

WEBFREX NV 온라인 두께 게이지를 위한 새로운 QC1F16 프레임

코가 유사쿠 (Yuusaku Koga)^{*1} 다니후지 다이스케 (Daisuke Tanifuji)^{*2} 하라 타카시 (Takashi Hara)^{*3}

Yokogawa는 1962년 시트 제조 공정을 위한 최초의 온라인 두께 게이지를 출시한 이래로 종이 및 필름과 같은 시트 제품의 품질과 생산성을 향상시키기 위해 측정 및 제어 기술을 계속 개발해 왔습니다. 현재 제품 라인업은 종이용 “B/M9000VP”, 종이 이외의 범용 필름 및 시트용 “WEBFREX NV”, 배터리 전극 시트용 “WEBFREX3ES”이 있습니다. 최근 자동차의 동력원이 화석 연료에서 전기로 옮겨 감에 따라 리튬이온 배터리 플랜트에 대한 투자가 급증하고 있으며, 이 분야에 “WEBFREX3ES”가 널리 사용되고 있습니다. 특히 해외 시장에서 리튬이온 배터리의 주성분인 분리막 수요가 증가하고 있습니다. 시장의 요구 사항을 충족하기 위해 Yokogawa는 다양한 국가의 규정을 준수하고 사물 인터넷(IoT)과 호환되는 유지 보수성이 향상된 새로운 플랫폼인 “WEBFREX NV QC1F16(F16 프레임)”을 개발했습니다. 이 보고서는 F16 프레임의 기능과 기술에 대해 설명합니다.

도입

Yokogawa의 온라인 두께 게이지(그림1)는 필름 시트의 교차 방향(cross direction: CD) 및 기계 방향(machine direction: MD)을 따라 필름 두께를 온라인으로 정밀하게 측정하고 두께 분포 그래프(프로파일)를 표시하고 시트 제조 공정의 “필름 두께 균일성(film thickness uniformity)”을 자동으로 제어하는 시스템입니다. Yokogawa는 1962년 최초의 온라인 두께 게이지를 출시한 이래로 측정 및 제어 기술을 지속적으로 개발하면서 변화하는 환경과 사회적 요구에 유연하게 적응하여 종이 및 필름과 같은 시트 제품의 품질과 생산성을 개선했습니다. 현재 제품 라인업은 종이용 “B/

M9000VP”, 종이 이외의 범용 필름 및 시트용 “WEBFREX NV”, 배터리 전극 시트용 “WEBFREX3ES”가 있습니다.

오늘날 세계는 “지속가능한 개발 목표(sustainable development goals: SDGs)”의 채택에 따라 탈 탄소사회로 빠르게 이동하고 있습니다. 자동차 산업은 전기차(EV)로 전환하고 있으며, 이를 'EV 시프트'라고도 합니다. 이에 따라 전기차용 리튬 이온배터리(LiB) 시장이 빠르게 성장하고 있습니다. 리튬 이온배터리 제조사들은 증가하는 수요에 부응하기 위해 전기차 제조사들에게 선적하기 편리한 위치에 플랜트를 건설하고 있습니다. 자본 투자는 특히 유럽과 중국에서 활발합니다.

“온라인 두께 게이지(Online Thickness Gauge)”는 리튬 이온 배터리의 주요 구성 요소인 배터리 전극시트 제조에 널리 사용됩니다. WEBFREX3ES Dedicated Coat Weight Measurement System for Battery Electrode Sheets (WEBFREX3ES 배터리 전극판 전용 코팅 중량 측정 시스템)⁽¹⁾ 보고서를 참조하십시오. 리튬 이온 배터리 제조업체와 마찬가지로 리튬 이온배터리의 또 다른 주요 구성품인 분리막(separator sheets) 제조업체는 “현지 소비를 위한 현지 생산(local

*1 Yokogawa 제품본부(Products Headquarters) 산하 센싱센터(Sensing Center)의 분석기획부(Analyzer Planning Department)

*2 Yokogawa 제품본부(Products Headquarters) 산하 센싱센터(Sensing Center) 개발본부(Development Division)의 분석기부서(Analyzer Department)

*3 Yokogawa 제품본부(Products Headquarters) 산하 영업센터(Sales Center) 분석기영업부(Analyzer Sales Division)의 P&W솔루션영업부(P&W Solution Sales Department)

