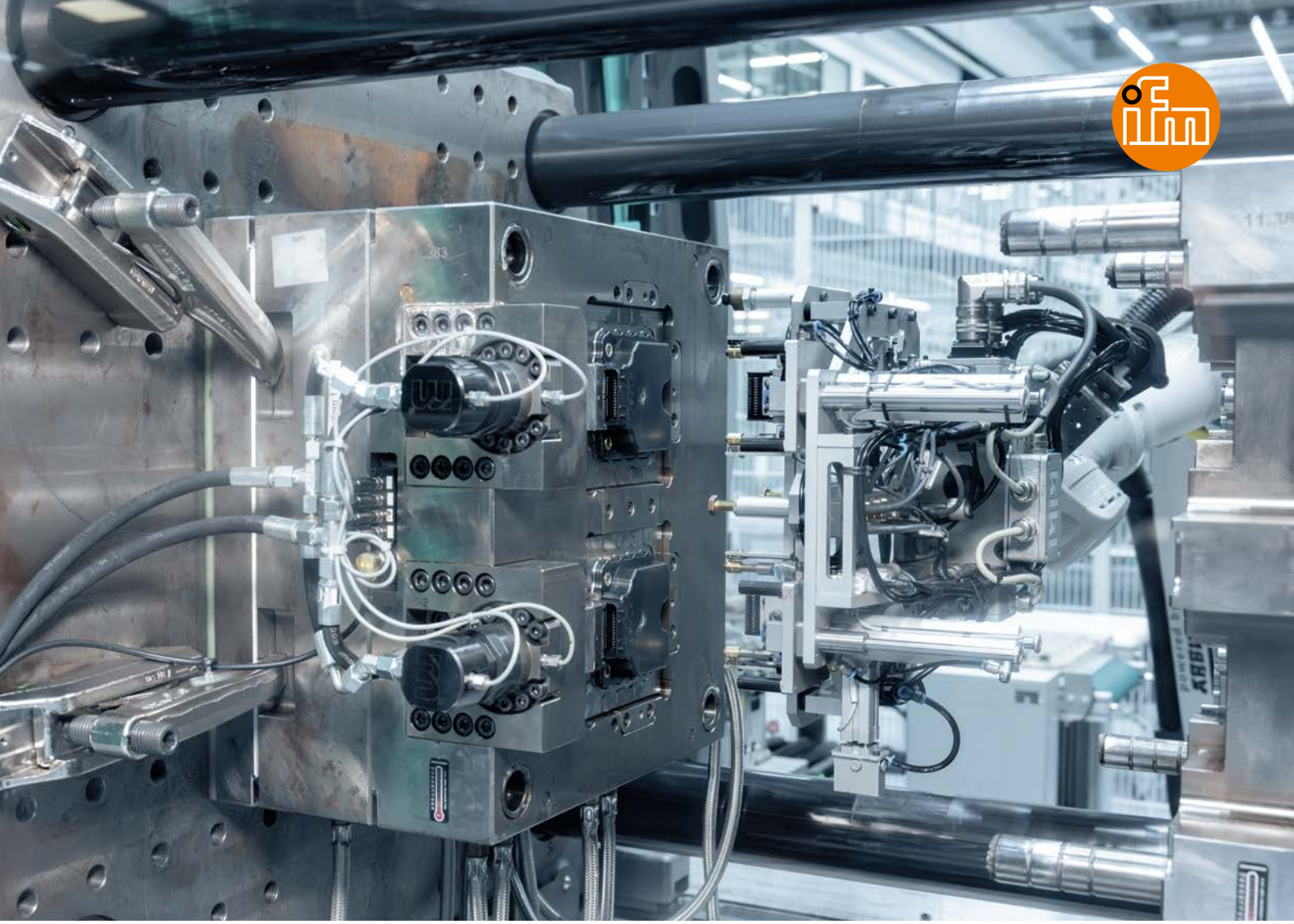


UNA VISIÓN DIGITAL DEL MOLDE

Cómo los sensores y el IIoT mejoran la calidad y la eficiencia energética en el moldeo por inyección.

