SISTEMA DE LIMPIEZA DE SUPERFICIES

Campo de la invención

La presente invención está relacionada con sistemas y métodos de limpieza de superficies recubiertas de materiales no deseados o suciedad. El sistema de limpieza elimina la suciedad de las superficies dentro de un recipiente con líquidos, por medio de la recirculación de partículas abrasivas sumergidas en el mismo recipiente.

Descripción del estado de la técnica

Un proceso donde se observan elementos con superficies recubiertas de materiales no deseados es la electrocoagulación. El proceso de electrocoagulación es un proceso que es usado en las industrias para separar partículas orgánicas, metálicas, entre otras de líquidos contaminados.

Para dicha aplicación, la electrocoagulación se realiza en reactores electrolíticos, en donde se disponen una multiplicidad de electrodos ánodos y electrodos cátodos, en forma de placas, que se disponen alternados.

Con el fin de minimizar la tensión (diferencia de potencial) necesaria para hacer pasar una determinada cantidad de corriente entre los electrodos a través del medio que se somete al tratamiento de la electrocoagulación, dichos electrodos se deben colocar con una separación pequeña entre ellos. Sin embargo, debido a la carga positiva de los electrodos ánodos, éstos atraen a las sustancias coloidales que hay en medio del tratamiento. También, los electrodos ánodos atraen otro tipo de sustancias disueltas en el agua que se adhieren a la superficie de los electrodos ánodos, entre dichas sustancias se encuentran principalmente calcio, magnesio y fosfatos, las cuales forman paulatinamente una costra de sedimentos que aíslan eléctricamente los electrodos, limitando drásticamente la producción continua de los iones metálicos positivos requeridos para que el reactor cumpla su función.

Para solucionar ese problema es necesario realizar una limpieza periódica de los electrodos, pero debido al tiempo que requiere el desmontaje de los electrodos para efectuar dicha limpieza y las dificultades que la misma plantea, lo que habitualmente se hace es apurar el funcionamiento hasta que la suciedad que se acumula en los electrodos impide un rendimiento aceptable, desmontándose entonces los electrodos para su sustitución por otros nuevos, lo cual supone un mal aprovechamiento de los electrodos, ya que en la mayoría de las ocasiones se desechan cuando aún contienen material utilizable. Esto aumenta el costo del proceso y lo hace ineficiente.

En el estado de la técnica se identifican divulgaciones relacionadas con sistemas de limpieza de electrodos electrolíticos en procesos de electrocoagulación para tratar agua contaminada; como, por ejemplo, los documentos US 5, 395,522 A y US 6, 179, 991 B1.

El documento US 5, 395,522 A divulga un reactor para el tratamiento de agua. El reactor incluye una cámara de flujo alargada que tiene una entrada en un extremo inferior y una salida en el extremo opuesto. Un material fotocatalítico se proporciona como una capa superficial sobre un número de elementos sólidos en la cámara, típicamente un número de electrodos en forma de varillas que se extienden generalmente paralelas al eje de la cámara de flujo. El catalizador puede ser TiO2 formado por oxidación de la superficie de varillas de Ti. Un accesorio de lámpara UV alargado dentro de una ventana tubular de cuarzo se extiende a lo largo del eje de la cámara de reacción. Un circuito externo conecta los electrodos y el agua, de manera que una corriente fluye a través del agua en la cámara de reacción. El agua que va hacia el reactor es entregada por una bomba por medio de tubería por una entrada inferior.

El documento US 5, 395,522 A, no soluciona el problema de la acumulación de material no deseado en los electrodos en cambio busca la eliminación de los contaminantes por medio de radiación ultravioleta. Para provocar esta radiación, el documento US 5, 395,522 A divulga una lámpara ultravioleta para que provee la radiación ultravioleta, esto significa que el proceso va a necesitar de más consumo de energía eléctrica.

El documento US 6, 179, 991 B1 divulga una máquina y un procedimiento para tratar agua contaminada que tiene una cámara con al menos dos electrodos que tienen voltajes de diferentes polaridades y compuestos de metales que forman sales multivalentes; un orificio de entrada para la introducción de agua contaminada sin tratar en la cámara, en el que el agua se trata pasando sobre los electrodos; un orificio de salida para emitir el agua tratada desde la cámara; y una o más palas rascadoras en estrecha proximidad con los electrodos en donde las palas son capaces de moverse a lo largo de la longitud de los electrodos para eliminar los residuos acumulados. Una realización preferida incluye electrodos que están hechos de elementos nobles y el rascador está fijado en estrecha proximidad al electrodo para la eliminación de escombros. Otra realización preferida incluye tener los electrodos orientados a lo largo de un flujo vertical del agua. Otra realización preferida incluye un electrodo en forma de tambor que gira alrededor de un eje mientras facilita la limpieza de los electrodos. El movimiento de limpieza es motorizado.

