

COMISION PREPARATORIA DE LA AUTORIDAD  
INTERNACIONAL DE LOS FONDOS MARINOS  
Y DEL TRIBUNAL INTERNACIONAL DEL  
DERECHO DEL MAR  
Comisión Especial 1

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

Reciclado del cobre, el níquel, el cobalto y el manganeso:  
información adicional

Documento de antecedentes preparado por la Secretaría

I. INTRODUCCION

1. En vista de la importancia de la cuestión del reciclado del cobre, el níquel, el cobalto y el manganeso, la Comisión Especial 1 estudió el tema sobre la base de un documento de antecedentes preparado por la Secretaría, LOS/PCN/SCN.1/WP.2/Add.4. Debido a la falta de datos disponibles sobre el reciclado del cobalto y el manganeso y la escasez de los datos sobre el reciclado del níquel, ese documento se ocupó sobre todo del reciclado del cobre, aunque también abordó el tema del reciclado de otros metales. Por lo tanto, la Comisión Especial 1 pidió a la Secretaría más datos e información sobre el reciclado de esos cuatro metales, en especial el níquel, el cobalto y el manganeso. Sin embargo, pese a todos los esfuerzos realizados por la Secretaría, no pudieron obtenerse datos sistemáticos mundiales y para distintos períodos de tiempo sobre el último de estos tres metales. Lo más que puede hacerse es seguir reuniendo datos fragmentarios de diversas fuentes para que con el paso del tiempo se logre acumular una serie de datos relativamente coherente. Mientras tanto, en respuesta a la petición de la Comisión Especial, se ha preparado este documento de antecedentes que proporciona más información sobre el reciclado de los cuatro metales mencionados. En la sección II se expone la situación actual con respecto al reciclado de los cuatro metales; la sección III proporciona información sobre las principales perspectivas de cambio de las pautas de reciclado en el futuro; y en la sección IV se presenta un resumen del documento.

## II. PAUTAS ACTUALES DE RECICLADO

2. Los cambios que se han producido durante el último decenio en la demanda de metales y aleaciones, en las técnicas de fabricación y en la tecnología para identificar y depurar la chatarra han llevado a numerosos cambios importantes en la utilización de los metales reciclados. A lo largo del decenio se han ido haciendo cada vez mayores las presiones económicas y ambientales para reducir los desechos y es probable que cambien aún más la relación entre los metales primarios y los reciclados.

3. La chatarra, tanto la originada por los procesos de producción y fabricación como la de productos obsoletos, es una fuente evidente de obtención de metal. La chatarra se ha utilizado desde los primeros días de la metalurgia primitiva hasta el momento presente. Sin embargo, la utilización de la chatarra varía de un metal a otro y de una aplicación a otra. El uso de la chatarra se determina por una serie de factores, entre los que figuran la disponibilidad de chatarra y su calidad, el precio, el costo de la elaboración, los requisitos de pureza, la tecnología, las normas impuestas por los consumidores y las normas impuestas por los gobiernos. A continuación se exponen las pautas actuales de reciclado del cobre, el cobalto, el níquel y el manganeso.

### A. El cobre

4. A diferencia de algunos otros metales, es técnica y económicamente factible procesar chatarra de cobre para producir un material tan puro como el metal primario obtenido del mineral de cobre. Además, el reciclado de chatarra de cobre ha sido una de las principales fuentes de obtención de cobre, y todos los consumidores más importantes han aceptado el cobre secundario sin considerar que fuera una lacra. El cobre se utiliza muchas veces para fabricar productos con un contenido de cobre de relativamente gran pureza, lo que contribuye a la disponibilidad de chatarra de cobre cuando estos productos quedan obsoletos o se destruyen.

5. Como consecuencia de la viabilidad de reciclar cobre y de la disponibilidad de grandes cantidades de chatarra, existe una industria importante de reciclado de chatarra de cobre y gran parte del cobre utilizado en la industria es cobre secundario.

6. La industria del reciclado divide la chatarra de cobre en muchas categorías pero las principales son sólo cuatro. Los cables de primera clase y el cobre pesado contienen cobre de gran pureza (99% o más) y escasa contaminación; otros cables y la mezcla de cobre pesado y ligero, tienen un alto contenido de cobre (92% a 96%); los utensilios de latón amarillo tiene una base de cobre y un promedio de alrededor del 75% de cobre; y la chatarra de baja calidad y residuos tiene relativamente poco valor debido al escaso contenido de cobre y a los altos niveles de materiales contaminantes.

/...