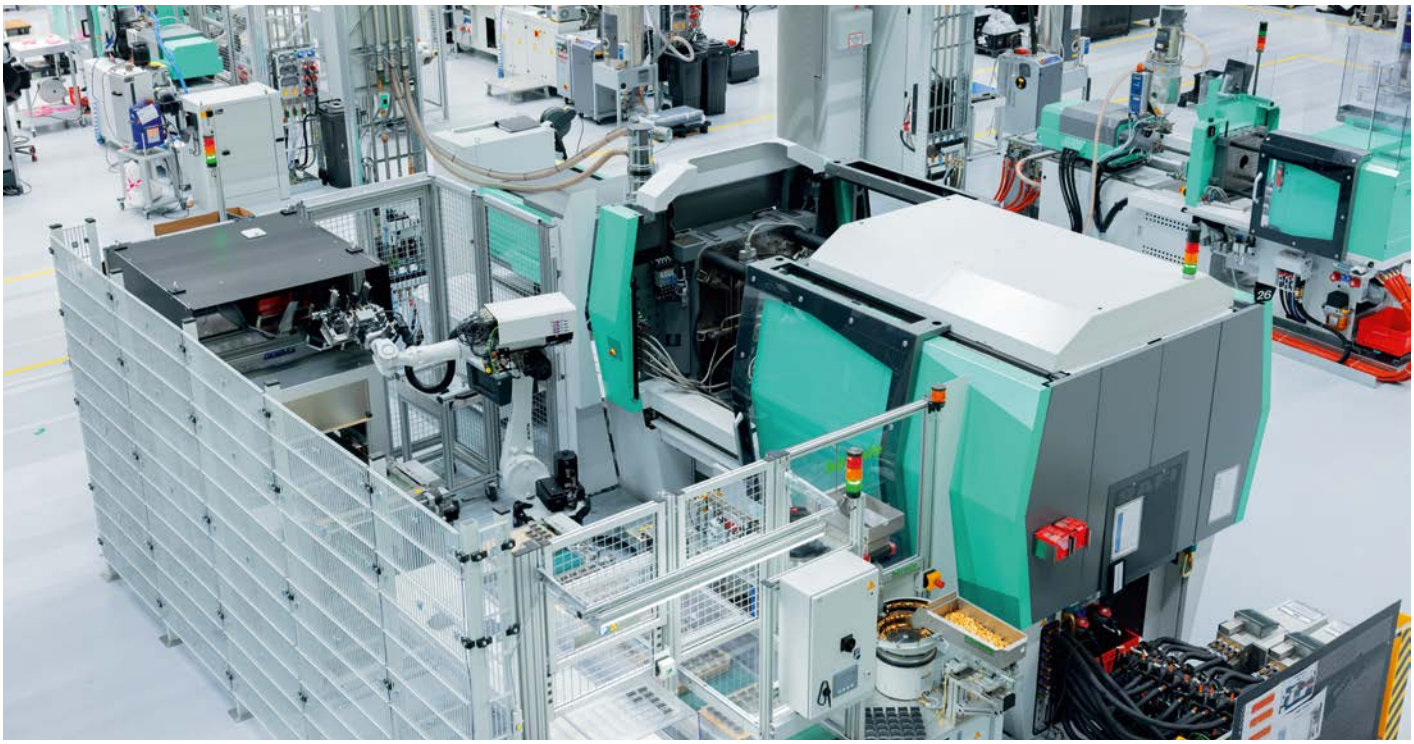
Los requisitos de calidad cada vez más exigentes, la creciente presión de los costes y la necesidad de una estabilidad máxima de los procesos caracterizan la transformación moderna de los plásticos. Sobre todo en el moldeo por inyección, unas condiciones reproducibles y un control preciso del proceso son decisivos para determinar la tasa de desechos, el consumo de energía y la rentabilidad. Un factor clave para el éxito es la disponibilidad de datos de proceso fiables. En su planta de Bad Waldsee, el grupo RAFI muestra cómo el uso específico de sensores junto con la plataforma IIoT moneo permite convertir los datos brutos en oportunidades concretas de optimización para la producción.

Allí, RAFI fabrica piezas de plástico moldeadas por inyección, tanto para sus propios productos HMI estándar como para aplicaciones personalizadas para clientes. Los ámbitos de aplicación abarcan desde la tecnología médica y agrícola hasta aplicaciones industriales y del sector de la automoción. En consecuencia, los requisitos en cuanto a precisión dimensional, calidad de la superficie y estabilidad a largo plazo de los componentes son muy exigentes.

