



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL CENTRO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA



Diseño de una Máquina Tipo Tornillo para Lavar Sal

Cristhian León Parra, Ernesto Martínez Lozano Ing.
Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción
Escuela Superior Politécnica del Litoral
Campus Gustavo Galindo, Km 30.5 vía Perimetral, Apartado 09-01-5863, Guayaquil, Ecuador
clleon@espol.edu.ec

Resumen

Una máquina tipo tornillo ó simplemente 'tornillo lavador', es el equipo básico utilizado para el lavado de materiales finos, considerados como tal a los que tengan un tamaño de partícula no mayor a los 10 mm, incluyéndose dentro de este rango a la sal. Sus condiciones de operación son ideales para mantener la integridad del material tanto en la fase de lavado como en la fase de pre escurrido. Estas condiciones varían de acuerdo al grado de suciedad que tenga el material y deben ser tales que aseguren que sus impurezas o contaminantes sean removidos. El diseño del equipo consiste en la definición adecuada de ciertos parámetros geométricos y condiciones de operación que garanticen un tiempo mínimo de contacto entre los granos de sal y el fluido de lavado, así como también de un análisis mecánico que considere las cargas aplicadas al sistema y las características del medio. El objetivo del presente trabajo es ofrecer las dimensiones y características operativas de un tornillo lavador que permitan tratar una determinada capacidad de lavado.

Palabras Claves: Cristalización, salmuera, salina, cuenca endorreica, percolación, cuba, decantación, corrosión por hendiduras.

Abstract

A machine type screw or simply called 'screw washer', is the basic equipment used for washing of fine materials, considered as it, all those which have a size of particle under 10 mm, including in this range to salt. Its operating conditions are the better to save the integrity of the material both in washing stage and first draining stage. These conditions may vary according to the dirty level that material describes and must be which sure that impurities and others will be removed. Designing of the equipment consist on a correct definition of geometric parameters and operating conditions, which sure a minimal time in contact between salt grains and washing fluid, such as an mechanical analysis that considers all applied loads to system and environment characteristics. The objective of this topic is to give dimensions and operating characteristics for a screw washer to treat a certain washing capacity.

1. Generalidades

Un tornillo lavador es uno de los tantos equipos que se puede encontrar en una industria salinera. El proceso que este involucra, es un tratamiento básico, que se usa sin importar cual sea la futura aplicación de la sal (el consumo humano, la industria y/o el consumo pecuario).

La materia prima antes de ser lavada debe experimentar otros procesos relacionados con su generación y adecuación, y se aplican a sal de origen marino. Tales procesos son: evaporación & cristalización, seccionamiento de la placa y la trituración.

En general, existen dos fuentes principales, a partir de las cuales se puede explotar sal: los yacimientos o domos salinos y las salmueras naturales, que son las más comunes en nuestro país. Las salmueras a su vez, pueden ser de diferentes tipos de acuerdo a su origen, y se habla entonces de salmueras provenientes de: salinas marinas, cuencas endorreicas y/o lagunas saladas, principalmente.

Los sistemas de producción a través de salmueras naturales utilizan básicamente la evaporación como herramienta. Esta evaporación puede ser natural o forzada. La primera se consigue aprovechando la energía de la radiación solar y la segunda utilizando un combustible o un fluido que intercambie calor con la salmuera (a través de una frontera sólida). Bajo estas consideraciones los sistemas de producción de sal más aplicados son: 'Evaporación solar de Salinas marinas y/o cuencas endorreicas' y 'Evaporación forzada al alto vacío'.

La planta para la cual se destina el equipo de lavado basa su producción en cuencas endorreicas (Fig. 1). Este sistema consiste en abrir un tajo longitudinal y luego bombear la salmuera encontrada a una piscina (construida sobre un terreno arcilloso) en donde por un lapso de alrededor 6 meses (depende del volumen inicial de salmuera) se evaporará hasta finalmente precipitarse el cloruro de sodio.

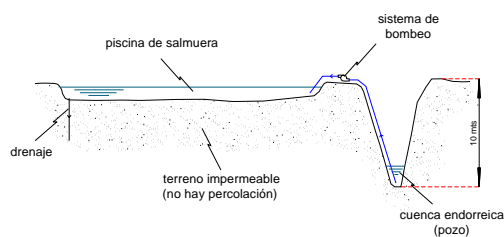


Figura 1. Cuenca endorreica

Este proceso es cuidadosamente controlado para evitar la precipitación de otro tipo de sales que de mezclarse con el cloruro de sodio, echaría a perder la futura cosecha.

