

03.77.09

COMISION NACIONAL DE ENERGIA ATOMICA

DIRECCION DE INVESTIGACION Y DESARROLLO

GERENCIA DE PROCESOS QUIMICOS

+ Departamento de Química

FORMACION DE FASES MIXTAS EN TORRES DE INTERCAMBIO GAS/LIQUIDO

Norberto Rodolfo

Enrique Aldo

Por: N.R. Strehar, M.A. Molinari y E.A. Rojo.

Marcelo Br Tonio

FORMACION DE FASES MIXTAS EN TORRES DE INTERCAMBIO GAS/LIQUIDO.

POR: N.R. Strehar, M.A. Molinari y E.A. Rojo.

División Fisicoquímica

1977

Presentado en la VI REUNION CIENTIFICA Y 1^{er} ENCUENTRO LATINO-AMERICANO, Asociación Argentina de Tecnología Nuclear, Alta Gracia, Córdoba, 21-26 de noviembre de 1977. Resumen 24.

FORMACION DE FASES MIXTAS EN TORRES DE INTERCAMBIO GAS/LIQUIDO.

RESUMEN

Se describen estudios iniciados en relación a un fenómeno de inestabilidad hidráulica y arrastre de líquido por la corriente gaseosa, observado en plantas existentes en otros países, en las columnas de intercambio gas/líquido del proceso GS de obtención de agua pesada.

1.- ANTECEDENTES:

En la Figura 1 se indican algunos de los datos disponibles sobre este fenómeno. Por primera vez, se observó en la planta de agua pesada de Savannah River, EE.UU., y obligó a reducciones de la producción, derivadas de reducciones equivalentes en los caudales de líquido y de gas, cosa que era perfectamente factible en ese caso, ya que la producción de la planta era mayor que las necesidades del momento. La única conclusión que se pudo sacar entonces, fué una cierta relación de este fenómeno con la turbiedad del agua del río, que se demostró que tenía un paralelismo con la turbiedad resultante del agua de proceso purificada. El tratamiento que se decidió aplicar consistió en el agregado de un antiespumante a base de silicona y además, como ya dijimos, reducir los caudales.

Los datos más recientes se refieren a las plantas instaladas en Canadá y comprenden por un lado, un estudio del efecto espumante de distintas impurezas del tipo de materia orgánica, existentes en el agua, de un aditivo de coagulación y de alúmina coloidal, ambos relacionados con el proceso de purificación del agua, así como de productos de reacción de algunas de esas sustancias con sulfuro de hidrógeno.

Los informes referentes directamente a plantas coinciden en atribuir el problema a la formación de una espuma densa y estable, casi exclusivamente en las columnas frías, cuyas causas

se atribuyeron tanto al diseño de platos, como a un fenómeno de concentración de impurezas durante el proceso, ya que se pensó que la concentración inicial de impurezas en el agua y en el sulfuro de hidrógeno no era lo suficientemente grande como para justificar los efectos observados. Como tratamiento se aconsejó en ese caso intensificar la purificación del agua de proceso agregando carbón activado y reducir drásticamente la altura del rebosadero y por lo tanto el nivel del líquido en los platos, de 4,25" a 1,5".

2.- TEORIAS FISICOQUIMICAS:

La aparición de este fenómeno de inestabilidad hidráulica y arrastre de líquido debido a la formación anormal de una fase mixta que denominamos espuma, no es inusual en equipos de contacto gas/líquido y se origina en el compromiso existente para obtener la máxima eficiencia de contacto posible entre las dos fases y posibilitar una correcta separación posterior de ambas corrientes fluídas, dentro de los valores adecuados de caudales y dimensiones de los equipos.

En la Figura 2 puede observarse, en el esquema superior, que como todos los demás está basado en microfotografías, la forma de burbujas esféricas que permiten el máximo contacto gas/líquido y por lo tanto la máxima eficiencia de intercambio entre ambas fases.

Esas burbujas esféricas que son características de los líquidos puros, ascienden rápidamente a la superficie del líquido

y tienen un tiempo de vida corto, no constituyendo un problema para el funcionamiento del equipo, si se cumplen todas las condiciones requeridas de diseño de platos, en función de los caudales de líquido y de gas.

En los esquemas de más abajo se observan dos formas de burbujas de espuma, de característica forma poliédrica. La película que forman las burbujas pueden tener distinto contenido de líquido y su estabilidad y propiedades de elasticidad son precisamente, las que ocasionan dificultades y dependen de la composición del sistema.

