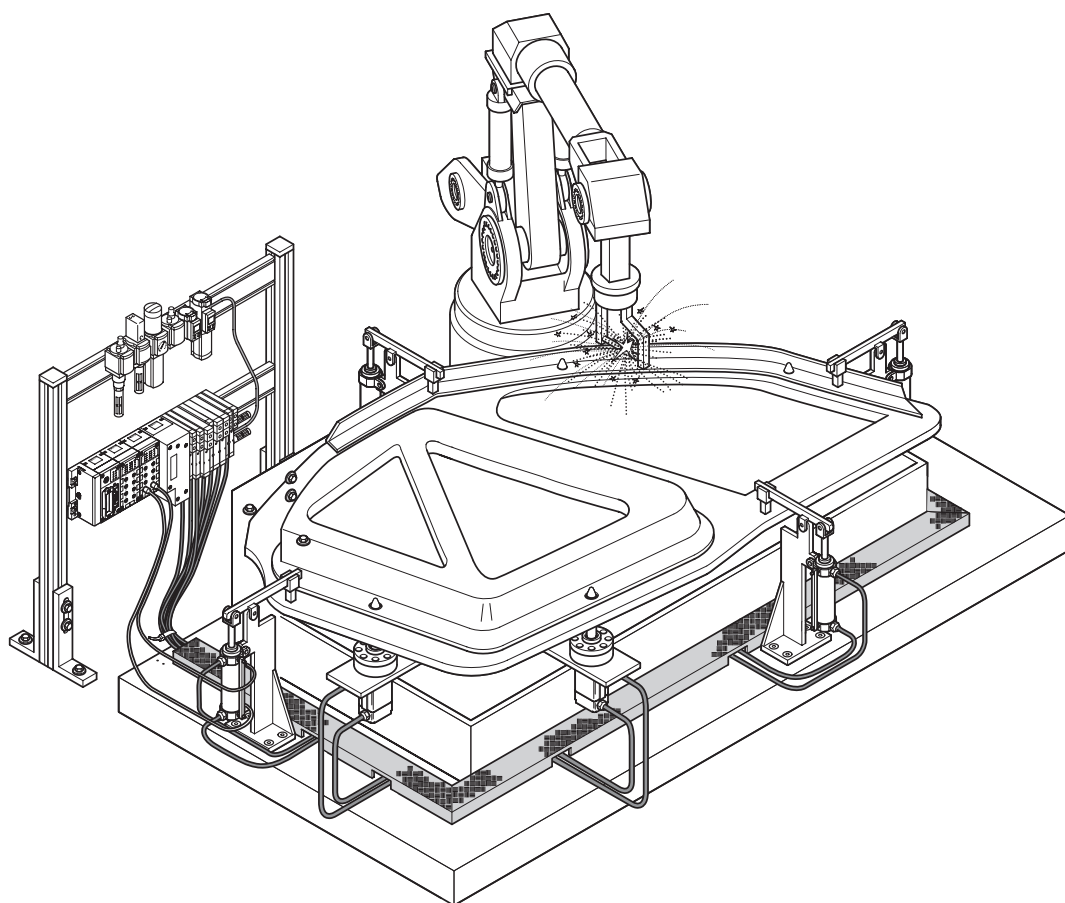


Libro blanco: Mantenimiento predictivo de actuadores neumáticos con el ejemplo de la pinza de soldadura servoneumática

FESTO



La aplicación de nuevas tendencias, como cloud computing, IoT y Big Data, puede ofrecer grandes potenciales de ahorro para el mantenimiento en la producción de carrocerías. Mediante el ejemplo de la pinza de soldadura servoneumática, este libro blanco examina cómo es posible superar los desafíos y obtener un considerable incremento de la productividad con el mantenimiento preventivo.

Aquí encontrará más información acerca de:

- Concepto y arquitectura básica
- Plan escalonado para minimizar la complejidad y los riesgos
- Análisis y transparencia de datos
- Monitorización de estado e inteligencia artificial
- Business Case y soberanía de datos

Resumen ejecutivo

Con sus cadenas de procesos, fabricación de herramientas, prensas, fabricación de carrocerías y talleres de pintura, la producción de carrocerías es una parte importante de la industria automovilística. Su potencial de ahorro de costes de energía y mantenimiento es muy grande. El tema de la eficiencia energética en la fabricación de carrocerías, en la que se utiliza en gran medida técnica de accionamiento neumática, ya se abordó e impulsó en los últimos años¹.

