

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 531 755**

51 Int. Cl.:

B01D 69/02 (2006.01)

B01D 17/02 (2006.01)

E02B 15/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **18.04.2006 E 06750686 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **24.12.2014 EP 1874445**

54 Título: **Procedimiento para la recuperación de petróleo derramado o de otro líquido viscoso**

30 Prioridad:

19.04.2005 US 673043 P

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

18.03.2015

73 Titular/es:

**THE REGENTS OF THE UNIVERSITY OF CALIFORNIA (100.0%)
1111 Franklin Street, 12th Floor
Oakland, CA 94607 , US**

72 Inventor/es:

BROJE, VICTORIA

74 Agente/Representante:

GARCÍA-CABRERIZO Y DEL SANTO, Pedro

ES 2 531 755 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

Procedimiento para la recuperación de petróleo derramado o de otro líquido viscoso.

5 REFERENCIA CRUZADA A SOLICITUDES RELACIONADAS

Esta solicitud reivindica la prioridad de la solicitud provisional de EE.UU. con el número de serie 60/673,043, presentada el 19 de abril de 2005, actualmente patente de EE.UU. n.º 7.410.577, otorgada el 12 de abril de 2010.

10 DECLARACIÓN SOBRE INVESTIGACIÓN O DESARROLLO PATROCINADO POR EL GOBIERNO FEDERAL

Esta invención se ha realizado con apoyo gubernamental mediante los contratos n.º 1435-01-04-RP-36248 y 1435-01-04-CT-36287, concedidos por el U.S. Minerals Management Service (US MMS). El gobierno posee ciertos derechos en esta invención.

15

INCORPORACIÓN POR REMISIÓN DE MATERIAL PRESENTADO EN UN DISCO COMPACTO

No procede.

20 AVISO SOBRE MATERIAL SUJETO A LA PROTECCIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Una parte del material contenido en este documento de patente está sujeto a la protección de derechos de autor conforme a las leyes del derecho de autor de Estados Unidos y de otros países. El titular de los derechos de autor no se opone a la reproducción facsímil por cualquier persona del documento de patente o de la descripción de la patente según aparece en el archivo o los registros disponibles públicamente en la Oficina de Patentes y Marcas de Estados Unidos, pero por lo demás se reserva todos los derechos de autor. El titular de los derechos de autor no renunciará con ello a ninguno de sus derechos por haber mantenido este documento de patente en secreto, incluidos sin limitación sus derechos conforme a 37 C.F.R. art. 1.14.

25

30 ANTECEDENTES DE LA INVENCION

1. Campo de la invención

Esta invención se refiere en general a la separación de líquidos y, en particular, a la separación y recuperación de líquidos viscosos de agua u otros líquidos.

35

2. Descripción de la técnica relacionada

La recuperación mecánica es la técnica de respuesta al derrame de petróleo más usada y es una técnica que se usa igualmente en aplicaciones industriales. Esta técnica consiste en eliminar físicamente petróleo de la superficie del agua, y el petróleo normalmente flota sobre la superficie del agua. A diferencia de otras técnicas de limpieza, la recuperación mecánica se puede aplicar eficazmente para tratar petróleos emulsionados así como petróleos de viscosidades variables. El principal defecto de la limpieza mecánica reside en la tasa de recuperación. La recuperación mecánica puede consumir mucho tiempo y ser muy costosa cuando se emplea a gran escala. La recuperación mecánica también puede requerir una gran cantidad de personal y equipo, y cada hora añadida al tiempo de limpieza puede incrementar significativamente el coste de la recuperación. Por lo tanto, un dispositivo de recuperación más eficaz podría reducir significativamente los costes de limpieza, así como reducir el riesgo de que el petróleo llegue a la costa.

45

Uno de los tipos de equipos de recuperación mecánica más comunes es la rasera de adhesión (oleofílica). Este tipo de rasera se basa en la adhesión del petróleo a una superficie giratoria de la rasera. La superficie giratoria eleva el petróleo fuera del agua para llevarlo a un dispositivo de eliminación de petróleo (por ejemplo, raspador, rodillo, etc.). La superficie de adhesión es el elemento más crítico de la rasera ya que determina la eficacia de la recuperación. Se han desarrollado diversas formas para la rasera, tales como fregona, cinta, cepillo, disco y tambor, para aumentar la eficacia de la rasera.

55

Para las raseras de petróleo por adhesión se usan habitualmente dos tipos de patrones en las superficies de recuperación. En las raseras de tambor, disco o cinta se usan superficies planas lisas. Las raseras de tambor y de cinta también pueden presentar una superficie cubierta por cepillos. Esta última configuración posee una ventaja

obvia debido al área superficial mucho más grande (el petróleo cubre cada cerda) y la formación de meniscos de petróleo entre las cerdas, pero la dificultad para eliminar el petróleo de las cerdas puede reducir la recuperación global. Las superficies del cepillo tienden a recoger residuos y agua junto con el petróleo, lo que puede afectar a la eficacia de recuperación y al proceso de transferencia de petróleo. El área superficial lisa de un tambor, un disco y una cinta normalmente no recupera residuos, pero esta configuración recoge menos petróleo que una superficie de cepillo debido a la menor área superficial.

El proceso de recuperación de petróleo derramado tiene dos objetivos igualmente importantes. El primero consiste en retirar el petróleo de la superficie del agua y el segundo en retirar el petróleo adherido a la superficie de recuperación y transferirlo al colector. La eficacia de recuperación depende del logro de ambos objetivos. En el caso de una superficie lisa la cantidad de petróleo recuperado es relativamente reducida, pero casi el 100% de él se puede retirar mediante un raspador. En el caso de una superficie de cepillo y de petróleos ligeros a medios, el petróleo cubre cada cerda y forma pequeños meniscos entre las cerdas, evitando que el petróleo se vuelva a escurrir hacia la masa flotante de petróleo. Desafortunadamente, la configuración de esta superficie no permite raspar cada cerda individualmente y retirar todo el petróleo adherido. Por lo tanto, una cantidad significativa de petróleo permanece en la superficie después del raspado y retorna a la masa flotante de petróleo, reduciendo así la tasa de recuperación global.

La configuración de cepillo trabaja de forma mucho más eficaz con petróleos muy viscosos y semisólidos. En este caso, el petróleo no cubre las cerdas o penetra en el interior del cepillo. Simplemente es levantado del agua mediante las puntas de las cerdas y transportado físicamente al colector. Este proceso no está relacionado exactamente con las propiedades de adhesión y dispersión del petróleo. Explica la capacidad que tiene una superficie de cepillo para recuperar más residuos que una superficie lisa.

Por consiguiente, el uso de cepillos aumenta la superficie de contacto entre el petróleo y el dispositivo de recuperación y aprovecha el efecto de las fuerzas de capilaridad para recoger el petróleo entre las cerdas. Un inconveniente del procedimiento de cepillo radica, sin embargo, en el hecho de que los cepillos recogen residuos y agua junto con el petróleo, lo que puede obstruir los tubos del dispositivo colector de petróleo. Otro inconveniente reside en su incapacidad para retirar gran parte del petróleo adherido a los cepillos usando raspadores, pues estos no pueden raspar cada cepillo individualmente. Se ha intentado lograr una mejora usando esteras porosas (o estructuras similares) que cubren la superficie de la rasera, permitiendo que el petróleo penetre en su matriz, sea levantado del agua y se exprima mediante rodillos en el dispositivo colector. Sin embargo, tales mejoras pretenden aumentar el volumen de petróleo que se puede recuperar del agua por unidad de área de la superficie de recuperación. Aunque tales mejoras permiten que se forme una película de petróleo más gruesa sobre la superficie de recuperación, no permiten raspar todo el petróleo recuperado. Por el contrario, las cintas y los tambores con superficies lisas permiten transferir al colector casi el 100% del petróleo adherido. El inconveniente de las superficies de recuperación lisas reside, sin embargo, en que solo se puede formar una capa relativamente fina en su superficie y el volumen total del petróleo recuperado es relativamente pequeño.

A la hora de elegir la acción más eficaz en respuesta a un derrame de petróleo es importante entender la química y el comportamiento físico del petróleo derramado y la manera en que estas características cambian a lo largo del tiempo. El aumento de la viscosidad y la formación de emulsiones son procesos dinámicos de especial interés. Los productos derivados del petróleo y los aceites originados en diferentes yacimientos de petróleo poseen propiedades y composiciones químicas extremadamente diversas. La viscosidad de estos productos puede oscilar en el intervalo de 0,5 mPas a 100.000 mPas. La exposición del petróleo a la intemperie añade una complicación más a la predicción de las propiedades del petróleo derramado y presenta ramificaciones significativas con respecto a las estrategias de recuperación apropiadas. Durante las primeras 24 horas algunos petróleos pueden perder entre el 5% y el 50% de compuestos ligeros. En cuestión de horas o unos pocos días se produce un importante aumento de la viscosidad del petróleo causado por la evaporación de los compuestos más ligeros y la emulsificación. Por lo tanto, el petróleo que se ha de recuperar no posee las mismas propiedades que el petróleo que se ha derramado. Los tipos de raseras existentes no están adaptados a las propiedades del producto que se ha de recuperar y solo pueden recuperar petróleo con propiedades incluidas dentro de un cierto rango. Se caracterizan por una "ventana de oportunidad" específica – un periodo de tiempo en que se puede usar este equipo, que viene determinado en gran medida por las propiedades del petróleo (en particular por la viscosidad). Fuera de ese periodo de tiempo, las medidas de respuesta con este equipo pueden volverse ineficaces.

El documento US 3.338.414 describe un aparato de rasera para separar líquidos de una capa superior inmiscible de una capa de líquido inferior, que comprende un tambor con una superficie de recogida hidrófoba dentada con un eje de rotación situado encima de la corriente de líquido de tal manera que las raíces de los dientes se encuentren en la

interfase entre las capas.

El documento US 4.642.185 describe un dispositivo para recuperar petróleo que flota en la superficie de agua, que comprende un marco (50) y una serie de discos (51) montados de forma giratoria en él. El marco se apoya sobre flotadores (58, 59), con los discos parcialmente inmersos en el agua, y cada disco está asociado con un raspador (57) y una tolva (54) de manera que el petróleo retirado del disco se deposita en una bandeja de recogida (52) de la cual se puede retirar a través del conducto (53). Cada disco (51) lleva al menos un anillo concéntrico (4, 5) orientado axialmente que presenta una superficie (7, 8) dirigida hacia dentro. Cada disco puede llevar una pluralidad de anillos con profundidades axiales iguales o diferentes.

10

BREVE RESUMEN DE LA INVENCION

La presente invención se refiere a la separación de líquidos viscosos de agua o de otros líquidos, por ejemplo aumentando la eficacia de recuperación de una rasera de adhesión (oleofílica). La invención se define mediante las reivindicaciones adjuntas. Un aspecto de la invención consiste en modificar la superficie de una unidad de recuperación de líquidos giratoria en una rasera de adhesión con un patrón de ranuras que aumente la eficacia de recuperación.

Las características de una rasera de adhesión que pueden aumentar significativamente la eficacia de recuperación de petróleo se pueden resumir de la siguiente manera:

(a) Se debería maximizar la superficie de recogida para una anchura dada de la superficie de recuperación (por ejemplo, tambor, cinta o disco).

(b) Resulta deseable una configuración que permita la formación de meniscos de petróleo puesto que ello permite recuperar una capa más gruesa de petróleo y ralentiza el escurrimiento del petróleo de vuelta al derrame de petróleo.

(c) Debería ser posible eliminar, mediante el raspador, cerca del 100% del petróleo adherido a la superficie de recuperación.

(d) Debería ser posible ajustarla a los cambios de las propiedades del petróleo a medida que éste, con el tiempo, se expone a la intemperie y recuperar eficazmente el petróleo con un amplio rango de propiedades. Esto permitiría usar la misma superficie de recuperación para todo el proceso de recuperación.

35

La presente invención aborda estas características imprimiendo la superficie de la unidad de recuperación con una pluralidad de ranuras que están configuradas para permitir la formación de meniscos y proporcionan un espacio para reunir el petróleo.

A modo de ejemplo pero no de limitación, la impresión de la superficie de la unidad de recuperación de líquidos giratoria de una rasera con ranuras o canales estrechos "en forma de V" maximizará el área superficial de la unidad de recuperación de líquidos. Dependiendo del ángulo y de la profundidad de las ranuras, el área superficial se puede incrementar varias veces para la misma anchura de la superficie de recuperación. Además, esta configuración permite que los meniscos se formen en el fondo de la ranura, aumentando de este modo la cantidad de petróleo recuperado y ralentizando el escurrimiento del petróleo. La variación de la abertura de ranura con la profundidad de ranura permite su uso eficaz para petróleos con un amplio intervalo de viscosidades. Los petróleos más ligeros se recogerán en el fondo de las ranuras mientras que los petróleos viscosos se pueden recoger en una parte más ancha de la ranura, permitiendo el escurrimiento del agua en la parte más profunda de la ranura. El raspador se configura entonces para que encaje en el perfil de la superficie de recuperación. Cuando se usan superficies impresas en V con un raspador que encaja, se puede retirar cerca del 100% del petróleo adherido y transferirlo al colector de petróleo.

Cabe señalar también que el ángulo de retirada del petróleo del derrame de petróleo presenta un efecto sobre la formación y el grosor de la capa de petróleo adherida. De acuerdo con la invención reivindicada, el petróleo se retira en un ángulo agudo (0 a 90 grados), formando así una película más gruesa en la superficie debido a que el efecto de la gravedad se reduce por la presencia de la superficie de recuperación debajo de la película. En este caso, el escurrimiento del petróleo es relativamente lento. Si el petróleo se retira en un ángulo mayor que 90 grados de acuerdo con una realización de la descripción que no forma parte de la invención reivindicada, la fuerza de la gravedad no es compensada por el sustrato y la velocidad de escurrimiento del petróleo de la superficie es

significativamente mayor. Esto conduce a la formación de una película de petróleo mucho más fina y, por lo tanto, a una menor eficacia de recuperación. Aunque una superficie impresa en V (o cualquier superficie de recuperación en todo caso) es más eficaz cuando se usa para retirar petróleo a ángulos inferiores a 90 grados para maximizar el grosor de la película recuperada, también se puede usar un ángulo de retirada de 90 grados o mayor de acuerdo con una realización de esta descripción que no forma parte de la invención reivindicada.

Además, cuando el petróleo queda, al girar, debajo de la superficie del agua, la diferencia hidrostática entre el petróleo y el agua hace que el petróleo choque igualmente contra la superficie de recuperación. Este petróleo muy flotante se une firmemente a la superficie de recuperación, permitiendo de este modo extraer girando el petróleo del agua más rápidamente que con otros dispositivos.

Por consiguiente, un aspecto de la presente invención consiste en un modo de aumentar la eficacia de recuperación del petróleo flotante (o de cualquier otro líquido viscoso) modificando la geometría superficial de la unidad de recuperación de líquidos de una rasera oleofílica.

Otro aspecto de la presente invención consiste en un raspador que presenta una geometría superficial complementaria a la geometría ranurada de la superficie de recuperación y que permite raspar el petróleo de la superficie de recuperación y transferirlo al colector.

Otro aspecto de la invención consiste en que cuando la unidad de recuperación de líquidos (por ejemplo, tambor, disco o cinta) gira en el líquido viscoso, las ranuras ayudan a retener el líquido viscoso en la superficie de la unidad de recuperación de líquidos. En otras palabras, el líquido viscoso no escapa lateralmente de las ranuras cuando la unidad de recuperación de líquidos empuja el líquido debajo del agua puesto que es retenido por los lados de la ranura. En el caso de un tambor o cinta lisos, que no forma parte de la invención reivindicada, el agua situada debajo de la capa de líquido viscoso lo empuja hacia arriba de manera que el líquido viscoso puede escapar lateralmente de debajo del tambor o de la cinta y no permanecerá en contacto con la superficie de recuperación.

En una realización, un aparato para la recuperación de un líquido viscoso usado en un procedimiento de acuerdo con la invención comprende una unidad de recuperación de líquidos giratoria que presenta una superficie de recuperación impresa con una pluralidad de ranuras configuradas para recoger y retener un líquido viscoso que está en contacto con la superficie de recuperación, de modo que se forman meniscos y el líquido viscoso se reúne en las ranuras.

En una realización, las ranuras presentan una profundidad de aproximadamente 127 mm o menos. Más preferentemente, en una realización ventajosa, las ranuras presentan una profundidad de aproximadamente 25,4 mm o menos.

