

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 589 654**

51 Int. Cl.:

B21B 45/02 (2006.01)

C10M 101/00 (2006.01)

B01F 3/08 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **10.05.2010 PCT/US2010/034229**

87 Fecha y número de publicación internacional: **11.11.2010 WO10129951**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **10.05.2010 E 10772931 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.07.2016 EP 2429732**

54 Título: **Fluido lubricante de aceite en agua de tamaño de partícula pequeño**

30 Prioridad:

08.05.2009 US 176666 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
15.11.2016

73 Titular/es:

QUAKER CHEMICAL CORPORATION (20.0%)
One Quaker Park 901 Hector Street
Conshohocken, PA 19428, US;
TAO, ZHU (20.0%);
SCHELLINGERHOUT, PIETER (20.0%);
ZHANG, YUMING (20.0%) y
MA, JIANGBO (20.0%)

72 Inventor/es:

TAO, ZHU;
SCHELLINGERHOUT, PIETER;
ZHANG, YUMING y
MA, JIANGBO

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 589 654 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

Fluido lubricante de aceite en agua de tamaño de partícula pequeño

5 **Antecedentes**

En los procesos de laminación en frío para el acero, la lubricación es un componente importante y generalmente necesario. Debido a la alta velocidad, alta presión y altas fuerzas de fricción entre el rodillo y el fleje asociadas a los procesos de laminación, se puede producir lubricación insuficiente, refrigeración insuficiente, y protección superficial

10 insuficiente, que puede dar como resultado 1) un aumento en la fuerza de laminado, 2) baja reflectividad de la tira, 3) aumento del desgaste del rodillo y, en algunos casos, 4) la incapacidad de laminar con éxito el fleje de acero. Tales efectos negativos pueden desperdiciar energía, consumir rodillos, dar como resultado una mala calidad de producto, etc.

15 Tradicionalmente, ha habido principalmente dos tipos de modos de lubricación para procesos de laminación en frío de acero: (1) lubricación con aceites puros, y (2) lubricación con emulsiones de aceite en agua. La lubricación con aceites puros se ha eliminado generalmente debido a problemas de alta inflamabilidad y refrigeración insuficiente.

20 En la actualidad, el estado de la técnica de la tecnología de lubricación para la laminación en frío de aceros implica lubricación que usa una emulsión con tamaños de partícula mayores de 1,0 μm , especialmente tamaños de partícula mayores que aproximadamente 2,0 μm .

El documento de Patente US 6.548.456 B1 desvela un fluido de trabajo metálico específico que es una emulsión de aceite en agua que comprende una o más polivinilpirrolidonas alquiladas así como un lubricante que comprende un inhibidor de corrosión o un aditivo de presión extrema.

25 **Sumario**

De acuerdo con la presente invención, un fluido lubricante de aceite en agua para su uso en laminación en frío de acero de acuerdo con la presente reivindicación 1 incluye una emulsión de aceite en agua que tiene un valor del

30 tamaño de partícula de 1 μm o menos. En algunas realizaciones, la emulsión de aceite en agua tiene un valor del tamaño de partícula de 0,5 μm o menos.

De acuerdo con la presente invención, un fluido lubricante de aceite en agua para su uso en laminación en frío de acero incluye una emulsión de aceite en agua con una fase de aceite y una fase de agua. La fase de aceite incluye

35 de un 5 % en peso a un 40 % en peso de al menos un tensioactivo polimérico, de un 25 % en peso a un 95 % en peso de aceite base, y de un 0,2 % en peso a aproximadamente un 10 % en peso de aditivos de lubricación de presión extrema. La emulsión incluye partículas de fase de aceite que tienen un valor modal de tamaño de partícula, $d(50\%)$, de 1 μm o menos. En algunas realizaciones, el lubricante de aceite en agua incluye de aproximadamente un 0,5 % en peso a aproximadamente un 6 % en peso de aditivos funcionales en la fase de aceite. En algunas

40 realizaciones, la fase de aceite constituye aproximadamente de un 0,5 % en peso a aproximadamente un 15 % en peso del fluido lubricante de aceite en agua.

En ciertas realizaciones, el fluido lubricante de aceite en agua incluye al menos un tensioactivo polimérico con un peso molecular promedio de aproximadamente 1000 a aproximadamente 100.000. El tensioactivo polimérico puede

45 incluir un tensioactivo de polímero en bloque de injerto. En algunas realizaciones, un tensioactivo polimérico incluye bloques hidrófobos que tienen un peso molecular promedio en número de al menos aproximadamente 200, o bloques hidrófilos que tienen un peso molecular promedio en número de al menos aproximadamente 200.

En algunas realizaciones, el aceite base incluye un éster natural, éster sintético, aceite mineral, o mezclas de los mismos. En ciertas realizaciones, el aditivo de lubricación de presión extrema está basado en fósforo, basado en

50 azufre, o una mezcla de los mismos.

En ciertas realizaciones, al menos aproximadamente un 50 % de la fase de aceite está contenida en partículas con un tamaño de menos de 1 μm . En algunas realizaciones, al menos aproximadamente un 50 % de la fase de aceite

55 está contenida en partículas con un tamaño de menos de aproximadamente 0,5 μm .

La presente invención se refiere además a un método de laminación en frío de acero que incluye lubricar el acero con un fluido lubricante de aceite en agua como se define en la reivindicación 2.

60 **Breve descripción de las figuras**

La Figura 1 muestra una distribución de tamaño de partícula de una formulación de aproximadamente 0,13 μm ;

la Figura 2 muestra una distribución de tamaño de partícula de una formulación de aproximadamente 0,45 μm ;

la Figura 3 muestra una distribución de tamaño de partícula de una formulación de aproximadamente 0,17 μm ;

la Figura 4 muestra los resultados de formación de película para diversas formulaciones y aceites de referencia;

la Figura 5 muestra los resultados del ensayo de tinción de pila para diversas formulaciones y un aceite;

5 la Figura 6 muestra los resultados del análisis termogravimétrico para un aceite de referencia;

la Figura 7 muestra los resultados del análisis termogravimétrico para una formulación;

10 la Figura 8 muestra la temperatura del fleje después de laminado para diversas formulaciones y aceites de referencia;

la Figura 9 muestra la temperatura del fleje después de laminado para diversas formulaciones y aceites de referencia; y

15 la Figura 10 muestra la distribución de tamaño de partícula de una formulación de aproximadamente 0,13 μm .

Descripción detallada

20 Las composiciones y métodos de algunas realizaciones de la presente invención se refieren a procesos de laminado en frío de acero con lubricantes de aceite en agua que tienen un tamaño de partícula pequeño menor o igual que 1 μm de acuerdo con la reivindicación 1 y 2. Como se usa en el presente documento, el tamaño de partícula (PSD) representa un valor modal, $d(50 \%)$, del diámetro de la gota de aceite, basado en una distribución de tamaño ponderada en volumen de las gotas de aceite en una emulsión lubricante. El valor de $d(50 \%)$ se usa ampliamente en este campo para expresar el tamaño de partícula de la emulsión. Se puede entender que $\text{PSD} \leq 1 \mu\text{m}$ significa una distribución de tamaño de partícula ponderada en volumen de la cual el modo ponderado en volumen $d(50 \%)$ es menor o igual que 1 μm . Los tamaños de partícula que se describen en el presente documento se miden con un equipo Mastersizer 2000 (Malvern Instruments). La medición se basa en difracción de luz.

30 En algunas realizaciones, una emulsión contiene una distribución de tamaños de partícula alrededor del tamaño de partícula medio. Tales procesos y fluidos lubricantes pueden ser adecuados para cualquier tipo de acero.

De acuerdo con la teoría de lubricación tradicional de laminación en frío de aceite y la experiencia en el campo, existen dos regímenes de lubricación en el proceso de laminación: lubricación límite y lubricación hidrodinámica elástica ("EHD"). Numerosos procesos de laminación de acero se llevan a cabo en el régimen de lubricación mixta, que incluye características tanto de lubricación límite como de lubricación EHD. Por lo tanto, en algunas realizaciones, puede ser beneficioso para un fluido lubricante de laminación en frío que demuestre buena lubricación límite así como una lubricación EHD. En algunas realizaciones, los fluidos lubricantes de aceite en agua de la presente invención poseen suficientes propiedades de lubricación en la lubricación tanto límite como EHD para su uso en procesos de laminación en frío.

40 Además del requisito de lubricación, se deberían considerar algunos otros requisitos técnicos para un lubricante usado para laminación en frío de acero, tales como capacidad de refrigeración, capacidad antiherrumbre, capacidad de recocido, etc.

45 Composición de fluido lubricante

El lubricante de aceite en agua de la presente invención incluye: (A) una fase de aceite dispersa en (B) agua. El lubricante de aceite en agua es un fluido lubricante.

50 A. Fase de aceite

El lubricante incluye una fase de aceite. La fase de aceite incluye 1) de un 5 % en peso a un 40 % en peso de uno o más tensioactivos poliméricos, 2) de un 25 % en peso a un 95 % en peso de uno o más aceites base, 3) de un 0,2 % en peso a un 10 % en peso de uno o más aditivos de lubricación de presión extrema ("EP"), y opcionalmente aditivos de lubricación antidesgaste, y/o 4) de aproximadamente un 1 % en peso a aproximadamente un 6 % en peso de uno o más aditivos funcionales.

Tensioactivos poliméricos

60 Una fase de aceite de un lubricante de aceite en agua de la presente invención incluye uno o más tensioactivos poliméricos. Algunos ejemplos de tensioactivos poliméricos adecuados incluyen, pero no se limitan a, polivinilpirrolidona, polímero en bloque de EO-PO ramificado, etc.

65 En algunas realizaciones, los tensioactivos poliméricos adecuados tienen un peso molecular promedio de aproximadamente 1.000 a aproximadamente 100.000; de aproximadamente 2.000 a aproximadamente 80.000; o de aproximadamente 3.000 a aproximadamente 70.000. En algunas realizaciones, los tensioactivos poliméricos

adecuados tienen un peso molecular promedio de aproximadamente 1.000; aproximadamente 2.000; aproximadamente 5.000; aproximadamente 10.000; aproximadamente 15.000; aproximadamente 20.000; aproximadamente 25.000; aproximadamente 30.000; aproximadamente 35.000; aproximadamente 40.000; aproximadamente 45.000; aproximadamente 50.000; aproximadamente 55.000; aproximadamente 60.000; aproximadamente 65.000; aproximadamente 70.000; aproximadamente 75.000; aproximadamente 80.000; aproximadamente 85.000; aproximadamente 90.000; aproximadamente 95.000; o aproximadamente 100.000.

En algunas realizaciones, los tensioactivos poliméricos incluyen tensioactivos poliméricos en bloque de injerto. Los tensioactivos poliméricos en bloque de injerto pueden incluir, por ejemplo, bloques hidrófobos que tienen un peso molecular promedio en número de al menos aproximadamente 200. Los tensioactivos poliméricos en bloque de injerto pueden incluir, por ejemplo, bloques hidrófilos que tienen un peso molecular promedio en número de al menos aproximadamente 200, que tienen en algunas realizaciones un peso molecular promedio en número de al menos aproximadamente 300 a aproximadamente 5000, y que tienen en algunas realizaciones un peso molecular promedio en número de aproximadamente 400 a aproximadamente 1000.

