

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO	
RAD: 13-247905- -8	FECHA: 2016-04-13 12:41:53
DEP: 2020 DIRECCION DE NUEVAS CREACIONES	EVE: 1 REGISTRO/DEPOSITO/CONCESION/DEPOSITO
TRA: 2 PATENTES DE INVENCION	FOLIOS: 18
ACT: 519 TRASLADOINFORME	

DIRECCIÓN DE NUEVAS CREACIONES

2020
Bogotá, D.C.,

Abogado(a)/Señor(a)
GUSTAVO ADOLFO PALACIO CORREA

Asunto: Radicación: 13-247905- -8
 Trámite: 2
 Evento: 1
 Actuación: 519
 Oficio: 4173
 Folios: 18

Patente de Invención	X			Patente de Modelo de Utilidad	
Vía Nacional	X				
Vía PCT (Fase Nacional)		Capítulo I		Capítulo II	
No. Solicitud Internacional					
Fecha de Presentación Internacional					

Como resultado del examen de fondo realizado, con fundamento en el Artículo 45 de la Decisión 486 de la Comisión de la Comunidad Andina, se comunica:

1. Documentos estudiados

Descripción:	Rad. N° 13-247905-00007-0000	30/Diciembre/2015
Reivindicaciones:	Rad. N° 13-247905-00007-0000	30/Diciembre/2015

2. Objeto de la invención

De acuerdo con lo establecido en el numeral 1.2.2.2 del Capítulo Primero del Título X de la Circular Única para efectos del examen de patentabilidad, se tendrá en cuenta la tasa pagada por el solicitante al momento de comenzar el examen para las reivindicaciones adicionales; esto es que cuando la solicitud contenga más de diez (10) reivindicaciones y no se haya pagado la tasa complementaria, sólo se estudiarán las cubiertas por la tasa pagada. Por lo tanto, se estudiaran las reivindicaciones 1 a 15 (Pág. 4-8, Radicado N° 13-247905-00007-0000)

Título de la solicitud: “Fibra para reforzamiento de concreto a partir de PET reciclado” (Pág. 1, Radicado N° 13-247905-00007-0000).

El problema planteado en esta solicitud consiste en la necesidad de obtener un agente de reforzamiento de los concretos hidráulicos en reemplazo de las mallas electrosoldadas.

Para resolver este problema técnico, la solicitud en estudio proporciona unas macrofibras sintéticas obtenidas a través de un proceso de extrusión y su empleo como aditivos de reforzamiento de concretos hidráulicos.

El objeto de la presente solicitud se relaciona con la Clasificación Internacional de Patentes (CIP): B32B 13/02, D02G 3/00 // 3/44.

3. De la solicitud de patente

Título

El título es general, no corresponde totalmente con la materia de la solicitud porque no hace referencia al método para la fabricación de macrofibras que se encuentra dentro del alcance de las reivindicaciones presentadas, por lo anterior se sugiere al solicitante hacer la corrección necesaria.

Reivindicaciones (Art 30 D 486, Art 22 PCT)

Las reivindicaciones presentan como características técnicas esenciales términos generales, tales como: “*pigmento*” (reiv. 1 y 4), “*aditivo*” (reiv. 1 y 4), “*polímero hidrosoluble*” (reiv. 1), “*mazos de macrofibras*” (reiv. 11, 13, 14 y 15). Los cuales, aunque corresponden a términos ampliamente conocidos, abarcan una extensa gama de posibilidades, sugiriendo de forma imprecisa que la protección se extiende a otras posibles variaciones. Se propone realizar las modificaciones respectivas para restringir los componentes reclamados a aquellos que tienen un efecto técnico demostrado.

La expresión “*en alto y bajo relieve ultrafino*” (reiv. 6 y 12), es imprecisa, por lo cual no permiten distinguir la invención del estado de la técnica. Se sugiere eliminarla o sustituirla por rangos concretos.

En la reivindicación 1, la expresión “*útiles en el reforzamiento de concreto hidráulicos*”, corresponde al uso que se le dará a las fibras lo cual no se considera una característica técnica.

Las reivindicaciones 5 y 7 a 10, presentan como objeto reclamado el producto “*Macrofibras sintéticas*”. Sin embargo, este no se encuentra bien caracterizado dado que dicho producto puede ser definido por su composición y solamente se está definiendo mediante parámetros tales como “*la densidad*”, “*la resistencia a la tensión*”, “*el módulo de elasticidad*”, lo cual no puede ser aceptado. Se sugiere efectuar las correcciones pertinentes, teniendo en cuenta no ampliar la materia previamente divulgada.

La reivindicaciones 11 a 15 tienen por objeto un método, sin embargo no muestran la secuencia clara de etapas técnicas por medio de las cuales se transforme una materia en un producto. Es así como los “*pasos*” se presentan como una combinación de posibilidades así: mezclado de forma manual o automática, en donde la aplicación **puede ser** en estado seco, húmedo o fluido, y el enfoque de la parte caracterizante del método se encuentra en los parámetros de la fibra a emplear. Por lo tanto, el objeto de interés no está claramente definido. Se sugiere realizar las aclaraciones respectivas o definir la invención por sus características esenciales, teniendo en cuenta no modificar o ampliar la materia ya divulgada.

En las Reivindicaciones 7 a 10 y 13 a 16 la expresión “una sección transversal redonda de (...) mm”, no es clara, porque la unidad “mm” no corresponde a una unidad de área, se sugiere hacer las correcciones respectivas.

La reivindicación 17 es una reivindicación de método, pero hace referencia a la reivindicación 10, la cual es una reivindicación de producto, de tal manera que no es clara la relación de dependencia. Se sugiere efectuar la respectiva corrección.

La reivindicación 17 hace referencia a sí misma, de tal manera que no es clara la relación de dependencia. Se sugiere efectuar la respectiva corrección.

El capítulo reivindicatorio no es conciso porque contiene un excesivo número de reivindicaciones independientes relacionadas con las macrofibras, lo cual hace difícil definir cuál es el objeto que se busca proteger. Se sugiere, presentar una reivindicación independiente, y las modalidades preferentes como reivindicaciones dependientes.

Descripción (Art 28 D 486)

La descripción no es suficientemente clara porque la información que contiene no soporta las características del proceso y del producto que se pretenden proteger. No presenta, ejemplos o estudios que soporten el efecto técnico que se está divulgando. La descripción tiene problemas de claridad y suficiencia pero se le indica al solicitante que respecto a la información requerida, no se admitirá modificaciones que amplíen el objeto inicial de la invención, sin perjuicio de lo anterior se aceptaran: (i) documentos relevantes del estado de la técnica no citados siempre y cuando no incluya aclaraciones, o comentarios del solicitante, respecto a la invención; (ii) adaptación de la descripción a las reivindicaciones; (iii) otras de naturaleza similar.

4. Determinación del Estado de la Técnica

El estado de la técnica se determinó con base en la fecha de presentación de la solicitud de patente nacional: octubre 18 de 2013, y se encontraron los siguientes documentos que anticipan el objeto de esta solicitud.

Ítem	Documento	Título	Fecha de Publicación
D2	US 2009/0226693	“Concrete fiber material, castable constructs including the same, and methods”	10/septiembre/2009
D3	US 8,211,341	“Fiber pellets method of making, and use in making fiber reinforced polypropylene composites”	3/julio/2012
D4	US 5,422,181	“Synthetic fibers containing photochromic pigment and their preparation”	6/junio/1995

El documento D2¹ divulga un material de refuerzo sintético y fibroso que comprende unidades fibrosas liberables durante el mezclado del concreto. (Resumen).

El documento D3² divulga pellets de fibras sintéticas orgánicas, métodos para fabricar tales pellets, y métodos para usar tales pellets para hacer resinas compuestas de polipropileno reforzado con fibra. (Resumen).

El documento D4³ divulga textiles sintéticos que contienen pigmentos fotocromicos. Los pigmentos se preparan encapsulando un pigmento fotocromico en un polímero termoplástico que tiene un alto índice de flujo, mezclado con un resina termoplástica primaria, y extruida a una temperatura de menos de 250 °C a través de un cabezal de hilado que tiene un diámetro de al menos 0.3 mm. (Resumen).

1 <https://docs.google.com/viewer?url=patentimages.storage.googleapis.com/pdfs/US20090226693.pdf>
2 <https://docs.google.com/viewer?url=patentimages.storage.googleapis.com/pdfs/US8211341.pdf>
3 <https://docs.google.com/viewer?url=patentimages.storage.googleapis.com/pdfs/US5422181.pdf>

5. Examen de Patentabilidad (Art 14 D486)

Nivel inventivo (Art18 D486)

La reivindicación 4 consiste en un “*Macrofibras sintéticas caracterizadas porque...*” (Ver Pág. 55 del Rad. N° 13-247905-00007-0000)

Comparación de las características técnicas esenciales, con las del Estado de la Técnica:

Características esenciales	D3	D4
Macrofibras sintéticas caracterizadas porque	La presente divulgación se dirige generalmente a pellets de fibras sintéticas orgánicas, métodos para fabricar tales pellets, y métodos para usar tales pellets para hacer resinas compuestas de polipropileno reforzado con fibra. (Resumen).	La presente invención se relaciona con textiles sintéticos que contienen pigmentos fotocromicos. (Col. 1, líneas 12 a 13)
están conformadas por (i) entre 80 y 84% de PET reciclado	En otro aspecto de la presente divulgación, se provee un método para producir pellets de fibras sintéticas orgánicas que comprende: proveer una prensa de peletización; alimentar a la prensa de peletización una mezcla de fibra-cera que incluye al menos 80% en peso de una fibra orgánica sintética orgánica pre-cortada seleccionada de polialquiltereftalatos, polialquilen-naftalatos, poliamidas, poliolefinas, poliacrilonitrilo, y combinaciones entre ellos, y de 2 a 20% en peso de una o mas ceras; forzar la mezcla fibra-cera a través de una matriz para formar filamentos de fibras sintéticas orgánicas; y cortar los filamentos de fibras sintéticas orgánicas en pellets de fibras sintéticas orgánicas. (Col. 3, líneas 7 a 17). La fibra sintética orgánica no está particularmente restringida y se selecciona generalmente de los polialquiltereftalatos polialquilen-naftalatos, poliamidas, poliolefinas, poliacrilonitrilo, y combinaciones entre ellos. En una implementación particular, la fibra comprende un polímero seleccionado de polietilentereftalato (PET), (...). (Col. 6, líneas 61 a 67). No se menciona que el PET sea reciclado.	Una fibra sintética que contiene un pigmento fotocromico preparado por un proceso que comprende: Mezclar (a) un pigmento fotocromico el cual está encapsulado en un polímero termoplástico que tiene un índice de fluidez de 20 a 100 g/min y (b) una resina termoplástica que tenga un punto de fusión de 105 °C a 215 °C, para formar un masterbatch; y extruir tal mezcla a una temperatura inferior a 250 °C, a través de un cabezal de hilado que tiene un diámetro de 0.3mm a 0.9mm para formar la mencionada fibra sintética. (Reivindicación 1). Para su uso en la producción de fibras sintéticas o textiles no tejidos que contengan pigmentos fotocromicos, el masterbatch se mezcla con una resina “primaria”, la cual puede, o no, ser la misma que la resina empleada como vehículo en el masterbatch. La cantidad de masterbatch mezclado con la resina primaria varía desde 1:2 a 1:100. Las resinas usadas como la resina primaria son aquellas con un punto de fusión entre cerca de 105 °C y cerca de 215 °C. Resinas útiles incluyen polipropileno, polietileno, compolímeros y terpolímeros de poliolefinas como por ejemplo, copolímeros de etileno-propileno y terpolímeros de etileno-propileno dieno. Adicionalmente, las poliamidas tales como nylon 6, nylon 66, (...); y poliésteres tales como polietilentereftalato (PET) y polibutilentereftalato (PBT) y copolímeros o mezclas entre ellos son útiles en la invención. (Col. 2, líneas 26 a 44). No se menciona específicamente la concentración de 80 a 84% de PET.
(ii) entre 16 y 20% de polipropileno tipo extrusión	En otro aspecto de la presente divulgación, se provee un método para producir pellets de fibras sintéticas orgánicas que comprende: proveer una prensa de peletización; alimentar a la prensa de peletización una mezcla de fibra-cera que incluye al menos 80% en peso de una fibra orgánica sintética	Una fibra sintética que contiene un pigmento fotocromico preparado por un proceso que comprende: Mezclar (a) un pigmento fotocromico el cual está encapsulado en un polímero termoplástico que tiene un índice de fluidez de 20 a 100 g/min y (b) una resina termoplástica que tenga un punto de

	orgánica pre-cortada seleccionada de polialquilentereftalatos, polialquilen-naftalatos, poliamidas, poliolefinas, poli-acrilonitrilo, y combinaciones entre ellos, y de 2 a 20% en peso de una o más ceras; forzar la mezcla fibra-cera a través de una matriz para formar filamentos de fibras sintéticas orgánicas; y cortar los filamentos de fibras sintéticas orgánicas en pellets de fibras sintéticas orgánicas. (Col. 3, líneas 7 a 17). La cera puede ser una cera sintética y/o una cera natural. Ejemplos no limitantes de ceras sintéticas se seleccionan del grupo de las ceras de poliolefinas (polietileno, polipropileno, polibutileno-1, y compolímeros y terpolímeros de estas) (Col. 10, líneas 4 a 9)	fusión de 105 °C a 215 °C, para formar un masterbatch; y extruir tal mezcla a una temperatura inferior a 250 °C, a través de un cabezal de hilado que tiene un diámetro de 0.3mm a 0.9mm para formar la mencionada fibra sintética. (Reivindicación 1). Preferiblemente, el colorante fotocromico se introduce en el proceso de mezclado del polímero en un “masterbatch” de pellets de colorante encapsulado en un polímero. (Col. 2, líneas 4 a 6) Los polímeros encapsulantes usados en el masterbatch tienen un índice de fluidez alto, generalmente de 20 a 100 g/10 min, preferiblemente de 30 a 50. Las resinas encapsulantes útiles incluyen polipropileno, polietileno, nylon de bajo punto de fusión, poliésteres de bajo punto de fusión y mezclas entre ellos. (Col. 2, líneas 16 a 21). No se menciona específicamente la concentración de 16 a 20% de polipropileno.
(iii) entre 1 y 2% de pigmento y	La fibra sintética puede contener adicionalmente aditivos comúnmente conocidos en el arte. Por ejemplo, la fibra orgánica puede incluir aditivos, tales como dispersantes, lubricantes, retardantes de llama, antioxidantes, agente antiestático, estabilizante a la luz, absorbente de luz ultravioleta, negro de humo, agentes nucleantes, plastificantes, y agentes de teñido tales como colorantes o pigmentos. (Col. 8, líneas 11 a 16). No se menciona la concentración del pigmento.	Una fibra sintética que contiene un pigmento fotocromico preparado por un proceso que comprende: Mezclar (a) un pigmento fotocromico el cual está encapsulado en un polímero termoplástico que tiene un índice de fluidez de 20 a 100 g/min y (b) una resina termoplástica que tenga un punto de fusión de 105 °C a 215 °C, para formar un masterbatch; y extruir tal mezcla a una temperatura inferior a 250 °C, a través de un cabezal de hilado que tiene un diámetro de 0.3mm a 0.9mm para formar la mencionada fibra sintética. (Reivindicación 1). La fibra sintética de la reivindicación 1 en donde el pigmento fotocromico en el masterbatch está en una cantidad que varía de 1 a 10% en peso. (Reivindicación 10).
(iv) entre 1 y 2% de aditivo.	La fibra sintética puede contener adicionalmente aditivos comúnmente conocidos en el arte. Por ejemplo, la fibra orgánica puede incluir aditivos, tales como dispersantes, lubricantes, retardantes de llama, antioxidantes, agente antiestático, estabilizante a la luz, absorbente de luz ultravioleta, negro de humo, agentes nucleantes, plastificantes, y agentes de teñido tales como colorantes o pigmentos. (Col. 8, líneas 11 a 16). No se menciona la concentración del aditivo.	No se menciona.

