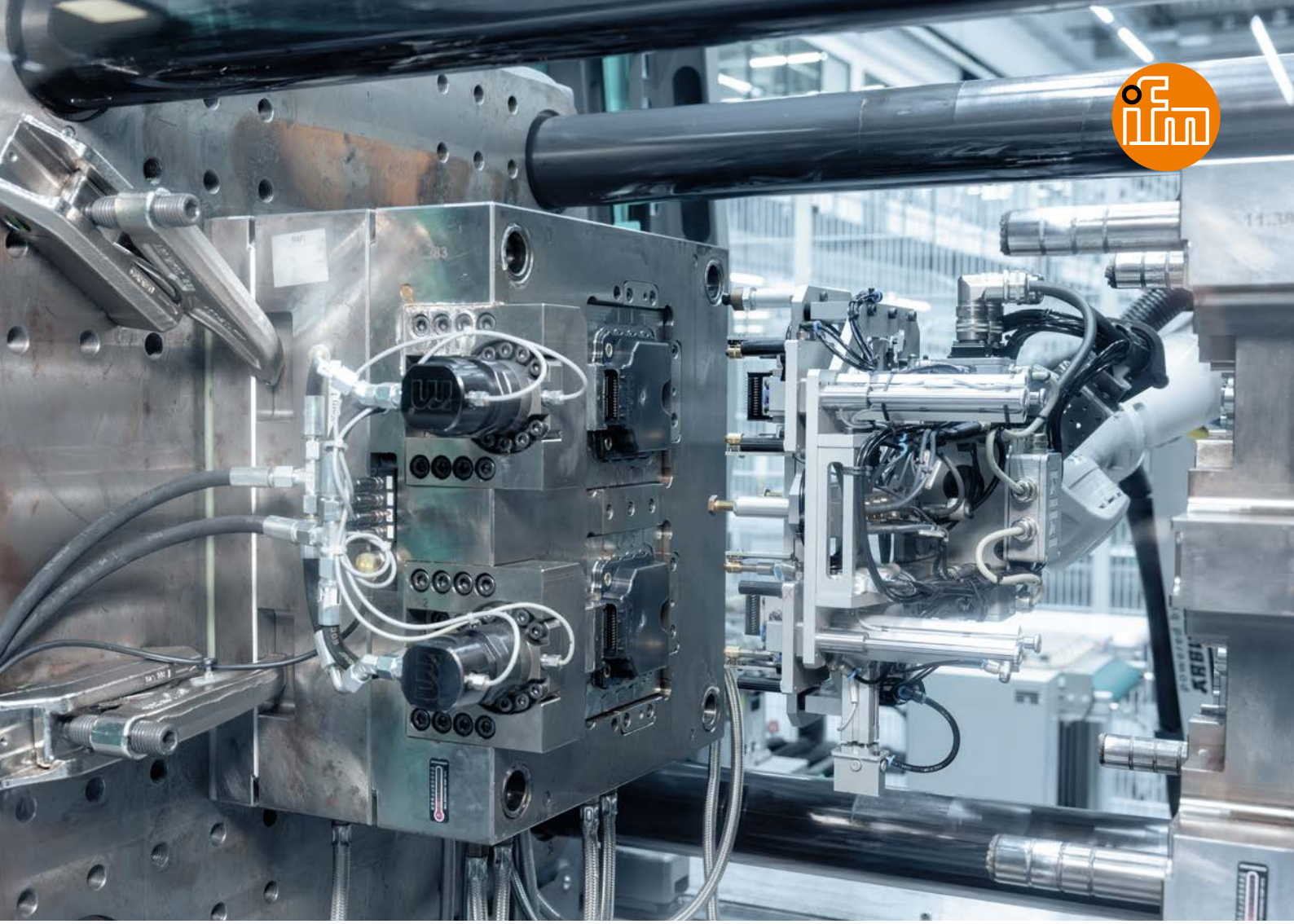


INSIGHTS DIGITAIS NA FERRAMENTA

Como a tecnologia de sensores e a IIoT otimizam a qualidade e a eficiência energética na moldagem por injeção

