

# 다물체 동력학을 이용한 생산설비의 강도평가 Strength Analysis of Manufacturing Structure using MBD

\*김성훈<sup>1</sup>, 정상원<sup>1</sup>

\*S. H. Kim<sup>1</sup>(learn\_run@naver.com)<sup>2</sup>, S.W.Chung<sup>2</sup>

<sup>1</sup>남부대학교 자동차기계공학과

Key words : Multi Body Dynamics, Rolling System, Flexible body, MSC.Adams, MSC.Marc

## 1. 서론

압연 설비는 다품종 소량 생산이 많은 고 탄소강의 생산에 대한 기대치가 큰 압연 공정으로 다양한 조업 조건하에서 압연을 수행해야 하는 경우가 많으므로 조업 조건 변경에 따른 설비의 문제점을 파악하기에는 경험만으로는 명확한 판단을 내리기 쉽지가 않다. 특히, 박물 압연의 경우는 설계 기준을 초과하는 압연 하중이 발생할 가능성이 높기 때문에 설비 전반적으로 내구 수명이 감소하거나 극단적인 경우에는 취약 부품의 파손에 의한 조업 중단이 발생할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 설비 엔지니어링의 기본이라 할 수 있는 압연 설비의 하중 전달 메커니즘을 확인할 수 있는 다물체 동력학 시뮬레이션 모델을 개발하여 하중 전달 경로를 분석하였으며, 조업 조건의 변화에 따른 압연 설비의 파손 및 손상 부위 및 가능성을 예측하여 설비 보수 비용 절감 및 생산중단에 따른 기회 비용 손실을 줄일 수 있었으며, 장비 점검 및 합리화 과정을 통한 설비 보완에 요구되는 엔지니어링 데이터 확보하였다.

## 2. 다물체 동력학 모델링

압연기는 설비 동력원인 Motor, 압연 토크를 증폭하는 감속기, 모터의 동력을 Work Roll에 전달해주는 장치인 Spindle, Spindle 로부터 받은 모터의 동력을 이용하여 소재를 직접 압연하는 Work Roll 등의 주요 부품으로 구성된다.

본 연구에서는 압연기에 대한 다물체 동력학 해석 모델을 생성하고 주요 하중 전달 경로 및 하중 집중을 예측하였으며, 일부 주요 부품에 대해서는 유연체를 적용하여 강도 해석을 수행하였다. 다물체 동력학 해석에는 MSC.Adams 를 이용하였으며, 유연체는 MSC.Marc를 이용하여 생성하였다.

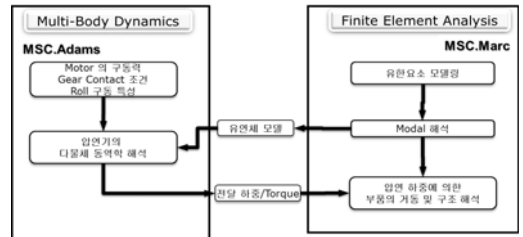


Fig. 1 Schematic Diagram of Simulation Process for Rolling Mill.

Fig. 2 는 압연기의 다물체 동력학 모델을 보이고 있는데, 상대적으로 강성이 낮은 감속기 Case 와 Spindle 을 유연체로 모델링하였으며, 압연하중은 주로 Motor에서 측정되는 전류량을 토크로 계산하여 이를 해석에 적용하였다. Fig. 3 은 Motor 에서 측정된 전류량으로 해석에 바로 적용하기에 부적합하여 이를 정형화한 하중 모델을 Fig. 3 (b) 와 같이 개발하였다. 일반적으로 압연 초기에는 압연하중이 증가하고 일정 시간이 경과하면 균일한 하중이 작용하며 압연 후반부에는 소재의 온도 상승등의 원인으로 인해서 압연하중이 다시 상승하는 경향을 잘 표현하도록 하중모델이 구성하였다.

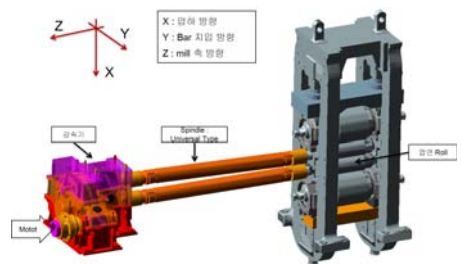


Fig. 2 Multi Body Dynamics Simulation Model for Rolling Mill.

Motor 의 출력 변화, Roll 크기 변경과 같은 다양한 조업 조건에 대한 압연 해석을 수행하였으며 고려된 조건들은 Table 1 에 보였다.

