

COMISION PREPARATORIA DE LA AUTORIDAD
INTERNACIONAL DE LOS FONDOS MARINOS
Y DEL TRIBUNAL INTERNACIONAL DEL
DERECHO DEL MAR

Comisión Especial 1
Séptimo período de sesiones
Kingston, Jamaica
27 de febrero a 23 de marzo de 1989

DATOS E INFORMACION BASICOS PERTINENTES A LA LABOR
DE LA COMISION ESPECIAL 1

Documento de antecedentes preparado por la Secretaría

Adición

La sustitución y las industrias del cobre, el níquel,
el cobalto y el manganeso

INTRODUCCION

1. La Comisión Especial 1, en vista de que la sustitución podía tener un efecto importante sobre las industrias del cobre, el níquel, el cobalto y el manganeso, pidió a la Secretaría que preparase un documento de antecedentes acerca de la sustitución de esos metales por otros metales o materiales y viceversa. El presente documento ha sido preparado en atención a esa solicitud. En la sección I se examina la situación actual respecto de la sustitución de esos metales, en la sección II figura información acerca de las posibilidades de sustitución en el futuro respecto de ciertos sectores clave para el usuario final, y en la sección III se presenta un resumen del documento.
2. La sustitución reviste diversas formas, la sustitución directa de un metal por otro, la sustitución de un metal convencional por un material "trabajado" que incorpora técnicas de diseño y elaboración y propiedades en cuanto a los materiales y la sustitución de una tecnología antigua que requiere un metal por una tecnología nueva que los requisitos de material son distintos. Las tres formas de sustitución

pueden afectar a los cuatro metales a que nos referimos. Las posibilidades de sustitución varían según el metal y la aplicación y la utilización efectiva de sustitutos dependerá de factores técnicos y económicos.

I. SITUACIÓN ACTUAL

3. Cada uno de los cuatro metales principales que contienen los núcleos polimetálicos puede ser sustituido por otros metales y materiales en algunas aplicaciones. A continuación se describe brevemente la situación actual, que es distinta según el metal de que se trate.

A. Cobre

4. El cobre es un metal relativamente abundante, fácil de refinar y trabajar y de aplicación generalizada. Su elevada conductibilidad térmica y eléctrica ha hecho que sea utilizado en termopermutadores, la transmisión de energía, cables para comunicaciones y artefactos eléctricos. El cobre, en una aleación con zinc o estaño es utilizado como material estructural de fácil moldeado.

5. En la actualidad el cobre hace frente a una gran competencia del aluminio en varios sectores. El aluminio comenzó a transarse hace relativamente poco tiempo en el mercado mundial de metales. Cuando apareció en el siglo XIX, su producción era tan costosa que era considerado un metal precioso. Sin embargo, el avance de la tecnología de transformación y la baja del costo relativo de la energía eléctrica han reducido el costo de producción del metal hasta tal punto que puede competir con el cobre en varios sectores importantes del mercado. El aluminio es un buen conductor de calor y electricidad, si bien no es tan bueno como el cobre, su peso más bajo le significa una ventaja en algunas aplicaciones (radiadores de automóviles y cables de transmisión de energía eléctrica, por ejemplo) y, en cuanto al costo, puede competir en aplicaciones tales como transformadores eléctricos y cables eléctricos para el hogar.

6. El cobre tiene muchos usos en que su resistencia a la corrosión lo hace atractivo. Se emplean aleaciones de cobre en buques y equipo marítimo (torres de perforación en el mar, por ejemplo) en plantas de desalinación y en algunas instalaciones de elaboración de productos químicos. Hace mucho tiempo que se utiliza el cobre en la construcción (techos, tubos de bajada, cañerías de agua fría y caliente, por ejemplo) pero en algunas de estas aplicaciones hace frente a la competencia cada vez mayor de materiales no metálicos. Por ejemplo, en las cañerías de agua fría y caliente y los accesorios el cobre está siendo reemplazado por el cloruro de polivinilideno (PVC).

