

2000-2001
IKASTURTEKO
IREKITZE-HITZALDIA

AMETSAK: ZEIN
MATERIALEZ EGINDA DAUDEN

LECCIÓN
INAUGURAL CURSO
2000-2001

LOS MATERIALES DE QUE
ESTÁN HECHOS
LOS SUEÑOS

IDOIA URRUTIBEASKOA IRALA – Goi Eskola Politeknikoa
Arrasate, 2000ko Irailaren 21a

INTRODUCCIÓN

¿Cuáles son nuestros sueños? No es fácil para un profano hacer clasificaciones, pero se puede decir que mientras que algunos son generalizados (Justicia, Paz, Felicidad), otros varían en función de la situación de cada individuo, del grupo al que pertenece y de la época que le ha tocado vivir.

No tiene los mismos sueños alguien que no tiene sus necesidades básicas cubiertas (alimento, cobijo, abrigo,...) que quien nada en la abundancia, ni soñarían lo mismo nuestros ancestros de Atapuerca que nosotros.

En cualquier caso, siempre hay quien quiere convertir esos sueños en realidades y hacer avanzar el mundo, y para ello se necesita algo tangible para darles vida: los Materiales.

Así pues, esta lección va a tratar no tanto sobre el análisis de las máximas aspiraciones que nos hacen seres humanos, lo cual está fuera de mi especialidad, cuanto de los medios de los que nos valemos para convertir nuestros sueños e ilusiones en realidades cotidianas.

Desde el inicio de los tiempos, a las grandes filosofías constructoras de sistemas que buscaban explicar la última razón de la Creación prescindiendo de la observación se les han contrapuesto aquellas ideas y teorías que se conformaban con describir pequeñas parcelas del Universo basándose en la observación y la reflexión. Esta etapa, más humilde, ha permitido que el hombre haya podido ir controlando, que no domesticando, fuerzas que antes se le escapaban: el viento, el calor, la luz.

Para liberar el espíritu de las inquietudes más básicas de la supervivencia, el hombre se valió, ya en sus inicios, de lo que conocía y tenía a mano: pieles para cubrirse, madera para refugios y herramientas y para hacer fuego, vegetales y arcillas para pintar y conectar con el mundo espiritual, piedra para herramientas y armas.

La evolución humana es también la evolución de los materiales empleados por el hombre buscando una mejor adecuación a sus necesidades.

EDAD DE PIEDRA

Así, la piedra (sílex, obsidiana) empleada al principio como herramienta (para cortar, pulir, golpear) resulta muy frágil, con lo que es difícil de trabajar y de corta vida útil; por ello, las tareas y sueños que con ella se cubrían tenían sus limitaciones. Había que hacer realidad el sueño del cuchillo más afilado y duradero, el hacha más eficaz o el casco y escudo que protegen mejor frente al ataque del adversario.

Tras miles de años en la Edad de Piedra, algunos grupos humanos en su incansable búsqueda de nuevos y mejores materiales debieron de descubrir que determinadas rocas al ser golpeadas se deformaban en lugar de romperse, pudiéndoseles dar forma de este modo; el proceso resultaba más fácil si se aplicaba calor. Seguramente así ocurriría que alguno de aquellos nuevos materiales llegó a fundirse y a adoptar la forma del crisol.

Cuando lograron identificar las rocas así empleadas resultaron ser cobre, oro, plata; metales que pueden encontrarse en estado nativo (sin combinar) en la naturaleza. Comenzaba la Era de los Metales, en la que hemos permanecido hasta hace poco.

EDADES DEL COBRE, DEL BRONCE, DEL HIERRO

El bajo punto de fusión y la gran ductilidad de los metales por entonces empleados los hacían óptimos para lograr cualquier forma.

Una vez que descubrió las ventajas de la aleación y comprobó que calentando juntos el cobre y el estaño se obtenía un metal, el bronce, mucho más duro que los originales, el hombre se encontró ya en plena Edad de Bronce.

Pero la escasez de estaño, y por ende, de bronce, hizo que fuera siempre un material caro (y lo sigue siendo), por lo que sólo cubrió los sueños de las clases altas o de los ejércitos. Las sociedades de la Edad del Bronce (Babilonia, Egipto) eran, pues, rígidamente estratificadas, con clases dominantes muy poderosas.

Así pues, estos metales dieron vida a los sueños de pocas personas, aunque sirvieron para demostrar qué se podía conseguir con el empleo de materiales alternativos.

