

J.E.N.371

Sp ISSN 0081-3297

**DISOLUCION DE ALUMINIO POR
RIEGO CON ACIDO NITRICO**

por

A.Rodrigo Otero
G.Morales Calvo
F. Rodrigo Vilaseca

JUNTA DE ENERGIA NUCLEAR

MADRID, 1977

CLASIFICACION INIS Y DESCRIPTORES

B10 .

ALUMINIUM

ALUMINIUM NITRATES

DISSOLUTION

CATALYSTS

NITRIC ACID

MERCURY NITRATES

COST

CHEMICAL REACTION KINETICS

Toda correspondencia en relación con este trabajo debe dirigirse al Servicio de Documentación Biblioteca y Publicaciones, Junta de Energía Nuclear, Ciudad Universitaria, Madrid-3, ESPAÑA.

Las solicitudes de ejemplares deben dirigirse a este mismo Servicio.

Los descriptores se han seleccionado del Thesaurus del INIS para describir las materias que contiene este informe con vistas a su recuperación. Para más detalles consúltese el informe IAEA-INIS-12 (INIS: Manual de Indización) y IAEA-INIS-13 (INIS: Thesaurus) publicado por el Organismo Internacional de Energía Atómica.

Se autoriza la reproducción de los resúmenes analíticos que aparecen en esta publicación.

Este trabajo se ha recibido para su impresión en Enero de 1977.

I N D I C E

	<u>Página</u>
1. INTRODUCCION	1
2. QUIMICA DE LA DISOLUCION	2
3. PARTE EXPERIMENTAL	3
3.1. ENSAYOS DE DISOLUCION POR INMERSION	4
3.1.1 RESULTADOS	4
3.2. ENSAYOS DE DISOLUCION POR RIEGO	7
3.2.1 DESCRIPCION DE LA INSTALACION	7
3.2.2 METODO OPERATORIO	9
3.2.3 RESULTADOS	9
4. DISOLUCION EN PLANTA	12
5. COMENTARIOS	13
6. BIBLIOGRAFIA.	15

DISOLUCION DE ALUMINIO POR RIEGO CON ACIDO NITRICO

por

*

**

A. Rodrigo Otero, G. Morales Calvo, F. Rodrigo Vilaseca

1. INTRODUCCION

La recuperación del uranio contenido en las escorias de calciotermia y magnesiotermia se realiza por disolución de las mismas en ácido nítrico (1). La solución así obtenida contiene, además del ión uranilo, otros como calcio, magnesio y flúor fundamentalmente. La purificación de estas soluciones se lleva a cabo mediante un proceso de extracción líquido-líquido, utilizando como agente extractor TBP (fosfato de tributilo) al 30% en queroseno. Este disolvente no extrae al uranio que se encuentre bajo la forma, muy estable, (2) de complejo uranio-fluor. Para destruir dicho complejo, y dejar libre el ión uranilo es necesario formar otro complejo con el flúor, cuya estabilidad sea superior a la del primero. Esto se consigue mediante la adición de aluminio bajo la forma de nitrato, obteniéndose así el complejo aluminio-fluor, quedando por tanto, libre el ión uranilo.

De acuerdo con esto, es preciso disponer de nitrato de aluminio, ahora bien, dado que el producto comercial cristalizado tiene un precio elevado (2.100,- Pts/Kg. de Aluminio), se creyó conveniente preparar soluciones de nitrato de Aluminio, calidad técnica respecto a la aplicación considerada, a partir de chatarra de aluminio metálico.

La disolución de aluminio con ácido nítrico, se había considerado anteriormente en la JEN (3), desde un punto de vista más general y con objeto de aplicarla al tratamiento de los combustibles irradiados. Sin embargo, se consideró oportuno estudiar la bajo el aspecto específico señalado anteriormente.

Debido a que la reacción transcurre con fuerte desprendimiento de gases y calor, se estudiaron dos procedimientos distintos de disolución, a escala de Laboratorio, En uno de ellos el aluminio se sumergió en el ácido, mientras que en el otro, se regaba de forma continua por la solución. La finalidad de este segundo procedimiento era tener un control continuo e instantáneo sobre la reacción.

También se pretendía conocer, en forma aproximada, como influían en el proceso los diferentes parámetros, así como elegir unas condiciones óptimas para la disolución a escala de planta - piloto.

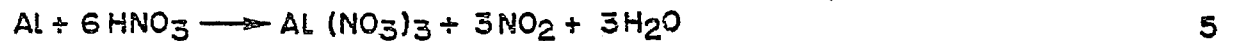
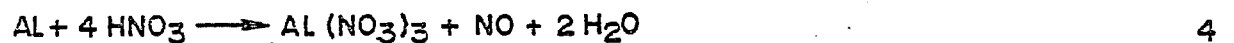
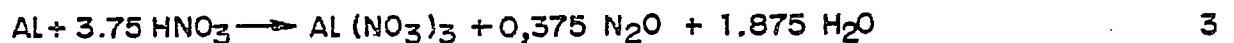
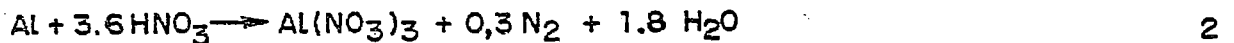
* Dr. en Química Industrial. Div. Materiales; Junta de Energía Nuclear.

** Dr. en Ciencias. Div. Materiales; Junta de Energía Nuclear.

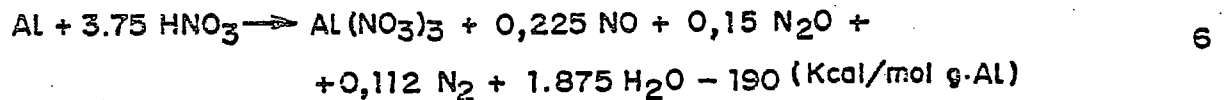
*** Ldo. en C. Químicas. Div. Materiales; Junta de Energía Nuclear.