7. La chatarra de cobre se obtiene de los fabricantes (chatarra industrial nueva) y de los comerciantes de chatarra (chatarra vieja). La chatarra obtenida de los fabricantes vuelve a ser reciclada rápidamente, pero la chatarra vieja no se consigue hasta que acaba la vida de los productos. Algunos productos tienen una vida útil bastante larga: los cables y las tuberías pueden utilizarse durante 45 años, algunos productos de latón, 30 años, los radiadores de autos, 12 años y los cables magnéticos, 10 años. Como resultado de ello, el abastecimiento de chatarra vieja está determinado en gran medida por la utilización hecha del cobre decenios antes.

8. En el próximo decenio disminuirá una fuente importante de oferta de chatarra de cobre. A lo largo de los últimos 10 años, el radiador de automóviles de cobre ha sido sustituido por el radiador de aluminio. A medida que pasa el tiempo, serán cada vez menos los coches con radiadores de cobre que sean convertidos en chatarra. Esta reducción podría compensarse por el creciente contenido de cobre de los sistemas eléctricos y electrónicos, pero este cobre está mezclado con el sistema de aislamiento y desplegado por todo el automóvil, lo que hace difícil la recuperación. Como resultado de ello, puede preverse que a lo largo de los próximos 10 años disminuya el cobre procedente del reciclado de automóviles.

#### B. El níquel

9. El níquel se utiliza principalmente como elemento de aleación en los aceros inoxidable, en los aceros aleados y en las superaleaciones. En los Estados Unidos, alrededor de una cuarta parte de la demanda se abastece con níquel reciclado. Aproximadamente una tercera parte del níquel recuperado de la chatarra procede de productos obsoletos.

10. Acero inoxidable y acero aleado. El rendimiento de los procesos de fabricación (la fracción de metal usado inicialmente que contiene realmente el componente terminado) es inferior al 60% en la fabricación de acero inoxidable y acero aleado 1/. Una tercera parte del 40% disponible para el reciclado se pierde debido a la inadecuada separación de otro tipo de chatarra.

11. Las aleaciones de níquel suelen ser muy resistentes a las altas temperaturas. Aunque esto puede ser una propiedad conveniente en una aleación, hace más difícil la separación de las aleaciones de níquel en los elementos que las constituyen. Como resultado de ello, la chatarra que contiene níquel suele reciclarse dentro de su clase particular (es decir, chatarra de acero inoxidable en acero inoxidable, chatarra de acero aleado en acero aleado). El acero inoxidable, por ser más fácil de identificar que el acero aleado, se recupera en mayor medida que el acero aleado.

12. La producción de acero inoxidable produce cantidades de níquel con polvos, partículas y otros desechos. Antes de 1982, estos materiales no se reciclaban: en 1982 una sucursal de INCO, INMETCO, empezó a explotar una planta que procesa

/...

los desechos de la producción de acero para obtener una aleación de níquel y cromo adecuada como base para volver a producir acero inoxidable. La operación de esta planta se basa no sólo en los aspectos económicos del mercado del níquel sino también en los costos de la destrucción de los desechos. Las consecuencias de esta combinación de incentivos económicos y ambientales se tratan en la sección III infra.

13. Las superaleaciones. Después del acero inoxidable, las superaleaciones son las mayores consumidoras de níquel. La mayoría de las superaleaciones se basan en el níquel, y para obtener las propiedades deseadas se añade cromo, hierro, cobalto y otros elementos. Incluso en las aleaciones con base de cobalto hay un importante porcentaje de níquel.

14. Las superaleaciones se utilizan en los motores de los aviones a reacción. Los componentes de esos motores se producen mediante una serie de etapas de fabricación en las que se retiran grandes partes del metal original en forma de partículas, escorias, polvos, y otras chatarras y desperdicios. La proporción entre el metal que entra en el proceso de fabricación y el contenido del producto final se conoce como la proporción entre "compra y vuelo". En el caso del níquel de los componentes de los motores de los aviones de reacción, la proporción "compra y vuelo" es de 7 a 1. Sin embargo, la pérdida de níquel no es tan grande como la de cobalto. Esto se debe a que aunque no es aceptable reciclar la chatarra resultante para usarla en las aplicaciones críticas de las superaleaciones, se utiliza como chatarra de elevado contenido de níquel para la producción de acero inoxidable y acero aleado. En estas aplicaciones, la chatarra de superaleación reduce la necesidad de níquel primario en la industria del acero.

15. Pese a las mayores posibilidades de reciclar níquel de la chatarra de superaleación, sigue perdiéndose una proporción importante de níquel en forma de desperdicios. Los cambios en el reciclado de la chatarra dependen de dos adelantos tecnológicos: una tecnología de manufacturación más eficaz, e incentivos para poner a punto nuevas tecnologías para el reciclado de los desperdicios. Los dos temas se tratan en la sección III infra.

