



MEMORIA DESCRIPTIVA

que se presenta para unir a la solicitud de
P A T E N T E D E I N V E N C I O N
formulada el 7 de septiembre de 1.966 con el nº 330:958

e n

E S P A Ñ A .

por VEINTE años

a nombre de THE ANACONDA COMPANY, entidad norteamericana,
establecida en 25 Broadway, Nueva York, N.Y. Estados Uni-
dos de América, por:

"UN PROCEDIMIENTO PARA SEPARAR Y RECUPERAR
CLORURO DE ALUMINIO"

Esta invención se refiere a la separación y re-
cuperación de sales metálicas relativamente puras desde
soluciones acuosas impuras de estas sales, y más en parti-
cular, a la recuperación de cristales relativamente puros
de cloruro de aluminio desde una solución acuosa que con-
tiene dicho cloruro de aluminio y cantidades apreciables
de otros cloruros metálicos.

El procedimiento electrolítico convencional pa-
ra la producción de aluminio metálico a partir de alúmina
requiere que la alúmina empleada como material de alimen-



tación para las cubas electrolíticas del procedimiento es-
té sustancialmente libre de hierro, cromo y otros contami-
nantes perjudiciales. Puede producirse alúmina de calidad
para cubas electrolíticas a partir de minerales de bauxita
5 de alta calidad por cualquiera de varios procedimientos
bien conocidos. Sin embargo, se encuentran dificultades en
la producción de alúmina de alta calidad cuando el mineral
a partir del cual se extrae el aluminio, contiene cantida-
des importantes de sílice o hierro u otros materiales per-
judiciales. Por ejemplo, se ha propuesto hasta ahora que
10 se emplee como fuente de aluminio en la preparación de alú-
mina de calidad para cubas electrolíticas, arcilla que
existe en abundancia y es relativamente económica y que
consiste principalmente en silicatos de aluminio hidrata-
15 dos junto con una diversidad de otros minerales. Puede ex-
traerse fácilmente aluminio de arcilla lixiviando la arci-
lla calcinada con un ácido, por ejemplo, el ácido clorhí-
drico, para obtener sales de aluminios solubles en agua,
que son tratadas después para convertir su contenido de
20 aluminio en alúmina. Sin embargo, el procedimiento de li-
xivación con ácido disuelve otros metales además del alu-
minio que están presentes en la arcilla y, como consecuen-
cia, el líquido o aguas madres de lixivación con ácido
así obtenido está contaminado con cantidades correspon-
25 dientes de sales metálicas indeseables, tales como, por
ejemplo, cloruros de hierro, de cromo, de calcio, de mag-
nesio, de titanio, de potasio y de otros metales, de las
cuales tiene que separarse la sal de aluminio deseada en
forma relativamente pura si ha de prepararse una alúmina
30 de cuba electrolítica aceptable. Aunque se han consagrado



considerables esfuerzos al desarrollo de procedimientos
comercialmente factibles para la separación y recupera-
ción de sales de aluminio relativamente puras desde las
aguas de lixiviación con ácido relativamente impuros. La
5 mayoría de los procedimientos hasta ahora propuestos han
demostrado ser inadecuados, antieconómicos y poco prácti-
cos por una u otra razón.

Las aguas de lixiviación con ácido que contie-
nen aluminio, obtenidas por la digestión de arcilla con
un ácido mineral, pueden contener hasta 10 gramos por li-
10 tro (g/l) o incluso más de Fe_2O_3 presente en las aguas
de lixiviación en forma de una sal de hierro soluble en
agua (usualmente cloruro férrico), cuya cantidad de hie-
rro está bastante en exceso de la que puede tolerarse si
15 ha de producirse alúmina de calidad para cubas electrolí-
ticas sustancialmente libre de Fe_2O_3 a partir del conte-
nido de aluminio de las aguas madres. Puede eliminarse
una parte sustancial de las sales de hierro indeseables
de las aguas de lixiviación ácidas que contienen aluminio
20 por extracción del hierro con un reactivo o secuestrador
orgánico insoluble en agua y selectivo que sea específico
para la sal de hierro presente en el líquido. Sin embargo,
aunque la mayor parte del contenido en hierro de las aguas
de lixiviación, pero de ninguna manera todo ese contenido
25 puede ser eliminado por esta operación de extracción, las
aguas de lixiviación que contienen aluminio, contienen,
además, cantidades secundarias, pero perjudiciales, de
otras sales metálicas, por ejemplo, de cloruro de cromo,
que no se separan de las aguas por la operación de extrac-
30 ción anteriormente mencionada. Por consiguiente, es neces



rio seguir tratando la solución que contiene aluminio de alguna manera para recuperar de ella un producto de sal de aluminio relativamente pura que esté sustancialmente libre de otras sales metálicas y, por tanto, que pueda ventajosamente convertirse directamente en alumina de calidad para cubas electrolíticas.

Un procedimiento bien conocido para recuperar un producto de sal cristalina relativamente puro desde una solución que contiene una mezcla de sales metálicas es mediante cristalización fraccionada del constituyente de sal deseado de la solución. En este procedimiento conocido, la solución que contiene sal se concentra por evaporación del contenido de agua de la solución para precipitar a partir de ella cristales de la sal deseada (usualmente, la sal predominante presente en la solución), conteniendo el precipitado cristalino así obtenido una proporción de las otras sales indeseadas o contaminantes presentes en el sistema relativamente menor que la proporción relativa de estas sales presentes en la solución inicial que contenía sal. Los cristales de sal relativamente puros así obtenidos son disueltos y cristalizados de nuevo una o más veces adicionales para seguir purificando el producto de sal, desechándose en cada caso las aguas madres a partir de las cuales se precipitan los cristales de sal crecientemente puros debido a que contienen dichas aguas madres cantidades excesivas de las sales metálicas no deseadas. Sin embargo, aunque este procedimiento convencional de cristalización fraccionada producirá un producto de sal de aluminio relativamente puro a partir de unas aguas de lixiviación con ácido



que contienen aluminio, no es económico para una producción comercial en gran escala de alúmina de calidad para cubas electrolíticas debido a la necesidad de recristalizaciones repetidas del producto de sal de aluminio, que en cada caso necesitan la evaporación o, en efecto, la nueva evaporación de una gran cantidad de agua y debido a la pérdida de sales de aluminio valiosas que permanecen en las aguas madres que se desechan después de cada operación de recristalización.

10 La solicitante, ha descubierto y desarrollado ahora un nuevo procedimiento para separar y recuperar sales de aluminio cristalinas relativamente puras desde soluciones acuosas que contienen aluminio y cantidades secundarias, pero importantes, de otras sales metálicas, siendo el nuevo procedimiento semejante al procedimiento de cristalización fraccionada convencional anteriormente mencionado pero notablemente mejorado desde el punto de vista tanto del rendimiento del procedimiento como de la economía de funcionamiento. En este nuevo procedimiento para separar y recuperar sales de aluminio de gran pureza y en particular cloruro de aluminio de gran pureza, desde una solución acuosa que contiene aluminio y otras sales metálicas, se concentra la solución (por ejemplo, unas aguas de lixiviación con ácido que contienen aluminio y otros

15 cloruros metálicos) evaporando agua desde ella para obtener unas aguas madres a partir de las cuales precipitan cristales relativamente puros de cloruro de aluminio hexahidrato, separándose estos cristales relativamente puros de las aguas madres y recuperándose mediante un tratamiento subsiguiente. De manera sustancialmente continua

20

25

30



se añade una solución de alimentación acuosa adicional que contiene cloruro de aluminio a las primeras aguas madres; para reponer el cloruro de aluminio hexahidrato precipitado desde ellas, al tiempo que se evapora continuamente el agua desde las primeras aguas madres para mantener la concentración del cloruro de aluminio en dicho líquido a o ligeramente por encima de la concentración a la que las primeras aguas madres se saturan con cloruro de aluminio, y se retira de manera sustancialmente continua una parte de las primeras aguas madres de la masa principal de dichas primeras aguas madres de modo que la concentración de los cloruros metálicos diferentes del cloruro de aluminio en dicha masa principal de las primeras aguas madres se mantenga por debajo de la concentración a la que una cantidad importante de dichos otros cloruros metálicos cristaliza y precipita con, o de otra manera contamina, los cristales de cloruro de aluminio hexahidrato precipitados desde la masa principal de las primeras aguas madres.

