

# 고정도 경압하 하중 모델 개발에 관한 연구 A study of accurate rolling force model in hot strip

\*#김형진<sup>1</sup>, 문창호<sup>1</sup>, 최용준<sup>1</sup>, 이성진<sup>1</sup>

\*#H. J. Kim<sup>1</sup>(ykhj0311@posco.com), C. H. Moon<sup>1</sup>, Y. J. Choi<sup>1</sup>, S. J. Lee<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 포스코 기술연구원

Key words : rolling force model, regression function, Skin Pass mill

## 1. 서론

Skin pass mill(SPM)은 strip의 기계적 성질을 향상시키고, 불균일한 표면을 감소시켜 미려하게 하며 적당한 표면조도를 부여한다. 또한 소둔된 강판의 항복점 연신을 제거하여 가공 중 나타나는 stretcher strain(Lurder's band)을 방지하고 전 공정에서 발생하는 각종 mark의 방지 및 기타 다른 이점들을 부여해 준다[1]. 또한 SPM은 형상교정이라는 목표를 두고 있는데, 현재 최근 연구동향을 살펴보면 압연기의 롤배치 변경 및 고온에서 가능한 롤설비 구성을 통한 폭방향 형상에 대응토록 설계한 것과 핀치를 및 레벨러 설비 등을 이요한 형상을 교정하는 방법을 제시하여 기존 정정 설비를 복합적으로 활용하는 기술이 있다[2]. 현재 SPM 경압하의 경우 적용 중인 압연 하중 모델이 없고 이에 대한 연구가 활발하지 않기 때문에 본 연구에서는 기존 제시된 압연하중 모델보다 고정도 하중 예측 모델을 개발하였다.

## 2. 방법 및 결과

이번 연구에서는 압연하중 예측모델의 구성을 위하여 열간압연 하중모델, 냉간압연 하중모델, non-circular arc model의 3가지 방법에 대하여 검토하여 이 중에서 열간압연 하중모델을 선택하였다. 그 이유는 분석하려는 데이터의 종류가 열간 상태인 판 형상 상태이며, 경압하를 통한 circular arc type의 형태를 가질 것으로 추측되기 때문이다.[3] 또한 냉간압연 하중 모델의 경우는 예측하중 계산에 iteration이 포함되어 있고, 적분 term이 들어가 있어서 실제 현장 PLC Coding을 할

시에 Error가 발생할 확률이 많아 질 수 있다. 하중예측 검토에 사용된 열간 압연 하중모델은 다음과 같다.

$$P = k \cdot L' \cdot b \cdot Q_p - b \cdot R' \cdot \{ \sigma_2 \cdot \phi_n + \sigma_1 (\phi_1 - \phi_n) \} \quad (1)$$

$$k = \frac{2}{\sqrt{3}} Y_p, \quad R' = R \left[ 1 + \frac{CP}{b(h_0 - h_f)} \right]$$

$$C = \frac{16(1 - \nu^2)}{\pi E}, \quad L' = \sqrt{R'(h_0 - h_f)} \quad (2)$$

이 식에서  $\sigma_1$ 는 입측장력,  $\sigma_2$ 는 출측장력, P는 압연하중, k는 변형저항,  $h_0$ 는 입측두께,  $h_f$ 는 출측두께, b는 판폭을 나타낸다. 이번 연구에서는 조업 데이터와 식(1)을 통하여 구해진 예측 하중의 차이를 보정하는 식을 도출하였다. 또한 일반적으로 알려진 8가지의 Qp 값을 분석 후 가장 계산시간도 적으며 비교적 수렴을 잘하는 Alexander & Ford를 선택하였다.

데이터 샘플은 포항 제철소 2열연 열연조업 시스템을 통한 2010년 10월~2011년 2월 조업 데이터를 추출하였고, 이 강종 중에 데이터 개수가 100개 이상인 모델 3가지를 선택하였다. 또한 열연 압연 하중모델에 사용되는 두께, 폭, 연신율, 입/출측 장력과 재질예측 Yp 값은 조업 데이터 값을 사용하였다.

