
TENDENCIAS TECNOLÓGICAS A MEDIO Y LARGO PLAZO EN EL DISEÑO Y LA PRODUCCIÓN INDUSTRIAL.

.....
MYRIAN GARCÍA-BERRO

Jefa del Departamento de Proyectos de Innovación y Desarrollo Tecnológico.
Fundación ASCAMM. Barcelona

LA FUNDACIÓN OPTI ESTÁ INTEGRADA POR UNA RED DE ANTENAS CON CAPACIDAD TECNOLÓGICA PROPIA, ENTRE LAS QUE SE ENCUENTRA LA FUNDACIÓN ASCAMM, CADA UNA DEDICADA A DIFERENTES SECTORES INDUSTRIALES. EN LOS

55

últimos años, diversos estudios de prospectiva tecnológica realizados en diferentes países han detectado la positiva evolución de los sectores productivos para desarrollar tecnologías que les permitan seguir siendo competitivos. El objetivo principal de estos estudios es disponer de información sobre las tecnologías emergentes y las áreas científicas más relevantes para el diseño de políticas tecnológicas coherentes con la evolución mundial de las tecnologías. Es también un hecho destacable la utilización creciente de los resultados de los estudios de prospectiva

como una fuente fiable de información para las empresas, de cara a impulsar de manera efectiva el desarrollo tecnológico y seleccionar aquellas estrategias de actuación más eficaces para tal fin.

Los fabricantes afrontan una gran oportunidad con la expansión de la globalización hacia nuevos mercados, mientras que simultáneamente se potencia una intensa competitividad. Las nuevas tecnologías son una solución prometedora a esta oportunidad, ya que permiten la creación y mejora de nuevos productos con rapidez y ca-

lidad imposibles hace algunos años. Pero, al mismo tiempo, la proliferación de soluciones tecnológicas ha incrementado la complejidad de tomar buenas decisiones. Es más, el coste de tomar una decisión incorrecta tecnológicamente puede ser devastador. Por esta razón, es necesario definir cuáles son las tecnologías clave que pueden ser de mayor transcendencia en los próximos años.

Este informe repasa las técnicas emergentes internacionales que probablemente serán de mayor relevancia en los sectores

productivos durante los próximos quince años y que permiten crear una visión del entorno competitivo en fabricación y sobre la naturaleza de las empresas productivas en el horizonte del 2015, así como determinar los principales retos en la fabricación para conseguir esta visión, identificando las tecnologías clave para alcanzar dichos retos. En definitiva, el resultado de estos estudios ha de servir a las empresas para:

- ✓ Facilitar la toma de decisiones.
- ✓ Identificar tecnologías emergentes.
- ✓ Disminuir el riesgo de las inversiones en I+D.
- ✓ Contemplar el crecimiento a largo plazo.

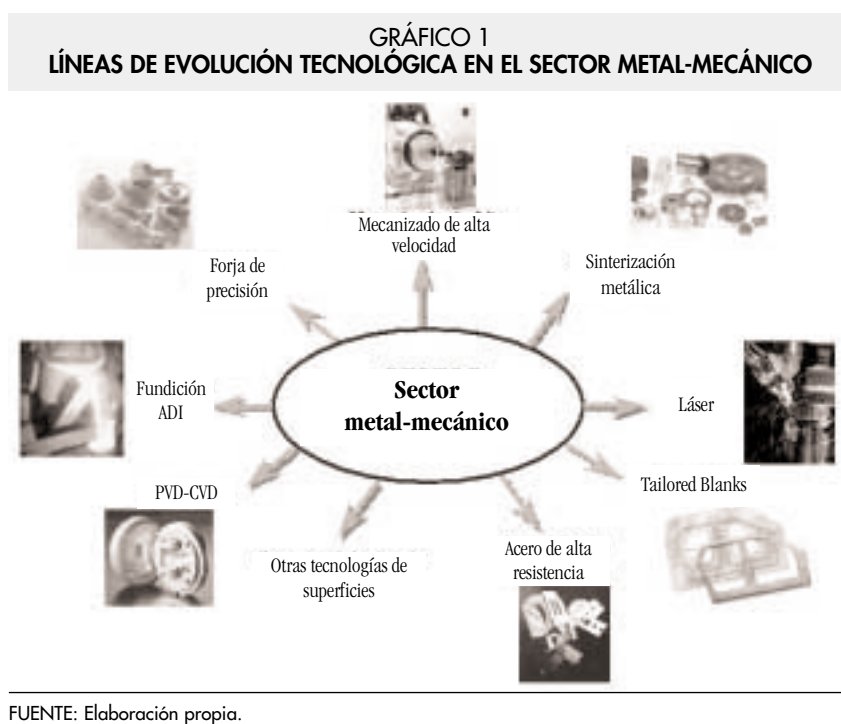
LOS SECTORES ESTUDIADOS

Dentro del ámbito de las tecnologías de diseño y producción industrial, la fundación ASCAMM ha llevado a cabo tres estudios de prospectiva tecnológica en tres sectores de gran relevancia para el tejido industrial español.

Como resultado de la labor llevada a cabo con la colaboración de diferentes paneles de expertos en los sectores metal-mecánico, plástico y de maquinaria y bienes de equipo, se han detectado las líneas de evolución tecnológica que probablemente serán de mayor relevancia en cada uno de estos sectores en los próximos años, así como las principales limitaciones que deben superarse para conseguir su generalización en el entorno industrial.

