

CONSIDERACIONES SOBRE LA SEDIMENTACION DE LA PULPA LIMONITICA EN LA PLANTA "PEDRO SOTO ALBA"

RESUMEN

En el trabajo se analizan algunos de los factores que influyen en la velocidad de sedimentación de las pulpas limoníticas, las consideraciones de trabajos anteriores con vista a incrementar la sedimentación y los resultados de algunos ensayos a escala de laboratorio.

Los elementos que aportan estos trabajos, así como la experiencia práctica conllevan a considerar que dos factores principales resultan los más influyentes en el proceso de sedimentación: a) la composición granulométrica del sólido componente de la pulpa y b) la composición iónica de la pulpa.

Las argumentaciones al respecto y consideraciones sobre los trabajos futuros se brindan en el trabajo.

СОСБРАЖЕНИЕ ОБ ОСАЖДЕНИИ ЛИМОНИТОВОЙ ПУЛПЫ НА ЗАВОДЕ "ПЕДРО СОТО АЛБА"

Резюме

В работе анализируются некоторые из факторов влияющие на скорость осаждения лимонитовых пульп, выводы предшествующих работ направленных на увеличения осаждения твёрдой фазы и результаты некоторых испытаний в лабораторных условиях.

Данные этих работ, также как и практический опыт, позволяют считать что на процесс осаждения наиболее сильно влияют два фактора:

- а) гранулометрический состав твёрдой фазы пульпы
- б) конный состав пульпы

В работе приводится соответствующая аргументация и соображение о будущих работах.

CONSIDERACIONES SOBRE LA SEDIMENTACION DE LA PULPA LIMONITICA EN LA PLANTA "PEDRO SOTO ALBA"

Ing. José Falcón Hernández
Candidato a Doctor en Ciencias Técnicas
Profesor Auxiliar del Dpto. de Química
Decano Facultad Metalurgia-Electromecánica del ISMMMOA

La preparación del mineral para el proceso de lixiviación en la planta "Pedro Soto Alba" se compone del lavado del mineral y la separación de las fracciones limoníticas y serpentiniticas del mineral por cribado.

La fracción limonítica que resulta la sometida a proceso y que se obtiene del proceso anterior en forma de pulpa, con un contenido de sólidos de aproximadamente 25 %, pasa a los tanques espesadores donde debe alcanzar por diseño alrededor de 47 % de sólidos. El por ciento de sólidos de la pulpa espesada desempeña un rol fundamental sobre el proceso, ya que influye en la capacidad de la planta de lixiviación y en los índices tecnológicos del proceso.

Alcanzar el por ciento de sólidos de diseño del producto espesado ha presentado dificultades y en muchos casos se mantienen por debajo del exigido. Ello ha conllevado a

que se realicen toda una serie de trabajos investigativos con el objetivo de analizar el proceso de espesamiento en sí y encontrar las medidas para mejorar sus índices.

En el presente trabajo se realiza un análisis de algunas de las investigaciones efectuadas y sobre la base de ellas se exponen criterios con vista a trabajos futuros y a las posibles vías para mejorar los índices del proceso.

CONSIDERACIONES SOBRE LA SEDIMENTACION

Como es conocido las partículas sólidas en un medio fluido en reposo (por ejemplo en agua) tienden a caer por la acción de la fuerza gravitatoria. Si una partícula cae en un medio lo suficientemente extenso y sin considerar la acción de otras fuerzas, que no sea la resistencia del medio, la misma alcanzará una velocidad máxima a la cual se le denomina velocidad límite de caída libre. La velocidad límite de caída dependerá del tamaño y densidad de la partícula y de las propiedades del fluido y existen diversas fórmulas para calcular la misma. En el caso en que se precipita no una partícula sino muchas, a la resistencia del medio se le sumarán otras fuerzas que entorpecerán la caída de las partículas y, por lo tanto, nos encontraremos en el régimen de caída contrariada. El grado de contrariedad y por tanto la disminución de la velocidad de caída se encuentra en dependencia directa con la concentración de partículas que caen. En el caso de partículas muy pequeñas (lamas), del orden de varios micrones, el peso de las partículas y las velocidades de caídas resultan tan pequeñas que las fuerzas superficiales y las interacciones entre las partículas pueden mantener a estas en suspensión. Este fenómeno es utilizado para crear las suspensiones que se utilizan en el proceso de beneficio por medios densos, lodos de perforación y otros.

