

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 398 440**

51 Int. Cl.:

C09D 133/06 (2006.01)

H01L 31/048 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **16.12.2010 E 10195308 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **14.11.2012 EP 2345706**

54 Título: **Método para producir un módulo fotovoltaico**

30 Prioridad:

12.01.2010 US 335808 P

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

19.03.2013

73 Titular/es:

**ROHM AND HAAS COMPANY (100.0%)
100 Independence Mall West
Philadelphia, Pennsylvania 19106-2399, US**

72 Inventor/es:

**EINSLA, MELINDA L.;
GUO, HAILAN y
GREER, EDWARD C.**

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 398 440 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

Método para producir un módulo fotovoltaico

La presente invención se refiere a un encapsulante líquido particularmente útil en la construcción de módulos fotovoltaicos y a un proceso para producir un módulo fotovoltaico.

5 Se han descrito métodos para el encapsulado de células solares en un módulo fotovoltaico. Por ejemplo, el documento de Estados Unidos N°. Pub. 2006/0207646 describe un proceso que usa un encapsulante de silicona líquida. No obstante, no se ha informado sobre el uso de resinas acrílicas-uretano para el presente fin.

El documento EP-A 2040306 describe una célula solar con dorso laminado con un material acrílico-uretano.

El documento WO-A-2006/63976 describe una resina acrílica-uretano basada en revestimientos de pintura.

10 El problema abordado por la presente invención consiste en proporcionar un encapsulante líquido particularmente útil para la construcción de módulos fotovoltaicos y un proceso para producir un módulo fotovoltaico.

Declaración de la invención

15 La presente invención proporciona un método para producir un módulo fotovoltaico que comprende las etapas de: (a) formar células solares sobre una placa de vidrio; y (b) poner en contacto al menos una capa de encapsulante líquido con dichas células solares; en el que el encapsulante comprende: (i) un poliol acrílico que tiene un número medio de unidades de monómero hidroxifuncional por cadena polimérica de 2 a 25 y Mn de 1.000 a 10.000; y (ii) un poliisocianato con una funcionalidad media de al menos dos; en el que la proporción molar de los grupos hidroxilo no terminales en el poliol con respecto a los grupos isocianato en el poliisocianato es de 0,5:1 a 1:0,5.

Descripción detallada

20 Los porcentajes son porcentajes en peso (% en peso) y las temperaturas están en °C, a menos que se especifique lo contrario. Los porcentajes en peso de monómeros están basados en el peso total de los monómeros en la mezcla de polimerización. Según se usa en el presente documento, el término "(met)acrílico" se refiere a acrílico o metacrílico, y "(met)acrilato" se refiere a acrilato o metacrilato. El término "(met)acrilamida" se refiere a acrilamida (AM) o metacrilamida (MAM). "Monómeros acrílicos" incluyen ácido acrílico (AA), ácido metacrílico (MAA), ésteres de AA y MAA, ácido itacónico (IA), ácido crotónico (CA), acrilamida (AM), metacrilamida (MAM) y derivados de AM y MAM, por ejemplo, alquil (met)acrilamidas. Ésteres de AA y MAA incluyen, pero sin limitarse a, hidroxialquilo, fosfoalquilo y ésteres de sulfoalquilo, por ejemplo, metacrilato de metilo (MMA), metacrilato de etilo (EMA), metacrilato de butilo (BMA), metacrilato de hidroxietilo (HEMA), acrilato de hidroxietilo (HEA), metacrilato de hidroxipropilo (HPMA), acrilato de hidroxibutilo (HBA), acrilato de metilo (MA), acrilato de etilo (EA), acrilato de butilo (BA), acrilato de 2-etilhexilo (EHA) y metacrilatos de fosfoalquilo (por ejemplo, PEM).

La expresión "monómeros de vinilo" se refiere a monómeros que contiene un enlace doble carbono-carbono que se encuentra conectado a un heteroátomo tal como nitrógeno u oxígeno. Ejemplos de monómeros de vinilo incluyen, pero sin limitarse a, acetato de vinilo, vinil formamida, vinil acetamida, vinil pirrolidona, vinil caprolactama, y alcanosatos de vinilo de cadena larga tales como neodecanoato de vinilo y estearato de vinilo.