El documento D3 se considera el estado de la técnica más cercano a la invención definida en la reivindicación 4 porque divulga pellets de fibras sintéticas orgánicas, métodos para fabricar tales pellets, y métodos para usar tales pellets para hacer resinas compuestas de polipropileno reforzado con fibra. (Resumen).

La diferencia entre la invención, definida en la reivindicación 4, y las fibras descritas en el documento D3 radica en que en este último no se menciona ni que el PET sea reciclado ni que las fibras tengan unos contenidos de pigmentos y de aditivos en concentraciones entre 1 y 2%.

No se evidencia un efecto técnico inesperado que logre la inclusión de PET reciclado y de colorantes y aditivos dentro de las macrofibras en tales concentraciones, puesto que la solución al problema técnico planteado, esto es, unas fibras que contienen PET y polipropileno junto con otros aditivos tales como pigmentos, ya ha sido divulgada por el documento D3, el cual describe fibras sintéticas que incluyen al menos 80% en peso de una resina como el PET (Col. 3, líneas 7 a 17 y Col. 6, líneas 61 a 67) y de 2 a 20% en peso de una o más ceras entre las que se cuenta la cera de polipropileno (Col. 10, líneas 4 a 9). A dichas fibras se les puede también adicionar diferentes tipos de aditivos comúnmente conocidos en el arte, entre los que se incluyen los pigmentos (Col. 8, líneas 11 a 16).

Por lo tanto, el problema técnico objetivo que pretende resolver esta invención se puede formular así: ¿Cómo obtener macrofibras conformadas por PET y polipropileno, alternativas a las reveladas en el documento D3?

Sin embargo, ya eran conocidas en el estado de la técnica macrofibras conformadas por PET y polipropileno, ya que el documento D4 divulga unas fibras sintéticas que contiene un pigmento fotocromico en concentraciones de 1 a 10% en peso (Reivindicación 10) y que están constituidas por una resina primaria que puede ser PET y por una resina encapsulante que puede ser polipropileno en proporciones entre 2:1 y 100:1 (Col. 2, líneas 26 a 44 y Col. 2, líneas 16 a 21).

En consecuencia, la persona del oficio normalmente versada en la materia, enfrentada al problema técnico de obtener macrofibras de composición alternativa a las reportadas en el documento D3, estaría motivada a incluir a los pigmentos fotocromicos en concentraciones entre 1 y 10% en peso reportados en D4, como parte de dichas macrofibras.

Por otra parte, la persona del oficio normalmente versada en la materia conoce que el PET se recicla a gran escala (Better tan new. News Release. BASF⁴, Pág. 3), y que existen aditivos que al aplicarse al PET reciclado en concentraciones entre el 1 y el 2% en peso, imparten una mayor resistencia a la fusión. Es el caso de los extensores de cadena poliméricos para termoplásticos de condensación conocidos bajo la denominación comercial Joncryl® ADR-4300 (Joncryl® ADR-4300. Technical Data Sheet⁵, Pág. 4). De esta manera, la persona del oficio normalmente versada en la materia estaría motivada a incluir el PET reciclado y, además, a aditivar la mezcla de polímeros divulgada en el documento D3, para llegar así al objeto de la reivindicación 4 de la solicitud, por lo cual se considera obvia y carente del requisito de nivel inventivo.

La reivindicación 11 consiste en un “Método para reforzar mezclas de concreto caracterizado porque...” (Ver Pág. 56 y 57 del Rad. N° 13-247905-00007-0000)

Comparación de las características técnicas esenciales, con las del Estado de la Técnica:

Características esenciales	D2
Método para reforzar mezclas de concreto caracterizado porque	La presente invención generalmente se relaciona con un material sintético fibroso de refuerzo para mezclas cementíticas, y más específicamente, se relaciona con un material sintético fibroso útil para mejorar las propiedades pre y pos-curado de materiales

4 Bettertannew. News Release.Dr.ChristianLach.BASF. 26/junio/2013.http://www.plastic-additives.basf.com/ev/internet/plasticadditives/en_GB/function/conversions:/publish/content/plastic-additives/News/documents/Lach_pressrelease.pdf

5 JoncrylADR-4300. TechnicalData Sheet.BASF. 17/agosto/2006.
http://www2.basf.us/additives/pdfs/4300_TDS.pdf

	cementíticos (Párrafo 2).
se mezclan mazos de macrofibras con concreto hasta obtener una distribución uniforme, de forma manual o automática, donde la aplicación puede ser en estado seco, húmedo o fluido	El material sintético, fibroso de refuerzo puede usarse para preparar una mezcla de concreto que se forma y se cura para obtener un producto de construcción hecho de concreto reforzado con las fibras. La mezcla de cemento puede incluir cemento Portland y/o otros materiales hidratables cementíticos. Este puede estar en forma húmeda o en forma seca. (Párr. 54). El material sintético, fibroso de refuerzo puede introducirse y dispersarse en un concreto mezclado, usando medios y métodos convencionales de agitación de mezclas de concreto antes de que la mezcla fragüe y se endurezca. (Párr. 54).
y donde los mazos de macrofibras están fabricados a partir de PET reciclado y polipropileno tipo extrusión, pesan entre 0.02 y 0.04 gramos por cada unidad de fibra, diámetros entre 0,6 y 0,8 mm, áreas transversales entre 0.3 y 0.5 mm ² , longitudes entre 54 y 58 mm, densidad entre 1.2 y 1.4 g/cm ³ , resistencia a la tensión entre 334 y 362 MPa y un módulo de elasticidad entre 4.7 GPa y 5.0 GPa.	Composición de la resina: En una implementación, el material fibroso sintético está hecho con una composición de resinas que comprende una combinación de dos o más polímeros sintéticos diferentes, tales como, por ejemplo, una mezcla física o "aleación" de poliolefinas. Por ejemplo, la composición de la resina sintética de la fibra de refuerzo puede ser una mezcla o aleación en todo o en parte de polímeros fraccionalmente fundidos con otros polímeros sintéticos o naturales, tales como poliésteres, poliolefinas, [...], y mezclas o productos de coextrusión de estos mismos. (Párrafo 37). El principal elemento filamentososo puede tener longitud de la fibra inicial de cerca de 6 a 80 mm, y particularmente, de cerca de 18 a cerca de 40 mm. (Parr. 17). El material fibroso sintético de refuerzo anteriormente mencionado, preferiblemente exhibe un módulo de Young a 30% de elongación de menos de entre 3.0 y 9.5 GPa, y preferiblemente en el rango entre 3.0 y 8.5 GPa, y más preferiblemente entre 3.0 y 5.0 GPa. (Párr. 22). El principal elemento del filamento (11) de una unidad sintética fibrosa (10) puede tener un diámetro entre cerca de 1.0 y cerca de 6 mil (25 a 152 micrómetros), con un rango preferido de cerca de 3.0 a cerca de 5.0 mil (76 a 127 micrómetros). (Párr. 48). No se menciona que los polímeros empleados sean reciclados.

El documento D2 se considera el estado de la técnica más cercano a la invención definida en la reivindicación 11 porque divulga un material sintético fibroso de refuerzo para mezclas cementíticas, y más específicamente, se relaciona con un material sintético fibroso útil para mejorar las propiedades pre y pos-curado de materiales cementíticos (Párrafo 2).

La diferencia entre el método definido en la reivindicación 11 y el método divulgado en D2 consiste en que en esta última no se mencionan características de las fibras tales como su peso, el diámetro, la longitud, la densidad, la resistencia a la tensión, ni el empleo de polímeros reciclados.

No se evidencia un efecto técnico inesperado que logren las características reportadas de las fibras ni el uso del PET reciclado, puesto que la solución al problema definido en la presente solicitud, esto es, el reforzamiento de concretos hidráulicos con macrofibras sintéticas, ya había sido divulgado en el documento D2, que enseña un proceso de fabricación de fibras sintéticas útiles para reforzar concreto (Párrafo 2, Reivindicación 19) y que contempla el empleo de polímeros fraccionalmente fundidos con otros polímeros sintéticos o naturales, tales como poliésteres, poliolefinas, [...], y mezclas o productos de coextrusión de estos mismos (Párrafo 37).

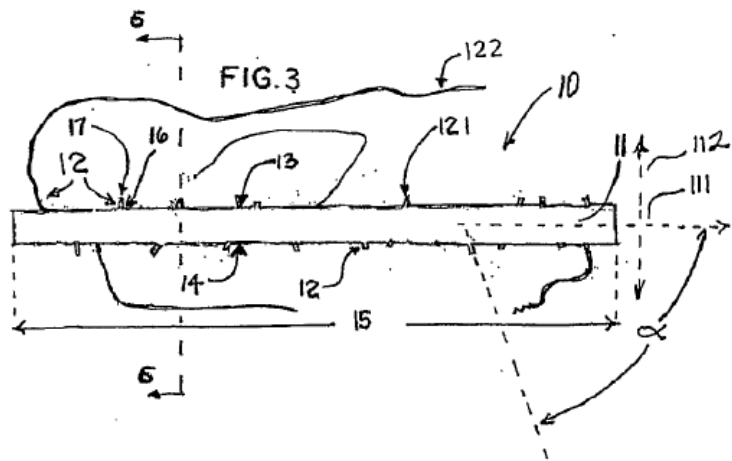
Por lo tanto, el problema técnico objetivo que pretende resolver esta invención se puede formular así: ¿Cómo lograr un método de reforzamiento de concretos hidráulicos, alternativo al revelado en el documento D2?

Sin embargo una persona normalmente versada en la materia conociendo que el PET se

recicla a gran escala (Better tan new. News Release. BASF⁶, Pág. 3) y que el PET reciclado, por ejemplo, de botellas usadas, puede emplearse para producir fibras para reforzar concreto (*“Development of recycled PET fiber and its application as concrete-reinforcing fiber”*⁷, Pág. 448, Resumen), estaría motivada a incluir PET reciclado en el material para fabricar las fibras divulgadas en D2 y a optimizar sus características, tal como se encuentra reclamado en la reivindicación 11 de la solicitud, motivo por el cual se considera obvia y carente del requisito de nivel inventivo. Cabe decir, que la solución al anterior problema técnico objetivo se encuentra dentro de un proceso de optimización, lo que hace parte de la práctica habitual de la persona versada en la materia⁸.

Asimismo, el documento D2 divulga las características de las reivindicaciones dependientes así:

- Reivindicación 12: Refiriéndose de nuevo a la FIG. 3, en una implementación de la invención, el elemento del filamento principal (11) de una unidad fibrosa liberada del material fibroso (1) tiene una sección transversal sustancialmente uniforme a lo largo de su longitud (15), y cada una de las subunidades (12) tienen un diámetro de la sección transversal sustancialmente uniforme a lo largo de su longitud desde el extremo proximal (16) hasta el extremo distal (17). (Pág. 7, Párr. 48).



La reivindicación 13 consiste en un “Método para reforzar mezclas de concreto caracterizado porque...” (Ver Pág. 57 del Rad. N° 13-247905-00007-0000)

Comparación de las características técnicas esenciales, con las del Estado de la Técnica:

Características esenciales	D2
Método para reforzar mezclas de concreto caracterizado porque	La presente invención generalmente se relaciona con un material sintético fibroso de refuerzo para mezclas cementíticas, y más específicamente, se relaciona con un material sintético fibroso útil para mejorar las propiedades pre y pos-curado de materiales cementíticos (Párrafo 2).
se mezclan mazos de macrofibras con concreto hasta obtener una distribución uniforme, de forma manual o automática, donde la aplicación puede ser en estado seco, húmedo o fluido	El material sintético, fibroso de refuerzo puede usarse para preparar una mezcla de concreto que se forma y se cura para obtener un producto de construcción hecho de concreto reforzado con las fibras. La mezcla de cemento puede incluir cemento Portland y/o otros materiales hidratables cementíticos. Este puede estar en forma húmeda o en forma seca. (Párr. 54). El material sintético, fibroso de refuerzo puede introducirse y dispersarse en un concreto mezclado, usando medios y métodos convencionales de agitación de mezclas de concreto antes de que la

6 Bettertannew. News Release.Dr.ChristianLach.BASF. 26/junio/2013http://www.plastic-additives.basf.com/ev/internet/plasticadditives/en_GB/function/conversions:/publish/content/plastic-additives/News/documents/Lach_pressrelease.pdf

7 T. Ochi,S. Okubo, K. Fukui.Cement & ConcreteComposites,29, (2007),448-455.
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0958946507000273>

8 Perry.ManualdelIngenieroQuímico.Tomo 1, Pág. 2-81 a 2-85. 6ª Edición.McGraw-Hill1992.

	mezcla frágüe y se endurezca. (Párr. 54).
y donde los mazos de macrofibras están fabricados a partir de PET reciclado y polipropileno tipo extrusión, comprenden una sección transversal redonda de 1.5 mm, una longitud de 6.35 cm y una resistencia a la tensión de 21.9 kg según el ensayo NTC 3353-97.	Composición de la resina: En una implementación, el material fibroso sintético está hecho con una composición de resinas que comprende una combinación de dos o más polímeros sintéticos diferentes, tales como, por ejemplo, una mezcla física o "aleación" de poliolefinas. Por ejemplo, la composición de la resina sintética de la fibra de refuerzo puede ser una mezcla o aleación en todo o en parte de polímeros fraccionalmente fundidos con otros polímeros sintéticos o naturales, tales como poliésteres, poliolefinas, [...], y mezclas o productos de coextrusión de estos mismos. (Párrafo 37). El principal elemento filamentososo puede tener longitud de la fibra inicial de cerca de 6 a 80 mm, y particularmente, de cerca de 18 a cerca de 40 mm. (Parr. 17). El principal elemento del filamento (11) de una unidad sintética fibrosa (10) puede tener un diámetro entre cerca de 1.0 y cerca de 6 mil (25 a 152 micrómetros), con un rango preferido de cerca de 3.0 a cerca de 5.0 mil (76 a 127 micrómetros). (Párr. 48). No se menciona que los polímeros empleados sean reciclados.

