(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 590 255**

(51) Int. Cl.:

C23C 18/36 (2006.01)
C08L 27/18 (2006.01)
C08K 5/54 (2006.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(86) Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **26.03.2004** **PCT/US2004/009106**

(87) Fecha y número de publicación internacional: **25.11.2004** **WO04101848**

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **26.03.2004** **E 04760783 (3)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **24.08.2016** **EP 1620580**

(54) Título: **Dispersión de politetrafluoroetileno para aplicaciones de niquelado no electrolíticas**

(30) Prioridad:

07.05.2003 US 431251

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
21.11.2016

(73) Titular/es:

MACDERMID, INCORPORATED (100.0%)
245 FREIGHT STREET
WATERBURY, CT 06702, US

(72) Inventor/es:

CROTTY, DAVID y
BENGSTON, JON

(74) Agente/Representante:

UNGRÍA LÓPEZ, Javier

ES 2 590 255 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

Dispersión de politetrafluoroetileno para aplicaciones de niquelado no electrolíticas

Campo de la invención

La presente invención se refiere a un baño de metalizado compuesto no electrolítico que comprende níquel y una dispersión de politetrafluoroetileno (PTFE) capaz de formar una película compuesta sobre la superficie de un sustrato.

Antecedentes de la invención

El metalizado no electrolítico se refiere a la reducción química o autocatalítica de iones metálicos acuosos metalizados sobre un sustrato de base. Los depósitos formados por medio de metalizado no electrolítico tienen características metalúrgicas únicas. Los revestimientos pueden tener una uniformidad excelente, excelente resistencia a la corrosión, resistencia al desgaste y a la abrasión, propiedades magnéticas y no magnéticas, aptitud de soldadura, dureza elevada, adhesión excelente y bajo coeficiente de fricción. Los depósitos se pueden formar sobre una amplia gama de sustratos, incluyendo superficies metálicas y no metálicas.

Las composiciones de baños no electrolíticos normalmente contienen una solución acuosa de iones metálicos objeto de deposición, catalizadores, uno o más agentes reductores, uno o más agentes de formación de complejos y estabilizadores de baño, todos ellos adaptados a una concentración específica de ion metálico, temperatura e intervalo de pH. En la deposición de metales no electrolíticos, se hace uso de un agente reductor químico, evitando de este modo la necesidad de emplear una corriente eléctrica según se requiera en las operaciones de electrometalizado convencionales.

En un proceso de metalizado electrolítico, los iones metálicos se reducen hasta metal a través de la acción de agentes de reducción químicos que sirven como donantes de electrones. Los iones metálicos son aceptores electrónicos, que reaccionan con los donantes de electrones para formar un metal que se deposita sobre el sustrato. El catalizador simplemente es la superficie proporcionada al baño, que sirve para acelerar la reacción química no electrolítica para permitir la oxidación y la reducción del ion metálico hasta metal.

Uno de las operaciones de metalizado no electrolítico más comunes implica la deposición no electrolítica de níquel o una aleación de níquel. Un baño de metalizado de este tipo generalmente comprende al menos cuatro ingredientes, concretamente, una fuente de iones de níquel, un compuesto de hipofosfito como agente reductor, compuesto ácido o hidróxido de ajuste de pH y un agente de formación de complejos para los iones metálicos para evitar su precipitación prematura.

La dispersión uniforme de partículas micrónicas y sub-micrónicas en un depósito metálico no electrolítico, tal como níquel, puede mejorar la resistencia al desgaste, abrasión y/o la lubricidad del depósito sobre los sustratos de base y los depósitos no electrolíticos convencionales. Los fluoropolímeros que contienen materiales compuestos, tales como politetrafluoroetileno (PTFE), diamantes naturales y sintéticos (policristalinos), cerámicas, carburo de cromo, carburo de silicio, y óxido de aluminio se han co-depositado en formulaciones de la técnica anterior.

Un material compuesto comúnmente usado en un baño de niquelado no electrolítico es PTFE. Con el fin de mejorar las dispersiones de partículas de PTFE (u otros materiales codepositados) para operar de forma apropiada en el baño de metalizado, se deben añadir agentes tensioactivos al baño. No obstante, la adición de determinados agentes tensioactivos puede conducir a la formación de películas compuestas no electrolíticas que tienen un patrón irregular.