Una fase de aceite de un lubricante de aceite en agua incluye uno o más tensioactivos poliméricos en una cantidad de un 5 % en peso a un 40 % en peso; preferentemente de aproximadamente un 10 % en peso a aproximadamente un 35 % en peso; o de aproximadamente un 15 % en peso a aproximadamente un 30 % en peso. En algunas realizaciones, una fase de aceite de un lubricante de aceite en agua incluye uno o más tensioactivos poliméricos en una cantidad de un 5 % en peso; aproximadamente un 6 % en peso; aproximadamente un 7 % en peso; aproximadamente un 8 % en peso; aproximadamente un 9 % en peso; aproximadamente un 10 % en peso; aproximadamente un 11 % en peso; aproximadamente un 12 % en peso; aproximadamente un 13 % en peso; aproximadamente un 14 % en peso; aproximadamente un 15 % en peso; aproximadamente un 16 % en peso; aproximadamente un 17 % en peso; aproximadamente un 18 % en peso; aproximadamente un 19 % en peso; aproximadamente un 20 % en peso; aproximadamente un 21 % en peso; aproximadamente un 22 % en peso; aproximadamente un 23 % en peso; aproximadamente un 24 % en peso; aproximadamente un 25 % en peso; aproximadamente un 26 % en peso; aproximadamente un 27 % en peso; aproximadamente un 28 % en peso; aproximadamente un 29 % en peso; aproximadamente un 30 % en peso; aproximadamente un 31 % en peso; aproximadamente un 32 % en peso; aproximadamente un 33 % en peso; aproximadamente un 34 % en peso; aproximadamente un 35 % en peso; aproximadamente un 36 % en peso; aproximadamente un 37 % en peso; aproximadamente un 38 % en peso; aproximadamente un 39 % en peso; o un 40 % en peso.

Aceite base

Una fase de aceite de un lubricante de aceite en agua de la presente invención incluye uno o más aceites base. Algunos ejemplos de aceites base adecuados incluyen, pero no se limitan a, ésteres naturales, ésteres sintéticos, aceites minerales, o combinaciones o mezclas de los mismos. En algunas realizaciones, una base de aceite adecuada incluye aceite de palma.

Una fase de aceite de un lubricante de aceite en agua de la presente invención incluye uno o más aceites base en una cantidad de un 25 % en peso a un 95 % en peso; preferentemente de un 25 % en peso a aproximadamente un 93 % en peso; de aproximadamente un 50 % en peso a aproximadamente un 93 % en peso; de aproximadamente un 40 % en peso a aproximadamente un 80 % en peso; de aproximadamente un 50 % en peso a aproximadamente un 70 % en peso; de aproximadamente un 56 % en peso a aproximadamente un 70 % en peso; de aproximadamente un 60 % en peso a aproximadamente un 66 % en peso; de aproximadamente un 60 % en peso a aproximadamente un 95 % en peso; de aproximadamente un 60 a aproximadamente un 93 % en peso; de aproximadamente un 65 % en peso a aproximadamente un 85 % en peso; de aproximadamente un 70 % en peso a aproximadamente un 85 % en peso; de aproximadamente un 75 % en peso a aproximadamente un 80 % en peso; de aproximadamente un 25 % en peso a aproximadamente un 55 % en peso; de aproximadamente un 30 % en peso a aproximadamente un 50 % en peso; de aproximadamente un 35 % en peso a aproximadamente un 45 % en peso; o de aproximadamente un 38 % en peso a aproximadamente un 44 % en peso. En algunas realizaciones, una fase de aceite de un lubricante de aceite en agua de la presente invención incluye uno o más aceites base en una cantidad de un 25 % en peso; aproximadamente un 30 % en peso; aproximadamente un 35 % en peso; aproximadamente un 40 % en peso; aproximadamente un 45 % en peso; aproximadamente un 50 % en peso; aproximadamente un 55 % en peso; aproximadamente un 60 % en peso; aproximadamente un 65 % en peso; aproximadamente un 70 % en peso; aproximadamente un 75 % en peso; aproximadamente un 80 % en peso; aproximadamente un 85 % en peso; aproximadamente un 90 % en peso; o un 95 % en peso.

Aditivos de lubricación de presión extrema y/o antidesgaste

Una fase de aceite de un lubricante de aceite en agua de la presente invención incluye uno o más aditivos de lubricación de presión extrema ("EP") y opcionalmente aditivos de lubricación antidesgaste. Algunos ejemplos de aditivos de lubricación de EP y/o antidesgaste adecuados incluyen, pero no se limitan a, fosfatos de amina, ésteres de fosfato no etoxilados, ésteres de fosfato etoxilados, fosfatos de alquilo ácidos, ésteres grasos sulfatados, y polisulfuros de alquilo. En algunas realizaciones, los aditivos de lubricación de EP y antidesgaste adecuados están basados en fósforo, basados en azufre, y/o una mezcla de los mismos.

Una fase de aceite de un lubricante de aceite en agua incluye uno o más aditivos de lubricación de EP en una cantidad de un 0,2 % en peso a un 10 % en peso; preferentemente de aproximadamente un 0,5 % en peso a aproximadamente un 10 % en peso; de un 1 % en peso a aproximadamente un 9 % en peso; de aproximadamente un 2 % en peso a aproximadamente un 8 % en peso; de aproximadamente un 3 % en peso a aproximadamente un 7 % en peso; o de aproximadamente un 4 % en peso a aproximadamente un 6 % en peso. En algunas realizaciones, una fase de aceite de un lubricante de aceite en agua incluye uno o más aditivos de lubricación de EP en una cantidad de un 0,2 % en peso; aproximadamente un 0,5 % en peso; aproximadamente un 1 % en peso; aproximadamente un 1,5 % en peso; aproximadamente un 2 % en peso; aproximadamente un 2,5 % en peso; aproximadamente un 3 % en peso; aproximadamente un 3,5 % en peso; aproximadamente un 4 % en peso; aproximadamente un 4,5 % en peso; aproximadamente un 5 % en peso; aproximadamente un 5,5 % en peso; aproximadamente un 6 % en peso; aproximadamente un 6,5 % en peso; aproximadamente un 7 % en peso; aproximadamente un 7,5 % en peso; aproximadamente un 8 % en peso; aproximadamente un 8,5 % en peso; aproximadamente un 9 % en peso; aproximadamente un 9,5 % en peso; o un 10 % en peso.

15 Aditivos funcionales

Una fase de aceite de un lubricante de aceite en agua de algunas realizaciones de la presente invención incluye uno o más aditivos funcionales. Se puede incluir cualquier aditivo funcional adecuado para conseguir el resultado deseado. Tales aditivos se pueden seleccionar con el fin de abarcar lubricación límite y otros requisitos de proceso del laminado en frío de acero. Algunos ejemplos de aditivos adecuados incluyen, pero no se limitan a, aditivos antiherrumbre, aditivos antiespumantes, aditivos antioxidantes, emulgentes, espesantes, aditivos humectantes, y similares. Un ejemplo de un aditivo inhibidor de corrosión adecuado incluye, pero no se limita a, tolutriazol. Un ejemplo de un aditivo antioxidante adecuado incluye, pero no se limita a, aminofenol alquilado. Un ejemplo de un aditivo humectante adecuado incluye, pero no se limita a, ácidos grasos ramificados.

En algunas realizaciones, una fase de aceite de un lubricante de aceite en agua incluye uno o más aditivos funcionales en una cantidad de aproximadamente un 0,5 % en peso a aproximadamente un 10 % en peso; de aproximadamente un 1 % en peso a aproximadamente un 8 % en peso; de aproximadamente un 1 % en peso a aproximadamente un 6 % en peso; o de aproximadamente un 1 % en peso a aproximadamente un 4 % en peso. En el método de acuerdo con la presente invención, está comprendido en la fase de aceite de un 0,5 % en peso a un 6 % en peso de otros aditivos funcionales.

B. Dispersión de aceite en agua

Los lubricantes de aceite en agua de algunas realizaciones de la presente invención se pueden preparar por dispersión de una fase de aceite descrita anteriormente en agua. En algunas realizaciones, un fluido lubricante de aceite en agua se prepara por circulación de bomba. En algunas realizaciones, un fluido lubricante incluye la fase de aceite dispersa en agua en una cantidad de aproximadamente un 0,5 % en peso a aproximadamente un 15 % en peso del fluido lubricante de aceite en agua; de aproximadamente un 1 % en peso a aproximadamente un 15 % en peso del fluido lubricante de aceite en agua; de aproximadamente un 1 % en peso a aproximadamente un 10 % en peso del fluido lubricante; de aproximadamente un 1 % en peso a aproximadamente un 7 % en peso del fluido lubricante; de aproximadamente un 1 % en peso a aproximadamente un 5 % en peso del fluido lubricante. En algunas realizaciones, un fluido lubricante tiene una fase de aceite dispersa en agua en una cantidad de aproximadamente un 0,5 % en peso del fluido lubricante; aproximadamente un 1 % en peso del fluido lubricante; aproximadamente un 2 % en peso del fluido lubricante; aproximadamente un 3 % en peso del fluido lubricante; aproximadamente un 4 % en peso del fluido lubricante; aproximadamente un 5 % en peso del fluido lubricante; aproximadamente un 6 % en peso del fluido lubricante; aproximadamente un 7 % en peso del fluido lubricante; aproximadamente un 8 % en peso del fluido lubricante; aproximadamente un 9 % en peso del fluido lubricante; o aproximadamente un 10 % en peso del fluido lubricante.

Un fluido lubricante de aceite en agua puede contener gotas, o partículas, de fase de aceite. En algunas realizaciones, un fluido lubricante de aceite en agua puede contener partículas de fase de aceite que tienen un tamaño de partícula (PSD) que representa un modo o valor modal, $d(50 \%)$, basado en una distribución de tamaño ponderada en volumen de las gotas de aceite en la emulsión lubricante. En algunas realizaciones, un fluido lubricante de aceite en agua contiene una distribución de tamaños de partícula alrededor del valor modal de tamaño de partícula $d(50 \%)$. En algunas realizaciones, la distribución de tamaño de partícula de un fluido lubricante de aceite en agua depende del tipo de emulgentes y/o de la concentración de los mismos.

En algunas realizaciones, se puede usar la concentración del tensioactivo polimérico para preparar emulsiones de aceite en agua de tamaño de partícula pequeño como resultado de una baja tensión superficial estática. Se cree que, como resultado de la concentración de un tensioactivo polimérico que se enseña en el presente documento, el lubricante de aceite en agua puede tener el rendimiento de tamaños de partícula pequeños ($PSD \leq 1 \mu m$ o $PSD \leq 0,5 \mu m$), incluyendo mejora de la estabilidad y menor aceite residual depositado en el metal laminado, y manteniendo aún una formación de película suficientemente gruesa en comparación con una emulsión de tamaño de partícula tradicional ($PSD > 1 \mu m$).

En algunas realizaciones, aproximadamente un 96 % v/v de la fase de aceite está contenida en partículas con un tamaño de menos de 1,0 μm . En algunas realizaciones, al menos aproximadamente un 94 % v/v de la fase de aceite está contenida en partículas con un tamaño de menos de aproximadamente 0,5 μm . En algunas realizaciones, al menos aproximadamente un 75 % v/v de la fase de aceite en un fluido lubricante de aceite en agua está contenida en partículas con un tamaño de menos de aproximadamente 0,20 μm . En algunas realizaciones, al menos aproximadamente un 50 % v/v de la fase de aceite de un fluido lubricante de aceite en agua está contenida en partículas con un tamaño de menos de aproximadamente 0,13 μm .