TENDENCIAS DE FUTURO EN EL SECTOR METAL-MECÁNICO

El desarrollo e implantación de nuevas tecnologías en el sector metal-mecánico está directamente relacionado con el aumento de la productividad y la competitividad de las industrias, junto con la creación de nuevas empresas. Esta modernización en los procesos productivos requiere la incorporación de personal especializado y reciclaje del actual. La mayoría de las tecnologías



apuestan por el uso de la informática como herramienta fundamental de trabajo, la especialización por parte de los diseñadores en cada una de las áreas y la obtención de un producto de máxima calidad a un coste razonable, junto con el uso de tecnologías limpias.

En general, se priorizan aquellos temas que ya sea por necesidad competitiva o por presiones legislativas se van a implantar o llevar a cabo de forma generalizada en un plazo de cinco a nueve años, o incluso antes. Estos resultados son, por un lado, alentadores, porque existe un cierto optimismo en el sector para mejorar la capacidad tecnológica y de innovación, pero, por otro, muestran una escasa tendencia futurista a apostar por opciones de alto riesgo. Existe una clara tendencia a no considerar relevantes aquellos proyectos ambiciosos cuya materialización no es clara en los próximos diez años, pero que pueden ser de gran trascendencia en el futuro.

A la vista de los resultados obtenidos, la estrategia de las empresas del sector metal-mecánico tiene que dirigirse hacia la investigación y el desarrollo de nuevos productos, nuevos procesos de fabricación, maquinaria innovadora, etc. El obje-

tivo es conseguir un producto de calidad y excelentes prestaciones mediante procesos de fabricación que no resulten nocivos para el medioambiente (gráfico 1).

TENDENCIAS DE FUTURO EN EL SECTOR TRANSFORMADOR DE PLÁSTICO

El consumo y utilización de materias plásticas ha experimentado un notable crecimiento en los últimos treinta años. Esta positiva evolución está directamente relacionada con la gran versatilidad de las mismas y con un número prácticamente ilimitado de aplicaciones, incluyendo aquellas posibles o futuras, en virtud de los elevados niveles cualitativos y técnicos alcanzados y de un impacto medioambiental sustancialmente positivo. Las exigencias técnicas, los constantes cambios de diseño, la personalización de productos y la competencia internacional son las fuerzas motoras de la innovación en la industria de transformación de plásticos en nuestro país y marcan las tendencias de futuro.

A la vista de los resultados obtenidos, la industria de los plásticos seguirá creciendo en los próximos años, ya que el esfuerzo en I+D de las compañías, además de la

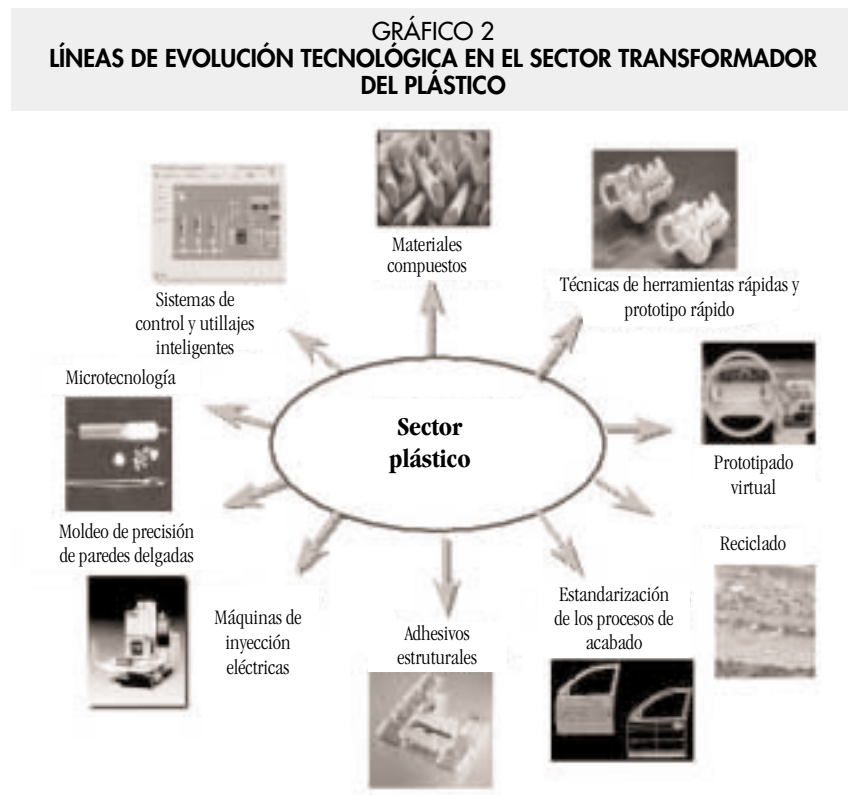
propia demanda, augura un buen futuro. A largo plazo, las pequeñas y medianas empresas coexistirán con las grandes multinacionales, aunque con estrategias diferentes y basándose en conceptos como producción personalizada y calidad. No existe una aproximación estándar al éxito, pero al menos los transformadores deben tener presente que, en el actual mercado supercompetitivo, un poco de prospectiva, creatividad y flexibilidad es la fórmula para garantizar un avance innovador y la supervivencia en mercados internacionales (gráfico 2).

