

La máquina adaptativa

Cómo crear lotes de una unidad

PERFECTION IN AUTOMATION
A MEMBER OF THE ABB GROUP



La máquina adaptativa: atributos y estrategias de diseño

Los diseños específicos de máquinas están dando paso a conceptos más flexibles que incluyen módulos básicos que pueden configurarse para adaptarse a los requisitos de producción y reconfigurarse según convenga, lo que permite crear lotes individualizados.

El resultado es una categoría totalmente nueva de maquinaria: *la máquina adaptativa*.

Este artículo analiza los atributos que hacen que una máquina sea adaptativa y las tecnologías instrumentales que lo permiten.



Un nuevo modelo de negocio para un nuevo consumidor



Podría decirse que es una nueva generación de tecnología de producción para una nueva generación de consumidores. Amazon y eBay han tenido un claro impacto en el modelo de negocio del centro comercial. Ésta es una generación que espera obtener exactamente lo que desea, con inmediatez, y estos modelos logísticos se lo ofrecen.

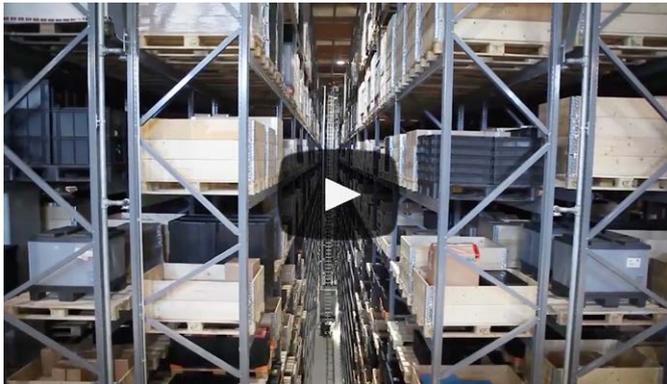
¿Cómo puede un fabricante tradicional de alimentos, bebidas u otros bienes de consumo aprovechar sus principales recursos para innovar?

[Coca-Cola Freestyle](#), por ejemplo, combina innovaciones en productos, entrega de productos, personalización en el punto de venta y la posibilidad de comunicar su combinación personal de bebidas desde el smartphone a la fuente.

Otro enfoque es la fábrica inteligente, que ofrece lotes de una unidad a través del comercio electrónico.

Lotes de una unidad: el objetivo definitivo

Los lotes de una unidad se han convertido en una realidad práctica, y en algunas aplicaciones pueden ser el único enfoque realista. En la fabricación propia de B&R de PC industriales, por ejemplo, existen 250.000 millones de posibles configuraciones, por lo que la fabricación contra stock no es una opción. La fabricación rentable y eficiente de lotes individualizados es la única alternativa en la fábrica inteligente de B&R, que está operativa desde 2009.

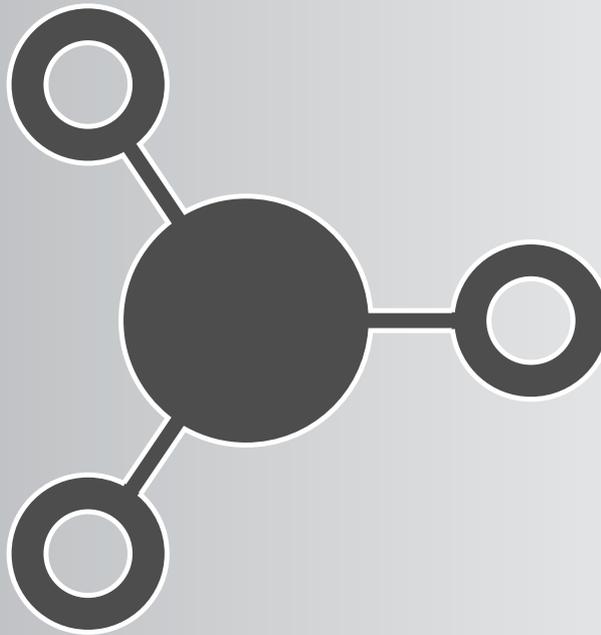


En la actualidad, se están comercializando tecnologías de automatización que sitúan las funcionalidades de la fábrica inteligente en el ámbito real de la producción y el embalaje. Esta nueva generación de maquinaria es imprescindible si los productores desean cumplir de manera rentable con las expectativas de los consumidores, que cada vez están más acostumbrados a obtener exactamente lo que desean, rápidamente y por canal online.

