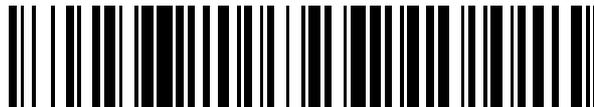


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 536 453**

51 Int. Cl.:

**B62D 57/024** (2006.01)

**B63B 59/10** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.02.2002** **E 02713673 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.02.2015** **EP 1409330**

54 Título: **Robot magnético móvil con hueco de aire**

30 Prioridad:

**16.03.2001 US 809800**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

**25.05.2015**

73 Titular/es:

**CHARIOT ROBOTICS, LLC (100.0%)**  
**4398 SW Port Way**  
**Palm City FL 34990, US**

72 Inventor/es:

**MCGUIRE, DENNIS**

74 Agente/Representante:

**DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto**

**ES 2 536 453 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

Robot magnético móvil con hueco de aire

### Campo de la invención

5 La presente invención se refiere a un robot móvil que, por medio de una fuerza magnética, mantiene contacto operativo con las superficies de metal de la pieza de trabajo sobre la que se mueve. El robot tiene imanes separados desde la pieza de trabajo una distancia óptima relacionada con el flujo magnético máximo entre el robot y la pieza de trabajo.

10 El robot tiene accesorios para decapar la superficie conforme se mueve a través de la pieza de trabajo. Estos accesorios tienen una estructura y tratamientos subsiguientes que hacen que toda la operación sea ambientalmente segura.

El robot puede ser usado para decapar cualquier estructura estacionaria o móvil realizada en un metal que tiene propiedades magnéticas, tal como edificios y vehículos. Estas estructuras incluyen, pero no se limitan a, cualquier edificio, puente, túnel, tubo, barco, tren, coche, camión y vehículo militar de todo tipo, revestido con hierro o acero.

### Antecedentes de la invención

15 Los robots móviles que tienen ruedas magnéticas en contacto con la superficie sobre la que trabajan son convencionales. Sin embargo, el movimiento de algunos de los robots a través de la superficie de metal causaba daños secundarios a la superficie en el área de contacto. Debido a la rigidez de las ruedas magnéticas y la fuerza magnética entre las ruedas y la superficie de trabajo rígida, la pintura o el revestimiento protector sobre la pieza de trabajo se aplasta.

20 Los robots de la técnica anterior no eran capaces de tratar toda la superficie de las estructuras sobre la que estaban fijados ya que el cabezal o los cabezales de trabajo estaban situados hacia el interior de las ruedas.

25 La presente invención se refiere a la eliminación de estas características de los dispositivos de la técnica anterior. Específicamente, los imanes de la presente invención no están en contacto con la pieza de trabajo. Además, los cabezales de trabajo están situados para permitir que los cabezales se extiendan hasta, o más allá de, los márgenes de la pieza de trabajo.

### Descripción de la técnica anterior

30 La patente US N° 5.628.271 y la patente US N° 5.849.099 describen ambas un robot móvil para decapar los cascos de los barcos. Los robots tienen un chasis montado sobre cuatro ruedas realizadas con imanes. El chasis tiene un cabezal giratorio encerrado en una cámara que aplica agua al casco a aproximadamente 200 mPa (30.000 libras por pulgada cuadrada). La cámara es sometida a una presión negativa para eliminar el agua y los residuos.

35 La fuerza magnética ejercida directamente sobre la superficie del casco es suficiente para soportar el peso del robot y superar la fuerza del agua a alta presión que incide sobre el casco. La presión creada por la fuerza magnética es transmitida al casco a través del área de contacto con las ruedas. Debido a que las ruedas están realizadas en un metal magnético rígido, el área está limitada al contacto tangencial del casco y la rueda. En cualquier momento determinado, toda la fuerza magnética que mantiene el casco y el robot unidos es transmitida por la huella de las ruedas que son, básicamente, cuatro líneas con una longitud que representa la anchura de cada rueda y una anchura que representa el contacto tangencial entre la circunferencia de la rueda de metal y el plano del casco de metal.