En una realización, las ranuras están definidas por paredes que presentan un ángulo de separación de aproximadamente noventa grados o menos. En otra realización, el ángulo de separación es de aproximadamente sesenta grados o menos. En otra realización, el ángulo de separación es de aproximadamente treinta grados o menos. En tales realizaciones, el ángulo de separación ralentiza el escurrimiento del líquido viscoso de las ranuras.

En una realización, la unidad de recuperación de líquidos presenta un primer y un segundo extremo, un eje longitudinal central que se extiende entre el primer y segundo extremos y un eje radial central que es ortogonal con respecto al eje longitudinal, y las ranuras están alineadas sustancialmente con el eje radial central. En otra realización, las ranuras están dispuestas angularmente fuera del eje radial central en un ángulo inferior a aproximadamente noventa grados.

El procedimiento de acuerdo con la presente invención contempla el uso de un aparato que comprende un raspador con una geometría de cuchillas complementaria a las ranuras, de manera que el raspador está adaptado para retirar el líquido viscoso recogido por la unidad de recuperación de líquidos.

En las partes siguientes de la memoria descriptiva se revelarán aspectos y realizaciones adicionales de la invención, siendo el propósito de la descripción detallada el de describir exhaustivamente las realizaciones preferidas de la invención sin limitarla de modo alguno.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS DIFERENTES VISTAS DEL/DE LOS DIBUJO(S)

La invención se entenderá mejor con referencia a los dibujos siguientes, que se proporcionan únicamente con fines

ilustrativos:

- 5 La fig. 1 es una vista lateral parcial esquemática de una rasera con una realización de una unidad de recuperación de líquidos de tipo tambor ranurado de acuerdo con una realización que no forma parte de la invención reivindicada.
- La fig. 2 es una vista transversal de la unidad de recuperación de líquidos mostrada en la fig. 1, tomada a lo largo de la línea 2-2.
- 10 La fig. 3 es una vista transversal de la unidad de recuperación de líquidos mostrada en la fig. 1, tomada a lo largo de la línea 3-3, e ilustra la unidad de recuperación de líquidos en relación con un raspador para retirar el petróleo recogido sobre la superficie de recuperación.
- 15 La fig. 4 es una vista en planta superior (figura inferior) de una realización de la superficie de la unidad de recuperación de líquidos mostrada en la fig. 1 y una vista transversal (figura superior) tomada a lo largo de la línea A-A de la vista en planta superior.
- La fig. 5 es una vista transversal parcial de una realización de la superficie de la unidad de recuperación de líquidos mostrada en la fig. 1.
- 20 La fig. 6 ilustra un procedimiento de recuperación de petróleo de acuerdo con una realización de la invención reivindicada.
- La fig. 7 es una vista lateral parcial esquemática de una rasera con una realización de una unidad de recuperación de líquidos de tipo cinta ranurada usada de acuerdo con una realización de la invención reivindicada.
- 25 La fig. 8 es una vista lateral parcial esquemática de una realización alternativa de una rasera con la unidad de recuperación de líquidos de tipo cinta ranurada mostrada en la fig. 7.
- La fig. 9 es una vista lateral parcial esquemática de una rasera con una realización alternativa de la unidad de recuperación de líquidos de tipo tambor ranurado mostrada en la fig. 1.
- 30 Las fig. 10 a fig. 12 son vistas laterales esquemáticas de la unidad de recuperación de líquidos mostrada en la fig. 1 y sumergida a diferentes profundidades en el agua. La fig. 12 se refiere a una realización de la invención reivindicada.
- 35 Las fig. 13 a fig. 19 son vistas transversales parciales de diferentes configuraciones de superficies ranuradas que se pueden usar en una unidad de recuperación de líquidos de acuerdo con la presente invención.
- La fig. 20 y la fig. 21 son una vista lateral y en planta, respectivamente, de una superficie de ensayo plana para una unidad de recuperación de líquidos.
- 40 Las fig. 22 y 23 son una vista lateral y en planta, respectivamente, de una superficie de ensayo ranurada para una unidad de recuperación de líquidos con paredes rectas en ángulos de noventa grados.
- 45 Las fig. 24 y 25 son una vista lateral y en planta, respectivamente, de una superficie de ensayo ranurada para una unidad de recuperación de líquidos con paredes rectas en ángulos de sesenta grados.
- La fig. 26 y 27 son una vista lateral y en planta, respectivamente, de una superficie de ensayo ranurada para una unidad de recuperación de líquidos con paredes rectas en ángulos de treinta grados.
- 50 Las fig. 28 y 29 son una vista lateral y en planta, respectivamente, de una superficie de ensayo ranurada para una unidad de recuperación de líquidos con ranuras curvadas que presentan curvas de pequeño diámetro.
- Las fig. 30 y 31 son una vista lateral y en planta, respectivamente, de una superficie de ensayo ranurada para una unidad de recuperación de líquidos con ranuras curvadas que presentan curvas de gran diámetro.
- 55 La fig. 32 es un gráfico que compara las curvas de escurrimiento para las superficies de ensayo mostradas en las fig. 20 a fig. 31.

La fig. 33 es un gráfico que compara las curvas de recuperación de petróleo para las superficies de ensayo planas y en forma de V mostradas en las fig. 20 a fig. 27.

La fig. 34 es un gráfico que muestra la recuperación máxima inicial de petróleo y la recuperación final de petróleo 5 después del escurrimiento en función del ángulo de las ranuras.

La fig. 35 es un gráfico que muestra los resultados de los ensayos de recuperación para el petróleo crudo Endicott con un grosor de petróleo de 25 mm a 25-30°C.

10 La fig. 36 es un gráfico que muestra los resultados de los ensayos de recuperación para HydroCal 300 con un grosor de petróleo de 25 mm a 25-30°C.

La fig. 37 es un gráfico que muestra la eficacia de recuperación de tambores de aluminio a 25-30°C.

15 La fig. 38 es un gráfico que muestra la eficacia de recuperación de tambores de aluminio a 10-15°C.

La fig. 39 es un gráfico que muestra el efecto de la temperatura y del grosor de la película en la eficacia de recuperación de HydroCal.

20 La fig. 40 es un gráfico que muestra el efecto de la temperatura y del tipo de petróleo en la eficacia de recuperación de tambores de aluminio.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

25 Haciendo referencia en primer lugar a las fig. 1 a fig. 5, se muestra una realización que no forma parte de la invención, en el contexto de una unidad de recuperación de líquidos giratoria 10 que se encuentra típicamente en una rasera de adhesión (oleofílica). Las raseras de adhesión son conocidas en la técnica y sus detalles no se describirán en este lugar. Tales raseras se pueden adquirir, por ejemplo, de compañías tales como Elastec / American Marine, Inc.

30 En el ejemplo de realización mostrado, la superficie de recuperación 12 de la unidad de recuperación (por ejemplo, tambor, disco o cinta) 10 está impresa con una pluralidad de ranuras 14. Las ranuras 14 están dispuestas alrededor de la circunferencia de la unidad de recuperación 10 y son sustancialmente paralelas entre sí entre los extremos 16, 18 de la rasera 10. En la realización mostrada, las ranuras presentan una profundidad "d" y un ángulo entre las 35 paredes " α " que contribuyen a la capacidad del aparato para recuperar un líquido viscoso. En particular, la recuperación del líquido viscoso es más eficaz con ranuras estrechas que con ranuras anchas, siempre que las ranuras sean lo suficientemente anchas como para permitir la penetración del líquido viscoso en las ranuras. Además, se prefiere un ángulo α entre las paredes 20, 22 de aproximadamente treinta (30) grados o menos, aunque también son funcionales ángulos más anchos (pero preferentemente inferiores a aproximadamente noventa (90) 40 grados). Asimismo, se prefiere una profundidad de las ranuras de aproximadamente 25,4 mm o menos, aunque se pueden usar igualmente ranuras más profundas, como de aproximadamente 127 mm o menos. Nótese también que al hacer las ranuras menos profundas y, así, menos anchas con el mismo ángulo de ranura se pueden encajar más ranuras en la misma anchura de tambor.

45 Por lo tanto, como se desprende de lo anterior, la realización del aparato mostrado en las fig. 1 a fig. 5 incluye un tambor giratorio 10 que presenta una superficie exterior 12 y una pluralidad de ranuras 14 en la superficie exterior. Cada una de las ranuras 14 presenta un par de paredes 20, 22 espaciadas que definen la forma de la ranura, y cada una de las ranuras presenta una parte terminal interior 24 rodeada por las paredes espaciadas que define la profundidad de la ranura. Por consiguiente, cada una de las ranuras presenta una profundidad "d", una anchura 50 exterior "w" y un ángulo α de forma que cuando el tambor 10 se pone en contacto con un líquido viscoso, el líquido se recoge en las ranuras para su recuperación. La combinación de la profundidad de las ranuras y el ángulo entre las paredes provoca la formación de un menisco y la reunión del líquido viscoso en la parte terminal interior y en las paredes de las ranuras, aumentando de este modo la capacidad de recogida de líquidos.

55 En una realización preferida, la profundidad de las ranuras asciende a aproximadamente 25,4 mm o menos y el ángulo de separación entre las paredes de las ranuras es de aproximadamente 30 grados o menos. Cabe señalar que el ángulo ralentiza el escurrimiento del líquido viscoso de las ranuras.

En la realización mostrada, el tambor presenta un primer extremo 16 y un segundo extremo 18, un eje longitudinal

central "LA" que se extiende entre el primer y el segundo extremo y un eje radial central "RA" que es ortogonal al eje longitudinal. En este caso, las ranuras están sustancialmente alineadas con el eje radial central. Aunque realizaciones alternativas pueden incluir ranuras dispuestas angularmente fuera del eje radial central en un ángulo inferior a aproximadamente noventa (90) grados, este tipo de desplazamiento de las ranuras puede dificultar la alineación del raspador 26 con las ranuras para retirar el líquido.

Como se ilustra en la fig. 6, el uso de esta forma para la superficie de recuperación aumenta el área superficial que está en contacto con el líquido 28 que se ha de recuperar y aprovecha las fuerzas de capilaridad para poder recoger mayores volúmenes de líquido en el espacio confinado de las ranuras para la recuperación.

Igualmente se puede apreciar que el tambor, la cinta o el disco se pueden inclinar un ángulo con respecto al agua. Por ejemplo, en la fig. 7 y la fig. 8 se ilustran esquemáticamente vistas laterales de raseras 30 de tipo cinta, donde la rasera de la fig. 7 gira en el sentido de las agujas del reloj levantando el petróleo del agua y la rasera de la fig. 8 gira en sentido contrario de las agujas del reloj transportando el petróleo debajo del agua y por encima de la cinta hasta el raspador. Otro modo de recuperación consiste en que la cinta transporte el petróleo bajo el agua y lo recoja en un depósito situado detrás de la cinta desde el cual el petróleo se pueda recuperar, por ejemplo, mediante una rasera de succión. De acuerdo con la invención reivindicada, el ángulo de inclinación con respecto al agua 32 es inferior a noventa grados, pero en otras realizaciones que no forman parte de la invención también es posible retirar los líquidos viscosos a otros ángulos.

De lo anterior se desprende que el sistema es esencialmente tridimensional. Puede haber un ángulo de orientación de las ranuras en la superficie de recuperación y otro ángulo de orientación de la superficie de recuperación misma en relación con la superficie del agua.

Haciendo referencia ahora concretamente a la fig. 1 y la fig. 3, una vez recogido el líquido viscoso en la superficie 12 de la unidad de recuperación de líquidos 10 se usaría típicamente un raspador 26 para retirar el líquido viscoso para su recuperación y eliminación. Con el fin de facilitar la retirada del líquido viscoso, el raspador usado en la presente invención deberá presentar una geometría de cuchillas que encaje sustancialmente en (es decir, sea sustancialmente complementaria a) la geometría superficial de la rasera, de manera que el líquido viscoso se pueda raspar de la superficie de recuperación y transferir al colector 34. El raspador debe acoplarse estrechamente con la superficie de recuperación para obtener un raspado sustancialmente completo y eficaz.

En la fig. 1 y la fig. 9 también se puede apreciar que la dirección de giro de la rasera 10 puede ser en sentido o en sentido contrario de las agujas del reloj. Más concretamente, el giro de la superficie de recuperación se puede efectuar bien en la dirección de retirada del petróleo del agua o bien en la dirección opuesta de inmersión del petróleo en el agua y de transporte debajo de la superficie de recuperación. La dirección de giro concreta elegida influye naturalmente en la posición del raspador 26 y del colector 34.

Además, como se ilustra en las fig. 10 a fig. 11, la profundidad a la que se encuentra la rasera 10 en el agua 32 puede variar. La fig. 10 muestra que aproximadamente la mitad del diámetro de la rasera se encuentra por encima y la otra mitad por debajo de la línea de flotación. La fig. 11 y la fig. 12 muestran aproximadamente dos tercios por debajo de la línea de flotación, respectivamente. La fig. 12 muestra una realización de la invención reivindicada.

La geometría de la superficie de la rasera se puede usar para cualquier caso en que se emplee la separación de líquidos basada en adhesión. Se espera que la geometría de la superficie de la rasera mejore la eficacia de las raseras oleofílicas que recogen petróleo (o cualquier otro líquido viscoso) de la superficie del agua. La manera más eficaz de usar esta geometría de la superficie de la rasera consiste en sustituir la superficie existente de las raseras de adhesión por cintas, discos o tambores fabricados de un material oleofílico y modificados con la geometría superficial descrita en la presente memoria. Se puede recuperar más líquido viscoso si el ángulo de retirada es inferior a aproximadamente 90 grados. La velocidad de giro de la cinta/del tambor deberá ser lo suficientemente alta como para evitar el escurrimiento del petróleo de la superficie de recuperación. Se prefiere el uso del material más oleofílico razonablemente disponible para potenciar la eficacia de recuperación.

En la realización descrita anteriormente, las ranuras en forma de V se imprimen en la superficie de la rasera. No obstante, se pueden usar igualmente otras formas, como se ilustra a modo de ejemplo en las fig. 13 a fig. 19. Las configuraciones en forma de V modificadas de la fig. 13 y la fig. 17 presentan superficies exteriores planas que facilitan la colocación de la rasera sobre una superficie dura sin dañarla. La selección de otras configuraciones de las ranuras dependerá de las propiedades del líquido que se haya de recuperar.

Se puede apreciar que una superficie impresa en V maximiza el área superficial del tambor. Dependiendo del ángulo y de la profundidad de las ranuras el área superficial se puede incrementar varias veces para la misma anchura de la superficie de recuperación. También permite la formación de meniscos en el fondo de la ranura, aumentando la cantidad de petróleo recuperado y ralentizando el escurrimiento del petróleo. La variación de la abertura de la ranura con la profundidad de la ranura permite su uso eficaz en petróleos con un amplio intervalo de viscosidades. Los petróleos más ligeros se recogen en el fondo de las ranuras mientras que los petróleos viscosos se pueden recoger en una parte más ancha de la ranura, permitiendo que el agua se escurra hacia la parte más profunda de la ranura. El raspador deberá construirse de manera que encaje en la superficie de recuperación. Si se usan superficies impresas en V con un raspador que encaja, se puede retirar cerca del 100% del petróleo adherido y transferirlo al colector de petróleo.

Nótese también que el ángulo de retirada del petróleo del derrame de petróleo afecta a la formación y el grosor de la película de petróleo adherida. De acuerdo con la invención reivindicada, el petróleo se retira en un ángulo agudo (0 a 90 grados) y forma una película más gruesa sobre la superficie debido a que el efecto de la gravedad está reducido por la presencia de la superficie de recuperación debajo de la película. En este caso, el escurrimiento del petróleo es relativamente lento. Si el petróleo se retira a un ángulo mayor que 90 grados, la fuerza de la gravedad no es compensada por el sustrato y la velocidad de escurrimiento del petróleo de la superficie es significativamente mayor. Esto conduce a la formación de una película de petróleo mucho más fina y, por lo tanto, a una menor eficacia de recuperación. Aunque un ángulo de retirada de 90 grados permite recuperar el petróleo más eficazmente que un ángulo más amplio, se puede usar, de acuerdo con una realización de la invención reivindicada, una superficie impresa en V (o cualquier superficie de recuperación en todo caso) para retirar petróleo a ángulos inferiores a 90 grados para maximizar el grosor de la película recuperada.

