



포장공정의 검사기기 동향

Trend of Detectors for Packaging Process

矢 川 眞 / 안리츠산업시스템(주)영업본부 마케팅부 영업추진과

1. 서론

지난해 식품에 대한 이물 혼입이 뉴스가 되는 일이 많았다. 이물의 혼입을 방지하기 위해서는 혼입의 원인을 차단하거나 이물 혼입품을 유출시키지 않는 구조가 필요하다. 이물의 혼입 리스크는 원료의 채취 단계에서부터 존재하며, 가공 공정에서도 설비의 부품 탈락이나 파손, 분리라는 리스크가 있어서 완전한 배제는 어렵다고 생각한다. 그래서 각 공정에 검사기를 배치하는 경우가 많다.

보고 에서는 현재 식품공장의 포장공정에서 반드시 사용되는 이물혼입검사와 질량검사에 사용하는 검사기를 소개한다.

1. 이물혼입검사기

식품공장에서 사용되는 이물혼입검사기는 검사대상이 되는 피검사품의 형상이나 특성의 차이, 검출을 목적으로 하는 이물의 종류나 크기에 의해 적용하는 검사기가 결정된다. 물리적 위해,

생화학적 위해, 화학적 위해 등 인간에게 끼칠 수 있는 3가지 위해 모두에 대응할 수 있는 검사공정이 필요하다.

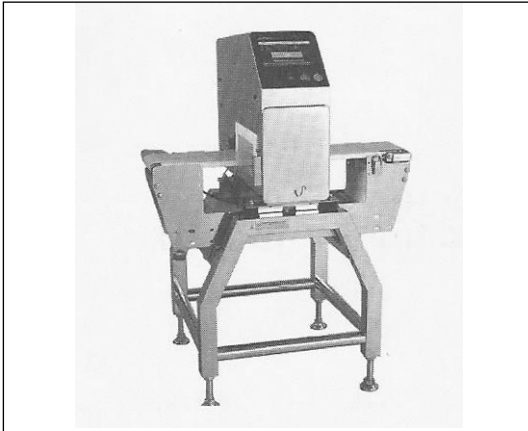
출하되는 전 제품을 검사해야 한다면 피파괴로 검사할 수 있는 것이 필수조건이 되며, 물리적 위해의 억제를 목적으로 도입된 경질 이물의 검사기인 금속검출기와 X선 검사기, 그리고 생물학적 위해를 위한 포장불량검사가 일반적으로 식품공장에서 운용되고 있다.

1-1. 금속검출기

식품 위생 관리 시스템의 하나인 HACCP(Hazard Analysis and Critical Control Point)의 CCP(중요관리점)로 간주되는 경우가 많은 금속검출기는 사람이 식품을 입에 넣을 때에 혼입금속에 의해 위해를 입는 것을 방지하는 것을 목적으로 식품생산라인에 설치되고 있다.

설치된 공정은 식품이 포장된 후(다음 공정이 출하 또는 식품 창고 보관으로, 소비자의 손에 도달하는 형태)가 압도적으로 많지만, 최근에는

[사진 1] 금속검출기



원료 유래의 혼입 금속이 생산공정의 진행에 의해 작게 분해되어 검지가 어렵게 된다는 것이 인지되고 있기 때문에 원료 공정에서의 금속검출기 배치도 증가하고 있다.

금속검출기는 대부분의 제조사가 다양한 종류를 판매하고 있기 때문에 기종에 따라 검출감도가 다른 것은 당연한 일이다. 식품공장의 포장공정에서 사용되는 금속검출기의 성능은 금속 단체의 경우 둥근 형체를 검출할 수 있는 것이 대부분이다. 일반적인 금속검출기의 모습을 [사진 1]에 나타냈다.

이 금속검출기는 터널형 검출 헤드에서부터 송수신된 교류 자계(磁界)를 이용해 피검사품에 혼입한 금속을 검출한다. 교류 자계 내에 피검사품이 벨트 컨베이어로 진입하면 교류 자계에 호트러짐이 생긴다. 만약 피검사품 안에 금속이 혼입해 있으면 교류 자계의 호트러짐이 커져 정상적인 피검사품이 만들어낸 자계의 호트러짐과 눈에 띄게 달라진다. 여기에 하나의 과제가 숨어 있다.