En los casos en que se combina una mezcla de partículas muy pequeñas (lamas) y otras mayores, ocurre que estas últimas para precipitar tienen que vencer no sólo la resistencia del líquido, sino también desplazar a las partículas más pequeñas que poseen menos velocidad de caída. Por lo tanto, las partículas pequeñas le comunican al medio fluido un "aumento de densidad" respecto al desplazamiento de las partículas grandes y estas últimas resultan las causantes de la suspensión de tal forma que prácticamente se detiene la sedimentación.

Para la determinación de la velocidad de caída contrariada de partículas de diferentes géneros no se cuenta con fórmulas lo suficientemente fundamentadas. En tales casos se puede utilizar la fórmula de Gaudin:

$$V_{CT} = V_0 (1 - \gamma)(1 - \gamma)^{2/3} (1 - 2,5 \gamma)$$

donde

V_{CT} - velocidad de caída contrariada

V_0 - velocidad límite de caída libre (determinada por la fórmula de Stoke)

$\gamma = 1 - m$ - concentración volumétrica del sólido, o sea, parte de la pulpa ocupada por el sólido

m - coeficiente de llenado

Esta fórmula, por tanto, puede ser utilizada sólo para partículas pequeñas y concentraciones menores de 30 % de sólidos por volumen (si la concentración es 40 % o mayor $V_{CT} = 0$).

En el caso en que sedimentan partículas relativamente grandes en presencia de pequeñas (100 o más veces mayores unas que otras) puede considerarse que las primeras caen en una

suspensión, o sea, se considera el líquido con una determinada densidad y viscosidad determinada por las partículas pequeñas que le comunican sus propiedades.

Según las investigaciones del Instituto "Mejanobr" de la URSS, la velocidad de caída de las partículas grandes en la suspensión no estructurada puede ser determinada aproximadamente según la fórmula (1):

$$V = V_{CT} \frac{\rho_S - \rho_P}{\rho_S - \rho_{PCT}} \cdot \frac{\rho_{PCT}}{\rho_P}$$

donde

V_{CT} - velocidad de caída contrariada

ρ_S - densidad del sólido

ρ_P - densidad de la suspensión

ρ_{PCT} - densidad de la pulpa, compuesta sólo de aquellas partículas cuya velocidad se determina por la concentración volumétrica e igual a la concentración de partículas en suspensión

Como se observa de esta fórmula, al cambiar la composición de tamaño de partículas se ve afectada tanto la velocidad de caída de las partículas relativamente grandes como la de las pequeñas.

La sedimentación de las pulpas limoníticas se encuentra precisamente en el rango en que pueden tener lugar los dos últimos fenómenos explicados.

Con vista a acelerar el proceso de sedimentación de las pulpas formadas con partículas que se encuentren en estos tamaños, se han utilizado diferentes métodos y medios, entre los que pueden señalarse la utilización de reactivos floculantes, de reactivos inorgánicos reguladores de los

procesos de coagulación y del pH de la pulpa, clasificación de las partículas y sedimentación de las clases por separado, tratamiento de las pulpas en campos magnéticos, eléctricos, con ultrasonido, agitación previa de la pulpa, utilización de "cortadores" que rompan la estructura volumétrica de la pulpa y otros.

