

ALEACIONES METALICAS USADAS EN AERONAUTICA

Con bastante frecuencia se suelen escuchar enconadas discusiones sobre los enormes recursos que las grandes potencias destinan a programas de desarrollo de investigaciones y tecnologías altamente especializadas y cuyo beneficio práctico no parece estar muy cercano para la humanidad como un todo; consecuentemente surgen preguntas como las siguientes:

¿En qué beneficia a la humanidad el que los Estados Unidos o la Unión Soviética (lo mismo da) hayan puesto un hombre en la Luna?

¿Cuál es el beneficio práctico que se obtiene de los llamados viajes espaciales?

Tal vez no sea ésta la primera ocasión en que surgen tales cuestionamientos; acaso éstos u otros equivalentes se dieron cuando las expediciones a las Indias o cuando se pretendía que el hombre volara o pudiera penetrar en las profundidades del océano. Sin embargo, una cosa es clara: entonces como ahora, los beneficios directos o inmediatos pertenecen sólo a quienes emprenden tales aventuras y cabe hoy en día preguntar:

¿Ha resultado la humanidad beneficiada por tales hechos?

¿Cuestionaríamos hoy a quienes los realizaron entonces?

LA INVESTIGACIÓN AEROESPACIAL

Los conocimientos adquiridos y las tecnologías generadas como consecuencia inmediata de la investigación y el desarrollo aeroespaciales ya están influyendo en la vida cotidiana de gran parte de los habitantes del orbe. Los materiales que se han desarrollado pueden clasificarse en dos grandes grupos:

- 1) Los que se han desarrollado para poder enfrentarse a las condiciones a las que se ven sujetos los vehículos, individuos e instrumentos en este tipo de viajes
- 2) Aquellos que se han "fabricado" en esas condiciones

Materiales desarrollados para aplicaciones espaciales

Uno de los problemas más serios en los vuelos en general y particularmente en los espaciales es el de la estructura de la nave; dicho de otra manera, la resistencia mecánica que debe tener el vehículo para soportar las velocidades, aceleraciones, impactos y esfuerzos a los que habrá de verse sujeto. También deben tomarse en cuenta factores como las temperaturas y presiones que encontrará en su recorrido, y el factor igualmente importante del propio peso de la nave

Fibras de carbón/grafito. Estas consideraciones y otras similares fueron las que condujeron al desarrollo de las fibras compuestas de carbón/grafito

El carbón es el elemento número 6 en la tabla periódica de los elementos, su peso atómico es 12.011, tiene dos isótopos (núcleos con igual número de protones pero números distintos de neutrones) y tradicionalmente se le conocen tres formas alotrópicas (presentaciones): diamante, grafito y carbón amorfo

En el grafito monocristalino, que es la forma alotrópica que nos interesa por ahora, los átomos se encuentran dispuestos en arreglos hexagonales que se

superponen unos sobre otros para formar una secuencia periódica del tipo A B A B A... Los átomos que se encuentran en un mismo plano (ya sea A o B) están unidos muy fuertemente entre sí, mientras que la unión entre átomos de planos distintos contiguos (A con B) es mucho más débil

Ésta es la razón por la cual el grafito se presenta en forma de láminas delgadas, lo que lo hace tan útil para la fabricación de puntillas para lápices. El espaciado entre cada uno de los planos laminares (planos basales) de la estructura de grafito es de 0.355 micrones

La investigación destinada a la producción de materiales aeroespaciales ha producido el llamado grafito turbostático, que es un material muy similar al grafito monocristalino excepto porque sus planos basales no tienen un empaquetamiento regular en relación con el eje perpendicular, y porque la distancia promedio entre los planos basales es alrededor de mil veces menor (0.34 nanómetros)

Con este conocimiento fundamental sobre la estructura del carbón y del grafito ha sido posible "diseñar" materiales con las propiedades adecuadas para satisfacer las condiciones tan severas del espacio exterior y del vuelo mismo, El secreto está en conseguir que los planos laminares del grafito se alineen paralelos al eje de la fibra. Y... ¿cómo conseguir las fibras de grafito?

El proceso consiste en utilizar una base orgánica (llamada precursor) que debe tener un alto porcentaje de átomos de carbón. Mediante calor y la aplicación de tensiones se liberan todas las fracciones volátiles para dejar sólo los átomos de carbón y ¡ya está! Se obtiene un compuesto carbón/fibra de grafito

Sólo me resta dar los detalles de los precursores y lo hago a continuación para uno de ellos: las fibras de rayón, particularmente las que llevan los nombres comerciales Thornel-50 y Thornel-75, que son producidas por Unión Carbide. En atmósfera inerte se las expone a una temperatura de entre 2 700 y 2 800°C y en esa condición se les sujeta a cargas tensiles y se les estira y comprime a efecto de alinear los planos en una dirección paralela al eje de los filamentos. Estas fibras resultan irregulares en cuanto a su forma, y su diámetro va de 5 a 50 micrones

