ROYAUME DU MAROC

OFFICE MAROCAIN DE LA PROPRIETE INDUSTRIELLE ET COMMERCIALE
---

(19)

المملكة المغربية
المكتب المغربي للملكية الصناعية و التجارية

(12) FASCICULE DE BREVET

(11) N° de publication :
MA 34873 B1

(43) Date de publication :
01.02.2014

(51) Cl. internationale :
C04B 14/38; C04B 16/06; C04B 32/02; E04C 5/07

(21) N° Dépôt :
35925

(22) Date de Dépôt :
21.05.2013

(30) Données de Priorité :
21.10.2010 NO 20101485

(86) Données relatives à l'entrée en phase nationale selon le PCT :
PCT/NO2011/000300 21.10.2011

(71) Demandeur(s) :
REFORCETECH LTD., palmdohlen house dooradoyle road limerick Limerick (IE)

(72) Inventeur(s) :
STANDAL, Per, Cato ; MILLER, Leonard, W.

(74) Mandataire :
ABU-GHAZALEH INTELLECTUAL PROPERTY

(54) Titre : **Barre de renforcement et son procédé de fabrication**

(57) Abrégé : Cette invention concerne des barres de renforcement pour structures en béton, comprenant un grand nombre de fibres continues, parallèles, de préférence, en basalte, carbone, fibre de verre, ou autre, noyées dans une matrice durcie, les barres ayant, de préférence, une longueur moyenne de 20 à 200 mm, et un diamètre moyen de 2 à 10 mm, chaque barre étant constituée d'au moins un faisceau de fibres comprenant un certain nombre de fibres parallèles, de préférence, rectilignes, ayant une section cylindrique, lesdites barres étant dotées d'une forme et/ou d'une texture superficielle qui contribue à sa bonne liaison avec le béton. Une partie au moins de la surface de chaque barre est déformée avant ou pendant l'étape de durcissage de la matrice par : a) une ou plusieurs longueurs d'un matériau élastique ou non élastique, mais en tension, enroulées hélicoïdalement autour dudit au moins faisceau de fibres parallèles, rectilignes, avant durcissage de la matrice dans laquelle les fibres sont noyées, pour maintenir les fibres parallèles pendant le durcissage et doter les barres de renforcement d'une surface extérieure irrégulière, et/ou b) la déformation d'au moins une partie et/ou au moins une extrémité de chaque barre de renforcement ; pour former ainsi une surface rugueuse. Cette

invention concerne également un procédé de fabrication de barres de renforcement et un procédé d'utilisation desdites fibres courtes.

قضيب تقوية وطريقة لتصنيعه

الملخص

يتعلق الاختراع الحالي بقضبان تقوية لهياكل خرسانية، حيث تشتمل على عدد كبير من ألياف متواصلة ومتوازية، وبشكل مفضل مصنوعة من البازلت، الكربون، ألياف زجاجية، أو ما شابه ذلك، حيث يتم تضمينها في قالب معالَج، ويكون للقضبان بشكل مفضل متوسط طول يبلغ 20 مم إلى 200 مم، ومتوسط قطر يبلغ 2 مم إلى 10 مم، ويكون كل قضيب مصنوعاً على الأقل من حزم ليفية واحدة على الأقل حيث تشتمل على عدد من ألياف متوازية، وبشكل مفضل ألياف مستقيمة ذات قطاع عرضي اسطواني ويتم تزويد القضبان المذكورة بشكل سطح و/أو نسيج يساهم في الارتباط الجيد بالخرسانة. يتم تضمين جزء على الأقل من سطح كل قضيب تم تغيير شكله قبل أو أثناء مرحلة المعالجة للقالب باستخدام: أ) واحدة أو أكثر من الخيوط المصنوعة من مادة لدنة أو غير لدنة، غير أنه يتم لولبياً لف مادة مشدودة حول حزمة الألياف الواحدة المذكورة المتوازية والمستقيمة على الأقل قبل معالجة القالب الذي يتم فيه تضمين الألياف، والاحتفاظ بالألياف في حالة توازٍ أثناء معالجة وتوفير سطح خارجي غير مستوٍ في اتجاه طولي لقضبان التقوية، و/أو ب) واحد على الأقل من الأقسام التي تم تغيير شكلها و/أو طرف واحد على الأقل لكل قضيب تقوية، وبالتالي إنتاج سطح تخشين. يتعلق الاختراع الحالي بطريقة لتصنيع قضبان تقوية ولاستخدام هذه الألياف القصيرة.

قضيب تقوية وطريقة لتصنيعه

EV 2014

المجال التقني للاختراع

يتعلق الاختراع الحالي بعنصر تقوية للاستخدام بالاتصال مع الهياكل التي يتم صبها، مثل، الهياكل الخرسانية، على سبيل المثال.

على وجه الخصوص، يتعلق الاختراع الحالي بقضبان تقوية للهياكل الخرسانية وطريقة لتصنيع هذه القضبان، حيث تشتمل على عدد كبير من الألياف المتواصلة والمتوازية، والتي تكون مشدودة قليلاً للعمل معاً، وبشكل مفضل، تكون مصنوعة من البازلت، الكربون، الألياف الزجاجية، أو ما شابه ذلك، وتم تضمينها في قالب معالَج، حيث يكون للقضبان بشكل مفضل متوسط طول يبلغ 20 مم إلى 200 مم، ومتوسط قطر يبلغ 0.3 مم إلى 3 مم، حيث يكون كل قضيب مصنوع من حزمة ليفية واحدة على الأقل تشتمل على عدد من الألياف المتوازية، وبشكل مفضل الألياف المستقيمة ذات قطاع عرضي اسطواني أو بيضاوي ويتم تزويد القضبان المذكورة بشكل سطح و/أو نسيج لخواص الارتباط.

الخلفية التقنية للاختراع

تكون الخرسانة المنبسطة قوية عند الضغط، ولكنها تكون ضعيفة للغاية عن الشد، مما ينتج عنه فشل في انفعال الشد المنخفض. وبالتالي، يتمثل الإجراء المتعارف عليه في إضافة ألياف ذات طول قصير للخرسانة وقت خلط مكونات الخرسانة. سوف يتم تشتيت الألياف التي يتم خلطها بالخرسانة أثناء الخلط في جميع الاتجاهات بطريقة عشوائية وتوفير تأثير تقوية في جميع الاتجاهات داخل الخرسانة المعالجة والتي تم تصليدها. سوف تغير إضافة الألياف من نمط التكسير من تكسير كبير إلى تكسير دقيق. عن طريق تعديل آلية التكسير، تصبح الكسور الكبيرة عبارة عن كسور دقيقة. يتم تقليل عرض الكسور وزيادة انفعالات تكسير الشد القصوى للخرسانة. تتسبب الرابطة الميكانيكية بين الألياف المتضمَّنة وقالب المادة الرابطة في إعادة توزيع الاجهادات. وبشكل إضافي، ينتج عن القدرة على تعديل نمط التكسير فوائد يمكن تحديد كميتها، تقليل التكسير الدقيق الذي يؤدي إلى انخفاض القابلية

للنفاذية وزيادة مقاومة تآكل السطح، مقاومة الصدامات ومقاومة الكلال. يعد هذا النوع من الخرسانات معروفاً باعتباره خرسانة تمت تقويتها بالألياف.

تم مسبقاً استخدام تقوية بوليمر مُقوَّى بالألياف المقاومة للتآكل (FRP) لهياكل النقل خاصة تلك التي تم تعريضها لأملاح إزالة الجليد، و/أو تحديد موضعها في بيئة متآكلة بدرجة كبيرة. وبصورة شائعة، تم استخدام الزجاج، الكربون، وألياف أراميد في تصنيع قضبان تقوية لاستخدامات الخرسانة هذه.

تسمح هذه التطورات الحديثة في تقنية إنتاج الألياف بتصنيع قضبان بوليمر مقواة بألياف البازلت (BFRP)، التي تم تصنيعها من ألياف البازلت التي يتم تصنيعها من صخرة البازلت. يكون لألياف البازلت نطاق جيد للأداء الحراري، قوة شد عالية، مقاومة للأحماض، خواص جيدة مغناطيسية كهربية، طبيعة خاملة، مقاومة للتآكل وللإشعاع والأشعة فوق البنفسجية، حمل الاهتزاز والصدامات. تعد منتجات BFRP متاحة في مجموعة من الصور، مثل، قضبان مستقيمة، حلقات، شبكة ثنائية الأبعاد، والأشكال الحلزونية.

تعد مناطق استخدام الألياف الأخرى لهياكل التقوية عبارة عن طبقات خرسانية أو بطانات يتم استخدامها على جدران الأنفاق، إما لمنع الصخور من السقوط أو كوسيلة لمنع اشتعال النيران. يتم إطلاق هذه الخرسانة على السطح ويشار إليها بصورة شائعة باعتبارها جونيت أو خرسانة رش وكذلك ألواح خرسانية سابقة الصب أو عناصر خرسانية سابقة التصنيع.

لمنع الآثار التابعة للتحرك ببطء أثناء مراحل المعالجة، أي، لمنع تكوّن كسور دقيقة أو أكبر أثناء مرحلة المعالجة، يتم استخدام الألياف. تمثل أحد أنواع الألياف المستخدمة ألياف من الصلب لها طول في المنطقة التي تتراوح 2-5 سم وقطر يبلغ 1 مم تقريباً. لتوفير ارتباط كافٍ مع الخرسانة، يتم جعل أطراف هذه الألياف مستوية، وبالتالي يتم توفير رؤوس ممتدة. يتمثل الغرض من التقوية بألياف الصلب المذكورة في منع التكسير أثناء مرحلة المعالجة للخرسانة الخضراء.

يتم أيضاً بشكل مسبق الاستخدام المقترح للتقوية بالألياف المصنوعة من عدد كبير من زجاج متوازٍ أو أراميد أو ألياف الكربون التي يتم تضمينها في قالب ومعالجتها بدلاً من أو بالإضافة إلى الألياف الصلبة.

تتعلق البراءة البريطانية رقم GB 2 175 364 A بعضو تقوية على صورة قضبان تقوية مطوّلة ومستقيمة وطويلة، ذات نتوء واحد على الأقل على سطحها، تم تشكيله عن طريق لف مادة على شكل حبل على السطح المحيطي للمركز التخليقي الذي تمت تقويته بالألياف. يتم تشكيل مادة على شكل حبل عن طريق التواء حزم ليفية متواصلة عند خطوة في مدى ثلاث لفات كل عشرة سنتيمتر إلى خمسة عشر لفة كل عشرة سنتيمتر. تشتمل الحزم الليفية على الزجاج، أو الكربون، أو البورون، أو الفلز، أو ألياف طبيعية أو تخليقية.

تصف البراءة الأمريكية رقم US 5,182,064 طريقة لإنتاج قضيب بلاستيكي طويل تمت تقويته بالألياف المطوّلة مزود بأضلاع على سطحه عن طريق تشريب مادة تقوية ذات حزم ليفية طويلة متواصلة مزودة براتينج سائل غير معالج. يتم تحضير عضو تكوين الضلع بشكل منفصل عن طريق تشريب مادة تقوية لحزمة ليفية مزودة براتينج سائل غير معالج. يتم تكوين قضيب بلاستيكي مقوّي بالألياف عن طريق استخدام عضو تكوين الضلع بشكل لولبي مع معالجة العضوين في جسم مدمج.

تصف البراءة اليابانية رقم JP 4224154 عضو تقوية للخرسانة له قوة منع التصاق عالية وقوة شد عن طريق لف اللوالب السميكة واللوالب الدقيقة حول مادة الجزء المركزي التي تشتمل على ألياف تقوية وراتينج التصلب بالحرارة، وتصليبه ومعالجته في حين يتم تكوين طبقة تغليف خشنة باستخدام التصلب بالحرارة.