RESULTADOS DE TRABAJOS EXPERIMENTALES

En la Empresa "Comandante Pedro Soto Alba" se han realizado un número considerable de investigaciones con vista a mejorar los parámetros de la sedimentación, debido a que en determinados períodos de operación no se logra el por ciento de sólidos exigido. También se ha detectado que al tratarse los minerales de diferentes zonas del yacimiento se observan cambios en la sedimentación.

Veamos a continuación algunas de las conclusiones a que han arribado los trabajos analizados.

En el trabajo realizado con vista a determinar la influencia del pH y otros factores que afectan la velocidad de sedimentación [3]; se llegó a conclusiones de que el mejoramiento de las características mecánicas y determinadas soluciones constructivas en el sistema de extracción del reboso ofrecen posibilidades de mejorar los índices tecnológicos. Referente al pH se llegó a la conclusión de que el pH óptimo de la pulpa oscila entre 5,5 y 5,7 y tanto el aumento como la disminución del pH, influyen negativamente sobre la velocidad de sedimentación. Esto también fue comprobado en el trabajo de diploma [4], donde fueron realizados ensayos con adición de H_2SO_4 y Na_2CO_3 . Al mismo tiempo, en el trabajo [3] se llegó a la conclusión que la pulpa disminuye su acidez en dependencia del tiempo.

En el informe "Datos estadísticos sobre el comportamiento de los espesadores de pulpa" [1], fueron estudiados la

acción de varios floculantes tales como el magnafloc R-292, el floculante líquido Percol y Alcopalt. Estos floculantes fueron ensayados con diferentes concentraciones y se observó que arrojaron resultados similares o con variaciones no significativas, en comparación con los resultados obtenidos sin la adición de floculantes. En este propio trabajo [1] se ensayó la adición de la pulpa 0,61 m (2 pies) por debajo de la línea de reboso del espesador, sin que ello introdujese mejoramiento en los resultados de la sedimentación.

Una serie de ensayos fueron reportados en el informe [2], en los cuales se observó que, ni la utilización de un ensemillamiento de la pulpa, ni el tratamiento de esta en un campo magnético de 0-4000 gauss (Gs) ni la vibración de los "cortadores" (pickets) mejoraron los índices de la sedimentación. En estos mismos trabajos se concluyó que la sedimentación de pulpas con concentraciones iniciales de 35-40 % de sólidos, la utilización de "cortadores" (pickets) y de una agitación controlada de la pulpa antes de ser introducida en el espesador, todo ello estudiado por separado brinda efectos beneficiosos. Sin embargo, la utilización de por ciento de sólido en la pulpa alimentada de 35 % no brindaba resultados tan efectivos como se anunciaban en trabajos anteriores.

En el trabajo de diploma [4] se ensayaron por separado la sedimentación de las partículas-325 mallas (0,040 MK m), la determinación de la composición granulométrica de diferentes capas durante el proceso de sedimentación y la acción de diferentes reactivos reguladores de pH y de las propiedades coagulantes-dispersantes de la pulpa.

Los ensayos de sedimentación con la pulpa normal y la pulpa compuesta de partículas-325 mallas se muestra en la Figura 1. Como se observa de esta figura, existe una gran dis-

minución de la velocidad de sedimentación si se espesan sólo las partículas-325 mallas.