La patente de Estados Unidos n.º 6.273.943 de Chiba et al., comenta que las soluciones de metalizado compuestas no electrolíticas tienen una vida significativamente más corta que las soluciones de metalizado no electrolíticas que no contienen material compuesto tales como polvo de PTFE. Otro problema apreciado por Chiba et al. es que la película compuesta resultante tiene un aspecto sin lustre de tipo satinado, conduciendo de este modo a la probabilidad de que la superficie sea rugosa y a la aparición de diversos tipos de defectos de aspecto. Chiba et al, también apreciaron que en el uso de soluciones de metalizado compuestas no electrolíticas, la velocidad de deposición es lenta y que la solución de metalizado es susceptible de descomposición.

Se han sugerido diversos métodos para garantizar la formación de películas compuestas de aspecto uniforme que tengan un elevado contenido de partículas co-depositadas. Por ejemplo, la patente de Estados Unidos n.º 5.232.744 de Nakamura et al., describe un baño de metalizado no electrolítico para la deposición no electrolítica de una película compuesta que consiste esencialmente en una matriz metálica y partículas insolubles en agua o fibras dispersadas en la misma, que comprenden una amina o sal de amonio añadida el baño de metalizado no electrolítico para permitir la formación de una película compuesta de buen aspecto uniforme que tiene un contenido mayor de partículas o fibras dispuestas en la misma.

Como se aprecia fácilmente, es necesaria una solución de baño de metalizado compuesta no electrolítica que tenga buen rendimiento, buena velocidad de deposición y uniformidad de la película resultante. Además, es necesaria una solución de metalizado que tenga una vida larga, sea de bajo coste y fácil de manipular, y que sea estable en cuanto a rendimiento junto con buen aspecto, incluso tras el uso a largo plazo del baño de metalizado. En particular, es necesaria una dispersión de PTFE estable que continúe funcionando a medida que el baño de metalizado envejece y que pueda producir un depósito de níquel no electrolítico con más de 20 por ciento en volumen de PTFE en el depósito.

Para ello, los inventores han descubierto que el uso de un tensioactivo de glicol de silicona de baja viscosidad en las dispersiones de PTFE añadidas a un baño de niquelado no electrolítico puede proporcionar un revestimiento compuesto mejorado sobre la superficie de un sustrato.

El documento US-A 5.853.557 divulga electrodepósitos de multicapa, dúctiles y de baja fricción. El documento EP-A 0969027 divulga un proceso de polimerización de TFE. El documento WO-A 2004/061171 divulga un método de preparación de fibras, materiales textiles no tejidos, películas porosas y espumas que incluyen aditivos de tratamiento.

Sumario de la invención

Los inventores de la presente memoria han descubierto una dispersión de politetrafluoroetileno mejorada en agua. Específicamente, los inventores han descubierto que los tensioactivos de glicol de silicio polioxialcoxilados, cuando se añaden a dispersiones acuosas de politetrafluoroetileno, producen una característica de dispersión mejorada. Los tensioactivos de glicol de silicio polioxialcoxilados tienen bajas viscosidades de 3×10^{-5} m^2/s a 6×10^{-5} m^2/s (de 30 a 60 centiestokes) cuando se miden a 25 ºC. El glicerol también produce dispersiones acuosas mejoradas de politetrafluoroetileno y funciona sinérgicamente con los tensioactivos de glicol de silicona polioxialcoxilados anteriores para producir resultados óptimos.

Las dispersiones mejoradas anteriores se adaptan particularmente al uso en baños de metalizado no electrolíticos tales como baños de niquelado no electrolíticos. El uso de las dispersiones mejoradas anteriores en baños de metalizado no electrolíticos da lugar a depósitos metalizados con mayor contenido de dispersión.

La presente invención, por tanto, proporciona una dispersión acuosa de politetrafluoroetileno de acuerdo con la reivindicación 1, y un baño de niquelado compuesto no electrolítico de acuerdo con la reivindicación 11. Las características preferidas se definen en las reivindicaciones adjuntas.