La parte de las primeras aguas madres retirada en esencia continuamente de la masa principal de estas aguas madres contiene una proporción relativa de los cloruros metálicos no deseados o contaminantes algo mayor que la de la solución de alimentación inicial que contiene cloruro de aluminio, y esta parte se sigue tratando por evaporación de una cantidad adicional de agua desde ella para obtener unas segundas aguas madres a partir de las cuales se precipitan cristales de cloruro de aluminio hexahidrato contaminado con cantidades secundarias, pero importantes, de estos otros cloruros metálicos no deseados. Los cristales impuros de cloruro de aluminio hexahidrato



así precipitados son separados de las segundas aguas ma-
dres y después son mezclados con la solución de alimenta-
ción acuosa que contiene cloruro de aluminio que se está
añadiendo a las primeras aguas madres. La parte de las
5 primeras aguas madres que está siendo retirada en esencia
continuamente de la masa principal de estas aguas es aña-
dida en esencia continuamente a las segundas aguas madres
y se evapora continuamente agua desde las segundas aguas
madres para mantener la concentración del cloruro de alu-
10 minio en dichas aguas madres a o ligeramente por encima
de la concentración a la que se saturan con cloruro de alu-
minio dichas segundas aguas madres. De la masa principal
de dichas segundas aguas madres se retira en esencia con-
tinuamente una cantidad suficiente de las segundas aguas
15 madres de modo que la concentración de cloruros metálicos
diferentes del cloruro de aluminio en las segundas aguas
madres se mantenga por debajo de la concentración a la que
el cloruro de aluminio hexahidrato precipitado desde ellas
contiene una cantidad relativa de otros cloruros metálicas
20 indeseados en exceso de la cantidad relativa de estos clo-
ruros metálicos presentes en la solución de alimentación
inicial que contiene cloruro de aluminio.

La parte de las segundas aguas madres retirada
de la masa principal de dichas aguas madres puede desechar-
25 se o tratarse para la recuperación de su contenido de clo-
ro, o, si se desea, someterse a una tercera operación de
evaporación y cristalización similar a la segunda opera-
ción de evaporación y cristalización del procedimiento. En
este último caso, la cantidad de las terceras aguas madres
30 retirada de la masa principal de estas aguas madres es su-



ficiente para mantener la concentración de los cloruros metálicos diferentes del cloruro de aluminio en dichas terceras aguas madres por debajo de la concentración a la que la proporción relativa de estos otros cloruros metálicos presentes en el producto de sal cristalizada de la tercera operación de evaporación-recristalización exceden de la proporción relativa de estos cloruros metálicos presentes en las primeras aguas madres que se están retirando de la primera operación de evaporación-cristalización y se están añadiendo a las segundas aguas madres en la segunda operación de evaporación-cristalización. Como antes, la parte de las terceras aguas madres retirada de la masa principal de estas aguas madres en la tercera operación de evaporación-cristalización puede desecharse o tratarse para la recuperación de su contenido de cloruro de hidrógeno o de cloro o, en casos raros, someterse a todavía otra operación de evaporación y cristalización similar a las operaciones precedentes del procedimiento.

Es importante observar que en este nuevo procedimiento para separar y recuperar un producto de cloruro de aluminio hexahidrato relativamente puro desde soluciones acuosas impuras de esta sal, el producto de sal de aluminio deseado relativamente puro se precipita y recupera en el curso de la primera operación de evaporación y cristalización del procedimiento en vez de en el curso de la última operación de cristalización, tal como sucede con los procedimientos de cristalización fraccionada convencionales. El producto de sal de aluminio relativamente puro así recuperado es tratado después ventajosamente (por ejemplo, por calcinación) para convertirlo en óxido de aluminio de



pureza suficientemente alta para su uso en la producción
electrolítica de aluminio. Los productos de sal de alumi
nio relativamente impuros precipitados y recuperados en
el curso de cada una de las operaciones sucesivas de eva
poración y cristalización del procedimiento, son, cada
5 uno de ellos, reciclados al punto del procedimiento en el
que la proporción relativa de las sales metálicas contami
nantes presentes en el precipitado no es mayor que la pro
porción relativa de las sales contaminantes presentes en
la solución de sal en el punto antes citado del procedi
10 miento. Las operaciones sucesivas de evaporación y cris
talización se emplean en el procedimiento de este inven
to primordialmente con la finalidad de asegurar que una
cantidad suficiente del aluminio presente en la solución
de alimentación inicial sea recuperada en último lugar en
15 forma de un producto de sal de aluminio relativamente pu
ro para hacer económica y comercialmente factible el pro
cedimiento. Las operaciones sucesivas de evaporación y
cristalización pueden llevarse a cabo en soluciones de
20 sal crecientemente impuras hasta que la cantidad de las
aguas madres que tiene que retirarse de la masa princi
pal de aguas madres en una operación cualquiera de eva
poración y cristalización (si ha de evitarse una preci
pitación desde las aguas madres de un producto cristali
no que contenga más de una cantidad deseada o aceptable
25 de sales contaminantes) se aproxima a la cantidad de la
solución impura que contiene cloruro de aluminio que es
tá siendo introducida en las aguas madres de esta opera
ción de evaporación-cristalización. Naturalmente, el
30 procedimiento puede terminarse en una operación de cris
talización anterior si así se desea.



A este respecto, es de fundamental importancia en el procedimiento de esta invención que, aunque el procedimiento pueda implicar una pluralidad de operaciones sucesivas de evaporación y cristalización, el agua presente en la solución de alimentación inicial que contiene cloruro de aluminio se evapora solo de una vez o, indicado de manera diferente, la cantidad total de agua evaporada en el curso de todas las operaciones de evaporación y cristalización de este procedimiento no necesita exceder de la cantidad de agua presente en la solución de alimentación inicial. Esta importante característica del procedimiento de este invento resulta del hecho de que el producto de sal relativamente puro de la primera operación de evaporación y cristalización no se disuelve de nuevo en agua y se hace cristalizar de nuevo entonces, y también del hecho de que los productos de sal relativamente impuros de las sucesivas operaciones de evaporación y cristalización se disuelven de nuevo en la solución de sal impura que se está tratando. Así, este procedimiento evita las costosas operaciones de tratamiento y el alto consumo de combustible inherentes a los procedimientos convencionales de cristalización y recristalización fraccionadas, en los que la cantidad de agua que tenía que evaporarse en el curso de las diversas operaciones de evaporación, recristalización y redisolución del procedimiento sobrepasa grandemente (en varias veces) la cantidad de agua presente en la solución de alimentación inicial. Además, la cantidad de cloruro de aluminio presente en las aguas madres impuras concentradas retirada de la última operación de evaporación y cristalización del pro

13 OCT.



cedimiento de este invento y desechada después, es apreciablemente menor que la cantidad total de cloruro de aluminio que se perdería con las diversas aguas madres desechadas en el curso de procedimientos convencionales comparables de recristalización fraccionada.