35 Se usa una célula solar de semiconductor para generar electricidad a partir de luz. Típicamente, las células solares están fabricadas a partir de materiales de semi-conductor tales como silicio (cristalino, policristalino o de película fina), arseniuro de galio, diseleniuro de indio y cobre, telururo de cadmio, diseleniuro de galio, indio y cobre y sus mezclas. Las células solares pueden encontrarse en forma de obleas o películas finas, estando las primeras formadas por medio de corte a partir de un cristal o mediante moldeo y siendo las últimas depositadas sobre un sustrato o superestrato por medio de metalizado por bombardeo o deposición de vapor químico (CVD).

40 En algunas realizaciones de la invención, el poliol acrílico presenta un grupo terminal hidroxilo. El número medio de unidades monoméricas hidroxifuncionales por cadena polimérica es un valor medio calculado para el poliol acrílico a partir de sus valores de Mn y peso equivalente (EW) (unidades/cadena = Mn/EW). El peso equivalente se define como la masa de poliol que contiene un mol de funcionalidad hidroxilo, excluyendo los grupos terminales hidroxilo. Por ejemplo, un poliol que contiene 15% en peso de HEMA presenta un EW = 876,6 g poliol/mol de OH. Si se ha determinado el número de hidroxilo (OH#) para el poliol, entonces el cálculo es el siguiente: Mn/(56105/OH#). El número de hidroxilo se calcula a partir del contenido monomérico hidroxifuncional del polímero, sin incluir el grupo terminal hidroxilo que se piensa deriva del agente de transferencia de cadena OH# = 56105/EW. La actual distribución de cadenas poliméricas por supuesto contiene algunas cadenas con funcionalidad de hidroxilo más elevada y más reducida. En algunas realizaciones de la invención, la funcionalidad de hidroxilo medida por cadena polimérica es de al menos 2,5, preferentemente de al menos 3, preferentemente de al menos 3,5, preferentemente al menos 4; la funcionalidad medida de hidroxilo no es mayor que 10, preferentemente no mayor que 8, preferentemente no mayor que 7, preferentemente no mayor que 6.

En algunas realizaciones de la invención, Mn del poliol acrílico es de al menos 2.000, preferentemente de al menos

2.500, preferentemente de al menos 3.000, preferentemente de al menos 3.500. En algunas realizaciones de la invención, Mn del polioliol no es mayor que 8.000, preferentemente no mayor que 7.000, preferentemente no mayor que 6.000. En algunas realizaciones, Mw/M es de 1,5 a 3,5, de manera alternativa de 2 a 3. En algunas realizaciones de la invención, el Tg del polioliol acrílico es de -100 °C a -40 °C, preferentemente de -80 °C a -45 °C, preferentemente de -75°C a -50 °C.

En algunas realizaciones de la invención, el polioliol acrílico comprende al menos 60% de residuos polimerizados de monómeros acrílicos, preferentemente al menos 70%, preferentemente al menos 80%, preferentemente al menos 90%, preferentemente al menos 95%. En algunas realizaciones de la invención, el polioliol acrílico contiene de 5 a 35% de residuos polimerizados de monómeros acrílicos que contienen hidroxilo, preferentemente de 8 a 25%, preferentemente de 10 a 20%. En algunas realizaciones de la invención, el polioliol acrílico tiene un Mn de 3.000 a 5.000 y de 10 a 20 % de residuos de monómeros acrílicos que contienen hidroxilo. En algunas realizaciones, los monómeros que contienen hidroxilo son (met)acrilatos de hidroxialquilo, preferentemente los escogidos entre HEMA, HPMA, HBA o sus combinaciones; preferentemente HEMA y/o HPMA. En algunas realizaciones, el polioliol acrílico comprende de 65 a 95% de residuos polimerizados de (met)acrilato(s) de alquilo C₄-C₁₂, preferentemente de 75 a 92%, preferentemente de 80 a 90%; en algunas realizaciones, el (met)acrilato(s) de alquilo C₄-C₁₂ es(son) acrilato(s) de alquilo C₄-C₁₂, preferentemente acrilato(s) de alquilo C₄-C₁₀, preferentemente BA y/o EHA. En algunas realizaciones, el polioliol acrílico puede contener pequeñas cantidades de residuos de monómeros de vinilo además de los monómeros acrílicos.

