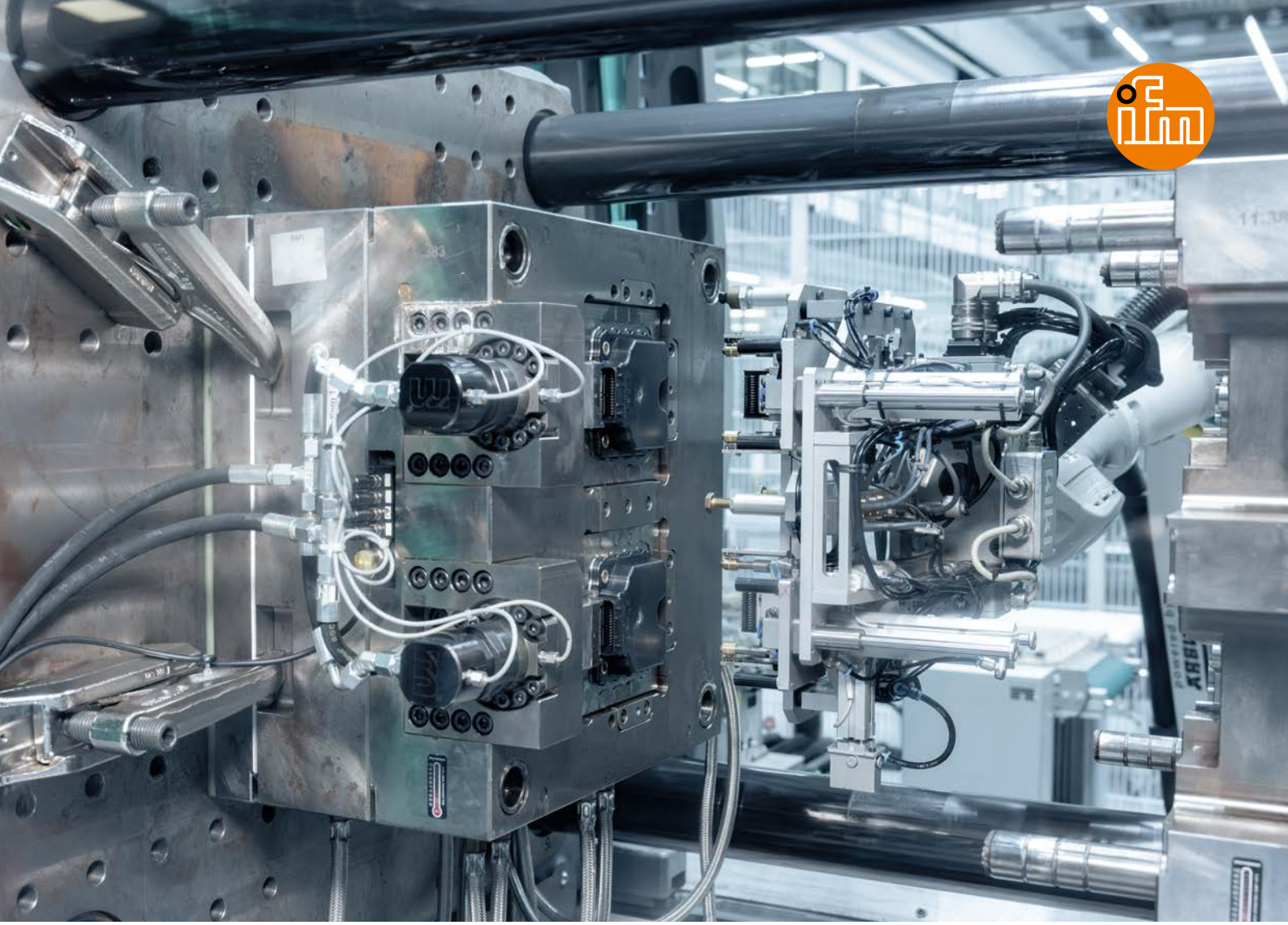


成形条件をデータで可視化

センサ技術とIIoTによって射出成形の品質向上と省エネを実現

近年のプラスチック加工では、品質要求の高度化に加え、コスト圧力の高まりやプロセス安定性の向上が求められています。特に射出成形では、再現性の高い生産条件と精密なプロセス管理が、不良率やエネルギー消費量、生産性を左右する重要な要素となります。その前提となるのが、信頼性の高いプロセスデータの活用です。ドイツ・バートヴァルトゼーにあるRAFIグループの工場では、センサとIIoTプラットフォーム「moneo」を活用し、生産現場で取得したデータを有用な情報へ変換することで、生産プロセスの最適化に取り組んでいます。

