

박슬라브 열간압연공정에서 폭거동해석

박해두* 김형전** 송길호**

* 포항제철 기술연구소 광양압연연팀, ** 포항제철 미니밀부 박판기술팀

The Analysis of Width Deformation Behavior in Thin Slab Casting and Rolling Process

Park, H. D.*, Kim, H. C**, Song, K. H*

Abstract

Mini-mill process which is one of the new steel making process to be able to produce the hot rolled strip by thin slab caster, was completed in the kwangyang steel work. This new process was constructed liquid core deduction, tandem reduction unit, induction heater, coil box and finishing mill to be varied width. Therefore, in order to make sure of target strip width, analysis of actual plant data was done to fine out amount of width deviation. Finally, the prediction system of width in the mini-mill process was developed to included temperature calculation model.

1. 서 론

박슬라브 열연코일에서의 폭정도 확보기술은 기존 열연 공장에서 수요가의 폭정도의 요구가 엄격해지고 제품의 용도에 따른 폭마진의 다양화 및 Coil 내의 폭변동의 최소화 등으로 정확한 폭제어가 요구되고 있다.

본 연구는 Liquid core reduction, 조압연기에서 폭거동을 장력 및 온도의 영향으로 추적하였고, 중간 공정에서의 온도에 따른 폭변화를 관찰하고, 사상압연기에서의 장력에 따른 폭변화를 추적하였고, Run Out table과 Down Coiler 그리고 수요가 공급시의 폭을 추적할 수 있는 시스템을 개발하였고, 미니밀의 전공정의 폭변화에 대응하여 몰드 폭 설정량을 추적하는 폭 예측 시스템을 개발하였다.

2. 이론적고찰

2.1 주조속도에 따른 변형 거동 결과

Fig. 1.은 75mm에서 60 mm로 Liquid core reduction시에 주조속도에 따른 폭퍼짐량을 실험적으로 구할 수 있다. 즉 3.5mpm이 때 좌우 폭퍼짐이 27.3mm이지만 Mold 모양에 의한 폭의 원래 모양이 약 10mm이기 때문에 약 17.3mm의 폭퍼짐이 발생됨을 알 수 있다.

2.2 압연중의 roll bite 내의 폭변화

빌렛과 같은 관폭비(관폭/관두께)가 작은 강관의 열간압연에 대한 폭퍼짐에 있어서는 이전부터 실험적인 검토가 이루어져 다양한 실험식이 제안되고 있다. 기발표된 폭퍼짐 예측식을 정리해 보면 다음의 식으로 나타낼 수 있다.

$$\ln\left(\frac{W_2}{W_1}\right) = k_1 \ln\left(\frac{h_1}{h_2}\right) e^{-[k_2\left(\frac{W_1}{h_1}\right)^a\left(\frac{h_1}{R}\right)^c\left(\frac{h_1}{h_2}\right)^d]} \quad (1)$$

2.3 압연 장력에 의한 폭변화

압연중의 과장력과 mass flow 불균형 등에 의해 작용 하는 장력에 의한 Bar 및 Strip 의 길이 방향 Creep변형에 의한 폭 수축량을 규명하기위해 장력에 의한 RU 와 사상압연기 Stand간의 수축 예측식을 다음과 같이 유도하였다.

$$\sigma = A \cdot \epsilon^n \cdot \epsilon^m \quad (2)$$

식 (2)에서 $\dot{\epsilon} = \frac{d\epsilon}{dt}$ 의 조건을 대입하여 ϵ 에 대해 정리하면

$$\epsilon = e^{\left\{k_1 - \frac{24827}{T+273}\right\} \sigma^{3.94} t^{0.398}} \quad (3)$$

단, t : 장력 부과 시간(sec), σ : Stand간 장력 (kg/mm²), T: 온도이다.

길이방향 연신을 대비 폭방향의 연신을 관계식을 유추하기 위한 실험으로 폭방향의 연신율은 다음식과 같이 구해진다.

$$\epsilon_w = -0.45\epsilon \quad (4)$$

2.4 압연중의 온도변화에 의한 폭변화

미니밀 공정에서 소재의 온도에 따른 팽창량의 계산에 의한 폭계 설정 및 공정별 폭변동량을 요인별로 구하기 위해서는 강종별로 온도에 대한 정확한 선팽창 계수식이 필요하다. 강종에 대해 환산된 ferrite 및 austenite의 단상역의 열팽창을 $\epsilon^{th}(T)$ 측정결과를 이용하여 다음식과 같이 ferrite는 온도의 2차 함수로 austenite는 온도의 1차함수로 최소자승법에 의해 계수화한 것이다.

