

379626

P.- 44.611

Canadian  
Ser. Nos 7587 and 7588  
Div.

379626

SECCION TECNICA  
 SECCION P C  
 622 Bol  
 SUBCLASE b K

**Memoria descriptiva**

26 JUN 1971



para solicitar PATENTE DE INVENCION por 20 años

a nombre de IONARC SMELTERS LTD. (N.P.L.)

entidad / ~~de nacionalidad~~ canadiense

con domicilio en 850 West Hastings Street, Vancouver, British  
Columbia, Canadá

por: " UN APARATO PARA TRATAR CONTINUAMENTE UN MATERIAL NO  
GASEOSO CAPAZ DE FLUIR " (Clase Internacional C23b )

28 JUN



Esta Invención se refiere en general a un procedimiento para efectuar reacciones químicas. Más concretamente se refiere a un procedimiento para efectuar reacciones químicas en menas y compuestos metálicos a alta temperatura y, específicamente, está relacionado con la obtención de metales a partir de menas en una sola o una pluralidad de etapas.

El alcance de esta Invención es, necesariamente, muy amplio, ya que la nueva técnica aquí descrita es utilizable para la producción de muchos metales así como para otras muchas reacciones químicas.

Existen muchos métodos conocidos para obtener metales partiendo de sus menas, y un gran número de ellos son de naturaleza piro-metalúrgica. Algunos metales se obtienen con relativa facilidad partiendo de sus menas, por ejemplo el cobre y el hierro, mientras que otros se obtienen con extrema dificultad, por ejemplo, el titanio y el zirconio. La facilidad de extracción se refleja, como es lógico, en la disponibilidad y el precio del metal. Conforme avanza la tecnología crece la demanda de metales tales como el niobio, el tántalo y el titanio, y por consiguiente se están dedicando muchos esfuerzos para extraer estos metales mas económicamente.

Uno de los objetos de la presente Invención es el de proporcionar un procedimiento para efectuar reacciones químicas.

Un objeto más concreto es el de proporcionar un procedimiento para efectuar reacciones químicas, que implica un compuesto metálico.

Otro objeto más concreto es el de proporcionar



28 JUN

un procedimiento para obtener un metal partiendo de su mena, en particular para obtener metales que son difíciles de extraer de sus menas.

Otro de los objetos de la Invención es el de proporcionar un procedimiento más efectivo para obtener un metal partiendo de su mena.

Un objeto específico de la presente Invención es el de proporcionar un procedimiento para la cloración selectiva del platino y de otros metales preciosos existentes en una mena.

Se ha descubierto que los objetos de la Invención pueden conseguirse estableciendo una zona térmica de entalpía elevada, inyectando los reactivos, uno de los cuales, por lo menos, es un sólido en forma de partículas o un líquido, en dicha zona, proporcionando un tiempo de permanencia adecuado para calentar y disociar una parte al menos de dichas sustancias reaccionantes en dicha zona, con lo que tiene lugar la reacción química deseada.

El procedimiento incluye, preferentemente, la separación de los diversos productos de la reacción.

Mediante otro aspecto de la Invención se proporciona un procedimiento que comprende: Establecer un arco eléctrico o una pluralidad de arcos eléctricos controlados; inyectar compuestos químicos finamente divididos dispersos en un gas, en la zona térmica de entalpía elevada resultante y calentar y disociar al menos, parte de dichos compuestos en dicha zona, con lo que tiene lugar la deseada reacción química. Los productos de reacción se recogen en un sistema colector adecuado para asegurarse de que los productos deseados quedan en una forma apropiada para su tra-

tamiento ulterior.

Por "zona térmica de entalpía elevada" se entiende una zona en la que se mantiene una temperatura promedio elevada, por ejemplo en un arco de plasma de intensidad elevada, o un reactor nuclear, en contraposición con un arco de descarga luminiscente o un arco de descarga silenciosa (a que generalmente se hace referencia como arco intrasferido), o un reactor de "atomo frio". Se define un arco de plasma de intensidad elevada como una condición de arco eléctrico que se establece entre dos electrodos por lo menos, cuya condición de arco tiene una característica de resistencia eléctrica positiva, es decir, un aumento de corriente va acompañado por un aumento de voltaje a través del arco. En una realización particular, este arco de plasma de intensidad elevada, se obtiene mediante un arco mantenido entre dos electrodos de grafito que están sobrecargados para que los electrodos se vaporicen y consuman, al menos parcialmente. En característica de un arco de intensidad elevada una llama de cola y uno de tales arcos, en un gas diatómico, puede generar temperaturas del orden de los 4000 - 85000º C, con velocidades de gas relativamente bajas, comparadas con las velocidades de gas en los arcos del tipo "intransferido". La condición de arco de intensidad elevada puede obtenerse tambien, con otras disposiciones, por ejemplo, una disposición en la que un ánodo es poroso y se suministra un gas a la región del arco a través de los poros del ánodo.

En un procedimiento particular, se establece un arco eléctrico entre material electródico que contiene carbono y el material electródico está sobrecargado para esta-



blecer una condición de arco que tiene una característica de resistencia eléctrica positiva y produce una zona alargada de entalpía elevada a partir del arco principal, a lo largo de la llama de cola. Se introduce una mena, en forma de partículas, en un punto al frente de la zona del arco para que fluya a través de la zona del arco y de la llama de cola a lo largo del eje de la zona de entalpía elevada, y se recogen después los productos en un sistema colector, de forma que quedan en un estado adecuado para su tratamiento posterior. Generalmente, para su introducción y paso a través de la zona de entalpía elevada, la mena es arrastrada en un gas de transporte.

En un procedimiento particular, la zona térmica de entalpía elevada se establece en una atmósfera que contiene un halógeno o un haluro, y se introduce la mena en forma de partículas a través del arco, para proporcionar una reacción química que hace que el platino sea más capaz de separación mediante las técnicas comerciales conocidas. En otro procedimiento específico se establece la zona de entalpía elevada en una atmósfera reductora y se introduce la mena que contiene níquel y cobalto, a través del arco, en la zona de entalpía elevada, produciendo una reacción química que hace más fácil la recuperación de los metales mediante técnicas comerciales.

Se ha intentado, en épocas pasadas, fundir menas utilizando antorchas de plasma intrasferido, es decir, antorchas en las que el arco termina dentro de la antorcha de plasma y el gas que forma el plasma se hace pasar a través de la región del arco en la que sale desde la antorcha como plasma libre, pero con poco éxito, ya que, hasta la



fecha, ha sido difícil alimentar partículas sólidas o líquidas a la zona térmica de energía elevada o región del arco, sin taponar ú obstruir la zona de reacción, o contaminar los electrodos, o retener los reactivos en la zona de energía elevada lo bastante para conseguir la reacción deseada. Los sistemas de reacción anteriores que han tenido éxito empleando arcos de plasma se han limitado, comúnmente, a reactivos gaseosos en la zona de energía elevada del arco intrasferido.

Por primera vez es posible emplear económicamente reactivos sólidos o líquidos en la zona de energía elevada de un arco de plasma y obtener rendimientos y cantidades reales, como se describe mas adelante. El éxito del procedimiento presente debe atribuirse al hecho de que se emplea una zona de entalpia elevada, típicamente, un arco de intensidad elevada, en el que el material electródico es vaporizado. La vaporización de los electrodos parece que tiene por efecto el que los electrodos se auto-purifiquen y se eliminan los problemas de obstrucciones y contaminación encontrados anteriormente. Si bien Shear y Korman, en las Patentes de EE. UU. 2.616.843 y 3.099.614, estiman que puede emplearse un modo de intensidad elevada, ellos consideraron, al objeto de conseguir el adecuado contacto de la mena con la zona del arco, que la mena debe estar incorporada al electrodo.

Otro de los objetos de esta Invención es el de proporcionar un aparato mejorado para el tratamiento de materiales en forma de partículas, a temperatura elevada. Todavía otro objeto de esta Invención es el de proporcionar un aparato mejorado para la obtención de metales a



partir de menas, concentrados o residuos que contienen determinadas cantidades de metal.

