

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 633 126**

51 Int. Cl.:

**B63B 1/04** (2006.01)

**B63B 1/06** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **09.08.2011 PCT/GB2011/001196**

87 Fecha y número de publicación internacional: **16.02.2012 WO12020223**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **09.08.2011 E 11749213 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.04.2017 EP 2603420**

54 Título: **Casco de forma completa para buque con resistencia reducida por formación de olas**

30 Prioridad:

**09.08.2010 GB 201013295**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**19.09.2017**

73 Titular/es:

**BMT DEFENCE SERVICES LIMITED (50.0%)  
Maritime House 210 Lower Bristol Road  
Bath BA2 3DQ, GB y  
TEEKAY SHIPPING LIMITED (50.0%)**

72 Inventor/es:

**DINHAM-PEREN, THOMAS y  
HANSEN, HANS-RICHARD**

74 Agente/Representante:

**STEPHANN, Valérie**

ES 2 633 126 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

Casco de forma completa para buque con resistencia reducida por formación de olas

- 5 La presente invención se refiere a cascos de forma completa para buque. En la presente memoria descriptiva, un casco de forma completa es un casco de desplazamiento para un navío de forma completa, que tenga un coeficiente de bloqueo de al menos 0,75 y un número de Froude no mayor de 0,25, a la velocidad de servicio del buque.
- 10 Los buques de forma plena son normalmente buques de carga, con medios de dirección y de propulsión, e incluyen, por ejemplo, petroleros; graneleros; petroleros de abastecimiento entre factorías; y también algunos buques grandes que convencionalmente tienen unos medios cuerpos, paralelos, pero normalmente líneas algo más finas que las de los ejemplos anteriormente mencionados, tales como los buques portacontenedores.
- 15 La eficiencia del casco, que corresponde a la energía requerida para propulsar el casco a través del agua con respecto al tamaño y la velocidad de servicio del buque, se determina entre otras cosas mediante la resistencia al arrastre, que resulta de la fricción entre el casco y el agua; y la resistencia por olas, que representa la energía disipada como olas superficiales generadas por el movimiento del
- 20 casco a través del agua.
- El movimiento del buque a través del agua da lugar a un campo de presión, sobre toda la porción sumergida del casco. El movimiento del agua desplazada por este campo de presión genera olas en la superficie, en un patrón que refleja los contornos del casco, estando focalizada la generación de los
- 25 sistemas de olas particularmente en las transiciones abruptas, y en las porciones con ángulos más romos de la geometría del casco, con respecto a su dirección del movimiento. Una proporción de la energía requerida para propulsar el buque se disipa para crear estos sistemas de olas, cada uno de los cuales puede considerarse, en pos de la simplicidad, como una ola pura designada por una correspondiente característica del casco. Así, la proa dará lugar a una "ola de proa", y el pantoque delantero a una "ola de pantoque".
- 30 La forma del casco de tales buques está diseñada para optimizar la eficiencia, al tiempo que se maximice la capacidad de carga del buque, dentro de las restricciones dimensionales prácticas impuestas por las rutas de envío principales y por las instalaciones de atraque.
- 35 En la Fig. 1 se muestra un casco de forma completa convencional, mostrando la Fig. 2 la correspondiente curva de área de sección (que representa el área de sección transversal de la porción sumergida del casco, en cada punto de su longitud). El casco de la técnica anterior comprende una porción delantera de cuerpo y una porción trasera de cuerpo, unidas por una porción central de cuerpo
- 40 paralela. Las regiones en las que la curva del área de sección se reduce notablemente hacia la proa y la popa se denominan, respectivamente, el pantoque de proa y el pantoque de popa, formando estas características unas convexidades locales importantes en el casco, que tienen un efecto significativo de formación de olas.
- 45 Es conocido el hecho de proporcionar en tales cascos un bulbo, que sobresale hacia delante desde la proa, por debajo de la línea de flotación. El bulbo genera un sistema de olas (una "ola de bulbo") que, a la velocidad de servicio diseñada, interactúa de manera al menos parcialmente antifásica con la ola de proa para reducir la amplitud de la ola de proa, logrando una ganancia neta en la eficiencia. Una desventaja del bulbo es que aumenta la eslora total (LOA) del buque, que es una limitación clave a la
- 50 hora de obtener un lugar en las instalaciones de atraque.
- Es conocido el hecho de que, al situar el pantoque delantero 3 de forma que la ola de pantoque y la ola de proa queden de manera al menos parcialmente antifásica, la ola de pantoque reduce la amplitud de la ola de proa y, por lo tanto, la energía disipada por la misma. Esto normalmente requiere
- 55 posicionar el pantoque relativamente cerca de la proa. Sin embargo, en igualdad de condiciones, una reducción en la distancia horizontal entre el pantoque y la proa resultará en una forma más roma del casco, lo que aumenta la resistencia del mismo.
- 60 Con referencia a la Fig. 4, se representan la porción anterior de cuerpo y la porción central de cuerpo de tres formas de casco variantes, de la técnica anterior, en las que se ha desplazado progresivamente hacia adelante la posición 3 del pantoque delantero, hacia la proa. Las tres curvas de sección presentan el mismo volumen desplazado. Se ha observado que, cuanto más adelante esté el pantoque, más alta será la resistencia al arrastre del casco y, en consecuencia, se pierde cualquier posible ganancia de la eficiencia obtenida por la interacción entre la ola de proa y la ola de pantoque.

En consecuencia, hasta el momento ha sido imposible optimizar adicionalmente la interacción entre la ola de proa y la ola de pantoque sin incurrir en una reducción neta en la eficiencia energética.

- 5 Se han adoptado otros diversos enfoques para mejorar la eficiencia del desplazamiento de los cascos, siendo los siguientes algunos ejemplos.

El documento BE 538854 da a conocer un casco que tiene un saliente por debajo de la línea de flotación, en la proa, lo que supuestamente aumenta la eficiencia.

- 10 El documento EP1852344 da a conocer una forma de casco que tiene al menos dos regiones de inflexión en la curvatura del cuerpo anterior, que definen una protuberancia que supuestamente tiene una influencia positiva sobre los sistemas de olas, y que reduce la resistencia por olas a una velocidad dada.

- 15 El documento US 2005022713 da a conocer un casco que tiene líneas relativamente finas, con superficies cóncavas en el cuerpo anterior, que supuestamente minimiza la ola de proa.

El documento EP 1314639 da a conocer un casco que tiene una proa afilada y una roda vertical sin bulbo, que supuestamente presenta una resistencia reducida por formación de olas.

