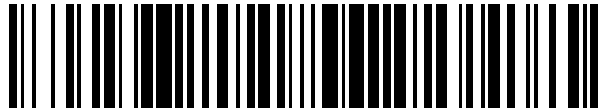


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 628 825**

51 Int. Cl.:

**B63H 23/24** (2006.01)

**B63H 5/125** (2006.01)

**H02K 1/20** (2006.01)

**H02K 5/20** (2006.01)

**H02K 9/22** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **09.07.2014 PCT/EP2014/064682**

87 Fecha y número de publicación internacional: **22.01.2015 WO15007585**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **09.07.2014 E 14739754 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **22.03.2017 EP 2994380**

54 Título: **Propulsor azimutal eléctrico para un buque**

30 Prioridad:

**18.07.2013 DE 102013214087**

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

**04.08.2017**

73 Titular/es:

**SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT (100.0%)  
Wittelsbacherplatz 2  
80333 München, DE**

72 Inventor/es:

**BALZER, CHRISTOPH y  
SEIBICKE, FRANK**

74 Agente/Representante:

**CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel**

ES 2 628 825 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**

Propulsor azimutal eléctrico para un buque

5 La presente invención hace referencia a un propulsor azimutal eléctrico para un buque, donde el propulsor azimutal presenta un motor eléctrico que presenta un estator y una parte de la carcasa que se extiende en dirección axial al menos parcialmente a lo largo del estator y la cual comprende al menos parcialmente el estator en la dirección perimetral.

10 Un propulsor azimutal eléctrico de esa clase se emplea por ejemplo como unidad de accionamiento en un buque, donde el propulsor azimutal se encuentra por fuera del casco del buque y por debajo del nivel del agua, en particular en el agua de mar, y acciona un propulsor. Los propulsores azimutales de esa clase se conocen también bajo la denominación de accionamientos POD. En un propulsor azimutal eléctrico de esa clase, las pérdidas térmicas de la máquina eléctrica deben eliminarse de forma adecuada para mantener la máquina a un nivel de temperatura constante y aceptable durante el funcionamiento.

15 Hasta el momento, la disipación térmica del estator se produce mediante la superficie de la carcasa, a través de convección. El núcleo de chapa del estator se encuentra compactado en una carcasa, debido a lo cual se garantiza una buena transferencia de calor. Sin embargo, las cabezas de bobinas no pueden ser refrigeradas de modo suficiente de ese modo, ya que éstas no tocan la carcasa y, con ello, el calor no puede ser transmitido directamente en la carcasa y, con ello, al agua.

20 Por la solicitud DE 877 254 C se conoce un propulsor azimutal que presenta un motor eléctrico en una carcasa del motor, donde la carcasa del motor está rodeada por la carcasa del propulsor y entre la carcasa del motor y la carcasa del propulsor se proporciona un canal anular. De este modo, el canal anular puede ser atravesado por agua que penetra en el propulsor.

25 Por la solicitud DE 198 26 229 A1 se conoce otro propulsor azimutal, el cual se encuentra fijado en un vástago en el casco del buque. De este modo, elementos de refrigeración se proporcionan en la parte inferior del vástago. Además, el árbol del propulsor azimutal está realizado como árbol hueco, a través del cual puede circular agua de mar.

Por la solicitud WO 2006/134057 se conoce otro propulsor azimutal.

30 El objeto de la presente invención consiste en proporcionar un propulsor azimutal eléctrico con una refrigeración mejorada. Dicho objeto se alcanzará a través de un propulsor azimutal eléctrico de la clase mencionada en la introducción, debido a que se proporcionan canales de refrigeración que se extienden esencialmente en dirección axial, en los cuales respectivamente puede circular al menos un refrigerante y mediante los cuales el motor eléctrico puede ser refrigerado, donde los canales de refrigeración, al menos radialmente hacia el interior están delimitados respectivamente por una capa de un material que presenta una conductividad térmica de al menos  $1 \text{ W}/(\text{m}^*\text{K})$  y el cual es resistente a la corrosión al menos en una atmósfera que contiene agua de mar.

35 En las máquinas eléctricas, la refrigeración del interior de la máquina con frecuencia es problemática, ya que durante el funcionamiento se producen allí puntos con acumulación de calor, los así llamados "hot spots". De acuerdo con la invención, por lo tanto, se prevé que los canales de refrigeración, en su lado interno radial, presenten una conductividad térmica comparativamente elevada, donde los canales de refrigeración, al menos radialmente hacia el interior, están delimitados por una capa de un material con una conductividad térmica de al menos  $1 \text{ W}/(\text{m}^*\text{K})$ . A través de esa capa que puede delimitar el respectivo canal de refrigeración en particular también radialmente hacia el exterior y/o en la dirección perimetral, se posibilita una refrigeración fiable y con una potencia elevada del propulsor azimutal eléctrico.

40 El material de la capa puede presentar también una conductividad térmica de al menos  $60 \text{ W}/(\text{m}^*\text{K})$ . Clasificados según una conductividad térmica ascendente, los materiales de esa clase son por ejemplo la aleación bronce, en particular la aleación de bronce CC333G ó CuAl10Fe5Ni5-C, así como los metales estaño, cromo, cinc o aluminio, donde también podría utilizarse grafito. También es posible utilizar una aleación que alcance una conductividad térmica de esa clase. En particular puede seleccionarse un material que presente una conductividad térmica de al menos  $80 \text{ W}/(\text{m}^*\text{K})$ .

45 De este modo, el estator está realizado generalmente como cilindro hueco, donde los canales de refrigeración del propulsor azimutal eléctrico de manera preferente se sitúan radialmente más hacia el exterior que la superficie lateral interna del estator cilíndrico hueco. Esto significa que los canales de refrigeración pueden extenderse al menos de forma parcial en el estator, en la parte de la carcasa y/o entre el estator y la parte de la carcasa.

Para una muy buena refrigeración del motor eléctrico, los canales de refrigeración se extienden preferentemente sobre más de la mitad de la longitud axial del estator, en particular sobre toda la longitud axial del estator.

En particular, el estator y/o la parte de la carcasa es de un material con una conductividad térmica inferior a 55 W/(m\*K), por ejemplo inferior a 40 W/(m\*K). Por ejemplo, el estator presenta usualmente chapas eléctricas que presentan una conductividad térmica comparativamente reducida, parcialmente inferior a 30 W/(m\*K). Además, la parte de la carcasa puede ser de acero, donde generalmente debido a los costes se utiliza acero común y se prescinde de aleaciones especiales o de acero inoxidable. Los aceros comunes de esa clase poseen generalmente una difusividad térmica en el rango de 15 W/(m\*K) para acero Cr-Ni de hasta como máximo 55 W/(m\*K) para acero con una proporción de carbono de 0,4 %.

