

INFORME TRIMESTRAL

OCTUBRE-DICIEMBRE 2020

PROGRAMA PIDDE

An abstract, three-dimensional geometric structure composed of interconnected, semi-transparent cubes and tubes. The cubes are arranged in a complex, overlapping pattern, with some appearing to be stacked or connected by thin, translucent tubes. The overall appearance is that of a crystalline or molecular lattice structure, possibly representing a material science concept. The colors are muted, with shades of purple, blue, and yellow visible through the translucent surfaces.

MATERIALES
AVANZADOS



INFORME DE TENDENCIAS 3

Los materiales inteligentes, también denominados materiales activos o materiales multifuncionales, son aquellos que manifiestan un cambio en sus propiedades o en su forma como respuesta a los estímulos del entorno en el que se encuentran. Estos estímulos externos (físicos o químicos) pueden ser tales como la luz, presión, temperatura, humedad, cambios de pH, ciertos compuestos químicos, campos eléctricos o magnéticos o una fuerza mecánica.

Algunos ejemplos de estos materiales son los piezoeléctricos, las aleaciones con memoria de forma, los auto reparables y los que cambian de color en presencia de luz, calor o electricidad.

Estos materiales pueden ser utilizados para multitud de aplicaciones como generación de energía limpia; sensores de temperatura y corrosión; aparatos de ortodoncia; ropa deportiva con válvulas de ventilación que reaccionan a la temperatura y a la humedad; edificios que se adaptan a condiciones atmosféricas; fármacos que se liberan en sangre en cuanto detectan una infección vírica; entre otros.

Los materiales inteligentes permiten la fabricación de productos con capacidad para la programación de su comportamiento ante diversas condiciones, según las necesidades del producto.

Tipos de materiales inteligentes.

En la actualidad, existen diferentes tipos de materiales inteligentes y cada día, gracias a la inversión en I+D+i, surgen nuevos.

En función de su capacidad para reaccionar a los estímulos que reciben, es posible establecer la siguiente clasificación:

Materiales fotoactivos.

Son aquellos materiales capaces de emitir energía en forma de luz. La propiedad de la fotoactividad se da a consecuencia de que los electrones de valencia son excitados a niveles más elevados por distintos estímulos, y posteriormente vuelven a caer a niveles de energías inferiores emitiendo fotones, es decir, luz.

Dentro de los materiales fotoactivos se pueden encontrar los siguientes tipos:

- Electroluminiscentes.

La electroluminiscencia, en términos generales, es la emisión de luz inducida por una corriente eléctrica aplicada. Los materiales electroluminiscentes, al igual que los fotoluminiscentes, incluyen tanto materiales orgánicos como inorgánicos.

- Fotoluminiscentes

El principio básico de la fotoluminiscencia es que los electrones que orbitan alrededor de los átomos o las moléculas absorben energía debido a la colisión con protones durante la excitación y, a continuación, se emite ese exceso de energía en forma de fotones (normalmente luz visible) durante cierto tiempo.

- Quimioluminiscentes

La luminiscencia es definida como la emisión de luz asociada con la disipación de energía con una sustancia electrónicamente excitada. En el caso de la quimioluminiscencia, la emisión de luz es causada por los productos de una reacción química específica, en la que se involucran las siguientes sustancias según el sistema automatizado que sea utilizado.

- Termoluminiscentes.

El fenómeno de la termoluminiscencia consiste en la emisión de luz por ciertos materiales al ser calentados, por debajo de su temperatura de incandescencia, habiendo sido previamente expuestos a la acción de un agente excitante como las radiaciones ionizantes.

Materiales cromoactivos.

Los materiales cromoactivos son aquellos que responden a un estímulo externo cambiando sus propiedades ópticas de manera que el material modifica su apariencia de manera significativa. Es decir, sus propiedades de absorptividad, reflectividad y transmisividad cambian lo suficiente como para causar un cambio en su color, reflectividad o transparencia.

Estos materiales se pueden clasificar en:

- Electrocrómicos.

