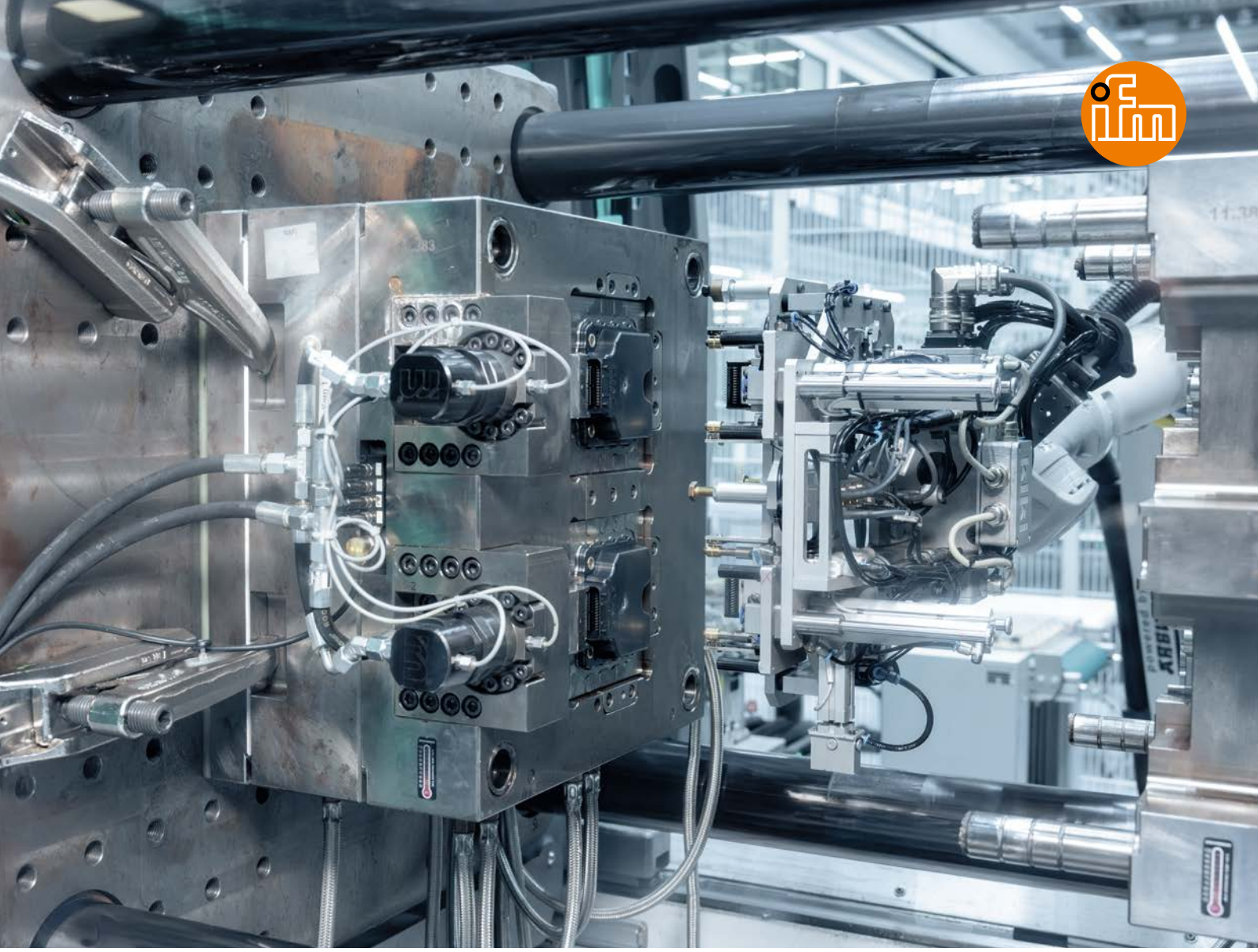


금형 내부의 디지털 인사이트

센서 기술과 IIoT가 사출 성형의 품질과 에너지 효율을 향상시키는 방법

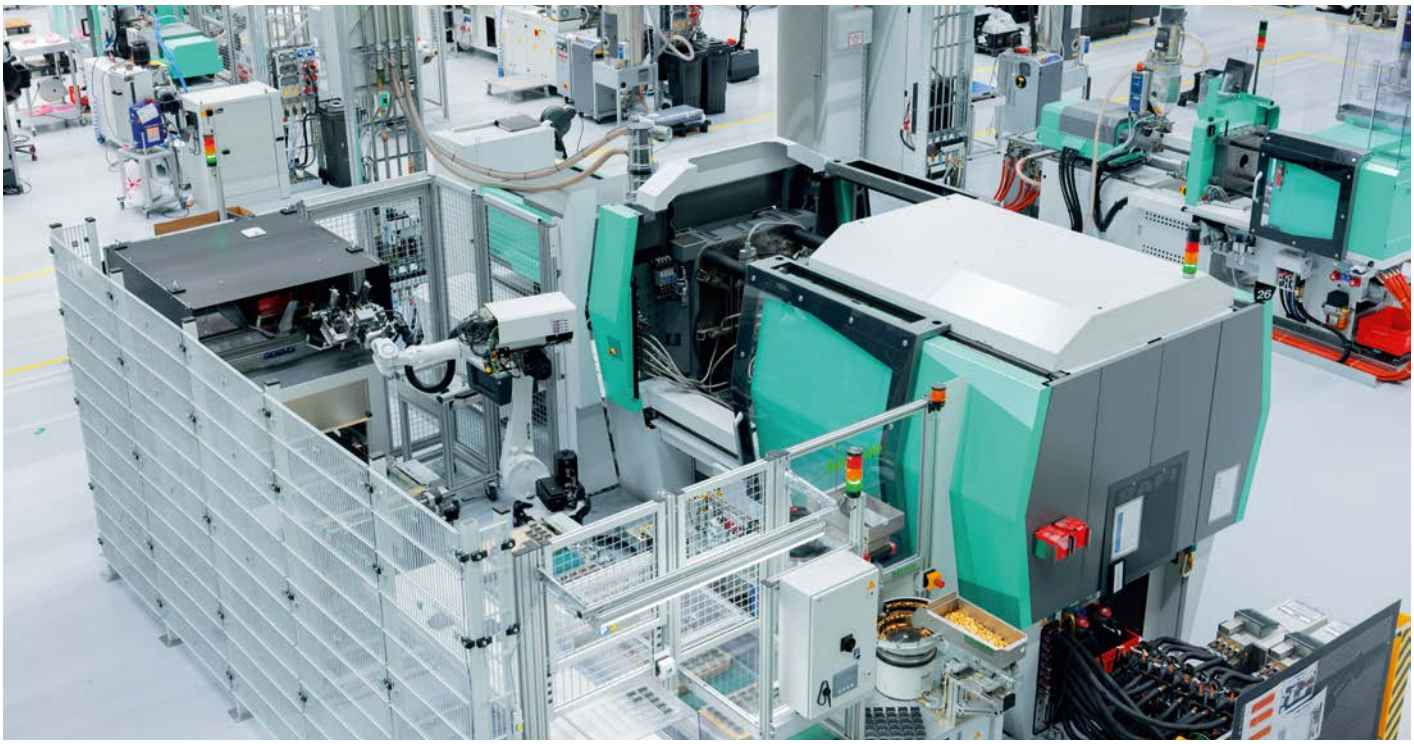
현대 플라스틱 가공 산업은 점점 더 까다로워지는 품질 요구사항, 가중되는 비용 압박, 그리고 프로세스의 최대 안정성 확보 필요성이 특징입니다. 특히 사출 성형의 경우, 재현 가능한 프로세스 조건과 정밀한 프로세스 제어는 불량률, 에너지 소모량 및 비용 효율성에 직접적인 영향을 미치는 핵심 요소입니다. 이를 위해서는 신뢰할 수 있는 프로세스 데이터 확보가 필수적입니다. RAFI Group은 Bad Waldsee 공장에서 센서를 전략적으로 활용하고 moneo IIoT 플랫폼을 도입함으로써, raw 데이터를 생산 최적화를 위한 귀중한 인사이트로 전환하는 혁신적인 접근 방식을 제시하고 있습니다.