Aunque la fabricación aditiva es un enfoque prometedor en muchas aplicaciones, no es aplicable a la mayoría de los procesos de producción de alimentos, bebidas, productos farmacéuticos y artículos para el hogar. Por lo tanto, en este artículo no hablaremos de ella.

Los lotes de producción compuestos *literalmente por un producto* tampoco se ajustan a todas las categorías de productos, aunque se aplican las mismas tecnologías a la automatización de los packs de productos variados, la personalización a gran escala, las tiradas cortas con cambios frecuentes y a la creación de ofertas limitadas en el tiempo. Los lotes de una unidad son la invocación final de estas tendencias del mercado.

Capacidades básicas



En las siguientes páginas se definirán las capacidades básicas de la máquina adaptativa y cómo impulsarán el profundo impacto económico de esta nueva generación de máquinas.

Activando el comercio electrónico desde la línea de producción



Mientras que los minoristas del comercio electrónico están invirtiendo en centros de distribución masivos, los lotes de una unidad permiten enviar los productos personalizados directamente de la línea de producción al consumidor.

El obstáculo era la posibilidad de producir lotes de una unidad de forma económica.

De fabricante a vendedor gracias al lote de una unidad



Los lotes de una unidad ofrecen a los fabricantes una estrategia de comercio electrónico directa al consumidor.

Gracias a las posibilidades prácticas de la fabricación y embalaje de los lotes individualizados, los fabricantes pueden omitir los pasos adicionales y el coste de la reventa del comercio electrónico y, así, dirigirse directamente al consumidor. Esto permite romper con el traspaso de poder del fabricante al canal de venta.

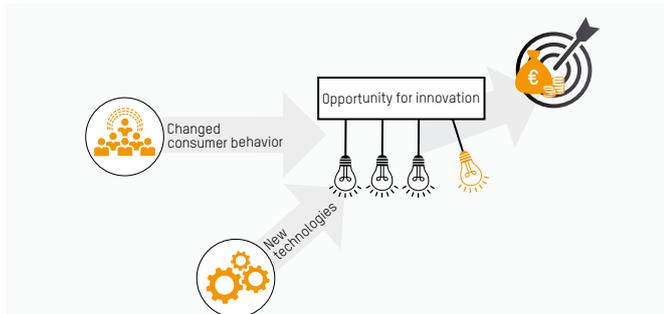
Los lotes de una unidad también sirven para reducir el coste del inventario de materias primas y de productos terminados, los

gastos generales de los centros de distribución regionales, el coste de ofrecer asistencia a los canales de venta mayoristas y minoristas y el descuento/eliminación de las existencias no vendidas. Algunas de estas ventajas se aplican también a los distribuidores de comercio electrónico.

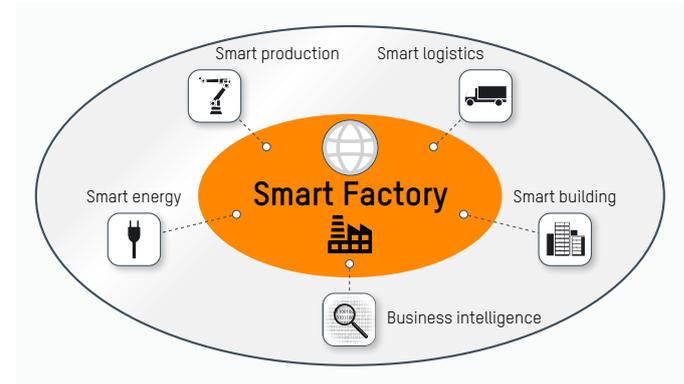
Aunque los lotes de una unidad han sido difíciles de alcanzar, su atractivo para los fabricantes es bastante claro.

Activando la smart factory

Las máquinas adaptativas sitúan las funcionalidades de la fábrica inteligente en el ámbito de las aplicaciones reales de producción y embalaje. Esta nueva generación de maquinaria debe cumplir de manera rentable con las expectativas de los consumidores:



Se necesitan nuevas tecnologías para apoyar las innovaciones que generan nuevas propuestas de valor.



