

권취기에서의 단차 회피 제어 감시 시스템

최용준*(포항산업과학연구원 기전연구팀), 황원호(포항산업과학연구원 기전연구팀),
이영진(부산대학교 컴퓨터 정보통신연구소), 이민철(부산대학교 기계공학부)

Development of the QOC Monitoring System in Downcoiler

Y. J. Choi(Mech. & Elec. Dept., RIST), W. H. Hwang(Mech. & Elec. Dept., RIST),
Y. J. Lee(Computer Info. & Com. Res., PNU), M. C. Lee(Mech. Eng. Dept., PNU)

ABSTRACT

Strip top mark is one of the major problem areas in hot strip coiling operation. The key for good coiling is having a precise detection instrument of strip head end and an understanding of QOC(quick open control) control algorithm and mechanism. Therefore, this study aims at developing QOC monitoring system that is useful for avoiding strip top mark at coiling process. In this study, strip movement between mandrel and unit roll(wrapper roll) was thoroughly studied using high speed camera. The monitoring system was developed to calculate QOC open time and to estimate optimal open time values for good coiling operation. Its performance has been proven by extensive field tests on downcoiler of #2 Hot Strip Mill Line in Pohang Works.

Key Words : downcoiler(권취기), QOC(단차 회피 제어), high speed camera(고속 카메라)

1. 서론

권취기는 Fig. 1과 같이 사상압연(mill stand) 후 스트립(strip)을 코일(coil) 모양으로 감는 설비로 가혹한 조건에서 강한 강성, 반복되는 충격에 견디는 고강도의 특성이 요구된다. 관련 설비로는 스트립을 권취기로 유도하는 사이드 가이드(side guide) 및 핀치 롤(pinch roll), 스트립을 코일링 하는 맨드렐(mandrel), 스트립 선단을 맨드렐에 유도하는 것과 동시에 스트립과 맨드렐간에 마찰력을 발생시키는 역할을 하는 다수의 유닛 롤(unit roll) 혹은 래퍼 롤(wrapper roll) 등으로 구성된다^(1~4).

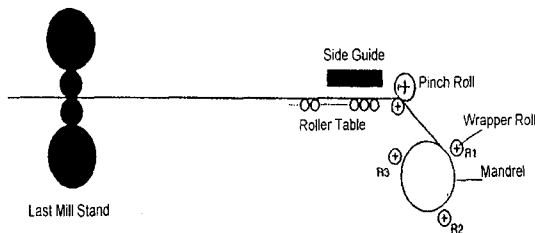


Fig. 1 The simple diagram of downcoiler

그 중 가장 중요한 역할을 하는 것이 맨드렐과 유닛 롤로써, 스트립 초기의 장력을 발생시키며, 초기 권취 시 발생하는 스트립 선단 부의 단차로 인한 접촉을 피하기 위해 유닛 롤을 오픈(open)시키는 단차 회피 제어 즉, QOC(quick open control)를 수행하게 된다^(5~7).

Fig. 2는 QOC를 제대로 수행하지 않았을 때 top mark를 나타낸 것으로, 이와 같은 표면 흠이 발생하게 되면 코일 모양의 스트립을 다시 풀어서 흠 부분

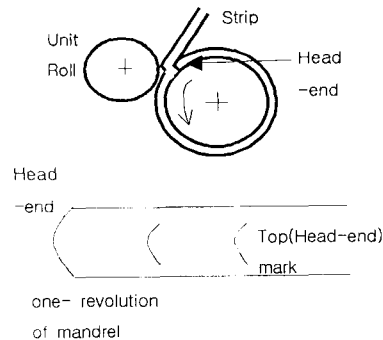


Fig. 2 Mechanism of the Top-mark in strip surface

을 제거하고 다시 감는 공정이 추가로 발생하게 되어 생산 능률 저하로 인한 피해를 초래하게 된다.

본 연구에서는 표면 흠이 QOC를 수행할 때뿐만 아니라 오픈 타임의 잘못된 계산 혹은 제어 시퀀스의 타임 딜레이(delay) 등에서도 발생할 수 있으므로, 보다 정확한 권취 측, 표면 흠 발생을 최소화시키는 권취를 수행하기 위해 QOC를 모니터링할 수 있는 시스템을 구성하였다. 또한 모니터링하기 위한 수단으로 초당 500프레임까지 찍을 수 있는 고속카메라를 사용하였으며, 이와 동시에 조업 조건을 비교할 수 있도록 조업 상태를 피드백 하여 고속으로 입력, 저장할 수 있는 시스템을 구성하였다.

