

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公表特許公報(A)

(11)公表番号
特表2023-514101
(P2023-514101A)

(43)公表日 令和5年4月5日(2023.4.5)

(51)国際特許分類

F I

テーマコード(参考)

C 0 4 B 14/38 (2006.01)

C 0 4 B 14/38

A 4 G 1 1 2

C 0 4 B 28/02 (2006.01)

C 0 4 B 28/02

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全26頁)

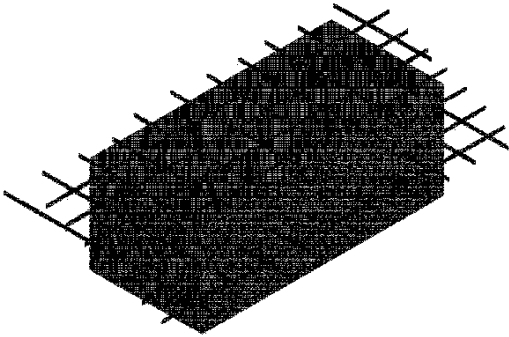
(21)出願番号	特願2022-546082(P2022-546082)	(71)出願人	520149353
(86)(22)出願日	令和3年2月18日(2021.2.18)		テイジン カーボン ユーロップ ゲー・
(85)翻訳文提出日	令和4年9月28日(2022.9.28)		エム・ペー・ハー
(86)国際出願番号	PCT/EP2021/054018		Teijin Carbon Europ
(87)国際公開番号	WO2021/165391		e GmbH
(87)国際公開日	令和3年8月26日(2021.8.26)		ドイツ連邦共和国 4 2 1 0 3 ヴッパ
(31)優先権主張番号	20158271.5		タール カジノシュトラッセ 19 - 2 1
(32)優先日	令和2年2月19日(2020.2.19)		Kasinostrasse 19 - 2
(33)優先権主張国・地域又は機関	欧州特許庁(EP)		1 , 4 2 1 0 3 Wuppertal ,
			Germany
(81)指定国・地域	AP(BW,GH,GM,KE,LR,LS,MW,MZ,NA	(74)代理人	100114890
	,RW,SD,SL,ST,SZ,TZ,UG,ZM,ZW),EA(		弁理士 アインゼル・フェリックス＝ラ
	AM,AZ,BY,KG,KZ,RU,TJ,TM),EP(AL,A		インハルト
	T,BE,BG,CH,CY,CZ,DE,DK,EE,ES,FI,FR	(74)代理人	100098501
	,GB,GR,HR,HU,IE,IS,IT,LT,LU,LV,MC,		弁理士 森田 拓
	最終頁に続く		最終頁に続く

(54)【発明の名称】 炭素繊維含有補強材

(57)【要約】

本発明は、コンクリートに組み込むための炭素繊維含有テキスタイル補強材に関する。補強材は、酸化防止層で被覆されており、炭素繊維は、交絡された、撚られた、または撚り合わせられたスレッド状構造物の形態で提供され、かつ5重量%のマトリックス樹脂を有し、酸化防止層は、別個の層であり、かつコンクリートの成分との化学結合を生成し得る。本発明はさらに、テキスタイル補強材を有するコンクリート部材に関する。

Fig. 10



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

コンクリートに埋め込むための炭素繊維含有テキスタイル補強材であって、前記補強材は、酸化防止層で被覆されており、

- 前記炭素繊維は、交絡された、絡み合わされた、燃られた、または燃り合わせられたスレッド状構造物として存在し、かつ最大 5 重量 % のマトリックス樹脂を有し、
- 前記酸化防止層は、別個の層を形成しており、かつコンクリートの成分との化学結合を生成し得る、テキスタイル補強材。

【請求項 2】

前記テキスタイル補強材は、少なくとも 1 つの追加のスレッド状構造物を、好ましくはラッピングスレッドの形態で有する、請求項 1 記載のテキスタイル補強材。 10

【請求項 3】

前記追加のスレッド状構造物は、炭素繊維、アラミド繊維、ポリアミド繊維、AR ガラス繊維、ポリプロピレン繊維、ポリビニルアルコール繊維、不融性の酸化ポリアクリロニトリル繊維、ポリエステル繊維および / または前述の種類の繊維の混合物を含むことができる、請求項 2 記載のテキスタイル補強材。

