



(19)



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 297 313**

(51) Int. Cl.:

B23H 9/00 (2006.01)

B23H 3/00 (2006.01)

F04C 2/107 (2006.01)

(12)

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

(86) Número de solicitud europea: **04021414 .0**

(86) Fecha de presentación : **09.09.2004**

(87) Número de publicación de la solicitud: **1522366**

(87) Fecha de publicación de la solicitud: **13.04.2005**

(54) Título: **Bomba/motor estator con cavidad progresiva, y aparato y método de fabricación del mismo por mecanizado electroquímico.**

(30) Prioridad: **09.10.2003 US 510107 P**
08.07.2004 US 887189

(45) Fecha de publicación de la mención BOPI:
01.05.2008

(45) Fecha de la publicación del folleto de la patente:
01.05.2008

(73) Titular/es: **Lehr Precision Inc.**
11230 Deerfield Road
Cincinnati, Ohio 45242, US

(72) Inventor/es: **Chamberlain, Tom;**
Lievstro, Terry y
Reynolds, John

(74) Agente: **Isern Jara, Jorge**

ES 2 297 313 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Bomba/motor estator con cavidad progresiva, y aparato y método de fabricación del mismo por mecanizado electroquímico.

Campo de la invención

Esta invención se refiere a la fabricación de mecanismos para fluidos con cavidad progresiva, es decir, bombas con cavidad progresiva y motores con cavidad progresiva, y más en particular, una estructura de estator novedosa, y un aparato y un proceso para producir los estatores de dichas bombas y motores. Los estatores de mecanismos con cavidad progresiva son habitualmente muy largos, siendo algunos de hasta siete metros de longitud.

Dicho método, aparato y mecanismo para fluidos con cavidad progresiva son conocidos en la patente US 6,413,407, cuyo documento describe el estado de la técnica más próximo.

Antecedentes de la invención

Las patentes US 1,892,217 y 2,028,407 de R.J.L. Moineau, describen un mecanismo de engranaje para utilizar como una bomba o motor con cavidad progresiva. En una aplicación habitual de la tecnología con cavidad progresiva, la perforación de pozos subterráneos, se utiliza un motor con cavidad progresiva como un motor para fondos de pozo que convierte la energía de un fluido de perforación fluyente en energía mecánica para girar un cabezal de perforación.

En una bomba o motor con cavidad progresiva un ajuste por apriete entre el perfil exterior del rotor y el perfil interior del estator proporciona un cierre que aísla las cavidades de la bomba o motor de las cavidades contiguas. El cierre soporta la presión del fluido que resulta de la acción mecánica de bombeo, o de la conversión del movimiento del fluido en energía mecánica en un motor. Debido al requisito de un ajuste por apriete entre el rotor y el estator, uno o ambos de estos componentes deben estar cubiertos con un material elástico, o dimensionalmente comprensivo, que permita también el paso o transferencia en la bomba o el motor de partículas abrasivas y otros objetos llevados junto con el fluido. Históricamente, el material elástico ha sido proporcionado en el interior del estator.

El material elástico utilizado para el estator aporta debilidad en la operación de la bomba o motor y recorta su vida funcional. Los elastómeros comunes tienen unas tolerancias de temperatura por debajo de la mayoría de los otros componentes de la bomba o motor, los cuales están hechos de metal.

La resistencia mecánica del elastómero también es una preocupación debido a las altas presiones del fluido generadas en las cavidades de la bomba y el motor. Estas altas presiones, y las fuerzas de reacción resultantes, dan lugar a una desviación y tensión significantes en el elastómero, particularmente en los puntos de las interferencias entre el rotor y el estator. La fricción resultante de las grandes fuerzas que existen entre el rotor y el estator genera una gran cantidad de calor, que es perjudicial para las características deseadas del elastómero, y por ello perjudicial para el funcionamiento y la vida de la bomba o motor.

El estator está convencionalmente construido mediante el moldeado de un elastómero, que tiene el perfil interior helicoidal deseado, en el interior de un tubo o alojamiento de acero cilíndrico. Debido al perfil helicoidal de la superficie interna del estator, el espesor

radial del elastómero moldeado, entre su superficie interior y la superficie interior del tubo metálico, varía. Si el calentamiento del elastómero es excesivo, sus propiedades se degradarán. Los elastómeros son por lo general altamente aislantes, y por ello restringen de forma inherente la conducción del calor generado en la superficie de contacto del rotor y el estator en el tubo metálico térmicamente conductor, donde el calor puede disiparse, habitualmente con la ayuda de un sistema de refrigeración, como por ejemplo, un sistema de refrigeración por líquido o aletas que sobresalen. Las secciones radialmente de mayor espesor del elastómero son más aislantes, y por ello se degradan más rápidamente que las secciones radialmente más delgadas. Adicionalmente, las altas presiones producidas durante el funcionamiento de la bomba o motor pueden desviar las secciones de elastómero más gruesas hasta el punto en que se reduce la interferencia entre el elastómero y el rotor, y se pierde el contacto con el rotor. Esta pérdida de contacto da lugar a una eficacia de funcionamiento reducida, caracterizada por la velocidad reducida en el caso de un motor, y por el flujo reducido en el caso de la bomba. Además, el calor generado por el funcionamiento de la bomba o motor, en algunos casos actuando juntamente con el calor procedente del medio exterior en el que la bomba o motor funciona, puede deformar la forma del elastómero moldeado sobre el interior del tubo metálico. Los elastómeros tienen un alto coeficiente de expansión térmica en comparación a otros materiales utilizados en la construcción de una bomba o motor con cavidad progresiva. Como resultado en la variación de espesores y la expansión térmica relativamente alta del elastómero, las secciones delgadas radialmente tienden a presentar mayor distorsión que las secciones más delgadas. La distorsión da lugar a un perfil geométrico del estator drásticamente diferente del perfil previsto, y dificulta el funcionamiento de la bomba o motor. La distorsión en el perfil del estator puede generar un calor adicional, que a su vez provoca la distorsión adicional del perfil del estator. Debido a dicha distorsión el estator contribuye rápidamente a su propia degradación y en última instancia a una avería.