El material de la capa es resistente a la corrosión al menos en una atmósfera que contiene agua de mar, donde debe alcanzarse esa propiedad del material en particular durante el uso adecuado del propulsor azimutal eléctrico, en particular cuando el propulsor azimutal está sumergido en agua o agua de mar. Se alcanza con ello una resistencia a la fatiga que posibilita un funcionamiento de muchos años del propulsor azimutal en agua de mar.

En particular el material puede seleccionarse de manera que se garantice una resistencia a la corrosión suficiente, por ejemplo según las categoría de corrosividad C4 o C5-I para condiciones ambientales atmosféricas, así como Im2 o Im3 para agua, según DIN EN ISO 12944-2. De este modo, es posible que el material esté en contacto directo con agua de mar. De manera alternativa, el material puede estar en contacto directo con aire de refrigeración o con otro refrigerante que, a través del funcionamiento del propulsor azimutal eléctrico en agua de mar, contiene sal, representando con ello la atmósfera que contiene agua de mar, antes mencionada. Al menos un refrigerante puede presentarse por ejemplo de forma líquida o gaseosa, donde en particular son posibles circuitos de refrigeración cerrados con agua de refrigeración circulante, así como con circulación del aire de refrigeración.

Por ejemplo, una resistencia a la corrosión suficiente puede interpretarse como un período de protección de entre 5 y 15 años, así como un período de protección de más de 15 años, tal como se indica en DIN EN ISO 12944-5.

De manera alternativa o adicional, la resistencia a la corrosión del material puede seleccionarse de manera que la tasa de pérdida por corrosión del material durante el uso correcto del propulsor azimutal eléctrico ascienda a menos de 100 µm, en particular a menos de 50 µm, por año. De este modo, el espesor de la capa debe dimensionarse de manera que después de una vida útil mínima deseada o de un período de protección deseado, y en el caso de una tasa de pérdida por corrosión dada, se mantenga un espesor mínimo de la capa. Puede preverse en particular que la capa limite los canales de refrigeración en dirección radial.

En general, la parte de la carcasa del propulsor azimutal puede estar dispuesta de forma giratoria en un lado inferior del buque, mediante un vástago, donde el estator del propulsor azimutal eléctrico presenta un diámetro de al menos 1 m, en particular superior a 2 m. De este modo, el propulsor azimutal eléctrico puede alcanzar una potencia de al menos 1 MW, preferentemente de más de 10 MW.

En una realización ventajosa de la invención, en el respectivo extremo axial, el estator presenta una cabeza de bobina, donde al menos uno de los canales de refrigeración se extiende al menos en algunas secciones en el área de una de las cabezas de bobina, donde se proporciona al menos una turbomáquina que está dispuesta entre un árbol del propulsor azimutal eléctrico y la parte de la carcasa, y la cual se encuentra conectada de forma resistente a la torsión con el árbol, donde la respectiva cabeza de bobina puede ser refrigerada a través de otro refrigerante que puede circular mediante al menos una turbomáquina.

A través de la utilización de al menos una turbomáquina conectada de forma resistente a la torsión con el árbol, la potencia de refrigeración que puede suministrarse al propulsor azimutal puede ser incrementada, lo cual posibilita que el propulsor azimutal pueda ser realizado encapsulado con respecto al vástago que porta el propulsor azimutal. Esto se posibilita debido a que a través del otro refrigerante puede refrigerarse el área de la respectiva cabeza de bobina, el cual circula a través de al menos una turbomáquina. En particular el área de la respectiva cabeza de bobina puede formar un circuito de refrigeración cerrado, donde eventualmente al menos uno de los canales de refrigeración se encuentra abierto hacia la respectiva área de la cabeza de bobina o al menos calor puede ser emitido hacia la respectiva área.

Si uno de los canales de refrigeración está realizado abierto hacia la respectiva área de la cabeza de bobina, junto con una refrigeración mejorada de la respectiva cabeza de bobina se alcanza adicionalmente una refrigeración mejorada del centro axial del propulsor azimutal, puesto que energía térmica residual puede ser transportada desde el centro axial hacia el área de la cabeza de bobina.

El otro refrigerante puede ser gaseoso, por ejemplo aire, o líquido, donde al menos una turbomáquina está realizada de forma correspondiente como ventilador, en el caso de un refrigerante gaseoso o de una bomba, en el caso de un refrigerante líquido. En principio es posible que el otro refrigerante sea idéntico a por lo menos un refrigerante o que

los dos refrigerantes circulen en el mismo circuito de refrigeración. En particular, para ese caso es posible una refrigeración de la respectiva cabeza de bobina a través del refrigerante, el cual a continuación es guiado a través de los canales de refrigeración que se extienden en dirección axial.

5 De este modo, la disposición de al menos una turbomáquina entre el árbol y la parte de la carcasa se debe entender de manera tal que al árbol, radialmente desde el interior hacia radialmente el exterior, le siguen al menos una turbomáquina y finalmente la parte de la carcasa. Con ello, no se requiere obligatoriamente una superposición de los respectivos componentes en dirección axial.

De manera alternativa, al menos una turbomáquina puede estar realizada también como ventilador externo o como turbomáquina que puede ser operada independientemente de la velocidad de rotación del árbol.

10 En el caso de otra realización ventajosa de la invención, para realizar al menos uno de los canales de refrigeración se proporciona una acanaladura en la parte de la carcasa.

15 De este modo, la acanaladura se extiende esencialmente en dirección axial, contribuyendo de forma considerable a una refrigeración mejorada de la parte de la carcasa. Puesto que la parte de la carcasa comprende el estator en la dirección perimetral al menos de forma parcial y se extiende en dirección axial al menos parcialmente a lo largo del estator, se mejora gracias a ello también la refrigeración del estator. De este modo se logran resultados especialmente buenos cuando la parte de la carcasa se extiende a lo largo de toda la longitud axial del estator, comprende completamente el estator en la dirección perimetral y se proporciona una gran cantidad de canales de refrigeración formados por acanaladuras de esa clase, los cuales se encuentran dispuestos desplazados unos con respecto a otros en la dirección perimetral.

20 En el caso de otra realización ventajosa de la invención, para realizar al menos uno de los canales de refrigeración se proporciona una acanaladura en el estator.

