

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 373 531**

51 Int. Cl.:

H02K 44/06 (2006.01)
F04B 15/02 (2006.01)
F04B 15/06 (2006.01)
F04B 43/12 (2006.01)
F04D 7/06 (2006.01)
F04D 13/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **18.02.2009** **PCT/US2009/001064**

87 Fecha y número de publicación internacional: **26.11.2009** **WO09142673**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **18.02.2009** **E 09750904 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.10.2016** **EP 2279555**

54 Título: **Bomba de inducción magnética**

30 Prioridad:

19.05.2008 US 123068

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
03.05.2017

73 Titular/es:

**HAZELETT STRIP-CASTING CORPORATION
(100.0%)
135 West Lakeshore Drive
Colchester, VT 05446, US**

72 Inventor/es:

KAGAN, VALERY, G.

74 Agente/Representante:

CURELL AGUILÁ, Mireia

ES 2 373 531 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 de inducción magnética.

5 Campo de la invención

La presente invención se refiere, en general, a una bomba para metal fundido y, más en particular, a una bomba de inducción magnética provista de un rotor de inducción magnética para bombear metal fundido sin la necesidad de contacto directo con el metal fundido.

10 Antecedentes de la invención

Típicamente, el metal fundido se bombea en las máquinas de colada y similares por medio de bombas electromagnéticas. Muchas de estas bombas utilizan los principios Faraday-Lorentz en que la energía eléctrica se convierte en energía mecánica. Un ejemplo de una bomba electromagnética que emplea potentes neodimanes se describe en la patente US nº 6.732.890, que se incorpora aquí por referencia en su totalidad. Como se apreciará, dichas bombas son generalmente bastante eficaces en el bombeo, el frenado y la dosificación de metal fundido.

Las bombas electromagnéticas conocidas típicamente se basan en que la corriente continua entra en contacto con el metal fundido a través de electrodos. Para suministrar la corriente, los electrodos están en contacto directo con el metal fundido. A este respecto, los electrodos se extienden generalmente en un conducto de la bomba a través del cual pasa el metal fundido. En una bomba conocida, los electrodos se encajan dentro de unas aberturas alargadas mecanizadas en los lados opuestos de un conducto para metal fundido. Los electrodos incluyen pasos para alojar un aparato de refrigeración que incluye la tubería por la que pasa un refrigerante líquido. Aunque eficaz, es deseable emplear una bomba en la que no haya contacto entre los electrodos, o cualquier otra parte de la bomba, y el metal fundido. También es deseable que el metal fundido tenga contacto solo con el conducto de una bomba.

En la patente US 6.378.743, se divulga un aparato con conjuntos de imanes permanentes para transferir el metal fundido.

En el documento JP 2007-074837, se divulga una bomba de inducción magnética giratoria para metal líquido que comprende un conducto anular o helicoidal para el metal líquido y un rotor asociado con imanes bipolares. El rotor está configurado para girar dentro o fuera del conducto.

En vista de lo anterior, un objetivo general es proporcionar una bomba para el bombeo de metal fundido. En particular, la presente invención proporciona una bomba de inducción magnética provista de un rotor de inducción magnética para bombear metal fundido sin la necesidad de un contacto mecánico o eléctrico directo entre los componentes de la bomba y el metal fundido.

40 Sumario de la invención

Un objetivo de la presente invención es proporcionar una bomba de inducción magnética.

Un objetivo adicional de la presente invención es proporcionar una bomba de inducción magnética para bombear metal fundido.

Otro objetivo de la presente invención es proporcionar una bomba de inducción magnética para bombear metal fundido en la que los electrodos u otros componentes de la bomba no estén en contacto mecánico o eléctrico directo con el metal fundido.

Un objetivo de la presente invención es proporcionar una bomba de inducción magnética para bombear metal fundido en la que el metal fundido entre en contacto solamente con el conducto que contiene el metal fundido.

Otro objetivo de la presente invención aún es proporcionar una bomba de inducción magnética para bombear metal fundido que emplee un rotor de inducción magnética.

Otro objetivo de la presente invención es proporcionar una bomba de inducción magnética para bombear, frenar y dosificar metal fundido que emplee un rotor de inducción magnética que incluye neodimanes.

Un objetivo adicional de la presente invención es proporcionar una bomba de inducción magnética para bombear metal fundido en la que un caudal del metal fundido sea proporcional a una velocidad de rotación de un rotor de inducción magnética.

Un objetivo de la presente invención es proporcionar una bomba de inducción magnética que pueda fijarse a un recipiente estacionario que contiene metal fundido para transportar el metal fundido desde el recipiente.

Otro objetivo de la presente invención es proporcionar una bomba de inducción magnética para bombear metal fundido desde un recipiente en una máquina de colada continua de metal.

5 Otro objetivo adicional de la presente invención es proporcionar una bomba de inducción magnética para bombear metal fundido desde un recipiente estacionario a otro recipiente.

10 Un objetivo adicional de la presente invención es proporcionar una bomba de inducción magnética para bombear metal fundido en la que un sentido del flujo de metal fundido pueda invertirse mediante la inversión de un sentido de rotación de un rotor de inducción magnética.

Según un primer aspecto, la presente invención se refiere a una bomba de inducción magnética giratoria según se reivindica en la reivindicación 1.

15 Una forma de realización de la presente invención es una bomba de inducción magnética para bombear metal fundido. La bomba incluye un motor y un árbol conectado funcionalmente al motor. La bomba incluye además por lo menos un imán permanente bipolar conectado funcionalmente al árbol y un conducto para el paso de metal fundido. El motor promueve la rotación del árbol y del imán alrededor del conducto induciendo corrientes eléctricas en el metal fundido en el conducto, interaccionando estas corrientes con el campo magnético móvil para producir una fuerza para bombear el metal a través del conducto, entrando el metal en contacto solo con un interior del conducto.

20 Estos y otros objetos de la presente invención, y sus formas de realización preferidas, se pondrán de manifiesto considerando la memoria, las reivindicaciones y los dibujos en su conjunto.

Breve descripción de los dibujos

25 La figura 1 es una vista en alzado simplificada de una máquina de colada de metal de cinta continua equipada con una bomba de inducción magnética de acuerdo con una forma de realización de la presente invención.

30 La figura 2 es una vista en perspectiva de la bomba de inducción magnética de la figura 1 fijada funcionalmente a un horno de fusión.

La figura 3 es una vista en sección y en perspectiva de la bomba de inducción magnética y del horno de fusión de la figura 2.

35 La figura 4 es una vista en alzado y en sección de la bomba de inducción magnética y del horno de fusión de la figura 2.

La figura 5 es una vista en perspectiva de la bomba de inducción magnética de la figura 2.