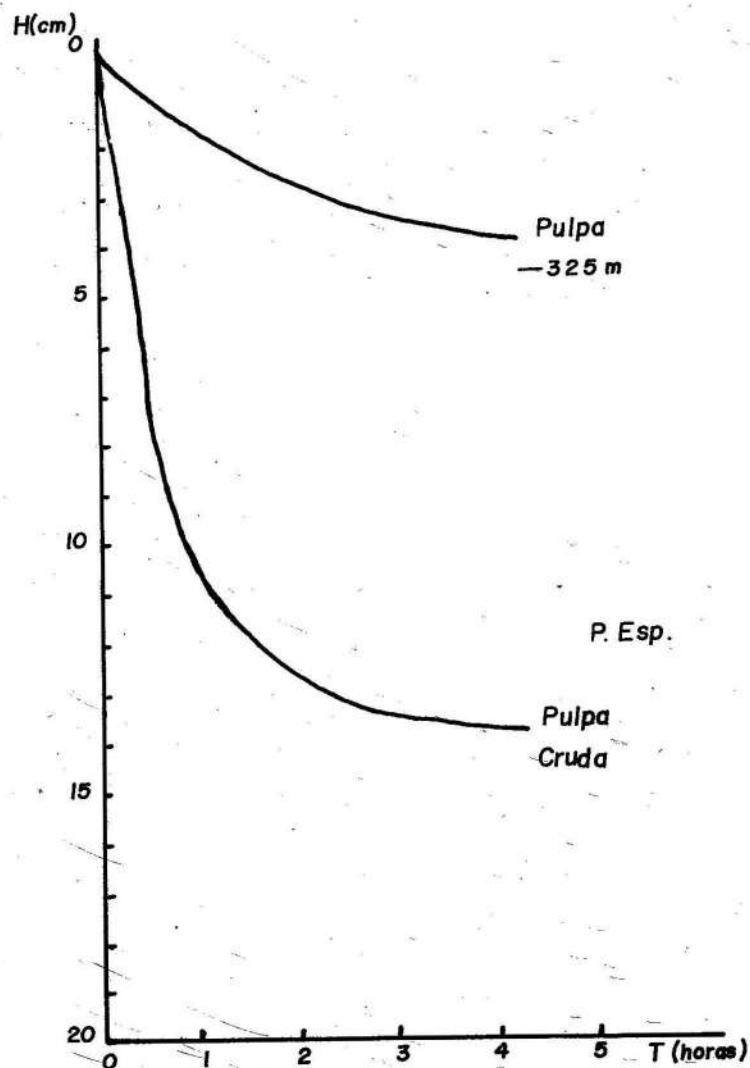


Fig. 1. Sedimentación de pulpa cruda y pulpa que contienen partículas-325 mallas.

La composición granulométrica de la pulpa tomada para este trabajo fue determinada por el método de elutriación, y como promedio, de 5 ensayos se obtuvieron los siguientes resultados:

Tamaño en micrones	10	20	30	40
% peso acumulativo (-)	52	67	77	82

En este trabajo se realizaron ensayos en una probeta con capacidad de 2 100 cc a la cual, después de someter la pulpa a sedimentación (el tiempo en que concluye la sedimentación libre), se le realizaron extracciones laterales en los volúmenes de 1 000, 700, 500 cc y en el fondo de la probeta.

Se comprobó que existe una distribución de las partículas en la columna de sedimentación y así las partículas de -10 micrones se encontraban en cantidad de 79 % en la parte superior (1 000 cc) y 19 % en el fondo.

Los ensayos agregándole a la pulpa soluciones de H_2SO_4 , Na_2CO_3 , Al_2SO_4 , Na_2SiO_3 y $MgCl_2$ mostraron que la adición de cualquiera de ellos influye negativamente en la velocidad de sedimentación, disminuyendo la misma.

En el trabajo de diploma [5] se determinan las diferencias en velocidades de sedimentación existentes entre la pulpa que se obtiene en la planta de preparación de la misma y la pulpa cuando llega a los espesadores. Los resultados promedios de varios ensayos se muestran en la Figura 2. Estos resultados manifiestan una diferencia significativa en las velocidades de sedimentación y al mismo tiempo se observa que en el transporte de la pulpa (este se realiza por gravedad a través de una tubería de concreto de 600 mm de diámetro y 4 800 m de longitud) ocurre determinado fenómeno que influye en el proceso de sedimentación.