¿Qué potenciales de ahorro adicionales para el mantenimiento ofrece ahora la aplicación de nuevas tendencias como cloud computing, IoT y Big Data? Mediante el ejemplo de una pinza de soldadura servoneumática para grandes clientes en la industria automovilística, este libro blanco describe cómo superar con éxito los desafíos que supone la ampliación del mantenimiento con servicios de valor añadido en la nube y cómo tales desafíos pueden contribuir a mejorar considerablemente la productividad en proyectos de clientes. En este contexto, los datos de componentes y procesos sirven de base para la interpretación del estado del sistema.

El procedimiento también permite sacar conclusiones generales acerca del mantenimiento en otros sectores industriales que utilicen actuadores neumáticos.

¹ Innovations-Allianz. Planificación de una utilización eficiente del aire comprimido en la fabricación de carrocerías. Technical report, Green Carbody; consorcio de proyecto, 2013.

1. El mantenimiento predictivo en el punto de mira

1.1 Los desafíos

El tema del mantenimiento predictivo se encuentra cada vez más en el punto de mira. El paso desde el mantenimiento preventivo hasta la predicción del estado de las máquinas es una tendencia actual, pero también un gran desafío para optimizar el mantenimiento. ¿Es posible cumplir esta promesa? Es un hecho que, frente a la clásica Monitorización de estado, los medios de la Industria 4.0 ofrecen ahora mayores posibilidades, como la combinación de datos de dispositivos y procesos, y su evaluación con modelos de inteligencia artificial en la nube.



Imagen 1: sectores técnicos en la industria automovilística ¹

1.2 Valor añadido mediante la interpretación de datos

En los productos mecatrónicos de Festo, como los actuadores para pinzas de soldadura por puntos, hoy en día ya se procesan muchos datos, los cuales se compactan en forma de diagnóstico y se utilizan para el mantenimiento. Sin embargo, no es suficiente con proporcionar y visualizar datos. Lo que supone un desafío es ofrecer valores añadidos reales para los clientes finales a partir de los datos de los dispositivos, los datos del entorno de la aplicación y los conocimientos acerca de los procesos. Solo entonces surgen nuevos modelos de negocio y productos comercializables para los fabricantes de componentes.

En lo que al flujo de información se refiere, es necesario garantizar que la predicción regrese hasta el respectivo sistema/técnico de mantenimiento. La selección y la ejecución de este proyecto de innovación iniciado por el cliente final en la fabricación de carrocerías tienen lugar siguiendo un proceso de gestión de los niveles de madurez. En un primer momento se representa y clasifica la idea del proyecto de forma transparente. A continuación se examina el potencial de esta solución y se confirma en la “Proof of Concept” (prueba de concepto). Le sigue una aplicación piloto a gran escala y, para finalizar, su implementación en serie con módulos estandarizados.

En este contexto, Festo está trabajando en una estrategia digital. Se están desarrollando productos, sobre todo soluciones de software y servicios para los clientes ^(2, 3).

Sin embargo, aparte del clásico desarrollo de productos en el negocio estándar, lo que hace falta son nuevos caminos: los negocios de la Industria 4.0 requiere una dinámica significativamente mayor que el desarrollo estándar de productos. No es posible definir o especificarlo todo previamente en forma de requisitos. Por el contrario, el trayecto que pasa por las soluciones específicas para el cliente con conocimientos de la aplicación ofrece planteamientos iterativos e innovadores, así como un aprendizaje en común. En este caso, la experiencia se traduce en un potencial para la multiplicación del negocio estándar.

Este es un procedimiento básico en estos proyectos que ha demostrado su eficacia en la práctica: empezar con un proyecto concreto de un cliente grande, aprender de él y desarrollar el planteamiento de forma iterativa, pero asegurándose de que tenga lugar una multiplicación y de que se creen estándares.

➤ El valor añadido solo puede obtenerse mediante la correcta interpretación de los datos. Para ello se requieren conocimientos de la aplicación.

¹ Innovations-Allianz. Planificación de una utilización eficiente del aire comprimido en la fabricación de carrocerías. Technical report, Green Carbody; consorcio de proyecto, 2013.

² Roger Kehl. Das neue Spielfeld des CIO: Digitalisierung- von der Komponente bis zur Cloud. Presentación, 2017. Conferencia en el Congreso VDMA.

³ Jan Bredau y Filip Kubis. Predictive Maintenance für kundenspezifische Systemlösungen/Servopneumatische Schweißzange. Presentación, 2018. Conferencia en el Congreso VDMA.

1.3 Objetivo: potenciales de ahorro

El objetivo era mostrar los potenciales de ahorro en estudios de factibilidad y crear en común valores añadidos.

Los algoritmos deben poder predecir fallos de los componentes.