정상적인 피검사품이 일으킨 자계 호트러짐의 크기는 피검사품의 종류에 따라 변화한다. 예컨대 꽤 건조한 파우치들이의 쿠키와 수지제 백에 넣은 수분을 많이 함유한 두부의 경우, 금속검출기는 후자 쪽 자계의 호트러짐이 크다고 감지한다.

두부 제품이 작은 금속이 혼입된 것보다 호트러짐이 클 수 있다. 이처럼 피검사품의 내용물에 의해 다른 결과가 나올 수 있는 데다가 동일한 피검사품이라고 해도 포장의 종류나 색깔에 따라서도 비슷한 현상이 발생한다. 실제로 동일한 형상의 상자이지만 A색을 사용한 상자는 B색을 사용한 상자보다 금속검출기의 반응, 즉 자계의 호트러짐이 크게 된 사례가 있다.

이와 같이 피검사품에 의해 정상품 반응의 크기가 다르기 때문에 검지할 수 있는 혼입금속의 크기도 피검사품에 따라 변화한다. 일반적으로 금속검출기는 검출 헤드의 크기가 작은 것이 금속검출감도가 좋지만, 앞서 언급한 것처럼 피검사품의 종류에 의해 금속의 검출감도도 달라진다. 이 차이를 가능한 한 작게 하기 위해 최근의 금속검출기는 교류 자계의 주파수를 몇 가지 보유해 피검사품의 종류에 맞춰 바꾸는 방법으로 검출감도를 조금이라도 향상시키는 기술이 탑재되고 있다. 금속검출기 제조사는 독자적으로 자계 주파수에 대한 연구를 거듭해 피검사품의 반응이 최대한 작게 되는 주파수를 찾는 것과 동시에 자성 금속과 비자성 금속의 검지를 보다 유리하게 할 수 있는 주파수를 별도로 활용하는 기술을 금속검출기에 탑재했다.

식품공장에서 사용되고 있는 금속검출기는 알루미늄포일을 포장재로 한 피검사품 외에는 교



[그림 1] 자계 주파수 선택 화면

번호	자계 주파수	Fe 검출 주파수	SUS 검출 주파수
1	[A-A]	0.6	1.6
2	[B-B]	0.7	1.4
3	[C-C]	0.8	1.8
4	[D-D]	1.1	2.8
5	[D-A]	1.1	1.6
6	[D-B]	1.1	1.5
7	[D-C]	1.1	1.8

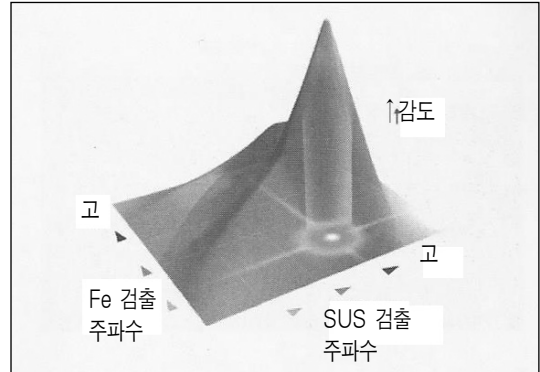
류 자계를 사용하고, 모든 금속을 자성과 비자성으로 나눠 검출하고 있다. 특히 발생된 자계 안에 비자성 금속이 진입하면 표면에 과전류가 발생하고, 최종적으로 열로 바뀌는 자계 에너지를 소비하는데, 비자성 금속은 자계의 주파수가 높을수록 이 소비율이 커지기 때문에 검출감도가 향상하는 경향이 있다. 단, 피검사품도 자계의 주파수에 따라 반응의 크기가 변동하는 특성이 있다.

금속검출기는 이 피검사품의 반응이 가장 작게 되고, 비자성 금속의 반응과 자성 금속의 반응이 크게 되는 조건의 자계 주파수를 초기 설정 시에 발견하는 기능을 가지고 있다.