Existen varios esquemas teóricos o teórico-empíricos con los que se intenta explicar porqué ciertos sistemas tienen tendencia a formar espuma, de qué dependen las propiedades de esa espuma y como pueden modificarse las mismas.

La Figura 3 se refiere a las teorías que se han desarrollado con ese fin y que deben tener en cuenta las propiedades de los componentes y las condiciones de contacto de las fases líquida y gaseosa. La teoría fundamental es la de elasticidad superficial de Gibbs, que explica la estabilidad de la espuma, como debida a la formación de un exceso de concentración superficial del soluto, Γ , que es proporcional al gradiente de tensión superficial (γ) respecto de la concentración (c). Otros desarrollos introducen otras propiedades fundamentales del líquido y del gas, así como condiciones de desplazamiento y valores dimensionales de ambas fases. Así, existen diversas ecuaciones que permiten correlacionar estos parámetros, con la altura o

volúmen de espuma, o bien explican algunas de las características generales de la formación de espuma, como por ejemplo:

- a) que el solvente puro no forma espuma, y que ésta alcanza un máximo a concentraciones bajas de solutos y luego llega a un mínimo para soluciones saturadas,
- b) que existe un marcado efecto de la temperatura,,
- c) que no se observa una propiedad aditiva simple en mezclas de agentes espumantes, etc.

3.- ESPUMA EN EL PROCESO GS:

Si aplicamos al sistema que nos ocupa los datos que acabamos de mencionar, como se resume en la Tabla I podemos concluir que el fenómeno de formación de espuma puede deberse en nuestro caso, en primer lugar, a que el gradiente de tensión superficial en función de la concentración para el sistema sulfuro de hidrógeno/agua es alto. Las dos concentraciones que se indican corresponden aproximadamente a los máximos y mínimos que aparecen en el proceso y la variación correspondiente de tensión superficial es de 40 a 70 dinas/cm o sea hay una variación del orden del 75%. Por otra parte existe la posibilidad de que haya otras sustancias disueltas en la fase líquida que también pueden ocasionar espuma y las hemos clasificado (ver Fig. 4) en sustancias existentes en el agua de alimentación, ya sea originadas en su contenido natural o bien que se agregan durante el tratamiento de purificación y sustancias que aparecen durante el proceso de obtención de agua pesada, ya sea provenientes del gas sulfuro de hidrógeno, o bien formadas por productos de reacción del sistema con constituyentes

normales de la planta, o bien sustancias que directamente se agregan al proceso debido a necesidades de operación, incluyendo sus posibles productos de reacción.

4.- MÉTODOS DE ESTUDIO DE ESPUMA:

En definitiva ya que las propiedades espumantes pueden deberse tanto a características intrínsecas del sistema sulfuro de hidrógeno/agua puros, como a impurezas originadas en el agua o en el proceso y teniendo en cuenta además que la información disponible es bastante limitada y que por las características del fenómeno resulta difícil aplicar información de casos similares, o bien extrapolar datos informados sobre casos similares, se ha proyectado una serie de trabajos destinados a estudiar el problema (Ver Fig. 5).

El primer tipo de trabajo que se encaró fué realizar experiencias de contacto líquido/gas, que no pueden sustituirse por ningún otro tipo de experimentación para establecer inequívocamente en qué grado el sistema es espumante y las propiedades de la espuma que se forme. Esas experiencias corresponden a todo un escalamiento de distintas etapas de trabajo, que se iniciaron con aparatos de laboratorio de vidrio, en condiciones apenas cercanas a las del proceso y que culminan en experiencias en equipos más grandes y en condiciones de operación equivalente a las de planta.

Otra línea de trabajo incluye sistemas o métodos para

detectar la formación de espuma dentro de las columnas de intercambio a fin de poder adoptar, en ese momento y antes que el problema se agrave, cualquier medida para contrarrestar el fenómeno.

Al respecto, la Gerencia de Radioisótopos y Radiaciones ha construido y está actualmente ensayando un medidor de perfiles de densidad por barrido gamma. Este aparato consiste en una fuente radiactiva y un detector situados en los extremos de un diámetro, los que pueden desplazarse de arriba a abajo a lo largo del recipiente.