ANALISIS DE LOS TRABAJOS

Del resumen de los trabajos investigativos analizados anteriormente se tiene que las causas que provocan la no adecuada sedimentación de la pulpa en limonítica de la planta "Pedro Soto Alba", no se encuentran determinadas con suficiente grado de certeza y la explicación de estos sobre la base de las conclusiones de los trabajos analizados se hace difícil debido, en primer término, a que los mismos se han realizado estudiando sólo uno o algunos de los factores que pudiesen influir y no se determinaron o precisaron los restantes; así se tiene que no se refieren la composición granulométrica del sólido que componía la pulpa con que se realizaron los ensayos, ni las posibles variaciones en la composición mineralógica (el análisis químico del mineral), etcétera.

Es por ello que cabe la posibilidad de que resultados que fueran negativos, pudiesen ser positivos de variar las restantes condiciones influyentes.

Por ejemplo, la acción de los floculantes depende del pH y composición iónica de la pulpa, pero al realizarse los ensayos con estos no se tomó en consideración o no se variaron estos parámetros.

Sin embargo, a pesar de estas deficiencias, el volumen de trabajos realizados brinda la posibilidad de establecer determinadas consideraciones con vista a futuros trabajos investigativos y también a establecer vías para el mejoramiento de los resultados, las cuales se exponen a continuación.

De las conclusiones de los trabajos realizados y las consideraciones teóricas iniciales se tienen dos factores

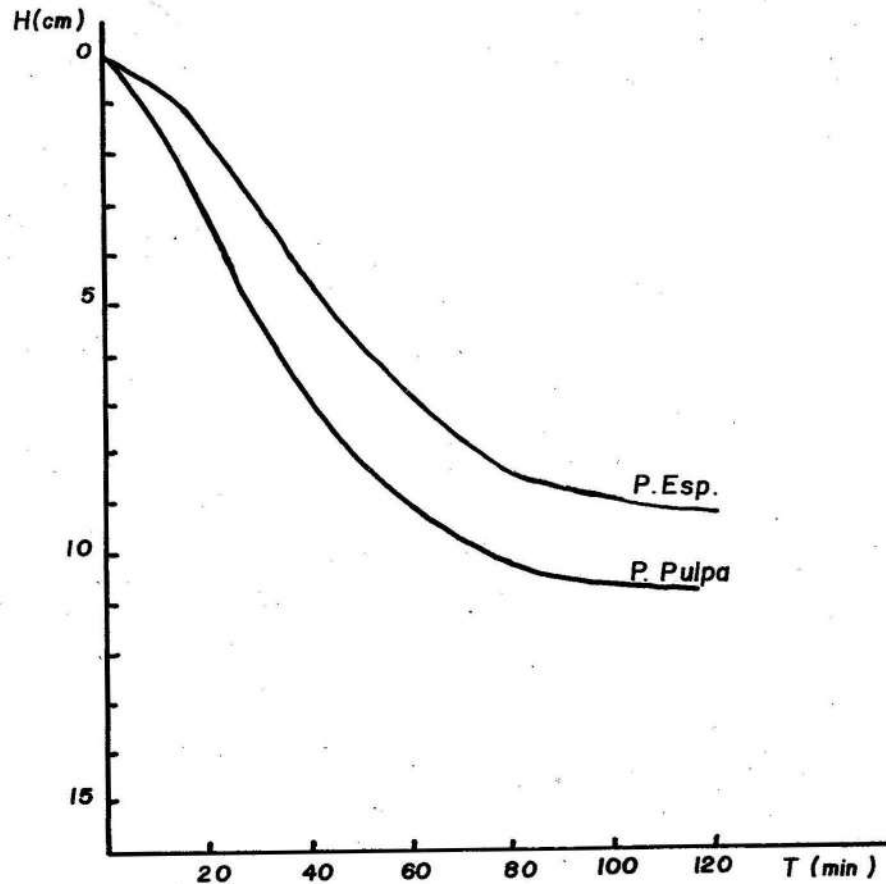


Fig. 2. Sedimentación de pulpa de planta de preparación (P. Pulpa) y de planta de espesadores (P. Esp.).

principales que resultan los más influyentes en el proceso de sedimentación; estos son:

- a) la composición granulométrica del sólido componente de la pulpa;
- b) la composición iónica de la pulpa.