Como resultado de la degradación previamente mencionada, el interior de las secciones con mayor espesor puede también llegar a ser quebradizo, permitiendo que un lóbulo del estator se rompa o "fragmente" del perfil del estator. Además, la presión que actúa en las cámaras formadas por el estator y el rotor puede superar la resistencia del elastómero, provocando que el lóbulo del estator se desvíe de su forma original, y puede también provocar una rotura o fragmentación. Estos efectos degradan también la eficiencia de la bomba o motor.

La patente US 6,308,195 describe un motor Moineau que tiene un estator con un espesor de pared constante. El estator está fabricado por un proceso de formación mecánica en el que se dobla el metal de forma local formando un espesor de pared constante en la estructura exterior de acero, y en el que la pared interior está cubierta por un elastómero a modo de pared delgada. Las dimensiones del estator obtenido a partir de este método de formación están limitadas, y se requiere una mayor tolerancia en el espesor del elastómero a modo de pared delgada. La patente alude a la dificultad en mantener la tolerancia de torsión necesaria. El exterior de la carcasa está también

contorneado, haciéndolo más difícil de manejar con el equipo habitualmente utilizado para manejar artículos tubulares en el proceso de perforación. El mecanizado de la pared exterior de la carcasa para eliminar los contornos provocaría que el espesor de la pared fuese excesivamente pequeño en algunos puntos y comparativamente grueso en otros puntos.

El mecanizado electroquímico se ha utilizado para diversas finalidades. Por ejemplo, la patente US 6,413,407 describe un proceso y un aparato para el mecanizado electroquímico (ECM) de acanaladuras en el interior de un tubo para utilizar en un horno para el craqueo de petróleo. Sin embargo, hasta ahora que seamos conscientes, el ECM no se ha utilizado satisfactoriamente en la producción de los lóbulos en el interior de un estator de un dispositivo con cavidad progresiva.

La patente US 6,543,132 describe un mecanismo para fluidos con cavidad progresiva, adaptado para utilizar a modo de bomba o motor, que comprende un alojamiento de estator y un rotor, teniendo dicho rotor una superficie exterior formada con lóbulos helicoidales, y comprendiendo dicho alojamiento de estator un elemento rígido, tubular unitario que tiene una superficie interior y exterior cilíndrica circular que tiene también lóbulos helicoidales, comprendiendo también dicho mecanismo una capa flexible que tiene un espesor uniforme en una dichas superficie interior y exterior.

La patente GB 1,281,117 describe un aparato adecuado para utilizar en el mecanizado del perfil interior en el orificio de un estator de una bomba con cavidad progresiva que comprende: un electrodo catódico conformado para mecanizar ranuras helicoidales en una pieza a manipular tubular; una barra de accionamiento dispuesta para desplazar el electrodo catódico a lo largo de un recorrido lineal, mientras gira simultáneamente el cátodo alrededor de un eje paralelo a dicho recorrido lineal; una fuente de suministro de energía eléctrica conectada al electrodo catódico, y que puede conectarse a la pieza a manipular tubular dispuesta a lo largo del recorrido lineal y dispuesta de modo que dicho electrodo catódico pueda pasar axialmente a lo largo del interior de la pieza a manipular tubular, con lo cual la fuente de suministro de energía puede establecer una corriente eléctrica a través de dicho electrodo catódico y la pieza a manipular, a medida que el electrodo catódico pasa a lo largo del interior de la pieza a manipular; y un recorrido de flujo para dirigir el electrolito más allá del electrodo catódico, entre el electrodo catódico y la pieza a manipular; y que incluye un conductor eléctrico, conectado a la fuente de suministro de energía eléctrica y expuesto al espacio, donde se establece una corriente eléctrica, a través del electrolito dentro del espacio, entre el conductor y la pieza a manipular; siendo el espacio suficientemente largo, en la dirección del recorrido lineal, que la corriente eléctrica establecida en el espacio pueda atacar, y por ello desbastar la superficie acabada interior de la pieza a manipular después del mecanizado de ésta por el electrodo catódico.

La patente US 5,171,138 se refiere a un motor para la perforación de fondos de pozo para accionar herramientas de perforación del tipo que comprenden una guía de estator rígido que tiene una configuración helicoidal con múltiples lóbulos que incluye una superficie interior helicoidal con múltiples lóbulos, teniendo

la guía de estator una pared con espesor uniforme fijada dentro de un alojamiento tal que el fluido de perforación es bombeado a través de la guía de estator, y un rotor con múltiples lóbulos helicoidales dispuesto en la guía de estator para el giro sobre éste, teniendo el rotor una superficial helicoidal exterior, aplicándose un material elastomérico en la superficie interior helicoidal de la guía de estator o en la superficie exterior helicoidal del rotor tal que un acoplamiento estanco soportado se forma entre la superficie elastomérica y la otra de la guía de estator y el rotor creando al menos un espacio fluido a través del cual se bombea el fluido de perforación para accionar de forma giratoria el rotor, teniendo el material elastomérico un espesor sensiblemente uniforme para formar una superficie de estanqueidad helicoidal.

Descripción de la invención

De acuerdo con esta invención, el ECM se utiliza para generar los perfiles de los lóbulos del estator de un dispositivo con cavidad progresiva. La invención supera muchos de los problemas identificados en la técnica anterior de bombas y motores con cavidad progresiva, incluyendo el desarrollo de calor excesivo y la habilidad en mantener las tolerancias. Un motor que tiene un estator hecho de acuerdo con la invención es particularmente bien adecuado para utilizar a modo de un motor para fondos de pozos en un pozo para accionar una broca.

Con el fin de tener aún un cierre estanco sumiso entre el estator y el rotor, se requiere aún una fina capa de elastómero de espesor constante. El perfil interior deseado del estator, desplazado por el espesor deseado de la capa de elastómero, está formado por una pared interior cilíndrica circular de una pieza a manipular de metal tubular que sirve como un modelo de estator. El acabado superficial del perfil interior debe permitir la unión del elastómero formando el perfil que está en contacto con el rotor. El espesor constante de la capa delgada de elastómero reduce significativamente los efectos adversos experimentados en la carcasa de un revestimiento de elastómero que tiene un espesor que varía. Ya que la capa de elastómero puede ser relativamente delgada en todas las partes, su efecto aislante también se reduce, permitiendo una mejor transferencia de calor hacia el alojamiento metálico rígido.