Descripción detallada de las realizaciones preferidas de la invención

Los inventores han descubierto que el uso de un tensioactivo de glicol de silicona de baja viscosidad en una dispersión de politetrafluoroetileno usado con un baño de niquelado no electrolítico produce resultados beneficiosos, en comparación con los baños de dispersión de PTFE de la técnica anterior. Por baja viscosidad lo que se entiende es un tensioactivo de glicol de silicona que tiene una viscosidad a 25 ºC de entre 3×10^{-5} m^2/s a 6×10^{-5} m^2/s (de 30 a 60 centiestokes (cSt)), preferentemente entre 4×10^{-5} m^2/s y 5×10^{-5} m^2/s (de 40 a 50 centiestokes (cSt).

Los tensioactivos de glicol de silicona combinan las ventajas de los fluidos de dimetil silicona con los tensioactivos no iónicos convencionales. Los productos de esta clase se describen de forma que poseen una cadena principal de polidimetilsiloxano modificado por la unión de cadenas de polioxialquileno. La capacidad de variar la longitud de la cadena de dimetilsiloxano (silicona) y el número, tamaño y composición de las cadenas de oxialquileno ligadas (tensioactivo) permite la preparación de una diversidad de productos de tensioactivo de silicona. Un tensioactivo de glicol de silicona apropiado contiene una cadena principal de polidimetilsiloxano modificada con la unión química de cadenas de polioxialquileno, y se comercializa por parte de BASF, Inc. con el nombre comercial de Masil® SF-19.

Los inventores de la presente invención han determinado que la adición de un tensioactivo de glicol de silicona de baja viscosidad, tal como Masil® SR-19, sirve de ayuda en la fabricación de una dispersión de PTFE de diversas formas. En primer lugar, el tensioactivo mantiene la baja generación de espuma. Además, el tensioactivo mantiene la dispersión estable a medida que aumenta la temperatura de la mezcla. Los inventores han observado que la mezcla puede continuar hasta por encima de 200 ºF (93 ºC) sin la pérdida de la dispersión. Finalmente, el uso de un tensioactivo de glicol de silicona contribuye a preparar una dispersión que hace más sencilla la obtención de un depósito de níquel no electrolítico con más de un 20 % en volumen de PTFE en el depósito.

Además de añadir un tensioactivo de glicol de silicona a las composiciones de la invención, los inventores también han descubierto que se puede usar glicerina en lugar de alcohol isopropílico, que normalmente se usa en las dispersiones de PTFE. Aunque el uso de alcohol isopropílico facilita en gran medida la humectación de PTFE durante el proceso de mezcla, cuando se usa alcohol isopropílico, si la temperatura durante la mezcla asciende por encima de 160 ºF (55 ºC), la unión de PTFE al agente de humectación se pierde y la dispersión de PTFE se rompe. Aunque también se podrían usar otros glicoles, tales como propilenglicol o hexilenglicol, para permitir una mezcla a temperatura más elevada, la glicerina parece ser única entre estos materiales ya que también contribuye a estimular

el contenido de PTFE en porcentaje en el depósito de níquel no electrolítico.

Aunque el tensioactivo de glicol de silicona y el glicerol puedan producir por separado una dispersión mejor que la técnica anterior, los inventores han descubierto que la combinación de un tensioactivo de silicona y glicerol en las dispersiones de PTFE de la invención sorprendentemente produce una dispersión mucho mejor que el uso de cada uno por separado. Se ha encontrado que el uso de ambos materiales da lugar a porcentajes elevados de PTFE en el depósito, para generar menos espuma durante la mezcla, y para dar como resultado un tamaño de partícula y un intervalo de tamaño de partícula menor en la dispersión que cuando se usa únicamente uno de los dos aditivos.