El documento D2 se considera el estado de la técnica más cercano a la invención definida en la reivindicación 13 porque divulga un material sintético fibroso de refuerzo para mezclas cementíticas, y más específicamente, se relaciona con un material sintético fibroso útil para mejorar las propiedades pre y pos-curado de materiales cementíticos (Párrafo 2).

La diferencia entre el método definido en la reivindicación 13 y el método divulgado en D2 consiste en que en esta última no se mencionan características de las fibras tales como su peso, el diámetro, la longitud, la densidad, la resistencia a la tensión, ni el empleo de polímeros reciclados.

No se evidencia un efecto técnico inesperado que logren las características reportadas de las fibras ni el uso del PET reciclado, puesto que la solución al problema definido en la presente solicitud, esto es, el reforzamiento de concretos hidráulicos con macrofibras sintéticas, ya había sido divulgado en el documento D2, que enseña un proceso de fabricación de fibras sintéticas útiles para reforzar concreto (Párrafo 2, Reivindicación 19) y que contempla el empleo de polímeros fraccionalmente fundidos con otros polímeros sintéticos o naturales, tales como poliésteres, poliolefinas, [...], y mezclas o productos de coextrusión de estos mismos (Párrafo 37).

Por lo tanto, el problema técnico objetivo que pretende resolver esta invención se puede formular así: ¿Cómo lograr un método de reforzamiento de concretos hidráulicos, alternativo al revelado en el documento D2?

Sin embargo una persona normalmente versada en la materia conociendo que el PET se recicla a gran escala (Better tan new. News Release. BASF⁹, Pág. 3) y que el PET reciclado, por ejemplo, de botellas usadas, puede emplearse para producir fibras para reforzar concreto (*“Development of recycled PET fiber and its application as concrete-reinforcing fiber”*¹⁰, Pág. 448, Resumen), estaría motivada a incluir PET reciclado en el material para fabricar las fibras divulgadas en D2 y a optimizar sus características, tal como se encuentra reclamado en la reivindicación 13 de la solicitud, motivo por el cual se considera obvia y carente del requisito de nivel inventivo. Cabe decir, que la solución al anterior problema técnico objetivo se encuentra dentro de un proceso de optimización,

9 Bettertannew. News Release.Dr.ChristianLach.BASF. 26/junio/2013.http://www.plastic-additives.basf.com/ev/internet/plasticadditives/en_GB/function/conversions:/publish/content/plastic-additives/News/documents/Lach_pressrelease.pdf

10 T. Ochi,S. Okubo, K. Fukui.Cement & ConcreteComposites,29, (2007),448-455.
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0958946507000273>

lo que hace parte de la práctica habitual de la persona versada en la materia¹¹.

La reivindicación 14 consiste en un “*Método para reforzar mezclas de concreto caracterizado porque...*” (Ver Pág. 57 del Rad. N° 13-247905-00007-0000)

Comparación de las características técnicas esenciales, con las del Estado de la Técnica:

Características esenciales	D2
Método para reforzar mezclas de concreto caracterizado porque	La presente invención generalmente se relaciona con un material sintético fibroso de refuerzo para mezclas cementíticas, y más específicamente, se relaciona con un material sintético fibroso útil para mejorar las propiedades pre y pos-curado de materiales cementíticos (Párrafo 2).
se mezclan mazos de macrofibras con concreto hasta obtener una distribución uniforme, de forma manual o automática, donde la aplicación puede ser en estado seco, húmedo o fluido	El material sintético, fibroso de refuerzo puede usarse para preparar una mezcla de concreto que se forma y se cura para obtener un producto de construcción hecho de concreto reforzado con las fibras. La mezcla de cemento puede incluir cemento Portland y/o otros materiales hidratables cementíticos. Este puede estar en forma húmeda o en forma seca. (Párr. 54). El material sintético, fibroso de refuerzo puede introducirse y dispersarse en un concreto mezclado, usando medios y métodos convencionales de agitación de mezclas de concreto antes de que la mezcla fragüe y se endurezca. (Párr. 54).
y donde los mazos de macrofibras están fabricados a partir de PET reciclado y polipropileno tipo extrusión, una sección transversal redonda de 1.5 mm, una longitud de 5.00 cm y una resistencia a la tensión de 29.6 kg según el ensayo NTC 3353-97.	Composición de la resina: En una implementación, el material fibroso sintético está hecho con una composición de resinas que comprende una combinación de dos o más polímeros sintéticos diferentes, tales como, por ejemplo, una mezcla física o "aleación" de poliolefinas. Por ejemplo, la composición de la resina sintética de la fibra de refuerzo puede ser una mezcla o aleación en todo o en parte de polímeros fraccionalmente fundidos con otros polímeros sintéticos o naturales, tales como políesteres, poliolefinas, [...], y mezclas o productos de coextrusión de estos mismos. (Párrafo 37). El principal elemento filamentososo puede tener longitud de la fibra inicial de cerca de 6 a 80 mm, y particularmente, de cerca de 18 a cerca de 40 mm. (Parr. 17). El principal elemento del filamento (11) de una unidad sintética fibrosa (10) puede tener un diámetro entre cerca de 1.0 y cerca de 6 mil (25 a 152 micrómetros), con un rango preferido de cerca de 3.0 a cerca de 5.0 mil (76 a 127 micrómetros). (Párr. 48). No se menciona que los polímeros empleados sean reciclados.

El documento D2 se considera el estado de la técnica más cercano a la invención definida en la reivindicación 14 porque divulga un material sintético fibroso de refuerzo para mezclas cementíticas, y más específicamente, se relaciona con un material sintético fibroso útil para mejorar las propiedades pre y pos-curado de materiales cementíticos (Párrafo 2).

La diferencia entre el método definido en la reivindicación 14 y el método divulgado en D2 consiste en que en esta última no se mencionan características de las fibras tales como su peso, el diámetro, la longitud, la densidad, la resistencia a la tensión, ni el empleo de polímeros reciclados.

No se evidencia un efecto técnico inesperado que logren las características reportadas de las fibras ni el uso del PET reciclado, puesto que la solución al problema definido en

11 Perry, Manual del Ingeniero Químico. Tomo 1, Pág. 2-81 a 2-85. 6ª Edición. McGraw-Hill 1992.

la presente solicitud, esto es, el reforzamiento de concretos hidráulicos con macrofibras sintéticas, ya había sido divulgado en el documento D2, que enseña un proceso de fabricación de fibras sintéticas útiles para reforzar concreto (Párrafo 2, Reivindicación 19) y que contempla el empleo de polímeros fraccionalmente fundidos con otros polímeros sintéticos o naturales, tales como poliésteres, poliolefinas, [...], y mezclas o productos de coextrusión de estos mismos (Párrafo 37).

Por lo tanto, el problema técnico objetivo que pretende resolver esta invención se puede formular así: ¿Cómo lograr un método de reforzamiento de concretos hidráulicos, alternativo al revelado en el documento D2?

Sin embargo una persona normalmente versada en la materia conociendo que el PET se recicla a gran escala (Better tan new. News Release. BASF¹², Pág. 3) y que el PET reciclado, por ejemplo, de botellas usadas, puede emplearse para producir fibras para reforzar concreto (*“Development of recycled PET fiber and its application as concrete-reinforcing fiber”*¹³, Pág. 448, Resumen), estaría motivada a incluir PET reciclado en el material para fabricar las fibras divulgadas en D2 y a optimizar sus características, tal como se encuentra reclamado en la reivindicación 14 de la solicitud, motivo por el cual se considera obvia y carente del requisito de nivel inventivo. Cabe decir, que la solución al anterior problema técnico objetivo se encuentra dentro de un proceso de optimización, lo que hace parte de la práctica habitual de la persona versada en la materia¹⁴.

La reivindicación 15 consiste en un “Método para reforzar mezclas de concreto caracterizado porque...” (Ver Pág. 57 y 58 del Rad. N° 13-247905-00007-0000)

Comparación de las características técnicas esenciales, con las del Estado de la Técnica:

Características esenciales	D2
Método para reforzar mezclas de concreto caracterizado porque	La presente invención generalmente se relaciona con un material sintético fibroso de refuerzo para mezclas cementíticas, y más específicamente, se relaciona con un material sintético fibroso útil para mejorar las propiedades pre y pos-curado de materiales cementíticos (Párrafo 2).
se mezclan mazos de macrofibras con concreto hasta obtener una distribución uniforme, de forma manual o automática, donde la aplicación puede ser en estado seco, húmedo o fluido	El material sintético, fibroso de refuerzo puede usarse para preparar una mezcla de concreto que se forma y se cura para obtener un producto de construcción hecho de concreto reforzado con las fibras. La mezcla de cemento puede incluir cemento Portland y/o otros materiales hidratables cementíticos. Este puede estar en forma húmeda o en forma seca. (Párr. 54). El material sintético, fibroso de refuerzo puede introducirse y dispersarse en un concreto mezclado, usando medios y métodos convencionales de agitación de mezclas de concreto antes de que la mezcla fragüe y se endurezca. (Párr. 54).
y donde los mazos de macrofibras están fabricados a partir de PET reciclado y polipropileno tipo extrusión, una sección transversal redonda de 0.67 mm, una longitud de 5.00 cm y una resistencia a la tensión de 11.0 kg según el ensayo NTC 3353-97.	Composición de la resina: En una implementación, el material fibroso sintético está hecho con una composición de resinas que comprende una combinación de dos o más polímeros sintéticos diferentes, tales como, por ejemplo, una mezcla física o “aleación” de poliolefinas. Por ejemplo, la composición de la resina sintética de la fibra de refuerzo puede ser una mezcla o aleación en todo o en parte de polímeros fraccionalmente fundidos con otros polímeros sintéticos o naturales, tales como poliésteres, poliolefinas, [...], y mezclas o productos de coextrusión de estos mismos. (Párrafo 37). El principal elemento filamentoso puede tener longitud de la fibra inicial de cerca de 6 a 80 mm, y particularmente, de cerca de 18 a cerca de 40 mm. (Parr. 17).

12 Bettertannew. News Release.Dr.ChristianLach. BASF. 26/junio/2013.http://www.plastic-additives.basf.com/ev/internet/plasticadditives/en_GB/function/conversions:/publish/content/plastic-additives/News/documents/Lach_pressrelease.pdf

13 T. Ochi, S. Okubo, K. Fukui. Cement & Concrete Composites, 29, (2007), 448-455.
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0958946507000273>

14 Perry. Manual del Ingeniero Químico. Tomo 1, Pág. 2-81 a 2-85. 6ª Edición. McGraw-Hill 1992.

	El principal elemento del filamento (11) de una unidad sintética fibrosa (10) puede tener un diámetro entre cerca de 1.0 y cerca de 6 mil (25 a 152 micrómetros), con un rango preferido de cerca de 3.0 a cerca de 5.0 mil (76 a 127 micrómetros). (Párr. 48). No se menciona que los polímeros empleados sean reciclados.
--	---

El documento D2 se considera el estado de la técnica más cercano a la invención definida en la reivindicación 15 porque divulga un material sintético fibroso de refuerzo para mezclas cementíticas, y más específicamente, se relaciona con un material sintético fibroso útil para mejorar las propiedades pre y pos-curado de materiales cementíticos (Párrafo 2).

La diferencia entre el método definido en la reivindicación 15 y el método divulgado en D2 consiste en que en esta última no se mencionan características de las fibras tales como su peso, el diámetro, la longitud, la densidad, la resistencia a la tensión, ni el empleo de polímeros reciclados.

No se evidencia un efecto técnico inesperado que logren las características reportadas de las fibras ni el uso del PET reciclado, puesto que la solución al problema definido en la presente solicitud, esto es, el reforzamiento de concretos hidráulicos con macrofibras sintéticas, ya había sido divulgado en el documento D2, que enseña un proceso de fabricación de fibras sintéticas útiles para reforzar concreto (Párrafo 2, Reivindicación 19) y que contempla el empleo de polímeros fraccionalmente fundidos con otros polímeros sintéticos o naturales, tales como poliésteres, poliolefinas, [...], y mezclas o productos de coextrusión de estos mismos (Párrafo 37).

Por lo tanto, el problema técnico objetivo que pretende resolver esta invención se puede formular así: ¿Cómo lograr un método de reforzamiento de concretos hidráulicos, alternativo al revelado en el documento D2?

Sin embargo una persona normalmente versada en la materia conociendo que el PET se recicla a gran escala (Better tan new. News Release. BASF¹⁵, Pág. 3) y que el PET reciclado, por ejemplo, de botellas usadas, puede emplearse para producir fibras para reforzar concreto (*“Development of recycled PET fiber and its application as concrete-reinforcing fiber”*¹⁶, Pág. 448, Resumen), estaría motivada a incluir PET reciclado en el material para fabricar las fibras divulgadas en D2 y a optimizar sus características, tal como se encuentra reclamado en la reivindicación 15 de la solicitud, motivo por el cual se considera obvia y carente del requisito de nivel inventivo. Cabe decir, que la solución al anterior problema técnico objetivo se encuentra dentro de un proceso de optimización, lo que hace parte de la práctica habitual de la persona versada en la materia¹⁷.