El lubricante de aceite en agua tiene un valor modal de tamaño de partícula d(50 %) menor o igual que 1,0 μm ; preferentemente menor o igual que aproximadamente 0,9 μm ; menor o igual que aproximadamente 0,8 μm ; menor o igual que aproximadamente 0,7 μm ; menor o igual que aproximadamente 0,6 μm ; menor o igual que aproximadamente 0,5 μm ; menor o igual que aproximadamente 0,4 μm ; menor o igual que aproximadamente 0,3 μm ; menor o igual que aproximadamente 0,2 μm ; menor o igual que aproximadamente 0,1 μm ; menor o igual que aproximadamente 0,09 μm ; menor o igual que aproximadamente 0,08 μm ; menor o igual que aproximadamente 0,07 μm ; menor o igual que aproximadamente 0,06 μm ; o menor o igual que aproximadamente 0,05 μm . En algunas realizaciones, un fluido lubricante de aceite en agua tiene un valor modal de tamaño de partícula d(50 %) de aproximadamente 0,05 μm a 1 μm ; de aproximadamente 0,05 μm a aproximadamente 0,9 μm ; de aproximadamente 0,05 μm a aproximadamente 0,8 μm ; de aproximadamente 0,05 μm a aproximadamente 0,7 μm ; de aproximadamente 0,05 μm a aproximadamente 0,6 μm ; de aproximadamente 0,05 μm a aproximadamente 0,5 μm ; de aproximadamente 0,05 μm a aproximadamente 0,4 μm ; de aproximadamente 0,05 μm a aproximadamente 0,3 μm ; de aproximadamente 0,05 μm a aproximadamente 0,2 μm ; de aproximadamente 0,1 μm a un 1 μm ; de aproximadamente 0,1 μm a aproximadamente 0,9 μm ; de aproximadamente 0,1 μm a aproximadamente 0,8 μm ; de aproximadamente 0,1 μm a aproximadamente 0,7 μm ; de aproximadamente 0,1 μm a aproximadamente 0,6 μm ; de aproximadamente 0,1 μm a aproximadamente 0,5 μm ; de aproximadamente 0,1 μm a aproximadamente 0,4 μm ; de aproximadamente 0,1 μm a aproximadamente 0,3 μm ; de aproximadamente 0,1 μm a aproximadamente 0,2 μm . En algunas realizaciones, un lubricante de aceite en agua tiene un valor modal de tamaño de partícula d(50 %) de aproximadamente 0,05 μm ; aproximadamente 0,06 μm ; aproximadamente 0,07 μm ; aproximadamente 0,08 μm ; aproximadamente 0,09 μm ; aproximadamente 0,1 μm ; aproximadamente 0,11 μm ; aproximadamente 0,12 μm ; aproximadamente 0,13 μm ; aproximadamente 0,14 μm ; aproximadamente 0,15 μm ; aproximadamente 0,16 μm ; aproximadamente 0,17 μm ; aproximadamente 0,18 μm ; aproximadamente 0,19 μm ; aproximadamente 0,2 μm ; aproximadamente 0,21 μm ; aproximadamente 0,22 μm ; aproximadamente 0,23 μm ; aproximadamente 0,24 μm ; aproximadamente 0,25 μm ; aproximadamente 0,26 μm ; aproximadamente 0,27 μm ; aproximadamente 0,28 μm ; aproximadamente 0,29 μm ; aproximadamente 0,3 μm ; aproximadamente 0,31 μm ; aproximadamente 0,32 μm ; aproximadamente 0,33 μm ; aproximadamente 0,34 μm ; aproximadamente 0,35 μm ; aproximadamente 0,36 μm ; aproximadamente 0,37 μm ; aproximadamente 0,38 μm ; aproximadamente 0,39 μm ; aproximadamente 0,4 μm ; aproximadamente 0,41 μm ; aproximadamente 0,42 μm ; aproximadamente 0,43 μm ; aproximadamente 0,44 μm ; aproximadamente 0,45 μm ; aproximadamente 0,46 μm ; aproximadamente 0,47 μm ; aproximadamente 0,48 μm ; aproximadamente 0,49 μm ; aproximadamente 0,5 μm ; aproximadamente 0,55 μm ; aproximadamente 0,6 μm ; aproximadamente 0,65 μm ; aproximadamente 0,7 μm ; aproximadamente 0,75 μm ; aproximadamente 0,8 μm ; aproximadamente 0,85 μm ; aproximadamente 0,9 μm ; aproximadamente 0,95 μm ; o 1 μm .

Método de laminado en frío de acero

El método de laminado en frío de acero incluye laminado en frío de acero mientras se lubrica el acero con un lubricante de aceite en agua de acuerdo con la reivindicación 2. En algunas realizaciones, el lubricante de aceite en agua tiene un tamaño de partícula de menos de 1 μm . En algunas realizaciones, el lubricante de aceite en agua tiene un tamaño de partícula menor o igual que aproximadamente 0,5 μm .

Los métodos de algunas realizaciones de la presente invención pueden ser ventajosos sobre el laminado en frío de acero que usa emulsiones tradicionales, tales como las que tienen diámetros de tamaño de partícula ("PSD") mayores de 1 μm o mayores de 2 μm , debido a que los fluidos lubricantes de aceite en agua de la presente invención pueden proporcionar una alta estabilidad, menos aceite residual "depositado" en la superficie del metal laminado, espesor de película comparable o mejorado, propiedades antitinción comparables, y/o capacidad de refrigeración mejorada durante el laminado en frío del acero. El "depósito" de una emulsión se puede definir como una cantidad que se usa para describir la capacidad de la fase de aceite para adsorberse sobre la superficie del metal laminado; o la cantidad de aceite que queda en un fleje de acero después de pulverizar con una emulsión.

Con el fin de preparar un aceite emulsionable, se aplican tradicionalmente tensioactivos monoméricos en combinación con cantidades relativamente bajas de tensioactivo polimérico. Tal combinación puede dar como resultado una emulsión con partículas pequeñas pero un nivel de lubricidad que es insuficientemente bajo para el laminado. Aunque sin el deseo de quedar unidos a teoría alguna, se cree generalmente que las emulsiones de tamaño de partícula pequeño preparadas con tensioactivos monoméricos y bajas cantidades de tensioactivo polimérico no pueden formar una película significativamente espesa debido a una tensión interfacial demasiado baja en comparación con la tensión interfacial demostrada por las emulsiones tradicionales que tienen un tamaño de partícula mayor de 1 μm . De forma sorprendente, los fluidos lubricantes de algunas realizaciones de la presente invención que incluyen emulsiones de aceite en agua preparadas usando un tensioactivo polimérico y que tienen un

tamaño de partícula pequeño ($PSD \leq 1 \mu m$ o $PSD \leq 0,5 \mu m$), dieron como resultado una película incluso más gruesa en comparación con una emulsión tradicional ($PSD > 1 \mu m$). La formación de película de una emulsión puede estar relacionada con la tensión interfacial del fluido en la entrada; en algunas realizaciones, una menor tensión interfacial da como resultado un menor espesor de película. En un proceso de laminado en frío de acero, se puede pulverizar rápidamente una emulsión de la invención en los rodillos. Se cree que, en algunas realizaciones, un tensioactivo polimérico ramificado con propiedades de tensión superficial dinámica lenta proporciona en estas circunstancias dinámicas una alta tensión superficial que conduce a películas gruesas.

Como se usa en el presente documento, se entiende que el término "aproximadamente" significa $\pm 10 \%$ del valor referenciado en la medida que estos valores se encuentren dentro del alcance de las reivindicaciones anexas. Por ejemplo, se entiende que "aproximadamente 0,8" significa literalmente de 0,72 a 0,88.

Ejemplos

Se evaluaron paquetes de fluidos lubricantes de aceite en agua de tamaño de partícula pequeño usando un conjunto de experimentos que se considera en la industria que son altamente predictivos del rendimiento de un paquete de lubricantes cuando se aplica a un proceso de laminado en frío de acero, que incluyen:

(a) propiedades de lubricación intrínsecas evaluadas con ensayos de lubricación SODA y Falex;

(b) propiedades de EP/antidesgaste evaluadas con ensayo de 4 bolas;

(c) propiedades de formación de película lubricante de paquetes de lubricantes de aceite en agua de pequeño PSD evaluadas con contactos EHD de alta presión y alta velocidad con una plataforma de EHD de interferómetro óptico nanométrico;

(d) las propiedades de deposición de una capa de aceite sobre superficies de flejes cuando se pulveriza una emulsión a alta presión en las superficies que asemeja las pulverizaciones refrigerantes usadas normal y habitualmente en un laminador de laminado en frío de acero;

(e) las propiedades de estabilidad térmica y evaporación se sometieron a ensayo con un equipo de análisis termogravimétrico TGA;

(g) las características de rendimiento de laminación se sometieron a ensayo en un laminador de ensayo de 4 rodillos elevados inversos con un procedimiento de ensayo que correlaciona con diversos procesos de laminador de producción, en tándem o inversos.

Los siguientes ejemplos se proporcionan meramente con el fin de describir algunas composiciones lubricantes representativas de la presente invención con mayor detalle, y no se debe considerar de ningún modo que representan una limitación del alcance de la invención.

Formulaciones

Se prepararon tres formulaciones para su uso en los Ejemplos:

Formulación 1:

La composición de la fase de aceite es la que sigue a continuación:

Aceite de palma:	63,05 % en peso
Tensioactivo polimérico ramificado (PM:3000-70,000):	30,00 % en peso
Donador de P 1:	0,50 % en peso
Donador de P 2:	0,40 % en peso
Donador de S 1:	4,75 % en peso
Tolutriazol:	0,10 % en peso
Aminofenol alquilado:	0,20 % en peso
Ácido graso ramificado:	1,00 % en peso
Total: 100,00 % en peso	

Se dispersó un 3 % en peso de la fase de aceite anterior en agua.
PSD: 0,13 μm

La PSD de la Formulación 1 de aproximadamente 0,13 µm se muestra en la Figura 1 y los datos de la Tabla 1, a continuación:

Tabla 1: PSD de la Formulación 1 con PSD de 0,13 µm

Tamaño (µm)	Vol. debajo %	Tamaño (µm)	Vol. debajo %	Tamaño (µm)	Vol. debajo %	Tamaño (µm)	Vol. debajo %	Tamaño (µm)	Vol. debajo %	Tamaño (µm)	Vol. debajo %
0,020	0,00	0,142	53,92	1,002	96,09	7,096	99,91	50,238	100,00	355,656	100,00
0,022	0,00	0,159	61,65	1,125	96,37	7,962	99,98	56,366	100,00	369,052	100,00
0,025	0,00	0,178	68,88	1,262	96,65	8,934	100,00	63,246	100,00	447,744	100,00
0,028	0,00	0,200	75,37	1,416	96,92	10,024	100,00	70,963	100,00	502,377	100,00
0,032	0,00	0,224	80,85	1,589	97,17	11,247	100,00	79,621	100,00	563,677	100,00
0,036	0,00	0,252	85,22	1,783	97,41	12,619	100,00	89,337	100,00	632,456	100,00
0,040	0,23	0,283	88,42	2,000	97,64	14,159	100,00	100,237	100,00	709,627	100,00
0,045	1,24	0,317	90,59	2,244	97,86	15,887	100,00	112,468	100,00	796,214	100,00
0,050	2,83	0,356	91,93	2,518	98,09	17,825	100,00	126,191	100,00	893,367	100,00
0,056	5,13	0,399	92,74	2,825	98,33	20,000	100,00	141,589	100,00	1002,374	100,00
0,063	8,21	0,448	93,25	3,170	98,59	22,440	100,00	158,866	100,00	1124,683	100,00
0,071	12,33	0,502	93,64	3,557	98,85	25,179	100,00	178,250	100,00	1261,915	100,00
0,080	17,52	0,564	94,04	3,991	99,10	28,251	100,00	200,000	100,00	1415,892	100,00
0,089	23,67	0,632	94,49	4,477	99,33	31,698	100,00	224,404	100,00	1588,656	100,00
0,100	30,61	0,710	94,97	5,024	99,53	35,566	100,00	251,785	100,00	1782,502	100,00
0,112	38,13	0,796	95,40	5,637	99,69	39,905	100,00	282,508	100,00	2000,000	100,00
0,126	45,98	0,893	95,77	6,325	99,81	44,774	100,00	316,979	100,00		

5

Formulación 2:

La composición de la fase de aceite es la que sigue a continuación:

10

Aceite de palma:	78,05 % en peso
Tensioactivo polimérico ramificado (PM: 3000-70000):	15,00 % en peso
Donador de P 1:	0,50 % en peso
Donador de P 2:	0,40 % en peso
Donador de S 1:	4,75 % en peso
Tolutriazol:	0,10 % en peso
Aminofenol alquilado:	0,20 % en peso
Ácido graso ramificado:	1,00 % en peso
Total:	100,00 % en peso

Se dispersó un 3 % en peso de la fase de aceite anterior en agua.
PSD: 0,45 µm

La PSD de la Formulación 2 de aproximadamente 0,45 µm se muestra en la Figura 2 y los datos de la Tabla 2, a continuación:

15

Tabla 2: PSD de la Formulación 2 con d(50 %) PSD de 0,45 µm

Tamaño (µm)	Vol. debajo %	Tamaño (µm)	Vol. debajo %	Tamaño (µm)	Vol. debajo %	Tamaño (µm)	Vol. debajo %	Tamaño (µm)	Vol. debajo %	Tamaño (µm)	Vol. debajo %
0,020	0,00	0,142	0,30	1,002	76,66	7,096	99,06	50,238	100,00	355,656	100,00
0,022	0,00	0,159	1,32	1,125	78,11	7,962	99,20	56,366	100,00	369,052	100,00
0,025	0,00	0,178	3,23	1,262	79,61	8,934	99,28	63,246	100,00	447,744	100,00
0,028	0,00	0,200	6,15	1,416	81,23	10,024	99,35	70,963	100,00	502,377	100,00
0,032	0,00	0,224	10,19	1,589	82,99	11,247	99,43	79,621	100,00	563,677	100,00
0,036	0,00	0,252	15,34	1,783	84,89	12,619	99,51	89,337	100,00	632,456	100,00
0,040	0,00	0,283	21,50	2,000	86,86	14,159	99,60	100,237	100,00	709,627	100,00
0,045	0,00	0,317	28,42	2,244	88,82	15,887	99,69	112,468	100,00	796,214	100,00
0,050	0,00	0,356	35,60	2,518	90,70	17,825	99,79	126,191	100,00	893,367	100,00
0,056	0,00	0,399	43,25	2,825	92,46	20,000	99,88	141,589	100,00	1002,374	100,00
0,063	0,00	0,448	50,39	3,170	94,03	22,440	99,95	158,866	100,00	1124,683	100,00
0,071	0,00	0,502	56,91	3,557	95,41	25,179	100,00	178,250	100,00	1261,915	100,00
0,080	0,00	0,564	62,54	3,991	96,54	28,251	100,00	200,000	100,00	1415,892	100,00
0,089	0,00	0,632	67,10	4,477	97,43	31,698	100,00	224,404	100,00	1588,656	100,00
0,100	0,00	0,710	70,61	5,024	98,08	35,566	100,00	251,785	100,00	1782,502	100,00
0,112	0,00	0,796	73,19	5,637	98,54	39,905	100,00	282,508	100,00	2000,000	100,00
0,126	0,01	0,893	75,11	6,325	98,85	44,774	100,00	316,979	100,00		

Formulación 3:

La composición de la fase de aceite es la que sigue a continuación:

Aceite de palma:	41,50 % en peso
Tensioactivo polimérico ramificado (PM: 3000-70000):	30,00 % en peso
Éster de PE	15,00 % en peso
Polibuteno	3,50 % en peso
Ácido graso	2,25 % en peso
Donador de P 1:	0,50 % en peso
Donador de S 1:	3,00 % en peso
Donador de S 2:	1,00 % en peso
Benzotriazol:	0,25 % en peso
Aminofenol alquilado:	0,75 % en peso
Donador de P 2:	1,25 % en peso
Éster complejo de PE:	1,00 % en peso
Total:	100,00 % en peso

Se dispersó un 3 % en peso de la fase de aceite anterior en agua.
PSD: 0,17 µm

5

La PSD de la Formulación 3 de aproximadamente 0,17 µm se muestra en la Figura 3 y los datos de la Tabla 3, a continuación:

Tabla 3: PSD de la Formulación 3 con d(50 %) PSD de 0,17 µm

Tamaño (µm)	Vol. debajo %	Tamaño (µm)	Vol. debajo %	Tamaño (µm)	Vol. debajo %	Tamaño (µm)	Vol. debajo %	Tamaño (µm)	Vol. debajo %	Tamaño (µm)	Vol. debajo %
0,020	0,00	0,142	38,66	1,002	89,34	7,096	97,67	50,236	99,90	355,656	100,00
0,022	0,00	0,159	44,90	1,125	90,40	7,962	97,82	56,366	99,97	369,052	100,00
0,025	0,00	0,178	51,04	1,262	91,45	8,934	97,94	63,246	100,00	447,744	100,00
0,028	0,00	0,200	56,87	1,416	92,44	10,024	98,06	70,963	100,00	502,377	100,00
0,032	0,00	0,224	62,21	1,589	93,33	11,247	98,18	79,621	100,00	563,677	100,00
0,036	0,00	0,252	66,91	1,783	94,10	12,619	98,26	89,337	100,00	632,456	100,00
0,040	0,11	0,283	70,67	2,000	94,74	14,159	98,39	100,237	100,00	709,627	100,00
0,045	0,79	0,317	74,13	2,244	95,27	15,867	98,51	112,468	100,00	796,214	100,00
0,050	1,85	0,356	76,75	2,518	95,60	17,825	98,63	126,191	100,00	893,367	100,00
0,056	3,40	0,399	78,89	2,825	96,04	20,000	98,76	141,589	100,00	1002,374	100,00
0,063	5,49	0,448	80,67	3,170	96,34	22,440	98,90	158,666	100,00	1124,683	100,00
0,071	8,29	0,502	82,20	3,557	96,61	25,179	99,05	178,250	100,00	1261,915	100,00
0,080	11,87	0,564	83,57	3,991	96,85	28,251	99,21	200,000	100,00	1415,882	100,00
0,089	16,17	0,632	84,85	4,477	97,06	31,698	99,36	224,404	100,00	1588,656	100,00
0,100	21,12	0,710	86,05	5,024	97,23	35,566	99,52	251,795	100,00	1782,502	100,00
0,112	26,61	0,796	87,19	5,637	97,38	39,905	99,66	282,508	100,00	2000,000	100,00
0,126	32,51	0,893	88,28	6,325	97,53	44,774	99,79	316,979	100,00		

10

Ejemplo 1: lubricación límite

15

Las propiedades de lubricación intrínsecas del paquete de fluido lubricante de aceite en agua de tamaño de partícula pequeño (PSD ≤ 1 µm o PSD ≤ 0,5 µm) se evaluaron mediante el uso de los ensayos SODA y Falex con los procedimientos de ensayo prescritos usados habitualmente para la evaluación de las propiedades de lubricación de lubricantes para su uso en laminado en frío de acero. Se usaron tres paquetes lubricantes de emulsión convencional (PSD ≥ 2 µm), usados ampliamente en laminadores de rodillos 4 verticales 4 elevados y/o 5 verticales 6 elevados en tándem y/o laminado este rodillos 6 elevados de alta velocidad inversos de producción múltiple con buenos resultados de rendimiento, como las referencias de comparación (denominadas en lo sucesivo el presente documento aceite 1, aceite 2 y aceite 3, respectivamente).

20

SODA (50 C): todos los aceites y los productos de PSD pequeño se someten a ensayo puros (= 100 %).

	Aceite 1	Aceite 2	Aceite 3	Formulación 1	Formulación 2	Formulación 3
CoF*	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,10
*CoF: coeficiente de fricción						

La mayoría de los aceites lubricantes usados en el laminador de producción tienen coeficientes de fricción de aproximadamente 0,10-0,15 en Soda (50 °C). Las Formulaciones 1-3 están dentro de este intervalo estándar.

Falex: los aceites y los productos de PSD pequeño son todos puros (= 100 %).

	Aceite 1	Aceite 2	Aceite 3	Formulación 1	Formulación 2	Formulación 3
Carga de ruptura (lbs)	1500	1750	2000	2500	2500	2500
Torsión (lb-in)	31,8	31,0	32,7	34,4	34,1	31,6

A partir de los resultados de ensayo mostrados anteriormente, todos los paquetes de fluido lubricante de aceite en agua de tamaño de partícula pequeño ($PSD \leq 1 \mu m$ o $PSD \leq 0,5 \mu m$) ofrecen propiedades de lubricación intrínsecas mejores o comparables en comparación con las tres Referencias. Las Formulaciones 1-3 están dentro del intervalo estándar.

Ejemplo 2: presión extrema

Todos los aceites y los productos de PSD pequeño se someten a ensayo puros (= 100 %).

Las propiedades de lubricación de EP de los paquetes de fluido lubricante de aceite en agua de tamaño de partícula pequeño ($PSD \leq 1 \mu m$ o $PSD \leq 0,5 \mu m$) se evaluaron usando ensayos de 4 bolas con los procedimientos de ensayo prescritos usados habitualmente para evaluar las propiedades de lubricación de lubricantes para su uso en laminado en frío de acero. De nuevo, se usaron las tres Referencias con fines comparativos. Los resultados de carga de ruptura se incluyen en la siguiente tabla:

Resultados de presión extrema (P_B)

	Aceite 1	Aceite 2	Aceite 3	Formulación 1	Formulación 2	Formulación 3
$P_B(N)$	1167	932	1363	1961	1961	1961

La mayoría de los aceites lubricantes usados en el laminador de producción tienen cargas de ruptura superiores a 600 N en 4 bolas. Un producto de laminado en frío tiene generalmente una carga de ruptura de aproximadamente 600 N o superior. Las Formulaciones 1-3 están dentro de este intervalo estándar.

Ejemplo 3: espesor de película

Los aceites y los productos de PSD pequeño se someten a ensayo al 3 % en peso.

Se evaluaron las propiedades de formación de película del fluido lubricante de aceite en agua de tamaño de partícula pequeño ($PSD \leq 1 \mu m$ o $PSD \leq 0,5 \mu m$) en contactos de EHD de alta velocidad y alta presión usando una plataforma de interferencia óptica (interferómetro) con procedimientos de ensayo prescritos usados habitualmente para evaluar las propiedades de formación de película de lubricantes para su uso en laminación en frío de acero. Los aceites de referencia 1 y 2 se usaron con fines comparativos.

Los resultados de formación de película de las Formulaciones 1-3 y los Aceites 1-2 se puede observar en la Figura 4. Las películas de emulsión al 3 % de las formulaciones 1 a 3 son más espesas que las de una emulsión al 3 % del aceite 1 y el aceite 2 en las mismas condiciones. Esto resultados muestran que el fluido lubricante de aceite en agua de tamaño de partícula pequeño ($PSD \leq 1 \mu m$ o $PSD \leq 0,5 \mu m$) puede formar películas incluso más espesas que las emulsiones de tamaño de partícula normal.

Ejemplo 4: valores de deposición

Los aceites y los productos de PSD pequeño se someten a ensayo al 3 % en peso.

La "deposición" de una emulsión es la cantidad que se usa para describir la capacidad del aceite para adsorberse en la superficie del acero. Las emulsiones se evaluaron usando un sistema de pulverización de alta presión con procedimientos de ensayo prescritos. Se seleccionan tres productos de aceite habituales usados en laminadores de producción (aceite 1, aceite 2 y aceite 3 como se ha descrito anteriormente) como referencias para comparación. Los resultados de deposición de emulsiones al 3 % se muestran a continuación:

Resultados de deposición

	Aceite 1	Aceite 2	Aceite 3	Formulación 1	Formulación 2	Formulación 3
Deposición (mg/m^2)	856	654	350	175	221	89

Los valores de deposición de fluidos lubricantes de aceite en agua de PSD pequeño de las Formulaciones 1 a 3 son menores que los de una emulsión de PSD normal del aceite 1 y el aceite 2. Los fluidos lubricantes de aceite en agua de PSD pequeño de las Formulaciones 1 a 3 se espera que tengan menor consumo de aceite, mejor capacidad de refrigeración y recocido más fácil debido a la menor cantidad de residuo de aceite sobre el fleje.

- 5 **Ejemplo 5: tinción de pila**
- Los aceites y los productos de PSD pequeño se someten a ensayo al 3 % en peso.
- 10 Las propiedades antitinción del paquete de fluido lubricante de aceite en agua de tamaño de partícula pequeño (PSD $\leq 1 \mu\text{m}$ o PSD $\leq 0,5 \mu\text{m}$) se evaluaron mediante ensayos de tinción de pila. El aceite de referencia 1 se usó con fines comparativos. Los resultados se muestran en la Figura 5, y demuestran que las propiedades antitinción de las Formulaciones 1 a 3 son comparables a las del aceite 1.

15 **Ejemplo 6: TGA**

Todos los aceites y los productos de PSD pequeño se someten a ensayo puros (= 100 %).

