

컨베이어벨트의 비접촉식 스틸코드파선 검사장치 개발

유 재상, 손 봉호
포항제철 기술연구소

Development of Non-contact Detector for Broken Cords of Steel-Cord Conveyor Belt

Jae-Sang Yoo, Boong-Ho Son

Instrumentation & Control Research Group, Technical Research Laboratories, POSCO

Abstract - In order to detect and monitor the broken cords of steel-cord belt from being damaged by impact of large lump of materials and the corrosion of steel cord, we developed a non-contact magnetic coil detection system. This measures the deterioration of reinforcing cables in steel cord conveyor belt which transport the ores in raw material plant. In this research, magnetic coil sensor of broken-cord detection system has exciting part and sensing part. The broken-cord detection system is operated by supplying a transmitter coil with electric power to generate magnetic field, and then the change of induced voltage is detected in each receiver coils due to resultant magnetic flux effected by the broken steel cords at the inside of the conveyor belt. By the informations such as the position and size of the broken steel cords obtained by SCBMS(Steel Cord Belt Monitoring System), it is expected that not only the span of belt life will be lengthened, but also this system can enable operators to plan scheduled maintenance and prevent the enlargement of damaged parts in steel cord belt at an early stage

1. 서 론

철광석 수입용 컨베이어벨트는 원활한 원료수송 및 생산성 향상에 중요한 영향을 주는 요소이다. 그리고 벨트에 내장된 스틸코드의 파선 및 파단은 벨트라인 설비의 안전관리 문제뿐만 아니라 그 결과로 인해 과도한 정비 및 수리시간을 야기함으로써 생산성 저하를 발생시킨다. 스틸코드로 강화된 벨트는 고무벨트 내부에 삽입되고 각각의 스틸코드는 벨트에 실린 운반대상물의 하중 및 벨트 텐션에 따른 힘을 받게 된다. 스틸코드는 길이방향으로 벨트의 장력을 일정하게 유지하게 해주며, 또한 각각의 스틸코드는 벨트 폭 방향으로 일정간격을 유지하며 배열되어 있다. 이렇게 배열된 벨트내부 스틸코드의 파선 및 스틸코드의 벨트 폭 방향 위치변화로 벨트의 하중이 골고루 분포되지 못할 경우 벨트의 사행이 빈번하게 발생하게 되고 그 결과로 인해 벨트가장자리부분의 손상을 초래하게 된다. 또한 파선된 스틸코드는 바로 인접한 스틸코드에 피로를 과다하게 발생시켜 스틸코드의 파선 부위가 점차 확대되고 벨트 파단 상태에까지 이르게 된다.

스틸코드파선의 원인은 크게 두 가지로 분류된다. 첫째, 하역라인 컨베이어벨트로 적재 운송되는 원료 속에 포함된 이물질이 수입라인 컨베이어 벨트에 낙하되면서 수입라인 벨트 내부의 스틸코드가 일부 혹은 전체적으로 손상을 입을 때 발생된다. 그리고 둘째, 수분 및 염분 등이 벨트내부에 침투하면서 스틸코드의 부식이 발생되

고 이렇게 부식된 부분이 벨트 장력에 의해 손상되면서 발생한다.

이와 같이 스틸코드 파선에 따른 벨트손상을 검사하기 위해 종래에는 다음과 같은 방법을 이용하였다.

첫째, 육안에 의한 벨트외관 검사로서 이것은 스틸코드가 파선 후에 나타나는 벨트 상부의 고무벨트와 하부의 고무벨트 등의 벨트외관 손상만 검출할 수 있어 실제 벨트 내부에 삽입되어 있는 스틸코드의 상태는 발견할 수 없었다. 둘째, X-ray에 의한 벨트검사방법으로서 이것은 관리 및 정비상의 위험요소가 많이 존재하며 또한 원료분진 및 수분 그리고 염분 등에 의해 영향을 받기 때문에 적절한 벨트의 손상을 검출할 수 없는 방법이다. 셋째, 초음파에 의한 벨트 리프(rip) 검출장치를 사용하는 것으로서, 벨트와 접촉하여 고무 매질을 통해 초음파를 전송시켜 벨트의 이상 유무를 검출하게 된다. 그러나 초음파에 의한 검출방법은 고무벨트의 리프가 존재하지 않는 상태에서의 스틸코드의 파선을 적절히 검출할 수 없고 벨트와 직접 접촉하여 운용되어지기 때문에 장기간 사용시 벨트 및 센서에 문제를 야기할 수 있는 문제점이 있다.

본 연구는 상기와 같은 벨트파손을 비접촉으로 검사하기 위하여 다중코일형의 자기코일센서를 이용하여 고무벨트 내부의 스틸코드파선 유무를 검출함으로써 스틸코드 손상으로 인한 고가의 스틸코드벨트의 수명단축 그리고 조업장애를 미연에 방지하고자 한다.

