

유한요소해석법을 통한 비공기압 타이어의 속도에 따른 히스테리시스 손실 에너지 해석

한양대학교 미래자동차공학과
4학년 김 규 백, 유 영 범
지도교수: 민 승 재

논문 배경 및 목적

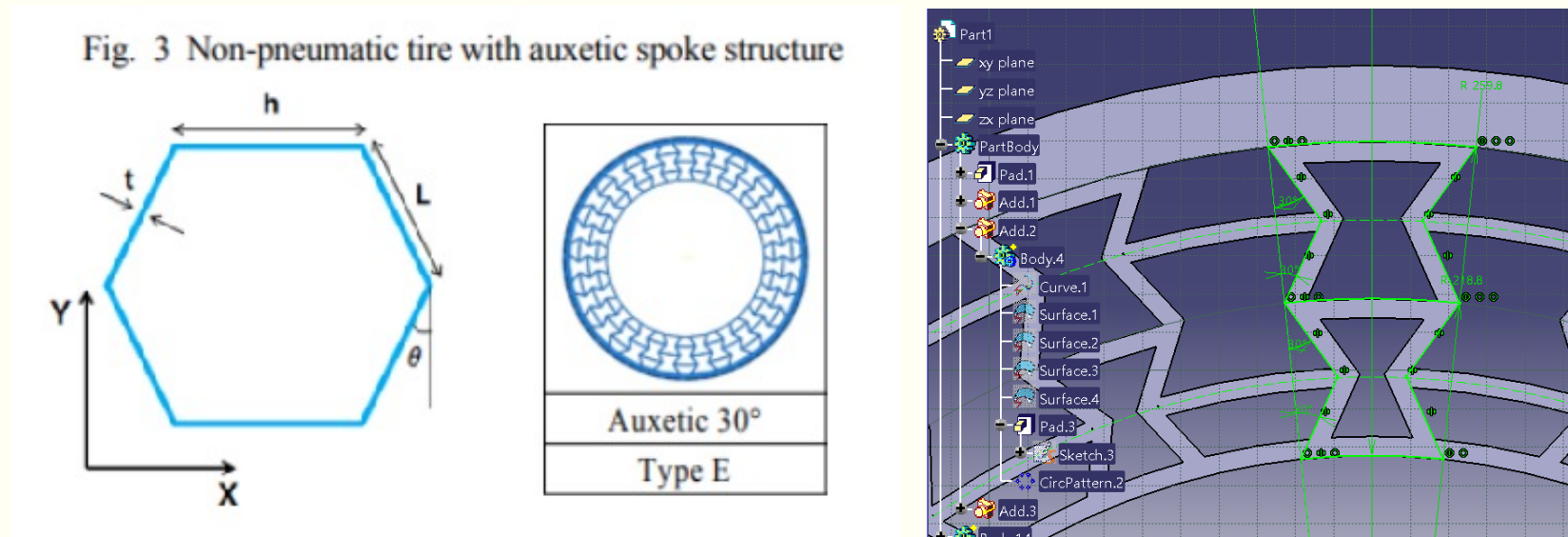
- 공기압 유지관리가 필요 없고 펑크 및 파손 사고 발생 가능성이 없는 비공기압 타이어에 대한 수요 증가
- 고속 주행 시 히스테리시스 손실 에너지 발생(온도 상승)으로 인한 비공기압 타이어 피로 파단이 문제가 됨
- 측면형 비공기압 타이어를 3D 모델로 설계하고 변형 및 열 해석, 개선 방안 모색

논문 내용

① CATIA를 통한 비공기압 타이어 모델링

- Auxetic 30° spoke structure 를 가진 non-pneumatic tire 2D, 3D 모델링

타이어 외경	279.8mm	쉐어밴드 두께	259.8mm
림 직경	177.8mm	타이어 두께	127mm
스포크 두께	5 mm	auxetic 20 instances circular pattern	