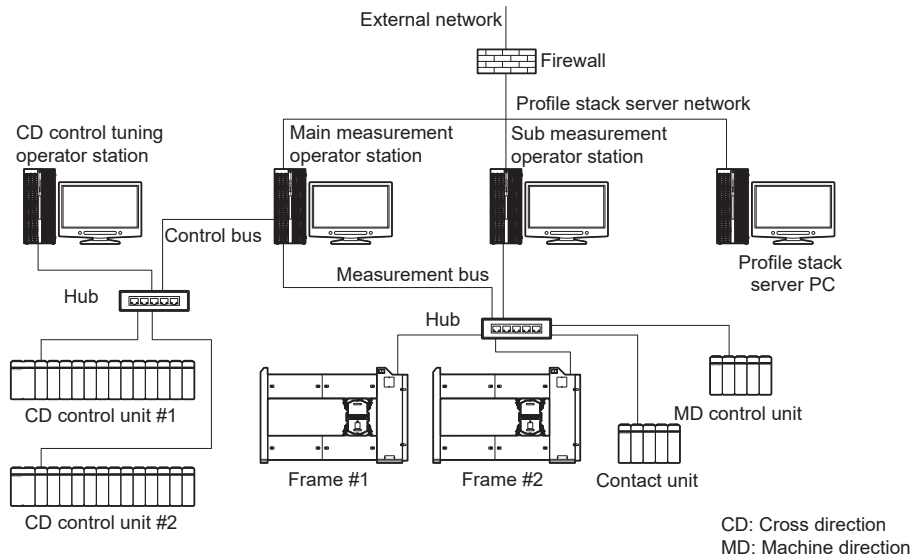


그림1 온라인 두께 게이지의 시스템 구성 예

production for local consumption)” 정책을 따라 여러 국가에 신규 플랜트 건설을 서두르고 있습니다. 리튬 이온 배터리 공급량에 대한 수요 증가와 함께 리튬 이온배터리의 더 높은 용량과 더 높은 안전성에 대한 수요도 증가하고 있습니다. 이러한 요구를 충족시키기 위해서는 더 높은 내열성(heat resistance)을 지닌 더 얇은 분리막 시트와 더 큰 규모의 필름 제조 장비가 필요합니다. 동시에, 분리판의 제조를 지원하기 위해 온라인 두께 측정 및 제어 게이지에 대한 수요도 증가하고 있습니다. 이 온라인 두께 게이지는 각 국가의 규정을 준수해야 합니다.

고객의 플랜트 운영을 최적화하고, 고장을 예측하고, 문제의 원인을 식별하고, 제품 품질을 예측하려면 온라인 두께 게이지 장치의 데이터를 디지털화하여 데이터 분석을 더 쉽게 해야 합니다. 이는 또한 고객의 디지털 변환(DX)을 지원합니다.

위의 요구 사항을 충족하기 위해 Yokogawa는 각 국가의 규정 준수, 사물 인터넷(IoT) 호환성 요구 사항을 충족하는 차세대 플랫폼으로 “WEBFREX NV QC1F16”(이하 “F16 프레임”, 그림2)을 개발했습니다. 유지 보수성 및 측정 정확도가 향상되었고 교체가 용이합니다. 이 보고서는 F16 프레임의 기능과 기술에 대해 설명합니다.

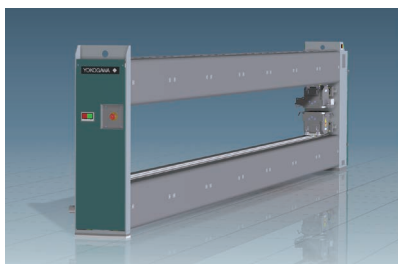


그림2 F16 프레임(QC1F16)

프레임(Frame)

두께 측정용 프레임은 필름 시트를 스캔하는 센서헤드(sensor head)를 지지하는 고정 프레임(fixture)입니다. 센서가 완전한 성능을 발휘하려면 프레임이 매우 견고한 기본 구조와 고정밀 구동 메커니즘을 가져야 하며 장기간 성능을 유지하기 위해 정기적으로 유지관리(maintenance)되어야 합니다. 적절한 유지관리를 할 경우 프레임은 10년 이상 작동할 것으로 예상됩니다.