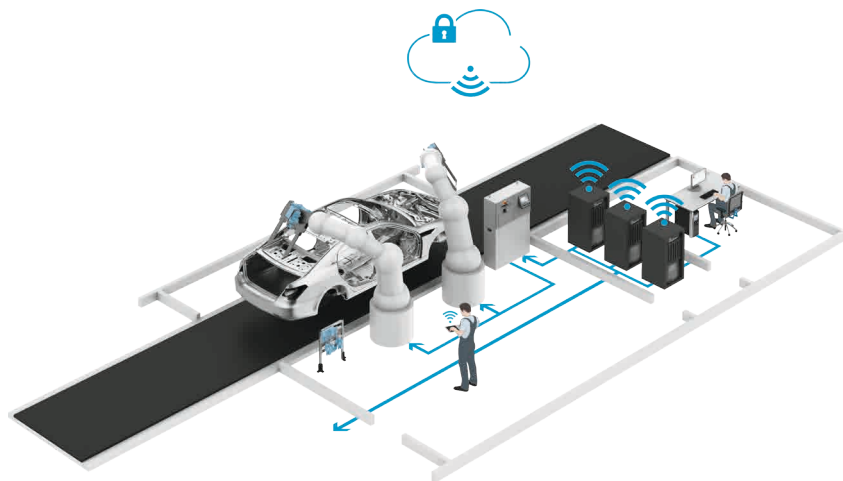


Imagen 2: conexión de la pinza de soldadura a la nube mediante el PC del sistema

Como premisa se estipuló que, para mantener bajo control el volumen de datos, era absolutamente necesaria una recopilación de datos reducida y regulable de forma flexible (“tan poco como sea posible, tanto como sea necesario”). Además, debería ser posible prescindir de sistemas de sensores y dispositivos adicionales. La pinza de soldadura servoneumática es un sistema mecatrónico cuyo conjunto de accionamiento y su respectivo software de puesta en funcionamiento llevan años siendo utilizados en la fabricación de carrocerías y cuyo desarrollo continuo ha sido impulsado por el cliente final en colaboración con el proveedor de tecnología de acuerdo con los requisitos de la producción (imagen 3, ³).

Mientras que la producción actual ha sido ampliamente optimizada, los trabajos de mantenimiento y reparación en la industria automovilística son temas que ofrecen un gran potencial de optimización. Es cierto que la disponibilidad ya es elevada, pero es necesario minimizar el esfuerzo para alcanzar tal disponibilidad (planificación del mantenimiento, stock de piezas, sustitución preventiva, reparación, trabajos de mantenimiento, etc.). Por ello, el destinatario del planteamiento aquí desarrollado es claramente el mantenimiento. El gran potencial de ahorro en la fabricación de carrocerías fue la causa por la que se inició este proyecto de desarrollo con el objetivo de implementar e integrar en la estructura ya existente algoritmos para la monitorización de estado (Condition Monitoring) y para la predicción de fallos de componentes en la pinza de soldadura.

³ Jan Bredau y Filip Kubis. Predictive Maintenance für kundenspezifische Systemlösungen/Servopneumatische Schweißzange. Presentación, 2018. Conferencia en el Congreso VDMA.

