

골판지 불량 검색 시스템 개발, 현장적용과 생산 불량률 변화

정진모 · 민경은 · 김문성 · 박종문[†]
(2008년 4월 15일 접수: 2008년 5월 28일 채택)

Development of Defects Detecting System for Corrugated Board, Mill Application, and Changes of Production Defects Ratio

Jin-Mo Jeong, Kyung-Eun Min, Mun-Sung Kim and Jong-Moon Park[†]
(Received April 15, 2008; Accepted May 28, 2008)

ABSTRACT

Defects of corrugated board were limiting factors to the corrugated industry's growth. On-line detecting systems of defects are beneficial to increase profits of the corrugated board companies by reducing base paper consumption, increasing process reliability, and increasing productivity. By replacing naked eye inspection of defects to a defects detecting system, continuous inspection without fatigue may guarantee final products quality. The system was developed, which was consisted of line scan CCD camera, lens, illuminating parts, high speed image processor, software, various input parts, and output parts. First installation location of the system was at before fluting process after base paper unwinding, and surface of liner board was inspected by the system. Second installation location was after fluting process and combining process for liner board. Production loss includes ragged appearance of edge, irregular flute shape, wrong combination of flute, score cracking, defects in base paper, and flute cracking. The production loss was analyzed before and after the system installation at a commercial domestic mill. The production loss ratio was defined as a production loss weight per total production weight. The production loss ratio before the installation was decreased a lot from 1.28%(during 3 months before installation) to 0.76%(during 12 months after the first installation) and to 0.25%(during 6 months after the second installation).

• 본 연구는 산업자원부 한국산업기술재단 “지역혁신인력양성사업” 지원에 의해 수행되었음.
• 충북대학교 농업생명환경대학 산림과학·지역건설공학부(School of Forest Resources and Rural Engineering, College of Agriculture, Life & Environment Sciences, Chungbuk National University, Cheongju 361-763, Korea).
[†] 교신저자(Corresponding author): E-mail; jmpark@cbu.ac.kr

Keywords : detecting system, corrugated board, defects, gray level, production loss

1. 서 론

포장은 재화의 유통과정에서 물품의 가치를 보전하고, 외부요인에 의한 물품의 변질, 손상, 파손이 안 되도록 적합한 재료와 용기 등으로 보호하는 것이다. 포장 산업은 취급상의 편의를 제공하고 상품의 가치를 높이기 위한 제반 기능 부여를 포함하며 전 산업에 영향을 끼치는 중요한 산업이다.

포장재료의 범위는 목재, 유리, 플라스틱, 수지, 금속, 섬유, 골판지 등이 포함되며 서로 경쟁에 놓여 있다. 포장재료 중 산업과 소비에서 비중이 큰 것은 골판지와 플라스틱이다.

2003년 통계청 자료에 의하면 비닐포장, 목재포장, 금속포장, 지류포장 등 포장 산업에 사용되는 포장소재 중 골판지포장이 차지하는 생산액의 점유비가 41% 이상을 차지하였다. 최근 경제적 효율성 측면에서 관심이 고조되고 있는 물류산업 분야의 가장 기초가 되는 요소는 수송포장으로 골판지포장 산업은 현대 고도산업 사회에서 그 가치가 더욱 중요시되고 있다.

본 연구는 골판지 생산업체의 경쟁력을 높여 주기 위한 방법의 일부로 생산과정 중 골판지의 불량률을 감소시키는 것을 목적으로 수행하였다. 골판지 불량 검색 시스템의 개발로 인한 효과로는 골판지 생산 시 원지의 절감, 불량률 감소에 의한 상품가치 상승, 불량식별에 동원되는 노력절감 등을 들 수 있다. 골판지 생산 시 원지 절감은 골판지의 생산 단가를 낮추게 하고, 불량률 감소는 보다 좋은 품질을 가진 상품의 생산으로 사업 경쟁력을 높일 수 있을 것이라고 판단된다. 그리고 기계를 이용한 불량식별은 사람의 눈으로 식별했던 기존 방식보다 정밀하고 고속에서도 효율적으로 검색할 수 있는 장점이 있다.