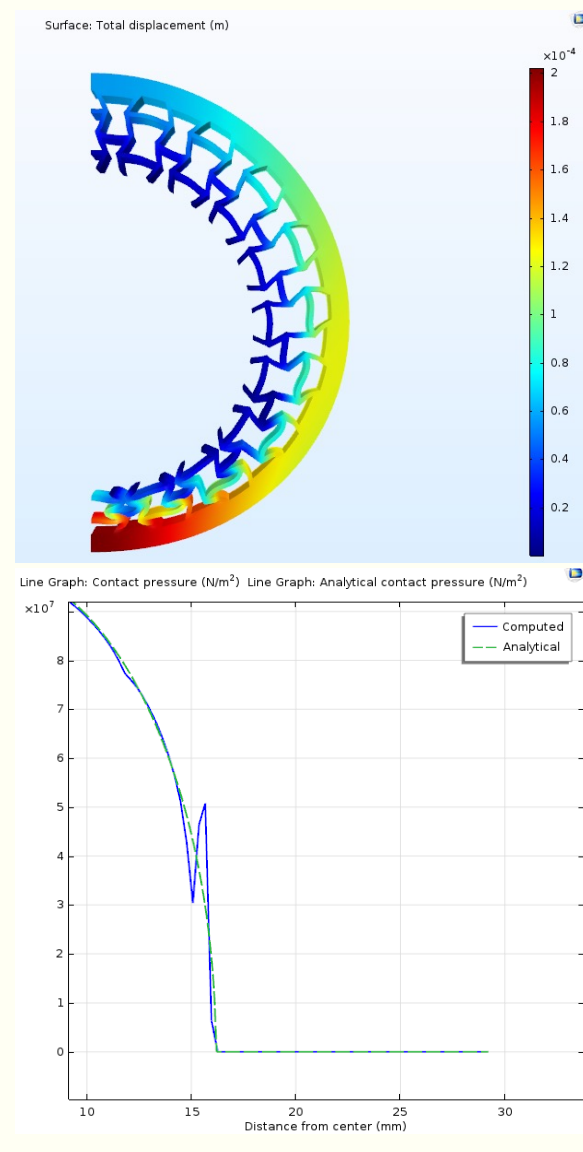


② COMSOL 2D 모델 변형 해석

1. Comsol application library_cylinder roller contact 를 참고하여 contact pair 설정
2. Catia에서 2D 모델 불러오기
3. Estimated contact length를 Analytical contact length보다 약 10% 크게 설정 후 해석
4. 3D 모델에서 pressure를 인가할 boundary 값을 구함 (= contact length)
5. 차축으로부터 거리에 따른 pressure 값을 text 파일로 export