Para conseguir un acabado superficial adecuado para la unión del elastómero a la pared interior del estator, se utiliza un proceso de ECM distinto, diferente del proceso descrito en la patente americana 6,413,407 donde se utilizaban un cierre estanco y un sistema de limpieza por agua para proteger el acabado de acanaladuras mecanizadas formadas por el mecanizado electroquímico del interior de un tubo para utilizar en un horno de craqueo de petróleo. La máquina utilizada en la presente invención es similar a la de la patente 6,413,407, aunque la junta y el sistema de limpieza por agua son suprimidos, permitiendo la exposición controlada del electrolito a la superficie final mecanizada. Esto da lugar a un acabado superficial más rugoso que incrementa la efectividad de la unión del elastómero con el metal. Un dispositivo detrás del cátodo de la máquina se utiliza solamente a modo de una guía de soporte, en vez de una junta de estanqueidad.

En el aparato convencional para ECM, el electrodo catódico está montado mediante una conexión roscada. La conexión roscada es muy efectiva en cos-

tes, pero está limitada en su capacidad de transferir grandes cantidades de corriente eléctrica desde el tubo de accionamiento al cátodo. La concentricidad de la barra de accionamiento y el electrodo está también limitada en su precisión, y puede variar. Por otro lado, la condición de concentricidad para bombas y motores requiere una mayor precisión que es posible con una conexión roscada.

Esta invención está dirigida a los problemas de transmisión de corriente eléctrica y de concentricidad mediante el uso de un adaptador cónico similar a los utilizados para montar herramientas de corte giratorio en máquinas herramienta convencionales. Esta condición puede ser mecanizada con precisión para mejorar la concentricidad, y el área de contacto de la superficie incrementada reduce el calentamiento por resistencia de la conexión eléctrica.

La invención también proporciona un método de fabricación de estatores con cavidad progresiva mediante el mecanizado electroquímico y un método alternativo mediante el cual fluye electrolito a través del sistema.

Las bombas y motores con cavidad progresiva de acuerdo con la invención incluyen un rotor dispuesto de forma giratoria en un estator que tiene una superficie interior adecuadamente perfilada aunque puede tener una forma exterior de cilindro circular, o cualquier otra forma deseada. Tanto el estator como el rotor están cubiertos por una fina capa de elastómero u otro material flexible con el fin de proporcionar un cierre hermético entre el estator y el rotor.

Breve descripción de los dibujos

La figura 1 es una vista en sección radial de una bomba o motor con cavidad progresiva convencional de acuerdo con la técnica anterior, teniendo un revestimiento de espesor variable dentro de un alojamiento metálico rígido;

La figura 2 es una vista isométrica cortada de la bomba o motor con cavidad progresiva de la figura 1;

La figura 3 es una vista isométrica cortada del estator de la bomba o motor con cavidad progresiva de la figura 1, mostrando la configuración helicoidal de lóbulos internos del estator;

La figura 4 es una sección radial de una bomba con cavidad progresiva de acuerdo con la invención, mostrando el espesor constante del revestimiento de elastómero del estator;

La figura 5 es una vista isométrica cortada de la bomba o motor con cavidad progresiva de la figura 4;

La figura 6 es una vista isométrica del estator de la bomba o motor con cavidad progresiva de la figura 4;

la figura 7 es una sección longitudinal de un colector de entrada del aparato para el mecanizado electroquímico de una pieza a manipular tubular para obtener el estator ilustrado en la figura 6, mostrando la posición inicial de un cátodo estriado que entra en el extremo proximal de la pieza a manipular;

La figura 8 es una sección longitudinal del colector de salida en el extremo distal de la pieza a manipular;

La figura 9 es una vista isométrica del cátodo, el colector de entrada, y la pieza a manipular, que se ilustran en la figura 7;

La figura 10 es una vista en sección longitudinal que muestra la herramienta del cátodo durante el mecanizado electroquímico dentro de una pieza a manipular;

La figura 11 es una vista en sección longitudinal que muestra una herramienta de cátodo durante el mecanizado electroquímico dentro de una pieza a manipular, utilizando la realización alternativa de una cámara de ataque;

La figura 12 es una sección radial esquemática de una pieza a manipular para un estator, mostrando el área que tiene que ser mecanizada por el proceso de mecanizado electroquímico; y

La figura 13 es una sección radial de una bomba con cavidad progresiva de acuerdo con otra realización de la invención.

Descripción detallada de las realizaciones preferidas

Tal como se muestra en las figuras 1-3, el motor Moineau convencional 20 comprende un rotor con lóbulos situados helicoidalmente 22 dispuesto dentro de un estator, comprendiendo el estator un tubo metálico 24 que tiene una pared interior cilíndrica circular 26 y una pared exterior cilíndrica circular 28, teniendo la pared interior un forro moldeado con elastómero 30 formado con lóbulos helicoidales que pueden cooperar con el rotor para proporcionar el movimiento de las cámaras de fluido a medida que gira el rotor. Como se ve en las tres figuras 1-3, el espesor del forro de elastómero varía debido a la presencia de los lóbulos.

Un motor de Moineau 32 de acuerdo con la invención, ilustrado en las figuras 4-6, comprende un rotor con lóbulos situados helicoidalmente 34 dispuesto en el interior de un estator que comprende un tubo 36 y un forro flexible 40. El tubo 36 está compuesto de acero o un material estructural similar. El tubo tiene una pared interior 38 que tiene lóbulos helicoidales formados por un mecanizado electroquímico, y un exterior cilíndrico circular. Utilizando un molde o núcleo adecuado (no mostrado), el forro moldeado 40, de caucho u otro elastómero adecuado, está unido a la pared interior del estator después del mecanizado electroquímico. El forro de elastómero, que tiene un espesor uniforme, define la pared interior del estator. La pared interior del estator con los lóbulos helicoidales coopera con el rotor con lóbulos helicoidales 34 que define un conjunto de cámaras de fluido, que se mueven axialmente a medida que el rotor gira dentro del estator.