2. QUIMICA DE LA DISOLUCION

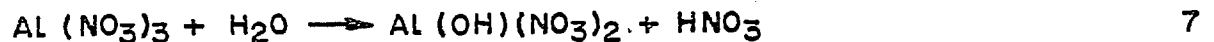
El ataque del aluminio con ácido nítrico catalizado con nitrato mercúrico, es rápido con la ventaja de que se puede utilizar equipo de acero inoxidable y la solución obtenida es aplicable directamente a los fines propuestos. La reacción se realiza a temperaturas superiores a la ambiente, afectando al proceso el tipo de aluminio y las concentraciones de ácido y catalizador. Dependiendo de éstas variables la disolución puede representarse por las siguientes ecuaciones (4,5 y 6):



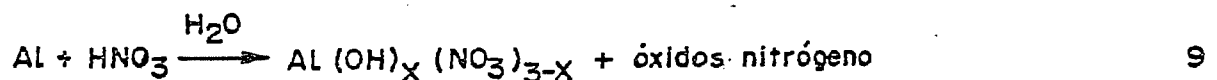
Con HNO_3 4M la reacción transcurre preferentemente, según:



Normalmente, en la práctica, el proceso transcurre con la participación simultánea de varias de las reacciones anteriores. Cuando la concentración de ácido disminuye, hasta valores próximos a la correspondiente a 1M el nitrato formado se hidroliza en la solución obtenida:



lo que permite continuar la disolución aunque se haya consumido todo el ácido añadido inicialmente:



Esto determina una solución con acidez deficiente con respecto a la que debería tener en función de la cantidad de aluminio disuelto.

La disolución con nítrico es lenta debido a que en la superficie metálica se forma una película protectora de óxido. El catalizador mercúrico facilita la disolución a tra-

vés de pasos sucesivos: A.- Reducción a mercurio metálico. B.- Formación de amalgama y C.- Disolución de esta por reacción con el ácido (4,5 y 7).

El paso A, está afectado por el potencial reductor de la solución, a su vez determinado por los iones que contiene y por la naturaleza metalúrgica del aluminio. Así, es más rápido en el extraído, en el que los átomos de aluminio primario están distribuidos poco uniformemente y con compuestos intermetálicos, que en el fundido, en el que los átomos están dispuestos en cadenas relativamente largas (8).

El paso C es independiente de la historia del metal y en lo que a él respecta la disolución será proporcional a la superficie amalgamada y a la concentración de ácido.

De acuerdo con lo anterior, el efecto de las diferentes variables puede ser algo complejo. Así, un aumento de la concentración de HNO_3 por encima de un cierto valor acelera el proceso C en grado no compensado por el A, de tal forma que la superficie amalgamada se hace menor, con la consiguiente disminución de la velocidad global de disolución. Experimentalmente se ha comprobado la existencia de un máximo para la velocidad de disolución, correspondiente a acideces nítricas entre 4 y 8M, dificultando también la disolución las concentraciones altas de ión nitrato (6) y (8).

La concentración de ión mercúrico también afecta a la velocidad de disolución, aumentando ésta hasta concentraciones de 0'005 a 0'015 M, no existiendo efectos posteriores para concentraciones mas altas (3 y 8), posiblemente debido a un cambio de mecanismo controlante.

Experimentalmente, se ha comprobado que, asimismo, la estequiometría es función de la concentración de HNO_3 pues se ha visto (9) que cuando la acidez es alta, se desprende con preferencia NO_2 disminuyendo el porcentaje de este gas en beneficio del NO , N_2O , e incluso del H_2 para molaridades bajas o deficientes en ácido, lo que indicá el paso gradual de las reacciones tipo 5 a otras del tipo 4,3 y 1. Sin embargo, otros autores (5) anotan el efecto contrario, ya que encontraron que al aumentar la concentración disminuía el consumo del ácido.

Las disoluciones discontinuas en planta transcurren de manera análoga a las de laboratorio, pudiéndose achacar las diferencias al tipo de aluminio. Más frecuentemente se han utilizado métodos continuos, encontrándose en la bibliografía (4,6,8 y 10) ecuaciones de disoluciones y detalles de las instalaciones, que si bien se refieren a aleaciones de uranio y aluminio (80% Al. aproximadamente), pueden aplicarse a la disolución de este metal.

3. PARTE EXPERIMENTAL

Debido a las amplias posibilidades de elección de los valores de las variables y a la relativa complejidad de la reacción, se creyó oportuno realizar unos ensayos orientativos para establecer unas condiciones suaves de disolución y de forma que se pudiese controlar la tonalidad térmica y el desprendimiento de gases, a la vez que se observaba el comportamiento del tipo de aluminio utilizado.

Los experimentos se iniciaron en el Laboratorio por el método convencional de introducir el aluminio en un depósito lleno de solución nítrica y agitado (método de inmersión), para, una vez conocidos los principales parámetros, pasar a realizar las disoluciones por el procedimiento de riego.

3.1. ENSAYOS DE DISOLUCION POR INMERSION

Las variables estudiadas fueron la concentración del ácido nítrico y la del ión mercuríco, realizándose los ensayos a 70°C. Cada experimento llevado a acabo en un recipiente de acero inoxidable, y provisto de agitador y de serpentín de calefacción y/o refrigeración, se realizó con 50 gr. de aluminio extruido, cortado en trozos. A lo largo de la reacción se toman muestras y mediante análisis del contenido de aluminio se determinaba el porcentaje disuelto.

