

후판압연에서의 형상제어의 고도화

김영현*, 남구원
후판기술팀*, 후판부, 포항제철

HIGH LEVEL SHAPE CONTROL FOR PLATE ROLLING BY USING PAIR CROSS MILL

Y.H.KIM*, G.W.NAM
Plate Technical Team, Plate Rolling Dept.POSCO

Abstract

The plate crown and shape control of plate rolling has become important to obtain not only improved quality but also better yield of products and higher work ratio of rolling. Therefore, the development of a new plate crown and shape control system has been demanded in plate rolling mill.

The 3rd Plate Rolling Works of POSCO introduced the new unique system "Pair Crossed Rolling Mill (abbreviated as PC MILL)" to meet this requirement on 1997. This PC mill has a large capability of crown control, and has shown great improvement in plate shape and crown control.

This paper describes specifications and construction of the PC MILL with the unique roll crossing device, the plate crown and shape control system with the preset and learning control, and the actual performance on 3rd plate rolling works of POSCO in Korea

Key words: Plate rolling, Plate crown, and Shape control, Pair Cross Mill

1. 서론

후판압연은 가역식 압연기를 사용하여 복수의 압연Pass를 통하여 Slab를 Plate로 제조하는 공정을 의미하며 최근 더욱 엄격해진 수요가의 요구에 대응하여 보다 엄격한 제품의 치수정도 및 형상정도를 관리하고 있다. 후판압연에서의 형상제어의 정도를 판단할 수 있는 변수항목으로 평탄도와 Crown을 들 수 있으며 이들의 얼마나 정확히 제어하는냐는 후판제품의 형상정도향상에 결정적인 영향을 미친다.

후판압연에서 압연판재의 Crown은 판폭방향 두께분포를 의미하며 이는 압연판재의 평탄도에 큰 영향을 미치며 또한 최종제품의 판Crown을 적절히 유지하는 기술은 치수정도 및 실수율 향상에 중요하다. 압연시의 판Crown은 고온 압연판재들을 압연하면서 서서히 변화하는 압연롤의 마모, 팽창, 수축등의 현상과 압하력 및 해당Pass에서의 압연판재의 폭 등의 영향받는 압연기 탄성변형, 그리고 롤의 초기Crown등에 의하여 영향을 받게 되므로 후판압연에서 판Crown 및 형상제어기술을 확립하기 위해서는 이들 주요인자들에 대한 정량적인 예측이 필요하다.

본 연구에서는 판의 형상제어를 위하여 롤 마모 및 팽창과 수축이 발생하는 경향과 거동을 분석하고 여기에 영향을 미치는 인자들로 롤의 마모, 팽창, 수축 Profile 예측모델을 구성하여 판 폭 방향으로 각각의 Profile분포를 예측하고 이를 전체적인 롤 Profile 변동을 예측하는데 사용하였으며, 분할모델을 이용한 4단 압연기의 롤탄성변형해석을 통하여 압연조건들이 판Crown에 미치는 영향을 분석하여 분석결과에 따라 후판 Pair Cross Mill과 롤 Bender를 제어하고, On-line 압연 중에 판Crown 등을 실측하여 학습수정하는 기능을 첨가함으로써 여러가지 압연조건에 대응가능한

보편성이 높은 System을 구성한 사항을 제시하고자 한다.

2. 본 론

2.1 후판 Pair Cross Mill 설비개요

포항제철소 3후판공장은 '99.9월 준공하면서 표1과 같이 PC Mill을 도입하여 가동하고 있으며, 이 Pair Cross Mill 적용특징으로는 크게 다음 2가지를 들수있다.

첫째, 광범위한 형상 및 Crown 제어능력으로, PC Mill에서는 상하 작업롤과 백업롤을 압연방향에 대하여 Pair로 Cross시킴으로서 등가Crown량을 제어하며 등가Crown량은 아래 그림에 표시된 바와같이 판폭 및 Cross각의 제곱승에 비례하므로 판폭이 클수록 Cross각의 변화에 따른 제어효과가 크고 Crown 제어범위 또한 현저히 확대된다.

