

라인 무정지 사이드 트리머 개발

김선호*[#], 이점판** , 조행득***

*동의대학교 메카트로닉스공학과, ** (주)이호정밀, ***현대자동차 포항서비스센터

Development of Side Trimmer with Line Non-Stop

Sun-Ho Kim*[#], Jeom-Pan Lee** and Hang-Deuk Cho***

*Dept. of Mechatronics Engineering, Dong-Eui University, **Leeho Precision Co., Ltd.,

***Hyundai Motors Co., Ltd.

(Received 28 June 2015; received in revised form 13 July 2015; accepted 15 July 2010)

ABSTRACT

Steel is produced through the steel-making process with a desired shape by a rolling press. Scrap is removed according to the sheet edge to improve the quality of the product. This machine is called a side trimmer. This study aimed to develop a side trimmer for automatically changing the width of the trimming knife without line stopping. This machine consists of a housing opening device and a turning device. The measuring technologies of sheet width, trimming knife rotation angle, and knife gap for increasing the control accuracy. This experiment was conducted to evaluate the performance of the developed technologies. It was reduced by 10% compared with the operation time of the conventional method.

Key Words : Side Trimmer(사이드 트리머), Rolling Process(압연공정), Sheet Width(강판 폭)

1. 서 론

제강공정에 의해 만들어진 강(Steel)은 압연공정에 의해 원하는 형상의 강재로 만들어 진다^[1,2]. 냉연강판 생산을 위한 압연공정에서 프레스 롤러를 이용하여 금속재료를 프레스하면 Fig. 1과 같이 제품의 양 가장자리에 불균일하게 생성되는 쇠부스러기 성형물인 스크랩(Scrap)이 생성된다. 압연제품의 품질을 높이기 위해서는 강판 폭에 맞게 스크랩을 제거해야 하는데, 이를 사이드 트리밍(Side trimming) 공정이라 하고 사용되는 설비를 사이드 트리머(Side trimmer)라 한다.

일반적으로 1대의 압연기에서는 다양한 폭의 강판이 생산된다. 강판의 폭이 W1에서 W2로 전환되는 경우 사이드 트리머의 나이프(Knife) 폭을 W1에서 W2로 변경해야 한다. 현재는 Fig. 2와 같은 수동 사이드 트리머가 사용되고 있다. 기계구동식이기 때문에 폭 변경 작업 중에는 라인을 정지시켜 나이프를 들어 올리고 줄이거나 늘리고자 하는 폭 만큼을 이동시키게 되는데 이는 생산성 저하의 원인이 되고 있다.

본 연구에서는 강판의 폭이 변경될 때 라인의 정지 없이 사이드 트리머의 폭을 자동으로 강판의 폭에 맞추도록 제어하는 기능을 갖는 라인 무정지(Non-stop) 사이드 트리머를 개발하고자 했다. 이를 위해 하우스링 오픈링 디바이스(Housing opening device)와 터닝 디바이스(Turning Device)로 구성되

Corresponding Author : sunhokim@deu.ac.kr

Tel: +82-51-890-2259, Fax: +82-505-182-6821

는 장치를 개발했으며 장치의 제어 정확도를 높이기 위해 소재의 폭과 나이프 회전량 그리고 나이프 갭을 측정하는 기술을 적용했다. 개발된 기술의 성능과 정확도를 평가하기 위해 실험이 수행되었다.

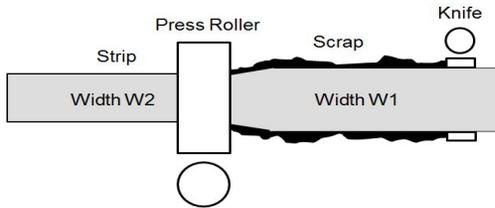
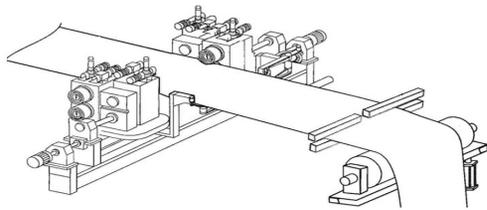
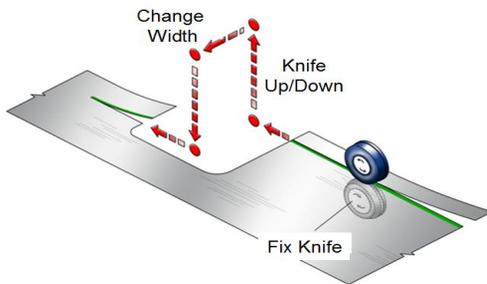