- 20 El documento GB 303.228 da a conocer un casco que tiene una porción delantera con líneas relativamente finas, que terminan en una proa relativamente llena, que supuestamente reduce la ola de proa y aumenta la eficiencia.

- 25 El documento DE 580817 da a conocer un casco de buque que tiene cuadernas hiperbólicas.

El objeto de la presente invención es mejorar la eficiencia del desplazamiento dado de un casco de forma completa, preferentemente sin aumentar su eslora total o sin reducir su capacidad de carga. Más preferentemente, debería aumentar la capacidad de carga.

- 30 En sus diversos aspectos, la invención proporciona un buque que comprende un casco de forma completa, y métodos correspondientes según se definen en las reivindicaciones.

- 35 En comparación con un casco de forma completa convencional, de acuerdo con una primera realización preferida, se ha desplazado el pantoque hacia adelante y hacia arriba, hacia la línea de flotación, de manera que la proa sea más roma (es decir, el área de sección del casco disminuya más rápidamente desde el pantoque hacia la proa); y el área de sección del casco se ha dispuesto para que aumente progresivamente hacia la popa desde el pantoque, de manera que esta región del casco sea ahusada o en forma de cuña, en vez de presentar caras paralelas.

- 40 Otras características y ventajas resultarán evidentes a partir de las siguientes realizaciones ilustrativas de la invención, que se describen puramente a modo de ejemplo y sin que supongan una limitación al alcance de las reivindicaciones, y con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

- 45 la Fig. 1 muestra un casco de forma completa de la técnica anterior;

la Fig. 2 es una curva de área de sección no dimensionada, para el casco de la Fig. 1;

- 50 la Fig. 3 muestra una correspondiente curva de área de sección no dimensionada, de acuerdo con una primera realización;

la Fig. 4 es una curva de área de sección en la que no se muestra el cuerpo trasero, que ilustra variaciones de la posición del pantoque delantero según se conoce en la técnica;

- 55 la Fig. 5 es una curva de área de sección correspondiente a la de la Fig. 4, que ilustra la posición del pantoque delantero de acuerdo con la primera realización (línea continua), en comparación con la técnica anterior (línea discontinua);

- 60 la Fig. 6 es una curva de sección del cuerpo anterior, que ilustra la posición del pantoque de acuerdo con la técnica anterior (línea discontinua), la primera realización (línea continua), y una segunda realización (línea mixta);

## ES 2 633 126 T3

la Fig. 7 es una curva de área de sección de acuerdo con la primera realización (línea continua), en comparación con la técnica anterior (línea discontinua), que ilustra la posición de un tanque de carga;

5 la Fig. 8 ilustra los parámetros usados a continuación para definir la brusquedad de una convexidad local, según se representa en la curva de área de sección del casco;

10 la Fig. 9 ilustra la interacción entre la ola de proa y la ola de pantoque, con respecto a la curva de área de sección a la velocidad de servicio, en la condición de diseño, en una implementación de la primera realización; y

la Fig. 10 es una curva de área de sección de un casco de forma completa, de acuerdo con una realización adicional.

15 Los correspondientes números o letras de referencia indican características correspondientes en cada una de las figuras.

Debe comprenderse que cada curva de área de sección no está dimensionada, y que representa el área de sección sumergida del casco en la condición de diseño.

20 Con referencia a la Fig. 1, un buque de carga de la técnica anterior comprende un casco de buque de forma completa con un timón 11 y una hélice 12 accionada por motor, que proporcionan respectivamente un medio de dirección y de propulsión. La eslora entre perpendiculares (LPP) del casco se extiende a lo largo de su eje de longitud X-X, y está definida como la distancia entre la perpendicular delantera (B, Figuras 1-3) y la perpendicular trasera (S, Figs. 1-3). La perpendicular delantera B es una línea vertical, que pasa a través de ese punto en la roda próximo a la proa, que interseca la línea de flotación 13, en la condición de diseño; la perpendicular trasera S es el eje de rotación del timón 11, próximo a la roda. La velocidad de servicio del buque es la velocidad media constante mantenida, a la que está diseñado para viajar en la condición de diseño, es decir, completamente cargado y nivelado para navegar, es decir, en la que la línea de base 14 (definida por una superficie plana en la parte inferior del casco) está paralela a la línea de flotación. La eslora total (LOA) del buque es la longitud entre sus extremidades de proa y de roda, y es ligeramente más larga que la LPP. El punto central M del buque está a medio camino a lo largo del eje longitudinal, entre B y S.

35 Con referencia a la Fig. 2, la curva de área de sección muestra el área de sección del casco, que es el área de sección transversal de la porción del casco sumergida por debajo de la línea de flotación, en la condición de diseño, con respecto al eje de longitud X-X, cuyo valor va de -1 en la perpendicular trasera S a +1 en la perpendicular delantera B. El área de sección en cada punto del casco, que tiene un valor entre 0 (sin área de sección por debajo de la línea de flotación) y 1 (el área de sección máxima está por debajo de la línea de flotación), se muestra en el eje vertical como  $A/A_{MAX}$ , siendo  $A_{MAX} = 1$  (área de sección máxima) y  $A =$  área de sección en cada punto respectivo a lo largo del eje de longitud, y en la Fig. 1 se ilustra en una posición ejemplar a lo largo de la eslora del casco, a modo de zona sombreada 15.

45 La porción sumergida del casco de la técnica anterior comprende una porción central 1 de cuerpo paralela, una porción delantera de cuerpo y una porción trasera de cuerpo. La porción delantera de cuerpo comprende una proa 4 y un pantoque delantero 3 detrás de la proa. La porción trasera de cuerpo comprende un pantoque trasero 2 y una porción de popa 5. El casco tiene su área de sección máxima en la porción central de cuerpo, entre las porciones anterior y posterior de cuerpo.

50 Debe observarse que la porción central 1 de cuerpo puede ser un cuerpo central paralelo, con una longitud sustancial, como se muestra en la Fig. 2, o con una longitud reducida como se muestra en la curva de área de sección modificada de la Fig. 3 o, alternativamente, puede ser una convexidad local con una longitud mínima, que represente meramente una zona de transición corta en la que la porción ahusada novedosa del cuerpo delantero se fusione con el cuerpo trasero. En cada caso, la porción ahusada puede estar situada completamente por delante de la línea central M del buque, o puede extenderse hacia atrás desde la línea central, entendiéndose que el término "porción trasera de cuerpo" abarca la porción ahusada, en cualquier caso.