40 La figura 6 es una vista desde un extremo y en sección de la bomba de inducción magnética de la figura 5.

La figura 7 es una vista en sección simplificada de una forma de realización alternativa de una bomba de inducción magnética de la presente invención.

Descripción detallada de la forma de realización preferida

La figura 1 representa una forma de realización preferida de la bomba de inducción magnética 10 de la invención utilizada con una máquina de colada continua del tipo de correa 20 conocida. Dichas máquinas de colada 20 utilizan una o más cintas de colada flexibles 22, 24 como una pared o paredes de una cavidad de molde móvil C. Las cintas de colada son delgadas, flexibles, térmicamente conductoras y refrigeradas por líquido, normalmente por agua. En una máquina que emplea dos cintas, una cinta de colada superior 22 se hace girar alrededor de un carro superior U y una cinta de colada inferior 24 se hace girar alrededor de un carro inferior L. Las dos cintas se hacen girar al unísono alrededor de trayectorias ovaladas indicadas por las flechas 34, mientras que el metal fundido se congela entre ellas en la cavidad de molde C en movimiento formada entre las dos cintas de colada giratorias para formar un producto fundido emergente P. Adicionalmente, un par de represas de borde separadas lateralmente 36 se hacen girar y se guían por unos rodillos de giro libre 38. Estas represas de borde 36 definen lateralmente un par de lados espaciados de la cavidad de molde C en movimiento.

60 El metal fundido M que se va a bombear en la máquina de colada se almacena en un horno de fusión o de mantenimiento 40. Este metal M fluye desde el horno 40 en la bomba de inducción magnética 10 de la invención. Una tubería internamente aislada 52 transporta el metal M hacia arriba, hacia la máquina de colada 20. En la figura 1, el metal M es bombeado hacia arriba en una artesa de colada 54 o distribuidor para distribuir el metal que fluye en el extremo de entrada de aguas arriba de la máquina de colada continua de metal.

65 Como se apreciará fácilmente, la bomba de inducción magnética de la invención puede ser utilizada en aplicaciones que no sean las máquinas de colada continua. Por ejemplo, la bomba puede ser usada simplemente para mover el

metal fundido desde un recipiente a otro, como por ejemplo de un horno de mantenimiento estacionario a un recipiente móvil. También puede ser posible utilizar la bomba de la invención para mover un polvo, además de un metal fundido líquido, siempre que el polvo sea eléctricamente conductor y no se aglutine en presencia de un campo magnético.

Haciendo referencia de nuevo a las figuras 2 a 5, la bomba de inducción magnética 10 está montada típicamente en una superficie lateral de un horno 40 o recipiente similar. La bomba 10 tiene una parte de base 60, que está fijada de forma desmontable al horno 40 con elementos de fijación convencionales, tales como pernos de cabeza cuadrada (no mostrados). La bomba 10 está fijada idealmente a una parte del horno 40 que está en las proximidades de un paso 70 a través del cual el metal fundido puede salir del horno 40. Como se muestra en la figura 3, el paso 70 incluye preferentemente una sección de tubo acodado 80, que termina en una parte de pestaña 82. La parte de pestaña 82 o bien se extiende en o recibe una parte de acoplamiento correspondiente de una entrada 90 de la bomba 10 de manera que el metal fundido puede pasar a la bomba 10 (figura 5). Como será evidente, el ajuste entre el tubo acodado 80 y la entrada de la bomba 90 debe ser tal que se obtenga un cierre seguro a prueba de fugas.

En general, el paso 70 está situado en una parte lateral del horno 40 que está cerca de la parte inferior del horno. De esta manera, la bomba de inducción magnética 10 se puede fijar a una parte inferior del horno 40 para que la bomba 10 esté a una elevación inferior en relación con el nivel del metal fundido. Esto elimina la necesidad de cebar la bomba 10.

Haciendo referencia a la figura 3, la bomba 10 también incluye una salida 100. La salida 100 tiene una parte de acoplamiento, que se acopla un tubo internamente aislado 54. El tubo internamente aislado 54 transmite el metal fundido a una artesa de una máquina de colada o distribuidor, o, en otras aplicaciones, a un recipiente separado. El tubo 54 debe acoplarse con la salida 100 de manera que se crea un cierre seguro. Como se muestra, el tubo 54 puede terminar con una parte de codo doblada que es perpendicular a la parte longitudinal central del tubo 54.

Pasando a la figura 5, la bomba de inducción magnética 10 incluye varios componentes montados de forma desmontable en la base 60. Estos componentes incluyen un motor 110, que hace girar un husillo o árbol 120. El motor 110 es preferentemente un motor de accionamiento eléctrico cuyas variedades son comúnmente conocidas en la técnica. Como se apreciará, se pueden emplear diferentes tipos de motor con la presente bomba, siempre que tengan suficiente potencia y puedan llegar a un número de vueltas por minuto suficiente para bombear eficazmente el metal fundido a una altura de presión deseada. Otras variedades de motor preferidos incluyen motores accionados neumática e hidráulicamente.

El motor acciona un árbol 120, que se extiende a través de un rotor 130. El árbol 120 es capaz de girar componentes internos del rotor 130 alrededor del eje a. Como se muestra, el árbol 120 está fijado a la base 60 a través de una serie de abrazaderas 140. Como se apreciará, las abrazaderas se fijan con sujetadores convencionales.

La bomba 10 también incluye un conducto 150 a través del cual fluye el metal fundido. El conducto 150 presenta una forma sustancialmente arqueada y está provisto de una cavidad interior hueca a través de la cual pasa el metal fundido. Un extremo del conducto 150 termina en la entrada 90 y el extremo opuesto termina en la salida 100 (figura 6). Como se muestra en la figura 6, la entrada 90 y la salida 100 están fijadas de forma desmontable al conducto 150 a través de partes de acoplamiento roscadas 160. El conducto 150 está construido de un material no magnético y está envuelto por una culata ferromagnética 170, preferentemente de laminaciones de acero al silicio, que tiene una parte interior sustancialmente cóncava. La parte interior de la culata 170 presenta una forma tal que recibe estrechamente el conducto arqueado 150.

Continuando con la referencia a la figura 6, el conducto de forma arqueada 150 presenta una forma tal que se ajusta estrechamente alrededor del rotor cilíndrico 130. Como se muestra, las superficies del conducto 150, del rotor 130 y de la culata 170 son sustancialmente concéntricas. El rotor 130 tiene un interior que alberga el árbol 120 del cual una serie de imanes permanentes 180 se extiende hacia fuera en una configuración a modo de radios. El árbol 120 dentro del rotor 130 está fabricado preferentemente de un material ferromagnético, por ejemplo, de hierro.