تصف البراءة اليابانية كيفية تحسين قوة التقوية بالاسمنت عن طريق تكوين نتوءات على شكل حلقة ناتئة للخارج، أو أطراف مسطحة، على حزم ليفية مطوّلة، تم تضمينها في مادة شديدة اللزوجة، يتم تقطيعها إلى حزم ليفية قصيرة تم وضعها في اتجاه واحد وتضمينها في قالب الراتينج.

تصف البراءة اليابانية رقم JP 1207552 حلًا حيث تتم تقوية راتينج ملدن حرارياً باستخدام حزم ألياف التقوية التي تم توجيهها في اتجاه واحد، ويتم استخدام عملية الثني معه. حيث يتم استخدام عملية الثني، يتم لف خيط يتكون من نفس الألياف مثل ألياف التقوية المذكورة، ومسحوق يتكون من كربيد السيليكون، أكسيد الألومنيوم، صلب مقاوم للصدأ، إلخ.، بتثبيت خاصية إلحاق غنية للخرسانة بمحيطات القضيب لزيادة قوة إلحاق عضو التقوية بالخرسانة.

تكشف البراءة الصينية CN 2740607 عن هيكل ليفي مقوًى للخرسانة. تمثل الألياف ألياف مرتفعة البوليمر تم تزويدها بسطح خشن. يمكن أن يكون الشكل القطاعي العرضي للهيكل الليفي المقوى عبارة عن شكل سداسي الأوراق أو شكل خماسي الأوراق. يمكن أن يكون شكل المنحنى عبارة عن شكل موجة أو شكل سن المنشار. ويتراوح قطر الألياف بين 0.5 مم و1.0 مم. ويتراوح طول الألياف بين 40 مم و75 مم. ويكون لهيكل الألياف قوة شد مرتفعة، معاملات منخفضة التلدن، حمضية قوية ومقاومة القلوية وجاذبية نوعية خفيفة. يتم استخدام الألياف للتحكم في الكسور في الخرسانة أثناء مرحلة المعالجة.

تكشف البراءة الصينية رقم CN 201236420 عن مادة الضلع التي يمكن استخدامها في الانشاء بدلاً من قضبان الصلب للتقوية. تعد مادة الضلع لتركيبة الألياف عبارة عن قضيب قطاعي اسطواني قابل للثني تم تكوينه عن طريق تغرية وتركيب مجموعة من حزم الجزء المركزي الليفي من البازلت وركيزة الراتينج التي تقوم بتغليف حزمة الجزء المركزي الليفي من البازلت. وتمثل القضبان وحدات طويلة ذات حجم متماثل مثل قضبان التقوية التقليدية من الصلب.

تكشف البراءة الأوروبية رقم EP 2087987 عن طريقة ووسيلة لإدخال ألياف صلب أطول في الخرسانة باستخدام وسيلة يتم تركيبها على أو بالقرب من فوهة الخرسانة، حيث يتم قطع الألياف وإطلاقها في تدفق الخرسانة خلال أنبوب، بشكل مباشر داخل خلاط الخرسانة.

تصف البراءة اليابانية رقم JP2007070204 والبراءة اليابانية رقم 2008037680 حزمة ليفية من الكربون على صورة خيط متراكم من اثنين أو أكثر من الحزم الليفية من الكربون. يتم التواء حزمة ألياف الكربون 50-120 كل متر ويكون لها طول بترتيب 5-50 مم. يكون لسطح حزمة ألياف الكربون فاصل مموج يتراوح من 3-25 مم. يتم التواء حزمة ألياف الكربون المستوية ذات نسبة عرض/سمك تبلغ 20 أو أكثر، ومعالجتها. ويتراوح القطاع العرضي من السلك بين 0.15-3 مم.

يصف الطلب الدولي رقم WO 98/10159 الألياف، المتواصلة أو غير المتواصلة، والقضبان ذات أشكال هندسية مثلى للاستخدام عند التقوية بالاسمنت، حيث يكون القطاع

العرضي لها مضلع الشكل. يتم تصميم الأشكال الهندسية لزيادة نسبة مساحة السطح المتاحة للارتباط بين الألياف والقالب بمساحة القطاع العرضي للألياف.

تصف البراءة الأمريكية رقم US 2001/0051266 والبراءة الأمريكية رقم US 2004/0018358 ألياف تم تغيير شكلها ميكانيكياً بصورة دقيقة بحيث تكون الألياف منبسطة ولها تغيرات في شكل السطح للاتصال المُحسّن مع مادة القالب، يمكن أن تكون مادة القالب من بين أشياء أخرى عبارة عن خرسانة. وبشكل مفضل يكون للألياف طول في المنطقة 5 – 100 مم ومتوسط عرض يتراوح بين 0.5 – 8 مم، يمكن أن تكون الألياف مصنوعة من واحدة أو أكثر من البوليمرات التخليقية أو الفلزات، مثل، الصلب.

يصف الطلب الدولي رقم WO 02/06607 الألياف التي يتعين استخدامها في خلائط الخرسانة، حيث تكون الألياف مستوية أو منبسطة ولها طرف مستوٍ أو منبسط متقابل أول وثانٍ يتم التوائه خارج الطور والذي تم تحديده هناك بين جسم ليفي حلزوني مطوّل متوسط. ويكون للألياف متوسط طول يبلغ حوالي 5 – 100 مم ومتوسط عرض يبلغ 0.25 – 8.0 مم ومتوسط سُمك يبلغ 0.00 – 3.0 مم. تكون الألياف مصنوعة من البولي بروبيلين أو بولي إيثيلين.

يتم الإشارة أيضاً إلى الطلب الدولي رقم WO 20093/025305، تنتمي إلى مقدم الطلب، تم تضمين هذا الطلب كمرجع بالنسبة لكل من طريقة التصنيع وللتصميم وإنشاء قضبان تقوية مركبة مطوّلة.

وهناك حاجة لنوع مُحسّن من التقوية الذي يكون بطريقة بسيطة مناسب لاصلاح الهياكل الخرسانية المتكسرة التقليدية، والتي يتم تقويتها بتقوية تقليدية من الصلب بحيث يمكن سد التقوية بالصلب المكشوفة وبالإضافة إلى ذلك تخزن وتوفر بصورة ممكنة تكامل هيكلي إضافي للهيكل الخرساني المتكسر.

وهناك حاجة أيضاً إلى توفير تقوية للهياكل الخرسانية مع تجنب الحاجة إلى تقوية معقدة أو تقليدية تم وضعها في موضعها، باعتماد التقوية إلى حد ما على تقوية في موضعها بصورة عشوائية داخل الخرسانة الخضراء، مما يقلل الطلب أو على الأقل جزء من التقوية التقليدية.

كذلك، هناك حاجة إلى طريقة فعالة ومُحسنة لإنتاج قضبان ليفية قصيرة وإلى تحسين تأثير الارتباط بين الخرسانة المحيطة والقضبان القصيرة.

وهناك حاجة أيضاً إلى تقوية قضيب قصير تساهم في قوة الخرسانة أيضاً عند المراحل التالية لإتمام معالجة الخرسانة.

سيتم أيضاً إدراك أن هناك حاجة إلى تقوية بدون صيانة ويمكن الاعتماد عليها حيث يكون الوصول محدوداً لتركيب تقوية القضيب أو للاستخدام في عمليات حيث تحدد المعدات الآلية فرصة استخدام تقوية القضيب المستقيم أو تصنيعه بشكل مسبق أو أقفاص التقوية في موضعها، بما في ذلك الهياكل مثل، الألواح، الأنابيب، المجارى السفلية للصرف، الأرصفة، طرق، مرساة البحر، إلخ.

في معظم الوثائق التي تشير إلى ما ذكر أعلاه، يتم اختيار الألياف البلاستيكية المستخدمة من مجموعة ذات وزن نوعي يساهم في إجمالي الوزن النوعي للألياف، مثلاً، الألياف والقالب، التي تكون أقل من 1، وبالتالي تزود القضبان القصيرة بميل للطفو لأعلى تجاه السطح العلوي في عملية الصب. كذلك، يكون للألياف البلاستيكية من الفن السابق أيضاً ميل لامتصاص الماء، مما يتسبب في إزالة الماء في طور الصب حيث لا تكون هناك حاجة إلى فائض من الماء لتحقيق معالجة ملائمة للخرسانة.

عند صب الخرسانة، يكون للألياف البلاستيكية من الفن السابق ميل للطفو لأعلى تجاه السطح عند ترك المجرى المائل. كذلك، يكون للألياف الصلبة التقليدية ميل للتجميع أثناء الخلط والصب، مما ينتج عنه الانسداد، ويكون من الصعب أيضاً الخلط نتيجة للميل لامتصاص الماء، ذات تأثير سلبي على إزالة الماء وعملية المعالجة للخرسانة التي تم صبها. تقلل هذه الآثار السلبية من نطاق الجزء الصلب ويمكن استخدام الألياف البلاستيكية عبر ذلك. وتتمثل مزايا بازلت MiniBars™ وفقاً للاختراع الحالي، في الكثافة وعدم امتصاص الماء، مما يسمح بالخلط في نطاقات أعلى حتى 10% من حجم الجزء (VF)، الذي خلاف ذلك يجعل من المستحيل استخدام الألياف التقليدية.

الكشف عن الاختراع

يتمثل الغرض الرئيسي من الاختراع الحالي في زيادة قوة الشد للخرسانة التي تمت تقويتها بالألياف حتى 15 ميجا باسكال في قوة شد والثني باستخدام طرق اختبار ASTM وأيضاً قوة الشد المتبقية، ولتحويل نمط العطل الانضغاطي للبلاستيك مقابل التقصف، مما يقلل حجم الكسر بشكل مفضل لأقل من 10، وبالتالي إنشاء تقوية فعالة للغاية.

ويتمثل أيضاً الغرض من الاختراع الحالي في توفير خرسانة تمت تقويتها MiniBar™ لها قدرات خشونة ثني جيدة للغاية وامتصاص الطاقة بعد التكسير. يشتمل تعريف MiniBar™ على بازلت قصير، قضبان تقوية الكربون أو الألياف الزجاجية، التي تتكون من عدد من الألياف المتوازية التي تم تضمينها إلى حد كبير في قالب مناسب، وتشتمل على اللف الحلزوني حول الألياف المتضمنة، حيث يتم تكوين قطع متعرجة تم ترتيبها حلزونياً تمتد محيطياً بطريقة متواصلة على طول القضيب، حيث يكون للقضيب طول في المنطقة من 20 إلى 200 مم وقطر في منطقة تتراوح من 0.3 مم إلى 3 مم وبشكل ممكن باستخدام سطح خشن كما تمت الإشارة إليه أدناه، تتم الإشارة إلية فيما يلي بـ MiniBar™.

يتمثل غرض آخر من الاختراع الحالي في توفير تقوية تكون نشطة في كل من أثناء مرحلة المعالجة باعتبارها تحكم في التكسير متأصل وأثناء عمر هيكل الخرسانة، ذو خواص التحمل للحمل وخواص التوزيع التالية أيضاً للمعالجة التي تم إنجازها، وبالتالي تحسين التكامل الهيكلي لهياكل الخرسانة المذكورة.

يتمثل غرض آخر من الاختراع الحالي في توفير عنصر تقوية يقلل مدى العمل التحضيري على الهياكل الخرسانية التالفة لإصلاح الأضرار على هذه الهياكل.

يتمثل غرض آخر من الاختراع الحالي في توفير طريقة لإنتاج قضيب التقوية المذكور باستخدام صفات وخواص الارتباط المعززة عند الاستخدام في الخرسانة.

يتمثل غرض آخر من الاختراع الحالي في توفير نظام تقوية يمكن استخدامه أيضاً في الهياكل الخرسانية مثل الجدران البحرية حيث تحد قوة الخرسانة المُحسّنة من حيث الشد من الحاجة إلى صلب خفيف أو معتدل أو نوع آخر من التقوية.