La reivindicación 16 consiste en un “*Método para reforzar mezclas de concreto caracterizado porque...*” (Ver Pág. 58 del Rad. N° 13-247905-00007-0000)

Comparación de las características técnicas esenciales, con las del Estado de la Técnica:

Características esenciales	D2
Método para reforzar mezclas de concreto caracterizado porque	La presente invención generalmente se relaciona con un material sintético fibroso de refuerzo para mezclas cementíticas, y más específicamente, se relaciona con un material sintético fibroso útil para mejorar las propiedades pre y pos-curado de materiales cementíticos (Párrafo 2).
se mezclan mazos de macrofibras con concreto hasta	El material sintético, fibroso de refuerzo puede usarse para preparar una mezcla de concreto que se forma y se cura para obtener un

15 Bettertannew. News Release.Dr.ChristianLach. BASF. 26/junio/2013.http://www.plastic-additives.basf.com/ev/internet/plasticadditives/en_GB/function/conversions/publish/content/plastic-additives/News/documents/Lach_pressrelease.pdf

16 T. Ochi, S. Okubo, K. Fukui. Cement & Concrete Composites, 29, (2007), 448-455.
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0958946507000273>

17 Perry. Manual del Ingeniero Químico. Tomo 1, Pág. 2-81 a 2-85. 6ª Edición. McGraw-Hill 1992.

obtener una distribución uniforme, de forma manual o automática, donde la aplicación puede ser en estado seco, húmedo o fluido	producto de construcción hecho de concreto reforzado con las fibras. La mezcla de cemento puede incluir cemento Portland y/o otros materiales hidratables cementíticos. Este puede estar en forma húmeda o en forma seca. (Párr. 54). El material sintético, fibroso de refuerzo puede introducirse y dispersarse en un concreto mezclado, usando medios y métodos convencionales de agitación de mezclas de concreto antes de que la mezcla fragüe y se endurezca. (Párr. 54).
y donde los mazos de macrofibras están fabricados a partir de PET reciclado y polipropileno tipo extrusión, comprenden una sección transversal redonda de 1.57 mm, una longitud de 5.00 cm y una resistencia a la tensión de 55.48 kg según el ensayo NTC 3353-97.	Composición de la resina: En una implementación, el material fibroso sintético está hecho con una composición de resinas que comprende una combinación de dos o más polímeros sintéticos diferentes, tales como, por ejemplo, una mezcla física o "aleación" de poliolefinas. Por ejemplo, la composición de la resina sintética de la fibra de refuerzo puede ser una mezcla o aleación en todo o en parte de polímeros fraccionalmente fundidos con otros polímeros sintéticos o naturales, tales como poliésteres, poliolefinas, [...], y mezclas o productos de coextrusión de estos mismos. (Párrafo 37). El principal elemento filamentososo puede tener longitud de la fibra inicial de cerca de 6 a 80 mm, y particularmente, de cerca de 18 a cerca de 40 mm. (Párr. 17). El principal elemento del filamento (11) de una unidad sintética fibrosa (10) puede tener un diámetro entre cerca de 1.0 y cerca de 6 mil (25 a 152 micrómetros), con un rango preferido de cerca de 3.0 a cerca de 5.0 mil (76 a 127 micrómetros). (Párr. 48). No se menciona que los polímeros empleados sean reciclados.

El documento D2 se considera el estado de la técnica más cercano a la invención definida en la reivindicación 16 porque divulga un material sintético fibroso de refuerzo para mezclas cementíticas, y más específicamente, se relaciona con un material sintético fibroso útil para mejorar las propiedades pre y pos-curado de materiales cementíticos (Párrafo 2).

La diferencia entre el método definido en la reivindicación 16 y el método divulgado en D2 consiste en que en esta última no se mencionan características de las fibras tales como su peso, el diámetro, la longitud, la densidad, la resistencia a la tensión, ni el empleo de polímeros reciclados.

No se evidencia un efecto técnico inesperado que logren las características reportadas de las fibras ni el uso del PET reciclado, puesto que la solución al problema definido en la presente solicitud, esto es, el reforzamiento de concretos hidráulicos con macrofibras sintéticas, ya había sido divulgado en el documento D2, que enseña un proceso de fabricación de fibras sintéticas útiles para reforzar concreto (Párrafo 2, Reivindicación 19) y que contempla el empleo de polímeros fraccionalmente fundidos con otros polímeros sintéticos o naturales, tales como poliésteres, poliolefinas, [...], y mezclas o productos de coextrusión de estos mismos (Párrafo 37).

Por lo tanto, el problema técnico objetivo que pretende resolver esta invención se puede formular así: ¿Cómo lograr un método de reforzamiento de concretos hidráulicos, alternativo al revelado en el documento D2?

Sin embargo una persona normalmente versada en la materia conociendo que el PET se recicla a gran escala (Better tan new. News Release. BASF¹⁸, Pág. 3) y que el PET reciclado, por ejemplo, de botellas usadas, puede emplearse para producir fibras para reforzar concreto (*"Development of recycled PET fiber and its application as concrete-*

18 Bettertannew. News Release. Dr. Christian Lach. BASF. 26/junio/2013. http://www.plastic-additives.basf.com/ev/internet/plasticadditives/en_GB/function/conversions:/publish/content/plastic-additives/News/documents/Lach_pressrelease.pdf

*reinforcing fiber*¹⁹, Pág. 448, Resumen), estaría motivada a incluir PET reciclado en el material para fabricar las fibras divulgadas en D2 y a optimizar sus características, tal como se encuentra reclamado en la reivindicación 16 de la solicitud, motivo por el cual se considera obvia y carente del requisito de nivel inventivo. Cabe decir, que la solución al anterior problema técnico objetivo se encuentra dentro de un proceso de optimización, lo que hace parte de la práctica habitual de la persona versada en la materia²⁰.

Asimismo, el documento D2 divulga las características de las reivindicaciones dependientes así:

Reivindicación 17: El material sintético fibroso de reforzamiento de la presente invención puede dosificarse en el concreto a dosis de al menos 1.5 libras por yarda cúbica, y puede variar entre cerca de 1.5 a cerca de 7.5 libras por yarda cúbica [0.8 a 4.4 kg/m³], aunque la cantidad preferida puede variar dependiendo de la aplicación particular. (Párr. 54).

6. Conclusión

Los requisitos de Patentabilidad de la presente solicitud están afectados así:

Ítem	Documento	Reivindicaciones afectadas	Requisito que afecta
D2	US 2009/0226693	11 a 17	Nivel Inventivo
D3	US 8,211,341	4	Nivel Inventivo
D4	US 5,422,181	4	Nivel Inventivo

7. Respuesta a los argumentos de la sociedad solicitante

Argumentos con respecto a la falta de claridad

La sociedad solicitante argumenta que el término general “*pigmento*” es suficiente para que el técnico medio versado en la materia comprenda el alcance de las reivindicaciones en donde se le menciona. Igualmente, señala que cuando hace referencia al polipropileno está indicando su función principal. En el mismo sentido argumenta que “*un aditivo*” es una sustancia que se añade a otra para aumentar o mejorar cualidades y que la persona media versada en la materia no tendrá mayor dificultad en entender el término.

Esta Oficina aclara a la sociedad solicitante que “*pigmento*” es un término general que puede abarcar una amplia gama de productos y que, si la presencia de cierta clase de pigmento es una característica esencial que define al producto, esta debe estar sustentada en la descripción. En el mismo sentido, si el pigmento al que se hace referencia tiene la función principal de darle cierta tonalidad al polipropileno no está claro si cumplirá la misma función en el producto reivindicado, el cual se compone mayoritariamente de PET. Igualmente, se menciona en las reivindicaciones la presencia de un aditivo, el cual, claro está, tiene la finalidad de aumentar o mejorar cualidades, como bien lo señala el solicitante. Sin embargo, ni de la descripción ni de las reivindicaciones se extrae cuáles son las cualidades del producto que deben mejorarse a través de la adición de un aditivo. Si el o los aditivos mencionados constituyen una característica esencial del producto debe hacerse claridad de cuál es su función dentro de la formulación reivindicada y dicha información debe estar soportada en la descripción.

La sociedad solicitante también argumenta que las características esenciales de la invención (una macrofibra) se circunscriben únicamente a los materiales que se emplean

19 T. Ochi, S. Okubo, K. Fukui. Cement & Concrete Composites, 29, (2007), 448-455.

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0958946507000273>

20 Perry. Manual del Ingeniero Químico. Tomo 1, Pág. 2-81 a 2-85. 6ª Edición. McGraw-Hill 1992.

en su conformación sin que sea necesario mencionar las proporciones o concentraciones en las que deben mezclarse estas.

Al respecto este Despacho le recuerda al solicitante que las reivindicaciones deben contener las características esenciales de la invención y que la deben hacer diferente del estado de la técnica, por lo que constituyen la solución al problema técnico que intenta resolver la invención. El problema técnico planteado en la solicitud consiste en la necesidad de contar con un agente de reforzamiento de los concretos hidráulicos en reemplazo de las mallas electrosoldadas y para resolverlo se divulgan macrofibras sintéticas obtenidas a través de un proceso de extrusión y su empleo como aditivos de reforzamiento de concretos hidráulicos. Se pueden señalar dos razones por las cuales es necesario mencionar las proporciones o concentraciones de cada uno de los componentes de las macrofibras. La primera de ellas es que este tipo de macrofibras empleadas en el reforzamiento de concretos hidráulicos ya había sido previamente divulgada en el estado de la técnica y se hace necesario contar con esta información para compararla con la previamente suministrada por el estado de la técnica, de tal manera que sea posible determinar si constituye una solución al problema técnico planteado y si, además, esta es novedosa y tiene nivel inventivo. Por otra parte, es evidente que las proporciones o concentraciones de cada uno de los componentes de la macrofibra es una característica esencial de la invención pues una macrofibra que, por ejemplo, estuviera compuesta de pigmento en una proporción del 99,99% en peso siendo el restante 0,01% en peso constituido por la adición de polietilentereftalato, polietileno y aditivos, no constituiría una solución al problema técnico planteado.

Por otra parte, la sociedad solicitante argumenta que no se le han señalado las razones por las cuales la descripción del producto y de su procedimiento de fabricación resulta insuficiente.

Esta Oficina aclara que la descripción no es suficientemente clara porque la información que contiene no soporta las características del proceso y/o del producto que se pretenden proteger. No presenta ejemplos o estudios que soporten el efecto técnico que se está divulgando. La descripción tiene problemas de claridad y suficiencia pero se le indica al solicitante que respecto a la información requerida, no se admitirá modificaciones que amplíen el objeto inicial de la invención, sin perjuicio de lo anterior se aceptaran: (i) documentos relevantes del estado de la técnica no citados siempre y cuando no incluya aclaraciones, o cometarios del solicitante, respecto a la invención; (ii) adaptación de la descripción a las reivindicaciones; (iii) otras de naturaleza similar.

Argumentos con respecto al estudio de novedad

La solicitante argumenta que la reivindicación 6 es nueva ya que no se realizó adecuadamente el análisis de novedad frente a la anterioridad representada por el documento D1 (US6758897). Para ello elabora un cuadro esperando encontrar una correspondencia uno a uno entre los términos empleado en la solicitud y aquellos encontrados en la anterioridad. Por ejemplo, argumenta que no se hace mención a ningún empaque hidrosoluble en el documento D1. Otro ejemplo lo constituye la mención hecha a un movimiento circular como característica técnica esencial del método.

En relación a lo anterior, y haciendo referencia al primero de los anteriores ejemplos, esta Oficina considera que la solicitante está evitando una lectura integral del contenido del documento D1, obviando que en la Col. 4, líneas 13 a 25, el documento menciona que las fibras individuales pueden estar contenidas dentro de un paquete envoltura, envase o recubrimiento **soluble** y que dichas fibras pueden ser introducidas directamente en una composición cementítica **hidratable**, es decir, que el material de empaque de las fibras será soluble al introducirse en el medio de una composición cementítica que contiene agua, como corresponde al tipo de mezclas empleadas en la fabricación de concretos hidráulicos, sector en donde se enmarca el problema técnico planteado (los términos en negrita han sido resaltados por esta Oficina). En cuanto al

segundo ejemplo presentado anteriormente, esta Oficina señala que el solicitante obvia que lo verdaderamente importante es que la distribución de las macrofibras sea uniforme en toda la masa volumétrica de la mezcla de concreto, algo que se menciona claramente en el documento D1 al establecer que la composición cementítica hidratable que contiene las fibras individuales se mezcla con relativa facilidad para alcanzar una dispersión homogénea en su interior (Col. 4, Líneas 13 a 25). Por otra parte, si la dispersión de las macrofibras empleando un movimiento circular es una característica esencial del método, esta debería estar sustentada en la descripción. En consecuencia, se mantienen las objeciones de novedad planteadas a la reivindicación 6.

El señor solicitante también presenta su desacuerdo respecto a las objeciones de novedad planteadas a las reivindicaciones dependientes 9 y 10 (Ver Pág. 9 del Rad. N° 13-247905-00003-0000), pero dado que están dependientes de la reivindicación 6 (Ver Pág. 8 del Rad. N° 13-247905-00003-0000), que como ya se estableció más arriba no es novedosa, y adicionalmente las características de dichas reivindicaciones dependientes ya se habían divulgado en el documento D1, estas tampoco presentan novedad.

Argumentos con respecto al estudio de nivel inventivo

La solicitante indica que, contrario a lo determinado en el examen de patentabilidad, la reivindicación 3 posee nivel inventivo, dado que:

1. *“Existía un problema técnico sin resolver antes de la invención, esto es reciclar material plástico de forma eficiente y eficaz en aplicaciones claramente establecidas”.*
2. *“Hay una superación de un prejuicio técnico. La de no poder emplear material reciclado de PET fácilmente”.*
3. *“Se logra un efecto técnico sorprendente”.*

Al respecto, se aclara que el problema técnico planteado originalmente consiste en la necesidad de contar con un agente de reforzamiento de los concretos hidráulicos en reemplazo de las mallas electrosoldadas, de tal manera que no hay coincidencia entre el problema técnico planteado en la solicitud y el que la solicitante menciona en su respuesta. En el mismo sentido, se aclara que el prejuicio técnico mencionado no pertenece al problema técnico que pretende resolver la solicitud. Por último, se entiende que el efecto técnico sorprendente corresponde al empleo de PET reciclado y de pigmentos a base de polipropileno, algo que no está sustentado en la descripción de la solicitud.

Adicionalmente, se aclara a la solicitante que no se están empleando más de tres documentos para el análisis de nivel inventivo de la reivindicación 3 de la solicitud. Se cita el documento D2 que anticipa las características esenciales de la reivindicación a excepción del empleo de un colorante a base de polipropileno; un documento que muestra que este tipo de pigmentos se emplea extensamente en polímeros termoplásticos preparados a base de polipropileno y una cita de una generalidad relacionada con los procesos de optimización que sigue una persona versada en la materia para determinar una solución a un problema técnico objetivo. En consecuencia, se mantienen las objeciones de nivel inventivo planteadas a la reivindicación 3.