7. La tecnología de elaboración es también un factor importante en la sustitución del cobre por otros metales o materiales, principalmente el aluminio. Hasta hace poco tiempo, prácticamente todos los automóviles usaban radiadores de cobre en su sistema de refrigeración. El cobre era el material preferido para los radiadores por su elevada conductibilidad térmica y la facilidad de elaboración. La necesidad de reducir el peso de los automóviles hizo que a fines del decenio de 1970 y mediados del de 1980 los fabricantes trataran de utilizar componentes de peso más

bajo para distintos componentes, entre otros los radiadores. El aluminio, que es un buen conductor térmico, podría servir para ahorrar peso pero la técnica de elaboración mucho, más compleja que la del cobre, había impedido competir con el cobre en esta aplicación. Sin embargo, al hacerse cada vez mayor la presión por reducir el peso de los automóviles, los fabricantes de automóviles y los productores de aluminio más se esforzaban por desarrollar nuevas técnicas para llegar a un proceso de elaboración que fuera eficaz en función del costo. Se inventaron dos técnicas de elaboración y los fabricantes europeos de automóviles comenzaron a usar radiadores de aluminio en el decenio de 1970; se prevé que para 1990 prácticamente en todo el mundo se pasará del cobre al aluminio.

B. Níquel

8. Más del 90% del consumo de níquel corresponde a la producción de algún tipo de aleación de metal. Las aleaciones de níquel se clasifican en varios grupos principales. El acero inoxidable, que tiene en promedio un 8% de contenido de níquel, es la aleación más importante. Las superaleaciones, que tienen una base de níquel o lo contienen, llevan gran cantidad de este metal. Algunos aceros aleados de alta resistencia contienen un 9% de níquel, al igual que otras que se utilizan en la criogenia. Los aceros de alta resistencia y baja aleación contienen entre un 0,5% y un 2% de níquel. También se utiliza una aleación de níquel y cobre, resistente a la corrosión, para equipo marino, la elaboración de alimentos y algunas instalaciones de elaboración de productos químicos.

9. Acero inoxidable. El níquel es un componente esencial del acero inoxidable y le corresponde alrededor del 8% del peso en la mayor parte de los grados de acero inoxidable. En el decenio de 1950 se trató de lograr un acero inoxidable con un contenido más bajo de níquel. Mediante la adición de un 6% de manganeso se pudo reducir el contenido de níquel del 8 al 4%. Este acero inoxidable tiene propiedades similares al de la serie 300 y se puede producir a un costo ligeramente más bajo. Sin embargo, en vista de que el consumidor está satisfecho con el acero de la serie 300 y no hay una razón económica apremiante para el cambio, no está claro hasta qué punto los nuevos tipos de acero inoxidable reemplazarán a los tradicionales. En todo caso, sigue siendo posible fabricarlos y usarlos en caso de que suba el precio del níquel o de que su oferta continua no esté clara.

10. Aceros criogénicos. El níquel es un componente (hasta el 9%) de los aceros criogénicos y su contenido aumenta cuando se quiere trabajar a temperaturas más bajas. Un aspecto en el interés que se tiene en la comercialización de materiales superconductivos es que se utilizarán en mayor medida gases licuados a temperaturas criogénicas. Probablemente, el resultado sea una mayor utilización de acero criogénico tanto para la producción y el almacenamiento de material criogénico como para la estructura de los sistemas destinados a funcionar a esas temperaturas.

11. Aceros de alta resistencia y baja aleación. El níquel es un componente de muchos aceros aleados y de aceros de alta resistencia y baja aleación. Correspondió a estos últimos, cuyo contenido de níquel puede llegar al 2%, casi un 5% de la demanda de acero en los Estados Unidos a principios del decenio de 1980 y, según las proyecciones, esa proporción llegará al 9% para el año 2000. El aumento de la demanda de los aceros de esta índole es importante a los efectos de la demanda de níquel en el futuro.

12. El níquel transmite a las aleaciones propiedades de resistencia a la corrosión y dureza. Esas propiedades hacen que resulte interesante utilizarlo en la maquinaria y las instalaciones de almacenamiento que se encuentran en plantas químicas y refinerías. Los grandes establecimientos industriales consumen mucho acero (inclusive acero con aleación de níquel) y no hay sustituto alguno que reúna las propiedades necesarias a un costo relativamente bajo.

13. La resistencia a la corrosión pueda lograrse mediante el recubrimiento o el tratamiento de superficie de aleaciones sin níquel o con un contenido muy bajo de níquel. Los fabricantes de automóviles utilizan el recubrimiento con zinc y níquel con zinc para dar a sus productos más resistencia a la corrosión. También pueden aplicarse al acero, para hacerlo más resistente a la corrosión, revestimientos de níquel o hiladas de aleación de níquel. Sin embargo, con ello aumenta el costo del material y se necesitan además tecnologías especiales de elaboración a fin de que el tratamiento de superficie no la dañe. La resistencia a la corrosión consistente únicamente en una delgada capa superficial no basta para proteger componentes que pueden sufrir abrasión o daños en la superficie. Por lo tanto, en esas aplicaciones seguirán utilizándose acero inoxidable y otras aleaciones con un contenido importante de níquel.