يتمثل غرض آخر من الاختراع الحالي في توفير تقوية FRP تحتوي على قضبان قصيرة لا تساهم بطريقة سلبية في عملية معالجة الخرسانة بينما في نفس الوقت يتم تعزيز تأثير الارتباط وآلية الارتباط بالخرسانة المحيطة.

وينبغي إدراك أن ألياف الصلب سوف يكون نتيجة لنقص مقاومة التآكل التي تفقد تدريجياً قوة التقوية. من هنا، يتمثل غرض آخر من الاختراع الحالي في توفير ألياف تقوية مقاومة للقلوية.

يتمثل غرض آخر في توفير تقوية MiniBar™ التي تسمح للوضع العشوائي في الخليط والتي لا تتأثر باستخدام أجهزة الاهتزاز لاهتزاز الخرسانة الخضراء.

يتمثل غرض آخر من الاختراع الحالي في توفير تقوية مناسبة لهياكل التقوية التي تعد خلاف ذلك صعبة في الوصول إلى، مثلاً، الأساس العميق في الحفر، أكوام الأساس أو جدران الحاجز.

يتمثل غرض آخر من الاختراع الحالي في توفير تقوية MiniBar™، حيث لا يتأثر موضعها عند اهتزاز الخرسانة الخضراء نتيجة للكثافة.

يتمثل غرض آخر من الاختراع الحالي في توفير نظام تقوية حيث يكون تأثير تقوية الألياف والتقوية التقليدية في صورة عمل قضبان أو حلقات التقوية معاً على منطقة قطاعية عرضية كلية لهيكل خرسانة، ويمنع أيضاً من تكوين كسور الخرسانة و/أو تشظي السطح التالي لإتمام معالجة الخرسانة. في مثل هذه الحالة، تعمل التقوية بالألياف والتقوية على صورة القضبان، الحلقات، أو تقوية الضغط المسبق باعتبارها تقوية متكاملة.

يتمثل غرض آخر من الاختراع الحالي في توفير نظام تقوية يقلل تكاليف العمل المطلوبة والحفاظ على مستوى ممكن من امكانية عمل الخرسانة الخضراء.

يتمثل غرض آخر من الاختراع الحالي في توفير عناصر التقوية التي يتم تصميمها بطريقة بحيث إنه عندما يتم تعريض هيكل خرسانة، تمت تقويته باستخدام عناصر التقوية وفقاً للاختراع الحالي للأحمال والقوى، ينبغي أن يسمح العطل بفقد الارتباط بين عنصر التقوية وليس عن طريق كسر MiniBar™، للخرسانة بالعطل أو بالتكسير ولكن ليس MiniBar™ بذاته، بالتالي يمنح قوة التكسير اللاحق لهيكل الخرسانة المتعلقة بقوة ارتباط جيدة.

يتمثل غرض آخر من الاختراع الحالي في توفير قضبان قصيرة مُحسّنة لا يتم سدها أثناء الخلط باستخدام خرسانة خضراء والتي لا يتم غمرها أو طفوها في دفعة خرسانة خضراء مختلطة أثناء الخلط أو الصب.

يتم تحقيق الأغراض باستخدام تقوية MiniBar™ قصيرة باعتبارها محددة كذلك بعناصر الحماية المستقلة. يتم تحديد التجسيدات الممكنة بعناصر الحماية التابعة.

يتمثل غرض آخر من الاختراع الحالي في توفير تقوية MiniBar™ حيث يتم جمع القطر وقوة الارتباط، التي تمثل أبعاد حرجة للحصول على القوة، بطريقة تتجاوز قوة شد متبقية وثني مطلوبة 15 ميجا باسكال.

وفقاً للاختراع الحالي يقصد من MiniBars™ الحد من الحاجة إلى بوليمرات تقوية من ألياف الصلب أو البازلت في بعض الاستخدامات، مثال، تقوية القص.

يتم تحقيق الأغراض أعلاه باستخدام قضيب التقوية وطريقة لاستخدام وإنتاج هذه القضبان كما تم تحديدها كذلك بعناصر الحماية المستقلة. وتم تحديد التجسيدات الاختيارية من الاختراع الحالي بعناصر الحماية التابعة.

وفقاً للاختراع الحالي، يشتمل قضيب التقوية للهياكل الخرسانية، على عدد كبير من الألياف المتوازية المتواصلة، وبشكل مفضل المصنوعة من البازلت، الكربون، الألياف الزجاجية، أو ما شابه ذلك، تم تضمينها في قالب معالَج. وبشكل مفضل، يمكن أن يكون للقضبان متوسط طول في مدى يتراوح من 20 مم إلى 200 مم، ومتوسط قطر في مدى يتراوح من 0.3 مم إلى 3 مم وكل قضيب يمكن أن يكون مصنوعاً من حزمة ألياف واحدة على الأقل تشتمل على عدد من الألياف المتوازية، بشكل مفضل المستقيمة ذات قطاع عرضي اسطواني، وبشكل مفضل يكون القطاع العرضي إلى حد ما دائري أو بيضاوي الشكل. يمكن تغير شكل جزء على الأقل من سطح كل قضيب قبل أو أثناء مرحلة المعالجة للقالب باستخدام:

أ) واحد أو أكثر من الخيوط اللدنة أو غير اللدنة، ولكنه يتعين لف المادة المشدودة حلزونياً حول حزمة واحدة على الأقل المذكورة من الألياف المستقيمة المتوازية قبل معالجة القالب حيث يتم تضمين الألياف، ويتم الاحتفاظ بالألياف في حالة متوازية أثناء المعالجة وتوفير سطح خارجي غير مستوٍ باستخدام قطع متعرجة حلزونية يتم وضعها طولياً في اتجاه طولي على سطح حزمة (حزم) الألياف المقولبة من قضبان التقوية، و/أو

ب) يتم تزويد تلك القضبان المذكورة بشكل و/أو نسيج سطحي يساهم في الارتباط الجيد بالخرسانة؛

مما يوفر سطح خشن.

وفقاً لأحد تجسيدات الاختراع الحالي، يمكن أن يتم لف اثنين أو أكثر من الخيوط حلزونياً في اتجاه مقابل حول حزمة (حزم) ألياف تم تضمينها في القالب.

كذلك، بشكل مفضل، يمكن أن تكون قضبان صغيرة مصنوعة من ألياف البازلت، الكربون، الزجاج، أو ما شابه ذلك.

سيتم إدراك أن طول الخطوة للولب في مدى يتراوح من 10 مم إلى 22 مم، وبشكل مفضل حوالي 17 مم ليكون متوافقاً مع درجة الخرسانة وحجم التكتل، بينما وبشكل مفضل يمكن أن تكون زاوية اللولب بالنسبة لخط المركز لألياف قضيب صغير في مدى يتراوح من 4 إلى 8 درجات، بينما تكون زاوية الألياف المتوازية بالنسبة لخط المركز المذكور لألياف القضيب الصغير بين 2 إلى 5 درجات.

يشتمل الاختراع الحالي أيضاً على طريقة لتصنيع قضبان تقوية. يمكن أن يشتمل كل قضيب على عدد كبير من الألياف المتوازية المتواصلة، وبشكل مفضل تكون مصنوعة من البازلت، الكربون، الألياف الزجاجية، أو ما شابه ذلك، ويتم تضمينها في قالب معالج، وبشكل مفضل يكون للقضبان طول يتراوح في مدى من 20 مم إلى 200 مم، وقطر في مدى من 0.3 مم إلى 3 مم. ويمكن أن تكون القضبان المذكورة مصنوعة من حزمة ليفية واحدة على الأقل، قبل أو أثناء تزويد عملية المعالجة بنسيج سطحي يساهم في الارتباط الجيد بالخرسانة، حيث يتم الحصول على نسيج السطح المذكور عن طريق لف واحد أو أكثر من الخيوط من مادة لدنة حلزونياً حول حزمة واحدة على الأقل مذكورة من ألياف متوازية وتكون الألياف أيضاً مستقيمة.

وفقاً لأحد التجسيدات، يتم لف واحد على الأقل من الخيوط حلزونياً قبل معالجة القالب، مع الاحتفاظ بالألياف في حالة متوازية أثناء المعالجة وتوفير سطح خارجي غير مستوٍ في اتجاه طولي لقضبان التقوية. يمكن استخدام اثنين أو أكثر من الخيوط، مثال، تم لفها حلزونياً في اتجاه مقابل.

يمكن أن يكون اللف الحلزوني بزاوية في مدى يتراوح من 4 إلى 8 درجات، بالنظر إلى خط المركز للقضيب الصغير المطوّل.

يمكن أن يتم خلط هذه الألياف عشوائياً مع الخرسانة الخضراء واستخدامها في إصلاح عمل الخرسانة المتكسرة وأيضاً لتوفير متوسط قوة متبقية وقوة ثني في هياكل خرسانية معالجة، وبالتالي تخزين أو تحسين التكامل الهيكلي لهيكل الخرسانة.

وفقاً لأحد تجسيدات الاختراع الحالي، يشتمل قضيب التقوية على عدد كبير من الألياف المتواصلة والمتوازية، وبشكل مفضل المصنوعة من البازلت، ويتم تضمينها في قالب معالج، وبشكل مفضل يكون للقضبان متوسط طول في نطاق يتراوح من 20 مم و200 مم، ومتوسط قطر في نطاق يتراوح من 0.3 مم إلى 3 مم. يمكن أن يكون كل قضيب مصنوعة من حزم ليفية واحدة على الأقل تشتمل على عدد من الألياف المتوازية، وبشكل مفضل الألياف المستقيمة التي لها إلى حد ما قطاع عرضي اسطواني أو بيضاوي ويمكن تزويده بشكل و/أو نسيج سطحي يساهم في الارتباط الجيد مع الخرسانة.

جزء على الأقل من أسطح كل قضيب تم تغير شكله قبل أو أثناء مرحلة المعالجة للقالب باستخدام:

أ) واحدة أو أكثر من مواد الخيوط التي تم لفها حلزونياً حول حزمة واحدة على الأقل من الألياف المتوازية والمستقيمة قبل معالجة القالب حيث يتم تضمين الألياف، والحفاظ على الألياف في حالة متوازية أثناء المعالجة وتوفير سطح خارجي غير مستوي في اتجاه طولي لقضبان التقوية، و/أو

ب) جزء على الأقل تم تغيير شكله و/أو من الممكن طرف واحد على الأقل من كل قضيب التقوية؛ وبالتالي إنتاج سطح خشن و/أو هذه التغييرات الشكلية يمكن أن تكون عبارة عن أي تغييرات في الشكل أو حزوز أو أشكال تمنع أو تحدد على الأقل من الانسحاب بدرجة كبيرة.

ينبغي أيضاً إدراك أن ألياف البازلت الأدق المستخدمة باعتبارها لولب حول ألياف البازلت الرئيسية سوف تزيد من قوة MiniBar™.

وفقاً لتجسيد آخر، يتم لف واحد، اثنين أو أكثر من الخيوط حلزونياً في اتجاه مقابل، فإن واحد أو اثنين من الخيوط المذكورة تتسبب في إحداث قطع متعرجة مطلوبة وفقاً للاختراع الحالي.

وفقاً للاختراع الحالي، يتم توفير القطع المتعرجة المذكورة التي يتم وضعها بشكل حلزوني عن طريق التواء وحدة الخيط أو الألياف حلزونياً حول حزمة من الألياف غير المتشربة، إلى حد ما غير معالجة، باستخدام شدة أعلى في الخيط المذكور عنه في الحزمة، وبالتالي توفر التواء في الحزمة و/أو قطع متعرجة تم وضعها حلزونياً تمتد على الطول الكلي للحزمة و/أو الألياف المقطوعة الصغيرة كما يمكن أن تكون الحالة.