Durante el funcionamiento del motor 32, existe un diferencial de presión entre cada cámara de fluido contigua. Durante el funcionamiento del motor, la fuerza hidráulica que actúa sobre el rotor como resultado de la presión de un líquido de accionamiento provoca el giro del rotor alrededor de su eje longitudinal. La transferencia mecánica del movimiento de giro del rotor a una broca puede llevarse a cabo a través de cualquier variedad de mecanismos conocidos por los expertos en la materia en el diseño del motor de Moineau. El movimiento deslizante del rotor en la intercara del rotor/estator genera un calor de rozamiento.

La pared interior con lóbulos 38 del estator soporta mecánicamente el forro de elastómero 40, reforzando el forro de elastómero, y permitiéndole resistir cargas y tensiones de funcionamiento más grandes que las que puede soportar el forro de elastómero en motores de Moineau convencionales. Los lóbulos sobre el interior del tubo metálico del estator proporcionan también al tubo metálico con un área superficial aumentada mejorando la transferencia de calor generado en la intercara del rotor/estator. De este modo, el

calor de rozamiento generado en la intercara del rotor/estator es conducido a lo largo de una capa de elastómero relativamente aislante aunque delgada sobre un área relativamente grande hacia un tubo del estator que tiene una alta conductividad térmica, desde donde el calor es disipado hacia el exterior. El espesor relativamente bajo y uniforme del forro de elastómero 40 permite una transferencia de calor casi uniforme alrededor de la circunferencia del forro. La transferencia de calor casi uniforme da lugar a una distribución de temperaturas elevadamente uniforme que evita la distorsión térmica del forro elastomérico y que pueda dar lugar a una perturbación en el funcionamiento correcto del motor.

Las ventajas del motor de Moineau descritas anteriormente serían, naturalmente, igualmente beneficiosas en una bomba del tipo Moineau, que es básicamente la inversa del motor.

Ya que el forro elastomérico 40 está unido a la pared interior rígida 38 del estator, la preparación superficial de la pared 38 es importante. El elastómero se unirá mejor en una superficie más rugosa. La patente US 6,413,407 describe un proceso de mecanizado electroquímico en el que cada esfuerzo se realiza para producir el acabado superficial lo más suave posible. Para evitar la degradación del acabado por la acción adicional del electrolito después del mecanizado del taladro en las dimensiones deseadas, una guía de popa, fijada en el extremo de popa del electrodo proporciona una estanqueidad detrás del electrodo, sellando la herramienta en la pieza a manipular detrás del electrodo a medida que se mueve a través de la pieza a manipular. El agua u otro fluido adecuado se introduce seguidamente detrás de la guía de popa para echar el electrolito disperso.

El proceso y aparato utilizado en la producción del estator son, en la mayoría de aspectos similares al proceso y aparato descritos en la patente 6,413,407, y por ello la descripción de esa patente se incorpora como referencia. En contraste con el proceso y el aparato descritos en la Patente 6,413,407, de acuerdo con esta invención, a fin de obtener un acabado superficial rugoso en la pared interior del tubo del estator rígido, el periodo de tiempo durante el cual la pared interior del tubo mecanizada con un acabado está expuesta al electrolito se incrementa y la corriente eléctrica puede continuar a fin de atacar la superficie interior acabada, consiguiendo así un efecto de rugosidad sobre el acabado superficial que mejora la unión de la capa flexible posteriormente moldeada.

Como se muestra en la figura 7, el electrolito se introduce a través del puerto 42 en un registro de flujo de entrada proximal 44. Como se expone en la figura 10, a medida que el mecanizado electroquímico de la pieza a manipular 46 progresa, el electrolito cruza la longitud de la barra de accionamiento 48, entre la barra de accionamiento y la porción mecanizada final 47 de la pieza a manipular, y a través de las ranuras 49 formadas en la pared de la abertura central de la guía posterior 50 que aloja la barra de accionamiento. Las ranuras 49 están preferentemente dispuestas en paralelo entre sí, en intervalos alrededor de la circunferencia de la abertura central de la guía posterior 50, tal como se muestra en la figura 9. El flujo de electrolito a través de estas ranuras permite la refrigeración de la intercara del cátodo/barra de accionamiento. El electrolito seguidamente cruza el cátodo 52 en la dirección proximal a la distal, es decir, en la dirección

del recorrido del cátodo, más allá de la guía frontal 80, y por debajo de la longitud del taladro sin fin 56 de la pieza a manipular 46, en el registro de flujo de salida distal 58, donde a continuación se descarga en un recuperador de electrolito. El registro de flujo de entrada 44 debe tener un diámetro interior, como se muestra en la figura 7, igual a la dimensión más grande del perfil acabado de la pieza a manipular, con la finalidad de soportar el peso del montaje de cátodo antes de que la guía posterior entre en la pieza a manipular.

El terminal de salida negativo de una fuente de suministro de energía DC, preferentemente capaz de suministrar hasta 30.000 Amperios en 25 Voltios, está conectado a la pieza a manipular, y el terminal positivo está conectado a través de un montaje con anillo deslizante a la barra de accionamiento.

El registro de flujo de salida, mostrado en la figura 8, debe tener un espacio interno suficiente para aceptar el montaje de cátodo a medida que el cátodo atraviesa el extremo distal de la pieza a manipular. Debe estar también conectada al sistema de flujo del electrolito.

Como se muestra en la figura 10, la guía posterior 50 dirige el flujo de electrolito y soporta el peso del montaje de cátodo montado en la barra de accionamiento 48, aunque no aporta una función de estanqueidad.

En consecuencia, el electrolito permanece en el espacio por detrás del cátodo a medida que progresa el mecanizado. Un manguito aislante 60 sobre la barra de accionamiento está recortado en el punto 62 para exponer un área anular 64 de la barra de accionamiento de suficiente longitud para permitir una corriente eléctrica entre la barra de guía y la pieza a manipular que ejerza una acción de ataque químico sobre la pared interior acabada de la pieza a manipular.

