

강판의 자동 형상제어 장치의 특성에 관한 연구

김 순 경(동의공업전문대학 자동차과)*, 전 언 찬, 김 중 완(동아대 기계공학과)**,
김 문 경(부산대 기계설계공학과 대학원)***

A Study on the Characteristics of Automatic Flatness Control System for Steel Sheet

Soon Kyung Kim,* Eon Chan Jeon, Joong Wan Kim** Moon Kyung Kim***

Abstract

In this paper, The performance and functions of automatic flatness control system installed on the 4 hi-reversing mill and has been investigated under actual conditions. A new automatic flatness control system incorporates a measuring roll for measurement and correction calculations, hydraulic roll benders, selective roll cooling, and a programmable controller for interface and data logging. The test results are as following.

The more the exit steel strip thickness is thick, the smaller the I value, and the more it is thin, the larger the I value. And, a complex distribution of strip tension was controlled, for example, not only a quarter buckle but also a simple center wave and edge wave. Because the tension deviation is larger at acceleration speed and deceleration speed than steady speed, so automatic flatness control system of contact type is better to adopt over 450 m/min. automatic flatness control system reduces rapidly large flatness deviation. The maximum I value of strip has been decreased to 13 I, and defects caused by poor flatness have been drastically decreased. And coolant temperature for work roll cooling system on the automatic flatness control system is better to adopt about 50-55°C.

Key word : 4 hi-reversing mill (4단 가역 압연기), Automatic flatness control system (자동 형상제어 장치), Tension (장력), Flatness (평탄도)

1. 서 론

최근에는 강판의 성형과 최종 가공공정이 자동화되어감에 따라 鋼板의 平坦度 改善은 수요자의 요구에 부응하기 위한 필수 조건이 되고 있다. 강판의 형상이 불량한 형태는 압연방향으로 불균일한 연신이 생기는 것이다. 이와 같은 연신을 발생시키는 많은 인자들 중에 가장 일반적인 것은 작업롤의 초기 크라운과 압연 가공에서 생기는 마찰열에 의하여 발생하는 롤의 熱變形으로서 롤 크라운이 적절하지 않을 경우에 강판의 연신이 부위별로 다르게 나타난다.나머, 따라서 압연 가공중에 불규칙하게 발생되는 연신량을 작업자가 판단하고 롤 Bender를 사용하여 롤 間隙을 조절 할 수가 없기 때문에 강판의 자동 형상제어 장치를 설치하여 강판에 작용하는 응력분포를 자동으로 측정하고 이 값을 압연가공중에 발생하는 연신의 차이로 변환시켜 강판의 형상을 제어한다.

본 연구에서는 이와 같은 자동 형상제어 장치의 구성과 특성에 대하여 조사하고 새로운 장치의 특성이 실제 냉간압연 제품을 생산하는 압연기에 적합한지를 연구하였다. 그리고 이 장치의 성능을 확인하기 위하여 강판의 형상교정 효과를 수동 가공시와 전체적으로 비교하고, 롤 Bender와 롤 냉각장치를 별도로 구분하여 형상교정 효과를 조사하였다.

2. 자동형상제어 장치의 구성과 기능

1) 형상검출 장치

본 실험에 사용된 장치는 Fig. 1에서 보는바와 같다.

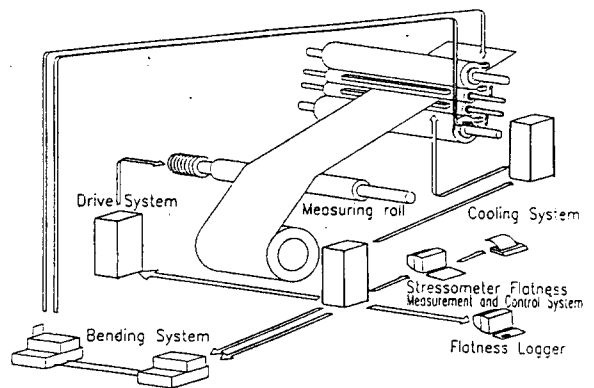


Fig. 1 Schematic diagram of automatic flatness control system

냉간 압연 강판 가공시 강판의 形狀을 檢出하는 形狀 檢出裝

置(Stressmeter)의 주요 구성품인 형상 측정봉의 내부에는 104개의 壓力 變換機가 Fig. 2에서 보듯이 같이 90° 각도로 교차된 4개의 홈을 가진 철심에 설치되어있고 그 위를 26개의 링이 덮고 있다. 링 내부에 설치된 104개의 압력 변환기중 첫 번째 변환기는 직렬로 연결되어 있으며 Fig. 2에서와 같이 150V, 2,000 Hz 의 전원이 공급된다. 그리고 여기에 필요한 강판의 폭, 두께, 경도와 장력 등은 압연기와의 인터페이스 장치로부터 제어반에 입력된다.

