

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 426 606**

51 Int. Cl.:

B21B 27/10 (2006.01)

B21B 45/02 (2006.01)

B21B 37/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **17.11.2005 E 10193615 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.06.2013 EP 2314390**

54 Título: **Procedimiento para suministrar lubricante en un laminado en frío**

30 Prioridad:

22.11.2004 JP 2004337306

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

24.10.2013

73 Titular/es:

**ARCELORMITTAL FRANCE (100.0%)
1 - 5, rue Luigi Cherubini
93200 Saint Denis, FR**

72 Inventor/es:

**TAKAHAMA, YOSHIKI;
SHIRAISHI, TOSHIYUKI;
OGAWA, SHIGERU;
VANEL, LUC y
HAURET, GUY**

74 Agente/Representante:

CURELL AGUILÁ, Mireia

ES 2 426 606 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 suministrar lubricante en un laminado en frío.

5 **Campo técnico**

La presente invención se refiere a un procedimiento para suministrar aceite lubricante en un laminado en frío, más particularmente se refiere a un procedimiento para suministrar aceite lubricante mediante lubricación por emulsión.

10 El documento JP – A 63 072417 revela un procedimiento para suministrar aceite lubricante en laminado en frío en el cual se calcula un coeficiente de fricción por el contrario a partir de la velocidad de laminado de una chapa laminada, dicho coeficiente de fricción calculado se compara entonces con un valor objetivo del coeficiente de fricción y en función de esta comparación se modifica la velocidad de suministro de lubricante.

15 **Antecedentes de la técnica**

En el laminado en frío de chapa de acero, desde el punto de vista de la estabilización de la operación de laminado, la forma y la calidad superficial del producto, la prevención del agarrotamiento, la vida útil de los laminadores, etc., es necesario mantener el coeficiente de fricción entre el material laminado (chapa de acero) y los laminadores de trabajo a un valor adecuado. Para obtener un coeficiente de fricción adecuado, un aceite lubricante adecuado para el grado, dimensiones y condiciones de laminado de la chapa laminada se selecciona y se suministra en el lado de la entrada de la caja de laminado al material laminado o los laminadores.

25 En el laminado en frío de chapa de acero, en general se utiliza una lubricación por emulsión. Para obtener un coeficiente de fricción adecuado, se utiliza un modelo para controlar la velocidad de suministro de la emulsión o la concentración de la emulsión.

Como procedimientos para controlar la lubricación mediante un modelo existen:

30 (1) el procedimiento para estimar y controlar la velocidad de suministro del límite de agarrotamiento a partir de una constante que existe para cada condición de laminado, concentración, velocidad de laminado, etc. (por ejemplo, véase la publicación de patente japonesa (Kokai) número 2002 - 224731),

35 (2) el procedimiento de la determinación de las posiciones de las boquillas de suministro del aceite lubricante considerando el tiempo requerido para la separación del aceite-agua en el momento en el que el aceite lubricante sedimenta sobre la chapa de acero, etc. (tiempo de la transición de fase) (por ejemplo, véase la publicación de patente japonesa (Kokai) número 2000 - 094013), etcétera.

40 En el pasado, no era posible estimar o medir el grosor de la película de aceite en el momento de la lubricación por emulsión. Era posible disponer un medidor del grosor de la película de aceite en el lado de la salida de la caja de laminado para medir el grosor de la película de aceite en el lado de la salida de la caja de laminado, pero no era posible saber el grosor de la película de aceite directamente por debajo del agarre del laminador en cierto momento. Como resultado, con el procedimiento de lubricación convencional anterior, no era posible obtener un grosor adecuado de la película de aceite justo por debajo del agarre del laminador y no era posible controlar la lubricación con una alta precisión.