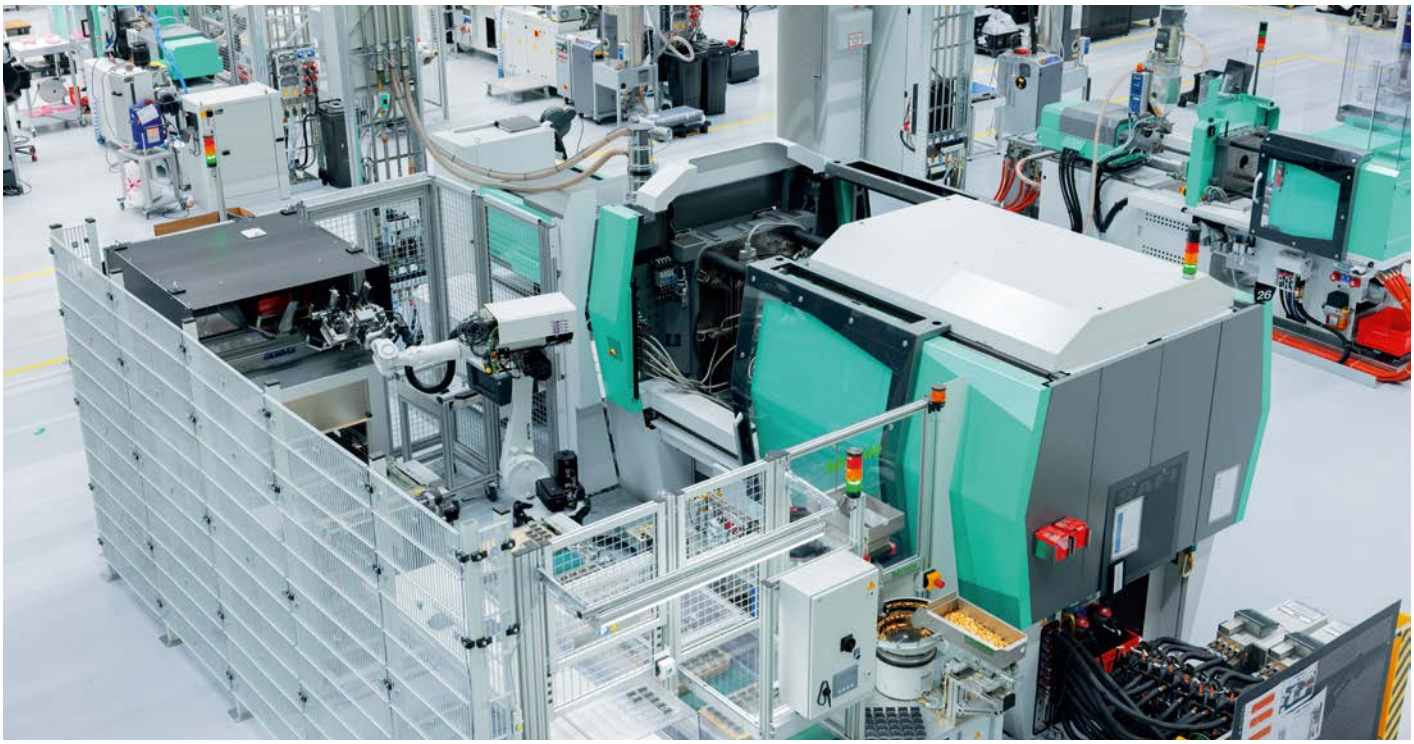
Exigências cada vez maiores de qualidade, pressão crescente sobre os custos e a necessidade de máxima estabilidade dos processos caracterizam o processamento moderno de plásticos. Especialmente na moldagem por injeção, condições reproduzíveis e um controle preciso do processo são fatores fundamentais que influenciam as taxas de rejeito, o consumo de energia e a rentabilidade. O fator principal de sucesso é a disponibilidade de dados de processo confiáveis. Na unidade de Bad Waldsee, o Grupo RAFI demonstra como o uso direcionado de sensores e da plataforma IIoT moneo permite identificar potenciais concretos de otimização para a produção a partir de dados brutos.

Em sua unidade de Bad Waldsee, a RAFI fabrica peças moldadas por injeção de plástico tanto para seus próprios produtos IHM padrão quanto para aplicações personalizadas para clientes. As áreas de aplicação vão desde a tecnologia médica e agrícola, até aplicações industriais e automotivas. Consequentemente, os requisitos em termos de precisão dimensional, qualidade da superfície e estabilidade a longo prazo dos componentes são muito elevados.