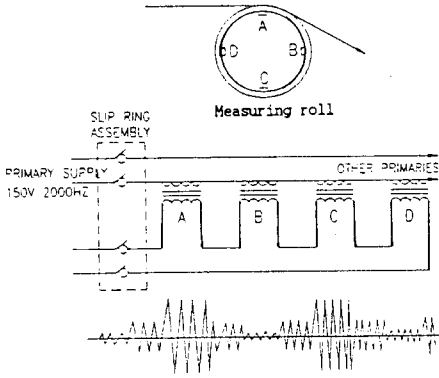


Fig. 2 Connection of transducers and typical output signal

2) 모니터(CRT Display)

냉간 압연 가공 중 모니터의 중앙부에 나타나는 수직 막대는 각 링별로 측정된 형상 측정값으로서 응력(σ)이나 I unit 값으로 수치화 하여 나타낼 수가 있다. Fig. 3에서와 같이 모니터가 초기화 되고나면 강판이 형상 측정봉에 접촉되는 구역 수만큼의 막대가 나타나며, 만약 어느 한 구역의 수치가 평균치 보다 높다면 이 부분의 수직막대는 평균선 보다 위쪽에 표시되고 평균치 보다 낮을 경우에는 평균선 아래에 표시된다. 따라서 평균선의 윗부분에 표시되는 막대가 나타내는 값의 합계와 아래쪽에 나타난 막대의 수치를 합한 절대값은 같고, 강판이 압연되는 동안에 데이터는 연속적으로 모니터에 나타나게 된다.

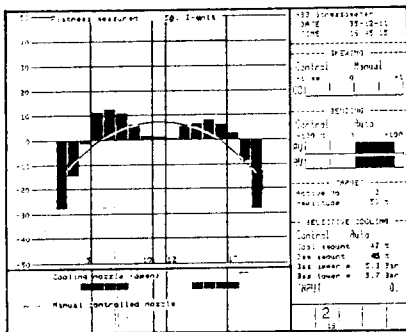


Fig. 3 Recognition of shape pattern

3) 롤 Bending 장치

(1) 롤 Bender의 원리

냉간강판의 형상을 측정하고 판단하는 정보처리장치는 Fig. 4에서와 같이 가장자리와 중앙부로부터 입력되는 값을 비교하되 진 구역을 비교하지 않고 양쪽 가장자리의 3개 측정구역과 중앙부 5개의 측정 구역으로 분할하여 비교한다. 한 구역은 측정하는 링의 폭이 52mm이므로 롤 Bender에 사용되는 11구역의 전체 폭은 572mm가 되고, 냉간 압연이 가능한 최소 폭인 600mm 이므로 롤 Bending 에 필요한 정보롤 검출이 가능하다.

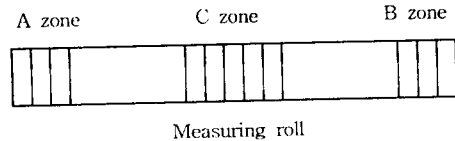


Fig. 4 Measuring zone used roll bending calculation.

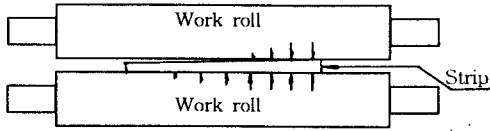
따라서 11구역 이외의 부분은 롤 Bending에는 사용되지 않고 무시된다. Fig. 4의 "A" 구역에서 검출된 강판의 형상에 대한 값과 "B" 구역에서 검출된 값을 합하여 평균값을 구한 다음, 이 평균값을 다시 중앙의 5개 구역에서 구해진 평균값과 비교하여 값의 차를 줄여나간다.