25 A través de la disposición de al menos un canal de refrigeración en forma de una acanaladura en el estator, la energía térmica residual que se produce en el estator durante el funcionamiento del propulsor azimutal eléctrico puede ser transportada muy bien, puesto que allí la potencia de refrigeración puede utilizarse directamente, donde también se produce energía térmica residual.

En otra realización ventajosa de la invención, entre la parte de la carcasa y el estator se encuentra dispuesta una parte intermedia del material del cual está realizada la capa.

30 A través de la parte intermedia, la energía térmica residual del estator en la superficie de apoyo de la parte intermedia es absorbida sobre el estator cubriendo su superficie y, debido a la buena conductividad térmica de la parte intermedia, puede ser bien transportada. En particular cuando la parte de la carcasa está realizada de forma cilíndrica hueca, también la parte intermedia puede estar realizada en forma de un cilindro hueco, gracias a lo cual puede alcanzarse una potencia de refrigeración particularmente elevada y, al mismo tiempo, una potencia de refrigeración particularmente regular.

35 En particular cuando en la parte de la carcasa se extienden acanaladuras distribuidas en el perímetro, las cuales están dispuestas en dirección axial y actúan como canales de refrigeración, la parte intermedia puede utilizarse para hermetizar esos canales de refrigeración. A modo de ejemplo, la parte intermedia está realizada como un anillo de estanqueidad, en donde se compacta el núcleo de chapas del estator. A través del anillo de estanqueidad con conductividad térmica, la potencia de refrigeración puede influenciarse en conjunto de forma positiva.

40 En el caso de otra realización ventajosa de la invención, para realizar al menos uno de los canales de refrigeración se proporciona una acanaladura en la parte intermedia.

45 Los canales de refrigeración realizados de ese modo permiten incrementar aún más la potencia de refrigeración que puede ser suministrada al estator, ya que la energía térmica residual del estator, absorbida por la parte intermedia, puede ser transportada directamente mediante la acanaladura que se extiende en la parte intermedia. La potencia de refrigeración puede incrementarse aún más debido a que se proporciona una gran cantidad de canales de refrigeración de esa clase.

La parte intermedia puede estar realizada como un anillo de refrigeración que se coloca entre la parte intermedia y el núcleo de chapas del estator. En función de las conformaciones de los contornos, en la parte intermedia se proporcionan canales de refrigeración que se extienden en dirección axial, respectivamente presentan una sección transversal circular o angular y se encuentran distribuidos en el perímetro.

50 En otra realización ventajosa de la invención la acanaladura está realizada abierta o cerrada.

5 Si la respectiva acanaladura está realizada cerrada, entonces el respectivo canal de refrigeración está formado por una perforación que se extiende esencialmente en dirección axial. Dicha perforación se extiende dentro de la respectiva parte del propulsor azimutal eléctrico, por lo tanto en la parte de la carcasa, en el estator, o eventualmente en la parte intermedia. Las perforaciones de esa clase pueden realizarse con mucha facilidad, donde un canal de refrigeración formado de ese modo en dirección radial se conforma prácticamente de forma hermética.

10 Si la respectiva acanaladura está realizada abierta, entonces puede formarse un canal de refrigeración que se extiende en dirección radial sobre al menos dos partes del propulsor azimutal eléctrico. Por ejemplo, un canal de refrigeración de esa clase se extiende en una acanaladura en la superficie radialmente externa del estator y al mismo tiempo en una acanaladura en la superficie radialmente interna de la parte de la carcasa o eventualmente de la parte intermedia. De manera correspondiente, un canal de esa clase, de forma alternativa, puede extenderse en una acanaladura en la superficie radialmente externa de la parte intermedia y al mismo tiempo en una acanaladura en la superficie radialmente interna de la parte de la carcasa. En principio también es posible que el canal de refrigeración se extienda en dirección radial desde una acanaladura en la superficie radialmente externa del estator, a través de la parte intermedia, hasta una acanaladura en la superficie radialmente interna de la parte de la carcasa.

15 En general, la respectiva acanaladura puede presentar una sección transversal cuadrangular, por ejemplo rectangular o cuadrática. También es posible una sección transversal circular, ovalada o de otra forma.

En otra realización ventajosa de la invención, en la delimitación radial de al menos uno de los canales de refrigeración se encuentra dispuesto un perfil hueco del material del cual está realizada la capa.

20 El perfil hueco, por una parte, asegura un contacto térmico particularmente bueno de al menos un refrigerante con el material que rodea el respectivo canal de refrigeración, garantizando por otra parte una estanqueidad particularmente elevada de una salida de al menos un refrigerante en dirección radial y en la dirección perimetral. Además, los perfiles de esa clase pueden obtenerse de forma particularmente conveniente en cuanto a los costes.

25 De este modo, pueden proporcionarse varios perfiles huecos que se colocan distribuidos en el perímetro, en las acanaladuras antes mencionadas. A través de los perfiles huecos puede circular de este modo al menos un refrigerante. En particular cuando un perfil hueco se encuentra en un canal de refrigeración, el cual se extiende tanto en una acanaladura abierta en la carcasa, como también en una acanaladura abierta en el núcleo de chapas del estator, el respectivo perfil hueco puede absorber también una parte del par de torsión, de manera que el respectivo perfil hueco actúa adicionalmente como chaveta.

30 Para que se garantice una buena transferencia térmica desde el núcleo de chapas compactado del estator hacia la parte de la carcasa, el respectivo perfil hueco se conforma junto con el diámetro interno de la parte de la carcasa. Gracias a ello se produce una superficie lisa y regular para el núcleo de chapas del estator que debe ser compactado.

En otra realización ventajosa de la invención, el material del cual es constituyente la capa, presenta una resistencia a la corrosión más elevada que el material de la parte de la carcasa y/o el material del estator.

35 Puesto que el propulsor azimutal generalmente es operado en agua de mar se presentan exigencias particularmente elevadas en cuanto a la resistencia a la corrosión. A través de la resistencia a la corrosión más elevada del material, del cual está realizada la capa, el estator puede realizarse por ejemplo de forma encapsulada, debido a lo cual éste puede protegerse muy bien de la corrosión. Sin embargo, a través de los canales el estator puede ser abastecido con una potencia de refrigeración suficiente. Eventualmente se requiere para ello que el respectivo canal de refrigeración, en todas las superficies de contacto con el estator, presente una capa de ese material especialmente resistente a la corrosión. A modo de ejemplo, esto puede lograrse también gracias a que el respectivo canal de refrigeración se delimita perpendicularmente con respecto a la dirección axial a través de una capa de ese material.