25 Ejemplo 1

(Superficies de ensayo)

A partir de las planchas de aluminio se fabricó una serie de patrones de superficie con el fin de estudiar el efecto del patrón de superficie en la eficacia de recuperación. Las superficies de ensayo estudiadas se ilustran en las figuras 20 a 31. En la fig. 20 y la fig. 21 se ilustra una superficie de ensayo plana, en las fig. 22 a fig. 27 se ilustran superficies de ensayo que presentan ranuras con una sección transversal en forma de V y en las fig. 28 a fig. 31 se ilustran superficies de ensayo que presentan ranuras con una sección transversal redondeada.

Se puede apreciar que el área superficial se puede incrementar significativamente introduciendo las ranuras con ángulos más agudos, como se ilustra en la tabla 1. El área superficial de la cara ranurada se puede incrementar hasta tres veces si una superficie plana se sustituye por una superficie con ranuras de 30 grados. Esto no se traduce directamente en una tasa de recuperación tres veces mayor, puesto que el petróleo recogido en el fondo de la ranura está unido a dos lados de la ranura al mismo tiempo. Sin embargo, la superficie impresa en V presenta un área superficial significativamente mayor en comparación con la superficie plana y, por lo tanto, permite obtener una tasa de recuperación de petróleo mayor para la misma anchura del tambor/ cinta.

Además de las ranuras en forma de V también puede haber otras configuraciones, como se muestra en las fig. 28 a fig. 31. Algunas configuraciones se prestan más al mecanizado en una rasera de tambor o de cinta, de manera que los autores están explorando todas las configuraciones geométricas posibles. Resultaría de utilidad investigar adicionalmente las ventajas y los inconvenientes de cada geometría.

Ejemplo 2

(Procedimiento de investigación)

Los experimentos se llevaron a cabo en un cuarto de temperatura controlada a 25°C ($\pm 1^\circ\text{C}$). El procedimiento de ensayo fue similar al ensayo de inmersión y emersión descrito en Jokuty, P., y col., "Oil adhesion testing - recent results", Proceedings from the Nineteenth Arctic Marine Oil Spill Prog. Tech. Seminar, Canadá, (1996).

La recuperación de petróleo a gran velocidad se realizó usando un motor paso a paso. El equipo experimental incluía un ordenador, una báscula conectada al ordenador, un vaso de precipitados para retener agua y petróleo, una superficie de ensayo, un portamuestras y un soporte motorizado para desplazar el portamuestras verticalmente.

Las muestras de ensayo se limpiaron previamente con agua jabonosa, etanol y agua desionizada, se secaron por soplado en una corriente de nitrógeno y se mantuvieron en el cuarto de temperatura controlada durante al menos 24 horas antes del ensayo. Se llenó un vaso de precipitados con 50 ml de agua de mar filtrada procedente de Santa Barbara Channel (salinidad de aproximadamente 33,6 ppt). Después se depositaron con cuidado 5 ml de HydroCal 5 300 sobre la superficie del agua. El vaso de precipitados se montó en la báscula conectada al ordenador.

Se acopló una superficie de ensayo 100 a una muestra por encima de la superficie de petróleo usando un mango 102 unido. El portamuestras se podía desplazar verticalmente usando un motor paso a paso programado de tal manera que la superficie de ensayo se pudiera sumergir a 20 mm en la mezcla de petróleo-agua y retirar después. 10 La velocidad de retirada ascendió a 74 mm/s. Una vez retirada la superficie de petróleo del vaso de precipitados la báscula detectó la pérdida máxima de petróleo y después generó la señal para trazar el aumento de la masa de petróleo en el vaso de precipitados causado por el escurrimiento del petróleo de la placa y las gotas de petróleo que volvieron a caer en el vaso de precipitados. A partir de la forma de estas curvas se analizaron el efecto de la recuperación y las propiedades del petróleo. Para cada superficie de ensayo se realizaron entre cinco y diez 15 ensayos para asegurar la precisión de los datos. Para cada ensayo se usó petróleo nuevo.

Ejemplo 3

(Resultados y discusión)

20 En la fig. 32 se representan las curvas de escurrimiento para las diferentes superficies impresas en comparación con una superficie lisa. El peso inicial del vaso de precipitados con agua de mar y la capa de petróleo se ajustó a cero. Por tanto, la recuperación de petróleo se midió como cambio negativo en la masa. El tiempo cero representó el inicio del proceso de retirada. A aproximadamente cuatro segundos la superficie de ensayo se había retirado por completo 25 del vaso de precipitados. Ese punto representó la masa máxima de petróleo adherido a la superficie de ensayo antes de que el petróleo comenzara a escurrirse de vuelta al vaso de precipitados en forma de gotas de petróleo. En la mayoría de los casos el escurrimiento de petróleo se detuvo al cabo de aproximadamente 25 segundos. La masa recuperada final se halló promediando los datos en la sección de meseta final de la curva.

30 Los datos presentados en la fig. 32 muestran que existe una diferencia significativa entre la cantidad de petróleo recuperado por las superficies impresas. Los datos relativos a la superficie plana tuvieron que corregirse para ajustar el hecho de que la superficie plana tenía un área superficial más pequeña de la parte del fondo que las superficies ranuradas. Las superficies ranuradas presentaban áreas de fondo de tamaño comparable. El cálculo del peso de la gota correspondiente al área superficial del fondo de las muestras ranuradas permitió desplazar una curva para una 35 muestra plana a una nueva posición que permite comparar las propiedades de recuperación de las superficies de recuperación y excluir el efecto de la presencia de la gota en el fondo de las muestras tras la retirada. La fig. 32 muestra que la eficacia de recuperación se puede duplicar con un patrón de superficie de 30 grados en lugar de una superficie plana. La recuperación aumenta a medida que disminuye el ángulo, pero en algún punto hay un límite para la cantidad de petróleo en la ranura, lo que los autores no exploraron. Las ranuras con secciones transversales 40 redondeadas parecían menos eficaces que las ranuras de forma triangular. En la fig. 33 se presenta el efecto del ángulo de las ranuras para ranuras en forma de V. Se ha descubierto que la reducción del ángulo aumenta la recuperación de petróleo para un petróleo dado.

La fig. 34 resume la retirada inicial (máxima) de petróleo de la superficie del agua y la retirada final después de que 45 el petróleo se escurriera de vuelta al vaso de precipitados para diferentes patrones de superficie. El trazo superior corresponde a la cantidad máxima de petróleo que se puede recuperar a una velocidad de retirada de 74 mm/s, mientras que el trazo inferior corresponde al petróleo final que queda en la superficie después del escurrimiento. El primero ilustra la recuperación a velocidades mayores y el último ilustra la recuperación a la velocidad muy lenta. La eficacia de recuperación global aumenta a medida que disminuye el ángulo de las ranuras, pues un ángulo más 50 pequeño retiene un menisco más grande en la ranura y ralentiza el escurrimiento del petróleo. Sin embargo, para petróleos y emulsiones muy viscosos, la abertura de la ranura debe ser lo suficientemente ancha como para que el petróleo/la emulsión penetre en la ranura. Así pues, existe un ángulo de ranura mínimo que puede depender de las propiedades del petróleo. Las ranuras con un ángulo más pequeño también aumentan el área superficial del tambor por unidad de ancho permitiendo que se una más petróleo a la superficie, como se ilustra en la tabla 1.

55 Nótese que la velocidad de giro de la rasera también puede desempeñar un papel importante. El efecto de las ranuras en la recuperación de petróleo por tambores en un ensayo a escala natural puede ser incluso más pronunciado que el observado en el laboratorio, y la eficacia de recuperación del petróleo puede ser mayor debido a la diferencia en la hidrodinámica del proceso. La velocidad de recuperación deberá ser lo suficientemente alta como

para llevar al raspador la cantidad máxima de petróleo recogido y evitar su escurrimiento. Un factor limitante puede ser el arrastre de agua a velocidades elevadas, lo que puede romper la película de petróleo. Una vez rota la película de petróleo se puede perder el contacto entre el petróleo y la superficie de recuperación a velocidades de giro muy elevadas, lo que, en consecuencia, reduce la recuperación. Unas velocidades de giro elevadas también pueden emulsionar el petróleo, lo que tiene como resultado una mayor captación de agua y puede reducir la tasa de recuperación global de petróleo. La velocidad de giro deseada se puede determinar experimentalmente en un ensayo a escala natural y probablemente dependa de (1) el material de la superficie; (2) el ángulo de retirada; (3) las propiedades del petróleo; y (4) la temperatura.

10 Por consiguiente, en la presente invención, la superficie de recuperación se imprime con ranuras a pequeña escala en una configuración que permita la formación del menisco así como la "reunión" del petróleo en el fondo (parte terminal interior) de la ranura, proporcionando una cantidad mucho mayor de petróleo recuperado que el petróleo que simplemente recubre una superficie en una sola capa. Además, mediante el diseño de estas ranuras pequeñas de manera que tengan ángulos entre las paredes de aproximadamente 30 grados o menos se puede ralentizar el escurrimiento del líquido viscoso de la ranura entre en momento de la captura en el agua y el giro hacia el dispositivo de limpieza.

La presente invención aumenta el contacto con el líquido viscoso a recuperar, lo que en sí mismo aumenta el volumen del líquido recuperado. Asimismo utiliza el efecto de capilaridad, lo que permite recoger y, por lo tanto, recuperar mayores volúmenes de líquido en el espacio confinado de las ranuras. La estructura ranurada permite usar la rasera eficazmente con líquidos de diferentes propiedades. Los líquidos menos viscosos se recogerán en la parte profunda estrecha de las ranuras; los líquidos de mayor viscosidad pueden no ser capaces de penetrar tanto y se adhieren a las paredes de las ranuras en su parte más ancha, permitiendo que los líquidos menos viscosos (agua) se escurran hasta la parte profunda de la ranura. La invención permite la formación de una película de líquido más gruesa sobre el dispositivo de recuperación y su retirada. Igualmente queda asegurado que cerca del 100% del líquido recuperado se puede retirar de la superficie de recuperación (raspar) e introducir en el dispositivo colector. Para este propósito se deberá usar un raspador hecho de un material oleofóbico con una forma que encaje en la geometría de las ranuras.

30 Ejemplo 4

(Ensayos de campo)

Los ensayos de campo a escala natural se llevaron a cabo en las instalaciones de prueba Ohmsett National Oil Spill Response Test Facility. Se usaron materiales y patrones de superficie novedosos para retroadaptar los tambores de recuperación de una rasera existente en Ohmsett. Estos tambores se instalaron en un elemento de rasera convencional y se usaron para recuperar una mancha de petróleo mientras se monitorizaban los principales parámetros de recuperación. Se evaluó el efecto de cada diseño o variable operacional en la eficacia de recuperación del petróleo.

40 Materiales:

Se usaron cinco materiales (aluminio, polietileno, polipropileno o los materiales conocidos bajo los nombres comerciales de Neoprene e Hypalon) para fabricar superficies de tambor lisas. Además, tres tambores presentaron un patrón de ranuras (ángulo 30°, profundidad 25,4 mm) fabricado en aluminio y recubierto con materiales conocidos bajo los nombres comerciales Neoprene e Hypalon. Un tambor de aluminio se dejó sin recubrir. Se preparó un raspador de manera que encajara en el patrón de ranuras. La figura 1 ilustra dos tambores ranurados.

Con el fin de eliminar las variables que pudieran ser introducidas por el uso de diferentes sistemas de rasera se usó una rasera de tambor tipo marco (Elastec Minimax) para todos los ensayos. Esta rasera utiliza un tambor que se hace girar a través de la capa de petróleo. El petróleo adherido se retira seguidamente mediante una cuchilla de plástico y se vierte en un cárcamo de recuperación de a bordo.

Petróleos de ensayo:

55 Durante los ensayos en Ohmsett se usaron diésel, Endicott (un petróleo crudo de Alaska) y un material conocido bajo el nombre comercial de HydroCal 300 (un aceite lubricante) para estudiar el efecto de las propiedades del petróleo sobre la eficacia de recuperación. Estos petróleos presentan propiedades significativamente diferentes, como se ilustra en la tabla 2, lo que permitió a los autores ensayar las superficies de recuperación en un amplio

rango de condiciones de recuperación posibles. El diésel solo se ensayó en el segundo ensayo a temperaturas más bajas puesto que se añadió al protocolo con posterioridad. Procedimiento de ensayo

Los ensayos en Ohmsett se llevaron a cabo en dos viajes. Durante el primer viaje la temperatura ambiental media fue de aproximadamente 25-30°C. Durante el segundo viaje la temperatura ambiental media fue de aproximadamente 10-15°C. El objetivo era simular el derrame de petróleo en condiciones de agua caliente y fría para determinar el efecto de la temperatura y la viscosidad del petróleo en la eficacia de recuperación global del derrame de petróleo.

- 10 Durante los ensayos se aseguró un ensamblaje de rasera en el centro de un depósito de ensayo situado en la cubierta de las instalaciones de Ohmsett. El grosor de la mancha de petróleo se controló de manera que permaneciera a un nivel predeterminado en el curso de un ensayo dado. A medida que la rasera de petróleo recuperaba petróleo del depósito de ensayo se iba bombeando petróleo adicional a la misma velocidad desde el reservorio de petróleo. De esta manera se puede lograr un control en tiempo real del grosor de la mancha de $\pm 20\%$.
- 15 La mayoría de los recorridos se efectuaron durante 5 minutos, aunque algunos se realizaron durante menos tiempo (3 minutos) si las condiciones eran muy similares.

La velocidad de giro del tambor de la rasera de petróleo se controló con un sistema hidráulico proporcionado con el sistema Elastec MiniMax. Para la mayoría de los ensayos se usaron tres velocidades de giro (30, 40 y 70 rpm). Las dos primeras velocidades representaron las condiciones de funcionamiento normales de una rasera de tambor arrastrando una cantidad mínima de agua libre. La velocidad de 70 rpm representó la velocidad de giro máxima alcanzada por esta rasera concreta. A esta velocidad se recogió más petróleo, pero en la rasera quedó atrapada más agua libre, en particular en el caso de manchas de petróleo más finas (10 mm). Una velocidad de giro más elevada también emulsionó en mayor medida el petróleo.

25 Al final de cada recorrido de ensayo se midió la cantidad total de líquidos (petróleo y agua), se extrajo el agua del fondo durante varios minutos hasta que ya no hubo evidencias de la presencia de agua libre y se volvió a medir el petróleo o la emulsión de petróleo que quedaba. Se tomó una muestra del petróleo o de la emulsión de petróleo para medir el contenido de agua en el laboratorio de Ohmsett. Estos datos, junto con el tiempo de recuperación, se usaron para establecer las tasas y la eficacia de recuperación.

30

Resultados de los ensayos:

En la fig. 35 y la fig. 36 se representa la eficacia de recuperación de diversos tambores de rasera ensayados con Endicott e HydroCal 300 (para una mancha de petróleo con un grosor de 25 mm) durante la primera fase de los experimentos. Durante el primer ensayo la temperatura ambiental oscilaba entre 25 y 30°C. Las tasas de recuperación de petróleo en galones por minuto (GPM) se estimaron a partir del cálculo del petróleo recuperado por unidad de tiempo. El agua libre y el agua emulsionada presentes en el petróleo recuperado se restaron del volumen del líquido total recuperado. Estas figuras muestran que existe una diferencia de aproximadamente 20% en la eficacia de recuperación de los tambores lisos recubiertos con diferentes materiales.

35

40

La diferencia entre tambores lisos y ranurados era mucho más significativa. Para ambos petróleos, los tambores ranurados recuperaron más de dos veces más petróleo que los lisos. La ligera disminución de las tasas de recuperación a 70 rpm se puede explicar mediante la mayor cantidad de agua libre recogida por los tambores, lo que reduce la cantidad neta de petróleo recuperado.

45

Para un derrame de petróleo de 25 mm grosor, los tambores ranurados recogieron una cantidad de agua comparable a la cantidad de agua recuperada por los tambores lisos. Ciertas desviaciones en los resultados pueden haberse producido por el hecho de que algunos recorridos se efectuaron con petróleo que fue emulsionado durante el recorrido anterior. El contenido de agua en algunos petróleos recuperados ascendió incluso hasta el 8%. Se observó que HydroCal se emulsionaba fácilmente y presentaba un contenido de agua mayor que el petróleo Endicott, lo que influyó en la recuperación global de agua libre y emulsionada.