Una línea adicional corresponde a la evaluación y determinación de propiedades de agentes antiespumantes cuya necesidad se puede prever. Consisten en efectuar determinaciones comparativas de altura de espuma, formada en ciertas condiciones establecidas, en función de la concentración, con distintos agentes espumantes y en presencia de productos antiespumantes. Incluyen también estudios del efecto sobre estas sustancias del sulfuro de hidrógeno a 130°C y 20 atm. Los resultados obtenidos hasta el momento, han permitido una selección preliminar de algunos antiespumantes.

Por supuesto es conveniente realizar además un estudio fisicoquímico de la tensión superficial, viscosidad, etc. el que contribuye al correcto conocimiento del sistema binario sulfuro de hidrógeno/agua.

Por último también fué necesario encarar el estudio de impurezas, ya sea originadas en el agua, sulfuro de hidrógeno o en otras posibles fuentes, tanto en lo que se refiere a la iden-

tificación de esas sustancias determinando su propiedad espumante, como así también a su dosaje o análisis cuantitativo y al tratamiento para su eliminación o disminución.

Desde este punto de vista ya están en marcha estudios basados en la demanda química de oxígeno en muestras de agua, lo que da una aceptable correlación con el contenido de materia orgánica. Se están ensayando por este medio distintos métodos de tratamiento de materia orgánica, como ser con carbón activado y otros menos específicos pero que forman parte del proceso, como, coagulación, filtración, etc. Al mismo tiempo se está trabajando en ensayos de extracción de sustancias orgánicas del agua, por adsorción en filtros de carbón activado y posterior elución con solventes, a fin de determinar en distintas fracciones su posible poder espumante y realizar algún intento de caracterización.

Por último, estos trabajos tienen otras finalidades o resultados adicionales, que derivan de la manipulación de cantidades algo mayores de las habituales de gas sulfuro de hidrógeno a la presión de 20 atm, lo que es una muy útil experiencia previa a la operación de la futura planta piloto.

DATOS DE PLANTAS

- SAVANAH RIVER (EE.UU), 1966

	TURBIEDAD EN PPM	CAUDAL lb/h. pie ²
AGUA DEL RIO	15-20 → 50-60	9200 → 6200
AGUA DE PROCESO	0,5 → 5	
ANTIESPUMANTE: 1 PPM GE60 (30% SILICONA)		

- NOVA SCOTIA (CANADA), 1972

PODER ESPUMANTE EN	- IMPUREZAS DEL AGUA - ADITIVO DE COAGULACION - $Al(OH)_3$ - PRODUCTOS DE REACCION CON SH_2
--------------------	--

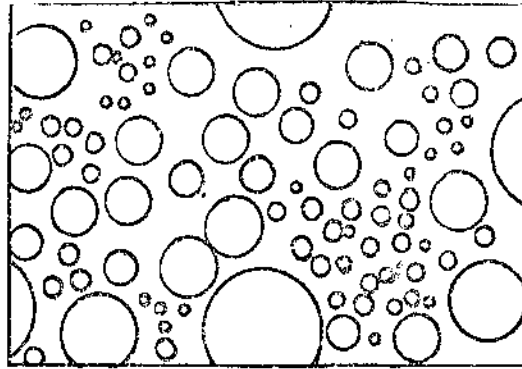
- PORT HAWKESBURY (CANADA), 1972

INESTABILIDAD HIDRAULICA		ESPUMA
CONCENTRACION DE IMPUREZAS		

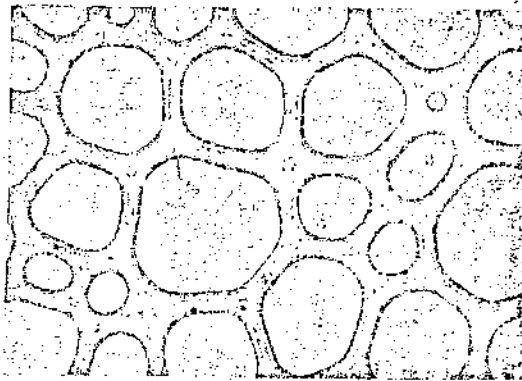
CONCLUSIONES:

- AÑADIR CARBON ACTIVADO
- H_W : 4,25" → 1,5"

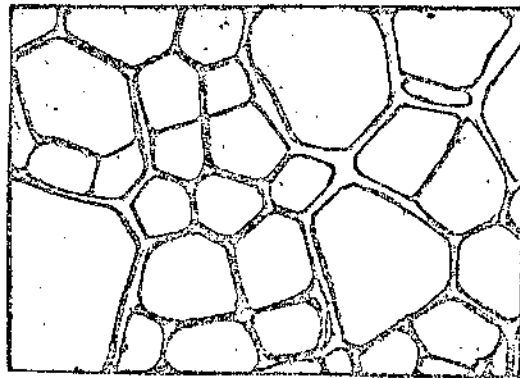
FIG. 1



A- Zona de burbujas.