El consumo de ácido se determinaba valorando la acidez libre en la solución final y por medio de un balance.

3.1.1. Resultados

Dependiendo de las condiciones iniciales, en algunas experiencias fué preciso aumentar, significativamente, la refrigeración para poder mantener la temperatura en el valor deseado. En la mayoría de los ataques hubo fuerte desprendimiento de gases, observándose que estos eran más coloreados al principio de la reacción que al final y cuanto mayor era la concentración de ácido.

En la tabla I se resumen los principales datos de las experiencias efectuadas y en la figura 1, se han representado, para los distintos ensayos, la cantidad de aluminio disuelto en función del tiempo..

Los resultados obtenidos permiten deducir que las máximas velocidades de disolución corresponden a concentraciones de ácido nítrico entre 4 y 6 M, disminuyendo aquellas para concentraciones superiores e inferiores a las citadas. De la misma forma, hay una concentración óptima de catalizador, coincidente con valores comprendidos entre 0'00090 y 0'00140 M. de Hg .

TABLA I: RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE DISOLUCION DE ALUMINIO POR INMERSION.

Temperatura 70°C

SOLUCION INICIAL (Molaridad)		SOLUCION FINAL			RESULTADOS
Acido nítrico	Hg ⁺⁺ ⁺ x10 ⁴	Aluminio gr/l.	Acido nítrico (M)	Aluminio disuelto % (A)	Consumo de ácido moles/mol. de Al. (B).
2.0	4'5	5'18	1'94	69'4	3'45
	10'5	9'81	1'34	100	4'25
	15'5	9'81	1'29	100	4'39
3'5	4'5	8'66	2'85	92'8	5'52
	10'5	9'67	2'78	100	5'36
	15'5	8'93	3'05	100	4'68
5'0	4'5	7'14	4'90	72'8	5'88
	10'5	10'0	4'63	100	5'55
	15'5	6'68	5'65	76	3'11
6'5	4'5	2'70	6'65	32'8	-
	10'5	9'05	5'85	100	6'71
	15'5	9'36	5'85	100	7'35
8'0	4'5	C	8'50	C	C
	10'5	C	8'50	C	C
	15'5	C	8'50	C	CC
11'0	4'5	C	11'50	C	C
	10'5	C	11'50	C	C
	15'5	C	11'50	C	C

A - En 60 minutos

B - Referido a aluminio disuelto

C - Inapreciable.