5

Otra importante ventaja del procedimiento de este invento radica en el hecho de que el producto de sal de aluminio obtenido en el curso de la primera operación de evaporación y cristalización del procedimiento puede ser de cualquier grado de pureza que varía del cloruro de aluminio (o alúmina) Q.P. o de pureza de calidad para reactivo al cloruro de aluminio (o alúmina) solo ligeramente menos contaminado con sales extrañas que lo que está el cloruro de aluminio en la solución de alimentación inicial. Por consiguiente, en una importante modificación de este procedimiento, se desvía una pequeña cantidad o corriente lateral de la solución de alimentación inicial, que contiene cloruro de aluminio, desde la corriente principal de la solución de alimentación, y esta corriente lateral se somete a una operación preliminar de evaporación y cristalización en el curso de la cual se precipita y recupera cloruro de aluminio hexahidrato en esencia completamente puro, de cuyo precipitado puede obtenerse subsiguientemente alúmina Q.P. o de pureza de calidad para reactivo. Evidentemente, tiene que retirarse o sangrarse una cantidad relativamente grande de las aguas madres de la corriente lateral desde la masa principal de las aguas madres de la corriente lateral en el aparato de evaporación-cristalización preliminar con el fin de obtener un producto de sal de tan alta pureza, y esta cantidad relativamente gran

10

15

20

25

30



de de las aguas de sangrado se introduce directamente en el aparato evaporador-cristalizador de la primera operación de vaporación y cristalización del proceso, junto con el resto de la corriente principal de la solución de alimentación que contiene cloruro de aluminio.

Aunque el nuevo procedimiento de este invento se desarrolló específicamente para separar y recuperar cloruro de aluminio relativamente puro desde soluciones acuosas que contienen cloruro de aluminio y otros cloruros metálicos, tales como cloruro férrico, cloruro cromoico y similares, es evidente que el procedimiento puede emplearse para separar y recuperar una sal cristalina relativamente pura desde una solución acuosa que contenga mezclas de sales que puedan ser purificadas por técnicas convencionales de cristalización fraccionada. Además, si la solución acuosa comprende una mezcla de tres o más sales que tienen un anión común, de cuya solución ha de recuperarse una sal (usualmente, la sal predominante presente en la mezcla) sustancialmente exenta de las otras sales metálicas presentes en ella, entonces uno de los metales no deseados (usualmente, pero no necesariamente, el metal cuya presencia en el producto de sal purificado es la menos deseable), se selecciona como contaminante cuya concentración en las aguas madres controla la cantidad de las aguas que tiene que retirarse continuamente de ellas en la primera (y en la subsiguiente) operación de evaporación y cristalización con objeto de evitar la acumulación de la concentración del contaminante de control en las aguas madres por encima del máximo que permitirá recuperar de ellas un producto de sal cristalina sustancial

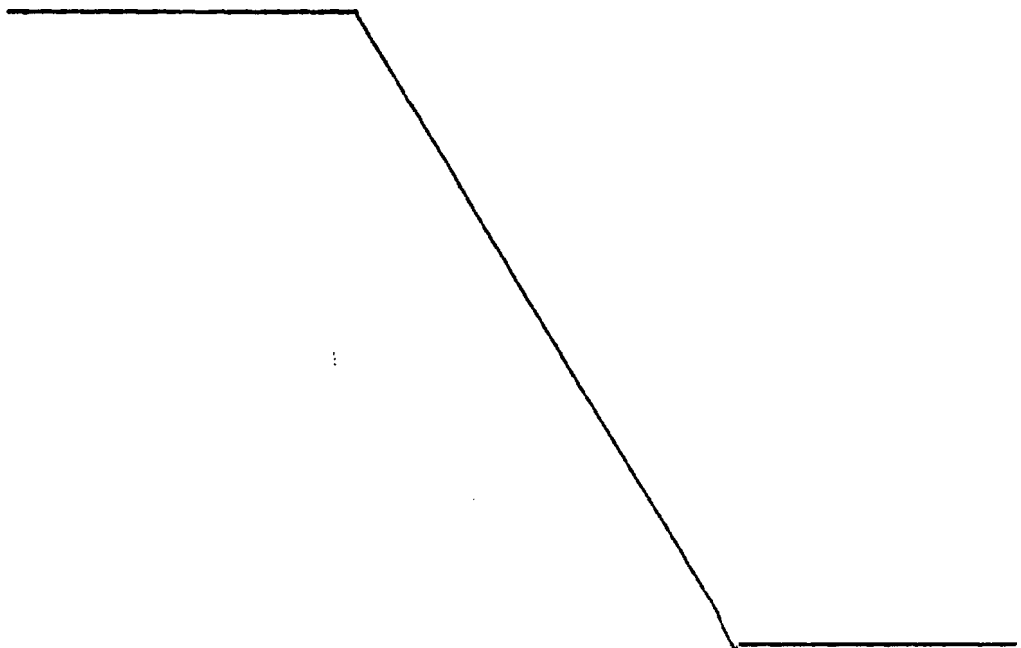


mente puro. Por ejemplo, si se desea recuperar cristales sustancialmente puros de cloruro de aluminio hexahidrato desde una solución acuosa que contiene cloruro de aluminio y cantidades secundarias de cloruro férrico y cloruro crómico, entonces la concentración de cloruro férrico o la concentración de cloruro crómico en las aguas madres puede utilizarse como factor de control en la determinación de la cantidad de las aguas madres que tiene que retirarse continuamente de ellas con objeto de mantener la concentración de las sales metálicas contaminantes en las aguas madres por debajo del máximo que dará por resultado la recuperación del producto deseado de cloruro de aluminio hexahidrato puro. Debido a que la sal de cromo es potencialmente la más molesta de las dos sales metálicas no deseadas en el ejemplo hipotético que se acaba de dar, de acuerdo con el invento debe emplearse preferiblemente cromo como contaminante de control en la determinación de la cantidad de material de sangrado a retirar de las aguas madres.

A modo de ejemplo del uso del cromo como contaminante de control en la producción de alúmina de calidad para cubas electrolíticas de acuerdo con este procedimiento, unas aguas típicas de lixiviación con ácido obtenidas por digestión de arcilla de Georgia calcinada en ácido clorhídrico pueden contener alrededor de 80,0 g/l de Al_2O_3 y alrededor de 0,02 g/l de Cr_2O_3 (presentes en la solución en forma de cloruro de aluminio y de cloruro crómico, respectivamente) junto con una amplia diversidad de otros cloruros metálicos. Si la cantidad de aguas madres retirada de la primera operación de evaporación-cristalización del



procedimiento es tal que la concentración de Cr_2O_3 (presente en forma de cloruro crómico) en las primeras aguas madres no pasa de aproximadamente 0,25 g/l, entonces el producto de sal de cloruro de aluminio precipitado y recuperado en el curso de esta operación de evaporización y cristalización no contendrá más de aproximadamente 0,002% en peso de Cr_2O_3 , y todos los demás metales contaminantes presentes en el producto de sal estarán por debajo de la cantidad máxima admisible de estos metales que puede estar presente si la alúmina de calidad para cubas electrolíticas ha de producirse a partir del producto de sal. Esta característica del procedimiento del invento se ilustra en la tabla siguiente que compara el análisis de unas aguas típicas de lixiviación con ácido con el de la alúmina de calidad para cubas electrolíticas producida finalmente a partir de ellas a base del control del contenido de cromo de las aguas madres de acuerdo con la práctica de este invento.



Análisis



Constituyente *	Aguas de lixiviación con ácido (g/l)	Producto calcinado (% en peso)
	80,0	99,5+
5	Al ₂ O ₃	
	0,019	0,0023
	Cr ₂ O ₃	
	0,04	0,005
	Fe ₂ O ₃	
	0,024	0,001
	TiO ₂	
	0,28	0,030
	CaO	
	0,036	0,05
10	MgO	
	0,031	0,014
	SiO ₂	
	0,46	0,01
	Na ₂ O	
	0,21	0,01
	K ₂ O	
	0,017	0,015
	P ₂ O ₅	
	0,041	0,008
	V ₂ O ₅	
15	NiO	0,0028
	0,015	0,0023
	MnO	
	0,012	0,0016
	B ₂ O ₃	
	0,009	0,0008
	CuO	
	0,09	0,002
	ZnO	
20	Ga ₂ O ₃	0,002
	0,021	

* Estos constituyentes estaban presentes en las aguas madres en forma de sus cloruros respectivos. Sin embargo, todos los ensayos se dan a conocer tomando como base óxidos equivalentes.