#### C. El cobalto

16. El cobalto se utiliza principalmente en las superaleaciones y en los aceros de especialización, los instrumentos hechos con carburos, las aleaciones magnéticas y las pinturas y los productos químicos. El cobalto que contienen las pinturas y los productos químicos (aproximadamente una tercera parte del consumo de cobalto) es prácticamente imposible de recuperar porque está muy diseminado, es difícil de reunir y está mezclado con otros elementos. En cambio, los productos metálicos que contienen cobalto presentan grandes posibilidades de reciclado.

17. Las superaleaciones. Las aleaciones hechas a altas temperaturas para los motores de los aviones de reacción son las que más cobalto consumen. Las aleaciones para estas aplicaciones tienen que ser de la mejor calidad. En general, las normas para los componentes de las superaleaciones limitarán o prohibirán el reciclado de chatarra de superaleación para la producción de componentes críticos de los motores, aunque el mejoramiento de los procesos de refinado de la chatarra ha ampliado la gama de aplicaciones en las que puede utilizarse chatarra. Como sucede en el caso del níquel, en la fabricación de los componentes de los motores de los aviones a reacción se genera una cantidad considerable de chatarra y desperdicios de cobalto. En cuanto al cobalto de un motor de elevado rendimiento, la proporción entre "compra y vuelo" puede ser de más de 6 a 1  $\frac{2}{3}$ . En los casos en que se puede separar la chatarra clasificándola por tipos y en que las normas no prohíben la utilización de chatarra, puede volverse a elaborar parte de la chatarra del proceso de fabricación. El resto, puede venderse como chatarra (y en este caso volverá a elaborarse principalmente por su contenido de níquel y de cromo), o se desechará como chatarra.

18. Se ha desarrollado tecnología para recuperar cobalto de gran pureza a partir de la chatarra de superaleación. Aunque es técnicamente posible reciclar cobalto a partir de la chatarra de superaleación, hacerlo o no depende de las condiciones económicas. En el futuro próximo, y mientras los precios del cobalto se mantengan en sus niveles actuales o próximos a ellos, estos procesos avanzados de reciclado solamente tendrán un uso limitado. Sin embargo, si los precios aumentan rápidamente, podrían aplicarse tecnologías de reciclado que producirían otra fuente de cobalto de gran pureza.

19. Instrumentos hechos con carburos. El cobalto es importantísimo para la producción de instrumentos hechos con carburos para cortar y labrar metales. El cobalto se usa para adherir finas partículas de carburo de tungsteno. Los instrumentos cortantes tienen grandes cantidades de cobalto que puede ser recuperado. La recuperación del cobalto aumentó considerablemente durante los últimos años del decenio de 1970, pero esto se debió al mejoramiento de la tecnología del procesado más que al aumento temporal del precio  $\frac{3}{4}$ .

20. Otras aplicaciones. El cobalto se utiliza en catalizadores en plantas de refinado de petróleo. Los catalizadores se reciclan varias veces antes de que se contaminen demasiado para seguir siendo utilizados. Cuando los precios del cobalto alcanzaron su punto más alto, se manifestó interés en procesar catalizadores por su contenido de cobalto y de otros metales, pero el nuevo descenso de los precios desalentó esa tendencia.

#### D. El manganeso

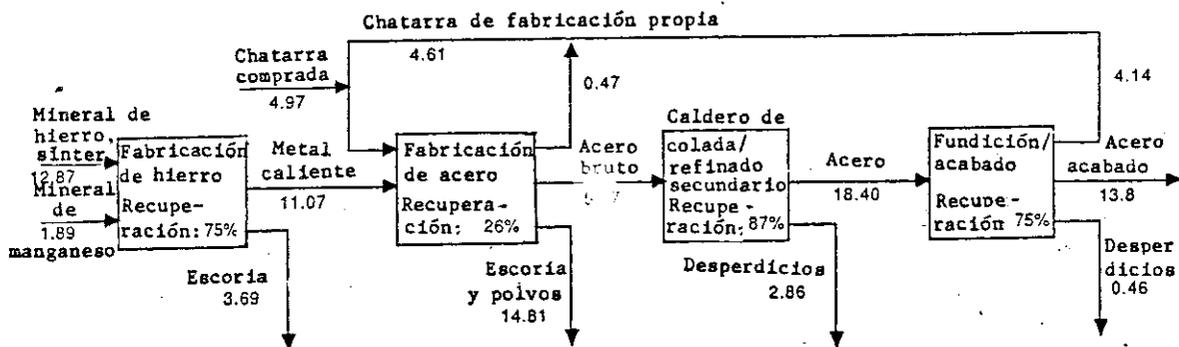
21. El manganeso es el segundo elemento de aleación que se encuentra en el acero (el primero es el carbón). Una tonelada de acero produce un promedio de 13,8 libras de manganeso en el producto final, y otras 21,8 libras en escorias, polvo y desperdicios (véase la figura 1). De las casi 36 libras de manganeso, el mineral de hierro con que se comienza el proceso de fabricación del acero