【請求項 4】

前記スレッド状構造物は、構造化された表面を有する、請求項 1 から 3 までのいずれか 1 項記載のテキスタイル補強材。

【請求項 5】

前記酸化防止層の少なくとも 80 重量 % は無機材料からなる、請求項 1 から 4 までのいずれか 1 項記載のテキスタイル補強材。 20

【請求項 6】

前記酸化防止層は、少なくとも 5 重量 % のケイ素を含む、請求項 1 から 5 までのいずれか 1 項記載のテキスタイル補強材。

【請求項 7】

前記酸化防止層は、その表面上にシラノール基を含む、請求項 6 記載のテキスタイル補強材。

【請求項 8】

前記酸化防止層の少なくとも 30 % は二酸化ケイ素からなる、請求項 6 または 7 記載のテキスタイル補強材。 30

【請求項 9】

前記酸化防止層は、フィロケイ酸塩を含む、請求項 1 記載のテキスタイル補強材。

【請求項 10】

前記フィロケイ酸塩は、パーミキュライトである、請求項 9 記載のテキスタイル補強材。

【請求項 11】

前記炭素繊維と前記酸化防止層との間に接着層が存在する、請求項 1 記載のテキスタイル補強材。

【請求項 12】

前記接着層は、有機官能化シランを含む、請求項 11 記載のテキスタイル補強材。 40

【請求項 13】

前記テキスタイル補強材は、保護層を有する、請求項 1 から 12 までのいずれか 1 項記載のテキスタイル補強材。

【請求項 14】

請求項 1 記載のテキスタイル補強材を有する、コンクリート建築部材。

【請求項 15】

前記テキスタイル補強材は、最大 50 mm のコンクリート被覆を有し、かつ少なくとも R 60 の耐火性クラスを有する、請求項 14 記載のコンクリート建築部材。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本願は、コンクリートへの完全なキャストイングに適したテキスタイル補強材、およびコンクリート建築部材に関する。

【0002】

コンクリートは、圧縮強度に比べて引張強度が10%程度しかない。当時は新規の建築材料であったコンクリートの引張強度を高めるために、19世紀中頃から、コンクリートと引張強度がより高い他の材料とを組み合わせることが行われるようになった。ここで特に著名であるのはフランスの造園家ジョゼフ・モニエの研究であり、彼はプランター用にコンクリートと鉄網とを組み合わせた。モニエは今日、鋼要素で強化もしくは補強されたコンクリート、すなわち略して鉄筋コンクリートの発明者とされている。鉄筋コンクリートにキャストイングされる補強要素は、彼にちなんで、なおも俗に「モニエ鉄」と呼ばれている。補強材を製造するための他の材料は、なおも現在の研究開発の主題であり、これは特にテキスタイル系補強材である。

10

【0003】

鋼よりもはるかに高い引裂強度を有しながら鋼よりもはるかに軽量である繊維材料やテキスタイル材料には、様々なものが知られている。そのため、コンクリート建築部材やコンクリート建築構造物の大幅な軽量化が可能となり、これは、例えば橋脚や橋台のような耐荷重構造要素の静力学に好影響を与える。これと同時に、例えばガラス繊維、玄武岩繊維、炭素繊維（「カーボン」、「カーボンファイバー」）または特定の有機ポリマーをベースとするテキスタイルは、腐食感受性が低いという大きな利点を提供するが、金属補強材の場合には、長期にわたって補強材要素の化学的摩耗が予想され、これは、補強材自体の破損と、腐食した補強材要素の伸張によるコンクリートのスポーリングとの双方によって、当該構造要素の荷重支持能力の危険な低減を招くおそれがある。金属、特に建築用鋼の全般的な酸化感受性に加えて、補強材要素が埋め込まれたコンクリートマトリックスが強アルカリに反応するために化学的に非常に攻撃的であることも重要な役割を担っている。

20

【0004】

テキスタイル補強材は、なおも開発段階にある。例えば2005年には、オーシャッツ（ザクセン州）の園芸博覧会の会場に、世界初のテキスタイル補強コンクリート製の橋が建造された。

30

【0005】

炭素繊維は、コンクリート用テキスタイル補強材の製造にとって重要であることが判明している。炭素繊維は高い引裂強度を提供し、常温では水、酸素、またはコンクリート内の高アルカリ性環境などの環境影響に極めて強い。炭素繊維は、繊維の方向には高い引裂強度を有するが、繊維の方向に対して横方向には非常に脆い。この欠点は、炭素繊維をマトリックス樹脂に埋め込むことにより改善され、このマトリックス樹脂が、対応する力を吸収し、かつ炭素繊維同士の凝集力を確保する。

【0006】

テキスタイル補強材の問題は、その耐熱性の低さにある。そのため、テキスタイル補強材を有するコンクリート建築部材は、恒久的に高温に曝されるような用途には適さない。しかし同時に、火災時にテキスタイル補強材を有するコンクリート建築部材の安定性を確保するために、高温に対する一時的な耐久性を保証する必要がある。火災時の高温に対する一時的な耐久性を「耐火性」という。この耐火性は、火災時に建築部材がその機能を維持する時間の長さに基づいている。火災の危険性がある建築構造物には、「F90耐火性」（火災時に少なくとも90分機能する）という耐火等級が一般的に要求される。従来の鉄筋コンクリート構造物では、90分間の保護は、主に十分に大きなコンクリート被覆で達成される。

40

【0007】

国際公開第2018/202785号には、テキスタイル補強材を有するコンクリート

50

建築部材が開示されており、この建築部材は、スポーリングを防止するためにコンクリートが適宜改変され、無機を主成分とするマトリックス材料が補強材に用いられるか、または補強材が酸素への曝露から繊維を保護する酸化バリアによって取り囲まれていることによってもたらされる、火災時の耐久性の改善を示すものである。