RAFI는 Bad Waldsee 공장에서 자체 표준 HMI 제품과 고객 맞춤형 어플리케이션에 사용되는 플라스틱 사출 성형 부품을 제조합니다. 이 기술의 어플리케이션은 의료 및 농업 기술로부터 산업 및 자동차 분야에 이르기까지 다양합니다. 따라서 부품의 치수 정확도, 표면 품질 및 장기 안정성에 대한 요구사항 또한 매우 높습니다.

사출 성형 프로세스에서는 미리 건조된 플라스틱 과립을 녹여 고압으로 금형에 주입합니다. 그 후의 냉각 단계는 부품의 품질을 결정하는 데 매우 중요합니다. 금형 온도, 절삭유 유량 및 공급 라인과 환수 라인 간의 온도 차이는 정밀하게 유지되어야 합니다. 사소한 편차라도 주기 시간, 치수 안정성 또는 외관 특성에 부정적인 영향을 미칠 수 있습니다.

동기: 추측에 의존하는 대신 프로세스 가시화

이 프로젝트는 자동화 전문기업 ifm의 센서와 moneo IIoT 플랫폼을 목적에 맞게 전략적으로 활용하는 것을 기반으로 추진되었습니다. 목표는 사출 성형 프로세스를 오로지 경험과 현장 점검만을 바탕으로 평가하는 방식에서 벗어나는 것이었습니다. 대신, 데이터를 통해 프로세스를 투명하고 추적 가능하게 만드는 것이 목표였습니다.
RAFI의 개발 및 설계 부서의 **Guido Zoll**은 이 접근 방식을 다음과 같이 설명합니다: “우리는 사출 성형 프로세스 중에 정확히 어떤 일이 일어나는지, 그리고 어떤 파라메터가 품질과 효율성에 실질적으로 영향을 미치는지 정확히 이해하고자 했습니다.”



성형된 부품 핸들링 로봇이 통합된 플라스틱 사출 성형기.

특히, 금형 내부의 열 상태, 냉각 회로의 활용도, 압축 공기 및 전기 에너지와 같은 보조 매체의 소모량에 중점을 두었습니다. 목표는 프로세스 투명성을 확보하고, 이를 바탕으로 구체적인 개선 방안을 찾아내는 것이었습니다.