/...

contiene casi 12, y en la etapa de fabricación del hierro solamente se añaden alrededor de 2 libras de mena de manganeso. La chatarra que se añade en la etapa de fabricación del acero contiene alrededor de 5 libras, y casi 16 se añaden como ferromanganeso durante la etapa de refinamiento.

Figura 1

Corriente de manganeso en el proceso de fabricación de acero  
(libras de manganeso por tonelada de acero acabado)



22. Dado que más del 60% del manganeso que entra en el proceso de fabricación de acero lo abandona como escorias, desperdicios o polvos, parece que hay grandes posibilidades de reciclado. En la práctica, se ha investigado mucho sobre las posibilidades de recuperar manganeso de las escorias. Aunque estos procesos son técnicamente viables, no pueden competir con los bajos precios del mineral de manganeso. En la etapa de fabricación de acero hay alguna actividad de reciclado de escoria, pero se limita a una reducida cantidad y se lleva a cabo principalmente para recuperar el hierro, de modo que el flujo de fundición que contiene manganeso no es sino un beneficio añadido.

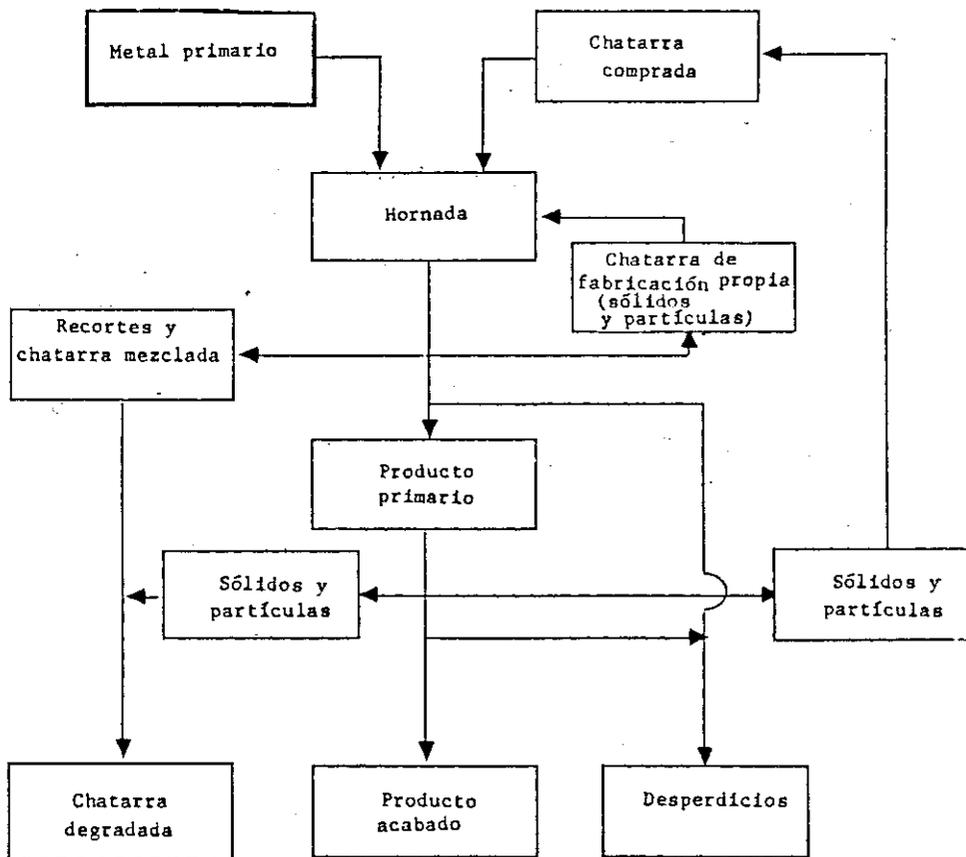
23. Como componente del acero, el manganeso se recicla siempre que se recicle el acero en un proceso de fabricación de acero. El aumento de la utilización del horno de arco eléctrico y el desarrollo de los "mini prensadores" de acero que se alimentan en gran medida con acero de chatarra tienen el efecto de recuperar manganeso al mismo tiempo que reciclan acero (los mini prensadores pueden operar con un combustible consistente únicamente en chatarra, mientras que el combustible del horno básico de oxígeno utilizado en la fabricación tradicional de acero sólo puede contener 30% en chatarra).