- Los cambios se vuelven obsoletos, reemplazados por la capacidad de cambiar tanto el formato del producto como el del envase con cada ciclo.
- La acumulación se sustituye por la sincronización a través del procesamiento en paralelo para equilibrar los tiempos de producción de diferentes productos.
- La reconfiguración se sustituye cambiando los módulos de la máquina en una máquina básica altamente flexible.
- Todo ello mejorado con funcionalidades de IIoT, como por ejemplo análisis, optimización de procesos, mantenimiento predictivo y otras herramientas de productividad.

Adaptarse a lo desconocido

Reducir el tiempo de time-to-market

Si desea cambiar de las botellas de vidrio a las de plástico, o de los envases rígidos a los flexibles, necesitará una maquinaria de llenado y envasado completamente diferente. Los ciclos de vida de los productos y envases de consumo cada vez son más cortos, mientras que los recuentos de SKU continúan creciendo. Si consideramos que la vida útil de la maquinaria industrial oscila entre 15 y más de 20 años, ya no pueden anticiparse todos los cambios que se producirán, especialmente los rompedores.

La máquina adaptativa permitirá realizar cambios sobre la marcha y la reconfiguración con diferentes módulos de producción utilizando la misma plataforma de máquina básica. Se adaptará fácilmente a los constantes cambios de tamaño y formato. Pero también se adaptará a los requisitos radicales e imprevistos derivados de los correspondientes cambios de equipos, como la sustitución de un módulo de construcción de cajas de cartón por un módulo de formación de bolsas.

Aunque los tamaños de los lotes se reducen y los requisitos de rendimiento (plazo y volumen) siguen siendo fundamentales, la

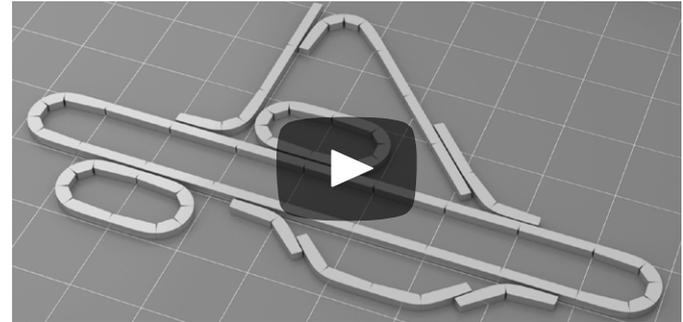


maquinaria adaptativa saldrá ganando en la comparación de todos los aspectos de la medición de la productividad: eficacia general del equipo (OEE, por sus siglas en inglés), retorno de la inversión (ROI) y coste total de propiedad (TCO).

Redefinir la flexibilidad

Los sistemas de transporte de última generación tienen un desplazamiento variable, lo que significa que cada *mover* se controla de forma independiente. Sus movimientos pueden sincronizarse para evitar atascos y eliminar la necesidad de utilizar zonas intermedias de acumulación.

Un *mover* con una carga útil que requiere 4 segundos para procesarse, por ejemplo, puede sincronizarse con un proceso que realiza un proceso de 2 segundos en dos *movers*, o un proceso de 1 segundo en cuatro *movers*, y así sucesivamente. Una operación de desplazamiento variable bien planificada optimiza la eficiencia de producción.



La última generación de la tecnología de seguimiento se adapta a las necesidades del proceso, y no al revés.

Los sistemas de pistas lineales actuales pueden montarse en sentido horizontal o vertical para conseguir una mayor flexibilidad sin reducir la vida útil del rodamiento. Y pueden colocarse sorteando los obstáculos, como por ejemplo las columnas de los edificios. Es importante tener en cuenta que las pistas de la generación actual pueden utilizar la zona de operación situada encima, debajo, en el interior y en el exterior de la pista. Con los antiguos modelos no era posible, ya que los espacios estaban ocupados por los componentes.

Procesamiento en paralelo y equilibrio de la carga



La máquina adaptativa permite aumentar la productividad de la línea, y no solo un 5 o un 10%, sino una cifra más espectacular. ¿Por qué? Porque con el transporte tradicional de productos con indexación fija, la productividad queda limitada por la estación más lenta. La máquina adaptativa multiplica la productividad con una solución elegante, ya que permite múltiples casos de estaciones más lentas.