En el proceso de moldeo por inyección, el granulado de plástico previamente secado se plastifica y se inyecta a alta presión en el molde. La fase de enfriamiento posterior es decisiva para la calidad de los componentes. La temperatura del molde, el caudal del fluido refrigerante y las diferencias de temperatura entre la impulsión y el retorno deben mantenerse con precisión. Incluso las desviaciones más pequeñas pueden afectar negativamente al tiempo de ciclo, a la estabilidad dimensional o a las propiedades ópticas.

Motivación: visibilizar los procesos en lugar de intuirlos

El punto de partida del proyecto fue el uso específico de sensores junto con la plataforma IIoT moneo del especialista en automatización ifm. El objetivo era dejar de evaluar el proceso de moldeo por inyección basándose únicamente en la experiencia y en controles por muestreo. En su lugar, se pretendía hacerlo transparente y comprensible a partir de los datos.



Máquina de moldeo por inyección de plástico con robot para la manipulación de las piezas moldeadas.

Guido Zoll, del departamento de Desarrollo y Diseño de RAFI, describe así el planteamiento: *"Queríamos entender exactamente qué ocurre durante un ciclo de moldeo por inyección y qué parámetros influyen de verdad en la calidad y en la eficiencia".*

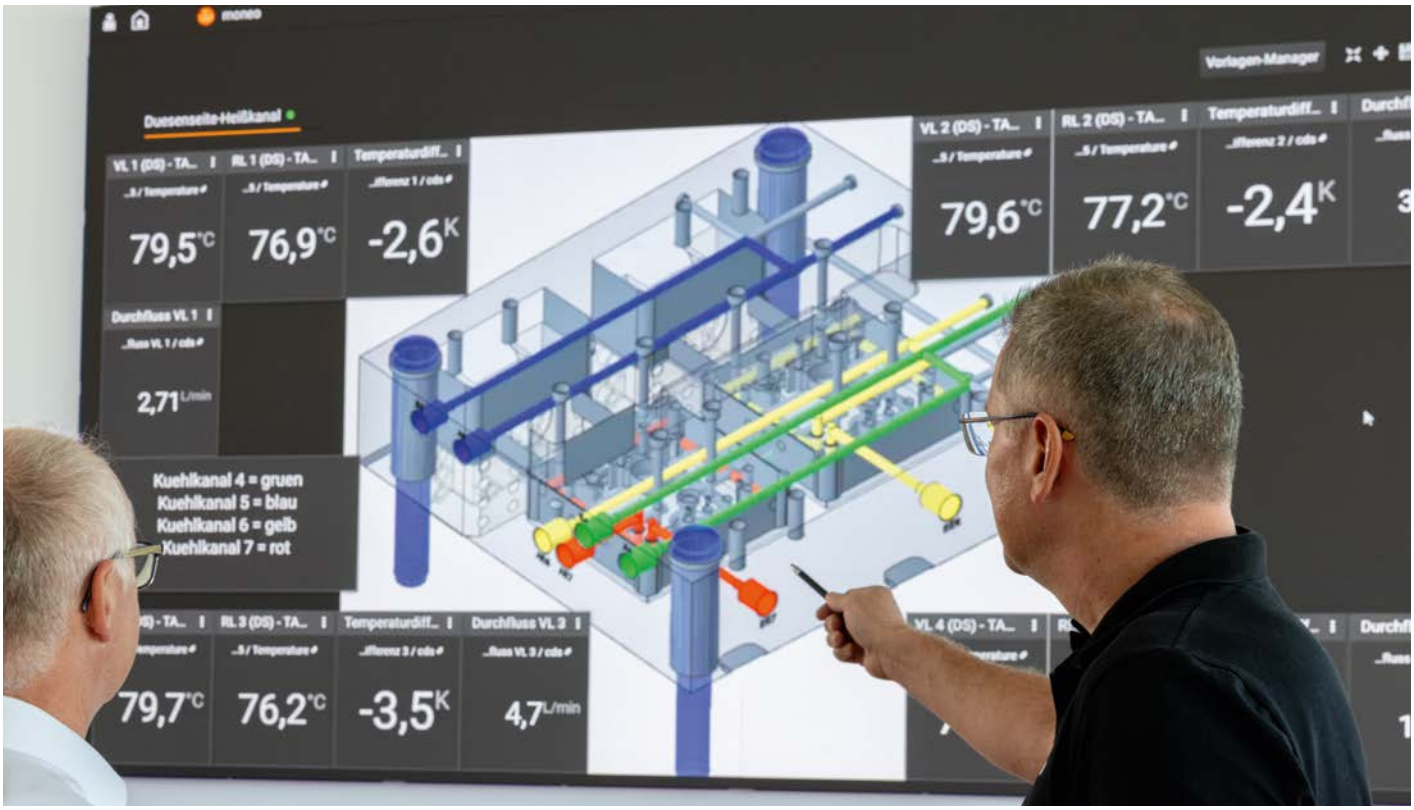
El foco se puso, en particular, en las condiciones térmicas del molde, en la carga de los circuitos de refrigeración y en el consumo de fluidos auxiliares como el aire comprimido y la energía eléctrica. El objetivo era aportar transparencia y, a partir de ahí, identificar medidas concretas para la optimización.