Ampliamente, el aparato de la presente Invención comprende: Un generador del arco de intensidad elevada, que establece una zona alargada de entalpía elevada; medios para proporcionar una atmósfera controlada en torno a dicho arco, para que se establezca, por el arco, una condición de flujo del material a través de la zona de entalpía elevada; medios para inyectar el material a tratar, parte del cual, al menos, es sólido ó líquido, en la región del arco, por paso a través de la zona de entalpía elevada, con suficiente tiempo de residencia en dicha zona para que tenga lugar el tratamiento deseado; y medios para recuperar los productos deseados en forma estable. Puede conseguirse una utilización mejorada de menas, mediante el procedimiento y el aparato presentes, que pueden emplearse para muchas reacciones, de las cuales son ejemplos típicos las siguientes:

Oxidos metálicos a metales.  
Oxidos metálicos a haluros metálicos  
Haluros metálicos a metales.  
Disociación de minerales complejos a compuestos sencillos.

Cuando se tratan, normalmente, menas o concentrados para extraer el metal principal contenido, la ganga, que está constituida, por lo general, por óxidos y silicatos de metales tales como hierro, aluminio y magnesio, y que pueden constituir un porcentaje elevado del peso total, se recupera como escoria metalúrgica u otra forma de

26 JUN



sub-producto residual. En el procedimiento que aqui se describe cantidades aumentadas de compuestos minerales, cantidades de metales y gangas minerales, pueden modificarse y transformarse en compuestos puros de valor comercial, por ejemplo  $Al_2O_3$ ,  $MgO$ ,  $SiO_2$  amorfo o Al y Mg metálicos, además del metal principal.

Se describe, seguidamente, la Invención con más detalle, haciendo referencia a los dibujos que se acompañan, en los que:

La figura 1 es un esquema de regímenes típicos de descarga de un arco.

La figura 2 es un croquis esquemático de una realización del aparato utilizado en el procedimiento presente.

La figura 3 es un diagrama de un sistema que incorpora el aparato mostrado en la figura 2.

La figura 4 es un diagrama de flujo, esquemático, de una realización de la Invención.

La figura 5 es un diagrama de flujo, esquemático, de la realización de la Invención indicada en la figura 4, con algunos de los requisitos eléctricos.

Según se ha indicado anteriormente, la presente Invención se refiere a zonas térmicas de entalpía elevada y la Invención se describirá en particular, con referencia a arcos de intensidad elevada. Los arcos de intensidad elevada pueden diferenciarse de otras formas de descarga de arco, tal como se han utilizado en la técnica anterior y las diversas formas estan resumidas en la figura 1, que es esquema que muestra la regímenes de descarga típicos en relación con la densidad de corriente y la pre-



sión/intensidad de campo, y que está basado en la publicación "Chemical Kinetics of Gas Reactions" por V.N.Kondrat'ev, editado por Addison y Wesley, 1964. Dichos arcos de intensidad elevada se producen a densidades de corrientes muy altas, en contraposición a una descarga silenciosa, por ejemplo, que se produce a densidades de corrientes bajas.

Haciendo referencia ahora a las figuras 2 y 3, se muestra en ellas un horno conforme a la presente Invención, junto con algo del equipo auxiliar asociado con él.

El horno, indicado en general en 1, comprende una cámara de reacción 2 construida, preferentemente, de un material resistente a la corrosión, como por ejemplo, acero inoxidable, en el que los soportes de los electrodos 3 y 4 sobresalen a través de los anillos para encerrar herméticamente al gas, 5, y los discos aislantes cerámicos 6, situados en la tapa 12. Los soportes de electrodos 3 y 4 están preferentemente refrigerados por un fluido, a través de las entradas 7, y de las salidas 8, y según el suministro de energía proyectado pueden fabricarse de cualquier buen conductor eléctrico, como por ejemplo, wolframio, cobre-teluro, cobre, aluminio, o diversas combinaciones de los mismos. Los soportes de los electrodos, 3 y 4, están adaptados de manera que pueden ajustarse tanto vertical como horizontalmente, con objeto de mantener la separación entre los electrodos durante la operación.

Se ajustan electrodos de grafito 9, en los soportes 3 y 4 por medios conocidos como, por ejemplo, sujetándolos por grapas, o atornillándoles y durante la operación las puntas de dichos electrodos se vaporizan, en

28 JUN 1971

una operación de auto-limpieza, y proporcionan también carbón que puede actuar como reductor de los materiales alimentados o, simplemente, puede escapar como un óxido de carbono. Los electrodos de grafito son los más adecuados para este uso pero en determinadas circunstancias, puede utilizarse otros materiales electródicos que no deben contaminar o interferir con las reacciones descritas. Se suministra energía a los soportes de los electrodos mediante los cables de conducción 10 y 11, procedente de una fuente de energía (que no se indica). En la presente Invención pueden emplearse tanto fuentes de corriente alterna como de corriente continua, lo que depende del tipo de material que se trata, de la configuración específica de los electrodos y del suministro de energía disponible. En la realización mostrada en la figura 2 se encontró adecuado un suministro de corriente alterna, y era, convenientemente, de unos 55 voltios y unos 1150 amps. a 400 Hz. Con este suministro de energía se encontró que las dificultades con que se tropezó para el mantenimiento de un arco estable, a una separación de electrodos adecuada para introducir la alimentación, podían vencerse, al menos parcialmente, superponiendo una corriente de alta frecuencia, bajo amperaje, alto voltaje al suministro de energía principal. Típicamente puede emplearse una corriente de 6 kw 5mHz. Alternativamente, o adicionalmente, puede pre-ionizarse al menos una parte de un gas portador, antes de pasar entre los electrodos principales 9, asegurando con ello un paso de conducción continuo para el suministro de energía principal. El citado gas portador se pre-ioniza convenientemente en una unidad de pre-ionización, montada también en la

26 JUN 1970



tapa 12. En la figura 2 se muestra esta unidad por encima de los electrodos 9, por conveniencia, y puede apreciarse que este horno puede funcionar tanto en un plano horizontal como en uno vertical.

5                   La unidad de pre-ionización 14, comprende una cabeza de control conectada a tierra, 17, montada a través de discos cerámicos 6 y equipada con serpentines exteriores de refrigeración por agua 18. Un electrodo anular enfriado por agua, 19, preferiblemente de wolframio, forma el extremo inferior de la cabeza de control 17, Un electrodo 20, preferentemente también en tungsteno, está montado en un soporte 21, verticalmente, por encima del anillo de dicho electrodo 19, y equipado con un botón de ajuste de altura 22, que gira el soporte 21 en la parte rosca-  
10 da 23, para ajustar la posición del electrodo 20. Se suministra energía al electrodo 20, mediante un conductor 24, procedente de un suministro de energía que no se indica. Se establece un arco entre los electrodos 19 y 20 y se hace pasar un gas, preferentemente, pero no esencialmente, un  
15 gas inerte, a través de la zona del arco 25, desde la entrada 26, generando un plasma de baja intensidad 30. El argón o el nitrógeno son gases especialmente adecuados en la unidad de pre-ionización. Se proporciona fluido refrigerante al electrodo 19, mediante las entradas 27 y  
20 las salidas 28. Cuando la zona del arco 25, esta establecida, se introduce un gas portador para el plasma principal entre los electrodos 9, al plasma de pre-ionización, mediante las entradas, 29. La corriente de gas pre-ionizado 30, se concentra por encima de los electrodos principa-  
25 les y los gases parcialmente ionizados son transportados  
30

18.5.70

370626



6000

5 al arco principal de intensidad elevada 15, generado entre las puntas de los electrodos 9. Cuando la corriente de plasma- pre-ionizado, 30, el arco principal 15, y la llama de cola 16, están estabilizados, puede comenzarse la alimentación de la mena e introducirse en el horno, mediante las entradas 29, mezclada con el gas portador de plasma de intensidad elevada, que puede ser un gas inerte, pero más generalmente es un gas reactivo, como por ejemplo, gas natural, aire o hidrógeno. La mena, u otras sustancias reaccionantes sólidas o líquidas, se almacenan en una tolva de alimentación convencional, provista de un alimentador convencional para hacer salir el material alimentado desde la tolva a una velocidad uniforme, controlada y determinada previamente.