2. 골판지 불량 검색 시스템의 개발

2.1 불량률 주요 발생공정의 분석

불량 검색장비를 개발하기 위한 선행 연구로 골판지

생산에 있어서 불량률이 주로 발생하는 위치의 분석이 중요하다. 따라서 본 연구에서는 골판지 생산 업체에 설문 조사를 수행하고, 실제 골판지를 생산, 판매하는 J사의 10개월간 클레임 현황을 분석하여 불량률이 주로 발생하는 공정을 설정하였다.

설문에 참여한 업체는 13개의 골판지 생산업체, 3개의 재단 및 상자 제조업체, 그리고 원지 생산, 재단 및 상자를 일괄 생산하는 1개 회사였다.

골판지 제조공정은 골성형부, 접착부, 건조부, 재단부 공정으로 구분되는데, 설문 결과 골판지회사에서 생각하는 주요 불량공정은 접착부 불량률이 86%로 가장 높은 비율을 차지하였고, 골성형부 불량률이 7%, 재단부 불량률이 7%로 비슷한 비율을 나타내었다.

골판지 회사들은 발생하는 불량 원인 중 기계적 결함이 가장 큰 원인으로 생각하고 있으며, 다음으로는 원지의 특성이 중요한 것으로 생각하고 있다. 원지와 관련된 불량은 골판지 생산 공정상 골성형부와 접착부에서 발생하는 것으로 인식하고 있었다. 골판지 생산은 골판지 원단을 만들어내는 공정이기 때문에 원재료인 원지특성의 영향을 무시할 수 없으나, 골판지 생산 시 불량 발생의 주요 원인은 원지나 접착제와 같은 원재료의 문제보다는 기계적 처리과정이 더 큰 영향을 끼치고 있는 것으로 판단하고 있었다.

2.2 골판지 불량 검색 시스템의 개발

골판지 불량 검색 시스템은 원지의 초기 공급 단계에서부터 골판지 생산 공정에 이르기까지 원지의 불량 상태와 골판지의 외관품질을 자동 검사하여 공정에서 발생하는 손실을 줄여 생산 효율을 높이는 것을 목표로 개발되었다.

골판지 불량 검색 시스템은 이미지 획득을 위한 linescan CCD camera, lens, 조명장치 등으로 구성되는 광학부, 실시간 고속 영상처리장치 및 software 등을 포함한 고정된 전용 inspection 장치 부분, 그리고 기타 각종 입출력 기능 등으로 구성하였다.

Fig. 1은 골판지 불량 검색 시스템의 구성을 보여주는데, 이 시스템의 특징은 정적 및 초고속의 동적 불량

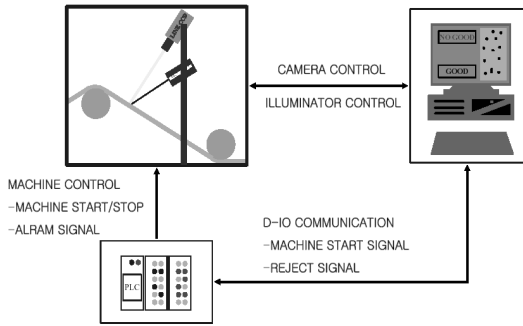


Fig. 1. Detecting system layout for corrugated board defects.

검출이 가능하고, 골판지 제품의 모니터링 기능 및 기본 통계 데이터 제공, 그래픽 유저 인터페이스 채용으로 사용이 쉽다는 것이다.

Fig. 2는 골판지 불량 검색을 위해 개발한 고속 처리 방식 시스템의 개략도를 나타낸 것이다. 기존방식의 이미지 처리 시스템의 경우 소프트웨어만을 사용하여 이미지를 처리하기 때문에 획득한 이미지의 처리 시간이 길어지는 단점을 가지기 때문에, 처리시간이 증가하고, 따라서 공정 제어 지연시간이 길어짐을 의미한다. 이처럼 지연되는 단점은 고속 골판지 생산 공정의 불량 검색에 한계를 가져오게 된다. 이에 비해 고속 처리 방식의 경우 소프트웨어와 CPU의 고속알고리즘 드라이버를 동시에 사용하여 소프트웨어 방식에 비해 10배 정도 빠른 처리 속도가 가능하도록 개발하였고, 불량 검출 시 불량에 대한 이미지 정보와 함께 곧바로 공정 제어를 할 수 있는 처리 시스템이다. 현재 골판지 생산 공정은 코