프레임 구성

표준 O형 프레임의 구성은 이전 모델에 사용된 표준 F6 프레임(그림3)을 예로 들어 설명합니다.

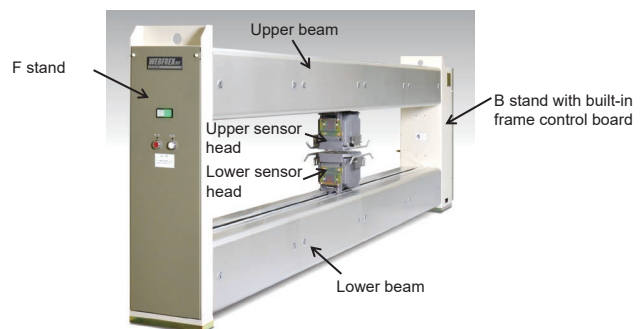


그림3 표준 F6 프레임(WG51F6B)의 구성

O형 프레임은 베타선 감지기, X선 감지기 등 다양한 센서가 탑재되는 플랫폼입니다. 센서는 상부 센서헤드(sensor head)와 하부 센서헤드(sensor head)가 한 쌍으로 구성되어 있습니다. 측정 오퍼레이터 스테이션에서 프레임 B 스탠드에 내장된 제어 보드로의 명령은 왕

복 스캔, 지정된 위치로 이동, 정지를 포함한 센서헤드의 움직임을 제어하여 필름 시트 두께 제어를 위한 측정을 수행합니다.

프레임 요구 사항 및 배경

프레임은 다음 요구 사항을 충족해야 차세대 플랫폼으로 사용됩니다.

- 주요 리튬 이온 배터리 제조 국가의 규정 및 표준 준수
리튬 이온 배터리 시장이 확대될 것으로 예상되는 유럽과 중국에 분리막 제조 플랜트를 신설하는 프로젝트와 함께 온라인 두께 게이지에 대한 문의가 증가하고 있습니다. 전기차로의 전환이 가속화됨에 따라 전 세계적으로 더 많은 지역에 분리막 제조 플랜트가 건설될 것으로 예상되고 있습니다 따라서 온라인 두께 게이지는 사용되는 국가의 규정 및 표준을 준수해야 합니다. 예를 들어, 프레임의 구성으로 인해 프레임의 구동 부품이 외부에 노출되기 때문에 안전한 작동을 보장하기 위해 기계류 치짐을 충족해야 합니다. 작동 중 비상 정지 메커니즘은 인증 획득의 핵심 요건입니다.

■ IoT와의 호환성

프레임의 건전성은 플랜트 정지 후 유지보수 시에 점검해야 하므로 1년에 몇 번만 점검할 수 있습니다. 프레임의 건전성을 더 자주 확인하기 위해서는 프레임의 상태를 실시간으로 원격으로 파악할 수 있는 시스템이 필요합니다. 이러한 시스템을 통해 지역 사무소의 서비스 엔지니어 및 기술 지원 담당자는 현장의 고객 엔지니어와 원격으로 정보를 공유할 수 있으므로 협력이 강화되고 원인을 신속하게 파악할 수 있습니다.

■ 유지보수성 향상

프레임의 유지 보수를 위해서는 전문 기술, 지식 및 경험이 필요하며 각 국가의 지역 서비스 엔지니어가 이를 수행합니다. 그러나 이러한 서비스 엔지니어를 양성하는 데는 오랜 시간이 걸리므로 빠르게 성장하는 시장을 따라가기가 어렵습니다. 이 문제를 해결하기 위해서는 부품 교체, 센서 조정 등을 단순화하고 누구나 유지보수를 할 수 있도록 해 주는 시스템이 필요합니다.

■ 측정 정확도 향상

분리막(Separator Sheet)은 리튬 이온 배터리의 성능 향상을 위해 얇아지고, 내열성(heat resistance) 향상을 위해 세라믹 코팅이 요구되고 있고, 시트 제조 장비는 생산능력 증대를 위해 대형화되고 있습니다. 이러한 추세와 함께 측정 정확도를 높이고 프레임의 기계 정확도를 유지하기 위해 온라인 두께 게이지가 필요합니다. 다양한 환경에서 고정밀 측정이 가능하기 위해서는 환경의 변화에 따라 측정값을 조절하는 보조 센서가 필요합니다. 새로운 센서의 장착을 용이하게 하는 시스템도 필요합니다.