15 Después de pasar a través del plasma pre-ionizado de baja intensidad 30, el arco principal 15 y la llama de cola 16, los reactivos se enfrían en la cámara de reacción 2. La cámara 2 incluye una parte lateral paralela 35 y una sección ahusada, tronco-cónica 36, y puede incluir medios de enfriamiento controlado externos e internos, tales como pulverizaciones de agua, o chorros de gas refrigerante (que no se muestran), para regular la temperatura a diversos niveles en la cámara de reacción. Es necesario que la cámara de reacción sea de suficiente volumen para contener la llama de plasma 16, y para permitir un tiempo de permanencia suficiente para completar las reacciones y efectuar un grado suficiente de enfriamiento. Un lavador húmedo convencional, de alta eficacia 38 (figura 3) puede conectarse directamente a la salida 37, de la cámara de reacción. Este lavador tiene el triple propó-

26 JUN



sito de eliminar calor del efluente, tanto gaseoso como sólido, recoger los productos sólidos, y disolver los productos solubles de las reacciones químicas. Puede emplearse, facultativamente, un circuito de recogida adicional, que incluye un separador magnético (indicado esquemáticamente en .40) y una sección de envasado 42.

En la realización mostrada en las figuras 2 y 3, se emplea un solo par de electrodos, pero los expertos en la técnica podrán apreciarse que puede emplearse una pluralidad de electrodos. Fundamentalmente el funcionamiento de tales realizaciones es el mismo que el de las figuras 1 y 2, y puede hacerse trabajar con suministro de corriente alterna o continua.

Para la operación, el material que constituye la alimentación, por ejemplo una mena, se prepara reduciendo al tamaño de partícula de manera que aproximadamente el 100% pase a través de 30 mallas, mediante cualquiera de las técnicas normales de acondicionamiento de menas, seguido de desecación completa.

La alimentación preparada se almacena en una tolva de alimentación 31, que tiene una velocidad de descarga uniforme regulada, se mide a través de un sistema de válvulas rotatorias 32, o de dispositivos similares que sirven de cierre hermético al gas, para evitar el retorno de gas del horno, y después se dirigen a un dispositivo mezclador 34, donde se mezcla con un gas portador que entra por la entrada 33. El gas portador puede ser relativamente inerte, por ejemplo, nitrógeno o argon, o puede ser una de las sustancias reaccionantes, por ejemplo cloro, monóxido de carbono, aire u oxígeno, lo que depende



de las reacciones deseadas. En las realizaciones del aparato indicadas en las figuras 1 y 2, la alimentación y el gas portador se inyectan por las entradas 29 en la llama de gas 30, producida por la unidad de pre-ionización 14, que es convenientemente, una antorcha convencional de plasma de corriente alterna que genera, típicamente, una llama de unos 6,4 mm. de diámetro y de unos 2,5 cm. de larga, con un suministro de energía de 10 KW.

Los materiales que constituyen la alimentación están suspendidos, de esta manera, en una corriente de gas parcialmente ionizado que se dirige entonces a la zona térmica de entalpía elevada del arco principal 15, y la llama de cola 16, producida sometiendo a sobrecarga los electrodos de grafito 9, que están conectados a una fuente de corriente alterna de 400 ciclos (que no se indica). Se ha descubierto que es deseable la corriente de gas pre-ionizado para mantener un camino eléctrico entre los electrodos de grafito, pero que si la separación entre electrodos se aumenta, por ejemplo con objeto de aumentar la alimentación, el circuito puede interrumpirse y el arco extinguirse. Con objeto de evitar ésto y asegurar el funcionamiento continuo del arco, puede conectarse una corriente de cinco megaciclos, procedente de un oscilador, a través de los electrodos de grafito 9. Esta corriente de alto voltaje y bajo amperaje, proporciona una superficie ionizada, constantemente presente, a través de los electrodos, para la corriente de 400 ciclos. Alternativamente, puede aplicarse a través de los electrodos 9, una corriente continua de voltaje relativamente bajo, en cuyo caso la corriente de alta frecuencia superpuesta es innecesaria pa-



ra prevenir la extinción del arco. Otros metodos para es-  
tabilizar el arco resultarán evidentes para los expertos  
en la técnica. La potencia alimentada a los electrodos 9,  
puede variar en una zona extensa, y el diámetro de los  
5 electrodos puede variar también con la potencia alimenta-  
da, con objeto de mantener una densidad de corriente ele-  
vada en la superficie del electrodo, suficiente para pro-  
ducir una característica de resistencia positiva en el ar-  
co principal 15. Cuando se emplean electrodos múltiples,  
10 puede no ser necesaria la pre-ionización del gas portador  
y el precalentamiento de la alimentación y, por consiguien-  
te en algunos casos puede omitirse la unidad de pre-ioni-  
zación. Similarmente, puede no ser necesario aplicar una  
corriente superpuesta a la corriente del arco principal,  
15 con objeto de estabilizar el arco.

Como apreciarán fácilmente los expertos en la  
técnica del arco de plasma, la llama de cola generada en  
una antorcha de plasma de intensidad elevada, empleando  
electrodos consumibles, puede tener hasta 45 cm. de larga  
20 a 50 KW o aun más larga, que depende la potencia utiliza-  
ble, y puede tener una temperatura de 8.000 - 10.000° C  
en la base. La llama tiene una velocidad relativamente  
baja y por consiguiente es posible obtener tiempos de re-  
tención extremadamente largos, para los materiales pasa-  
dos a través de la llama. Además, el grado de ionización  
25 en la llama de cola de un plasma de intensidad alta, puede  
ser tan elevado como el 10 - 40 %, en contraposición a un  
arco de intensidad baja, donde la ionización rara vez ex-  
cede del 5 %. En este estado altamente energético los io-  
nes libres vuelven a combinarse según las leyes normales  
30



cinéticas y termodinámicas, buscando el estado energético más bajo. Algunas reacciones pueden tener lugar en la zona de plasma de temperatura muy alta, pero otras pueden tener lugar a medida que los reactivos se enfrían por debajo de la temperatura de disociación del producto deseado, al dejar la zona de entalpía elevada. En muchos casos puede producirse el metal libre, mientras que en otros se producen compuestos metálicos sencillos, de materiales de partida complejos, que pueden extraerse entonces mediante procedimientos normales pirometalúrgicos o hidrometalúrgicos. Todavía, en otros casos, puede formarse un compuesto metálico adecuado para un tratamiento posterior a través de la zona de plasma, bajo un medio de tratamiento diferente, para producir el metal libre en un procedimiento en dos etapas.

La llama de cola del plasma se dirige desde el arco de intensidad elevada a la cámara de reacción y enfriamiento 2, donde puede conseguirse un enfriamiento controlado por medio de pulverizaciones de agua externas o internas (no mostradas), chorros de gas refrigerante u otros medios. Se ha descubierto que muchas de las reacciones deseadas ocurren cuando las sustancias reaccionantes se han enfriado a unos  $1.093^{\circ}\text{C}$ , pero esta temperatura depende enteramente de las sustancias reaccionantes en particular y, según se ha indicado anteriormente, el enfriamiento no es esencial en todos los casos.

Los productos de horno, tanto sólidos como gaseosos, salen directamente de la cámara de reacción y, como se esquematiza con mayor claridad en las Figuras 4 y 5, que son diagramas de flujo del procedimiento, pueden ser reco-



gidos en una serie de lavadores húmedos y otro equipo convencional para la recogida de polvos. Las soluciones y los sólidos recuperados del sistema de manipulación del gas, se tratan para recuperar cantidades de metal (en forma de metales refinados o compuestos que pueden comercializarse), mediante técnicas metalúrgicas convencionales.

EJEMPLO 1

En las series de ensayos que se relacionan en esta Memoria, se utilizó como materia prima un Residuo de Lixiviación procedente de la Sherritt-Gordon Mines Ltd. Este residuo es un producto residual relativamente complejo resultante de la lixiviación a presión de un concentrado de Ni-Co y que contiene, todavía, cantidades de níquel y cobalto combinados, en una forma que no se consideró recuperable con anterioridad.