- 20 La estabilidad térmica y las propiedades de evaporación se evaluaron con un equipo de análisis termogravimétrico (TGA). Se selecciona de nuevo como aceite de referencia un aceite habitual usado en un laminador de producción, el aceite 1. Los resultados de TGA se incluyen en la siguiente tabla:

Resultados de TGA

Máximo de pico			
	Inicio (°C)	Final (°C)	Máximo (°C)
Aceite 1	287,75	496,12	405,93
Fórmula 1	280,69	481,11	405,57
Residuo			
	Temperatura (°C)	Peso (mg)	Peso (%)
Aceite 1	636,76	0,0424	0,482
Fórmula 1	636,73	0,0146	0,1648

- 25 Los resultados para el Aceite 1 se incluyen en la Figura 6. Los resultados para la Formulación 1 se incluyen en la Figura 7. Los resultados muestran que la Figura 7 está al mismo nivel que el aceite 1 en el ensayo de TGA.

Ejemplo 7: laminador de ensayo

- 30 Los aceites y los productos de PSD pequeño se someten a ensayo al 3 % en peso.

Los rendimientos de laminación del paquete de fluido lubricante de aceite en agua de tamaño de partícula pequeño (PSD $\leq 1 \mu\text{m}$ o PSD $\leq 0,5 \mu\text{m}$) se evaluaron mediante un laminador de ensayo de 4 rodillos inversos elevados (del laboratorio The State Key Lab of Rolling and Automation de la Universidad Northeast) con un procedimiento de ensayo que correlaciona con los diversos procesos de laminador de producción, en tándem o inversos. Debido a las limitaciones técnicas del laminador, se diseñaron dos procesos. En el Proceso 1, el paso 5 es un proceso de mayor velocidad (4 m/s), y en el proceso 2, el paso 5 es un proceso de baja velocidad (1 m/s) seguido por el paso 6 que va a un calibre más delgado. El procedimiento de ensayo se presenta a continuación:

- 40 **Proceso 1:**

Paso	Calibre de entrada (mm)	Calibre de salida (mm)	Reducción (%)	Velocidad (m/s)	Tensión delantera (MPa)	Tensión trasera (MPa)
1	2,00	1,80	10	0,2	70	70
2	1,80	0,95	43	0,5	70	70
3	0,95	0,55	42	1	80	80
4	0,55	0,35	36	1	80	80
5	0,35	0,28	20	4	85	85

Resultados 1:

	Aceite 1	Aceite 2	Formulación 1	Formulación 2
Paso	Fuerza de laminación unitaria KN/mm	Fuerza de laminación unitaria KN/mm	Fuerza de laminación unitaria KN/mm	Fuerza de laminación unitaria KN/mm
1	930	944	917	889
2	581	582	552	560
3	1094	1171	1103	1088
4	2044	2274	2050	2050
5	3715	4487	4143	4143

Proceso 2:

Paso	Calibre de entrada (mm)	Calibre de salida (mm)	Reducción (%)	Velocidad (m/s)	Tensión delantera (MPa)	Tensión trasera (MPa)
1	2,00	1,80	10	0,2	70	70
2	1,80	0,95	43	0,5	70	70
3	0,95	0,55	42	1	80	80
4	0,55	0,35	36	1	80	80
5	0,35	0,24	31	1	85	85
6	0,24	0,17	29	1	75	75

5

Resultados 2:

	Aceite 1	Aceite 2	Formulación 1	Formulación 2
Paso	Fuerza de laminación unitaria KN/mm	Fuerza de laminación unitaria KN/mm	Fuerza de laminación unitaria KN/mm	Fuerza de laminación unitaria KN/mm
1	930	944	917	889
2	581	582	552	560
3	1094	1171	1103	1088
4	2044	2274	2050	2050
5	3344	3732	3455	3682
6	5134	6354	5643	5714

Las fuerzas de laminación unitarias de la Formulación 1 y la Formulación 2 están al mismo nivel que las del aceite 1 y el aceite 2.

10 Las temperaturas de fleje después de cada paso se muestran en la Figura 8 y 9. La Figura 8 incluye los resultados del Proceso 1. La Figura 9 incluye los resultados del Proceso 2.

15 Los resultados muestran que la temperatura de fleje de la formulación 1 y la formulación 2 es menor que la temperatura de fleje después de laminar con el aceite 1 y el aceite 2 después de cada paso. Los resultados muestran que la capacidad de refrigeración de los lubricantes de aceite en agua de tamaño de partícula pequeño ($PSD \leq 1 \mu m$ o $PSD \leq 0,5 \mu m$), formulación 1 y formulación 2, excede de la de las emulsiones del aceite 1 y el aceite 2.

Ejemplo 8: laminador de ensayo

20

Se preparó una formulación adicional y se sometió a ensayo de rendimiento de laminación.

Formulación 4:

25 La composición de la fase de aceite es la que sigue a continuación:

Aceite de palma:	58,00 % en peso
Tensioactivo polimérico ramificado (PM: 3000-70000):	30,00 % en peso
Ácido graso:	3,25 % en peso
Donador de P 1:	1,25 % en peso
Donador de P 2:	1,00 % en peso
Donador de P 3:	1,00 % en peso
Donador de S 1:	4,50 % en peso
Benzotriazol:	0,25 % en peso
Aminofenol alquilado:	0,75 % en peso
Total:	100,00 % en peso

Se dispersó un 3 % en peso de la fase de aceite anterior en agua.
PSD: 0,13 μm

La PSD de la Formulación 4 de aproximadamente 0,13 μm se muestra en la Figura .

Tabla 4: PSD de la Formulación 4 con d(50 %) PSD de 0,13 μm

Tamaño (μm)	Vol. debajo %	Tamaño (μm)	Vol. debajo %	Tamaño (μm)	Vol. debajo %	Tamaño (μm)	Vol. debajo %	Tamaño (μm)	Vol. debajo %	Tamaño (μm)	Vol. debajo %
0,020	0,00	0,142	54,22	1,002	96,16	7,096	99,91	50,238	100,00	355,666	100,00
0,022	0,00	0,159	61,97	1,125	96,45	7,962	99,97	56,368	100,00	399,052	100,00
0,025	0,00	0,178	69,23	1,262	96,71	8,934	100,00	63,246	100,00	447,744	100,00
0,028	0,00	0,200	75,72	1,416	96,96	10,024	100,00	70,963	100,00	502,377	100,00
0,032	0,00	0,224	81,20	1,589	97,20	11,247	100,00	79,621	100,00	563,677	100,00
0,036	0,00	0,252	85,55	1,783	97,42	12,619	100,00	89,337	100,00	632,456	100,00
0,040	0,24	0,283	88,73	2,000	97,64	14,159	100,00	100,237	100,00	709,627	100,00
0,045	1,25	0,317	90,86	2,244	97,85	15,867	100,00	112,468	100,00	796,214	100,00
0,050	2,85	0,356	92,18	2,518	98,07	17,825	100,00	126,191	100,00	893,367	100,00
0,056	5,16	0,399	92,95	2,825	98,31	20,000	100,00	141,589	100,00	1002,374	100,00
0,063	8,27	0,448	93,43	3,170	98,56	22,440	100,00	158,866	100,00	1124,683	100,00
0,071	12,41	0,502	93,80	3,557	98,82	25,179	100,00	178,250	100,00	1261,915	100,00
0,080	17,63	0,564	94,19	3,991	99,07	28,251	100,00	200,000	100,00	1415,892	100,00
0,089	23,82	0,632	94,63	4,477	99,31	31,698	100,00	224,404	100,00	1588,666	100,00
0,100	30,80	0,710	95,09	5,024	99,51	35,566	100,00	251,785	100,00	1782,502	100,00
0,112	38,35	0,796	95,52	5,637	99,67	39,905	100,00	282,508	100,00	2000,000	100,00
0,126	46,25	0,893	95,88	6,325	99,80	44,774	100,00	316,979	100,00		

El rendimiento de laminado del paquete de fluido lubricante de aceite en agua de tamaño de partícula pequeño (PSD $\leq 1 \mu\text{m}$ o PSD $\leq 0,5 \mu\text{m}$) se evaluó con un laminador de producción de 4 rodillos elevados inversos con una anchura de 1450 mm. El diámetro del rodillo de trabajo es aproximadamente 350 mm. Los flejes usados son flejes de SPHC con 3,1 mm de grosor y 1010 mm de ancho.

Se controló una fuerza de laminación constante de aproximadamente 650 t a aproximadamente 700 t en cada paso. Se usó como referencia de comparación un producto de emulsión tradicional usado en este laminador de producción (denominado "aceite 4").

Con este procedimiento de laminación, se entiende que la lubricación mejorada da como resultado un grosor de fleje de salida más delgado después de seis pasos. Los resultados para tres ensayos con paquete de fluido lubricante de aceite en agua de tamaño de partícula pequeño (PSD $\leq 1 \mu\text{m}$ o PSD $\leq 0,5 \mu\text{m}$) (formulación 4) y dos ensayos con producto de referencia (ensayo 4) se muestran en la siguiente tabla:

	Aceite 4	Aceite 4	Formulación 4	Formulación 4	Formulación 4
Concentración%	3,8	2,0	3,6	2,8	1,5
Grosor de fleje después de 6 pasos, mm	1,20	1,20	1,05	0,97	1,10

Los resultados muestran que, después de seis pasos, la formulación de lubricante de aceite en agua de tamaño de partícula pequeño (PSD $\leq 1 \mu\text{m}$ o PSD $\leq 0,5 \mu\text{m}$), formulación 4, da como resultado un grosor de fleje más delgado que el del aceite 4. Tales resultados demuestran una mejora para la laminación de un laminador de producción en comparación con una emulsión de laminación convencional, tal como una lubricación mejorada.

Otro rendimiento importante para un lubricante de laminación en frío, tal como recocido y antioxidación, se evaluaron con las bobinas después de laminación. Los resultados se muestran a continuación:

	Aceite 4	Formulación 4
Recocido	Sin problemas de recocido	Sin problemas de recocido
Antioxidación	Sin problemas de óxido	Sin problemas de óxido

- 5 Los resultados muestran que la formulación de lubricante de aceite en agua de tamaño de partícula pequeño ($PSD \leq 1 \mu m$ o $PSD \leq 0,5 \mu m$), formulación 4, evita los problemas de recocido y oxidación así como la emulsión de laminación convencional.

REIVINDICACIONES

1. Un fluido lubricante de aceite en agua para su uso en laminación en frío de acero, que comprende una emulsión de aceite en agua, en donde la emulsión de aceite en agua comprende:

- (a) una fase de aceite, que comprende de un 25 % en peso a un 95 % en peso de aceite base, y de un 0,2 % en peso a un 10 % en peso de aditivos de lubricación de presión extrema, y
- (b) una fase de agua,

caracterizado por que la fase de aceite comprende además entre un 5 % en peso y un 40 % en peso de al menos un tensioactivo polimérico y **por que** la emulsión comprende partículas de fase de aceite que tienen un valor modal de tamaño de partícula d(50 %) de 1 µm o menos, lo que significa que un 50 % de la fase de aceite está contenido en partículas con un tamaño de 1 µm o menos.

2. Un método de laminación en frío de acero, que comprende lubricar el acero con un fluido lubricante que comprende una emulsión de aceite en agua, en donde la emulsión comprende:

- (a) una fase de aceite, que comprende de un 25 % en peso a un 95 % en peso de aceite base, de un 0,2 % en peso a un 10 % en peso de aditivos de lubricación de presión extrema; y
- (b) una fase de agua

caracterizado por que la fase de aceite comprende además entre un 5 % en peso y un 40 % en peso de al menos un tensioactivo polimérico y de un 0,5 % en peso a un 6 % en peso de otros aditivos funcionales.

3. El método de la reivindicación 2, en el que la emulsión comprende partículas de fase de aceite que tienen un valor modal de tamaño de partícula d(50 %) de 1 µm o menos.

4. El fluido lubricante de aceite en agua de la reivindicación 1 o el método de la reivindicación 2, en donde el fluido lubricante comprende además entre un 0,5 % en peso y un 6 % en peso de aditivos funcionales en la fase de aceite.