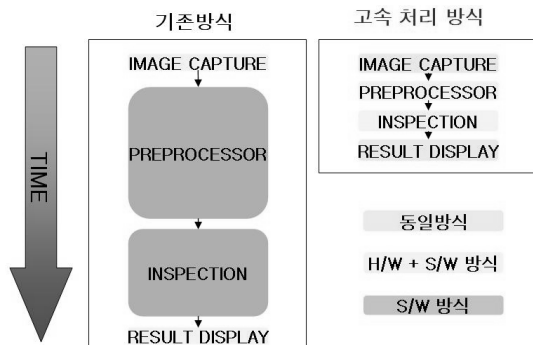


Fig. 2. Schematic diagram of defects detecting system for high speed processing.

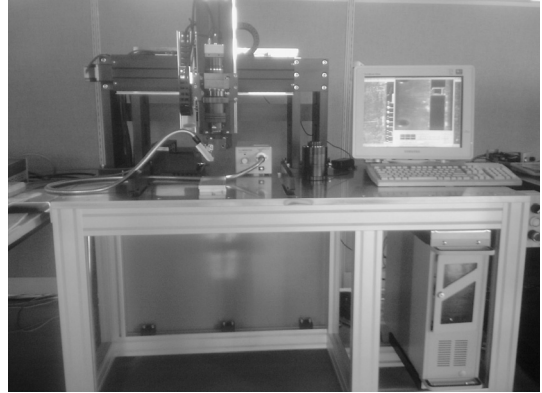


Fig. 3. Defects detecting system for laboratory scale.

루게이터의 성능에 따라 다르지만 200에서 300 m/min 이상의 비교적 고속의 생산 장비이며, 원지가 언와인딩 되는 순간부터 제품화까지 일괄적으로 생산되는 공정이기 때문에, 불량 발생 시 즉각적인 조치가 가장 중요한 공정 관리요소라 할 수 있다. 불량 검색장비 시스템은 불량 특성별 스펙(spec.)을 지정해주고, 그 판단기준에 따라 불량이라고 경고등을 켜주며, 불량 발생 시 공정을 제어할 수 있도록 하였다.

Fig. 3은 현장설치 전에 개발한 실험실적 불량 검색 장비의 사진이며, Fig. 4와 Fig. 5는 원지의 표면에 이물질 함유 불량 및 골성형 시 골찌그러짐의 예를 나타낸 것이다. 그러한 예의 불량을 이미지로 얻어낸 후 gray level profile을 계산하면 우측 그림과 같은 gray level profile 데이터를 얻어낼 수 있다. 원지의 찍힘이나 이물

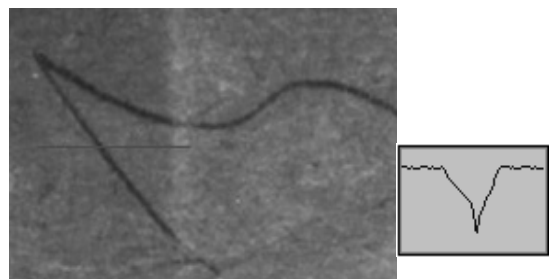


Fig. 4. Image(left picture) and gray level signal l(right picture) through horizontal path of liner board (black line is foreign substance).

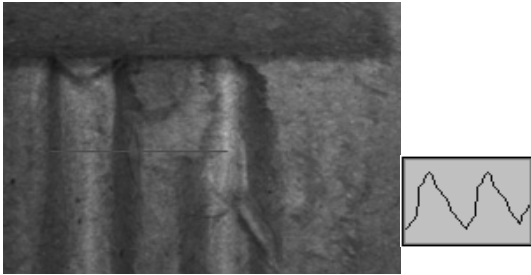


Fig. 5. Image(left picture) and gray level signal (right picture) through horizontal path of corrugated medium (irregular flute shape).

질, 오염, 지폭불량 등과 같은 원지의 이상 및 골성형이나 접착과 같은 생산 공정상의 불량일 일어나면 정상 제품과는 다른 gray level profile이 나타난다. 정상제품과의 차이 즉 gray level차를 이용하여 불량여부의 검출이 가능하게 된다.