【 0 0 0 8 】

しかし、従来技術の欠点は、テキスタイル補強材内の繊維が、依然として、激しい熱の影響下でガスを形成する有機分を有するバインダーによって一緒に保持されており、したがって、周囲のコンクリートを破裂させて建築部材を崩壊させることである。

【 0 0 0 9 】

本発明の課題は、耐火性に優れると同時に製造が容易であるテキスタイル補強材を提供することである。 10

【 0 0 1 0 】

この課題は、コンクリートに埋め込むための炭素繊維含有テキスタイル補強材であって、補強材は、酸化防止層で被覆されており、炭素繊維は、交絡された、絡み合わされた、撚られた、または撚り合わせられたスレッド状構造物として存在し、かつ最大 5 重量 % のマトリックス樹脂を有し、酸化防止層は、別個の層を形成しており、かつコンクリートの成分との化学結合を生成し得る、テキスタイル補強材によって達成される。

【 0 0 1 1 】

本発明は、補強材に関する。「補強材」という用語は常に、材料（すなわち補強材）が別の材料（補強される材料）にキャストされるかまたは埋め込まれることを意味することを明確にしておく必要がある。（請求項 1 で要求される）コンクリートに埋め込まれるテキスタイル補強材とは、本明細書中では、テキスタイル補強材の少なくとも上面および下面 - これらは補強材の長手方向の範囲において表面として延在し、互いに実質的に平行に延びる - がコンクリートでほぼ完全に覆われていることを意味する（図 10 参照）。このように、本発明のテキスタイル補強材は、少なくとも上面および下面が（端部領域を除き）コンクリートで囲まれている。コンクリートの上に置かれ、コンクリートで囲まれていない材料は、補強材ではない。 20

【 0 0 1 2 】

別個の酸化防止層とは、外面またはコーティングとして実質的に完全に補強材の周囲に存在する層を意味すると理解されるべきである。酸化防止層は、好ましくは、補強材の実質的に完全なコーティングの形態で存在する。補強材の実質的に完全なコーティングとは、酸化防止層を含まないのが、補強材の外面の 30 % 未満、補強材の外面の 20 % 未満、補強材の外面の 10 % 未満、または補強材の外面の 5 % 未満であることを意味する。酸化防止層は、孤立したクラックを有することができる。別個の酸化防止層は、実質的に完全に酸化防止材料からなり、これは、好ましくは 75 重量 % 超、より好ましくは 80 重量 % 超、さらにより好ましくは 90 重量 % 超、最も好ましくは 98 重量 % 超であることを意味する。その結果、本発明によれば、補強材のスレッド状構造物を形成する炭素繊維は、5 重量 % 以下のマトリックス樹脂を有し、補強材は、別個の酸化防止層で囲まれている。 30

【 0 0 1 3 】

酸化防止材料が、補強材上、炭素繊維上、またはスレッド状構造物上の全面的なコーティングとしてではなく散在的にのみ存在する場合には、本発明の意味での別個の酸化防止層は存在しない。また、酸化防止物質が、補強材または補強材の繊維をコーティングするためのマトリックス材料中に添加剤として単に混和されている場合にも、別個の酸化防止層は存在しない。 40

【 0 0 1 4 】

別個の酸化防止層の重量割合は、テキスタイル補強材の総重量に対して 15 重量 % 未満、好ましくは 10 重量 % 未満、より好ましくは 7.5 重量 % 未満、最も好ましくは 3 重量 % 未満である。

【 0 0 1 5 】

欧州特許出願公開第 0 8 6 1 8 6 2 号明細書には、構造物の補強方法が記載されている 50

。この方法では、例えばコンクリート層の表面に繊維層を施与することによってコンクリート層が補強される。繊維層は、プライマー層およびパテ層とともに用いられ、樹脂が含まれている。繊維層は、コンクリート中には配置されない。よって、該文献にも補強材は記載されていない。さらに、該文献には、交絡された、絡み合わされた、撚られた、または撚り合わせられたスレッド状構造物の形態である炭素繊維も、最大5重量%のマトリックス樹脂を含む炭素繊維も記載されていない。また、別個の酸化防止層は、該文献には開示されていない。国際公開第2015/084720号には、建築部材の外部補修に使用可能な粘着テープ材料が記載されている（該文献の図1～図4参照）。この材料は、コンクリートには埋め込まれないため、該文献には補強材は記載されていない。この材料は、マトリックス材料に埋め込まれた強化用繊維を有する。交絡された、絡み合わされた、撚られた、または撚り合わせられたスレッド状構造物として存在する炭素繊維については言及されていない。また、別個の酸化防止層についても開示されていない。国際公開第2019/091832号には、ポリマー水性分散液のコーティングを有する繊維生成物が記載されており、その用途は、例えばコンクリート中の補強材として規定されている。実施例によれば、形成されたテキスタイル全体にこの目的のためにポリマー材料を含浸させることにより、ポリマー材料のコーティングがテキスタイルの可能な限り多くの個々のフィラメントを囲み、したがって繊維間の内部結合を可能にする。該文献にはさらに、水性分散液の添加剤として使用可能な無機増粘剤の使用も記載されている。補強材の別個の酸化防止層は、該文献には開示されていない。