■ 교체 시 고려사항

프레임이 설치되는 환경은 플랜트마다 고객마다 다릅니다. 고객은 프레임의 설치 공간을 최소화할 수 있는 설계를 요청하는 경우가 많습니다. 또한 많은 프레임 설치된 기존 고객들이 쉽게 프레임을 교체할 수 있도록 하는 교체의 용이성 등도 고려해야 합니다.

F16 프레임의 기능

위의 요구사항을 충족하기 위해 Yokogawa는 다음 기능을 갖춘 새로운 F16 프레임을 개발했습니다.

주요 리튬 이온 배터리 제조 국가의 규정 및 표준 준수

이 보고서 발행 당시 F16 프레임은 “CE 마킹” 및 “중국 GB 표준”에 대한 인증을 받았습니다. Yokogawa는 향후 다른 규정 및 표준에 대한 인증도 차례로 획득할 계획입니다.

프레임 구조 설계 (유지보수성 및 측정 정확도 향상)

표준 F6 프레임에 사용되는 I형강을 H형강으로 교체하여 프레임의 경량화하고 프레임 변형이 자중(self-weight)으로 인한 측정 정확도에 미치는 영향을 줄이고 제조성(manufacturability)을 향상시킵니다. I형강은 두 플랜지 사이의 중심에서 양단으로 갈수록 두께가 감소하는 “테이퍼 구조(tapered structure)”로 사용되었습니다. 따라서 구동 메커니즘은 “테이퍼 구조”에 맞게 조정된 많은 부품을 포함하고 프레임을 조립하는 데 오랜 시간이 소요되었습니다. 이에 반해 H형강은 판상구조로 부품 수, 조립 인력 투입, 운송 시 환경부하를 줄일 수 있습니다.

프레임 설계 시 강종(steel type) 변경이 프레임 처짐(deflection)에 미치는 영향을 구조해석 소프트웨어를 이용하여 평가하였고, 최대 빔 강성(beam stiffness)을 얻기 위해 여러 대안들 중에서 최적 빔 구조를 선정하였습니다. H형강의 빔 경량화와 빔 강성 향상으로 인해 프레임 처짐이 이전 프레임에 비해 30% 감소되었습니다(그림4).

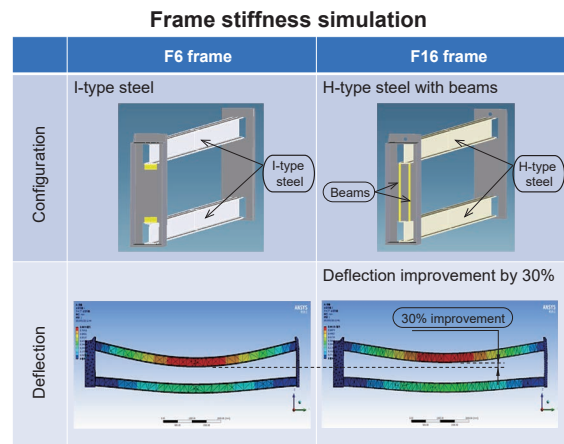


그림4 표준 F6 프레임(WG51F6B)의 구성

고밀도 설계(규정 및 표준 준수, 유지 보수성 향상 및 교체 고려)

프레임 제어보드(frame control board)에는 많은 보호 회로가 필요하므로 프레임에 장착해야 하는 장치의 수가 증가했습니다. 장치의 소형화, 기능의 펌웨어 내장 및 고밀도 설계로 F16 프레임의 경우 표준 F6 프레임과 동일한 크기임에도 불구하고 필요한 장치들을 제어 보드에 탑재할 수 있습니다. 따라서 F16 프레임은 기존 시장에 “교체 가능성(replaceability)”을 제공합니다.