60 Con referencia a la Fig. 3, de acuerdo con una primera realización preferida, en un buque que tenga medios de dirección y de propulsión generalmente convencionales, que pueden ser de cualquier tipo apropiado, se mejora la eficiencia de la forma del casco de la técnica anterior (representada por líneas continuas) al modificar la posición del pantoque delantero, que se desplaza hacia adelante y hacia

5 arriba desde su posición convencional 3, hacia la línea de flotación hasta la nueva posición 3' (representada por líneas de trazos), mientras que una porción ahusada 7 hacia delante (que forma parte del cuerpo delantero según se define aquí), está dispuesta entre el pantoque delantero 3' y la porción central de cuerpo, reemplazando al menos parte de la porción central de cuerpo paralela convencional.

10 Con referencia también a las Figs. 5 y 9, las características y las formas de ola de la técnica anterior se muestran con líneas de trazos, mientras que las características y formas de ola novedosas se muestran con líneas continuas. El pantoque delantero se ha desplazado hacia adelante y hacia arriba, desde 3 (posición de la técnica anterior) hasta 3' (posición novedosa), mientras que las líneas de la proa se han desplazado hacia adelante, desde la posición convencional 4 hasta la posición novedosa 4', para obtener una interacción antifásica ventajosa entre las olas de proa y las de pantoque, como se ilustra en la Fig. 9, sin incurrir en un correspondiente aumento de la resistencia de arrastre.

15 El pantoque delantero forma una sola convexidad local, que es suficientemente brusca como para proporcionar un sustancial efecto de generación de olas a la velocidad de servicio del buque, creando una ola de pantoque, y está situado de manera que se obtenga al menos una interacción antifásica parcial entre la ola de pantoque y la ola de proa, suficiente para reducir la amplitud de la ola de proa, y preferentemente suficiente para impedir sustancialmente que la ola de proa rompa en su segunda cresta (es decir, la cresta situada por detrás de su primera cresta, que normalmente se encuentra ligeramente por delante de la proa).

20 Con referencia a la Fig. 9, la ola pura 21 de pantoque (casco de la técnica anterior), 21' (casco novedoso) generada por la región de baja presión en el pantoque 3 (casco de la técnica anterior), 3' (casco novedoso) interactúa con la ola pura 20 de proa (casco de la técnica anterior), 20' (casco novedoso) generada por la región de alta presión en la proa, para crear la ola de proa visible resultante, u ola total 22 (casco de la técnica anterior), 22' (casco novedoso) como la suma de las dos olas puras. En los buques cisterna de la técnica anterior, la ola de pantoque tiende a hacer crecer la ola pura de proa, de manera que la ola 22 de proa resultante forma una depresión grande 23 a la que sigue una segunda cresta 24, justo detrás del pantoque. La segunda cresta 24 normalmente es muy inclinada, como se muestra en la ilustración, y es propensa a la rotura, lo que disipa una cantidad significativa de energía. La curva de área modificada del casco novedoso sitúa la ola de pantoque ligeramente más adelante, modificando la relación de fase entre las dos olas lo suficiente como para reducir la amplitud de la segunda cresta 24' de la ola de proa resultante, haciéndola menos inclinada y reduciendo sustancialmente su tendencia a la rotura.

35 Así, en lugar de un método para reducir la generación global de olas, la invención puede considerarse como un método de modificación de la forma de las olas para evitar la rotura de las mismas, logrando una mejora general de la eficiencia.

40 En la práctica, el cambio requerido en la relación de fase puede ser relativamente pequeño. Sorprendentemente, se ha observado que, aunque la proa es relativamente más roma que la forma optimizada de la técnica anterior (línea continua) y aunque la amplitud de la ola pura de proa, en su primera cresta 25 (casco de la técnica anterior), 25' (casco novedoso) y en la segunda cresta 26 (casco de la técnica anterior), 26' (casco novedoso) puede incrementar concomitantemente, tal como se muestra, se mejora la eficiencia global en términos de energía de propulsión aproximadamente en un 6 %, en comparación con el casco de la técnica anterior, como resultado de la inclinación reducida que evita la rotura de la segunda cresta 24' de la ola de proa resultante, en combinación con la característica ventajosa de resistencia a la fricción de la porción ahusada 7 novedosa. Se ha observado en pruebas de modelo que la forma novedosa del casco ofrece excelentes propiedades de resistencia.

55 Cabe observar que el área total bajo la curva (Fig. 3, Fig. 5) permanece aproximadamente igual, de modo que, en el ejemplo mostrado, el coeficiente de bloque es el mismo que el del casco de la técnica anterior.

60 Ventajosamente, la posición relativamente más delantera del pantoque delantero 3' también permite aumentar la capacidad de carga. En un buque portacontenedores, esto puede lograrse debido al aumento de la anchura en el pantoque delantero, en la línea de flotación. En un buque que transporte gas natural licuado (GNL) se ha observado que, debido a la forma ligeramente más cuadrada del cuerpo trasero, el tanque 6' de GNL (Fig. 7) puede extenderse, cuando se compara con un correspondiente tanque 6 de un correspondiente casco de la técnica anterior, hacia el espacio adicional creado por la nueva posición del pantoque, para aumentar su capacidad total.

La región ahusada 7 o en forma de cuña del casco se encuentra con el cuerpo trasero o con el cuerpo central paralelo en otra convexidad local, que puede ser relativamente abrupta, en cuyo caso formará otro lugar geométrico de generación de olas, o puede ser relativamente gradual, en cuyo caso se minimiza la generación de olas en ese punto.

5

La porción ahusada 7 se extiende preferentemente a lo largo del eje de longitud X-X, al menos aproximadamente el 5 % de la LPP, más preferentemente el 10 % de la LPP, aún más preferentemente el 15 % de la LPP, aún más preferentemente al menos el 20 % o incluso el 25 % de la LPP. Cuando no exista el cuerpo central paralelo, puede extenderse hasta el 50 % o más de la LPP.

10

Preferentemente, la porción ahusada 7 se estrecha de forma sustancialmente lineal con respecto al eje de longitud, es decir, la superficie del casco es sustancialmente recta en lugar de curvada, a lo largo del eje de longitud X-X.

15

Alternativamente, la porción ahusada 7 puede estrecharse no linealmente con respecto al eje de longitud, teniendo preferentemente una curvatura convexa con respecto al eje de longitud para definir un ángulo subtendido de no más de 6 grados, preferentemente de no más de 4 grados, más preferentemente de no más de 2 grados, en la que el ángulo subtendido sea un ángulo geométrico de la porción ahusada representado por una curva de área no dimensionada, trazada en una escala de 0 - 1 ( $A/A_{MAX}$ ) y -1 - +1 (LPP).