2. 시스템 구성

2.1 QOC 모니터링 시스템

QOC를 모니터링하기 위하여 실험 대상인 권취기의 래퍼 롤 부위를 확대하여 측정할 수 있는 시스템을 Fig. 3과 같이 구성하였다. 측정 컴퓨터는 이동식 컴퓨터를 사용하여 어느 위치에서나 측정을 할 수 있도록 하였으며, 고속 카메라는 Photron사의 Fastcam 500을 사용하여 최대 초당 500프레임, 4초간을 촬영할 수 있도록 메모리를 구성하였다. 분석 소프트웨어는 Motion Analysis 전용 소프트웨어인 Image Express Motion Plus를 사용하였다.

Fig. 4는 분석 소프트웨어를 이용하여 스트립이 권취된 후 1회전하여 래퍼 롤이 오픈 측, 점핑(jumping) 하는 순간 스트립의 움직임을 나타낸 측정 결과이며, 이때 밝게 표시된 부분은 열간 상태의 스트립을 나타낸다. 그래프 하단에는 측정된 결과에서 다양한 측정 시점에서의 스트립의 위치 정보를 영상 프레임별로 확인할 수 있음을 알 수 있다.

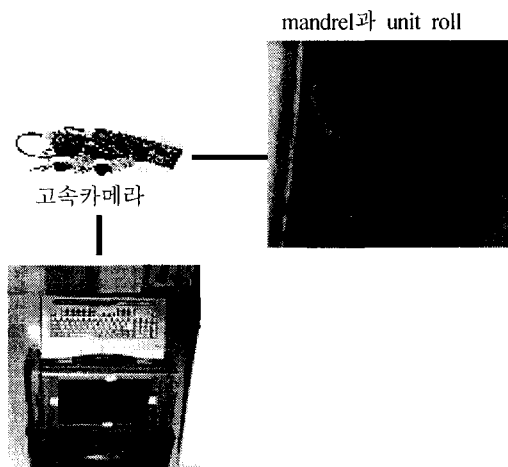


Fig. 3 The high speed camera system

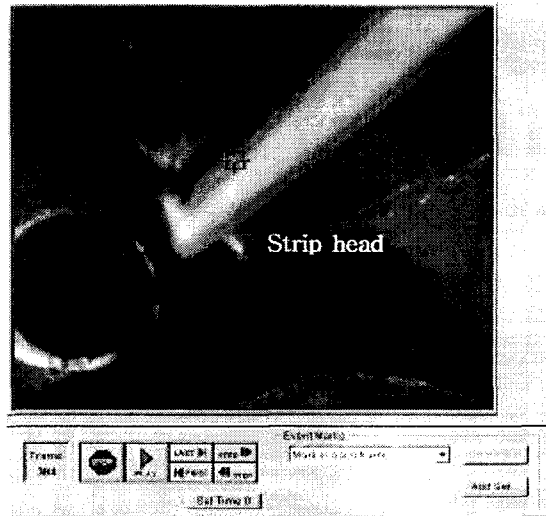


Fig. 4 The result from analysis software

그래프에서 알 수 있듯이 고속카메라를 이용하는 가장 중요한 이유는 스트립 선단 부의 위치에 따른 래퍼 롤의 동작을 정확하게 측정하고 래퍼 롤 오픈 측 점핑(jumping)할 때와 스트립의 상대 동작 사이의 오차를 정확하게 계산해 내는 데 있다.

그러므로 Fig. 3과 같은 시스템을 이용함으로써, 정확한 QOC의 동작을 프레임 단위별로 확인할 수 있으며, 상대적인 QOC 오픈 변위 또한 확인할 수 있게 된다.

2.2 조업 분석 시스템

고속 카메라만을 이용할 경우 정확한 상대적인 운동 측, 유닛 롤의 오픈 시작, 힘의 정보, 스트로크 변화 등 여러 가지 정보를 알 수 없으므로, 권취기 제어 시스템에서 이상과 같은 정보를 고속으로 처리 저장하면서, 앞서 기술한 고속 카메라와 측정 시점을 동기 시키면 다양한 정보와 정확한 오픈 시간 및 스트립의 상대적인 위치 등을 함께 알 수 있게 된다.