50 Por lo tanto, con respecto a procedimiento anteriormente mencionado (1), puesto que es para la predicción del límite de agarrotamiento, no es posible utilizarlo a una baja velocidad. Existe, por lo tanto, espacio para la mejora del consumo específico de aceite en la zona de baja velocidad. Adicionalmente, con respecto al procedimiento anterior (2), se requiere el tiempo de la transición de fase para la sedimentación del aceite lubricante en emulsión. El establecimiento de las posiciones de los extremos de suministro del aceite lubricante considerando el tiempo de la transición de fase es, ciertamente, eficaz, pero el procedimiento de la determinación del tiempo de la transición de fase no está fijado, por lo tanto existe el problema de que las posiciones no se pueden determinar con precisión.

55 **Sumario de la invención**

El objetivo de la presente invención consiste en resolver el problema anterior y proporciona un procedimiento para suministrar aceite lubricante en el laminado en frío con las características de la reivindicación 1 en combinación, que permite un control de la lubricación de alta precisión.

60 El procedimiento del suministro de aceite lubricante según la reivindicación 1 comprende hacer el rendimiento del suministro:

$$\alpha = \text{hemu/hneat}$$

65 en la que

α : rendimiento del suministro (función de la velocidad de laminado, suministro de la emulsión, concentración de la emulsión, longitud de depósito, temperatura de la emulsión, ancho del material laminado o longitud del cuerpo del laminador de trabajo, carga de laminado, grado del material laminado y tipo de aceite lubricante)

hemu: grosor de la película de aceite de la lubricación por emulsión realizada bajo condiciones de lubricación del laminado específicas.

hneat: grosor la película de aceite de la lubricación pura realizada bajo condiciones de lubricación del laminado específicas.

El procedimiento de suministrar aceite lubricante de la presente invención utiliza el rendimiento del suministro determinado por las condiciones de lubricación del laminado específicas y el grosor de la película de aceite en el momento de la lubricación pura para estimar el grosor de la película de aceite en el momento de la lubricación por emulsión y el control de la velocidad de suministro de la emulsión, etc., sobre la base de este grosor estimado de la película de aceite.

El rendimiento del suministro es una función de la velocidad de laminado, el suministro de la emulsión, la concentración de la emulsión, la longitud de depósito, la temperatura de la emulsión, el ancho del material laminado o la longitud del cuerpo del laminador, la carga de laminado, el grado de material laminado y el tipo de aceite lubricante, por lo tanto la lubricación se puede controlar con una alta precisión

Mediante un control de alta precisión de la lubricación, un grosor adecuado de la película de aceite sin exceso o con déficit se forma directamente por debajo del agarre del laminador y el coeficiente de fricción entre el material laminado y el laminador de trabajo se mantiene a un valor adecuado para las condiciones de laminado. Como resultado, es posible evitar el deslizamiento entre el material laminado y los laminadores de trabajo y el agarre del material laminado y realizar un laminado estable. Adicionalmente, es posible reducir el coste del laminador y mejorar la calidad del producto.

Breve descripción de los dibujos

La figura 1 es una vista de un ejemplo de la relación entre la velocidad de laminado y el rendimiento del suministro cuando se utiliza el suministro de la emulsión y la concentración de la emulsión como parámetros.

La figura 2 es una vista esquemática que muestra un ejemplo de una instalación de laminado para trabajar el procedimiento de suministrar aceite lubricante de la presente invención.

Forma de realización más preferida

El rendimiento del suministro se puede calcular como una función de la velocidad de laminado, el suministro de la emulsión, etc., mediante un modelo, el rendimiento del suministro se puede determinar, por ejemplo, como se expone a continuación.

El grosor de la película de aceite introducido en el caso de lubricación pura bajo ciertas condiciones de laminado se designa mediante "hneat", mientras el grosor de la película de aceite introducido en el caso de lubricación por emulsión (cualquier concentración) bajo las mismas condiciones de laminado se designa mediante "hemu". Bajo las mismas condiciones de lubricación del laminado, el grosor de la película de aceite en el momento de la lubricación pura es el máximo, entonces bajo lubricación por emulsión, el grosor de la película de aceite se convierte en menor que aquél en la lubricación pura. Por lo tanto, el rendimiento del suministro α se define como hemu/hneat.