El documento 6, 179, 991 B1 usa palas rascadoras para limpiar la superficie del electrodo, pero estas palas rascadoras necesitan, para el movimiento de limpieza, un mecanismo motorizado que aumenta la complejidad de la aplicación y el costo del proceso. También, las palas rascadoras tendrán que hacer un recorrido por toda la superficie del electrodo, este recorrido será largo si los electrodos son de tamaños grandes, por lo que el proceso de limpieza será lento.

Breve descripción del invento

La presente invención corresponde a un sistema de limpieza de superficies, las superficies se limpian cuando existe un recubrimiento de materiales no deseados o suciedad. La limpieza de la superficie se realiza dentro de un recipiente con líquidos. Donde, el sistema de limpieza comprende un recipiente, un lecho de partículas abrasivas, al menos una superficie con recubrimiento de materiales no deseados, un dispositivo de presión y una unidad de control. El sistema de limpieza logra remover el recubrimiento de materiales no deseados o suciedad de manera continua o cada cierto periodo de tiempo, que es importante en algunos procesos, como por ejemplo el proceso de electrocoagulación donde, es vital que no se tengan que retirar la superficie, que en este caso son una pluralidad de electrodos, ya que se logra que el tratamiento del líquido sea más eficiente.

De acuerdo con lo anterior, aún existe la necesidad de proporcionar un sistema que limpie superficies que presenten recubrimiento de materiales no deseado o suciedad, sin que tengan que detener el proceso, en el caso que la superficie haga parte de un proceso continuo. También, el sistema realiza la limpieza reutilizando las partículas abrasivas, con lo que se logra un aumento en la eficiencia del proceso.

Breve descripción de los gráficos

La FIG.1 corresponde a un sistema de limpieza de superficies con sus elementos característicos.

La FIG.2 corresponde a una vista explosionada del interior del recipiente del sistema de limpieza de superficies.

La FIG.3 corresponde a una modalidad de la invención donde el sistema de limpieza de superficies es adaptado a un proceso de electrocoagulación.

Descripción detallada de la invención

La presente invención corresponde a un sistema de limpieza de superficies, las superficies se limpian cuando tengan un recubrimiento de materiales no deseados o suciedad. La limpieza de la superficie se realiza dentro de un recipiente con líquidos. Donde, el sistema de limpieza comprende un recipiente con líquido, un lecho de partículas abrasivas, al menos una superficie con recubrimiento de materiales no deseados, un dispositivo de presión y una unidad de control. El sistema de limpieza logra remover el recubrimiento de materiales no deseados o suciedad de manera continua o cada cierto periodo de tiempo, que es importante en algunos procesos, como por ejemplo el proceso de electrocoagulación, donde es vital que no se tengan que retirar las superficies, que en este caso son una pluralidad electrodos, ya que se logra que el tratamiento del líquido sea más eficiente.

El recubrimiento de material no deseado de la superficie, o suciedad, se remueve por medio de la fricción de las partículas abrasivas que se encuentran dentro del recipiente. Las partículas abrasivas son inyectadas hacia las superficies por medio de un fluido presurizado por el dispositivo de presión. El dispositivo de presión envía el fluido presurizado ya sea de manera continua, cada cierto tiempo, o cuando la unidad de control lo decida. Para que el sistema de limpieza sea eficiente se debe asegurar que las partículas abrasivas se mantengan en el recipiente, para esto se hace uso de filtros en cada entrada o salida al recipiente

Para efectos de interpretación, se entenderá que una superficie es el límite o término de un cuerpo, que lo separa y distingue de lo que no es él, una superficie puede ser la superficie de un electrodo, la superficie de una embarcación, la superficie de un catalizador, entre otros. También, el recubrimiento de material no deseado se presenta en la superficie, cuando la superficie, ya sea por alguna reacción química inherente de algún proceso en el que participe, o porque se encuentre en un ambiente agresivo, se le forma un recubrimiento de materiales no deseados, entre otros. Por consiguiente, el recubrimiento de material no deseado puede ser las capas del mismo elemento, como los óxidos en metales, o como en el caso de la electrocoagulación donde las capas que se forman son partículas de calcio, magnesio y fosfatos, hongos, entre otros.