Fig. 1 Rolling process for the production of cold-rolled steel



(a) Conventional side trimmer



(b) Width change process

Fig. 2 Concept of width change of the steel

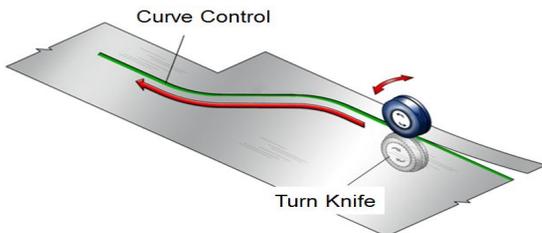


Fig. 3 Concept of width change with line non-stop

2. 장치 개발

2.1 기구 구성

Fig. 3은 본 연구에서 개발한 라인 무정지 사이드 트리머의 개념을 보여 준다. 압연기를 정지시키지 않은 상태에서 나이프의 진행방향을 회전시키면서 앞으로 진행하는 방법이다. 이를 위해서는 증가되거나 감소되는 폭에 따라 나이프의 회전각도를 변경하게 된다.

Fig. 4는 개발한 라인 무정지 사이드 트리머의 구조를 보여 준다. 핵심기구는 하우징 오프닝 디바이스(Housing opening device)와 터닝 디바이스(Turning Device)로 구성된다. 하우징 오프닝 디바이스는 두개의 나이프의 폭을 조정하기 위해 직선 운동을 하게 된다. 터닝 디바이스는 나이프의 커브 컨트롤을 위해 나이프의 진행각도를 회전시키는 기구를 의미한다. 하우징 오프닝 디바이스는 평행하게 설치한 직선 안내기구와 볼나사로 구성한다. 폭의 조정량은 볼나사의 피치 크기와 서보모터의 회전각에 따라 결정된다. 터닝 디바이스는 하우징 오프닝 디바이스 위에 한 세트가 설치되는데 회전 기구와 회전량 조정기구로 구성된다. 회전량 조정 기구는 서보 실린더가 사용되었다.

Fig. 5는 터닝 디바이스의 상세도를 보여 준다. 각도 제어장치는 서보 실린더와 록킹(Locking) 장치의 결합체로 구성했다. 서보 실린더는 회전제어용으로 사용되는데 파워 실린더(Power cylinder), 서보모터(Servo Motor) 그리고 서보 감속기(Servo

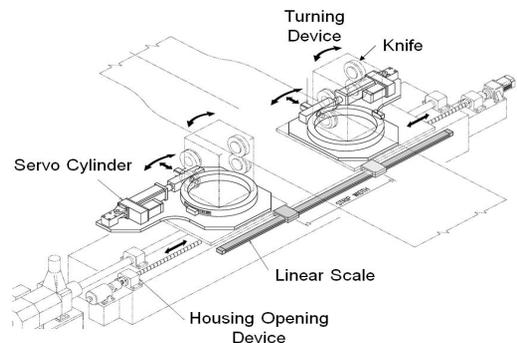
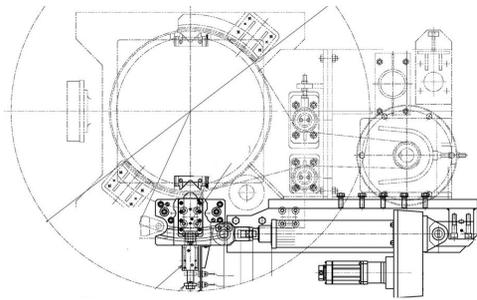


Fig. 4 Structure of developed line non-stop side trimmer



(a) Mechanism of turning device



(b) Servo cylinder

Fig. 5 Detail of turning device

reducer)로 구성된다. 록킹장치는 트리밍 작업 시 나이프가 회전하는 것을 막아 주는 역할을 한다.

개발된 사이드 트리머는 PLC(Programmable Logic Controller)를 이용해 제어하게 된다. 제어하고자 하는 소재 폭 정보는 PLC MMC(Man Machine Interface)에 입력하게 된다.

2.1 제어량 검출

개발된 기구를 정확하게 제어하기 위해서는 제어가 제대로 되었는지에 대한 확인이 필요하다. 본 연구에서는 이를 위해 소재 폭, 나이프 회전량 그리고 나이프 갭을 검출하는 기술을 개발했다.