50

En la fig. 37 se resume la comparación de los efectos que ejercen el tipo de petróleo, el grosor del derrame de petróleo y el patrón de la superficie del tambor en la eficacia de recuperación. Todos los datos presentados corresponden a tambores de aluminio ranurados y lisos. Estos datos se recogieron durante los primeros ensayos a la temperatura de 25-30°C. La disminución del grosor de la película de petróleo HydroCal de 25 mm a 10 mm condujo a una disminución significativa de la eficacia de recuperación. Esto era especialmente pronunciado en el caso de los tambores ranurados. Un aumento del grosor del petróleo de 25 mm a 50 mm no aumentó las tasas de

55

recuperación. Aunque la fig. 37 muestra cierta disminución de la eficacia de recuperación a 50 mm, lo más probable es que ésta fuera causada por el hecho de que el petróleo usado para estos ensayos estaba ligeramente emulsionado y presentaba un contenido inicial de agua de aproximadamente 6%. Esto redujo ligeramente el petróleo total recuperado. Cuando el tambor de aluminio ranurado se ensayó con petróleo HydroCal reciente a 40 rpm y 50 mm, el resultado fue similar a la eficacia de recuperación del mismo tambor a un grosor de petróleo de 25 mm. Este punto de datos se representa mediante el único punto de datos en forma de estrella en la parte superior del gráfico.

La fig. 37 muestra que la cantidad de petróleo recuperada por los tambores ranurados fue de dos (2) a tres (3) veces mayor que la recuperada por los tambores lisos. El tipo de petróleo también resultó tener un efecto significativo en la eficacia de recuperación debido principalmente a la diferencia de viscosidad.

En la fig. 38 se resumen los efectos que ejercen el tipo de petróleo, el grosor de la película y el patrón de superficie del tambor sobre la eficacia de recuperación observada durante los segundos ensayos. Para un derrame de petróleo de 10 mm de grosor prácticamente no hubo diferencia entre los tambores lisos y ranurados. El patrón de superficie es mucho más eficaz para manchas de petróleo más gruesas. Para un grosor de petróleo de 25 mm, el patrón ranurado demostró ser extremadamente eficaz para petróleo Endicott y diésel, proporcionando una eficacia de recuperación de dos (2) a tres (3) veces mayor. Aunque el aumento en la recuperación fue menor para el petróleo HydroCal más viscoso, la eficacia de recuperación aumentó aun así un 50%. Para una mancha de 10 mm de grosor, la eficacia de recuperación de HydroCal fue menor que la de Endicott. Esto puede explicarse por la mayor viscosidad de HydroCal a 10-15°C. Cuando el grosor de la mancha es tan pequeño, el agua entra en contacto con el tambor y el área de contacto total entre el petróleo y el tambor disminuye. El HydroCal más viscoso no era capaz de extenderse tan rápidamente como Endicott y su acceso al tambor era más reducido, lo que condujo a una mayor cantidad de agua libre recuperada, reduciendo así la eficacia de recuperación global.

En la fig. 39 se ilustra el efecto de la temperatura y del grosor del derrame de petróleo en la eficacia de recuperación. Para un grosor de petróleo de 10 mm, la temperatura no tuvo un efecto significativo sobre las tasas de recuperación de los tambores lisos. Durante los segundos ensayos (a 10-15°C, que para simplificar se indica como 10°C en el gráfico) los tambores ranurados presentaron tasas de recuperación similares a las de los tambores lisos. Durante los ensayos de fase 1 (a 25-30°C, que para simplificar se indica como 25°C en el gráfico) las tasas de recuperación de los tambores ranurados fueron significativamente mayores. El cambio de temperatura no tuvo un efecto significativo en las tasas de recuperación de los tambores lisos a 25 mm. Para una película de 25 mm de grosor, los tambores ranurados fueron considerablemente más eficaces que los tambores lisos, si bien su eficacia fue mayor a 25°C.

La fig. 40 muestra el efecto del tipo de petróleo y de la temperatura en la eficacia de recuperación de tambores de aluminio. La reducción de la temperatura condujo a un ligero aumento de las tasas de recuperación de Endicott por los tambores lisos mientras que no tuvo ningún efecto importante en las tasas de recuperación de HydroCal. La reducción de la temperatura provocó un aumento de la viscosidad de los petróleos de ensayo, lo que condujo a un aumento significativo de la cantidad de Endicott recuperado por los tambores ranurados mientras que las tasas de recuperación de HydroCal se redujeron ligeramente.

Por medio de los experimentos anteriores se ha descubierto que:

(a) El uso de un patrón de ranuras puede aumentar entre un 100 y un 200% la eficacia de recuperación. El patrón de ranuras demostró ser eficaz incluso con diésel, que constituye un reto para la recuperación debido a su baja viscosidad.

(b) La eficacia de recuperación de la superficie ranurada se puede mejorar ajustando las dimensiones de las ranuras a las propiedades del petróleo. El uso de ranuras menos profundas y más estrechas para diésel ligero y fuel oil y ranuras más profundas y abiertas para petróleos más pesados puede conducir a un aumento incluso mayor de la eficacia de recuperación.

(c) La selección del material de la superficie de recuperación puede aumentar un 20% la eficacia de recuperación.

(d) La eficacia de recuperación depende significativamente del tipo de producto derivado del petróleo y es típicamente proporcional a su viscosidad (cuando el petróleo se encuentra a una temperatura superior a su punto de fluidez).

(e) El grosor del derrame de petróleo ejerce un efecto significativo sobre la eficacia de recuperación. El aumento del

grosor del petróleo de 10 mm a 25 mm condujo a mayores tasas de recuperación. El aumento del grosor del petróleo de 25 a 50 mm no aumentó significativamente las tasas de recuperación. La cantidad de agua libre recuperada fue típicamente mayor para un grosor de petróleo de 10 mm que para un grosor de petróleo de 25 o 50 mm.

5 (f) Se ha descubierto que la reducción de la temperatura aumenta las tasas de recuperación al aumentar la viscosidad del petróleo, permitiendo que tras la retirada quede una mancha de petróleo más gruesa sobre la superficie de recuperación. La única excepción fue HydroCal recuperado usando una superficie ranurada. A medida que la temperatura bajaba, la viscosidad de HydroCal alcanzó un punto en el que el petróleo ya no penetraba a suficiente profundidad en las ranuras, reduciendo la cantidad de petróleo recuperado.

10

(g) La velocidad de giro del tambor tuvo un efecto significativo en la eficacia de recuperación. Para una rasera y un tipo de tambor ensayados la velocidad de giro casi óptima resultó ser 40 rpm en la mayoría de los casos. Más allá de 40 rpm el tambor comenzaba a recuperar cantidades significativas de agua libre. Cabe señalar, sin embargo, que el agua libre fue el único factor limitante. Si al equipo de respuesta no le preocupa el agua libre en el producto
15 recuperado, se deberá usar la velocidad de giro máxima para recuperar más petróleo.

De la descripción precedente se desprende que la geometría ranurada detallada anteriormente se puede aplicar a raseras de tipo tambor, de tipo disco, de tipo cinta o a otros tipos de raseras u otros dispositivos que presenten una
20 unidad de recuperación de líquidos giratoria para entrar en contacto con el petróleo u otros líquidos viscosos y recogerlos. Durante el uso, la unidad de recuperación de líquidos se coloca en un cuerpo de líquido viscoso y se hace girar. De este modo, la superficie de la unidad de recuperación de líquidos entra en contacto con el cuerpo de líquido viscoso. Cuando la superficie de la unidad de recuperación de líquidos sale girando (por ejemplo, se retira) del cuerpo de líquido viscoso, una cantidad del líquido viscoso se adhiere a la superficie de recuperación. Una vez
25 retirada la superficie de recuperación, esta se raspa para eliminar el líquido viscoso recogido. La geometría ranurada ayuda a retener el líquido viscoso, separando de este modo el líquido viscoso del agua o de otro líquido. La invención reivindicada proporciona tanto la separación de líquidos como la recuperación de líquidos. Además, la invención se puede aplicar para retirar petróleo del agua, aceite de coco del agua de coco o cualquier otro líquido viscoso que flote sobre, se mezcle con o sea portado de otro modo por un líquido huésped del que haya que separar y recuperar el líquido viscoso.

30

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para recuperar un líquido viscoso que comprende:
- 5 proporcionar un aparato que comprenda una unidad de recuperación de líquidos giratoria que presenta una superficie impresa con una pluralidad de ranuras, estando dichas ranuras configuradas para recoger y retener un líquido viscoso que esté en contacto con dicha superficie;
- poner la superficie de dicha unidad de recuperación de líquidos (10, 30) en contacto con un cuerpo de líquido viscoso (32), hacer girar dicha unidad de recuperación de líquidos (10, 30) y retirar dicha unidad de recuperación de líquidos de dicho cuerpo de líquido viscoso;
- 10 en el que el líquido viscoso se recoge en la superficie de dicha unidad de recuperación de líquidos (10, 30);
- 15 comprendiendo el procedimiento además el proporcionar un raspador (26) que presente una geometría de cuchillas complementaria a dichas ranuras (14) y eliminar el líquido viscoso de la superficie de dicha unidad de recuperación de líquidos con dicho raspador (26);
- estando el procedimiento **caracterizado porque** dicha puesta en contacto de la superficie de dicha unidad de recuperación de líquidos con un cuerpo de líquido viscoso comprende disponer la superficie de dicha unidad de recuperación de líquidos con una inclinación en relación con la superficie del líquido inferior a noventa grados de manera que el efecto de la gravedad sobre el líquido viscoso se reduzca por la presencia de la superficie de recuperación debajo de la película.
- 20 2. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el proporcionar un aparato que comprenda una unidad de recuperación de líquidos giratoria comprende proporcionar un aparato con una unidad de recuperación de líquidos giratoria que comprende una unidad de recuperación de líquidos de tipo tambor, de tipo cinta o de tipo disco.
- 30 3. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, en el que dichas ranuras (14) presentan una profundidad de 127 mm o menos; y preferentemente una profundidad de 25,4 mm o menos.
4. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, en el que dichas ranuras (14) están definidas por paredes (20, 22) que presentan un ángulo de separación de aproximadamente noventa grados o menos.
- 35 5. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 4, en el que dicho ángulo de separación es de aproximadamente sesenta grados o menos.
6. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 4, en el que dicho ángulo de separación es de aproximadamente treinta grados o menos.
- 40 7. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1,
- en el que dicha unidad de recuperación de líquidos (10) presenta un primer y un segundo extremo;
- 45 en el que dicha unidad de recuperación de líquidos presenta un eje longitudinal central que se extiende entre dichos primer y segundo extremos;
- en el que dicha unidad de recuperación de líquidos presenta un eje radial central que es ortogonal con respecto a dicho eje longitudinal;
- 50 en el que dichas ranuras están alineadas sustancialmente con dicho eje radial central.
8. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1,
- 55 en el que dicha unidad de recuperación de líquidos presenta un primer (16) y un segundo (18) extremo;
- en el que dicha unidad de recuperación de líquidos (10) presenta un eje longitudinal central (LA) que se extiende entre dichos primer (16) y segundo (18) extremos;

en el que dicha unidad de recuperación de líquidos presenta un eje radial central (RA) que es ortogonal con respecto a dicho eje longitudinal (LA);

5 en el que dichas ranuras (14) están dispuestas angularmente fuera de dicho eje radial central (RA) en un ángulo inferior a aproximadamente noventa grados.

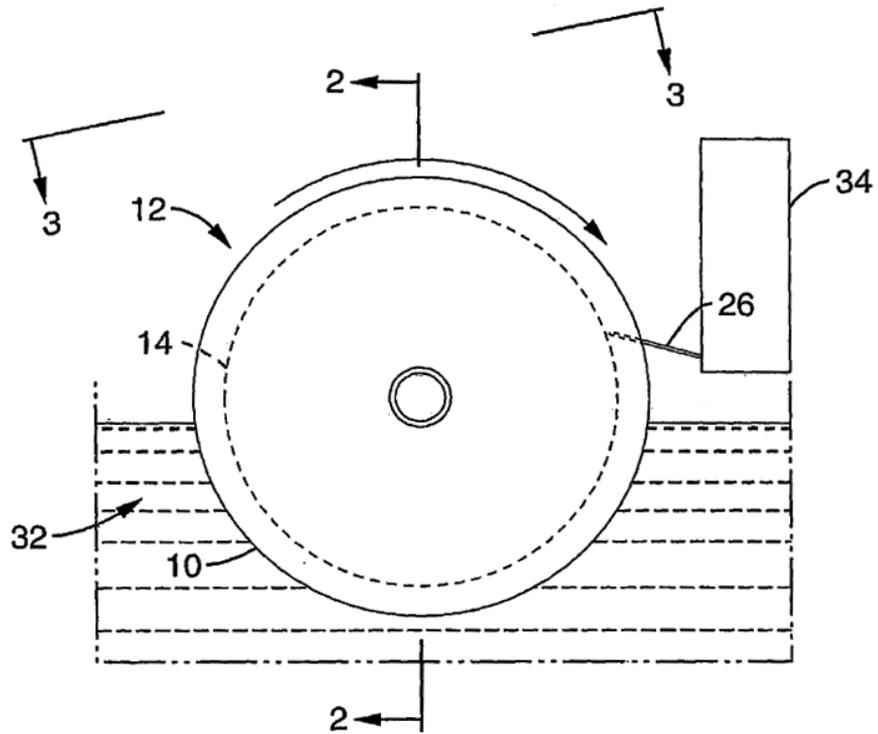


FIG. 1

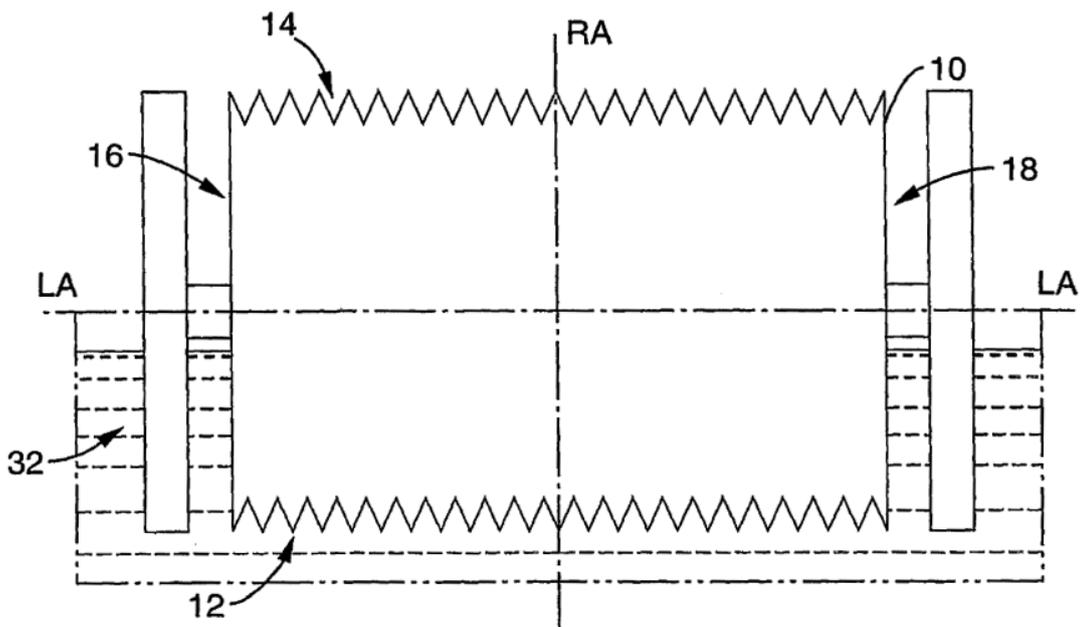


FIG. 2

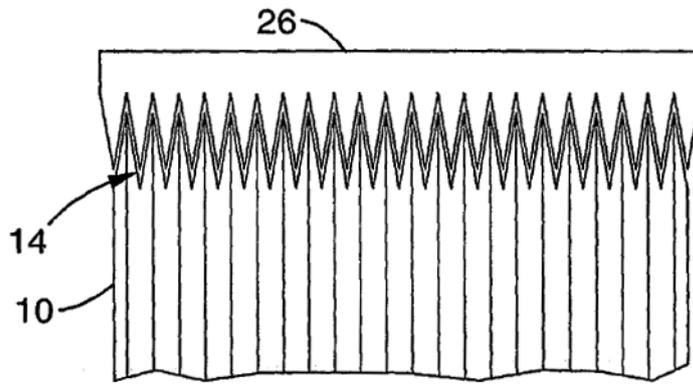


FIG. 3

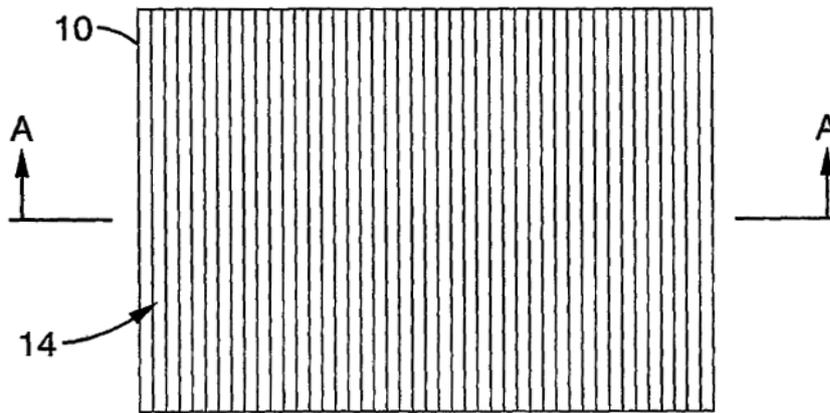
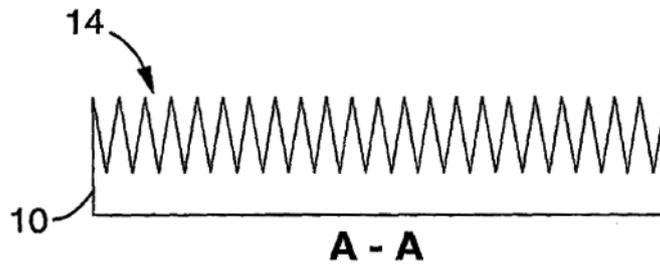