25 El procedimiento de este invento se comprenderá mejor por la descripción siguiente del mismo en unión de los dibujos que se acompañan, en los que:

La figura 1 es un diagrama de paso que muestra las operaciones básicas que intervienen en este procedi-



miento.

La figura 2 es un diagrama de paso que muestra una modificación de este procedimiento, en la que una pequeña parte de la solución de alimentación que se está introduciendo en el primer evaporador-cristalizador es sometida primero a una operación preliminar de evaporación y cristalización.

La figura 3 es una gráfica que muestra la relación de equilibrio entre el contenido de hierro de las aguas madres y el contenido de hierro del producto de sal precipitado desde ellas. Y

La figura 4 es una gráfica que muestra la relación de equilibrio entre el contenido de cromo de las aguas madres y el contenido de cromo del producto de sal precipitado desde ellas.

Por razones de conveniencia, se describirá primero la práctica del nuevo procedimiento del invento en relación con la separación y recuperación de cristales relativamente puros de cloruro de aluminio hexahidrato desde una solución que contiene una cantidad sustancial de cloruro de aluminio disuelto y una cantidad secundaria de cloruro férrico disuelto, aunque se entenderá que lo que se diga con respecto a la separación del cloruro de aluminio desde esta solución, se aplica con igual valor a la separación y recuperación de cualquier sal susceptible de purificación por cristalización fraccionada desde soluciones impuras de esta sal, y en particular se aplica a la separación de cloruro de aluminio hexahidrato desde aguas de lixiviación con ácido que contienen una cantidad relativamente grande de cloruro de aluminio además de cantidades secundarias de una

130



amplia diversidad de otros cloruros metálicos.

La cantidad o proporción relativa de cloruro fé-
rrico contenido en el producto de sal de cloruro de alumi-
nio hexahidrato precipitado desde una solución acuosa sátu-
rada (o aguas madres) de cloruro de aluminio dependerá en
5 gran medida de la cantidad o proporción relativa del cloru-
ro férrico presente en las aguas madres y esta relación en-
tre la cantidad de cloruro férrico en las aguas madres y -
la cantidad de cloruro férrico en el producto de sal final
10 obtenido desde ellas se ilustra gráficamente en la figura
3 del dibujo. Por ejemplo, si se desea que el producto de
sal de cloruro de aluminio hexahidrato precipitado desde
las aguas madres no contenga más de, por ejemplo, 0,03%
en peso de Fe_2O_3 , entonces no debe permitirse que la con-
centración de cloruro férrico en las aguas madres pase de
15 aproximadamente 5 g/l de Fe_2O_3 . De igual manera, si se de-
sea que el producto de sal de cloruro de aluminio hexahi-
drato no contenga más de aproximadamente 0,3% en peso de
 Fe_2O_3 , entonces las aguas madres desde las que se precipi-
ta este producto de sal, no deben contener más de aproxima-
20 damente 48 g/l de Fe_2O_3 . Además, si para los fines de la
presente descripción se supone que la solución de alimen-
tación introducida en la primera operación de evaporación-
cristalización de este procedimiento contiene aproxima-
25 damente 80 g/l de óxido de aluminio (presente en la solución
en forma de cloruro de aluminio) y aproximadamente 0,4 g/l
de óxido férrico (presente en la solución en forma de clo-
ruro férrico), y si se desea obtener un producto de sal
cristalina de gran pureza que contenga al menos 99,5% en
30 peso de cloruro de aluminio hexahidrato y no más de apro-

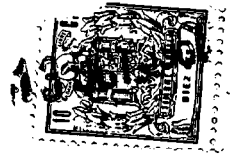


ximadamente 0,006% en peso de cloruro férrico en la primera operación de evaporización-cristalización del procedimiento, se ha visto de acuerdo con el invento que la concentración de hierro en las aguas madres en el primer evaporador-cristalizador (que son una solución saturada de cloruro de aluminio que contiene aproximadamente 160 g/l de Al_2O_3 presente en forma de $AlCl_3$) no debe ser de más de aproximadamente 5 g/l de Fe_2O_3 (presente en forma de cloruro férrico). Además, se ha visto que si la concentración de hierro en el primer evaporador-cristalizador ha de mantenerse en o por debajo de 5 g/l de Fe_2O_3 (presente en forma de $FeCl_3$), tienen que ser retirados aproximadamente 8,5 litros de las aguas madres contenidas en el primer evaporador-cristalizador por cada 100 litros de solución de alimentación nueva introducida en él. Si la solución de alimentación (que contiene aproximadamente 80 g/l de Al_2O_3) debe contener más de los 0,4 g/l de Fe_2O_3 (presente en forma de $FeCl_3$) antes mencionados, tiene que sangrarse una cantidad correspondientemente mayor de aguas madres desde el primer evaporador-cristalizador con el fin de mantener la concentración de hierro en las primeras aguas madres por debajo de las 5 g/l de Fe_2O_3 (presente en forma de $FeCl_3$) antes mencionados. Cuando la concentración de hierro en la solución de alimentación antes mencionada llega a aproximadamente 2,5 g/l de Fe_2O_3 , la cantidad de aguas madres que tiene que sangrarse del primer evaporador-cristalizador se acerca al 100%, y en este punto el procedimiento ha dejado evidentemente de ser practicable para las condiciones dadas de composición de la solución de alimentación y de pureza del producto.



Haciendo ahora referencia a la figura 1 del dibujo, la solución de alimentación acuosa que comprende la mezcla antes citada de cloruro de aluminio y cloruro ferrico, está almacenada en el depósito 10 para la solución de alimentación, desde el cual es introducida la solución de alimentación en esencia continuamente y a una velocidad sustancialmente uniforme en el primer evaporador-cristalizador 11. La solución de alimentación se concentra en el primer evaporador-cristalizador por la evaporación de agua desde él para obtener unas primeras aguas madres que comprenden una solución saturada de cloruro de aluminio desde la que precipitan los cristales deseados relativamente puros de cloruro de aluminio hexahidrato. Los cristales relativamente puros de cloruro de aluminio hexahidrato se retiran del primer evaporador-cristalizador en forma de una suspensión y se separan de las aguas madres acompañantes en un aparato separador adecuado 12 (por ejemplo, una centrífuga o un filtro o similares). Las aguas madres extraídas del producto de sal cristalina se devuelven al primer evaporador-cristalizador 11, y los cristales de gran pureza de hexahidrato de cloruro de aluminio se lavan y se recuperan para su uso subsiguiente.