5. El fluido lubricante de aceite en agua de la reivindicación 1 o el método de la reivindicación 2, en donde el fluido lubricante comprende de un 0,5 % en peso a un 15 % en peso de fase de aceite.

6. El fluido lubricante de aceite en agua de la reivindicación 1 o el método de la reivindicación 2, en el que al menos un tensioactivo polimérico tiene un peso molecular promedio de 1.000 a 100.000.

7. El fluido lubricante de aceite en agua de la reivindicación 1 o el método de la reivindicación 2, en el que al menos un tensioactivo polimérico comprende un tensioactivo de polímero en bloque de injerto.

8. El fluido lubricante de aceite en agua de la reivindicación 1 o el método de la reivindicación 2, en el que al menos un tensioactivo polimérico comprende bloques hidrófobos que tienen un peso molecular promedio en número de al menos 200.

9. El fluido lubricante de aceite en agua de la reivindicación 1 o el método de la reivindicación 2, en el que al menos un tensioactivo polimérico comprende bloques hidrófilos que tienen un peso molecular promedio en número de al menos 200.

10. El fluido lubricante de aceite en agua de la reivindicación 1 o el método de la reivindicación 2, en el que el aceite base comprende un éster natural, un éster sintético, un aceite mineral o mezclas de los mismos.

11. El fluido lubricante de aceite en agua de la reivindicación 1 o el método de la reivindicación 2, en el que los aditivos de lubricación de presión extrema son a base de fósforo, a base de azufre o una mezcla de los mismos.

12. El método de la reivindicación 2, en el que al menos un 50 % de la fase de aceite está contenido en partículas con un tamaño de menos de 1 µm.

13. El fluido lubricante de aceite en agua de la reivindicación 1 o el método de la reivindicación 2, en el que al menos un 50 % de la fase de aceite está contenido en partículas con un tamaño de menos de 0,5 µm.