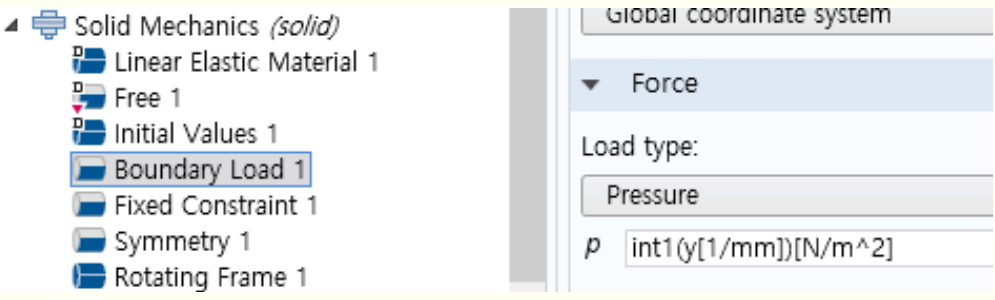
Material

Spoke : poly urethane
Hub : Aluminum alloy
Shear band : high strength steel



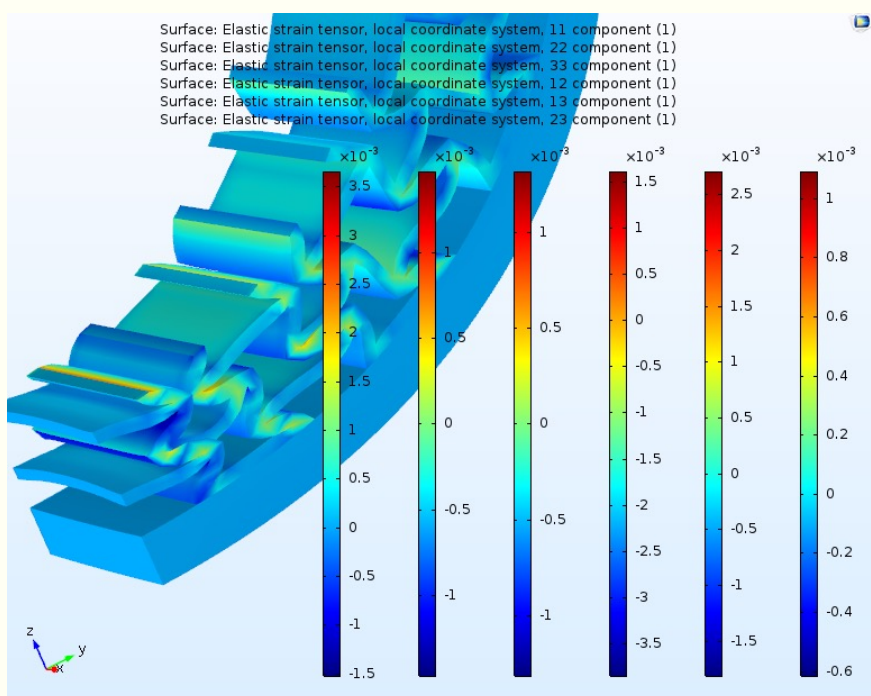
③ COMSOL 3D 모델 변형 해석

- Pressure 값을 interpolation을 통해 3D 모델에 인가



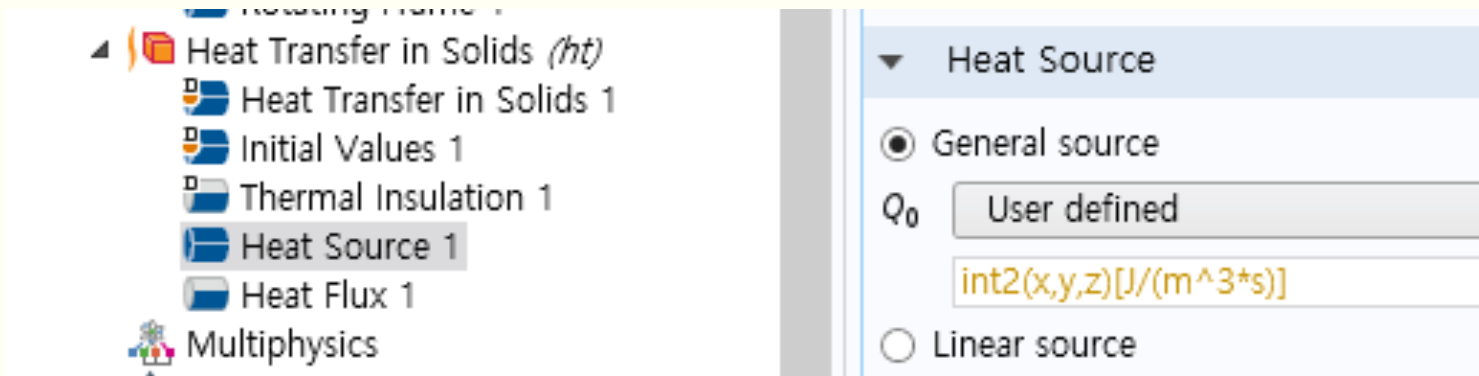
- 속도에 따른 6방향에서의 strain을 보기 위해 Ω 에 30, 60, 75, 90 km/h 입력 후 해석

- 한 방향에서의 전단변형이 지배적이지 않기 때문에 각 방향의 최대 변형을 각각 이용하여 시간당 히스테리시스 손실 에너지를 계산하고 Export



④ 히스테리시스 손실 에너지를 통한 열해석

- 앞서 구한 시간당 히스테리시스 손실 에너지 발생량을 Heat source로 interpolation(30, 60, 75, 90 km/h)