En otra realización ventajosa de la invención, el material del cual está realizada la capa presenta una aleación de cobre - aluminio.

45 La aleación de cobre - aluminio ofrece la ventaja de que ésta posee una conductividad térmica comparativamente elevada, de modo que es particularmente resistente a la corrosión. De manera adicional, este material puede trabajarse de forma comparativamente sencilla. De manera alternativa en particular puede utilizarse bronce.

50 En otra realización ventajosa de la invención, en el respectivo extremo axial de al menos uno de los canales de refrigeración se proporciona respectivamente una abertura de entrada y respectivamente una abertura de salida, donde la respectiva abertura de entrada y/o la respectiva abertura de salida están conformadas de manera que en el caso de un movimiento relativo del propulsor azimutal con respecto al agua que rodea al menos parcialmente el propulsor azimutal, el agua puede circular a través de la abertura de entrada, de al menos un canal de refrigeración y de la abertura de salida.

5 Mediante al menos uno de los canales de refrigeración conformados de ese modo puede alcanzarse un transporte particularmente eficiente de la energía térmica residual del propulsor azimutal eléctrico, puesto que la energía térmica residual se libera directamente en el refrigerante, agua en este caso, que rodea al menos parcialmente el propulsor azimutal eléctrico. Se considera ventajosa en particular la capacidad térmica elevada del agua, así como la temperatura del agua usualmente reducida en comparación con la temperatura del estator. Una refrigeración particularmente buena puede alcanzarse debido a que se proporciona una gran cantidad de canales de refrigeración de esa clase, los cuales está dispuestos separados unos de otros en la dirección perimetral.

10 Puesto que el propulsor azimutal eléctrico es operado usualmente en agua de mar que contiene sal, al menos un canal de refrigeración realizado de ese modo preferentemente está revestido del material especialmente resistente a la corrosión antes mencionado, el cual presenta una resistencia a la corrosión más elevada que el material de la parte de la carcasa y/o el material del estator. Puede utilizarse para ello por ejemplo una aleación de cobre - aluminio o bronce.

15 El canal de refrigeración realizado de ese modo puede estar provisto de un revestimiento especial que impida una suciedad con conchas, balanus u otros organismos que podrían bloquear la circulación a través del canal. Un revestimiento especial de ese tipo puede ser por ejemplo una laca a la cual no se adhieran los organismos, en particular materiales con un efecto repelente o efecto loto.

20 Sin embargo, el revestimiento especial también puede estar realizado de manera que al mismo se pueda aplicar regularmente una corriente eléctrica, a través del cual puede impedirse igualmente una suciedad perjudicial. Para ello puede aplicarse por ejemplo un lacado en forma de estrías, donde dos tipos diferentes de estrías pueden ser cargadas con una polaridad eléctrica diferente y donde una respectiva estría del primer tipo sea adyacente con respecto a por lo menos una estría del segundo tipo. Aplicando tensión o corrientes de diferente polaridad puede modificarse el pH en el agua en el primer tipo y en el segundo tipo de estrías, en donde los organismos no pueden adaptarse, impidiéndose así un ensuciamiento a través de organismos. A través del campo eléctrico así generado, en el caso de una aplicación por ejemplo en la primera estría, se crea un entorno alcalino y en la segunda estría un entorno ácido, donde en el caso de una polaridad inversa se genera un entorno inverso de forma correspondiente.

En otra variante ventajosa de la invención, la velocidad de flujo del agua que circula a través de al menos un canal de refrigeración puede ser incrementada.

30 El aumento de la velocidad de flujo puede alcanzarse por ejemplo a través de una abertura de entrada y/o abertura de salida en forma de embudo. La abertura de entrada y/o la abertura de salida pueden estar realizadas en particular en forma de un tragaviento, tal como se utilizan para aireadores, eventualmente considerando adaptaciones en cuanto a la técnica de flujo, para la utilización en el agua. De manera alternativa, la abertura de entrada y/o la abertura de salida pueden estar realizadas como un esnórquel. De manera ventajosa, la abertura de entrada está diseñada como boquilla y la abertura de salida está diseñada como difusor.

35 En particular puede proporcionarse al menos un elemento guía que reduzca o impida vórtices debido a un flujo turbulento, estabilizando con ello un flujo laminar a través del respectivo canal de refrigeración. Al menos un elemento guía puede estar diseñado por ejemplo de forma plana o en forma de una cubierta, donde la forma de cubierta puede presentarse con respecto a un cilindro o a un cuerpo de rotación que disminuye en dirección axial y que está alineado por ejemplo en la dirección de flujo.

40 Por ejemplo, la abertura de entrada y/o la abertura de salida pueden estar realizadas de modo similar a un esnórquel, en donde el agua de mar circulante es desviada de forma directa.

El aumento de la velocidad de flujo puede alcanzarse también a través del revestimiento especial mencionado anteriormente y/o debido a que la superficie del respectivo canal de refrigeración está realizada al menos parcialmente de modo similar a una piel de tiburón, tal como es conocido en el caso de vestimenta especial para natación.

45 En otra variante ventajosa de la invención se proporciona al menos otra turbomáquina, a través de la cual puede incrementarse la velocidad de flujo del agua que circula a través de al menos un canal de refrigeración.

50 Gracias a por lo menos otra turbomáquina, la potencia de refrigeración puede incrementarse aún más, así como el propulsor azimutal eléctrico puede realizarse de forma más compacta. Al menos otra turbomáquina puede estar realizada por ejemplo como un propulsor que puede ser accionado mediante un motor eléctrico, el cual se encuentra dispuesto en particular en el respectivo canal de refrigeración.

En otra realización ventajosa de la invención, al menos uno de los canales de refrigeración está realizado como tubo térmico.

El tubo térmico, también conocido en inglés como "heat pipe", ofrece la ventaja de posibilitar una estructura muy compacta y adicionalmente una estructura cerrada en sí misma, del propulsor azimutal eléctrico. De este modo, una cantidad considerable de energía térmica residual puede ser transportada a través de un tubo térmico de ese tipo, hacia áreas más frías del propulsor azimutal eléctrico, en particular en las proximidades de la superficie externa.