$$\epsilon^{th}(T) = a_1 T + a_2 T^2 \quad (\alpha \text{ 역})$$

$$\epsilon^{th}(T) = a_3 T \quad (\gamma \text{ 역}) \quad (5)$$

$$\epsilon^{th}(T) = K - (a_1 - a_3)T - a_3 T^2 \quad (\gamma/\alpha \text{ 혼립역})$$

3. 박슬라브 열간압연에서 폭거동 해석 결과

3.1 압연기에서의 폭퍼짐량 계산

압연기에서 Draft schedule이 변화 하기 때문에 압하율을 변화 시킴에 따라 폭퍼짐량을 계산해야 하며, Fig. 2는 압연기 #1에서 압하율을 30%에서 40%로 압연할 때의 폭퍼짐량을 계산한 것이다. 30% 압연시 4.927mm만큼 폭이 퍼지며, 40 % 압연시 7.755mm 로 폭이 퍼지는 것을 관찰 할 수 있다. Fig. 3은 압연기 #1에서 30% 압연후 압연기 #2에서 최종 두께가 30mm 에서 20 mm로 될 수 있는 압하율을 기준으로 계산한 것이다. 이때 최종 Bar 두께가 30mm일 때조압연기에서의 총 폭퍼짐량이 8.5mm정도이며, 20mm일 때 14.3mm정도 폭이 퍼지는 것으로 관찰 되었다.

Fig. 4는 압연기 #1에서 40% 압연후 압연기 #2에서 최종 두께가 30mm에서 20 mm로 될 수 있는 압하율을 기준으로 계산한 것이다.

3.2 미니밀 공정에서 폭에측 시스템 개발

앞에서 언급한 미니밀 공정에서의 폭의 변화를 총합하여 최종적으로 연주의 모듈드 설정폭을 결정하고 연주공정에서 필수 불가결하게 주속을 변동시키며 주속을 상향

시키려는 방향으로 작업을 수행하면 동일 연연주내에 폭이 크게 변화 하므로 결과에 따라 폭 수요가를 다변화 시킬 필요가 있다. 각 공정에서의 폭변동요소의 계산 결과와 측정 결과는 Fig. 6과 같이 주어진다.

4. 결론

수요가의 요구폭대비 미니밀의 전공정의 폭거동을 관찰하여 모듈드 설정폭을 결정하는 미니밀 폭 예측 시스템을 개발했다.

5. 참고문헌

- 1) 松本雄美 : 日本鐵鋼協會技術講座, 1980, p.56-59.
- 2) 芝原 隆 外: 第 35回 塑性加工 連講會(1984),p277.
- 3) V.B. Ginzburg : Rolling Mill Technology series, 1989, Vol.3, p.1-36
- 4) A.W. McCrum : BISRA Report MW/AL, 10/56
- 5) Z. Wusatowski : Iron and Steel, 1955,Vol.28,p.49-54

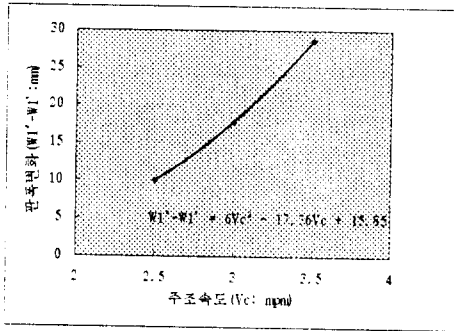


Fig. 1 The relationship between casting speed and spread width.

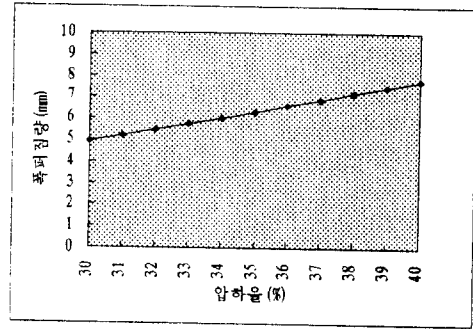


Fig. 2 The spread width according to reduction ratio of #1 roughing mill.