No processo de moldagem por injeção, o granulado de plástico pré-seco é plastificado e injetado sob alta pressão no molde. A fase de resfriamento seguinte é fundamental para a qualidade do componente. A temperatura da ferramenta, a vazão do fluido de resfriamento e as diferenças de temperatura entre a entrada e o retorno devem ser mantidas com precisão. Mesmo pequenos desvios podem ter um impacto negativo no tempo de ciclo, na estabilidade dimensional ou nas propriedades ópticas.

Motivação: tornar os processos visíveis, em vez de depender de suposições

O ponto de partida do projeto foi o uso direcionado de sensores e da plataforma IIoT moneo da ifm, especialista em automação. O objetivo era deixar de avaliar o processo de moldagem por injeção exclusivamente com base em valores empíricos e em amostragens aleatórias. Em vez disso, o processo deveria se tornar transparente e rastreável por meio de dados.



Máquina de moldagem por injeção de plástico com robô para o manuseio das peças moldadas.

Guido Zoll, do setor de desenvolvimento e construção na RAFI, descreve a abordagem da seguinte forma: *"Queríamos entender exatamente o que realmente ocorre durante um ciclo de moldagem por injeção e quais parâmetros realmente influenciam a qualidade e a eficiência."*

O foco recaiu, em especial, nas condições térmicas da ferramenta, na utilização dos circuitos de resfriamento e no consumo de fluidos auxiliares, como ar comprimido e energia elétrica. O objetivo era promover a transparência para identificar medidas concretas de otimização.

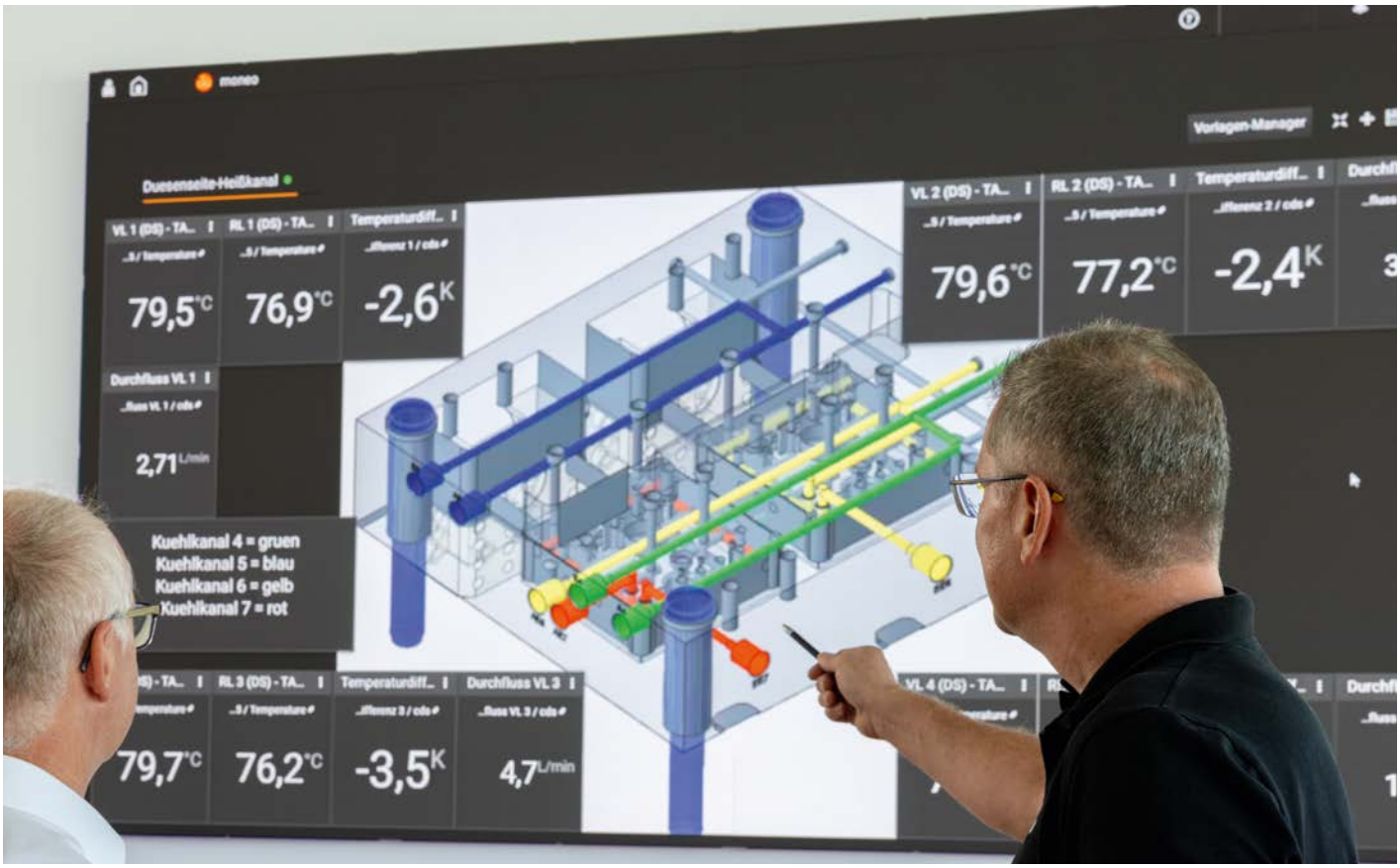
Sensores como fonte de dados na ferramenta e na máquina