FIG. 4

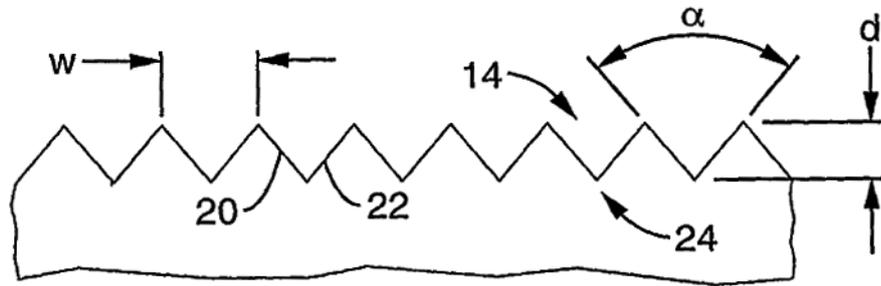


FIG. 5

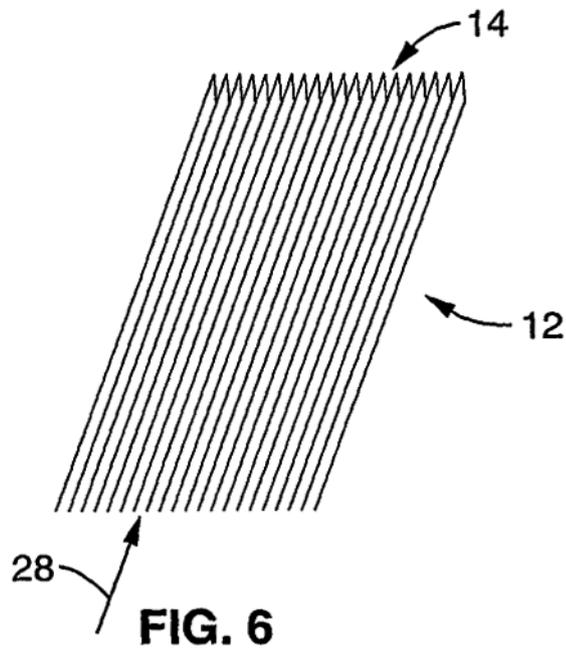


FIG. 6

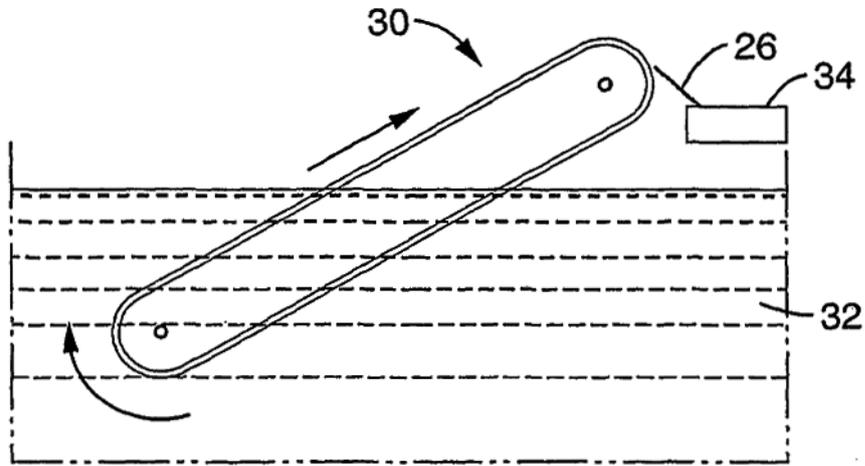


FIG. 7

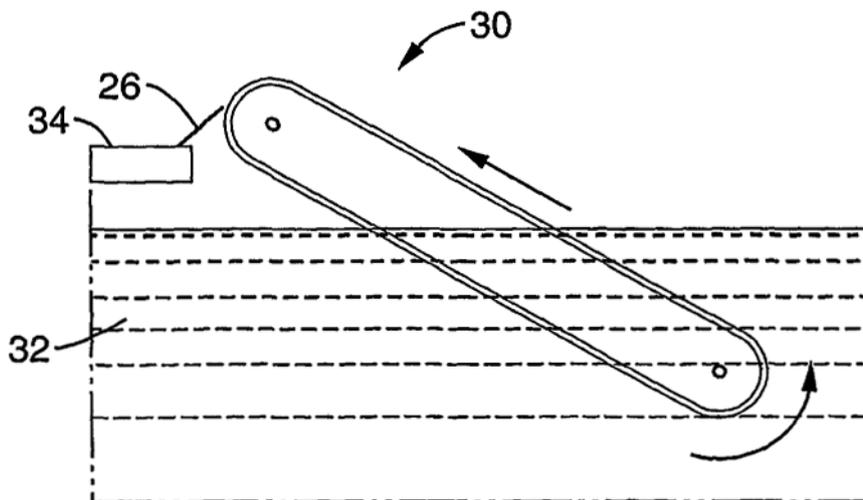


FIG. 8

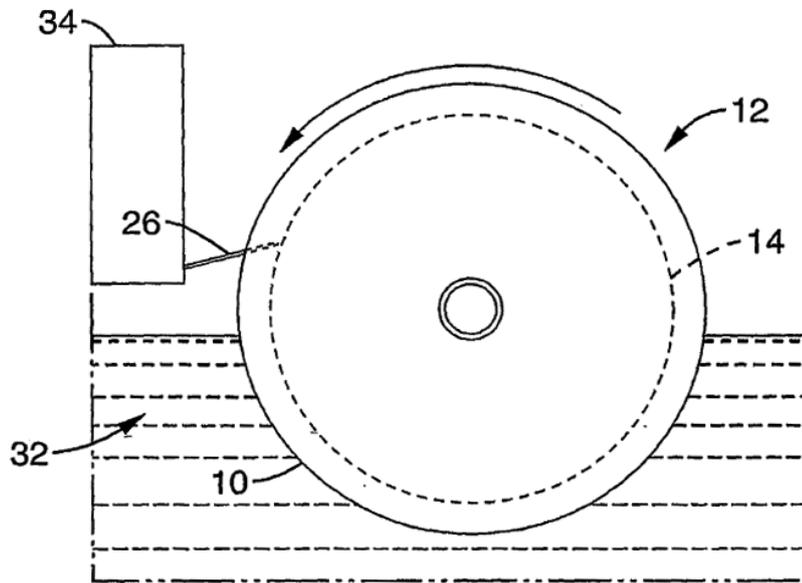


FIG. 9

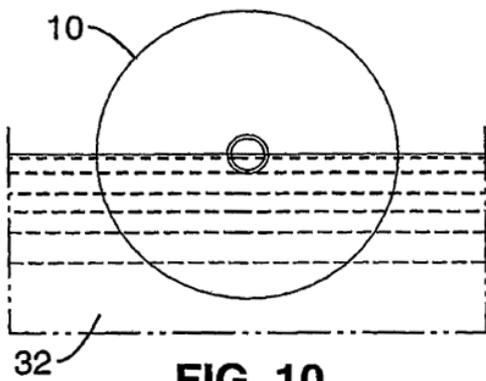


FIG. 10

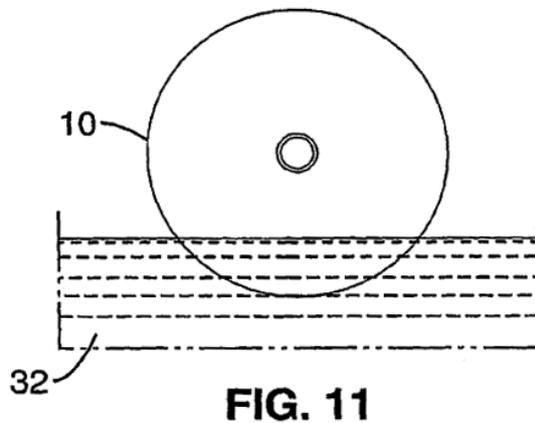


FIG. 11

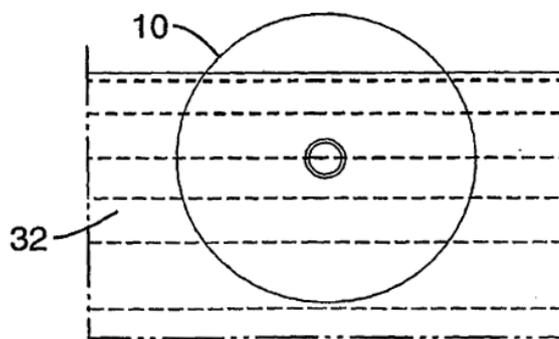


FIG. 12

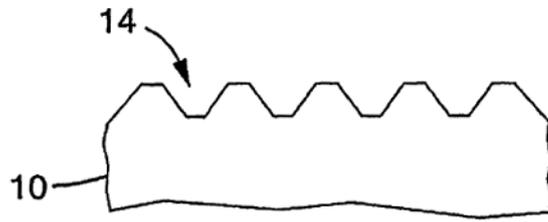


FIG. 13

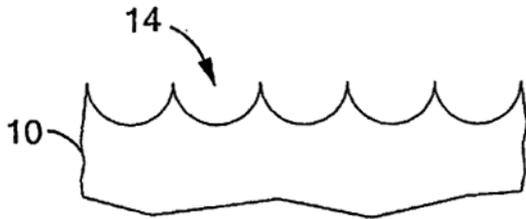


FIG. 14

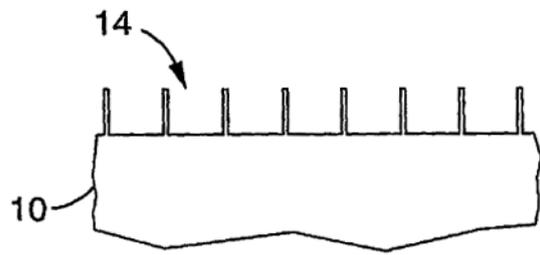


FIG. 15

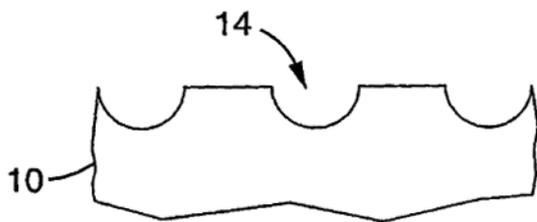


FIG. 16

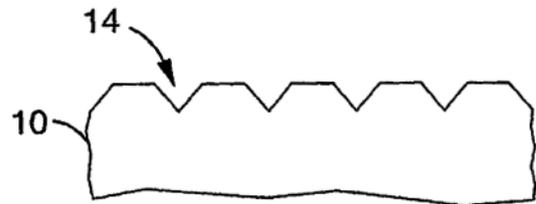


FIG. 17

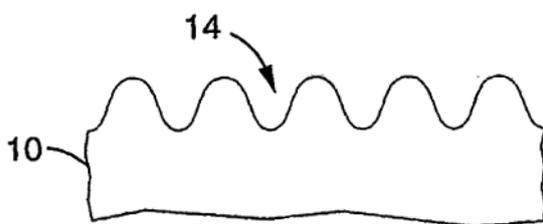


FIG. 18

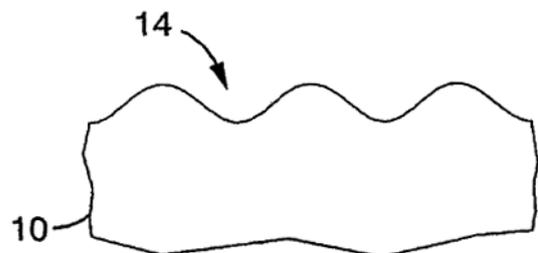
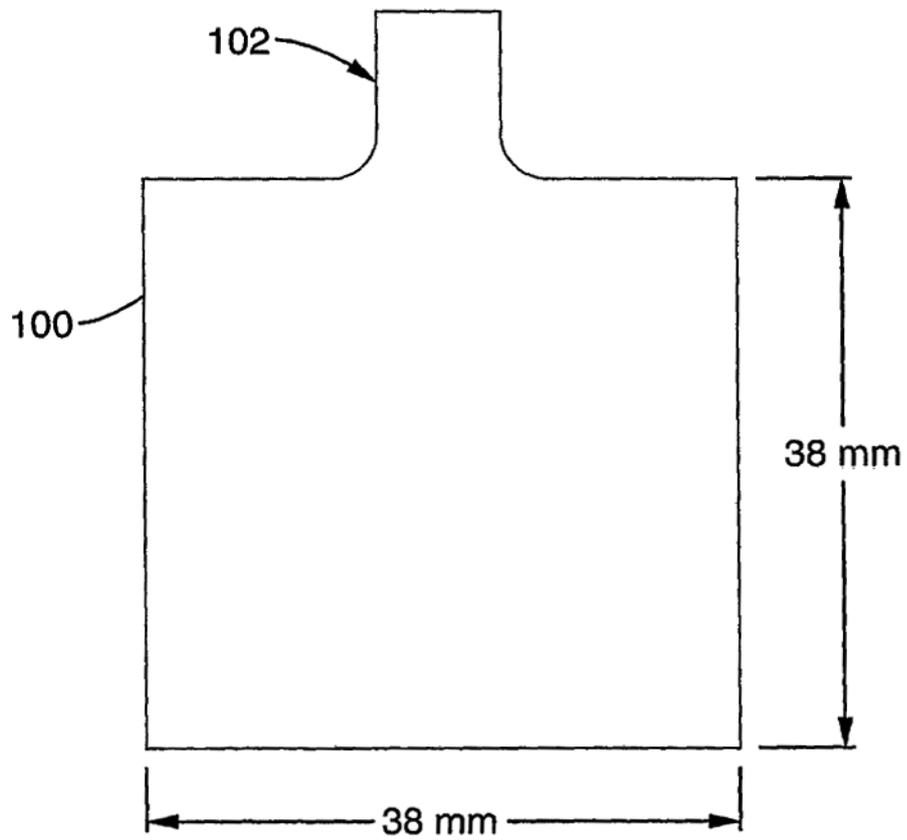
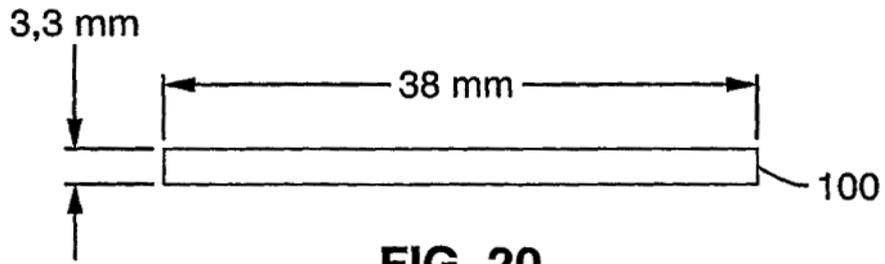