Preferentemente, el polioliol acrílico está formado por medio de polimerización en disolución usando iniciadores típicos bien conocidos en la técnica. Preferentemente, se usa un agente de transferencia de cadena (CTA), por ejemplo un alcohol, glicol, alquil éter de glicol, mercapto-alcohol o mercapto-glicol; preferentemente un alcohol, glicol o alquil éter de glicol, preferentemente un alcohol. En algunas realizaciones, el agente de transferencia de cadena se encuentra sustancialmente libre (es decir, menos de 0,3 %, de manera alternativa menos de 0,1% , de manera alternativa menos de 0,05%) de azufre y el polioliol acrílico se encuentra considerablemente libre (es decir, menos de 100 ppm, de manera alternativa menos de 50 ppm, de manera alternativa menos de 25 ppm) de azufre. Los disolventes apropiados para la polimerización incluyen, por ejemplo, alcoholes, ésteres de alquilo, glicoles, alquil éteres de glicol, aldehídos, cetonas y éteres. En algunas realizaciones, el disolvente también actúa como agente de transferencia de cadena; disolventes preferidos que también son agentes de transferencia de cadena incluyen, por ejemplo, alcoholes C₁-C₆, incluyendo isopropanol. Cuando se usan compuestos hidroxilo como agentes de transferencia de cadena, se piensa que un grupo hidroxilo terminal se une directamente al extremo de la cadena polimérica. Cuando se usan alcoholes, por ejemplo isopropanol, como agentes de transferencia de cadena, se piensa que el grupo hidroxilo terminal terciario es químicamente menos reactivo que los grupos hidroxilo o (met)acrilatos de hidroxialquilo y otros monómeros con sustitución hidroxilo.

Un poliisocianato es un material que tiene una funcionalidad media de isocianato de al menos 2. Ejemplos de poliisocianatos incluyen los basados en diisocianato de isoforona (IPDI), diisocianato de hexametileno (HDI), diisocianato de dicitlohexil metano (HMDI), bis(isocianatometil)ciclohexano, diisocianato de difenil metano (MDI), diisocianato de tolueno (TDI), sus isómeros o sus mezclas. En algunas realizaciones de la invención, el poliisocianato es un poliisocianato alifático. Se pueden usar los prepolímeros de un poliisocianato y un polioliol en la presente invención como componente de poliisocianato; Mn preferido para el prepolímero de poliisocianato es de 300 a 30000, preferentemente de 500 a 2000. En algunas realizaciones de la invención, la funcionalidad del poliisocianato es de al menos 2,5, de manera alternativa de al menos 2,7, de manera alternativa de al menos 3. En algunas realizaciones, el poliisocianato presenta una funcionalidad no mayor que 5, preferentemente no mayor que 4, preferentemente no mayor que 3.

Preferentemente, la proporción molar de grupos hidroxilo no terminales/grupos NCO varía de 0,75:1 a 1:0,75, de manera alternativa de 0,75:1 a 1:0,9, de manera alternativa de 0,9:1 a 1:0,75, de manera alternativa de 0,9:1 a 1:0,9, de manera alternativa de 0,95:1 a 1:0,9, de manera alternativa de 0,9:1 a 1:0,95, de manera alternativa de 0,95:1 a 1:0,95, de manera alternativa de 0,98:1 a 1:0,98, de manera alternativa de 0,99:1 a 1:0,99, de manera alternativa de 0,995:1 a 1:0,995.

Los agentes de reticulación son monómeros que presentan dos o más grupos insaturados etilénicamente, y pueden incluir, por ejemplo, compuestos divinilaromáticos, ésteres de di-, tri- y tetra-(met)acrilato, éter de di-, tri- y tetraalilo o compuestos de éster y (met)acrilato de alilo. Ejemplos preferidos de dichos monómeros incluyen divinilbenceno (DVB), éter de trimetilolpropano alilo, tetralil pentaeritritol, triaril pentaeritritol, dialil pentaeritritol, ftalato de dialilo, maleato de dialilo, cianurato de trialilo, dialil éter de bisfenol A, sacarosas de alilo, bisacrilamida de metileno, triacrilato de trimetilolpropano, metacrilato de alilo (ALMA), dimetacrilato de etilenglicol (EGDMA), diacrilato de hexano-1,6-diol (HDDA) y dimetacrilato de butilenglicol (BGDMA). En algunas realizaciones de la invención, la cantidad de residuo de agente de reticulación polimerizado en el polímero no es mayor que 0,2%, preferentemente no más que 0,1%, preferentemente no más que 0,05%, preferentemente no más que 0,02%.

