

연속냉간압연의 두께제어 성능향상에 관한 연구

A Study on Improvement of Performance of Thickness Control in Tandem Cold Rolling Mill

손준식, 김일수*, 권옥현**, 최승갑***, 박철재***

* 목포대학교 기계공학과(Tel : 0636-450-2416; Fax : 0636-452-6376; E-mail : ilsookim@chungkye.mokpo.ac.kr)

** 서울대학교 전기공학부(Tel : 02-534-9255; Fax : 02-871-2527 ; E-mail : whk@cisl.snu.ac.kr)

*** 포항제철 기술연구소(Tel : 054-220-6304; Fax : 054-220-6914; E-mail : sgchoi@smail.posco.co.kr)

Abstract : In the tandem cold rolling mill, the quality is very important, and requirements for thickness accuracy become more strict. However, the mathematical model for prediction of rolling force was not considered an elastic deformation at the entry and delivery side of the contacted area between the worked roll and rolling strip so that there was so difficult to control of the thickness. To overcome this problem, the mathematical model included an elastic deformation of strip has been developed and applied to the field in order to predict the rolling force. The simulated results showed that the effect of elastic recovery should be included the model, even if the effect of elastic compression was not important.

Keywords : Rolling Force, Elastic Compression, Elastic Recovery, Elastic Recovery, Tandem Cold Rolling Mill

1. 서론

최근에 고품질의 냉간압연재를 생산하기 위하여 각각의 압연 플랜트마다 자동두께제어시스템을 적용하여 두께제어정도를 높이고 있다. 일반적으로 연속냉간압연 시스템은 각 스탠드간의 롤 속도 차에 의해 발생하는 장력변동으로 스탠드들이 서로 상호작용 및 압연하중, 장력, 두께, 롤 속도 등에 의해 스탠드 상호간에 복잡하게 간섭된 다입력·다출력(MIMO) 시스템이다[1]. 연속냉간압연에 있어서 압연길이방향 두께정도 향상을 위해서는 소재 및 압연기 사양 등의 정보를 받아 초기 각 압연조건을 계산하여 제시해 주는 초기설정 모델(setup model)과 그 설정된 값을 기준으로 두께편차 제어를 행하는 자동두께 제어장치의 성능 향상이 요구된다. 특히 초기설정값 결정시 중요한 인자는 초기 압연속도와 롤갭(roll gap)이며, 이 롤갭의 설정정도는 자동두께장치가 목표두께에 수렴하는 시간을 결정하므로 길이방향 두께편차에 큰 영향을 미치게 되는데 이 롤갭의 설정정도를 향상시키기 위해서는 압연하중의 예측정도가 향상되어야 한다[2]. 기존의 연속냉간압연의 두께제어를 위한 압연하중 예측모델은 롤의 탄성변형만을 고려한 Bland & Ford[3]의 식과 Hill[4]의 식에 마찰효과와 장력효과만을 고려한 압연하중 예측모델을 사용하고 있다. 하지만 롤의 입출구측에서 발생하는 압연소재의 탄성변형을 고려하지 않았기 때문에 조절압연 같은 경압하중이 작용하는 연속냉간압연에 있어서는 오차를 발생하여 두께제어에 많은 어려움을 있었다.

본 연구에서는 스트립의 탄성변형을 고려한 새로운 압연하중 예측식을 유도하고, 유도된 예측식을 시뮬레이터에 적용하여 스트립의 탄성변형을 고려하지 않은 압연하중 예측식과 스트립의 탄성변형을 고려한 압연하중 예측식의 압연하중 예측정도를 비교·분석하고, 각 스탠드별로 일정한 마찰계수를 적용한 경우와 스탠드별 특성에 맞는 마찰계수를 적용한 경우에 따른 압연하중에 미치는 마찰계수의 영향을 고려하여 최적 압연하중 예측모델 개발을 수행하였다.

2. 압연소재의 탄성을 고려한 모델 유도

1. 압연소재의 탄성회복에 의한 압력

Fig. 1은 폭이 a 이고 높이가 $2b=h_2$ 인 직사각형으로 가정한 탄성회복구간의 단면을 나타내며, 단면의 위쪽에 대한 경계조건은 $x=0$ 에서 $x=a$ 까지에서 $\hat{xx}=t_f$ 이고 $\hat{xy}=0$ 이고, $y=b$ 에서 변위는 아래 식과 같다.

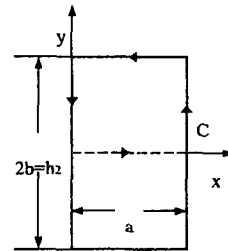


그림 1. 탄성회복구간

Fig. 1 Elastic recovery zone

$$v = -\frac{\nu(1+\nu)}{E} bt_f - \frac{1}{2R}(a^2 - x^2), \quad \hat{xy} = 0 \quad (1)$$

또한, $y=0$ 에서 $v=0$ 이고 $\hat{xy}=0$ 이고, 압축력은;

$$P_x = -\left(\int_0^a \hat{yy} dx\right)_{y=b} \quad (2)$$

이다.

여기서, 변위는 $y=0$ 에서 v 는 0이므로 $y=b$ 만 고려하여 Green's lemma에서 의해서 다음과 같이 된다.

$$\left(\int_0^a v dx\right)_{y=b} = -\int_C v dx = \int_0^a \int_0^b \frac{\partial v}{\partial y} dx dy \quad (3)$$