Los sensores como fuente de datos en el molde y en la máquina

En la implementación práctica, los distintos circuitos de refrigeración de los moldes de inyección se equiparon con sensores de caudal y temperatura. Estos registran de forma continua las temperaturas de impulsión y retorno, así como el volumen correspondiente de agua de refrigeración. Sobre esta base, es posible determinar con precisión las diferencias de temperatura y extraer conclusiones fiables sobre la eficiencia de la refrigeración del molde.

"Además del circuito de refrigeración, también analizamos el consumo de corriente de la máquina para detectar a tiempo los picos de carga. Asimismo, supervisamos el suministro de aire comprimido del brazo robótico y de la máquina de moldeo por inyección, ya que cualquier fuga o conexión floja se refleja inmediatamente en las curvas características. Los datos se registran y analizan de forma continua con moneo. Si los valores de medición superan los límites definidos, el software activa automáticamente una alarma. Así se pueden identificar averías en tiempo real, por ejemplo, cuando un robot pierde una pieza debido a una presión insuficiente", explica **Guido Zoll.** Como el aire comprimido es una de las formas de energía más caras, incluso las fugas más pequeñas tienen repercusiones económicas considerables.

Transparencia digital: moneo registra, visualiza y analiza todos los datos de los sensores y emite alertas de forma autónoma en caso de que se superen los valores límite o se detecten anomalías.



moneo como plataforma IIoT central

Una gran cantidad de datos de sensores no genera, por sí sola, ningún valor añadido. Lo decisivo es registrarlos, analizarlos e interpretarlos de forma estructurada. Y aquí es precisamente donde entra en juego moneo: *"Nuestra plataforma IIoT aporta transparencia a la instalación y permite ver cómo funcionan realmente las máquinas"*, explica **Christoph Schneider**, Vice President IIoT Use Cases en ifm solutions. **Guido Zoll** añade: *"Además, todo el equipo, desde el jefe de grupo hasta el supervisor de turnos, tiene acceso a los indicadores. Todos pueden ver inmediatamente en las curvas características cuándo un proceso funciona de forma estable y cuándo algo se sale de control"*.

Los sensores IO-Link utilizados se comunican a través de maestros IO-Link, que agrupan los datos y los transmiten a la red de la empresa a través de Ethernet. Desde ahí, los valores de medición se transfieren a moneo. Ya durante la puesta en marcha, el enfoque modular de la plataforma demostró ser una ventaja: *"Con el módulo de software moneo configure pudimos parametrizar previamente los sensores y ponerlos en marcha después sin tiempos de inactividad considerables"*, explica **Christoph Schneider**, quien ha respaldado la implementación del proyecto por parte de ifm.

moneo tiene una estructura modular y abarca varios niveles, desde la administración de equipos y el registro de datos hasta el análisis y la gestión de alarmas.

Recopilación, análisis, visualización y registro histórico de datos

En moneo, todos los datos de los sensores se recopilan, se almacenan de forma centralizada y se procesan para permitir un seguimiento histórico. A través de los paneles de control, es posible representar los estados actuales del proceso tanto de forma numérica como gráfica. Los usuarios pueden ver de un vistazo si las temperaturas, los caudales o los consumos se encuentran dentro de los límites de tolerancia definidos. Esta transparencia y el análisis de los valores de medición para obtener indicadores significativos constituyen un paso decisivo, tal como subraya **Christoph Schneider:** *„Solo cuando los datos son visibles, se puede saber dónde actuar"*.

Además de la mera visualización, moneo permite almacenar un historial completo de los datos. Esto permite analizar la evolución de los procesos a lo largo de horas, días o semanas y correlacionarla con las características de calidad de los componentes fabricados.