2.3 불량 검색장비의 현장설치

Fig. 6은 골판지공장 현장에 설치된 카메라를 보여

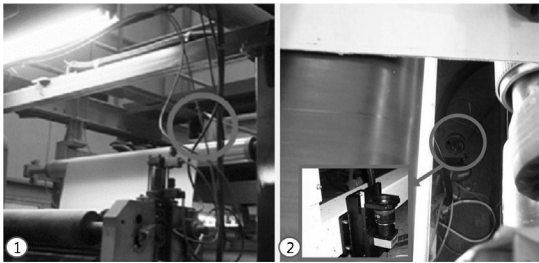


Fig. 6. Installation of detecting equipment for defects in a commercial mill.



Fig. 7. Pictures of programming computer and monitor in a commercial mill.

주는 사진으로 (1)은 골판지의 표면 라이너지를 검사하기 위한 1차 검색장비 설치의 그림이고, (2)는 이면의 라이너지를 검사하는 2차 검색장비 설치의 그림이다.

Fig. 7은 프로그램 작동 컴퓨터와 불량검색 화면을 보여주는 모니터의 그림으로, 카메라가 획득한 이미지를 소프트웨어와 CPU의 고속알고리즘 드라이버를 동시에 사용하여 얻은 영상이다. 그 영상은 오른쪽 그림과 같이 컴퓨터의 화면에 나타나게 된다.

2.4 불량검색 이미지

Fig. 8은 검색장비를 이용하여 이면 라이너지를 촬영한 이미지를 처리한 이미지로 (1)은 정상제품이며, (2)와 (3)은 불량제품으로 판별된 이미지이다. (2)는 이면 라이너지에 기계방향으로 긴 줄이 생긴 결함이 발생된 것을 보여주는 것이며, (3)은 이미지의 좌측네모선 안에 지폭불량이 발생하였는데, 그 이유는 우측 원형선 안에 원지의 접힘이 일어났기 때문이다. 원지의 접힘으로 지폭이 줄어들어 골심지 지폭과 라이너지 지폭이 정확히 맞지 않아 생긴 결함이다. 주변보다 그레이 레벨이 차이가 난 것으로 불량을 검색한 경우이다.

3. 결과 및 고찰

불량 검색장비 설치 전후의 생산 불량률의 변화를 Fig. 9에 나타내었다. 생산 불량률은 골판지 생산현장에서 계산된 값으로 지폭불량, 골성형 불량, 잘못된 골조합, 스코아 불량, 원지불량, 접착불량, 터짐과 같은 불량률이 포함된다.

표면 라이너지가 언와인딩된 직후 즉 골형성 직전에 불량 검색장비를 설치한 1차 장비 설치 후에 생산 불량률이 감소하였고, 골심지에 골성형을 한 후 이면 라이

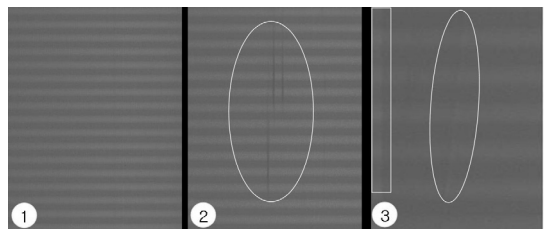


Fig. 8. Processed images of corrugated board in a commercial mill.

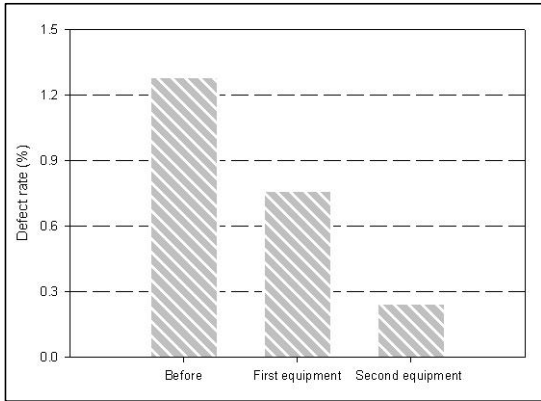


Fig. 9. Defects ratio before and after installation of defects detecting system at a commercial mill.