5 De este modo es posible además una combinación de los diferentes canales de refrigeración. El propulsor azimutal eléctrico puede presentar por ejemplo al menos un canal de refrigeración diseñado como tubo térmico y al menos un canal de refrigeración que presente la abertura de entrada y/o la abertura de salida antes mencionada, a través de los cuales puede circular el agua que rodea al menos parcialmente el propulsor azimutal. En particular al menos un canal de refrigeración realizado como tubo térmico puede servir como una clase de vía de acceso para al menos un canal de refrigeración accesible para el agua. A este respecto, el respectivo canal accesible para el agua puede estar dispuesto radialmente más hacia el exterior y/o en el área del centro axial del propulsor azimutal eléctrico, donde el respectivo canal realizado como tubo térmico cubre al menos de forma parcial la superficie lateral restante del propulsor azimutal eléctrico o del estator, para transportar desde allí la energía térmica residual hacia el respectivo canal accesible para el agua.

15 En otra realización ventajosa de la invención el refrigerante que puede circular en al menos un canal de refrigeración realizado como tubo térmico, es aceite.

20 Como refrigerante puede utilizarse aceite en particular para aquellos canales de refrigeración que están dispuesto en un circuito de refrigeración cerrado en el propulsor azimutal. Lo mencionado ofrece la ventaja de que para esos canales de refrigeración no deben cumplirse exigencias elevadas en cuanto a la resistencia a la corrosión. En particular el aceite puede utilizarse dentro de un canal de refrigeración realizado como tubo térmico.

De acuerdo con las variantes ventajosas de la invención, antes mencionadas, se prevé la utilización de perfiles huecos o canales de refrigeración con una conducción de potencia suficiente y en particular con propiedades de corrosión ventajosas, debido a lo cual puede evitarse la utilización muy costosa de una carcasa de la máquina de una aleación de cobre - aluminio.

25 En general, la inversión que debe realizarse se delimita sólo a los canales de refrigeración, los cuales están realizados de forma esencialmente más pequeña y menos compleja que la carcasa de la máquina. Además, la refrigeración se aproxima localmente, así como geoméricamente, más cerca del núcleo de chapas del estator, debido a lo cual debe superarse menos espesor de material - lo cual equivale a una resistencia térmica reducida.

30 A continuación, la invención se describe y explica en detalle mediante los ejemplos de ejecución representados en las figuras. Las figuras muestran:

Figura 1: un primer ejemplo de ejecución del propulsor azimutal eléctrico de acuerdo con la invención;

Figura 2: una sección de un corte longitudinal a través de un segundo ejemplo de ejecución del propulsor azimutal eléctrico de acuerdo con la invención;

Figura 3: un corte transversal a través de algunos ejemplos de ejecución de canales de refrigeración;

35 Figura 4: otros ejemplos de ejecución de canales de refrigeración; y

Figura 5: ejemplos de ejecución adicionales de canales de refrigeración.

40 La figura 1 muestra un primer ejemplo de ejecución del propulsor azimutal eléctrico de acuerdo con la invención. El propulsor azimutal eléctrico debe ser fijado en el casco de un buque mediante una caja 18 y, para el accionamiento del buque, presenta propulsores 17. La potencia de accionamiento es aplicada por un motor eléctrico que presenta un estator 1 cilíndrico hueco y un rotor 16 montado de forma giratoria en el estator 1, donde el rotor 16 está conectado de forma resistente a la torsión con los propulsores 17, mediante un árbol 6.

El estator 1 se encuentra rodeado en la dirección perimetral por una parte de la carcasa 2 que, en el marco del ejemplo de ejecución, se extiende en dirección axial, sobre la longitud del estator 1.

45 Se proporcionan además canales de refrigeración 3 que se extienden en dirección axial y en los cuales puede circular un refrigerante para la refrigeración del motor eléctrico. De este modo, los canales de refrigeración 3, radialmente hacia el interior, están delimitados respectivamente por una capa 4 de un material que presenta una conductividad térmica de al menos  $1 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$  y el cual es resistente a la corrosión al menos en una atmósfera que contiene agua de mar.

5 El propulsor azimutal eléctrico dispone además de una turbomáquina 5 en el respectivo extremo axial del rotor 16, donde la turbomáquina 5 está realizada como un ventilador conectado de forma resistente a la torsión con el árbol 6, y se encuentra dispuesta en dirección radial entre el árbol 6 y la parte de la carcasa 2. Desde el estator 1, en una prolongación axial se eleva respectivamente una cabeza de bobina 7 que respectivamente puede ser refrigerada a través de aire que circula mediante la turbomáquina 5. De manera adicional, los canales de refrigeración 3 se elevan en el área axial de la respectiva cabeza de bobina 7, debido a lo cual el refrigerante que se encuentra en los canales de refrigeración 3 se acopla térmicamente al aire de refrigeración que circula a través de la respectiva turbomáquina 5. En particular puede preverse que el refrigerante sea el aire de refrigeración que circula mediante la respectiva turbomáquina 5, de manera que aire de refrigeración circula a través de los canales de refrigeración 3 y del área de la respectiva cabeza de bobina 7.

10 La figura 2 muestra una sección de un corte longitudinal a través de un segundo ejemplo de ejecución del propulsor azimutal eléctrico de acuerdo con la invención. Con el fin de una mayor claridad se representan solamente componentes aislados del propulsor azimutal.

15 A un estator 1, radialmente hacia el exterior le sigue primero una parte intermedia 10 de un material con una conductividad térmica de al menos  $1 \text{ W}/(\text{m}^{\circ}\text{K})$  y con una resistencia a la corrosión al menos en una atmósfera que contiene agua de mar, y finalmente le sigue una parte de la carcasa 2. De este modo, la parte de la carcasa 2 rodea el estator 1 en la dirección perimetral, cubriendo el estator 1 en dirección axial sólo de forma parcial.

20 En la parte de la carcasa 2 se extiende un canal de refrigeración 3 alineado de forma axial, el cual en un extremo axial presenta una abertura de entrada 13 y en su otro extremo axial presenta una abertura de salida 14 a través de la cual, en el caso de un movimiento relativo correspondiente del propulsor azimutal en el agua, el agua circula a través de la abertura de entrada 12, del canal de refrigeración 3 y de la abertura de salida 14.

La velocidad de flujo del agua en el canal de refrigeración 3 puede incrementarse debido a que la abertura de salida 13 está realizada como una boquilla y/o la abertura de salida 14 está realizada como un difusor. Un aumento adicional de la velocidad de flujo se alcanza además a través de otra turbomáquina 15.

25 De este modo, el canal de refrigeración 3 puede presentar una superficie especial que impide la acumulación de organismos no deseados.