10

【0016】

20

酸化防止層は、好ましくは、水性系、例えば水性分散液により施与される。すべての一般的なテキスタイルコーティング法 - パーミキュライト製の酸化防止層の場合には、例えばコーティング剤の水性分散液への補強材の浸漬 - を用いることができる。ゾル - ゲル法（この場合、コロイド分散溶液から、湿式化学コーティング法とその後の硬化とによって無機およびハイブリッドポリマー層を製造することができる）またはガルバニック法を用いることができる。

【0017】

酸化防止層を形成するための水性分散液の利点は、溶媒（溶媒としての水を除く）を使用せずに処理できることであり、これにより、（労働安全および環境保護に関しても）処理がはるかに容易になる。

30

【0018】

全般的な実施形態では、安定性および/または耐摩耗性を高めるための手段も、酸化防止層に付加することができる。例えば、酸化防止層は、80重量%の酸化防止物質と、最大20重量%の水溶性保護ポリマー、例えば後述のさらなる保護層にも使用可能なものとを有することができる。保護ポリマーは、バインダーとして作用することが望ましく、例えば、（酸化防止層の一実施形態としての）パーミキュライト層を剛化させて、機械的強度が高まるようにすることができる。さらに、（酸化防止層の一実施形態としての）パーミキュライト層の機械的レジリエンスおよびスレッド状構造物へのその結合は、それをバインダーと混合することによって改善することができる。これにより、酸化を防止する物質とバインダーとの混合物が生成され、したがって、追加の層は存在しない。酸化防止層の有機バインダーとして、例えばエポキシ樹脂やフェノール系樹脂を使用することができる。酸化防止層、例えばパーミキュライト層の機械的強度は、酸化防止層（またはその構成要素）を、ビスマレイミダゾール樹脂、フェノール系樹脂、シアネートエステル樹脂、またはポリベンゾイミダゾール樹脂などの特に耐熱性のポリマーと混合することによっても高めることが可能である。層の特性を改善するために、グラフェンや酸化グラフェンなどの炭素系材料、ポリシロキサンやシリコーン樹脂、コロイダルシリカやナノシリカ、マイクロシリカなどのケイ素系材料、または例えばZnOナノ粒子（例えばNANOBYK-3860、BYK社、ドイツ、ヴェーゼル）、石灰、セメント、硬セッコウ、エトリンジャイト、シリカゾル、水ガラスなどの他の無機材料を酸化防止層のバインダーとして使用することができる。また、酸化防止層は、ポリカルボン酸エーテルやリグニンスルホン

40

50

酸塩などの高分子電解質、メチルセルロースなどのセルロースエーテル、ポリビニルアルコール、またはポリビニルピロリドンを含むこともできる。しかし、酸化防止層中に存在する、言及されたすべての混和物について、酸化防止材料は層の主成分を保持し、混和物もまた酸化防止層中にこれらの混和物の追加の層を形成しないことに留意すべきである。

【0019】

有利なことに、テキスタイル補強材は、加熱中のガス状分解生成物の形成がもはや顕著でなく、火災時に建築部材が吹き飛ばされることがないほど、有機物質の割合が低い。例えば、有機物の割合が1重量%未満のコンクリート建築部材については耐火性試験が不要であることは、当業者に知られている。鋼補強材の場合、補強材要素を覆うコンクリートは、補強材が550℃以上に加熱されないことを保証しなければならない、さもなければ、鋼の強度が失われることになる。一方、炭素繊維は、酸素の非存在下ではこの温度で安定であり、そのためコンクリートの被覆を小さくすることができるため、大幅な軽量化につながる。

10

【0020】

本願の意味でのテキスタイル補強材とは、補強のために周囲の材料、例えばコンクリートに埋め込まれるスレッド状構造物ベースの材料である。スレッド状構造物は、狭義にはスレッドとして存在することができるが、スレッドから製造された生成物であってもよい。可能な生成物は、例えば、ヤーン、ケーブル、コードまたはロープであり、これらは、織布、スクリム、かぎ針編布、組物、経編布、トレブル、グリッドまたはネットなどの平坦な生成物に加工することも可能である。このようにして製造されたテキスタイル補強材は、その可撓性を特徴とし、これにより、テキスタイル補強材を省スペースで、例えばロール状で保管し、建築現場に運搬し、コンクリート内に配置する直前にのみ巻き出すことが可能となる。また、バインダーを用いることや、スレッド状構造物を適切に絡み合わせることによって、ロッドや硬質の格子状物などの硬質補強材要素を製造することもできる。スレッド状構造物やそれから製造されたヤーン、ケーブル、コードまたはロープが巻かれまたは絡み合わされたいわゆるラッピングヤーンも、スレッド状構造物や、それから製造されたヤーン、ケーブル、コード、ロープ、織布、スクリム、かぎ針編布、組物、経編布、トレブル、グリッドまたはネットを機械的に剛化させることが可能である。