Las propiedades específicas de cada fibra dependen básicamente del precursor particular del cual se hayan obtenido y del proceso utilizado. Así, por ejemplo, la resistividad eléctrica puede variar desde un intervalo de 800 a 1 200 ohm-cm para fibras carbonizadas entre 1 500 y 1 700°C hasta uno de 150 a 200 ohm-cm si la temperatura de carbonización es de 2 800°C. En términos generales se puede decir que las fibras de compuestos carbón/grafito ofrecen una combinación de propiedades de bajo peso, alta resistencia mecánica y rigidez muy superiores a las ofrecidas por los materiales fibrosos metálicos y no metálicos convencionales utilizados para condiciones de trabajo similares en severidad

Como se mencionó al iniciar este capítulo, el desarrollo obtenido en la investigación aeroespacial no ha quedado limitado a estos usos sino que ya ha producido aplicaciones que benefician a sectores más amplios; uno de los primeros ha sido la aeronáutica civil. Muy probablemente usted ya ha disfrutado de esos nuevos materiales, y si en alguna ocasión ha abordado un jet DC-10 ciertamente lo ha hecho, pues el sistema de estabilización vertical utiliza el compuesto epóxico de fibra de grafito conocido comercialmente como Thornel-300

Otras industrias más "terrenales" ya han empezado a utilizar también las fibras de grafito: la industria automotriz para aligerar los vehículos y obtener un mejor rendimiento del combustible sin sacrificar propiedades mecánicas, la industria de la construcción reforzando el concreto con fibras de grafito, y hasta la

industria de las bicicletas, cuyas estructuras resultan más resistentes y ligeras si se fabrican con grafito en vez de usar los materiales tradicionales

Materiales cerámicos avanzados

Los materiales tradicionales difícilmente soportan las condiciones ambientales del espacio exterior. Los metales que en general tienen puntos de fusión altos y por ende soportan altas temperaturas tienen también la característica de que su densidad es alta. Los polímeros, que suelen ser menos densos que los metales, también tienen puntos de fusión bastante más bajos. La solución parece estar pues en los cerámicos, y ésta es la razón por la cual han cobrado tanta importancia en los últimos años. También fueron los materiales "más importantes" en los primeros siglos de existencia de la humanidad. ¿Curioso, no?

La cerámica de nuestros días recibe los nombres de cerámica avanzada o técnica o fina, y se trata de composiciones con alto grado de pureza, constituidas por partículas ultrafinas, sinterizadas y tratadas bajo condiciones perfectamente controladas. Su diferencia con los materiales cerámicos tradicionales es que éstos se basan principalmente en silicatos, mientras que la cerámica avanzada incluye nitruros, carburos, óxidos, carbonatos, etc.

Materiales desarrollados en el espacio

Extraer de la Tierra los materiales que ésta nos suministra, tomar ventaja de las propiedades de cada uno de ellos y ponerlos al servicio del hombre es lo que puede llamarse la primera etapa en la historia de los materiales. Violentar algunas propiedades innatas mediante agentes externos como el golpeo mecánico o la temperatura fue la segunda gran etapa

La tercera etapa consiste en combinar materiales con propiedades distintas, valiéndose de agentes externos y obteniendo "nuevos materiales" con "nuevas propiedades" en ocasiones superiores a las poseídas por los constituyentes de origen, pero siempre sujetos a las condiciones impuestas por nuestro hábitat natural

Liberarse de alguna de estas condiciones, disminuyendo, por ejemplo, la presión atmosférica (hacer el vacío), o simular algunas otras como la humedad, la radiación ultravioleta, la infrarroja (intemperismo acelerado), etc., constituye la etapa siguiente, que puede considerarse aún vigente a pesar de los grandes avances descritos en los párrafos inmediatos a éste. Pero estamos en el umbral de una nueva etapa en esta fascinante historia: aquella en la cual, una vez diseñados los materiales que le permiten hacerlo, el hombre abandona su entorno natural y en nuevas condiciones intenta repetir algo de lo ya realizado. Se empeña en seguir aprendiendo, seguir avanzando, continuar tomando ventaja de aquello que le queda o poner al alcance de su mano lo inaccesible para, nuevamente, ponerlo al servicio del hombre mismo

Materiales fabricados en el espacio

La fabricación de materiales en la superficie terrestre se realiza siempre bajo la influencia de la aceleración gravitacional y la presencia de la atmósfera, que puede introducir contaminación adversa, la cual, sin embargo, puede eliminarse utilizando atmósferas artificiales con gases inertes. Prácticamente estamos imposibilitados para eliminar todos los efectos gravitacionales, y éstos son los responsables de fenómenos como la separación de fases, la segregación por densidad, los sobreenfriamientos y algunos tipos de contaminación. La posibilidad

de realizar procesos de fundición, difusión, crecimiento de cristales, etc., en el espacio exterior brinda la oportunidad de eliminar los efectos derivados de la aceleración gravitacional y, consecuentemente, hace que esta posibilidad resulte sumamente atractiva