En cumplimiento del artículo 45 de la Decisión 486 de la Comisión de la Comunidad Andina, se le indica que debe dar respuesta dentro del término de sesenta (60) días contados a partir de la fecha de notificación de la presente comunicación. En caso de no dar respuesta al presente requerimiento, o si a pesar de la respuesta subsistieran los impedimentos para la concesión, se denegará la patente.

Si como respuesta a este requerimiento el solicitante llegara a modificar: i) el capítulo reivindicatorio, ii) la descripción de la invención a proteger, iii) o presente un nuevo capítulo reivindicatorio, y desee que se realice un nuevo examen de patentabilidad a esta modificación, no deberá pagar la tasa de modificación voluntaria pero sí la correspondiente a la tasa de examen de patentabilidad. En todo caso, el número de requerimientos por no patentabilidad estará supeditado a que el término del estudio de patentabilidad no sea superior a 18 meses, contados desde la publicación de la solicitud de patente de invención. Adicionalmente, se le recuerda al solicitante que si como respuesta a este requerimiento llegara a modificar el capítulo reivindicatorio y éste contenga más de diez (10) reivindicaciones deberá pagar la tasa por reivindicación adicional.

Notifíquese el presente oficio conforme a lo dispuesto en el numeral 5.2, literal e), del capítulo quinto del título primero de la Circular Única No. 10 de 2001.



JOSÉ LUIS SALAZAR LÓPEZ
Director de Nuevas Creaciones (c)

El anterior requerimiento fue notificado por fijación en lista, de fecha 2016-04-19

Elaboró: Diego Fernando Combita Merchan

Revisó: Alba Rocio Lemus Quiroga

News Release



June 26, 2013
P 307/13e
Raphael Christoph Bucher
Phone: +41 (0)61 63 61275
raphael-christoph.bucher@basf.com

K 2013 Trade press conference
June 25 and 26 in Ludwigshafen, Germany

Better than new

Additives for mechanical plastics recycling and high-performing
recyclates

Presentation by Dr. Christian Lach
Marketing/Product Management
Plastic Additives Europe
BASF Schweiz AG, Basel

BASF Schweiz AG
CH-4057 Basel
Phone: +41 61 63 611 11
<http://www.basf.ch>
E-EVP/K Communication
Phone: +41 61 63 65928
<http://www.plasticsportal.net>

Not so very long ago plastics ended up on the garbage dump after their use phase. Now we know that this trash is a valuable source of energy and raw materials: much of the plastic waste can be more sensibly used in energy recovery or as a resource for mechanical recycling.

BASF is aware of the growing importance of the recycling sector for society at large via the increasing interest in specialty additives for the recycling of plastics. BASF additives do more than just facilitate recycling, they also help some recyclates to achieve high performance characteristics, superior even to virgin product: The keyword is upcycling, not downcycling, which means upgrading instead of downgrading. This is BASF's practical response to the challenge posed by higher recycling quotas.

Additives for stabilizing recyclates

Mechanical recycling is more than a matter of collection and remelting. Virgin material and recycled material generally differ greatly. One of the many reasons: the reprocessing of post-use plastics involves heating and drying, which consumes the thermal stabilizers originally present in the plastics. Recyclates without further treatment are therefore usually less stable to the thermal stresses of further processing compared with virgin material.

This problem can be solved by adding new stabilizers. Every batch of post-use plastic has its own history, but BASF possesses all-embracing know-how in the analysis of recycled plastics and develops optimum complementary additive packages tailored to the planned new use. Even assessments of the food contact compliance of newly stabilized material are possible on demand where deployment in critical applications is intended.

Downcycling through processing and re-processing

The polymer chains of a recycled plastics material are exposed to harsh conditions, not just at the reprocessing stage but even the original compounding and processing can lead to a reduction in the average molecular weight. There are the further stressors to which they are exposed during their “active life”, for example due to aging reactions, hydrolysis and contact with acids, laundry detergents or other aggressive media.

Therefore, neither fresh recyclates nor even scrap and faulty batches from the manufacturing process I have generally been able to compete with the material properties of virgin material itself.

High-quality PET thanks to Joncryl ADR

A special case is polyethylene terephthalate, PET, a plastic not actually produced by BASF. It is precisely its recyclability which gives this plastic distinct competitive advantages over other transparent plastics: it is well-known that all over the world PET bottles are collected, comminuted, washed and pelletized on a huge scale. The pellets obtained are remarkably uncontaminated with other types of plastic. Therefore, mechanical PET recycling makes much sense compared with some other plastics where this purity can only be achieved at significantly greater expense and inconvenience. Nonetheless, even the use of recycled PET polyester was for a long time limited to simple applications such as fiber production; melt strength was not sufficient to manufacture high-grade packaging because of the shortened chain lengths of the molecules. The result: downcycling which means mere usage in applications of lower quality.

The problem with insufficient melt strength of PET recyclates can be solved by using functional additives from BASF such as Joncryl[®] ADR. These are chain extenders, i.e., molecules that attach to the ends of

broken polymer chains. They act like an adhesive which sticks the split polymer chains back together again and so repairs or “heals” them at a molecular level.

Not just the original chain lengths and hence melt strengths are restored as a result; the molecular chains produced can be even longer than in the original material, depending on the amount of additive incorporated. Therefore, the restored material cannot just be used to make bottles again; it can even be processed into sheets that are thermoformable into packaging - such as cups for the food industry.

Moreover, Joncryl ADR additives can also endow the recycled polyester with completely new desirable properties. Chain extenders having multiple reactive sites can link polyester fragments together to form highly branched polymers of high molecular weight which are completely unobtainable in the first place via conventional polycondensation reactions; they then also display correspondingly interesting mechanical properties. Joncryl ADR 4300 equips recycled PET for example with increased tensile strengths useful in packaging straps or high-tenacity fibers.

Increased aging and weatherability resistance

Yet Joncryl ADR is only one of many additives from BASF to facilitate the recycling of plastics. The Recyclostab[®] range enhances the processing stability and aging resistance of polyolefins and thereby enables the recycling of LDPE films and automotive battery casings for example. Recycloblend[®] products are used for recycling of PP/EPDM bumpers - their size and ease of disassembly makes them a further good source for mechanical recycling. Recyclossorb[®] is used in the recycling of HDPE from bottle crates. It increases the weatherability of polyolefins and so makes it possible for recyclates to be used outdoors.

Based on BASF's formulation and molding know-how, the offering in addition to the standard products also includes customer-specific formulations optimized to the special requirements of the particular use for the recyclates.

All the recycling-specific products are also very user-friendly - an important issue in the recycling industry and its many small companies.

Petra 7030 – Recyclate in the USA

Exclusively in the USA, BASF offers Petra[®] 7030, a special easy-flow injection-molding PET with 30 percent glass fiber content, based on recycled material. Petra 7030 combines high strength and stiffness with very good dimensional stability, low creep and good high-temperature properties. Because of its good flow properties, the products fabricated from the material have a high-quality surface finish even without painting. Petra 7030 has already come to be used in the so-called 111 Navy Chair, manufactured by the furniture maker Emeco and presented during the design competition of the North American plastics fair NPE 2012. It is made from recycled PET bottles: a nice example for upcycling, the opposite of downcycling.

Process additive Irgatec

Moreover, BASF has recently been exploring technologies to control the viscosity of polyolefin recyclates by means of the process additive Irgatec[®]. The viscosity of polypropylene recyclates can vary greatly, among others because of the admixture of non-polypropylene polymers. Peroxides have traditionally been used to adjust the flowability in reactive extrusion, but the handling properties are difficult. The Irgatec technology is distinctly safer and simpler to use being based on a different chemistry.

More plastic recovery in Europe

BASF is committed to maintaining its market presence in the future with specific offerings for the recycling industry. In 2011, according to PlasticsEurope, 2.4 percent more plastic was thrown away than in the year before, altogether 25.1 million metric tons in Europe. Almost 60 percent of that was subjected to recycling. The remaining 40 percent, a considerable 10 million metric tons, was landfilled. But soon there is a stop to be put to burying this treasure: Early in 2013 the European Commission proposed to ban landfilling of plastics by 2020.

About BASF Plastic Additives

BASF is a leading manufacturer, supplier and innovation partner of additives and pigments for the plastics industry such as ultraviolet (UV) light stabilizers, antioxidants and process stabilizers, organic and inorganic pigments, effect pigments, and other additives.

More information about additives: www.plasticadditives.basf.com

Press photo: At www.basf.com/pressphoto-database, under "Plastics" or enter the search term "Joncryl". Text and photo will also be available shortly in the Plastics press archive of BASF at: www.basf.de/plastics/pressreleases

Helping Make
Products Better™



JONCRYL® ADR-4300

Key Features & Benefits

- *Increased IV and Mw of polyesters*
- *Upgrades recycled PET and PA*
- *Upgrades quality of PET and polyesters*
- *Enhanced hydrolytic stability of PET, PC*

POLYMERIC CHAIN EXTENDER FOR CONDENSATION THERMOPLASTICS

General Information

Typical Physical Characteristics

Appearance	Clear Flake
Specific gravity, 25° C	1.08
Color (APHA)	<60
Mw	5500
T _g (°C)	56
Non-volatile by GC (%)	>99
Epoxy equivalent weight (g/mol)	445

These typical values should not be interpreted as specifications

JONCRYL® ADR-4300 is a versatile chain extender/compatibilizer with high epoxy functionality. This allows for rapid reaction with condensation thermoplastics, resulting in higher molecular weight.

It is a polymeric coupling agent that reacts with degraded polymers to restore the original molecular weight as well as IV (intrinsic viscosity) and melt viscosity.

This means low quality recycle can be upgraded or that good quality recycle can be treated more robustly.

JONCRYL ADR-4300 can be used during processing to increase the melt strength of polyesters or polyamide (nylon). This is useful in extrusion applications.

Processing note: See Sections 1 - 6 below for details on formulation and processing with **JONCRYL ADR-4300**. Contact your representative for further details.

JONCRYL® ADR-4300 is not approved for food contact in PET.

1. PRODUCT FORM

Joncryl ADR-4300 is a solid oligomeric chain extender. It is offered as a flake and as a masterbatch. A variety of masterbatches are available from Clariant Corporation.

Form	Particle Size ¹ / Physical Characteristics	Description
Flake ADR-4300	2.5 – 4.0 mm mean <2% (w/w) smaller than 0.15 mm	Efficient for dry blending with cold plastics pellets of flake, or for separate feed operations
Masterbatch Pellets ³ CESA ®-extend	Standard sized cylindrical pellets	Recommended for hot and cold dry-blending, for co-feed, and for down-stream feed. Some grades are preferred for hot addition. Consult your BASF representative.

1. *Particle size distribution may shift toward smaller particle sizes with handling due to the brittle nature of this additive.*
2. *A variety of masterbatch products are available from Clariant Masterbatches*

2. RECOMMENDED DOSAGE FOR JONCRYL ADR-4300

With deep understanding that every chain extension problem is unique, our Technical Service experts will help you define the right dosage for your specific system. The guide below may be used as a reference for typical ranges of dosage of Joncryn chain extenders.

Plastic	Application	Recommended Dosage (% w/w)
Polyesters (PET)	Fiber (staple & filament)	0.1 to 0.7
	Injection/blow molding bottle	0.1 to 0.8
	Sheet, tape & profile extrusion	0.2 to 1.0
	Film & bottle blow molding	0.2 to 1.0
	Strapping	0.2 to 1.0
	Compatibilization PET/PA-nylon	0.4 to 1.5
	Foam	0.4 to 1.5
Polyesters (PETG, PBT, PLA, others)	Injection Molding	0.1 to 0.3
	Fibers	0.1 to 0.7
	Profile extrusion	0.2 to 1.0
	Sheet & film	0.2 to 1.0
	Branching	0.5 to 1.5
	Foam	0.4 to 1.5
Polyamides (nylon, PA 6 & 6,6, other)	Injection molding	0.1 to 0.3
	Profile extrusion	0.4 to 1.0
	Sheet, film & tape	0.4 to 1.5
	Branching	0.5 to 1.5
	Compatibilization polyester/PA-nylon	0.5 to 1.5
Polycarbonates (PC)	Injection molding	0.1 to 0.3
	Hydrolytic stabilization	0.4 to 1.5
	Sheet & film	0.4 to 1.5
	Branching	0.5 to 1.5
Other condensation thermoplastics (TPU, POM)	Melt strength	0.3 to 1.0
	Stabilization	0.2 to 1.0

3. METHODS OF DOSAGE

Operation	Procedure
1. Dry-blending	a) Flake or masterbatch can be dry-blended with pre-dried and cold (< 40°C) plastic pellets or flakes with the aid of a low shear mixer such as a tumble mixer or conical mixer.
	b) All solid forms of Joncryl ADR-4300 can be mixed with other materials in a high shear mixer such as a Henschell mixer below 50°C. Cold mixing may be aided with 0.2% of Joncryl ADP-1200, acrylic plasticizer.
	c) CEDA® - extend polyester masterbatch may be dry-blended with hot plastic pellets or flakes.
2. Addition of Joncryl ADR-4300 on a single-screw extruder, twin-screw extruder or kneader.	a) Dry-blends prepared as in (1) can be volumetrically, gravimetrically or flood fed directly into the mixing zone of the extruder (see temperature recommendations in the Processing Conditions in Section 4.)
	b) Gravimetric feed metering systems can be used to feed flake or masterbatch product form in a parallel stream with the plastic directly into the feeding zone of the extruder. Belt and disc feeders are particularly recommended for the flake form. Single Screw Feeders – Clearance of 3 to 5 mm (0.76 – 1.27 in) between the screw and the tube recommended. Twin-Screw Feeders – Non-intermeshing spiral screw with 6 mm (1.52 in) clearance between the screw and the tube recommended. Eliminate agglomeration at the throat or feed zone by maintaining tube temperature below 80 °C.
	c) Volumetric Feeders: Well calibrated feeders with variation of less than 0.5% are recommended. Clearance of 3 to 5 mm (0.76 – 1.27 in) between the screw and tube is also required to reduce fines. Eliminate agglomeration at the throat or feed zone by maintaining tube temperature below 80 °C.
	d) Side feed systems and other types of forced dosing extruders may be employed with all solid product forms, except for fine powder, to feed the products downstream. Residence time recommendations are given below in reference to downstream feeds.
	e) Direct gravimetric/volumetric addition of the chain extender in any form to the plastic melt may be carried out through any suitable downstream venting or degassing port.