Las dispersiones de PTFE de la invención también contienen preferentemente otros agentes humectantes. Estos agentes humectantes tienden a ser bien agentes de humectación de fluorocarburo o que no sean de fluorocarburo, que pueden ser catiónicos o no iónicos. Generalmente, los agentes de humectación aniónicos no se pueden usar en la dispersiones de la invención, ya que reaccionan con el agente de humectación catiónico. El agente de humectación catiónico es preferible en dispersiones de la invención ya que pone carga negativa sobre la partícula de PTFE, permitiendo la extracción hasta la superficie del objeto a metalizar durante el proceso de niquelado no electrolítico. El uso de agentes de humectación no iónicos en las dispersiones de la invención contribuye a mantener las dispersiones estables. Aunque se pueden usar agentes de humectación de fluorocarburo o que no sean de fluorocarburo, las dispersiones de la invención preferentemente contienen al menos un agente de humectación de fluorocarburo.

Las dispersiones de PTFE de la invención generalmente se añaden a un baño de niquelado no electrolítico convencional que contiene una fuente de iones níquel, un compuesto de hipofosfito, un compuesto de ajuste de pH y un agente de formación de complejos (quelación) para los iones metálicos para evitar su precipitación prematura a partir del baño. El compuesto de ajuste de pH puede ser un ácido, hidróxido, o amoniaco dependiendo de la configuración química del baño de metalizado.

Los inventores han logrado buenos resultados cuando se añaden de 2 a 12 ml/l de dispersión de PTFE al baño de metalizado, logrando de un 20 a un 24 por ciento en volumen de PTFE en el depósito cuando el baño de metalizado es nuevo, y de un 20 a un 26 por ciento en volumen de PTFE en el depósito cuando el baño de metalizado envejece.

Ahora de describe la invención con referencia a los siguientes ejemplos no limitantes.

Ejemplo Comparativo 1

Usando un mezclador de alta cizalladura Silverson® L4RT, se preparó una dispersión usando los siguientes materiales:

Fluorad FC 135	12 g
Fluorad FC 170	1 g
Alcohol isopropílico	12 g
Agua	375 g
Polvo de PTFE Zonyl® MP-1000	600 g

Fluorad FC 135 es un agente de humectación fluorado catiónico. Fluorad FC 170 es un agente de humectación fluorado no iónico. Ambos materiales se fabricaron por parte de 3 M Corporation. El agua, el alcohol y los agentes de humectación se mezclaron juntos. Con el mezclador operando a 5000-6000 rpm, el polvo de PTFE se añadió lentamente en cantidades pequeñas. Una vez que todo el polvo de PTFE se hubo humectado en la dispersión, se continuó la mezcla durante aproximadamente una hora. Después se permitió que la temperatura aumentara hasta no más de 155-160 ºF (60-65 ºC) y se permitió que la dispersión se enfriara hasta temperatura ambiente.

Se preparó un baño de niquelado no electrolítico Elnic 101C5 (que comprendía sulfato de níquel, hipofosfito de sodio, agentes de formación de complejos para los iones de níquel e hidróxido de amonio como agente de ajuste de pH) de acuerdo con la Ficha de Datos Técnicos para este producto que formada una solución al 20 % de Elnic 101C5. Se ajustó el pH con amoniaco hasta 4,9-5,0. Después, se añadieron 2-12 ml/l de la dispersión de PTFE. Se usó el baño de metalizado resultante para metalizar depósitos de níquel/PTFE no electrolíticos, cuyo contenido de PTFE se analizó. Los resultados se muestran en la Tabla I.

Tabla I -- Dispersión en baño frente a PTFE en Ejemplo de Depósito 1

Dispersión Añadida (ml/l)	% de PTFE (v/v)
2 ml	4 %
4 ml	7 %
6 ml	12 %
8 ml	14 %
10 ml	15 %
12 ml	16 %

Ejemplo 2

Se preparó una segunda dispersión como en el Ejemplo 1 exceptuando que se usaron los siguientes materiales y la mezcla se continuó hasta que la temperatura alcanzó 170-175 ºF (77-79 ºC). Dado que Fluorad FC 135 y FC 170 tienen ambos alcohol isopropílico, la mezcla de FC 135, FC 170 y glicerina se calentó hasta 85 ºC durante aproximadamente 1,5 horas en un horno de secado para evaporar el alcohol isopropílico antes de proceder con la preparación de la dispersión. Se ha comprobado que el alcohol isopropílico resulta negativo en un ejemplo posterior.