안리츠산업시스템의 금속검출기의 경우, 초기 설정 시에 4개의 자계 주파수에서부터 피검사품 별로 최적의 2개를 선택할 수 있다. [그림 1]은 초기 설정 시에 금속검출기가 선택한 자계 주파수와 그때의 Fe와 SUS의 테스트피스에서 추정 검출감도의 표시선택 화면이다. 그림 속 [A-A] 등의 알파벳은 기호로 나타낸 자계 주파수이다.

최근에는 초기 설정 시에 추정검출감도를 표시하지만, 최종적으로는 테스트피스와 피검사품

[그림 2] 자계 주파수와 검출감도의 이미지



을 사용해 감도를 확인할 필요가 있다. [그림 2]는 자계 주파수와 검출감도의 관계를 나타낸 이미지이다.

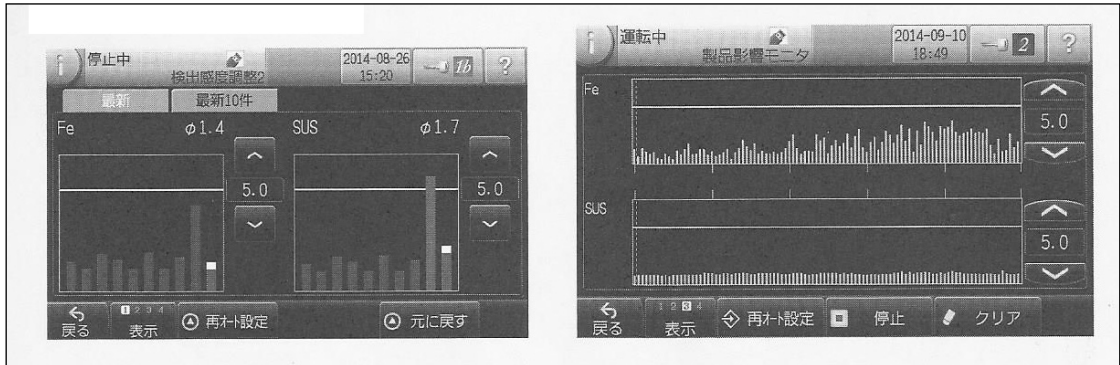
검출감도는 피검사품을 초과하는 반응을 금속검출기가 검지할 수 있는 테스트피스의 크기로 표현된다. 그리고 검출감도를 결정하는 구조는 검출한계를 정하는 방법으로 결정되는데, 이 검출한계를 정하는 방법은 금속검출기 조작자의 숙련도에 의해 그 차이가 크다.

필자는 생산현장에서 운전하고 있는 금속검출기를 볼 기회가 많이 있었는데, 생산현장에 따라 검출한계를 정하는 방식에 차이가 크다는 것을 느낄 수 있었다.

어떤 현장에서는 검출한계가 너무 혹독해 정상품을 오검출해버리는 리스크를 안고 있거나 반대로 검출한계가 너무 관대해 목적으로 한 검출감도의 실현 기회를 놓치고 있다.

검출한계를 정하는 방법에 차이가 있는 것은 목표로 하는 검출감도를 정한 후 그것을 실현하기 위해 노력하거나 또는 오검출을 하지 않기 위해 검출한계를 완화하는 경우가 많기 때문이다.

[그림 3] 제품 영향 모니터 화면



다만 여기에서 주의해야만 하는 것은 검출감도를 관대하게 설정하는 것은 쉽지만, 금속검출기의 성능을 넘어 검출감도를 향상시키는 것은 불가능하다는 것이다.

각각의 금속검출기에는 피검사품에 따른 적절한 검출감도가 존재한다. 최근의 금속검출기는 적절한 검출감도를 확인하기 위해 생산 중 피검사품의 반응(영향)의 정도를 모니터하는 기능이 탑재되고 있으며(그림 3), 피검사품 반응의 불규칙을 관찰해 오검출이 일어나지 않는 범위에서 여유가 적은 검출한계를 설정할 수 있다.