3. METHODS OF DOSAGE - Continued

Operation	Procedure
3. Addition during injection molding and combined injection-blow molding operations.	a) Dry-blends prepared as in (1) can be volumetrically, gravimetrically or flood fed directly into the mixing zone of the injection molder (see temperature recommendations in the Operating Conditions in Section 4.)
	b) Flakes not recommended for direct addition to injection molding equipment.
	c) Separate gravimetric feed metering systems can be used to feed masterbatches of Joncryl ADR-4300 in a parallel stream with the plastic directly into the feeding zone of the injection molder. Belt and disk feeders are particularly recommended. Single Screw Feeders – Clearance of 3 to 5 mm (0.76 – 1.27 in) between the screw and the tube recommended. Twin-Screw – non-intermeshing spiral screw with 6 mm (1.52 in) clearance between the screw and the tube recommended.
	d) Volumetric Feeders: Well calibrated feeders with variation of less than 0.5% are recommended. Clearance of 3 to 5 mm (0.76 – 1.27 in) between the screw and tube is also required to reduce fines. Eliminate agglomeration at the throat or feed zone by maintaining temperature below 100°C for MB polymer carriers or 80 °C for wax carriers.
4. Addition during polymerization and in other chemical reactors	a) Additions of Joncryl-ADR-4300 directly into polymerization reactors are feasible for some systems.
	Prior to any work including the use of ADR-4300 in polymerization, we encourage you to discuss your system with our technical representatives.
	See our separate In Reactor Chain Extension Processing Guide.

4. PROCESSING CONDITIONS

Operation	Procedure
Pre-drying	Pre-dry the base plastic at manufacturer's recommended conditions.
	In some instances small amounts of Joncryl chain extenders can compensate for poor/incomplete drying, thus bringing robustness and savings to your operations. For example in polyesters, degradation brought about by 100 ppm of moisture can be compensated by 0.2 % of Joncryl ADR-4300.
	Hygroscopicity: there is no evidence of bulk absorption of moisture over extended periods of time for ADR-4300. - At normal conditions of temperature and relative humidity (i.e. 77°F and 50% RH) its surface reaches equilibrium saturation through adsorption at less than 0.25% moisture. - At extreme conditions (i.e. fine powder at 95°F and 100 % RH) its surface reaches equilibrium saturation at less than 0.50 % of moisture. - This means that Joncryl ADR-4300 can generally be processed without any drying, even after long exposure to drastic conditions bringing no more than 5 ppm moisture per every 0.1% used.
	In systems where moisture sensitivity is extreme, Joncryl ADR-4300 can be dried in a desiccant dryer at 30°C for 1 hour, prior to use.
	Masterbatches of Joncryl ADR-4300, generally do not require drying, except when polyester is used as carrier
Extruder/injection molder temperature profile	When feeding solid Joncryl ADR-4300 in any solid form, except masterbatch, into the 1st zone of the extruder or injection molder, we recommend to operate this zone at 20°C to 40°C lower temperature than normal. This will prevent early melting and agglomeration of the additive.
	Refer to the Cesa-extend literature for instruction with Joncryl ADR-4300 masterbatches.
	All other zones should employ normal processing conditions as recommended by the plastic's manufacturer.
Additive thermal stability	Neat ADR-4300 is thermally stable up to 320°C (<0.5% evolution in TGA @ 10°C/min in N ₂). Above this temperature additive decomposition may occur. Therefore, melt temperature should not exceed 320°C.
Residence time	Joncryl ADR-4300 reacts quickly. Its reaction will be over 99% complete if at least 3 min residence time is provided at 200°C in a well mixed system. Alternatively, 45 sec residence time at 280°C will provide 99% completion.
	These limits accommodate most extrusion and injection molding processes for the recommended thermoplastics and applications.
	For use in polymerization reactors where residence time is over 5 minutes, see Recommendations in Section 3.

Maximum Use Temperature:

JONCRYL ADR-4300 should not be processed at temperatures higher than 320°C (see Thermal Stability in Section 4.)

5. EXTRUDER PRESSURE EFFECTS

The use of **Joncryl ADR-4300** in reactive extrusion or reactive injection molding operations produces significant increases in molecular weight of the plastic being modified. This increase in molecular weight raises the melt viscosity, which in turn raises the pressure observed in the equipment.

The table below exemplifies the large increases in die pressure that are observed in PET as **Joncryl ADR-4300** is added to a large extruder. Similar increases are expected in other plastics.

It is important that operators be aware of these expected pressure changes. Alarms, automatic shut-offs, screen purging set-points, and other operation variables should be adjusted to accommodate these normal and expected pressure increases.

Extruder Variable	PET Control	0.50% Joncryl ADR-4300	1.00% Joncryl ADR-4300	1.50% Joncryl ADR-4300
Pressure @ die	1	1.25-1.45	1.55-1.80	1.80-2.00
Pressure @ screen	1	1.25-1.45	1.90-1.80	1.80-2.00
Motor power draw	1	1.05-1.08	1.13-1.12	1.12-1.15

As shown, pressure increases both at the die and in front of the screen system may be 25% to 100% higher than typical operating pressure for higher usage levels.

Instantaneous pressure variations and spikes are due to large instantaneous changes in melt viscosity. At constant temperature, changes in melt viscosity are often due to variable feed rate and/or poor mixing

To illustrate the effect of variable feed rate, the pressure and power draw changes with fluctuations in feed rate are calculated on the table below. For example, a variation of 20% in the feed rate causes a 7% increase or decrease in pressure, which is a variability range of 14%.

Extruder Variable	Steady feed within 5% of target value	Unsteady feed within 10% of target value	Unsteady feed within 20% of target value
Pressure @ die	+/- 2.0%	+/- 4.3%	+/- 9.0%
Pressure @ screen	+/- 2.5%	+/- 4.5%	+/- 9.2%
Power draw	+/- 0.4%	+/- 0.8%	+/- 1.75%

Fluctuations in the feed rate of **Joncryl ADR-4300** larger than 10% of the target value may cause large instantaneous extruder pressure spikes.

To attain steady and consistent pressure, homogenous dry blends or robust co-feed systems are essential.

The selection of the screen pack can influence the pressure. Finer screen mesh will produce even higher pressures when used with **Joncryl ADR-4300**.

6. TROUBLESHOOTING

In Case of Unexpectedly High Pressure:

1. Decrease the feed rate of **Joncryl ADR-4300**
2. Decrease the RPM. This decreases pressure on single screw extruders and flood-fed twin-screw extruders, and will decrease heating on starve-fed twin-screw extruders
3. Slowly increase the temperature, starting from the die and then from the last to the zone.

In a typical extruder with an L/D > 24 normally most of the extension reaction takes place in the first half of the extruder length. Increasing the temperature in the zones of the final half of the extruder will generally result in lower viscosity and pressure.
4. With pressure under control, increase the **Joncryl ADR-4300** feed slowly.
5. For steady operation follow recommendations given in the section 5 above.

Keep in mind that chain extension will always result in higher pressure at constant extruder settings

The statements in the product literature and label are guidelines only. Users should test this product in advance to verify suitability for particular uses. BASF Corporation neither makes nor authorizes to be made any express or implied representation or warranty with regard to this product concerning the performance, use, fitness for particular purpose, suitability for use on any surface or merchantability of this product, whether used alone or in combination with other products. The furnishing by us of information and products either as experimental samples or by sales, contains no recommendations respecting the use of these products or the lack of infringement of any patent nor does it grant a license under any patent owned by our company. BASF assumes no liability for any damage of any kind regardless of cause, including negligence.

JONCRYL® is a registered trademark of BASF Corporation.

©2006 BASF Corporation, Sturtevant, WI 53177-0902. All rights reserved.

U.S. and Canada

BASF Corporation
8310 16th Street
P.O. Box 902
Sturtevant, WI
53177-0902
Phone: 1-800-231-7868
Fax: 1-800-437-3266
americas@basf.com

Europe, Africa and Middle East

BASF Resins B.V.
Innovatielaan 1
8466 SN Nijehaske
P.O. Box 390 8440
A J Heerenveen
The Netherlands
Phone: 31-513-619619
Fax: 31-513-619600
europe@basf.com

Japan

Johnson Polymer Corp.
Kanagawa Science Park
West-505
2-1, Sakado 3-Chome,
Takatsu-ku
Kawasaki-shi,
Kanagawa/Japan
213-0012
Phone: 81-44-829-1366
Fax: 81-44-829-1361

Asia/Pacific Rim

Johnson Polymer Ltd.
Block 213, Henderson Ind.
Park #04-11 Henderson
Road
Singapore 159533
Phone: +65-6272-2338
Fax: +65-6271-7956

Latin and South America

BASF Mexicana, S.A. de C.V.
Av. Insurgentes Sur # 975
Col. Ciudad de los Deportes
C.P. 03710
Mexico, D.F.
Phone : (52-55) 53-25-27-87
(52-55) 53-25-26-87
Fax: (52-55) 56-11-48-97

Development of recycled PET fiber and its application as concrete-reinforcing fiber

T. Ochi ^a, S. Okubo ^{b,*}, K. Fukui ^b

^a Sango Co. Ltd., 605 Kishine, Kouhoku-ku, Yokohama 222-0034, Japan

^b Department of Geosystem Engineering, The University of Tokyo, 7-3-1 Hongo, Bunkyo-ku, Tokyo 113-8656, Japan

Received 4 April 2006; received in revised form 26 January 2007; accepted 8 February 2007

Available online 23 February 2007

Abstract

We describe a method that can be used to produce concrete-reinforcing PET fiber from used PET bottles. Using this method, the concrete and PET fibers are easily mixed at a fiber contents as high as 3%. The primary characteristic of the PET fiber is that it is easy to handle. The issue of concern in the development of PET fiber is its alkali resistance; however, we encountered no problems when using the fiber in normal concrete. The wetting tension of PET was found to be lower than that of PVA but higher than that of PP. No toxic gas was generated during a combustion test of the PET fiber. We describe two example applications: a gateway support at Hishikari Mine, Japan, and the pavement of bush roads.

© 2007 Elsevier Ltd. All rights reserved.

Keywords: Fiber-reinforced concrete; Recycled PET; PET fiber; Alkali resistance; Mixing; Strength

1. Introduction

Steel fiber [1], glass fiber [2], and plastic fiber [3] are used as concrete-reinforcing material for tunnels and underground structures [4,5]. The application of concrete-reinforcing fiber has been gradually expanded by making greater use of the individual characteristics of the fibers. Polypropylene (PP), polyethylene (PE), nylon, aramid, and polyesters are commonly used as synthetic fibers in this regard.

Polyethylene terephthalate (PET) analyzed in the present study belongs to the polyester group. PET has been used increasingly in recent years, including use as PET bottles. The following methods have been proposed to reuse PET bottles: conversion to unsaturated polyester and mixed to form polymer concrete [6], and mixing of fragments in concrete to be used as lightweight waste aggregate [7]. However, as the strength of conventional

PET fiber is low and its alkali resistance is questionable [3], it has rarely been used as a concrete-reinforcing fiber.

In this study, we started with the development of a production method for concrete-reinforcing PET fiber. Pellets produced from PET bottles were melted and drawn to produce monofilaments; during this process, caution was taken to ensure that sufficient strength would be installed in the monofilaments. Subsequently, indents were marked on the monofilaments and they were cut to produce PET fiber. Temperature control of the monofilaments was found to be crucial for accurate indentation. After a period of trial and error, the appropriate temperature range was found to be 68–73 °C, which is close to the glass transition point of the PET fiber.

At this point, we tested the wetting tension, alkali resistance, and combustion gases of the produced PET fiber. In all tests, we obtained desirable results for the concrete-reinforcing fiber. Following this, the mixability of the PET fiber was examined by hand mixing; the PET fiber was found to mix very easily with concrete. The machine-mixing ability of the PET fiber with concrete was also found to be good. Next, we conducted a bending test of the

* Corresponding author. Tel./fax: +81 3 58417066.

E-mail address: ttokubo@geosys.t.u-tokyo.ac.jp (S. Okubo).

PET-fiber-reinforced concrete; the measured JCI (Japan Concrete Institute) toughness was found to have increased greatly relative to that of the same material without reinforcement. A pull-out resistance test of the PET fiber was also conducted, and the adhesion of the fiber per surface area was found to compare favorably with that of PP fiber. Following the above-mentioned basic tests of the PET fiber, the PET-fiber-reinforced concrete was used to support a mine gateway and pave bush roads. In all cases, the PET fiber was applied without any problems.

2. Preparation of PET fiber

To minimize costs and contribute to material recycling, we used pellets recycled from PET bottles as the raw material for the production of PET fiber. The properties of plastic fiber vary widely depending upon the production method. In the normal process, pellets are melted, extruded from a nozzle, and drawn into fiber while warm. When melted plastic is drawn in this way, the polymer chains align along the longitudinal direction of the fiber. As a result, the strength of the fiber is increased by more than an order of magnitude.

After various considerations, we decided to produce monofilaments, which are used as the raw material for

the PET fiber, using an extruder, as shown in Fig. 1. Pellets were placed in the extruder and melted; 20–100 fibers were then extruded from the nozzle at the tip of the extruder. The nozzle was disk-shaped and had numerous small holes. Through these small holes, fibers with a fineness of 60,000 dtex (decitex: grams per 10,000 meter length) were extruded. Temperature control during the extrusion process is generally very difficult. After some trial and error, the temperature inside the extruder was set at 250–280 °C and the temperature of the nozzle was set at 260–280 °C. The extruded fiber was pulled to the godet roll and hot-drawn to a fineness of 25,000 dtex. The fiber was further drawn in a water bath filled with cold water, and a fineness of 5000 dtex (diameter of ~ 0.7 mm) was achieved when it reached the snub roll.

The resulting monofilament was a smooth fiber with a circular cross-section. Judging from our experience with steel fiber and based on the results of simple preliminary tests, we inferred that the fiber would be easily pulled out from the concrete if there were no indents on the fiber. Therefore, we developed a process to produce indents and incorporated this into a fiber-cutting apparatus, as shown in Fig. 2. The rolled monofilament is on the bobbin on the right side of Fig. 2, and it is pulled with the pinch roll #1 and gradually reeled out. We marked indents on

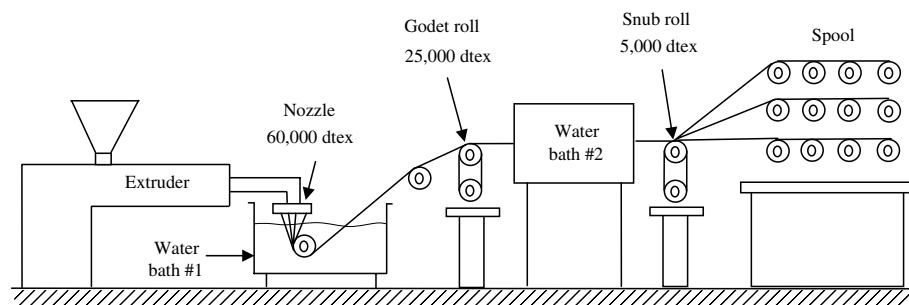


Fig. 1. Extrusion apparatus for monofilaments.