2. 컨베이어벨트의 모니터링

2.1 육안에 의한 벨트검사

철광석 및 비철광석이 운송되는 수입라인(육송, 해송)의 대부분은 스틸코드벨트로 구성되어 있으며 수 킬로미터의 전장을 가지고 있다. 총 전장이 수십 킬로미터에 이르는 광대한 벨트라인을 일일이 조업자의 육안으로 관찰 및 관리하고 비상시 적절한 조치를 취하는 것은 매우 힘든 일이며 또한 고무벨트 내에 삽입되어 보이지 않는 스틸코드의 파선을 검사하는 것은 불가능하다. 육안으로 관찰되는 벨트외부의 손상은 스틸코드가 파선된 후에 나타나기 때문에 적절한 벨트관리가 이루어지지 않고 있다.

2.2 초음파에 의한 벨트검사

초음파를 이용한 벨트손상의 검출은 벨트의 하부 면에 접촉하여 벨트의 중앙부에 설치된 초음파 발신기에서 발생한 초음파가 고무벨트를 매질로 하여 벨트좌측, 우측 가장자리에 설치된 수신기에 이르게 된다. 만약 벨트의 리프가 발생할 경우에 수신장치에서 초음파의 펄스신호에 장애가 발생하게 되고 벨트 리프를 감지하게 된다. 그러나 초음파를 이용한 벨트 리프 검출장치는 스틸코드의 파선을 적절히 검출하지 못하는 단점이 있으며 또한 벨트에 접촉되어 장시간 사용될 경우에 기계적인 고장을 야기할 수 있다. 그림 2.1은 초음파를 이용한 벨트 리프 검사장치의 개략도이다.

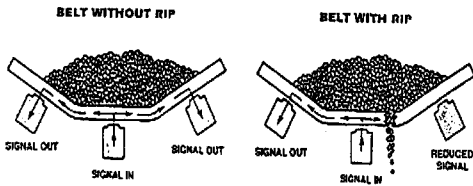


그림 2.1 초음파에 의한 벨트리프 검사장치

2.3 Laser에 의한 벨트검사

레이저 거리계를 이용한 벨트두께 측정장치는 마모에 의한 벨트의 두께변화를 연속적으로 관찰하여 벨트의 손상을 검출하는 장치이다. 하지만 초음파에 의한 벨트손상 검출장치와 마찬가지로 고무벨트내부의 스틸코드파선의 검출은 불가능하며 원료운송라인과 같이 분진, 수분 등의 외부환경에 센서특성이 매우 의존적인 단점이 있다. 그림 2.2는 레이저에 의한 벨트마모검사장치의 구성도이다.

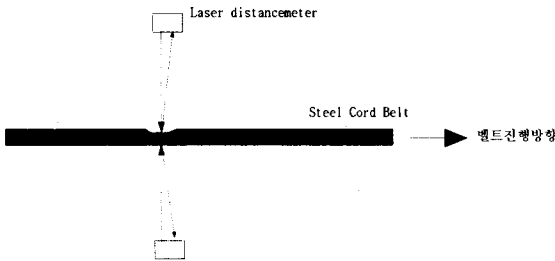


그림 2.2 레이저에 의한 벨트두께 검사 장치

2.4 Vision에 의한 벨트검사

광학적 방식에 의한 벨트 손상부의 검출은 상기에서 언급된 바와 같이 벨트손상부에 대한 검출성은 우수하나 Vision시스템이 설치되는 환경, 즉, 수분과 분진 그리고 염분 등에 취약하고 정비면에서 많은 시간과 경비가 소모되는 단점이 있다.

2.4.1 줄무늬패턴과 CCD카메라에 의한 벨트검사

벨트손상부를 검출하기 위한 방법의 일환으로 Vision 시스템을 이용할 수 있는데 그 구성은 그림 2.3과 같다.