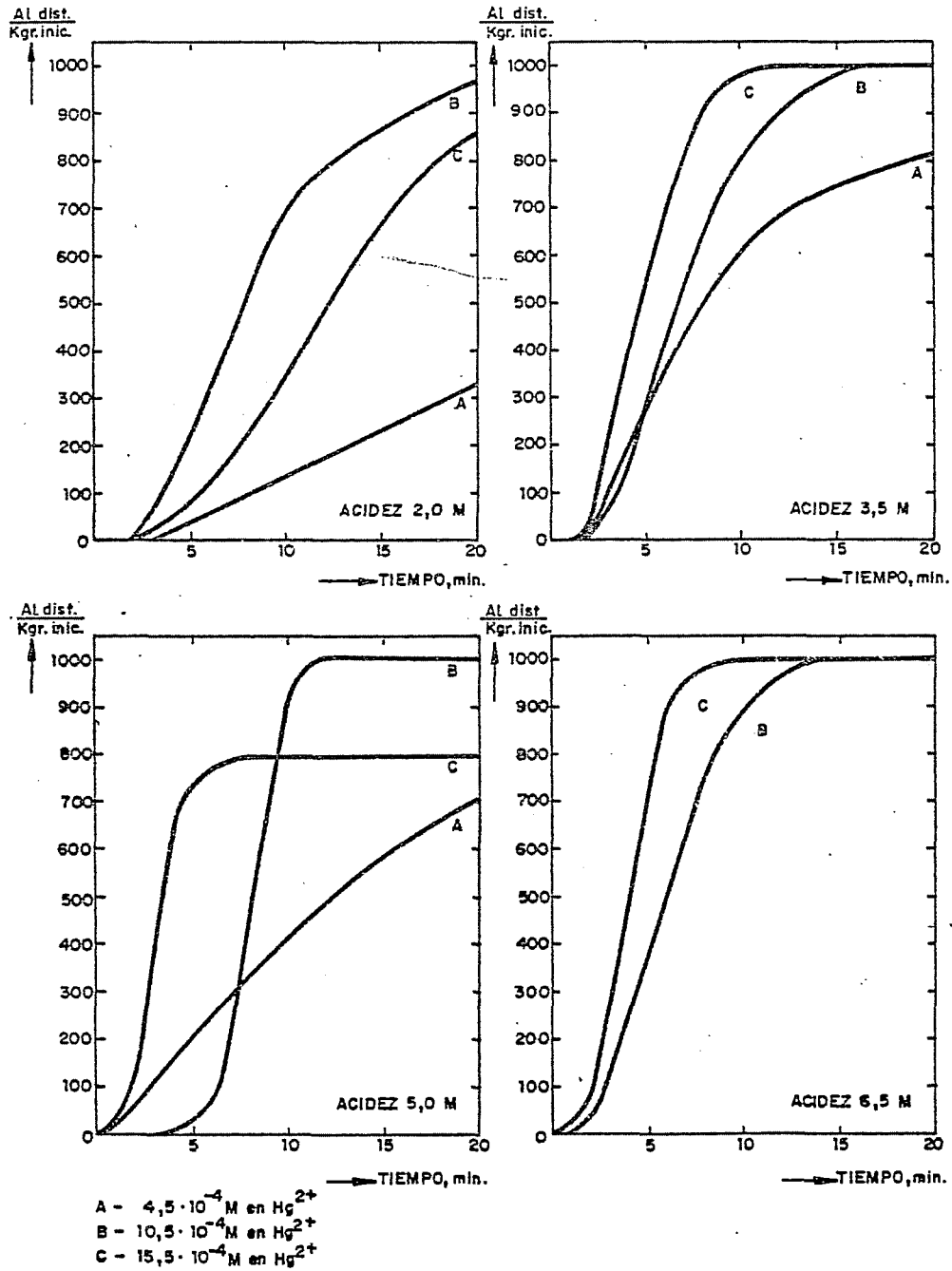


FIG.1.- ALUMINIO DISUELT O EN FUNCION DEL TIEMPO

De acuerdo con las observaciones de Martín y Buckham (9), se ha comprobado que el consumo de ácido, independientemente de la cantidad de catalizador, aumenta con la concentración inicial de nítrico, lo que indica que para molaridades altas tienen lugar, preferentemente, las reacciones 3,4 y 5. Esto lo confirma, según se ha escrito anteriormente, el aspecto de los vapores desprendidos.

Los resultados obtenidos pueden interpretarse en función de lo expuesto en el apartado 2, y permiten escoger unas condiciones de ataque por riego de manera que el proceso transcurra en las condiciones deseadas.

3.2. ENSAYOS DE DISOLUCION POR RIEGO

De los experimentos en planta se deduce que para concentraciones superiores a 6M de ácido nítrico es difícil conseguir la disolución total y a velocidades apreciables del aluminio. Por otra parte, concentraciones inferiores a 2M podrían de terminar desprendimiento de hidrógeno. De esta forma, las concentraciones de ácido estudiadas fueron 2, 3'5 y 5M, con lo que se trabajaba dentro de un intervalo práctico y además, con la primera, se podría observar el grado de reproductividad del riego con respecto a la inmersión.

Criterios semejantes determinaron la elección de las concentraciones de catalizador a los niveles de 0'00045, 0'00105 y 0'00155 M. en ión mercúrico.

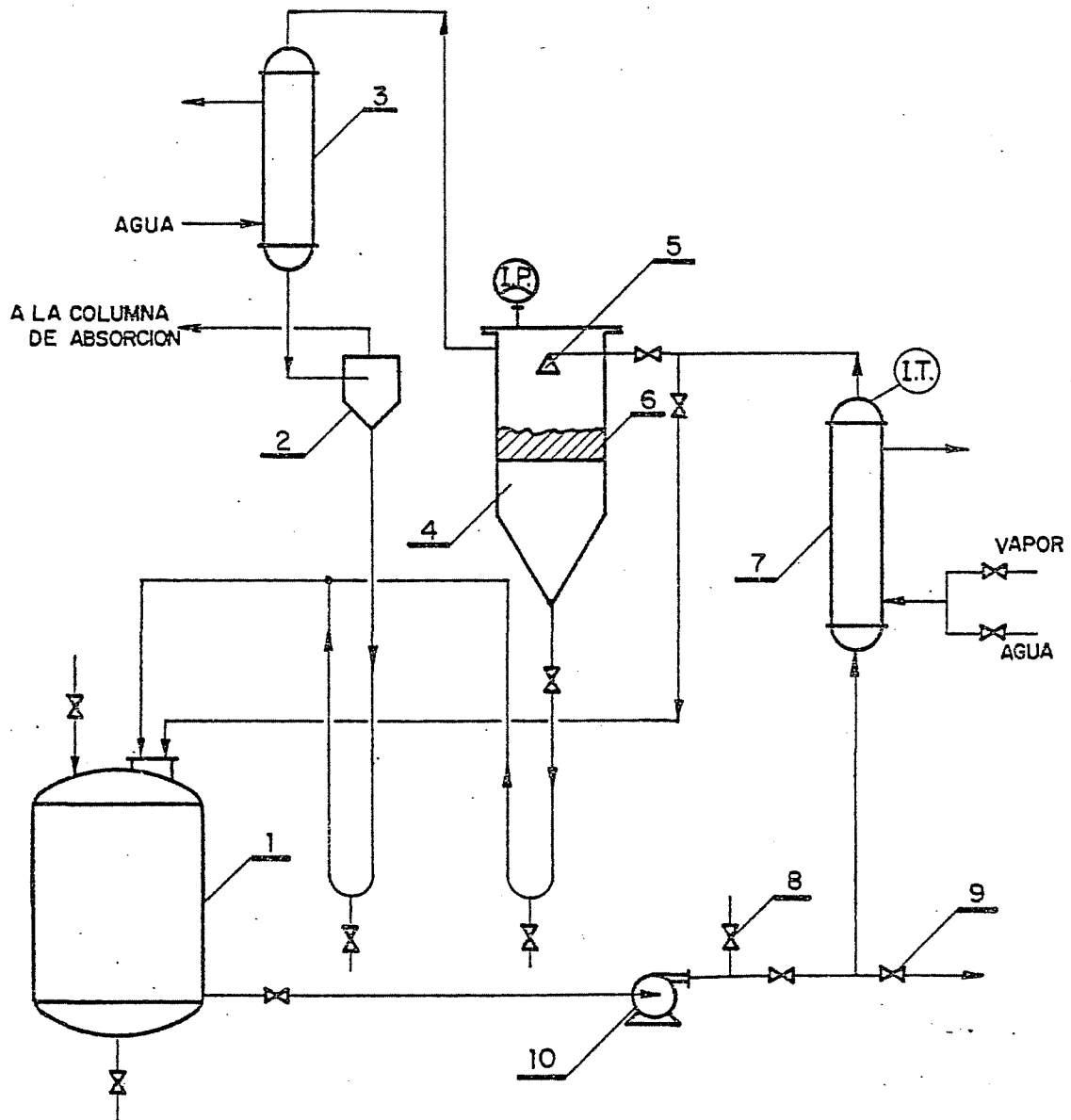
- La temperatura de trabajo, para todos los ensayos, fué de 70°C.