Haciendo referencia a la FIG.1, en una modalidad de la invención el sistema de limpieza (100) de superficies que comprende:

a) un recipiente (1) con líquido;
b) al menos una superficie (2) susceptible al recubrimiento de materiales no deseados ubicada al interior del recipiente;
c) una entrada (3) y una salida (4) en el recipiente (1);
d) un lecho de partículas abrasivas (5) ubicado dentro del recipiente (1);
e) un primer filtro (6) acoplado en la entrada (3) y un segundo filtro (7) acoplado en la salida (4);
f) un dispositivo de presión (8) conectado a la entrada (3); y
g) una unidad de control (9) conectada al dispositivo de presión (8);

en donde las partículas abrasivas (5) se mueven al interior del recipiente (1) por la acción de un fluido presurizado que se impulsa por el dispositivo de presión (8).

El sistema de limpieza (100) cuenta con superficies (2) recubiertas de materiales no deseados o suciedad. En una modalidad de la invención, las superficies (2) obtienen el recubrimiento por medio de un proceso físico químico, si se encuentran en un medio agresivo donde con el tiempo se forma el recubrimiento. El sistema de limpieza (100) remueve el recubrimiento de materiales no deseados o suciedad a través de la fricción que se genera por las partículas abrasivas (5).

El dispositivo de presión (8) envía un fluido presurizado al interior del recipiente (1) por medio de la entrada (3), que en una modalidad de la invención se localiza en la parte inferior del tanque. El fluido presurizado que se envía por el dispositivo de presión (8) impulsa las partículas abrasivas (5) que se encuentran en la parte inferior del recipiente (1) encima de la entrada (3) hacia las superficies (2), las partículas abrasivas (5), por el efecto de la fricción, removerán el recubrimiento. El fluido presurizado que se envía dentro del recipiente y las partículas abrasivas (5), después de realizar la operación de limpieza en la superficie (2), en conjunto con la suciedad desprendida se dirigen a la salida (4). La salida (4) tiene acoplado el segundo filtro (7), que facilita la expulsión de la suciedad del recipiente (1), pero impide la salida de las partículas abrasivas (5). Cuando el dispositivo de presión (8) para de enviar el líquido las partículas abrasivas (5) caerán de nuevo hacia la parte inferior del recipiente (1) por acción de la gravedad, con lo que se vuelve a tener el efecto de abrasión en la superficie (2) por la energía potencial, hasta que las partículas abrasivas (5) vuelvan a estar en el fondo del recipiente (1). Las partículas abrasivas (5) no se salen del recipiente (1) por la entrada (3) por el primer filtro (6).

En una modalidad de la invención (no ilustrada), la entrada (3) se encuentra en la parte superior del recipiente (1), el fluido presurizado que se envía al interior del recipiente (1) por el dispositivo de presión (8). El fluido presurizado impacta con las partículas abrasivas (5) con lo que se genera que las partículas abrasivas (5) se eleven y se pongan en contacto con las superficies (2).

Haciendo referencia a la FIG. 1, el sistema de limpieza (100) se caracteriza porque las superficies (2) dentro del recipiente (1) tienen una reacción química con el líquido en el que se sumergen, con lo que se genera así el recubrimiento por materiales no deseados. Este comportamiento se encuentra en procesos de electrolisis (v.gr. Electrocoagulación), en procesos de catálisis (v.gr. Catálisis heterogénea), entre otros. En otra modalidad de la invención, las superficies (2) obtienen el recubrimiento de materiales no desaseado o suciedad antes de entrar en contacto con el líquido dentro del recipiente (1). El líquido en este caso puede cumplir una función de facilitador para remover el recubrimiento o la suciedad. Debido a que, en algunos casos la capa del recubrimiento es muy ancha por lo que las partículas abrasivas (5) toman mucho tiempo en desprender el recubrimiento. Esto se observa en superficies con oxidaciones extremas como partes de embarcaciones o elementos de peceras.

Haciendo referencia a la FIG.1 el sistema de limpieza (100) se caracteriza porque el dispositivo de presión (8) se selecciona del grupo que comprende bombas de accionamiento hidráulico, bombas manuales, electrobombas, bombas neumáticas o combinaciones de las anteriores, en el caso de que el fluido que se sea un líquido. Para su selección se debe tener en cuenta las características del fluido con el que se está trabajando y la distancia del dispositivo de presión (8) y el recipiente (1). Las características del fluido son de

importancia para la selección del dispositivo de presión (8), en el caso que el fluido sea un líquido ácido los componentes del dispositivo deben ser resistentes a los ácidos o si el fluido es un líquido viscoso puede necesitar un dispositivo de presión (8) como una bomba para líquidos viscosos. La distancia del dispositivo de presión (8) y el recipiente (1) también se debe tener en cuenta para selección del dispositivo de presión (8) a medida que el lugar donde se obtenga el fluido sea más alejado se tendrá que buscar el dispositivo de presión (8) con más capacidad.