La culata ferromagnética 170 está fabricada preferentemente de láminas delgadas de acero para transformadores u otro material ferroso adecuado. La culata 170 sirve para concentrar el flujo magnético creado por los imanes permanentes en el conducto 150, aumentando con ello la eficacia de la bomba 10 de la invención. Si bien la culata 170 no es necesaria para que la bomba de inducción magnética de la invención funcione, se ha encontrado que aumenta la fuerza del campo magnético en un 20-30%.

Preferentemente, los imanes permanentes 180 son potentes neoimanes. Los neoimanes incluyen un elemento químico de "tierras raras", por ejemplo, neodimio o samario. Un elemento de "tierras raras" se encuentra en la serie de la familia de los lantánidos de elementos químicos numerados de 57 a 71. Dichos imanes son notables por la fuerza magnética que proporcionan y por su capacidad energética singular para impulsar sus campos magnéticos para llegar a través de entrehierros relativamente amplios, espacios, o entrehierros de materiales no magnéticos, es decir, no ferromagnéticos, al tiempo que siguen proporcionando un intenso campo magnético que se extiende a través de tal entrehierro.

Como se representa, los imanes sustancialmente rectangulares 180 son bipolares, estando provistos de polos norte (negativo) y sur (positivo). Los imanes 180 están dispuestos alternativamente de manera que el polo norte de un primer imán es adyacente a un polo sur de un imán vecino. En una configuración típica, hay seis imanes en una disposición polar alterna. Como se muestra, los imanes 180 se extienden en una disposición a modo de radios del árbol 120 y están espaciados de manera que la distancia entre imanes adyacentes, es decir, radios, es el mismo para todos los imanes. Además, los polos están orientados de manera que el polo norte de un primer imán está frente a un polo sur del imán en el lado opuesto del árbol 120, y alineado con este.

Los imanes 180 están separados uno de otro por insertos 190 que proporcionan una integridad estructural al interior del rotor y evitan eficazmente que los imanes sean desplazados mientras giran. Los insertos 190 están fabricados preferentemente de aluminio o de cualquier otro material magnéticamente inerte.

La configuración de los neoimanes 180 y su relativa proximidad al conducto 150 son aspectos importantes de la presente invención en que se ha encontrado que la configuración crea un flujo suficientemente fuerte para mover efectivamente metal fundido. En particular, el fuerte flujo magnético creado por la interacción de los polos norte y sur penetra de manera óptima en el metal fundido en el conducto e induce una corriente en el metal. La fuerza del flujo creada por el uso de neoimanes en esta configuración es suficiente para mover eficazmente el metal a través del conducto y fuera de la bomba.

En funcionamiento, la bomba de inducción magnética según la invención opera según los principios de Faraday-Lorentz en que la energía eléctrica se convierte en energía cinética mecánica en el metal fundido. Más en particular, los imanes en movimiento inducen una corriente dentro del metal fundido. Se genera la energía cinética mecánica por la fuerza de los electrones libres dentro del metal fundido que desplazan eficazmente el metal dentro del conducto.

La inducción de corrientes en el metal fundido es otro aspecto importante de la presente invención. Se forman corrientes de Foucault por un campo magnético variable en el tiempo. Esta inducción de corrientes de Foucault en el metal fundido en el conducto usando neoimanes rotativos contenidos completamente dentro del rotor elimina la necesidad de que los electrodos entren en contacto con el metal fundido. Como tal, el metal fundido solo contacta con el interior del conducto creando un paso duradero libre de fugas.

De esta manera, el flujo magnético de los polos sirve como impulsor de la bomba y la altura de presión de metal y el caudal se pueden variar mediante la variación de la velocidad de rotación para el rotor magnético. El caudal es proporcional a la velocidad de rotación del rotor.

Haciendo referencia a continuación a la figura 7, se ilustra una forma de realización alternativa de la bomba 210 según la invención. En esta forma de realización, el rotor incluye ocho neoimanes 280 que se extienden desde un árbol 220 en lugar de seis. Los ocho imanes 280 están separados por insertos 290. Esta forma de realización también incluye un conducto 250 dentro de una culata 270. Como se apreciará, se pueden emplear otros números de imanes siempre que generen suficiente flujo para mover el metal fundido.

En la configuración de rotación mostrada en la figura 7, existen unas relaciones geométricas óptimas. Como cuestión inicial, la relación geométrica descrita a continuación comporta los siguientes componentes y variables:

h_m = altura del polo del imán

h = altura del paso del conducto

τ = separación angular de los polos

b_m = ancho del polo del imán

R = radio total del rotor

R_1 = radio del árbol

p = polo individual

$N = 2p$ = par de polos

h_y = espesor de la culata

Las relaciones son entre h_m y h , entre el espaciamiento tau y b_m , entre tau y el radio R del rotor y el número de polos N , entre h_y y b_m y entre el radio del árbol R_1 y b_m . Más en particular, las relaciones preferidas son las siguientes. La altura del polo del imán, (h_m), es preferentemente mayor que o igual a 2 a 3 veces la altura del paso del conducto,

(h). La separación angular de los polos (τ) debe ser mayor que o igual a 2 a 3 veces el doble de la altura del conducto ($2h$). La separación angular de los polos debe ser igual $2\pi R/2p$ o $2\pi R/N$. El espesor de la culata, h_y , debe ser mayor que o igual a $1/2$ de la anchura de un polo magnético (b_m). Por último, el radio del árbol (R_1) debe ser mayor que o igual a la anchura de un polo magnético (b_m). Estas relaciones son particularmente importantes en la optimización de la potencia de la bomba de la invención.

5

Si bien se describen en el contexto de la forma de realización de la figura 7, las relaciones antes referenciadas y la geometría se pueden emplear con otras configuraciones de neoimanes, tales como la configuración representada en la figura 6, para optimizar la potencia de la bomba.

10

Por otra parte, puede ser posible crear una bomba que utilice el movimiento lineal de neoimanes para mover metal fundido. En una configuración de este tipo, los imanes podrían moverse linealmente a lo largo de un aparato de tipo de pista continua adyacente a un conducto.