금형 및 기계에 데이터소스로 사용되는 센서

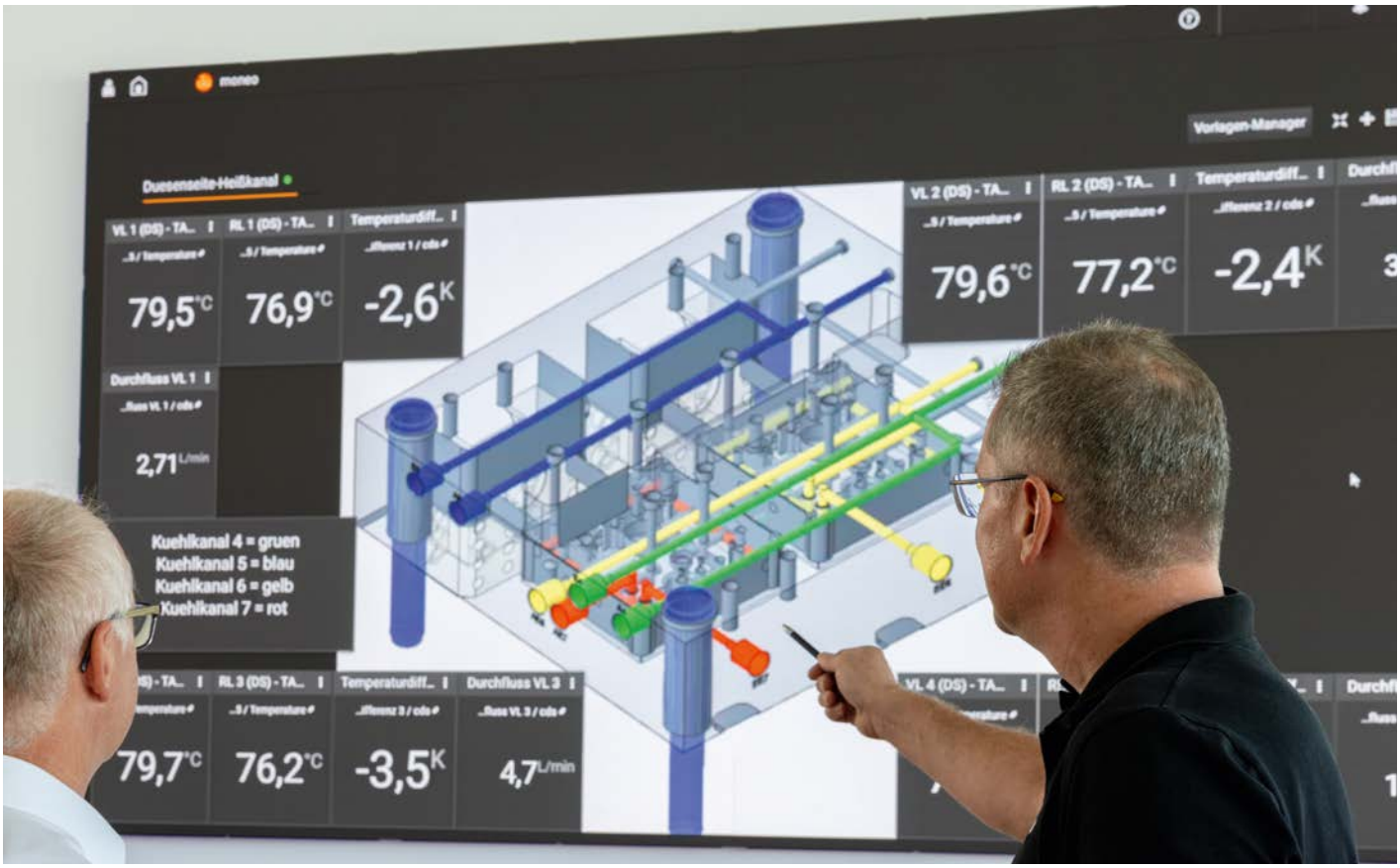
실제로 사출 성형 금형의 다양한 냉각 회로에는 유량 그리고 온도 센서가 장착되어 있습니다. 이러한 센서는 냉각수의 유량 및 환수 온도 그리고 각 냉각수 유량을 지속적으로 측정합니다. 이 데이터를 기반으로 온도 차이를 정밀하게 파악할 수 있으며, 이를 통해 툴 냉각 효율성에 대해 신뢰할 수 있는 결론을 도출할 수 있습니다.

“냉각 회로 외에도 기계의 전력 소모량을 분석하여 피크 부하를 조기에 파악합니다. 또한, 로봇 암과 사출 성형기에 공급되는 압축공기 상태를 모니터링하는 데, 누출이나 연결부의 느슨함이 특성 곡선에 즉시 반영되기 때문입니다. moneo는 이러한 데이터를 수집하고 지속적으로 분석합니다. 측정값이 정의된 한계치를 초과하면 소프트웨어가 자동으로 경보를 발생시킵니다. 이를 통해, 예를 들어 압력이 부족하여 로봇이 부품을 떨어뜨리는 경우와 같은 문제점을 실시간으로 파악할 수 있습니다.”라고 **Guido Zoll**은 설명합니다. 압축 공기는 가장 비용이 많이 드는 에너지 형태 중 하나이므로, 아주 작은 누출이라도 상당한 경제적 손실을 초래합니다.

중앙 IIoT 플랫폼으로서의 moneo

많은 양의 센서 데이터 자체만으로는 어떠한 부가가치도 창출되지 않습니다. 중요한 것은 데이터를 체계적으로 수집 및 분석하며, 해석하는 것입니다. 바로 이 역할을 수행하는 것이 moneo 입니다: ifm solutions의 IIoT Use Cases 부문 부사장인 **Christoph Schneider**는 다음과 같이 설명합니다. “당사의 IIoT 플랫폼은 공장 전반에 걸쳐 투명성을 제공하며, 기계가 실제로 어떻게 작동되고 있는지 보여줍니다.” **Guido Zoll** 다음과 같이 덧붙여 설명합니다: “뿐만 아니라, 팀장부터 교대 책임자까지 모든 구성원이 핵심 성과 지표 (KPI)를 확인할 수 있습니다. 누구나 특성 곡선만 보고도 프로세스가 원활하게 운영되고 있는지, 또는 어떤 문제가 발생하고 있는지를 누구나 즉시 파악할 수 있습니다.”