이러한 목적에 맞게 권취기 조업 시스템으로부터 래퍼 롤의 실린더 압력, 위치 정보 등을 입력으로 하며, 또한 스트립에 대한 정보 측, 두께, 폭, 온도, 속도 등의 정보를 받을 수 있고 기타 다양한 정보도 계측할 수 있도록 하였다. 데이터 처리 부분은 고속으로 샘플링(sampling)할 수 있도록 하였으며, 사용된 보드는 NI사의 6071E로 1.2Ms/s, 64채널의 입력을 받을 수 있는 성능을 가지고 있다.

또한, 권취 조업 측정 시스템에서 다양한 정보를 받을 수 있도록 하기 위하여 모니터링 소프트웨어를 구성하였다. 프로그램에 사용된 컴파일러는 LabView이며, 실시간으로 동시에 많은 데이터를 수집할 수 있도록 하였다.

프로그램은 크게 두 부분으로 나누어 설계하였다.

Fig. 5의 "On/Off-line monitoring"부분은 실제 측정과 분석을 수행하는 역할을 한다. 여기서는 사용자의 측정 시작 명령과 함께 작업에서 발생하는 트리거(trigger)신호도 같이 사용하도록 하였으며, 측정하는 신호는 아날로그뿐만 아니라 디지털 신호도 함께 측정하도록 하였다. 그래프는 다양한 기능 즉, 선택, 데이터 저장, 확대 등을 수행하도록 하였으며, 아날로그 및 디지털을 구분하여 표현하도록 하였다.

Fig. 6의 "Parameter setting"부분은 권취기 시스템으로부터의 다양한 정보에 대한 이름을 기록하고, 그 단위를 저장하여 향후 측정된 결과로부터 그 값을 보상하도록 하였다. 또한, 측정을 위한 샘플링 주기도 입력할 수 있도록 하여 고속 카메라의 샘플링 주기와 동기시킬 수 있도록 하였다.

이상의 프로그램으로부터 권취 작업에서 발생하는 각종 정보를 저장할 수 있으며, 이를 이용하여, QOC의 고속 측정과 병행함으로써, 정확한 오픈 시간 및 그에 따른 기타 정보를 획득할 수 있다.

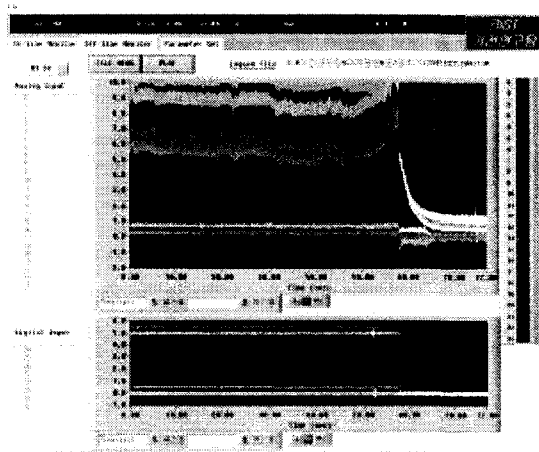


Fig. 5 On/Off-line monitoring part of S/W

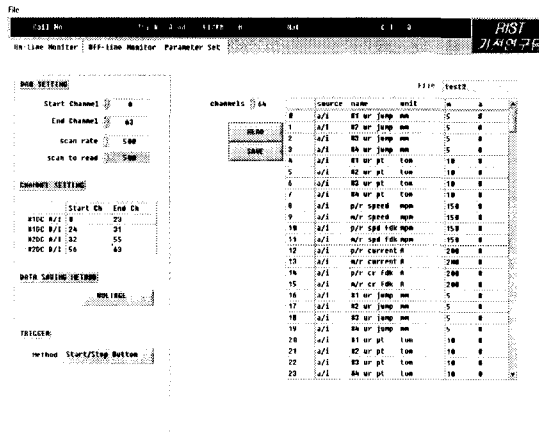


Fig. 6 Parameter setting part of S/W

3. 측정 결과

스트립의 권취에 있어서 일반적으로 두꺼운 두께인 15.5mm에서 얇은 두께인 3mm까지의 다양한 두께에 대한 스트립의 위치와 래퍼 롤의 점핑과의 관계를 측정 분석하였다.