TENDENCIAS EN MAQUINARIA Y BIENES DE EQUIPO

En la actualidad, la industria fabricante de maquinaria y bienes de equipo se encuentra en una fase de consolidación, y sus prioridades tecnológicas a corto plazo se basan en el criterio de máximo rendimiento de las máquinas exigido por los clientes. Las cada vez mayores exigencias de los clientes, quienes a su vez deben fabricar productos con mayores cotas de calidad y tecnología, hacen que este sector deba incrementar constantemente sus esfuerzos en innovación para atender de forma conveniente esas demandas.

Consecuentemente, la tecnología y el desarrollo de nuevas aplicaciones e innovaciones se convierten en factores clave del éxito en un sector caracterizado por altos niveles de competencia. En este sentido, hay que señalar que, a corto plazo, la innovación en maquinaria y equipo técnico está orientada a la obtención de altos índices de productividad, ya sea en términos de velocidad, adecuada combinación de técnicas mecánicas, efectividad de las herramientas empleadas o la utilización de nuevos materiales.

A más largo plazo, los objetivos prioritarios son el desarrollo de servicios altamente profesionalizados que aporten soluciones a los problemas planteados por los clientes y mejoren la calidad de los productos fabricados por la industria. El concepto clave es que no se venden máquinas, sino soluciones para fabricar piezas. En este sentido, hay que remarcar el fuerte impacto que supondrá para esta industria la revolución de la sociedad de la información, que posibilitará la fabricación de úti-



FUENTE: Elaboración propia.

les de producción más eficaces, flexibles, integrados con utillajes de diseño y con la cadena logística, capaces de afrontar rápidamente los cambios.

El sector debe continuar incrementando su competitividad en los próximos años a un ritmo, como mínimo, igual al de sus competidores. La creciente inversión de las empresas en I+D, la buena infraestructura de centros tecnológicos y su apoyo a la investigación hacen pensar que el sector va a ser capaz de seguir innovando y aplicando con ventaja las nuevas tecnologías e incrementando la calidad y complejidad tecnológica de sus productos (gráfico 3).

GRANDES TENDENCIAS DE LOS SECTORES PRODUCTIVOS

El análisis conjunto de los tres estudios de prospectiva ha permitido determinar cuáles son las grandes tendencias de los sectores productivos.

El objetivo general de estos sectores es desarrollar procesos industriales que, en el año 2015, sean flexibles, robustos y medioambientalmente benignos, permitiendo una alta productividad, pero también la producción de lotes pequeños a precios asequibles (producción personalizada).

En el marco internacional se están dando poderosas influencias técnicas, legislativas y comerciales, a menudo difíciles de predecir. En los próximos quince años, los cambios en la industria serán provocados por los rápidos avances tecnológicos que se están dando y por las crecientes presiones competitivas.

Un hito importante y recurrente en todos los planes estratégicos de las compañías industriales de ámbito mundial es la reducción de costes. El incremento significativo del coste de la mano de obra en los países occidentales, el elevado capital requerido para automatizar los procesos y las duras regulaciones medioambientales son los principales obstáculos con los que se encuentran las industrias para ser globalmente competitivas. Pero, sin duda, la

competencia internacional motivará que se eleve el listón en transporte, calidad y tiempo de entrega, lo que todavía dará la ventaja competitiva a las industrias de países desarrollados por encima de los costos de mano de obra reducidos de las economías mundiales subdesarrolladas.

Por otro lado, el grado de desarrollo existente y las nuevas tecnologías están evolucionando, por varias razones: las crecientes demandas de calidad del cliente, reducción de los tiempos de desarrollo y entrega de productos, la globalización de mercados, la competencia de nuevos materiales, los bajos costes de mano de obra de otras economías, la demanda de subensamblajes por parte de los fabricantes de equipos originales, la legislación medioambiental y la exigencia a los fabricantes de ofrecer servicios de alto valor añadido a clientes. Todas estas dificultades se traducen en seis grandes tendencias (gráfico 4) en los sectores productivos:

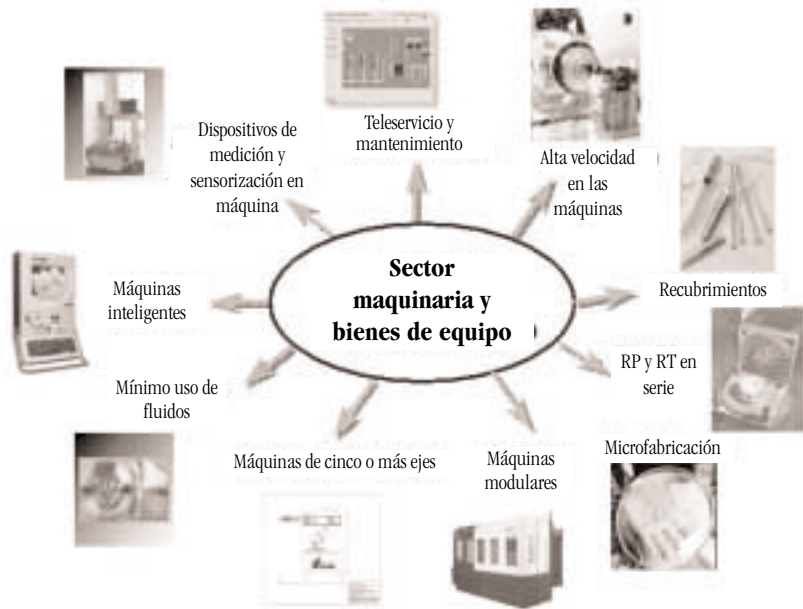
- ✓ Fabricación concurrente.
- ✓ El conocimiento como factor de producción.
- ✓ Procesos y productos innovadores.
- ✓ Empresas reconfigurables y flexibles.
- ✓ Desarrollo sostenible.
- ✓ Cualificación de los recursos humanos.