Ya durante la Edad de Bronce se conocía otro metal que tenía unas excelentes propiedades mecánicas, pero que era difícil de separar del mineral, por lo que su adquisición dependía de la voluntad de los dioses: el hierro. Efectivamente, se conservan objetos de la Edad de Bronce fabricados con hierro, que probablemente se obtenía de meteoritos, en los que se encuentra sin oxidar (este hecho lo recordamos con la palabra *siderurgia* para denotar las tecnologías de obtención del hierro).

Dado que los hornos de la época no alcanzaban temperatura suficiente para fundir el hierro ni aún para reducirlo de su mena, hubieron de desarrollarse otras tecnologías.

El descubrimiento de las técnicas de reducción por forja y pudelado supuso la aparición en la historia de un material verdaderamente versátil, cuyas propiedades de dureza, resistencia, flexibilidad, ductilidad, etc. podían ser fácilmente modificadas por

tratamientos térmicos de calentamiento y enfriamiento, controlando las temperaturas y tiempos de enfriamiento, o por aleación con otros elementos.

Los pueblos que entraron primero en la Edad de Hierro tuvieron una gran preponderancia sobre los que aún usaban herramientas y armas de bronce, mucho más blando. El dominio de las tecnologías del Hierro fue considerado un secreto de estado.

El hierro resultaba mucho más abundante que el cobre o el estaño, y su metalurgia, una vez aprendida, relativamente fácil. Los métodos de endurecimiento resultan diferentes de los del bronce: ha de ser aleado con carbono en pequeñas cantidades, y entonces lo llamamos acero; la adición de carbono ha de ser muy bien controlada, pues si se carbura en exceso resulta excesivamente frágil; el endurecimiento resulta muy efectivo si se logra un enfriamiento muy rápido (temple) desde la temperatura del rojo vivo.

El temple aparece ya citado por Homero, y las técnicas de cementación del hierro, es decir, difusión de carbono en la superficie de la pieza, de modo que ésta sí alcanza una gran dureza aunque el interior permanezca tenaz parecen haber sido dominadas hacia 1400 a.C por las tribus armenias.

En el año 1100 a.C. se usaban ya herramientas y armas de hierro en Oriente Próximo y Grecia, y a partir de 700 a.C. el uso de hachas de hierro permitió la tala de los bosques e hizo posible la gran expansión de la Agricultura en Europa, conllevando una destrucción de las barreras sociales.

La plena disponibilidad de herramientas de hierro hizo también posible la apertura de túneles y la construcción de acueductos para llevar agua a las ciudades, y proporcionó medios para construir barcos y carruajes en mayor número, más grandes y mejores, así como para la construcción de caminos a mayor escala.

Debido a la mejora de las comunicaciones y al aumento de productividad que generaba excedentes, se generalizaron los mercados tanto internos como de importación/exportación, y se desarrollaron sistemas monetarios.

Esto posibilitó la realización de muchos sueños de muchos hombres: mayor y más fácil cobertura de las necesidades básicas, desplazamientos más veloces (herraduras, carros, barcos más grandes), maquinaria más robusta (engranes, poleas, ejes...) o armas más mortales (cañones, mosquetes...)

Para ello, hubieron de dominarse nuevas tecnologías: aplicación de la energía hidráulica primero, y del vapor a partir de finales del siglo XVIII, para el movimiento de los fuelles y martinets, sustitución del carbón vegetal, cuyo uso acabó con grandes zonas

boscosas en el continente, por la hulla, que además permitía lograr materiales mejores y en mayores cantidades...

A partir del siglo XIX, los trabajos de Bessemer, Thomas y Siemens proporcionaron medios de fabricación mucho más seguros y eficientes, permitiendo el cumplimiento del sueño de un material barato.

Salvo los metales nativos como el cobre, el estaño, la plata, el oro, el mercurio y el plomo, y el hierro, descubiertos en la prehistoria, todos los demás metales han sido descubiertos después de 1735. Ya iba siendo hora de encontrar nuevas alternativas al hierro.

En el siglo XIX se descubrió un metal que iba a ser muy utilizado: el aluminio; pero no tuvo aceptación comercial hasta que se desarrolló el método electrolítico de producción, ya a finales de siglo. Mentas adelantadas a su tiempo, como la de Julio Verne, previeron sus posibilidades en lo que después sería el sector aeroespacial. Desde el principio fue considerado un material apropiado para un sector que empezaba: la aeronáutica.

Desde el punto de vista de los materiales, hemos seguido en la Edad del Hierro hasta este siglo. El gran número de sueños hechos realidad posibilitó utilizarlos como trampolín para soñar en otras realidades alcanzables: el acceso de todos al progreso, al tiempo libre, a los viajes, a las comunicaciones...