40 La atracción magnética entre las ruedas y el casco es de tal magnitud y está dirigida a través de un contacto mínimo tal que las ruedas de metal se aplastan y dañan, de manera permanente, la pintura o el revestimiento protector entre las ruedas y el casco.

Con las ruedas magnéticas colocadas en las cuatro esquinas del chasis, el cabezal giratorio de alta presión no podía ser maniobrado para acoplarse a toda la superficie del casco, en particular los márgenes.

### Sumario de la invención

45 Por consiguiente, un objetivo de la presente invención es proporcionar un robot móvil magnético para atravesar la superficie de una pieza de trabajo sin dañar los revestimientos protectores sobre la superficie de la pieza de trabajo como resultado del contacto entre el robot y la superficie.

Un objetivo adicional de la presente invención es proporcionar un robot móvil soportado magnéticamente con cabezales de trabajo que decapan la superficie de una pieza de trabajo

5 Todavía otro objetivo de la presente invención es proporcionar una estructura de protección ambientalmente segura alrededor de los cabezales de trabajo que prevenga escapes de restos desde el robot. La estructura de protección guía adicionalmente los productos de desecho a las líneas de retorno para su posterior procesamiento.

Otro objetivo de la invención es tratar los productos de desecho separándolos del fluido de limpieza y reciclar el fluido de limpieza a través de los cabezales de trabajo. Los productos de desecho separados son reducidos a un subproducto inocuo mediante un procedimiento ambientalmente seguro.

10 Un objetivo adicional de la invención es describir un procedimiento ambientalmente seguro de decapado de acumulaciones, depósitos, formas vegetales y animales y revestimientos protectores desde superficies de metal magnéticamente activas y de eliminación de los productos de desecho.

15 La invención es un robot magnético móvil según se define en la reivindicación 1 y un procedimiento de uso del mismo para decapar revestimientos desde una pieza de trabajo ferromagnética según se define en la reivindicación 7. Otros objetos y ventajas de la presente invención serán evidentes a partir de la descripción siguiente tomada en conjunción con los dibujos adjuntos en los que se exponen, a modo de ilustración y ejemplo, ciertas realizaciones de la presente invención. Los dibujos constituyen una parte de la presente especificación e incluyen realizaciones ejemplares de la presente invención e ilustran diversos objetos y características de la misma.

#### **Breve descripción de las figuras**

La Fig. 1 es un esquema de una vista en planta superior de una realización de referencia del robot;

20 La Fig. 2 es una vista lateral esquemática de una realización de la presente invención;

La Fig. 3 es una perspectiva de una rueda de la presente descripción;

La Fig. 4 es una vista lateral de un cabezal de trabajo de la presente descripción;

La Fig. 5 es una vista inferior de otro cabezal de trabajo de la presente invención; y

La Fig. 6 es un diagrama de bloques del sistema completo.

#### **25 Descripción detallada de la invención**

El robot 10 magnético móvil, mostrado en la Fig. 1, tiene un módulo de potencia compuesto por un motor 11 y una unidad 12 de transeje. El motor puede ser eléctrico, hidráulico, neumático o de combustión. Tal como se muestra, el transeje está montado debajo del motor. Sin embargo, esta relación puede ser invertida o el motor y el transeje pueden ser dispuestos lateralmente entre sí. El transeje 12 tiene muñones 13 y 14 de eje que se extienden en los 30 lados opuestos de la unidad. Las ruedas 15 y 16 están conectadas, de manera extraíble, a los muñones 13 y 14 de eje. El transeje tiene la capacidad de hacer girar una rueda en una dirección y la otra rueda en la dirección opuesta, simultáneamente, para hacer girar el robot en su propia longitud. El transeje puede detener también una rueda mientras la otra está girando para cambiar la dirección de la trayectoria del robot. El módulo de potencia puede ser controlado remotamente mediante señalización por cable o inalámbrica desde un ordenador o un controlador 7 manual para maniobrar el robot para atravesar toda la superficie de la pieza de trabajo. De manera alternativa o 35 adicional, el módulo de potencia puede tener un ordenador de a bordo para controlar la potencia y los componentes del cabezal de trabajo en respuesta a órdenes recibidas por cable o inalámbricamente.