(2) 유압 롤 Bending장치

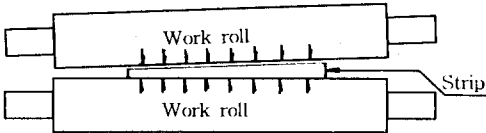
본 실험에 사용된 유압실린더의 最大壓力은 약 2,067 N/cm² 이고 最大 壓下力은 25,000 N 이므로 한쪽에 12,500 N 의 하중이 독립적으로 가해질 수 있는 장치이며, 하중을 조절하기 위한 서보밸브가 전기적인 제어값에 의하여 기계적으로 유압을 제어하는 롤 Bending 장치로 구성되어 있다. 그리고 각 백업 롤 베어링 Chock는 행정이 80mm이고 직경이 125mm인 두 개의 실린더를 가지고 있으며 유압 실린더에서 발생하는 하중을 작업롤 베어링에 전달하여 압연 가공시 작업롤의 간극을 변화시킨다.

(3) 롤 Skewing 장치

롤 Skewing 장치는 강판의 단면 형태가 균일하거나 대칭이 되지 않고 한쪽 가장자리의 두께가 두꺼울 경우에 동작을 한다. 형상교정에 필요한 압하량은 정보처리장치에서 Fig. 5와 같이 가장자리의 압력을 비교하여 이 부분이 같지 않을 경우 출력값이 생성되고 이 값에 의하여 압하량 조정이 이루어지게 된다. 그러나 이 출력값은 양쪽이 같아질 때까지 반복적으로 계속되며, 이 값은 롤 Bender에 오차가 있을 경우에는 미세한 위치 수정에 사용되기도 한다.



a) General roll arrangement

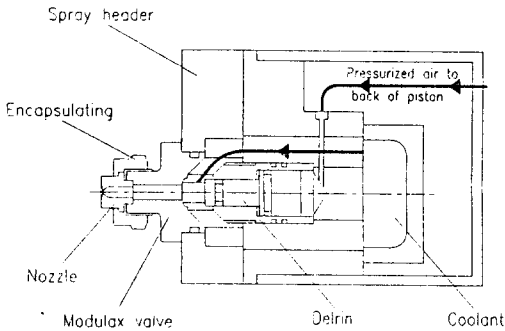


b) Skewing control

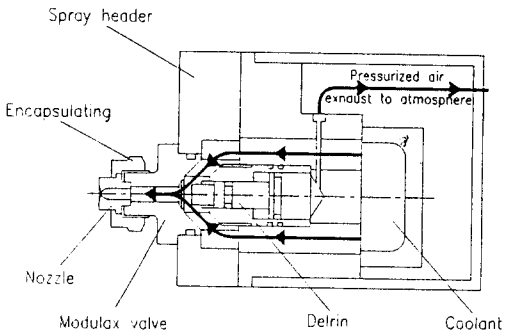
Fig. 5 Basic principle of skewing control

4) 물 냉각장치

물 냉각을 위한 압연유 분사장치의 노즐은 Fig. 6에서 보는 바와 같이 공기압에 의하여 開閉가 가능하게 되어 있다.



a) Coolant spray nozzle closed (Air pressure on)



b) Coolant spray nozzle open (Air pressure off)

Fig. 6 Outline of coolant spray nozzle

그리고 형상측정 물에서 검출된 형상에 관한 정보는 중앙정보

처리 장치로 전달되고 Fig. 7에서와 같이 中央情報處理 裝置에서는 물 냉각장치와 물 Bending장치가 동시에 동작될 수 있도록 정보를 제공한다. 그러나 두 가지 제어방법중에서 물 냉각보다는 물 Bending이 응답성이나 교정효과가 빠른 제어방법이기 때문에 물 Bending방법이 강판의 일반적인 Center wave나 Edge wave의 형상교정에 적합하다.

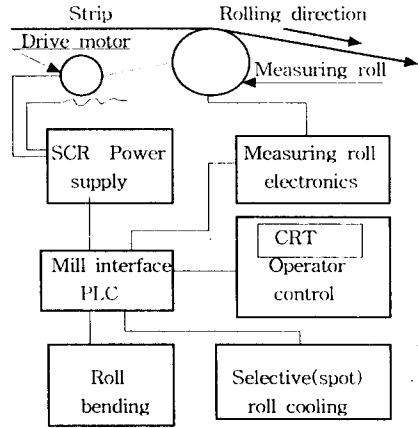
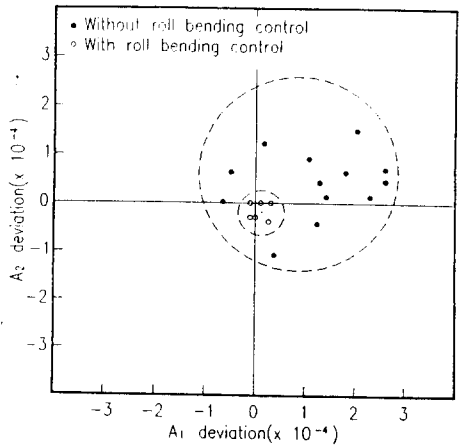


Fig. 7 Interconnections of interface unit in control system.