De manera opcional, la composición de la presente invención puede incluir otros ingredientes. Por ejemplo, la composición puede incluir un catalizador para la reacción de formación de uretano, por ejemplo, diésteres de dialquilo estaño; promotores de adhesión; antioxidantes y estabilizadores de luz. Preferentemente, los ingredientes

anteriormente mencionados estarían en el componente de polioliol, aunque algunos pueden estar incluidos en el componentes de poliisocianato si no fueran reactivos con los grupos isocianato y no catalizaran la polimerización de isocianato. En algunas realizaciones de la invención, la composición contiene no más de 1,5% en peso de estabilizador(es) de luz, de manera alternativa no más de 1,25%, de manera alternativa no más de 1%, de manera alternativa no más de 0,75%, de manera alternativa no más de 0,5%, de manera alternativa no más de 0,25%.

En un módulo fotovoltaico fabricado de acuerdo con el método de la invención, una lámina de vidrio cubre las células solares para formar un módulo fotovoltaico en el que la luz pasa a través de la lámina de vidrio antes de impactar con las células solar. Las células solares están formadas directamente sobre la lámina de vidrio (por ejemplo, por medio de metalizado por bombardeo o CVD) y posteriormente se cubren con una capa de material encapsulante. En algunas realizaciones de la invención, el módulo fotovoltaico además comprende una lámina de material laminado sobre en encapsulante líquido. Esta capa opcional de material por debajo de la capa(s) de encapsulante puede ser rígida o flexible. El material rígido puede ser, por ejemplo, vidrio, un polímero sintético (por ejemplo, poli(fluoruro de vinilo), poli(tereftalato de etileno), acetato de etilen vinilo), una chapa metálica, etc. En las presentes descripciones, el término "superior" indica la dirección desde la cual la luz viaja para alcanzar las células solares. En algunas realizaciones de la invención, el encapsulante se aplica a una lámina de material, seguido de la puesta en contacto de la capa de encapsulante sobre la lámina, soportando la lámina de vidrio las células solares. En la mayoría de los casos, el módulo fotovoltaico requiere un material aislante por debajo de las células solares. El presente material puede ser el encapsulante o un material rígido, con la condición de que el material cumpla con los criterios de capacidad de aislamiento, por ejemplo, los métodos de ensayo especificados en IEC 61215, IEC 61646, UL 746A, UL746B, UL746C.

En algunas realizaciones de la invención, el componente de polioliol y el componente de isocianato se mezclan para formar el encapsulante líquido justo antes del contacto con las células solares, por ejemplo, en un dispositivo de mezcla en línea o un tanque de mezcla. Dependiendo del tipo de construcción del módulo fotovoltaico, como se ha descrito anteriormente, los componentes mixtos se podrían aplicar a un vidrio o material polimérico sintético antes de añadir las células solares, antes de y después de que las células solares formen dos capas de material encapsulante, sobre las células solares formadas sobre el vidrio o un polímero sintético, etc. Preferentemente, el encapsulante líquido se cura por medio calentamiento del módulo fotovoltaico ensamblado, preferentemente a una temperatura de 60 °C a 150 °C durante un tiempo de 1 min a 3 horas. Los tiempos y las temperaturas varían dependiendo de los tipos de funcionalidad de isocianato e hidroxilo, proporción de hidroxilo/isocianato y otros factores, así como se comprende bien en el presente campo.

Ejemplos

Procedimiento de polimerización típico:

Se introdujo isopropanol (1137 g) en un matraz de fondo redondo, de 4 bocas equipado con purga de nitrógeno, condensador de reflujo, controlador de temperatura y agitador magnético, y se calentó a 82 °C. Se añadió una disolución de peroxipivalato de t-amilo en isopropanol (704 ml, 4,7 % en peso), seguido de una mezcla de acrilato de 2-etilhexilo (187 g) y metacrilato de hidroxietilo (33 g). La temperatura de la mezcla aumentó hasta 86 °C sin calor añadido. Tras permitir que la mezcla se enfriara hasta 82 °C, se añadió gradualmente una mezcla de acrilato de 2-etilhexilo (1683 g) y metacrilato de hidroxietilo (297 g) durante un período de 180 minutos. De manera concurrente, se añadió una disolución de peroxipivalato de t-amilo en isopropanol (704 ml, 4,7 % en peso) durante un periodo de 200 minutos. Tras completar la adición, se mantuvo la mezcla a 82 °C durante 60 minutos, seguido de la adición de una disolución de peroxipivalato de t-amilo en isopropanol (16,6 ml, 29,8 % en peso). Tras 15 minutos, se añadió otra disolución de peroxipivalato de t-amilo en isopropanol (16,6 ml, 29,8 % en peso) durante un período de 90 minutos. Se retiró el disolvente del polímero por medio de evaporación.