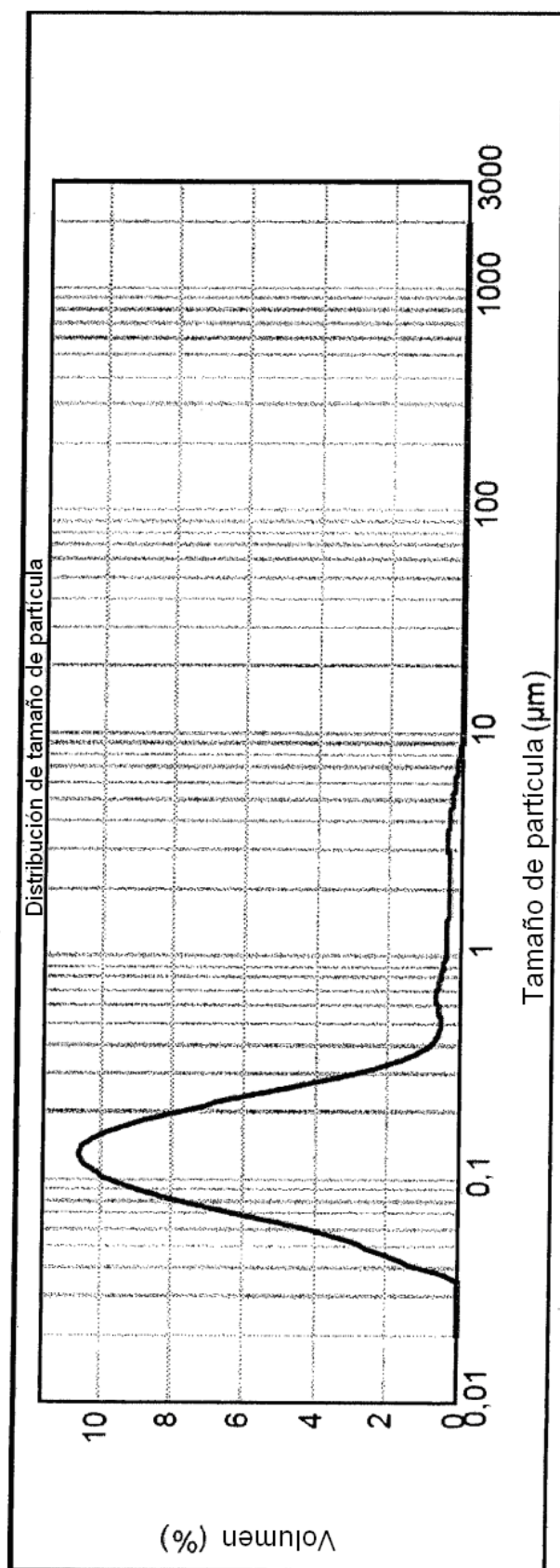


Figura 1

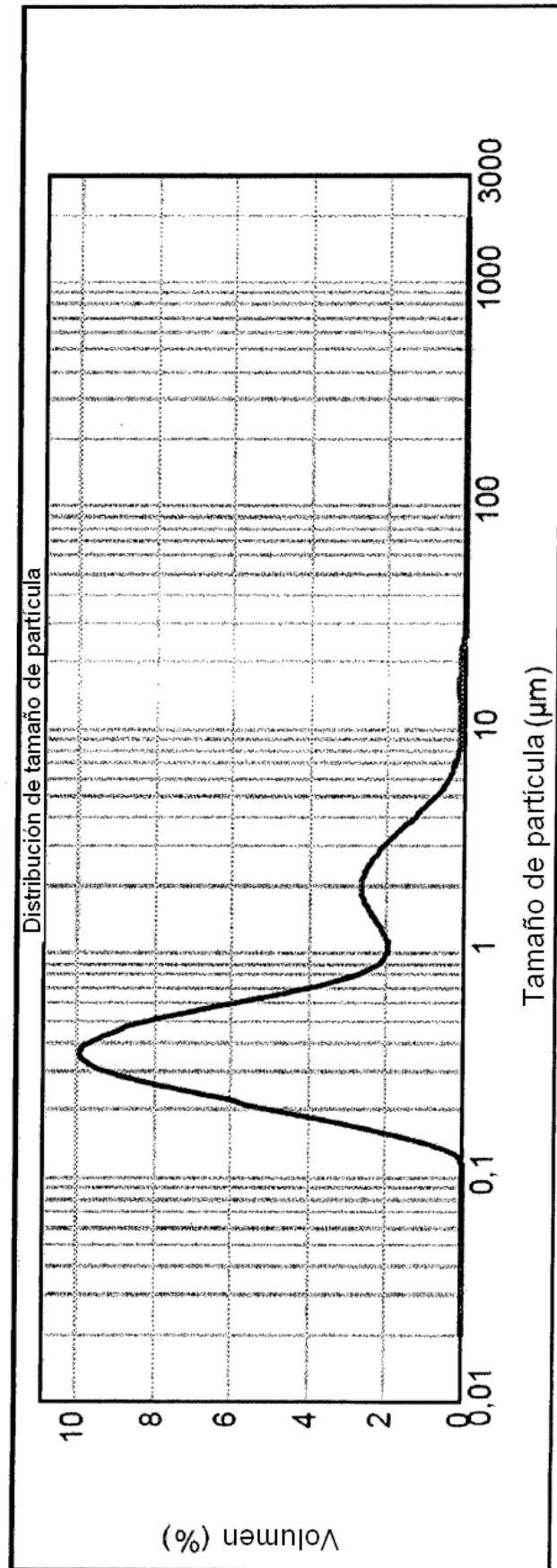


Figura 2

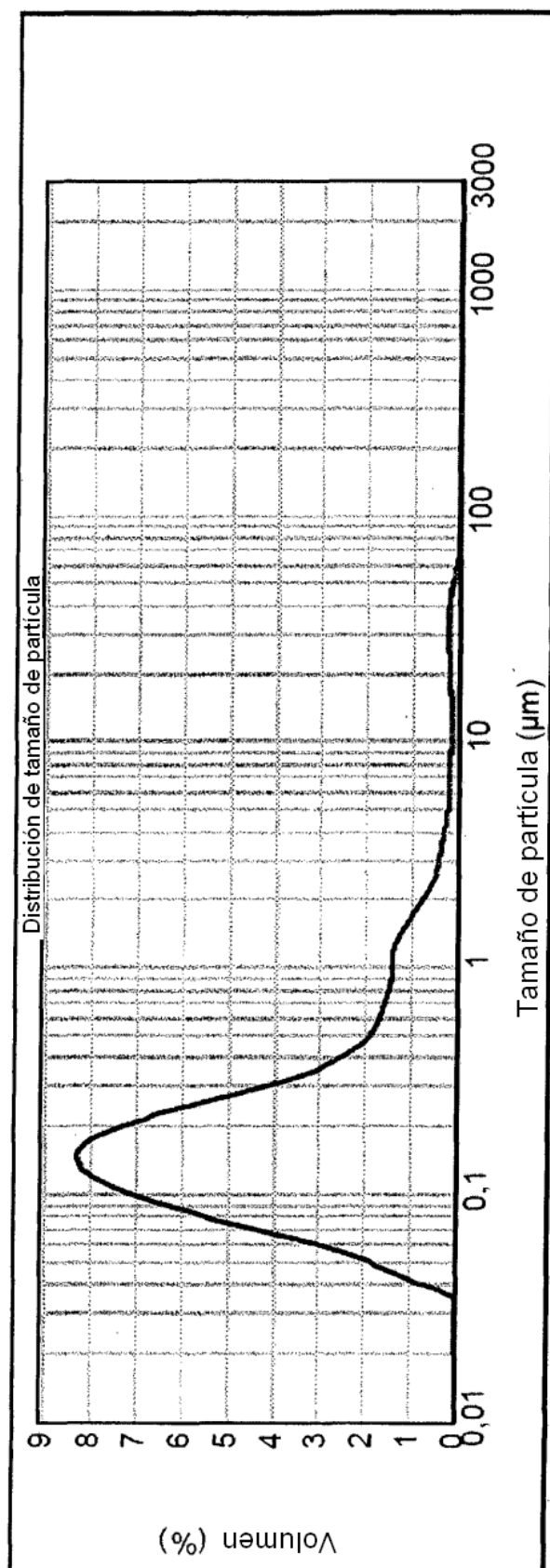


Figura 3

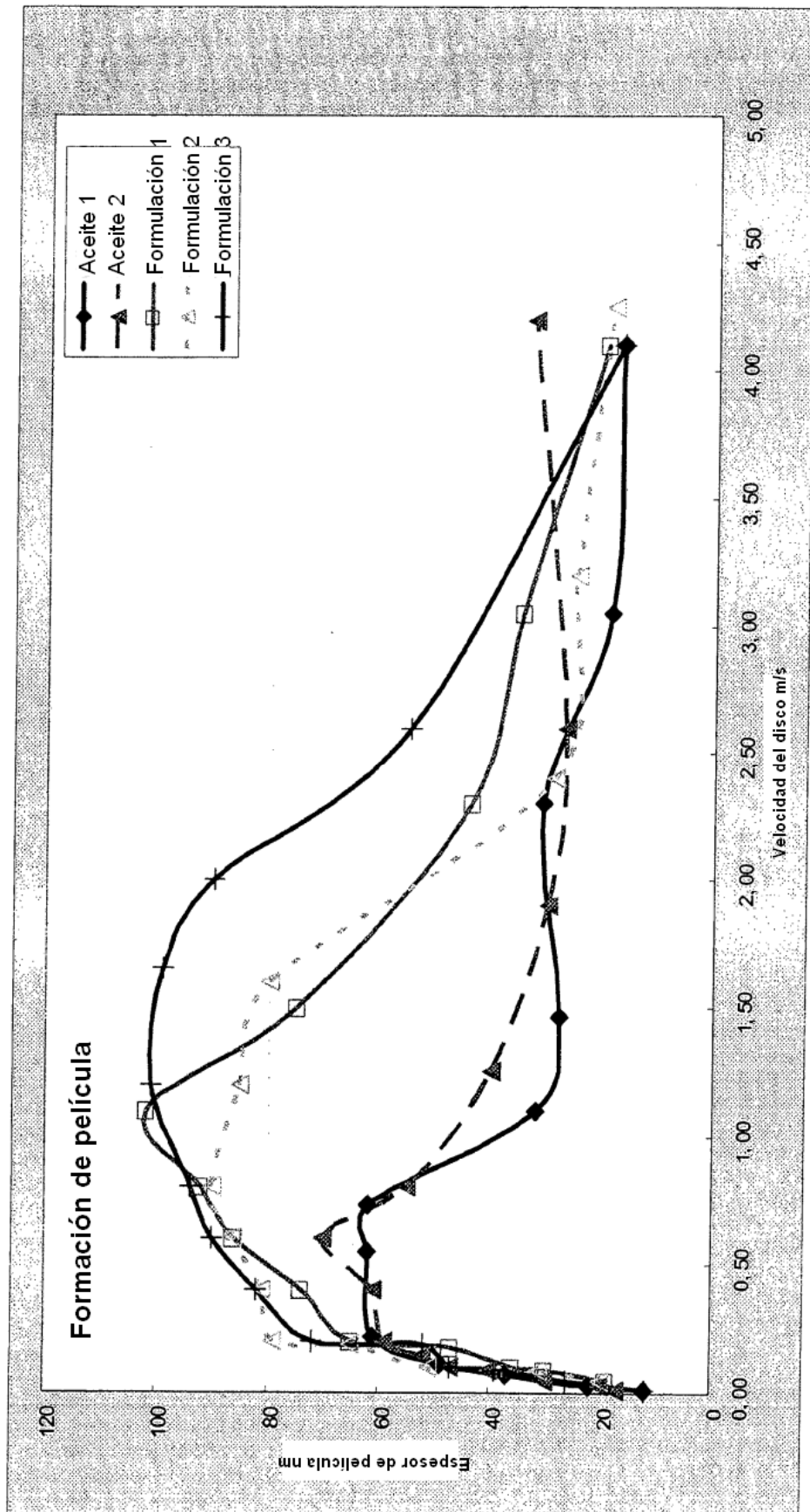


Figura 4

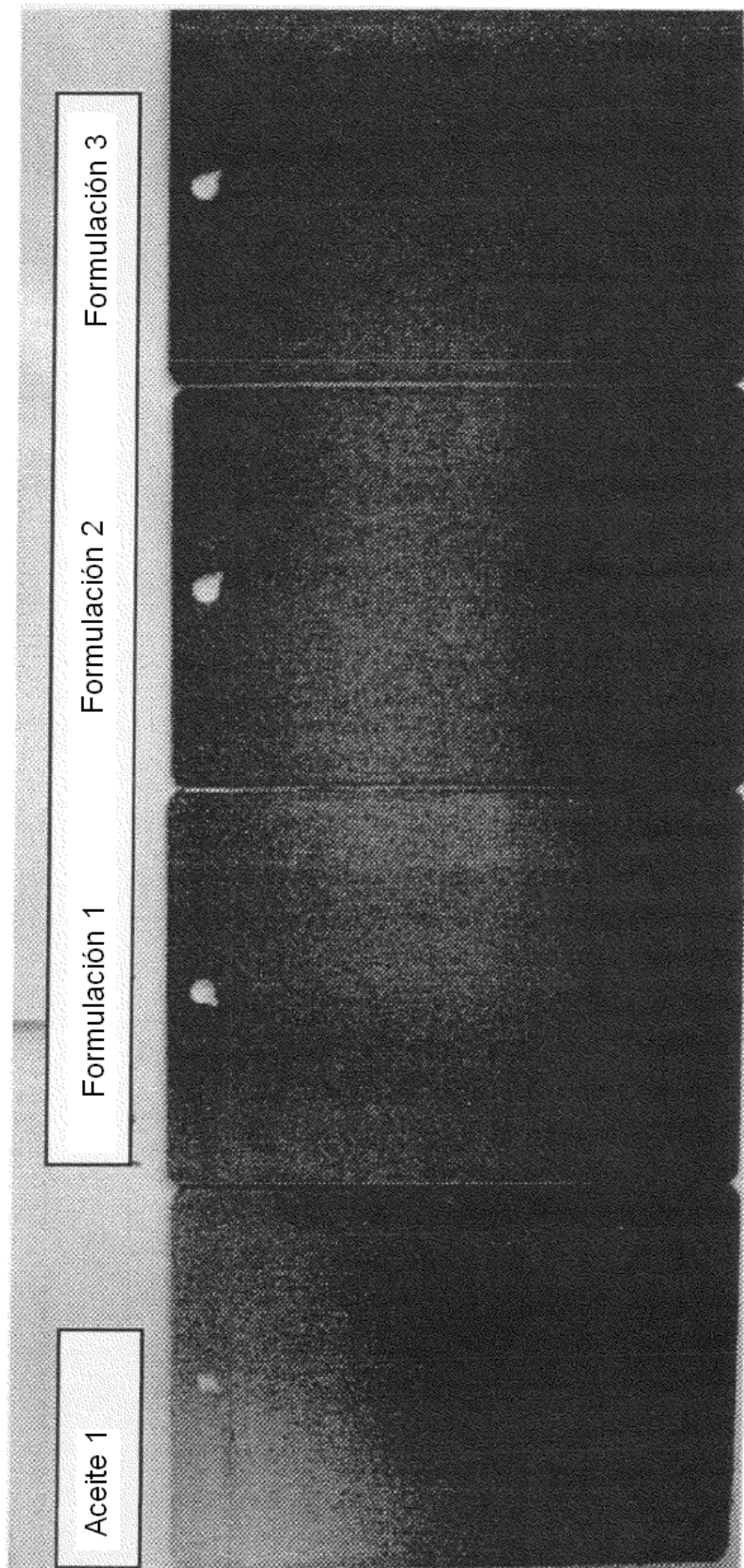


Figura 5