El área de sección transversal que hace falta para ser eliminada en el mecanizado del estator de una bomba o motor con cavidad progresiva es suficiente grande para requerir miles de amperios de corriente. 30.000 Amperios son suficientes para la mayoría de aplicaciones. Sin embargo, la corriente eléctrica conductora en dicho nivel elevado entre el cátodo y la barra de accionamiento es difícil en un equipo convencional de ECM. En el aparato de la invención, como se muestra en las figuras 7 y 10, un cono de una máquina herramienta estándar 66, similar a un CAT 55, se utiliza tanto para situar el cátodo y el conjunto de guía en la barra de accionamiento, como para conducir la corriente desde la barra de accionamiento hasta el cátodo. El cono tiene superficies interiores troncocónicas que se unen respectivamente a superficies troncocónicas en la barra de accionamiento y el electrodo catódico que proporcionan el alineamiento preciso y proporcionar también una gran área de contacto para llevar la muy alta corriente eléctrica requerida en el mecanizado electroquímico. Por motivos de mantenimiento, un conector interno o dispositivo de apriete 68 se utiliza para montar el cátodo 52 sobre la barra de accionamiento 48. El conector 68 puede estar construido a partir de un metal duro que tenga una muy buena conductividad eléctrica, como por ejemplo, el UNS-C18200. Aunque un doble cono, como se muestra, es preferido, puede utilizarse como una alternativa un solo cono, formado como una parte solidaria de la barra de accionamiento, o como una parte solidaria del electrodo catódico.

Un líquido de refrigeración fluye a lo largo de la barra de accionamiento como en el aparato de ECM convencional. Sin embargo, en este caso, el recorrido de refrigeración puede estar aislado del proceso de mecanizado electroquímico. Por ello, tal como se muestra en la figura 10, el refrigerante fluye a lo largo de los pasos 74 formados por mecanizados planos en la superficie de la barra de accionamiento y la pared interior de la cobertura aislante 60, a continuación por dentro a través de los pasos radiales 72 en la barra de accionamiento, y seguidamente en la dirección inversa a lo largo del paso central 70 en la barra de accionamiento. El refrigerante también puede fluir en la dirección opuesta. Esto permite un mejor control de la temperatura de la barra de accionamiento en puntos alejados del cátodo. El flujo de electrolito por debajo de la guía posterior 50, a través de las ranuras 49, es utilizado seguidamente para conducir el calor fuera de la parte expuesta 64 de la barra de accionamiento 48 de modo que el calor relativamente pequeño necesita atravesar la cobertura aislante 60 sobre la barra de accionamiento, que actúa no solamente como un aislante eléctrico, sino también como un aislante térmico.

En el extremo proximal de la barra de accionamiento, un acoplamiento giratorio de doble flujo (no mostrado) se utiliza para inyectar agua de refrigeración en las cámaras entre la cobertura aislante y los planos en el exterior de la barra de accionamiento. En el extremo distal de la barra de accionamiento, el refrigerante es dirigido hacia el paso central 70 de la barra, y a continuación se le permite salir por el centro de la barra en el extremo proximal a través del acoplamiento giratorio de doble flujo. Juntas de estanqueidad 78 bajo la cobertura aislante en el extremo distal, y juntas de estanqueidad similares en el extremo proximal, garantizan que el líquido de refrigeración se mantenga en las cámaras de refrigeración sin contaminación del electrolito.

La guía frontal 80, mostrada en las figuras 7, 9 y 10, tiene un exterior circular que guía el cátodo a través de la pieza a manipular tubular antes de que los lóbulos sean mecanizados en ella, y que soporta el peso del montaje del cátodo a medida que se mueve transversal a la pieza a manipular durante el ciclo de mecanizado. La guía frontal presenta ranuras longitudinales 82 cortadas a través de ésta que permiten el paso de electrolito desde el cátodo al registro de flujo de salida, siendo dicha ranura 82, mostrada en la figura 10. La guía frontal está montada sobre el dispositivo de apriete del cátodo 54, y utiliza un tapón roscado 84 para retener la guía frontal.

En una realización alternativa de la invención, mostrada en la figura 11, una segunda junta 86 se proporciona detrás de la herramienta catódica 88 para formar una cámara de ataque 90. En esta realización alternativa, el electrolito es canalizado a lo largo del centro de la barra de accionamiento utilizado para empujar el cátodo a través de la pieza a manipular. El electrolito es también canalizado en una ranura de 360 grados adyacente a la junta 86. El electrolito es obligado a pasar a través de las ranuras 91 formadas en la junta posterior 92, y atraviesa la herramienta catódica 88 como en la realización preferida. Esta realización alternativa proporciona un mejor control sobre la cantidad de tiempo durante el cual la superficie interior acabada con un acabado mecanizado de la pieza a manipular está expuesta a un ataque post-mecani-

zado. En otra realización alternativa, no ilustrada, la solución de ataque químico puede estar aislada del electrolito utilizado en el mecanizado de los lóbulos del estator, en cuyo caso la composición de la solución de ataque químico puede ser distinta de la del electrolito. Opcionalmente, una segunda herramienta catódica puede estar posicionada en la cámara de ataque para dirigir el ataque química a regiones concretas dentro de la cámara de ataque.

En el proceso electroquímico de esta invención, puede utilizarse un electrolito con una base de sal como por ejemplo agua con una base de solución de cloruro de sodio (NaCl) o nitrato de sodio (NaNO_3). Este proceso hidroliza el agua en H_2 e iones OH^- que se unirán a los iones metálicos, habitualmente Fe, para formar FeOH que precipita fuera de la disolución y que puede ser filtrado. La cantidad de corriente requerida para extraer el metal electroquímicamente es directamente proporcional al volumen de metal extraído en un intervalo de tiempo dado. Por lo tanto, el área 93, mostrada en la figura 12, y el grado de suministro del cátodo determinan el volumen de metal extraído y la cantidad de energía necesaria para el proceso. El grado de suministro máximo observado en la práctica para computar es una pulgada por minuto, debido al grado de disolución limitado del metal. Es posible el incremento en el suministro al incrementar la longitud del cátodo para aumentar el área de superficie que se disuelve.

El proceso está generalmente limitado por el calor con resistencia. Se ha observado que una fuente de alimentación de electricidad de 30.000 Amperios resulta adecuada para los tamaños de estator existentes. Si son necesarios estatores más grandes, se requerirán suministros de energía y otros conductores mayores.