Se añade en esencia continuamente solución de alimentación nueva que contiene cloruro de aluminio a las aguas madres presentes en el evaporador-cristalizador 11 para reponer el cloruro de aluminio hexahidrato que se está precipitando y retirando desde él, y como se está evaporando continuamente agua desde las aguas madres para mantener la concentración de cloruro de aluminio en las aguas madres en o ligeramente por encima de la concentra-



ción a la que se saturan las aguas madres con cloruro de aluminio, la concentración de cloruro férrico en las aguas madres se acumulará hasta un nivel inaceptablemente alto a menos que se retire en esencia continuamente una cantidad apreciable de las aguas madres desde la masa principal de las aguas madres en el primer evaporador-cristalizador 11. Como se ha descrito anteriormente, la cantidad de aguas madres que se retira o sangra del primer evaporador-cristalizador 11 es tal que la concentración de cloruro férrico en dicho primer cristalizador se mantiene por debajo de la concentración a la que es hecha precipitar una cantidad apreciable de cloruro férrico con, o quedar físicamente retenida en, o contaminar de otra manera el producto deseado de cloruro de aluminio de gran pureza de esta operación de evaporación cristalización. Como ejemplo, se ha visto, de acuerdo con el invento, que si la solución de alimentación contiene aproximadamente 80 g/l de Al_2O_3 (presente en forma de $AlCl_3$) y aproximadamente 0,4 g/l de Fe_2O_3 (presente en forma de $FeCl_3$), tienen que ser retirados del primer evaporador-cristalizador 11 aproximadamente 8,5 litros de aguas madres concentradas por cada 100 litros de solución de alimentación nueva introducida en dicho evaporador con objeto de impedir la acumulación de cloruro férrico en las primeras aguas madres por encima de la concentración (es decir, por encima de aproximadamente 5 g/l Fe_2O_3 presente como cloruro férrico) a la que puede obtenerse un producto de cloruro de aluminio hexahidrato cristalino de la alta pureza deseada.

Las aguas madres retiradas del primer evaporador-cristalizador 11 son filtradas o centrifugadas o de



otra manera tratadas para separar el $\text{AlCl}_3 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$ precipitado y otros sólidos de ellas, y las aguas madres clarificadas son introducidas después en un segundo evaporador-cristalizador 14 donde se evapora una cantidad adicional de agua y se precipita desde ellas una cantidad adicional de cloruro de aluminio hexahidrato. Será evidente que, como el agua se está evaporando continuamente desde las aguas madres en el segundo evaporador-cristalizador 14, el producto cristalino de la segunda operación de evaporación-cristalización del procedimiento de este invento se contaminará con una pequeña cantidad de cloruro férrico, pero, no obstante, apreciablemente mayor que la que está presente en el producto cristalino de la primera operación de evaporación-cristalización. Sin embargo, es de importancia fundamental en la práctica de este invento que la proporción relativa de cloruro férrico a cloruro de aluminio en el producto cristalino de la segunda operación de evaporación-cristalización no sea mayor que (y preferiblemente menor que) la proporción relativa de cloruro férrico a cloruro de aluminio en la solución de alimentación que contiene cloruro de aluminio y que está siendo introducida en el primer evaporador-cristalizador 11. Por consiguiente, como en el caso de la primera operación de evaporación-cristalización del procedimiento, es necesario otra vez que una cantidad apreciable de las aguas madres contenidas en el segundo evaporador-cristalizador 14 sea retirada o sangrada en esencia continuamente con objeto de impedir que el contenido de cloruro férrico de las aguas madres se acumule en una medida tal que el producto de sal cristalina se contamine con una cantidad de cloruro férrico propor-



5 cionadamente en exceso de la cantidad de cloruro férrico en la solución de alimentación inicial. A título de ejemplo, en el presente caso se ha encontrado que si las aguas madres en el segundo evaporador-cristalizador 14 contienen no más de aproximadamente 65 g/l de Fe_2O_3 presente en forma de $FeCl_3$, el producto de sal cristalina precipitado de ellas contendrá ligeramente menos cloruro férrico que la proporción relativa de esta sal presente en la solución de alimentación que se está introduciendo en el primer evaporador-cristalizador 11. Además, de acuerdo con el invento se ha visto que si se retiran aproximadamente 2,5 litros de las aguas madres concentradas desde el segundo evaporador-cristalizador 14 por cada 100 litros de solución de alimentación que contiene cloruro de aluminio añadida al primer evaporador-cristalizador 11, la concentración de cloruro férrico en las aguas madres en el segundo evaporador-cristalizador se mantendrá por debajo de la concentración máxima admisible que producirá un producto cristalino con un contenido de cloruro férrico aceptable.

20 Como el producto cristalino de la segunda operación de evaporación-cristalización no contiene una proporción de impurezas mayor que la proporción de impurezas presente en la solución de alimentación inicial que se está introduciendo en el primer evaporador-cristalizador 11, este producto de cloruro de aluminio impuro puede ser reciclado al comienzo del proceso, donde puede mezclarse directamente con dicha solución de alimentación acuosa sin afectar adversamente a la alta pureza deseada del cloruro de aluminio de la primera operación de evaporación-crista-



lización. Por consiguiente, el producto cristalino impuro retirado del segundo evaporador-cristalizador 14 se separa de las aguas madres acompañantes en un aparato separador apropiado 15, las aguas madres extraídas de él son de
5 vueltas al segundo evaporador-cristalizador y el producto cristalino que contiene cloruro de aluminio hexahidrato, impuro es lavado y después reciclado al comienzo del proceso como se indica en la figura 1 del dibujo.

10 La parte de las aguas madres concentradas retirada del segundo evaporador-cristalizador 14 puede ser deshechada, si se desea, siempre que la cantidad de aluminio contenida en ellas no sea tan grande que la pérdida de aluminio ocasionada por ello haga antieconómico el procedimiento, o puede someterse a todavía otra operación de
15 evaporación y cristalización para recuperar una cantidad adicional del contenido de aluminio de las aguas madres. Ventajosamente, las aguas madres retiradas del segundo evaporador-cristalizador (si no se introducen en un tercer evaporador-cristalizador como se describe seguidamente)
20 te) son tratadas para recuperar su contenido de cloruro, tal como ácido clorhídrico, y el material residual es deshechado después.

Alternativamente, las aguas madres retiradas del segundo evaporador-cristalizador 14 pueden ser sometidas
25 a una operación más de evaporación en un tercer evaporador-cristalizador 17. Si la solución que contiene cloruro de aluminio es sometida a una tercera operación de evaporación-cristalización, la concentración de impurezas en las terceras aguas madres así obtenidas debe controlarse de la
30 manera previamente descrita, de modo que el producto de



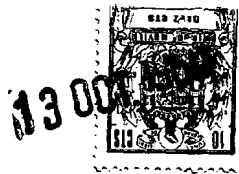
5 sal cristalina retirado del tercer evaporador-cristaliza-
dor 17 contenga una proporción de cloruro férrico (o de
otras sales contaminantes) a cloruro de aluminio no mayor
que la proporción de estas sales que están presentes en la
solución de sangrado retirada del primer evaporador-crista-
lizador 11 e introducida en el segundo evaporador-cristali-
zador 14. El producto de sal cristalina del tercer evapora-
dor-cristalizador es retirado del mismo en forma de una
suspensión siendo el contenido en sólidos de la suspensión
10 separado de la fase líquida en el aparato separador 18 de
la manera previamente descrita. La fase líquida es devuel-
ta al tercer evaporador-cristalizador 17 y el producto cris-
talino impuro de $AlCl_3 \cdot 6 H_2O$ es lavado y después reciclado
al segundo evaporador-cristalizador 14 como viene indicado
15 por las líneas de trazos de la figura 1 del dibujo. Las
aguas madres sangradas del tercer evaporador-cristalizador
17 son desechadas (preferiblemente después de ser tratadas
para la recuperación de su contenido en cloruro de hidróge-
no) o se someten a una cuarta operación de evaporación y
20 cristalización como en el caso de las aguas de sangrado an-
teriores.