En este caso "hemu" se puede obtener midiendo el grosor de la película de aceite durante el laminado. Y, "hneat" se puede medir con antelación realizando experimentos de lubricación pura real o se puede calcular mediante teoría de lubricación, etcétera.

En la lubricación pura, junto con el incremento en la velocidad de laminado, la cantidad de aceite introducido aumenta debido al efecto de cuña del aceite y cae el coeficiente de fricción. En oposición a esto, en la lubricación por emulsión, en la zona de baja velocidad, la cantidad de aceite introducido aumenta debido al efecto de cuña del aceite lubricante, pero cuando está por encima de una cierta velocidad de laminado, la lubricación se convierte en insuficiente, el grosor de la película de aceite se reduce y el coeficiente de fricción aumenta.

Si se calcula el rendimiento del suministro para cada velocidad de laminado según las definiciones, el resultado llega ser como se representa en la figura 1. Se ha descubierto que esta curva difiere dependiendo de la velocidad de suministro de la emulsión, la concentración de la emulsión, la longitud de depósito, la temperatura de la emulsión, el ancho del material laminado o la longitud del cuerpo del laminador, la carga de laminado, el grado del material laminado y el tipo de aceite lubricante, pero si estas condiciones de lubricación del laminado son las mismas, resulta igual siempre.

5 Por lo tanto, creando un modelo del rendimiento del suministro con antelación dentro de la gama de funcionamiento, es posible estimar el grosor de la película de aceite directamente por debajo del agarre del laminador en el momento de la lubricación por emulsión a través de este rendimiento del suministro y el grosor de la película de aceite en el momento de la lubricación pura.

10 Por lo tanto, si se controla la concentración de la emulsión o el suministro de la emulsión de modo que el grosor estimado de la película de aceite coincida con el valor objetivo, es posible llegar a suministrar el aceite de lubricación sin exceso o con déficit bajo las condiciones de lubricación del laminado.

15 Adicionalmente, se ha descubierto que es posible estimar el rendimiento del suministro a partir de la velocidad de laminado, el suministro de la emulsión, la concentración de la emulsión, la longitud de depósito, la temperatura de la emulsión, el ancho del material laminado o la longitud del cuerpo del laminador, la carga de laminado, el grado del material laminado y el tipo de aceite lubricante. La ecuación para la estimación del rendimiento del suministro se puede establecer ajustando los valores obtenidos por los experimentos mediante una función adecuada.

20 Se confirmó que el rendimiento del suministro se puede expresar mediante por lo menos una función exponencial para cada una de ellas la zona de baja velocidad y la zona de alta velocidad. Cualquier otra función que permita un ajuste adecuado también puede ser utilizada, por supuesto.

25 Sin embargo, la zona de baja velocidad y la zona de alta velocidad se definen utilizando el valor máximo del rendimiento del suministro como un límite. Es conocido que α se puede estimar mediante una ecuación modelo, de modo que esta función ($h_{emu} = \alpha \times h_{neat}$) puede ser utilizada para estimar el grosor de la película de aceite en el momento de la lubricación por emulsión a partir del grosor de la película de aceite en el momento de la lubricación pura (realmente medido o bien utilizando valores de teoría de fluidos de lubricación) bajo las mismas condiciones que las condiciones de suministro del aceite lubricante en el momento de la lubricación por emulsión (suministro de la emulsión, concentración de la emulsión, temperatura de la emulsión y longitud de depósito).

30 Por lo tanto, es posible estimar el rendimiento del suministro en línea en todo momento, estimar el grosor de la película de aceite en el momento de la lubricación por emulsión específica y de ese modo controlar la lubricación.

35 El parámetro más simple como un factor de control es la velocidad de suministro de la emulsión. El número de depósitos de lubricación etc. puede ser utilizado para cambiar la concentración de la emulsión. De forma similar, las direcciones de las boquillas se pueden cambiar para cambiar la longitud de depósito.