La ganancia de productividad puede ser sustancial y viene determinada por la diferencia en el tiempo de procesado entre las estaciones más rápidas y las más lentas. La última generación de tecnología de seguimiento permite el procesamiento en líneas en paralelo habilitadas con tecnología de equilibrio de la carga. En definitiva, la máquina adaptativa es un auténtico punto de inflexión para la productividad.

Mayor productividad por metro cuadrado



La superficie en planta es un recurso muy valioso. La máquina adaptativa sigue un riguroso enfoque de diseño que minimiza los requisitos de espacio. La máquina adaptativa se basa en unos componentes de automatización compactos con una elevada densidad de potencia.

El resultado es una mayor productividad por cada metro cuadrado de espacio en el suelo, con el correspondiente aumento en el retorno de la inversión. La tecnología de la máquina adaptativa ayuda a sacar el máximo partido de la infraestructura del edificio.

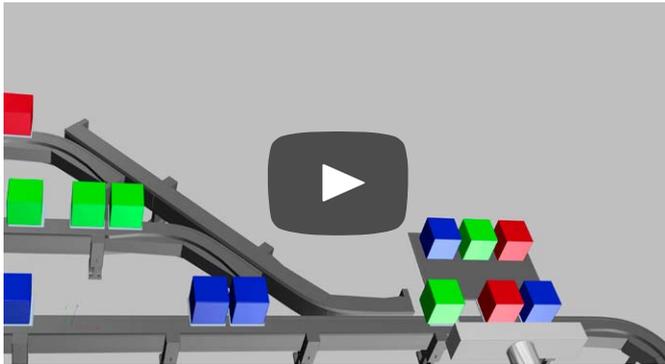
Protección de la inversión mediante tecnología de máquina escalable



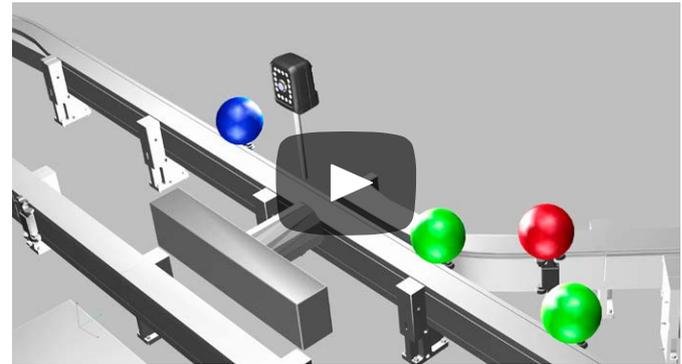
Un problema inevitable derivado del placer de operar en un mercado en crecimiento es que, tarde o temprano, la capacidad instalada llegará a su límite. Seguir atendiendo a las necesidades del mercado significa invertir en la ampliación de la capacidad. Tradicionalmente, esto significaba tener que elegir entre añadir maquinaria o sustituir los equipos obsoletos por otros más modernos y con una mayor productividad.

Ahora, la máquina adaptativa ofrece una nueva y atractiva opción: la arquitectura de máquina a medida. Añadiendo nuevos segmentos de pista y estaciones de procesamiento adicionales, la capacidad instalada de una máquina puede actualizarse fácilmente con la mínima inversión. Esto representa una auténtica seguridad de las inversiones y un retorno de la inversión con garantía de futuro.

Fusionando y dividiendo flujos de productos

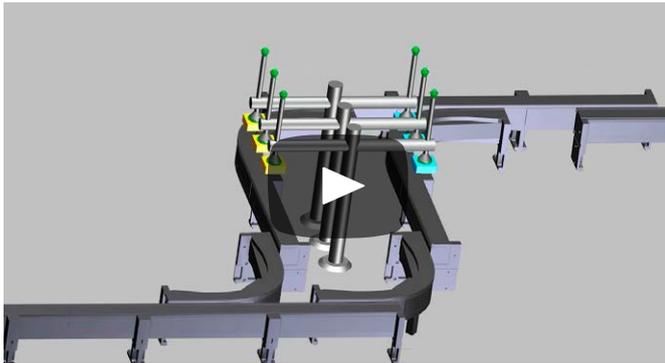


Los desviadores de alta velocidad presentes en la última generación de sistemas de pistas permiten que los flujos de productos se fusionen y dividan de forma responsable y en tiempo real. La máquina adaptativa aprovecha muchas de estas ventajas. Ya sea para la producción rentable de lotes individualizados sin ningún tipo de cambio (pensemos en la composición de los conjuntos