### III. PRINCIPALES PERSPECTIVAS DE CAMBIO EN LAS PAUTAS DE RECICLADO

24. La corriente de materiales desde la producción de metal bruto, pasando por la elaboración de las aleaciones y la fabricación de componentes y hasta la destrucción de los productos obsoletos ofrece varias oportunidades de conservación y reciclado. La figura 2 muestra la corriente de los materiales a través de las etapas de elaboración y fabricación.

Figura 2

Corriente de materiales en las etapas de elaboración y fabricación



25. Como puede observarse en la figura 2, la corriente de material primario y secundario se combina para alimentar la hornada del productor de la aleación. A esta hornada se le da forma, y la chatarra resultante (compuesta por los sólidos y las partículas que se generan durante la fabricación del material de aleación bruto) se devuelve a la hornada. Hay pequeñas cantidades de partículas y de chatarras mezcladas que no se reprocesan, sino que se recuperan para ser usadas como chatarra, aunque en este caso el material se degrada y el valor de algunos de los metales contenidos en el material puede perderse. Además, algunos de los desperdicios de metales producidos al dar forma a las aleaciones se pierden, convertidos en polvos y desperdicios contaminados que se eliminan, y se desperdicia el metal que había en ellos.

26. La etapa de fabricación es la etapa en que se da forma a las aleaciones y en que éstas se montan y se transforman en productos. En los procesos utilizados en esta etapa pueden fresarse grandes cantidades de metal que se convierte en chatarra o desperdicios. En algunos procesos, la proporción entre el metal que entra en el proceso de fabricación y el metal contenido en el producto final puede ser de 10 a 1 o mayor aún. En tales casos, el metal que no va al producto final puede reciclarse, degradarse para que algunos de esos elementos, aunque no todos, puedan reciclarse, o perderse convertido en desperdicios.

27. Este repaso de la corriente de materiales a través del ciclo de elaboración y fabricación muestra varias esferas en las que hay posibilidades de conservación y de reciclado. La etapa de elaboración, en la que la chatarra de fabricación propia se recicla de manera extensiva, puede hacerse más eficiente en cuanto a los materiales reduciendo la proporción de materiales perdidos en forma de desechos. La etapa de fabricación, con una elevada proporción insumo-producto, tiene grandes posibilidades mediante la reducción de las pérdidas debidas a haber fresado en exceso y la producción resultante de polvo, chatarra contaminada y otros desperdicios que se pierden o degradan la chatarra. La elaboración de chatarra vieja u obsoleta también puede contribuir a aumentar la oferta de metales secundarios, y a reducir de esta forma el metal primario necesario para producir una aleación concreta para la etapa de fabricación. Es posible que la pauta de reciclado cambie en el futuro. A continuación se exponen algunos de los casos más notables.

A. El cobalto y el níquel en las superaleaciones para motores de aviones a reacción

28. Las aleaciones que pueden soportar las elevadas temperaturas, las grandes presiones y los medios ambientes corrosivos a que están expuestos los motores de los aviones a reacción, conocidas generalmente como superaleaciones, son las mayores consumidoras de cobalto y las segundas consumidoras de níquel. El níquel es el principal elemento de la mayoría de las superaleaciones, y se añaden otros metales para producir las propiedades deseadas. El cobalto es un componente importante de las aleaciones que van a estar expuestas a condiciones más extremas de temperatura y presión, y en algunas aleaciones el cobalto es el elemento dominante, y el níquel un elemento de aleación.

/...

29. La fabricación de piezas de motores de aviones a reacción a partir de superaleaciones es una serie compleja de procesos. La aleación puede ser fundida o prensada a fin de darle una forma que a continuación se fresa hasta llegar a la forma definitiva. El proceso de fabricación ha sido ineficaz en extremo en cuanto al uso de materiales, con proporciones de entre 10 y 20 a 1 entre el metal comprado y el metal del producto final. Las virutas y los fragmentos del proceso de fabricación se recuperan y se vuelven a elaborar, pero suele considerarse que la chatarra resultante es de menos calidad y no se elabora para recuperar el cobalto que contiene.

30. En los últimos cinco años se han producido varios acontecimientos importantes en cuanto a la tecnología de fabricación que están cambiando la demanda de superaleaciones. Estos cambios han llevado a reducciones de la demanda de metales nuevos para las superaleaciones, y es posible que se sigan consiguiendo ahorros a medida que las tecnologías de fabricación sigan mejorando.