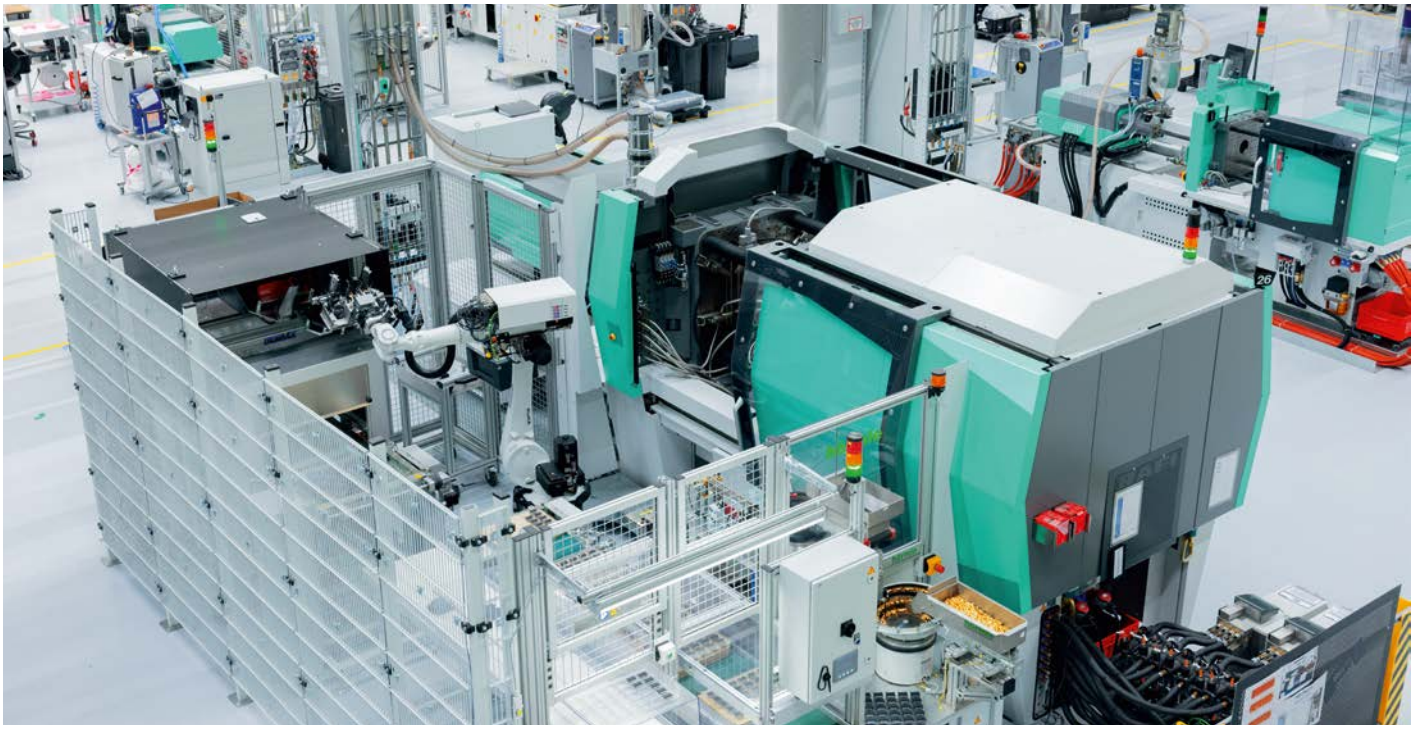
同工場では、自社の標準HMI製品向け部品だけでなく、顧客ごとの仕様に対応した射出成形部品も製造しています。用途は医療機器、農業機械、産業機器、自動車分野など多岐にわたり、そのため部品には高い寸法精度、表面品質、長期安定性が求められます。