1.1. Mecanismo del sistema de lavado por tornillo

Para el lavado de la sal se requiere de una turbulencia apropiada más el efecto de la gravedad (pre escurrido). La sal debidamente triturada debe ingresar a un recipiente abierto denominado *cuba*, al mismo tiempo que se hace ingresar salmuera a contraflujo. El continuo movimiento ayudará a remover las partículas finas de arcilla y trazas de cieno (lodo blando formado en sitios de poca profundidad) que se encuentran impregnadas en las cavidades irregulares que caracterizan a los granos de sal, además de reducir los niveles de calcio, magnesio y sulfatos que son más solubles que el cloruro de sodio.

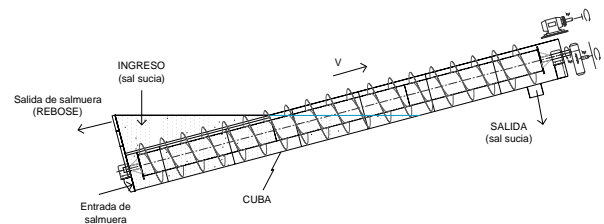


Figura 2. Mecanismo de lavado.

2. Diseño de La Lavadora

En el equipo se distinguen dos zonas: la zona de lavado y la zona de pre-escurrido. La zona de lavado comprende hasta donde la influencia del agua es considerable es decir un 40% de la longitud total. Para el diseño del equipo hay que empezar por definir ciertas características de forma, tales como su pendiente que está entre los 15 y 20 grados, una separación cuba-hélice de 13 mm, el sentido de hélice que puede ser izquierdo o derecho. Además se debe definir otro tipo de parámetros que deben garantizarle a los granos de sal un tiempo mínimo dentro de la salmuera. Este tiempo depende principalmente del tipo de material a lavar ó del grado de suciedad característico. Para sal obtenida a través de salmueras, el mismo es de aproximadamente 40 segundos cuando se maneja una masa entre pasos de hasta 80 Kg. Los

parámetros a los que se hace referencia son: velocidad del tornillo, diámetro exterior de hélice, paso helicoidal y longitud de tornillo.

Las velocidades en aplicaciones de lavado son generalmente pequeñas, por ejemplo para una capacidad de 40 TPH (Toneladas por hora) se recomienda una velocidad de 13 rpm. Con este dato se puede calcular el diámetro exterior de hélice, considerando la condición de que la velocidad periférica del tornillo no debe ser mayor a 0.5 m/s. Se puede encontrar que el diámetro es 760 mm. El paso helicoidal, se recomienda que sea igual a la mitad del diámetro de la hélice (paso medio). La longitud del tornillo puede calcularse tomando en cuenta que la zona de lavado corresponde al 40% de la longitud total y que el tiempo dentro de esta zona es de 40 segundos aproximadamente.

2.1. Diseño mecánico

Al conocer la agresividad del medio en el cual va a trabajar el equipo de lavado se define de entrada el material de la estructura general y así se selecciona el acero inoxidable AISI 316L. Se debe seleccionar de igual manera un correcto material de aporte para la soldadura.

Potencia del motor.- Se pueden aplicar las ecuaciones usadas en transportadores helicoidales tomando en cuenta la reducción en la capacidad (26%) que implica la inclinación del tornillo. Después de calcular se encuentra que la potencia requerida es 7.5 hp.

Espesor de hélice.- Si se asume que la potencia al eje se distribuye en forma de fuerza sobre cada disco uniformemente, y si se modela al disco como una viga empotrada con carga linealmente distribuida, se pueden calcular buenas aproximaciones para el espesor. Tomando en cuenta el factor corrosión se decidió un espesor de 5 mm.

Diseño del tornillo.- El tornillo se divide en dos partes, la parte central y los extremos. La figura 3 muestra el modelado del sistema.

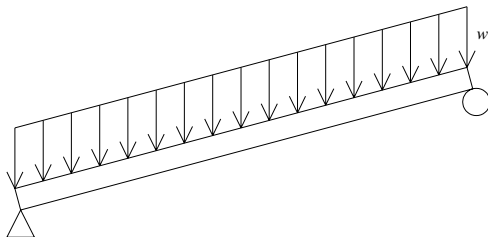


Figura 3. Modelado del tornillo.