디지털 투명성: moneo는 모든 센서 데이터를 수집, 시각화 및 분석하며, 임계값이 초과되거나 이상 징후가 감지될 경우, 자동으로 경고를 발생시킵니다.



사용되는 IO-Link 센서는 IO-Link 마스터를 통해 통신하며, 마스터는 데이터를 집계하여 이더넷을 통해 회사 네트워크로 전송합니다. 측정된 값은 이후 moneo로 전송됩니다. 플랫폼의 모듈식 디자인은 시운전 초기 단계부터 그 장점을 입증했습니다: ifm을 대표하여 본 프로젝트의 구현을 지원한 **Christoph Schneider**는 다음과 같이 설명합니다: “moneo configure 소프트웨어 모듈을 사용하여 센서를 사전에 설정할 수 있었으며, 이를 통해 다운타임 시간을 최소화하면서 시운전을 수행할 수 있었습니다.”
moneo는 모듈식 구조로 디자인되어 있으며, 디바이스 관리로부터 데이터 수집, 분석 및 알람에 이르기까지 여러 단계의 기능을 제공합니다.

데이터 수집, 분석, 시각화 및 히스토리 관리

moneo에서는 모든 센서 데이터가 수집되어 중앙에 저장되며, 과거 히스토리가 추적되도록 처리됩니다. 대시보드는 현재 프로세스 상태에 대한 수치 및 그래픽 형태의 개요를 제공합니다. 사용자는 온도, 유량 또는 소모량이 정의된 허용오차 범위 내에 있는지 한눈에 파악할 수 있습니다.
Christoph Schneider가 강조하듯이, 이러한 투명성은 측정값을 분석하여 의미 있는 핵심 성과 지표를 도출하는 것과 결합되어 매우 중요한 단계입니다: “데이터가 가시화되어야만 비로소 어디서 부터 시작해야 할지 알 수 있습니다.”

moneo는 단순히 데이터를 시각화하는 것을 넘어, 히스토리를 포괄적으로 추적할 수 있도록 합니다. 이를 통해 시간, 일 (days), 주 단위로 프로세스의 추세를 분석하고, 이를 제조된 부품의 품질 특성과 연관 지어 평가할 수 있습니다.

임계값, 알람 및 이상징후 감지

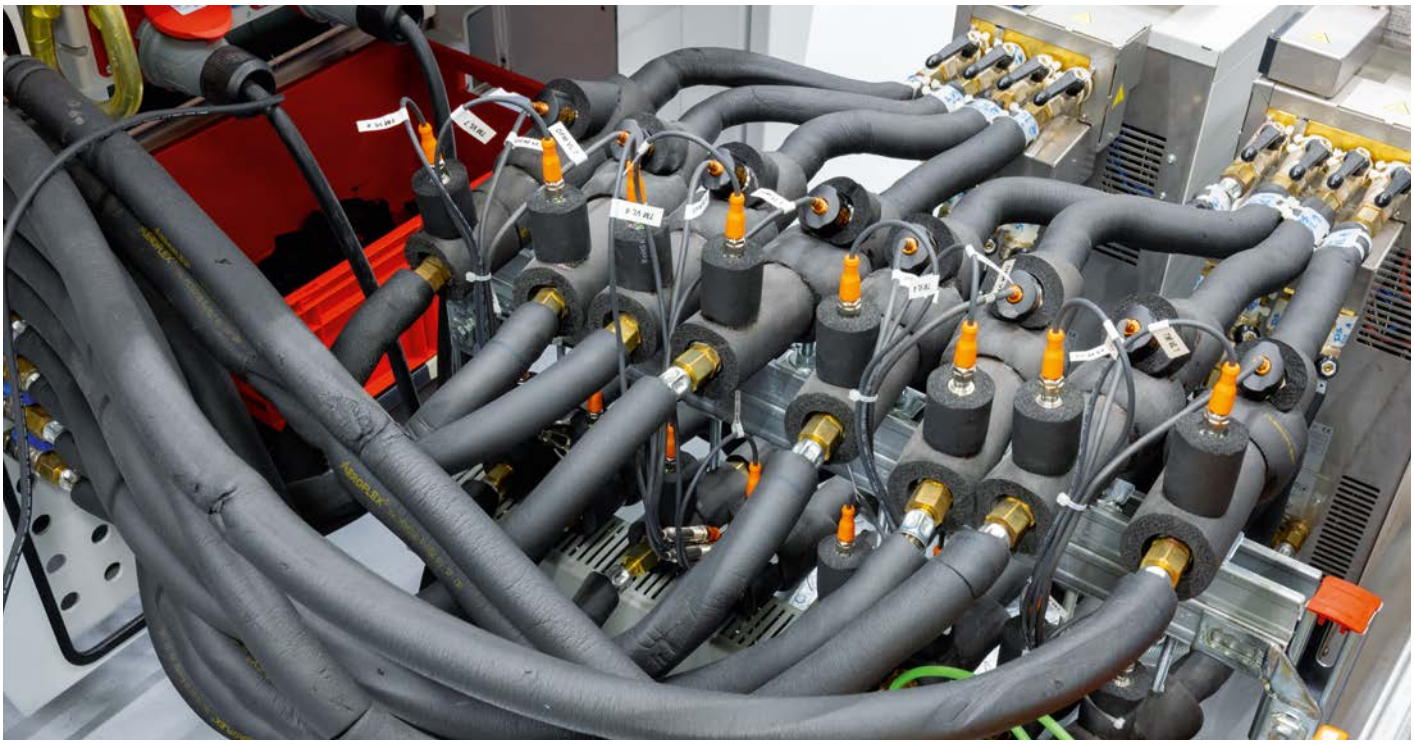
moneo의 핵심 기능 중 하나는 정의된 임계값에 대한 자동 모니터링입니다. 이러한 임계값을 초과하거나 미달할 경우, 시스템은 이메일이나 대시보드 알림 등을 통해 알람을 발송합니다. 이를 통해 편차를 조기에 파악하고 시정함으로써, 불량품 생산을 방지할 수 있습니다.