58

Las tecnologías clave para que las empresas de los sectores productivos puedan alcanzar los retos propuestos han sido seleccionadas según criterios de atractivo para la industria, es decir, alto impacto tecnológico y generación de desarrollo industrial, y posición actual de la industria española (capacidad de desarrollo científico-tecnológico, de producción o de comercialización). En el gráfico 4 se recogen las tecnologías clave, agrupadas según los grandes retos en fabricación descritos y situados en un horizonte temporal de diez años, y se describen brevemente cada una de estas tecnologías clave, asociadas a las grandes tendencias que marcarán la evolución en diseño y producción industrial.

Estas innovaciones tecnológicas han afectado a la industria en los últimos años y

GRÁFICO 3
LÍNEAS DE EVOLUCIÓN TECNOLÓGICA EN EL SECTOR DEL PLÁSTICO



FUENTE: Elaboración propia.

continuarán haciéndolo de una forma significativa en los próximos.

FABRICACIÓN CONCURRENTE

De una forma creciente se exige a los fabricantes de componentes que lleven a cabo la investigación y el desarrollo necesarios para satisfacer las prioridades declaradas de los clientes. Para ello es esencial considerar todo el ciclo de vida del producto durante las fases de diseño y producción, así como la realimentación continua durante la vida del mismo. Para soportar estos conceptos se han de desarrollar nuevas tecnologías y sistemas de información que interactiven los trabajos, en todos los aspectos de la empresa, y permitan conseguir la concurrencia en las operaciones con métodos unificados y protocolos para el intercambio de información estándar.

De esta manera, las operaciones de conceptualización, diseño y producción serán llevadas a cabo en paralelo con el objetivo último de reducir el *time to market*, realizar el análisis de ciclo de vida y mejorar la calidad de los productos fabricados.

Las tecnologías asociadas a esta tendencia son sistemas de síntesis, modelado y simulación sectorizados para todas las operaciones de fabricación, uso extendido de la realidad virtual, algoritmos avanzados y tecnologías de prototipado rápido que se usarán para encontrar las expectativas del cliente y minimizar los problemas de lanzamiento. Estos adelantos producirán diseños más rápidos y prototipos funcionales de piezas y utillajes, reduciendo los tiempos de entrega más de un 75%.

Software de diseño colaborativo. A corto plazo se extenderá el uso y desarrollo de nuevos métodos de diseño mediante *software* participativo que acelere las etapas preliminares de proyecto, permitiendo la integración entre diseño y producción mediante la aplicación generalizada de las TIC a todos los niveles de la organización. Se generalizará la producción en entorno CIM. Así mismo, se desarrollarán estándares para nuevos tipos de fabricación y procesos de acabado, teniendo en cuenta todo el ciclo productivo y creando una metodología de acabado en el diseño.

Sectorización de los *software* de simulación. El desarrollo de *software* de

GRÁFICO 4
MEGATENDENCIAS TECNOLÓGICAS EN LOS SECTORES PRODUCTIVOS

	2000	2010
Fabricación concurrente	Digitalización 3D	Sectorización de los SW de simulación
El conocimiento como factor de producción	Teleservicio, telemantenimiento y diagnosis	Dispositivos de medición y sensorización en máquina
Procesos y productos innovadores	Moldeo de precisión de paredes delgadas	Tailored Blanks
Empresas reconfigurables	Máquinas de alta velocidad	Máquinas de cinco o más ejes
Desarrollo sostenible	Reducción en el uso de fluidos contaminantes y reciclado	Máquinas de inyección eléctricas
Recursos humanos		Progreso tecnológico e impacto de las TIC

FUENTE: Elaboración propia.

simulación sectorizado permitirá la obtención de metodologías de diseño modulares y adaptables, que agilizarán las etapas de diseño de una forma adaptada a las necesidades concretas de cada sector destinatario.

Digitalización 3D. La ingeniería inversa es el proceso de obtención del diseño de una pieza en formato electrónico a partir del modelo físico. Para acortar los tiempos de lanzamiento del producto, la captación de la geometría tridimensional de piezas se realizará mediante dispositivos precisos, adaptables y fiables.

Prototipado rápido. Los tiempos de producción deben ser más rápidos, pero también los pasos anteriores en el diseño y la conceptualización de un producto, por lo que la implantación de las técnicas de *Rapid Prototyping* a nivel industrial continuarán evolucionando. A corto plazo, el uso de estas tecnologías será generalizado y la fabricación de prototipos mediante tecnologías de *Rapid Prototyping* será un paso obligado en las etapas de conceptua-

lización, diseño y validación de productos. En un futuro cercano esperamos ver cómo la producción directa será de uso generalizado, evolucionando hacia la producción personalizada. A pesar de que la evolución de las tecnologías permite fabricar piezas cada vez más fuertes y precisas, existe aún un importante vacío entre prototipado y fabricación, entre ellas que las piezas puedan fabricarse con el material y el proceso definitivo.