둘째, 고효율압연으로서, PC Mill에서는 Cross각도를 적절히 설정하고 해당 Pass에 Bender력을 조정함으로써 압연하중과는 독립적으로 압연폭에 대응되는 적정Crown, 형상제어가 가능하게 된다. 따라서 종래의 형상조정 Pass (Crown 및 형상을 확보하기위해 압연 하중을 제한한 경압하 Pass)를 할 필요가 없이 계속적으로 강압하 압연이 가능하게 된다. 따라서 압연과정중에서 Pass 수를 감소시킬 수 있어 압연효율의 대폭 향상이 가능하게 된다.

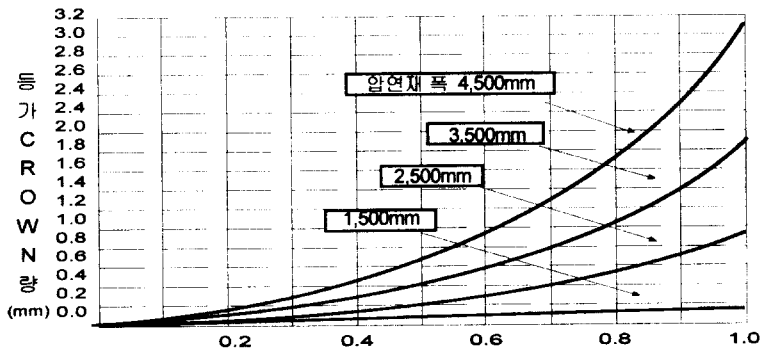
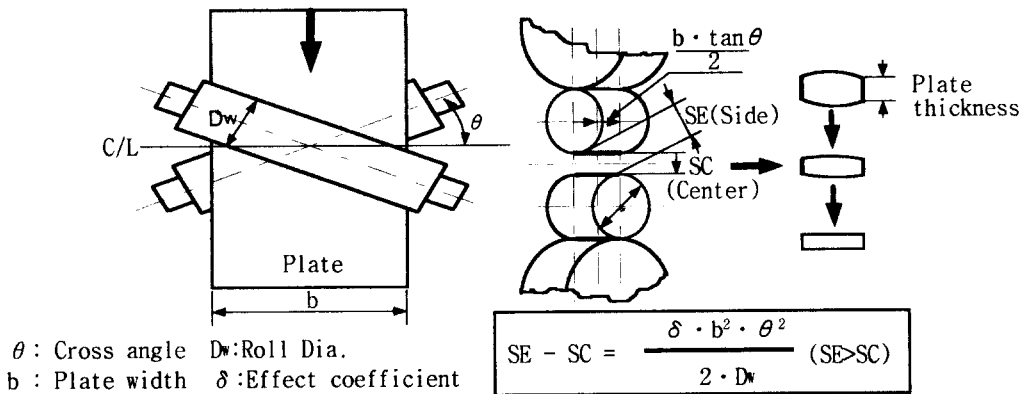


Fig.1: Crown control capability of PC mill

2.2 제어시스템 구성

다음은 PC Mill의 제어시스템을 설명한 그림이다.

제어시스템은 Pass Schedule과 연계하여 Pass Schedule에서 계산한 압연하중, 목표두께, Pass 수, 압연재온도 등의 Primary Data를 기준하여 날판 Crown, Crown비율변화, 급준도 등을 PC Model 내의 각 요소모델에 의해 예측하여 제품형상 및 Crown이 최적치가 되는 상태에서의 PC각, Bender력 등을 설정한다. 그리고 설정치를 수행한 후의 각 압연패스의 압연하중, 날판두께, Crown 등의 실적치를 수집하여 실적학습을 통한 모델 예측치의 수정을 행함으로써 고정도 형상제어 압연을 실현한다.