30 La figura 3 muestra un corte transversal a través de algunos ejemplos de ejecución de canales de refrigeración 3. La sección transversal es perpendicular con respecto al eje de un ejemplo de un propulsor azimutal eléctrico y, radialmente en el interior, muestra primero un estator 1 al que le sigue una parte de la carcasa 2, radialmente hacia el exterior. Tal como en la explicación de las figuras 4 y 5 que se indica a continuación, en la figura 3 se representan diferentes canales de refrigeración 3, donde el propulsor azimutal eléctrico de acuerdo con la invención puede presentar en particular dos o más canales de refrigeración 3 diferentes o del mismo tipo.

35 Comenzando bien a la izquierda se representa un primer canal de refrigeración 3 que se extiende dentro de una acanaladura 8 en la parte de la carcasa 2. Al igual que los otros canales de refrigeración 3 representados en la figura 3, también el primer canal de refrigeración 3, radialmente hacia el interior, está delimitado por una capa 4 de un material que presenta una conductividad térmica de al menos  $1 \text{ W}/(\text{m}^{\circ}\text{K})$  y el cual es resistente a la corrosión al menos en una atmósfera que contiene agua de mar. En este caso la acanaladura 8 en la parte de la carcasa 2 está realizada cerrada.

40 En segundo lugar, desde la izquierda, se representa un segundo canal de refrigeración 3 que se extiende dentro de una acanaladura 8 en la parte de la carcasa y de una acanaladura 9 en el estator 1, donde las respectivas acanaladuras 8 y 9 están realizadas abiertas. A continuación se representa un tercer canal de refrigeración 3 que se extiende dentro de una acanaladura 8 realizada abierta, en la parte de la carcasa 2. Puede observarse a continuación un cuarto canal de refrigeración 3 que está dispuesto dentro de una acanaladura 9 realizada abierta, en el estator 1. Más a la derecha se encuentra un quinto canal de refrigeración 3, el cual se forma a través de una acanaladura 9 realizada cerrada, en el estator 1.

45 Como sexto canal de refrigeración 3 desde la izquierda, así como tercer canal de refrigeración 3 desde la derecha, se representa un sexto canal de refrigeración 3, el cual a su vez se encuentra en una acanaladura 8 realizada cerrada en la parte de la carcasa 2, donde el sexto canal de refrigeración 3 está delimitado con respecto a la parte de la carcasa 2 por un perfil hueco 12 conformado de forma adecuada, del material mencionado.

50 Mientras que los canales de refrigeración 3 mencionados hasta el momento presentan una sección transversal rectangular, un séptimo canal de refrigeración 3 que se encuentra dispuesto a la derecha del sexto canal de refrigeración 3 presenta una sección transversal circular. De este modo, el séptimo canal de refrigeración 3 está formado a través de una acanaladura 9 realizada cerrada en el estator 1, donde el séptimo canal de refrigeración 3 está delimitado radialmente hacia el interior por la capa 4 del material mencionado. Bien a la derecha se representa



por último un octavo canal de refrigeración 3 que se encuentra dentro de una acanaladura 8 abierta en la parte de la carcasa 3 y de una acanaladura 9 abierta en el estator 1. De este modo, el octavo canal de refrigeración 3 está delimitado con respecto al estator 1 y a la parte de la carcasa 2 a través de un perfil hueco 12 realizado de forma adecuada, de un material con las propiedades mencionadas.

5 La figura 4 muestra otros ejemplos de ejecución de canales de refrigeración 3. La sección transversal es perpendicular con respecto al eje de otro ejemplo de un propulsor azimutal eléctrico de acuerdo con la invención y, radialmente en el interior, muestra primer un estator 1, al cual le siguen radialmente hacia el exterior primero una parte intermedia 10 y por último una parte de la carcasa 2.

10 De izquierda a derecha se representan cuatro canales de refrigeración 3, donde un primer canal de refrigeración 3 se encuentra bien a la izquierda en una acanaladura 8 abierta, en la parte de la carcasa 2. El primer canal de refrigeración 3 está delimitado radialmente hacia el interior a través de la parte intermedia 10, la cual, en el marco del ejemplo de ejecución del primer canal de refrigeración 3, es del material mencionado. Para los otros tres canales de refrigeración que se indican a continuación la parte intermedia 10 no debe presentar obligatoriamente una conductividad térmica de esa clase o una resistencia a la corrosión de esa clase.

15 A continuación se representa un segundo canal de refrigeración 3, el cual a su vez se encuentra en una acanaladura 8 abierta en la parte de la carcasa 2 y, radialmente hacia el interior, está delimitado por una capa 4 del material mencionado. De este modo, la capa 4, radialmente hacia el interior, es contigua a la parte intermedia 10, donde los dos componentes pueden estar realizados del mismo material o de materiales diferentes. Como segundo canal de refrigeración 3 de la derecha se representa un tercer canal de refrigeración 3, el cual se encuentra en una acanaladura 8 abierta en la parte de la carcasa 2 y en una acanaladura 11 en la parte intermedia 11, donde radialmente hacia el interior está delimitado por una capa 4 del material mencionado. Bien a la derecha se representa por último un cuarto canal de refrigeración 3, el cual se encuentra en una acanaladura 11 en la parte intermedia 10 y en una acanaladura abierta 9 en el estator 3, donde radialmente hacia el interior está delimitado por una capa 4 del material mencionado.

25 La figura 5 muestra ejemplos de ejecución adicionales de canales de refrigeración 3. La sección transversal es perpendicular con respecto al eje de un ejemplo adicional de un propulsor azimutal eléctrico de acuerdo con la invención y, radialmente en el interior, muestra primero un estator 1, al cual le siguen radialmente hacia el exterior primero una parte intermedia 10 y por último una parte de la carcasa 2.

30 Se representan cuatro canales de refrigeración 3 que respectivamente están dispuestos en una acanaladura 11 realizada cerrada, en la parte intermedia 3. De este modo, el primer canal de refrigeración 3 de la izquierda presenta una sección transversal rectangular, y el segundo canal de refrigeración 3 de la izquierda presenta una sección transversal circular. En el marco del ejemplo de ejecución del primer y del segundo canal de refrigeración 3 de la izquierda, la parte intermedia presenta una conductividad térmica de al menos  $1 \text{ W}/(\text{m}^*\text{K})$  y una resistencia a la corrosión al menos en una atmósfera que contiene agua de mar. Para los otros dos canales de refrigeración 3 que se indican a continuación la parte intermedia 10 no debe presentar obligatoriamente una conductividad térmica de esa clase o una resistencia a la corrosión de esa clase.

35 El primer canal de refrigeración 3 de la derecha presenta una sección transversal circular y el segundo canal de refrigeración 3 de la derecha presenta una sección transversal rectangular, donde los dos canales de refrigeración 3 son delimitados con respecto a la parte intermedia 10, respectivamente por un perfil hueco 12 del material mencionado.