El mecanismo reside en reacciones electroquímicas que suponen una transferencia de electrones e iones entre electrodos y el material electrocrómico. Cuando una corriente eléctrica se hace pasar a través del material y los iones y electrones cambian entre electrodos, hay una cantidad de energía incidente con longitudes de onda en el visible, que pueden ser absorbidas, causando un cambio de color en el material volviéndose menos transmisivo.

- Termocrómicos.

El termocromismo es la habilidad de cambiar de color debido a un cambio en la temperatura de manera reversible.

- Quimiocrómicos

Los materiales que presentan efecto quimio-crómico son aquellos que manifiestan un cambio de color frente a estímulos químicos como el cambio de polaridad, pH o la presencia de iones metálicos. Generalmente se clasifican en función del fenómeno que induce el cambio de color (solvatocromismo, ionocromismo, halocromismo, etc.). Estos materiales se emplean en el uso en superficies expuestas a la sustancia contaminante a detectar y entran dentro de la familia de sensores colorímetros.

- Fotocrómicos.

Un material fotocromático cambia de transparente a color cuando es expuesto a la luz y revierte a transparente cuando esa luz cesa.

Materiales bioactivos.

Son aquellos materiales que inducen una actividad biológica específica. A diferencia de los materiales bioinertes, este nuevo tipo de material entra en interacción con procesos biológicos, estimulando, por ejemplo, la regeneración de tejidos humanos.

Materiales magnetostrictivos.

Estos materiales muestran un cambio en su geometría (deformación o elongación) cuando se aplica un campo magnético. El efecto inverso se denomina piezomagnetismo, donde un campo magnético es producido o modificado bajo la aplicación de una deformación mecánica.

Materiales electrostrictivos.

Los materiales electrostrictivos, al igual que los piezoeléctricos, soportan un cambio dimensional bajo la influencia de un campo eléctrico aplicado a una polarización bajo una tensión mecánica. La diferencia entre la piezoelectricidad y la electrostricción aparece cuando se invierte el sentido del campo eléctrico; mientras el piezoeléctrico puede alargarse o comprimirse el electrostrictivo solo puede alargarse, independientemente de la dirección del campo eléctrico aplicado mostrando un comportamiento no-lineal.

Materiales piezoeléctricos.

Estos materiales presentan una propiedad denominada piezoelectricidad que es la capacidad, que presentan ciertos materiales cristalinos cuando se ven sometidos a una deformación externa, para generar carga eléctrica debido al desplazamiento de cargas dentro de dicha red. Al ejercer una tensión mecánica sobre estos materiales la polarización eléctrica del material cambia provocando la aparición de un campo eléctrico (efecto directo). Y viceversa, si se aplica un campo eléctrico sobre este material éste reacciona deformándose (efecto inverso), siendo éste un proceso reversible. Esto implica que recupera su forma o polarización en cuanto se deja ejercer el campo eléctrico o mecánico.

Polímeros electroactivos.

Estos materiales deben sus propiedades a la conductividad que poseen, aun siendo materiales de naturaleza orgánica. La arquitectura básica de los actuadores EAP (Electroactive Polymer) se realiza a partir de una película de un material elastomérico dieléctrico recubierto en ambas caras con otra película expandible de un electrodo conductor. Cuando se aplica el voltaje a ambos electrodos se crea una presión de Maxwell bajo la capa dieléctrica. El polímero dieléctrico elástico actúa como un fluido incompresible de manera que, al ir volviéndose más delgada la película dieléctrica, se expande en la dirección del plano. De esta manera la fuerza eléctrica se convierte en actuación y movimiento mecánico.

Materiales piroeléctricos.

Los materiales piroeléctricos presentan la propiedad de cambiar su polarización interna cuando son sometidos a cambios de temperatura, generando así un potencial eléctrico producido por el movimiento de las cargas positivas y negativas a los extremos opuestos de la superficie a través de la migración.

Materiales termoeléctricos.

El efecto termoeléctrico en un material relaciona el flujo de calor que lo recorre con la corriente eléctrica que lo atraviesa. Por lo tanto, un material termoeléctrico permite transformar directamente calor en electricidad, o bien generar frío cuando se le aplica una corriente eléctrica.