Un proceso típico de mecanizado de un estator de acuerdo con la invención utiliza un electrolito de NaNO_3 , en una concentración de 2,2 libras por Galón de agua, en un pH neutral, y con una presión de entrada de 330 psi, y una presión de salida de 80 a 150 psi. El electrolito es introducido a una temperatura de 105 $^{\circ}\text{F}$ a 115 $^{\circ}\text{F}$. La tensión utilizada es de aproximadamente 20 Voltios, aunque puede variar de 10V a 25V. Los rangos de alimentación varían de un stator a estator, aunque se produce una parte media en un rango de alimentación de aproximadamente 0,55 pulgadas por minuto. Los rangos de alimentación normalmente variarán de 0,15 pulgadas por minuto en piezas más grandes a 1 pulgada por minuto en piezas más pequeñas. En ángulo cónico del cátodo varía de 5E a 15E, aunque en la mayoría de casos es preferido un cono de 10 E.

En resumen, de acuerdo con la invención, se proporciona un estator novedoso para un mecanismo de fluido con cavidad progresiva, en el que la capa de elastómero puede tener un espesor uniforme, y muy delgada, de modo que está menos sujeta a daños resultantes de los efectos térmicos, y en el que la forma exterior del alojamiento del estator puede ser un simple cilindro circular o cualquier otra forma deseada. El estator está producido para dimensiones precisas mediante el mecanizado electroquímico, y, en el mismo proceso, el acabado interior del estator puede ser atacado para promover la unión segura de la capa delgada de elastómero en la pared interior mecanizada del estator.

En una realización alternativa, tal como se muestra en la figura 13, puede estar formada una capa delgada

de elastómero 94 de espesor uniforme sobre el rotor 96, en cuyo caso es innecesario, e indeseable, atacar el interior de la superficie 98 del estator 100. Incluso en

esta realización alternativa, pueden desarrollarse muchas de las ventajas del mecanizado electroquímico del estator.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

REIVINDICACIONES

1. Un método de mecanizado de una pieza a manipular metálica y tubular para obtener un estator para un dispositivo con cavidad progresiva, comprendiendo el método:

desplazar helicoidalmente un electrodo catódico que tiene una forma exterior lobular a través de una pieza a manipular;

proporcionar de forma simultánea un electrolito entre el electrodo y la pieza a manipular;

establecer una corriente eléctrica entre el electrodo y la pieza a manipular vía el electrolito;

caracterizado por el hecho de que mientras el electrodo catódico se desliza a través de la pieza a manipular tubular, se establece una corriente eléctrica entre un conductor eléctrico y la superficie acabada que forma el cátodo de la pieza a manipular a través del electrolito dispuesto en un espacio situado detrás del electrodo catódico, atacando por ello electroquímicamente y en consecuencia desbastando la superficie acabada que forma el cátodo de la pieza a manipular producido por la acción del electrodo catódico.

2. Un aparato para utilizar en el mecanizado de un perfil interior (38) en el orificio de un estator para un dispositivo con cavidad progresiva (36), comprendiendo el aparato:

un electrodo catódico (52, 88) conformado para mecanizar lóbulos helicoidales en una pieza a manipular tubular (46);

una barra de accionamiento (48) dispuesta para desplazar el electrodo catódico a lo largo del recorrido lineal a través de un interior de la pieza a manipular mientras gira simultáneamente el electrodo catódico alrededor de un eje paralelo al recorrido lineal;

una fuente de suministro de energía eléctrica conectada al electrodo catódico (52) a través de la barra de accionamiento (48) y conectable a la pieza a manipular tubular (46), dispuesta a lo largo del recorrido lineal y dispuesta de modo que el electrodo catódico pueda pasar axialmente a lo largo del recorrido lineal,

en el que la fuente de suministro de energía puede establecer una corriente eléctrica a través del electrodo catódico y la pieza a manipular a medida que el electrodo catódico pasa a lo largo del recorrido lineal;

un recorrido de flujo que dirige un electrolito más allá del electrodo catódico entre el electrodo catódico (52) y la pieza a manipular (46),

caracterizado por el hecho de que el recorrido de flujo incluye un espacio (90) definido entre una porción de la barra de accionamiento (48) y la pieza a manipular (46) detrás del electrodo catódico con relación al recorrido lineal; y por un conductor eléctrico (64), conectado a la fuente de suministro de energía eléctrica y expuesto al espacio (90), de tal modo que puede establecerse una corriente eléctrica, a través del electrolito dentro del espacio, entre el conductor (64) y la pieza a manipular (46), en el que el espacio (90) es suficientemente largo, a lo largo del recorrido lineal, para que la corriente eléctrica establecida en el espacio pueda atacar y en consecuencia desbastar la

superficie interior acabada formando el cátodo (47) de la pieza a manipular después del mecanizado de ésta mediante el electrodo catódico.

3. El aparato de la reivindicación 2, en el que la barra de accionamiento (48) está conectada al electrodo catódico (52) mediante un cono de máquina (66), teniendo el cono una superficie exterior troncocónica complementaria con una superficie interior troncocónica en la barra de accionamiento o en el electrodo catódico.

4. El aparato de la reivindicación 2 o 3, en el que parte de dicha barra de accionamiento está recubierta por un manguito aislante, y el conductor eléctrico (64) es una parte de dicha barra de accionamiento (48) no cubierta por un manguito aislante (60).

5. El aparato de una de las reivindicaciones 2-4, que comprende además:

una guía posterior (50, 92) sobre la barra de accionamiento (48), situada detrás del electrodo catódico (52) con relación al recorrido lineal, siendo la guía posterior acoplable y deslizable sobre la superficie interior acabada de la pieza a manipular (46) para soportar el peso del electrodo catódico a medida que se mueve a través de la pieza a manipular, estando la guía posterior por delante del espacio (90), y

al menos un paso (49, 91) que permite el flujo de electrolito más allá de la guía posterior desde el espacio hacia el electrodo catódico.

6. El aparato de la reivindicación 5, en el que al menos está formado un paso que permite el flujo de electrolito más allá de dicha guía (50, 92) sobre el exterior de la guía posterior entre la guía posterior (48) y la pieza a manipular (46).

7. El aparato de la reivindicación 5 o 6, en el que la guía posterior (48, 91) está formada para proporcionar un paso que permite al electrolito pasar entre la guía posterior y la barra de accionamiento (48) para transferir el calor fuera de la intercara entre el cátodo y la barra de accionamiento.