FIG. 19



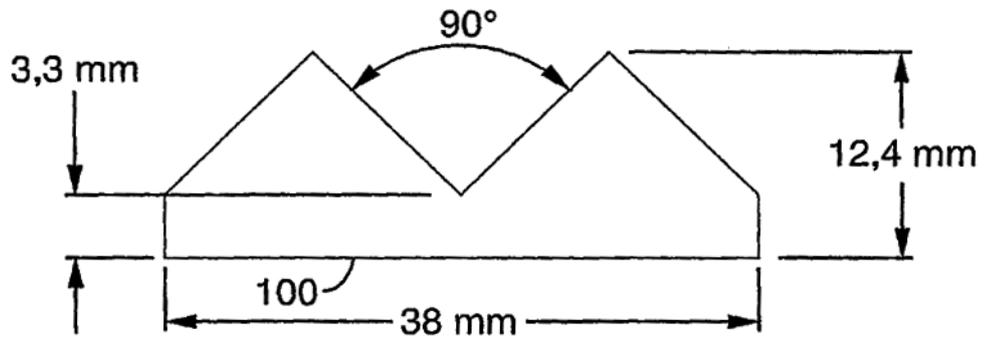


FIG. 22

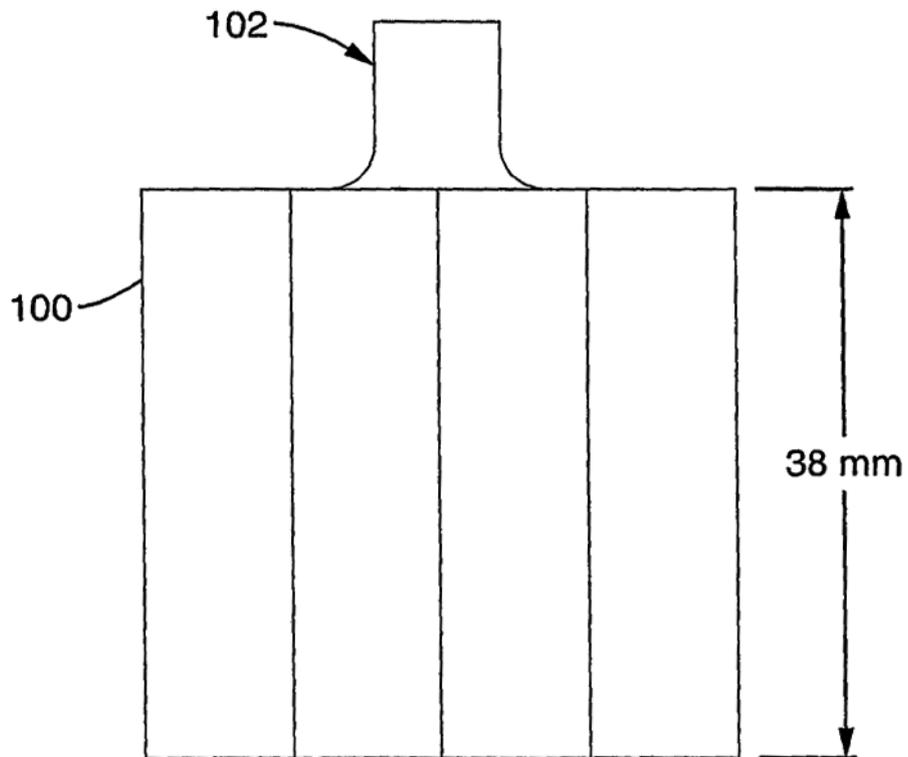


FIG. 23

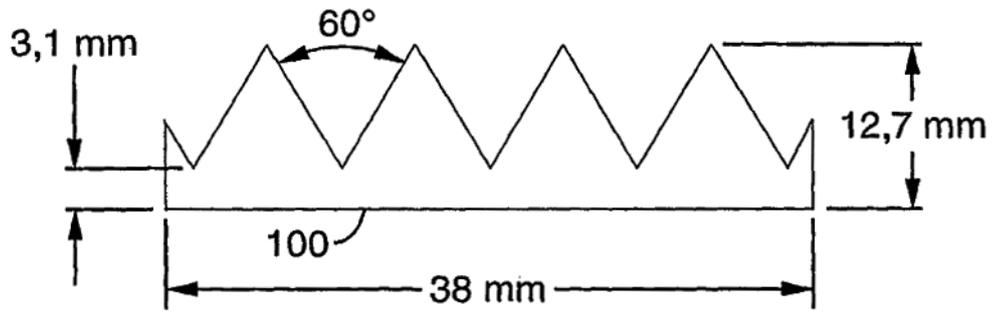


FIG. 24

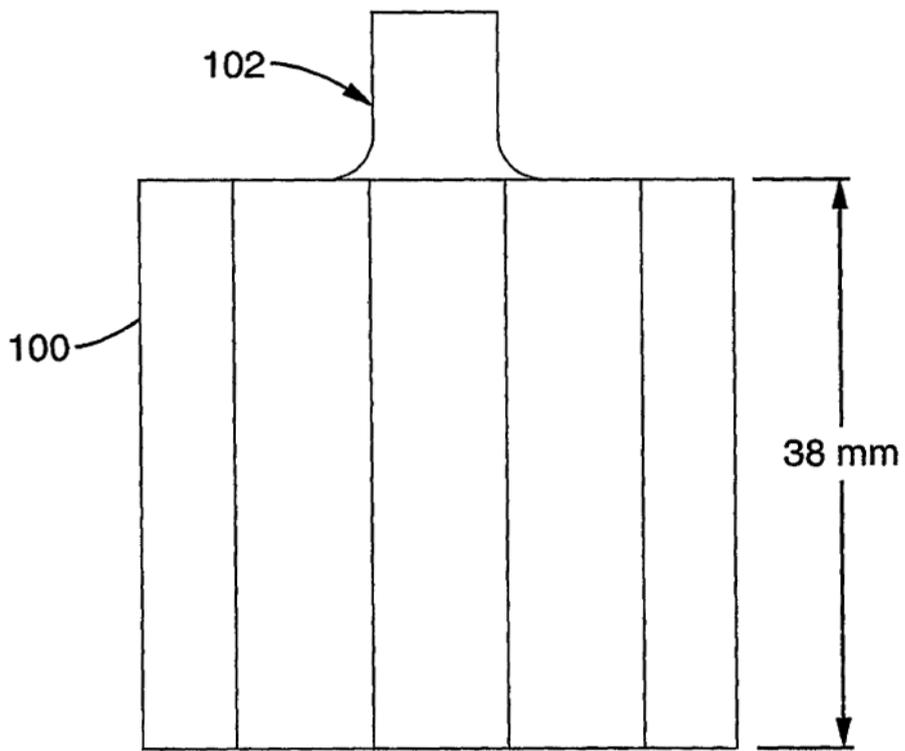


FIG. 25

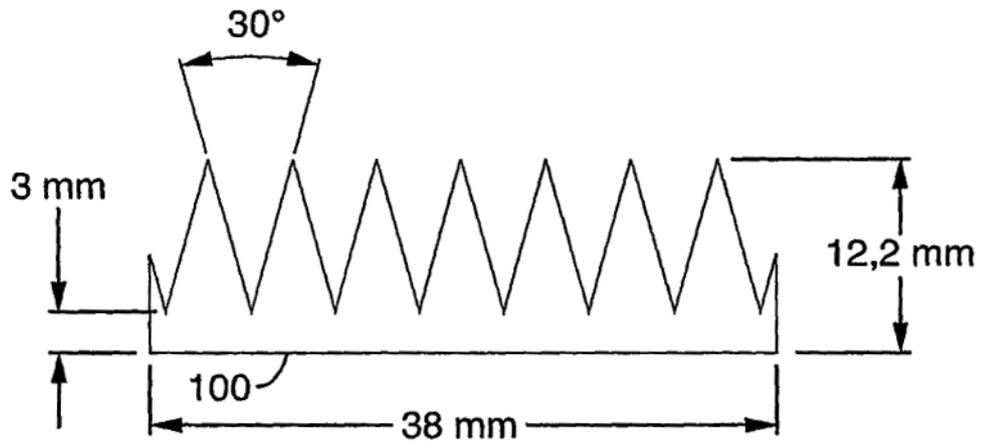


FIG. 26

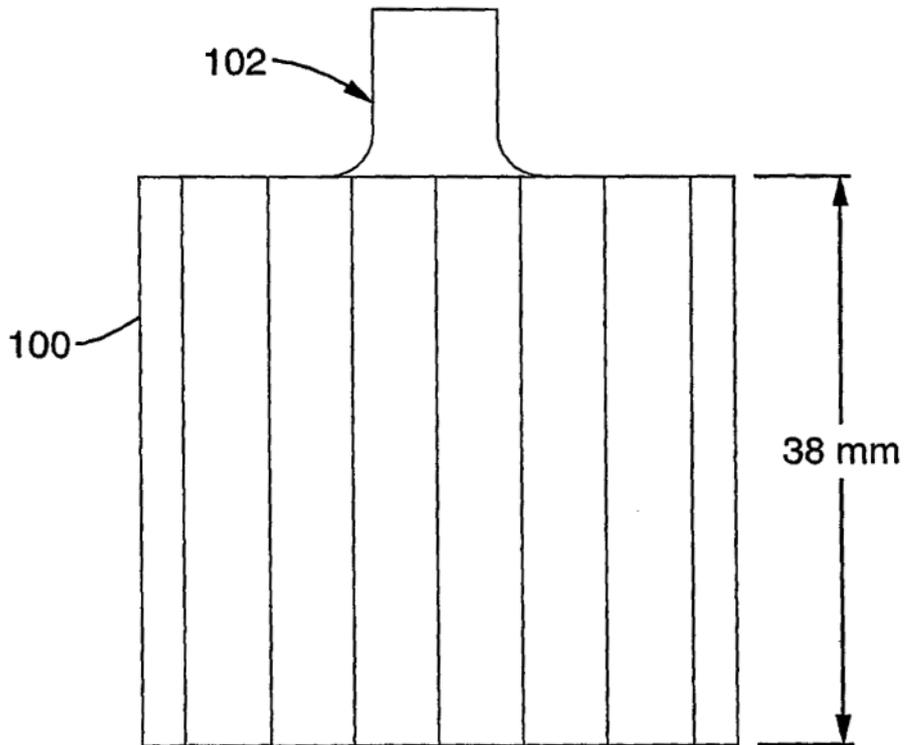


FIG. 27

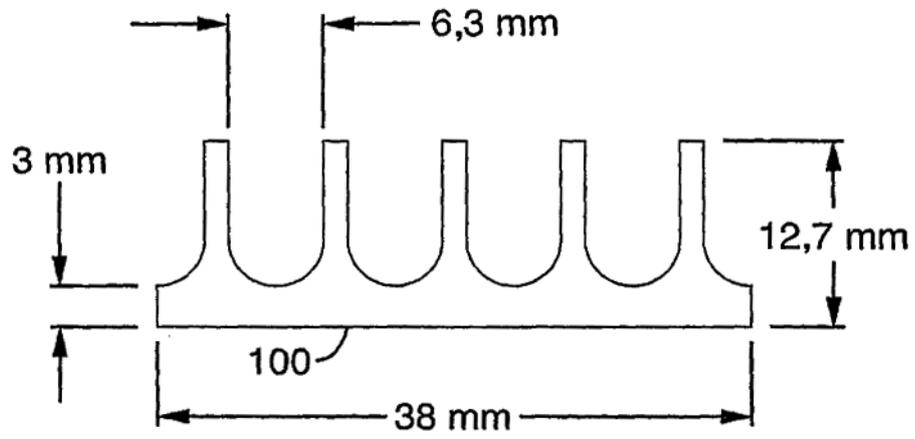


FIG. 28

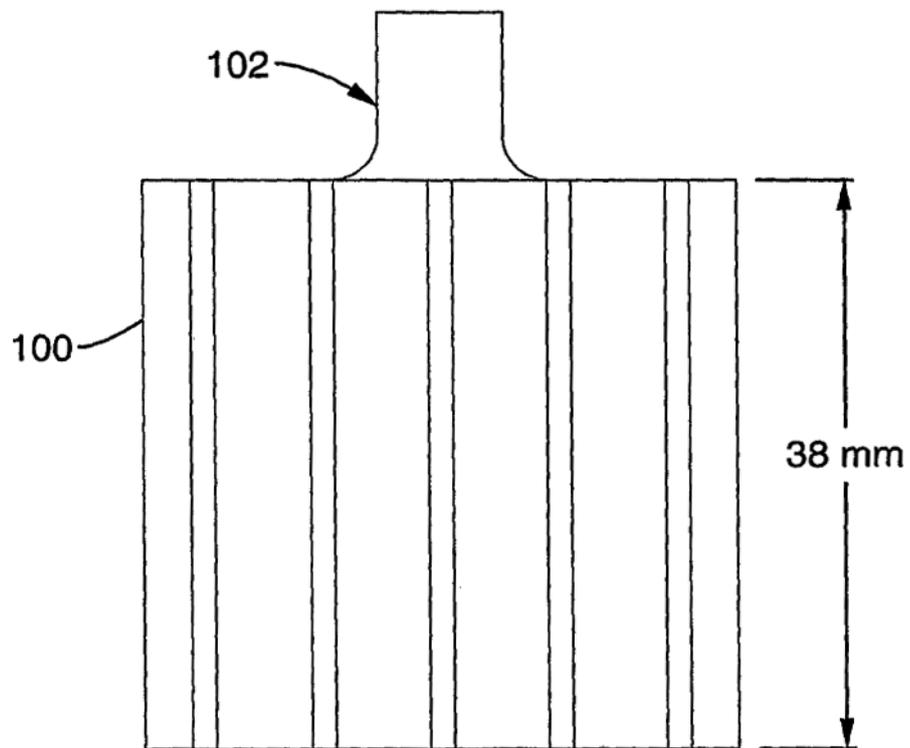


FIG. 29