또한, moneo는 프로세스 내의 이상 현상을 파악하는 데 도움을 줍니다. 예를 들어 온도 변화 패턴이나 유량 곡선의 변화, 그리고 계산된 열 전달 효율성을 통해 냉각 채널의 점진적인 오염을 파악할 수 있습니다. “사람들은 대부분 부품의 외관이 정상으로 보이기만 하면 모든 것이 문제없다고 생각합니다. 하지만 데이터는 냉각이 과도하게 이루어지고 있는지, 또는 냉각이 균일하게 이루어지지 않고 있는지 여부를 보여줍니다.” 라고 **Christoph Schneider**는 설명합니다. moneo의 이러한 지능형 분석 기능은 프로세스의 안정성을 유지하고, 일관되게 높은 제품 품질을 확보하는 데 중요한 역할을 합니다.

> moneo는 데이터를 수집하고 지속적으로 분석합니다. 측정값이 정의된 한계치를 초과하면 소프트웨어가 자동으로 알람을 발생시킵니다. 이를 통해 오류를 실시간으로 파악할 수 있습니다.
>
> Guido Zoll, RAFI의 개발 및 디자인 담당

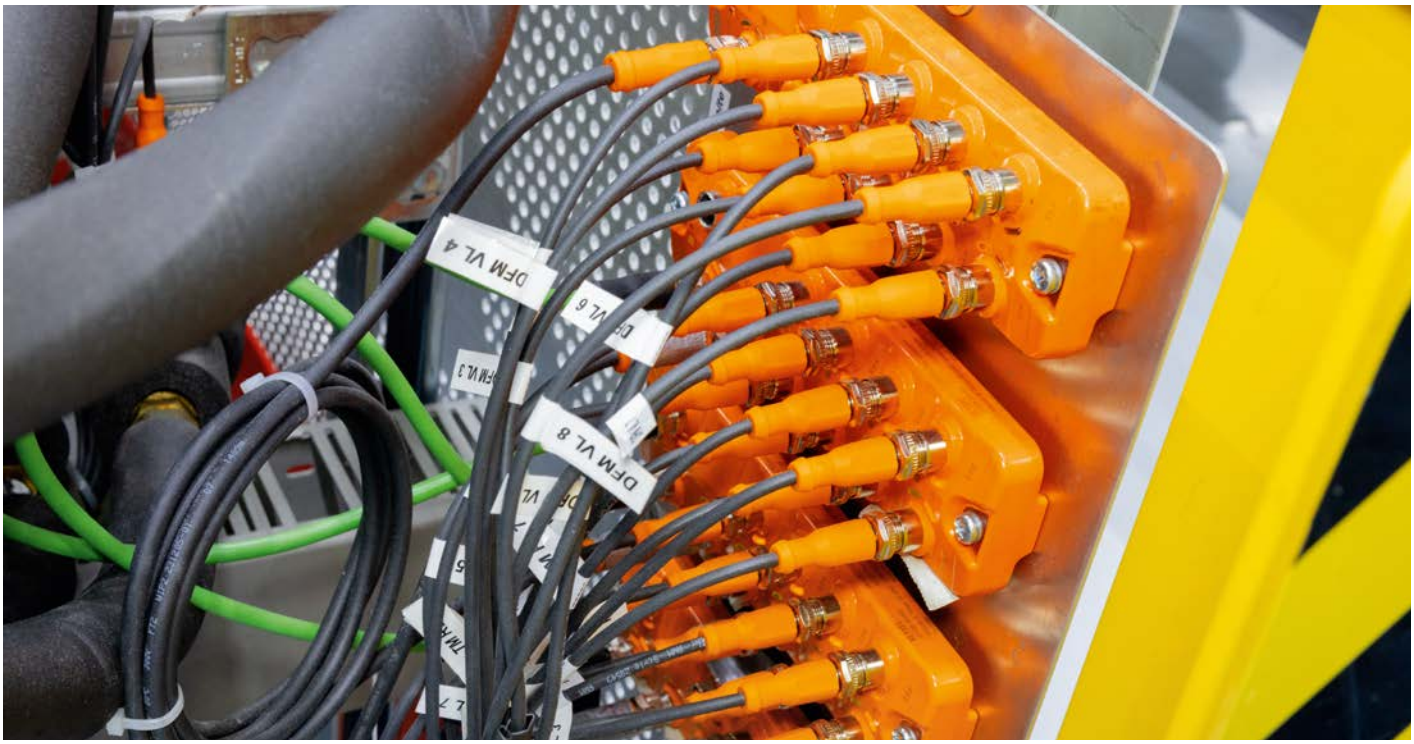


SD8500 압축 공기 유량계는 유량, 소모량, 압력 및 매체 온도를 높은 정밀도로 측정합니다. 모든 측정값은 IO-Link를 통해 디지털 방식으로 컨트롤러와 moneo에 전송됩니다.



사출 성형 금형의 다양한 냉각 회로는 공급 라인과 환수 라인에 설치된 온도 센서를 통해 모니터링되며, 측정 정확도는 0.1°C입니다.

모든 디지털 및 아날로그 센서 시그널은 AL2301 IO-Link 모듈을 통해 통합된 후, IO-Link 시그널로 변환되어 컨트롤러와 moneo 모두에 전송됩니다.



모니터링에서 능동적인 프로세스 최적화에 이르기까지

moneo의 부가가치는 단순히 모니터링에 그치지 않고, 구체적인 개선조치를 도출할 수 있는 점에 있습니다. RAFI에서는 이 데이터를 통해 이미 냉각수 사용량 등의 분야에서 최적화 가능성을 파악하였습니다.

한 사례의 경우, 목표 온도 차이가 섭씨 2°C여야 했지만 실제로는 0.8°C에 불과하다는 사실이 확인되었습니다. 이는 냉각수 유량이 과도하다는 것을 명확하게 보여주는 지표였습니다. 냉각 회로를 조정함으로써 프로세스 안정성을 저해하지 않으면서 에너지 절감 효과를 달성했습니다. 동시에 데이터를 활용하여 프로세스 주기 시간을 목표에 맞게 단축할 수 있게 되었으며, 이를 통해 동일한 시간 내에 더 많은 제품을 생산할 수 있게 되었습니다.