8. Un mecanismo para fluidos con cavidad progresiva, adaptado para el uso a modo de una bomba o motor, que comprende:

un alojamiento del estator metálico (36) que comprende un elemento rígido tubular unitario que tiene una superficie exterior cilíndrica circular y una superficie interior que presenta lóbulos helicoidales,

un rotor (34) que tiene una superficie exterior formada con lóbulos helicoidales dispuestos en el interior del estator,

comprendiendo también dicho mecanismo una capa flexible que tiene un espesor uniforme sobre una de dichas superficies interior y exterior,

caracterizado por el hecho de que la superficie interior del estator metálico unitario está mecanizada electroquímicamente, y desbastado electroquímicamente.

9. El mecanismo para fluidos con cavidad progresiva de la reivindicación 8, que comprende además un forro flexible (40) con un espesor sensiblemente uniforme dispuesto sobre la superficie interior (38) del estator (36).

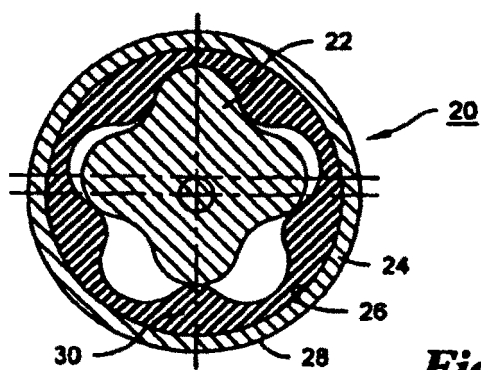


Fig. 1
(PRACTICA ANTERIOR)

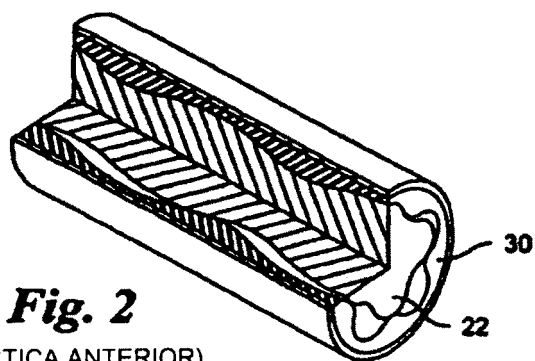


Fig. 2
(PRACTICA ANTERIOR)

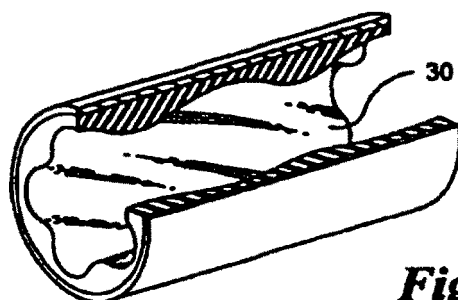


Fig. 3
(PRACTICA ANTERIOR)