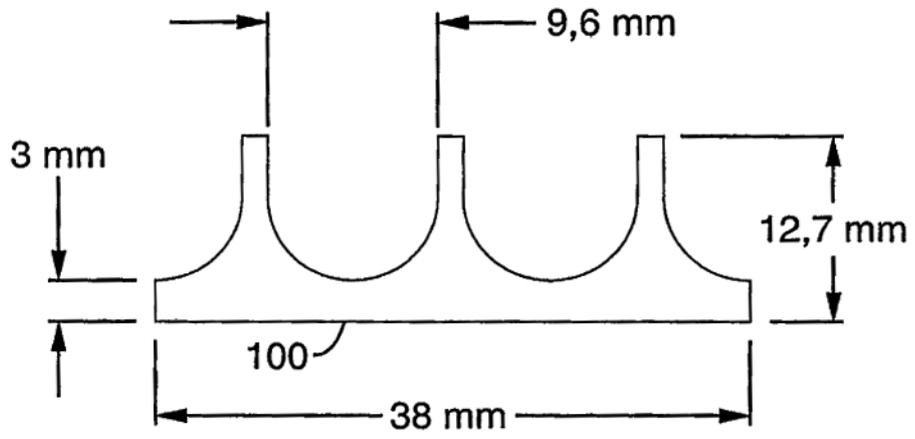


FIG. 30

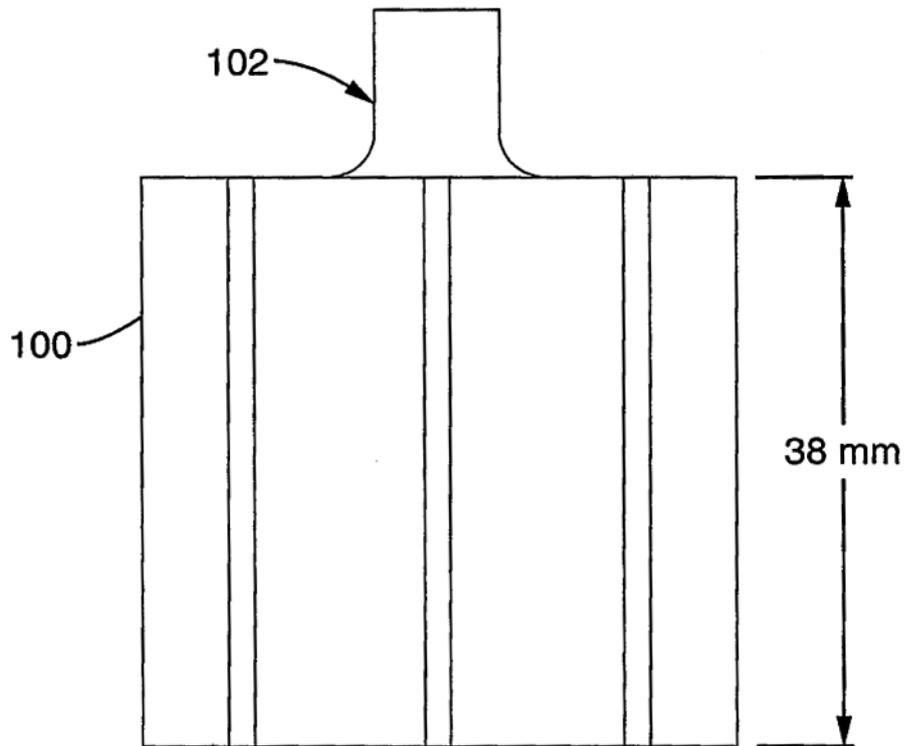


FIG. 31

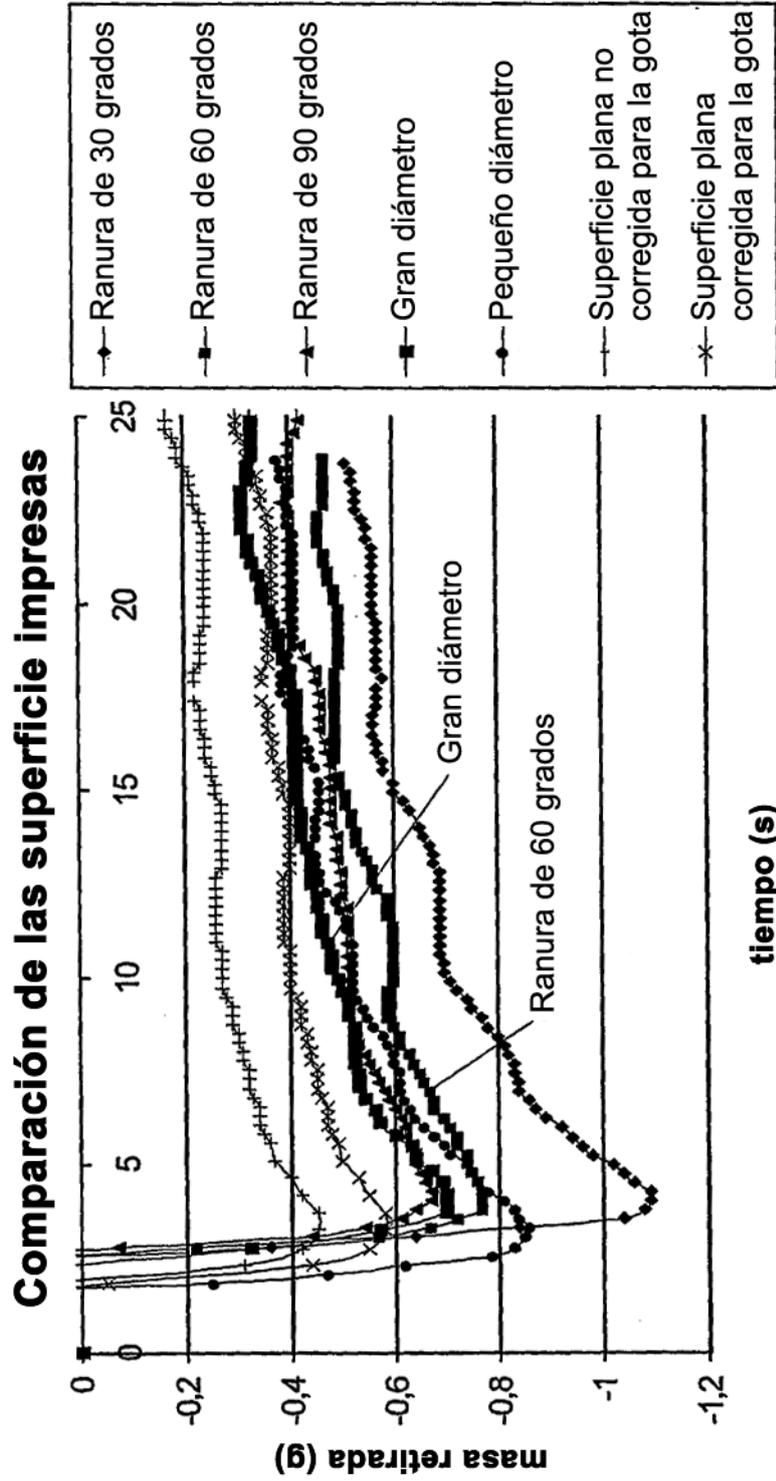


FIG. 32

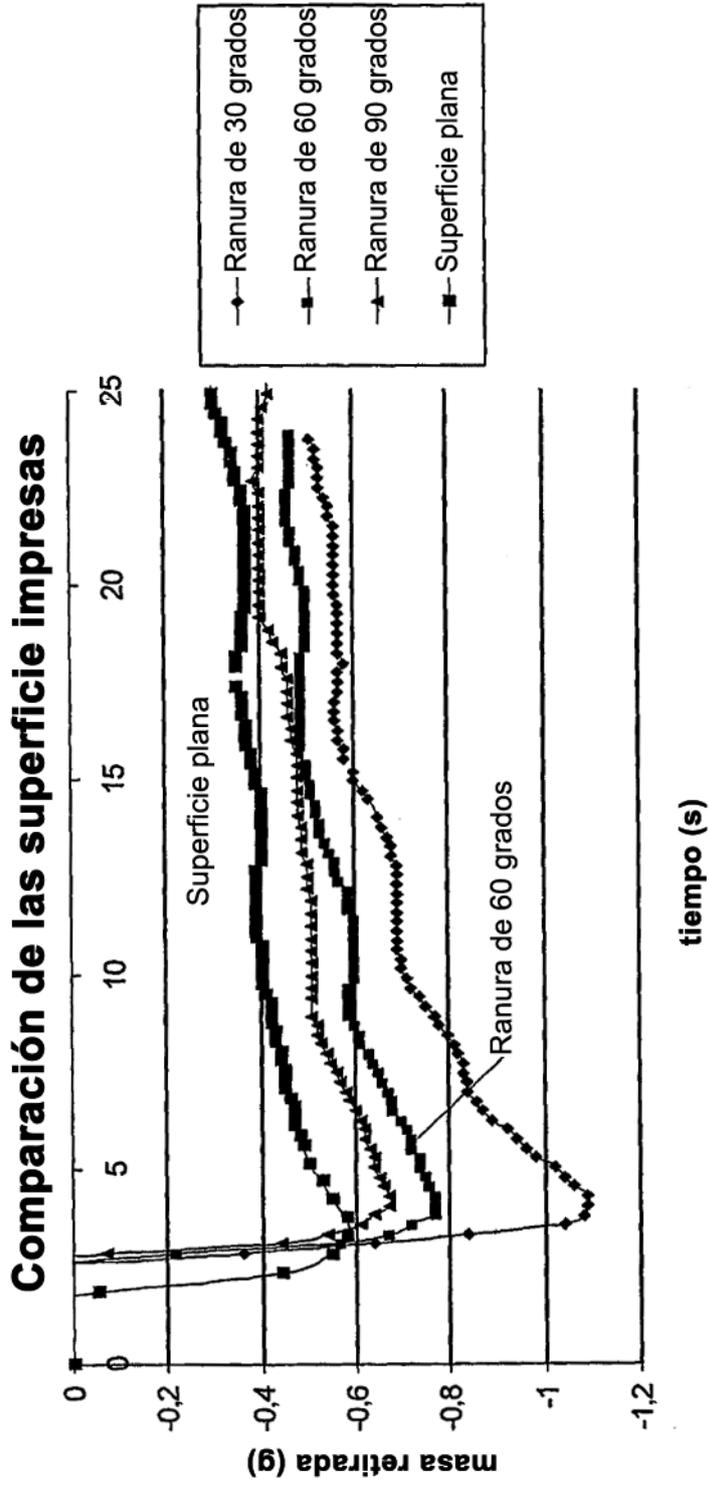


FIG. 33

Efecto del ángulo de ranura y de la velocidad de retirada en la eficacia de recuperación

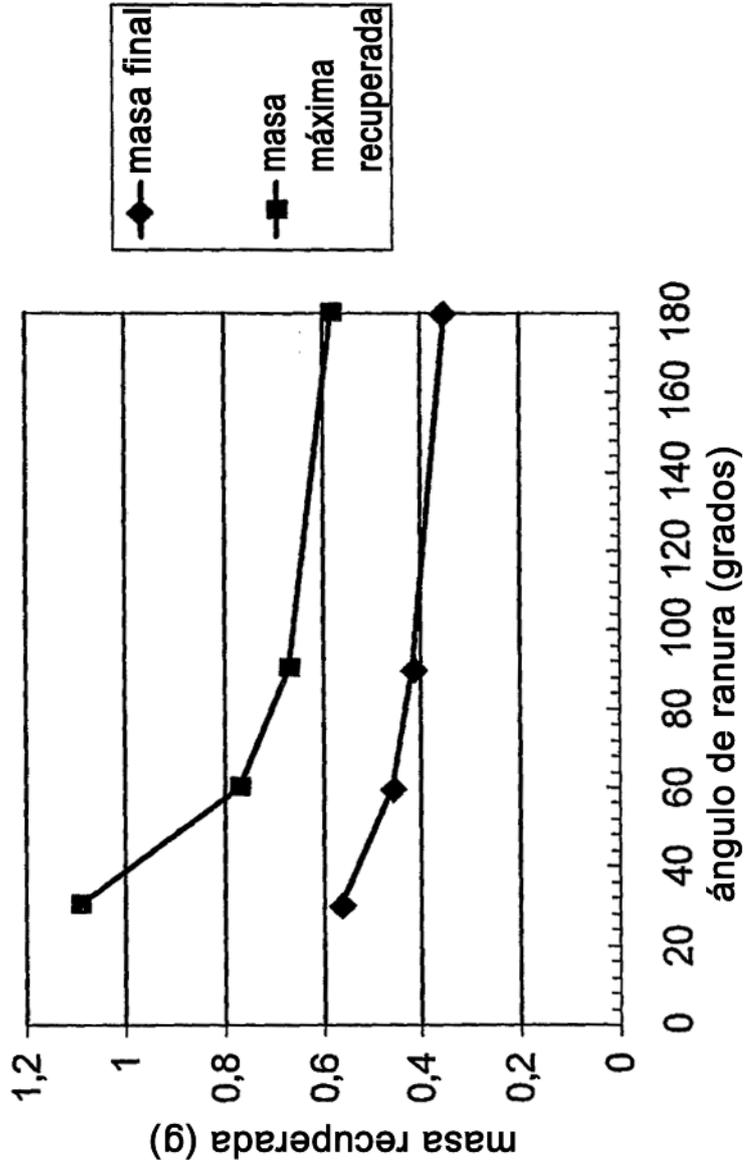


FIG. 34

Eficacia de recuperación frente a la velocidad de giro del tambor
 Crudo Endicott - mancha de 25 mm