El módulo de alimentación está fijado a un chasis 17 que soporta también las unidades 18 y 19 de decapado. Las unidades 18 y 19 de decapado incluyen cubiertas 20 y 21 que forman recintos que previenen el escape de restos desde el robot. La circunferencia inferior de cada cubierta mantiene un contacto de sellado con la superficie de la 40 pieza de trabajo. La circunferencia inferior de las cubiertas tiene faldones 22 y 23 realizados en un material de caucho, silicona o polímero.

La cubierta 21 está separada de la rueda 15 y la cubierta 20 está separada de la rueda 16. Usando el eje de rotación de las ruedas como una línea central, tal como se muestra en la Fig. 1, la cubierta 20 está situada a la izquierda de la línea central y la cubierta 21 está situada a la derecha de la línea central. Cada cubierta está alineada con su rueda asociada. Esta disposición resulta en los cabezales de trabajo desplazados lateralmente 45 entre sí para cubrir un área más grande de la pieza de trabajo. Dependiendo de la dirección de movimiento del robot, una unidad de decapado precede a su rueda asociada permitiendo que la unidad de decapado se extienda hasta, o más allá de, el margen de la pieza de trabajo.

En la Fig. 2, la guía 27 de escape de la cubierta 21 se muestra con la línea 29 de escape adjunta que elimina los restos por medio de una acción centrífuga que dirige el momento del fluido de limpieza fuera de la cubierta. La cubierta puede tener una línea de vacío para retirar cualquier partícula y humedad residual.

5 El módulo de potencia tiene un accesorio 31 umbilical a través del cual las líneas de energía y de control conectan el motor 11 y el transeje 12 del robot con la estación de control remoto. El accesorio umbilical es una montura universal (no mostrada) que permite que el robot se mueva en cualquier dirección sin aplicar un estrés de rotación adicional sobre las líneas. El accesorio 31 umbilical puede incluir elementos eléctricos o electrónicos que corresponden al controlador remoto para facilitar los comandos del controlador.

10 La cubierta 20 tiene un accesorio 32 umbilical para fijar las líneas de presión y de vacío que alimentan el cabezal 18 de trabajo. La cubierta 21 tiene un accesorio 33 umbilical similar. Estos accesorios están conectados a una montura universal (no mostrada) que permite el movimiento lateral y de rotación sin aplicar estrés de rotación sobre las líneas. El accesorio 32 umbilical incluye la línea de fluido de alta presión, una línea de vacío y la línea de escape.

15 Todas las líneas transportadas por los accesorios 31, 32, y 33 umbilicales pueden ser dirigidas a un arnés común que tiene una conexión universal con todas las líneas necesarias desde la estación remota para permitir el movimiento libre del robot.

20 El robot 10 de la invención tiene imanes 35 de barra, tal como se muestra en la Fig. 2, montados sobre el módulo de potencia. Los imanes de barra están conformados y dispuestos para conseguir la atracción magnética más fuerte entre la barra y la pieza de trabajo. Los imanes de barra pueden extenderse lateralmente a lo largo de la anchura de la ruedas. Las ruedas pueden estar formadas o no por imanes (tal como se describe más adelante) dependiendo de la fuerza magnética producida por los imanes de barra y la fuerza requerida necesaria para soportar el robot. Los imanes pueden estar orientados sobre la barra de una manera en la que se proporciona la mayor cantidad de fuerza magnética.

25 La rueda 15, mostrada en la Fig. 3 y 4, está formada por imanes 34. Tal como se muestra, las ruedas están realizadas en imanes permanentes, pero pueden usarse electroimanes. La fuerza magnética generada por las ruedas es suficiente para soportar el peso del robot y superar la presión generada por el fluido de limpieza de alta presión que incide sobre la pieza de trabajo. Tal como se muestra, las ruedas comprenden diversos imanes dispuestos en secuencia para presentar una atracción magnética continua entre las ruedas y la pieza de trabajo conforme giran las ruedas. Cada rueda tiene un neumático realizado en caucho u otro polímero, tal como poliuretano, poliestireno y nylon, que resistirá las fuerzas de compresión de los imanes. El material de neumático puede ser continuo o celular. El neumático 25 puede extenderse sobre toda la rueda, o puede estar separado en anillos separados entre sí, tal como se muestra en los dibujos. El neumático puede estar moldeado sobre la rueda magnética o puede mantenerse en su lugar por medio de fricción o adhesivos. Además, las ruedas pueden tener una estructura, tal como una ranura, para retener los neumáticos en una relación específica con las ruedas.