Las aguas madres en cada uno de los evaporadores-
cristalizadores comprenden una solución saturada de cloruro
de aluminio que contienen una cantidad apreciable de cloru-
ro de aluminio hexahidrato cristalino en suspensión en ella.
25 Las aguas madres retiradas o sangradas de cada evaporador-
cristalizador tienen, por tanto, que ser tratadas para ha-
cer que queden sustancialmente libres del precipitado cris-
talino y de otros sólidos en suspensión en ellas, por fil-
tración o similares, antes de ser introducidas en el si-
30

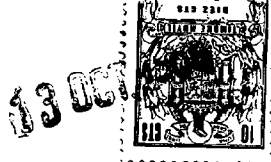


guiente evaporador-cristalizador del sistema. En la figura 1 del dibujo se ilustra que las aguas madres de sangrado retiradas de cada evaporador-cristalizador de acuerdo con este invento son introducidas directamente en el siguiente evaporador-cristalizador, y, por tanto, el conducto o tubería que conecta los dos evaporadores-cristalizadores tiene que estar provisto de medios filtrantes o coladores de la manera conocida en la técnica. En una disposición alternativa representada en la figura 2, algo de las aguas madres clarificadas procedentes de los separadores 12 y 15 que son normalmente recicladas a través del evaporador-cristalizador con el que está asociado en primer lugar el separador, pueden, en lugar de ello, ser desviadas al siguiente evaporador-cristalizador donde está contenida la solución de alimentación para esta operación del procedimiento.

En la modificación del procedimiento de este invento ilustrada en la figura 2, una cantidad secundaria de la solución de alimentación que está siendo introducida en el primer evaporador-cristalizador 11 es desviada de la corriente principal de la solución de alimentación y es sometida a una operación preliminar de evaporación y cristalización en el evaporador-cristalizador preliminar 20 para producir una pequeña cantidad de cloruro de aluminio hexahidrato de pureza extremadamente alta del que puede producirse alúmina Q.P. o de pureza de calidad para reactivo. La operación preliminar de evaporación-cristalización del procedimiento modificado del invento se realiza sustancialmente de la misma manera que las operaciones de evaporación y cristalización anteriormente descritas. Sin embargo, con objeto de obtener el producto de sal deseado de pureza extremadamente alta, la



concentración de sales metálicas contaminantes (es decir, sa
les diferentes del cloruro de aluminio) en las aguas madres
preliminares se mantiene al nivel más bajo posible y solo
una pequeña fracción del contenido de cloruro de aluminio
5 de las aguas madres en el evaporador-cristalizador prelimi-
nar 20 se precipita desde ellas, de modo que, como conse-
cuencia, prácticamente ninguna de las sales metálicas conta-
minantes presentes en las aguas madres precipite con el pro-
ducto de cloruro de aluminio hexahidrato obtenido. Con el fin
10 de impedir la acumulación de sales metálicas contaminantes en
las aguas madres hasta el nivel que daría por resultado la
contaminación del producto de cloruro de aluminio hexahidrato,
la cantidad de aguas madres sangradas del evaporador-cristali-
zador preliminar es relativamente alta y, de acuerdo con el
15 invento, se prefiere hacer que todas las aguas de sangrado
retiradas del evaporador-cristalizador preliminar 20 sean en-
tregadas al aparato separador 21 donde se separa de ellas el
precipitado de cloruro de aluminio hexahidrato relativamente
puro. El cloruro de aluminio hexahidrato de gran pureza recu-
20 perado del aparato separador 21 es cuidadosamente lavado pa-
ra eliminar todas las aguas madres retenidas, y el producto
de sal cristalino resultante es secado y convertido ventajo-
samente en alúmina Q.P. o de pureza de calidad para reactivo.
Las aguas de sangrado libres de sólidos procedentes del apar-
25 to separador 21 son devueltas a la corriente principal de la
solución de alimentación que se está introduciendo en el eva-
porador-cristalizador 11 del sistema previamente descrito y
la solución de alimentación ahora reunida es sometida a eva-
poración y cristalización para recuperar un producto de sal
30 de aluminio relativamente puro adecuado para su conversión

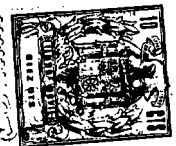


en alúmina de calidad para cubas electrolíticas de acuerdo con la práctica de este invento.

5 El siguiente ejemplo adicional de la práctica del procedimiento de este invento ilustra la producción de un producto de cloruro de aluminio hexahidrato relativamente puro adecuado para su conversión en alúmina de calidad para cubas electrolíticas a base del control del contenido de cromo (expresado en forma de Cr_2O_3) de las aguas madres en las operaciones de evaporación primera y segunda del procedimiento.

10 Como se ha descrito anteriormente, el contenido de cromo del producto de cloruro de aluminio hexahidrato precipitado desde una solución saturada de cloruro de aluminio depende en gran medida del contenido de cromo de la solución. La relación de equilibrio entre el contenido de óxido crómico de las aguas madres (presente en ellas en forma de cloruro crómico) y el contenido de óxido crómico del producto final aparece ilustrada gráficamente en la figura 4 del dibujo.

15 En el presente ejemplo de la práctica del procedimiento de este invento, en el que el nivel de impurezas en el producto de cloruro de aluminio hexahidrato fué controlado por la relación de equilibrio mostrada en la figura 4, una solución de alimentación con 80 gramos por litro de óxido de aluminio (presente en forma de cloruro de aluminio) y 0,020 gramos por litro de óxido crómico (presente en forma de cloruro de cromo) fué introducida a la velocidad de 100 litros de la solución por hora en un primer evaporador-cristalizador. La solución de alimentación se concentró en el primer evaporador-cristalizador por la evaporación de agua desde él para obtener unas aguas madres que contenían 160 g/l de óxido



de aluminio (presente en forma de cloruro de aluminio) y 0,25 g/l de óxido crómico (presente en forma de cloruro de cromo), teniendo las aguas madres un peso específico de 1,35.

5

Una evaporación adicional del agua desde las aguas madres dió por resultado la precipitación de cristales de cloruro de aluminio hexahidrato. Se retiró del primer evaporador-cristalizador un producto en suspensión cristalina que comprendía esencialmente cloruro de aluminio hexahidrato y aguas madres. El producto cristalino fué centrifugado para separar las aguas madres de él y después fué lavado con condensado procedente del evaporador. El producto cristalino fué calcinado para eliminar el agua hidratada y los componentes cloruro del mismo en forma de cloruro de hidrógeno. El producto calcinado contenía aproximadamente 99,8% en peso de Al_2O_3 y solamente 0,002% en peso de Cr_2O_3 , un contenido de cromo bien dentro de los requisitos de la alúmina de calidad para cubas electrolíticas. Se produjeron 7,825 gramos del producto calcinado por cada 100 litros de solución de alimentación introducida en el primer evaporador-cristalizador.

10

15

20

25

30

Una parte de las aguas madres concentradas en el primer evaporador-cristalizador fué retirada de él de acuerdo con este invento. Fué necesario retirar 8,172 litros de las aguas madres concentradas del primer evaporador-cristalizador por cada 100 litros de nueva solución de alimentación que se estaba introduciendo en el mismo con objeto de mantener el contenido de cromo de las aguas madres a un nivel por debajo de aquel al cual precipitaría una cantidad excesiva de cromo desde la solución y se contaminar



ría el producto de cloruro de aluminio que se estaba produciendo. Las aguas madres sangradas del primer evaporador-cristalizador contenían 16,34% en peso del aluminio presente en la nueva alimentación.

5 Las aguas madres sangradas del primer evaporador-cristalizador fueron introducidas en un segundo evaporador-cristalizador donde se evaporó desde ellas agua adicional para producir unas segundas aguas madres con un contenido de 145 g/l de óxido de aluminio (presente en forma de cloruro de aluminio) y 1,25 g/l de óxido crómico (presente en forma de cloruro de cromo), teniendo las segundas aguas madres un peso específico de 1,38. Con el fin de mantener la concentración de cloruro crómico en el segundo evaporador-cristalizador a un nivel tal que el producto de óxido de aluminio finalmente obtenido desde él no contuviera más de 0,020% de Cr_2O_3 , se retiraron 1,476 litros de las segundas aguas madres del segundo evaporador-cristalizador por cada 100 litros de solución de alimentación introducida en el primer evaporador-cristalizador.