너지에 부착한 다음 나오는 공정에 2차 불량 검색장비를 설치한 후 불량률이 더욱 급격히 감소하는 경향을 보였다. 생산 불량률은 골판지 생산회사의 대외비이기 때문에 상세한 불량률은 발표할 수 없고 검색장비 설치시기에 따른 평균 불량률을 제시하였다. 즉 불량 검색장비 설치 전의 생산 불량률은 2006년 2월부터 4월까지 3개월간 매월 평균 1.28%가 발생하였고, 1차 검색장비 설치 후 생산 불량률은 2006년 5월부터 2007년 4월까지 1년동안 매월 평균 0.76%로 감소하였다. 2차 불량 검색장비 설치 후 생산 불량률은 2007년 11월부터 2008년 4월까지 6개월간 평균 0.25%까지 감소하였다. 생산 불량률이 감소한 이유는 불량 검색장비를 이용함으로써 육안으로는 어려운 고속 생산 과정을 관찰할 수 있었고, 협소한 장소를 관찰할 수 있었으며, 사전 검색을 철저히 하게 되어 클레임이 줄어든 효과 등이 나타난 것으로 판단된다. 감소된 생산 불량률로 인해 골판지 원단 판매 시 loss를 크게 감소시킬 수 있었고, 생산성 또한 크게 향상되었다.

4. 결론

불량 발생 형태에 대한 분석 시 와프를 제외한 대부분의 불량 형태는 이미지상으로 정상 제품과 불량 제품의 구별이 가능하기 때문에, 고속 및 광폭으로 생산되는 골판지 생산 공정의 특성에 따라 적절한 이미지 검출

프로그램, 불량 판정 기준 및 공정 제어 방식 개발을 통해 골판지 생산 공정상의 불량률 감소가 가능할 것으로 판단된다. 이러한 공정 제어 기술을 통해 작업인력 및 기술력이 부족한 골판지 업체가 당면한 품질향상 및 원가 절감 목표를 달성할 수 있을 것으로 판단된다. 또한 제품 판매 시 불량률 감소로 인해 소비자의 요구에 부응할 수 있으며, 품질향상으로 인해 추가적인 고객 창출이 가능할 것으로 예상된다.

불량의 온라인 검색장비 시스템은 골판지 회사의 원지소비 감소, 공정 신뢰도 향상, 생산성 향상 등의 효과를 가져올 수 있다. 불량 검색장비 시스템 구성은 이미징 획득을 위한 linescan CCD camera, lens, 조명장치 등으로 구성되는 광학부, 실시간 고속 영상처리장치 및 software 등을 포함한 고정밀 전용 inspection 장치 부분, 그리고 기타 각종 입출력 기능 등으로 구성하였다. 표면 라이너지가 언와인딩된 직후 즉 골성형 직전에 불량 검색장비를 1차 검색장비로 설치하였고, 골심지에 골성형을 한 후 이면 라이너지에 부착한 다음 나오는 공정에 2차 검색장비를 설치하였다.

불량 검색장비 설치 전의 생산 불량률은 2006년 2월부터 4월까지 3개월간 월평균 1.28%이었고, 1차 검색장비 설치 후 2006년 5월부터 2007년 4월까지 1년간 월평균 0.76%이었다. 2차 불량 검색장비 설치 후 2007년 11월부터 2008년 4월까지 6개월간 월평균 0.25%로 감소하였다. 이와 같이 감소된 생산 불량률로 인해 원단 판매 시 loss를 크게 감소시킬 수 있었다.

사 사

본 연구는 산업자원부 한국산업기술재단 “지역혁신인력양성사업” 지원에 의해 수행되었음.

인용문헌

1. 김순철, 골판지 기술, 예진 (1997).
2. Randy Crane, 영상처리 이론과 실제, 홍릉과학출판사 (1999).
3. 김상훈, 영상처리 입문, 과학기술 (2003).
4. 민경은, 박종문, 원지특성에 따른 Microflute의 골성형성, 펄프·종이기술 37(2):64-69 (2005).

5. 이진호, 박종문, 이상현, 골판지의 와프 현상 발생에 대한 원지 특성의 영향, 펄프 · 종이기술 38(1): 54-61 (2006).
6. 이진호, 박종문, 이상현, 골판지 접착 불량에 대한 전분과 원지 특성의 영향, 펄프 · 종이기술 38(2): 43-51 (2006).