40 Para todos los ejemplos de ejecución mencionados, el material de la capa puede presentar también una conductividad térmica de al menos  $60 \text{ W}/(\text{m}^*\text{K})$  o de al menos  $80 \text{ W}/(\text{m}^*\text{K})$ .

45 A modo de resumen, la presente invención hace referencia a un propulsor azimutal eléctrico para un buque, donde el propulsor azimutal presenta un motor eléctrico que presenta un estator y una parte de la carcasa que se extiende en dirección axial al menos parcialmente a lo largo del estator y la cual comprende al menos parcialmente el estator en la dirección perimetral. Para proporcionar un propulsor azimutal eléctrico con una refrigeración mejorada se sugiere que se proporcionen canales de refrigeración que se extienden esencialmente en dirección axial, en los cuales respectivamente puede circular al menos un refrigerante y mediante los cuales el motor eléctrico puede ser refrigerado, donde los canales de refrigeración, al menos radialmente hacia el interior están delimitados respectivamente por una capa de un material que presenta una conductividad térmica de al menos  $1 \text{ W}/(\text{m}^*\text{K})$  y el cual es resistente a la corrosión al menos en una atmósfera que contiene agua de mar.

**REIVINDICACIONES**

1. Propulsor azimutal eléctrico para un buque, el cual presenta

- un motor eléctrico que presenta un estator (1),

5 - una parte de la carcasa (2) que se extiende en dirección axial, al menos parcialmente a lo largo del estator (1) y que en la dirección perimetral comprende el estator (1) al menos de forma parcial,

- canales de refrigeración (3) que se extienden esencialmente en dirección axial, en los cuales respectivamente puede circular al menos un refrigerante y mediante los cuales el motor eléctrico puede ser refrigerado,

10 caracterizado porque los canales de refrigeración (3), al menos radialmente hacia el interior están delimitados respectivamente por una capa (4) de un material que presenta una conductividad térmica de al menos 60 W/(m\*K) y el cual es resistente a la corrosión al menos en una atmósfera que contiene agua de mar, donde para conformar al menos uno de los canales de refrigeración (3) una acanaladura (8) se proporciona en la parte de la carcasa (2), donde el material del cual es la capa (4) presenta una resistencia a la corrosión más elevada que el material de la carcasa (2) y/o que el material del estator (1).

2. Propulsor azimutal eléctrico según la reivindicación 1,

15 donde el estator (1), en el extremo respectivamente axial, presenta una cabeza de bobina (7),

donde al menos uno de los canales de refrigeración (3) se extiende al menos en secciones en al área axial de una de las cabezas de bobina (7),

donde se proporciona al menos una turbomáquina (5) que está dispuesta entre un árbol (6) del propulsor azimutal eléctrico y la parte de la carcasa (2), y la cual se encuentra conectada el árbol (6) de forma resistente a la torsión,

20 donde la respectiva cabeza de bobina (7) puede ser refrigerada a través de otro refrigerante que puede circular mediante al menos una turbomáquina (5).

3. Propulsor azimutal eléctrico según una de las reivindicaciones precedentes, donde para conformar al menos uno de los canales de refrigeración (3) una acanaladura (9) se proporciona en el estator (1).

25 4. Propulsor azimutal eléctrico según una de las reivindicaciones precedentes, donde entre la parte de la carcasa (2) y el estator (1) se encuentra una parte intermedia (10) del material del cual es la capa (4).

5. Propulsor azimutal eléctrico según la reivindicación 4, donde para conformar al menos uno de los canales de refrigeración (3) una acanaladura (11) se proporciona en la parte intermedia (10).

6. Propulsor azimutal eléctrico según una de las reivindicaciones precedentes, donde la acanaladura (8, 9, 11) está realizada abierta o cerrada.

30 7. Propulsor azimutal eléctrico según una de las reivindicaciones precedentes, donde en la delimitación radial de al menos uno de los canales de refrigeración (3) está dispuesto un perfil hueco (12) del material del cual es la capa (4).

8. Propulsor azimutal eléctrico según una de las reivindicaciones precedentes, donde el material del cual es la capa (4) presenta una aleación de cobre - aluminio.

9. Propulsor azimutal eléctrico según una de las reivindicaciones precedentes,

35 donde en el respectivo extremo axial de al menos uno de los canales de refrigeración (3) se proporcionan respectivamente una abertura de entrada (13) y respectivamente una abertura de salida (14),

40 donde la respectiva abertura de entrada (13) y/o la respectiva abertura de salida (14) están realizadas de manera que, en el caso de un movimiento relativo del propulsor azimutal con respecto a agua que rodea al menos parcialmente el propulsor azimutal, el agua puede circular a través de la abertura de entrada (13), de al menos un canal de refrigeración (3) y de la abertura de salida (14).

10. Propulsor azimutal eléctrico según la reivindicación 9, donde puede ser incrementada la velocidad de flujo del agua que circula a través de al menos un canal de refrigeración (3).

11. Propulsor azimutal eléctrico según la reivindicación 9 ó 10, donde se proporciona al menos otra turbomáquina (15) a través de la cual puede incrementarse la velocidad de flujo del agua que circula a través de al menos un canal de refrigeración (3).

5 12. Propulsor azimutal eléctrico según una de las reivindicaciones precedentes, donde al menos uno de los canales de refrigeración (3) está realizado como tubo térmico.