14. Existe una estrecha relación entre la utilización de níquel y la de acero, pero los cambios en la composición de productos probablemente han de hacer que la demanda de níquel aumente con mayor rapidez que la de acero. Según algunas proyecciones, la composición de productos de acero pasaría del acero básico al carbono al acero aleado, al acero de alta resistencia y baja aleación y al acero inoxidable (véase el cuadro 1); sin embargo, la combinación de productos de acero que figura en el cuadro 1 podría cambiar significativamente si en los automóviles se usaran en mayor medida aleaciones de aluminio, plásticos y compuestos en lugar de acero de alta resistencia y baja aleación.

Cuadro 1

Parte del mercado de los Estados Unidos correspondiente a cada clase de acero

(Proporción)

Acero	Parte del mercado	
	1982	2000
Al carbono	87,6	80
Aleación completa	6,1	9
Alta resistencia y baja aleación	4,8	9
Inoxidable	1,5	2

Fuente: Office of Technology Assessment, Congress of the United States, Technologies to Reduce U.S. Materials Import Vulnerability, 1985.

15. Superalaciones. Las superalaciones con base de níquel constituyen el elemento más importante de los motores de turborreacción. Si bien es posible reemplazar una superalación por otra en algunas aplicaciones, no hay posibilidad alguna de reducir considerablemente el consumo de níquel para motores de turborreacción sustituyéndolo por otras superalaciones. La creación de nuevos materiales estructurales basados en refinadas técnicas de elaboración de materiales tal vez reduzca la necesidad de níquel pero también es posible que son los nuevos materiales lo que hagan se necesite más níquel y no menos. Pasarán muchos decenios antes de que los materiales no metálicos puedan reemplazar a los metales en las funciones que actualmente desempeñan las superalaciones. Los compuestos y la cerámica avanzados ofrecen posibilidades de mejorar el funcionamiento de los motores de turborreacción pero habrá que afinarlos mucho más antes de que tengan los resultados y la fiabilidad que son menester en la industria de la aviación.

16. Las superalaciones y las aleaciones con alto contenido de níquel no se usan exclusivamente en la industria aeroespacial. En realidad, hay posibilidades de una mayor utilización de níquel mediante la sustitución del acero inoxidable por superalaciones de alto contenido de níquel en medios muy corrosivos en refinerías, papeleras, plantas de energía con combustibles fósiles e incineradores de desperdicios. La explotación de petróleo y gas puede entrañar líquidos altamente corrosivos y se utilizan cada vez más para esas aplicaciones aleaciones con un alto contenido de níquel (hasta un 30%) y superalaciones. También puede utilizarse el cobalto y una nueva aleación destinada a esos mercados (HR-160) contiene un 27% de cobalto.

C. Cobalto

17. El cobalto es una valiosa materia prima para la producción de componentes de motores de turborreacción, de imanes y materiales magnéticos y del aglutinante de las herramientas de carburo de tungsteno. Hasta que el precio del mercado subió en forma imprevisible en 1979 y comenzó a preocupar a los consumidores la posibilidad de una interrupción en el suministro, no se había hecho mayor intento de encontrar sustitutos para materiales con cobalto. El cobalto se utilizaba en aplicaciones en las que sus propiedades le daba una ventaja comparativa respecto de otros metales y, por lo general, el costo del cobalto constituía parte muy pequeña del costo total de los productos, de manera que el incentivo comercial para encontrar sustitutos era escaso.

18. Superalaciones. Uno de los usos más importantes del cobalto es como componente de las aleaciones que se utilizan en las partes de alta temperatura de los motores de turborreacción. En 1980, aproximadamente el 41% del consumo de cobalto en los Estados Unidos correspondía a la producción de superalaciones. Al principio, las aleaciones se basaban en hierro y níquel pero, al aumentar cada vez más la temperatura y la tensión, se crearon nuevas aleaciones que utilizaban adiciones de cobalto para reforzarlas actuando en los límites de los granos de la aleación. Las aleaciones de cobalto tienen un contenido de este metal que va desde un bajo porcentaje hasta un 60% y con mayor frecuencia se utilizan en los componentes rotatorios sujetos a gran tensión en los motores de alto rendimiento.