Fluorad FC 135®[1]	12 g
Fluorad FC 170®[1]	1 g
Masil® SF 19[2]	3 g
Glicerina	11 g
Agua	373 g
Polvo de PTFE Zonyl®[3] MP-1000	600 g

[1] Disponible en 3-M Company
[2] Disponible en BASF Company
[3] Disponible en DuPont Company

Se añadió la dispersión resultante al mismo tipo de baño de metalizado Elnic 101C5. Se obtuvieron los depósitos a partir de los baños de metalizado con 2-12 ml/l de la dispersión añadida al baño. Se analizaron los depósitos y los resultados se muestran en la Tabla II.

Tabla II -- Dispersión en baño frente a PTFE en Ejemplo de Depósito 2

Dispersión Añadida (ml/l)	% de PTFE (v/v)
2 ml	20,6 %
4 ml	21,5
6 ml	24,2
8 ml	24,3
10 ml	21,2
12 ml	21,7

La Tabla II muestra que el porcentaje de PTFE tiene un máximo de un 20-24 % en volumen. Esto es cierto cuando el baño de metalizado es nuevo. A medida que el baño envejece el nivel práctico mínimo para esta formulación aumenta hasta 20-26 % en volumen.

Ejemplo 3

Se preparó una dispersión como en el Ejemplo 2 exceptuando que se añadió cierto alcohol isopropílico a la mezcla. La mezcla se continuó hasta que la temperatura aumentó hasta 170-175 ºF (77-79 ºC).

Fluorad FC 135®	12 g
Fluorad FC 170®	1 g
Masil® SF 19®	3 g
Glicerina	11 g
Alcohol isopropílico	5 g
Agua	368 g
Polvo de PTFE Zonyl® MP-1000	600 g

Se preparó un baño de metalizado usando el mismo tipo de Elnic 101C5 que en los otros ejemplos pero se añadió 6 ml/l de esta dispersión al baño. El depósito obtenido tuvo un 13 % en volumen de PTFE. La adición de alcohol rebajó el contenido de depósito de PTFE en comparación con la dispersión similar sin el alcohol.

Ejemplo 4

Se preparó una dispersión como en el Ejemplo 2 exceptuando que se omitió la glicerina. La mezcla se continuó hasta que la temperatura aumentó hasta 170-175 ºF (77-79 ºC). De nuevo, se evaporó el alcohol isopropílico en el Fluorad FC 135 y Fluorad FC 170 antes de proceder con la preparación de la dispersión.

Fluorad FC 135®	12 g
Fluorad FC 170®	1 g
Masil® SF 19®	3 g
Agua	384 g
Polvo de PTFE Zonyl® MP-1000	600 g

Se preparó una serie de baños de metalizado usando el mismo tipo de Elnic 101C5 que en los otros ejemplos con 2-10 ml/l de dispersión. Se metalizaron los depósitos a partir de estos baños de metalizado y se analizó el porcentaje de PTFE en el depósito. Los resultados se muestran en la Tabla III.

Tabla III -- Dispersión en baño frente a PTFE en Ejemplo de Depósito 4

Dispersión Añadida (ml/l)	% de PTFE (v/v)
2 ml	7,0
4 ml	18,8
6 ml	20,4
10 ml	23,0

Ejemplo 5

Se preparó una dispersión como en el Ejemplo 2 exceptuando que se omitió Masil® SF 19. La mezcla se continuó hasta que la temperatura aumentó hasta 170-175 ºF (77-79 ºC). De nuevo, se evaporó el alcohol isopropílico en el Fluorad FC 135 y Fluorad FC 170 antes de proceder con la preparación de la dispersión.

Fluorad FC 135®	12 g
Fluorad FC 170®	1 g
Glicerina	11 g
Agua	376 g
Polvo de PTFE Zonyl® MP-1000	600 g

Se preparó una serie de baños de metalizado usando el mismo tipo de Elnic 101C5 que en los otros ejemplos con 2-10 ml/l de dispersión. Se metalizaron los depósitos a partir de estos baños de metalizado y se analizó el porcentaje de PTFE en el depósito. Los resultados se muestran en la Tabla IV 9.