TABLA 1

Análisis principal representativo del Residuo de Lixiviación.

20	Níquel	(Ni)	0,85 %
	Cobalto	(Co)	0,19 %
	Cobre	(Cu)	0,13 %
	Hierro (Total)	(Fe)	47,48 %
	Azufre (Total)	(S)	10,67 %
25	Carbono	(C)	2,35 %
	Sustancias insolubles en ácidos	(SiO <sub>2</sub> , etc)	21,90 %

Antes de efectuar cada ensayo, el horno (como se indica en la Figura 2), las unidades de recogida de polvos y todas las superficies interiores se limpiaron completa-



mente para evitar la contaminación y asegurar las condiciones tipo. El material de alimentación se pesó en la tolva alimentadora. Los generadores de 400 ciclos para la unidad de pre-ionización y la unidad principal fueron puestos en  
5 funcionamiento y sincronizados. La unidad de pre-ionización se puso después en marcha, empleando, por lo general, tres de los motogeneradores de 400 ciclos y utilizando gas argón como el medio de plasma. Cuando llegó a estabilizarse esta  
10 operación, se puso en funcionamiento la unidad de ionización principal, empleando, por lo general, siete de los motogeneradores de 400 ciclos y utilizando aire, nitrógeno o hidrógeno como el gas del plasma y gas reaccionante. Tan pronto como se estabilizó la operación, se puso en marcha el alimentador y se hizo trabajar a una velocidad determinada  
15 previamente hasta que la tolva se vació. Una vez terminado el proceso, todos los materiales secos se recogieron de todo el aparato, se sometieron a muestreo y se pesaron, y se midió el volumen de la solución del lavador. Se dejó sedimentar la solución toda la noche y el material sólido  
20 se separó por filtración.

#### ENSAYO 1

Alimentación tratada	- 4540 gramos.
Velocidad de alimentación	- 454 gramos/minuto.
25 Gas en la unidad de pre-ionización	- Argon a 283,2 l. por hora en c.n. (aproximadamente)
Gas en el arco principal	- CH <sub>4</sub> (gas natural) a 4248 l.por hora en c.n.
Potencia alimentada	- 60 KW.

18.5.70

TABLA 2  
Productos del horno retenidos por el filtro de bolsa  
Balance Metalúrgico aproximado

Material	Fe		Ni		Co		S		Insol.		
	gr.	%	gr.	%	gr.	%	gr.	%	gr.	%	
Alimentación	4.540	42,9	1.948	0,75	34	0,19	9	11,7	531	17,7	804
Prod. Total	3.859	47,5	1.834	0,85	33	0,19	7	10,7	413	21,9	844
± Sin contar	681		-114		-1		-2		-118		+40

378626

26 JUN



26.1



Los productos sólidos del horno retenidos en el filtro de bolsa, se sometieron a un muestreo cuidadoso y 50 gramos se lixiviaron durante 16 horas a temperatura ambiente en un frasco abierto, con 100 c.c. de hidróxido amónico (28 % de  $\text{NH}_3$ ) y 25 gramos de carbonato amónico. Este tratamiento demostró que el 66,6 % del níquel, calculado sobre el título de la alimentación, podía extraerse del material tratado mediante una etapa sencilla de lixiviación (sin presión). Se recordará que el material de partida es un residuo de lixiviación a presión de níquel, y, por tanto, el resultado anterior es en extremo favorable e indica que el paso a través de la zona de entalpia elevada ha conseguido una solubilización extensa de la cantidad de níquel existente en el residuo de lixiviación a presión. Como una comprobación doble de la eficacia del tratamiento, se efectuaron ensayos de lixiviación semejantes sobre el residuo de lixiviación a presión y en las mejores condiciones de laboratorio se encontró que solamente el 23,7 % del níquel podía solubilizarse.

Se realizaron más ensayos para determinar los efectos de otros reactivos, se gún se indica más abajo:

ENSAYO 2

Se efectuó este ensayo para cerciorarse de si las cantidades de níquel podían clorarse, y en vez de emplear cloro gas en la zona de plasma, se añadió cloruro sódico a los materiales de la alimentación.

26 JUL



Operación H-8

DATOS DE LA OPERACION

	Alimentación tratada	- 8.172 gramos (se incluye el 2,5 % de NaCl)
5	Velocidad de alimentación	- 450 g./min.
	Gas en la unidad de pre-ionización	- Argon a 283,2 l. por hora en c.n.
	Gas en el arco principal	- Nitrógeno a 4248 l. por hora en c.n.
10	Energía en el arco principal	- 50 voltios, 1150 Amps., 400 Hz.

Productos del horno descargados directamente al lavador

Resultados (Véase Tabla 3 que figura a continuación)

15

18.5.70

- 21 -

370626

18.5.70

TABLA 3

	ALIMENTACION		PRODUCTOS					
	%	Peso Gramos	Escoria	Polvo	Solidos del lavador	Solucion del lavador	Gas	Sin equi librar.
Fe=	41,3	3375	446	610	2238	92,0		11
Ni=	0,79	65	8	13	35	5,0		- 4
Co=	0,16	13	1,45	2,18	8,34	0,9		--
Cu=	0,05	4	1	1	N.A.	0,5		-2
S =	11,24	915	58	92	433	170	162	--
Na=		109	10	15	--	88		4
Cl=		167	--	N.A.	--	162		- 5
Resto		<u>3524</u>	<u>384</u>	<u>624</u>	<u>2047</u>	<u>356</u>	<u>162</u>	<u>49</u>
		8172	909	1357	4761	874	324	53



379026



De estos resultados se desprende que aproximadamente el 75% de los materiales de alimentación fueron recogidos, o bien en el lavador como sólidos o como polvo en el fondo de la cámara de reacción. Cada uno de los productos se sometió a muestreo y, como anteriormente a lixiviación con hidróxido amónico. Una balance de níquel muestra los efectos del tratamiento de plasma sobre las propiedades de lixiviación de los productos.

Balance de Níquel

Fracción	Níquel en gramos	Gramos puestos en Solución al lixiviar con $\text{NH}_4\text{OH}$
Muestra	65	---
Escoria	8	0,27
Polvo	13	2,14
Sólidos	35	2,10
Solución	5	5,01
Gas	--	--
Sin contar	4	--
	65	9,52

Puesto en solución - 15%

Puesto en solución por lixiviación con amoniaco, partiendo de la muestra principal sin tratar H-8 - 26%.

En este caso el tratamiento particular con  $\text{NaCl}$ , no hizo que la cantidad de níquel existente en el residuo fuera apreciablemente más extraíble por una técnica sencilla de lixiviación.

26 JUN



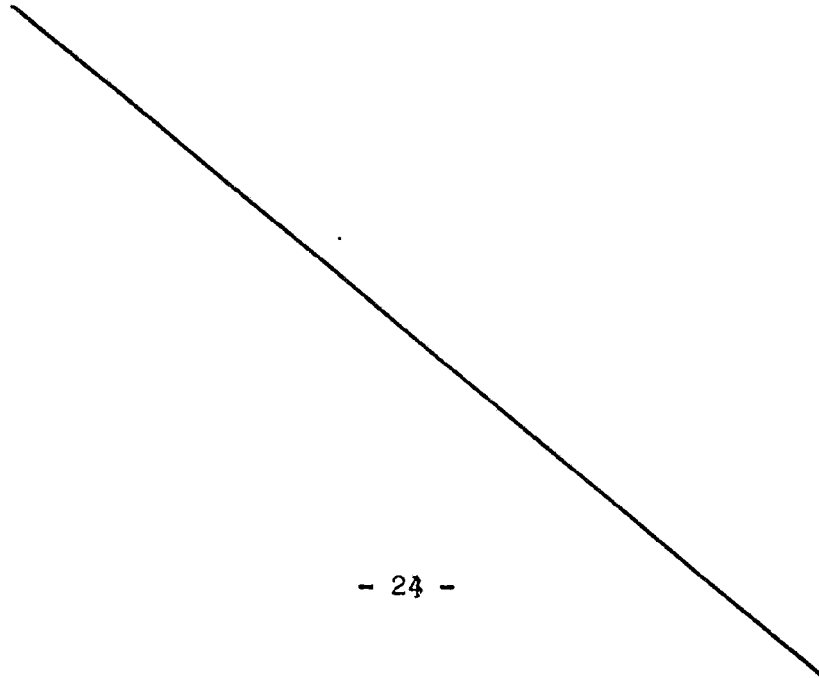
ENSAYO 3

Se efectuó otro ensayo empleando hidrógeno como gas reaccionante en la unidad del arco principal. No se añadió cloro a la atmósfera en este caso.