20

La eslora total del buque está limitada por la disponibilidad de instalaciones de atraque adecuadas. Por lo tanto, es deseable maximizar la capacidad de carga del buque sin aumentar su eslora total. Con el fin de garantizar la máxima capacidad de carga posible resulta deseable, en la medida de lo posible, maximizar el coeficiente de bloque del casco.

25

Por lo tanto, el cuerpo central y el cuerpo anterior tienen una curvatura sustancialmente positiva, es decir, la curva del área de sección de las porciones central y anterior de cuerpo sumergidas es generalmente plana o convexa, y preferentemente convexa. Preferentemente, al menos el 80 % (medido por el área que hay bajo la curva del área de sección) de la curva del área de sección del cuerpo central y el cuerpo anterior sumergidos es plana o convexa, más preferentemente al menos el 90 %, y siendo lo más preferente al menos el 95 %.

30

Por lo tanto, una proporción correspondiente del área superficial del cuerpo central y el cuerpo anterior sumergidos tiene una curvatura positiva total tridimensional, de manera que las superficies del casco que comprenden el cuerpo central y el cuerpo anterior sean sustancialmente convexas o sustancialmente planas, y preferentemente sustancialmente convexas, pero no sustancialmente cóncavas. Esto minimiza ventajosamente la resistencia al arrastre del casco, y maximiza el coeficiente de bloque y, por lo tanto, la capacidad de carga del buque para cualquier eslora total, mientras que una concavidad o curvatura negativa sustancial tiende a reducir el coeficiente de bloque y reduce desventajosamente la capacidad de carga.

35

40

Debe observarse que, cuando las líneas de agua de proa son localmente huecas justo a popa de la roda, lo que se refleja en la curva de área de sección mediante una concavidad local (16, Fig. 3), en comparación, por ejemplo, con la convexidad del pantoque delantero 3, el área (región sombreada 17, Fig. 3) situada bajo la curva del área de sección que refleja estas líneas huecas normalmente representa solo un porcentaje muy pequeño del área bajo la curva de área de sección del cuerpo central y el cuerpo anterior. En los cascos que tienen un bulbo, se adapta el cuerpo anterior para que no incluya el bulbo o la región en la que el bulbo se endereza hacia la proa.

50

Las formas de casco del tipo mencionado anteriormente normalmente están muy desarrolladas, y, por lo tanto, el método novedoso implementado de acuerdo con la primera realización puede considerarse alternativamente como un método para mejorar la eficiencia, al reducir la resistencia a la formación de olas de la forma de casco del tipo anteriormente mencionado, ya optimizada de acuerdo con la técnica anterior, al mover la posición del pantoque hacia delante y hacia arriba para obtener al menos una interacción antifásica parcial entre la ola de pantoque y la ola de proa, suficiente para evitar que la ola de proa rompa en su segunda cresta; e introducir la porción ahusada hacia delante novedosa en la porción anterior de cuerpo, entre la nueva posición de pantoque y la porción central de cuerpo.

55

60

El método novedoso se implementa mediante técnicas de diseño iterativo conocidas, en las que la forma final del casco se desarrolla al refinar sus parámetros mediante dinámica de fluidos computacional, para desarrollar una serie de formas de casco intermedias que se prueban en un tanque, como se conoce en la técnica.

Las características de generación de olas de las convexidades locales, es decir, las discontinuidades en la geometría de la superficie del casco, tal como se representan en su curva de área de sección, dependen entre otras cosas de lo abrupto de la convexidad, que es una función de su ángulo subtendido y de su radio de curvatura total. Con referencia a la Fig. 8, el ángulo subtendido  $\alpha$  de la convexidad local C, o de cada convexidad local C, está definido con referencia a la curva de área de sección como el ángulo entre el primer radio R1 y el segundo radio R2 de curvatura de la convexidad, siendo los radios líneas imaginarias que se extienden desde su punto O de intersección mutua, para cumplir con las respectivas primera y segunda líneas tangentes imaginarias T1, T2, siendo cada línea tangente ortogonal al respectivo radio de curvatura R1, R2, y tangente a una respectiva de las dos porciones adyacentes H1, H2 de la curva de área de sección en el punto P1, P2, en el que dicha porción se funde con la convexidad local C.

El radio de curvatura total de cada convexidad local C, que puede comprender curvas compuestas, está definido como la longitud media de su primer y segundo radios de curvatura R1, R2.

Debe comprenderse que la convexidad local está definida como una porción convexa de la curva de área de sección no dimensionada, con respecto al eje de longitud. El ángulo subtendido de la porción ahusada, donde el ahusamiento es convexo en lugar de lineal con respecto al eje de longitud, se calcula de la misma manera.

Con referencia a la Fig. 6, en la primera realización preferida que se muestra con la curva 61 de línea continua, se hace que el pantoque 3' sea relativamente abrupto mientras que la porción ahusada 7 a popa del pantoque se funde con la porción central 1 del buque, en una convexidad local 8 relativamente suave, es decir una convexidad local que tiene una brusquedad mínima, que forma un enmaestrado suave en el que la porción delantera de cuerpo se funde con el cuerpo trasera o porción central paralela de cuerpo, de manera que la formación de olas en ese punto sea insignificante en comparación con la generada por el pantoque delantero. Preferentemente, se hace que el pantoque delantero 3' sea relativamente duro, es decir relativamente abrupto, de modo que actúe como un generador significativo de olas al contrario que la porción ahusada 7 y la convexidad 8.

Se muestra la forma de casco convencional con el pantoque 3, a modo de referencia, como la curva 62 de línea discontinua.

Preferentemente, el área de sección en un punto 9 (Fig. 5) en el eje de longitud X-X, allí donde la porción ahusada 7 se encuentra con el pantoque delantero 3', es al menos el 75 % del área de sección máxima del casco, más preferentemente el 80 %, aún más preferentemente el 85 %, o ventajosamente hasta el 90 % o incluso el 95 %, o más. Esto maximiza el coeficiente de bloque y minimiza la formación de olas en la porción ahusada, mientras que mejora ventajosamente la generación de olas en el pantoque y, por lo tanto, la interacción antifásica deseada entre las olas de proa y de pantoque.

Preferentemente, el pantoque delantero tiene una curvatura convexa con respecto al eje longitudinal, representada en la curva del área de sección por un ángulo subtendido de al menos 5 grados, y más preferentemente de 25 grados, aunque los ángulos mayores, al menos 50 o incluso 70 grados, aumentarán ventajosamente la generación de olas en este punto. Preferentemente, su curvatura convexa con respecto al eje de longitud está representada en la curva de área de sección por un radio de curvatura total no superior a 3,0 LPP, más preferentemente de 1,5 LPP, aunque se obtiene una curvatura más abrupta y una generación de olas más pronunciada con un radio total de curvatura no superior a 1,0 LPP, más preferentemente de 0,5 LPP, o incluso de 0,15 LPP, entendiéndose que la brusquedad es una función del ángulo subtendido y del radio de curvatura total. En una realización habitual, el ángulo subtendido del pantoque delantero es de aproximadamente 50 grados y su radio de curvatura total es de aproximadamente 0,5 LPP.