Materiales electroreológicos y magnetoreológicos.

Los fluidos electroreológicos y magnetoreológicos experimentan un cambio en sus propiedades reológicas bajo la influencia de un campo eléctrico o magnético, respectivamente. Este cambio es reversible y ocurre casi instantáneamente bajo la eliminación del campo aplicado. Los cambios físicos pueden ser bastante sustanciales, volviendo un fluido de baja viscosidad en una sustancia mucho más viscosa, casi sólida.

Materiales con memoria de forma.

Los materiales de memoria de forma son capaces de volver a su forma inicial, incluso después de haber sido deformados, como consecuencia de un campo térmico o magnético, por lo que también resultan de interés para el control estructural.

Ejemplos de nuevos materiales.

Espumas metálicas.

Estos compuestos aúnan la fortaleza de los metales con la ligereza de las espumas. Se pueden conseguir de varias maneras, por ejemplo, combinando un gas o un agente espumante con un metal, normalmente aluminio fundido. Como resultado de esta unión, se crea una estructura muy fuerte, de poco peso y de baja densidad, formada por poros que ocupan la mayor parte del volumen.

Las espumas de aluminio tienen una gran capacidad de absorción de golpes, vibraciones y ruidos, además de una buena estabilidad térmica y una fuerte resistencia a la corrosión, ofreciendo óptimas prestaciones en ámbitos como la construcción o la ingeniería aeronáutica, ferroviaria y automotriz.

Estaneno.

El estaneno es un nuevo material que todavía está siendo desarrollado por la ciencia, pero que tiene un potencial enorme en el campo de la electrónica debido a su superconductividad y a su capacidad para aislar el calor. Está compuesto por átomos de estaño desplegados en una sola capa.

La propiedad más revolucionaria del estaneno es su poder para conducir la electricidad sin oponer ningún tipo de resistencia, es decir, con una eficiencia energética del 100 % (mayor incluso que la del grafeno). Su puesta en marcha supondría la posibilidad de crear ordenadores, baterías y dispositivos de telefonía móvil mucho más rápidos y eficientes que los actuales.

Grafeno.

Se trata de una sustancia formada por átomos de carbono puro organizados en hexágonos regulares que se caracteriza por su extraordinaria dureza, ligereza, flexibilidad y conductividad. Fue descubierto en 2004 por Andre Geim y Konstantin Novoselov, lo que les valió el Premio Nobel de Física en 2010.

Las prestaciones y aplicaciones del grafeno son diversas, lo que lo convierte en un nuevo material disruptivo para la evolución de sectores como la robótica y la energía fotovoltaica, así como para el desarrollo de dispositivos electrónicos como pantallas táctiles flexibles, baterías de larga duración y cables de alta velocidad. Todo esto le convierte para muchos en “el material del futuro” por excelencia.

Sus potenciales usos son casi ilimitados: baterías con más autonomía, células solares fotovoltaicas más baratas, ordenadores más rápidos, dispositivos electrónicos flexibles, edificios más resistentes, miembros biónicos, etc. Todo esto es posible gracias a sus múltiples propiedades.

Materiales autorreparables.

Al igual que los seres vivos disponen de mecanismos para reparar las heridas, algunas sustancias son capaces de regenerarse a sí mismas al sufrir roturas o arañazos. Son los denominados materiales autorreparables, de gran utilidad para corregir desperfectos en pinturas, polímeros o carrocerías de automóvil.

Existen distintos mecanismos para elaborar estos materiales inteligentes. Uno de ellos es insertar microcápsulas o microtubos rellenos que, cuando se daña la estructura, liberan su contenido y la reparan. Otra opción, muy útil para fabricar hormigón autorreparable, consiste en introducir bacterias que reaccionan con el agua, de modo que, cuando se producen grietas y se filtra la humedad, los microorganismos se activan y rellenan los huecos.

Metamateriales.

Son fabricados en laboratorio con propiedades físicas insólitas que no se encuentran en la naturaleza y son objeto de investigación en campos como el militar, la óptica o la telefonía. Pueden, por ejemplo, curvar las ondas electromagnéticas de la luz creando índices de refracción negativos.