En una modalidad de la invención, entre la entrada (3) y el dispositivo de presión (8) se encuentra un actuador electromecánico. El actuador electromecánico mejora la eficiencia del sistema de limpieza (100), esto se debe a que al activar el dispositivo de presión (8) directamente se gasta mayor energía, sobretodo en el caso que el dispositivo de presión (8) sea de gran potencia, donde el vencer la inercia para encender puede conllevar mucha energía. En esta modalidad la unidad de control (9) decidirá cuándo se abre y cuando se cierra el actuador electromecánico.

Por otro lado, la conexión entre el dispositivo de presión (8) y la entrada (3) del recipiente (1) se puede hacer por medio de tubería, manguera, cañerías o combinaciones de las anteriores. La selección de la conexión se define por la distancia que hay entre el dispositivo de presión (8) y el recipiente (1) y de acuerdo con las características del fluido que se envía al recipiente (1). Teniendo en cuenta lo anterior, a menores distancias se prefieren mangueras y a largas distancias tuberías. Si el fluido presurizado que se transporta tiene características especiales, como líquidos altamente corrosivos, se recomienda usar mangueras, tuberías o cañerías fabricadas de plásticos con alta resistencia a la corrosión, aceros inoxidables, entre otros.

Haciendo referencia a la FIG.2 el sistema de limpieza (100) comprende partículas abrasivas (5) que se seleccionan de arena, granito, elementos plásticos, óxido de aluminio, microesferas de vidrio, corindón blanco, corindón marrón, granalla cerámica, abrasivos vegetales (v.gr. cáscaras de nueces, cáscaras de arroz, cáscaras de almendras, entre otros) o mezclas de los mismos. La selección depende del líquido que se encuentre dentro del recipiente (1), del material de las superficies (2) y del proceso que se lleve a cabo dentro del recipiente (1). Las partículas abrasivas (5) deben tener en cuenta la composición del líquido dentro del recipiente (1) para evitar que se pudieran ver afectadas, como por ejemplo si el líquido es un ácido las partículas abrasivas (5) deben tener una resistencia a la acidez para que no se desgasten. Del mismo modo, se debe analizar el material de las superficies (2) esto se debe a que si las partículas abrasivas (5) tienen un alto grado de abrasión esto podría tener como consecuencia que no solo se remueve el recubrimiento si no se podría desgastar la superficie (2) el cual es un efecto no deseado. También, el proceso que se lleva a cabo en el recipiente (1) se analiza teniendo el cuidado de que el material de las partículas abrasivas (5) no genere un efecto negativo; por ejemplo, para el tratamiento de agua por electrocoagulación se deben evitar partículas abrasivas (5) con el

algún contaminante.

Las partículas abrasivas (5) se encuentran en un lecho fijo o en un lecho fluidizado en el recipiente (1), el lecho es fijo cuando el dispositivo de presión (8) no envía fluido presurizado dentro del recipiente (1), en ese momento las partículas abrasivas (5) reposan en el fondo del recipiente (1). Por el contrario, el lecho es fluidizado cuando las partículas abrasivas (5) se comportan como fluidos al mantenerlas en movimiento turbulento en una corriente gaseosa, o líquida en algunos casos. En una modalidad de la invención, las partículas abrasivas (5) se encuentran en lecho fluidizado, generando continuamente el efecto abrasivo sobre la superficie (2). En otra modalidad de la invención, las partículas abrasivas (5) se encuentran en un lecho fijo, cuando no se envía líquido al interior del recipiente y fluidizado cuando se activa el envío del fluido presurizado.

El mantenimiento de las partículas abrasivas (5) consiste en cambios periódicos, pero la continua sustitución de partículas abrasivas (5) ocasionaría que el proceso se detuviera periódicamente. Para evitar esta dificultad, se cuenta con el primer filtro (6) acoplado a la entrada (3) y el segundo filtro (7) acoplado a la salida (4) que previenen que las partículas abrasivas (5) salgan del recipiente. Por lo anterior, se logra que las partículas abrasivas (5) tenga una duración prolongada por lo que se evitan sobrecostos por la detención del proceso. El sistema de limpieza (100) se caracteriza porque en cada pluralidad de entradas al recipiente (1) y en cada pluralidad de salidas del recipiente (1) se encuentra acoplado un filtro. Los filtros deben escogerse dependiendo el tamaño de las partículas abrasivas (5) seleccionado. En la modalidad preferida, la partícula abrasiva (5) es arena. En otras modalidades de la invención, la arena tiene un diámetro no mayor a 3 mm. Es vital para el sistema que las partículas abrasivas (5) se reutilicen el mayor tiempo posible, por lo que se deben seleccionar los filtros adecuados para que las partículas abrasivas (5) se mantengan en el recipiente (1).