2. Implementación en la pinza de soldadura servoneumática

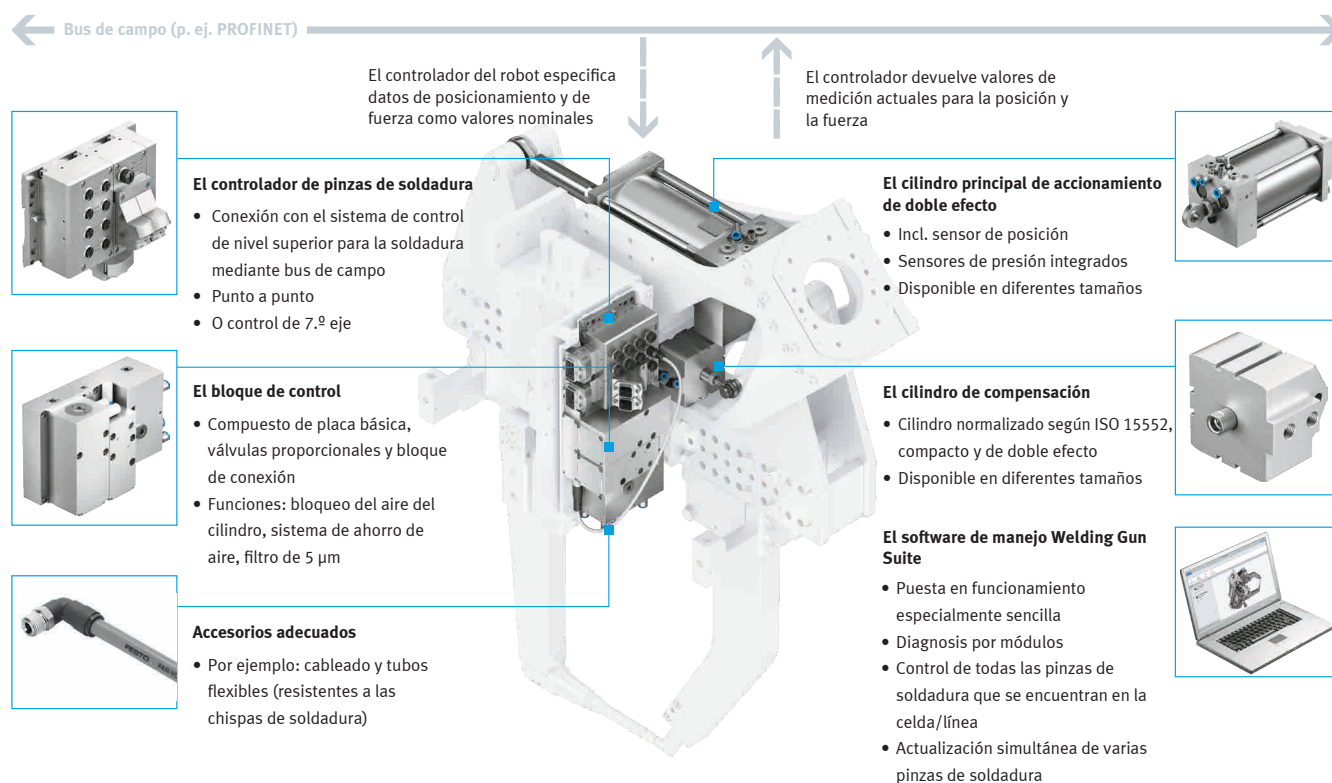


Imagen 3: los componentes principales de la pinza de soldadura servoneumática

Las pinzas de soldadura están disponibles en las formas C y X. Hoy en día, la regulación de los sistemas de accionamiento tiene lugar fundamentalmente de forma servoeléctrica o servoneumática.

El sistema de accionamiento servoneumático se compone de:

- Cilindro de accionamiento con sensores de presión y posición integrados
- Cilindro con válvula reguladora para la función de compensación
- Controlador conectado al robot mediante bus de campo (normalmente PROFINET)
- Software de PC con interfaz gráfica para la puesta en servicio, el funcionamiento y la diagnosis

A través del robot, el sistema recibe sus valores de consigna para la regulación de posición y fuerza.

2.1 Concepto y arquitectura básica

En el concepto, el PC del sistema de la celda robótica se amplía con un software (Festo Welding Gun Cloud Connector). Este software recopila los datos de diagnóstico de la pinza de soldadura y los envía al punto de entrada a la nube. En la nube funciona una aplicación de mantenimiento, la cual representa los datos en el navegador (tableros de mandos para mantenimiento) y los evalúa sobre la base de las causas de desgaste y fallos aprendidos en lo referente a la vida útil que cabe esperar (imagen 4).

2.2 Plan escalonado

Para alcanzar el objetivo a largo plazo “Mantenimiento predictivo” existe plan escalonado para reducir la complejidad y los riesgos de la implementación, a la vez que generar con cada paso valores añadidos para el técnico de mantenimiento.

- 1 Definición, elaboración de la hipótesis y conectividad a la nube
- 2 Recopilación, visualización y evaluación de datos; modelos de monitorización de estado
- 3 Creación de modelos físicos y modelos de IA centrados en mantenimiento predictivo
- 4 Implementación del producto para mantenimiento predictivo

➤ El procedimiento escalonado minimiza la complejidad y los riesgos.