Prototipado virtual. Esta tecnología permite enfrentarse a un nuevo diseño de manera virtual, pudiendo no sólo visualizar la pieza, sino también estudiar su comportamiento en condiciones reales, detectar y corregir fallos, ajustar el diseño, modelar el proceso de homologación y reproducir el ciclo de vida completo sin fabricar ni una sola pieza, con el consiguiente ahorro de tiempo, dinero y material. Aunque se trata de una tecnología incipiente, utilizada sólo en sectores avanzados de automoción y aeronáutico, su uso tendrá un impacto decisivo cuando se extienda a otros sectores industriales.

EL CONOCIMIENTO COMO FACTOR DE PRODUCCIÓN

La necesaria reducción del *time to market* de nuevos productos y el objetivo de alcanzar el concepto de fabricación concurrente requiere la transferencia de información en tiempo real entre todos los agentes involucrados en el proceso de fabricación. Para conseguir este objetivo, se producirá un progreso significativo en el área de *software* para los sistemas de colaboración inteligentes a medida que los sectores productivos se acercan a sistemas de autosupervisión y corrección en ciclos cerrados, tanto de productos como de maquinaria.

Las tecnologías asociadas a esta tendencia son aquellas que permiten controlar los parámetros de proceso de forma continua y realimentar el proceso mediante el uso de sensores y equipamiento, el uso de sistemas expertos basados en el conocimiento y una mejora en las interfaces hombre-máquina.

Máquinas de alto valor añadido con teleservicio, telemantenimiento y diagnóstico. El futuro del servicio de atención al cliente en su faceta de mantenimiento de las máquinas, actualización de *softwares* y reparaciones se adivina ligado a la tecnología de la información que dominará el siglo XXI. Los paros de producción por mantenimiento o avería de las máquinas suponen un coste inadmisiblemente en términos de productividad. Así, la teleasistencia permite, no sólo reparar la máquina, en muchos casos desde las instalaciones del fabricante, sino también mantener un control automático y preventivo de los equipos.

Por otro lado, el futuro de las aplicaciones *Human Machine Interface* (HMI) en la industria de la automatización descansa en la idea de ser el puente entre el área de control y el área de la información. Ésta estará ampliamente disponible y llegará al operario a través de las pantallas de las interfaces hombre-máquina, permitiéndole aumentar el número de tareas complejas a realizar.

Inteligencia operativa. La sensorización de máquinas y utillajes, y los desarrollos en imágenes digitales permitirán la monitorización, diagnosis y control total de la producción, así como el control del desgaste de la herramienta. Los avances esperados en visión artificial y algoritmos de decisión harán innecesaria la intervención humana, proporcionando la realimentación directa al proceso de producción. La incorporación de una mayor inteligencia operativa a máquinas y utillajes permitirá la optimización de procesos en tiempo real, ya que los parámetros son controlados en continuo y realimentan el proceso hasta alcanzar la calidad requerida, asegurando la repetibilidad con menor generación de trabajo estropeado.

Se hará un uso intensivo de los sistemas KBE y KBS (*Knowledge Based Engineering* y *Knowledge Based Systems*). Las disciplinas de ingeniería y sistemas basados en el conocimiento utilizan técnicas avanzadas de *software* para capturar y reutilizar el conocimiento del producto y del proceso de una manera integrada, facilitando las diferentes fases de especificación, diseño y fabricación.

Este conocimiento es capturado en forma de reglas y relaciones para conseguir un



modelo inteligente que proporciona soluciones rápidas al problema y automatiza la definición y fabricación del producto. El desarrollo de estos sistemas, aún incipientes, fruto de una correcta política de I+D, permitirá incrementar la eficiencia de los sistemas de producción. Los expertos prevén que, en menos de diez años el 50% de los diseñadores industriales estarán utilizando algún tipo de sistema KBE. Ello supondrá una revolución equivalente a la que supuso la introducción del CAD. Pero hay que tener en cuenta que, además de la reducción de tiempo y costes, estas herramientas están en sintonía con las nuevas tendencias de gestión del conocimiento.

PROCESOS PRODUCTIVOS INNOVADORES

La base de la competitividad será la creatividad e innovación en todos los aspectos de la empresa industrial. La habilidad de la industria para afrontar este desafío pasará por el uso creativo de las tecnologías con las que se está familiarizado, aunque todavía son emergentes. En respuesta, la industria ha desarrollado y mejorado numerosas tecnologías, incluyendo el desarrollo de tecnologías de proceso innovadoras que cambiarán el alcance y la escala de fabricar, como son las microtecnologías, la sinterización metálica, las técnicas avan-

zadas de unión para eliminar ensamblados y diversos procesos para la obtención de productos multimaterial.

Por otro lado, la aparición en el mercado de nuevos materiales con nuevas propiedades y estructuras precisan de métodos avanzados para transformarlos o para conseguir la optimización de los existentes.

Microtecnologías. La capacidad para producir a escala comercial piezas y conjuntos micrométricos está encontrando acomodo en el cada vez más amplio campo de la fabricación. Muchos productos avanzados e innovadores dependen de la existencia de las denominadas micromáquinas, que no lo son por su tamaño, sino por su capacidad para fabricar con tolerancias micrométricas y, en algunos casos, nanométricas. Esta realidad va acompañada, además, de una tendencia a la miniaturización.

Un desafío clave es el desarrollo del equipamiento y la capacidad de procesamiento adecuado para producir micropiezas con la precisión necesaria en grandes series. Este novedoso campo tiene aún escasa penetración en el mercado, pero la industria se ha de posicionar ante lo que va a ser un gigantesco mercado en el futuro, ya que gracias a su multisectorialidad (mecánica, óptica, química, electrónica, etc.) posibilita la apertura de novedosas líneas de trabajo, en las que han aparecido nuevas posibilidades de aplicación para microrobots, micromáquinas-herramienta, microustillajes y micromoldes con un elevado diferencial competitivo.