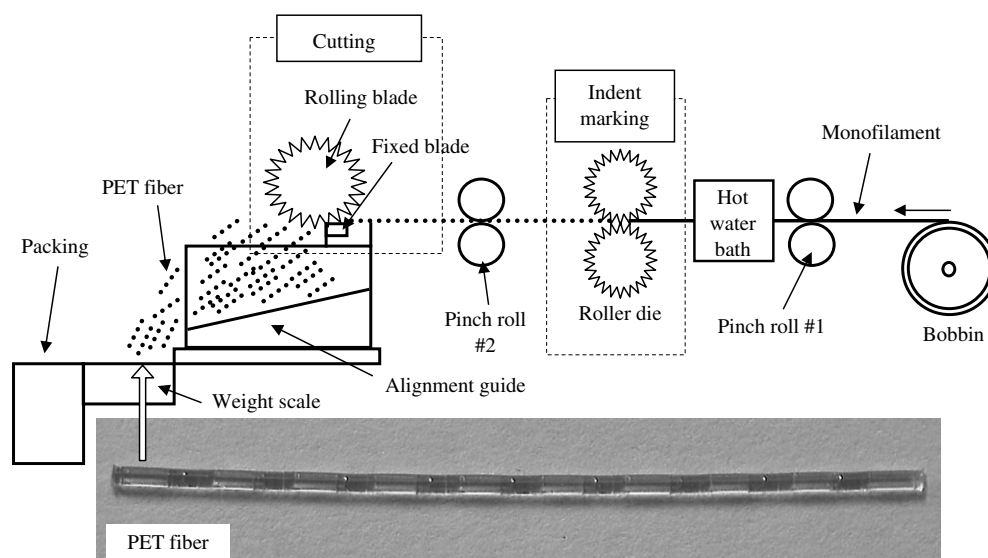


Fig. 2. Apparatus for the indent marking and cutting of PET fiber.

Table 1
Specifications of the PET fiber

Material	PET
Specific gravity	1.34 ± 0.02
Diameter (mm)	0.7
Length (mm)	30 ± 1 or 40 ± 2
Mass (mg)	$15.2 \pm 15\%$ (30 mm length) or $20.3 \pm 15\%$ (40 mm length)
Surface	Indented
Tensile strength (MPa)	Above 450

the monofilament using an indented roller die. As temperature control is important to accurately mark consistently sized indents, the monofilament was preheated in a hot water bath. The temperature control range was set at 68–73 °C after a process of trial and error; this range is in the vicinity of the glass transition point of the PET resin. After marking indents, the PET fiber was cut to a length of 30 mm or 40 mm; these lengths were selected based on past experience, simple calculations, and preliminary experiments. The longer the fiber, the better the reinforcing effect; however, greater length makes mixing with concrete more difficult. The specifications of the PET fiber, including the allowable length errors, are shown in Table 1.

3. Basic properties of PET fiber

This study investigated the basic properties of the PET fiber, including wetting tension, which is important in terms of the adhesion between fibers and concrete, alkali resistance, which is important in terms of durability, and the toxicity of combustion gas, which is important in terms of safety during exposure to fire. Polypropylene (PP) and polyvinyl alcohol (PVA), which have been used in the past as concrete-reinforcing fibers, were used for comparison where appropriate. The specifications of the fibers are shown in Table 2.

3.1. Wetting tension

In the wetting tension test, we used test mixtures with wetting tension values in the range of 30–45 mN/m. The obtained wetting tensions were ca. 40 mN/m for PET, 35 mN/m for PP, and more than 45 mN/m for PVA. Thus, the wetting tension of PET is lower than that of PVA but higher than that of PP.

Table 2
Test results for alkali resistance

Fiber	Diameter (mm)	Length (mm)	Tensile strength (MPa)		Strength ratio ^a (%)
			Before exposure	After exposure for 120 h	
PET	0.75	30	352	348	99
PP	1.21	30	170	147	86
PVA	0.71	30	360	202	56

^a Strength after exposure/Strength before exposure.

3.2. Alkali resistance

An immersion test was conducted in an alkaline solution that was prepared by dissolving 10 g of sodium hydroxide in 1 dm³ of distilled water. The immersion time was 120 h, and the temperature during the immersion was kept at 60 ± 2 °C. Although immersion temperatures of 40 °C or 80 °C can be used, 60 °C was chosen, as this is the most common practice in Japan. The measured results of the tensile strength before and after immersion are shown in Table 2. The tensile strength of the PET after immersion was 99% of that before immersion; thus, minimal deterioration occurred. For PP, the tensile strength after immersion was 86% of that before immersion. In the case of PVA, the tensile strength after immersion was 56% of that before immersion; thus, significant deterioration occurred. Judging from these test results, PET has sufficient alkali resistance as a concrete-reinforcing fiber.

3.3. Combustion gas

The combustion test of the PET fiber was conducted to answer the following two questions. If the fiber is exposed to high temperatures during fire, is toxic gas emitted from the PET fiber in the concrete? If toxic gas is generated, is it in a range that is harmful to humans? Analysis of the generated gas revealed that carbon dioxide was the main component. Although a trace amount of carbon monoxide was generated, no toxic gas was detected. The PET fiber consists of the elements C, H, and O; thus, no toxic gas is generated.

4. Mixability of PET fiber

From a practical viewpoint, the mixability of concrete-reinforcing fiber and concrete is very important. For example, it is necessary for the fiber to be uniformly dispersed in the concrete without forming fiber balls. Thus, the mixability was investigated by both hand mixing and machine mixing.

4.1. Hand-mixing test

A hand-mixing test was conducted for the blend shown in Table 3. Measured volumes of cement and fine aggregates were thoroughly mixed in a bucket; the mixture was then mixed with a shovel for 8 min while water was gradually added up to a predetermined amount. The PET fiber was then added in 3–4 loads to the obtained mortar until the fiber content was 0.76%; the mixture was then mixed for a further 8 min. The mixed state was carefully observed, and neither fiber balls nor any abnormalities were observed.

To prepare test specimens for investigating fiber orientations, the mixed PET-fiber-reinforced mortar was cast with a shovel into two molds with a diameter of 75 mm and a height of 150 mm, and into one mold with a diameter of

Table 3
Blend of concrete constituents

		W/C (%)	Mixtures (kg/m ³)				Volumetric content of fiber (%)	Fiber length (mm)	Max. size of aggregate (mm)	Slump (cm)
			Cement	Water	Fine aggregate	Coarse aggregate				
Mixing test	Hand mixing	50	681	341	1129	0	0.76	30	–	–
	Concrete mixer	69	325	225	992	789	0, 0.5, 1.0, 1.5	30	15	18.5 ^a
Bending test		65	334	217	973	743	0	30	15	16.5
							0.5			16.0
							1.0			3.5
							1.5			4.0
							0			9.5
							0.5			
		60	358	215	947	754	1.0	30	15	
							1.5			
							0			
							0.5			
							1.0			
							1.5			
		55	389	214	918	761	0	30	15	7.0
							0.5			
							1.0			
							1.5			
Hishikari mine		40	538	215	973	585	0.3	30	10	18.0
Bush road pavement		64	285	182	890	898	0.75	40	20	8.0

^a Plain concrete.

100 mm and a height of 200 mm. The fluidity on this occasion was good, and uplifting of the PET fiber was not observed even when the mold was hit with a wooden hammer to create compaction.

The three test specimens of the PET-fiber-reinforced mortar were removed from the molds after hardening. They were then cut into seven round slices. As the PET fibers in the mortar are not visible, the PET fibers exposed on the cross-section were colored and counted. The cross-sections of the three test specimens were observed, and the PET fibers were found to be evenly dispersed. The number of fibers exposed on the six cross-sections and the orientation factors of the test specimens in the direction of specimen height are shown in Table 4. The orientation factor P is defined here as the average length of the projection on the longitudinal axis of all fibers crossing a section, divided by the fiber length [8,9]; it can be approximated by the following equation [8,9]:

$$P = \alpha A / V$$

where α , A , and V indicate the number of fibers per unit cross-sectional area, the cross-sectional area of an individual fiber, and the volumetric content of fibers, respectively.

The fibers were evenly distributed except for cross-section 1 of test specimen #2. The orientation factors for all test specimens were lower than 0.64, which is the theoretical value for two-dimensional random orientations, and close to 0.5, which is the theoretical value for three-dimensional random orientations. Thus, the fibers are considered to be randomly oriented.

After the moulds were cast for the investigation of fiber orientations, 46.9 g of additional fiber was added to the remaining PET-fiber-reinforced mortar (ca. 2 dm³), and the mixture was blended together. The fiber content of

Table 4

The number of fibers exposed on the cross-section and the orientation factor

Samples	#1	#2	#3
Cross-sectional area (cm ²)	44	44	79
Number of fibers counted on a cross-section	31	52	73
Cross-section 6	20	52	78
Cross-section 5	31	60	73
Cross-section 4	43	42	91
Cross-section 3	51	44	75
Cross-section 2	37	14	67
Cross-section 1	36	44	76
Average	36	44	76
Average fiber density ^a (1/cm ²)	0.81	1.00	0.96
Orientation factor ^b	0.47	0.58	0.56

^a Average number of fibers per unit cross-sectional area.

^b (Average fiber density)(Cross-sectional area of a fiber)/(Volumetric content of fibers) [8,9].

the mixture in this case was ca. 3%; however, no fiber balls were generated. Although the viscosity increased, fluidity was maintained. The fiber was easily mixed with concrete at a fiber content as high as 3%.

Based on the above results, the dispersion of the PET fibers in mortar following hand mixing is considered to be good.

4.2. Machine-mixing test

The machine-mixing test was conducted for the blend shown in Table 3. Initially, measured amounts of cement

and fine aggregates were mixed in a 55 dm³ concrete mixer for 15 s. Following this, a predetermined amount of water was added and the mixture was mixed for 30 s. Next, coarse aggregates were added and the mixture was mixed for an additional 60 s. The obtained concrete was cast into three molds with dimensions of 100 × 100 × 400 mm to prepare test specimens (plain concrete with 0% of PET fiber) for the bending test. Next, a predetermined amount of the PET fiber was poured into the concrete mixer, during mixing of the remaining concrete, for a period of 45 seconds. The prepared PET-fiber-reinforced concrete was cast into a mold to prepare test specimens for the bending test. The mixed state was carefully observed, and neither fiber balls nor any abnormalities were recognized; the fluidity was also good during the mold casting.

Based on the above results, the mixability of the reinforcing PET fiber and concrete by machine mixing is considered to be good.

5. Mechanical properties of PET-fiber-reinforced concrete

5.1. Bending test

For this test, three water–cement ratios (65%, 60%, and 55%) were selected, and four volumetric content percentages of PET fiber (0%, 0.5%, 1.0%, and 1.5%) were selected. Thus, the four-point bending test was conducted for a total of 3 × 4 = 12 conditions. Five specimens were tested for each parameter setting. The blend of concrete constituents is shown in Table 3. The dimensions of the test specimens were 100 × 100 × 400 mm.

The bending strengths for the case in which the water–cement ratio was 60% are shown in Fig. 3. The vertical line in Fig. 3 indicates the standard deviation; according to the standard deviation, the variation in the bending strength is large. As seen from this figure, the bending strength varies

little up to a fiber content of 1%; however, the bending strength increases significantly at a fiber content of 1.5%. This trend is the same as that observed for steel-fiber-reinforced concrete [10], in which the length and cross-sectional area of the steel fibers are 25 mm and 0.3 mm², respectively, and the water–cement ratio is 0.6. The bending strengths for all conditions are shown in Table 5. The trend of variation in bending strength with changing content of PET fiber was qualitatively similar for all cases with different water–cement ratios.

The load–deflection curves for the test specimen with a water–cement ratio of 60% are shown in Fig. 4. When the fiber content is 0% (plain concrete), the maximum load is at a deflection of ca. 0.2–0.3 mm (deflection at the load point); following this, the load suddenly decreases. When the fiber content is 1.5%, cracks form at the same deflection point at which the maximum load was reached for plain concrete; however, since the load is supported with the

Table 5
Results of the bending test

W/C	Volumetric content of fibers (%)	Bending strength (MPa)	Absorbed energy ^a (Nm)	Toughness index ^b (MPa)
65%	0.0	3.82	4.3	0.62
	0.5	3.72	13.7	2.01
	1.0	4.12	22.1	3.24
	1.5	4.80	32.8	4.82
60%	0.0	4.12	4.4	0.64
	0.5	3.97	17.9	2.63
	1.0	4.21	25.1	3.68
	1.5	5.29	33.0	4.86
55%	0.0	4.21	4.3	0.67
	0.5	4.41	16.5	2.42
	1.0	4.85	25.6	3.76
	1.5	5.73	35.7	5.24

^a Energy absorbed at the mid-span deflection of 2 mm.

^b (Absorbed energy)(Span) divided by (Deflection)(Width)(Height)².

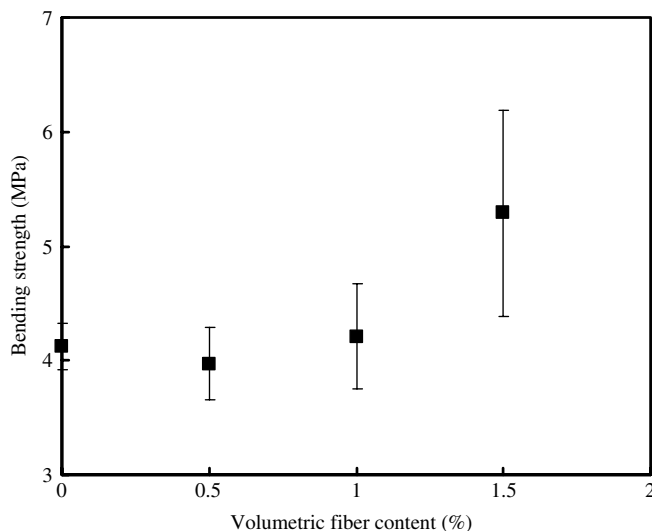


Fig. 3. Change in the bending strength with respect to the fiber content for concrete with a water–cement ratio of 60%. The vertical line indicates the standard deviation.