Con referencia a la Fig. 10, en una realización preferida adicional, un buque de carga comprende un casco que comprende un timón y una hélice (no mostrados) similares a los de la Fig. 1, con un pantoque delantero 3' que se encuentra con una porción ahusada 7 en un punto 9, enderezándose la porción ahusada suavemente hacia el cuerpo central paralelo en un punto 8. Se asigna un valor arbitrario de 2.000 unidades a la longitud entre paralelos LPP. El pantoque delantero tiene un ángulo subtendido  $\alpha$  de 50,6°, con un radio de curvatura R2 de 0,402; es decir, el radio de curvatura R2 = 0,201 LPP. La porción ahusada 7 se extiende 0,238 unidades de longitud, es decir, 0,191 LPP, mientras que la longitud del cuerpo anterior hacia delante del punto 8 es de 0,754 unidades de longitud, o 0,377 LPP. El área de sección A en el punto 9 es 0,964 A<sub>MAX</sub>, en la que A<sub>MAX</sub> = 1.000. La curva del área de sección del cuerpo anterior y del cuerpo central tiene una curvatura totalmente positiva, es decir, es completamente plana o convexa. El sustancial ángulo subtendido y el radio de

curvatura relativamente pequeño del pantoque delantero tienen un efecto pronunciado de formación de olas, mientras que la porción ahusada relativamente corta se endereza hacia el casco en el punto 8 con un ángulo suave de aproximadamente  $4^\circ$ , con respecto al cuerpo central paralelo. La relación antifásica resultante de la ola de proa y de la ola de pantoque proporciona al casco novedoso una sustancial ganancia de la eficiencia frente a la forma de casco de la técnica anterior, lo cual es sorprendente en vista de su cuerpo anterior relativamente romo y su elevado coeficiente de bloque.

Con referencia de nuevo a la Fig. 6, en una realización alternativa mostrada por la curva 63 de la línea mixta, se ha desplazado de nuevo el pantoque 3" hacia adelante y hacia arriba (es decir, hacia la línea de flotación) con respecto al casco convencional, pero se ha hecho que sea relativamente suave mientras que la convexidad local 8' se ha hecho abrupta. Esto cambia el foco de generación de olas a popa de la convexidad 8'. La longitud de la porción ahusada 7' es relativamente más corta que en la primera realización, mientras que su velocidad de ahusamiento es relativamente más rápida, seleccionándose estos parámetros para posicionar la convexidad local trasera 8' con respecto a la proa y a otras características de generación de olas del casco, para optimizar la interacción con las olas, logrando nuevamente un ahorro de energía.

Ventajosamente, la diferencia de fases entre la ola de pantoque y la ola de proa a la velocidad de servicio es de al menos 40 grados, y puede ser de hasta 60, 80, 100, 120 o incluso 140 grados, o más. En la práctica, la diferencia de fases se determina mediante cálculo y ensayo, de acuerdo con las técnicas de diseño conocidas, para conseguir un equilibrio óptimo entre los parámetros clave del casco, en cuyo punto de diseño recién optimizado se logra la eficiencia adicional realizada por la combinación novedosa de la porción ahusada y la posición del pantoque. En la práctica, incluso las diferencias de fase relativamente pequeñas pueden conseguir ahorros significativos de la eficiencia cuando se proporciona la posición de pantoque modificada, en combinación con una nueva porción ahusada de acuerdo con la invención.

En otras realizaciones, el pantoque delantero puede comprender dos o más convexidades locales. Por ejemplo, pueden situarse dos o tres convexidades locales para crear una interacción ventajosa de los sistemas de olas. En otras realizaciones adicionales, se pueden proporcionar hasta cuatro o cinco convexidades locales, o incluso más, cada una de las cuales tendrá sin embargo un efecto concomitantemente reducido.

Cuando el cuerpo anterior tiene una curvatura global positiva, la brusquedad de cada convexidad local está obviamente limitada por el número de convexidades locales y por el grado general de curvatura del cuerpo anterior; por lo que cuantas más convexidades locales se proporcionen, menos abrupta será cada una de las mismas. Cuanto mayor sea el ángulo subtendido y cuanto menor sea su radio de curvatura general, más abrupta será la convexidad local. La brusquedad de cada convexidad local puede aumentarse al aplanar el casco por cada uno de sus lados, lo que sin embargo reducirá el coeficiente de bloque. Al proporcionar superficies de casco cóncavas, pueden mejorarse las convexidades locales; sin embargo, se requiere una convexidad sustancial para obtener una brusquedad significativa, y se reduce el coeficiente de bloque de forma concomitante.

Aunque se han descrito las realizaciones de la invención con referencia a la parte delantera del casco, el movimiento del agua sobre la porción trasera del casco da lugar a patrones similares de formación de olas en la popa, disipando la energía de propulsión y dando lugar a una fuerza de resistencia o de frenado. Se ha observado que los principios de la invención pueden aplicarse ventajosamente a la porción trasera de cuerpo del casco, alternativa o adicionalmente a la porción anterior de cuerpo, para reducir la formación de olas y aumentar la eficiencia, si se aplican mutatis mutandis los parámetros descritos en relación con el cuerpo anterior al cuerpo trasero.

Ventajosamente, en cada realización puede hacerse que el casco sea relativamente largo, estrecho y profundo si se compara con el casco de la técnica anterior, lo que se ha observado que da como resultado una eficiencia aún mayor. En tales formas más esbeltas, normalmente se colocaría el pantoque más hacia la popa, mientras que la porción ahusada novedosa permite colocar el pantoque relativamente más hacia delante, como si el buque estuviera más lleno, de modo que su capacidad de carga se corresponda con la de un buque con líneas más llenas.

Por otra parte, se ha observado que se obtiene una mayor eficiencia con un casco sin bulbo que con un casco con bulbo, desplazándose la roda del casco sin bulbo hacia delante de manera que el cuerpo anterior sea alargado para ocupar el espacio ocupado por el bulbo de la técnica anterior, manteniendo igual la eslora del buque. Sin embargo, la invención puede aplicarse a cascos que tengan una proa con bulbo, así como a cascos sin bulbo. La forma de casco novedosa puede aplicarse a buques de carga del tamaño de buques costeros, con un desplazamiento de unos varios cientos de toneladas,



pasando por buques de carga de aproximadamente 15.000 toneladas, hasta buques más grandes como grandes transportistas de crudo, con desplazamientos de 300.000 toneladas o más.