El diseño del conjunto implica ciertas asunciones e iteraciones. Después de realizarlas y nuevamente teniendo en cuenta el factor corrosión se decide un espesor para el eje tubular de 6 mm y un diámetro de 90 mm para el eje sólido.

Consideraciones últimas.- El equipo de lavado se complementa con el manejo de un flujo continuo de salmuera, el mismo que es recirculado dentro de un circuito cerrado. Este circuito comprende un estanque de decantación de los insolubles acarreados en el proceso de lavado. El flujo apropiado a usarse depende del tipo de material y del grado de suciedad que este presente. Para sal de origen marino, el flujo requerido para tratar 40 TPH está entre los 300 a 500 GPM.

3. De los Procedimientos de Construcción a seguir.

La estructura general del tornillo lavador es sencilla y puede ser fabricada en cualquier taller que posea cierta experiencia con acero inoxidable. El proceso constructivo consiste en el marcado, corte, procesamiento (rolado, plegado), armado y finalmente la soldadura.

Para la soldadura del equipo se recomienda el proceso GTAW, puesto que permite cordones de terminaciones suaves y lisas reduciéndose la formación de hendiduras (medios potenciales de corrosión).

El eje tubular por su diámetro de 385 mm debe obtenerse a través de rolado. Se debe considerar el precurvado en los extremos.

Se recomienda que para el corte de los discos que conforman la hélice se use equipo de plasma y pantógrafo y que la unión de la hélice al eje tubular sea mediante cordón continuo.

4. Planificación del Trabajo y Elaboración de Oferta Económica.

Los procesos constructivos anotados dan la pauta para la creación de una lista detallada de las tareas requeridas en la fabricación del equipo de lavado. Con esta lista se puede bosquejar un cronograma de trabajos y de acuerdo a la experiencia del proyectista asignar tiempos parciales de ejecución. Al final se tendrá entonces un tiempo estimado para el trabajo completo.

Los procesos constructivos implican además materiales y servicios de procesamiento para el material. Al juntar esta información con el tiempo de fabricación del tornillo lavador (mano de obra) se



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL CENTRO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA



puede presentar con detalles el presupuesto del equipo.

5. Conclusiones y Recomendaciones.

El diseño propuesto garantiza un correcto lavado de los granos de sal, por cumplir con una especificación de lavado básica que es el tiempo de lavado. Obviamente se espera que el flujo como la calidad de la salmuera sean los apropiados.

El diseño de esta lavadora de sal puede ser aplicado para su respectiva construcción en cualquier taller del país que cuente con mínimos requerimientos de equipos, herramientas y mano de obra.

Tomando en cuenta la agresividad del medio salino se advierte que el sistema motriz podría verse afectado por la compactación de la sal del ambiente en el eje, si el equipo no se usara de inmediato.

6. Agradecimientos

Agradecimientos especiales a: Ing. Ernesto Martínez, Ing. David Zhunio, Ing. Nestor Valverde, Ing. Alfredo Torres, Ángel Chango, Enil Redrován.

7. Referencias

- [1] Avallone & Baumeister, "Mark's Standard Handbook for Mechanical Engineers", Mc Graw Hill, 10th Ed.
- [2] Cámara de la Construcción de Riobamba, "Administración de Empresas Constructoras", 1998-2000.
- [3] Euro Inox & Steel Construction Institute, "Manual de Diseño para Acero Inoxidable Estructural", 3ra Edición, 2006.
- [4] INEN, Norma INEN 57: "Sal para Consumo Humano. Requisitos", 2006.
- [5] Martin Catálogo, "Sección H – Manejo de Materiales".
- [6] NACE Internacional, "Curso de Corrosión Básica", 2005.
- [7] Norton Robert L., "Diseño de Maquinas", Mc Graw Hill, 2000.
- [8] Reporte MINERIA de la Secretaría de Economía de México del 6 de junio del 2007, disponible en www.economia.gob.mx
- [9] Shigley J. & Mischke Ch., "Diseño en Ingeniería Mecánica", Mc Graw Hill, 2002.

Ing. Ernesto Martínez L.
Visto Bueno Director de Tesis