요구 사양에 대한 유연성 향상(교체 고려)

설치 공간에 대한 다양한 요구 사항을 충족하기 위해 표준 F6 프레임의 경우 길이를 달리하는 20가지 변형 스펙이 있었던 것과 비교하여 F16 프레임의 길이는 각각 100mm씩 차이가 나는 55가지 변

형 중에서 선택할 수 있습니다. 필름 시트가 프레임을 수평으로 통과하지 못하는 경우가 많아 “센서헤드에 대한 기울임 요구(requests for tilted sensor heads)”가 많습니다. 이에 따라 센서헤드 기울임 각도 $\pm 8^\circ$ 이내, 센서헤드의 상하 간격이 23mm 이하인 틸트형 센서헤드(tilted sensor head) 사양이 표준 라인업에 추가되었습니다.

디지털화된 프레임 데이터(IoT와의 호환성 및 측정 정확도 향상)

센서헤드 및 프레임 제어보드의 각 장치에 모니터링 회로(monitors circuits) 및 작동 회로(operating circuits)가 추가되어 각 장치의 데이터를 디지털 화하여 디지털로 전송합니다. 그 결과 원격으로 처리되는 데이터의 양이 이전 모델에 비해 50배 이상 증가했습니다(그림5).

따라서 프레임의 건전성(soundness)에 대한 정보는 가동 중단 없이 운영 상태에서 운영자 스테이션의 화면에서 실시간으로 확인할 수 있습니다. 이를 통해 문제의 원인을 쉽게 식별하고 가동 중지 시간(downtime)을 크게 줄일 수 있습니다. 또한 프레임의 가동 및 유지관리 시 센서 튜닝 시간을 줄이고 정확도를 향상시킵니다.

디지털화는 노이즈 내성(noise immunity)을 향상시키고 아날로그 신호 전송에서 문제였던 노이즈의 영향을 줄입니다.

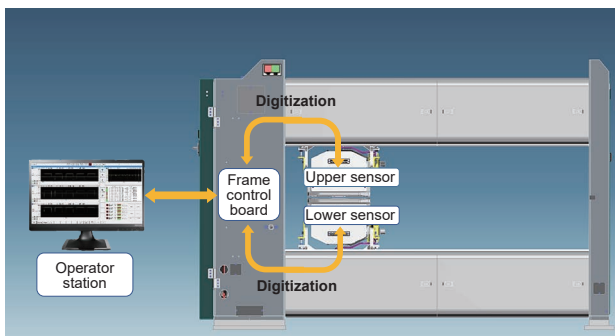


그림5 F16 프레임 내 통신 개요도

미래 전망

앞으로 환경 요구 사항을 충족하고 소형화를 위해 신소재와 첨단 소재를 이용한 기능성 시트 제품들이 더욱더 다양한 제품들이 개발/제조는 될 것으로 예상됩니다. 이러한 시장 요구를 충족하기 위해 Yokogawa는 각 제품 범주에 대해 최적의 솔루션을 계속 제공해야 합니다. 또한 고장을 예측하기 위해서는 모든 센싱 데이터를 통합 분석하여 고장의 원인을 파악하고 제품 품질을 예측하여 고객의 운영 개선에 더욱 노력해야 합니다. F16 프레임은 이러한 요구사항에 따라 디지털 작업을 지원하기 위해 개발된 플랫폼입니다. Yokogawa는 F16 프레임을 사용하여 새로운 센서를 개발하고 솔루션을 확장하여 다른 애플리케이션들과 심도 있는 협력을 더욱 강화해 나갈 계획입니다. 이는 고객이 DX를 개발하는 데 크게 도움이 됩니다.

결론

Yokogawa는 F16 프레임을 활용하여 리튬 이온 배터리용 분리막 시트의 세계 시장에서 그 이름을 확고히 확립하고 다른 필름 시장으로 사업을 확장할 것입니다.

참고문헌

- (1) Takaaki Kishino, Yoshihiko Hagiwara, Takeo Haraguchi, “WEBFREX3ES Dedicated Coat Weight Measurement System for Battery Electrode Sheets,” Yokogawa Technical Report, Vol. 62, No. 1, 2019, pp. 9-14

* WEBFREX는 Yokogawa Electric Corporation의 등록 상표입니다.

* 이 문서에 나오는 기타 모든 회사 이름, 그룹 이름, 제품 이름 및 로고는 Yokogawa Electric Corporation 또는 해당 소유자의 상표 또는 등록 상표입니다.