35 El neumático es capaz de resistir la fuerza magnética ejercida entre las ruedas y la pieza de trabajo mientras mantiene un espacio constante entre las ruedas y la pieza de trabajo. Cualquier deformación del neumático resulta en una mayor huella en contacto con la pieza de trabajo. Sin embargo, el espesor del neumático y el espacio resultante entre la rueda y la pieza de trabajo está optimizado para corresponder a la distancia dentro de la cual está presente la mayor atracción magnética. Por ejemplo, un espesor de neumático de al menos 0,75 mm (1/32 pulgadas) resulta en una atracción magnética satisfactoria. Los neumáticos 25 y 26 pueden tener espesores mayores hasta el punto de que se pierda la atracción magnética entre las ruedas y la pieza de trabajo. El espesor de neumático específico variará con la intensidad de la fuerza magnética generada por los imanes. Los neumáticos pueden ser sólidos o neumáticos o llenos de otros fluidos.

45 Los neumáticos 25 y 26 amortiguan también el contacto entre las ruedas magnéticas y la superficie de trabajo. Cualquier deformación del neumático aumenta el área en contacto con la pieza de trabajo y disminuye la presión ejercida sobre la superficie de trabajo. Cuando el robot atraviesa la superficie de trabajo, los neumáticos no dañan ningún revestimiento o pintura protectora. Esto es más importante cuando el revestimiento de la superficie de la pieza de trabajo no es eliminado completamente, sino simplemente reformado. Si el revestimiento de la superficie es aplastado por las ruedas, el revestimiento reformado tendrá áreas subyacentes de daño permanente que reducen la esperanza de vida del revestimiento.

50 Pueden incorporarse imanes adicionales en el robot en otra construcción alternativa, mostrada en la Fig. 5. Los imanes 36 están conectados a la circunferencia inferior de las cubiertas. Los faldones flexibles se extienden por debajo de los imanes y forman el sello entre el robot y la pieza de trabajo. En la Fig. 5, la circunferencia 42 inferior de la cubierta 20 se muestra con el faldón 22 eliminado. En esta realización, las ruedas pueden ser magnéticas o

no. Además, los imanes 35 de barra se usan en combinación con los imanes 36 circunferenciales.

En la Fig. 4, la unidad 18 de decapado tiene una cubierta 20 que rodea el cabezal 48 de trabajo. La circunferencia inferior de la cubierta tiene el sello 22 de fluido. El accesorio 32 umbilical se extiende desde la superficie superior de la cubierta. Las líneas de suministro y de escape están conectadas al accesorio.

5 El cabezal 48 de trabajo gira dentro de la cubierta 20 en respuesta al fluido de alta presión desde la línea 41 de suministro que atraviesa los orificios 46 que forman un ángulo oblicuo que terminan en los orificios 44. Los cojinetes 40 y el soporte 45 soportan el cabezal que gira rápidamente dentro de la cubierta estacionaria. El fluido a alta presión fluye a través de los orificios 46 e incide sobre la superficie de trabajo. El momento de giro del fluido continúa alrededor del cabezal confinado por la cubierta y el faldón que decapa el revestimiento desde la superficie de trabajo. El fluido transporta los restos desde la superficie a la guía 28 de escape y la línea 30 de escape. Una línea 43 de vacío está conectada al espacio entre la cubierta y el cabezal para eliminar cualquier fluido y desecho residual. El procedimiento de decapado completo se consigue sin liberar ningún residuo a la atmósfera.

