

냉연공정 자동형상제어를 위한 점 냉각 제어 기술 Spot Cooling Control for Automatic Shape Control System in Cold Rolling Mill

*#박정훈¹, 이규택¹, 심민석², 이성진¹

*#J. H. Park(jhpark00@posco.com)¹, G. T. Lee¹, M. S. Shim², S. J. Lee¹

¹ 포스코 기술연구원, ² 포스코 EIC 기술부

Key words : Cold Rolling Mill, Automatic Shape Control, Spot Cooling Control

1. 서론

최근 철강 냉연소재 수요자들은 갈수록 박물, 광폭, 고강도 제품을 요구함 동시에, 보다 엄격한 판재의 두께 및 형상품질을 요구하고 있다. 박물, 광폭, 고강도 판재를 생산하기 위해서는 소경의 작업롤(Work Roll)을 이용하여 비교적 큰 압하율로 작업을 해야 하기 때문에 롤의 휨 변형으로 인해 높은 형상품질의 제품을 생산하기 어렵다. 물론 냉간 압연에서 형상이 불량하더라도 후처리 공정인 조질 압연기(Skin Pass Mill) 및 장력 형상 조정기(Tension Leveller)를 이용하면 일반강의 경우 판 형상품을 교정을 통해 수요자의 요구수준에 만족시킬 수 있으나, 고강도강의 경우 형상품질 개선에 한계가 있고 Full Hard 재의 경우는 냉간 압연 후 바로 제품이 되기 때문에 냉간 압연기의 판 형상제어 성능이 매우 중요시 된다.

이와 같은 이유로, 높은 형상품질의 냉연제품을 생산하기 위해 요구되는 형상제어 성능을 갖춘 새로운 자동형상제어(Automatic Shape Control, ASC) 시스템을 개발하여 포항 1 냉연 공장에 설치하였다. Fig. 1 에선 포항 1 냉연 공장의 개략적인 배치도를 보여주고 있다. 포항 1 냉연 공장은 총 5 개의 압연기가 연속적으로 배치되어 있다. 앞쪽 4 개의 압연기는 4 단 압

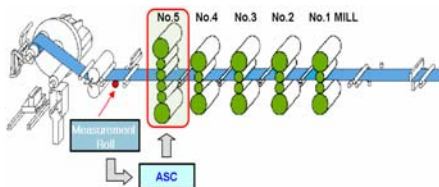


Fig. 1 Layout of tandem cold rolling mills

연기 형태이고 마지막 압연기는 6 단 압연기 형태로 판 형상 개선을 위해 개발된 자동형상제어 시스템이 설치되어 있다.

본 논문에서는 우선 포항 1 냉연 공장에 설치된 자동형상제어 시스템에 대해 간략히 소개한다. 그 후 보다 엄밀한 냉연 판재 형상품질 개선을 위해 개발된 점 냉각 제어 기술에 대해 논하고, 실제 적용한 결과를 알아본다.

2. 냉연 공정 및 자동형상제어

포항 1 냉연 공정에 설치된 6 단 압연기의 자동형상제어 시스템은 작업롤 및 중간롤의 굽힘(bending), 기울임(skewing), 이동(shifting), 그리고 점 냉각 장치로 이루어져 있다. Fig. 2 는 자동형상제어 시스템의 간략한 구성도를 보여준다. 자동형상제어 시스템에 적용된 제어 알고리즘은 목표 형상정보와 형상 계측기로부터 측정된 실제 형상정보의 차이로 계산된 형상오차를 최소화하기 위해 가중 최소자승법과 비례적분(PI) 제어기법을 활용한다. 형상오차를 가중 최소자승법으로 평가한 후, 그 평가값으로부터 작업롤 및 중간롤의 굽힘, 기울임, 및 이

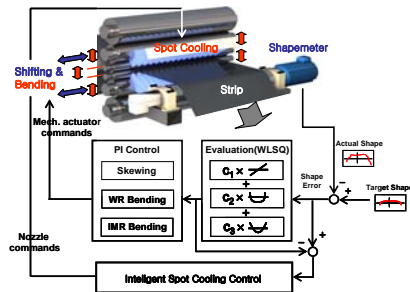


Fig. 2 Automatic shape control system in 6-high mill

동에 관한 각각의 제어량을 결정하게 된다. 각 장치들은 최종적으로 PI 제어기에 의해 효과적으로 목표 형상을 추종한다. 앞서 다룬 기계적 자동형상제어 장치로 개선할 수 없는 잔류 형상결함을 줄이기 위해, 점 냉각 제어 시스템이 활용된다. 점 냉각 제어 시스템에 관해선 다음 절에서 보다 자세히 살펴보도록 한다.