Table 1 Study Cases for various Rolling Condition.

초기출력(a)	중간출력(b)	후반출력(c)	Roll Gap(g) + Roll Size(r)	성형 입연하중	Roll 과 감속기 Alignment
100%	100%	100%	Gap Max. + Size Max.	5 : 5	0 mm
140%	120%	140%			
175%	140%	140%			
100%	100%	100%	Gap Min. + Size Min.	4 : 6	200 mm
175%	140%	175%	Max & Min		
100%	100%	175%	Gap Max. + Size Max.		
175%	140%	175%	Max & Min		

### 3. 해석 결과

정격 하중을 적용하여 다물체 동역학 해석을 수행하여 각 부품의 하중 전달과 각 부품의 구조 강도를 확인하여 각 부품에 작용하는 하중들의 결과가 설계 기준과 잘 일치하는 것을 확인하였다. Fig.4 는 감속기 케이스의 변형과 응력 분포를 보이는데 1st Gear 를 지지하는 베어링부분의 응력이 집중될 것으로 예상되며, 감속기 케이스의 지지 볼트 부분에서도 응력 집중이 예상된다. 하지만 응력의 크기가 10 MPa 내외로 작은 값을 가지고 있으므로 강도상의 안전할 것으로 판단된다. Von-Mises Stress 는 18.9 Mpa 로 2nd Top Pinion 과 Bottom Pinion 의 Bearing Housing 부분에 집중된다. 마찬가지로 크지 않은 응력이므로 크게 문제되지는 않을 것으로 판단된다.

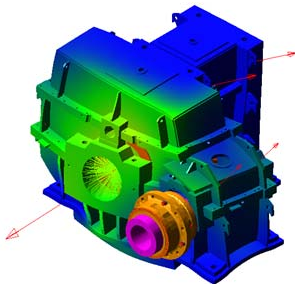


Fig. 4 Von-Mises Stress Distribution of Gear Box.

Yoke 부분은 Cross Kit 의 베어링을 통해서 회전하중이 전달되므로 응력 집중이 발생한다. 특히 Yoke 를 Rigid 로 계산하는 경우는 하중의 배분은 전체 Bolt 에 균일하게 작용하지만,

Yoke 를 유연체로 적용하면, 특정 Bolt 에 하중이 집중되는(80~90%) 것을 확인 할 수 있었으며, 이는 운전 중에 하중이 집중되는 Bolt 의 파손이 발생하여 인접한 Bolt 들의 파손으로 연결되어 작업 중단된 고장사례와 일치하는 경향을 보였다. 하중이 100 %, 140%, 175 % 로 증가하는 경우와 Roll Size 가 변경되는 경우에 대한 영향은 압연하중의 증가에 선형적으로 응력이 증가하는 것을 확인할 수 있었지만 Roll Size 의 변화는 하중 전달 및 각 부품의 응력에는 큰 영향을 미치지 않음을 확인 할 수 있었다. 또한 Roll 축과 감속기 축의 전후방 불일치 영향을 평가한 결과를 보였는데, 거의 영향이 없는 것을 확인할 수 있었으며, 상하롤의 하중 불일치의 영향은 불일치 비율에 비례하여 하중 값이 배분되며 응력도 동일한 경향을 보였다.

### 4. 결론

압연기에 대해서 유연체를 포함한 다물체 동역학 해석 모델을 생성하여 다양한 조업 조건에 대한 해석을 수행하여, 다음의 결론을 얻을 수 있었다.

(1) 각 부품에 작용하는 하중 중 체결 Bolt 하중 비교결과 Gear Box Case 의 Anchoring Bolt 에는  $7e^5N$ , U Joint Bolt에는  $8e^5N$ , Motor Coupler Shear Bolt가  $1e^5N$ 로 U Joint bolt 가 가장 취약한 부품임을 확인하였다.

(2) 유연체를 적용하여 취약 부품의 강도를 평가 하였으며 다양한 경우에 대한 Case Study 를 수행하였다. Roll 하중의 증감은 응력 및 각 부분하중 비례하여 영향을 미치는 것을 확인 하였으며, Roll Gap 및 Roll Size 변화 상관 관계 매우 적음을 확인하였다. 상하롤의 압연 하중 배분은 배분율에 비례하여 영향이 있으며, 감속기 축과 압연롤 축 불일치에 의한 영향은 거의 없음을 확인하였다.

### 참고문헌

1. MSC.Software, Marc Users Guide.
2. MSC.Software , Adams Users Manual