وبشكل بديل أو بالإضافة إلى ذلك، يمكن تزويد السطح الخارجي للقضيب بجزء على الأقل واحد مكبر أو منبسط أو ذو قطر متباين، هذا السطح تم توفيره قبل طور المعالجة، وبالتالي توفير ارتباط أفضل بالخرسانة.

يمكن أن يكون لكل قضيب أيضاً جزء أو أطراف متوسطة تم تغيير شكلها، مما يزيد من مساحة سطح اتصال القضيب.

في طريقة مفضلة لتصنيع قضبان التقوية كما تم تحديدها كذلك أعلاه، تم الحصول على نسيج السطح المذكور عن طريق لف واحد أو أكثر من الخيوط حلزونياً لمادة لدنة أو غير لدنة حول حزمة واحدة على الأقل المذكورة من الألياف المتوازية، حيث يمكن أن تكون الألياف أيضاً مستقيمة. بشكل مفضل، يمكن لف واحد على الأقل من الخيوط حلزونياً حول الألياف والقالب قبل معالجة القالب، مع الاحتفاظ بالألياف في حالة توازٍ أثناء المعالجة وتوفير سطح خارجي غير مستوٍ على صورة قطع متعرجة تمتد حلزونياً في اتجاه طولي لقضبان التقوية. وبشكل بديل، يتم لف اثنين أو أكثر من الخيوط حلزونياً حول الألياف والقالب في الاتجاهات المقابلة، يعد الشد في هذا الخيط (الخيوط) أعلى من الشد المستخدم لسحب الحزمة على طول خط الإنتاج تجاه مرحلة المعالجة والتصليد.

يمكن كذلك أن يتم تزويد السطح الخارجي للقضيب أو بدلاً من ذلك بجزء مكبر أو منبسط واحد على الأقل أو له قطر متغير، هذا الجزء المكبر أو المنبسط الذي تم تكوينه قبل طور المعالجة، بالتالي يوفر ارتباط أفضل بالخرسانة.

يمكن خلط القضبان وفقاً للاختراع الحالي بالخرسانة الخضراء واستخدامها لإصلاح عمل الخرسانة المتكسرة، أيضاً لتوفير متوسط قوة متبقية وقوة ثني متزايدة في الهياكل الخرسانية المعالجة، وبالتالي استعادة أو تحسين التكامل الهيكلي لهيكل الخرسانة.

يمكن أن تكون المناطق الأخرى المحتملة للاستخدام عبارة عن أرضيات خرسانية في المباني، إما مسبقة التصنيع أو الخرسانة في موضعها؛ أحجار تمهيد الخرسانة التي يمكن أن تكون مصنوعة أدق وأخف وذلك لتأثيرات تقوية MiniBars™ البازلت، إلخ. تتمثل منطقة استخدام أخرى في خرسانة لإنتاج مثبتات أو خطوط أنابيب البحر التي تحتفظ بالأوزان في الأسفل عند قاع البحر.

هناك نوع آخر لاستخدام MiniBar™ وفقاً للاختراع الحالي، مثال ولكن ليس على سبيل الحصر، مناسباً للاستخدام على الهياكل التي تتعرض للسوائل وعلى وجه التحديد للماء وله رقم هيدروجيني أقل من سبعة أو ماء يحتوي على الملح. يمكن أن تكون هذه الهياكل عبارة عن، مثال، هياكل للدفاع عن البحر وأجزاء من جدران حائل الأمواج /الرصيف البحري أقل من أو يتعرض لخط الماء، أعمدة الكباري، القوارب المسطحة الخرسانية أو ما شابه ذلك. يمكن أيضاً استخدام التقوية على هياكل أساسها الأرض حيث يكون الوصول إلى تركيب التقوية التقليدية صعباً. يمكن أن يكون هذا الاستخدام، على سبيل المثال، عبارة عن أساسات عميقة في الحفر أو جدار الغشاء، أعمدة، أو ما شابه ذلك.

ينبغي ملاحظة أن تقوية البازلت MiniBar™ يمكن إضافته إلى الخرسانة الخضراء أثناء الخلط، وتوصيله إلى الشاحنات. وبشكل بديل، يمكن توصيل تقوية MiniBar™ في خرسانة جافة لأحجار التمهيد ومجارى سفلية للصرف، إلخ.

يمكن أن تكون المادة المستخدمة لإنشاء نمط حلزوني من القضبان، مثال، خيط لدن أو غير لدن. كبديل، يمكن أيضاً استخدام خيوط ألياف البازلت حيث إن هذا اللولب يمكن أن يساهم أيضاً في كل من قوة وشدة MiniBars™.

كذلك، ينبغي أيضاً إدراك أنه يمكن تغليف MiniBars™ بطبقة من المادة الجسيمية الموضوعة عشوائياً، مثال، الرمال، الزجاج أو نوع مماثل من المواد الصلبة.

وفقاً للاختراع الحالي، يتم بشكل متساوٍ خلط MiniBars™ في الخرسانة الخضراء، وتوجيهها عشوائياً. ويكون لـ MiniBars™ كثافة مماثلة للخرسانة، على الرغم من إنها ليس نفسها. وبالتالي، لا تطفو MiniBars™ ولا يتم غمرها في الخرسانة الخضراء وبدون أن تتأثر باهتزاز الخرسانة، مثلاً، دون الانتقال لأعلى حتى القمة أو لأسفل حتى قاع الخرسانة عند اهتزازها.

يعد سلوك MiniBars™ في الخرسانة تابعاً لكل من الخواص الخرسانية وتوزيع MiniBars™ في الخرسانة. يمكن أن تكون خواص الخرسانة مهمة لأن القضبان قصيرة مقارنةً بقطرها، وبالتالي لا تطور ارتكاز كامل في الخرسانة. وبالتالي، فإن القوى التي يمكن تعبئتها في القضبان معتمدة للغاية على قوة الخرسانة وجهد الارتباط الناتج الذي تم تطويره بين الخرسانة والقضبان. يعد توزيع MiniBars™ في الخرسانة مهماً لأنه يتم استخدام عدد صغير من القضبان في الخليط، مقارنةً بالألياف التقليدية. يشير هذا العدد الصغير نسبياً من القضبان إلى أن الاهتزاز الثانوي في التوزيع خلال الخلط يمكن أن يكون له تأثير ملحوظ على القوة.

كذلك، يمكن أن يكون لحجم التكتلات المستخدمة في خليط الخرسانة تأثيراً على قوة هيكل الخرسانة المعالجة. يؤثر حجم الكتل الأصغر المختلط مع MiniBars™ وفقاً للاختراع الحالي على صفة توزيع القضبان وبالتالي تحسين قوة الخرسانة.

وفقاً للاختراع الحالي، يمكن أن يكون اللولب حول حزمة الألياف المستقيمة مفيداً. وسوف تعمل MiniBars™ التي تم وضعها عشوائياً إلى حد ما وفقاً للاختراع الحالي مثل روابط قص في الهيكل الخرساني، على تجسير وتحسين قوة القص للخرسانة. يمكن أن يكون MiniBars™ وفقاً للاختراع الحالي أيضاً عبارة عن تقوية تقليدية مكملة، إما قضبان تقوية من ألياف الكربون أو البازلت أو صلب الثني طولية تقليدية أو أقفاص، حيث تعمل MiniBars™ على الأقل باعتبارها تقوية قص، مثال لتقليل زمن التثبيت المطلوب باستخدام وسائل تثبيت التقوية.

وهناك ميزة فريدة تم الحصول عليها باستخدام MiniBars™ وفقاً للاختراع الحالي، تتمثل في أن الاختبارات أوضحت أن متطلبات القوة المتبقية ذات الصلة، استناداً إلى اختبارات ASTM C1609 (كما تم تحديدها في ACI 318-08 لخرسانة تمت تقويتها من ألياف الصلب) لاستخدام MiniBars™ وفقاً للاختراع الحالي باعتباره تقوية قص في ألواح وأذرع خرسانية تمت تقويتها. يعد هذا النوع من الألياف خالي من التآكل، ومقاوم للقلويات، ومن نوع الألياف الهيكلية.

يكون لقضبان التقوية بألياف البازلت وفقاً للاختراع الحالي آليات الارتباط التالية:

- على نطاق كبير، يتم التواء اللولبة المقننة من ألياف البازلت وخيط لولبي في مدى من 10 إلى 22 مم. سوف يكون الارتباط بين تكتلات الخرسانة، حيث يكون لهذا التكتل شكل غير منتظم الذي سوف يشتبك أو يحدث احتكاك يحيط بالتكتلات في الخرسانة، ويضمن تأثير ارتباط ملائم. بالإضافة إلى ذلك، سوف تساهم جسيمات الرمال الدقيقة وجسيمات الأسمنت التي توجد بين التكتلات الأكبر أيضاً في تأثير هذا الارتباط. إذا كان طول اللولبة لقضبان صغيرة وفقاً للاختراع الحالي، أي، مسافة أو طول لفة واحدة لخيط حلزوني دقيق، كبيرة جداً و/أو مستقيمة، أي لولبة كبيرة للغاية، سيتم سحب MiniBars™، بينما إذا كانت المسافة أو الطول المذكور صغيراً للغاية، سوف يقوم القضيب الصغير وفقاً للاختراع الحالي بكسر و/أو سحق الجسيمات الدقيقة المحيطة، الأسمنت القريب، حيث تعد هذه الجسيمات بصورة رئيسية عبارة عن جسيمات دقيقة نتيجة للحجم المنخفض للقطع المتعرجة لكل طول قضيب.

- على نطاق صغير، سيتم جعل أسطح ألياف البازلت المنفصلة خشنة نتيجة للقطع المتعرجة الطولية الدقيقة التي تم تكوينها بين الألياف المتوازية في الحزمة، مما يشكل تأثير ارتباط بين الجسيمات الدقيقة في الخرسانية، ويسمح ويوفر تأثير ارتباط دقيق متشابك قوي بين التكتل الصغير والدقائق في الخرسانة و MiniBar™.

وهناك سمة واحدة لعملية RFT تتمثل في كونها قادرة على التوافق مع طول اللولبة الحلزونية (انظر الشكل 3) لتتوافق مع حجم التكتل الأكبر بحيث يمكن أن تتشابك MiniBar™ والتكتل بطريقة أكثر فاعلية، مثلاً، أطوال لولبة أصغر لتتوافق مع خلائط التكتل الأصغر.

يمكن أن يساهم الارتباط الكيميائي للخرسانة مع طبقة رقيقة للقالب والجديلة الخارجية لألياف البازلت أيضاً في تأثير الارتباط بين الألياف والخرسانة المحيطة.

تكون الروابط أعلاه بصورة مباشرة مع ألياف البازلت المستقيمة بالتواء صغير مغلفة ومرتبطة عن طريق قالب. لا يعتمد الارتباط على إضافة جسيمات الرمال التي تم توضيحها للقص بعيداً عن قضبان مغلفة بإستر ڤينيل. كذلك، لا يعتمد الارتباط على الارتباط بحلقة تمت إضافتها خارجياً و"تمت تغريتها" من مادة ثانوية كما تم اقتراحها في الفن السابق.

يكون ارتباط MiniBar™ في اتجاه الألياف، وتسمح كل من الألياف والقطع المتعرجة التي

تم صنعها بلولب دقيق ملتوي حلزونياً بارتباط ميكانيكي جيد بين قضيب التقوية والخرسانة المحيطة على الطول الكلي لـ MiniBar™.