19. Es necesario combinar aleaciones y métodos de elaboración para llegar a las propiedades buscadas en ciertos componentes. En los motores de turborreacción se utilizan docenas de superaleaciones con un contenido de cobalto que va del 0 al 60% (véase el cuadro 2). La experiencia que ha dejado la utilización de tantas aleaciones sirve de base para seleccionar sustitutos cuando es necesario. Por ejemplo, cuando surgió la posibilidad de que se interrumpiera la oferta, muchos consumidores empezaron a considerar la utilización de aleaciones que no contuvieran cobalto o tuviesen un contenido bajo. El primer paso consistió en la sustitución directa de superaleaciones con bajo contenido de cobalto por superaleaciones sin cobalto, que ya se habían aplicado antes. Por ejemplo, en lugar de la Waspaloy (13% de contenido de cobalto) se utilizó la Inconel 718, sin cobalto. Ello era viable porque la aleación Inconel 718 ya había sido objeto de un riguroso proceso de ensayos de calificación.

Cuadro 2

Aleaciones estructurales utilizadas en elementos de alta temperatura de los motores de turborreacción

<u>Aleación</u>	<u>Níquel porcentaje</u>	<u>Cobalto porcentaje</u>	<u>Método de elaboración</u>
MA-754	78		Dispersión de óxido endurecida/ forjada
Aleación 454	62,5	5	Grano único
MAR-M200	60	10	Solidificación direccional
MAR-M247	60	10	Fundición convencional o solidificación direccional
B-1900	65	10	Solidificación direccional
MAR-M509	10	55	Fundición convencional
X-40	10,5	56	Fundición convencional
Rene-80	60,5	9,5	Fundición convencional
IN-713	72,5		Fundición convencional
Rene-77	55	15	Fundición convencional

Fuente: Richard C. H. Parkinson, Substituton for Cobalt and Chromium in the Aircraft Gas Turbine, Office of Technology Assessment, Washington, D.C., 1983.

20. El proceso de ensayo de una aleación y su aprobación para utilizarla en aeronaves es largo y costoso, dura varios años y cuesta varios millones de dólares. En las aleaciones en que se utilizaba menos cobalto se registraban dos tendencias, el mejoramiento de las superaleaciones tradicionales basadas en el níquel y el establecimiento de nuevas técnicas de elaboración en que se cambiaba la estructura del grano de las aleaciones a fin de reducir los problemas a cuya solución apuntaba justamente la utilización de cobalto.

21. Las investigaciones de laboratorio indican que las superaleaciones con un menor contenido de cobalto pueden reemplazar a las actuales y dar lugar a la posibilidad de que la demanda de cobalto para motores de turborreacción se reduzca hasta en un 50%. Sin embargo, cada aleación requeriría un período de ensayo prolongado y costoso, costo que probablemente no ha de ser aceptado a menos que preocupe a los consumidores la posibilidad de un aumento del precio del cobalto o un problema muy grave de suministro. Sin esos incentivos, la utilización de aleaciones de reemplazo obedecerá más a la búsqueda de un mejor rendimiento que a factores relacionados con el contenido de cobalto.

22. Materiales magnéticos. Ciertas aleaciones de cobalto tienen grandes características magnéticas, por lo que son utilizadas en productos de consumo tales como altavoces, y en instrumentos y medidores. Alrededor del 15% del consumo de cobalto en los Estados Unidos en 1980 correspondía a materiales magnéticos, porcentaje sólo superado por las superaleaciones.

23. Si bien las aleaciones de cobalto son preferidas en muchas aplicaciones, su utilización no es esencial. Los imanes cerámicos, hechos a partir de óxidos de hierro, pueden reemplazar a las aleaciones de cobalto en muchas aplicaciones. Los imanes cerámicos generalmente cuestan menos que las aleaciones de cobalto pero son más débiles y tienen que ser mucho más grandes para tener la misma fuerza magnética. Esto significa que antes de proceder a la sustitución es necesario rediseñar una serie de productos. Así quedó de manifiesto a fines del decenio de 1970 cuando los precios del cobalto registraron una abrupta alza y había incertidumbre en cuanto a su oferta. Se rediseñaron productos a fin de utilizar imanes cerámicos hechos a partir de óxido de hierro, particularmente para altavoces. Una vez hechos los cambios de diseño, los imanes cerámicos pasaron a ocupar un importante lugar en el mercado y quedaron en condiciones de competir con las aleaciones de cobalto, de costo más alto.