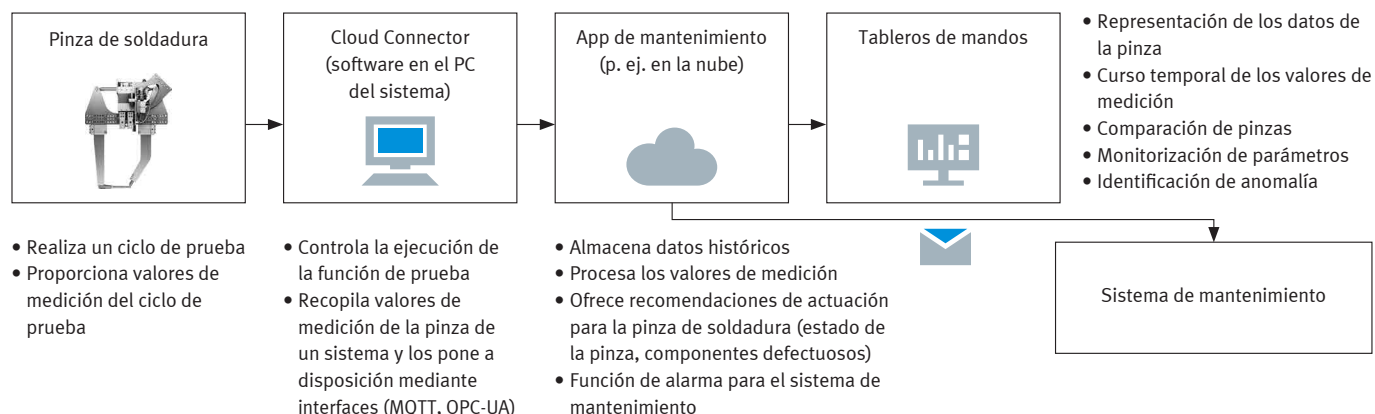


Imagen 4: conexión de la pinza de soldadura a la nube mediante el PC del sistema

Tanto para clientes finales como para el proveedor de los sistemas, el primer desafío es el transporte de los datos de la pinza de soldadura desde la producción hasta la nube. Entonces se desconocían los requisitos de tráfico de la red, las cargas de los procesadores y la seguridad de los datos. Si no es posible determinar e implementar estos requisitos, no se debe realizar la aplicación con esta arquitectura básica.

2.3 Función de prueba del sistema de accionamiento

La definición de los datos para guardar venía marcada por las discusiones entre las expectativas de los científicos de datos, lo técnicamente posible y lo técnicamente conveniente. Mientras que estos científicos querían datos de sensores y el entorno con la mayor resolución posible, los expertos de la pinza de soldadura frenaron esta iniciativa: los componentes utilizados de forma eficaz desde hace años no pueden poner datos a disposición del Festo Welding Gun Cloud Connector en intervalos de un milisegundo.

Además de esta restricción tecnológica, los expertos en pinzas de soldadura estaban de acuerdo en que los datos guardados con este nivel de detalle no ofrecen un valor añadido y aumentan los costes para la transferencia y el procesamiento de los datos en la nube. Se introdujo entonces un ciclo de prueba en el que la pinza de soldadura se orienta de forma definida fuera de su tarea productiva entre 3 y 5 veces al día para ejecutar tareas de movimiento de forma fija (procesos de posicionamiento y generación de fuerza). Durante el movimiento se calculan valores característicos en la pinza de soldadura, como tiempos de posicionamiento o fricción, que se procesan en la aplicación en la nube como resultado de la prueba.

Además también se transmiten y guardan datos de componentes (como versión de firmware, número de serie), de calibración, de regulación y de funcionamiento (como la cantidad de números de soldadura y las horas de funcionamiento). Estos datos también informan de forma relevante sobre el estado de la pinza.

Con esta solución, el volumen de datos es reducido. Por día y pinza de soldadura se transmiten menos de 10 kilobytes.

➤ Los datos de procesos y componentes ofrecen información valiosa, a pesar de su escaso volumen.

2.4 Elaboración de la hipótesis

La definición de la función de prueba está estrechamente asociada al tema de la elaboración de la hipótesis. Los proveedores de soluciones IoT deben elaborar, en una fase temprana, hipótesis acerca de la relación entre las magnitudes de medición y el fallo/ evento. En la fase de grandes expectativas de IoT y Big Data, también debe tenerse en cuenta el know-how de estos expertos del sector. De esta manera es posible incrementar la probabilidad de éxito de los proyectos sin dejarse guiar a ciegas por los datos.

Para la pinza de soldadura se supuso que existía una correlación entre tiempos de posicionamiento, tiempos de generación de fuerza y fricción con desgaste del cilindro, fallo del cilindro, fugas en el cilindro, fugas en el sistema o carga extrema inesperada (imagen 5). Esto se mostraría en el segundo y el tercer paso del plan escalonado.

2.5 Recopilación y evaluación de datos

Después de probar con éxito el software de aplicación en un primer sistema piloto, este se implementó en 250 pinzas de soldadura. Se recopilaron y evaluaron datos de las pinzas de soldadura de forma continua. Hoy en día ya hay conectados unos 2500 sistemas. Las primeras pruebas en la fabricación de carrocerías mostraron una alta tasa de utilización en la red de la producción. Esto tuvo influencia en el software, lo que llevó a modificar el Welding Gun Cloud Connector.

Los datos de las funciones de prueba que se mostraban en el tablero de mandos mostraban un curso temporal inesperado y requerían una comprobación periódica por parte de los expertos en pinzas de soldadura. Estos debían aclarar si se trataba de un error en la comunicación con la nube o si las causas eran otras (modelo físico).

A pesar de los amplios conocimientos en el sector y de la moderada complejidad del software de comunicación con la red, los esfuerzos para la evaluación de los resultados eran significativos en ambas partes. Las siguientes imágenes muestran un ejemplo de tablero de mandos con datos de evaluación sencillos y curvas de fallos.