열간 압연 하중 모델식을 이용한 계산 압연 하중과 현장 실측 압연하중과 비교를 하여 오차 발생시 보정을 할 수 있는 Factor를 가정하였다. 보정계수 Factor를 구하고 이에 대한 영향을 주는 인자에 대한 회귀분석을 통하여 새

로운 Factor'를 구하고 압연하중 식에 계산하여 현장 실측 압연하중과의 비교를 했다. 보정계수 Factor 는 미니탭 프로그램을 이용하여 주요 인자인 연신율, 폭, 입측두께, 형상비, 입/출측 장력에 대한 회귀분석을 통하여 압연하중 식을 도출하였다. 3 개 강종별 회귀식 도출 및 경압하 하중 모델을 설계하였다. 3 가지 강종은 Yp 값에 따른 Stiffness 차이로 구별하고 샘플 수 100 개 이상 되는 것을 선택하였다. (Autobeam, JS-SAPH440, STAB) 회귀분석 후 Factor 값을 적용시킨 후 예측하중과 현장 실측하중과 비교한 값이다.

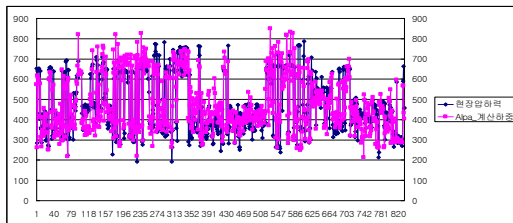
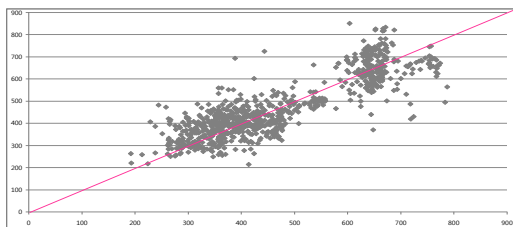


Fig. 1 Graph of Hot rolling force model Autobeam's result after applying regression factor

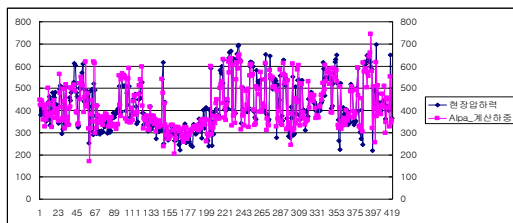
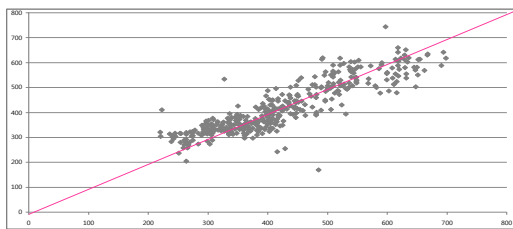


Fig. 2 Graph of Hot rolling force model JS-SAPH440's result after applying regression factor

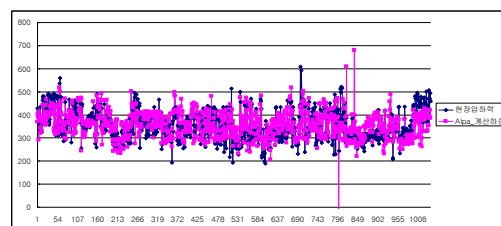
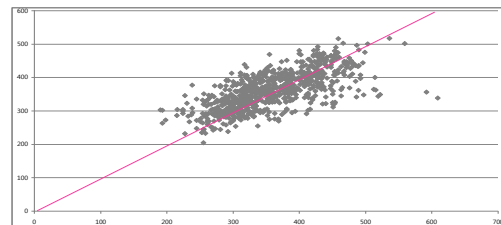


Fig. 3 Graph of Hot rolling force model STAB's result after applying regression factor

3 가지 강종에 대한 분석을 한 결과 회귀분석 후 적용한 하중과 현장 실측하중이  $\pm 150\text{tonf}$  이내로 들어오는 것을 볼 수 있으며, 시그마 수준을 분석하였을 때 3 이상으로 현장에 사용될 수 있을 것으로 사료 되어진다.

### 3. 토의 및 고찰

현재 현장에서 생산되고 있는 강종을 통하여 고정도 경압하 하중모델을 설계하였다. 주요인자에 대한 회귀분석을 통한 실제 현장 하중과 비교하였을 때  $\pm 150\text{tonf}$ 에 들어오는 것을 볼 수 있었고, 이는 기존 수동개입에 비하여 정확한 하중을 내려줄 수 있는 근거가 되리라고 사료 되어진다. 추후에 다양한 강종에 대한 분석 및 추가적인 연구가 필요하다.

### 참고문헌

1. W.L. Roberts, Cold Rolling of Steels, Chapters 9 and 10, Sections 9.19 and 10.12.
2. US Steel, Fundamentals of making strip crown and shape in the finishing stand of the hot strip mill, ICSR 2010
3. D.R. Bland, H. Ford, The calculation of roll force and roll torque in cold strip rolling with tension, Proc. Inst. Mech. Eng. 159. 144-153. 1948.