31. Tecnología de fundición para las superaleaciones. La tecnología de fundición ha avanzado hasta permitir que se fundan grandes componentes como una pieza única en vez de ensamblar numerosos componentes más pequeños, lo que produce importantes ahorros en chatarra y desperdicios. También se han conseguido ahorros materiales con las técnicas especiales de fundición que tienen por objeto producir partes con estructuras cristalinas especiales. La solidificación direccional, por la que se forman cristales a lo largo del álabe de la turbina, y los álabes se funden como un cristal único, utiliza menos metales y por ello reduce los desechos y desperdicios.

32. Tecnología de la forja. Aún se consiguen ahorros más importantes en las partes fabricadas mediante forja. Forjar consiste en dar la forma deseada por medios mecánicos a una pieza de material. Esta técnica puede fortalecer muchas aleaciones, además de reducir defectos del metal original.

B. Factores ambientales que llevan a un aumento del reciclado: recuperación del níquel en la producción de acero inoxidable

33. El aumento del reciclado puede estar determinado por otros factores aparte de los costos relativos del metal primario y secundario. La creciente preocupación por las cuestiones ambientales de algunos países industrializados y en vías de industrialización ha llevado al establecimiento de normas que a su vez han aumentado el reciclado como medio de reducir la producción de desperdicios nocivos y tóxicos que en caso contrario tendrían que eliminarse por medios costosos.

34. Un ejemplo importante es la eliminación de los desperdicios de la producción de acero inoxidable. En la industria de fabricación de acero inoxidable, la chatarra originada en el proceso de producción se recicla y convierte en chatarra de fabricación propia, o se pierde eliminada como desecho. En los desechos se incluyen partículas, escorias, polvos y otros materiales cuyo contenido metálico puede ser bajo o estar contaminado por otros materiales. Antes de 1978 no existía proceso económico alguno para recuperar los polvos, las partículas y las virutas de las plantas de producción de acero inoxidable. Desde un punto de vista puramente económico, eran pocos los incentivos para hacer otra cosa que desechar estos materiales.

35. El cromo que contienen los desperdicios del acero inoxidable puede formar varias sustancias tóxicas. Cuando se establecieron normas que exigían someter estos desechos a un tratamiento especial, los costos de eliminación aumentaron considerablemente. INCO, un importante productor de níquel, empezó a investigar enfoques distintos para hacer frente a este problema. Las investigaciones de INCO llevaron a un proceso por el que los desperdicios de baja calidad resultantes de la fabricación de acero, se tratan y recuperan, y se transforman en producto adecuado para ser vendido a los fabricantes de acero. La capacidad de la primera planta, inaugurada en 1978, permitía procesar 47.000 toneladas de desperdicios por año, que producían 25.000 toneladas de metal con un contenido de 2.000 toneladas de níquel. Este producto es apto para ser elaborado y transformado en algunas de las 300 series de acero inoxidable (el acero inoxidable más popular).

36. Se han desarrollado otros procesos de tratamiento de desperdicios para los desechos resultantes de otros procesos de fabricación de acero, por los que también se puede recuperar níquel y otros metales. Los desperdicios de la industria química, los talleres de laminación de metales y otras industrias también pueden ser fuentes de obtención de metales. La decisión de construir y poner en funcionamiento este tipo de instalaciones vendrá dictada más bien por las reglamentaciones del medio ambiente que por consideraciones económicas de los mercados del níquel y otros metales. Sin embargo, dado que la venta de productos metálicos puede proporcionar incentivos económicos a las plantas de tratamiento de desperdicios, es probable que la recuperación de estos metales se convierta en un subproducto y sea sometida cada vez a más normas sobre la eliminación de desperdicios nocivos. No obstante, conviene señalar que la recuperación de metales a partir de los desperdicios de la fabricación de acero seguirá limitándose probablemente a varios miles de toneladas.

#### C. La tecnología futura de fabricación de acero

37. El manganeso se utiliza sobre todo en la producción de acero y de aleaciones de acero. El manganeso se utiliza en el acero para obtener diversas propiedades, incluido el control del sulfuro para hacer más fácil de labrar el acero y aumentar su dureza y resistencia al desgaste. Dado que el manganeso no se produce como producto primario, las perspectivas de reciclado y conservación dependen casi por completo de las prácticas de la industria del acero. Como resultado de los cambios en las prácticas de la fabricación del acero y de la demanda de los consumidores, es probable que la demanda de manganeso por tonelada de acero producido disminuya a lo largo de los 10 ó 20 próximos años.