20

30

【0021】

一実施形態では、テキスタイル補強材は、言及されたスレッド状構造物からなる。

【0022】

一実施形態では、補強材は、酸化防止層に加え、(さらなる)保護層を有する。保護層は、好ましくは、別個の酸化防止層を有する完成した補強材上の外層として配置されており、好ましくは、炭素繊維のスレッド状構造物の周囲の表面全体を覆っているわけではない。保護層は、好ましくは、補強材の上面および/または下面を覆っている。保護層は、例えば、補強材を(より良好に)巻き取ることを可能にし、したがってロール品として保管することを可能にするコーティングとすることができる。保護層はまた、コンクリートへの補強材の埋め込みを容易にしかつ/または改善する物質で構成されるか、またはそれを含むことができる。例えば、保護層は、コンクリート用の流動剤を含むことができる。さらに、保護層は、補強材がまだコンクリートに組み込まれていない限り、天候および/または機械的負荷から補強材を保護することもできる。保護層は、補強材に可逆的に設けることも、補強材に固定することもできる。可逆的な保護層は、補強材から保護層を例えば箔の一種として引き剥がせる場合に存在する。この場合、フィルムとしてあらゆる種類のポリマーフィルムが考えられ、ポリマーフィルムが非水溶性であることも可能である(例えば、ポリエチレンフィルム)。保護層と補強材とを、補強材を破壊せずにはもはや互いに剥離することができない場合、保護層は補強材に強固に結合されている。保護層が補強材に強固に結合されている場合、保護層は、水と接触するとコンクリートに溶解するように水溶性に設計されていることが好ましい。このようにして、保護層は、コンクリート

40

50

中に配置される前の補強材を保護することができるが、補強材へのコンクリートの浸透を妨げる、あるいは悪化させることはない。保護層は、例えば、ポリカルボン酸エーテルやリグニンスルホン酸塩などの高分子電解質、メチルセルロースなどのセルロースエーテル、ポリビニルアルコール、またはポリビニルピロリドンを含むことができ、またはそれらからなることができる。補強材は、好ましくは、補強材の総重量に対して約 1 ~ 10 重量 %、好ましくは 2 ~ 5 重量 % の保護層を有する。

【 0 0 2 3 】

一実施形態では、テキスタイル補強材は、2 つ以上のスレッド状構造物を有する。一実施形態では、テキスタイル補強材は、2 つ以上のスレッド状構造物からなる。補強材の個々のスレッド状構造物は、交絡された、撚られた、絡み合わされた、または撚り合わせられた状態にあってよい。炭素繊維製の 1 つ以上のスレッド状構造物に加えて、本願によるテキスタイル補強材は、他の繊維製の追加のスレッド状構造物も含むこともできる。ポリアミド繊維、アラミド繊維、耐アルカリ性ガラス繊維 (AR ガラス繊維)、玄武岩繊維、ポリプロピレン繊維、ポリビニルアルコール繊維、ポリエステル繊維または不融性の酸化ポリアクリロニトリル製の繊維 (例えば、Teijin Carbon Europe、ドイツ、ヴッパータールより入手可能な Pyromex (登録商標)) などのスレッド状構造物が、この目的に特に適している。一実施形態では、補強材の追加のスレッド状構造物は、炭素繊維製のスレッド状構造物が巻き付けられる複数のラッピングスレッドである。巻き付けにより、例えば、炭素繊維製のスレッド状構造物、ひいては補強材の機械的安定性を向上させることができる。巻き付けは、補強材全体にわたって均一に行われることもあれば、補強材の部分的な領域においてのみ行われることもある。例えば、補強材の中央部のみをラッピングスレッドによって特に機械的に補強することができる。

【 0 0 2 4 】

一実施形態では、スレッド状構造物は、交絡、絡み合い、撚り、または撚合せによるその製造に起因して、構造化された表面を有する。この構造化された表面により、スレッド状構造物を他の材料、例えばコーティング、酸化防止層、さらなる保護層またはコンクリートと特に緊密に形状適合接続させることが可能となる。ラッピングスレッドの実施形態では、ラッピングスレッドは、機械的補強に加えて、または機械的補強なしで、構造化された表面を生成し、したがって、上述のように緊密な形状適合接続を可能にする。

【 0 0 2 5 】

交絡、絡み合い、撚り、巻き付け、または撚合せによって、炭素繊維および / またはフィラメントは、スレッド状構造物内で一緒に保持され、これにより、スレッド状構造物内で繊維と一緒に保持するために必要なマトリックス樹脂の割合を大幅に減少させるかまたは完全に排除することさえ可能となる。スレッド状構造物が 1 つのみ使用される場合、このスレッド状構造物を構成する連続フィラメントは、交絡、絡み合い、撚り、巻き付け、または撚合せによって互いに緊密に接続される。いくつかのスレッド状構造物が使用される場合、いくつかのスレッド状構造物を、任意にまた、スレッド状構造物を構成するフィラメントの緊密な接続に加えて、交絡、絡み合い、撚り、巻き付け、または撚合せによって互いに緊密に接続させることができる。