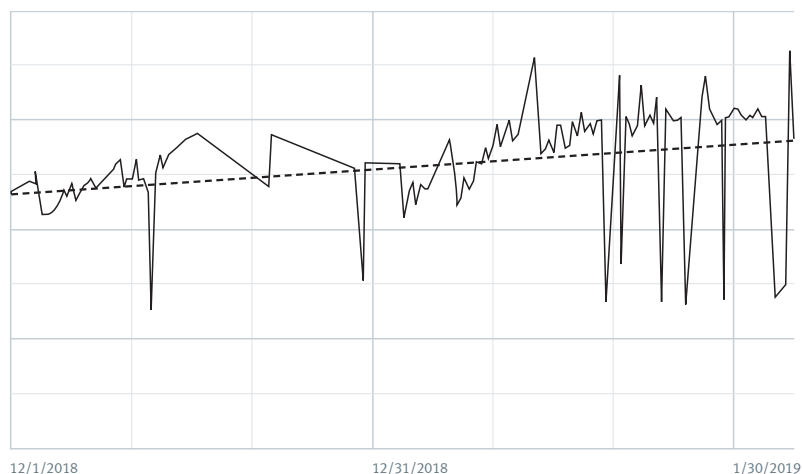


Imagen 5: curva de los tiempos de posicionamiento del cilindro principal

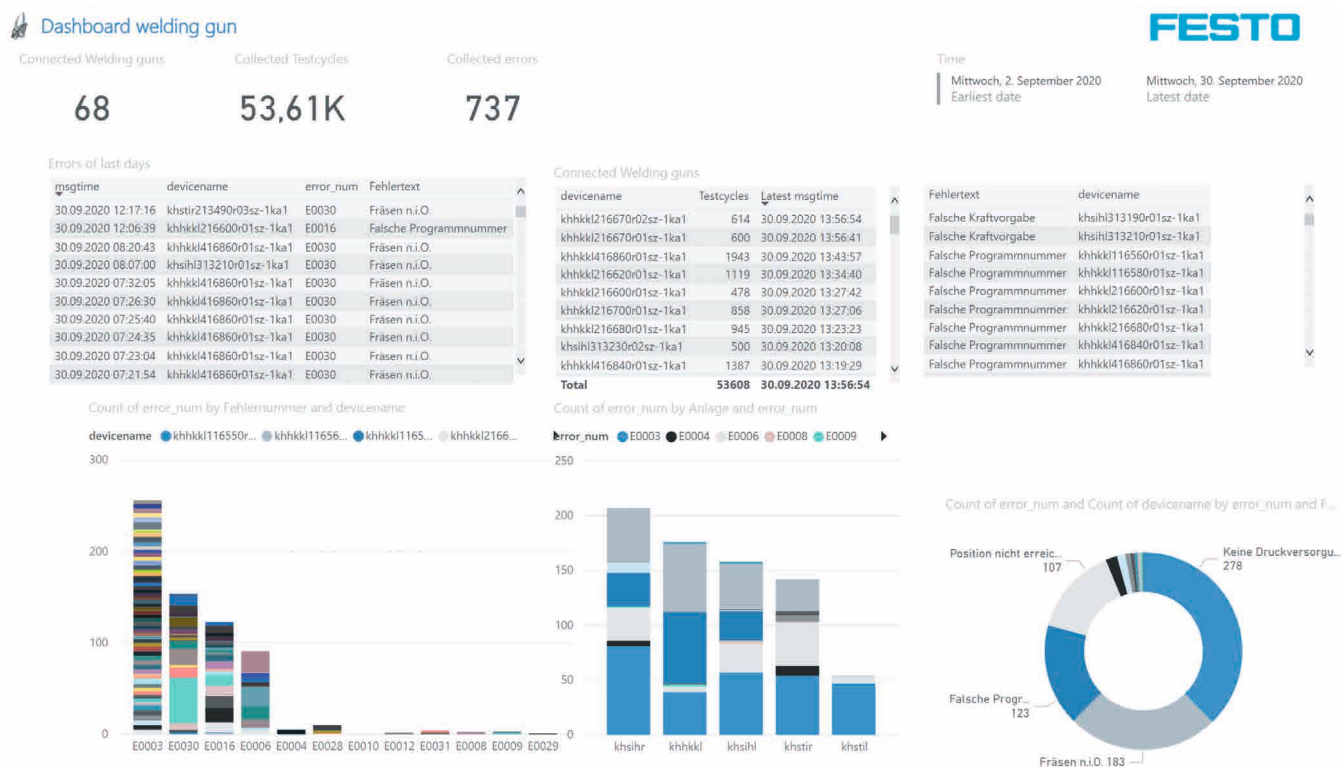
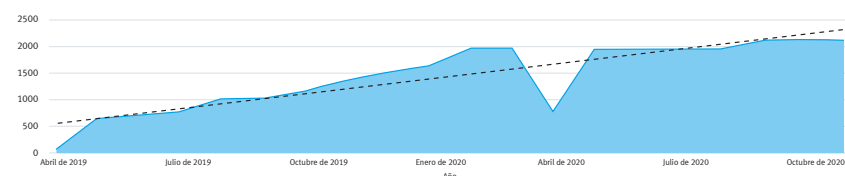