24. Se han inventado nuevas aleaciones magnéticas, en muchos casos basadas en el cobalto y que tienen hasta 10 veces más fuerza magnética que las más antiguas. Esta mayor fuerza ha abierto nuevos mercados para las aleaciones magnéticas. Con la existencia de materiales magnéticos más fuertes, basados en aleaciones de cobalto y tierras raras, como el cobalto-sumario, surgieron nuevos mercados para altavoces en miniatura, de tamaño reducido pero gran potencia, y para sujetadores. Recientemente se han creado nuevas aleaciones que forman imanes aún más fuertes. Sin embargo, algunas de ellas, como el hierro-neodimio-borón, prácticamente no utilizan cobalto y se prevé que su costo se reducirá hasta llegar a ser más bajo que el de las aleaciones de cobalto. El cobalto tendrá que hacer frente a mayor competencia en este ámbito en el futuro a medida que se creen nuevas aleaciones, sin cobalto o con un contenido muy bajo de él.

25. Herramientas de acero y herramientas de corte. El cobalto tiene dos importantes funciones en la industria de la elaboración de metales. Se utilizan aleaciones de cobalto, muy resistentes a la temperatura, en las herramientas de corte, ya que pueden mantener su fuerza y filo a altas velocidades de corte y durante períodos prolongados. La segunda aplicación consiste en el aglutinante de los carburos de tungsteno en las cuchillas de carburo cementado. Hay ciertas posibilidades de sustitución con aleaciones de menor contenido de cobalto pero tal vez no ocurra si no hay presión en razón de alzas de precio o baja de la oferta.

26. Los carburos cementados están hechos de partículas de carburo de tungsteno aglutinadas con cobalto. Aunque el níquel o el hierro pueden reemplazar al cobalto, sus propiedades son mucho menos convenientes, de manera que probablemente sólo lo han de sustituir cuando la oferta esté muy restringida.

D. Manganeso

27. El manganeso es un elemento esencial en la producción de hierro y acero. Si bien las posibilidades de sustitución de manganeso por otros materiales en el proceso siderúrgico son bastante escasas, el aumento de la demanda de acero afectará en el futuro al mercado del manganeso. El acero, a su vez, sufre la competencia de otros materiales.

28. Es probable que la necesidad de manganeso en la producción de acero disminuya en razón de la introducción de la nueva tecnología siderúrgica. La producción de acero incluye invariablemente el azufre que contienen el carbón y el coque. El azufre puede formar sulfuro de hierro, que debilita el acero. Para impedirlo, se introduce manganeso a fin de neutralizar el azufre en sulfuro de manganeso, que no reduce las propiedades del acero. Sin embargo, continúa la tendencia hacia la producción de acero con un nivel más bajo de azufre. Mediante la inyección de carburo de calcio o metal de magnesio en el hierro caliente se reduce el nivel de azufre en el metal que entra en la etapa de fabricación del acero, con lo que se reduce la necesidad de manganeso. Según las proyecciones, el contenido de manganeso en el acero (todas las clases) ha de bajar del 0,69 al 0,61%, alrededor de un 12%.

II. POSIBILIDADES DE SUSTITUCION EN LAS PRINCIPALES INDUSTRIAS USUARIAS: ALGUNOS ESTUDIOS DE CASOS

29. La sustitución no es un simple proceso de reemplazar un material por otro. Se puede seleccionar un determinado metal o material para usarlo en una determinada aplicación por diversas razones y las propiedades del material, tales como la fuerza, la resistencia a la corrosión o la conductibilidad eléctrica no son más que un conjunto de factores. Hay otros, como el precio, la fiabilidad, la disponibilidad y la apariencia, que también tienen un papel importante.

A. La sustitución en la industria del automóvil

30. La industria del automóvil es uno de los principales mercados para el acero. A partir del súbito aumento del costo de la energía en el decenio de 1970, la industria automovilística mundial ha reducido considerablemente el peso de los automóviles, lo que tiene consecuencias en cuanto a la demanda futura de acero. En primer lugar, como resultado directo de la reducción general del tamaño de los automóviles disminuyó la cantidad de acero necesario. En segundo lugar, la mayor utilización de aluminio, fibra de vidrio y plástico redujo aún más la proporción de acero utilizado en la fabricación del automóvil. En tercer lugar, la introducción de nuevos aceros de alta resistencia y baja aleación (que en gran parte obedecía al propósito de poder seguir compitiendo en el mercado automotriz) hizo bajar aún más la cantidad de acero necesario.