3. 점 냉각 제어 기술

높아지는 수요자의 냉연 판재 형상품질을 만족시키기 위해서, 보다 정밀한 점 냉각 시스템의 제어 방안이 요구된다. 특히, 연속된 압연으로 작업물의 열 크라운에 의해 발생하는 국부적인 형상결함을 개선하기 위해선 점 냉각 제어 기술이 반드시 요구된다.

냉간 압연 중 판의 실제 형상정보는 ABB Stressometer®를 이용하여 계측한다. 포항 1 냉연 공장에 설치된 형상 계측기는 판의 폭 방향으로 30 개의 구역으로 나뉘어져 I-unit 단위로 측정 가능하다. 이와 대칭으로 물 분사 시스템이 30 개의 구역에 각각 설치되어 있다. 새롭게 개발된 점 냉각 제어 시스템의 알고리즘은 다양한 요구사항을 보장해야 한다. 첫 번째 요구사항은 연속된 냉간 압연공정의 안정적인 작업을 위해 일관된 압연기의 윤활 조건을 유지해야 한다. 따라서 작업 중인 냉연 판의 폭 크기(물 분사 시스템의 유효구역) 절반에 해당하는 물 분사 구역만 냉각 장치를 사용할 수 있다. 두 번째 요구사항은 과 냉각된 영역의 경우 판재의 심각한 형상품질 결함 방지를 위해, 일정 임계값 기준을 설정하여 냉각 구역의 활성화/비활성화를 결정해야 한다. 세 번째 요구사항은 국부적인 형상결함에도 원활한 압연 조건을 만족시키는 균일 냉각 제어 알고리즘이다. 특히, 저속 압연 중 판재의 선단부에 자주 발생하는 국부적 형상결함을 억제하는 동시에, 안정적인 압연 윤활조건을 만족시키는 기술이 요구된다.

Fig. 3 에서 상단 첫 번째 그래프는 냉간 압연 판재의 형상정보 결함을 보여준다. 붉은색 부분은 연신이 크을 표시하고, 파란색 부분은 연신이 작음을 표시한다. 두 번째 및 세 번째 그래프는 형상정보 결함이 첫 번째 그래프와

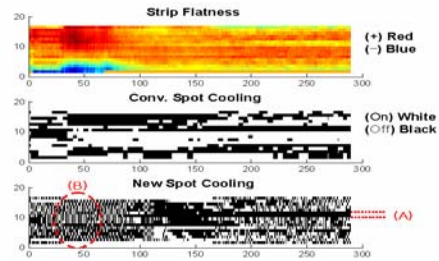


Fig. 3 Characteristics of new spot cooling system

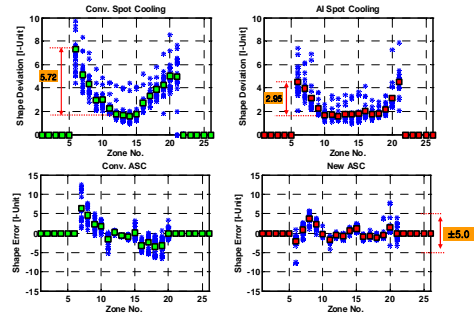


Fig. 4 Performance of new ASC compared with conventional ASC

같은 경우, 기존 및 새롭게 개발된 점 냉각 제어 알고리즘에 의한 점 냉각 제어 패턴을 보여준다. 세 번째 그래프에서 표시(A)는 일정 임계값을 기준으로 약 150 초부터 300 초까지 냉각을 비활성화한 부분을 나타내며, 표시(B)는 선단부 편파 형상결함에도 냉각 패턴을 판 폭 방향으로 균일하게 나타남을 보여준다.

4. 결론

Fig. 4 은 포항 1 냉연공장에서 개발된 점 냉각 제어 알고리즘이 포함된 자동형상제어 시스템을 적용한 결과를 나타내고 있다. 상단 그래프는 평균 형상결함 편차가 약 48% 향상되었음을 확인할 수 있고, 하단 그래프는 냉연 판재의 길이 방향에 따른 평균 형상결함이 ± 5 I-Unit 내외로 수렴함을 보여주고 있다.

참고문헌

1. Akihiko F., et al, "Development of shape control system for cluster-type cold reduction mill," Iron and Steel Engineer, 34-40, Oct. 1991.