40 La figura 2 es una vista que muestra esquemáticamente un ejemplo de una instalación de laminado para trabajar el procedimiento de suministro de aceite lubricante de la presente invención. La instalación de laminado por ejemplo comprende cinco cajas. La figura 2 muestra únicamente una caja de laminado 10 entre ellas. La caja de laminado 10 es una caja de laminado 4Hi provista de laminadores de trabajo 12 y cilindros de respaldo 14.

45 La instalación de laminado está provista de depósitos de emulsión 20A y 20B para almacenar la emulsión y un depósito de agua de refrigeración 40. La emulsión almacenada se establece con antelación en tipo y concentración según las condiciones de lubricación del laminado específicas puesto que los tipos a la concentración del aceite lubricante difieren.

50 Las tuberías de la emulsión 21A y 21B conectadas a los depósitos de la emulsión 20A y 20B tienen bombas de la emulsión 22A y 22B y válvulas de ajuste del caudal de la emulsión 23A y 23B fijadas a ellas. Adicionalmente, las tuberías de la emulsión 21A y 21B están conectadas a una tubería principal 25.

En el lado de entrada de la caja de laminado 10, está instalado un cabezal de la emulsión 30. El cabezal de la emulsión 30 está provisto de una pluralidad de boquillas de la emulsión 34 a través de juntas giratorias 32 a lo largo de la dirección del ancho de la chapa.

55 Cada boquilla de la emulsión 34 es capaz de girar mediante la junta giratoria 32 alrededor de un eje de giro que se extiende horizontalmente en la dirección del ancho de la chapa. Las boquillas de la emulsión 34 pueden ser giradas para cambiar las direcciones de pulverización de la emulsión como se representa mediante las líneas discontinuas y de ese modo ajustar la longitud de depósito.

60 La tubería del agua de refrigeración 41 que se extiende desde el depósito del agua de refrigeración 40 tiene una bomba del agua de refrigeración 42 y una válvula de ajuste del caudal del agua de refrigeración 43 fijada a ella. Por otra parte, un cabezal del agua de refrigeración 45 está instalado en el lado de la salida de la caja de laminado 10. El cabezal del agua de refrigeración 45 tiene la tubería del agua de refrigeración 41 conectada al mismo y presenta una pluralidad de boquillas de refrigeración 46 fijadas al mismo a lo largo de la dirección del ancho de la chapa.

65 La instalación de laminado está provista de un aparato de control de la lubricación 50 que comprende un ordenador. El aparato de control de la lubricación 50 almacena ecuaciones de los modelos de las condiciones de lubricación del

laminado y el rendimiento del suministro α y otros datos. El aparato de control de la lubricación 50 calcula el rendimiento del suministro α mediante las ecuaciones del modelo sobre la base de las condiciones determinadas de lubricación del laminado.

5 En la instalación de laminado configurada como se ha explicado anteriormente en la presente memoria si, por ejemplo, la emulsión EA se selecciona sobre la base de las condiciones del laminado del laminado y el rendimiento del suministro α , la bomba de la emulsión 22A es accionada y la emulsión EA es enviada desde el depósito de la emulsión 20A a través de la tubería de la emulsión 21A hacia la tubería principal 25. La señal de funcionamiento a partir del aparato de control de la lubricación 50 se puede utilizar para ajustar el caudal de la válvula de ajuste del caudal de la emulsión 23A.

10 En este momento la bomba de la emulsión 22B es detenida y la válvula de ajuste del caudal de la emulsión 23B se cierra. La emulsión EA es suministrada a través de la tubería principal 25, el cabezal de la emulsión 30 y las juntas giratorias 32 desde las boquillas de la emulsión 34 hasta la chapa de acero 1 en el lado de la entrada de la caja de laminado. Adicionalmente, los laminadores de trabajo 12 son refrigerados con el agua de refrigeración pulverizada desde las boquillas del agua de refrigeración 46.

15 Las condiciones de lubricación del laminado cambian en cada instante, de modo que si se calcula un nuevo rendimiento del suministro α , por ejemplo es posible dejar las otras condiciones constantes y cambiar únicamente la longitud de depósito para cambiar el grosor de la película de aceite. El parámetro cambiado no está limitado a la longitud de depósito y también puede ser la velocidad de suministro de la emulsión o la temperatura de la emulsión. Adicionalmente, también es posible cambiar varios de estos parámetros.