측정 결과로는 Fig. 7에서 Fig. 10까지로 대표적인 두께인 15.5mm와 3mm의 경우에 대해서만 나타내었다.

Fig. 4의 소프트웨어를 이용하여 고속 카메라로 촬영한 동영상 파일 중 1번 래퍼 롤이 점핑을 시작하는 시점에서의 권취기의 모습 즉, 판의 움직임을 담은 프레임 정보와 권취 작업 모니터링 시스템에서의 래퍼 롤 3대의 위치 변화 움직임을 각각 나타내어 서로 분석하였다. Fig. 8의 권취 작업 모니터링 결과 화면에서 화살표 표시 부분과 고속 촬영 스냅 사진에서의 흰색 원형 부분은 같은 시점을 의미한다.

결과를 살펴보면, Fig. 9의 두께가 얇은 스트립을 제외하곤 현재의 래퍼 롤 점핑 위치 보다 스트립의 위치가 대부분 약간 늦음을 알 수 있었다.

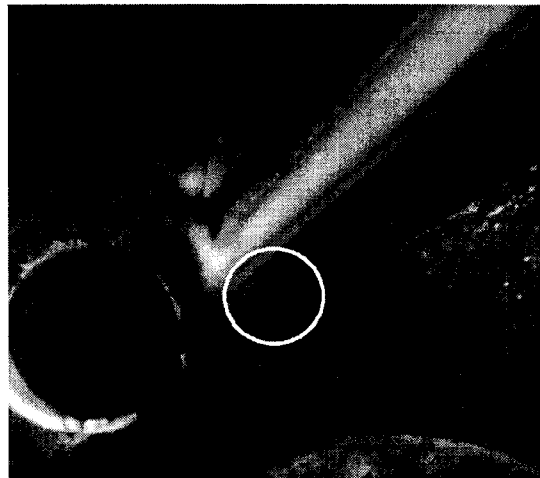


Fig. 7 Result of the 15.5 mm strip thickness

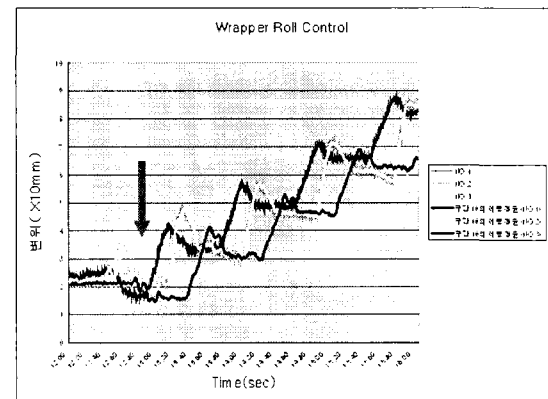


Fig. 8 Wrapper roll jumping data in Fig. 7

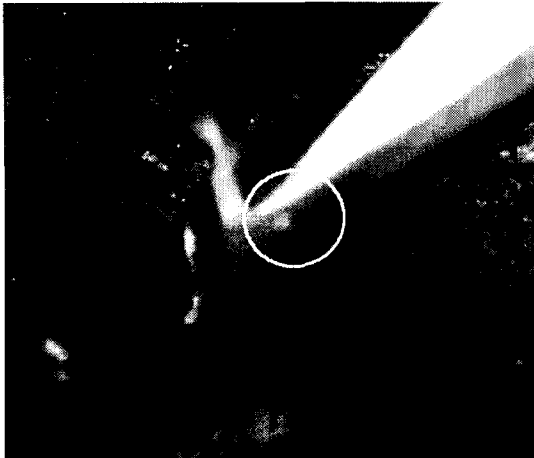


Fig. 9 Result of the 3 mm strip thickness

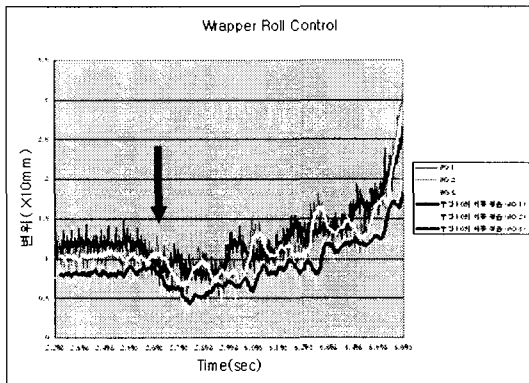


Fig. 10 Wrapper roll jumping data in Fig. 9

그리고, 늦은 정도는 판의 두께에 따라 다소 차이는 있겠지만 시간적으로는 10ms 안팎으로 보여진다. 이것은 래퍼 롤의 점핑이 먼저 이루어진다는 것을 의미하며, 그 시간 차이는 비교적 적다는 것도 의미한다. 그 원인은 Fig. 7에서와 같이 두꺼운 스트립일수록 초기의 권취 시 스트립이 감길 때의 공극(gap)이 발생하여 맨드릴의 직경보다 크게 반경을 가지며 감긴다는 것을 의미하며, 두꺼운 스트립일수록 굽혀지는 힘이 많이 필요로 하여 이 같은 현상이 커질 것으로 판단된다. 또한 대부분의 경우에 있어서는 점핑의 횟수는 3내지 5회 정도로 나타났다.

Fig. 9의 두께 3mm의 경우에는 판의 위치가 적절할 때 래퍼 롤의 점핑이 수행됨을 확인할 수 있으며, Fig. 10에서와 같이 점핑 시 많은 떨림이 발생함을 알 수 있다. 이는 래퍼 롤 3번이 장력을 발생시키기 위해 스트립 두께보다 작은 위치(gap) 값 제어를 수행하기 때문에 3번 래퍼 롤은 계속적으로 설정 위치를 찾아가기 위해 압력을 가하고 맨드릴의 세그먼트의 틈을 만나게 되면 이 순간 눌러져서 헌팅(hunting)을 하게 되는 현상으로 판단된다. 이렇게 되

면 판에 대한 표면의 상태가 좋지 못하게 되어 표면 흠의 원인이 될 것으로 판단되며, 향후 이에 대한 더 많은 연구가 이루어져야 할 것으로 사료된다.