Tabla IV -- Dispersión en baño frente a PTFE en Ejemplo de Depósito 5

Dispersión Añadida (ml/l)	% de PTFE (v/v)
2 ml	4,3 %
4 ml	17,6 %
6 ml	19,4 %
10 ml	23,4 %

Los ejemplos 4 y 5 muestran que el uso de glicerina y Masil® SF 19 por sí mismos produce buenos depósitos con un contenido de PTFE bastante elevado. No obstante, cuando se usan juntos en condiciones similares, el proceso combinado produce un contenido de PTFE elevado en los depósitos con cantidades más pequeñas de dispersión usadas en el baño de niquelado no electrolítico.

El tamaño de partícula es una medida importante de la eficacia de una dispersión. Las dispersiones están formadas por PTFE que tiene un tamaño nominal de 400 micrómetros o similar. Las partículas se reciben aglomeradas en grumos de tamaño mucho mayor. La cuestión es preparar una dispersión donde se reduzca la aglomeración hasta el nivel más bajo posible. Los tamaños de partícula de la dispersión para los ejemplos listados en la presente memoria se midieron usando el NiComp "Medidor de Partículas Submicrónicas". El instrumento proporciona el tamaño medio de partícula y la dispersión del intervalo de tamaño como desviación típica. Idealmente, las partículas deberían ser lo más pequeñas posibles y el intervalo de tamaño muy estrecho. La Tabla V lista los resultados de las mediciones de tamaño para estas dispersiones.

Tabla V -- Mediciones de Tamaño de las Dispersiones

Dispersión	Tamaño Medio de Partícula Nanómetros	Desviación Típica
Ejemplo 1	450	4
Ejemplo 2	355	1
Ejemplo 3	400	4
Ejemplo 4	360	3
Ejemplo 5	404	3

Los resultados que se muestran en la Tabla V refuerzan los resultados mostrados en los ejemplos. El uso de glicerina y/o un tensioactivo de glicol de silicona de baja viscosidad proporciona individualmente una dispersión mejorada en comparación con la técnica anterior. No obstante, las dispersiones preparadas con 10 ambos materiales se comportan mejor aún.

REIVINDICACIONES

1. Una dispersión acuosa de politetrafluoroetileno que comprende (i) un tensioactivo de glicol de silicona que tiene una viscosidad a 25 ºC de 3 x 10^{-5} m^2/s a 6 x 10^{-5} m^2/s (de 30 a 60 centiestokes) y (ii) polvo de politetrafluoroetileno, donde dicho polvo de politetrafluoroetileno está presente en dicha dispersión en una cantidad de 500-700 gramos /1000 gramos de dispersión.

2. Una dispersión de politetrafluoroetileno de acuerdo con la reivindicación 1, donde la dispersión también comprende al menos un material seleccionado entre el grupo que consiste en agentes humectantes catiónicos, agentes humectantes no iónicos y combinaciones de los mismos.

3. Una dispersión de politetrafluoroetileno de acuerdo con la reivindicación 2, donde dicho agente de humectación catiónico está presente en la dispersión en una cantidad de 10-15 gramos/1000 gramos de dispersión.

4. Una dispersión de politetrafluoroetileno de acuerdo con la reivindicación 2, donde dicho agente de humectación no iónico está presente en la dispersión en una cantidad de 5-15 gramos/1000 gramos de dispersión.

5. Una dispersión de politetrafluoroetileno de acuerdo con la reivindicación 2, donde al menos uno de dicho agente de humectación catiónico y dicho agente de humectación no iónico comprende un agente de humectación de fluorocarburo.

6. Una dispersión de politetrafluoroetileno de acuerdo con la reivindicación 1, donde dicho tensioactivo de glicol de silicona está presente en la dispersión en una cantidad de 1-10 gramos/1000 gramos de la dispersión.

7. Una dispersión de politetrafluoroetileno de acuerdo con la reivindicación 1, donde la dispersión también contiene glicerina.