سوف يتم إدراك أنه لتوفير سطح خشن من MiniBars™ وفقاً للاختراع الحالي، يكون عامل الوزن للألياف فيما يتعلق بعامل الوزن للقالب بشكل مفضل في مدى يتراوح من 65 إلى 85، وبشكل أكثر تفضيلاً، بترتيب من 70 إلى 77، وبشكل أكثر تفضيلاً حوالي 75. إذا كان عامل الوزن للقالب المستخدم مرتفعاً للغاية، سوف تمتلئ القطع المتعرجة الدقيقة بين الألياف عند سطح MiniBar™ بالقالب، مما يقلل من إسهام التكتل/الدقائق في الارتباط على نطاق دقيق ويتسبب في سحب القالب بسهولة على صورة "خرطوم". إذا كان حجم القالب صغيراً للغاية، سيتم تقليل إسهام القص الذي تم توفيره بالارتباط بين الألياف عند السطح والتكتلات و/أو الدقائق في الخرسانة.

كذلك، بشكل مفضل، ينبغي أن تكون الزاوية الأكثر تفضيلاً α للولبة بالنسبة لخط المركز من MiniBar™ وفقاً للاختراع الحالي في مدى يتراوح من 4 إلى 8 درجات، في حين ينبغي أن تكون الزاوية x للألياف المتوازية بالنسبة لخط المركز المذكور من MiniBar™ بترتيب 2 إلى 5 درجات. وبشكل مفضل، يمكن أن يتم إنتاج MiniBar™ وفقاً لمحتوى البراءة الأمريكية رقم US 7,396,496، حيث يتم تضمين محتواها هنا كمرجع. أثبتت الاختبارات أن الألياف وفقاً للاختراع الحالي تختلط جيداً وتبقي عشوائية في الخليط بصرف النظر عن سرعة الدوران للاسطوانة الدوّارة في شاحنة نقل لخلط الخرسانة. كذلك، تظل الألياف موزعة بعشوائية وتظل موزعة بالتساوي خلال الحجم المختلط أيضاً أثناء الصب.

سيتم أيضاً إدراك أن كل من القطر وقوة الارتباط حرجة لضمان القوة المطلوبة لتقوية الألياف الصغيرة.

بينما تعتمد حلول الفن السابق على قوة القص للإيبوكسي المستخدم كقالب، وتعتمد القضبان الليفية وفقاً للاختراع الحالي على قوة القص بين الرمال والتكتلات في الخرسانة على جانب واحد والارتباط الذي تم الحصول عليه باستخدام سطح القضيب الصغير mini bar.

ويعد نطاق الأقطار مهماً حيث يعمل الانكماش في الخرسانة أيضاً كآلية تثبيت التي تعد أقوى على الأقطار الأكبر من الأقطار الصغيرة. أظهرت مجموعة الاختبار أن القطر يقلل

من فعالية التثبيت حيث يتم قياسه كلما زاد الارتباط في مجموعة اختبار قوة الثني، حيث ينخفض الارتباط كلما تم قياسه بمتوسط القوة المتبقية. وهناك تضمينات بالنسبة لمستويات القوة المختلفة حسب الطلب أثناء هندسة أقطار مختلفة للهياكل الخرسانية يمكن تحديدها لتوفير مستوى القوة المفضلة أو المطلوبة.

مقارنةً بأبعاد MiniBars™، يمكن أن يكون للتكتل في أي حجم طبيعي مستخدم بشكل شائع في الخرسانة.

لوصف المختصر للرسومات

سوف يتم الآن وصف تجسيدات الاختراع بمزيد من التفاصيل، بالإشارة إلى الرسومات المصاحبة، حيث:

الشكل 1 عبارة عن مسقط تخطيطي لتجسيد أول لـ MiniBar™ وفقاً للاختراع الحالي، يشير إلى اللف المحكم؛

الشكل 2 عبارة عن مسقط تخطيطي لتجسيد ثانٍ لـ MiniBar™ وفقاً للاختراع الحالي، حيث يوضح لفات ذات طول لولبة أكبر؛

الشكل 3 يوضح تخطيطياً وعلى نطاق كبير جزء من أحد تجسيدات لـ MiniBar™ وفقاً للاختراع الحالي، مما يشير إلى مختلف الزوايا محل الاهتمام؛

الشكل 4 يوضح تخطيطياً وعلى نطاق كبير قطاع رأسي في اتجاه محوري لأحد تجسيدات لـ MiniBar™ وفقاً للاختراع الحالي، مما يشير إلى اتجاه العديد من الألياف المتوازية إلى حد كبير ويشير إلى التفاعل بين التكتلات والدقائق من الخرسانة على أحد الجوانب والسطح والقطع المتعرجة لسطح ألياف MiniBar™ على الجانب الآخر؛

الشكل 5 يوضح تخطيطياً وعلى نطاق كبير قطاع عرضي خلال MiniBar™ وفقاً للطلب الحالي، مما يشير أيضاً إلى القطع المتعرجة والسطح الخشن؛

الشكل 6 يوضح رسم بياني لقوة شد وثني تم قياسها بالميجا باسكال من خرسانة الخلط الجاف لمختلف جرعات الألياف % بالحجم؛

الشكل 7 يوضح متوسط قوة متبقية تم قياسه بالميجا باسكال للخليط الجاف من جرعات الألياف المختلفة % بالحجم؛

الشكل 8 يوضح قوة شد وثني تم قياسها بالميجا باسكال من خرسانة طبيعية بأقصى حجم تكتل يصل إلى 20 مم، لمختلف جرعات الألياف بنسبة % بالحجم؛

الشكل 9 يوضح قوة الشد والثني للخرسانة شديدة القوة ذات أقصى حجم تكتل يصل إلى 20 مم، لمختلف جرعات الألياف % بالحجم؛

الشكل 10 يوضح متوسط قوة متبقية للخرسانة بأقصى حجم تكتل يصل إلى 20 مم؛

وتكشف أحد الأوراق عن النتائج من الاختبارات، الموضحة في الجدول 1، الجدول 2 والجدول 3، حيث يكشف الجدول 1 عن نتائج الاختبارات لإنتاج 1 و2 لخرسانة الخلط الجاف؛ يوضح الجدول 2 نتائج الاختبار بالنسبة للخرسانة الطبيعية بأقصى تكتل يصل إلى 20 مم، وتكون الجرعة بالنسبة المئوية % متباينة؛ ويوضح الجدول 3 نتائج الاختبار لخرسانة مرتفعة القوة بأقصى تكتل يصل إلى 20 مم لثلاث جرعات مختلفة من الألياف بالنسبة المئوية %.

الوصف التفصيلي للاختراع

الشكل 1 يوضح تخطيطياً مسقط من تجسيد أول لـ MiniBar™ 10 وفقاً للاختراع الحالي. يشتمل MiniBar™ 10 على عدد كبير من الألياف المتوازية 11 من البازلت، ألياف الزجاج، أو الكربون، التي تم تضمينها في قالب معالج من الهجمات القلوية المقاومة من نوع تقليدي. يمكن أن تكون هذا القالب، مثلاً، عبارة عن مواد التلدن بالحرارة، استر ڤينيل (VE) أو إيبوكسي. يتم لف خيوط لدنة أو غير لدنة 12 بشكل مستمر حول ألياف تم تضمينها مطوّلة، مع استخدام شد محدد في الخيوط 12 وذلك لتغيير شكل السطح المحيطي جزئياً من القضيب 10، وإنتاج قطع متعرجة مطوّلة تم وضعها حلزونياً 14. بشكل مفضل، يتم إجراء عملية اللف في نفس الوقت باستخدام أو بعد عملية التضمين قليلاً للألياف المطوّلة 11 في القالب، ولكن قبل المرحلة النهائية للمعالجة وبالتالي ضمان تغير الشكل المطلوب للسطح المحيطي للقضبان 10. كذلك، يمكن جعل MiniBar™ 10 على صورة خيوط مطوّلة أو قضبان في عملية مستمرة، حيث يتم قطع القضيب المتواصل المذكور إلى أطوال بشكل مفضل في مدى يتراوح من 20 مم إلى 200 مم، بينما بشكل مفضل يمكن أن يكون قطر أو سُمك القضبان في مدى من 0.3 مم إلى 3 مم. يمكن أن يتم جعل اللولب عبارة عن

خيوط لدنة أو غير لدنة على سبيل المثال، البازلت الذي عندما يكون مشدودًا بطريقة مقننة، يتسبب في تغير شكل السطح المطلوب وبشكل متكرر على صورة قطع متعرجة. كذلك، وبشكل مفضل، يمكن أن يكون للسطح الخارجي لـ MiniBar™ نسيج على شكل شعر، حيث يشتمل على عدد من المواد الدقائقية، الشعر، أو الأطراف الليفية التي تمتد للخارج من MiniBar™ في اتجاه عشوائي. يمكن تحقيق هذا عن طريق التواء عدد كبير من ألياف البازلت المتوازية التي تم تضمينها في قالب غير معالج، وبشكل مفضل كحزمة أحادية، حول اللولب الدقيق المذكور، وبالتالي تحويل اللولب الدقيق المستقيم إلى حلزوني حول الحزمة الليفية. أُناء عملية انشاء اللولب، يتم التحكم في الشد في اللولب الدقيق بالنظر إلى الشد في حزمة ألياف البازلت. يمثل التجسيد الموضح في الشكل 1 وسيلة أولية لتعزيز الارتباط مع الخرسانة المحيطة شكل غير مستوٍ من MiniBar™ تم تشكيله باللولب المشدود 12. يتم الاحتفاظ بالاختلاف في الشد في القضيب حتى تتم معالجة القالب وتصليده بدرجة كافية. وتتمثل الوسيلة الثانية في الارتباط بالخرسانة عند مستوى مجهري مع السطح الخشن الذي تم إحداثه بألياف ناتئة جزئياً من القالب.

الشكل 2 يوضح تخطيطياً مسقط من تجسيد ثانٍ لـ MiniBar™ 10 وفقاً للاختراع الحالي. وفقاً لهذا التجسيد، يتم تزويد MiniBar™ 10 بلولب 12 كما هو موضح في الشكل 1. بالإضافة إلى ذلك، يتم تغير شكل/انبساط الطرفين 13 لزيادة مساحة اتصال الطرف، وبالتالي تعزيز خواص الارتباط والقدرة على مقاومة القص لـ MiniBar™ 10 فيما يتعلق بالخرسانة المحيطة. على الرغم من توضيح اللولب 12، ينبغي إدراك أن MiniBar™ 10 يمكن أن يكون دون لولب 12، وأن الأطراف التي تم تغيير شكلها وانبساطها لضمان الارتباط المطلوب والقدرة على مقاومة القص، بالإشارة إلى الشكل 3، توضح تخطيطياً منظر لتجسيد ثالث من MiniBar™ 10 وفقاً للاختراع الحالي، حيث تم تغيير شكلها عند كل طرف ودون لولب 12.

الشكل 3 يوضح تخطيطياً وعلى نطاق كبير جزء من أحد تجسيدات MiniBar™ وفقاً للاختراع الحالي، حيث يشير إلى زوايا مختلفة محل الاهتمام. كما هو موضح، يشتمل القضيب 10 على عدد كبير من الألياف المتوازية بدرجة كبيرة 17، التي يتم تضمينها في قالب مناسب، والقضيب 10 الذي تم تزويده بخيوط اللف حلزونياً 12، وشده بحيث تشكل

الخيوط الحلزونية 12 قطع متعرجة ممتدة حلزونياً مطوّلة 14 على طول القضيب 10. كما تمت الإشارة في الشكل، يتم استخدام زاوية α لتحديد الزاوية بين خط المركز CL للقضيب 10 والزاوية البارزة للولب 12 عند مستوى الورقة. بشكل مفضل، ينبغي أن تكون هذه الزاوية α في نطاق بين 4 و8 درجات. كذلك، يوضح الشكل أيضاً الزاوية β بين خط المركز CL للقضيب والاتجاه الطولي للألياف 17. كما هو محدد أعلاه، ينبغي أن تكون الزاوية β في المنطقة بين 2 و5 درجات. ويتمثل الأمثل في التوازن في الشد بين كل من الألياف والزاوية المشتركة التي تبلغ 4 إلى 5 درجات لخط المركز لكل من الألياف. ينبغي إدراك أن الشكل 3 عبارة عن مغالاة وتشويه وذلك للإشارة إلى مختلف الأشكال التي تنبعث من اللولب المشدود. ينبغي إدراك أن السطح بين اللولب يقدم سطح خارجي محدب تم وضعه بشكل حلزوني. يحدد الطول L بين نقاط القطع المتعرجة المتتابعة في اتجاه محوري للقضيب طول اللولب.