3.2.1. Descripción de la instalación

En la figura 2 se muestra un esquema de la instalación, que consta, fundamentalmente, de la columna de riego (reactor de disolución), de un condensador-enfriador, un ciclón que separaba los arrastres de fase líquida de la reacción y los devolvía al depósito de retenido, una bomba centrífuga para recircular las soluciones y un cambiador de calor que mantenía la temperatura en el valor deseado. Todo el equipo estaba construido con acero inoxidable 18/8.

La columna de riego tenía 300 mm. de diámetro y 1000 mm. de altura total y 200 mm. desde la entrada de la conducción de alimentación de la solución, un cestillo de malla de 0'6 mm. de luz. El riego se realizaba a través de una placa perforada con orificios de 1'5 mm. distribuidos de tal forma que el cono de pulverización cubría completamente el cestillo.

La bomba utilizada tenía una potencia de 1'5 CV. y proporcionaba un caudal máximo de 2000 litros/hr.



- | | |
|--------------------------|-------------------------------|
| 1.—DEPOSITO DE RETENIDO | 7.—CAMBIADOR DE CALOR |
| 2.—CICLON DE RETENIDO | 8.—TOMA DE MUESTRAS |
| 3.—CONDENSADOR-ENFRIADOR | 9.—DESCARGA SOLUCION |
| 4.—REACTOR DE DISOLUCION | 10.—BOMBA DE RECIRCLACION |
| 5.—PULVERIZADOR | I.P.—INDICADOR DE PRESION |
| 6.—CARGA DE ALUMINIO | I.T.—INDICADOR DE TEMPERATURA |

FIG.2.—INSTALACION DE ENSAYOS DE DISOLUCION POR RIEGO.

3.2.2. Método operatorio

Los ensayos se iniciaban colocando en el cestillo 750 gr. de aluminio, en placas dobladas con un ángulo de 90°, para así facilitar el acceso del ácido a toda su superficie y cargando en el depósito de retenido de 80 a 90 litros de solución de ácido nítrico, cantidad suficiente para que la molaridad no disminuyese en más de una unidad cuando se hubiera consumido todo el metal. La concentración nominal anotada era el valor medio entre la inicial y la final.

El catalizador se agregaba de la misma manera que el ácido bajo la forma de nitrato mercúrico.

A continuación, se ponía la bomba en funcionamiento circulando el fluido entre el cambiador de calor y el depósito, sin pasar por el reactor, calentándole en el primero. Cuando se alcanzaba la temperatura de trabajo, se desviaba la corriente a la columna de riego, iniciándose la reacción.

Para el control del proceso, se tomaban muestras a intervalos regulares de tiempo, en las cuales, mediante análisis, se determinaba su contenido en aluminio y ácido.

3.2.3. Resultados

En todos los experimentos efectuados, la reacción se iniciaba de 2 a 6 minutos después de comenzarse el riego del aluminio. Esto se ponía de manifiesto por una elevación de la temperatura, y por el fuerte desprendimiento de gases que determinaban un ligero aumento de la presión en el reactor de hasta 0'05 Atm. El proceso se controlaba aumentando la refrigeración en el cambiador de calor.

En la tabla II, se resumen los principales datos de las experiencias efectuadas y en la figura 3 se presentan las funciones aluminio disuelto-tiempo para dichas experiencias.

Se aprecia, que el consumo de ácido aumenta conforme lo hace la concentración inicial, sin embargo, dicho consumo es sensiblemente menor que el obtenido por el procedimiento de inmersión aún cuando los intervalos óptimos de concentración inicial de ácido y concentración de catalizador, siguen siendo los mismos.

4. DISOLUCION EN PLANTA

Terminados todos los ensayos a escala de Laboratorio, se procedió a la disolución de aluminio en planta.

En la instalación se realizaron ciertas modificaciones, tales como la sustitución del depósito de retenido por otro de mayor volumen, aproximadamente, 3000 l. Asimismo los gases pro-

TABLA II: RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE DISOLUCION DE ALUMINIO POR RIEGO.

SOLUCION INICIAL (Molaridad)		SOLUCION FINAL		RESULTADOS	
Acido nítrico	$\frac{2+}{\text{Hg}} \times 10^4$	Aluminio (gr./l.)	Acido nítrico (M)	Aluminio disuelto (%) (A).	Consumo de áci do moles/mol. de Al. (B).
2.0	4.5	8.66	1.31	100	3.48
	10.5	9.84	1.34	100	3.06
	15.5	9.15	1.50	96	3.77
3.5	4.5	8.13	2.93	81	4.83
	10.5	8.55	2.98	86	4.75
	15.5	8.29	3.13	88	4.82
5.0	4.5	3.19	5.43	34	7.48
	10.5	9.72	4.80	100	4.62
	15.5	9.78	4.83	100	4.78