- Heat Flux 를 Convective Heat Flux로 설정 후 해석

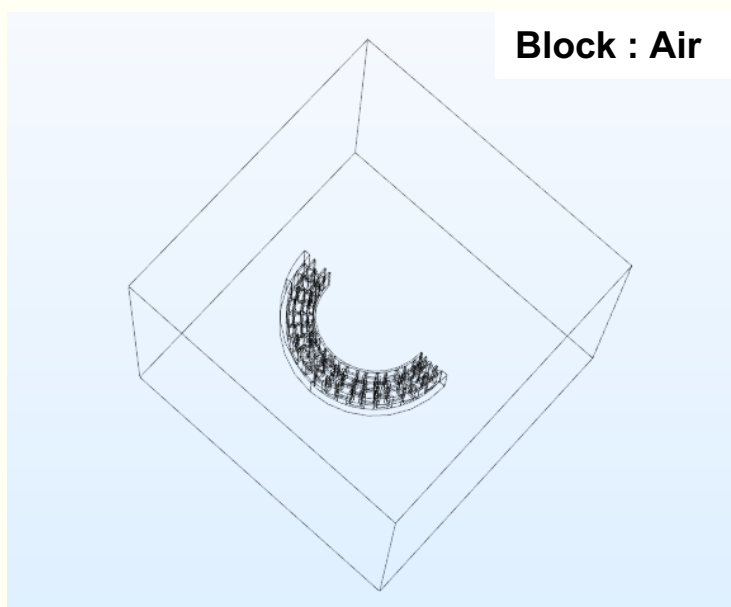


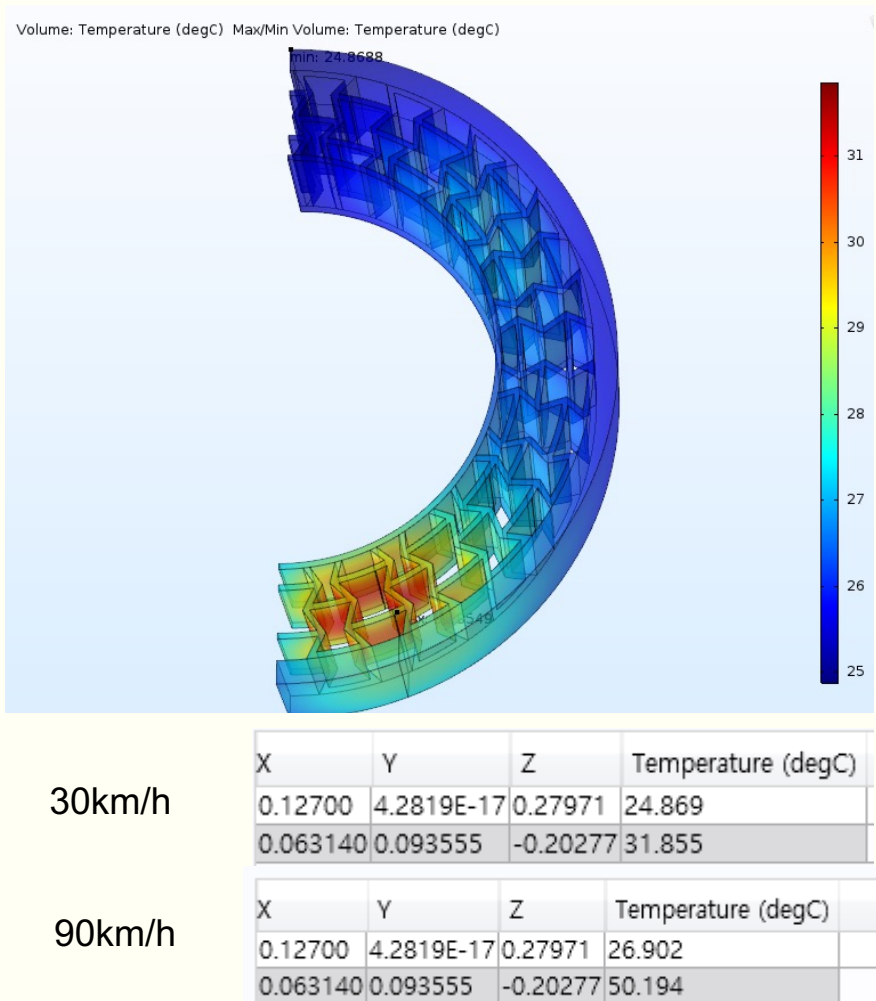
표 5.1 열해석 물성치

(Thermal Material Properties)

Property	Value
ρ_{TFe} (Density)	1500 kg/m ³
k_{Fe} (Thermal Conductivity)	0.3 J/m ² Cs
$C_{p,TFe}$ (Specific Heat)	2010 J/kg°C
h_{Fe} (Heat Transfer Coefficient)	6.0 J/m ² Cs
T_{∞} (Ambient Temperature)	24 °C

논문 결과

- 열해석 결과, 스포크와 쉐어밴드에서의 최고 온도가 속도 증가에 따라 상승하는 것을 확인
30km/h : 31.855 degC
90km/h : 50.194 degC
- 차체 무게가 증가하면, 전단변형이 증가하여 최고 주행속도 감소
- 현재 공식적으로 상용화된 비공기압 타이어의 최고속도는 80km/h이기 때문에 열 내구성 개선을 위한 연구 필요성 확인



논문 결론

- 본 연구에서 비공기압 타이어의 온도 분포를 유한요소법을 사용하여 해석하였고, 비공기압 타이어의 스포크에서 가장 높은 열이 발생함을 확인
- 가장 높은 열 상승을 보인 스포크에 Young's Modulus 가 더 큰 Material로 대체하는 방안이 필요
- 두번째로 열 상승이 높은 쉐어밴드의 온도를 낮추기 위한 방법으로 쉐어링(ShearRing)을 삽입하여 회전 해석을 통해 최고 온도를 낮출 수 있는 방안에 연구 타당성을 확인
- 쉐어링 삽입으로 발생하는 정적, 동적 성능 변화에 대한 연구가 추가로 필요