

# 탄소성 변형을 고려한 연속압연시 롤스탠드간 장력해석

신남도<sup>#</sup> · 손일현<sup>1</sup> · 강경필<sup>2</sup> · 이경훈<sup>2</sup>

## Calculation of Tensile Load between Roll Stands in Continuous Rolling System considering the Elasto-Plastic Behavior

Namdo Shin, Ilheon Son, Gyeongpil Kang, Kyunghoon Lee

### Abstract

The determination of roll speeds in continuous rolling system is an important factor along with the design of roll profile and roll gap. The tensile force on the workpiece induces reduced cross section area and the compressive force induces wrinkles. To determine the optimal roll speeds of current rough rolling system for wire rod, FE analysis was performed. We could predict the workpiece shape and the stress level more precisely by considering the elasto-plastic behavior of workpiece. Also the efficient analysis methodology is presented to reduce the calculation time by combining the ALE and lagrangian method.

**Key Words** : Continuous Rolling, FEA, Elasto-Plastic Behavior, Load Calculation, ALE Method, Lagrangian Method, Wire Rod

### 1. 서론

연속압연공정에 있어서는 적절한 단면 감소를 가지도록 하는 공형설계, 롤갭(roll gap)의 선정과 함께 소재 품질을 좌우하는 요소중 하나가 압연기 사이의 장력 혹은 압축력을 최소화하는 롤 회전속도(RPM)를 선정하는 것이다. 롤스탠드(roll stand)간 소재에 작용하는 장력은 형상치수불량을 가져오며, 압축력은 주름을 유발하게 된다. 롤스탠드간 소재에 작용하는 하중이 무인장 상태를 유지하기 위한 조건계산은 실무적으로는 공형면적과 롤의 회전속도를 고려하여 체적불변조건을 사용하여 이루어진다. 이러한 계산은 단순한 반면, 실제 공형과 소재단면형상이 일치하지 않는 등 오차를 내포하게 된다.

본 연구에서는 현재 적용하고 있는 시스템의 롤스탠드간 소재에 작용하는 압축력/인장력을 탄소성 유한요소해석을 통해 계산하고, 무인장 상태를 유지하기 위한 롤의 최적 회전속도 조건을 도출한다. 탄소성 변형 거동을 고려한 해석을 수행하는 이유는 보다 정확한 형상예측과 함께 단면에 작용하는 응력 평가가 가능하여, 인장/압축력이 허용범위 내에 있도록 공정설계가 가능하기 때문이다. 또한 본 연구의 해석 대상인 공정은 선재의 8 단 조압연 공정으로서 전체 시스템을 동시에, 탄소성 거동에 대한 계산을 수행하는 것은 시간상 비효율적이므로, 정상상태해석(ALE method)과 비정상상태해석(Lagrangian method)을 결합하는 효율적인 해석프로세스 방안을 제시한다.

1. POSCO

2. (주)마케팅랩

# 교신저자: 포스코특수강부, E-mail: ndshin@poscoss.com

## 2. 유한요소해석

### 2.1 해석프로세스 선정

8 단계의 조압연 공정 전체 시스템을 탄소성 변형을 고려하여 해석하는 것은 현재 일반 시뮬레이션용 워크스테이션에서는 몇 주간이 소요될 수 있다. 이에 대한 해결방안으로 우선 각각의 롤스탠드간의 소재에 작용하는 하중은 두 롤스탠드의 회전속도에 의해서만 좌우된다는 점을 고려하였다. 그리고 해석은 첫 번째 단계로 1 번에서 8 번 각 롤스탠드에서의 정상상태 속도장을 구하기 위해 소재는 강소성체로 선정하여 ALE 방법을 사용하였고, 두 번째 단계로 연속한 롤스탠드간(예를 들어 3 번과 4 번 롤스탠드간)에는 첫 번째 단계에서 구한 결과를 조합하여 소재를 탄소성체로 선정하고 해석을 수행하였다. 이와 같은 과정을 통해 해석시간을 획기적으로 단축할 수 있었다.

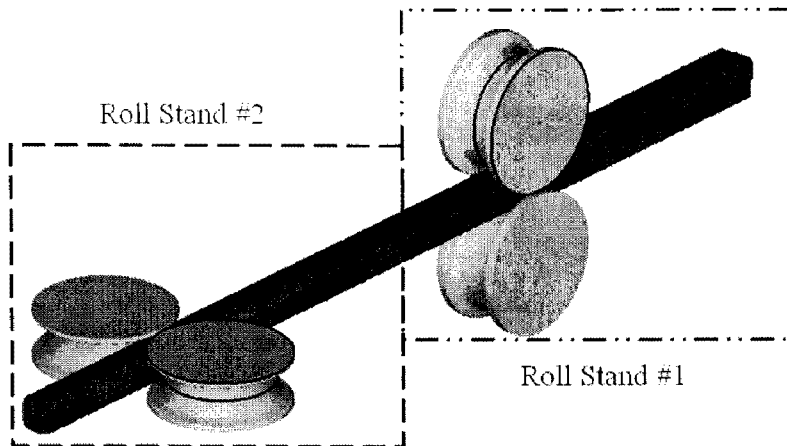


Fig. 1 Analysis model for the calculation of load on workpiece between roll stand #1 and #2 by lagrangian method

### 2.2 해석결과 검토

라그랑지안 해석의 경우 ALE 해석을 통해 얻은 두 개의 소재를 연결하여 평형상태에 도달할 때까지 탄소성해석을 수행하였다. 각 ALE 해석을 통해 얻은 속도장의 불일치로 인해 경계면에서는 압축 또는 인장력이 작용하게 된다. 현재의 공정조건에서는 해석결과 압축 2 개소, 장력 5 개소로 나타났으며, 실제현상과 일치하였다. 그 중 하나의 결과를 table 1 에 보였다. ALE 해석결과 7 번 롤스탠드의 출구에서는 속도가 8 번 롤스탠드에서의 입구속도보다 상대적으로 빨라 소재에 압축력이 작용할 것이 예상되며, 라그랑지안 해석으로 평형상태에 이른 경우에도 이를 뒷받침하는 결과를 보이고 있다.

Table 1 Velocity and load calculation result at the interface

Method	Variable	Roll #7 entrance	Roll #7 exit	Roll #8 entrance	Roll #8 exit
ALE	Velocity(mm/s)	692.0	920.9	881.4	1115.4
Lagrangian	Velocity(mm/s)	678.0		908.3	1133
	Load(N)	-		-14033	-
	Stress(MPa)	-		-11.3	-

## 3. 결론

연속압연시 롤스탠드간 소재에 작용하는 압축/인장력을 유한요소해석을 통해 정량적으로 계산하였다. 탄소성 변형거동을 고려함으로써 정확한 형상예측과 응력평가가 가능하게 되었고, 계산시간을 줄이기 위한 해석프로세스를 정립하였다. 이를 통해 공정설계에 있어 시행착오를 크게 줄일 수 있게 되었다.