이처럼 최근에는 조작자의 숙련도와 상관없이 금속검출기의 성능을 끌어내 사용하기 쉬운 검사가 늘어나고 있다.

1-2. X선검사기

과거부터 식품생산라인에서는 이물을 검출하기 위해 금속검출기가 많이 도입되어 왔다. 금속검출기는 앞에서 서술한 것처럼 피검사품이 센서를 통과할 때의 자계 변화를 계측하는 것으로 금속 이물이 혼입한 식품을 식별하는 것이 가능

하다. 하지만 식품의 소재나 형상의 차이, 포장재의 차이 등도 자계의 변화에 영향을 미치기 때문에 작은 금속 이물을 검출하기 어려운 경우가 있다. 또한 식품에 혼입한 이물은 생산장치 유래의 금속뿐만 아니라 원재료 유래의 돌이나 플라스틱, 뼈, 유리 등 다양하게 있으며, 이러한 이물은 금속검출기로 검출할 수 없다.

이 금속검출기의 약점을 보완하기 위해 탄생한 것이 X선검사기로, 최근에는 인라인으로 널리 사용되고 있다. 일반적인 X선검사기를 [사진 2]에 나타냈다.

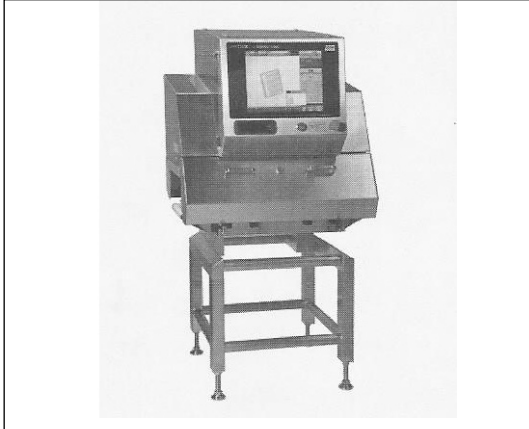
X선검사기는 그 이름처럼 X선을 사용한다. 피검사품에 X선을 조사해 투과한 X선의 양을 바탕으로 투과화상을 작성한다.

투과화상은 피검사품의 투과하기 어려운 부분은 검게, 투과하기 쉬운 부분은 하얗게 되는 농담(濃淡)화상으로 나타나며, 피검사품의 X선 투과에 대한 영향으로써 보는 것이 가능하다.

이물이 혼입한 경우에는 「피검사품+이물」의 영향을 나타내는 화면이 된다. 화상처리로 피검사품의 영향을 억제하고, 이물의 영향을 효과적



[사진 2] X선검사기



으로 유출해 자동검사를 실현하고 있다. 그러나 피검사품의 종류에 따라서는 투과화상에 나타난 농담의 특징이 달라서 같은 화상처리를 적용해 적절한 이물검사를 할 수가 없다.

또한 혼입한 이물도 형상이나 재질이 다양하기 때문에 각각의 이물에 대응할 수 있는 화상처리가 필요하다. 그 때문에 복수의 화상처리를 하나로 만든 알고리즘을 여러 가지 준비하고 있다.

피검사품의 특징에 맞춰 알고리즘을 사용하고, 이물의 특징별 화상처리에 대해 검출한계를 설정함으로써 양호한 검사를 실현하고 있다. 이러한 설정 중에 「선택」이나 「조정」이라는 단어가 나열되면 조작자에게 조작이 복잡하다는 인상을 줄 수 있지만, 위저드(wizard) 형식의 '품종등록내비게이션'([그림 4])을 탑재해 수순대로 진행하기만 하면 감도자동설정까지 간단히 할 수 있다.

X선검사기가 금속검출기보다 뛰어난 점 중의 하나는 화상을 얻을 수 있다는 것이다. 포장재로

인해 육안으로 내용물을 볼 수 없는 상태라도 X선이 포장재를 투과하면 내용물의 상태를 화면으로 확인할 수 있다. 그래서 상품의 상태를 정량적으로 정의해 깨짐·빠짐, 결함품, 끼임 등의 검사도 이물검사와 동시에 할 수 있다([그림 5] 참조).