射出成形では、あらかじめ乾燥した樹脂ペレットを溶融し、高圧で金型内へ射出します。その後の冷却工程は、製品品質を左右する重要な工程です。金型温度に加え、冷却回路の流量や、供給側と戻り側の冷却媒体の温度差を正確に管理する必要があります。わずかなずれであっても、サイクルタイム、寸法安定性、外観品質に悪影響を及ぼす可能性があります。

経験や勘に頼らないデータに基づく工程管理へ

同工場では、自動化ソリューションを提供するifmのセンサ技術と、IIoTプラットフォームmoneoを導入しました。その目的は、経験や抜き取り検査に依存した射出成形工程の評価から脱却することでした。データに基づいて工程を可視化し、追跡可能な管理体制を構築することを目指しました。

RAFIの開発・設計担当のGuido Zoll氏は、次のように説明します。「射出成形サイクルの中で実際に何が起きているのか、また、どのパラメータが品質や生産効率に影響しているのかを正確に把握したいと考えました」



射出成形機と成形品を搬送するロボットアーム

特に注目したのは、金型内の温度状態、冷却回路の稼働状況、さらに圧縮空気や電力などの消費量です。
これらを可視化することで工程の透明性を高め、そのデータを基に具体的な改善ポイントを特定できる体制の構築を目指しました。