Na implementação prática, os diversos circuitos de resfriamento das máquinas de moldagem por injeção foram equipados com sensores de vazão e sensores de temperatura. Esses sensores medem continuamente as temperaturas de saída e de retorno, bem como o respectivo volume de água de resfriamento.

Com base nisso, é possível determinar com precisão as diferenças de temperatura e avaliar de forma confiável a eficiência do resfriamento da ferramenta.

"Além do circuito de refrigeração, também analisamos o consumo de energia da máquina para identificar picos de carga com antecedência. Além disso, realizamos o monitoramento do abastecimento de ar comprimido do braço do robô e da máquina de moldagem por injeção, pois vazamentos ou conexões soltas se refletem imediatamente nas curvas características. Esses dados são coletados com o moneo e analisados continuamente. Se os valores de medição ultrapassarem os limites definidos, o software emitirá automaticamente um alarme. Isso permite identificar falhas em tempo real, por exemplo, quando um robô perde uma peça devido à pressão insuficiente", afirma **Guido Zoll.** Como o ar comprimido está entre as formas de energia mais onerosas, até mesmo os pequenos vazamentos têm repercussões econômicas significativas.

Transparência digital: o moneo coleta, visualiza e analisa todos os dados dos sensores e adverte automaticamente em caso de ultrapassagem de valores-limite ou anomalias.



moneo como plataforma IIoT central

Uma grande quantidade de dados de sensores, por si só, não gera valor agregado. Fundamental é o registro, a análise e a interpretação estruturada desses dados. É exatamente aqui que o moneo entra em ação: *"Nossa plataforma IIoT proporciona transparência na instalação e mostra como as máquinas estão realmente sendo operadas"*, explica **Christoph Schneider,** Vice-Presidente de IIoT Use Cases na ifm solutions. **Guido Zoll** acrescenta: *"Além disso, todos na equipe, desde o chefe de equipe até o supervisor de turnos, têm acesso aos indicadores. Todos percebem imediatamente, pelas curvas características, se um processo está funcionando de forma estável ou se algo está saindo do controle."*

Os sensores IO-Link utilizados se comunicam por meio de mestres IO-Link que por sua vez, agrupam os dados e os transmitem via Ethernet para a rede da empresa. De lá, os valores de medição são inseridos no moneo. A abordagem modular da plataforma revelou-se vantajosa logo desde o início da entrada em operação: *"Com o módulo de software moneo configure, pudemos parametrizar os sensores antecipadamente e, em seguida, colocá-los em operação sem grandes tempos de inatividade"*, afirmou **Christoph Schneider**, que apoiou a implementação do projeto por parte da ifm.

O moneo possui uma estrutura modular e abrange vários níveis: desde o gerenciamento de dispositivos, coleta de dados, até a análise e o envio de alarmes.

Coleta, análise, visualização e registro histórico de dados

No moneo, todos os dados dos sensores são coletados, armazenados centralmente e processados de forma a permitir a rastreabilidade histórica. As telas oferecem uma visão geral numérica e gráfica das condições atuais do processo. Os usuários percebem rapidamente se as temperaturas, as vazões ou os consumos estão dentro das tolerâncias definidas. Essa transparência e a análise dos valores de medição para obter indicadores significativos são um passo decisivo, como destaca **Christoph Schneider**: *"Só quando os dados ficam visíveis é que se percebe por onde começar."*

Além da simples visualização, o moneo permite um histórico completo. Isso permite analisar o decorrer dos processos durante horas, dias ou semanas e correlacioná-los com as características de qualidade das peças fabricadas.