결함품검사는 질량으로 검사하는 방법도 있지만, 식품과 같이 내용물 1점, 1점의 무게가 불규칙한 경우에는 1 포장단위로 효과적인 검사를 할 수 없는 경우가 있다.

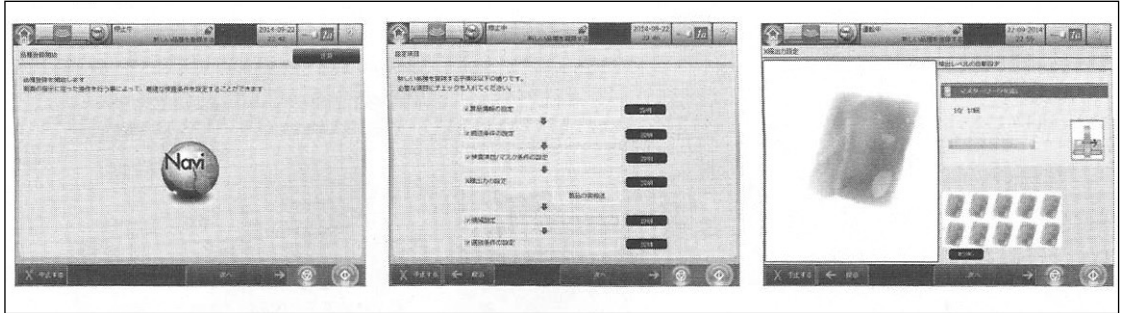
[그림 6]은 12개들이 제품으로, 1점당 $\pm 5\%$ 의 차이가 있는 경우에 최소중량 12개와 최대중량 11개 가운데 11개 쪽이 무거운 질량이면 검출이 어렵다. X선검사기에서는 투과화상에서부터 내용물의 수량을 알 수 있고, 초콜릿의 조합은 1점당 질량이 다르기 때문에라도 결함품검사를 하는 것이 가능하다.

포장재도 투과해 편리한 기능을 가지고 있는 X선 검사기이지만, 포장재나 포장형태로 인해 이물 검출이 어려운 경우가 있다. 앞서 설명한 것처럼 X선 투과에 미치는 영향을 이물 검사의 근거로 삼고, 같은 물질이라면 더 두꺼운 쪽이 영향이 크다는 성질이 있다.

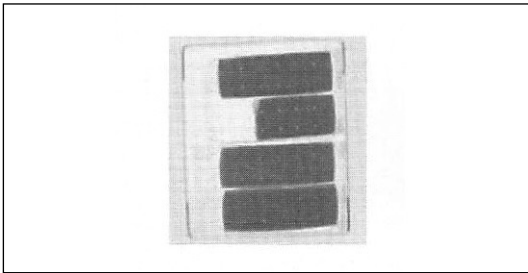
X선은 대부분의 경우에 제품 반송 방향에 수직으로 조사되며, 조사방향과 같은 방향으로 두께가 있는 경우에는 포장용기 재료인 종이류에도 많은 영향을 미치는 경우가 있다. 이 영향이 내용물보다 크면 오검출 방지를 위해 검출한계를 올려야 하며, 이는 이물의 검출감도를 저하시켜 버린다.

[그림 7]은 외장상자에 넣은 레토르트식품의 투과화상과 X선 투과의 영향 모니터의 모습이다.