Una mezcla de tesón investigador y suerte ha conducido a grandes evoluciones en las posibilidades de satisfacer los sueños: hemos entrado quizá en la Edad de los Múltiples Materiales.

ACTUALIDAD

Así, la evolución en el uso de los plásticos ha sido increíblemente rápida frente a lo que hemos visto hasta ahora:

El primer plástico se introdujo en Estados Unidos por un concurso: en 1860 se ofrecieron 10.000 dólares a la persona que consiguiera reemplazar el marfil de las bolas de billar. Ganó John Wesley Hyatt, con el celuloide. En 1907, Baekeland inventó el primer termoestable: la baquelita. A partir de ahí el progreso ha sido imparable: en la década de los 30 aparecieron el polietileno, el poliestireno y las fibras de poliamida (Nylon), que fueron desarrolladas para los paracaídas de la Segunda Guerra Mundial y más tarde aplicadas a la fabricación de medias; en los años 50 apareció el polipropileno.

Actualmente seguimos en pleno desarrollo, que se da en dos direcciones: investigación de las características eléctricas de los polímeros (polímeros semiconductores,

conductores y superconductores) y desarrollo de plásticos con nuevas propiedades mediante aleación de polímeros ya existentes.

Sin embargo, la materia prima de partida para fabricar los plásticos, el petróleo, se da en cantidades limitadas, lo cual implica que habrán de buscarse nuevas alternativas.

Por otro lado, se ha descubierto que una de las ventajas de los plásticos, su indestructibilidad, supone también un problema, y se están realizando avances en las técnicas de reciclado y destrucción de residuos para cubrir un sueño reciente de nuestro mundo occidental: vivir en armonía con la naturaleza.

Otro progreso espectacular de este siglo es el cumplimiento de la edificación barata y permanente, mediante el empleo del hormigón armado que se generalizó durante los años 30.

Este ejemplo ilustra una característica de esta nueva era, el análisis consciente y organizado del comportamiento de los materiales, relacionándolo con su estructura y composición, de modo que podamos optimizar su uso y la explotación de los recursos naturales.

Efectivamente, materiales como el silicio, el óxido de aluminio, etc., tan comunes en la naturaleza, se emplean para, con la estructura y tratamiento adecuados, hacer cálculos a velocidad de vértigo con los microprocesadores. Cálculos de estructuras o de órbitas de satélites que hoy llevan minutos o, incluso segundos, eran inabordables o casi hace tan sólo 50 años mediante el uso de la regla de cálculo.

El sueño de la predicción es hoy posible (si se dispone de un buen modelo) gracias al silicio.

Y ¿acaso el hombre no busca parecerse a Dios cuando sustituye algunas de sus partes dañadas por implantes cerámicos: implantes de cadera, prótesis porosas que inducen el crecimiento del hueso, prótesis de oídos y arteriales, válvulas del corazón...?

Dar la forma deseada a casi cualquier material es hoy posible gracias a los avances en las técnicas de solidificación rápida y sinterizado o al desarrollo de herramientas de corte y de aleaciones para chapa.

No sólo se vuelven a emplear materiales naturales como la madera, aunque con una optimización de su uso, sino que nos hemos basado en su estructura para desarrollar nuevos materiales adaptados a cada necesidad concreta: empleo de fibra, sandwiches de nido de abeja. Puede ya diseñarse un material con las características soñadas por el diseñador.

Los materiales compuestos como el propio hormigón o los de fibra de carbono permiten una gran flexibilidad de diseño, pues combinando adecuadamente los materiales, su presentación (partículas, fibra corta, fibra larga) y la estructura resultante (alineada, al azar) se puede lograr un gran abanico de posibilidades.

Gracias a ellos cualquier aficionado puede disponer de una bicicleta ligera y resistente, de un coche con discos de freno que mantienen sus propiedades a altas temperaturas o con una carrocería que absorba los golpes; se ha podido disminuir el consumo de carburante en automóviles y aviones debido al aligeramiento de las estructuras.

La gran competencia de los nuevos materiales ha obligado a los metalúrgicos a investigar y desarrollar nuevos procesos de fabricación, y a optimizar los existentes.

Así el desarrollo de técnicas de solidificación rápida permite obtener piezas de formas complicadas de modo mucho más rápido y barato y con una composición más homogénea, que incluso puede ser diseñada para cada aplicación.

La búsqueda de menores consumos y mejores prestaciones de las turbinas de avión ha obligado a elevar su temperatura de funcionamiento, exigiendo el desarrollo de superaleaciones de base níquel, que mantienen sus características hasta 850°, duras competidoras de los materiales compuestos de matriz cerámica.