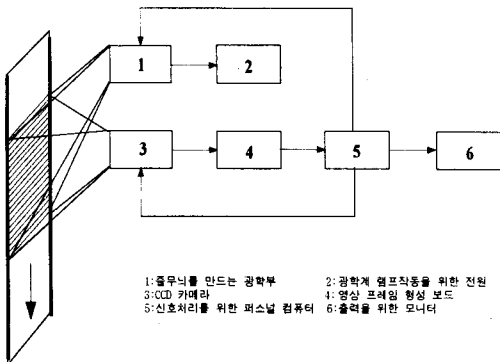


그림 2.3 Vision을 이용한 벨트손상부 검출장치의 구성

2.4.2 Vision을 이용한 벨트영상의 취득

제철산업 및 그외의 대량의 분광 및 피광성의 원료를 사용하는 분야에서 배 또는 그 이외의 수송수단으로부터 공장까지의 이동에 사용되는 컨베이어벨트의 전장은 수 킬로미터에 이르는데 이들 벨트는 검은 색으로 파손부의 명암차이가 없으므로, 영상입력장치로 사용되는 CCD카메라만 사용하여서는 손상부를 검출할 수 없다. 기존의 모직류나 냉연 및 열연스트립, 종이 등에 발생하는 흠혹은 파손부에 대한 검출 광학계 혹은 방법들은 레이저를 이용하여 표면에서 반사 혹은 투과되는 광의 세기를 이용하여 검출하거나, CCD카메라와 프레임형성기를 이용하여 취득된 영상에 대한 명암의 차이를 이용하여 손상부를 검출하여 왔다. 그러나 벨트인 경우 대부분이 색조가 흑색으로 광을 모두 흡수하고 불투명하여 이들의 방법을 적용할 수 없을 뿐 아니라, 벨트의 표면에 원료의 잔유물이 남아서 적색 혹은 갈색을 띄게 됨으로 명암의 차이로 손상을 검출하는 것은 불가능하다. 따라서 줄무늬 패턴을 투사할 수 있는 광학계를 이용하여 벨트 손상부를 검출할 수 있었다. 광학계에 의해 조사된 줄무늬는 벨트에 명암을 띤 형태로 나타나며 벨트의 굴곡진 손상부에서 줄무늬의 형태가 다르게 나타나고 이것을 CCD카메라를 이용하여 전자적 신호로 변환한 다음 영상을 만들기 위해 영상 프레임 형성보드에서 카메라로부터의 아날로그 신호를 컴퓨터 입력용 디지털신호로 변환한 후 퍼스널 컴퓨터를 이용하여 손상부의 크기와 깊이 정보를 찾기 위한 여러 알고리즘을 수행하여 모니터 상으로 그 결과를 볼 수 있었다.

2.5 자기유도 방식을 이용한 스틸코드 파선검사

원료수입라인의 스틸코드벨트는 상부의 Cover고무와 스틸코드, 그리고 하부의 Cover고무로 구성되어 있는데, 장치상의 벨트에 적합하며 넓은 폭, 내평격성, 굴곡피로가 적으므로 수명이 길다. 스틸코드 벨트는 그림 2.4와 같이 구성된다.

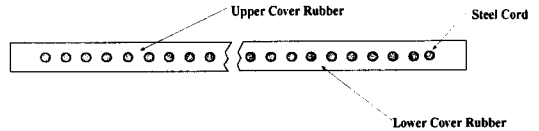


그림 2.4 스틸코드벨트 폭방향 단면도

U-type Core를 이용한 센서구조에서는 스틸코드의 상태에 따른 감지코일 자체의 출력파형 변화를 검출하고 파선검출감도 레벨인 Threshold Level에 대하여 절대비교를 함으로서 스틸코드파선의 정도를 감지하고자 하였다. 그러나 벨트라인이 운전되고 있는 상태에서 스틸코드벨트와 비접촉으로 적정거리를 유지하여 스틸코드파선정도를 검출하기에는 감도특성이 매우 저하되어 나타났다. 상기의 문제점을 해결하기 위해 E-type Core를 이용하여 그림 2.5와 같이 여자코일, 감지코일을 권취하여 스틸코드파선검출센서를 구성하였다. 여자코일에서 발생된 자속은 E-type Core를 경로로 하여 감지코일을 관통하게 된다. 쇄교된 자속은 각각의 감지코일에 전압을 유기시키기되는데 센서의 상부에 스틸코드가 통과할 경우 그림 2.5와 같이 스틸코드의 상태에 따라 감지코일에서의 출력파형을 상대비교함으로써 감도특성을 향상시킬 수 있었다. 파선된 스틸코드가 센서를 통과할 경우 파선된 부분의 스틸코드에 의해 감지코일-1과 감지코일-2에 발생하는 유기전압의 파형에 변화가 발생한다. 즉, 여자코일에서 발생된 자속의 쇄교량이 파선된 스틸코드 부분에 의해 각각의 감지코일에 차별화된 영향을 주게 된다.