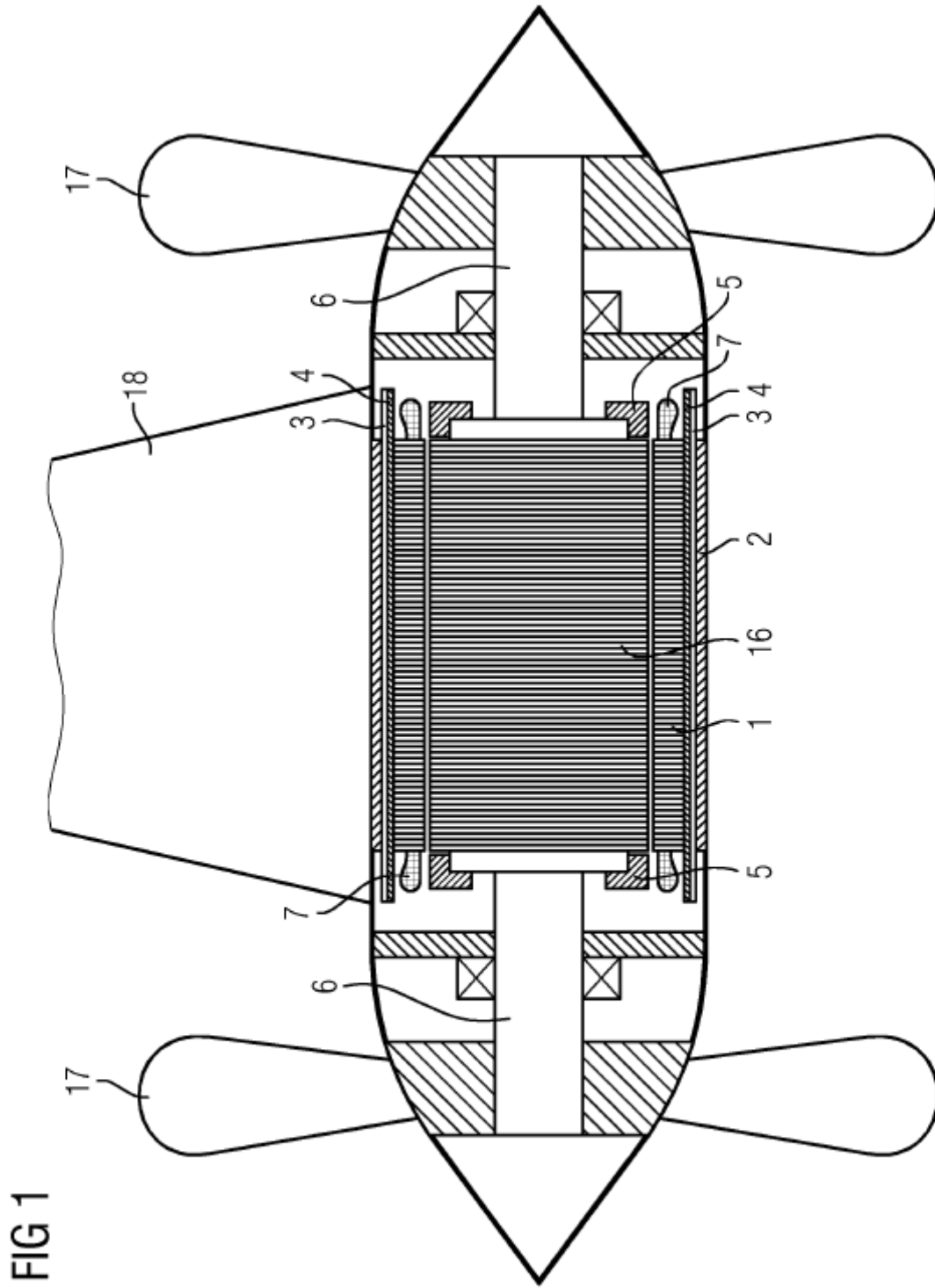


FIG 1

FIG 2

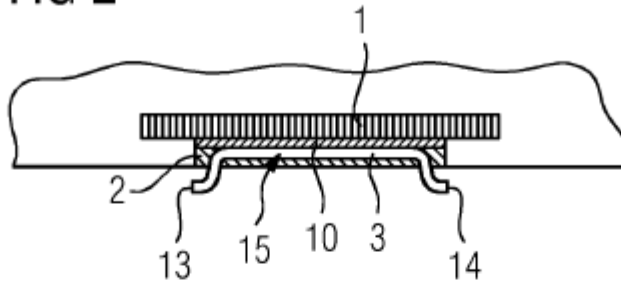


FIG 3

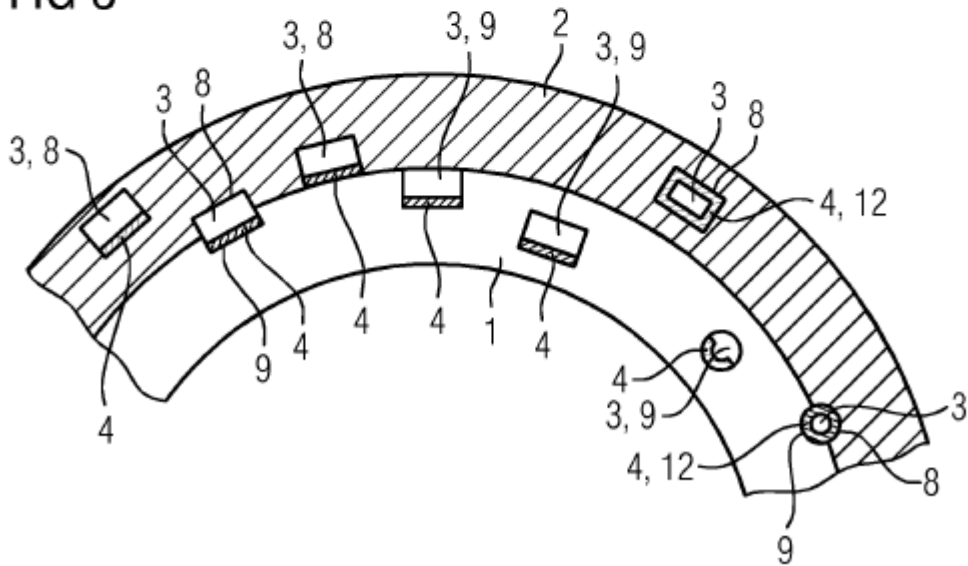


FIG 4

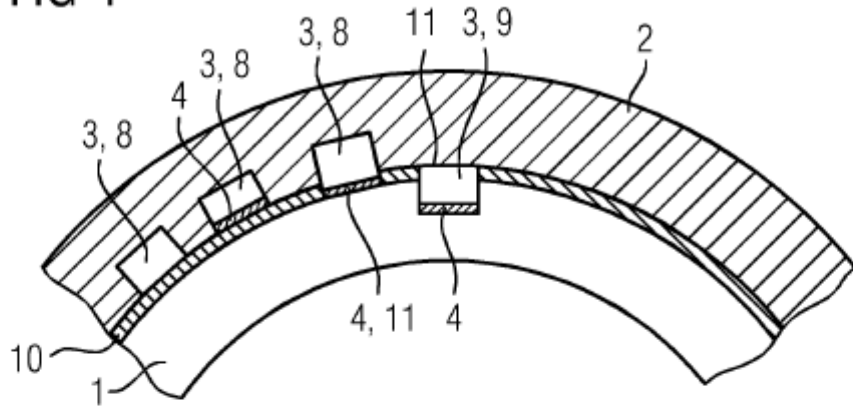


FIG 5