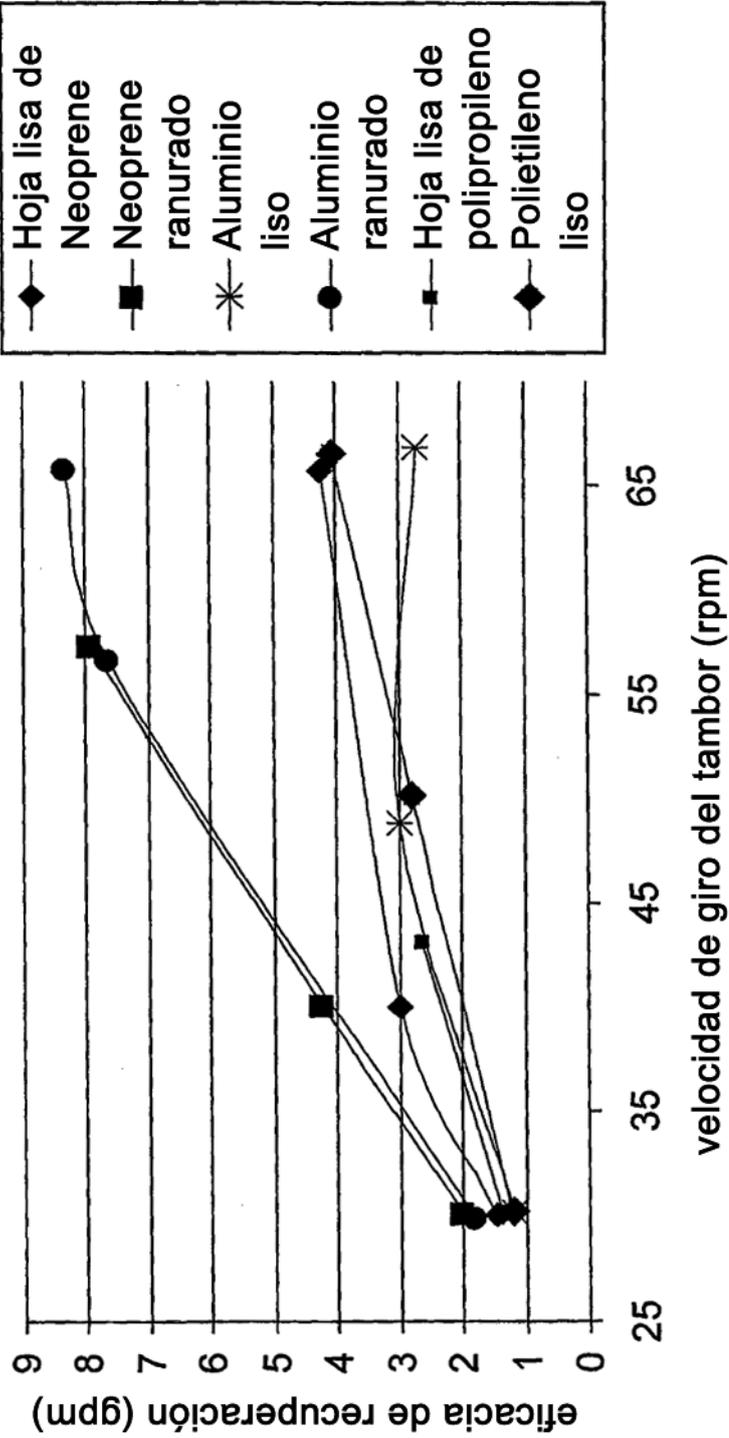


FIG. 35

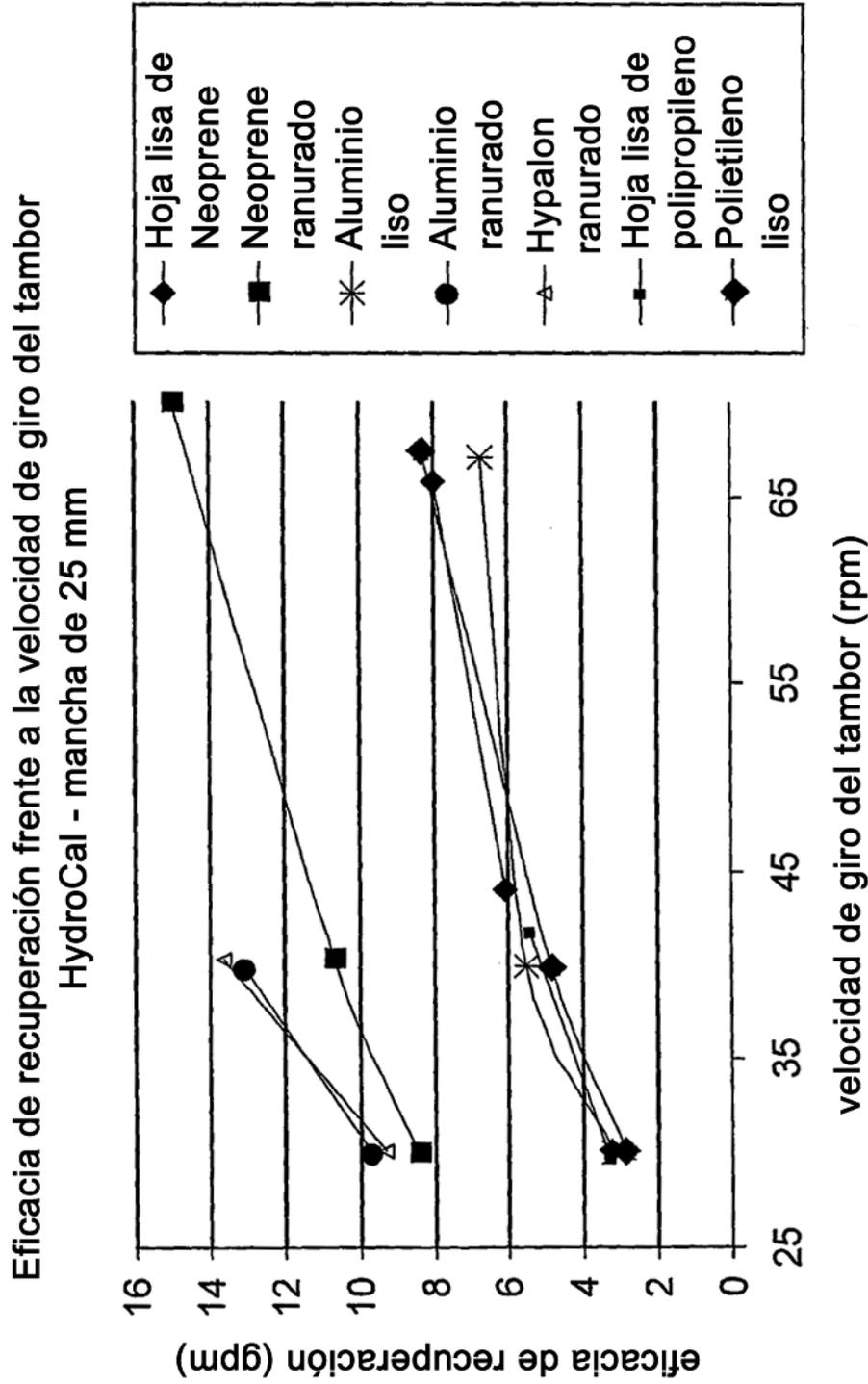


FIG. 36

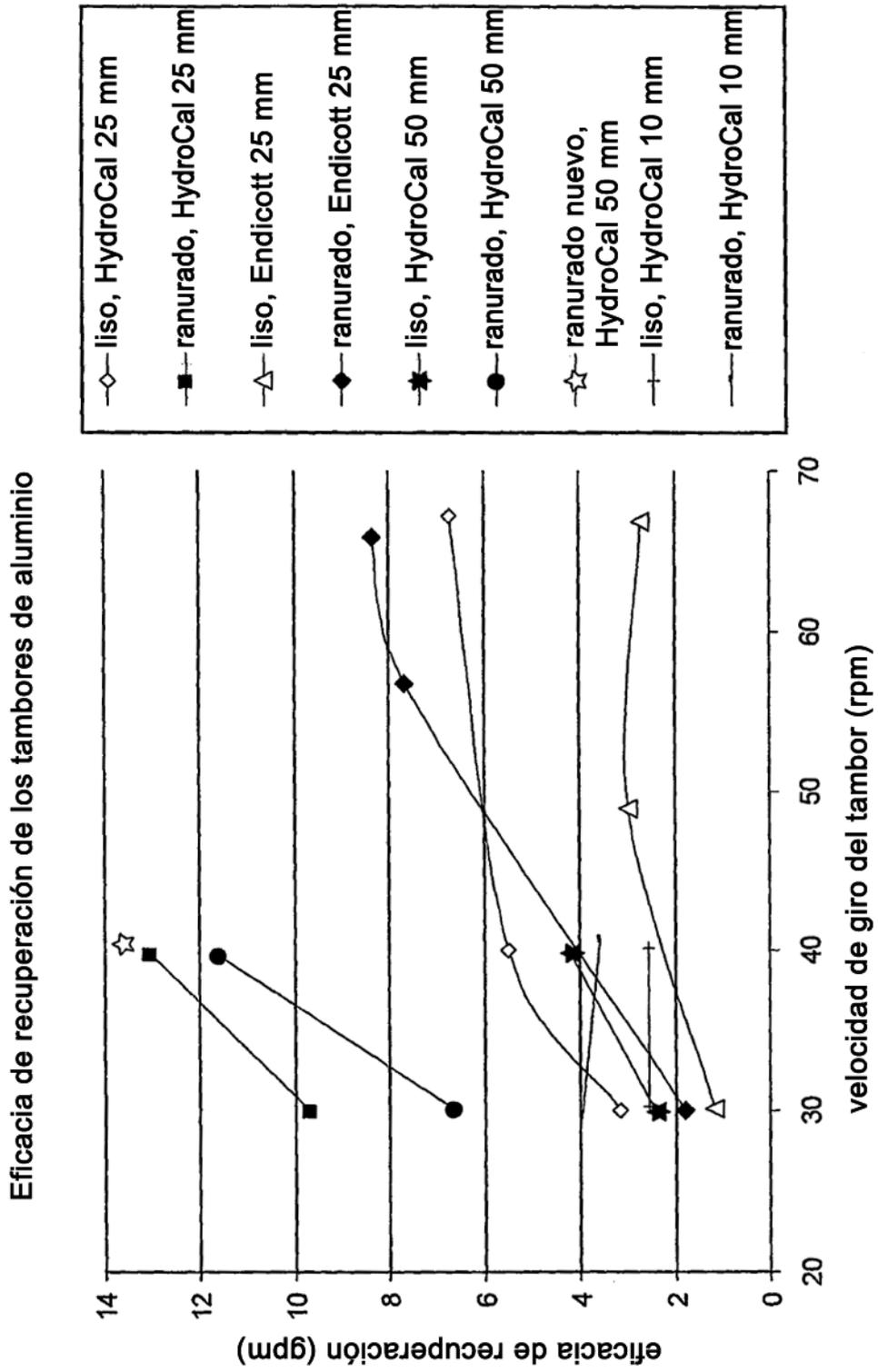


FIG. 37

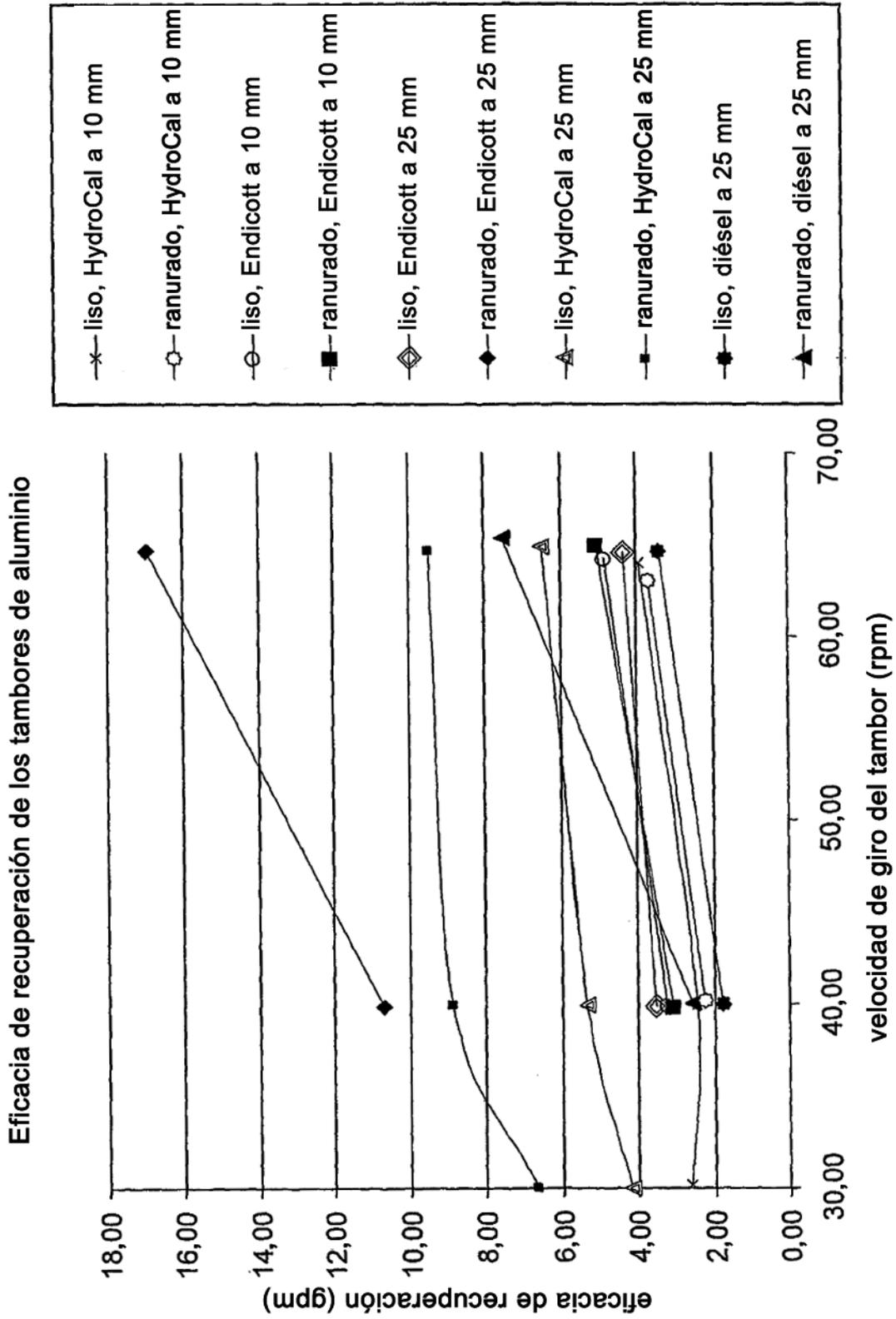


FIG. 38

Efecto de la temperatura y del grosor de la película en la eficacia de recuperación de HydroCal mediante tambores de aluminio

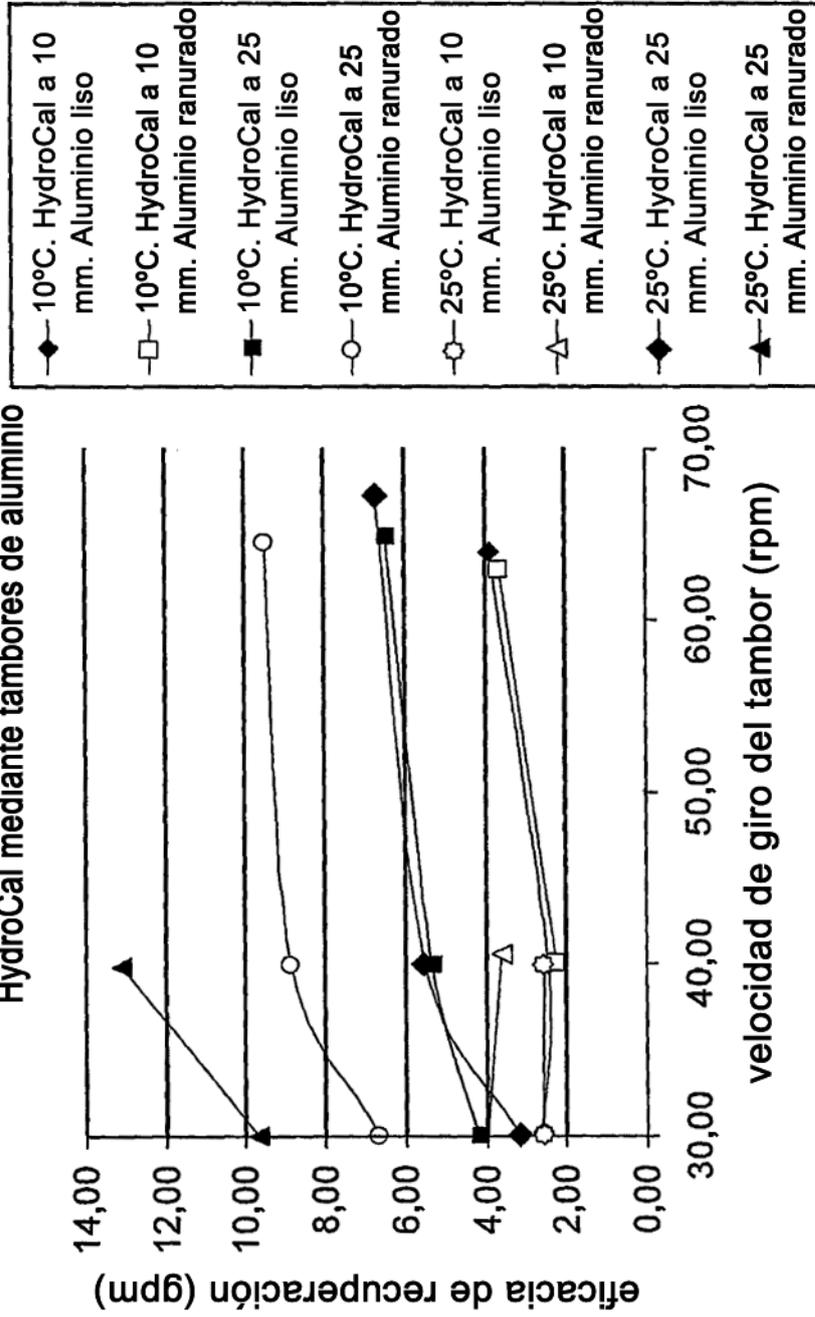


FIG. 39

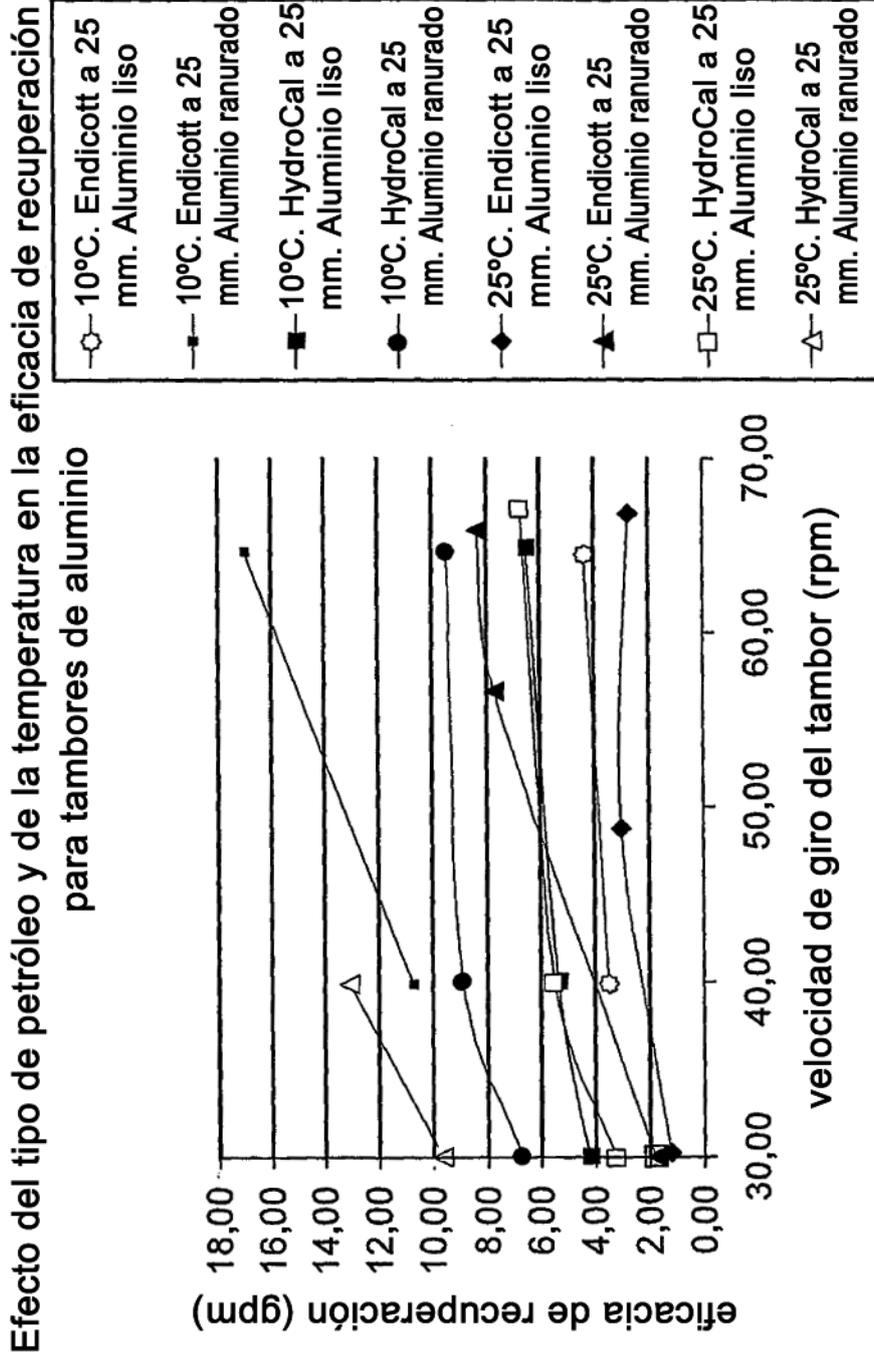


FIG. 40