> Os dados são coletados com o moneo e analisados continuamente. Se os valores de medição ultrapassarem os limites definidos, o software emitirá automaticamente um alarme. Assim é possível identificar falhas em tempo real.
>
> *Guido Zoll, Desenvolvimento e construção na RAFI*



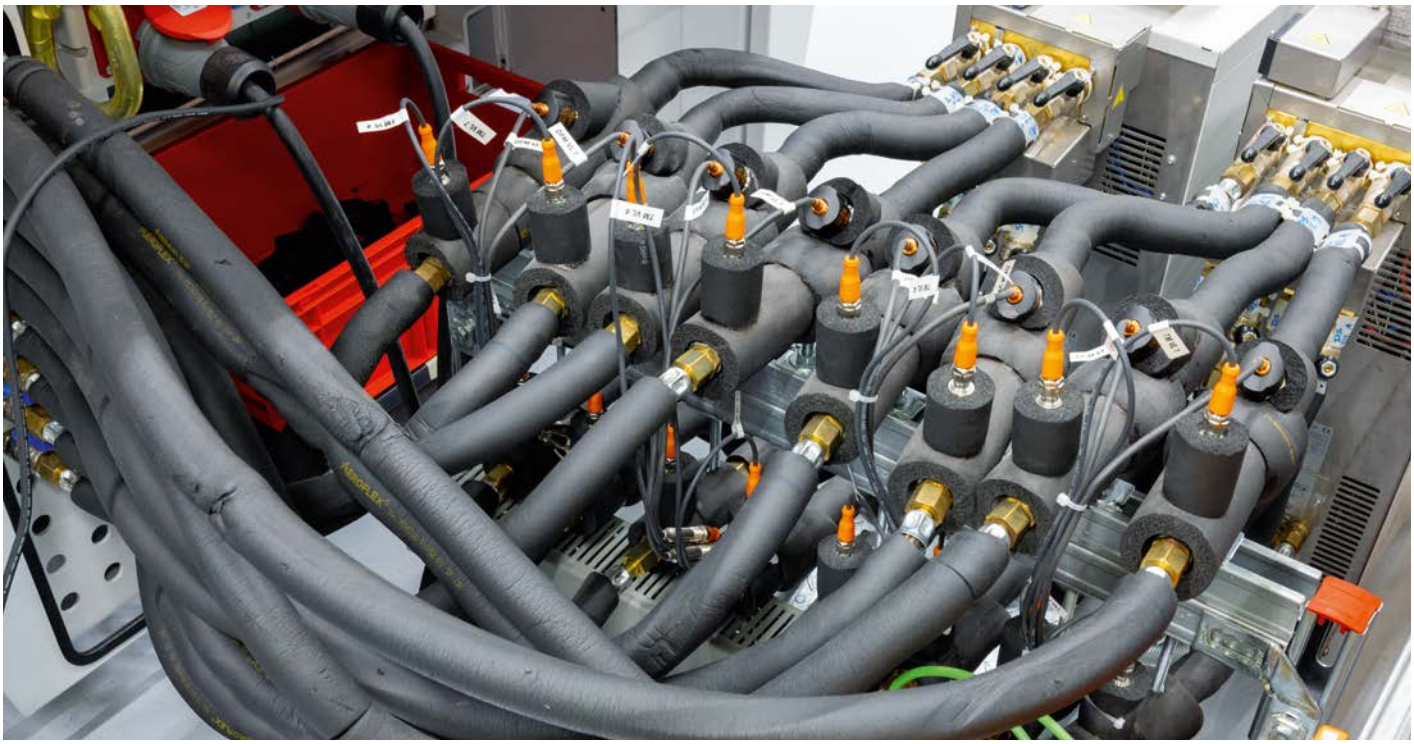
O medidor de ar comprimido SD8500 mede com alta precisão a vazão, o consumo, a pressão e a temperatura do fluido. Todos os valores de medição são transmitidos digitalmente via IO-Link para o controlador e para o moneo.

Valores-limite, alarmes e detecção de anomalias

Um elemento central do moneo é o monitoramento automático de valores-limite definidos. Se esses valores forem ultrapassados ou não forem alcançados, o sistema aciona alarmes, por exemplo, via e-mail ou como um aviso na tela. Dessa forma, é possível identificar e corrigir qualquer desvio em um estágio inicial, evitando a produção de peças com defeito.