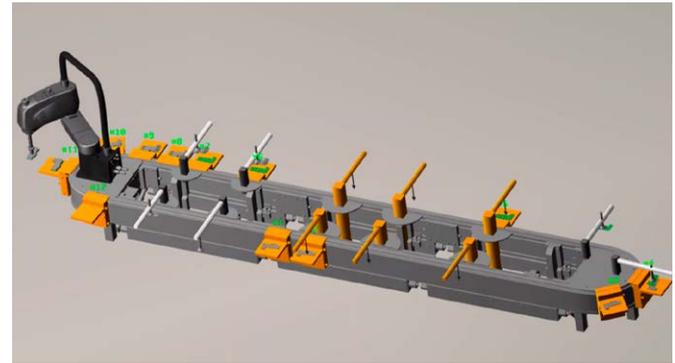


personalizados o los packs de productos variados) o para la separación sobre la marcha de los productos defectuosos, de forma individual. La máquina adaptativa incrementa el componente de disponibilidad de la eficacia general del equipo a un nivel que hace que los lotes de una unidad sean económicamente atractivos y allana el camino hacia una producción de calidad total.

Diseñado a prueba de fallos



El transporte flexible de productos en una máquina adaptativa ofrece a los productores un excepcional nivel de tolerancia a los fallos. Tradicionalmente, un problema en una estación de procesamiento redundante suponía la creación de unos productos defectuosos que debían solucionarse más adelante en la línea. El coste de los productos en sí, e incluso el de su envase, se pierde. La máquina adaptativa permite gestionar esta situación de una forma mucho más inteligente.



Con un toque rápido en la pantalla HMI, el operario simplemente desactiva la estación defectuosa y el sistema de transporte de productos ya no enviará más productos allí. La producción continúa siendo de la máxima calidad, con una ligera disminución en la velocidad de transferencia. La máquina adaptativa abre unas nuevas posibilidades en la eficiencia de los recursos y aumenta el factor de calidad de la eficacia general.

Mantenga el control sobre el producto en todo momento

El control físico del producto y del envasado tiene un impacto sutil, pero fundamental, en la eficiencia y la consistencia, y no debería perderse en la transición entre los procesos. El flujo incontrolado de productos, habitual de las líneas de embotellado, puede provocar arañazos, atascos en la línea y pérdidas de productos.

En las líneas de envasado convencionales, el control se mantiene instalando abrazaderas, discos o incluso cintas transportadoras por vacío. En las líneas de montaje y mecanizado, las piezas y los productos pueden fijarse en plantillas, lápidas o palés.

Ambos enfoques suelen ser rígidamente secuenciales.

En la máquina adaptativa, puede seguir utilizándose la fijación para mantener un control adecuado sobre el producto, pero en un entorno mucho más flexible.

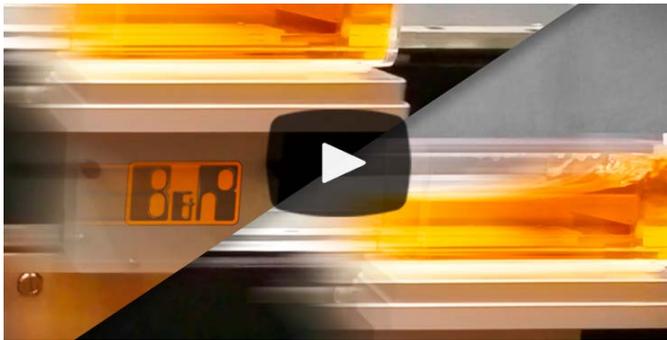
El desplazamiento variable, el recorrido multidireccional y los movimientos sincronizados del *mover*, los brazos robóticos, los actuadores, los cabezales de impresión y otros dispositivos significan que el proceso se adapta al producto, y no al revés.



