인자가 미치는 영향을 살펴 보았다

## 3. 유한요소 모델링 및 수치해석 결과

휠의 재료는 탄성계수 210GPa, 푸아송비 0.3 구조용 판재강으로 인장강도는 780MPa정도 이다. 요소는 3 차원 8-node를 가진 6면체(Hexahedral element)를 선택하였고 Forge®, Implicit Solver를 사용하였다. 실제 유동 성형으로 림 가공시 일반적으로 다단(3단)성형을 통해 가공을 수행하게 된다. 본 연구에서의 결과는 1차 포밍 룰에 의해 성형되는 과정을 시뮬레이션 하여, 림의 원주길이에 미치는 영향력을 살펴 보았다. 시간관계상 Coarse Mesh(7mm)를 사용하였다. 두께가 0.14t 변함에 따라, 휠의 내경은 0.26% 외경은 0.4% 바뀔을 아래 테이블에서 확인할 수 있다. 또한 동일 인장강도를 가지는 소재의 항복강도가 변할 때 내경은 0.15%, 외경은 0.17% 변화가 있었다. 항복강도가 100MPa정도 낮으면 원주가 더 확관되는 현상도 확인 할 수 있었다. 도 2,3은 이러한 시뮬레이션 과정을 보여준다. 이러한 결과로, 강관의 두께 및 항복강도는 유동 성형 후의 림 원주 편차가 발생하는 원인이 된다는 것을 확인 할 수 있다. 그러나, 이 결과는 1차 성형 후의 결과이므로 2,3차 성형후에는 다른 여러 인자가 복합적으로 작용하므로, 쉽게 영향력을 단정지을 수는 없다.

Diameter at drop region	Thickness effect		Yield strength effect (2.37t)	
	2.23t	2.37t	660MPa	760MPa
Circumference (Inner)	993.19	995.83	996.91	995.83
Circumference (Outer)	1003.25	1007.09	1009.67	1007.09

## 4. 결 론

본 연구의 주된 목적은 강관의 두께편차 및 항복강도에 따라 유동 성형 후 발생하는 원주편차에 대한 고찰이다. 결론적으로, 1차 유동성형 후에 발생하는 Drop부 두께 감소는 소재의 두께 및 항복강도에 영향을 받는다는 것을 확인할 수 있었다. 그러나, Forge 소프트웨어(implicit)로는 재질 이방성을 고려할 수가 없기 때문에, 정확한 수치결과 보다는 경향을 파악하는데 목적이 있었다. 향후, 재질 이방성을 고려하여 림을 수치 모델링 한 후, 원주 편차에 미치는 영향력을 살펴볼 계획이다.

## 참 고 문 헌

- [1] C. C. Wong, T. A. Dean, J. Lin, 2003, A review of spinning, shear forming and flow forming processes, Int. J. of Machine Tools and Manufacture, Vol. 43, pp. 1419~1435.
- [2] M. J. Roy, R. J. Klassen, J. T. Wood, 2009, Evolution of plastic strain during a flow forming process, J. of Materials Processing Technology, Vol.209, pp. 1018~1025.
- [3] K. S. Lee, L. Lu, 2001, A study on the flow forming of cylindrical tubes, J. of Materials Processing Technology, Vol.113, pp. 739~742.

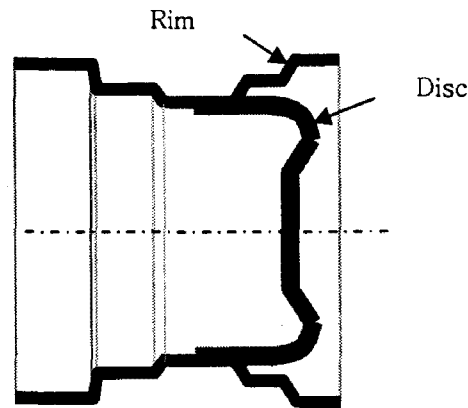


Fig. 1 The configuration of an automotive wheel

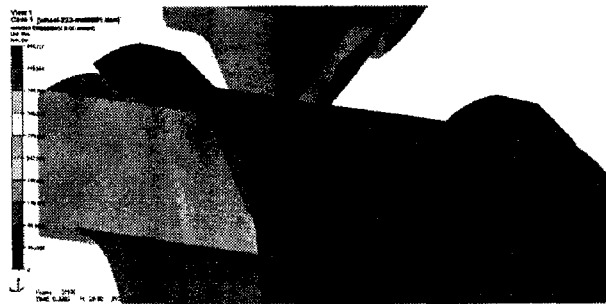


Fig. 2 The simulation of drop part through 1<sup>st</sup> forming roll

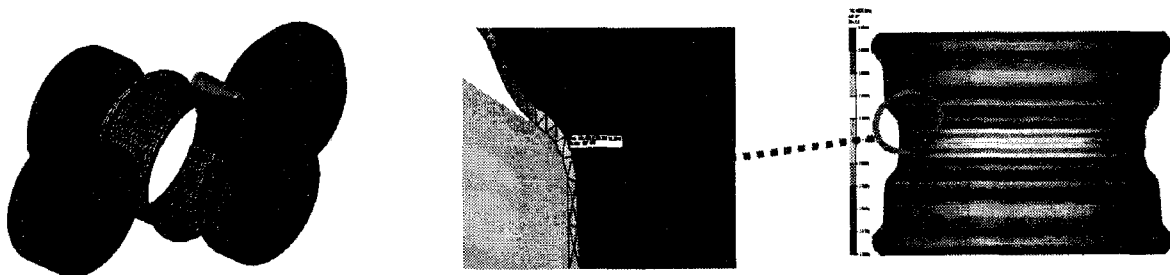


Fig. 3 The result of process simulation using flow forming