20 Adicionalmente, si las condiciones de lubricación del laminado cambian y se establece un nuevo rendimiento del suministro α , la bomba de la emulsión 22A se detiene y la válvula de ajuste del caudal de la emulsión 23A se cierra en algunos casos. Adicionalmente, la bomba de la emulsión 21B es accionada y la válvula de ajuste del caudal de la emulsión 23B se utiliza para ajustar el caudal de la emulsión EB.

25 La emulsión es suministrada mientras se cambia desde la emulsión EA a la emulsión EB y se cambia el suministro de la emulsión. Obsérvese que en este caso, el aceite lubricante puede ser igual o diferente en tipo y la velocidad de suministro de la emulsión puede ser la misma. Adicionalmente, también es posible cambiar la longitud de depósito.

30 Cuando se corrige periódicamente el rendimiento del suministro (función de aprendizaje), un medidor del grosor de la película de aceite 52 se establece en el lado de la salida de la caja de laminado. El valor medido detectado por el medidor del grosor de la película de aceite se envía al aparato de control de la lubricación 50 en donde se calcula la diferencia entre el valor medido del medidor del grosor de la película de aceite y el valor estimado del grosor de la película de aceite. Adicionalmente, sobre la base de la diferencia detectada, el rendimiento del suministro bajo las condiciones de lubricación del laminado se corrige periódicamente mientras se estima el grosor de película de aceite de la lubricación por emulsión.

35 Debido a esto, es posible elevar adicionalmente la precisión del control de la lubricación. El período de la corrección puede ser cambiado de cualquier modo según las condiciones de lubricación del laminado.

40 El rendimiento del suministro α es un parámetro que muestra el estado de la lubricación, de modo que está directamente correlacionado con el coeficiente de fricción o la relación de avance. Este coeficiente de fricción y relación de avance están gobernados por la cantidad de aceite de lubricación que se introduce dentro del agarre del laminador. La proporción de aceite introducido está afectada por el estado del suministro, esto es, la concentración la emulsión, la velocidad de suministro, la longitud de depósito, etc., de modo que la relación con el coeficiente de suministro α es grande.

45 Es posible investigar con antelación el coeficiente de fricción o la relación de avance y el rendimiento del suministro y calcular el rendimiento del suministro a partir de las condiciones de suministro del aceite lubricante para estimar el coeficiente de fricción o la relación de avance. Cuando el coeficiente de fricción calculado o la relación de avance no coinciden con el valor objetivo, es posible cambiar la velocidad del suministro, la longitud de depósito o bien otros parámetros para obtener el estado de lubricación objetivo.

50 Por lo tanto, en la presente invención, es posible detectar la carga durante el laminado, la velocidad de la chapa en el lado de la salida y la velocidad del laminador, calcular por el contrario el coeficiente de fricción a partir del grosor de la chapa en el lado de entrada y el grosor de la chapa en el lado de la salida obtenido a partir del programa de reducción y los parámetros anteriores, almacenar la relación entre el coeficiente de fricción y el rendimiento del suministro para cada grado de material laminado con antelación en forma tabular, encontrar el coeficiente de fricción bajo condiciones específicas de laminado a partir del rendimiento del suministro y controlar por lo menos uno de suministro de la emulsión, la concentración de la emulsión, la temperatura de la emulsión y la longitud de depósito de modo que el coeficiente de fricción coincida con un valor objetivo.

55 Adicionalmente, es posible detectar la velocidad de la chapa en el lado de la salida y la velocidad del laminador para

5 calcular la relación de avance, almacenar la relación entre la relación de avance y el rendimiento del suministro para cada grado el material laminado con antelación en forma de una tabla, encontrar la relación de avance bajo condiciones específicas de laminado a partir del rendimiento del suministro y controlar por lo menos uno de suministro de la emulsión, la concentración de la emulsión, la temperatura de la emulsión y la longitud de depósito de modo que la relación de avance coincida con el valor objetivo.