Shrilk.

Fue sintetizado en 2011 por investigadores de la Universidad de Harvard a partir de la quitina presente en el caparazón de algunos insectos y crustáceos. Es un compuesto tan resistente como el aluminio, pero mucho más ligero.

Debido a sus características, el shrilk es un material biodegradable, barato y fácil de obtener, por lo que resulta idóneo para sustituir al plástico en la fabricación de todo tipo de envases y productos desechables, reduciendo así la producción de basura y residuos.

Además, al ser biocompatible puede ser muy útil en medicina como método para suturar heridas o como soporte para el tratamiento de tejidos.

Tela de araña sintética.

Este material no solo es cinco veces más fuerte que el acero, sino que, además, posee una gran elasticidad. Sus potenciales usos son, entre otros: ropa a prueba de balas, piel artificial para quemados o adhesivos resistentes al agua.

XPL.

Se trata de un polímero basado en silicona que se adhiere a la dermis como una segunda piel. Creada por científicos del Instituto Tecnológico de Massachussets (MIT), replica la apariencia de una piel joven y saludable rejuveneciendo el aspecto de su portador.

Aplicaciones de los materiales inteligentes.

Baterías.

El CSIC está desarrollando un nuevo tipo de baterías que convierte la energía mecánica en electricidad gracias a materiales piezoeléctricos que transforman la vibración en voltaje. Para ello utilizan dispositivos destinados a alimentar diminutos sensores colocados en vehículos o en objetos conectados a internet, que son capaces de generar unos pocos milivatios, al comprimir el material piezoeléctrico, generando una separación de carga que a su vez produce energía eléctrica. Para conseguir esta compresión se diseña una estructura miniaturizada que resuena a cierta frecuencia. Gracias a esta tecnología se pueden alimentar distintos tipos de dispositivos wearables y también los audífonos.

Biónica.

Es el caso de las investigaciones que realiza la Academia Sahlgrenska de la facultad de ciencias de la salud de la Universidad de Gotemburgo, donde han sido capaces de regenerar células de cartílago recogidas de pacientes que habían sufrido una operación de rodilla, y posteriormente manipularlas en un laboratorio para rejuvenecerlas, volviendo al estado de células madre pluripotentes, que son células madre con el potencial de convertirse en células de muchos tipos diferentes.

Estas células madre tienen la capacidad de extenderse tras ser encapsuladas en un compuesto de celulosa nanofibrilada que se imprime para hacer las veces de andamio por medio de la utilización una bioimpresora 3D.

Construcción.

La mejora de los materiales utilizados en construcción, como pueden ser el cemento, el hormigón y el asfalto, son el objetivo de multitud de investigaciones encaminadas a ofrecer mejoras a nivel de resistencia, eficiencia y reducción del coste, entre otras cosas.

En este ámbito, el CSIC trabaja para desarrollar, gracias a la nanotecnología, un cemento ecoeficiente y termocrómico que cambia de color con la temperatura y puede ser utilizado como revestimiento inteligente. El mismo centro está desarrollando otra investigación para crear un nuevo tipo de hormigón que tenga la capacidad de repararse a sí mismo. A diferencia de otras investigaciones con hormigones que se auto reparan desde el exterior, el objetivo en este caso es que el material pueda lograrlo desde su interior, gracias a contener microcápsulas de sílice rellenas de epoxi que se rompen cuando se produce una fisura en el hormigón para poder repararlo.

Algunos proyectos, como el desarrollado por la Universidad Tecnológica de Delft, trabajan en doblar la vida útil del asfalto al agregarle unas pequeñas fibras de lana de acero que tienen la capacidad de derretir el asfalto cuando le es proporcionada una corriente eléctrica, lo cual permite recomponer la mezcla de asfalto y grava que es utilizada como pavimento para las carreteras.