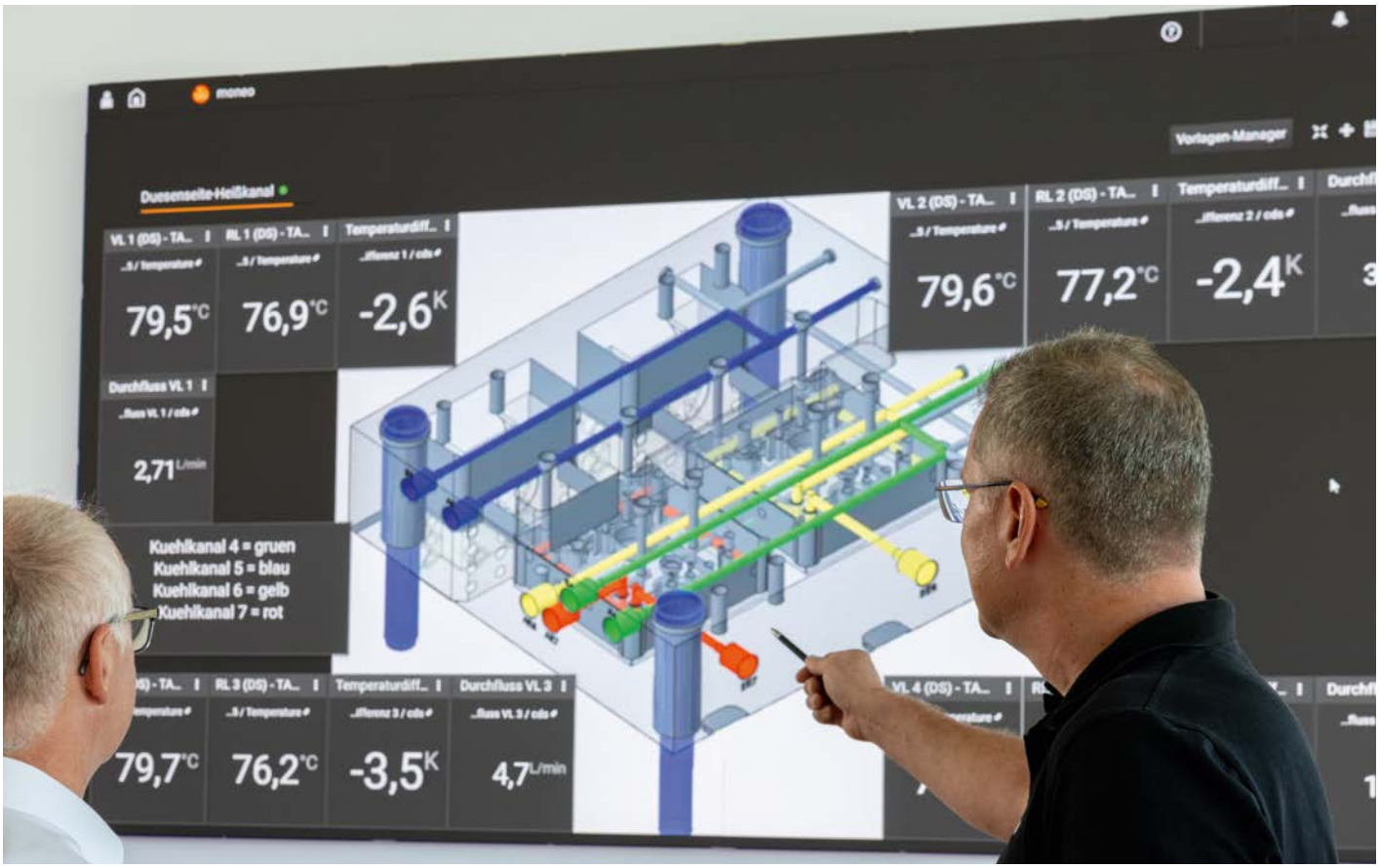
センサデータで金型と設備の状態を可視化

射出成形金型の各冷却回路には、流量センサと温度センサが設置されています。これらのセンサにより、冷却水の流量に加え、供給側と戻り側それぞれの温度を連続的に測定しています。収集したデータから温度差を高精度に把握することで、金型冷却の効率を高い信頼性で診断することが可能です。
「冷却回路に加え、成形機の消費電力も分析し、電力負荷のピークを早期に把握しています。また、ロボットアームと射出成形機への圧縮空気供給も監視しています。漏れや継手の緩みは特性曲線に即座に現れるため、moneoでこれらのデータを連続して収集・分析しています。測定値が設定したしきい値を超えると、自動的にアラームが発報されます。これにより、例えば圧力不足によってロボットが成形品を落下させるような異常もリアルタイムで検出できます」と、Guido Zoll氏は説明します。圧縮空気は工場内でも特にコストの高いエネルギー源の一つであり、わずかな漏れでも大きな損失につながるため、その監視は極めて重要です。

IIoTプラットフォームmoneoによるデータの一元管理

大量のセンサデータを収集するだけでは、付加価値は生まれません。重要なのは、データを体系的に収集・分析し、活用することです。その役割を担うのがmoneoです。「moneoによって工場全体の稼働状況を可視化し、設備の実際の状態を把握できます」と、ifm solutionsでIIoT活用プロジェクトを統括するChristoph Schneiderは説明します。さらにGuido Zoll氏は、次のように言います。「班長からシフト責任者まで、チーム全員が重要指標（KPI）を確認できます。特性曲線を見るだけで、工程が正常に稼働しているのか、それとも異常が発生しているのかを即座に判断できます」

moneoはセンサデータを可視化し、しきい値超過や異常の兆候を自動検出します。



工場内のIO-LinkセンサはIO-Linkマスタを介して接続され、データを集約してEthernet経由で社内ネットワークへ送信します。
その後、測定データはmoneoに取り込まれます。モジュール構造のmoneoは、導入直後から大きな効果が得られました。
「moneo configureソフトウェアモジュールを使用することで、センサを事前に設定できたため、設備をほとんど停止させることなく導入できました」プロジェクト導入を支援したifmのChristoph Schneiderは説明します。
moneoはモジュール式で、デバイス管理やデータ収集から分析、アラーム管理まで幅広い機能を提供します。

データ収集・分析・可視化・履歴管理

moneoでは、すべてのセンサデータを一元的に記録・保存・処理し、過去のデータを追跡することができます。ダッシュボードには、現在の工程の状態が数値やグラフで表示されます。これにより、温度・流量・消費量が許容範囲内に収まっているかを一目で確認できます。

この表示機能に加え、測定データを分析して有用な重要指標（KPI）を算出できることも大きな特長です。ifm solutionsでIIoT活用プロジェクトを統括するChristoph Schneiderは、次のように言います。
「データが可視化されて初めて、どこから改善に着手すべきか把握できます」

また、moneoはデータを可視化するだけでなく、総合的な履歴管理にも対応しています。これにより、時・日・週単位で工程の傾向を分析し、成形品質特性との関連を把握できます。

しきい値監視・アラーム通知・異常検出

moneoの特長の一つが、設定したしきい値の自動監視機能です。しきい値を超過した場合や、設定範囲を下回った場合には、メールやダッシュボード通知によってアラームを発します。これにより、異常を早期に検出して対策を行うことができ、不良品の発生を未然に防止できます。