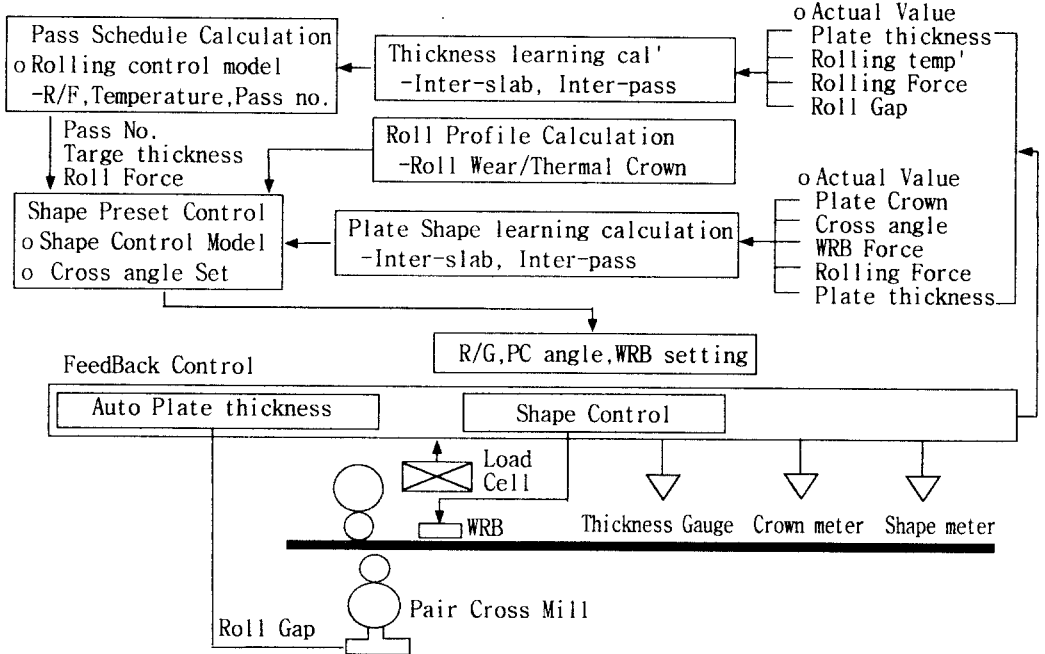


Fig.2: Functional configuration of process computer system

2.3 기본이론

PC Mill의 최대특징은 Crown을 독립적으로 제어하고 압연형상을 최대한 flat하게 하기위하여 압연재 Crown형상을 고정도로 추정할 필요가 있다.

압연후의 판Crown은 압연기의 변형특성과 압연재의 변형특성에 의하여 결정되며, 압연재의 변형특성에 의한 판Crown 추정식은 다음식에 의해 구해진다.

$$Ch(i) = \frac{\zeta(i) \times \{C(i) - C\theta(i)\}}{a} + \frac{\eta(i) \times \{h(i)/h(i-1)\}}{b} \times Ch(i-1)$$

여기서, ζ 는 판Crown전사율, η 는 Crown비율유전계수, $C\theta$ 는 PC각에 의한 등가Mechanical Crown을 의미하며, a 항은 판폭방향으로 균일한 압연하중이 작용한다고 가정하여 압연기의 변형특성($C(i)$)과 PC각과의 관계를 표현하며, 압연기의 변형특성계산에서는 롤 마모 및 팽창, 수축항과 작업롤의 초기Crown값등이 포함되어 계산된다.

b항은 전Pass계산결과가 현재 Pass에 유전되는 정도를 표현한 것이다. 그리고 압연후의 판형상(연신율)은 연신율차 $\Delta \epsilon$ 또는 급진도(파고/파장) λ 로 나타내고, 파형상을 정현파를 가정하면 $\Delta \epsilon$ 과 λ 사이에는 다음식이 성립된다.

$$\Delta \epsilon = (\pi/200)^2 \lambda^2$$

이때의 압연후의 판형상($\Delta \epsilon$)는 Crown비율변화로부터 형상변화계수(ξ)를 사용하여 다음식으로 표현된다.

$$\epsilon(i) = \xi(i) \times \{Ch(i)/h(i) - Ch(i-1)/h(i-1)\} + \eta \epsilon(i) \times \epsilon(i-1) + \epsilon_c(i)$$

여기서, η 는 형상유전계수, ϵ 는 연신율차, ϵ_c 는 연신율차 정수를 의미한다.