Imagen 6: ejemplo de un tablero de mandos

Pinzas de soldadura conectadas



Ciclos de prueba ejecutados

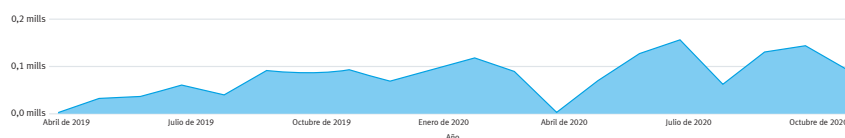


Imagen 7: pinzas de soldadura conectadas y ciclos de prueba ejecutados en la línea temporal

2.6 Transparencia de los datos: reducción de fallos en un 25 %

Para la visualización de los datos en el navegador se utiliza Power BI, una aplicación para análisis de negocios. Para reducir la complejidad y las interfaces en esta fase temprana, el equipo del proyecto se decidió de forma consciente en contra de una solución de altas prestaciones. Con este software es posible configurar tableros de mandos con poco esfuerzo y con tan solo conocimientos de Excel.

La representación de vistas generales (¿Dónde se ejecuta qué firmware? ¿Qué parámetros de regulación se utilizan en qué pinza?) ya ofrecen valores añadidos a los técnicos de mantenimiento. Además de un patrón de fallo en caso de parada, el software puede realizar una primera diagnosis. Después de la fase de prueba y cuando los tableros de mandos muestran un funcionamiento estable, son sustituidos sucesivamente por interfaces web con más prestaciones y menor coste, diseñadas a la medida del caso de aplicación.

Tras la evaluación de los datos de las pinzas fue posible identificar otros casos de desgaste antes del fallo en sí. Estos se recopilaban y evaluaban al final del año en un análisis de aprovechamiento. En total fue posible reducir en un 22 % el tiempo de fallo para fallos >30 minutos. En consecuencia se pudo reducir el número de fallos en un 25 %.

➤ Mediante la evaluación de los datos en tableros de mandos sencillos fue posible reducir en un 22 % los tiempos de fallo y en un 25 % los fallos.

2.7 Monitorización de estado e inteligencia artificial

Además de la evaluación de curvas características de fricción o tiempos de posicionamiento a lo largo de la vida útil, en la segunda fase se pretendía calcular los primeros valores límite para estos valores característicos. Más tarde se debía representar el estado de la pinza en el tablero de mandos para mantenimiento según la hoja normativa 24582 de VDMA ⁴.

Como en el caso de la monitorización de estado, en el curso del proyecto también se planteó la pregunta acerca de los valores límite correctos para una advertencia o una alarma crítica. Debido a la gran cantidad de geometrías de pinzas, los diferentes parámetros de regulación y los escasos valores empíricos (insuficientes fallos de componentes para tener relevancia estadística), la determinación de los límites es ahora un punto de trabajo esencial.

Inicialmente y de acuerdo con el plan escalonado, los valores característicos de la pinza de soldadura debían monitorizarse en función del estado antes de aplicar métodos de mantenimiento predictivo. Sin embargo, para recopilar a tiempo valores empíricos mediante métodos de aprendizaje automático, con este planteamiento también se examinó la relación entre los resultados de la función de prueba y las respuestas a fallos provenientes del mantenimiento.

Los primeros resultados muestran que hay una relación entre, por ejemplo, el fallo de un cilindro principal y los parámetros registrados de la función de prueba. Entonces fue posible programar un modelo que predecía correctamente un fallo en el curso del proyecto. Gracias al resultado se sustituyeron cilindros de forma preventiva. Los exámenes confirmaron que la vida útil estaba a punto de llegar a su fin.

➤ El aprendizaje automático demuestra que hay una relación entre el fallo de un cilindro principal y los parámetros registrados de la función de prueba, lo que permite predecir la vida útil de los cilindros.

⁴ VDMA. Arquitectura de referencia neutra de bus de campo para monitorización de estado en automatización de la producción Hoja normativa 24582, 2014. Estándar industrial.