> データをmoneoで収集し連続して分析を行います。測定値が設定したしきい値を超えると、自動的にアラームが発報されます。これにより、リアルタイムで異常を検出できます。
>
> Guido Zoll氏 RAFI 開発・設計者



SD8500圧縮空気流量センサは、流量、消費量、圧力、媒体温度を高精度に測定します。センサのデータをIO-Link経由でコントローラとmoneoへ伝送します。

さらに、moneoは工程内の異常検出も支援します。温度や流量の変化傾向に加え、計算された熱伝達量の分析によって、例えば冷却配管の汚れや目詰まりの進行を把握できます。「部品の外観に問題がなければ工程も正常だと判断されることがあります。しかし、データは冷却が過剰なのか不足しているのか、あるいは均一でないのかを明らかにしてくれます」と、Christoph Schneiderは説明します。こうしたmoneoの高度な分析機能は、安定した工程運用と一貫した高品質の維持を支えています。

監視から工程最適化へ

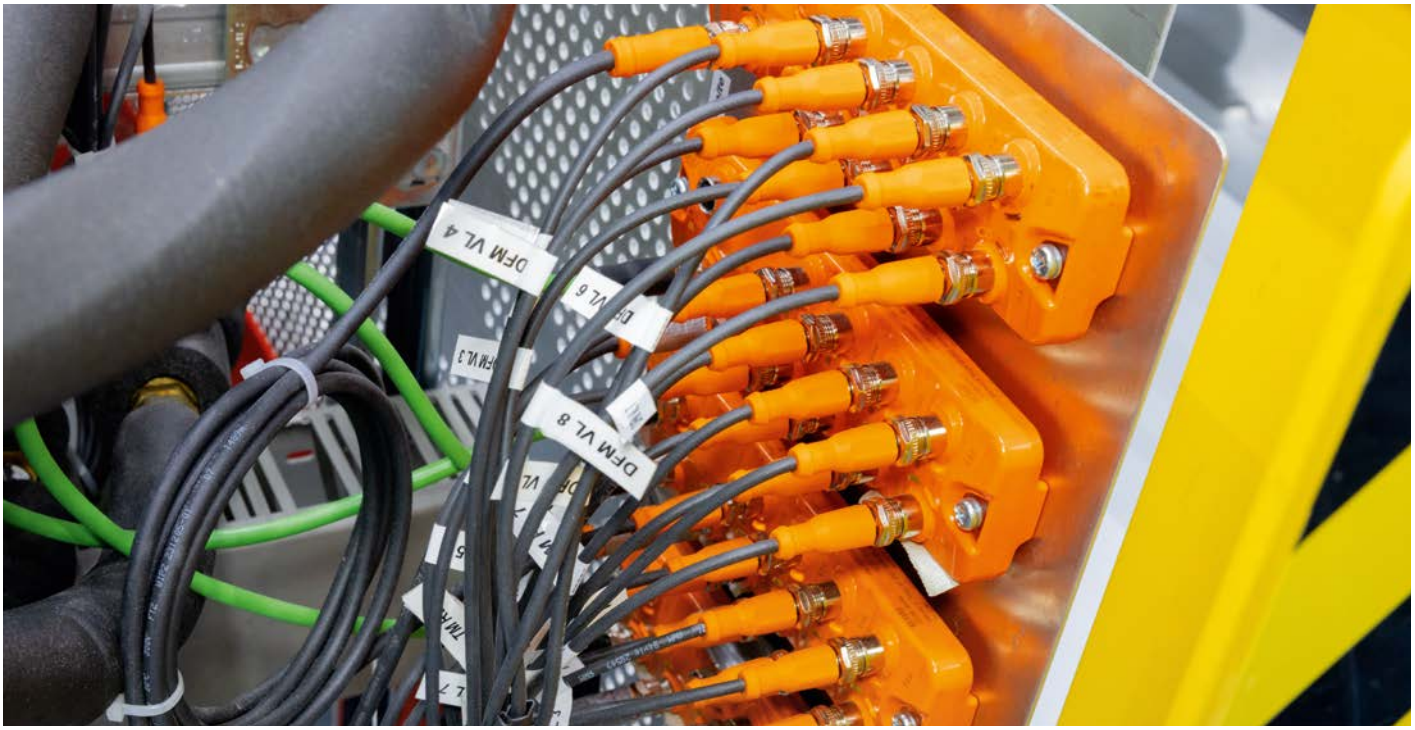
moneoは、監視だけでなく、取得したデータから具体的な改善策を導き出せることも大きな特長です。RAFIでは、冷却水使用量などについて、データを基に改善の余地を把握できています。