20 El producto cristalino de cloruro de aluminio hexahidrato precipitado desde las aguas madres en el segundo evaporador-cristalizador, produciría, si fuera descompuesto, un producto de óxido con un contenido de aproximadamente 99,5% en peso de óxido de aluminio (presente en forma de cloruro de aluminio) y 0,018% en peso de óxido crómico (presente en forma de cloruro de cromo). Esto sería un producto final insatisfactorio. Por tanto, el producto cristalino de la segunda etapa se mezcló con una nueva solución de alimentación y se introdujo con ella en

25

30 el primer evaporador-cristalizador.



De la descripción precedente del nuevo procedimiento de esta invención para separar y recuperar un producto de cloruro de aluminio relativamente puro desde soluciones impuras de esta sal, se verá que este invento ha hecho una importante contribución a la técnica a que se refiere el mismo.

La presente solicitud, que corresponde a la presentada en Estados Unidos de América, con fecha 8 de septiembre de 1.965, bajo el número 485.858, se acoge a los beneficios del artículo 51 del vigente Estatuto sobre Propiedad Industrial.

N O T A

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

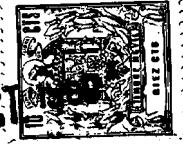
- 1.- Un procedimiento para separar y recuperar cloruro de aluminio relativamente libre de otros cloruros metálicos desde una solución acuosa que contiene dicho cloruro de aluminio y cantidades apreciables de otros cloruros metálicos, procedimiento que comprende concentrar una parte de dicha solución acuosa que contiene cloruro de aluminio evaporando agua desde ella para obtener unas aguas madres que se saturan con cloruro de aluminio para precipitar desde ellas cristales de cloruro de aluminio hexahidrato de la alta pureza deseada, añadir una nueva



solución de alimentación acuosa que contiene cloruro de alu-
minio en esencia continuamente a las aguas madres para repo-
ner su contenido de cloruro de aluminio y separar y recupe-
rar dichos cristales relativamente puros de cloruro de alu-
5 minio hexahidrato precipitado desde las aguas madres, caracte-
rizado porque una parte de sangrado de las aguas madres
es retirada en esencia continuamente de la masa principal
de dichas aguas madres a una velocidad suficientemente alta
para que la concentración de cloruros metálicos diferentes
10 del cloruro de aluminio en dicha masa principal de las aguas
madres se mantenga por debajo de la concentración a la que
dichos otros cloruros metálicos reducirían, por cristaliza-
ción con el producto de cloruro de aluminio hexahidrato cris-
talino, la pureza de las mismas hasta por debajo de la gran
15 pureza deseada.

2.- El procedimiento de la reivindicación 1, ca-
racterizado porque la parte de sangrado retirada de la masa
principal de las aguas madres es concentrada todavía más
evaporando agua desde ellas para obtener unas segundas
20 aguas madres, desde las que precipita cloruro de aluminio
hexahidrato impuro, añadiendo una parte de sangrado adicio-
nal procedente de las primeras aguas madres en esencia con-
tinuamente a las segundas aguas madres para reponer su con-
tenido de cloruro de aluminio, retirando una segunda parte
25 de sangrado en esencia continuamente de la masa principal
de dichas segundas aguas madres a una velocidad suficiente-
mente alta para que su concentración de cloruros metálicos
diferentes del cloruro de aluminio se mantenga por debajo
de la concentración a la que dichos otros cloruros metáli-
cos reducirían, por cristalización con el precipitado de
30

13 OCT 1962



cloruro de aluminio hexahidrato impuro, la pureza de las mismas hasta por debajo de la de la solución de alimentación acuosa que contiene cloruro de aluminio a las primeras aguas madres, separando y recuperando tales cristales impuros de cloruro de aluminio hexahidrato precipitado desde las segundas aguas madres, y reciclando estos cristales a la solución de alimentación acuosa que contiene cloruro de aluminio y que está siendo añadida a las primeras aguas madres.

3.- El procedimiento de cualquiera de las reivindicaciones 1 ó 2, caracterizado porque el producto de cloruro de aluminio hexahidrato relativamente puro procedente de la primera operación de evaporación-cristalización es calcinado para eliminar cloruro de hidrógeno produciendo con ello un producto de óxido de aluminio adecuado para su uso en la producción electrolítica de aluminio metálico.

4.- El procedimiento de cualquiera de las reivindicaciones 2 ó 3, caracterizado porque el contenido de agua libre de la parte de sangrado retirada de las segundas aguas madres se evapora para dar un producto de sal de cloruro metálico impuro que después se calcina para expulsar cloruro de hidrógeno que se recupera para su uso subsiguiente.

5.- El procedimiento de cualquiera de las reivindicaciones 2 a 4, caracterizado porque la parte de sangrado de las segundas aguas madres es sometida a una segunda operación de evaporación-cristalización que es sustancialmente la misma que dicha segunda operación de evaporación-cristalización, conteniendo el producto de -



cloruro de aluminio hexahidrato impuro precipitado y recuperado desde las aguas madres de dicha tercera evaporación-cristalización una proporción de sales contaminantes no mayor que la proporción de estas sales presente en la parte de sangrado retirada de la primera. 5 operación de evaporación-cristalización e introducida en la segunda operación de evaporación-cristalización del procedimiento, siendo la velocidad de retirada de la parte de sangrado desde las terceras aguas madres 10 suficientemente alta para que la concentración de cloruros metálicos diferentes del cloruro de aluminio en las terceras aguas madres se mantenga por debajo de la concentración a la que la pureza del producto de cloruro de aluminio hexahidrato precipitado y recuperado desde 15 ellas se reduciría hasta por debajo de la de la parte de sangrado que se está introduciendo en la segunda operación de evaporación-cristalización del procedimiento.

6.- El procedimiento de la reivindicación 5, caracterizado porque el contenido de agua libre de las 20 aguas madres de sangrado retiradas de la última operación de evaporación-cristalización se evapora para dar un producto de sal de cloruro metálico impuro que después se calcina para expulsar cloruro de hidrógeno que se recupera para su uso subsiguiente.

7.- El procedimiento de cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque una pequeña parte de la solución de alimentación inicial es 25 sometida a una operación preliminar de evaporación-cristalización, en la que la cantidad del producto cristalino de cloruro de aluminio hexahidrato producido es suficien 30



temente pequeña con relación al volumen de la solución de alimentación tratada para que esté en esencia completamente libre de todas las cantidades, excepto las cantidades traza, de todas las impurezas, con lo que puede obtenerse a partir de ella un producto de alúmina de calidad Q.P. siendo las aguas madres procedentes de dicha operación preliminar de evaporación-cristalización introducidas en la primera operación de evaporación-cristalización del procedimiento.

10 8.- El procedimiento de una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque la cantidad de la parte de sangrado retirada desde las aguas madres en una cualquiera o más de las operaciones de evaporación-cristalización se determina con referencia a la relación de equilibrio que existe entre la concentración de un metal contaminante seleccionado (presente en forma de sal) en dichas aguas madres y la concentración admisible de dicho contaminante en el precipitado cristalino recuperado desde dichas aguas madres.

20 9.- El procedimiento de la reivindicación 8, caracterizado porque el metal seleccionado es hierro férrico.

25 10.- El procedimiento de la reivindicación 8 caracterizado porque el metal seleccionado es cromo cromo.

11.- Un procedimiento para separar y recuperar cloruro de aluminio.



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

5 Esta Memoria consta de treinta y cinco hojas escritas a máquina por una de sus caras.

Madrid, 13 OCT. 1966

P.A.

Alberto de Elizabur
For P.A.