10 La presión y el movimiento de rotación del fluido de alta presión que incide sobre la superficie de trabajo actúan para decapar la superficie desde la estructura subyacente dejando una superficie metálica desnuda, si se desea. En algunos casos, puede no ser deseable eliminar completamente el revestimiento protector sobre la estructura. Ajustando la presión del fluido, o la velocidad de movimiento del robot, o la distancia de los orificios desde la superficie de trabajo, o una combinación de estas variables, el revestimiento puede ser eliminado hasta el metal desnudo o la profundidad puede ser controlada.

15 El robot puede estar equipado también con accesorios (no mostrados) para aplicar un nuevo revestimiento protector a la pieza de trabajo como un tratamiento posterior a la superficie reacondicionada. De esta manera, se minimiza o elimina el tiempo durante el cual una superficie reacondicionada está expuesta a la intemperie.

20 En la Fig. 6, se muestra un barco 1 en dique seco 2. El casco del barco tiene un revestimiento 3 a ser eliminado o reacondicionado por el robot 10. El robot 10 y el sistema están controlados por el controlador 7 mediante conexiones mostradas en general como la línea 8. El fluido a alta presión es suministrado al robot 10 a través de la línea 60 por medio de la bomba 58. La línea 60 y la línea 8 forman parte del accesorio umbilical al robot. Después de que el fluido incide sobre el barco, fluye al tanque 54 de recogida, ayudado por la bomba 52. El tanque 54 de recogida recibe la suspensión de fluido y los residuos desde el barco. Después de una etapa de filtración, a través del filtro 61, el material de desecho es separado del fluido. Este material de residuos peligrosos es dirigido a una instalación 68 de tratamiento ambientalmente seguro adicional donde puede ser secado o incinerado o si no alterado químicamente para producir un subproducto inocuo. El subproducto puede ser eliminado por recipientes, tales como barriles 70.

30 El fluido filtrado en el tanque 56 es movido, por la bomba 53, a un tanque 62 de retención para ser reciclado a través del robot. Puede añadirse fluido adicional al tanque a través de la entrada 80.

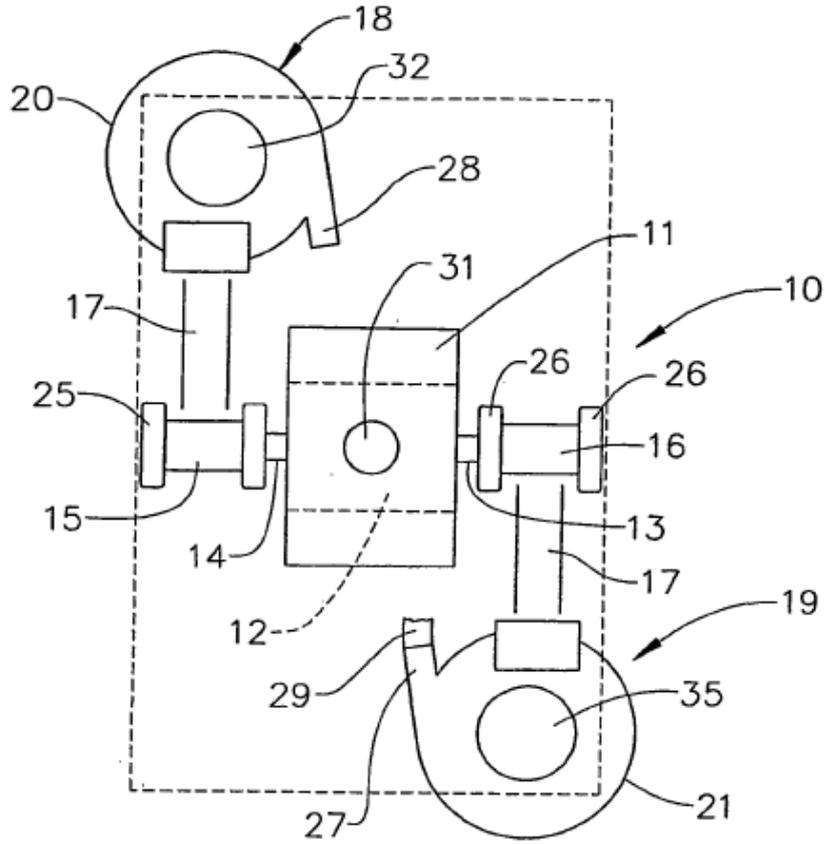
35 El fluido de alta presión usado en el procedimiento puede ser agua u otro fluido adecuado. La presión ultra alta del chorro de agua en los orificios 44 está comprendida en el intervalo de 240 MPa a 420 MPa (de 35.000 libras por pulgada cuadrada (psi) a 60.000 psi) producida por la bomba 58 de desplazamiento positivo. El tamaño del orificio es suficiente para permitir un flujo de fluido en el intervalo de 450 a 950 ms<sup>-1</sup> (de 1.500 pies por segundo (pies/s) a 3.000 pies/s). Las ruedas 15, 16 pueden ser de tres polos de neodimio-hierro-boro con una fuerza magnética en el intervalo de al menos 900 Kgf (2.000 libras). El motor 11 puede ser un motor eléctrico de 24 V de CC que produce aproximadamente 4.000 rpm. El transeje 12 tiene un engranaje reductor que produce un par suficiente para hacer girar las ruedas magnéticas sobre una pieza de trabajo ferro-metálica.