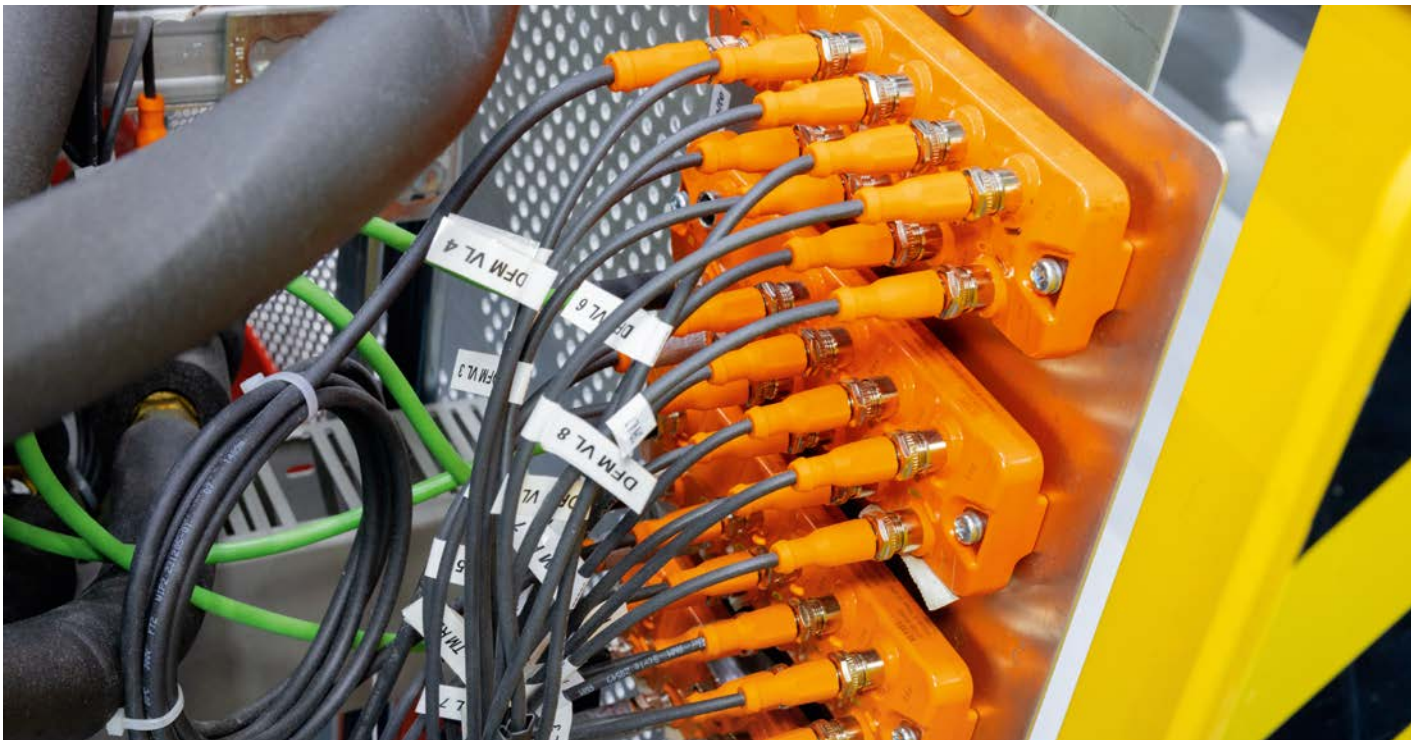
Além disso, o moneo ajuda na detecção de anomalias no processo. Alterações nos padrões das curvas de temperatura ou de vazão, bem como a análise da quantidade de calor calculada, revelam, por exemplo, o acúmulo gradual de resíduos nos canais de resfriamento.

"Costuma-se presumir que tudo está em ordem quando a peça tem boa aparência. Os dados mostram, porém, se o resfriamento está sendo excessivo ou irregular", explica **Christoph Schneider**. Essas funções de análise inteligente do moneo desempenham um papel fundamental para garantir a estabilidade dos processos e uma qualidade de produto consistentemente elevada.



Os diversos circuitos de resfriamento da ferramenta de moldagem por injeção são monitorados por meio de sensores de temperatura na entrada e saída, com uma precisão de um décimo de grau.