الشكل 4 يوضح تخطيطياً قطاع رأسي على نطاق كبير في اتجاه محوري لأحد تجسيدات MiniBar™ 10 وفقاً للاختراع الحالي، مما يشير إلى اتجاه ومسار العديد من الألياف المتوازية إلى حد كبير 17 والتي تشير أيضاً إلى التفاعل بين التكتلات 15 والمواد الدقيقة من الخرسانة 15 من جانب والسطح والقطع المتعرجة 14 من سطح ألياف MiniBar™ على الجانب الآخر. وينبغي إدراك إنه للتوضيح فقط، يتم توضيح الخرسانة المحيطة 15، والألياف 10 التي تم وضعها عشوائياً في الخرسانة.

الشكل 5 يوضح تخطيطياً قطاع عرضي على نطاق كبير خلال MiniBar™ 10 وفقاً للاختراع الحالي، وتتم الإشارة أيضاً إلى القطع المتعرجة 14، واللولب 12 والسطح الخشن للقضيب 10. ينبغي إدراك أنه يتم إنشاء السطح الخشن باستخدام ألياف متوازية 17 وقطع متعرجة صغيرة مطوّلة بين الألياف المجاورة 17.

وبصورة طبيعية، يكون مدى إضافة منتجات التحكم في التكسير أقل من 2%، في حين يكون مدى الجرعة المضاف من MiniBars™، وفقاً للاختراع الحالي، في المدى من 0.5% إلى 10%. أظهر الاختبار أن استخدام خرسانة تمت تقويتها من MiniBars™، أوضحت عدم وجود صعوبة في خلط الخرسانة. حيث إنه ليس هناك وجود للنزف، تكوّن الكرات، أو عزل في الخرسانة، مما يوضح أنه من المجدي خلط MiniBars™ في

الخرسانة دون أي صعوبة. أثبت الاختبار أنه تمت معالجة الخرسانة، ووضعها وتعزيزها وإنجازها بصورة طبيعية دون أي تحذيرات إضافية، وبالتالي توضح أن القدرة الجيدة على العمل يمكن تحقيقها نتيجة لكثافة MiniBars™.

تم إجراء الاختبارات لتصحيح وتأكيد التحسينات على الخرسانة. أوضحت الاختبارات أن القوة الانضغاطية وفقاً لـ ASTM C39ASTM C39 من الاسطوانات التي تمت تقويتها باستخدام خرسانة مقواه باستخدام MiniBars™ وفقاً للاختراع الحالي، وأوضحت أن الفشل في القابلية للسحب والطرق باستخدام الاسطوانات لم يمس بعد الفشل بينما يجب أن تتناثر الاسطوانات غير المقواه بشكل طبيعي نتيجة لفشل التقصف.

الشكل 6 عبارة عن رسم بياني يوضح قوة الشد والثني التي تم قياسها بالميجا باسكال لخرسانة الخلط الجاف لمختلف جرعات الألياف بنسبة % بالحجم. يوضح الرسم البياني اختبار اثنين من ألياف الإنتاج في خليط جاف. يتمثل الاختلاف الرئيسي بين اثنين من ألياف الإنتاج في قطر الألياف وطول لولبة الحلزون. في الإنتاج الأول، تكون جرعة الألياف بالحجم ثابتة، مثلاً، 1.89% بالحجم، بينما في الإنتاج 2، تمثل جرعات الألياف 0.75 و1.5 على الترتيب. كما هو موضح، تعد القوة المتبقية لكل من الإنتاج 2 أعلى من النتائج المناظرة للإنتاج 1، على الرغم من الإنخفاض في جرعات الألياف نتيجة للاستخدام الفعّال من المواد وقوة الشد المرتفعة للبازلت.

الشكل 7 يوضح متوسط قيمة متبقية تم قياسها بالميجا باسكال لخرسانة الخلط الجاف باستخدام جرعات ألياف مختلفة % بالحجم. يمثل المتوسط المنخفض للقوة المتبقية نتيجة لـ MiniBars™ أقل عبر سطح التكسير المقدم.

الشكل 8 يوضح قوة الشد والثني التي تم قياسها بالميجا باسكال، من الخرسانة الطبيعية باستخدام 20 مم من حجم التكتل الأقصى، بالنسبة لمختلف جرعات الألياف % بالحجم، التي تتباين من 2 إلى 10% بالحجم وزيادة خطية إلى حد ما في قوة الشد والثني لزيادة النسب المئوية بالحجم.

الشكل 9 يوضح قوة الشد والثني للخرسانة مرتفعة القوة باستخدام 20 مم من تكتل الحجم الأقصى، بالنسبة لجرعات الألياف المختلفة % بالحجم، التي تتباين من 0.5 إلى 10.0، 17.04 ميجا باسكال من قوة الثني التي تم تحقيقها عند استخدام جرعة تبلغ 10% بالحجم.

بشكل مناظر، يوضح الشكل 10 متوسط خرسانة القوة المتبقية مع 20 مم من تكتل الحجم الأقصى، والحصول على متوسط القيمة المتبقية التي تبلغ 15.24 عند استخدام جرعة ألياف تبلغ 10.0% بالحجم.

تتضمن الأشكال أيضاً لوح واحد يكشف عن نتائج الاختبارات، الموضحة في الجدول 1، الجدول 2، والجدول 3. الجدول 1 يكشف عن نتائج الاختبار للإنتاج 1 و2 لخرسانة الخلط الجاف؛ ويوضح الجدول 2 نتائج الاختبار للخرسانة العادية بحد أقصى 20 مم من التكتلات، وتمثل الجرعة % التي تمثل المتغير؛ ويوضح الجدول 3 نتائج الاختبار لخرسانة القوة المرتفعة بحد أقصى من التكتل يصل إلى 20 مم لثلاث جرعات مختلفة من الألياف %.

تم اختبار قوة الشد والثني (معامل التمزق) لكل ASTM C78-07 بالنسبة لـ MiniBars™ وفقاً للاختراع الحالي بنسب مئوية بالحجم من 0.75% حتى 10% بنتائج في قوة الشد والثني التي تزداد من 6 ميجا باسكال إلى 17.05 ميجاباسكال اعتماداً على جزء الحجم المستخدم على نتيجة صفر لـMiniBar™ التي تبلغ 5.2 ميجاباسكال.

يزداد متوسط القوة المتبقية التي تزداد من صفر للخرسانة غير المقواه العادية حتى 5.8 إلى 15.24 ميجاباسكال، (474 رطل لكل بوصة مربعة إلى 1355 رطل لكل بوصة مربعة)، اعتماداً على جزء الحجم لـ MiniBars™ المستخدم. تعد هذه القيم أكبر بدرجة كبيرة من تلك المتوقعة للخرسانة البسيطة ذات قوة انضغاطية مماثلة. ويتمثل الارتباط التالي بين قوة الشد والثني (f_r)، جرعة MiniBars™ بالحجم (V_f) و(f'_c) في القوة الانضغاطية للخرسانة، التي تم تحديدها باستخدام اختبارات الاسطوانة القياسية بالنسبة (لجميع الوحدات التي تمثل وحدات بالميجاباسكال).

$$f_r = (0.62 + 0.076\, V_f)\sqrt{f'_c}$$

يعد متوسط القوى المتبقية (ARS) التي تم الحصول عليها بالنسبة لخرسانة تمت تقويتها باستخدام MiniBar™ وفقاً للاختراع الحالي أكبر بكثير من المتوقع، مما يشير إلى أن MiniBars™ يساعد بدرجة كبيرة في أداء التكسير اللاحق للخرسانة في برنامج الاختبار الحالي.

يكون متوسط القوة المتبقية ARS = 1.95 V_f، حيث V_f يمثل جرعة MiniBar™ بالنسبة المئوية بالحجم وf'_f يمثل القوة الانضغاطية للخرسانة.

لتحسين الارتباط بين MiniBars™ والخرسانة حيث تم تضمين MiniBars™، يمكن تزويد سطح MiniBars™ بمادة دقائقية يتم وضعها عشوائياً، مثال الرمال. ينبغي إدراك أن MiniBar™ يمكن تزويدها بفتحة طولية ممتدة محورياً خلال MiniBars™ مما يضمن قيام MiniBars™ الأنبوبية بزيادة مساحة الارتباط. ينبغي أيضاً إدراك أن MiniBars™ أسمك من ألياف مادة البلاستيك أو الصلب التقليدية المستخدمة وتكون مناسبة للتعرض لقوى الضغط الأعلى، نتيجة لانكماش الخرسانة على القطر الأكبر.

تكون الجاذبية النوعية p للصلب في ترتيب يبلغ 8 جم/سم^3، بينما تبلغ الجاذبية النوعية p للخرسانة حوالي 2.3. وتكون الجاذبية النوعية لتقوية MiniBar™ في المنطقة 1.9. نتيجة لذلك، لا يتم غمر MiniBar™ ولا طفوها تجاه سطح خليط الخرسانة أثناء الصب أو تكوين الخرسانة، حيث تكون الجاذبية النوعية لألياف البازلت مناظرة إلى حد ما للتكتلات المستخدمة في الخرسانة.

تشتمل عملية تصنيع MiniBars™ وفقاً للاختراع الحالي على الخطوات التالية:

- يتم تجميع عدد من ألياف البازلت المتواصلة بالتوازي ويتم تضمينها في قالب من استر ڤينيل. أثناء هذا الطور، يتم سحب حزمة الألياف للأمام، وتعريضها لشد السحب، يتم تكوين جسم مستقيم، ويظل القالب غير معالج وناعم. ويتم توصيل الألياف من البكرات إلى غرفة الترطيب.

- يتم لف واحد أو أكثر من الخيوط المنفصلة حول القالب المستقيم الذي يتضمن حزمة بينما لا تزال الحزمة والقالب ناعمين نسبياً، ويتم تعريض واحد أو أكثر من الخيوط المنفصلة المذكورة التي تم تعريضها لشد أعلى من الشد الناتج عن السحب للأمام لحزمة ألياف القالب. نتيجة للشد الأعلى المذكور، سوف يقوم واحد أو أكثر من الخيوط المنفصلة بتكوين قواطع متعرجة تمتد حلزونياً في سطح القالب الذي يتضمن حزم الألياف.

- بالتالي، تدخل الحزمة التي تتضمن القالب وواحد أو أكثر من الخيوط التي تم تضمينها إلى حد ما والتي تم لفها حلزونياً في مرحلة معالجة حيث تتم معالجة حزمة الألياف بخيط (خيوط) حلزونية وتصليدها.

نتيجة للشد الأعلى المذكور في واحد أو أكثر من الخيوط، مقارنةً بالشد الذي يسحب حزمة الألياف للأمام، وسوف يتأثر الشكل المستقيم لحزمة الألياف، ويتم الحصول على شكل إجمالي حلزوني إلى حد ما قبل وأثناء مرحلة المعالجة.

- بعد ذلك يتم قطع حزمة الألياف المطوّلة إلى وحدات ذات الطول المطلوب المحدد أعلاه، ووضعها في أكياس، مناسبة للاستخدام.

