

선재압연공정에서의 선단부 Crop Loss최소화를 위한 절사량 제어시스템 개발

Development of Cutting Length Control System for Crop Loss Minimization of Head end in Wire Rolling Process

이상호, 손봉호*

*포항종합제철 주식회사 기술연구소 계측제어연구팀 (Tel:0562-220-6296; Fax: 0562-220-6914;
E-mail: pc546723@smail.posco.co.kr)

Abstracts Cropping of head and tail ends of rod in wire Rolling Process is required to avoid roll damage, and prevent cobbles. In order to reduce the crop loss, the new crop control system for rotary shear of Wire rolling Process has been developed. Performance shows the developed system cut precisely within setting length. As a result, It is expected to increase the yield ratio of products about 0.2 percent and stabilize the operational condition.

Keywords. Rotary Shear, Wire Rolling Process, Crop Loss

1. 서론

선재 압연은 가열로에서 추출된 빌레트 소재가 공형을 가진 각 반대 방향으로 회전하는 2본의 롤(Roll)사이에서 소재를 치입시켜 단면을 축소하고 길이를 증대하여 원하는 제품을 제조하는 공정이다. 소재는 여러 개의 스탠드를 통과하면서 수 패스의 압연을 거치게 되면 소재의 선·후단부 형상은 매우 불량스럽게 된다. 이러한 소재의 선·후단부를 절단하여 다음 스탠드로의 치입을 원활하게 하고 코블(Cobble)이 발생하는 것을 줄인다. 그러므로 선재공장에서의 Crop 절사공정은 제조공정상 중요한 의미를 갖는다. 현재 포항 3선재공장의 경우 No. 5, 11, 19스탠드 후단에 절단기(Shear)를 설치하여 소재의 선·후단부를 절단하고 있다. Crop 절사량은 스케일(Scale) loss와 함께 실수율(Yield ratio)을 저하시키는 주된 요인으로 Crop loss가 과다할 경우 제품 실수율에 상당한 영향을 미치게되며 특히, 소재의 단면적이 큰 No. 5 스탠드 후단의 경우는 더욱 크다.

기존에 사용하고 있는 Crop 절사제어 시스템(PLC 제어)은 소재 선단부를 HMD(Hot Metal Detector)로 감지하고 소재의 이동거리를 스탠드속도로 부터 계산하여 사용하고 있다. 이러한 시스템의 문제점은 스탠드속도와 소재의 이동속도가 다르다는 것이다. 이 차이는 근본적으로 선진을 만큼 속도차가 존재하는데 이로 인해 생겨나는 소재의 이동거리 오차를 기존시스템에서는 감안할 수 없다는 것이다. 실제 소재의 이동속도는 압하량, 스탠드간 장력, 온도, 롤 마모상태 등의 다양한 조건에 따라 변할 수 있기 때문에 이러한 parameter변화에 대해서도 대응할 수가 없다. 또한 이는 동일소재의 압연조건하에서도 슬립(Slip)발생으로 인해 Crop 절사길이가 달라지는 경우가 발생한다. 다른 하나의 문제점은 센서 오작동이다. HMD가 수증기, 먼지 등의 주변환경 및 계절에 따라 측정감도가 달라지는 특성을 가진다. 이러한 문제점 때문에 일본제철소와 비교하여 실수율이 떨어지고 있는 실정이므로 이를 해결하기 위한 대책의 수립이 절실히 요구된다.

따라서 본 연구에서는 소재의 이동속도를 직접계측 할 수 있는 장치를 개발하고, 입력된 Crop 길이로 절단 가능한 Cutting time을 출력하는 새로운 Crop 제어 시스템을 개발하였다. 그리

하여 Crop loss에 비중이 가장 큰 No. 5 스탠드 후단에 설치하여 제품의 실수율 향상, 조업 안정화, 및 생산성 향상을 꾀할 수 있으리라고 기대된다.