Todos os sinais dos sensores digitais e analógicos são agrupados pelos módulos I/O IO-Link AL2301 e encaminhados como sinais IO-Link ao controlador e ao moneo.



Do monitoramento à otimização ativa de processos

O valor agregado do moneo não está apenas no monitoramento, mas também na definição de medidas específicas. Na RAFI, os dados já ajudaram a identificar potenciais de otimização, por exemplo, no que diz respeito ao volume de água de resfriamento.

Em um caso, ficou evidente que, em vez da diferença de temperatura alvo de dois graus Celsius, havia sido alcançado apenas 0,8 grau, o que indicava claramente uma vazão excessiva.
O ajuste do circuito de resfriamento permitiu economizar energia sem comprometer a estabilidade do processo. Ao mesmo tempo, os dados permitem reduzir os tempos de ciclo de forma direcionada e, assim, aumentar a produção no mesmo período de tempo.
"O valor agregado só surge quando as ações são derivadas dos dados e incorporadas de volta ao processo", afirma **Christoph Schneider**. **Guido Zoll,** da RAFI, concorda com isso: *"A ideia central era economizar recursos e utilizar apenas o necessário, ou seja, fazer uso seletivo de água de resfriamento, corrente ou ar comprimido. Além disso, queríamos evitar picos de corrente. Quando várias máquinas ligam seus elementos de aquecimento simultaneamente, isso gera picos de carga elevados. Com os dados coletados, no futuro poderemos programar as máquinas para entrem em operação em horários diferentes. Assim, é possível reduzir esses picos e economizar energia."*

A longo prazo, está previsto conectar diretamente sistemas externos, como, por exemplo, dispositivos de controle de temperatura, para ajustar automaticamente as variáveis de controle.

Eficiência energética e sustentabilidade

Além da otimização da qualidade e do processo, a eficiência energética também vem ganhando cada vez mais destaque. Com o moneo, é possível registrar, analisar e avaliar economicamente, de forma detalhada, o consumo de energia e de fluidos. Dessa forma, os potenciais de economia não se tornam apenas visíveis, mas também quantificáveis. Um exemplo concreto é o consumo de ar comprimido: *"Logo após o início das operações, percebemos que o consumo de ar comprimido aumentava continuamente. Conseguimos identificar imediatamente a causa e tomar as medidas necessárias"*, afirma **Christoph Schneider.**

Mesmo os menores vazamentos, por exemplo, durante uma parada da máquina, são detectados de forma confiável graças ao registro contínuo de dados. Com base nas informações obtidas, é possível determinar com precisão a partir de que ponto as medidas de manutenção se tornam economicamente viáveis. Além da redução direta de custos, essa abordagem baseada em dados também contribui de forma mensurável para a redução do consumo de energia e das emissões de CO_2.

Escalabilidade e desenvolvimento contínuo

A RAFI concebeu o projeto deliberadamente tendo como objetivo a escalabilidade. Outras máquinas serão conectadas gradualmente e já estão previstos sensores adicionais, como os de temperatura do galpão ou umidade do ar. O objetivo é reunir todos os fatores relacionados à qualidade no moneo e correlacioná-los.

"No momento, estamos planejando ampliar para outras máquinas. Além disso, pretendemos integrar sensores adicionais, por exemplo, para medir a umidade no secador, as pressões na ferramenta, a temperatura do galpão ou o sistema de ar-condicionado. "O objetivo é registrar no moneo todos os parâmetros que possam influenciar a qualidade das peças moldadas por injeção", afirmou **Guido Zoll.**

Futuras ampliações, como manutenção baseada nas condições, recomendações automatizadas de ação ou análises com suporte de IA, devem continuar a apoiar a transição da transparência para uma produção com auto-otimização.

CONCLUSÃO

O exemplo da RAFI mostra que a utilização de sensores na moldagem por injeção só alcança todo o seu potencial por meio de uma plataforma IIoT potente. O moneo atua como o sistema central da produção: coleta, estrutura e interpreta dados de processo, tornando-os acessíveis para diferentes funções de usuário. A transparência alcançada permite não apenas uma garantia de qualidade estável, mas também economias de energia direcionada e uma otimização contínua dos tempos de ciclo. Com isso, o moneo se torna uma ferramenta indispensável para a tomada de decisões baseadas em dados e para a competitividade sustentável na moldagem por injeção de plástico.

ifm.com/cnt/rafi

ifm electronic gmbh · Friedrichstr. 1 · 45128 Essen