La tabla siguiente recoge polímeros preparados de acuerdo con el presente método.

ES 2 398 440 T3

Composición	CTA (agente de transferencia de cadena)	Disolv.	Eq. peso (g/mol) no ej.	Mw x10 ³	Mn x10 ³	OH#	OH/cadena (no ej.)
94 BA/6 HEMA	MMP (4,0%)	EAc	2169	5,8	2,2	25,9	1,0
95 BA/5 HEMA	ME (2,0%)	EAc	2602,8	7,7	2,6	21,6	1,0
95 BA/5 HEMA	ME (4,0%)	EAc	2602,8	4,0	1,7	21,6	0,7
94 BA/6 HEMA	ME (1,0%)	EAc	2169	16,3	9,4	25,9	4,3
94 BA/6 HEMA	ME (1,5%)	EAc	2169	11,2	6,8	25,9	3,1
x 94 BA/6 HEMA	MMP (1,5%)	EAc	2169	20,7	11,5	25,9	5,3
88 BA/12 HEMA	1-tioglicerol (3,0%)	EAc	1084,5	8,7	5,6	51,7	5,2
88 BA/12 HEMA	2-mercato-3-butanol (3,0%)	EAc	1084,5	9,1	5,8	51,7	5,3
92 BA/8 HEMA	MMP (1,75%)	EAc	1626,8	17,0	9,4	34,5	5,8
x 94 BA/6 HEMA	MMP (0,5%)	EAc	2169	50,6	23,3	25,9	10,7
x 94 BA/6 HEMA	-	EAc	2169	194,0	63,5	25,9	29,3
x 94 BA/6 HEMA	MMP (1,0%)	EAc	2169	27,0	14,0	25,9	6,5
91,3 EHA/8,7 HEMA	MMP (3,0%)	EAc	1495,9	6,9	3,3	37,5	2,2
91,3 EHA/8,7 HEMA	MMP (1,5%)	EAc	1495,9	16,2	9,1	37,5	6,1
x 95,8 EHA/4,2 HEMA	MMP (0,5%)	EAc	3098,6	33,2	15,0	18,1	4,8
x 76 EHA/24 HEMA	MMP (0,5%)	EAc	542	39,7	17,2	103,5	31,7
x 97,8 EHA/2,2 HEMA	MMP (0,5%)	EAc	6000	23,5	11,1	9,4	1,9
x 80 EHA/20 HEMA	MMP (0,5%)	EAc	651	38,6	17,0	86,2	26,1
x 85 EHA/15 HEMA	MMP (0,5%)	EAc	868	37,1	16,3	64,6	18,8
91,3 EHA/8,7 HEMA	MMP (1,5%)	EAc	1496	14,0	6,0	37,5	4,0
76 EHA/24 HEMA	MMP (3,0%)	EAc	542	7,6	5,2	103,5	9,6
80 EHA/20 HEMA	MMP (3,0%)	EAc	651	7,8	4,1	86,2	6,3
70 EHA/30 HPMA	MMP (3,0%)	EAc	481	11,1	6,2	116,7	12,9
76 EHA/24 HPMA	MMP (3,0%)	EAc	601	11,1	4,5	93,4	7,5
88 BA/12 HEMA	IPA	IPA	1085	15,0	5,9	51,7	5,4
80 EHA/20 HPMA	MMP (3,0%)	EAc	721	9,2	4,3	77,8	6,0
85 EHA/15 HEMA	MMP (3,0%)	EAc	686	7,6	4,0	64,6	4,6
88 BA/12 HEMA	MMP (3,0%)	EAc	1085	9,3	4,4	51,7	4,1
80 EHA/20 HEMA	IPA	IPA	651	16,6	6,3	86,2	9,7
88 EHA/12 HEMA	IPA	IPA	1085	12,2	4,7	51,7	4,3
90 EHA/10 HEMA	IPA	IPA	1301	11,9	4,7	43,1	3,6