2. 기존의 Crop제어 시스템

2.1 공정의 개요

가열로에서 추출된 소재가 그림 1에서와 같이 No. 4 스탠드에 치입되면(a 지점) Cut memory신호가 발생하여 Cut interlock을 ON 시킨다. 이후 소재가 No. 5 스탠드를 통과한 소재는 HMD로부터 감지되고(b 지점) 이때부터 스탠드의 속도를 적분하여 소재의 이동거리를 계산한다. Shear의 Blade이동거리를 고려한 시점 이전에 Cutting 신호가 ON된다.(c 지점) 이 신호가 ON되면 Shear 모타로 속도 기준치가 출력되고 결국 소재의 선단부가 절단된다.(d지점)

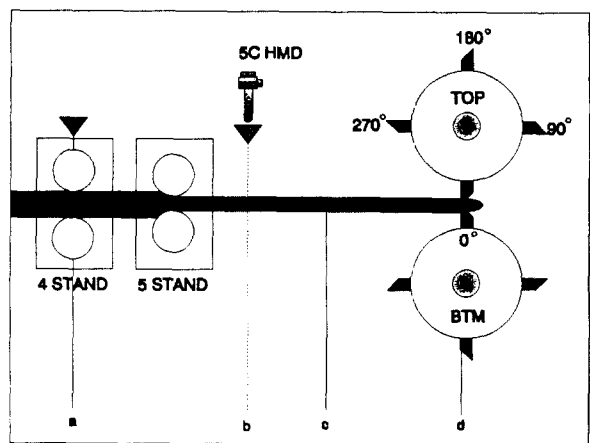


그림 1. Cutting 진행 과정도

2.2 제어 알고리즘

스탠드를 통과한 소재의 불량스러운 선단부를 절단하기 위

해서는 소재의 선단부를 HMD가 감지하고 소재의 이동거리를 스탠드 속도의 적분으로 계산하여 원하는 Crop 길이 Set로 절단하게 된다. Crop Cutting time을 결정하는 기존의 알고리즘에 대해 살펴보면 식 (2-1)과 같이 표현 가능하다.

$$L_1 + C - \Delta L = y + v_5 (T_a + T_b) \quad (2-1)$$

여기서, y : 소재 이동거리
 v_5 : No. 5스탠드 속도
 L_1 : HMD와 Shear사이의 거리
 C : Cut 길이
 ΔL : 시간지연을 보정하는 항
 $T_a + T_b$: Blade의 이동에 대한 실제소재의 이동거리 계산치

제어 알고리즘상의 Cut되는 시점을 살펴보면 아래와 같은 식을 만족할 때 Shear로 Cutting 신호가 출력된다. 이를 그림2와 같이 Flowchart로 표시하였다.

$$y \geq C + L_1 + B - v_5 (T_a + T_b) - \Delta L \quad (2-2)$$

여기서, B : BIAS

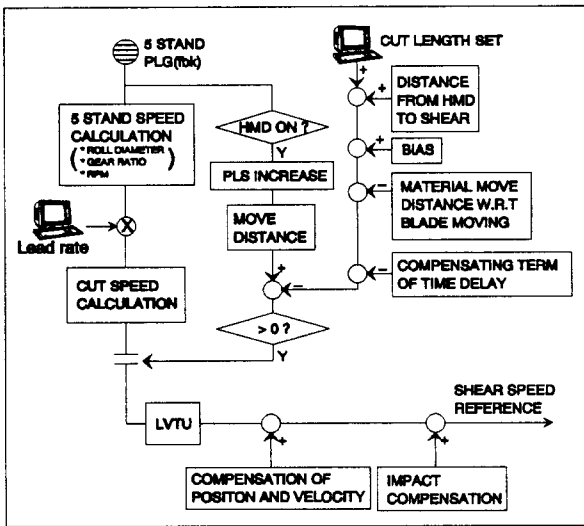


그림 2. Cutting time을 결정하는 제어로직

2.2 기존 Crop 제어 시스템의 문제점

기존 시스템을 사용하여 Crop을 제어함에 있어 가장 큰 문제는 소재가 이동한 거리계산의 기준점인 HMD로부터 시간경과에 대한 소재 선단부 위치를 No. 5스탠드 속도를 기준으로 한다는 것이다. 즉, 소재의 선단부 속도와 스탠드속도는 같다고 하는데서 문제점이 발생한다. 스탠드 속도는 Roll bite영역의 중립점에 해당하는 속도로 선진율이 더해지는 소재 출측에서의 속도보다는 작다. 따라서 이러한 속도 차로 인하여 소재가 HMD를 통과한 시점에서부터 시간이 경과할수록 예측 이동거리와 실제 소재의 이동거리사이에는 오차가 점점 커지게 된다. 이외에 설정값과 실제 Crop길이사이의 오차발생 요인으로는 HMD 응답시간, 계절별에 따른 - 증기나 먼지에 따라 응답시간이 달라지는 - 오동작, Shear Blade의 응답시간 등을 들 수 있다.