Tampoco los aceros se han quedado estancados: aún hoy el hierro y el acero representan el 95% del tonelaje total de la producción de metal. Esto se ha conseguido profundizando en el conocimiento del material, permitiendo un mejor control de su composición, estructura y propiedades. Se han desarrollado nuevas aleaciones, como los aceros microaleados de gran resistencia, HSLA, que se han introducido en el mercado de la chapa de automóvil y son una gran competencia del aluminio por ser tres veces más rígidos y la mitad de baratos, mientras que al permitir menores espesores, no suponen un sobrepeso.

Muchos de estos sueños han sido realidad gracias al desarrollo de la Ciencia de los Materiales: tanto el conocimiento de su estructura como de su comportamiento en diversas situaciones. Este aprendizaje no ha sido hecho, sin embargo, sin dolor:

- En 1860, 200 personas murieron en Gran Bretaña en diversos accidentes ferroviarios: los cálculos de ruedas y ejes se realizaban en régimen estático, sin tener en cuenta la fatiga.

- Se dice que la razón por la que el casco del Titanic demostró ser tan frágil fue el exceso de azufre en su composición. Hoy en día el contenido en azufre figura siempre en los certificados de calidad.
- Durante la 2ª Guerra Mundial, a fin de aumentar la producción de barcos de casco metálico se sustituyeron los remaches por soldaduras, pero como no se realizaron modificaciones de diseño ni se tuvo en cuenta el comportamiento del metal a la baja temperatura del agua del océano, de los 2500 barcos Liberty construidos, 145 se partieron en dos, muchos durante la botadura, y 700 sufrieron desperfectos graves.
- En 1954 cayó al mar un Comett, primer avión comercial a reacción, cuatro días después de pasar con éxito los controles. Se comprobó que cuando estaba en el aire aparecía una gran concentración de tensiones alrededor de las ventanas y algunas se rompían. El prestigio de Gran Bretaña cayó tanto que el mercado se volcó hacia los constructores aeronáuticos americanos, situación que ha seguido hasta nuestros días.

No cabe duda de que este conocimiento en profundidad de los materiales posibilitará la realización de más sueños:

- Estructuras que se adapten a las circunstancias (materiales inteligentes o con memoria de forma)
- Tejidos resistentes a roces, manchas,...
- Fibras ópticas que permiten la transmisión de información durante cientos de kilómetros sin necesidad de reamplificación

CONCLUSIÓN

Con este panorama halagüeño cabe citar, para terminar, que, desgraciadamente, los materiales necesarios para hacer los sueños de los que hemos hablado al principio, los que nos hacen humanos, la Justicia, la Paz o la Felicidad, no se investigan bajo un microscopio electrónico o en un espectrofotómetro, ni pueden ser sometidos a la medición objetiva y reproducible.

La Ciencia de los materiales que se tocan y se pesan está hoy en pleno apogeo, la de los materiales para construir la Paz, la Justicia o la Felicidad habría que inventarla en el próximo milenio, puesto que en éste no hemos sido capaces.

Al fin y al cabo, según dijo Shakespeare, “Nosotros mismos somos de la misma sustancia que los sueños”.

BIBLIOGRAFÍA

- “Cómo funcionan las cosas”; D. Macaulay; Ed. Muchnik; 1988
- “El collar del Neandertal”; J.L. Arsuaga; Fundación Ramón Areces; Madrid, 1999
- “Fundamentos de la Ciencia e Ingeniería de Materiales”; W.F. Smith; Ed. McGraw-Hill; Madrid, 1998
- “Hausturaren Mekanika”; J.M. Rodríguez Ibabe; Ed. Elkar; Donostia, 1990
- “Historia social de la Ciencia”; J.D. Bernal; Ed. península; Madrid, 1979
- “Historia y filosofía de la ciencia”; L.W.H. Hull; Ed. Ariel; Barcelona, 1984
- “Hombres, máquinas e historia”; S. Lilley; Ed. Ciencia Nueva; Madrid, 1965
- “La Siderurgia Española”; Unesid; Madrid, 1987
- “Máquinas y hombres. Guía histórica”; P. Aldabaldetrecu; Fundación Museo de Máquina Herramienta; Elgoibar, 2000
- “Materiales del Futuro”; K. Easterling; The Institute of Materials; Londres, 1997
- “Metalurgia prehistórica”; J.P. Mohen; Ed. Masson; Barcelona, 1992
- “Teknologia eta Historia”; askoren artean; Gaiak Argitaldaria; Donostia, 1996
- www.britannica.com/bcom/eb
- www4.eng.nepean.uws.edu.au
- www.lbl.gov/MicroWorlds