Otra aplicación de los materiales inteligentes en el ámbito de la construcción es el desarrollo de estructuras inteligentes, que son aquellas que gracias a la combinación de materiales inteligentes son capaces de auto diagnosticarse y modificarse para adaptarse a las condiciones que se le han marcado como óptimas o correctas.

Drones con estructuras inteligentes.

Los materiales inteligentes pueden ser utilizados para fabricar las hélices de un dron, consiguiendo que al contacto con el agua de las mismas, permitan a este equipo realizar inmersiones acuáticas sin necesidad de realizar cambios mecánicos o estructurales en el mismo.

Energía.

Existen gran cantidad de investigaciones orientadas hacia la mejora de generación de energías renovables, principalmente para la obtención de la energía del Sol. Por ejemplo, la Universidad Rey Juan Carlos está utilizando un nuevo material llamado perovskita híbrida de metilamonio con el objetivo de desarrollar células solares más baratas.

Este material cuenta con un 20% de eficiencia certificada y se posiciona como una alternativa barata a las actuales tecnologías para la fabricación células solares de lámina delgada, ya que permite el uso de técnicas de fabricación mucho más sencillas y a baja temperatura (< 150°C), permitiendo nuevas aplicaciones.

Espacio.

Actualmente, la carrera espacial se encuentra en su máximo apogeo. Para acompañar este auge se hace necesario avanzar también en el desarrollo de nuevos materiales tanto para vehículos como para otro tipo de objetos, como pueden ser los trajes de los astronautas.

Un ejemplo de ello es un nuevo material desarrollado por un equipo de la NASA por medio de la impresión 3D. Se trata de nuevo tipo de tejido que tiene el siguiente funcionamiento: la parte superior refleja la luz y mantiene el calor alejado, mientras que la interior tiene un efecto aislante, protegiendo lo que hay dentro, ya sea un objeto, un recinto o un cuerpo humano. Para su desarrollo han utilizado un proceso que han denominado como impresión 4D, ya que además de construir piezas tridimensionales, también se fabrican funciones para el material. Además el proceso de fabricación de este nuevo material está ideado para poder aprovechar los recursos naturales que se puedan encontrar en el planeta en el que se vaya a utilizar y por lo tanto realizar la fabricación in situ, además de permitir su reciclado para la fabricación de otros productos en base a este material.

Fármacos inteligentes.

Uno de los más prometedores usos de esta tecnología es el de desarrollar medicamentos que se liberen en el torrente sanguíneo a la primera señal de infección vírica, que suele coincidir en la mayoría de los casos con un aumento de la temperatura corporal.

Impresión 3D.

La impresión 3D está sirviendo como dinamizador del desarrollo de nuevos materiales, por haber inventado una nueva forma de fabricación y haber hecho accesible los procesos de fabricación a más sectores industriales.

Esta evolución está llevando a que cada vez haya un mayor interés por disponer de nuevos materiales con propiedades específicas. Por ejemplo, ingenieros del MIT han desarrollado un sistema que sustituye los polímeros derivados del petróleo que se utilizan habitualmente como material para la

impresión 3D por un tipo de celulosa vegetal. Se trata de una alternativa renovable, biodegradable, que proporciona un material más barato, más resistente y que además cuenta con propiedades antimicrobianas. Gracias a esto se consigue imprimir objetos cuya dureza es mayor que la lograda con la mayoría de materiales comúnmente utilizados en impresión 3D, incluidos ABS y PLA.

Pantallas.

El progreso de la tecnología electrónica ha propiciado grandes avances en el desarrollo de pantallas, que cada vez tienen mayor tamaño y cuenta con mejoras importantes a nivel de resolución e interacción. Además de esto se hace muy importante el aspecto de la resistencia.

Un equipo de científicos de la Universidad de California ha desarrollado un nuevo material capaz de repararse solo que está especialmente pensado para las pantallas de los smartphones. Para ello utilizan unos polímeros que son capaces de cerrar las grietas producidas en la pantalla tras un impacto, sin requerir para ello la intervención humana. Este material tiene unas propiedades que le permite estirarse hasta cincuenta veces su tamaño natural, contando con un funcionamiento muy similar al de la piel humana en cuanto a su forma de reparación, ya que cuando nos hacemos una herida abierta, los extremos se estiran hasta cerrarla por completo. Se trata del primer material conductor de la electricidad que tiene la capacidad de reparar por sí solo, lo cual resulta especialmente recomendable para su utilización en las pantallas táctiles de los dispositivos móviles.