31. En la industria del automóvil, la introducción relativamente frecuente de nuevos modelos permite adoptar nuevos materiales y la competencia entre los fabricantes estimula la sustitución de materiales a fin de reducir el costo de fabricación o hacer más comerciable el producto de la compañía. Las sustituciones más importantes, como la utilización de piezas de polímero moldeado en la carrocería, requieren inversiones en equipo que pueden llevar varios años. La introducción del radiador de aluminio para reemplazar al de cobre ha llevado varios años, a pesar del menor costo y de los mejores resultados que se prevían.

32. A mediados del decenio de 1970 se empezaron a utilizar radiadores de aluminio en los automóviles, en lugar de los de cobre. El cambio se debía en parte al deseo de reducir el peso del automóvil, pero no fue posible llevarlo a cabo hasta que se desarrollaron nuevas técnicas de montaje y manufactura. En 1983, el 65% de todos los automóviles nuevos en Europa occidental tenían radiadores de aluminio. La adopción del aluminio fue más lenta en los Estados Unidos (15% en 1983) y en el Japón (4% en 1983) lo que se debía en parte a que los europeos llevaban la delantera en el desarrollo de la tecnología para fabricar y armar los radiadores. El aluminio sigue penetrando en este mercado pero existen posibilidades de nuevos procesos que reducirían la cantidad de cobre necesaria para construir radiadores, lo que compensaría las ventajas en cuanto al peso que ofrece el aluminio de manera que el cobre podría seguir en competencia con este metal.

33. La utilización de manganeso en la industria automotriz depende casi exclusivamente del consumo de acero. Las carrocerías de los automóviles están hechas de acero por lo general, al igual que el chasis y los componentes estructurales de la suspensión. Se han utilizado para partes de la carrocería compuestos de aluminio, plástico y fibra (generalmente plástico reforzado con fibra de vidrio) pero la carrocería de acero sigue presentando grandes ventajas en razón del bajo costo del acero y de que el proceso de manufactura es sencillo. Se han fabricado automóviles de lujo, de alto rendimiento y en número limitado, con carrocerías de plástico reforzado con fibra de vidrio, en los que el menor peso contribuye a un mejor desempeño y el tamaño más pequeño compensa en parte la ventaja del acero en cuanto al costo.

B. Sustitución en componentes de motores de turborreacción

34. En la industria de la aviación, la industria de la energía nuclear y otras industrias en que las propiedades de los materiales revisten importancia crítica para un funcionamiento seguro y eficiente, los materiales están sujetos a normas y reglamentos estrictos encaminados a que se cumplan los requisitos de la aplicación de que serán objeto. En la industria de la aviación, por ejemplo, para utilizar una aleación en un motor de turborreacción hay que someterla a pruebas que pueden llevar de 5 a 10 años y costar varios millones de dólares. Este costo, en dinero y tiempo, constituye un obstáculo para la adopción de sustitutos que tendrían que ofrecer enormes beneficios para que tuviera sentido utilizarlos.

35. El motor de turborreacción es el mayor consumidor de cobalto y un gran consumidor de níquel. Estos metales son componentes de superaleaciones de resistencia superior a altas temperaturas. Si bien la industria de la aviación ha sido un mercado seguro y cada vez más importante para las superaleaciones, los cambios en el diseño de los motores y los requisitos cada vez más estrictos en cuanto a los materiales afectarán a la combinación de materiales que se empleen en los motores del futuro. Habida cuenta de que el motor de turborreacción es el mayor consumidor de cobalto y le corresponde gran parte de la demanda mundial de níquel, es útil estudiar las tendencias en la utilización de materiales en esta industria.