REIVINDICACIONES

1. Bomba de inducción magnética giratoria para bombear metal fundido, comprendiendo dicha bomba:

- 5 un motor (110);
- un árbol (120; 220) conectado funcionalmente a dicho motor (110);
- 10 un rotor (130), a través del cual se extiende dicho árbol (120), que comprende una pluralidad de pares de imanes permanentes bipolares (180; 280) conectados funcionalmente a dicho árbol (120; 220) y que se extienden desde el mismo en una configuración de radios;
- un conducto no magnético (150; 250) para el paso de metal fundido, presentando dicho conducto (150; 250) una forma arqueada;
- 15 una culata (170; 270), siendo dicha culata directamente adyacente a dicho conducto (150; 250), y opuesta a dichos imanes bipolares (180, 280),
- y
- 20 en la que dicha culata (170; 270) es ferromagnética e intensifica un campo magnético generado por dicho por lo menos un imán (180; 280);
- en la que dicho motor (110) mueve dicho árbol (120; 220) y dicho rotor (130) alrededor de un eje de rotación (a), induciendo de este modo una corriente eléctrica en el metal fundido en dicho conducto (150; 250) para bombear dicho metal fundido a través de dicho conducto, entrando dicho metal fundido únicamente en contacto con dicho conducto;
- 25 en la que cada imán bipolar (180; 280) presenta una configuración polar opuesta a la de los imanes adyacentes;
- 30 en la que una altura (h_m) de dichos imanes permanentes bipolares (180; 280) es superior o igual a de 2 a 3 veces una altura (h) de un paso interno de dicho conducto (150; 250);
- 35 en la que dichos imanes permanentes bipolares (180; 280) están separados angularmente alrededor de dicho árbol (120; 220) y dicho conducto (150; 250);
- siendo una separación angular (τ) de los polos (p) de dichos imanes permanentes bipolares (180; 280) superior o igual a de 2 a 3 veces el doble de dicha altura (h) de dicho conducto (150; 250) y siendo igual a $2\pi R/N$.
- 40 en la que R es un radio de dicho rotor y N es un número total de polos de dichos imanes permanentes bipolares (180; 280);
- en la que un grosor de dicha culata (h_y) es superior o igual a $\frac{1}{2}$ de una anchura (b_m) de dichos polos; y
- 45 en la que un radio (R_1) de dicho árbol (120; 220) es superior o igual a dicha anchura (b_m) de dichos polos.

2. Bomba de inducción magnética giratoria según la reivindicación 1, en la que dichos imanes permanentes bipolares (180; 280) comprenden una pluralidad de pares de imanes de tierras raras bipolares.

50 3. Bomba de inducción magnética giratoria según la reivindicación 2, en la que cada uno de dichos imanes bipolares (180; 280) está separado de un imán adyacente por un separador magnéticamente inerte (190; 290).

4. Bomba de inducción magnética giratoria según la reivindicación 1, en la que dicho motor (110), árbol (120) y conducto (150) están fijados de manera amovible a una base (60), siendo dicha base capaz de unirse selectivamente a un contenedor (40) de metal fundido.

5. Bomba de inducción magnética giratoria según la reivindicación 1, en la que dicho árbol (120; 220) es ferromagnético.

60 6. Bomba de inducción magnética giratoria según la reivindicación 1, en la que un sentido de flujo de dicho metal fundido puede ser detenido e invertido invirtiendo un sentido de rotación de dicho motor.

7. Bomba de inducción magnética giratoria según la reivindicación 1, en la que:

65 dicho árbol (120; 220) es ferromagnético;

dichos imanes permanentes bipolares (180; 280) comprenden una pluralidad de imanes de tierras raras bipolares que generan un flujo magnético fuerte;

5 dicho motor (110) hace girar dicho árbol (120; 220) y dichos imanes a lo largo de un borde de dicho conducto, induciendo de este modo corrientes de Foucault en el metal fundido en dicho conducto, interactuando dichas corrientes con un campo magnético móvil para producir una fuerza para bombear dicho metal fundido desde una entrada (90) de dicho conducto hasta una salida (100) del mismo, entrando dicho metal fundido únicamente en contacto con dicho conducto.

10 8. Bomba de inducción magnética giratoria según la reivindicación 7, en la que dicho rotor (130) es cilíndrico y dicho conducto (150) se ajusta estrechamente alrededor de dicho rotor cilíndrico.

15 9. Bomba de inducción magnética giratoria según la reivindicación 1, en la que cada uno de dichos imanes bipolares está separado de un imán adyacente por un separador, estando dichos separadores fabricados a partir de un material magnéticamente inerte (190; 290).

10. Procedimiento de bombeo de metal fundido, comprendiendo dicho procedimiento las etapas siguientes:

20 introducir metal fundido en una entrada (90) de un conducto de forma arqueada (150; 250) de una bomba de inducción magnética (10), siendo dicho conducto no magnético;

25 mover una pluralidad de pares de imanes permanentes bipolares (180; 280) a lo largo de un borde de dicho conducto desde dicha entrada hasta una salida del conducto (100), generando dichos imanes un flujo magnético cambiante que induce corrientes de Foucault en dicho metal fundido, interactuando dichas corrientes de Foucault con el campo magnético móvil creando una fuerza suficiente para bombear dicho metal a través de dicho conducto (150; 250);

30 en el que dicho metal fundido únicamente entra en contacto con la superficie de dicho conducto y con ningún otro componente de dicha bomba de inducción magnética;

en el que dichos imanes permanentes bipolares (180; 280) están fijados funcionalmente a un árbol ferromagnético (120; 220) y se extienden desde el mismo en una configuración de radios, presentando cada imán bipolar una configuración polar opuesta a la de los imanes adyacentes;

35 en el que una culata (170; 270) es directamente adyacente a dicho conducto (150; 250) y opuesta a dichos imanes bipolares (180; 280), siendo dicha culata ferromagnética e intensificando un campo magnético generado por dicho por lo menos un imán (180; 280);

40 en el que cada uno de dichos imanes permanentes bipolares presenta una altura (h_m) que es superior o igual a aproximadamente de 2 a 3 veces la de un paso interno (h) de dicho conducto;

en el que dichos imanes permanentes bipolares están separados angularmente alrededor de dicho árbol (120; 220) y dicho conducto,

45 siendo una separación angular (τ) de los polos (p) de dichos imanes permanentes bipolares (180; 280) superior o igual a de 2 a 3 veces el doble de dicha altura (h) de dicho conducto (150; 250) y siendo igual a $2\pi R/N$, en el que R es un radio de un rotor (130) y N es un número total de polos de dichos imanes permanentes bipolares (180; 280)

50 en el que un grosor de dicha culata (h_y) es superior o igual a $\frac{1}{2}$ de una anchura (b_m) de dichos polos; y

en el que un radio (R_1) de dicho árbol (120; 220) es superior o igual a dicha anchura (b_m) de dichos polos.