【 0 0 2 6 】

マトリックス樹脂の主な欠点は、高温におけるその問題のある挙動である。著しく高い温度の場合、マトリックス樹脂は軟化し始め、もはや炭素繊維同士の凝集力を確保することができなくなり、もはや繊維方向に対して横方向の炭素繊維の脆性を補うことができなくなる。さらに、空気の下でも分解が始まり、ガス状の生成物が発生して、これが次に周囲のコンクリートを破裂させることがある。また、高温で酸素が供給されると炭素繊維は自ら酸化するが、酸素の下では超高温下でも安定である。

【 0 0 2 7 】

このようにして、炭素繊維系テキスタイル補強材の耐火性向上に対して大きな寄与がなされており、なぜならば、スレッド状構造物内の凝集力が、温度が上昇するとすぐに機能しなくなるマトリックス樹脂によってではなく、スレッド状構造物を構成する繊維および

10

20

30

40

50

／またはフィラメントの絡み合いによって機械的に実現されているためである。マトリックス樹脂の量を減少させることで、スレッド状構造物中の熱分解性材料の量も減少させることができるため、高温の影響下でのガスの発生を最小限に抑える、あるいはなくすることができる。これに伴い、炭素繊維系補強材を用いたコンクリート部材の火災時の破裂による構造破壊のリスクが低減される。

【 0 0 2 8 】

本願において、マトリックス樹脂とは、酸化防止層が補強材に施与される前に、炭素繊維、それらから製造されたスレッド状構造物、またはそれらから製造されたテキスタイル補強材が提供される、すべての非繊維形成材料全体を意味すると理解される。特にこれは、繊維またはスレッド状構造物の加工性を向上させる目的で施与される仕上げ剤、例えば、破損を防止する手段、静電帯電を低減する手段、または加工中の繊維の滑りを向上させる手段を意味する。このような繊維の仕上げは、当業者には「サイジング」または「サイズ」として知られている。この目的のためには、エポキシ樹脂やポリウレタン系樹脂などの有機合成樹脂がよく使用される。反応性ポリジメチルシロキサン（例えば S I L R E S B S 1 0 4 2、W a c k e r 社（ドイツ、ミュンヘン）より入手可能）もサイジングとして使用することができる。特に耐熱性の仕上げが必要な場合には、ポリフェニレンスルフィド（P P S）、ポリエーテルエーテルケトン（P E E K）などのポリエーテルケトン、またはポリエーテルイミドなどのポリイミドなどの特に耐熱性の高いポリマーを使用することも可能である。さらに、ビスマレイミド樹脂、フェノール系樹脂、シアネートエステル樹脂、またはポリベンゾイミダゾール樹脂などの高温用樹脂を用いることも可能である。グラフェンや酸化グラフェンなどの炭素系材料も使用することができ、コロイダルシリカやナノシリカ（ゾル-ゲルプロセスに基づく、例えば、W . R . G r a c e & C o . - C o n n . 社（米国、コロンビア）製の L U D O X S M 3 0）、マイクロシリカ（例えば、H a - B e B e t o n c h e m i e G m b H & C o . K G 社（ドイツ、ハーメルン）製の E M S A C 5 0 0 S E）などのケイ素系材料も使用することができる。さらに、他の無機材料を例えばポリビニルアルコールやポリビニルピロリドンのような水溶性有機ポリマーと組み合わせたものをバインダーとして使用することができる。与えられた例では、バインダーは水溶性であり、コンクリート中に適宜分配される。常磁性鉄を含むフェロフルイドは、ラジカルスカベンジャーとして、したがって酸化防止剤として作用することができる。さらに、Z n O ナノ粒子（例えば、B Y K 社（ドイツ、ヴェーゼル）製の N A N O B Y K - 3 8 6 0）、ポリシロキサンもしくはシリコーン樹脂、または硫化モリブデンおよび／もしくはグラファイト系無機潤滑剤（例えば、D u P o n t 社、米国、ウィルミントン製の M O L Y K O T E 7 4 0 0 A n t i - F r i c t i o n C o a t i n g）またはいわゆる O R M O C E R E、すなわち有機変性セラミックス（例えば、F r a u n h o f e r I S C、ドイツ、ヴュルツブルク製の I n n o S o l T E X t e c h n o l o g y）が適当である。他の無機仕上げ剤、例えば、パーミキュライトのようなフィロケイ酸塩をベースとするものも使用できる。