En una modalidad de la invención (no ilustrada), las partículas abrasivas (5) se encuentran en un recipiente aparte y se inyectan por entradas dispuestas por el costado del recipiente, entre el recipiente de partículas abrasivas y el recipiente (1) hay un segundo dispositivo de presión que es el encargado de inyectar las partículas abrasivas (5). Las partículas abrasivas (5) que se inyectan golpean las superficies (2) que se encuentren internamente en el recipiente (1). Cuando, se terminan de inyectar las partículas abrasivas (5) por efecto de gravedad bajan y forman el lecho fijo de partículas abrasivas (5) en el fondo del recipiente (1), para continuar con el funcionamiento normal del sistema de limpieza (100). En el fondo del sistema de limpieza (100) hay una salida de partículas abrasivas (5) que se conecta a un tercer dispositivo de presión, para remover las partículas abrasivas (5). En una modalidad las partículas retiradas del recipiente (1) se envían hacia el recipiente de partículas abrasivas, con el objetivo de mantener una altura de lecho fijo controlada de las partículas abrasivas (5). Teniendo en cuenta lo anterior, el sistema de limpieza (100) hace un cambio de partículas abrasivas (5), sin detener el proceso de limpieza de la superficie

(2). En una modalidad la invención en las entradas de las partículas abrasivas (5) se acoplan boquillas, para aumentar la presión de las partículas abrasivas (5). Esta modalidad, se usa para hacer una renovación de las partículas abrasivas (5) sin detener el proceso, y también las partículas que se inyectan para la renovación limpian el recubrimiento de material no deseado de la superficie (2). Lo anterior, hace que el proceso de renovación sea eficiente.

Por otro lado, en una modalidad de la invención la unidad de control (9) controla el dispositivo de presión (8). La unidad de control (9) decide cuando el dispositivo de presión (8) envía líquido o cuando no. En una modalidad de la invención, la unidad de control (9) se programa para establecer unos intervalos de tiempo los cuales pueden variar de acuerdo a las superficies (2). En otra modalidad de la invención, la unidad de control (9) controla el actuador electromecánico. En aun otra modalidad, la unidad de control (9) puede monitorear alguna característica de la superficie (2) para determinar la presencia o no de recubrimiento para decidir si es necesario limpiar la superficie (2) o no.

El sistema de limpieza (100) se caracteriza porque la unidad de control puede ser un controlador (v.gr PLC (Controlador lógico programable), PLR (Relé lógico programable), Arduino) o un microcontrolador (v.gr. procesador de 4 bits, procesador de 8 bits, procesador de 16 bits, procesador de 32 bits, procesador de 64 bits, entre otros.) o combinaciones de los anteriores.

Haciendo referencia a la FIG.3, en una modalidad de la invención, el sistema de limpieza (200) se adapta a un proceso de electrocoagulación que se caracteriza porque el recipiente (1) es un reactor electrolítico (10) que comprende, una tapa superior (13), una tapa inferior (14) una entrada (15) en la parte lateral del reactor electrolítico (10), una entrada (16) en la parte inferior del reactor electrolítico (10) y una salida (17) en la parte superior del reactor electrolítico (10).

El reactor electrolítico (10) contiene internamente, al menos dos electrodos (11) que corresponden a las superficies (2), que pueden ser de aluminio o de hierro. En el proceso de electrocoagulación, en una modalidad de la invención, los electrodos (11) son de aluminio y se conectan a una fuente de corriente directa (12). Los electrodos (11) de aluminio forman oxihidratos de aluminio, los oxihidratos de aluminio son coagulantes por lo que en líquido contaminado genera coágulos de material no deseado para su posterior filtración. Los electrodos (11) pueden actuar como positivos o negativos según la polaridad que se les induzca en el momento, y se sumergen en un líquido, que puede ser agua, donde los electrodos (11) cargados positivamente (ánodo) sufren de recubrimiento continuo de oxihidratos, o iones metálicos.

El sistema de limpieza (200) puede contar con una pluralidad de entradas al reactor electrolítico (10). Donde, entre cada entrada al reactor electrolítico (10) y el dispositivo de presión (8) se encuentra un actuador electromecánico.

En una modalidad de la invención, el sistema de limpieza (200) del reactor electrolítico (10) se caracteriza porque entre la entrada inferior (14) y el dispositivo de presión (8) se encuentra un primer actuador electromecánico (18) y entre la entrada lateral (15) y el dispositivo de presión (8) se encuentra un segundo actuador electromecánico (19), donde la unidad de control abre o cierra el primer actuador electromecánico (18) y el segundo actuador electromecánico (19).