La composición granulométrica del sólido componente de la pulpa en nuestra consideración resulta un factor básico influyente en los resultados de la sedimentación. Como se mencionó al principio existen determinadas relaciones en las clases de tamaño, las cuales hacen disminuir la velocidad de sedimentación de toda la masa de partículas muy pequeñas y más del 60 % tienen tamaño menor de 10 micrones.

En el yacimiento, estas partículas, junto con las de mayor tamaño forman concreciones (terrones) los cuales comienzan a desintegrarse en el proceso de lavado a que es sometido el mineral. El rompimiento de las concreciones, hasta lograr la separación de todas las partículas sólidas, depende de la maceración (tiempo de contacto del mineral con el agua) y de la agitación mecánica a que es sometida la pulpa. Por lo tanto, el proceso de preparación de la pulpa (lavado), el tiempo de contacto del mineral con agua y también las condiciones naturales del mineral, deben resultar factores influyentes en el grado de rompimiento de las concreciones y por tanto, en la composición granulométrica de la pulpa que llega a espesadores. En este punto, hay que considerar que durante el proceso de preparación de la pulpa que tiene lugar en la planta "Pedro Soto Alba" no se llegan a romper todas las concreciones. Esto puede demostrarse, ya que en trabajos realizados en la Escuela de Minas de la Universidad de Oriente, en muestras del yacimiento Punta Gorda, en la destrucción de las concreciones para análisis mineralógicos, era necesario someter la pulpa durante varias horas a temperatura de ebullición.

En los anteriores trabajos analizados [2,5] se comprobó que tanto la agitación controlada de la pulpa, como el rompimiento de su estructuración volumétrica (utilización de cortadores), como la sedimentación de la pulpa a la salida de la planta de preparación, respecto a la que llega a espesadores, manifiestan variaciones en la velocidad de sedimentación, y en el trabajo [4] se ve claramente que la sola separación de la pulpa de las partículas mayores de 0,040 mm trae como consecuencia grandes variaciones en la velocidad de sedimentación.

Pudiese pensarse que una mayor desintegración de las concreciones, con lo cual lógicamente aumentaría el contenido de partículas muy pequeñas (menores de 10 micrones), empeoraría los resultados de la sedimentación, debido a los problemas que presentan estas partículas, en primer término por la disminución de su peso y por ende de su velocidad de caída; pero ello puede resultar no del todo cierto. Como ejemplo, se puede tomar el caso de la sedimentación del sólido después de ser sometido al proceso de lixiviación (en los tanques de lavado), cuando ha producido el rompimiento de las concreciones, los granos son más pequeños y sin embargo la sedimentación es más rápida; aunque en este caso hay que tomar en consideración las características de la fase líquida y la temperatura de la pulpa.

Por todo lo anterior, se puede considerar que la composición granulométrica (disminución porcentual de las clases de tamaño) debe tener una influencia importante sobre la velocidad de sedimentación de la pulpa.

El segundo factor a considerar resulta la composición iónica de la pulpa. Como es conocido, al ponerse en contacto el sólido con el agua, iones de este pasan a la solución. Ello conlleva a que de acuerdo con los compuestos y elementos que forman el sólido (mineral) y el grado

de solubilidad de estos en la fase líquida (agua) se obtenga determinada concentración de diferentes iones. La composición iónica también variará con el tiempo de maceración y la agitación mecánica a que se someta la pulpa. Precisamente en el trabajo [3] se observó que el pH de la pulpa en la planta "Pedro Soto Alba" varía en el tiempo; en este caso disminuye su acidez.