B- Espuma con alto contenido de líquido.



C- Espuma después de un proceso de drenaje.

TEORIAS

- PROPIEDADES FISICOQUIMICAS DE LOS COMPONENTES.
- CONDICIONES DE CONTACTO GAS/LIQUIDO.

ELASTICIDAD SUPERFICIAL DE GIBBS:

$$\pi = \frac{c}{RT} \frac{d\gamma}{dc}$$

γ : TENSION SUPERFICIAL.

c : CONCENTRACION DEL SOLUTO.

OTROS PARAMETROS:

- | | |
|--------------|---|
| | - VISCOSIDAD Y DENSIDAD. |
| LIQUIDO : | - ALTURA Y CAUDAL. |
| | - CARACTER IONICO DEL SOLUTO. |
| GAS : | - VELOCIDAD Y DENSIDAD. |
| FASE MIXTA : | - DIAMETRO Y ESPESOR DE PELICULA DE BURBUJAS. |

TABLA I

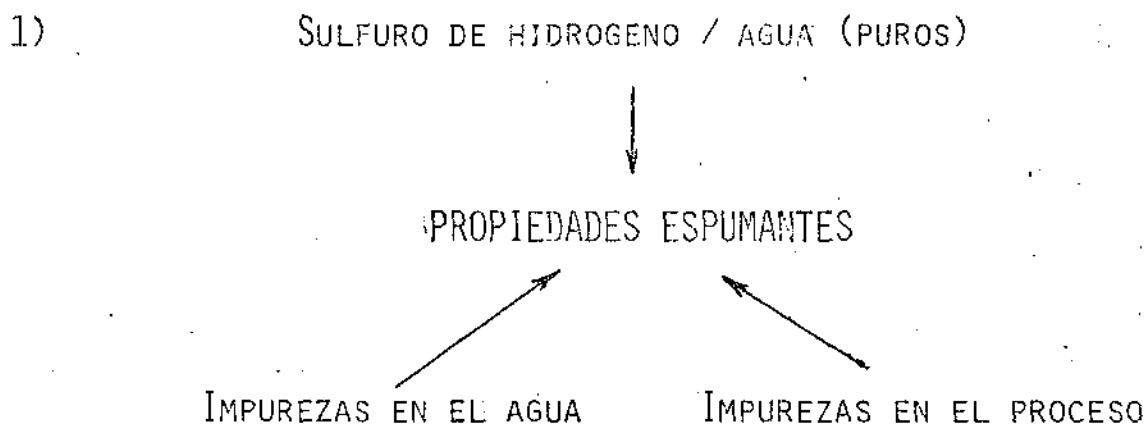
SOLUBILIDAD MOL SH_2 /MOL H_2O	γ DINAS/CM
0,03	40
0,005	70

SUBSTANCIAS EXISTENTES EN
EL AGUA DE ALIMENTACION.

- CONTENIDO NATURAL
- AGREGADOS EN EL TRATAMIENTO.

SUBSTANCIAS QUE APARECEN
EN EL PROCESO.

- PROVENIENTES DEL SH_2 .
- PRODUCTOS DE REACCION CON
CONSTITUYENTES NORMALES DE
LA PLANTA.
- ADITIVOS AGREGADOS Y SUS
PRODUCTOS DE REACCION.



2) - INFORMACION LIMITADA

- DIFICULTADES PARA APLICAR O EXTRAPOLAR DATOS

-
- EXPERIENCIAS DE CONTACTO LIQUIDO / GAS
 - DETECCION DE ESPUMA
 - ANTIESPUMANTES
 - TENSION SUPERFICIAL, VISCOSIDAD, ETC.
 - ESTUDIO DE IMPUREZAS
- | | |
|------------------------|---------------|
| - AGUA | - DETECCION |
| - SULFURO DE HIDROGENO | - ANALISIS |
| - OTRAS | - TRATAMIENTO |

FIG. 5