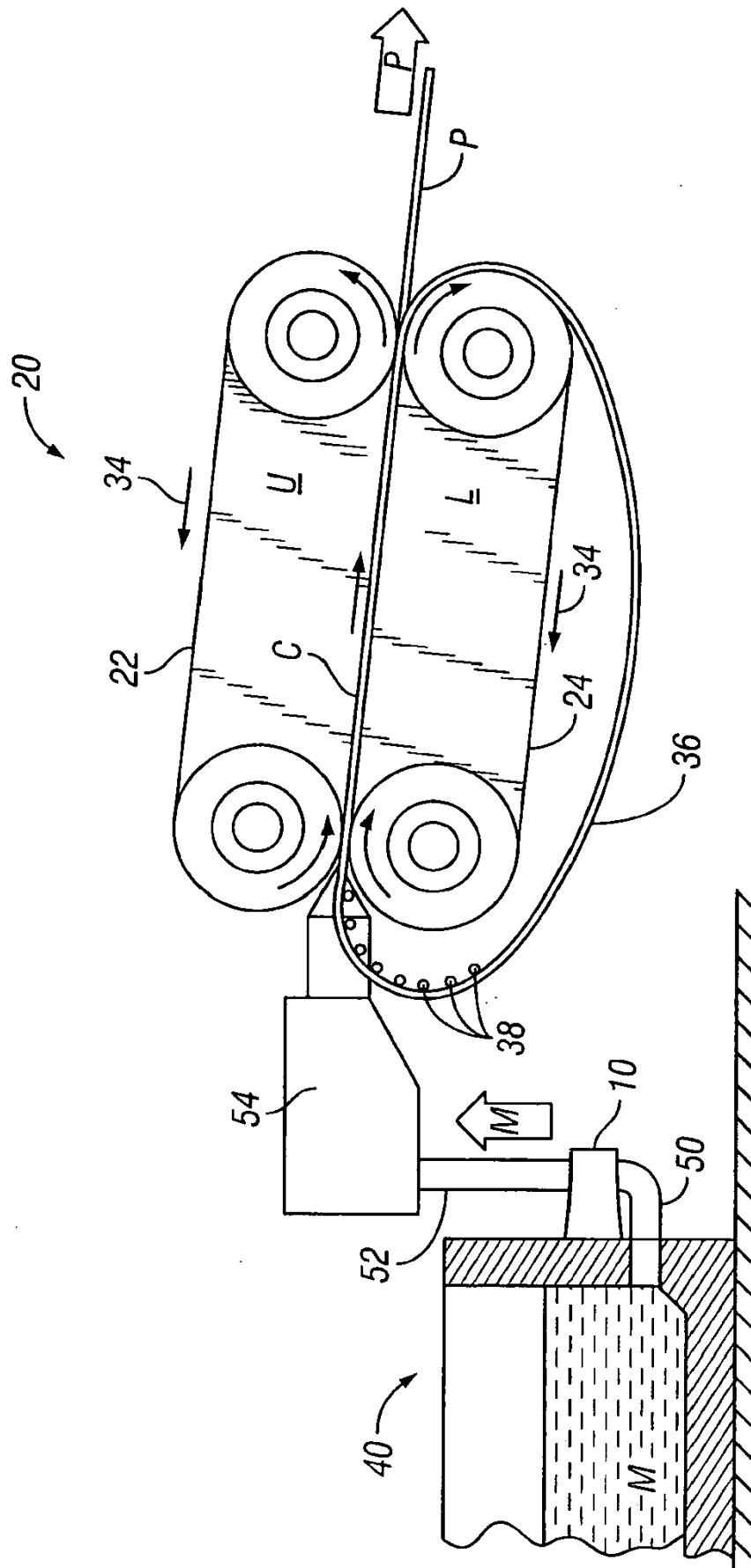


FIG. 1

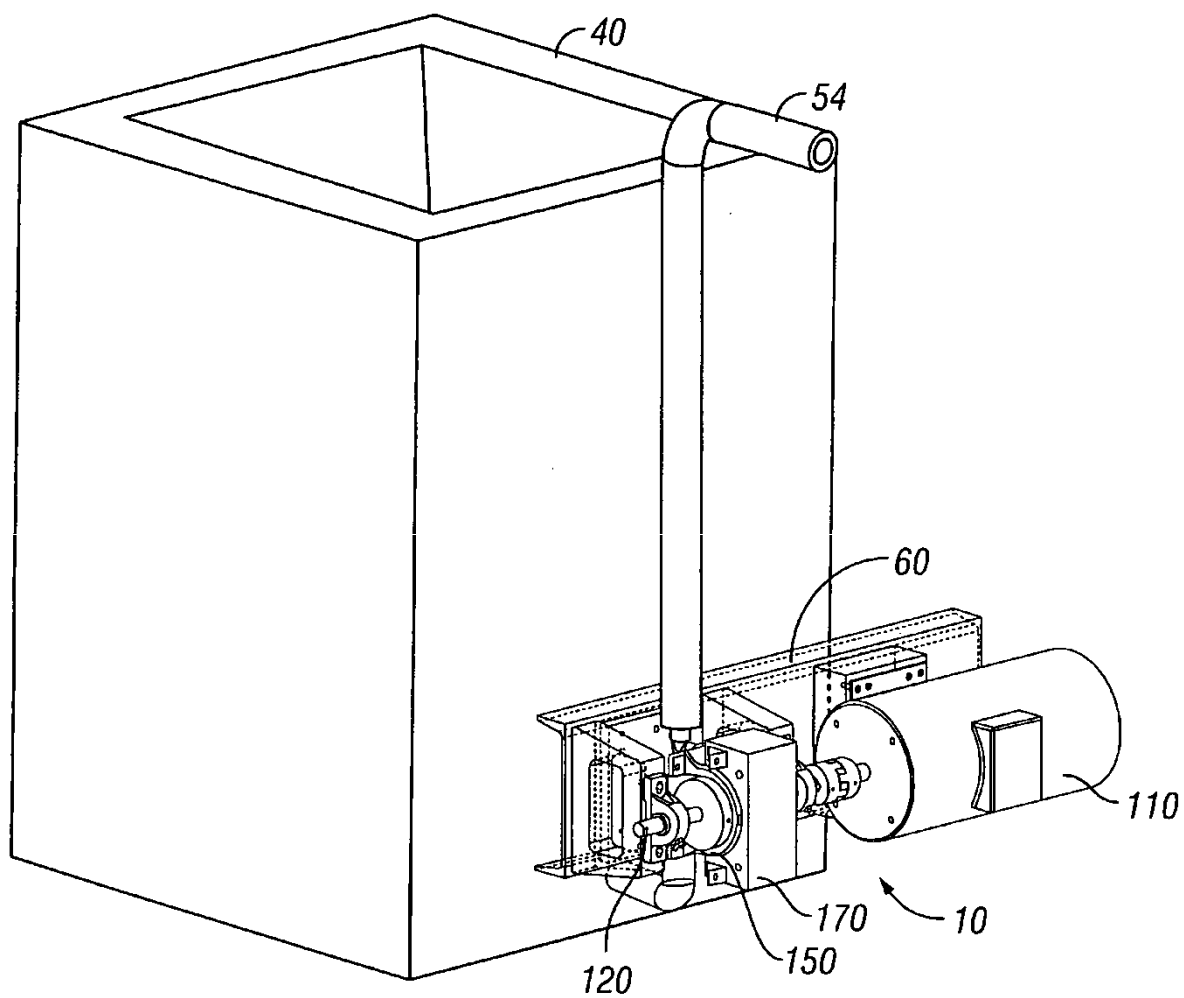