【 0 0 2 9 】

仕上げ剤は、繊維の機械的特性に加えて、マトリックス樹脂の他の部分、例えばバインダーに対するより良好な結合を提供することも可能である。「マトリックス樹脂」という用語には、炭素繊維またはそれから製造されたスレッド状構造物の加工性を向上させる仕上げ剤に加えて、炭素繊維またはスレッド状構造物同士の凝集を提供するバインダーも包含されるが、しかしまた、繊維方向に対して横方向の炭素繊維の脆性を補う、または必要に応じてスレッド状構造物もしくはスレッド状構造物から製造されたヤーン、ケーブル、コードもしくはロープを剛化させてロッドとする、または織布、スクリム、かぎ針編布、組物、経編布、もしくはトレブルを剛化させて硬質の格子状物とするものも包含される。さらに、バインダーは、テキスタイル補強材の材料にコンクリートが無秩序に浸透するのを防ぐ。これは、テキスタイル補強材からの繊維の入れ子状の引抜けがあり得ることを意味し、その際、コンクリートと接触していない内側の繊維またはフィラメントは、コンクリートと接触しているさらに外側に位置する繊維またはフィラメントよりも容易に引抜けを

10

20

30

40

50

得る。「無秩序な浸透」下では、スレッド状構造物を構築するフィラメント間のコンクリートの浸透が特に考慮される。そうでない場合、コンクリートが硬化したときに針状結晶が形成されて、スレッド状構造物のフィラメントを破壊または損傷させるおそれがある。スレッド状構造物のフィラメント同士を緊密に接続すること、および複数のスレッド状構造物を、例えば、交絡、絡み合い、撚り、巻き付け、または撚合せにより緊密に接続することにより、コンクリートへの浸透性を劇的に低減させることができる。炭素繊維製のスレッド状構造物のバインダーは、「含浸」または「含浸バルク」という呼称で当業者に知られている。有機ポリマーの物質群のバインダーがしばしば使用され、これは繊維の仕上げ剤と化学的に関連したものであってよい。可能なバインダーとして、特にエポキシ樹脂またはアクリレートなどの熱またはラジカル硬化性有機合成樹脂や、スチレンブタジエンゴムまたはカルボキシル化スチレンブタジエンゴムなどのゴムが挙げられるべきである。マトリックス樹脂の耐熱性を可能な限り高くするためには、ケイ酸塩やセメントをベースとした無機バインダーを使用することも可能である。また、シリコーン樹脂の使用も可能である。有機ポリシロキサン、特にシリコーン樹脂、例えば特にメチル樹脂およびメチルフェニル樹脂の群、例えばメチル - フェニル - ビニルおよび水素基で置換されたシロキサン、ならびに関連するシリコーン樹脂と有機樹脂との混合物が適していることが実証されている。有機ケイ素化合物では基本的な耐アルカリ性は期待できないのにもかかわらず、これは驚くべきことに、テキスタイル補強材の特定の用途で、いくつかの配合物（例えば、Wacker Silres H62C、および Silres MKとの組み合わせで、ともにWacker社（ドイツ、ミュンヘン）より入手可能）により実証された。メチルフェニルビニルヒドロジェンポリシロキサン（例えば、Wacker社（ドイツ、ミュンヘン）より入手可能なWacker Silres H62C）、メチルポリシロキサン（例えば、Wacker社（ドイツ、ミュンヘン）より入手可能なWacker Silres MK）、および特にこれら2つのシロキサンの適した混合物の場合、驚くべき高い耐アルカリ性が既にテキスタイル補強材の分野で実証された。反応性ポリジメチルシロキサン（例えば、Wacker社（ドイツ、ミュンヘン）より入手可能なSILRES BS 1042）もその価値が実証されている。有機分を有する無機バインダー、特に有機分をも有するが無機を主成分とするバインダーは、耐高温性が著しくより良好であるにもかかわらず、500 ~ 1000 の高温領域で多孔質構造またはマイクロクラックを形成する傾向が依然としてある。このため、高温用コンクリート部材に用いる補強材には、バインダーの使用量を最小限に抑えることが望まれる。

【0030】

この理由から、本願によるテキスタイル補強材を含むコンクリート部材の耐高温性を最良のものとするためには、補強材全体に対するマトリックス樹脂バルクの合計割合が5重量%以下であることが好ましい。マトリックス樹脂バルクとしては、マトリックス樹脂について上述したのと同じ材料を用いることができるが、この場合、マトリックス材料は、炭素繊維上だけでなく、補強材の他の層内にも成分として存在することができる。よって、マトリックス樹脂バルクは、炭素繊維のマトリックス樹脂と、補強材の他の層内の補強材の他のマトリックス成分とを含む。テキスタイル補強材は、最大4重量%のマトリックス樹脂バルクを有することができる。テキスタイル補強材は、最大3重量%のマトリックス樹脂バルクを有することができる。テキスタイル補強材は、最大2重量%のマトリックス樹脂バルクを有することができる。テキスタイル補強材は、最大1重量%のマトリックス樹脂バルクを有することができる。一実施形態では、テキスタイル補強材は、マトリックス樹脂バルクを含まない。テキスタイル補強材のバインダーの割合は、5重量%、4重量%、3重量%、2重量%、1重量%であってもよいし、テキスタイル補強材がバインダーを含まないことも可能である。また、炭素繊維上の仕上げ剤の割合を低減することも可能である。ここでは、1.5重量%未満、1重量%未満、またはさらには0.5重量%未満の割合が可能である。一実施形態では、炭素繊維は、またテキスタイル補強材も、仕上げ剤を含まない。