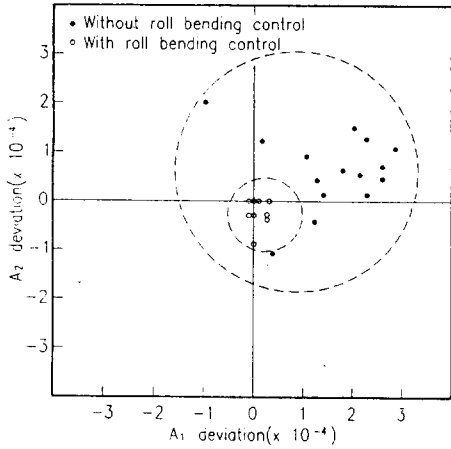
3. 자동 형상제어 장치의 형상교정 효과

1) 물 Bending 장치의 형상교정 효과

물 Bending 장치를 사용하여 형상교정을 한 결과는 Fig. 8과 같이 강판 두께가 0.3 mm 인 박판에서는 1 값이 물 Bending 장치를 사용하지 않았을 경우에 약 88 정도였으나, 물 Bending 장치를 사용할 경우에는 13 이하로 교정되어 자동 물 Bending 장치의 효과를 알 수 있다. 그러므로 일반적



a) Thin gauge, Narrow width (Thickness : 1.2 mm, Width : 914 mm, Total reduction ratio : 56.5%)



b) Thick gauge, Wide width (Thickness : 0.3 mm, Width : 760 mm, Total reduction ratio : 83.3%)

Fig. 8 Effect of work roll bending control system

인 Center wave나 Edge wave 교정에는 볼 Bending의 효과가 가장 크고 빠르므로 이 장치가 주로 사용되어진다. 강판의 두께가 두꺼운 1.3 mm에서도 자동 볼 Bending 장치를 사용한 경우에는 1 값이 10이하로 교정이 되어 수동에서의 1 값인 35보다 형상교정의 효과가 우수함을 알 수 있다.

일반적으로 보면 형상교정에서 두께가 얇은 박판일수록 형상교정이 어렵고 두꺼운 후판일수록 교정이 용이한 것은 압하율이 높은 박물보다는 압하율이 작은 후판가공에서 볼의 형상제어가 용이하기 때문이라고 판단되며, 동일한 두께에서도 마찬가지로 압하율이 작은 소폭이 대폭보다 1 값이 작게 되어 형상교정 효과가 우수하게 된다⁹⁾고 판단된다.

2) 볼 냉각장치의 형상교정 효과

Fig. 9는 볼 냉각장치만을 사용하여 압연가공된 강판의 형상을 나타낸 것으로 1 값이 20 인 구역 냉각보다는 형상이 균일하고 1 값이 13 이하인 Spot 냉각법에 의한 형상교정의 효과가 우수한 것으로 나타났다.

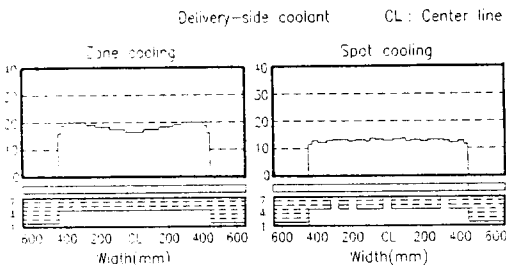


Fig. 9 Comparison of zone cooling and spot cooling

볼 냉각용 압연유의 온도는 Fig. 10에서 보느냐와 같이 낮을수록 냉각효과가 크지만, 50℃이하에서는 압연유의 윤활효과가 급격하게 떨어져 냉연강판 표면에 모터링 현상이 발생되어 유막이 끊어지는 현상이 나타나므로 압연유의 온도는 50-55℃ 정도로 하는 것이 적합하다고 생각된다.