PC Mill에서는 전체 Pass에서 형상flat($\Delta \epsilon=0$)를 목표로 하며, 즉, Crown비율일정법칙의 실현을 목표로 한다. 이를 위하여 상기식을 이용하여 Cross각의 허용한도내에서 형상이 확보되는 최적 Crown을 결정한다. 다음의 그림은 PC각 조작상 제한치와 최적의 형상 확보를 목표로한 각Pass에서의 Cross각과 Bender력을 결정을 나타내고 있다.

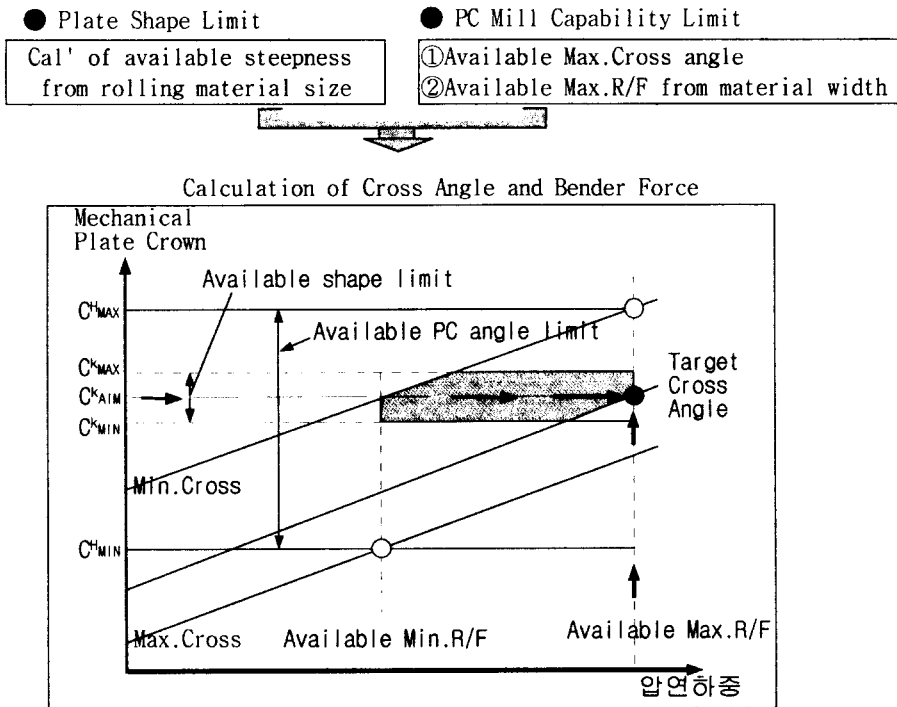


Fig.3: Calculation of Cross angle and Bender force per 1Pass

3. 결 론

포항제철소 3후관공장에서는 Pair Cross Mill이 보유한 강력한 Crown 제어능력을 적절히 사용

하기 위하여 형상 및 Crown 이론해석Model에 기초하여 구축된 On-Line 제어시스템에 의해 강압하인 동시에 Crown 비율 일정압연을 추구하는 Pair Cross Pass Schedule Model을 사용하여 최소 Pass 수에서의 고정도,고효율 압연을 실현하고 대폭적인 판 Crown 감소(PC前80 μ m --> PC설치후40 μ m)와 함께 실수율 향상 및 압연효율의 향상을 도모하였다.

참고문헌

- 1.K.Kokai, Y.Kako, M.Ataka, T.Kikuma, M.Koike and K.Nakajima:"Shape control system for plate mills and influential factors for that";Journal of the JSTP,vol.25 no.284 (1984-9),pp.813-818
- 2.T.Kawanami and H.Matsumoto:"Development of various methods of shape and crown control in strip rolling";Journal of the Iron and Steel Institute of Japan,vol.69 no.3(1983, pp.348-356
- 3.K.Kokai,Y.Kako,M.Ataka and K.Nakajima:"Accuracy of plate thickness in plate mills" ;Journal of the JSTP,vol.25 no.286(1984-11),pp.981-986
- 4.H.Shiozaki;"An analysis of roll bending for a four-high mill"; Journal of the JSTP, vol.9 no.88(1968-5),pp.315-323