38. Un factor que lleva al reciclado y a la conservación del manganeso es el horno de arco eléctrico. La retención de manganeso en el acero crudo es mayor con el horno de arco eléctrico que con el horno básico de oxígeno utilizado en la mayor parte de la industria del acero. A medida que crece el número de talleres de acero que utilizan hornos de arco eléctrico, este aumento de la eficiencia entrañará una reducción de los requisitos relativos a las adiciones de manganeso en la etapa del refinado. Las mejoras en la operación y en el diseño de los hornos básicos de oxígeno también aumentarán la retención de manganeso - posiblemente con un incremento de alrededor del 25% a entre el 40% y el 60%.

39. La creciente demanda de acero refinado está llevando a un aumento de la utilización del caldero de colada y del refinado secundario. Como resultado de ello se están reduciendo los niveles de oxígeno y azufre lo que, a su vez, también está reduciendo la necesidad de añadir manganeso en esta etapa. Además, el creciente control sobre el contenido de la aleación resultante de la metalurgia por caldero de colada permite al fabricante de acero controlar con más precisión las adiciones de manganeso y evitar añadir más manganeso de lo necesario para cada composición de acero.

40. En 1982, aproximadamente el 39% del manganeso utilizado durante el proceso general de fabricación de acero (véase la figura 1), se conservaba en el producto final. Se calcula que el efecto neto del conjunto de las mejoras conseguidas en la tecnología de fabricación del acero y en los procedimientos de operación aumentan la tasa de retención hasta entre el 44% y el 54% 4/.

41. En el cuadro 1 se resumen las reducciones de los insumos de manganeso introducidos en el proceso de fabricación de acero que podrían conseguirse. Reducir el contenido de manganeso del mineral de hierro contribuye a reducir el insumo de manganeso del mineral de hierro y el sinter, al igual que la creciente utilización de los hornos de arco eléctrico con su correspondiente disminución del uso de hierro y aumento de la utilización de chatarra. El aumento de la contribución de manganeso obtenido de chatarra también se debe en parte a la mayor utilización del horno de arco eléctrico en la industria del acero. La reducción de la adición de ferroaleaciones de manganeso se debe a la mayor retención de manganeso durante la producción de acero bruto y al recurso a la metalurgia de caldero de colada y al refinado secundario para desoxidar y desulfurizar el acero, lo que a su vez reduce la cantidad de manganeso necesario para obtener las propiedades deseadas.

#### Cuadro 1

Utilización pasada y prevista de manganeso en la producción de acero en los Estados Unidos

		<u>Proyecciones para el año 2000</u>		
	<u>1982</u>	<u>Previsto</u>	<u>Mínimo</u>	<u>Máximo</u>
Mineral de manganeso	1,9	1,2	1,0	1,5
Aleaciones férreas de manganeso	15,9	8,3	5,5	12,2
Mineral de hierro y sinter	12,9	8,5	7,1	10,1
Chatarra ferrosa comprada	5,0	6,8	6,6	6,9
Total	35,7	24,8	20,2	30,7

/...

D. El cobre en las industrias eléctrica y electrónica

42. La función cada vez mayor de la electrónica requiere una constante utilización del cobre para fabricar productos eléctricos y electrónicos. Por ejemplo, el automóvil moderno contiene cobre en el sistema de instalación alámbrica, en las bobinas del mecanismo de arranque y en los alternadores, en los indicadores y en marcadores de instrumentos y en el creciente número de componentes computadorizados que controlan diversos factores, desde la mezcla de combustible a la temperatura del aire.

43. La elevada proporción de cobre que contienen algunos productos de consumo como los automóviles entraña un cambio importante en la función del cobre secundario en los mercados de cobre del futuro. El cobre se utiliza en muchas aplicaciones en que, una vez obsoleto el producto, resulta fácil de identificar y recuperar. Los principales productos de cobre (tendido eléctrico para los sistemas de energía y comunicaciones, sistemas de instalaciones sanitarias de los edificios, equipo de fábrica, equipo de suministro de energía) proporcionan una fuente importante y fácil de identificar de chatarra de cobre una vez terminada su vida activa. Sin embargo, el cobre de la electrónica de consumo está mezclado con cantidades importantes de otros materiales, metales y no metales, y los productos pueden estar extendidos en grandes zonas o son destruidos por los sistemas municipales de eliminación de desperdicios.