36. Cuando por primera vez se introdujeron los motores de turborreacción como medio de propulsión de aeronaves, se utilizaba acero inoxidable para las álabes de la turbina; sin embargo, la elevada temperatura y la gran tensión hicieron necesario utilizar una nueva aleación que contenía un 75% de níquel y un 25% de cromo. El perfeccionamiento constante de las aleaciones con alto contenido de níquel llevó a la creación de superaleaciones basadas en el níquel, que empezaron a utilizarse en toda la sección de alta temperatura del motor. En los decenios de 1950 y 1960, el perfeccionamiento de las superaleaciones tuvo como resultado grupos basados en el níquel, en el cobalto y en el hierro y el níquel. En ese período, la temperatura a que funcionaban los motores de turborreacción aumentó considerablemente, con lo que aumentaron la fuerza y la eficiencia. Para el decenio de 1970, las propiedades de las superaleaciones ya no mejoraban al mismo ritmo pero el rendimiento de los motores siguió mejorando a medida que los métodos de fabricación y el diseño de los motores hacían que éstos fueran cada vez más eficientes.

37. En el decenio de 1980 se inventaron nuevos procesos de producción para aumentar la temperatura a que funcionaban los motores de turborreacción. Tras el reconocimiento de que los límites entre los granos de las superaleaciones reducían mucho la resistencia del material, se inventaron procesos para moldear componentes con granos alargados o para eliminar por completo los granos fundiendo las álabes de las turbinas como en un solo grano. Estos procesos redujeron la necesidad de cobalto en las superaleaciones porque ese metal se utilizaba para reforzar los límites entre los granos, lo que ya no era necesaria en las álabes de grano único.

38. En el intento continuo de que los motores de turborreacción funcionen a temperaturas más altas, es preciso encontrar materiales que conserven su resistencia a temperaturas cada vez más altas. Como el ritmo de avance de la metalurgia de las superaleaciones ya no es tan rápido, se está prestando ahora más atención a nuevas tecnologías de elaboración y manufactura 1/.

39. Se prevé que, a la larga, las necesidades de los motores de turborreacción superarán las posibilidades de las aleaciones de metal, incluso con tecnologías especiales de elaboración y manufactura. Se están estudiando las posibilidades de la cerámica y los materiales compuestos para reemplazar metales en los componentes más importantes de los motores. Sin embargo, estará bien entrado el siglo XXI antes de que se empiecen a utilizar esos materiales e, incluso cuando ello ocurra, durante muchos años seguirán utilizándose aleaciones con contenido de níquel y cobalto en otras partes del motor.

C. La sustitución en la industria de las telecomunicaciones

40. El cobre, por su conductibilidad eléctrica, ha sido el elemento más importante de la red mundial de telecomunicaciones. El desarrollo de los sistemas de transmisión por satélite y por microonda complementó la red alámbrica pero el volumen cada vez mayor de comunicaciones significaba que había mercado suficiente para que la demanda de cobre siguiera aumentando. Los sistemas rurales y urbanos han utilizado casi exclusivamente alambre de cobre para las comunicaciones telefónicas y otros servicios, como la televisión por cable. Sin embargo, la demanda cada vez mayor de servicios de telecomunicaciones está resultando excesiva para la red alámbrica y están comenzando a introducirse en el mercado de comunicaciones nuevos sistemas, basados en la transmisión por fibras ópticas. En las redes más importantes de larga distancia se están instalando fibras ópticas, cuya densidad de comunicación es mucho más alta que la del alambre de cobre; la ampliación de la capacidad para comunicaciones en las zonas urbanas de países desarrollados ha llegado ya a los límites que permiten los conductos subterráneos y la sustitución de los actuales conductores de cobre por fibras ópticas constituye el único medio viable de ampliar los servicios de comunicaciones sin tener que recurrir al método, drástico y muy costoso, de tender nuevos conductos por debajo de caminos y estructuras existentes. A medida que la tecnología de las fibras ópticas sea mejorada y afinada, probablemente se extenderá a los mercados no urbanos de los países desarrollados, así como a los de los países en desarrollo, con lo que la demanda mundial de cobre disminuirá aún más.

41. Como ejemplo de lo que antecede, se puede señalar que entre el 12% y el 15% del consumo de cobre en los Estados Unidos corresponde a cables para telecomunicaciones, pero se prevé que la demanda para estos fines bajará en un 40% a principios del decenio de 1990 en razón de la mayor utilización de fibras ópticas y del avance en la tecnología de las comunicaciones, que permitirá aumentar la cantidad de información que puede transportarse por circuito. Esta baja de la demanda para las telecomunicaciones equivale a un 5% a 6% en el mercado de cobre de los Estados Unidos en el próximo decenio. Además, de resultados del reemplazo del alambre de cobre por cables de fibras ópticas se recuperará alambre de cobre actualmente en uso, por lo menos en las zonas urbanas en que hay poco espacio en los conductos subterráneos, donde habrá que sacar el alambre a fin de dejar lugar para los cables nuevos; quedará así más alambre de cobre en forma de chatarra para reciclaje.