(A) - En 60 minutos

(B) - Referido a aluminio disuelto

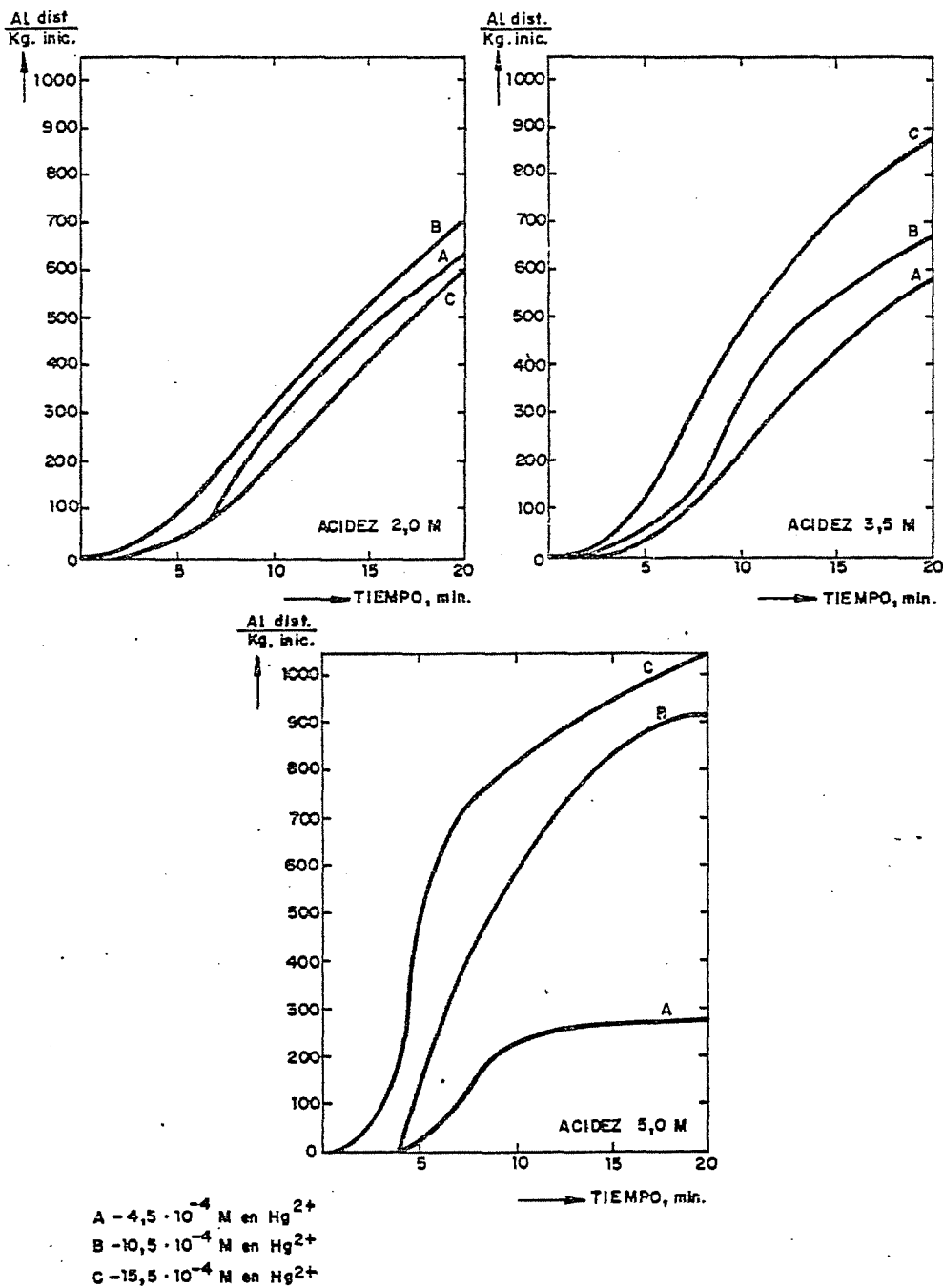


FIG.3.-ALUMINIO DISUELTTO EN FUNCION DEL TIEMPO

cedentes del ciclón-separador, en lugar de enviarlos a una columna de absorción, eran introducidos en el citado depósito de retenido, para después enviarlos a dicha columna. La finalidad de esto era disminuir el consumo de ácido.

También se instaló una purga de aire en la base del reactor de disolución, para expulsar los gases después del proceso.

Las condiciones para la disolución se eligieron de forma que ésta no fuese violenta. Así, la acidez nítrica fué 3.5M. y la concentración en ión mercuríco $10.5 \cdot 10^{-4}$ M. para más tarde aumentarla a $15.5 \cdot 10^{-4}$ M.

Se utilizaron cargas de aluminio de hasta 10 Kg. comprobándose que con cantidades superiores a 6 Kg. y entre los minutos 4 a 8, la reacción era tan violenta que se llegaron a alcanzar presiones de 0.4 Kg./cm^2 , momento en el que se paraba la reacción, desviando la corriente de ácido nítrico, con lo que la sobrepresión descendía hasta anularse.

Durante este periodo de tiempo era necesaria una - enérgica refrigeración, tanto para mantener la temperatura del proceso en 70°C , como para condensar y enfriar los gases de reacción.

Dado que cuando la concentración de aluminio en la solución era superior a unos 25 gr/l, la velocidad de disolución disminuía notablemente, se consideró oportuno, en ese momento, aumentar la concentración de catalizador a $15.5 \cdot 10^{-4}$ M. consiguiéndose de esta manera, aumentar de nuevo dicha velocidad.

En general, todo el proceso transcurrió de forma equivalente a la de los ensayos realizados a menor escala.

5. COMENTARIOS

Respecto a la concentración inicial de ácido nítrico y la concentración de catalizador, los dos procedimientos coinciden, estando el óptimo de acidez entre 4 y 6 molar y el del ión mercuríco entre $1.0 \cdot 10^{-3}$ y $1.5 \cdot 10^{-3}$ molar.

Se han definido dos conceptos distintos de velocidad de disolución: velocidad media, que se refiere al aluminio disuelto en los primeros 20 minutos de reacción y la velocidad máxima que se define con respecto al mayor valor de la pendiente de la función aluminio disuelto-tiempo, obtenida en esos primeros 20 minutos.