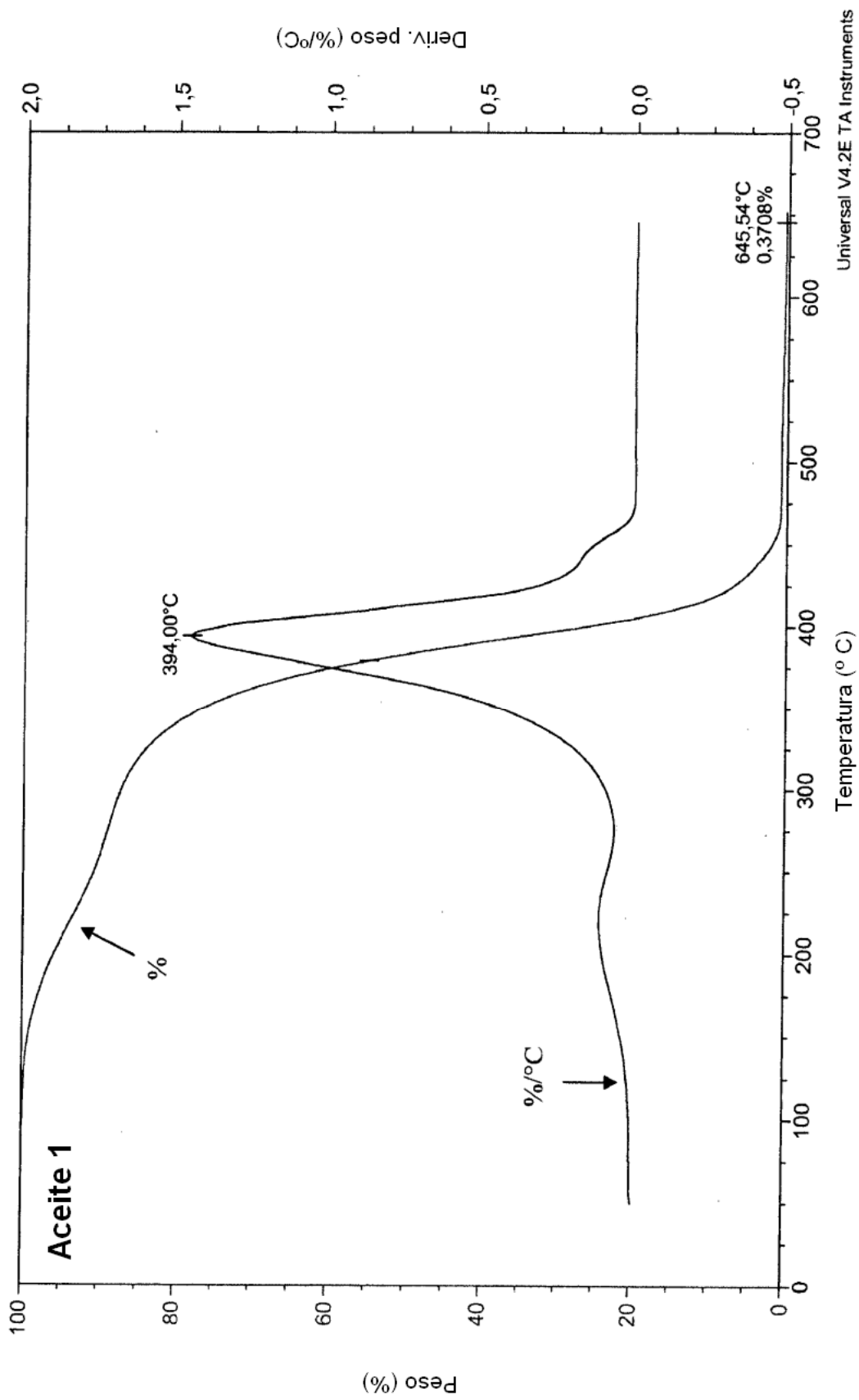


Figura 6

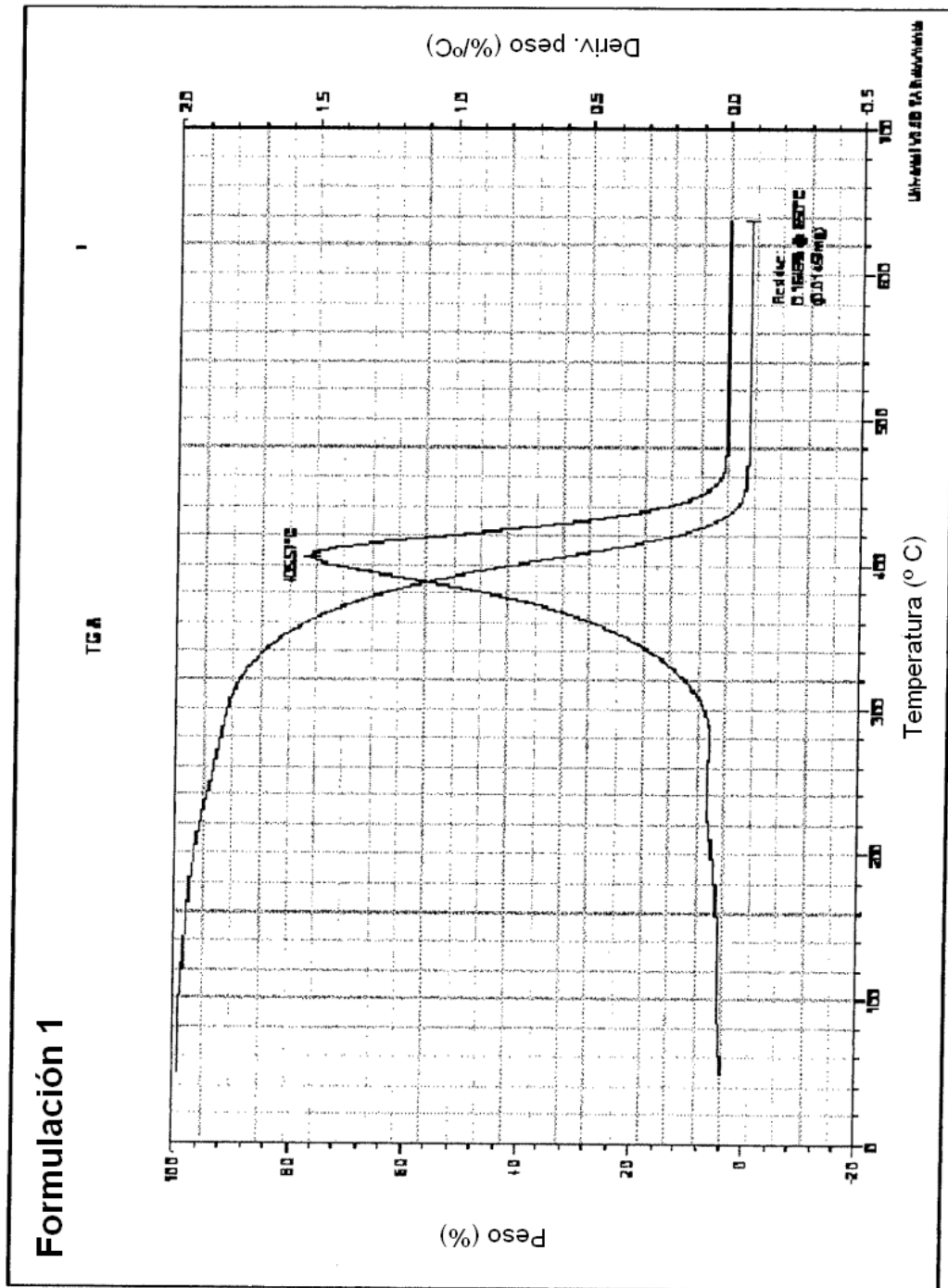


Figura 7

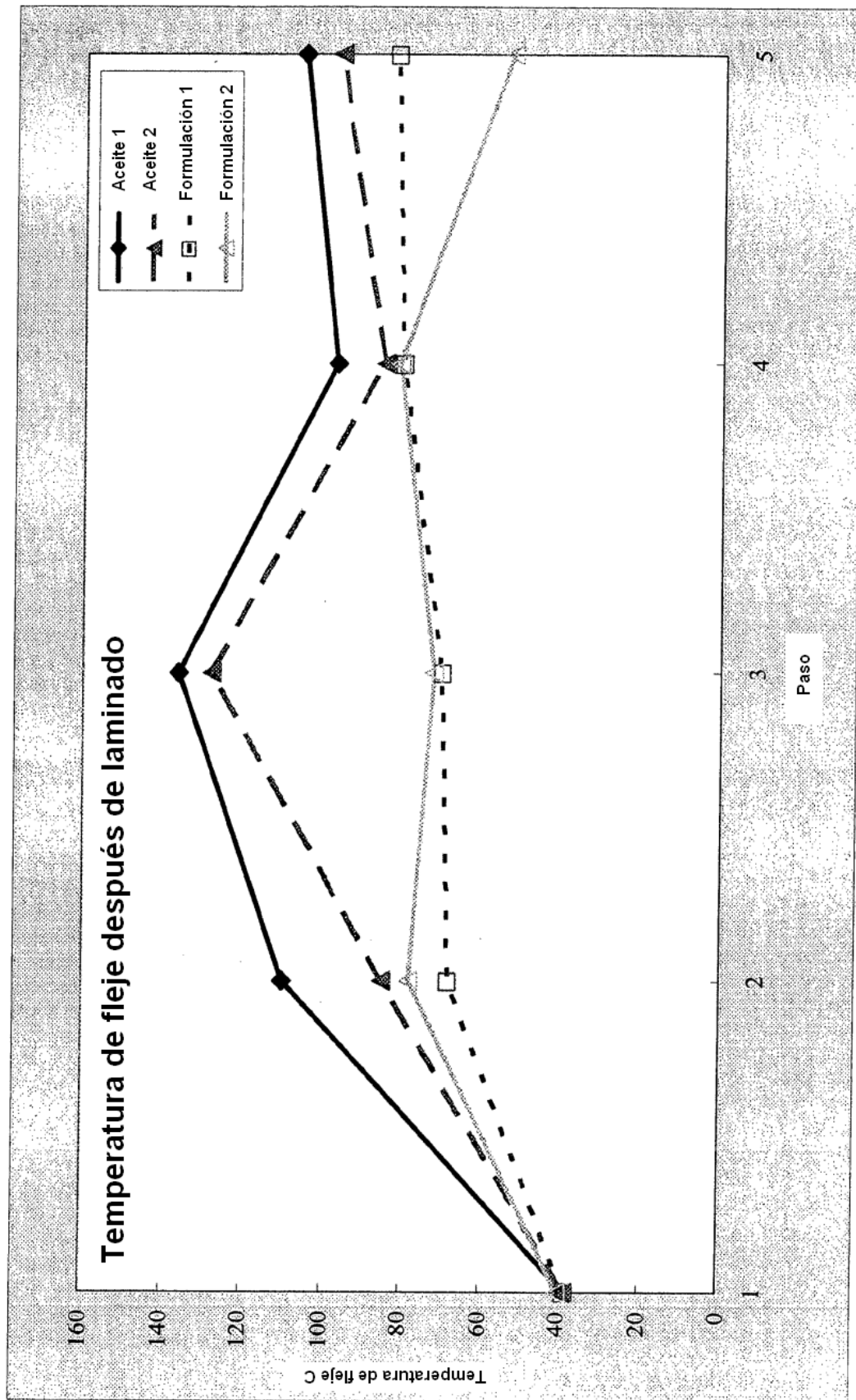


Figura 8

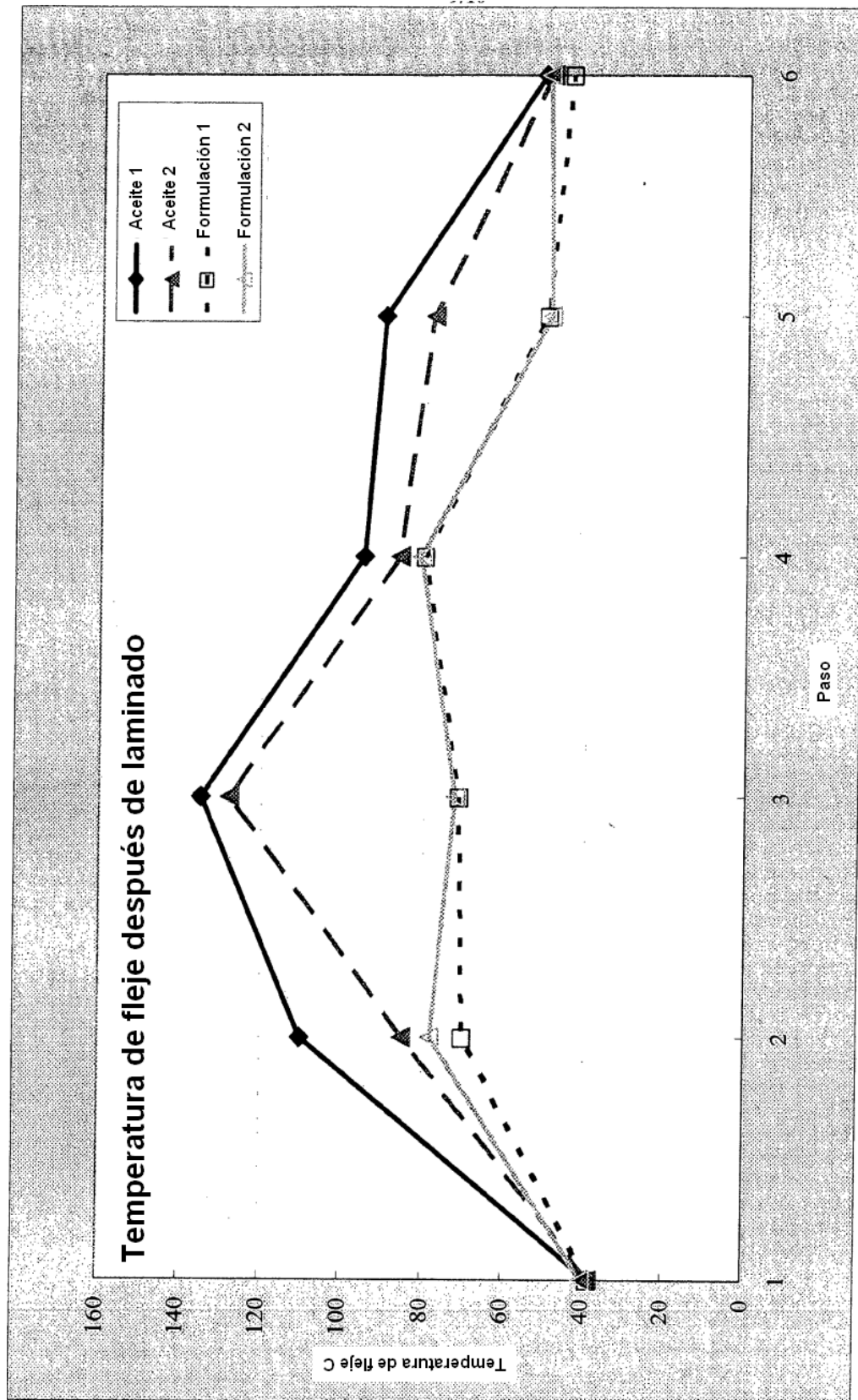


Figura 9

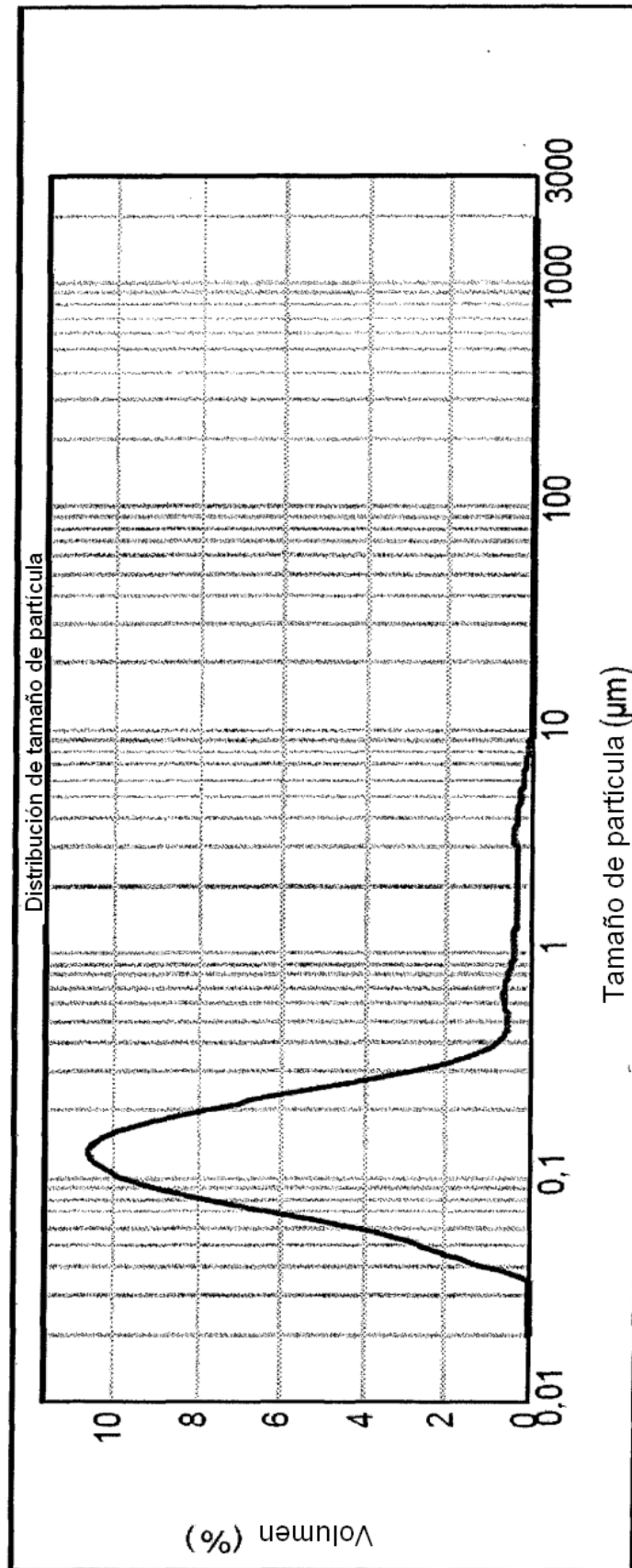


Figura 10