La composición iónica de la pulpa, o sea, la presencia de diferentes iones en una u otra concentración, van a influir decisivamente en el fenómeno de dispersión (repulsión) y coagulación (adhesión) de las partículas muy pequeñas entre sí o con las partículas mayores. Ello se debe a que los iones presentes en la fase líquida actuarán sobre la superficie de las partículas sólidas cambiando las propiedades superficiales, en particular su potencial cinético (β -potencial), el que determinará la atracción o repulsión entre las superficies sólidas. Ello también influirá en las posibilidades de adsorción de las sustancias floculantes.

El estudio de la composición iónica de las pulpas limoníticas resulta complejo debido a las características de estos minerales.

El análisis realizado indica que se hace necesario continuar las investigaciones para la determinación de la influencia de la composición granulométrica sobre la velocidad de sedimentación, y a partir de sus resultados analizar las posibles medidas que pudieran tomarse con vista a lograr la preparación adecuada de la pulpa para la operación de sedimentación.

En futuros trabajos debe analizarse el proceso de preparación de la pulpa conjuntamente con el de sedimentación, a partir de diferentes muestras del yacimiento. En esta

investigación deben tomarse en consideración los restantes factores que pudiesen tener influencia, tales como el pH, parámetros operacionales en la sedimentación y otros.

CONCLUSIONES

1. Los trabajos investigativos realizados hasta el presente para mejorar los índices tecnológicos del proceso de sedimentación de la pulpa limonítica en la planta "Pedro Soto Alba" no han ofrecido resultados efectivos.
2. No se cuenta con una explicación teórica adecuada sobre la operación de sedimentación de las pulpas limoníticas.
3. Basado en los trabajos investigativos realizados se consideran dos factores básicos influyentes en la velocidad de sedimentación de la pulpa limonítica: la composición granulométrica de la fase sólida y la composición iónica de la fase líquida.
4. En investigaciones futuras sobre el proceso de sedimentación debe estudiarse conjuntamente la preparación de la pulpa y la operación de sedimentación.

REFERENCIAS

1. GRAVE DE PERALTA, M. y M. Catasús: "Datos estadísticos sobre el comportamiento de los espesadores de pulpa". Informe de la empresa "Comandante Pedro Soto Alba".
2. NEBOT, M.: "Pulpa sometida a la acción de un campo magnético. Prueba de sedimentación de la pulpa cruda de mineral lixiviado. Prueba de sedimentación en la planta piloto. Prueba para determinar la situación de los pickets sobre la velocidad de sedimentación". Informe de la empresa "Comandante Pedro Soto Alba".
3. NOVOA, R.: "Influencia del pH y otros factores que afectan la velocidad de sedimentación". Informe de la empresa "Comandante Pedro Soto Alba".

4. PLUMMER, B.: "Influencia de la Fracción 325 en los espesadores". Trabajo de Diploma. Biblioteca del ISMM, 1978.
5. TAQUECHEL, V. y M. Castillo: "Diferencia de velocidad de sedimentación desde planta de pulpa a planta de espesadores". Trabajo de Diploma. Biblioteca del ISMM, 1980.

CONTRACCIONES EN ALEACIONES DE ALUMINIO-COBRE DURANTE LA CRISTALIZACION Y ENFRIAMIENTO

RESUMEN

Se explica la interrelación entre el volumen de la porosidad, el rechupe y las contracciones generales que tienen lugar durante la cristalización y enfriamiento de las aleaciones Al-Cu en la parte del diagrama de fase con contenido de hasta 33,3 % de Cu, así como las causas que provocan este fenómeno. También se explica la influencia de la porosidad en la neumorresistencia de las aleaciones.

СЖАТИЕ В МЕДНО-АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВАХ ВО ВРЕМЯ КРИСТАЛИЗАЦИИ И ОХЛАЖДЕНИЯ

Резюме

Объясняется взаимосвязь между объёмом пористости, усадочной раковины и общим сжатием которое имеет место при кристаллизации и охлаждении сплавов Al - Cu в части фазовой диаграммы с составом до 33,3% Cu, также как и причины которые вызывают это явление.

Также объясняется влияние пористости на пневмоустойчивость сплавов.