44. El reciclado del cobre a partir de productos electrónicos requerirá sistemas de gran escala para separar los desperdicios, identificar el cobre y recuperarlo de manera efectiva en cuando a costos. Los alicientes económicos de estos procesos no se limitarán exclusivamente a la recuperación del cobre. Acaso también presente incentivos financieros la recuperación de otros metales (en la chatarra electrónica también hay metales del grupo del oro, la plata y el platino), así como la producción de energía de materiales de desechos. La construcción de servicios de eliminación de desechos acaso dependa de las normas relativas a la eliminación de desperdicios más que de consideraciones puramente económicas.

IV. RESUMEN

45. Los factores determinantes de la creciente importancia del reciclado y la conservación en los mercados de metales serán el rendimiento y la protección del medio ambiente. Solamente en caso de que los precios de un metal registren un aumento enorme (como sucedió en 1979 con respecto del cobalto) se pondrán a punto nuevas tecnologías de reciclado basadas únicamente en el rendimiento económico de la recuperación y la elaboración de la chatarra.

46. La búsqueda de un mayor rendimiento hará sentir sus efectos sobre todo en la demanda de metales para el mercado de motores de aviones. Las tecnologías de fabricación que tienen por objeto reducir el número de etapas de fabricación también reducirán la cantidad de funciones de fresado y, por lo tanto, la producción de desechos y chatarra. La reducción de desechos tendrá un efecto directo en la reducción de la demanda de metal por la industria. Sin embargo, la reducción de la chatarra podría en la práctica aumentar la demanda de níquel en las industrias que ahora utilizan chatarra de superaleación como

alimento para sus aleaciones, pero ejercerá escaso efecto en la demanda de cobalto, dado que la chatarra de superaleación degradada suele pasar a convertirse en alimento para aleaciones que requieren níquel y no valoran especialmente el contenido de cobalto.

47. Si se produjeran aumentos importantes en los precios del cobalto o del níquel, acaso empezarían a aplicarse nuevos procesos de reciclado de superaleaciones. Como consecuencia de las anomalías del mercado del cobalto de 1979 se elaboraron procesos de reciclado de esta índole, pero cuando los precios volvieron a reducirse y estabilizarse desapareció la presión para aplicar esos procesos. Sin embargo, la tecnología está en "reserva" y podría aplicarse en un breve período de tiempo si fuera necesario.

48. La conservación del medio ambiente llevará a un aumento del reciclado. Los desperdicios de la fabricación de acero inoxidable ya se reciclan, y en el proceso se recupera una proporción importante de níquel que anteriormente solía desperdiciarse. La reglamentación de la eliminación de los desperdicios nocivos también aumentará la producción de metal a partir de desperdicios, lo que llevará a economizar en el tratamiento de los desperdicios.

49. Otra de las consideraciones ambientales afectará al automóvil obsoleto. El desecho de automóviles al finalizar su vida útil produce anualmente millones de esqueletos de chatarra. Cada vez se ejerce más presión, en base a consideraciones ambientales, para hacer frente al problema de los coches obsoletos. Los cambios en la composición de los automóviles, que los han convertido en una mezcla compleja de acero, aluminio, cobre, zinc, aleaciones y plásticos, impiden la utilización directa de los automóviles como material de alimentación para la fabricación de acero. El mejoramiento de la tecnología para desguazar automóviles y separar la chatarra resultante llevará a un mayor reciclado del acero, el aluminio y otros metales, incluidos el níquel y el cobre.

50. En la fabricación de acero, que es el principal mercado del manganeso, se reducirá la intensidad del consumo de manganeso debido a la vez a las mejoras conseguidas en la tecnología de la fabricación de acero y a los cambios de la demanda de aleaciones que contienen menos manganeso. El incremento del reciclado de la chatarra de acero producirá un reciclado similar del manganeso que contiene la chatarra de acero.

Notas

1/ Scott F. Sibley, "Nickel" en Mineral Facts and Problems, Oficina de Minas de los Estados Unidos, 1985, pág. 543.

2/ M. M. Allen, D. S. Halpap, y M. A. Siegal, "Manufacturing Developments to Reduce Strategic Materials Usage", en Materials Substitution and Recycling, Advisory Group for Aerospace Research and Development Proceedings No. 356, 9 a 14 de octubre de 1983. Por ejemplo, la producción del motor de avión a reacción FICO requería 885 libras de cobalto, 142 de ellas para el motor, mientras que el resto pasaba a convertirse en chatarra y desperdicios.

3/ Office of Technology Assessment, Congress of the United States, Strategic Materials: Technologies to Reduce U.S. Materials Import Vulnerability, 1985, pág. 24.

4/ G. R. St. Pierre, y otros, Use of Manganese in Steelmaking and Steel Products and Trends in the Use of Manganese as an Alloying Element in Steels, Congreso de los Estados Unidos, 1983.

-----