FIG. 2

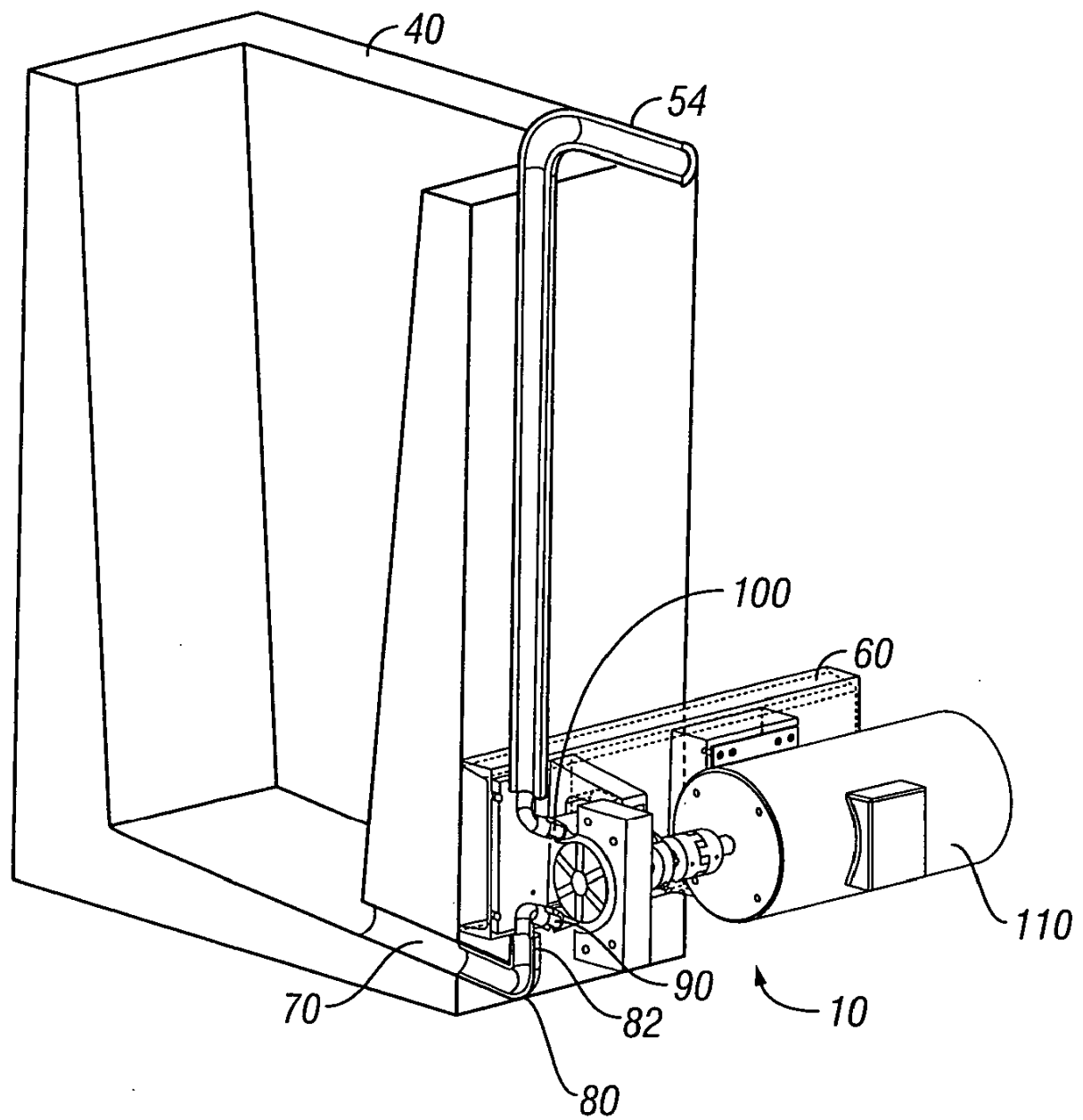


FIG. 3