8. Una dispersión de politetrafluoroetileno de acuerdo con la reivindicación 1, donde dicho tensioactivo de glicol de silicona de baja viscosidad tiene una viscosidad de 4 x 10^{-5} m^2/s a 5 x 10^{-5} m^2/s (40-50 centiestokes).

9. Una dispersión de politetrafluoroetileno de acuerdo con la reivindicación 1, donde dicho polvo de politetrafluoroetileno tiene un tamaño de partícula nominal de 350 a 450 nanómetros.

10. Una dispersión de politetrafluoroetileno de acuerdo con la reivindicación 9, donde dicho polvo de politetrafluoroetileno tiene un tamaño de partícula nominal de aproximadamente 400 nanómetros.

11. Un baño de niquelado compuesto no electrolítico mejorado que comprende:

a) una fuente de iones de níquel;
b) un compuesto de hipofosfito;
c) un compuesto de ajuste de pH;
d) un agente de formación de complejos para los iones de níquel; y
e) una dispersión de politetrafluoroetileno que comprende:

i) un tensioactivo de glicol de silicona de baja viscosidad que tiene una viscosidad a 25 ºC entre 3 x 10^{-5} m^2/s a 6 x 10^{-5} m^2/s (de 30 a 60 centiestokes); y
ii) polvo de politetrafluoroetileno.

12. Un baño de niquelado compuesto no electrolítico mejorado de acuerdo con la reivindicación 11, donde la dispersión también comprende al menos un material seleccionado entre el grupo que consiste en agentes de humectación catiónicos, agentes de humectación no iónicos y combinaciones de los mismos.

13. Un baño de niquelado compuesto no electrolítico mejorado de acuerdo con la reivindicación 12, donde dicho agente de humectación está presente en la dispersión en una cantidad de 10-15 gramos/1000 gramos de dispersión.

14. Un baño de niquelado compuesto no electrolítico mejorado de acuerdo con la reivindicación 12, donde dicho agente de humectación no iónico está presente en la dispersión en una cantidad de 5-15 gramos/1000 gramos de la dispersión.

15. Un baño de niquelado compuesto no electrolítico mejorado de acuerdo con la reivindicación 12, donde al menos uno de dicho agente de humectación catiónico y dicho agente de humectación no iónico comprende un agente de humectación de fluorocarburo.

16. Un baño de niquelado compuesto no electrolítico mejorado de acuerdo con la reivindicación 11, donde dicho tensioactivo de glicol de silicona está presente en la dispersión en una cantidad de 1-10 gramos/1000 gramos de dispersión.

17. Un baño de niquelado compuesto no electrolítico mejorado de acuerdo con la reivindicación 11, donde la dispersión también comprende glicerina.

18. Un baño de niquelado compuesto no electrolítico mejorado de acuerdo con la reivindicación 11, donde dicho polvo de politetrafluoroetileno está presente en dicha dispersión en una cantidad de 500-700 gramos/1000 gramos de dispersión.

19. Un baño de niquelado compuesto no electrolítico mejorado de acuerdo con la reivindicación 11, donde dicho tensioactivo de glicol de silicona de baja viscosidad tiene una viscosidad de 4×10^{-5} m^2/s a 5×10^{-5} m^2/s (40-50 centiestokes).

20. Un baño de niquelado compuesto no electrolítico mejorado de acuerdo con la reivindicación 11, donde dicho polvo de politetrafluoroetileno tiene un tamaño de partícula nominal de 350 a 450 nanómetros.

21. Un baño de niquelado compuesto no electrolítico mejorado de acuerdo con la reivindicación 20, donde dicho polvo de politetrafluoroetileno tiene un tamaño de partícula nominal de 400 nanómetros.

22. Un baño de niquelado compuesto no electrolítico mejorado de acuerdo con la reivindicación 11, donde dicha dispersión de politetrafluoroetileno está presente en dicho baño de metalizado en una cantidad de 2-12 mililitros por litro de baño de metalizado.

23. Un baño de niquelado compuesto no electrolítico mejorado de acuerdo con la reivindicación 11, donde dicho compuesto de ajuste de pH es amoniaco y el pH de dicho baño de metalizado es de 4,9 a 5,0.