ينبغي إدراك أن اللولبة المقدمة لحزمة الألياف، ومن ثم MiniBars™ تعتمد على الاختلاف في الشد بين الشد في واحد أو أكثر من الخيوط الدقيقة المذكورة أثناء اللف والشد المستخدم لسحب حزمة الألياف للأمام أثناء عملية اللف. وكلما ارتفع الشد في واحد أو أكثر من الخيوط الدقيقة المذكورة مقارنةً بتلك الموجودة في حزمة الألياف، كلما كانت اللولبة والقطع المتعرجة الحلزونية الاعمق أقصر.

عناصر الحماية

1- قضيب تقوية (10) للهياكل الخرسانية، له متوسط طول يتراوح في المدى من 20 مم إلى 200 مم، ومتوسط قطر في مدى يتراوح من 0.3 مم إلى 3 مم، ويكون كل قضيب (10) مصنوعاً من حزمة ألياف واحدة على الأقل ذات قطاع عرضي اسطواني ومصنوعة من ألياف البازلت، الكربون أو الزجاج، ويتم تضمينها في قالب معالجة، تشتمل على عدد من الألياف المستمرة، المتوازية، والمستقيمة (17) ، حيث يكون واحدة أو أكثر من الخيوط (12) مصنوعة من مادة لدنة أو غير لدنة، غير أنه يتم لولبيًا لف مادة مشدودة حول حزمة الألياف المتوازية والمستقيمة الواحدة على الأقل المذكورة (17) قبل معالجة القالب، الاحتفاظ بالألياف (17) في حالة توازٍ أثناء المعالجة وتوفير سطح خارجي غير مستوٍ بقطع متعرجة حلزونية تم وضعها طولياً في اتجاه طولي على سطح حزمة (حزم) الألياف المقولبة

تتميز بأن

أ) يتم شد الألياف (17) وثنيها بزاوية β بين الخط المركزي (cl-cl) للقضيب (10) والاتجاه الطولي للألياف (17) بترتيب من 2 إلى 5 درجات ويمكن أن تكون زاوية α بين الخط المركزي (cl-cl) للقضيب (10) ومسقط الزاوية α للحلزون في مدى يتراوح بين 4 إلى 8 درجات، و

ب) يتم تزويد القضبان المذكورة (10) بشكل و/أو نسيج سطحي خشن يساهم في الارتباط مع الخرسانة.

2- قضيب تقوية (10) وفقاً لعنصر الحماية 1، حيث يكون طول لولبة الحلزون في المدى من 10 مم إلى 22 مم، وبشكل مفضل 17 مم.

3- قضيب تقوية وفقاً لعنصر الحماية 1 أو 2، حيث يتم لف اثنين أو أكثر من الخيوط (12) حلزونياً في الاتجاه المقابل حول القضيب الليفي المتضمن في القالب (10).

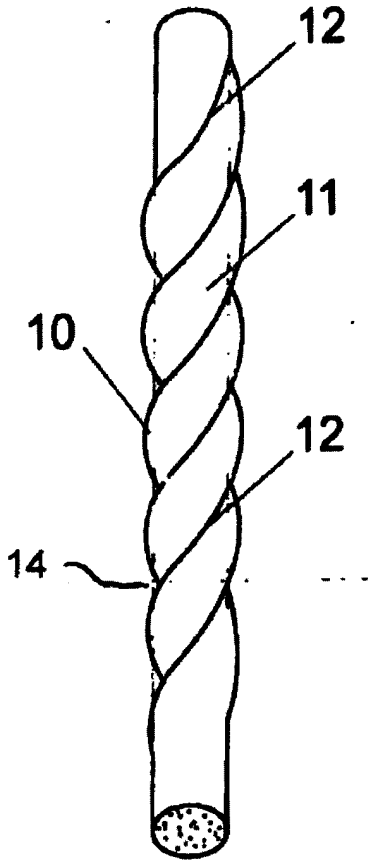
4- قضيب تقوية وفقاً لأي من عناصر الحماية 1-3، حيث يكون طول لولبة الحلزون في المدى من 10 مم إلى 22 مم، وبشكل مفضل حوالي 17 مم ليكون متوافقاً مع درجة الخرسانة وحجم التكتل.

5- طريقة لتصنيع قضبان تقوية (10) كما تم تحديدها كذلك بعناصر الحماية 1-3، حيث يشتمل كل قضيب (10) على عدد كبير من الألياف المتوازية والمتواصلة (17)، ومصنوعة من ألياف البازلت، الكربون، أو الزجاج، والتي يتم تضمينها في قالب ومعالجتها، ويكون للقضبان (10) طول يتراوح في المدى من 20 مم إلى 200 مم، وقطر في مدى يتراوح من 0.3 مم إلى 3 مم، حيث يتم تصنيع القضبان (10) من حزمة ألياف واحدة على الأقل، التي يتم تزويدها قبل أو أثناء عملية المعالجة بنسيج حلزوني يتم الحصول عليه بلف واحد أو أكثر من الخيوط (12) من مادة لدنة حول حزمة واحدة مذكورة على الأقل من الألياف المتوازية (17)، حيث يتم أيضاً جعل الألياف مستقيمة، تتمير بأن يتم شد الألياف المتوازية (17) وثنيها بزاوية β بين الخط المركزي (cl-cl) للقضيب (10) والاتجاه الطولي للألياف (17)، يتم اختيار الزاوية لتكون بترتيب من 2 إلى 5 درجات وحيث يتم ثني الحلزون (12) بزاوية α بين الخط المركزي (cl-cl) للقضيب (10) ومسقط الزاوية α للحلزون في مدى يتراوح بين 4 إلى 8 درجات، ويتم تزويد القضبان المذكورة (10) بشكل و/أو نسيج سطحي خشن يساهم في الارتباط مع الخرسانة.

6- الطريقة وفقاً لعنصر الحماية 5، حيث يتم لف الخيط الواحد على الأقل المذكور الحلزوني (12) قبل معالجة القالب، مما يحتفظ بالألياف (17) في حالة متوازية أثناء المعالجة ويوفر سطح خارجي غير مستوي في الاتجاه الطولي لقضبان التقوية (10).

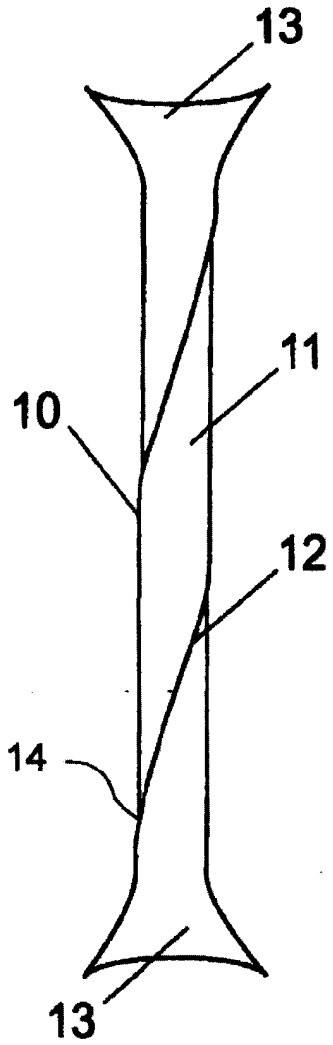
7- الطريقة وفقاً لعنصر الحماية 6، حيث يتم لف اثنين أو أكثر من الخيوط (12) حلزونياً في الاتجاه المقابل.

8- استخدام الألياف القصيرة كما هو محدد في واحد من عناصر الحماية 1-4 أعلاه، حيث يتم خلط الألياف عشوائياً بخرسانة خضراء ويتم استخدامها لإصلاح عمل الخرسانة المتكسرة وأيضاً لتوفير متوسط قوة متبقية وقوة ثني في الهياكل الخرسانية المعالجة في جميع الإتجاهات، وبالتالي استعادة أو تحسين التكامل الهيكلي لهيكل الخرسانة.