5 En lugar de un timón y una hélice, pueden proporcionarse otros medios de dirección y de propulsión cualesquiera conocidos en la técnica, incluyendo por ejemplo medios de dirección y de propulsión combinados, tales como hélices azimutales.

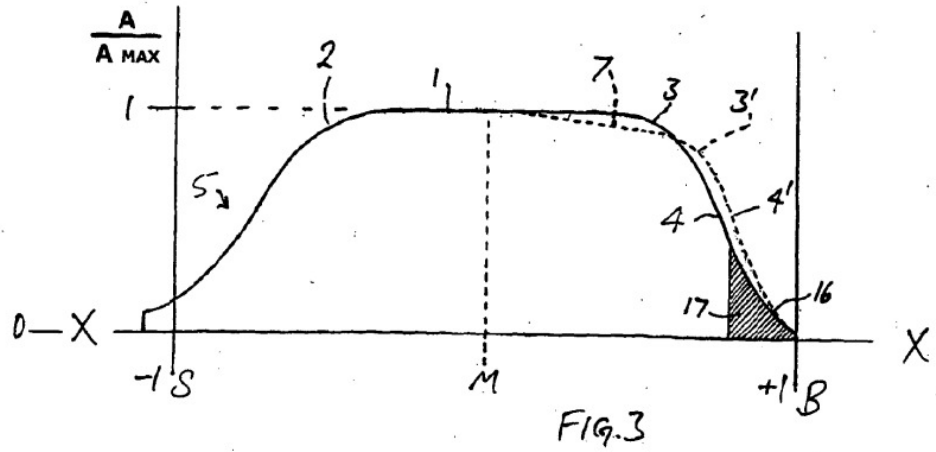
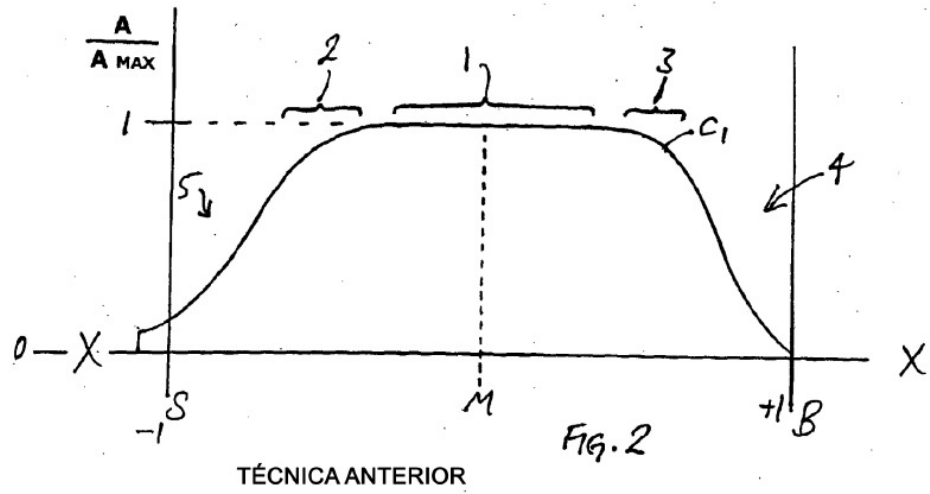
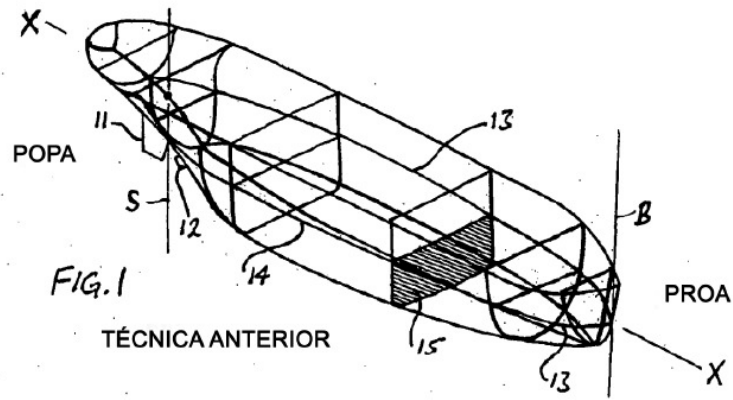
10 A partir de la anterior descripción ilustrativa resultarán evidentes muchas otras adaptaciones, y debe comprenderse que la invención está únicamente limitada por el alcance de las reivindicaciones.

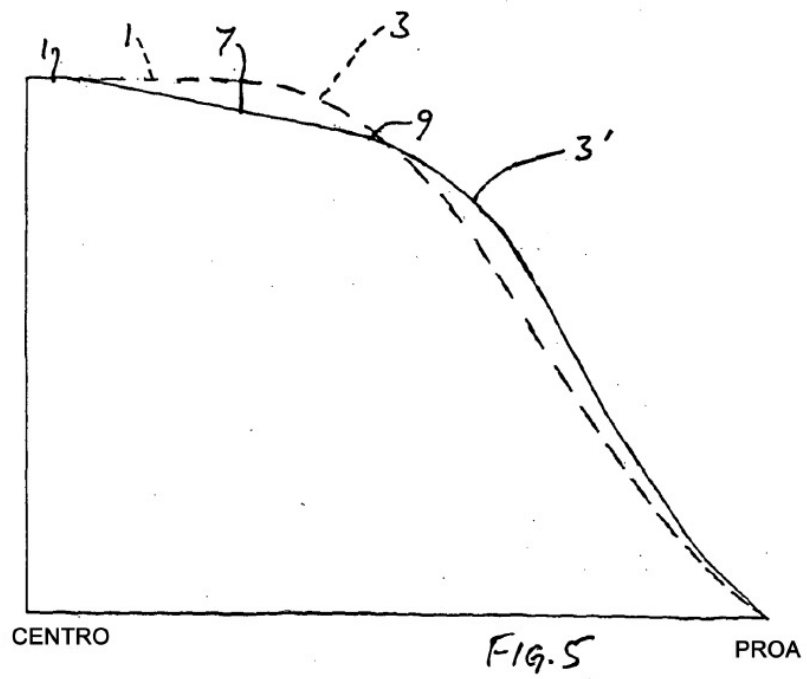
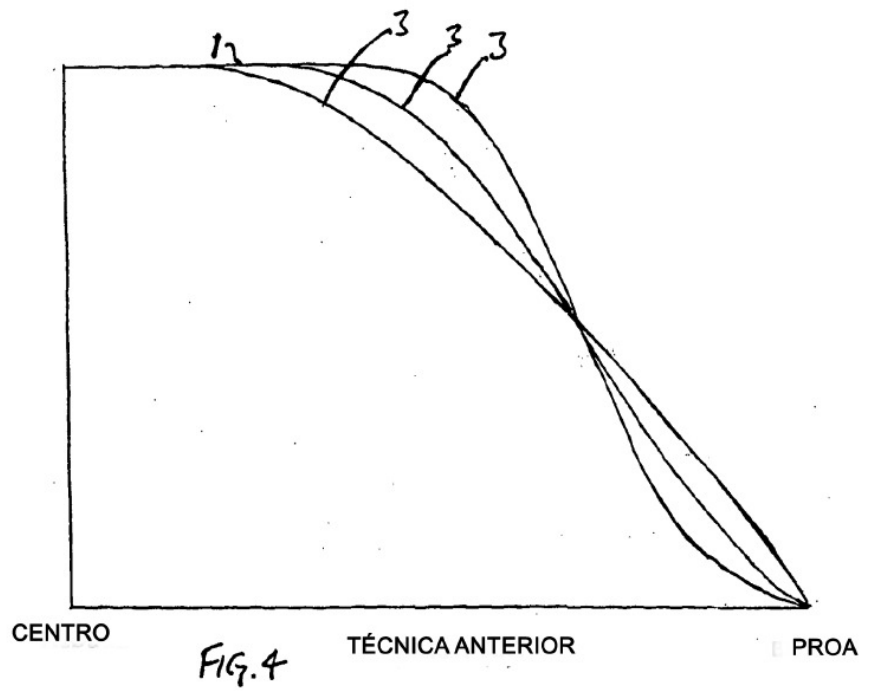
## REIVINDICACIONES