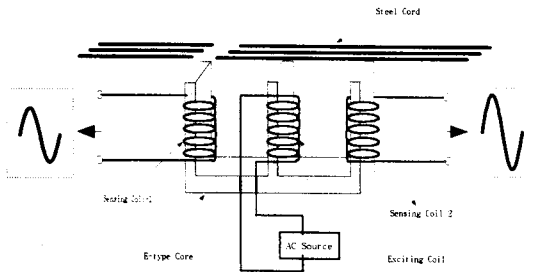


그림 2.5 스틸코드파선 발생시의 자기코일센서의 구조 및 감지코일의 출력 파형

그림 2.6은 파선된 스틸코드에 의해 각각의 감지코일에서 나타나는 출력 파형으로서 그 상대비교 파형의 출력의 크기는 아래와 같다.

$$\text{Voltage Difference} = (B - A) \cdot \sin(\omega t - \theta)$$

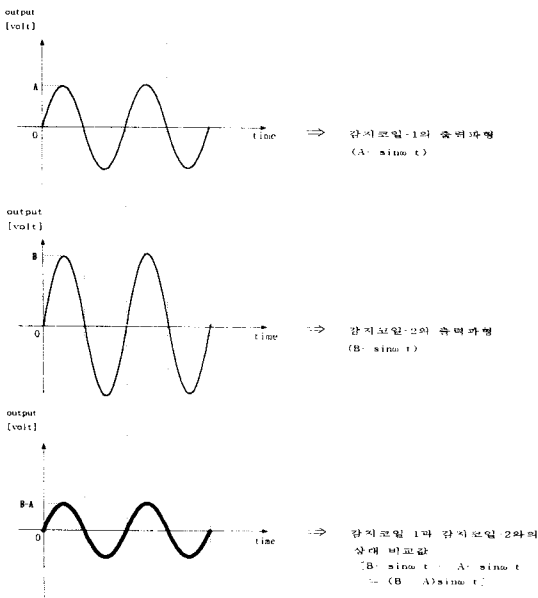


그림 2.6 코일센서에서의 감지코일의 출력 파형 및 비교값

그림 2.7은 스틸코드파선검출장치의 구성도로서 스틸코드파선 유무를 자기코일 센서부에서 검출하여 그 정보를 컴퓨터에서 획득하여 벨트전장에 대한 스틸코드손상을 관리하게 된다.

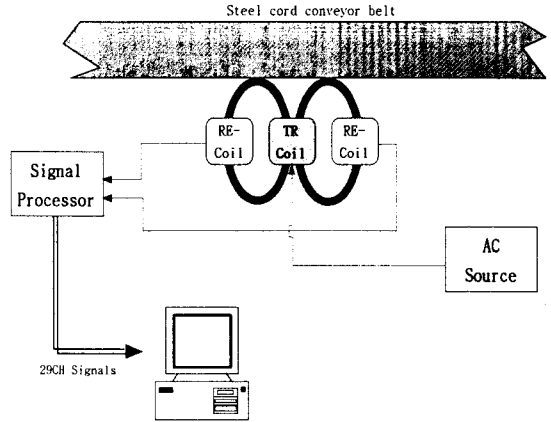


그림 2.7 스틸코드파선 검사장치의 전체 구성

3. 결 론

고가의 원료 수입용 스틸코드벨트의 손상을 검사하기 위한 방법으로 많은 센서가 개발되어 왔으나 실제 적용현장의 환경 등의 영향으로 검사장치가 최적의 성능을 발휘하기는 매우 어려운 상황이다. 본 연구에서는 vision에 의한 벨트손상부 검사와 자기코일센서를 이용한 벨트내부의 스틸코드파선 검사를 수행하였다. 그러나 이러한 환경 문제를 극복하고 실제 스틸코드벨트검사에 있어서 벨트외부의 손상보다는 벨트내부의 스틸코드파선의 검출이 더욱 중요하기 때문에, 벨트상태를 모니터링하는 방법 및 구현 장치에 있어서 비접촉식 자기코일센서를 이용한 검사 방법이 더욱 뛰어난 성능을 발휘함을 알 수 있었다.

[참고 문헌]

- (1). J.M. Farley, R.W. Nichols, "Non-destructive Testing", Proceedings of the 4th European Conference, Vol.4, September 13-17, 1987.
- (2). Thomas Young, "Linear System and Digital Signal Processing", 1985.
- (3). Robert C. McMaster, Paul McIntire, "Nondestructive Testing Handbook", Vol.4, 1986.
- (4). General Dynamics, "Nondestructive Testing", Vol.4, 1983.
- (5). A. Harrison, "New Developments in Conveyor Belt Monitoring", Mach. and Prod. Eng., No.12, 1979.
- (6). A. Harrison, "A Transducer for Testing Steel Cord Deterioration in High-tensile Strength Conveyor Belts", NDT Int J., 1985.
- (7). 유재상, 권정혁, "원료수송용 컨베이어벨트의 철편검출기 개발", 연구결과보서, 포항제철 기술연구소, 1995.
- (8). 유재상, 권정혁, "컨베이어벨트의 이음부 및 철편위치인식 장치 개발", 연구결과보서, 포항제철 기술연구소, 1997.