Valores límite, alarmas y detección de anomalías

Un elemento central de moneo es la monitorización automática de los valores límite definidos. Si estos se superan o no se alcanzan, el sistema activa alarmas, por ejemplo, por correo electrónico o como aviso en el panel de control. Así, las desviaciones pueden detectarse y corregirse a tiempo, antes de que se traduzcan en componentes fabricados de forma defectuosa.

> Los datos se registran y analizan de forma continua con moneo. Si los valores de medición superan los límites definidos, el software activa automáticamente una alarma. De este modo, se pueden identificar las averías en tiempo real.
>
> *Guido Zoll, departamento de Desarrollo y Diseño en RAFI*

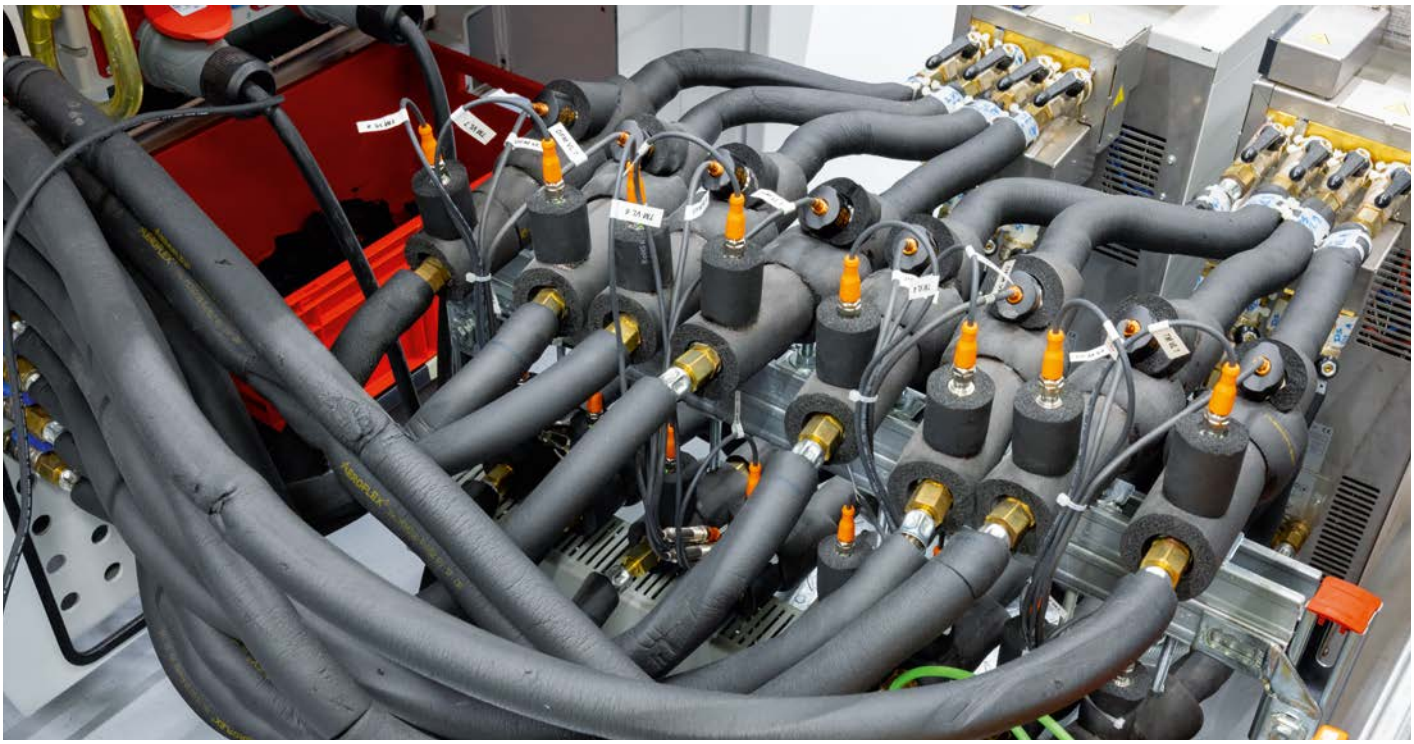


El contador de aire comprimido SD8500 mide con gran precisión el caudal, el consumo, la presión y la temperatura del fluido. Todos los valores de medición se transmiten digitalmente a través de IO-Link al controlador y a moneo.