40 Debe entenderse que aunque se ilustra una cierta forma de la invención, la misma no debe limitarse a la forma o disposición específica de las partes descritas y mostradas en la presente memoria. Será evidente para la persona con conocimientos en la materia que pueden realizarse diversos cambios sin apartarse del alcance de la invención, tal como se define en las reivindicaciones, y la invención no debe considerarse limitada a lo mostrado y descrito en la memoria descriptiva y los dibujos.

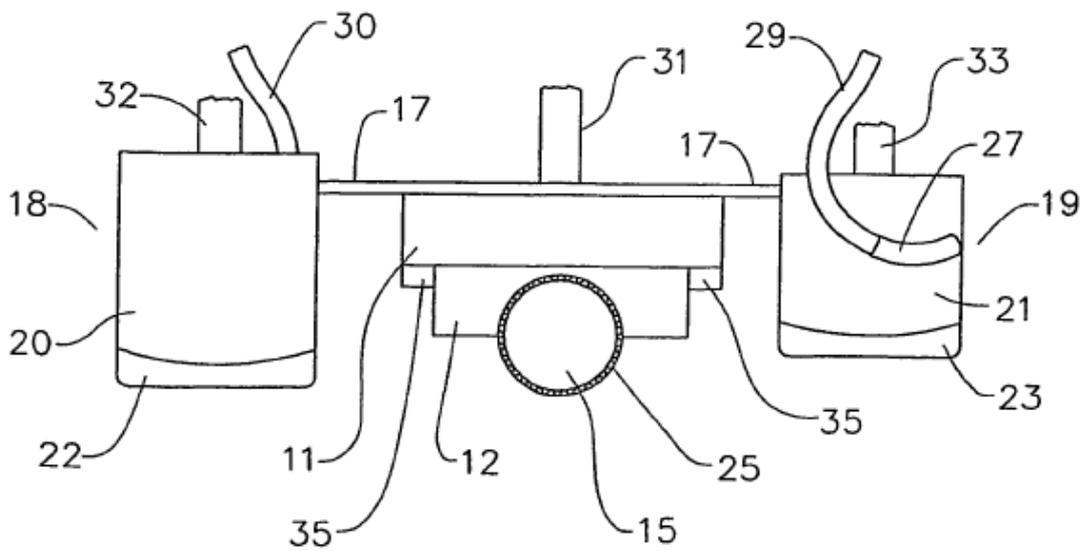
**REIVINDICACIONES**

1. Un robot (10) magnético móvil para decapar revestimientos desde una pieza de trabajo ferro-magnética que comprende un chasis, en el que dicho chasis (17) está conectado a un módulo (11) de potencia y a una unidad (18, 19) de decapado, en el que dicho módulo de potencia y dicha una unidad de decapado están conectados a un controlador (7) remoto, en el que dicha unidad de decapado está adaptada para suministrar fluido a presión ultra alta en el intervalo de 240-420 MPa al revestimiento de dicha pieza de trabajo, una cubierta que tiene un sello de fluido adaptada para contactar con dicha pieza de trabajo y confinar dicho fluido, en el que dicha cubierta (20, 21) tiene una guía de escape para eliminar dicho fluido, en el que dicho módulo de potencia está conectado operativamente a al menos una rueda (15, 16) para hacer girar dicha al menos una rueda y comprende al menos un imán caracterizado por que dicha al menos una rueda tiene un neumático (25, 26) y por que el al menos un imán comprende un imán (35) de barra fijado operativamente a dicho módulo de potencia en el que el imán de barra está conformado y dispuesto en un plano paralelo con la superficie de dicha pieza de trabajo ferro-magnética para conseguir la atracción magnética más fuerte entre la barra y la pieza de trabajo, para atraer magnéticamente dicho robot a dicha pieza de trabajo ferro-magnética con suficiente fuerza magnética para mantener dicho robot en una relación operativa con dicha pieza de trabajo, en el que dicho imán de barra está separado de dicha pieza de trabajo ferromagnética para prevenir daños en el revestimiento.
2. Robot magnético móvil según la reivindicación 1, en el que dicho controlador es manual.