Las matemáticas antes que la física

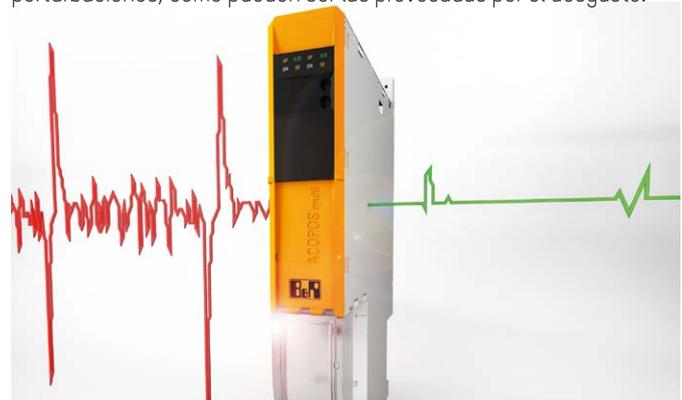
Los proveedores de automatización siguen desarrollando algoritmos que compensan las limitaciones físicas, mecánicas y eléctricas.

En combinación con la nueva tecnología de seguimiento, el sistema anti salpicaduras permite que los recipientes abiertos de líquidos se muevan más rápido sin derramarse. Esta funcionalidad del software de control de movimiento ofrece una aceleración y desaceleración suaves y controladas con precisión, incluso con movimiento rápido.



Los algoritmos anti salpicaduras parecen desafiar las leyes de la física.

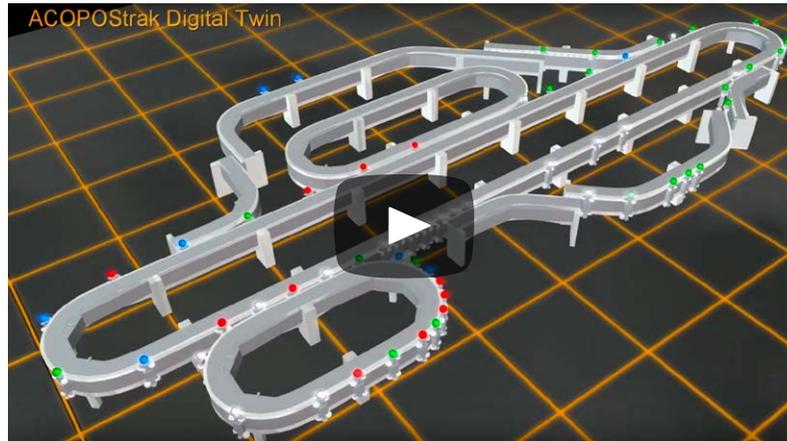
Asimismo, ciertas condiciones mecánicas pueden causar perturbaciones periódicas en la máquina controlada por servoaccionamientos. Puede utilizarse un algoritmo de control repetitivo para predecir y compensar esas fluctuaciones. Es una forma activa de supresión que se somete a un proceso de aprendizaje constante para adaptarse a los cambios en las perturbaciones, como pueden ser las provocadas por el desgaste.



Los algoritmos de control repetitivos se someten a un aprendizaje constante para adaptarse a las fluctuaciones mecánicas.

Gemelos digitales

Simulación frente a prototipado



La simulación es una de las herramientas de diseño más efectivas para probar múltiples variables antes de usar un prototipo real. Tradicionalmente, la simulación no se ha aplicado de forma generalizada en máquinas diseñadas a medida porque suelen ser variaciones de los diseños establecidos o son tan personalizadas que el coste de la simulación se considera prohibitivo.

Con la llegada de los módulos de pista, el proveedor de automatización tiene la justificación para ofrecer las capacidades de simulación como parte de la solución. Con estos sistemas, en

realidad no hay prototipo. Los módulos de la máquina se configuran en vez de crearse partiendo de cero. La personalización está más basada en el diseño, las herramientas y los accesorios, así como en la optimización del número, el movimiento y las dimensiones de los dispositivos, los *movers* y las estaciones de trabajo.

Estas variables son ideales para la simulación, y el resultado es un diseño optimizado que se consigue más rápido y a un menor coste.

Los primeros en avanzar



En las siguientes páginas examinaremos algunos de los primeros usuarios de la máquina adaptativa que ya han empezado a configurar esta nueva generación de máquinas.

Etiquetadoras rotativas



Las etiquetadoras rotativas son un ejemplo de diseño de máquina modular disponible en la actualidad que puede adaptarse a papeles, películas, autoadhesivos, envolturas, etiquetas para la parte frontal/posterior y para el cuello, etc. Los módulos correspondientes, conocidos como agregados, se incorporan y se sujetan en su posición. Estos ejemplos provienen de Italia.