2.8 Business Case y soberanía de datos

Además de elaborar la base tecnológica para Festo, el tema de los modelos de negocios es esencial. ¿Se trata de un simple servicio de desarrollo o de un producto? Existen dos planteamientos:

- En el caso A, el proveedor del sistema pone los datos a disposición del cliente final/operador, el cual los evalúa por su cuenta.
- En el caso B, los datos se compactan, son evaluados por el proveedor del sistema y el operador recibe información/indicaciones para el mantenimiento.

Nuestro objetivo como proveedores del sistema es ofrecer al cliente un producto abierto y que pueda utilizar de acuerdo con sus necesidades. Sin los datos del cliente no es posible optimizar el producto. De esta manera se crea una situación en la que todos ganan. Pero también es importante que el software no sea solo un add-on, sino un producto que pueda venderse de forma sostenible.

En este caso, el cliente se decidió a dejar la evaluación y el análisis en manos de los expertos del proveedor del sistema neumático. El software de Festo recibe datos de la producción y devuelve resultados al usuario final. El enfoque es “Software as a Service (SaaS)”.

En relación con la soberanía de datos, lo que cuenta es que el usuario pueda decidir en todo momento qué datos desea suministrar al experto (en este caso, Festo). Debido a la dinámica del desarrollo en el campo de IoT (mayor capacidad de procesamiento del hardware, soluciones de nube con puertas de enlace, nuevos algoritmos), no tenía sentido vender y realizar el mantenimiento durante años de un software suministrado una sola vez. Se estableció un modelo de suscripción que factura los costes por pinza de soldadura y año. El software se continúa desarrollando permanentemente. El desarrollo de un modelo de negocio y de la respectiva estrategia de posicionamiento del producto debe realizarse al inicio y no después de desarrollar la tecnología.

➤ La soberanía de los datos reside siempre en el usuario. Festo ofrece Software as a Service (SaaS).

2.9 Colaboradores

Debido a la gran cantidad de tecnologías existentes, algunas de ellas desconocidas, además de los expertos en pinzas de soldadura también hay expertos en informática trabajando para ofrecer asesoramiento a la hora de configurar los componentes de la nube, como hubs IoT, bases de datos o sitios web.

En diferentes talleres de tecnología se esbozaron procedimientos para que, en el futuro, se comuniquen los diferentes servicios en la nube y los sistemas locales de mantenimiento.

3. Conclusiones y perspectivas

La reducción de tiempos de parada imprevistos y costes de mantenimiento/reclamaciones requiere un nivel mínimo de colaboración entre el proveedor del sistema y el cliente final. Para implementar estas estrategias de mantenimiento es necesaria una confianza mutua, ya que se requieren esfuerzos iniciales y porque al inicio del proyecto no es posible garantizar un valor añadido a largo plazo. Un planteamiento sencillo para la implementación de un mantenimiento predictivo en la producción puede funcionar si se ofrece apoyo a los expertos en los sectores de la informática, la programación y la ciencia de los datos.

El procedimiento escalonado ha demostrado ser eficiente, ya que permite minimizar los riesgos del proyecto y generar valores añadidos en el mantenimiento incluso en pasos intermedios.

El caso de la pinza de soldadura ofrece los primeros éxitos, como la transparencia de los datos y la detección temprana de fallos de cilindros. De esta manera fue posible evitar cerca de un cuarto de las grandes averías y tiempos de avería en la fabricación de carrocerías, ya que las reparaciones pudieron realizarse en el tiempo de inactividad.

Además, este planteamiento ofrece la ventaja de visualizar el estado de las pinzas en el sistema de control principal del cliente. Con ello es posible generar órdenes automáticas y una biografía personalizada de la pinza, así como ofrecer diversas funciones de filtrado y opciones de comparación. La detección temprana de fugas en los componentes conlleva una reducción del consumo de energía. Los factores clave para esta mejora del mantenimiento son la perseverancia de los colaboradores en el proyecto y la integración consciente de fases en las que únicamente se recopilan datos y fallos para evaluarlos durante un periodo largo de tiempo. El desarrollo tecnológico y la generación de valores añadidos deben ir de la mano. Además, es necesario definir un modelo de negocio para posicionar el producto de software.

En los siguientes pasos deben refinarse los algoritmos para la detección de fallos de componentes (como la detección de roturas de estribos). Para visualizar la violación de valores límite en el sistema de mantenimiento ya existente debe crearse una interfaz entre este software y la solución en la nube.

➤ La detección temprana de posibles fallos, la visualización de estados en el sistema de control principal del cliente, la biografía personalizada de las pinzas y los ahorros de energía son los valores añadidos que resultan de los planteamientos de la Industria 4.0.

Editor/autor:
Festo SE & Co. KG
Ruiter Straße 82
73734 Esslingen
www.festo.com/process

Jan Bredau
Product Management and Software System Solutions
Jan.bredau@festo.com

Filip Kubis
System Engineering
Filip.kubis@festo.com