Además, moneo facilita la detección de anomalías en el proceso. Los cambios en el patrón de las curvas de temperatura o de caudal, así como el análisis de la energía térmica calculada, permiten detectar, por ejemplo, el ensuciamiento progresivo de los canales de refrigeración. *"A menudo se da por hecho que todo está bien si el componente tiene buen aspecto. Sin embargo, los datos muestran si la refrigeración quizás es demasiado intensa o desigual"*, señala **Christoph Schneider**. Estas funciones de análisis inteligente de moneo contribuyen de manera decisiva a mantener la estabilidad de los procesos y un alto nivel constante de calidad del producto.

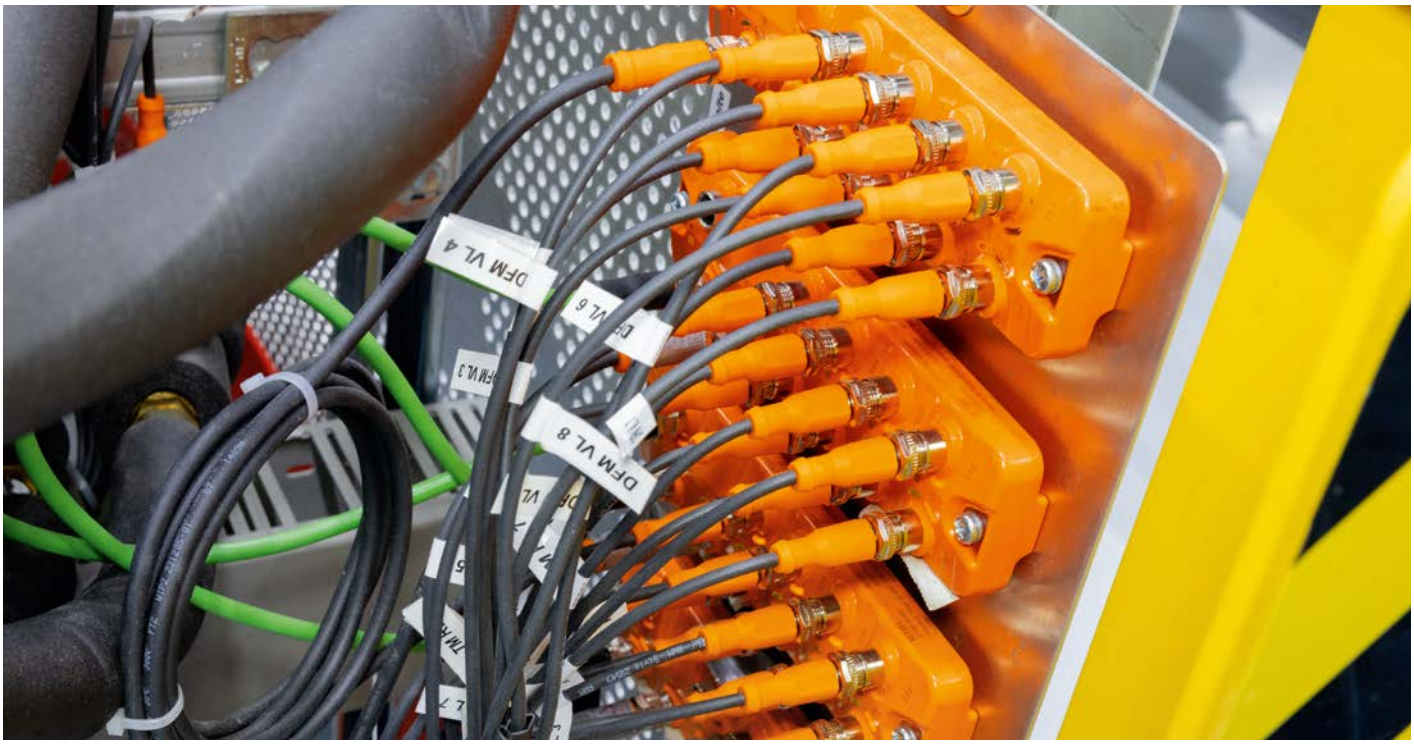
De la monitorización a la optimización activa de los procesos

El valor añadido de moneo no reside únicamente en la monitorización, sino en la derivación de medidas concretas. En RAFI ya se han identificado distintas posibilidades de optimización basadas en los datos recopilados, por ejemplo en relación con el caudal de agua de refrigeración.