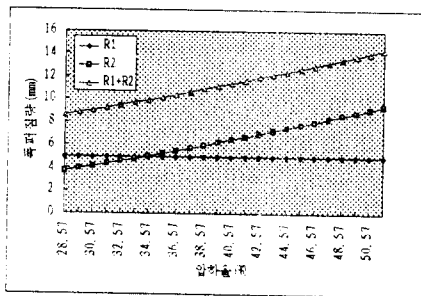


Fig. 3 The spread width according to reduction ratio of #2 roughing mill.
(R1: 30% , ΔW : 4.927mm)

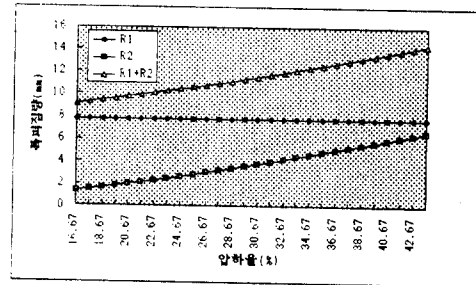


Fig. 4 The spread width according to reduction ratio of #2 roughing mill.
(R1: 40% , ΔW : 7.755mm)

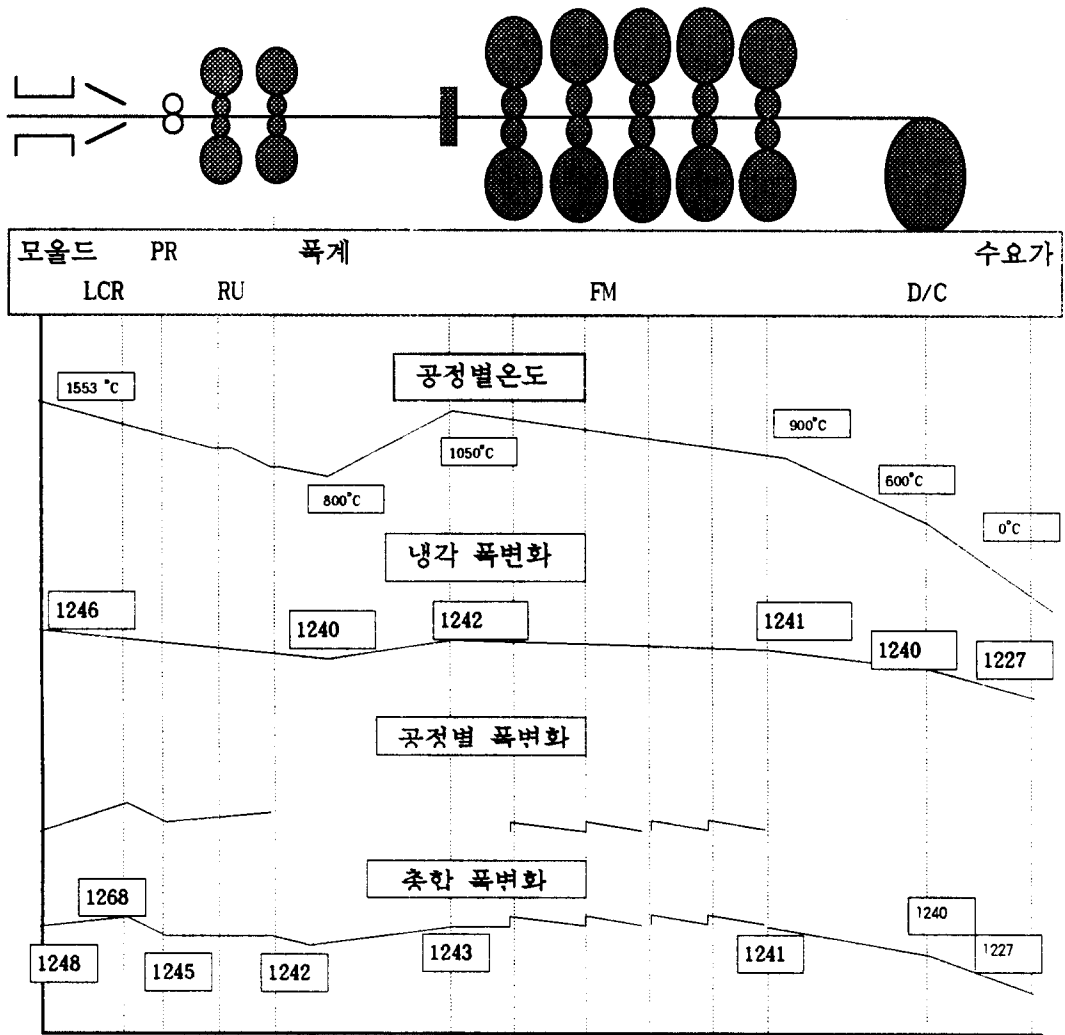


Fig. 5. The result of width prediction system in mini-mill.