III. RESUMEN

42. Hay diferencias entre el cobre, el níquel, el cobalto y el manganeso en lo que toca a su vulnerabilidad a la sustitución para otros metales o materiales, así como a sus posibilidades de reemplazar a otros metales o materiales en aplicaciones actuales o futuras.

43. En el mercado del cobre hay competencia de otros materiales en varias aplicaciones. En la industria del automóvil, la sustitución del cobre por aluminio en el radiador ya es prácticamente total, aunque existen posibilidades de nuevos procesos que permitan reducir la cantidad de cobre necesaria para construir radiadores y, de esa manera, recuperar parte del mercado. En el sector de la electricidad, el mercado sigue compartido por el cobre y el aluminio y el grado de sustitución varía según el precio relativo de los metales, el diseño de los productos y otros factores. En las telecomunicaciones, en muchos países desarrollados se están abandonando las transmisiones de señales eléctricas por alambres de cobre para recurrir a señales transmitidas mediante ondas de luz por fibras ópticas lo que, según se prevé, dará lugar a una gran disminución de la demanda de cobre.

44. La utilización de níquel depende sobremanera de la utilización de acero. Si bien se han fabricado sustitutos, que pueden ser utilizados de ser necesario, la aplicabilidad general de las aleaciones de acero inoxidable, y su costo relativamente bajo, harán que el acero inoxidable (y el níquel) mantengan su lugar en el mercado. El aumento del uso de aceros de alta resistencia y baja aleación podría entrañar un aumento considerable de la utilización del níquel en automóviles y en otros mercados.

45. Las investigaciones encaminadas a tratar de reducir la necesidad de cobalto, comenzadas a principios del decenio de 1980, han culminado en varias aleaciones y procesos que pueden sustituir en muchas aplicaciones a las aleaciones con cobalto. La decisión de utilizar sustitutos no se ha de basar en si la aleación contiene cobalto e incluso es posible que las fluctuaciones del precio del cobalto no tengan mayor efecto sobre su utilización en los motores de turborreacción. El factor fundamental en la selección de materiales para motores de turborreacción seguirá siendo el rendimiento. A medida que las temperaturas a que funcionan los motores sigan aumentando en los dos próximos decenios, los materiales que se han de emplear a esas temperaturas más altas no dependerán tanto del cobalto. En todo caso, pueden utilizarse aleaciones de cobalto en otros elementos del motor que también trabajarán a mayor temperatura y necesitarán aleaciones que conserven sus propiedades en esas condiciones. El mercado para aleaciones magnéticas de cobalto es incierto y depende en gran medida de la dirección que tomen la investigación y el desarrollo de imanes de alta intensidad y del aumento de la demanda de materiales magnéticos para el almacenamiento de información. Si bien el cobalto puede ser una importante fuente para este mercado, el desarrollo de otros materiales magnéticos tal vez reduzca esa importancia.

46. El manganeso no tendrá mayor competencia en la fabricación de acero pero el reemplazo del acero convencional por aluminio, plástico y aceros de alta resistencia y baja aleación afectará al mercado de ese metal. Para hacer frente a la entrada de otros materiales en el mercado del acero se puede recurrir a la aplicación de aceros perfeccionados, pero el resultado neto será una menor densidad

de uso de acero y una correspondiente reducción de la densidad de uso de manganeso. En todo caso la infraestructura industrial, se trate de su instalación por primera vez en algunos países en desarrollo o de su reconstrucción en algunos países industrializados, seguirá constituyendo una importante fuente de demanda de acero en los próximos decenios. Las instalaciones industriales son grandes usuarios de acero al carbono y de acero a la aleación de níquel, de manera que las nuevas construcciones de instalaciones de esa índole contribuirán a la demanda tanto de manganeso como de níquel.

Notas

1/ Se están realizando actividades de investigación y desarrollo respecto de varias de esas técnicas nuevas, algunas de las cuales entrañan una mayor utilización de níquel o cobalto y otras una menor utilización. Véase en este contexto, Office of Technology Assessment, Congress of the United States, Technologies to Reduce U.S. Materials Import Vulnerability, 1985.