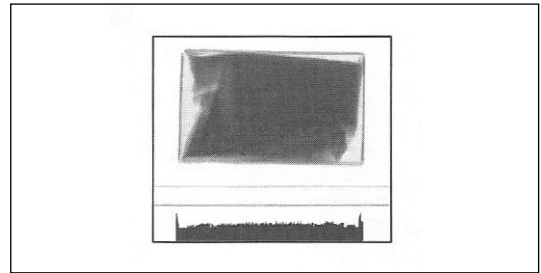
[그림 4] 품종등록 내비게이션



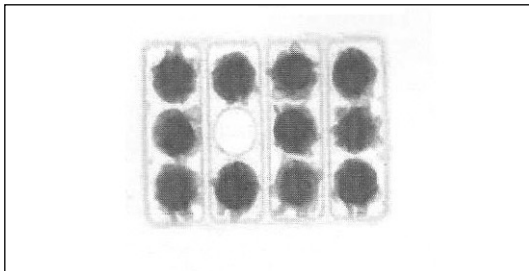
[그림 5] 빠짐의 예



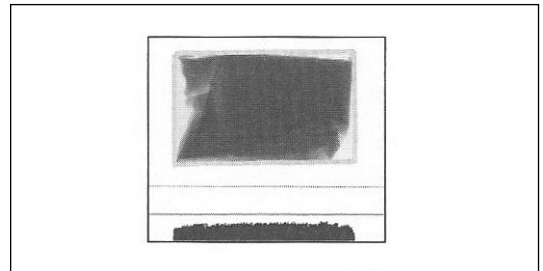
[그림 7] 검출한계(마스크 처리 없음)



[그림 6] 결함품의 예



[그림 8] 검출한계(마스크 처리 있음)



외장상자는 일반적인 판지이지만, X선 조사방향에 두께가 있기 때문에 투과화상에 확실히 나타나고 있다. 그래서 이 영향은 내용물보다도 크고, 검출한계를 외장상자에 맞춰 내용물의 이물 신호가 약한 경우에 검출할 수 없을 수도 있다. 따라서 외장상자 부분을 마스크해서 내용물의

영향에 맞춰 검출한계를 조절하는 기능을 탑재하고 있다(엣지마스크기능).

엣지마스크는 마스크 폭을 가변할 수 있고, 종이의 두께나 끼우기 등에도 대응할 수 있다. 이 물검사에서는 내용물과 마스크 안에서 별도의 검출한계를 설치해 두고, [그림 8]과 같이 검출



[사진 3] 생산현장 인라인에서 사용하는 질량검사기



한계를 내려서 약한 이물 신호에도 검출할 수 있게 설정할 수도 있다.

이처럼 마스크 처리에는 엣지마스크 외에 캔 마스크, 클립마스크, 영역마스크, 탈산소제마스크 등 제품 형태에 맞춘 마스크 처리가 준비되고 있다.

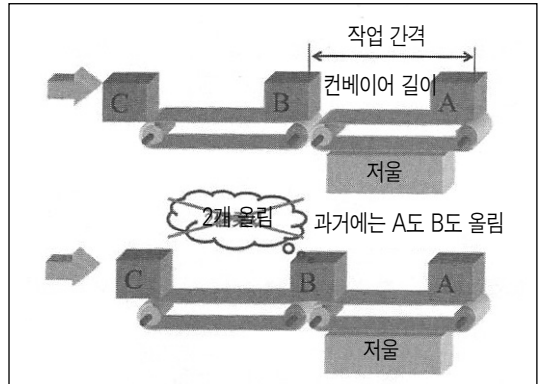
이물검사를 목적으로 개발된 X선검사기이지만, 획득한 투과화상에서부터 파생하는 기능이 다양해 복합기로써의 역할을 하는 기종이 많다. 피검사품 자체가 앞으로도 변화해갈 것이기 때문에 X선검사기는 더욱 진화를 계속할 것으로 보인다.

2. 질량검사기

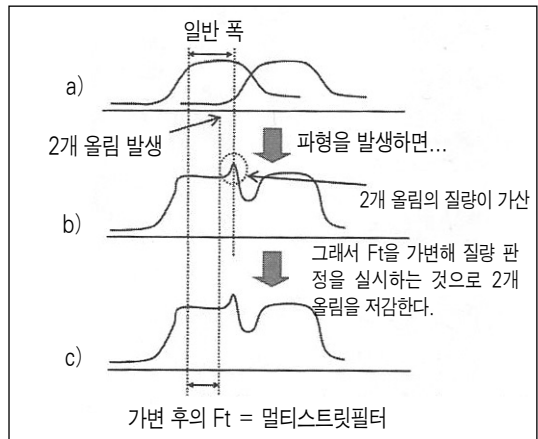
생산현장의 인라인에서 사용하는 질량검사기 ([사진 3])는 벨트컨베이어 위를 반송하면서 검사할 수 있는 다이내믹 계량방식의 검사기를 사용한다.