10 Sin embargo, bajo las mismas condiciones de suministro del aceite lubricante, es conocido que el coeficiente de fricción o la relación de avance cambia según el desgaste del laminador, el grado del material laminado, etcétera. El desgaste del laminador debe ser corregido por el número de toneladas de laminado del material laminado después de cada cambio de laminador. Los grados del material laminado, por ejemplo, se clasifican por la resistencia a la deformación inferior a 350 MPa, de 350 a 600 MPa, de 600 a 800 MPa, de 800 a 1200 MPa y más de 1200 MPa. No hay ningún problema en almacenar la relación entre el coeficiente de fricción o la relación de avance y el rendimiento del suministro para cada clase en forma de una tabla.

15 La presente invención está limitada a las formas de realización anteriores. Por ejemplo, el material laminado también puede ser, además de acero, titanio, aluminio, magnesio, cobre o bien otro metal y aleaciones de estos metales.

20 Pueden existir también tres o más depósitos de la emulsión. Adicionalmente, también es posible utilizar un depósito individual para almacenar el aceite lubricante y mezclar el aceite lubricante suministrado fuera del depósito con agua caliente en la mitad de la tubería para preparar la emulsión.

25 En este caso, también es posible cambiar la relación de la mezcla del aceite lubricante y el agua caliente según las condiciones de lubricación del laminado y ajustar la concentración de la emulsión o cambiar la velocidad de suministro de la emulsión.

25 Ejemplos

30 Un tren laminador de pruebas 4Hi de caja individual se utilizó para laminar un serpentín. En este experimento, se utilizó aceite de palma como el aceite base del aceite lubricante (concentración de la emulsión 2%, longitud de depósito 0,3 m, velocidad de suministro 1 l/min por lado, ancho de la chapa 50 mm) y se calculó con antelación el rendimiento del suministro en una prueba preliminar en la gama de condiciones de la prueba. El laminado se realizó acelerando, laminando a una velocidad constante de 1500 mpm por 10 minutos, desacelerando entonces y terminando.

35 El presente modelo se aplicó a un primer serpentín (periodo de cálculo de 1 segundo), por lo que α estaba entre 0,11 y 0,23. La chapa se laminó mientras se cambió el suministro de modo que el grosor estimado de la película de aceite (actual 0,38 hasta 0,48 μm) coincidió con el grosor objetivo de la película de aceite. El grosor objetivo de la película de aceite se realizó en un grosor de la película de aceite en el momento del límite en el que ocurrieron faltas de agarre obtenidas por el funcionamiento hasta ese momento. Cuando se utilizó el presente modelo, el laminado era posible sin problemas tales como faltas de agarre.

40 Incluso con un laminado normal, la velocidad de suministro se cambia para cada velocidad de laminado, pero éste es un control basto por los valores de la tabla. Por lo tanto, el laminado no se realizará en el estado próximo al límite del agarre todas las veces al igual que el modelo presente.

45 Si se calcula mediante los valores de la tabla utilizados en el funcionamiento normal, es conocido que la velocidad de suministro mediante el experimento presente es el 92% del funcionamiento normal (después de la corrección del ancho de la chapa). Se puede confirmar mediante el presente modelo que el coste se puede reducir sin ningún problema.

50 A continuación, se calculó el rendimiento del suministro durante el laminado mientras se condujeron experimentos similares. Para verificar también la precisión del modelo de estimación del rendimiento del suministro, la combinación de las condiciones de laminado y el grosor y el ancho de la chapa se cambiaron para laminar 23 serpentines. No ocurrió ningún problema en el laminado para ningún serpentín incluyendo faltas de agarre.

55 Del mismo modo que la vez anterior, si se compara con el suministro en el momento de funcionamiento normal, en el presente experimento, se puede confirmar que el suministro fue el 93% en funcionamiento normal. El efecto se puede confirmar incluso en el caso de la estimación del rendimiento del suministro durante el laminado.