En el espacio exterior, en adición a la ventaja de la "pérdida" parcial o incluso total del peso se tiene la ventaja potencial de la energía solar y una situación de vacío más favorable. La producción de cristales ultrapuros, la separación de sustancias, la homogenización de compuestos, la obtención de productos farmacéuticos de alta pureza, vidrios y semiconductores son algunas de las áreas en las cuales es más promisorio utilizar las ventajas del espacio exterior

La idea de realizar experimentos en ausencia de corrientes convectivas o vibraciones, en un ambiente estéril, en vacío casi perfecto y gravedad prácticamente nula no surgió como resultado instantáneo de los primeros éxitos en los vuelos espaciales, sino que fue una idea acariciada mucho tiempo atrás por los teóricos. De esta manera, al abrirse las posibilidades reales de llevarla a la práctica lo que tuvo que hacerse de inmediato fue investigar la manera de realizar esos experimentos en forma enteramente autónoma

En la actualidad ya se han realizado varios experimentos con resultados muy exitosos, al grado de que se encuentran en curso los estudios económicos respectivos para ver la conveniencia de lo que podríamos llamar la comercialización del espacio exterior

Productos para la vida

De éstos, el experimento más avanzado es un experimento sobre electroforesis, que es una técnica para separar sustancias orgánicas en presencia de un campo eléctrico y que es muy utilizada para la producción de medicinas. Este proyecto se inició en 1977 y se llevó a efecto por primera vez en el transbordador espacial. Por lo que toca a la comercialización, las expectativas más optimistas predicen la existencia de un mercado de varios miles de millones de dólares para la década de los noventa, aunque hasta la fecha solamente existe un solo producto "espacial" en el mercado, que son unas pequeñísimas esferas de látex

Semiconductores

Dado que los procesos de manufactura en el espacio son sumamente caros, resulta evidente que los mejores candidatos para procesarse en el espacio son los productos con el mayor valor por unidad de volumen

Sin duda, unos productos que reúnen esta cualidad son los materiales electrónicos cuya base fundamental son los cristales, que al obtenerse con gran pureza y perfección competirán muy favorablemente en el negocio de las componentes electrónicas. Para los futuros programas se han identificado muy buenos prospectos, entre los que se incluyen materiales para detectores de tipos muy diversos, así como materiales apropiados para chips de computadoras

La extremada limpieza y la ausencia de gravedad existentes en el espacio exterior son condiciones ideales para producir estupendos cristales semiaisladores libres de disoluciones. Los compuestos que se han trabajado son el arsenuro de galio y el fosfuro de indio. Los mejores cristales de arsenuro de galio se han obtenido, hasta la fecha, mediante un procedimiento conocido como crecimiento electroepitaxial, con un rendimiento menor del 17% cuando se obtienen en la Tierra y hasta de 97% cuando se fabrican en el espacio

El crecimiento electroepitaxial es un procedimiento consistente en hacer pasar una corriente a través de una solución, estimulando por este medio la migración de átomos hacia la interfase de crecimiento del cristal. El proceso emplea menos energía que los otros métodos comúnmente usados debido a que la temperatura que se requiere para la solución es menor que la temperatura de fusión del cristal. Se ha pensado que con este novedoso método se pueden hacer crecer cristales que incluyan combinaciones de elementos de las columnas III y V de la tabla periódica de los elementos y otros más complejos en los que intervengan tres o hasta cuatro elementos distintos

Una más de las ideas que pueden llevarse a la práctica en las condiciones que brinda el espacio exterior es la denominada "proceso sin paredes" o sin "recipiente"

En ella lo que se pretende es eliminar la contaminación que en el proceso de crecimiento de los cristales en la Tierra proviene del propio contenedor, ya que, en el caso de los dispositivos utilizados en la microelectrónica, la presencia de elementos extraños, aun en cantidades sumamente pequeñas, produce efectos eléctricos indeseables

En la Tierra ha resultado imposible eliminar del proceso al contenedor, pero en el espacio esto es posible restringiendo el movimiento de la solución mediante levitación acústica, campos magnéticos muy intensos o por tensión superficial entre la solución y una barra del mismo material. He aquí un ejemplo muy claro de cómo el hombre ha aprendido a sacar ventaja de las condiciones que le impone la naturaleza. Primero en su hábitat natural, después en el espacio exterior

Son dos las fuerzas que determinan principalmente las corrientes de convección, las que a su vez constituyen el mayor obstáculo en el crecimiento de cristales en la Tierra, y una de ellas, la de flotación, se ve eliminada al suprimir la aceleración gravitacional, mientras que la otra, la tensión superficial, permanece, y entonces se la utiliza como ya se mencionó.

zable en el espacio exterior (10-14 torr.) supera en tres o cuatro órdenes de magnitud al más alto alcanzable en la superficie terrestre (10-11 a 10-12 torr.).
+*+*+*

La metalurgia

La posibilidad de realizar experimentos en el espacio representa también una enorme oportunidad para aprender sobre los procesos fundamentales de la metalurgia, ya sea la de los metales puros o la de las aleaciones. Resulta una ocasión propicia para comprobar o refutar las viejas teorías y proponer, de ser el caso, algunas nuevas. Seguramente se originarán nuevas aleaciones y se optimarán los procesos de producción de algunas ya conocidas