5

DATOS DE LA OPERACION

	Alimentación tratada	-5.618 gramos.
	Tipo	- Residuo de Sherritt Gordon
10	Velocidad de alimentación	- 490 g./min.
	Gas en la unidad de pre-ionización	- Argon a 283,2 l. por hora en c.n.
	Gas en el arco principal	- Hidrógeno a 4248 l. por hora en c.n.
	Energía en el arco principal	- 55 voltios, 1150 Amp.
15	Resultados (Véase Tabla 4 siguiente)	



18.5.70

379626

TABLA 4

ALIMENTACION

PRODUCTOS

	Peso en Gramos	Escoria	Polvo A	Polvo B	Humo en el com- partim- iento de la bolsa	Solidos del lava- dor en el liquido	Solucion del la- vador	Gas	Sin equi- librar
Fe =	2337	150	1089	485	160	12	1,3	-439	
Ni =	47	2,78	20,97	9,65	3,9	0,16	0,12	- 9,42	
CaO =	174	7	58	18	6	0,5	18	- 59	
S =	617	36	255	115	56	2,34	20	--	
Resto	2443	116	1074	377	71	10,23	59,5	-169	
	5618	312	2497	1005	297	25,23	99	705	

26.



370626

26 JUN 1955



Se observará una vez más que una proporción considerable del material de alimentación fué tan severamente afectado por el paso a través del arco que se transformó en un gas o en partículas tan finas que no fueron retenidas en el sistema de recogida. La solicitante considera esto como una de las facetas más sorprendentes y significativas. Después del paso a través de la zona del arco, se recogieron los diversos productos de diferentes partes de la instalación y se sometieron a lixiviación con amoniaco, con los resultados siguientes:

Balance de níquel

	Fracción	Níquel en gramos	Gramos puestos en Solución al lixiviar con amoniaco
15	Muestra principal	47	12,31 g. = 26,19 %
	Escoria	2,78	0,49
	Polvo A	20,97	3,69
	Polvo B	9,65	1,65
	Humo	3,90	0,73
20	Solución	0,12	0,12
	Sólidos en la solución	0,16	0,02
	Sin contar	9,42	9,42
		47,00	16,12 = 34,26%

Como la muestra principal indica que solamente el 26,19% de la cantidad de níquel puede recuperarse mediante lixiviación con amoniaco y que hasta el 34,26% puede ser recuperable después del tratamiento del arco, el tratamiento del arco debe producir una solubilización aumentada del níquel presente en el material residual de



la lixiviación a presión. Tal resultado es posible, como es logico, en el supuesto de que la porción "sin contar" esté de hecho en forma de un gas que puede tratarse fácilmente si se emplea un sistema más perfecto de recuperación  
 5            ideado para la recogida de gases.

EJEMPLO 2

En el ensayo que aqui se indica, se empleó un procedimiento similar al del Ejemplo 1, utilizando arena  
 10            de Tulameen como material principal, junto con una adición de NaCl como alternativa a la utilización de cloro gaseoso como portador.

El material de Tulameen procede de un deposito de rio cuyo tamaño oscila entre el de la grava y del de  
 15            la arena y arcilla fina. Trabajos recientes utilizando técnica de absorción atómica, han puesto de manifiesto que este material contiene determinadas cantidades de oro, plata, platino y otros metales del grupo del platino.

Estas cantidades de metales se presentan, en parte, como metal libre muy finamente dividido, en parte  
 20            como metal libre precipitado en una ganga de magnetita y/o cromita, y se opina, en parte como complejos mineralógicos.

Hay también pruebas de que estas arenas contienen cantidades de otros minerales "pesados", tales como  
 25            euxenita, columbita, niobita, monazita, rutilo, ilmenita, cromita, magnetita, etc. Mediante técnicas de preparación mecánicas conocidas, puede obtenerse un concentrado complejo pesado. El tratar este concentrado complejo por técnicas metalúrgicas de extracción convencionales, para la  
 30            recuperación comercial óptima, de las cantidades de metal,



26

5 puede ser, la mayor parte de las veces, difícil, tedioso y caro. La disociación de los minerales complejos en el medio de energía elevada, característico de un plasma y la formación de compuestos más sencillos, sobre base continua, ofrece al metalúrgico un camino más sencillo para recuperar mayor cantidad del metal contenido.

La muestra de arena tratada tenía un tamaño tal que aproximadamente el 100 % pasaba a través de 30 mallas y un análisis principal aproximado de:

10	Silice	(SiO <sub>2</sub> )	33,13 %
	Hierro	(Fe)	24,05 %
	Cal	(CaO)	5,42 %
	Oxido magnésico	(MgO)	5,57 %
15	Alúmina	(Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	7,35 %
	Azufre	(S)	Indicios
	Oxido de sodio	(Na <sub>2</sub> O)	3,75 %
	Oro	(Au)	3,44 g/Tm.
	Platino	(Pt)	21,9 g/Tm.

20 La muestra se cargó en la tolva de alimentación junto con un 10% de NaCl, destinado a proporcionar iones cloruro suficientes para la reacción deseada. Alternativamente, puede utilizarse cloro como gas portador.

25 El plasma de pre-ionización 30, fué puesto en funcionamiento haciendo saltar un arco entre los electrodos 19 y 20, utilizando un suministro de corriente alterna de unos 10 kw, procedente de los 3 grupos motogeneradores 53. Se introdujo argón a presión, a través de la entrada 26, como gas de plasma de pre-ionización. Cuando  
30 el arco de plasma de pre-ionización se estabilizó, se in-

379626



trodujo aire por la entrada 33 y las entradas 29 y se hizo saltar el arco principal 15, entre los electrodos 9 utilizando un suministro de corriente alterna de 55 voltios, 1.150 amp., 400 Hz, procedente de los 7 grupos motogeneradores, 54, a través de un transformador aislante 55. Se superpuso al suministro de energia principal, con objeto de estabilizar el arco, una corriente alterna de alto voltaje, bajo amperaje, alta frecuencia, de 5 mHz procedente de un oscilador 56. Cuando la totalidad del sistema se estabilizó, se puso en funcionamiento el alimentador 57, en la tolva 31, y el material conteniendo los metales preciosos se alimentó a través de las válvulas rotatorias 32, al dispositivo de mezclado 34, donde se mezcló intimamente con el gas portador de suspensión (aire), procedente de la entrada 33, y llevado a las entradas 29 e inyectado así en la zona del arco 30 donde el material sólido alimentado y el gas portador, en este caso aire, se llevaron a un nivel de energía elevado. La corriente de gas y de sólido se pasó después entre las puntas de los electrodos 9, que se ajustaron para que permitieran el paso máximo de material sin que se extinguiera el arco. Se encontró que podia conseguirse una velocidad de alimentación de 330 g./min. con una separación de electrodos de 6,35 mm. y un suministro de energia de 60 kw, 400 Hz, cuando se empleaba una corriente superpuesta de 6 kw. 5 mHz. Los materiales sólidos, suspendidos en el gas de reacción, estaban parcialmente disociados al menos, al pasar a través de la zona de intensidad elevada y la corriente de plasma de la llama de cola, 16, y se permitió que enfriaran en la cámara de reacción, 2, para facilitar el que tuvieran lugar las reacciones químicas. Se inyectó



algo de gas refrigerante en la cámara de reacción para controlar la temperatura dentro de la cámara. Los productos de la reacción se recuperaron del lavador convencional 38, y se valoraron como sigue:

5

Análisis de los productos

		<u>Escoria</u>	<u>Polvo</u>	<u>Sólidos del lavador</u>	<u>Solución del lavador</u>
	Sílice (SiO <sub>2</sub> )	30,18 %	30,42%	38,93 %	86 p.p.m.
	Hierro (Fe)	29,51	28,25	25,11	45
10	Oxido de calcio (CaO)	5,20	5,12	4,72	21
	Oxido de magnesio (MgO)	5,47	5,52	5,86	25
	Alúmina (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	6,20	4,40	6,75	132
	Azufre (S)	0,61	0,86	1,31	195
15	Oxido de sodio (Na <sub>2</sub> O)	2,50	3,68	1,25	430
	Oro (Au)				0,08
	Platino (Pt)				0,3

o, expresando estas cifras en gramos de producto recuperado en cada sección: (Véase la Tabla 5 siguiente)

18.5.70

TABLA 5

	<u>ALIMENTACION</u>		<u>PRODUCTOS</u>					% pérdida
	%	Pesc en gremos	Escoria	Polvo	Pulpa del lavador	Solución del lavador	Gas y sin equilibrar	
Fe=	24,05	921	67	177	113	9	558	60,3 %
SiO <sub>2</sub> =	33,13	1268	69	190	175	8	826	65,1 %
CaO=	5,42	208	11	32	21	3	141	67,8 %
MgO=	5,57	213	12	34	27	3	137	64,3 %
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> =	7,35	286	14	28	31	15	198	69,2 %
Sodio		160	4,3	17	5	64	69	43,1 %
Cloro		246	--	N.A.	--	130	116	47,2 %
S=	Indicios	--	1,4	5,6	5,9	39	52	
O <sub>2</sub> =		351 E	19,E	71 E	43,E	78 E	140 E	
Desconocido		<u>177</u>	<u>29</u>	<u>70</u>	<u>29</u>	<u>3</u>	<u>46</u>	
		3830	227	638	450	352	2163	
Platino		0,09183 g.				0,06 g.		
Oro		0,0144 g.				0,016 g.		

31

31 30 26





De los resultados de este ensayo se desprende que han ocurrido cambios significativos durante el paso a través de la zona de intensidad elevada. Se ha producido una pequeña cantidad de escoria, de la cual se ha eliminado la totalidad del cloro volátil, junto con una cierta cantidad de polvo que representa el material que no pasó a través de la zona de intensidad elevada o, al menos, no fué marcadamente afectado. Debido al diseño de la instalación resultó una cierta cantidad de polvo del material que se unió a los electrodos y no pasó a través de la zona de intensidad elevada. La pulpa del lavador representa material que es insoluble, pero que es suficientemente grueso para ser retenido en el lavador, y es principalmente el residuo procedente de las arenas de silicato de la alimentación. La solución del lavador representa el material que ha pasado a través del arco y se ha solubilizado. Se apreciará que un porcentaje muy grande del cloro alimentado aparece en la solución del lavador, y por consiguiente puede decirse que ha tenido lugar una cloración considerable de las arenas. Se apreciará, además, que los metales preciosos, oro y platino, se presentan en la solución del lavador. En efecto, el oro se encuentra presente en una cantidad superior al 100 % del título existente en el material de alimentación inicial, discrepancia que puede atribuirse a inexactitudes inherentes al procedimiento de valoración. El platino aparece en una cantidad que corresponde al 65 % del título de la alimentación, y la solicitante considera este hecho como una prueba significativa de que ha ocurrido una cloración selectiva de los metales preciosos, al pasar a través del arco. Un volumen considerable de gas se

generó en las reacciones y puede apreciarse que hay un desequilibrio considerable entre la salida y la entrada. Este desequilibrio corresponde o bien a un gas o a partículas muy finamente divididas, producidas en el arco, que no son  
5 recogidas por el lavador y se pierden en el sistema de escape. Esto puede ser significativo, cuando se aprecia que los materiales de alimentación, relativamente gruesos, han sido reducidos a una dimensión demasiado pequeña para ser recogidos en un sistema lavador de gases, relativamente eficaz.  
10 caz. Evidentemente, se han efectuado cambios rigurosos.

El resultado más significativo del ensayo anterior reside en la indicación de que la cantidad de metales preciosos existentes en la arena aluvial ensayada, que hasta la fecha era difícil de recuperar, ha sido transformado,  
15 de forma insoluble en forma soluble, en presencia de cantidades grandes de hierro y de otros metales existentes en el mineral, al pasar a través del aparato descrito.

Al considerar los resultados obtenidos en todos los ensayos anteriores, se apreciará que ha sido desarrollado un método nuevo, y sumamente útil, para tratar minerales.  
20 Mediante este procedimiento se ha recuperado níquel, en cantidades comercialmente interesantes, de residuos que habían sido tratados con anterioridad por los medios más eficientes conocidos en la actualidad por los metalúrgicos, a saber, lixiviación a presión para la extracción de níquel.  
25 De forma semejante, metales preciosos (oro y platino), mediante paso del material en que están incluidos a través de un medio de entalpía elevada, con NaCl como reactivo seleccionado, han sido puestos en una forma (soluble en  
30 agua) mucho más adecuada para su recuperación por medios



convencionales, que en el caso de que el mismo material en que están incluidos se trate mediante las técnicas metalúrgicas normales. A la vez, otros metales existentes en el material citado, como minerales pesados complejos, y que  
5 tienen valor comercial, se hacen recuperables, asimismo. Además de a estas recuperaciones el procedimiento presente puede aplicarse a muchas otras reacciones metalúrgicas, por ejemplo, las enumeradas en la página 4 de la presente descripción.

10 La presente solicitud que corresponde a la presentada en Canadá el 14 de Diciembre de 1.967 con los números 7.587 y 7.588 se acoge a los beneficios del artículo 51 del vigente Estatuto sobre Propiedad Industrial.

15  
N O T A

Los puntos de invención propia y nueva, que se  
20 presentan para que sean objeto de esta solicitud de Patente de Invención en España, por VEINTE años, son los siguientes:

19.- Un aparato para tratar continuamente un material no gaseoso capaz de fluir, que comprende: una cámara  
25 ra para contener la citada atmósfera controlada; un par de electrodos espaciados, en dicha cámara; medios de circuito para suministrar energía a dichos electrodos y producir la citada condición de arco; y medios de puerta de entrada para introducir dicho material no gaseoso, para que fluya  
30 entre dichos electrodos, a través de la citada zona de en-

18.5.70



talpía elevada y de dicha atmósfera de enfriamiento, hasta dicha zona de recogida.

2º.- Un aparato, según la reivindicación 1, en el que dichos electrodos incluyen un material que contiene  
5 carbono.

3º.- Un aparato, según las reivindicaciones 1 ó 2, en el que dichos medios de puerta de entrada incluyen un primer paso para introducir el material reducido a partículas y un segundo paso para introducir un gas portador,  
10 para transportar dicho material reducido a partículas a lo largo del camino seguido por el flujo entre dichos electrodos.

4º.- Un aparato, según una cualquiera de las reivindicaciones 1 - 3 y que incluye, además, un preionizador  
15 para ionizar, al menos parcialmente, al material introducido a través de dichos medios de puerta de entrada antes de que entre en la citada zona de entalpía elevada.

5º.- Un aparato según una cualquiera de las reivindicaciones 1 - 4, y que incluye además, medios para enfriar el material, después del paso a través de dicha zona de entalpía elevada, y antes de la entrada de dicho material en la citada zona de recogida.  
20

6º.- Un aparato, según una cualquiera de las reivindicaciones 1 - 5, en el que dichos medios de circuito  
25 incluyen una fuente de corriente alterna para suministrar energía a dichos electrodos y producir una descarga de arco de intensidad elevada.

7º.- Un aparato, según una cualquiera de las reivindicaciones 1 - 5, en el que dichos medios de circuito  
30 incluyen una fuente de corriente continua para suministrar



energía a dichos electrodos y producir una descarga de arco de intensidad elevada.