(continuación)

Composición	CTA (agente de transferencia de cadena)	Disolv.	Eq. peso (g/mol) no ej.	Mw x10 ³	Mn x10 ³	OH#	OH/cadena (no ej.)
85 EHA/15 HEMA	MMP (3,0%)	IPA	868	4,9	2,5	64,6	2,9
85 EHA/15 HEMA	MMP (1,5%)	EAc	868	9,4	3,1	64,6	3,6
85 EHA/15 HEMA	IPA	IPA	868	9,4	4,5	64,6	5,2
80 EHA/20 HPMA	IPA	IPA	721	13,9	4,4	77,8	6,1
88 EHA/12 HPMA	IPA	IPA	1201	10,9	3,6	46,7	3,0
x 100 EHA	IPA	IPA	-	6,8	3,4	-	-

Mw y Mn están listados en kg/mol; ej = grupo terminal polimérico

EAc = acetato de etilo; MMP = 3-mercaptopropionato de metilo; IPA = isopropanol;

5 ME = mercaptoetanol

x no de acuerdo con los requisitos de la reivindicación 1

Procedimiento para el encapsulado de un módulo de película fina basado en superestrato.

10 Se somete a reticulación un copolímero de EHA/hema 85/15 como se ha descrito anteriormente con una cantidad estequiométrica de HMDI (proporción molar de hidroxil/isocianato 1:1, basada en la funcionalidad hidroxil del poliol excluyendo el grupo terminal hidroxil). El copolímero (50 g, OH#, 64,5 mg de KOH/g), catalizador (diacetato de dibutilestano, 0,005 % en peso, 0,0025 g) y fotoestabilizador opcional se mezclan a vacío a 60 °C hasta que no se observaron burbujas. Se sometió a desgasificación dicitohexil-metano-4,4'-diisocianato (un total de 7,62 g) por separado. Se bombean la primera mezcla que contenía el polímero de EHA/HEMA y el isocianato por separado, con una proporción estequiométrica, en el interior de un dispositivo de mezcla estático en línea con 24 elementos de mezcla. Se revistió la presente mezcla sobre una pieza lámina de dorso (EVA/PET/Tedlar, Krempel Akasol PTL 3 HR, 1000 V) usando un dispositivo de revestimiento de parches a escala de laboratorio (Frontier Industrial Technology, Towanda, PA). La lámina de dorso húmeda se aplica posteriormente, usando un rodillo de caucho, sobre la superficie trasera de un panel de vidrio sobre el que ha sido fabricado un módulo solar de silicio amorfo. A 15 continuación, se coloca un marco de aluminio en el módulo de película fina de reserva y se somete a curado en un 20 horno durante 30 minutos a 150 °C.

REIVINDICACIONES

- 5 1.- Un método para producir un módulo fotovoltaico; comprendiendo dicho método las etapas de: (a) formar células solares sobre una placa de vidrio; y (b) poner en contacto al menos una capa de encapsulante líquido con dichas células solares; en el que el encapsulante líquido comprende: (i) un poliol acrílico que tiene un número de unidades monoméricas con funcionalidad de hidroxilo por cada cadena polimérica, tal y como viene determinado en la memoria descriptiva, de 2 a 25 y Mn de 1.000 a 10.000; y (ii) un poliisocianato con una funcionalidad media de al menos dos; en la que la proporción molar de grupos hidroxilo no terminales en el poliol con respecto a grupos isocianato en el poliisocianato es de 0,5:1 a 1:0,5.
- 10 2. El método de la reivindicación 1, en el que el poliol acrílico presenta un número medio de unidades monoméricas con funcionalidad hidroxilo por cadena polimérica de 3 a 6.
3. El método de la reivindicación 1, en el que el poliol acrílico presenta un Mn de 3.000 a 7.000.
4. El método de la reivindicación 1, en el que el poliisocianato presenta una funcionalidad media de 2 a 4.
- 15 5. El método de la reivindicación 1, en el que el poliol acrílico comprende de 65 a 95 % en peso de residuos polimerizados de (met)acrilato de alquilo C₄-C₁₂ y de 5 a 35% en peso de residuos polimerizados de monómero acrílico que contiene hidroxilo.
6. El método de la reivindicación 5, en el que el poliol acrílico presenta un Mn de 3.000 a 5.000 y de 10 a 20% de residuos de monómero acrílico que contienen hidroxilo.