소재 폭을 제어한 결과를 확인하기 위해 트리머 본체에 스트립 폭 검출장치(Linear Scale)를 설치했다. 하부 프레임에 스케일을 고정하고, 헤드를 하우징 베이스에 고정하여 나이프 하우징이 오픈/클로즈 되는 변위량을 검출하는 방식을 적용했다. 리

니어 스케일에서 검출된 펄스 값을 전용 컨트롤러에서 거리로 환산하고 그 데이터를 PLC에서 운전자가 인식할 수 있는 거리 단위로 변경하는 방식을 적용했다.

나이프의 회전량을 제어한 결과를 확인하기 위해서는 회전량 검출 센서가 사용되는데 로터리 엔코더(Rotary encoder)와 인덕토신(Inductosyn)이 있는데 본 연구에서는 인덕토신을 사용했다. 센서는 나이프 하우징 하단부에 설치하여 여기서 검출되는 각도를 이용하여 서보 실린더의 회전각도를 검출한다. 사용된 센서는 1 펄스 당 0.005도로 환산되어지며 피이드백 데이터와 비교하게 된다. 센서의 구조를 Fig. 6에 나타내었다.

사이드 트리머에서 나이프 갭은 철판의 절단품질에 영향을 미치기 때문에 최적의 갭을 유지하는 것은 매우 중요하다. 갭을 잘못 세팅하면 절단면에 버 및 파단현상이 발생시킨다^[3,4]. 나이프 갭의 측정에는 2차원 레이저 센서를 이용했고 MMC에서는 측정된 값을 이용해 보정이 가능하도록 했다. Fig. 7에서 h 는 수직여유(Lap), u 는 수평여유(Gap) 그리고 α 는 전단각도를 나타낸다. 회전 전단가공에서 전단

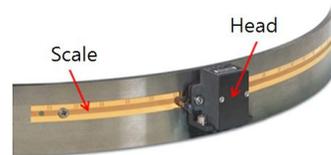


Fig. 6 Inductosyn

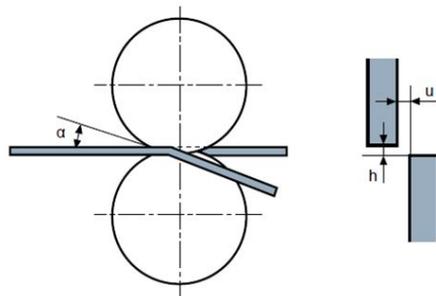
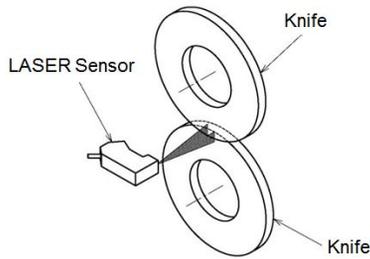


Fig. 7 Rotary shearing model



(a) LASER sensor



(b) Sensor installation

Fig. 8 Lap and gap measurement system

Table 1 Specification of sensor

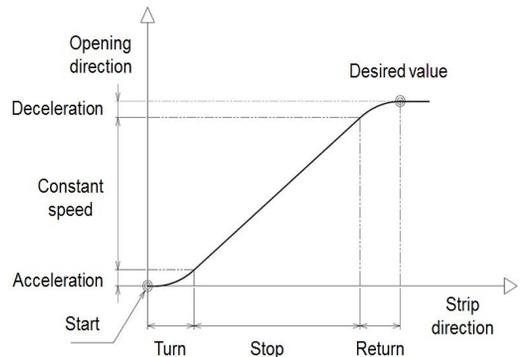
Contents	Specification
Measuring range	Z $\pm 48\text{mm}$, X 62mm
Repeatability	Z $2\mu\text{m}$, X $20\mu\text{m}$
Linearity	$\pm 0.1\%$ of FS
Environment	IP67(IEC60529)

특성에 영향을 미치는 요소는 h , u 그리고 α 이다. 나이프의 진행방향에서 변화가 생기면 수평여유(u)가 변하는 효과가 있다. 전단가공의 경우, 수평여유 변화가 10% 발생할 때 전단저항의 변화는 4% 정도가 발생하는 것으로 알려져 있다. 이 경우 파단면의 품질이 저하되고 회전동력이 증가 하게 된다.