3. Robot magnético móvil según la reivindicación 1, en el que dicho controlador es accionado por ordenador.
4. Robot magnético móvil según la reivindicación 1, en el que una pluralidad de unidades de decapado están fijadas a dicho chasis.
5. Robot magnético móvil según la reivindicación 1, en el que dicha dirección y dicho movimiento de dicho robot están dirigidos por dicho controlador.
6. Robot magnético móvil según la reivindicación 1, en el que hay fijados imanes (36) adicionales en dicha cubierta sobre dicho sello periférico.
7. Un procedimiento para decapar revestimientos desde una pieza de trabajo ferro-magnética usando un robot magnético móvil, en el que dicho robot tiene un chasis, en el que dicho chasis está conectado a un módulo de potencia y a una unidad de decapado, en el que dicho módulo de potencia y dicha unidad de decapado están conectados a un controlador remoto, en el que dicha unidad de decapado suministra fluido a presión ultra alta en el intervalo de 240-420 MPa al revestimiento de dicha pieza de trabajo, de manera que el revestimiento es decapado, en el que el robot comprende además una cubierta con un sello de fluido en contacto con dicha pieza de trabajo adaptada para confinar dicho fluido, en el que dicha cubierta tiene una guía de escape de manera que dicho fluido y revestimiento decapado son eliminados, en el que dicho módulo de potencia está conectado operativamente a al menos una rueda para hacer girar dicha al menos una rueda, y en cuyo procedimiento el robot es fijado magnéticamente a dicha pieza de trabajo por medio de al menos un imán fijado a dicho robot, caracterizado por que dicha al menos una rueda tiene un neumático y por que dicho al menos un imán comprende un imán de barra conformado y dispuesto en un plan paralelo con la superficie de dicha pieza de trabajo ferro-magnética para conseguir la máxima atracción magnética entre la barra y la pieza de trabajo, de manera que dicho robot es atraído magnéticamente a la pieza de trabajo con una fuerza magnética, de manera que dicho robot es mantenido en una relación operativa con dicha pieza de trabajo, en el que dichos imanes de barra están separados de dicha pieza de trabajo ferromagnética, de manera que se previenen daños en el revestimiento.