El dispositivo de presión (8) puede ser una bomba hidráulica, que suministra continuamente líquido al interior del reactor electrolítico (10). El líquido ingresa inicialmente por la entrada (15) cuando el primer actuador electromecánico (18) se encuentre cerrado y el segundo actuador electromecánico (19) se encuentra abierto, enviando continuamente los oxihidratos producidos por los electrodos (11) en el reactor electrolítico (10) a un depósito de mezclado de oxihidratos (20) donde se realiza el proceso de coagulación de los oxihidratos producidos.

Haciendo referencia a la FIG.3, el reactor electrolítico (10) puede contener tres filtros, un primer filtro (6) que se acopla a la entrada (16), un segundo filtro (7) que se acopla en la salida (17), cuya función es evitar que las partículas abrasivas (5) salgan del reactor electrolítico (10), por lo que se permite sólo el paso de líquido. El primer filtro (6), a la vez, sirve de lecho de las partículas abrasivas (5). Un tercer filtro se acopla a la entrada (15).

Cuando, el segundo actuador electromecánico (19) se cierra, se abre inmediatamente el primer actuador electromecánico (5), que por efecto de la energía cinética que suministra al líquido por el dispositivo de presión (8), eleva el conjunto de partículas abrasivas (5) que chocan contra los electrodos (11), con lo que se produce un efecto de rozamiento y desprendimiento de la suciedad que los mismos acumulan a lo largo del proceso. Por consiguiente, la suciedad que se retira de los electrodos (11) se remueve por la misma acción del dispositivo de presión (8), que los eleva y los saca por la salida (17) del reactor electrolítico (10). La suciedad que se retira de los electrodos (11) a salir del reactor electrolítico (10) se envía al depósito de mezclado (20) junto con los oxhidratos que se desprenden del electrodo (11) cargado negativamente (ánodo).

El depósito de mezclado de oxhidratos (20) contiene el líquido a tratar; al que se le añade el líquido rico en oxihidratos que se obtiene desde el reactor electrolítico (10), garantizando la continuidad del proceso, aún en los momentos en que se requiera hacer el cambio de los electrodos (11) del reactor electrolítico (10) por desgaste excesivo. En una modalidad de la invención, el dispositivo de presión (8) puede tomar el líquido a tratar del depósito de mezclado de oxihidratos (20).

En una modalidad de la invención, el sistema (200) se caracteriza porque la unidad de control (9) se conecta a una fuente de corriente directa (12), a un sensor amperimétrico (21), al primer actuador electromecánico (18), al segundo actuador electromecánico (19) y al dispositivo de presión (8). Donde, la unidad de control (9) controla los actuadores electromecánicos y la polaridad que se entrega a los electrodos (11). La unidad de control (9) mantiene en funcionamiento todo el tiempo, tanto la fuente de alimentación directa (12), como el dispositivo de presión (8), con lo que se conserva inicialmente abierta el segundo actuador electromecánico (19) y cerrado el primer actuador electromecánico (18). En otra modalidad de la invención, la unidad de control (9) programa al dispositivo de presión (8) para activarse o apagarse.

El sensor amperimétrico (21) establece la presencia de recubrimiento en los electrodos (11). En una modalidad de la invención, el sensor amperimétrico (21) detecta una disminución de la corriente en los electrodos (11) cercana al 10%, interpreta que la resistencia en los electrodos (11) se aumentan como resultado de la acumulación de suciedad en su superficie. El sensor amperimétrico (11) manda la señal a la unidad de control (9), la cual envía una señal de cierre al segundo actuador electromecánico (19) y abre el primer actuador electromecánico (18), con lo que las partículas abrasivas (5) remueven el recubrimiento de material no deseado de los electrodos (11).

Adicionalmente, durante todo el proceso de electrocoagulación, la unidad de control (9) puede cambiar la polaridad de los electrodos (11) con una frecuencia de tiempo que puede oscilar entre una y cuatro horas, con el propósito de garantizar que el desgaste que se genera por la acción de abrasión de las partículas abrasivas (5) sea parejo en todos los electrodos (11).

El sistema de limpieza de superficie cumple con un método para la limpieza de superficies con recubrimiento no deseados o suciedad. El método para la limpieza de superficies comprende las siguientes etapas:

a) disponer de un recipiente con líquido y con partículas abrasivas dentro;
b) generar presión sobre un fluido;
c) introducir el fluido presurizado obtenido de la etapa b al recipiente de la etapa a;
d) impulsar unas partículas abrasivas hacia la superficie con recubrimiento por medio del fluido presurizado que se introduce al recipiente, para remover el recubrimiento por medio de la abrasión;
e) retener las partículas abrasivas por medio de filtro;
f) expulsar el recubrimiento del recipiente.