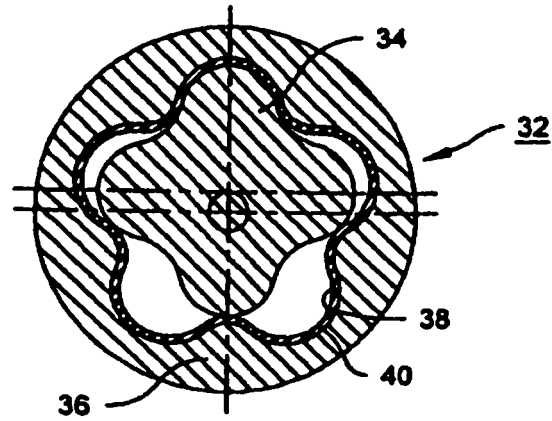


Fig. 4

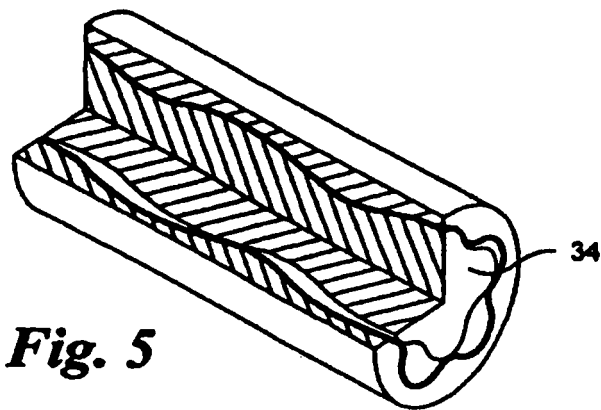


Fig. 5

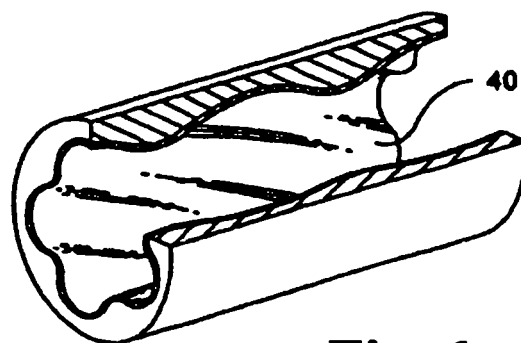


Fig. 6

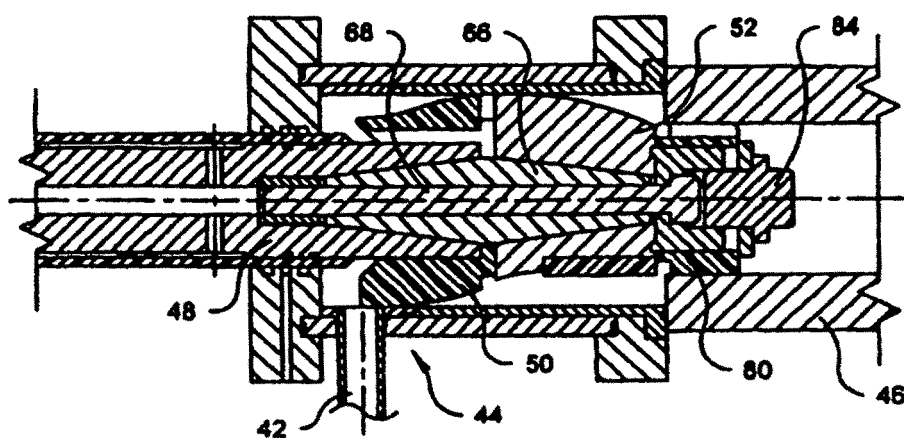


Fig. 7

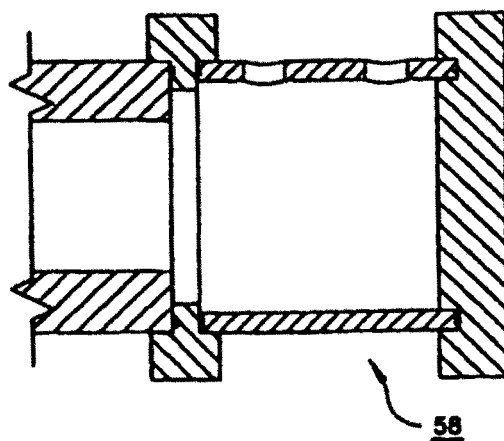


Fig. 8

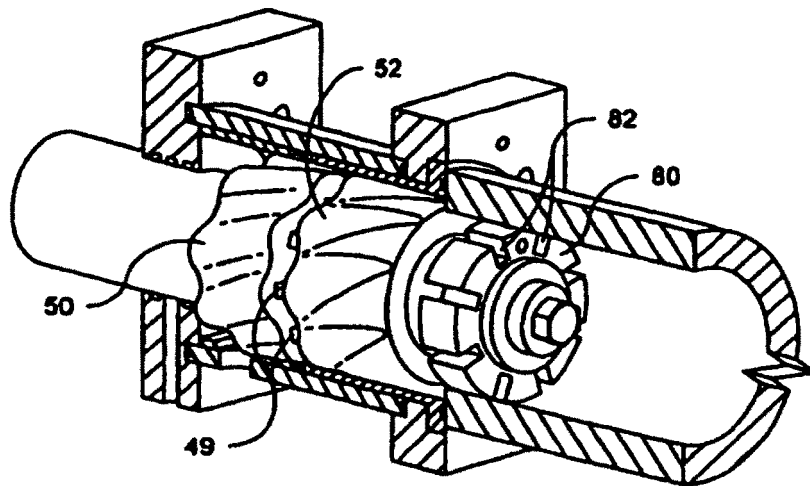


Fig. 9

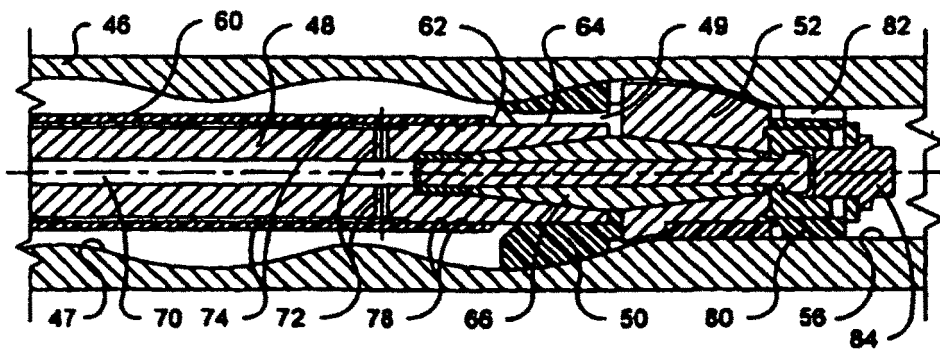


Fig. 10

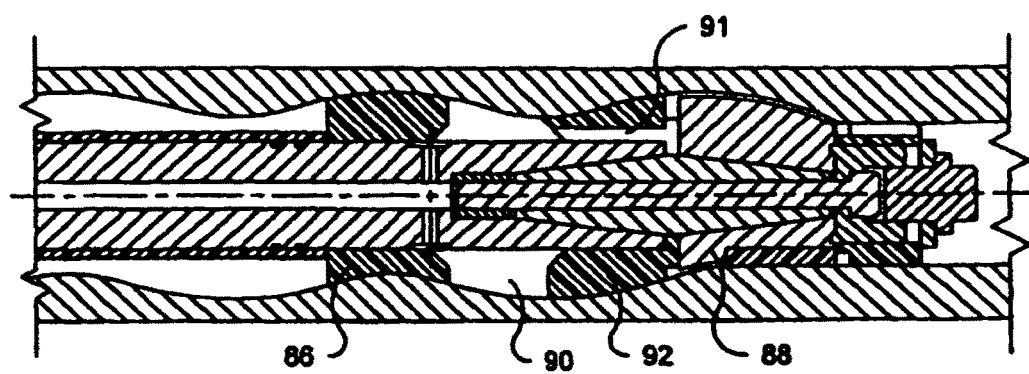


Fig. 11

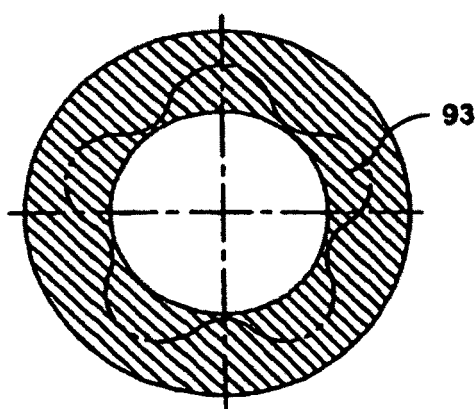


Fig. 12

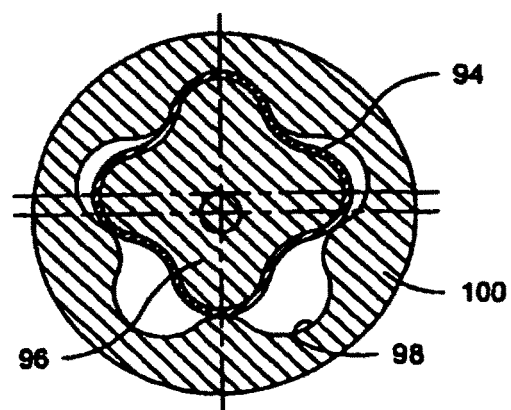


Fig. 13