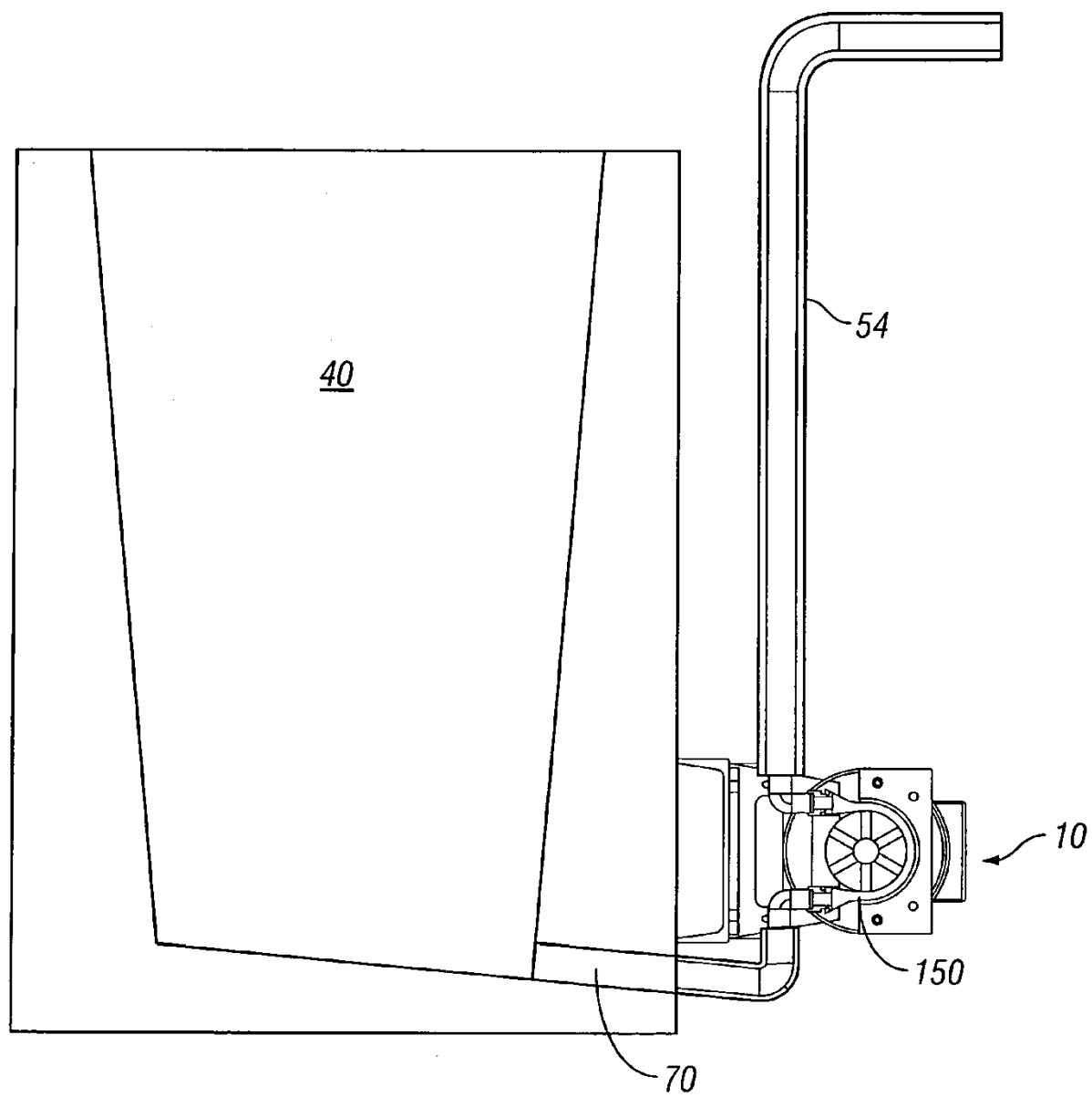
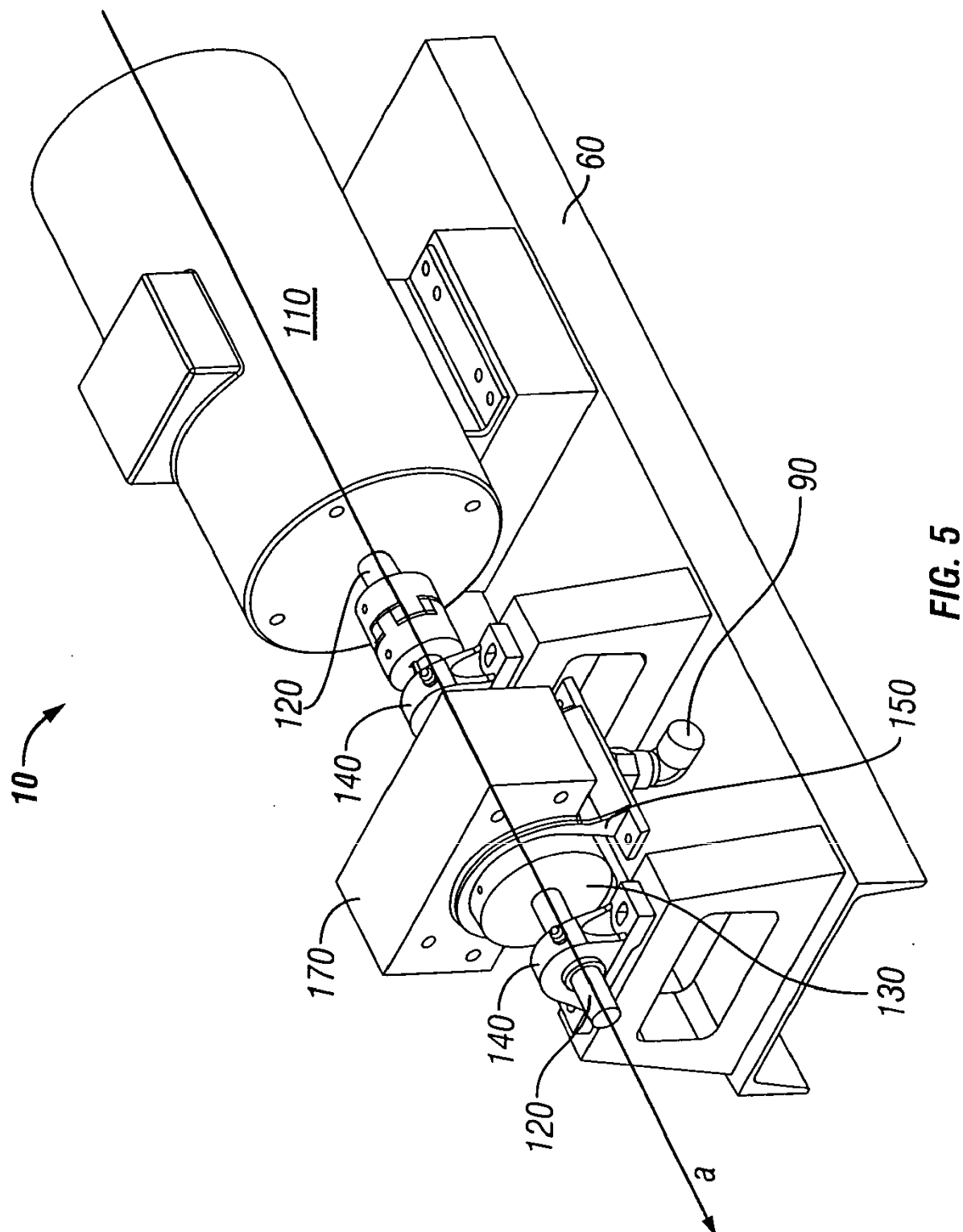