Robótica.

La University of Bristol trabaja en la creación de nuevos materiales que ayuden a curar enfermedades a través de investigaciones como el diseño de una piel robótica que se integra con la humana. Estas pieles inteligentes imitan las capacidades de algunos animales, como por ejemplo poder mimetizarse con el ambiente o regular la temperatura corporal. La investigación incluye el desarrollo de vendas inteligentes capaces de curar heridas e investiga también cómo sustituir la ropa convencional por una especie de segunda piel que se adapte al cuerpo.

Gracias a estas innovaciones se podrá ayudar también a ancianos o personas discapacitadas a recuperar la movilidad, de forma que en el futuro las sillas de ruedas serán sustituidas por pantalones impulsores del movimiento.

Ropa.

Investigadores del Instituto Tecnológico de Massachusetts han creado nuevas prendas destinadas al entrenamiento deportivo, que tienen la característica de ser transpirables al contar con solapas de ventilación que se abren y cierran en respuesta al calor y el sudor.

Estas solapas de ventilación están revestidas con células microbianas vivas que se contraen y se expanden en respuesta a los cambios de humedad, actuando como sensores y activadores, para propiciar que las solapas se abran cuando un atleta suda y se cierren cuando el cuerpo se enfría. Los científicos trabajan en un modelo con el que sea posible combinar nuestras células con herramientas genéticas para introducir otras funcionalidades en estas células vivas. Por ejemplo utilizando la fluorescencia para hacer visibles a las personas que están corriendo en la oscuridad.

Sensores.

El proyecto Graphos, liderado por la empresa de especialidades químicas Cromogenia, propone el objetivo de lograr la incorporación de grafeno y nanoestructuras carbonosas en un gran abanico de matrices poliméricas, con lo que se espera conseguir su integración en diversos productos con funcionalidades avanzadas y propiedades físico-mecánicas mejoradas.

Transporte

La utilización de nuevos materiales inteligentes en la industria del transporte puede generar importantes beneficios en la reducción de la contaminación, la reducción del coste de los combustibles y en la eficiencia de los vehículos.

Un ejemplo de aplicaciones para el diseño de medios de transporte es la desarrollada la empresa española Racormance, que ha creado la primera bicicleta del mundo hecha en fibra de basalto. La empresa utiliza la fibra de basalto por sus excelentes propiedades de absorción de impactos y vibraciones.

Referencias bibliográficas.

Materiales inteligentes (II): Aplicaciones tecnológicas. Óscar López García, Alberto Carnicero López y Rosa Ruiz Pablos.

Informe de prospectiva de nuevos materiales inteligentes. Fundación española para la ciencia y la tecnología.

Materiales compuestos inteligentes. Luz Stella Arias Maya y Libardo Vanegas Useche.

¿Qué son los materiales inteligentes? Luis Carlos Ortiz Dosal.

Materiales inteligentes: así formarán parte de la revolución industrial 4.0. Raúl Jaime Maestre.

Los 5 materiales del futuro y su aplicación en la industria 4.0. Infinitia Research.

Materiales 4.0: Afronta el desafío de fabricar piezas combinando nuevos y diferentes materiales. Grupo SPRI.

Materiales 4.0: adapta tus procesos de diseño y fabricación para utilizar composites y gana valor añadido en tus productos. MMA Ingeniería.

Materiales inteligentes y sus aplicaciones. Equipo Altran.

Materiales inteligentes. Todo lo que necesitas saber. Proplac.

Nuevos materiales para un futuro inteligente. Futurizable.

4 aplicaciones de materiales inteligentes con impresión 3D. TRSD.

¿Qué son los materiales inteligentes y para qué se usan en construcción? Altertecnia.

'Smart materials', descubre los materiales con los que moldearemos el futuro. Iberdrola.