이상의 결과로부터 본 연구에서 구성한 시스템으로 정확한 래퍼 롤의 움직임을 관찰할 수 있었으며, 측정 대상인 포항 2열연의 경우에는 비교적 정확한 제어가 이루어짐을 확인할 수 있었다.

특히, 보다 나은 제어 정도의 향상을 위해서는 스트립의 두께가 두꺼울수록 지금보다 래퍼 롤 점핑 시작 시간을 조금 늦추는 것이 바람직하다고 판단된다.

4. 결론

본 연구에서는 압연 라인 중 스트립을 감는 설비인 권취기에서의 초기 장력을 제어하는 래퍼 롤의 정확한 제어를 관찰할 수 있는 모니터링 시스템을 구성하였다.

측정 시스템에서의 동기 된 신호를 이용하여 고속 측정 카메라와 조업 측정 시스템과의 정확한 분석을 수행할 수 있었으며, 조업에서 수행하는 제어계와 실제 스트립의 움직임을 정확하게 관찰할 수 있었다.

측정 대상인 포항 2열연의 경우 비교적 정확한 제어가 수행됨을 알 수 있었으며, 이를 이용하여 스트립의 초기 권취 시 발생할 수 있는 표면 마찰에 의한 표면 자국 등에 대한 원인을 분석할 수 있는 기초 자료로 활용할 수 있게 되었다.

참고문헌

1. A. M. Kuszaj, "Hot strip mill downcoiler design considerations," Iron and Steel Engineer, pp. 77-88, May, 1968.
2. David. T. Blazevic, "Design, maintenance and operation of hot strip mill coilers," Iron and Steel Engineer, pp. 33-37, August, 1981.
3. R. Juschka and H. Staubermann, "Hot strip coiler process technology," Metallurgical Plant and Technology, pp. 42-47, Feb. 1985.
4. W. Rohde, and D. Rosenthal, "High-tech rolling in hot strip mills - theory and practice", Metallurgical Plant and Technology, pp. 48-55, Jan. 1990.
5. W. Rohde, and D. Rosenthal, "Hot strip coilers with hydraulically actuated wrapper rolls". Metallurgical Plant and Technology, pp. 48-60. Apl. 1990.
6. Takatoshi Baba, "Development of QOC observation system at downcoiler", vol. 6, pp. 1343-1345, 1993.
7. N. Shimoda and Y. Wakamiya. "A control model analysis support system for steel mills," Mitsubishi Electric ADVANCE, pp. 18-20, Jun. 1997.3.