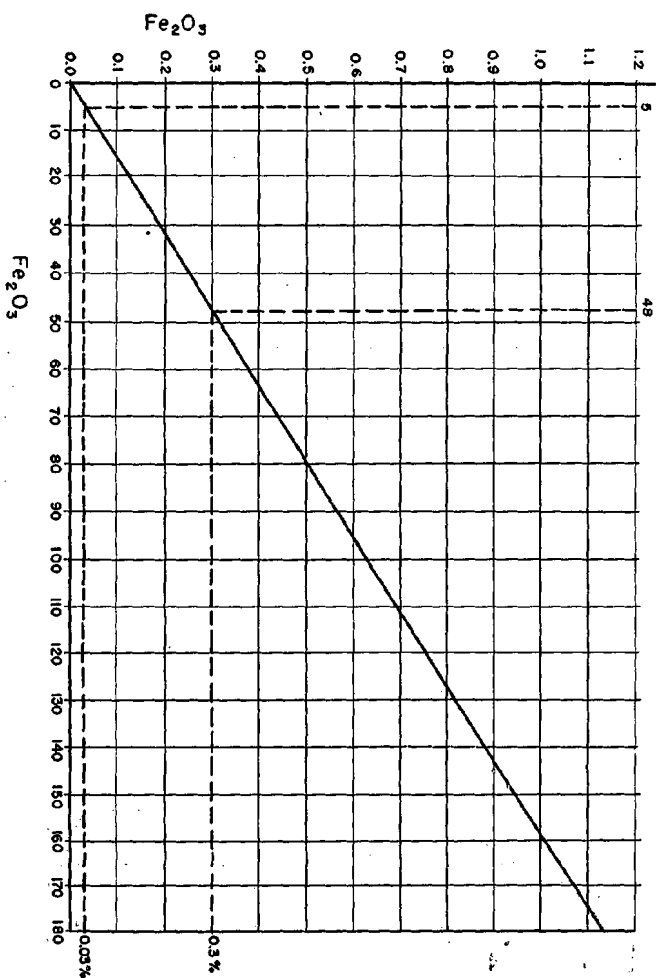


FIG. 3

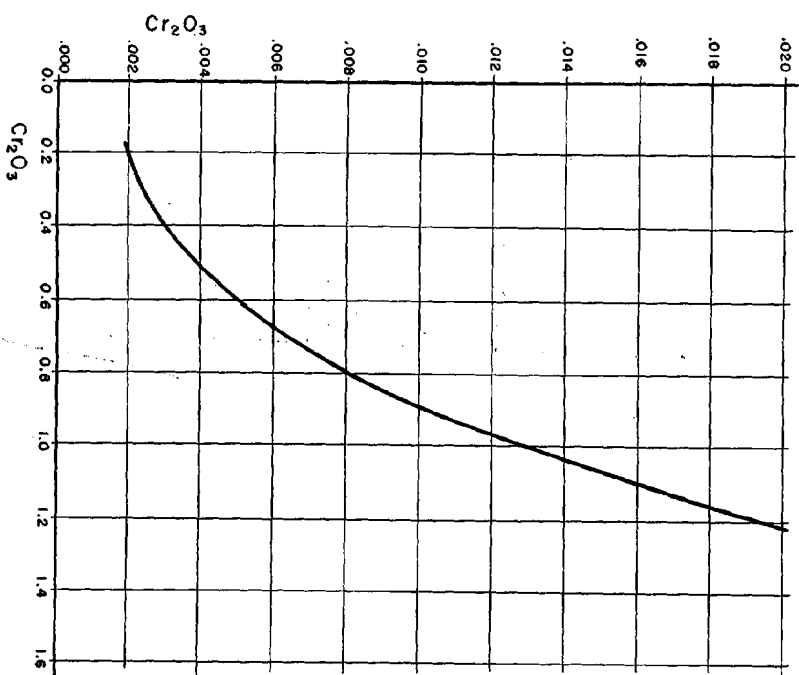


FIG. 4

Orth



FIG. 1

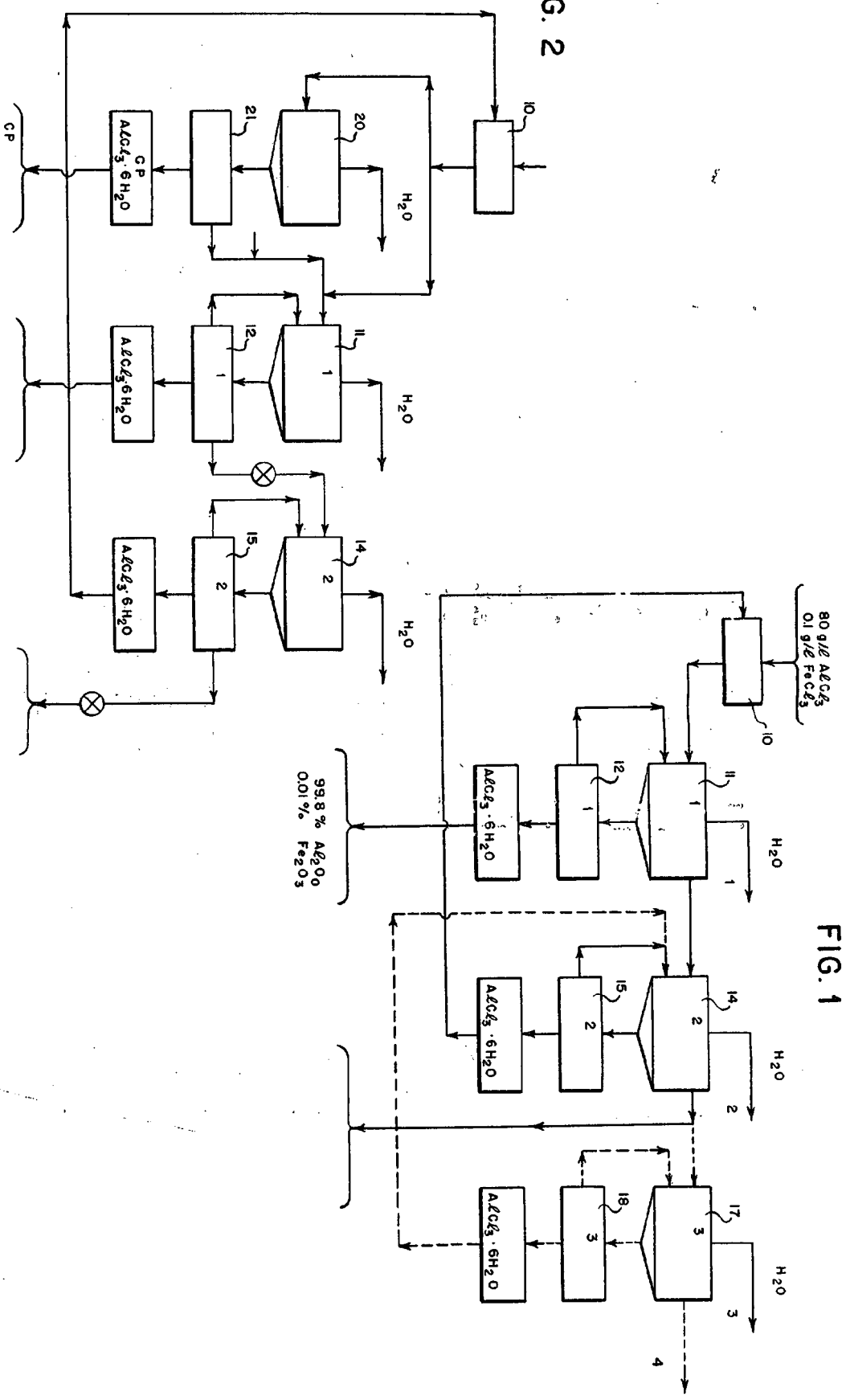


FIG. 2

AlCl₃