FIG. 4



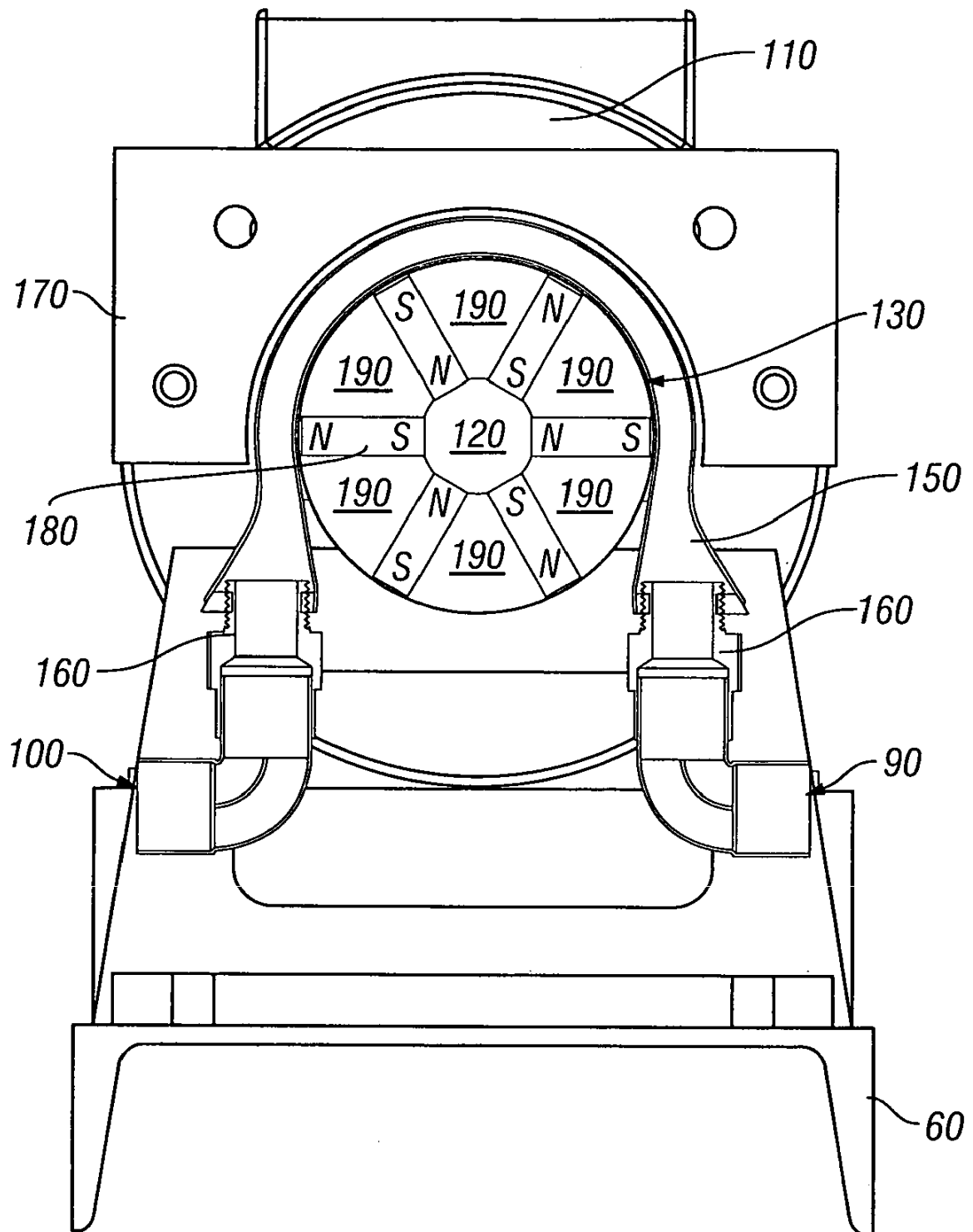


FIG. 6

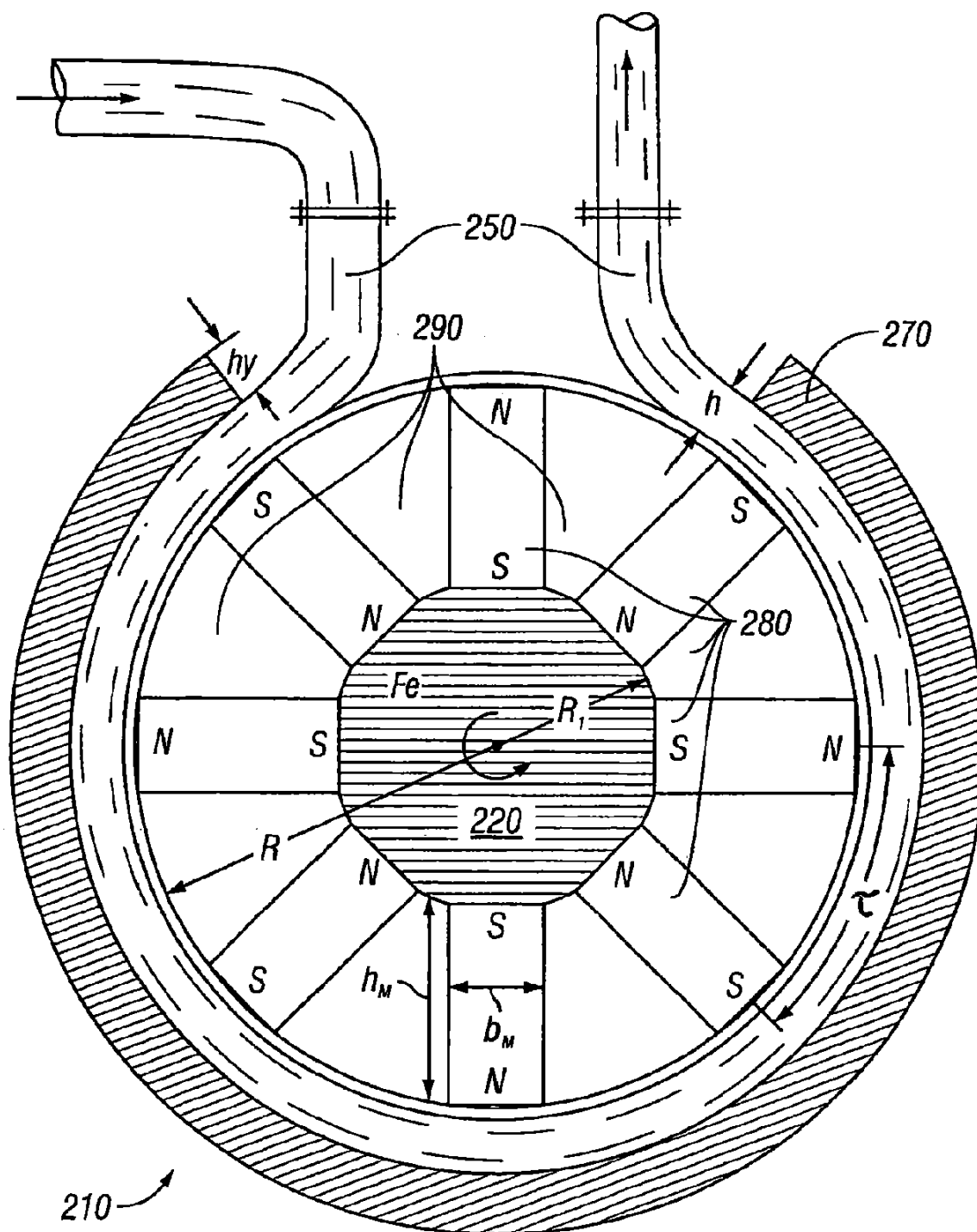


FIG. 7