En una modalidad de la invención, se genera la presión sobre un fluido por medio del dispositivo de presión (8). El fluido presurizado puede ir directo del dispositivo de presión

(8) al recipiente (1) o puede estar regulado, esto depende de la presión que sea necesaria. Los reguladores de presión pueden ser reguladores de acción directa, pilotados o combinaciones de los anteriores. Para efectos de interpretación, el fluido se dice de una sustancia que se encuentra en estado líquido o gaseoso. En una modalidad de la invención, el fluido es gaseoso y el dispositivo de presión (8) puede ser un compresor. Los fluidos en estado gaseoso como el aire, son capaces de alcanzar mayores presiones.

El fluido presurizado se introduce al recipiente (1) por medio de tuberías, la tubería puede afectar la presión del fluido presurizado, tanto por su diámetro, su longitud, como por su material. Como se mencionó anteriormente, entre cada dispositivo de presión (8) puede haber al menos un actuador electromecánico, este actuador electromecánico también genera pérdidas de presión que se deben tener en consideración para la selección del dispositivo de presión (8).

En una modalidad de la invención, el fluido de la etapa b es un líquido. Por lo tanto, el líquido presurizado de la etapa b, se encuentra con el lecho fijo de partículas abrasivas (5) dentro del recipiente (1), en esta modalidad la entrada (3) se encuentra en la parte del fondo del recipiente (1), por lo que se genera que las partículas abrasivas (5) se impulsen hacia la parte superior del tanque. En su trayecto, hacia la parte superior del recipiente (1) las partículas abrasivas (5) impulsadas se encuentran con las superficies (2) con lo que se produce un efecto abrasivo, con el cual se remueve el recubrimiento no deseado de las superficies (2). En una modalidad de la invención, el presurizar el fluido hasta 8000 PSI y tener al menos un flujo volumétrico aproximado de 1.0 gpm puede ser suficiente para limpiar todos los recubrimientos no deseados de la superficie (2) que no pueden ser removidos de forma mecánica sin dañar la superficie (2). En otra modalidad de la invención, el fluido de la etapa b es gas. Por lo tanto, el gas presurizado de la etapa b, se encuentra con el lecho fijo de partículas abrasivas (5) dentro del recipiente (1) generando el efecto abrasivo sobre las superficies (2).

Se debe procurar retener las partículas abrasivas (5) dentro del recipiente (1) el mayor tiempo posible, esto con el objetivo de que se disminuyan los tiempos muertos en el proceso, para esto se usan filtros en todas las entradas y las salidas. También, los filtros generan pérdidas en la presión por lo que se deben tener en consideración.

Por último, el fluido presurizado que se introduce en la etapa c, después de impulsar las partículas abrasivas (5) en la etapa d, se dirige a la salida (4) que puede encontrarse en la parte superior del recipiente. En una modalidad de la invención, cuando el fluido es un líquido presurizado, el líquido presurizado llega a la salida (4) y se encuentra en una mezcla con las partículas abrasivas (5) y el recubrimiento no deseado de la superficie (2). De acuerdo, a la etapa en cada salida o entrada cuenta con un filtro, este filtro retendrá las partículas abrasivas (5), pero permite pasar el líquido presurizado y el recubrimiento no deseado de las superficies (2). En otra modalidad de la invención, si se introduce gas

presurizado en la etapa c, se conecta un segundo dispositivo de presión (8) que se une a la salida (4), que remueve el líquido dentro del recipiente (1) con el recubrimiento del material no deseado que se remueve de la superficie (2). Por lo anterior, se cuenta con un tercer dispositivo de presión (8) que mantendrá el nivel del líquido dentro del recipiente (1).

Ejemplo:

Después del desarrollo de la presente invención, se procedió a realizar una serie de experimentos, precedido de la fabricación de un prototipo con las siguientes características:

$Altura\ total\ reactor\ (10)$: $53\ cm = 0{,}53\ m$

$Altura\ efectiva\ \ del\ reactor\ (10)$: $43\ cm = 0{,}43\ m$

$Diámetro\ interno\ del\ reactor\ (10)$: $11\ cm = 0{,}11\ m$

$Diámetro\ medio\ de\ partículas\ abrasivas\ (5)(d_{mp})$: $2{,}5\ mm = 0{,}0025\ m$

$Despositivo\ de\ bombeo\ (8)\ (Bomba\ hidráulica) impulsora\ de\ partículas$: 120 V