Sinterización (de metal y cerámica). Durante la última década, de crecimiento continuo, la industria pulvimetalúrgica ha generado más conocimiento entre los ingenieros de diseño y en el mercado en general. Gracias a las mejoras conseguidas en las materias primas, técnicas de procesamiento y propiedades mecánicas de piezas sinterizadas, esta tecnología está incidiendo en nuevos nichos de mercado. Aunque la industria de la automoción continúe siendo el principal mercado de destino de estos productos, otros mercados como el del embalaje, el electrónico, los teléfonos celulares, instrumentos quirúrgicos, munición, género deportivo, herramientas y *hardware* están multiplicando su uso y disfrutando de un crecimiento prometedor.

El aumento de la densidad de las piezas sinterizadas mediante procesos de compactación a alta densidad, como prensado en caliente, lubricación de matriz y densificación selectiva son las propiedades mecánicas que constituyen la limitación más importante de estos procesos, junto con el tamaño de la pieza. La generalización de la tecnología de moldeo de polvos por inyección (PIM) para incrementar la complejidad de forma de las piezas sinterizadas permitirá aumentar los campos de aplicación de esta técnica.

Eliminar ensamblados. El desarrollo y generalización de tecnologías avanzadas de unión, ya sea mediante soldadura con láseres de alta potencia o mediante el uso de adhesivos estructurales de gran tenacidad, tendrán un gran crecimiento a corto plazo, sustituyendo a los habituales métodos de sujeción. Este desarrollo se verá favorecido por el aumento del uso de piezas de plástico en la industria de la automoción y la construcción. Además, en el sector metal-mecánico, se generalizará el uso del láser en procesos a escala industrial como herramienta industrial de soldadura y corte térmico. El objetivo fundamental es la automatización de estas operaciones de forma rápida, flexible y fiable.

Procesos para la obtención de productos multimaterial. Las tecnologías multimaterial (co-inyección, bi-inyección, deposición metálica, etc.) están experimentando una considerable expansión, debido a los numerosos beneficios y prestaciones que ofrecen. La implantación generalizada de estas tecnologías aporta un incremento importante de las posibilidades que nos ofrece el diseño y la transformación de productos, hace posible procesos y piezas impensables, y mucho más costosas desde el punto de vista convencional.

Los procesos de deposición metálica son técnicas de fabricación muy versátiles, extensamente utilizados en la industria aeroespacial y operaciones industriales. En el futuro, estas tecnologías cada vez serán más utilizadas en operaciones de reparación y ajuste dimensional, evolucionando hacia la producción directa.

Las tecnologías de inyección multimaterial están experimentando una considerable expansión en el sector de los transforma-



dos plásticos, debido a los numerosos beneficios y prestaciones que ofrece frente a la inyección convencional. La implantación generalizada de estas tecnologías aporta un incremento importante de las posibilidades que nos ofrece el diseño y la transformación de productos inyectados, hace posible procesos y piezas impensables y mucho más costosas desde el punto de vista de la inyección convencional: integración de múltiples componentes en una sola pieza y proceso, mejora del acabado superficial, obtención de piezas multicolor, etc.

Materiales compuestos. A medida que los procesos automáticos se vayan haciendo más importantes, se espera que el coste de los compuestos avanzados baje, hasta el punto de que serán usados de forma extendida en aplicaciones estructurales. Una alternativa de futuro es el desarrollo de nuevas matrices de mejores prestaciones y procesos de transformación que permitan reforzar con fibras largas y con aumento considerable de las propiedades mecánicas a largo plazo.

Los compuestos tridimensionales (3D) es otra de las áreas que presenta mayor potencial de crecimiento. Los próximos años serán fundamentales para ver si estos sistemas avanzados tienen un crecimiento efectivo. Todo depende de cómo sean adaptados a modos de producción en los que el coste, la calidad y la procesabilidad desempeñan un papel importante.

Aceros de alta resistencia. Los aceros llamados de nueva generación han sido creados y desarrollados bajo las necesidades de las empresas del ámbito de automoción, de piezas de chapa destinadas a aplicaciones que requieren mínimo peso y máxima resistencia. El problema del desarrollo tecnológico lo sufren principalmente los matriceros, estampadores y las planchisterías, a los cuales cada vez más se les pide un menor plazo de entrega y con mayores especificaciones de calidad. El cambio de material, de los aceros convencionales a los de nueva generación, comporta un cambio muy significativo en el desarrollo del producto. Se ha de tener en cuenta que la prensa deberá ser de mayor tonelaje, los útiles de mayor dureza y que, tras el proceso de embutición, las recuperaciones elásticas de las piezas serán mucho mayores. En el caso de embutir estos aceros se debe plantear un estudio completamente diferente a los realizados en el caso de tratarse de aceros convencionales.

Tailored Blanks. La optimización del proceso de embutición, según las especificaciones de la pieza sobre la base del desarrollo y aplicación de nuevos materiales de creciente aplicación, como los *Tailored Blanks* y otros materiales, sobre todo en la industria de la automoción, se debe a una demanda de la disminución de peso del vehículo y un incremento de la protección (empleo de forma localizada de aceros de alta resistencia y espesores mayores).