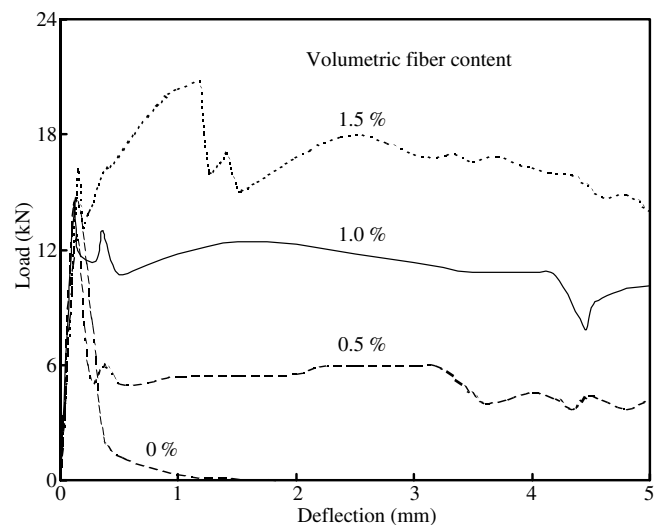


Fig. 4. Load–deflection curve for concrete with a water–cement ratio of 60%.

PET fiber, the load increases. Subsequently, the load repeatedly increases and decreases, and the load is 14 kN even when the deflection is 5 mm, indicating high toughness. Regardless of the fiber content, the load–deflection curves show similar behavior until cracks are formed. Thereafter, the sustained load is approximately proportional to the fiber content, as shown in the figure. This behavior is the same as that of steel-fiber-reinforced concrete [10]. The bending strength of all samples was 4–5 MPa, which is comparable to that of steel-fiber-reinforced concrete [10]. Even when the water–cement ratios were varied, we observed the same trend for the different fiber contents.

In conducting the bending test, it is important to know how much energy is absorbed at the point of destruction. Table 5 lists the energy required to reach a mid-span deflection of 2 mm and the JCI toughness [11,12] calculated using that amount of energy. In all cases, the absorbed energy and the JCI toughness increased markedly by mixing the cement with the PET fiber.

5.2. Compression test

The number of test specimens for the compression test was 12, as was the case for the bending test. The test specimen was a cylinder with a diameter of 100 mm and a height of 200 mm, with four strain gauges attached to it. The uniaxial compressive strength, Young's modulus, and Poisson's ratio, as obtained from the experimental results, are shown in Table 6. Although some variation exists, for all water–cement ratios there is no significant variation in these values associated with varying PET fiber contents. For all samples, the strain at the maximum load barely changed with varying water–cement ratios and different PET fiber contents. The vertical and horizontal strain were ca. 0.4% and ca. 0.2%, respectively.

5.3. Pull-out resistance test for fiber

The concrete-reinforcing effect of fiber is considered to reflect the pull-out resistance created when the fiber is

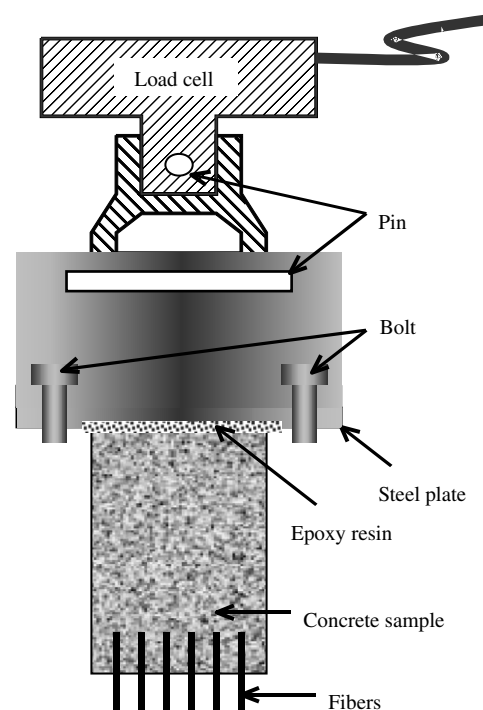


Fig. 5. Apparatus used for the pull-out resistance test.

pulled out from the matrix concrete. Thus, we decided to conduct a pull-out resistance test for the PET fiber, and for comparison, a PP fiber; this test is used relatively frequently for reinforcing.

Concrete was poured into a cylindrical mold with a diameter of 50 mm and a height of 100 mm. A 15 mm length of the fiber, which is a half of the total length of 30 mm, was embedded into the concrete. The test specimen, after air curing, was put on a 10 kN universal testing machine as shown in Fig. 5. The maximum load was measured when the fibers were pulled out individually.

The pull-out resistance test was conducted when the age of the mortar was 7 days, and 10 tests were conducted for each fiber. The adhesive strengths per unit area for PET and PP fibers were 2.8 and 2.9 MPa, respectively. Here, the adhesive strength was calculated by dividing the maximum pull-out load by the bonded area of the fiber. Judging from these test results, PET fiber has comparable adhesive strength to that of PP fiber.

Table 6
Results of the compression test

W/C	Volumetric content of fibers (%)	Compressive strength (MPa)	Young's modulus (10^4 MPa)	Poisson's ratio	Specific gravity
65%	0.0	32.1	2.13	0.20	2.35
	0.5	31.4	2.13	0.20	2.27
	1.0	34.8	2.22	0.21	2.28
	1.5	34.1	2.23	0.20	2.27
60%	0.0	34.8	2.65	0.16	2.28
	0.5	38.8	2.63	0.28	2.28
	1.0	39.6	2.15	0.20	2.27
	1.5	38.8	2.15	0.20	2.26
55%	0.0	45.1	2.16	0.16	2.30
	0.5	45.6	2.09	0.20	2.31
	1.0	47.8	2.33	0.20	2.28
	1.5	43.7	2.25	0.20	2.28

6. Application examples of PET-fiber-reinforced concrete

6.1. Application to mine construction

Based on the results of the basic study described in the previous sections (Sections 2–5), we considered that the PET fiber had good mixability and that its reinforcing ability was satisfactory. Accordingly, concrete (shotcrete) mixed with the PET fiber was installed at Hishikari Mine, Japan, operated by Sumitomo Metal Mining Co. Ltd. The results are described in the following section.

Hishikari Mine is a gold mine located in Kagoshima Prefecture, which is one of Japan's leading gold-producing areas [13]. In the past, steel-fiber-reinforced concrete was sprayed onto a gateway with a cross-sectional area of 4×4 m; however, this was unsatisfactory because the mixing of steel fiber and concrete was difficult, and the steel-fiber-reinforced concrete often blocked the sprayer. The PET-fiber-reinforced concrete was applied on a trial basis from January 2004, and the workability of the concrete and its supporting ability were evaluated.

The prerequisite condition stipulated by the mining company was that a loose rock with a weight of 24 kN should be supported after 2 h of spraying. To satisfy this requirement, the standard specifications of the concrete (shotcrete) were set as shown in Table 3.

Actual spraying was conducted at the mine gateway, and the operation proceeded smoothly and was completed without any problems. The rebound rate (rebound weight/sprayed weight) of the PET-fiber-reinforced concrete was 14% by weight.

Observation of the sprayed surface revealed that the PET fibers were adequately dispersed, there was no uplift-

ing and deviation, and the surface was relatively smooth. One year later, a survey of the sprayed location was conducted. The sprayed surface had no cracks, and an excellent supporting ability appeared to have been achieved.

At mines, bedrock can be marked by local weaknesses. There are also locations, such as a 4-way entry and 3-way entry, that are very difficult to support and the roof is susceptible to collapse. In these cases, there is a long-standing demand to increase the support by increasing the fiber content; however, in the case of steel-fiber-reinforced concrete, the formation of fiber balls has prevented the use of higher fiber contents. When the PET-fiber-reinforced concrete was used, the fiber content was increased as necessary. Even when the fiber content was more than 1%, uniform PET-fiber-reinforced concrete could be obtained within the normal mixing time. In addition, pipe clogging during concrete pumping or poor concrete adhesion did not occur. It is a noteworthy characteristic of the PET fiber that the fiber content can be freely changed in situ without fiber-ball formation and pipe clogging.

6.2. Pavement of narrow areas

Passages in tunnels under construction, passages through underground structures, urban alleyways, and bush roads are commonly narrow, winding, and steeply. It is desirable to apply fiber-reinforced concrete to the pavement of such narrow sections of road; however, steel fiber can puncture tires, and there are workability concerns about this conventional fiber. Thus, it has not been used previously to pave narrow sections of road in Japan. In this study, we decided to use PET-fiber-reinforced concrete to pave bush roads to make use of its easy workability.

PET-fiber-reinforced concrete was applied to a bush road between Hayatogawa and Kanazawa, Kanagawa Prefecture, Japan. On March 26 2004, a road with a length of

Table 7
Installation processes and necessary time for bush road paving

	PET fiber-reinforced concrete	Wire mesh-reinforced concrete
Area (m ²)	41	48
Depth (cm)	13	15
Process	Concrete placing Finishing	Concrete placing #1 Wire mesh placing Concrete placing #2 Finishing
Worker-hours	4.4	9.7
Man-hours (m ⁻²)	0.11	0.20

Table 8
Example applications of the PET fibers

Starting date	Prefecture	Location	Sprayed/placed	W/CM (%)	Fiber length (mm)	Volumetric content of fibers (%)	Remark
January 2004	Kagoshima	Mine gateway	Sprayed	50	30	0.3	Replacement of steel fiber. First trial to use PET fiber in Japan. Found to be very easy to handle
March 2004	Kanagawa	Bush road	Placed	64	40	0.75	Replacement of wire mesh. Considerable laborsaving
October 2004	Ibaragi	Bush road	Placed	64	40	1.0	Applied successfully to road with 10% gradient
March 2004	Ehime	Slope	Sprayed	50	30	0.3	Replacement of steel fiber on the sea front
August 2004	Fukuoka	Tunnel	Placed	52	40	0.3	Applied to tunnel support for the first time
February 2005	Tottori	Tunnel	Placed	52	40	0.3	A new fiber content analyzer was developed and used
September 2005	Kanagawa	Bridge pier	Placed	50	30	0.3	Crack extension was substantially decreased
October 2005	Shiga	Tunnel	Placed	52	40	0.3	A new fiber injector was developed and used
In the planning stage	–	Underground storage for LNG	Sprayed	50	30	0.75	Replacement of wire mesh to prevent rust for longer service life

20 m and a width of 3.6–4.9 m was paved. The PET fiber was gradually added to the agitator of an agitator truck and combined with the ready-mixed concrete. The mixed PET-fiber-reinforced concrete (see Table 3) was applied on the bush road to a pavement thickness of 13 cm. For comparison, a conventional composition using welded mesh as reinforcement was also used. For the conventional composition, plain concrete was installed to a predetermined thickness of 15 cm. The processes and necessary time for installation using the PET fiber method and the conventional method are listed in Table 7. As seen from the table, the application of PET-fiber-reinforced concrete is efficient and laborsaving. A follow-up survey was conducted half a year later; flaws such as cracking or chipping were not observed in the pavements constructed by either method.

Previous applications of PET fiber are summarized in Table 8. Applications such as slope spraying, tunnel support, and application to a bridge pier have been performed previously; in all cases, the PET-fiber-reinforced concrete has shown easy handling and has been highly appreciated.

7. Summary

In this study, we developed a method to produce recycled PET fiber to be used as reinforcing in concrete. A mixing test was conducted by hand-mixing concrete with the produced PET fiber (described in Section 4); the concrete and PET fibers were easily mixed. It is interesting to note that the concrete and PET fibers were mixed easily even when the volumetric content of the PET fibers was gradually increased to ca. 3%. As evident from this result, the primary characteristic of the PET-fiber-reinforced concrete is that it is easy to handle. We conducted a follow-up survey at Hishikari Mine, where we first applied PET-fiber-reinforced concrete, and found that it was highly appreciated on the site because of its easy manageability.

The issue of most concern in the development of the PET fiber has always been alkali resistance; however, after careful analysis it was found that there was no problem when used in normal concrete.

To expand the use of PET fiber, the cost will need to be considered. At this stage the market price is comparable to that of steel fiber, when the same volumes are being com-

pared. At present, PET fiber is used in Japan for spraying and lining tunnels, including expressway tunnels, and future use is expected to increase. Future applications include not only general tunnel support, but also underground structures that are located in harsh environments, such as near the coast or under the sea. In addition, its use as pavement on narrow, winding, and steep roads can be considered.

Acknowledgments

The authors thank all the involved staff members of Sumitomo Metal Mining Co. Ltd. and Sango Co. Ltd. for various collaborations.

References

- [1] Yang Q, Okubo S, Fukui K, Morita T. Mechanical properties of sprayed SFRC. In: *Proceeding of the international symposium of civil engineering in the 21st century*. Beijing, China 2000. p. 1080–8.
- [2] Proctor BA. A review of the theory of GRC. *Cem Concr Comp* 1990;12:53–61.
- [3] Silva DA, Betioli AM, Gleize PJP, Roman HR, Gomez LA, Ribeiro JLD. Degradation of recycled PET fibers in Portland cement-based materials. *Cem Concr Res* 2005;35:1741–6.
- [4] Zollo F. Fiber-reinforced concrete: an overview after 30 years of development. *Cem Concr Comp* 1997;19:107–22.
- [5] Cengiz O, Turanli L. Comparative evaluation of steel mesh, steel fibre and high-performance polypropylene fibre reinforced shotcrete in panel test. *Cem Concr Res* 2004;34:1357–64.
- [6] Rebeiz KS. Time-temperature properties of polymer concrete using recycled PET. *Cem Concr Comp* 1995;17:119–24.
- [7] Choi YW, Moon DJ, Chung JS, Cho SK. Effects of waste PET bottle aggregate on the properties of concrete. *Cem Concr Comp* 2005;35:776–81.
- [8] Dupont D, Vandewalle L. Distribution of steel fibers in rectangular sections. *Cem Concr Comp* 2005;27:391–8.
- [9] Kobayashi K. *Fiber reinforced concrete*. Tokyo, Japan: Ohm-sya; 1981. p. 58–62.
- [10] Okubo S, Fukui K, Yang Q, Nishimatsu Y, Shimomura H. Modulus of rupture of sprayed steel-fiber reinforced mortar. *J MMIJ* 1998;114:87–92.
- [11] Jeng F, Lin ML, Yuan SC. Performance of toughness indices for steel-fiber reinforced shotcrete. *Tunnell Underground Space Technol* 2002;17:69–82.
- [12] Gopalaratnam VS, Gettu R. On the characterization of flexural toughness in fiber reinforced concretes. *Cem Concr Comp* 1995;17:239–54.
- [13] Sasaki M. Statistical features of vein systems in the Hishikari Epithermal Gold Deposit, Japan. *Resour Geol* 2006;56:27–36.