Controlando las placas de las botellas individualmente con los servomotores, cada una se convierte en una zona controlada de forma independiente, una característica esencial del concepto de máquina adaptativa. Las etiquetadoras rotativas tienen la flexibilidad necesaria para adaptarse a diferentes tamaños y formas de botellas (redondas, cuadradas, ovaladas, frascos) que anteriormente requerían el uso de máquinas diferentes o bien realizar unos cambios de correas o levas muy poco prácticos.

Etiquetadoras rotativas



En este ejemplo de los EE. UU. vemos la serialización farmacéutica, en la cual se realiza un seguimiento y rastreo individual de todos los recipientes, otro sello distintivo de los lotes de una unidad.

Transformando los robots en líneas de llenado



Esta empresa, con sede en Asia, ha adoptado un enfoque estándar que representa otro paso evolutivo hacia la máquina adaptativa. Han implementado unos cabezales de llenado como herramientas de fin de brazo en los brazos robóticos, sujetando recipientes en los discos para mantener el control, y han recreado el perfil de movimiento en línea de una viga móvil.

¿Su estrategia de diseño inicial para utilizar robots? Nunca habían diseñado una máquina de envasado, por lo que optaron por los brazos robóticos disponibles en el mercado y los sincronizaron con el sistema de cintas transportadoras, logrando efectivamente los aspectos de modularidad y capacidad de reconfiguración de una máquina adaptativa.

La encajadora adaptativa



Una encajadora adaptativa de Tavail crea, llena y cierra hasta cuatro cajas de diferentes tamaños previa solicitud, con un ritmo de 20 cajas por minuto, puede cambiar los tamaños de las cajas en 4 segundos como máximo, pueden programarse 99 formatos de caja basados en parámetros y sus correspondientes formatos de tapa.

Estamos hablando de personalización a gran escala sin que el rendimiento se vea afectado. Y se adapta bien al cumplimiento de los requisitos del comercio electrónico porque actualmente los transportistas como FedEx y UPS cobran por el tamaño de paquete además de por el peso, por lo cual es imprescindible minimizar los vacíos.

La etiquetadora adaptativa

Presentado en el mercado europeo en la feria Drinktec 2017, el sistema de etiquetado Gen4 basado en Leap track de Makro Labeling aumenta el nivel del servo control de las botellas.

En el vídeo puede verse cómo se sincronizan dos *movers* en dos pistas para controlar el movimiento del recipiente, mientras que un tercer *mover* emplea un movimiento lineal para girar el recipiente y aplicarle las etiquetas.

Los múltiples aplicadores permiten colocar diferentes etiquetas en línea, tanto para diferentes tamaños o formas de botellas como para diferentes productos o sabores para lotes de una unidad.



La llenadora adaptativa



En la misma feria comercial, Krones introdujo el "embotellado por encargo", para el llenado y tapado en lotes individualizados con la posibilidad de producir packs de productos variados de cualquier combinación en línea. Este sistema Gen4 también utiliza la tecnología de seguimiento para producir y recopilar pedidos personalizados, listos para el envasado secundario.

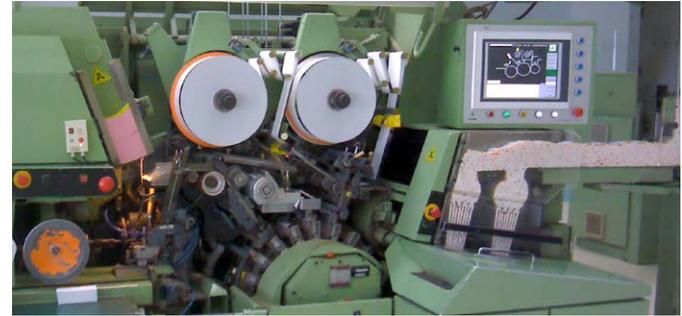
Esto tiene unas ventajas indudables respecto al embalaje, el envío a un centro de distribución, el desembalaje y el nuevo y laborioso embalaje en paquetes de variedades.



Impacto de la máquina adaptativa en el sector de envases y embalajes

Una nueva cuarta generación de maquinaria de envasado, con los mismos atributos que la máquina adaptativa, está entrando actualmente en el mercado. Gen4 aporta la tan esperada flexibilidad para resolver los problemas de la personalización a gran escala, el cumplimiento de los requisitos del comercio electrónico, la proliferación de SKU, los costes de inventario, los ciclos de vida más cortos de los productos, el seguimiento y rastreo, y la productividad de la fabricación.