Los distintos circuitos de refrigeración del molde de inyección se controlan mediante sensores de temperatura en la impulsión y el retorno, con una precisión de una décima de grado.

Todas las señales digitales y analógicas de los sensores se agrupan a través de los módulos de E/S IO-Link AL2301 y se transmiten como señales IO-Link al controlador y a moneo.



En uno de los casos se constató que, en lugar de alcanzarse la diferencia de temperatura prevista de dos grados Celsius, solo se lograban 0,8 grados, un claro indicio de un caudal excesivo. Mediante el ajuste del circuito de refrigeración se logró ahorrar energía sin afectar a la estabilidad del proceso. Al mismo tiempo, los datos ofrecen la posibilidad de reducir de forma específica los tiempos de ciclo y fabricar así más productos en el mismo tiempo. *"El valor añadido surge cuando los datos se traducen en medidas concretas y estas se incorporan de nuevo al proceso"*, explica **Christoph Schneider. Guido Zoll**, de RAFI, comparte esta visión: *"La idea principal era preservar los recursos y utilizar únicamente los que realmente fueran necesarios, es decir, hacer un uso específico del agua de refrigeración, la electricidad o el aire comprimido. Además, queríamos evitar los picos de consumo. Cuando varias máquinas ponen en marcha sus elementos calefactores al mismo tiempo, se generan picos de carga elevados. Gracias a los datos recopilados, en el futuro podremos controlar que las máquinas arranquen de forma escalonada. De este modo, es posible reducir estos picos de carga y ahorrar energía"*.

A largo plazo, está previsto conectar directamente sistemas externos, como los equipos de control de temperatura, para influir automáticamente en las variables de ajuste.

Eficiencia energética y sostenibilidad

Además de la optimización de la calidad y los procesos, la eficiencia energética también cobra cada vez más importancia. moneo permite registrar, analizar y evaluar de forma detallada y rentable el consumo de energía y de fluidos. De este modo, el potencial de ahorro no solo se hace visible, sino que también se puede cuantificar. Un ejemplo concreto es el consumo de aire comprimido: *"Ya poco después de la puesta en marcha observamos que el consumo de aire comprimido aumentaba de forma continua. Pudimos identificar inmediatamente la causa y adoptar las medidas correspondientes",* explica **Christoph Schneider.**

Incluso las fugas más pequeñas, por ejemplo durante una parada de máquina, se detectan de forma fiable gracias al registro continuo de los datos. Con la información obtenida, se puede determinar con precisión a partir de qué punto las medidas de mantenimiento resultan rentables. Además de la reducción directa de costes, este enfoque basado en datos contribuye de forma cuantificable a reducir el consumo de energía y las emisiones de CO_2.

Escalabilidad y desarrollo futuro

El proyecto en RAFI se ha concebido expresamente de forma escalable. Está previsto conectar progresivamente más máquinas, y ya se está planificando la incorporación de sensores adicionales, por ejemplo para medir la temperatura y la humedad ambiental de la nave. El objetivo es reunir en moneo todos los factores que influyen en la calidad y vincularlos entre sí.
"Actualmente estamos planificando la ampliación a más máquinas. Además, queremos integrar sensores adicionales, por ejemplo para medir la humedad en el secador, las presiones en el molde, la temperatura de la nave o los valores del sistema de climatización. El objetivo es registrar en moneo todos los parámetros que puedan influir en la calidad de las piezas moldeadas por inyección", explica **Guido Zoll**.

Las futuras ampliaciones, como el mantenimiento basado en condiciones, las recomendaciones automáticas de actuación o los análisis asistidos por IA, pretenden seguir impulsando la transición desde la mera transparencia de los datos hacia una producción capaz de optimizarse a sí misma.

CONCLUSIÓN

El ejemplo de RAFI demuestra que el uso de sensores en el moldeo por inyección solo despliega todo su potencial cuando se combina con una potente plataforma IIoT. moneo actúa como sistema central de la producción: recopila, estructura e interpreta los datos de proceso y los pone a disposición de los distintos perfiles de usuario. La transparencia obtenida no solo permite garantizar una calidad estable, sino también lograr un ahorro energético específico y una optimización continua de los tiempos de ciclo. De este modo, moneo se convierte en una herramienta indispensable para la toma de decisiones basada en datos y para una competitividad sostenible en el moldeo por inyección de plástico.

ifm.com/cnt/rafi

ifm electronic gmbh · Friedrichstr. 1 · 45128 Essen