“진정한 부가가치는 데이터로부터 실행 가능한 조치를 도출하고, 이를 다시 프로세스에 반영할 때 비로소 창출됩니다,”라고 **Christoph Schneider**는 말합니다. RAFI의 **Guido Zoll**도 이에 동의합니다: “기본적인 취지는 자원을 절약하고 실제로 필요한 만큼만 사용하는 것이었습니다. 즉, 냉각수, 전력, 압축공기를 필요한 곳에만 효율적으로 사용하는 것입니다. 또한 전기 피크 부하를 방지하고자 했습니다. 기계 여러대가 동시에 가열 요소를 작동시키면, 이로 인해 높은 부하 피크가 발생됩니다. 수집된 데이터를 활용하면, 앞으로 기계들이 서로 다른 시점에 순차적으로 가동되도록 제어할 수 있을 것입니다. 이를 통해 이러한 피크 현상을 줄이고, 에너지를 절약할 수 있습니다.”

장기적으로는 온도 조절기와 같은 외부 시스템을 직접 연결하여, 제어 변수의 자동 조정이 가능하도록 계획하고 있습니다.

에너지 효율성 및 지속 가능성

품질 및 프로세스 최적화와 더불어 에너지 효율성도 점점 더 중요한 관심사로 부상하고 있습니다. moneo는 에너지 및 각종 매체 소모량을 상세하게 기록하고 분석하며, 비용 효율적인 평가를 가능하게 합니다. 이러한 방식으로 잠재적인 절감 효과를 가시화할 뿐만 아니라, 수치화하여 평가할 수도 있습니다. 구체적인 예로 압축공기 소모량을 들 수 있습니다: “시스템 가동 직후 압축공기 소모량이 지속적으로 증가하고 있다는 점을 확인했습니다. 우리는 원인을 즉시 파악하고 필요한 조치를 취할 수 있었습니다,”라고 **Christoph Schneider**는 설명합니다.

지속적인 데이터 수집을 통해, 설비 정지 시 발생하는 것과 같은 아주 미세한 누출까지도 신뢰성있게 감지할 수 있습니다. 이렇게 확보된 인사이트를 바탕으로, 유지보수 시점이 경제적으로 타당한지 정확히 판단할 수 있습니다. 이와 같은 데이터 기반 접근 방식은 직접적인 비용 절감뿐만 아니라, 에너지 소비 및 CO_2 배출량 감소에도 기여합니다.

확장성 및 향후 개발

RAFI는 본 프로젝트를 처음부터 확장성을 고려하여 설계했습니다. 향후 추가 설비를 단계적으로 시스템에 연결할 예정이며, 예를 들어 작업장 (생산 홀)의 온도 및 습도 측정을 위한 센서 등 추가 센서 도입도 이미 계획하고 있습니다. 목표는 품질에 영향을 미치는 모든 요소를 moneo에 통합하고, 이를 서로 연계하여 분석하는 것입니다.

“현재 이 시스템을 다른 설비로 확대 적용하는 방안을 계획하고 있습니다. 또한 건조기 내부의 습도, 금형 내부 압력, 작업장 온도 또는 에어컨 시스템 등을 측정하는 추가 센서를 도입할 계획입니다. 목표는 사출 성형된 부품의 품질에 영향을 미칠 수 있는 모든 파라메터를 moneo에서 수집하고 관리하는 것입니다.”라고 **Guido Zoll**은 말합니다.

향후에는 상태 기반 유지보수, 자동화된 조치 권고 기능, AI 기반 데이터 분석과 같은 기능을 추가하여, 생산 프로세스가 자체 최적화되는 수준으로 발전시킬 계획입니다.

결 론

RAFI의 사례는 사출 성형 분야에서 센서의 잠재력이 고성능 IIoT 플랫폼과 결합될 때 비로소 완전히 발휘된다는 점을 보여줍니다. moneo는 생산을 위한 중앙 플랫폼 역할을 수행하며, 프로세스 데이터를 수집, 정리 및 분석하여 다양한 사용자 역할에 제공할 수 있도록 합니다. 이를 통해 확보된 투명성은 일관된 품질 보증을 가능하게 할 뿐만 아니라 목표에 맞춘 에너지 절감 및 주기 시간의 지속적인 최적화에도 기여합니다. 결과적으로, moneo는 플라스틱 사출 성형 분야에서 데이터 기반 의사 결정과 지속 가능한 경쟁력을 확보하는 데 있어 핵심적인 도구로 자리매김하고 있습니다.

ifm.com/cnt/rafi

ifm electronic gmbh · Friedrichstr. 1 · 45128 Essen