¿Cómo se gestó la maquinaria de envasado Gen4?



Hasta hace poco tiempo, Gen3 era la cumbre del diseño de la máquina de envasado.

Las tres anteriores generaciones de maquinaria de envasado han sido documentadas por la OMAC, la Organización para la Automatización y el Control de las Máquinas:

Gen1: máquinas accionadas mecánicamente, caracterizadas por un motor central que acciona un eje de transmisión, que se conecta a los ejes intermedios para sincronizar las funciones de la máquina. Las máquinas Gen1 dependen en gran medida de los cambios manuales, que requieren herramientas y cambiar piezas.

Gen2: con la introducción de los servomotores en las máquinas de envasado, se añadieron por primera vez los servos a los diseños mecánicos existentes para añadir más automatización.

No obstante, y dado que la transmisión de las máquinas continuaba siendo principalmente mecánica, Gen2 aumentó la complejidad sin aumentar significativamente el rendimiento.

Gen3: en la Interpack 1999, un destacado fabricante europeo de maquinaria de envasado declaró que sus nuevas máquinas servo, diseñadas desde cero para la automatización del servo, eran de la tercera generación. Se eliminó el eje de transmisión y, gracias al nuevo desarrollo de las tecnologías de control de servo multieje, todas las funciones de la máquina se sincronizaban en una red de movimiento digital. Las actuales máquinas Gen3 también se conocen como diseños mecatrónicos e integran las disciplinas de ingeniería mecánica, eléctrica y de software.

Maquinaria de envasado Gen3 y Gen4



Las máquinas Gen4 son adaptativas y ofrecen la flexibilidad de lograr una personalización a gran escala rentable.

Durante las últimas dos décadas, las máquinas Gen3 continuaron evolucionando de manera importante a través de tecnologías de automatización que permitieron la operación basada en cambios de formato, reiniciar sin relocalización, cambios sin herramientas e incluso automatizados, flexibilidad en robótica, reducción de rechazos de productos, serialización y, literalmente, docenas de nuevas funcionalidades.

Aunque es cierto que las máquinas Gen3 pueden ser modulares, suelen ser diseños específicos y los cambios siguen siendo necesarios para cambiar el formato.

La personalización a gran escala (incluso el envasado automatizado de los packs de productos variados, y no digamos los lotes de una unidad) ha seguido siendo un objetivo difícil de alcanzar hasta ahora.

La maquinaria de envasado Gen4 permite lograr una personalización a gran escala sin renunciar a la eficiencia. La tecnología Gen4 satisface las expectativas de Internet Industrial de las Cosas/Industry 4.0. Y ofrece una tecnología instrumental para lograr las estrategias de Packaging 4.0. Ofreciendo la flexibilidad y el rendimiento de la tecnología de máquina adaptativa, Gen4 representa una generación totalmente nueva.

Conclusiones



- La adaptabilidad se refiere a las cambiantes expectativas de los consumidores, las estrategias de mercado, los productos, el envasado y las extensiones de línea.
- Las máquinas adaptativas disponen de módulos controlados de forma independiente con movimiento multidireccional, una perfecta sincronización con otros dispositivos (a menudo robóticos) y una excepcional flexibilidad.
- Los sistemas de pistas lineales nuevos y de última generación forman la columna vertebral de la máquina adaptativa; a diferencia de las cintas transportadoras, los *movers* pueden realizar trabajos en productos durante su transporte.
- Al evaluar soluciones de máquinas adaptativas, deben tenerse en cuenta las tecnologías de producción complementarias, así como el nivel de tecnología de automatización avanzada que permite la máquina adaptativa.
- El argumento comercial de la máquina adaptativa se justifica porque el tamaño de los lotes se reduce y los requisitos de rendimiento siguen siendo fundamentales, y se pueden medir con métodos probados (OEE, ROI, TCO).

B&R
Industrial Automation GmbH

B&R Strasse 1
5142 Eggelsberg, Austria

t +43 7748 6586-0
f +43 7748 6586-26

office@br-automation.com
www.br-automation.com

Contacto local
www.br-automation.com/contact