60 Aplicabilidad industrial

65 Como se ha expuesto anteriormente en la presente memoria, la presente invención permite el control de la lubricación con una alta precisión en el control de laminado. Por lo tanto, la presente invención es importante en su aplicabilidad en la industria de los metales ferrosos.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para suministrar aceite lubricante en el laminado en frío mediante lubricación por emulsión en el lado de entrada de la caja de laminado, que comprende:

5 detectar una carga durante el laminado, una velocidad de la chapa en el lado de salida y una velocidad del laminador,

10 calcular a la inversa el coeficiente de fricción a partir de un grosor de la chapa en el lado de entrada, el grosor de la chapa en el lado de salida, la carga, la velocidad de la chapa en el lado de salida y la velocidad del laminador obtenidos a partir de un programa de reducción,

15 almacenar con antelación la relación entre una constante, la cual es el rendimiento del suministro obtenido bajo condiciones específicas de velocidad de laminado, suministro de la emulsión, concentración de la emulsión, temperatura de la emulsión, longitud de depósito, ancho del material laminado o longitud del cuerpo del laminador, carga de laminado, grado del material laminado y tipo de aceite lubricante y dicho coeficiente de fricción para cada grado de material laminado en forma tabular,

20 descubrir el coeficiente de fricción bajo dichas condiciones de lubricación del laminado específicas a partir de dicho rendimiento del suministro, y

25 controlar por lo menos uno de entre el suministro de la emulsión, la concentración de la emulsión, la temperatura de la emulsión y la longitud de depósito de modo que el coeficiente de fricción coincida con un valor objetivo, estando el rendimiento del suministro definido por la fórmula siguiente:

$$\alpha = \text{hemu}/\text{hneat}$$

en la que

30 α : rendimiento del suministro,

hemu: grosor de la película de aceite de la lubricación por emulsión realizada bajo condiciones de lubricación del laminado específicas

35 hneat: grosor de la película de aceite de la lubricación pura realizada bajo condiciones de lubricación del laminado específicas.

Fig.1

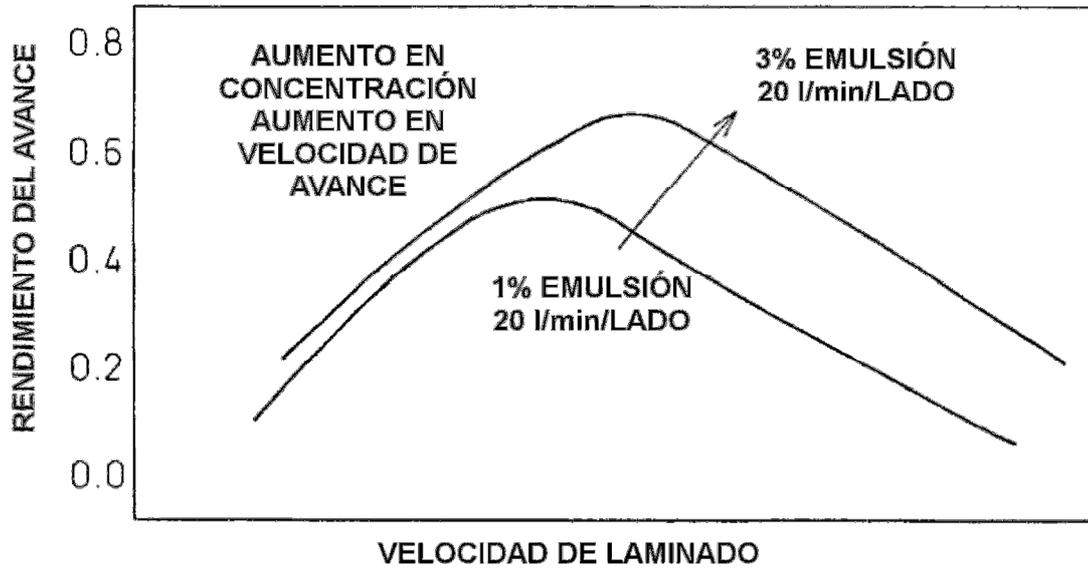


Fig.2