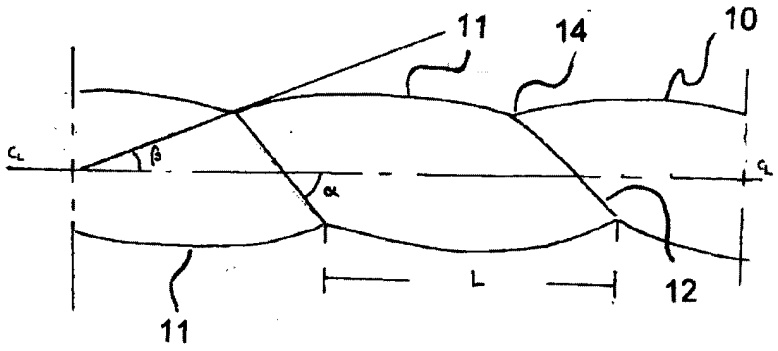


لف وثيق

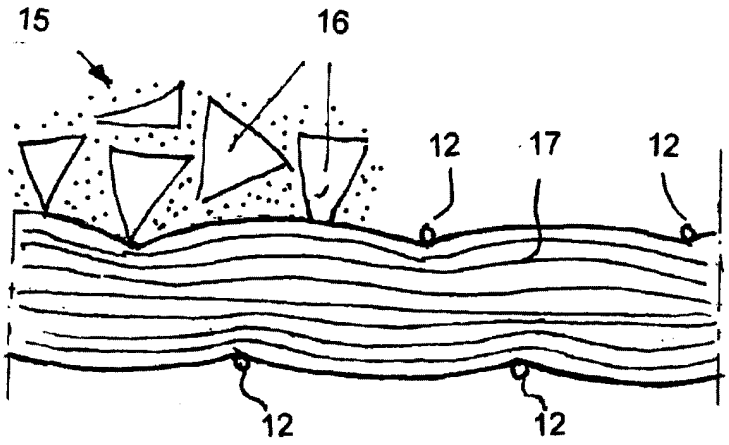
شكل 1



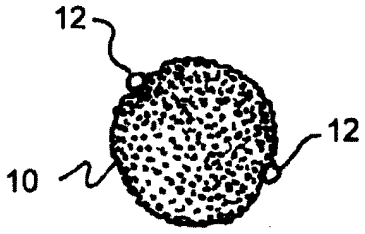
شكل 2



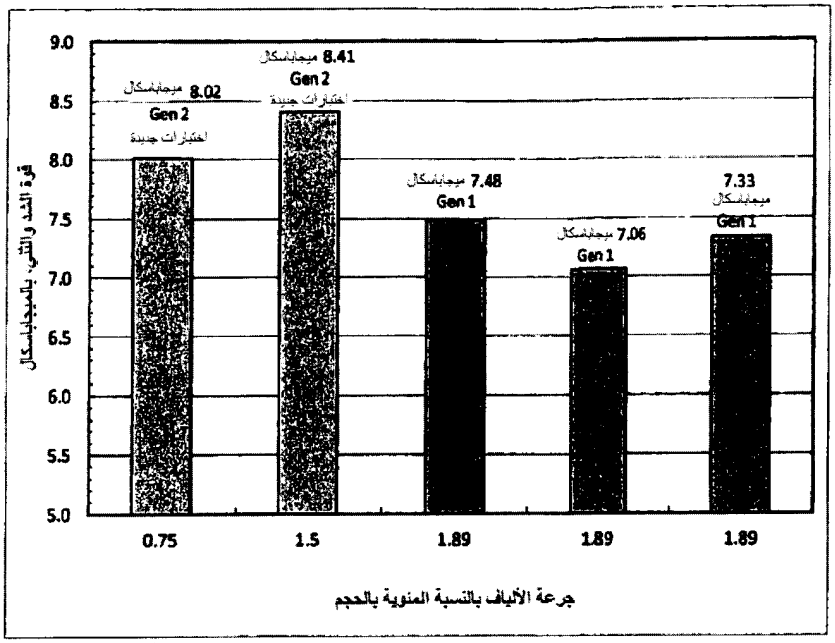
شكل 3



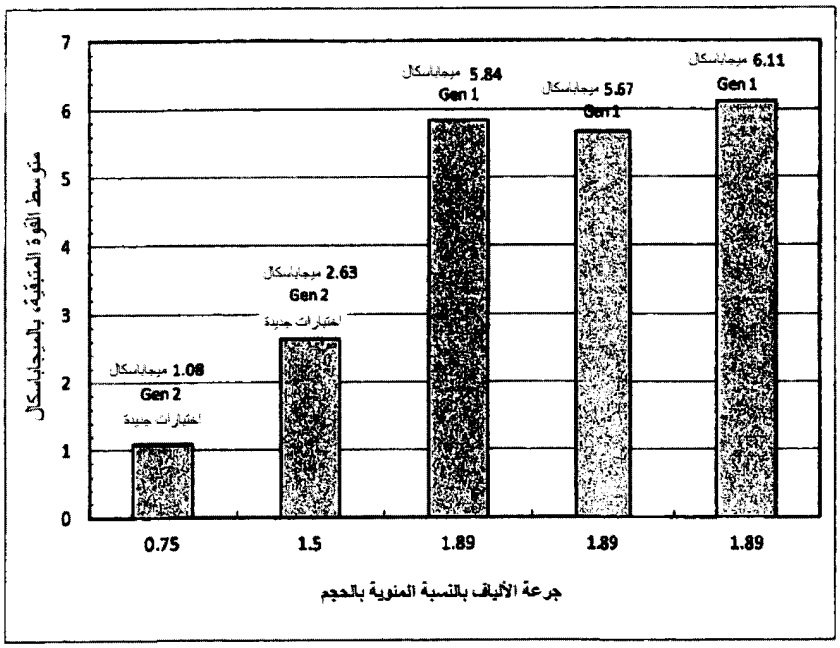
شكل 4



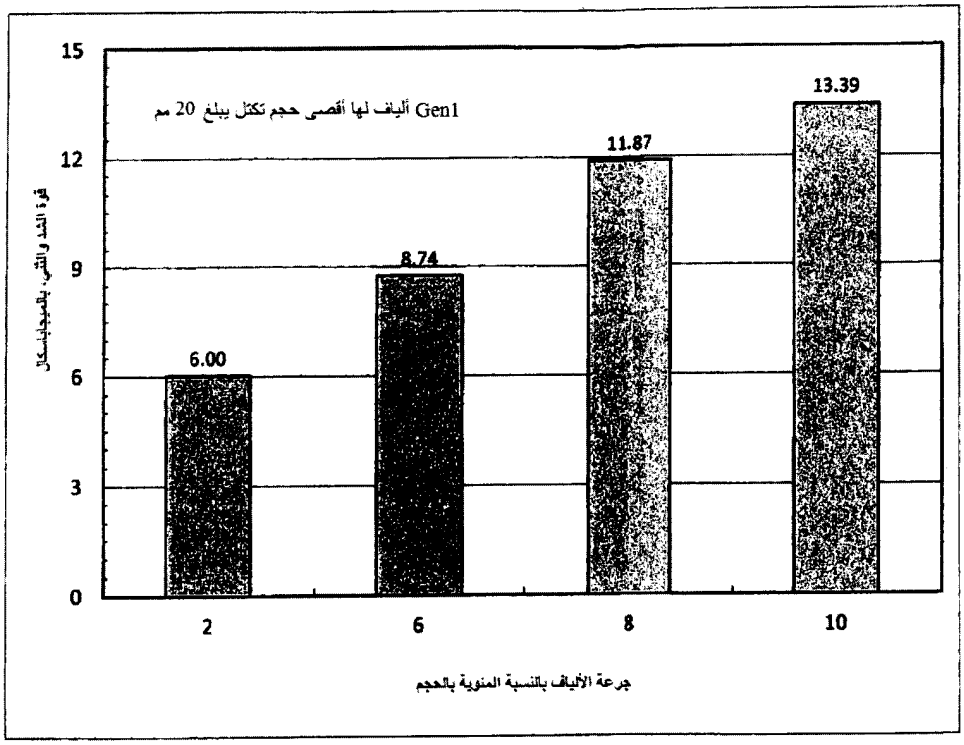
شكل 5



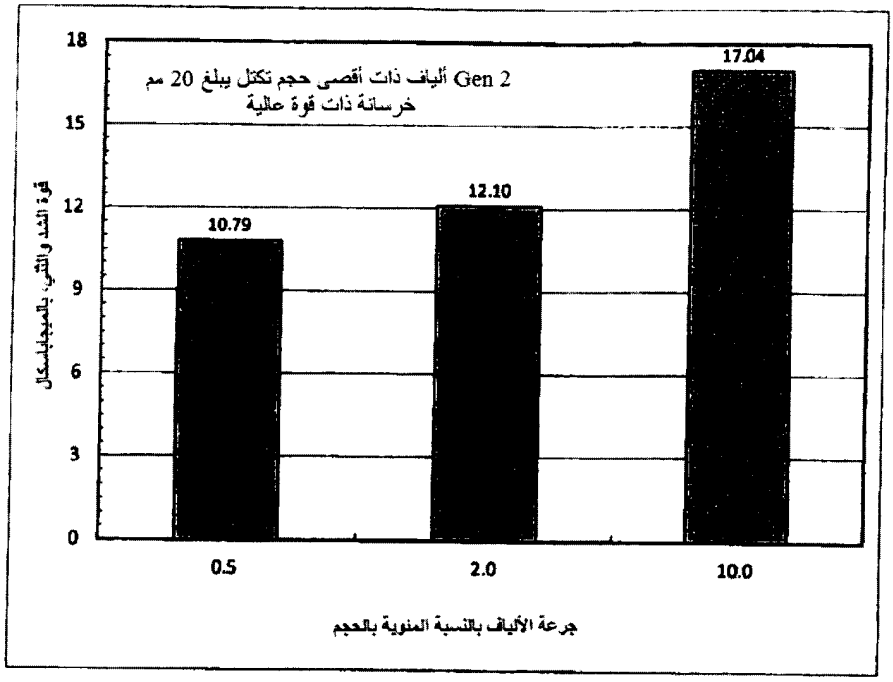
شكل 6 قوة شد وثني لخرسانة الخلط الجاف



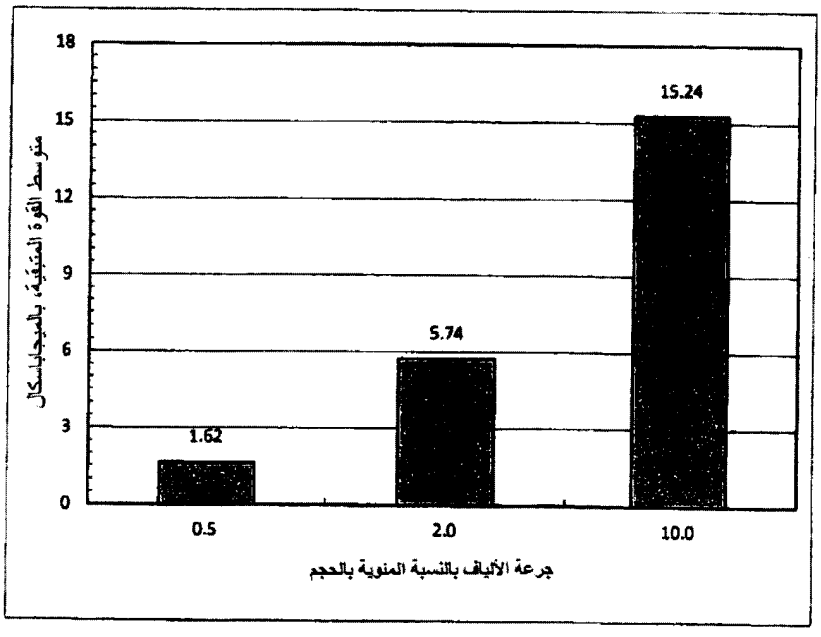
شكل 7 متوسط القوة المتبقية لخرسانة الخلط الجاف



شكل 8 قوة الشد والثني للخرسانة العادية ذات أقصى حجم تكتل يبلغ 20 مم



شكل 9 قوة الشد والثني لخرسانة القوة المرتفعة ذات أقصى حجم تكتل يبلغ 20 مم (اختبارات جديدة)



شكل 10 متوسط القوة المتبقية لخرسانة القوة المرتفعة ذات أقصى حجم تكتل يبلغ 20 مم (اختبارات جديدة)

وحدات SI	خليط جاف	خليط جاف	خليط جاف (سلسلة 4)	خليط جاف (سلسلة 1)	خليط جاف (سلسلة 2)
جرعة ألياف بالنسبة المئوية بالحجم (V_f)			1.89	1.89	1.89
جرعة الألياف (كجم/ م^3)			34	34	34
قوة انضغاطية للخرسانة، بالميجا باسكال			96.8	64.2	88.1
قوة شد وتني (بالميجاباسكال)			7.48	7.06	7.33
متوسط قوة متبقية (بالميجاباسكال)			5.84	5.67	6.11
معامل متوقع من التمزق (معادلة ACI)، بالميجاباسكال			6.13	5.05	5.85
f_r متوقع من المعادلة المقترحة، بالميجاباسكال			7.54	6.21	7.19
ARS المتوقعة من المعادلة المقترحة، بالميجاباسكال			1.98	1.98	1.98

جدول 1 نتائج اختبار خرسانة الخلط الجاف (Gen 2 في خلايا اللون - اختبارات جديدة)

وحدات SI		عادية سلسلة 1	عادية سلسلة 2	عادية سلسلة 3	عادية سلسلة 9	* عادية محاولة الخلط # 5	* عادية محاولة الخلط # 6
جرعة ألياف بالنسبة المئوية بالحجم (V_f)		2	6	8	10	8	10
جرعة الألياف (كجم/ م^3)		36	108	144	179	144	179
قوة انضغاطية للخرسانة، بالميجا باسكال		68.4	64.9	69.9	47.0	77.2	75.45
قوة شد وتني (بالميجاباسكال)		6.00	8.74	10.51	10.67	11.87	13.39
متوسط قوة متبقية (بالميجاباسكال)		3.26	6.68	9.93	10.40	-	-
معامل متوقع من التمزق (معادلة ACI)، بالميجاباسكال		5.15	5.02	5.21	4.27	5.47	5.41
f_r متوقع من المعادلة المقترحة، بالميجاباسكال		6.41	8.69	10.29	9.48	10.81	12.01
ARS المتوقعة من المعادلة المقترحة، بالميجاباسكال		2.10	6.30	8.40	10.50	8.40	10.50

* متوسط نراعين فقط
الأخرين جميعهم - متوسط ثلاثة على الأقل

جدول 2 - خرسانة عادية لها نتائج اختبار التكتل الأقصى الذي يبلغ 20 مم (اختبارات جديدة في خلايا اللون)

خرسانة ذات قوة عالية - وحدات SI	HS Gen 2 (0.5%)	HS Gen 2 (2.0%)	HS Gen 2 (10.0%)
جرعة ألياف بالنسبة المئوية بالحجم (V_f)	0.5	2.0	10.0
جرعة الألياف (كجم/ م^3)	9	36	179
قوة انضغاطية للخرسانة، بالميجا باسكال	90.0	90.9	84.0
قوة شد وتني (بالميجاباسكال)	10.79	12.10	17.04
متوسط قوة متبقية (بالميجاباسكال)	1.62	5.74	15.24
معامل متوقع من التمزق (معادلة ACI)، بالميجاباسكال	5.88	5.91	5.68
f_r متوقع من المعادلة المقترحة، بالميجاباسكال	6.24	7.36	12.65
ARS المتوقعة من المعادلة المقترحة، بالميجاباسكال	0.53	2.10	10.50

جدول 3 خرسانة عالية القوة ذات أقصى تكتل يبلغ 20 مم (اختبارات جديدة في خلايا اللون)