Estos procesos requieren mejorar la precisión en los espesores de chapa, para evitar problemas al embutir una chapa adaptada a la soldadura láser, junto con el desarrollo a escala industrial de esta tecnología y la posibilidad de cortar después de embutir.

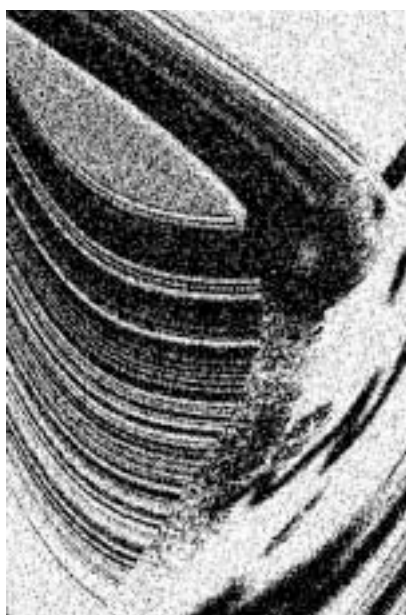
Tratamientos térmicos, superficiales y recubrimientos. Tienen una creciente importancia de cara a obtener piezas de mayor calidad, que cumplan con las cada día más exigentes prestaciones requeridas por el mercado, y un volumen de negocio significativo por su interdependencia con muchos sectores (moldes de inyección y fundición, matrices para embutición y forja, extrusión de metal, fabricación de herramientas, etc.).

Los últimos avances en recubrimientos permiten alargar la vida de piezas y utillajes, así como realizar geometrías de herramienta e insertos más agresivos, efectivos y altamente especializados, que reducen costes en la producción gracias a la innovación en el sustrato, el revestimiento, las geometrías y las tecnologías de producción.

Se distinguen, como temas más relevantes, la generalización de los tratamientos de nitruración iónica a baja temperatura y bajo vacío, nuevas tecnologías de implantación bajo vacío y de deposición mediante procesos de PVD-CVD, así como el aumento progresivo de la proyección térmica como técnica de recubrimiento local.

Entre los numerosos materiales y recubrimientos, los grados de carburo nanocristalino y los más recientes recubrimientos, como nanocompuestos, TiAlN y TiB₂, mediante técnicas por deposición en fase vapor PVD anuncian un futuro prometedor. Los recubrimientos duros mejoran hasta diez veces la vida de las herramientas y la aplicación de recubrimientos lubricantes, como MoS₂ y WC/C, sobre ellos posibilitará la transición al mecanizado en seco o a minimizar el uso de lubricantes. Su utilización es cada vez más extendida, pero existe poca capacidad de producción para asumir el gran mercado potencial en desarrollo

Moldeo de precisión de paredes delgadas. La tecnología de transformación experimenta desarrollos importantes por la clara tendencia hacia el ahorro de material, por



razones de coste de producción y por un intento de reducción de peso y productos desechables. Los desarrollos tecnológicos se encaminan a reducir el espesor de las paredes, conservando las garantías mecánicas y de barrera que exige el mercado. La necesidad de inyección de piezas de paredes delgadas está provocando importantes avances en las máquinas de transformación, que buscan trabajar a gran velocidad, con alta capacidad de plastificación, buena homogeneidad térmica y de color, alta capacidad de inyección y dinámica.

EMPRESAS FLEXIBLES Y RECONFIGURABLES

El clima competitivo, reforzado por la comunicación y el conocimiento compartido, requerirá respuestas rápidas a los cambios originados por las fuerzas de mercado. Las empresas se han de enfrentar a la globalización con flexibilidad y especialización. Para dar respuesta a las cambiantes necesidades de los clientes y oportunidades del mercado, los procesos y sistemas de fabricación deberán ser adaptables y reconfigurables al trabajo o a las especificaciones del cliente, con aportación de soluciones a medida.

Con este objetivo se extenderá el uso de procesos de fabricación no convenciona-

les, máquinas modulares y de alta velocidad y arquitecturas de controles abiertos que permiten ganancias sin precedentes en rapidez, flexibilidad y precisión.

Nuevas arquitecturas basadas en controles abiertos. Con los nuevos conceptos de fabricación, tanto las máquinas como los controles han de ser más flexibles y adaptables a configuraciones de fabricación distintas. Su utilización aportará considerables beneficios en términos de productividad, flexibilidad, fiabilidad y precisión a los fabricantes de máquinas y al usuario final, ya que permitirá la personalización y un mayor rendimiento de las máquinas, dando así a la empresa la posibilidad de implementar su sistema de programación específico a pie de máquina.

Los terminales deberán ser abiertos y conectables a la red. Cualquier información será suministrada a través del terminal, como las instrucciones de trabajo. Ya que los procesos de trabajo cambiarán con frecuencia y vendrán directamente del usuario final, el operario podrá incluso redefinir el plan de producción y asumir nuevas responsabilidades acerca del mantenimiento y reparación. El aumento de la complejidad de las piezas fabricadas implicará un gran incremento en el uso de máquinas de cinco o más ejes.

Máquinas modulares. Las máquinas combinadas llenan el vacío creado por la escasez de operarios y ayudan a los talleres a ser más productivos. Estas máquinas son capaces de trabajar con distintos materiales y la integración de distintos procesos. Cabe destacar que no todas las combinaciones son igual de fáciles. Adaptar dos procesos de elevada tecnología es muy complejo, por lo que la evolución pasa por el desarrollo de máquinas con tecnologías asistidas (láser, plasma, etc.) y máquinas de nueva concepción, basadas en elementos modulares, lo que permite abaratar su construcción. La flexibilidad de las técnicas de programación es un factor clave en el éxito de las máquinas combinadas.