1. Un buque que comprende un casco de forma completa, un medio de dirección (11) y un medio de propulsión (12), y que tiene una velocidad de servicio, una longitud entre perpendiculares (LPP), un eje de longitud y un área de sección definida como el área de sección transversal del casco por debajo de la línea de flotación, en una condición de diseño, comprendiendo la porción sumergida del casco, en la condición de diseño, una porción delantera de cuerpo, una porción trasera (2, 5) de cuerpo y una porción central (1) de cuerpo con un área de sección máxima, dispuesta entre la porción delantera de cuerpo y la porción trasera de cuerpo, comprendiendo la porción delantera de cuerpo una proa (4') y un pantoque delantero (3'), detrás de la proa, teniendo las porciones central y anterior de cuerpo una curvatura sustancialmente positiva, como se representa en una curva de área de sección del casco; incluyendo la porción anterior de cuerpo una porción ahusada (7) hacia delante, dispuesta entre el pantoque delantero y la porción central de cuerpo; caracterizado por que el pantoque delantero está posicionado para generar una diferencia de fase de al menos 40 grados entre una ola (21') de pantoque, generada por el pantoque, y una ola (20') de proa generada por la proa, a la velocidad de servicio.
2. Un casco de buque de forma completa de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la porción ahusada se estrecha de forma sustancialmente lineal con respecto al eje de longitud, como se representa en la curva de área de sección, o se estrecha de forma no lineal con una curvatura convexa a lo largo del eje de longitud, que define un ángulo subtendido de no más de 6 grados en la curva del área de sección.
3. Un casco de buque de forma completa de acuerdo con la reivindicación 1 o la reivindicación 2, en el que la porción ahusada se extiende a lo largo del eje de longitud al menos el 5 % de la LPP.
4. Un casco de buque de forma completa de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-3, en el que el área de sección en un punto (9) en el eje longitudinal, donde la porción ahusada se encuentra con el pantoque delantero, es al menos el 75 % del área de sección máxima del casco.
5. Un casco de buque de forma completa de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el que el pantoque delantero tiene curvatura convexa con respecto al eje de longitud, que define un ángulo subtendido de al menos 5 grados en la curva de área de sección.
6. Un casco de buque de forma completa de acuerdo con la reivindicación 5, en el que el pantoque delantero tiene curvatura convexa con respecto al eje de longitud, que define un radio de curvatura total de no más de 3,0 LPP en la curva de área de sección.
7. Un método para reducir la resistencia por formación de olas en un casco de buque de forma completa, en un buque con un medio de dirección (11), un medio de propulsión (12), una velocidad de servicio, una longitud entre perpendiculares (LPP), un eje de longitud y un área de sección definida como el área de sección transversal del casco por debajo de la línea de flotación, en una condición de diseño, comprendiendo la porción sumergida del casco, en la condición de diseño, una porción delantera de cuerpo, una porción trasera (2, 5) de cuerpo y una porción central (1) de cuerpo con un área de sección máxima, dispuesta entre la porción delantera de cuerpo y la porción trasera de cuerpo, comprendiendo la porción delantera de cuerpo una proa (4') y un pantoque delantero (3'), detrás de la proa, teniendo las porciones central y anterior de cuerpo una curvatura sustancialmente positiva, como se representa en una curva de área de sección del casco; caracterizado por que se posiciona el pantoque delantero para obtener al menos una interacción parcialmente antifásica entre una ola (21') de pantoque, generada por el pantoque, y una ola (20') de proa generada por la proa, a la velocidad de servicio, la interacción reduce la amplitud de la ola de proa lo suficiente para evitar que la ola de proa rompa en una segunda cresta (24') de la misma; y por que se dispone una porción ahusada (7) hacia delante entre el pantoque delantero y la porción central de cuerpo, formando la porción ahusada hacia delante parte de la porción delantera de cuerpo.
8. Un método de acuerdo con la reivindicación 7, en el que la porción ahusada se estrecha de forma sustancialmente lineal con respecto al eje de longitud, como se representa en la curva de área de sección, o se estrecha de forma no lineal con una curvatura convexa a lo largo del eje de longitud, que define un ángulo subtendido de no más de 6 grados en la curva del área de sección.