Dichas velocidades de disolución son mayores en el — procedimiento de inmersión, llegándose a alcanzar 274 gr/mín. Kg./Aluminio (Tabla III). También, el consumo de ácido es superior (tablas I y II) 4.9 mol/mol. Al. disuelto, frente a 4.1. mol/mol. Al. disuelto. Cuando se pasó a la disolución en planta,

y como consecuencia de las modificaciones realizadas en la instalación, el vapor de 4.1 disminuyó a 3.1 mol/mol. Al, disuelto, debido posiblemente a la recuperación casi total de los gases nitrosos procedentes de la reacción y no a un cambio fundamental de la cinética, del tipo de reacción ya que igualmente, hubo fuerte desprendimiento de gases nitrogenos.

Por el primer procedimiento de disolución, cuando la reacción se acelera no hay posibilidad inmediata de controlarla, mientras que por el sistema de riego, y debido a que es factible dejar el lecho de aluminio totalmente aislado de la solución, el control de la reacción es instantáneo.

Por el primer procedimiento de disolución, cuando la reacción se acelera no hay posibilidad inmediata de controlarla, mientras que por el sistema de riego, y debido a que es factible dejar el lecho de aluminio totalmente aislado de la solución, el control de la reacción es instantáneo.

Por último, se ha realizado una estimación de costos, (11) considerando la materia prima, la materia prima, mano de obra y consumo de energía, obteniéndose un precio de 214 Pts./Kg. Al. presente en soluciones, frente al de $2.100,-$ Pts./Kg. Al. que importaría el obtenido a partir del nitrato de aluminio de calidad técnica.

TABLA III

VELOCIDADES DE DISOLUCION, (GR./MINUTO POR CADA KG. AÑADIDO INICIALMENTE)

			CONCENTRACION DE ACIDO NITRICO, Moles/litro.									
			2.0		3.5		5.0		6.5		8.0	
			INMERS	RIEGO	INMER	RIEGO	INMER	RIEGO	INMERS	RIEGO	INMERS	RIEGO
Concentra ción: Hg ²⁺ .10 ⁴ molar.	4.5	MEDIA	17	32	41	29	35	14	-	-	A	-
		MAX.	17	72	92	52	45	41	-	-	-	-
	10.5	MEDIA	48	35	67	34	87	48	68	-	A	-
		MAX.	140	41	104	92	274	158	-	-	-	-
	15.5.5	MEDIA	43	26	100	44	100	50	100	-	A	-
		MAX.	79	27	182	70	265	200	200	-	-	-

A.- No se detectó reacción.

6. BIBLIOGRAFIA

- 1.- A. RODRIGO OTERO, F. RODRIGO VILASECA, G. MORALES CALVO y J. MENENDEZ MENENDEZ. "Disolución de uranio en escorias de calcioterma y magnesioterma". J.E.N-348, Madrid, 1976.
- 2.- A. RODRIGO OTERO, G. MORALES CALVO y F. RODRIGO VILASECA. "Tratamiento de soluciones que contienen nitrato de uranio y fluoruros". J.E.N-365, Madrid, 1976.
- 3.- A. URIARTE HUEDA, M. BERBERANA EIZMENDI, y G. PEREIRA SAN CHEZ, "Disolución de aluminio". J.E.N-203. Div. Ma/1 Madrid, 1968.
- 4.- R. STOLLER. "Reactor Handbook", Vol. II. Fuel Reprocessing, Edit. by S.M. Stoller and R.B. Richards. 2nd. Edit. Interscience, New York, 1961. Pág. 72.
- 5.- R.G. WYMER y R.E. BLANCO. "Uranium-Aluminium alloy dissolution". Ind. Eng. Chem. 49 (1), Enero 1957, pág. 59.
- 6.- A.F. BOEGLIN, y colab. "The nitric acid dissolution of uranium-aluminum alloy in a flooded continuous dissolver". USAEC report IDO-14321, 1955 (Dic. 1).
- 7.- H. SCHNEIDER y R.F. MURRAY. "The oxidation of mercury by nitric acid"; USAEC Report IDO-14423, Nov. 30, 1957.
- 8.- A.F. BOEGLIN y colab. "Continuous dissolution of Uranium-Aluminium reactor fuels". A.I.C.H.E.J. (2), June 1956, pág. 19 190.
- 9.- M.D. MARTIN y J.A. BUCKHAM. "The composition of off-gas from batch uranium-aluminum dissolution". USAEC Report: IDO-14361, Dec. 15, 1955.
- 10.- T.P. SCHEIDLER y N.R. LEIST. "The dissolution of aluminum-uranium alloys by the nitric acid-mercuric nitrate system" Summary Technical Report, January 1 to March 31, 1964. USAEC Report, NLCO-905, 1964.
- 11.- A. RODRIGO OTERO, G. MORALES CALVO y J. MENENDEZ MENENDEZ. "Tratamiento de escorias de calcioterma y magnesioterma en Plantas Piloto". Informe a la Sección de Investigación de Procesos: 004/7/76. Octubre 1976.

J. E. N. 371

Junta de Energía Nuclear. División de Materiales. Madrid.

"Disolución de aluminio por riego con ácido nítrico".

RODRIGO OTERO, A.; RODRIGO VILASECA, F.; MORALES CALVO, G. (1977) 15 pp. 3 figs. 11 ref.

Se ha realizado un estudio comparativo entre la disolución de aluminio, mediante ácido nítrico, por el método convencional de inmersión y el procedimiento de riego continuo del metal por la solución nítrica. Como resultado se establecen unas condiciones para la disolución en planta de forma que la reacción pueda ser controlada. Finalmente se evalúa el costo de la operación.