본 연구에서는 2차원 레이저 변위센서를 사용하여 2개 나이프의 수평여유 및 수직여유를 동시에 측정하고 측정된 값은 PLC에서 처리되도록 시스템을 구성하였다. Fig. 8은 측정센서의 원리와 설치된 모습을 보여 준다.

3. S 커브 제어 운영 실험 및 결과

라인 무정지 사이드 트리머를 구현하기 위해 폭 가변 S 커브 생성 프로그램을 개발 적용했다. S 커브의 제어원리를 Fig. 9에 나타내었다. 제어는 진행방향 제어는 회전제어(Turn) - 일정제어(Stop) - 복귀제어(Return)로 이루어지며 모터 가감속 제어 측면에서는 가속 - 정속 - 감속으로 이루어진다. 순차제어 로직은 다음과 같다. 하우징 오프닝 디바이스의 가속시간 1.5초, 정속속도 90 rpm 목표 값 90 mm 전에 30 rpm, 감속시간 1.5초로 구동한다. 하우징 터닝 디바이스는 회전각도 1.45° 회전제어 속도 300 rpm, 복귀각도 0.15° 복귀제어 속도 600 rpm로 구동한다.



(a) S curve control



(b) System installation

Fig. 9 Control principle of S curve control and installation

Table 2 Experimental results

Change Width(mm)	Change Length(m)	Control Time(sec.)	Toe-In Angle(deg.)
85	8.5	17	0.25
90	9.0	18	0.25
95	9.5	19	0.26
90	9.0	18	0.25
85	8.5	17	0.27
90	9.0	18	0.25
95	9.5	19	0.25
90	9.0	18	0.26
85	8.5	17	0.26
90	9.0	18	0.25
95	9.5	19	0.25
90	9.0	18	0.25

이러한 S 커브 생성 프로그램을 이용해 주행길이 8.5 m에서 강판 폭을 1195 mm에서 1110 mm로 85 mm 변경하는 제어를 수행했다. 수행결과 토우인 각도 0.25°에서 변경 소요시간에 18초 소요되었다. 실험결과를 Table 2에 나타 내었다. 이는 종래의 방법에 비교하면 10%에 해당한다.

4. 결론

본 연구에서는 강판의 폭이 변경될 때 라인의 정지 없이 사이드 트리머의 폭을 강판의 폭에 맞도록 제어하는 기능을 갖는 라인 무정지 (Non-stop) 사이드 트리머를 개발했다. 이를 위해 하우스 오프닝 디바이스와 터닝 디바이스 기구로 구성되는 장치를 개발했으며 장치의 제어 정확도를 높이기 위해 소재의 폭과 나이프 회전량 그리고 두 개의 나이프 갭을 측정하는 기술을 적용했다. 개발된 기술의 성능과 정확도를 평가하기 위해 실험이 이루어졌는데 종래 방법에 의한 작업 소요시간에 비해 10%로 단축된 것으로 평가되었다. 본 기술은 강판 폭 변경 시, 라인을 정지시킴으로서 발생하는 비가동시간 단축 및 생산성 향상과 함께 작업환경 개선 및 수작업에 의한 재해사고 방지 및 작업 능력 향상이 기대된다.

후 기

이 논문은 2013학년도 동의대학교 교내연구비에 의해 연구되었음(2013AA137)

REFERENCES

1. Lee, S. Y., Lee, K. B. and Kang, J. G., "Effective Process Parameters on Surface Roughness in Incremental Sheet Metal Forming," Journal of the Korean Society of Manufacturing Process Engineers, Vol. 13 No. 6, pp. 66~72, 2014.
2. Kim, S. K. and Kim, D. K., "Development of Rubber Sleeve for Reduction of End-mark in Cold Rolled Steel Sheet," Journal of the Korean Society of Manufacturing Process Engineers, Vol. 14 No. 1, pp.29~35, 2015.
3. Choi, H. S., Kim, B. M., Kim, D. H. and Ko, D. C., "Af Mechanical Trimming to Hot Stamped 22InB5 Parts for Energy Saving," International Journal of Precision Engineering and Manufacturing, vol. 15, No.6, pp. 1087-1093, 2014.
4. Park, K. C. and Ryu, J. H., "Residual Stress Evolution during Leveling of Hot Rolled High Strength Coils and Camber Prediction by Residual Stress Distribution," Transaction of Materials Processing, vol. 17, No.2, pp. 107-112, 2008.