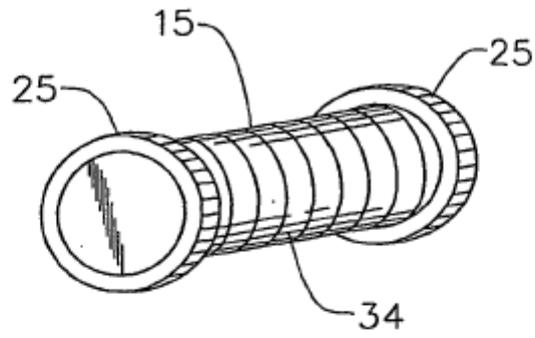
**FIG. 1**



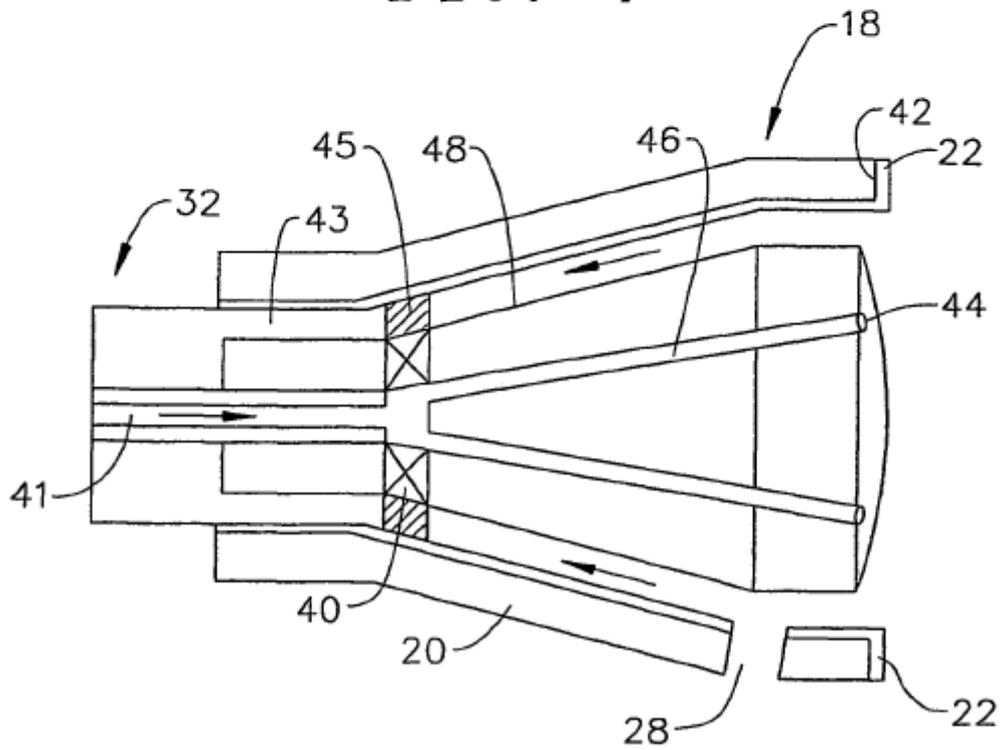
**FIG. 2**



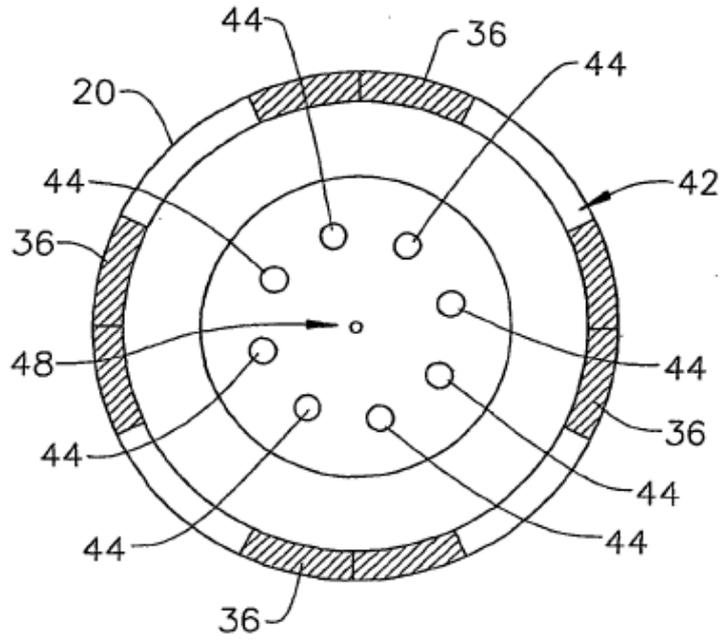
*FIG. 3*



*FIG. 4*



**FIG. 5**



**FIG. 6**