CLASIFICACION INIS Y DESCRIPTORES: B10. Aluminium. Aluminium nitrates. Dissolution. Catalysts. Nitric acid. Mercury nitrates. Cost. Chemical reaction kinetics.

J. E. N. 371

Junta de Energía Nuclear. División de Materiales. Madrid.

"Disolución de aluminio por riego con ácido nítrico"

RODRIGO OTERO, A.; RODRIGO VILASECA, F.; MORALES CALVO, G. (1977) 15 pp. 3 figs. 11 ref.

Se ha realizado un estudio comparativo entre la disolución de aluminio, mediante ácido nítrico, por el método convencional de inmersión y el procedimiento de riego continuo del metal por la solución nítrica. Como resultado se establecen unas condiciones para la disolución en planta de forma que la reacción pueda ser controlada. Finalmente se evalúa el costo de la operación.

CLASIFICACION INIS Y DESCRIPTORES: B10. Aluminium. Aluminium nitrates. Dissolution. Catalysts. Nitric acid. Mercury nitrates. Cost. Chemical reaction kinetics.

J. E. N. 371

Junta de Energía Nuclear. División de Materiales. Madrid.

"Disolución de aluminio por riego con ácido nítrico".

RODRIGO OTERO, A.; RODRIGO VILASECA, F.; MORALES CALVO, G. (1977) 15 pp. 3 figs. 11 ref.

Se ha realizado un estudio comparativo entre la disolución de aluminio, mediante ácido nítrico, por el método convencional de inmersión y el procedimiento de riego continuo del metal por la solución nítrica. Como resultado se establecen unas condiciones para la disolución en planta de forma que la reacción pueda ser controlada. Finalmente se evalúa el costo de la operación.

CLASIFICACION INIS Y DESCRIPTORES: B10. Aluminium. Aluminium nitrates. Dissolution. Catalysts. Nitric acid. Mercury nitrates. Cost. Chemical reaction kinetics.

J. E. N. 371

Junta de Energía Nuclear. División de Materiales. Madrid.

"Disolución de aluminio por riego con ácido nítrico".

RODRIGO OTERO, A.; RODRIGO VILASECA, F.; MORALES CALVO, G. (1977) 15 pp. 3 figs. 11 refs.

Se ha realizado un estudio comparativo entre la disolución de aluminio, mediante ácido nítrico, por el método convencional de inmersión y el procedimiento de riego continuo del metal por la solución nítrica. Como resultado se establecen unas condiciones para la disolución en planta de forma que la reacción pueda ser controlada. Finalmente se evalúa el costo de la operación.

CLASIFICACION INIS Y DESCRIPTORES: B10. Aluminium. Aluminium nitrates. Dissolution. Catalysts. Nitric acid. Mercury nitrates. Cost. Chemical reaction kinetics.

J. E. N. 371

Junta de Energía Nuclear. División de Materiales. Madrid.

"Aluminium dissolution for spray pulverization with nitric acid".

RODRIGO OTERO, A.; MORALES CALVO, G.; RODRIGO VILASECA, F. (1977) 15 pp. 3 figs. 11 ref.

A comparative study of the nitric acid dissolution of aluminium, by immersion and spray pulverization has been carried out in laboratory scale. As a result, the optimum operation conditions to control reaction in the plant are fixed. Operation costs are also evaluated.

INIS CLASSIFICATION AND DESCRIPTORS: B10. Aluminium. Aluminium nitrates. Dissolution. Catalysts. Nitric acid. Mercury nitrates. Cost. Chemical reaction kinetics.

J. E. N. 371

Junta de Energía Nuclear. División de Materiales. Madrid.

"Aluminium dissolution for spray pulverization with nitric acid".

RODRIGO OTERO, A.; MORALES CALVO, G.; RODRIGO VILASECA, F. (1977) 15 pp. 3 figs. 11 refs.

A comparative study of the nitric acid dissolution of aluminium, by immersion and spray pulverization has been carried out in laboratory scale. As a result, the optimum operation conditions to control reaction in the plant are fixed. Operation costs are also evaluated.

INIS CLASSIFICATION AND DESCRIPTORS: B10. Aluminium. Aluminium nitrates. Dissolution. Catalysts. Nitric acid. Mercury nitrates. Cost. Chemical reaction kinetics.

J. E. N. 371

Junta de Energía Nuclear. División de Materiales. Madrid.

"Aluminium dissolution for spray pulverization with nitric acid".

RODRIGO OTERO, A.; MORALES CALVO, G.; RODRIGO VILASECA, F. (1977) 15 pp. 3 figs. 11 ref.

A comparative study of the nitric acid dissolution of aluminium, by immersion and spray pulverization has been carried out in laboratory scale. As a result, the optimum operation conditions to control reaction in the plant are fixed. Operation costs are also evaluated.

INIS CLASSIFICATION AND DESCRIPTORS: B10. Aluminium. Aluminium nitrates. Dissolution. Catalysts. Nitric acid. Mercury nitrates. Cost. Chemical reaction kinetics.

J. E. N. 371

Junta de Energía Nuclear. División de Materiales. Madrid.

"Aluminium dissolution for spray pulverization with nitric acid".

RODRIGO OTERO, A.; MORALES CALVO, G.; RODRIGO VILASECA, F. (1977) 15 pp. 3 figs. 11 ref.

A comparative study of the nitric acid dissolution of aluminium, by immersion and spray pulverization has been carried out in laboratory scale. As a result, the optimum operation conditions to control reaction in the plant are fixed. Operation costs are also evaluated.

INIS CLASSIFICATION AND DESCRIPTORS: B10. Aluminium. Aluminium nitrates. Dissolution. Catalysts. Nitric acid. Mercury nitrates. Cost. Chemical reaction kinetics.