8º.- Un aparato para tratar continuamente un material no gaseoso capaz de fluir .

5

Tal y como se ha descrito en la Memoria que antecede representado en los dibujos que se acompañan y para los fines que se han especificado.

Esta Memoria consta de treinta y seis hojas escritas a máquina por una sola cara.

10

Madrid, 26 JUN 1970

P.A.

Alberto de Almagro  
por poder.

18.5.70  
MTR.

- 36 -

379626

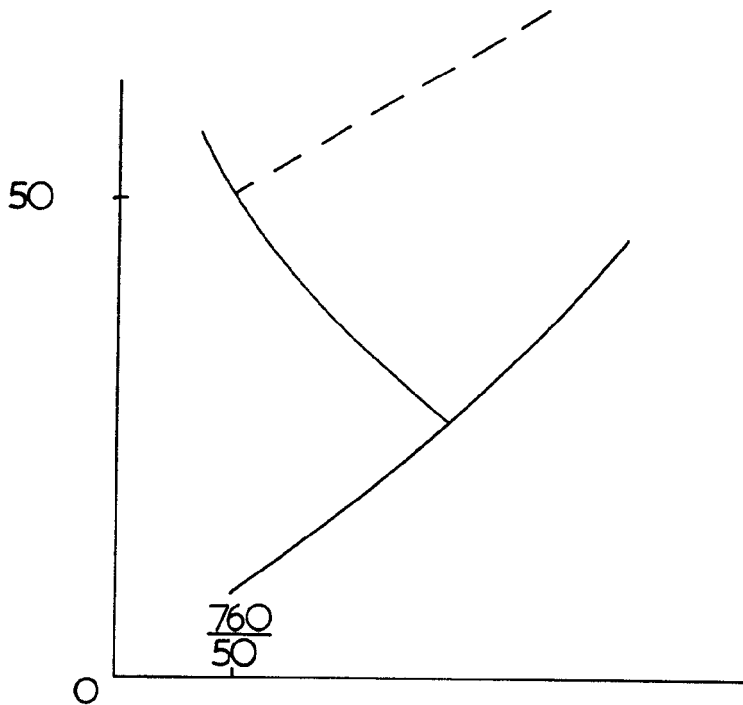
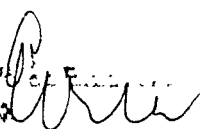