기존 시스템에서의 Crop Loss 발생현황을 조사하기 위해 약 3개월에 걸쳐 실제 절단된 Crop을 채집하여 Crop길이를 측정하

고 그때의 Crop set치와 비교하였다. 그림 3은 이 결과를 정리하여 나타낸 것으로 측정값의 길이는 대체적으로 200mm 전후인 것으로 나타났으며 설정값의 편차는 70mm 정도로 나타났다. 이는 기존에 사용중인 시스템에서의 소재속도와 스탠드속도와는 차이가 나타나는 것을 의미하며 이에 따라 작업자가 Crop Set값을 자주 조정하여 작업을 하고 있으며 이 결과 작업불만의 요인으로 작용하고 있다.

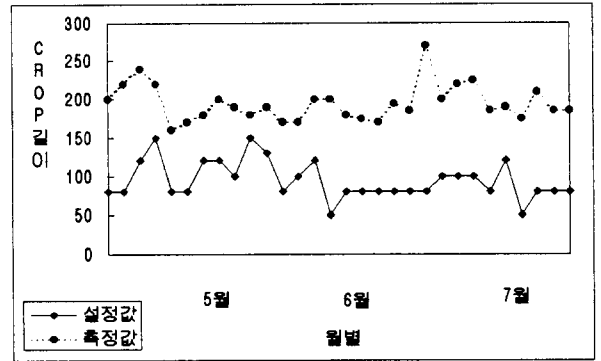


그림 3. 기존 시스템에서의 Crop길이 비교

따라서 기존의 시스템으로는 신뢰성이 떨어지므로 Cobble발생 소지를 미연에 방지하는 목적으로 보다 여유 있게 설정값을 Set해서 Crop을 절단하는 경향이 있었다.

3. 새로운 Crop제어시스템의 개발

3.1 시스템의 개요

개발된 시스템의 전체적인 구성은 그림 4에 나타난 바와 같이 두부분으로 나눌 수 있다. 소재의 선단부를 검출할 수 있는 센서와 앰프부, 전원공급장치, 센서로부터의 출력신호 통신부분, 고온의 주변환경에 센서가 견딜 수 있도록 하는 냉각장치, Scale이나 분진 등이 Head부분에 부착하지 않도록 하는 부대장치 등을 현장에 설치하였다. 또한 신호의 입력과 기존시스템과의 Data를 통신하여 소재의 이동속도와 최적의 Cutting time을 결정하는 부분, Cutting 신호 및 새로운 시스템의 이상유무를 출력하는 부분들이 전기실에 설치가 되어있다.

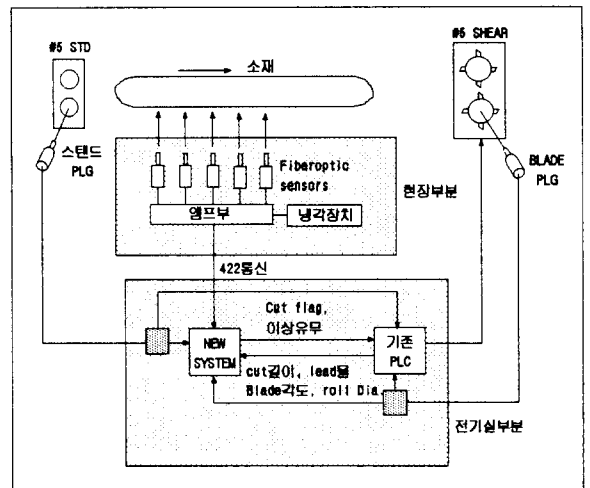


그림 4. 새로운 Crop 제어 시스템의 구성

Crop 절단작업이 이루어지는 No. 5스탠드 출측에서의 소재는

약 1000 °C로 고온일 뿐만 아니라 소재로부터의 미세한 Scale등이 비산하므로 센서의 사용환경이 매우 열악하다. 그러므로 센서를 보호하고 냉각이 가능한 장치가 설치되어 있다.