## ES 2 633 126 T3

9. Un método de acuerdo con la reivindicación 7 o la reivindicación 8, en el que la porción ahusada se extiende a lo largo del eje de longitud al menos el 5 % de la LPP.
- 5 10. Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 7 a 9, en el que el área de sección en un punto (9) en el eje longitudinal, donde la porción ahusada se encuentra con el pantoque delantero, es al menos el 75 % del área de sección máxima del casco.
- 10 11. Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 7 a 10, en el que el pantoque delantero se posiciona para obtener una diferencia de fase de al menos 40 grados entre una ola (21') de pantoque, generada por el pantoque, y una ola (20') de proa generada por la proa, a la velocidad de servicio.
- 15 12. Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 7 a 11, en el que el pantoque delantero tiene una curvatura convexa con respecto al eje de longitud, que define un ángulo subtendido de al menos 5 grados en la curva de área de sección.
- 20 13. Un método de acuerdo con la reivindicación 12, en el que el pantoque delantero tiene curvatura convexa con respecto al eje de longitud, que define un radio de curvatura total de no más de 3,0 LPP en la curva de área de sección.
- 25 14. Un método de acuerdo con la reivindicación 7, caracterizado por que se modifica un casco optimizado de buque de forma completa al desplazar el pantoque delantero (3) hacia delante y hacia arriba (3'), para obtener dicha al menos una interacción antifásica parcial y disponer dicha porción ahusada hacia delante entre el pantoque delantero y la parte central de cuerpo.





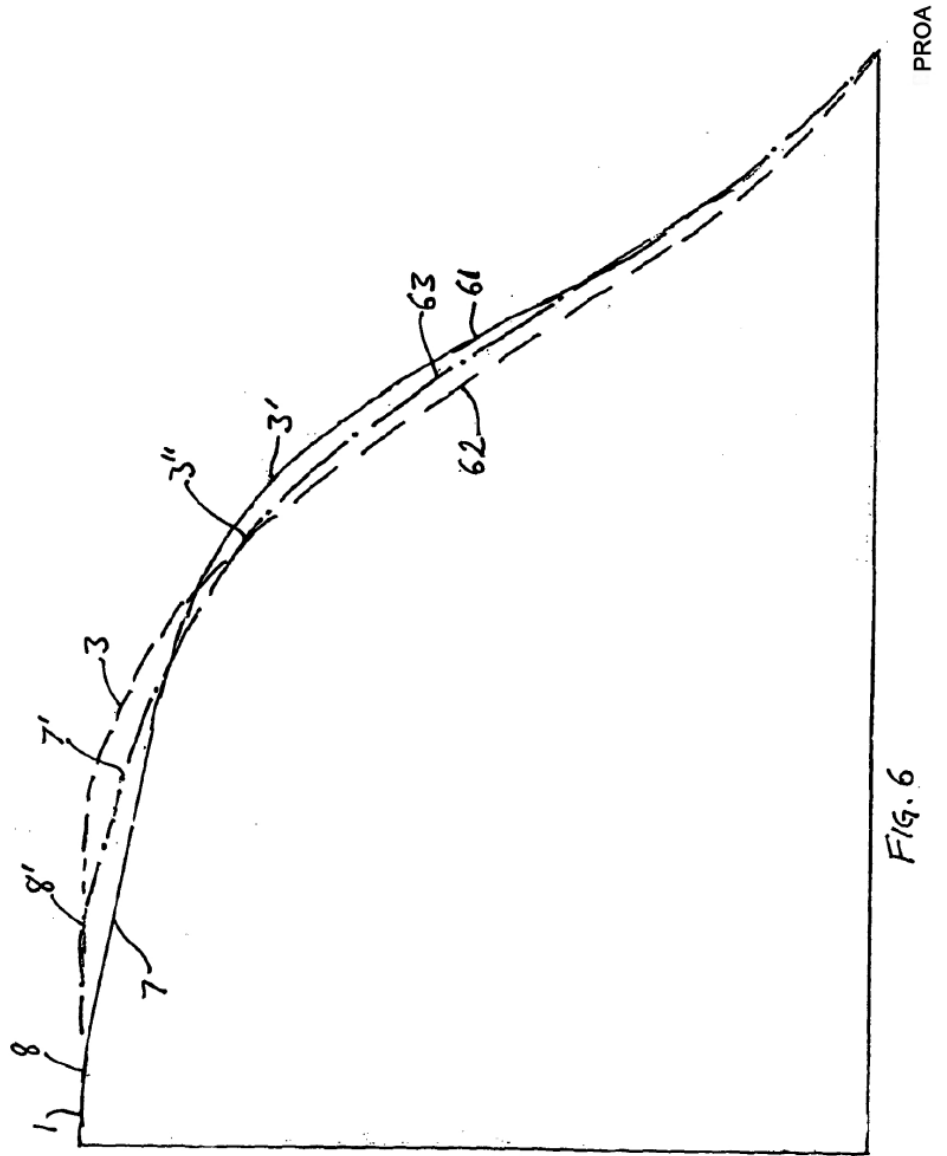


Fig. 6

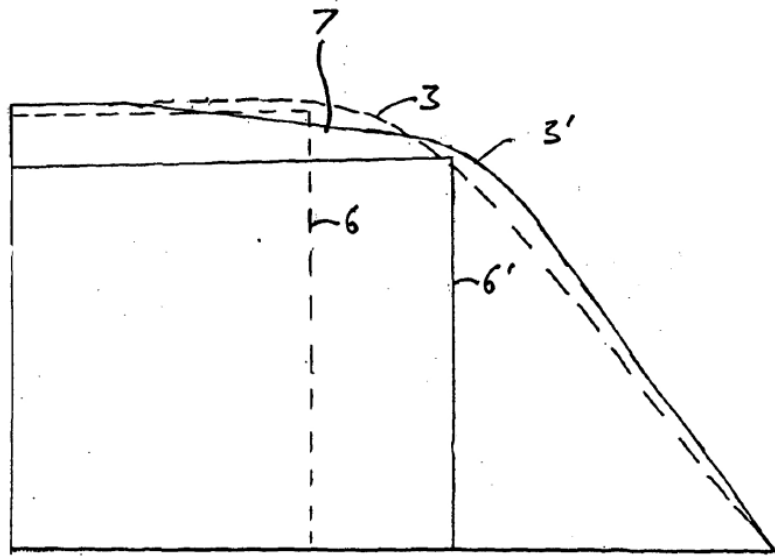


FIG. 7

PROA

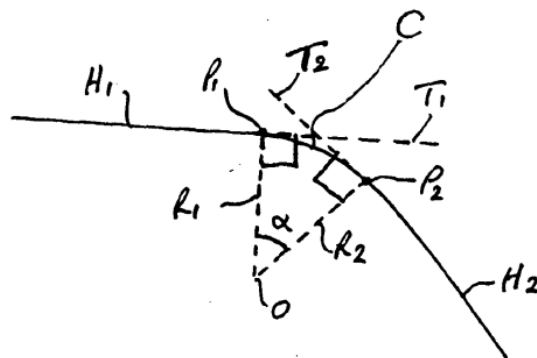


FIG. 8