Además, se ha de tener en cuenta que la máquina siempre tendrá la precisión del peor de sus elementos, la estructura ha de ser capaz de aguantar todas las combinaciones y la logística de diseño y manteni-

miento para conseguir polivalencia es más compleja.

Fabricación rápida de utillajes. Será una alternativa firme para dar respuesta a las necesidades reales del mercado, ya que será la herramienta necesaria para generar utillajes de producción seriada, que permitirá la obtención de series cortas en material y proceso lo más parecido al definitivo. Esta tendencia se aplicará sobre todo en la obtención de prototipos, utillajes preserie, moldes, insertos, piezas mecanizadas especiales y validación de procesos. Progresivamente, se irá integrando cada vez más a los sistemas convencionales de fabricación de útiles, se combinarán su libertad de diseño, la reducción de tiempo y de costes con la buena precisión y propiedades superficiales de las técnicas convencionales, para fabricar utillajes de igual o mejores prestaciones que los actuales en un tiempo y a un coste menores.

Alta velocidad en las máquinas. El concepto de alta velocidad evolucionará incrementando en un orden de magnitud las velocidades de desplazamiento y de corte, gracias al desarrollo de los accionamientos y los controles. A pesar de que los recientes desarrollos en el campo de la alta velocidad auguran un buen futuro para este tipo de máquinas, aún existe un sector de mercado al que hay que convencer y que, aunque no necesite todas las funciones especiales de un equipamiento de alta velocidad, desea velocidades mayores que las propias del mecanizado convencional, pero con la mayor precisión posible, con el consiguiente aumento de productividad. La filosofía del mecanizado de alta velocidad, orientada a la reducción de tiempos de fabricación y al aumento de la calidad de las piezas fabricadas se extenderá a cualquier tipo de maquinaria de producción.

El aumento de velocidad del proceso productivo requiere que el resto de los elementos del sistema (accionamientos y controles) responda acorde a las exigencias de los nuevos procesos orientados hacia la alta velocidad. También implica la necesidad de importantes reestructuraciones en la empresa para adaptar el flujo de trabajo adecuadamente y no producir cuellos de botella en las fases anteriores y posteriores.



DESARROLLO SOSTENIBLE

El medio ambiente, la salud y la seguridad, así como sus regulaciones respectivas son las principales preocupaciones con las que se enfrenta la industria en el futuro. El interés por el impacto medioambiental irá más allá del reciclado de componentes. Tanto el material como el diseño se verán afectados por conceptos de reciclabilidad.

La creciente preocupación por los aspectos medioambientales está provocando una mayor tendencia hacia la adopción de tecnologías no contaminantes en el entorno laboral, lo que supone buscar alternativas en aquellos procesos ya instalados que resultan perjudiciales medioambientalmente. La demanda de la sociedad por el respeto al medio ambiente afecta a la industria, con una presión todavía incipiente, pero sin duda creciente, por lo que conviene ir actualizando los sistemas productivos a las nuevas exigencias.

Por otro lado, el uso de recursos de material y energía limitados son problemas con una importancia creciente que potencian el reciclado de fluidos contaminantes y componentes, y el ahorro de energía.

Reciclado de componentes. Actualmente, el mercado de los reciclados está bastante subdesarrollado, pero los procesos y

nuevos productos finales obtenidos tienen necesidad de alcanzar beneficios a medio plazo. Para ello, la valorización debe ser económicamente válida, y la calidad del material recuperado debe ser tal que permita aprovechar plenamente las oportunidades del mercado. El precio de las materias primas, la impredecible calidad e insuficiente producción continua, el desequilibrio entre la cantidad de residuos disponibles y la demanda de productos hechos con los mismos son los factores que impiden el desarrollo de esta industria.

Reducción al máximo en el uso de fluidos contaminantes. En vista de los problemas ambientales y de salud de los operarios se potenciará más la eliminación del uso de los fluidos contaminantes. Se prevé una tendencia a cambiar las propiedades de los lubricantes, reduciendo la cantidad necesaria a utilizar y el grado de contaminación de éstos, motivada por los costes de los fluidos a los que hay que añadir el coste de la recogida y tratamiento. Métodos como el mecanizado en seco, el mecanizado asistido con mínima cantidad de lubricante (MQL), así como el empleo de bases lubricantes biodegradables y no tóxicas se han convertido en tema prioritario de investigación en aquellos países de la UE donde los costes de gestión de los residuos encarecen notoriamente los procesos de fabricación con fluidos convencionales.

ran y reciclan los refrigerantes y hacen purga de los contaminantes con eficiencia y productividad de forma controlada con sensores. Aun así, se trata de un mercado poco desarrollado, que puede suponer una ventaja competitiva para los fabricantes cuando el ahorro energético sea la máxima preocupación de los usuarios.

El grado de progreso tecnológico y el impacto de las tecnologías de la información en los sistemas de producción han provocado que el éxito y el crecimiento del sector dependan fundamentalmente de trabajadores más cualificados. El entorno global, competitivo y cambiante ha aumentado la complejidad de las máquinas y la tecnología es cada vez más dependiente de las personas.

Las tecnologías clave asociadas a esta gran tendencia son el gran cambio que experimentarán las estrategias de formación y reclutamiento, de modo que faciliten la rápida asimilación del conocimiento.