3.2 새로운 제어 알고리즘

기존의 Crop 제어 알고리즘과 다른 차이점은 크게 2가지이다. 하나는 소재의 이동거리를 계산하는데 광센서들에 의해 실측된 속도값을 이용하여 Cutting 신호를 발생하게 하는 것이다. 다른 하나는 조업자가 입력한 Crop 길이대로 절단작업이 수행되며 BIAS와 같은 보정항이 필요 없다는 것이다. 광센서를 이용하여 소재의 선단부 이동속도를 계측하고 기존의 PLC와의 통신으로 Set치 Data를 입력하여 적절한 Cutting Time을 결정하는 방법은 수식은 식(3-1)과 같다.

$$L_1 + C = y + v(T_a + T_b) \quad (3-1)$$

$$T_a + T_b = \frac{v_s a}{2\beta} + \frac{L_s}{v_s a} \quad (3-2)$$

여기서 a : Lead rate
 β : Acceration rate
 L_s : Shear의 반원주

4. 실험 결과

본 논문에서 수행한 시스템의 성능을 검증하기 위하여 개발된 시스템을 현장 적용하여 실험을 수행하였다. 그림 5는 개발된 시스템과 기존 시스템과의 Crop 길이를 비교하여 보인 것이다. 그림에 표시된 것처럼 Crop 설정값은 130mm로 하였다. 새로운 시스템으로 절단된 Crop 측정값은 설정값과 유사한 130mm 정도로 절단되었으나 기존 시스템에 의해 절단된 Crop 측정값은 이보다 50mm정도가 길게 절단되었음을 알 수 있다.

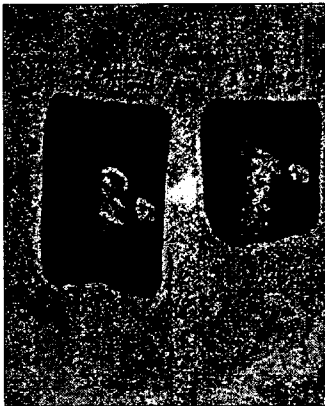


그림 5. 기존시스템과 개발된 시스템의 Crop 비교

개발된 시스템에 대한 분포상태는 정규분포와 유사한 형태를 나타내며 설정값에 대해 ±20mm의 오차 내에 90%이상의 신뢰성을 가지고 ±50mm 내에는 98%의 신뢰성을 가짐을 알 수 있었다. 이는 기존시스템에 비해 실수율이 0.2%정도 향상되었고 이를 연간 생산량으로 계산하면 약 1500Ton에 해당한다. 그림 6은 새로운 시스템이 전기실에 설치된 모습을 나타낸다.

5. 결론

선재 압연공정에서의 Crop loss를 줄이기 위해 소재의 이동

속도를 계측하여 적절한 Cutting time을 출력할 수 있는 새로운 Crop 제어 시스템을 개발하였다. 기존 시스템에 비해 설정값에 대한 편차를 대폭 감소시켜 실수율 증가로 인한 생산성 향상 및 운전자 부하감소 등을 꾀할 수 있었다.

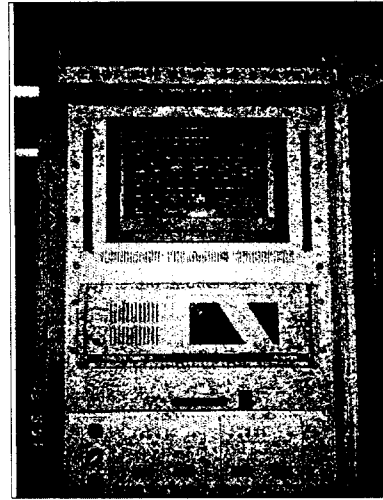


그림 6. 새로운 Crop 제어 시스템의 설치모습

참고문헌

- [1] M. H. B. Pearson, "Microprocessor-based automation of rotary crop shear", *Iron and Steel engineering*, 1984.
- [2] V. N. Khloponon, V. B. Chuprov, A. D. Belyanskii, Z. P. Karetnyl, and V. G. Ermolaev, "Crop ends of rolled semis on hot wide strip rolling mills", *Steel in the USSR*, 1986.
- [3] Peter W. Loose, "Crop shear optimization and control", *Iron and Steel Engineering*, 1984.
- [4] NKK 福山製鐵所 土屋義郎, et al, "Improvement of Crop cut control in No. 1 Hot Strip Mill at Fukuyama Works", *ISIJ* Vol. 6, pp1247, 1993.
- [5] 井内和義, et al, "線材端末 Crop 切斷處理方法" 公開特許公報, 昭60-87924, 1985
- [6] 川崎製鐵(株), 青木文男, et al, "Development of On-line Bow Measuring System in Sheet Shearing Line", *ISIJ*, Vol. 3, pp1273, 1990