동사에서도 이 다이내믹 계량방식의 검사기 제

[그림 9] 반송간격 불규칙에 따른 결과



[그림 10] 양자 개량 기술 탑재



조를 50년을 넘게 하고 있다.

제품이 성숙 영역에 들어서면 새로운 기술의 탑재보다는 시류에 맞는 디자인, 인터페이스의 조합을 추진하나 제품 개발이 많아지게 된다. 하지만 최근 생산설비와 생산시간의 고속화에 의해 질량검사기에도 하나의 과제가 생겼다.

질량검사에서는 스태틱(static) 계량과 다이내믹(dynamic) 계량이 있는데, 계량 대상품을 평량부(저울)에 확실히 올리지 않으면 계량을 할

수 없다. 특히 다이내믹 계량의 경우에는 계량품의 반송간격이 불규칙해지면 평량부에 2개의 계량품이 올라가버리는 경우가 있다(그림 9).

이 현상을 질량검사기에서는 일반적으로 2개 올림이라고 하는데, 질량검사기는 정규 질량으로 인식할 수 없기 때문에 대상이 된 계량품을 선별 장치로 외부배출한다.

배출된 계량품을 다시 계량하면 정규 질량을 확인할 수 있는 경우가 많았기 때문에 재검사를 실시하지 않는 생산라인에서는 배출된 계량품은 그대로 로스가 되고 보류를 악화시키는 원인이 된다.

최근 발표된 질량검사기는 2개의 계량품이 평량부에 올라간 경우에도 양자를 계량하는 기술을 탑재하고 있다.

[그림 10]에서 설명한다. 벨트 컨베이어 위를 선행하는 계량품 A가 평량부(저울)에서 내려가기 전에 뒤따르던 계량품 B가 평량부에 올라가는 상황에서 발생하는 질량의 신호를 개별로 표현한 그림이 a)이다. 그렇지만 평량부는 하나밖에 없기 때문에 실제 질량의 신호는 b)의 신호와 같이 2개 올림의 포인트로 아주 조금 증대된다.

이 극미한 신호 증대를 기점으로 해서 신호를 분리해 계량한다.

질량검사기는 일반적으로 질량이 안정하고 있는 영역을 여러개 샘플링해서 계량값을 얻기 때문에 2개 올림이 발생하면 c)와 같이 질량의 안정영역이 좁아지게 되고, 계량 정밀도가 다소 저하된다.

하지만 기존에는 2개 올림을 피하기 위해 벨트 속도를 고속으로 설정, 계량 정밀도를 어느

정도 희생해야 했지만, 이 기술을 사용하면 질량검사기의 벨트 속도를 저속으로 해서 계량 정밀도를 향상할 수 있고, 검사기의 계량 정밀도를 예측해 원재료의 충전량을 억제할 수 있어서 결과적으로 수량비가 좋은 질량검사를 할 수 있게 된다.

II. 결론

이번에 소개한 금속검출기, X선검사기, 질량검사기는 주로 포장 후 제품의 품질을 보증하기 때문에 도입되어온 검사기이다.

이들 검사기는 날마다 개발된 제품에 대응할 수 있도록 기능·성능을 향상시키고, 해마다 엄격해지는 소비자의 품질에 대한 요구에 응답할 수 있도록 연구개발을 이어가고 있다. 특히 지난해 보도로 전달된 식품에 대한 혼입 이물은 기존의 검사기가 가진 기술로는 검출이 어려운 것이 적지 않았다.

검사기 제조사는 앞으로도 검사기의 성능을 향상시키기 위한 노력을 계속함과 동시에 식품, 포장업계와 연대해 품질관리를 종합적으로 고도화시킬 수 있도록 노력하고자 한다. ☐

월간 포장계는 포장업계에 유익한
최신 기술 및 정보를 제공하고 있습니다.
정기구독 및 광고 문의는
(사)한국포장협회 편집실로 해주십시오.

TEL. (02)2026-8655
E-mail : kopac@chollian.net