あるケースでは、本来2 °Cであるべき供給側と戻り側の温度差が、実際には0.8 °Cしかないことが判明しました。これは流量が過剰であることを示していました。冷却回路を調整した結果、工程の安定性を維持したまま省エネルギー化を実現できました。また、データに基づいてサイクルタイムを最適化し、時間当たりの生産量向上も可能になります。



供給管と戻り管に設置した温度センサにより、射出成形金型の冷却状態を0.1 °C単位で監視します。

デジタル信号とアナログ信号をAL2301 IO-Linkモジュールに集約し、IO-Link通信によりコントローラとmoneoへ伝送します。



「データから改善施策を導き出し、それを実際の工程へ反映して初めて価値が生まれます」と、Christoph Schneiderは言います。さらに、RAFIのGuido Zoll氏は次のように言います。「基本的な考え方は、資源を節約し、本当に必要な分だけを使用することです。つまり、冷却水や電力、圧縮空気を必要に応じて適切に使用することです。また、電力ピークの抑制も目指していました。複数の設備でヒーターが同時に起動すると、大きな負荷ピークが発生します。収集したデータを活用することで、将来的には設備の起動タイミングを分散できるようになります。こうした電力ピークの抑制が、省エネ化につながります」

今後は、温調機などの外部システムを直接接続し、制御パラメータを自動調整できる仕組みの構築も計画されています。

エネルギー効率と持続可能性の向上

製造業では、品質向上や工程最適化に加え、エネルギー効率の向上もますます重要になっています。moneoは、エネルギーや各種ユーティリティの使用量を詳細に記録・分析し、その削減効果を定量的に評価できます。その一例が、圧縮空気の使用量監視です。「システム稼働開始から間もなく、圧縮空気の使用量が増加し続けていることが分かりました。その原因をすぐに特定し、必要な対策を実施できました」と、Christoph Schneiderは言います。

データを連続収集することで、設備停止中に発生するようなわずかなエア漏れも確実に検出できます。また、収集したデータを活用することで、メンテナンスを実施すべき最適なタイミングを正確に判断できるようになります。このようなデータ活用はコスト削減にとどまらず、エネルギー消費量やCO_2排出量の削減にも大きく貢献します。

運用の拡張と今後の展開

RAFIでは、当初から拡張性を考慮してプロジェクトを設計しています。今後は対象設備を段階的に増やし、工場内の温度や湿度を測定するためのセンサの追加も計画されています。品質に影響するすべての要素をmoneo上に集約し、それぞれを相互に関連付けて管理することを目指します。
「現在、この仕組みを他の設備にも展開する計画を進めています。また、乾燥機内の湿度、金型内部の圧力、工場内温度、空調設備などを監視するためのセンサの導入も検討しています。射出成形部品の品質に影響を与える可能性のある、あらゆるパラメータをmoneoで一元管理することが目標です」と、Guido Zoll氏は言います。

さらに今後は、状態基準保全（CBM）や改善施策の自動提案、AIによる分析支援などの機能を追加し、単なる可視化から自己最適化を行う自律型生産システムへの発展を目指しています。

まとめ

RAFIは、センサと高度なIIoTプラットフォームを活用して射出成形工程を可視化し、品質向上と効率化を実現しています。moneoは、工程データの収集・処理・分析を一元化し、品質管理や生産技術、保全などさまざまな用途に活用できる情報を提供します。射出成形工程を見える化することで、品質に影響する要因を早期に把握でき、安定した成形品質の確保やエネルギー消費の最適化につなげることができます。その結果、データに基づく最適な意思決定が可能になり、生産性向上と競争力の強化につながります。

ifm.com/cnt/rafi

ifm electronic gmbh · Friedrichstr. 1 · 45128 Essen