$Capacidad\ de\ bombeo$: $3\ a\ 5\ metros\ de\ altura$

$Potencia\ de\ la\ dispositvo\ de\ bombeo\ (8)$: $0{,}2\ hp \cong 150\ Watts$

$Volumen\ efectivo\ de\ agua\ en\ el\ reactor\ \ 4{,}0864x10^{-3}\ m^3$

$Masa\ de\ agua$: $4{,}0864\ kg$

$Masa\ de\ particulas\ abrasivas\ (5)\ de\ arena$: $1\ kg$

$Diámetro\ medio\ de\ los\ particulas\ abrasivas\ (5)\ de\ arena$: $2{,}5\ mm$

$Masa\ total$: $5{,}0864\ kg$

$Fuerza\ de\ empuje\ del\ agua\ sobre\ las\ partículas\ abrasivas\ (5) de\ arena$: $40{,}0875\ N$

$Presión\ en\ el\ lecho\ del\ reactor$: $5{,}25\ kPa$

$Energia\ potencial\ de\ las\ partículas\ de\ las\ particulas\ abrasivas\ (5)\ de\ arena$: $4{,}2183\ Joule$

$Velocidad\ de\ arrastre\ de\ las\ partícula\ abrasivas\ (5)\ de\ arena\ s$: $2{,}9\ \ m/s$

$Material\ del\ electrodo\ (11)$: $Alumnio$

$Numero\ \ de\ electrodos\ (11)$: 4

$Fuente\ de\ Corriente\ directa\ (12)$: $5\ V y\ 4\ A$

$Tubería\ de\ entrada\ y\ salida\ del\ recipiente\ (1)$: ½ in

$primer\ actuador\ electromecanico\ (18) y\ segundo\ actuador\ electromecanico\ (19)$: ½ in

En el ejemplo, el sistema de limpieza (200) se adaptó a un proceso de tratamiento de agua por electrocoagulación. El proceso de electrocoagulación se operó durante un tiempo aproximado de seis meses, tiempo en el cual trabajó de forma eficiente mediante la producción de oxihidratos de aluminio que se le agregaron al agua problema, observando en las diferentes muestras la formación rápida de flóculos, o materiales coloidales agrupados por los oxihidratos, que en la medida en que se unen incrementan su masa, haciéndose cada vez más pesados, siendo obligados a descender hasta el fondo del depósito de agua problema. Los pocos flóculos que quedaron dispersos en el agua fueron atrapados en el posterior proceso de filtración.

Teniendo en cuenta, que el dispositivo de presión (8) está encendida todo el tiempo, el cual envía parte de la mezcla de oxihidratos al depósito de mezclas de oxihidratos (20) donde se encuentra el agua problema. El sistema de limpieza (200) se automatizó para que cada cinco minutos se cierre el segundo actuador electromecánico (19) que permite el paso de agua hacia el reactor electrolítico (10) por la entrada (15) y se abra el primer actuador electromecánico (18) que envía agua hacia el fondo del reactor electrolítico (10). Momento en el cual las partículas abrasivas (5), en este caso arena, se impulsan para que ascienden rápidamente y choquen contra la superficie de los electrodos (11), transfiriendo sobre los electrodos (11) su energía cinética, acción que genera el efecto de limpieza sobre los mismos electrodos (11).

Adicionalmente, las partículas abrasivas (5) y los oxihidratos ascienden hasta la salida (17) del reactor electrolítico (10), entre las cuales las partículas abrasivas (5) quedan confinadas en el reactor electrolítico (10), debido a tres filtros que impiden su paso, permitiendo sólo la salida de los oxihidratos hacia el depósito de mezclado de oxihidratos (20). La altura alcanzada por las partículas abrasivas (5) al ascender hasta la parte más alta del reactor electrolítico (10), les permite ganar energía potencial que al descender se transforma en energía cinética, generando nuevamente el efecto abrasivo y de limpieza sobre los electrodos (11).

Para determinar la efectividad del sistema de limpieza (200) de los electrodos (11), se midió la intensidad de la corriente que pasa a través del fluido y de los electrodos (11) por medio del sensor amperimétrico (12) en este caso un tester eléctrico, encontrándose que la misma se mantuvo constante durante todo el proceso en un valor cercano a los 4 amperios, que es el valor de la corriente nominal de operación. Lo cual significa que la resistencia del sistema de limpieza (200) se mantuvo constante y, por lo tanto, es un indicador de que la superficie de los electrodos (11) está limpia, o libre de impurezas, y apta para continuar el proceso.

Se debe entender que la presente invención no se halla limitada a las modalidades descritas e ilustradas, pues como será evidente para una persona versada en el arte, existen variaciones y modificaciones posibles que no se apartan del espíritu de la invención, el cual solo se encuentra definido por las siguientes reivindicaciones.