FIG. I

Approved by \_\_\_\_\_  
For \_\_\_\_\_





26 JAN 1954

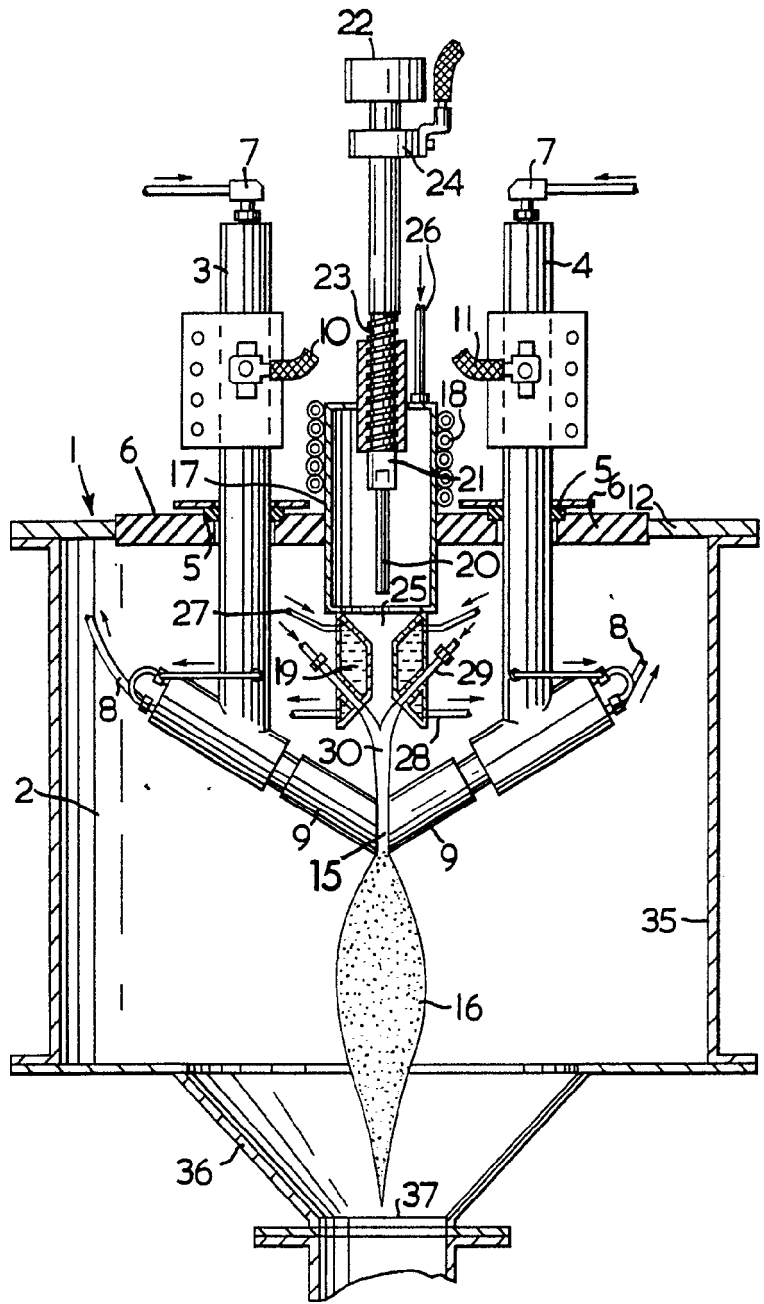


FIG. 2

Alberto de Euzenat  
Por Pedernera

570626

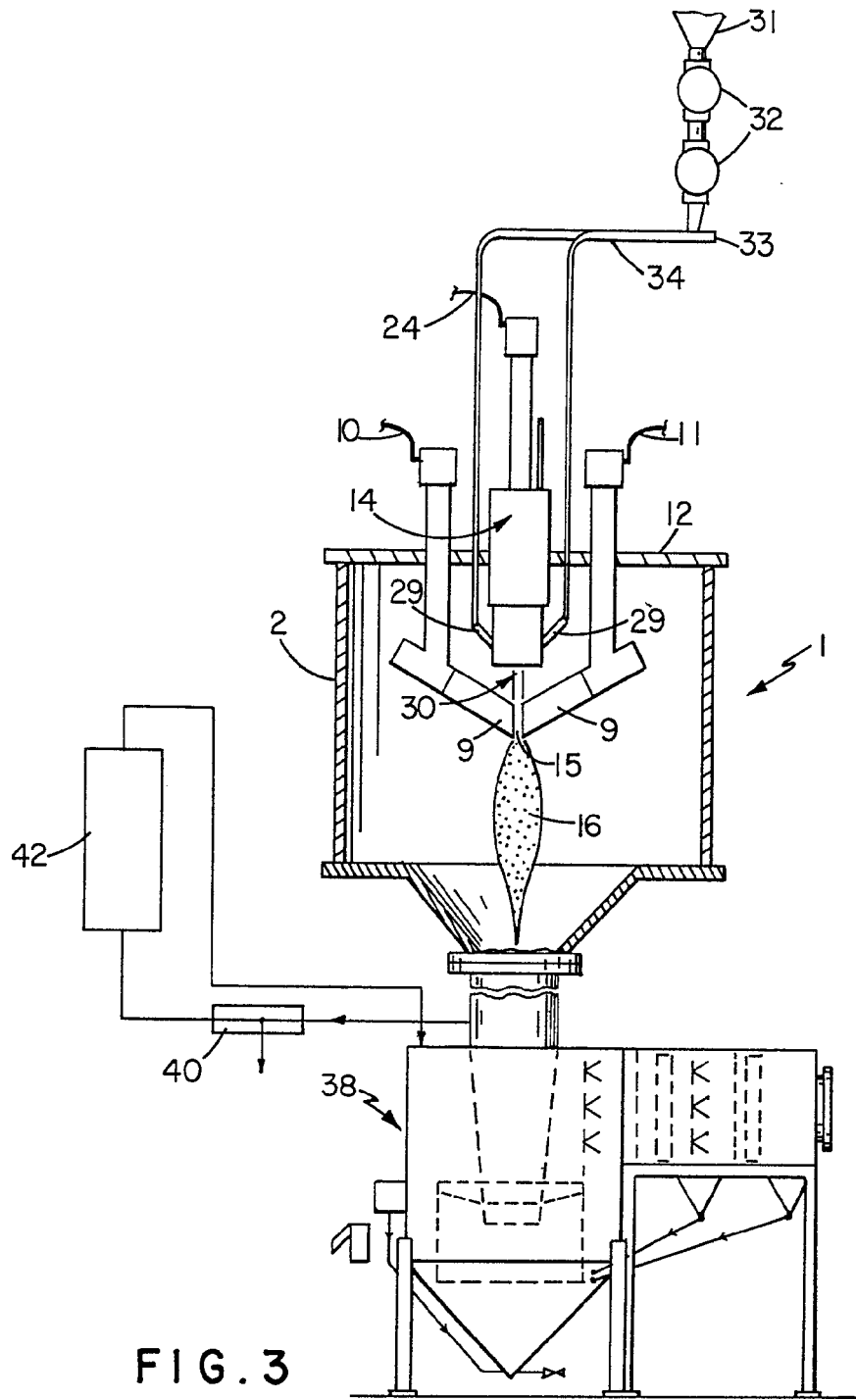


FIG. 3

Alberto de E...  
Per Federa

37-370

10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80 81 82 83 84 85 86 87 88 89 90 91 92 93 94 95 96 97 98 99 100

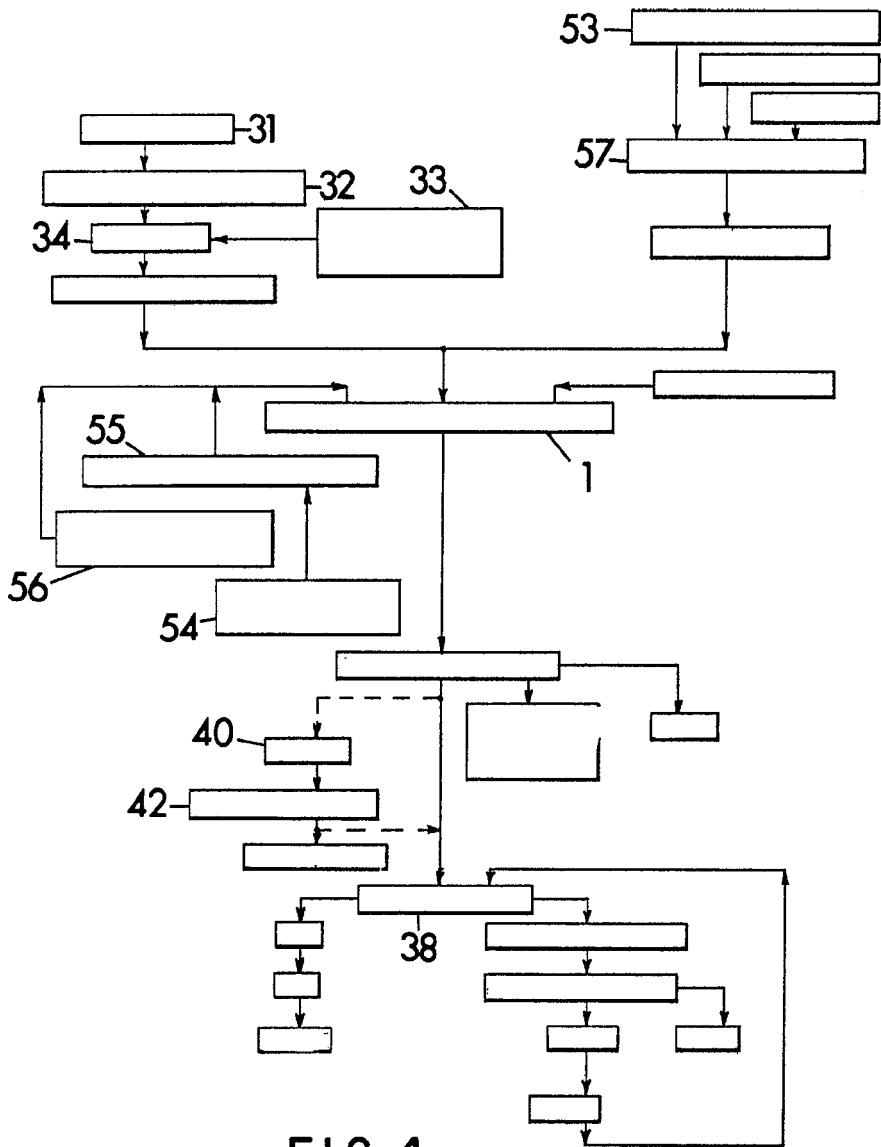


FIG. 4

Alberto de...  
For Podar...

1000000

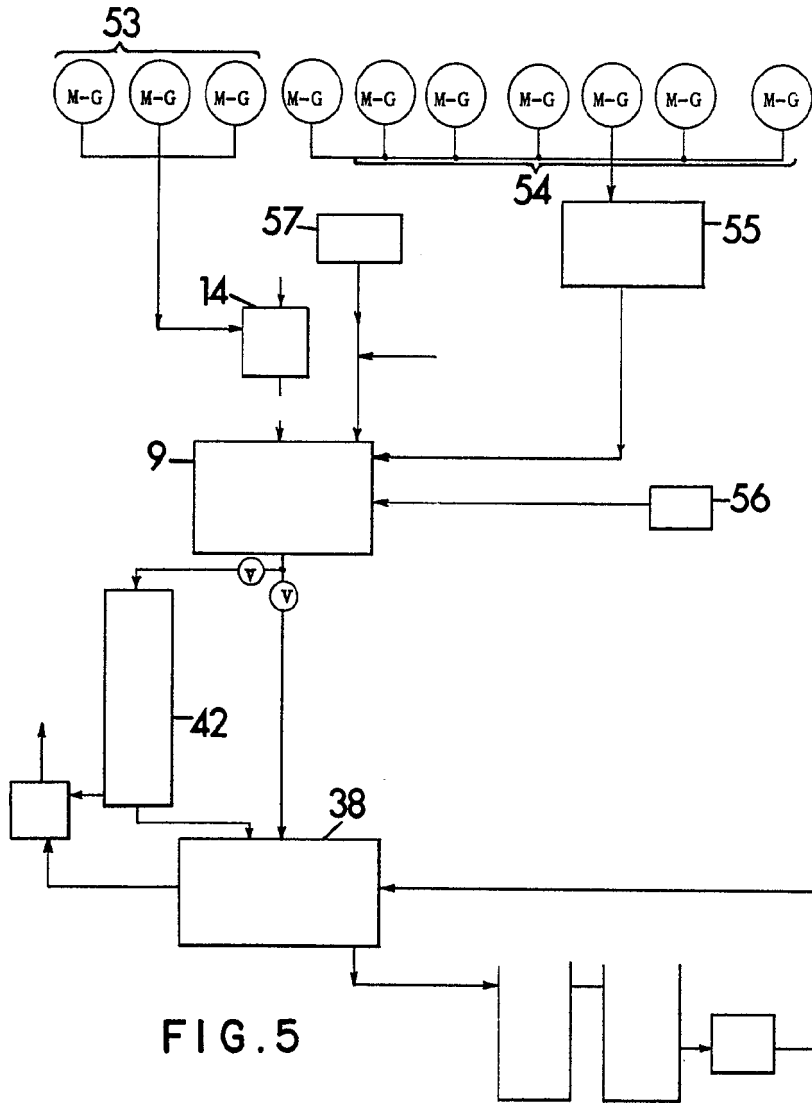


FIG. 5

Alberto de Klerk  
Per Poder.