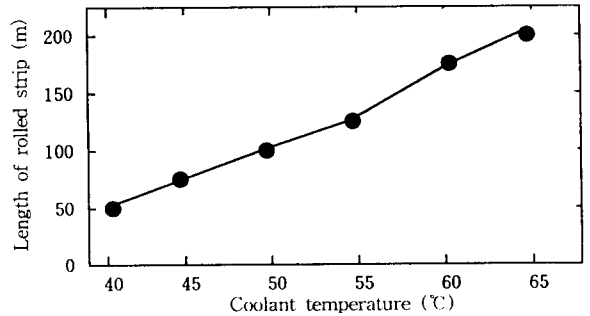


Fig. 10 Relationship between coolant temperature and rolled strip length.

3) 자동 형상제어 장치에 의한 코일형상 교정효과

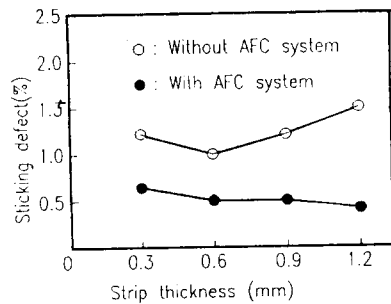


Fig. 11 Effect of automatic flatness control system on sticking defect

볼 Bending 장치와 냉각장치를 동시에 사용하여 냉간압연한 결과, 강판의 두께와 폭별로 분류하여 형상교정효과를 조사해 보면 자동형상제어 장치가 없는 경우는 Fig. 11에서와 같이 후판일수록 불량발생율이 높지만, 자동 형상제어 장치를 사용하면 반대의 현상이 나타났다. 후자의 경우에는 후판의 형상제어가 우수하기 때문이다.

4. 결 론

본 연구에서는 자동 형상제어 장치의 특성과 냉간 압연 강관의 형상교정 효과에 미치는 효과에 대하여 연구한 결과는 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 냉간압연 가공에서 작업물 Bending장치는 대칭형 형상불량인 Edge wave와 Center wave의 형상교정에 효과적 이다.
- 2) 강관의 비대칭형 형상불량부분의 교정에는 Spot 롤 냉각 장치가 적합하다.
- 3) 냉간압연 가공시 강관의 형상교정 응답성은 물 냉각에 의한 형상교정보다는 롤 Bender가 빠르다.
- 4) 물 냉각을 위한 압연유의 온도는 물의 온도와의 편차가 작을수록 냉각효과가 크지만 압연유의 특성을 고려하면 50-55℃ 정도가 가장 적합하다.

5. 참 고 문 헌

- 1) Robin N. Malone, "Gage improvement at LTV Steel, Indiana Harbor works'80-in. tandem mill", Iron and Steel Engineer, August, pp. 70-78, 1992.
- 2) Katsuya Kondo, kanji yoshida, Kenji Morita, "Development of a new AGC system for a tandem cold mill", Iron and Steel Engineer, june, pp. 43-48, 1981
- 3) 井浦輝生, 福山 敏, "板壓延の理論と實際", 日本鐵協會, pp 201-220, 1983
- 4) Kat sua Kondo, yoshisuke Misaki, Masaki Okamoto, Yasuno Matsumori, Toshimitsu Miyagi, "A new automatic gauge control system for a reversing cold mill", Technical report, Transactions ISIJ, vol. 28, pp. 507- 513, 1988
- 5) 松宮克行, 西森邦彦, 中山忠雄, 下村雅一, "定間隙 AGC 시스템과 FF-AGC 시스템", R&D 神戶製鋼技報, vol. 33, no. 2, pp. 56-59, 1983
- 6) Roger davidson, " Automatic flatness control system", Iron and Steel, October, pp.44-48, 1986
- 7) Takeo Nishino, Shoichi Iyama, Toshikazu Kimura, Masaaki Okamoto, Yoshiro Matsumoto, "Automatic Shape Control for Tandem Cold Mill", The Sumitomo Serch No. 41, January, pp. 59 70, 1990
- 8) Teruhiro Saito, Takeo Ohnishi, Tomio Komatsu, Sadayuki Miyoshi, Hedeki Kitamura, Masanori Kitahama, " Automatic Flatness Control System in Tandem Cold Rolling

Mill for Ultrathin Gauge Strip", Kawasaki Iron and Steel Report, vol.22, no.1, pp. 19-23, 1990

9) 近藤勝也, 大井俊哉, 小峰一見, 竹本裕, 伊山彰一, "冷間壓延機の自動形狀制御 システムの 開發", Journal of the JSTP, vol. 33, no. 374, pp. 241-246, 1992

10) 安全健一, 成田健次郎, 志田茂, 二瓶充雄, " UC ミルの形狀制御用數式モデル 모델", Journal of the JSTP, vol. 27, no. 303, pp. 533-538, 1986