【0031】

火災時にその有機分の熱分解の影響を特に受けるマトリックス樹脂とは対照的に、炭素繊維は、酸素から遠ざけておく限り、高温でほぼ安定である。このため、本願によれば、補強材は別個の酸化防止層で被覆されている。原則的に、高温の影響下でも酸素と反応しないすべての材料がこの層に適している。これは、特に無機化合物の場合である。

【0032】

したがって一実施形態では、酸化防止層は、少なくとも80重量%の無機材料の割合を有する。したがって一実施形態では、酸化防止層は、少なくとも70重量%の無機材料の割合を有する。したがって一実施形態では、酸化防止層は、少なくとも60重量%の無機材料の割合を有する。したがって一実施形態では、酸化防止層は、少なくとも50重量%の無機材料の割合を有する。したがって一実施形態では、酸化防止層は、少なくとも40重量%の無機材料の割合を有する。特に好適であるのは、酸化性材料、またはそれ自体が酸化作用を有しない限り、その成分が高度に酸化される材料である。カルシウム、マグネシウム、アルミニウム、およびケイ素の酸化物など、安定した金属および半金属の酸化物をベースとする材料が特に重要である。これらの元素の酸化物は、酸化安定性が高く、酸化作用が低く、かつ入手が容易であることが特徴である。これらの酸化物から誘導される材料は、例えば、石英、クレイ、セメント、またはケイ酸塩と呼ばれる大きな物質群であり、その中で前述の元素は、例えば鉄やアルカリ金属など、その酸化形態で他の元素と結合してよい。

10

【0033】

この選択に関する特徴は、これらの材料が、いずれもセメントなどのコンクリートの特定の成分と高い化学的類似性を有することである。この化学的類似性によって、酸化防止層の材料とコンクリートの特定の成分との間に化学的結合を形成することが可能となり、これにより、テキスタイル補強材の酸化防止層とコンクリート建築部材の周囲のコンクリートとの間の特に強い接着が可能となる。

20

【0034】

一実施形態では、酸化防止層は、ORMOCERE、すなわち有機変性セラミックス（例えば、Fraunhofer ISO（ドイツ、ヴュルツブルク）製のInnoSol TEX technology）、またはポリシラザンを有する。

【0035】

したがって一実施形態では、酸化防止層は、少なくとも5重量%のケイ素を含む。これは、ケイ酸塩やシリコンなどのケイ素 - 酸素化合物を含むことができる。ケイ素 - 酸素化合物は、特に高い化学的安定性を特徴とする。特に、ケイ素の酸素に対する高い化学的親和性ゆえに、ケイ素 - 酸素化合物は、還元に対して極めて安定であり、火災の条件下でも酸素を放出せず、したがって化学的に変化しない。例えば、様々なケイ素 - 酸素化合物が消火剤として使用されていることは、当業者に知られている。この重要な例の1つに、火災を覆うのに使用可能な砂（化学的にはほとんどがシリカ、 SiO_2 ）がある。また、バーミキュライトのようなフィロケイ酸塩も消火剤として使用されることがある。

30

【0036】

酸化防止層は、補強材上およびその周囲に存在し、多くの異なる方法でテキスタイル補強材上およびその周囲に存在することができる。例えば、プラズマ処理によって酸化防止層を生成することが考えられる。プラズマ処理では、処理される物体は、所望の表面コーティングのためのガス状前駆体が添加されたプラズマに曝される。例えば、前駆体としてのヘキサメチルジシロキサン（HMDS）の存在下でのプラズマ処理により、処理表面、ここではテキスタイル補強材の表面上にケイ素 - 酸素化合物を含む層が形成される。ケイ素 - 酸素化合物は、例えば、二酸化ケイ素であることができる。非晶質ケイ酸塩の層またはシラノール基を含むポリマー層もまた可能である。一実施形態では、ケイ素 - 酸素化合物を含む層は、少なくとも30重量%の二酸化ケイ素からなる。一実施形態では、ケイ素 - 酸素化合物を含む層は、その表面上にシラノール基を有する。

40

【0037】

一実施形態では、ケイ素 - 酸素化合物を含む層は、500ナノメートル未満の厚さを有

50

し、したがって、従来の酸化防止層よりも著しく薄い。一実施形態では、ケイ素 - 酸素化合物を含む層は、300ナノメートル未満の厚さを有する。一実施形態では、ケイ素 - 酸素化合物を含む層は、100ナノメートル未満の厚さを有する。一実施形態では、ケイ素 - 酸素化合物を含む層は、50ナノメートル未満、30ナノメートル未満の厚さを有する。

【0038】

これはまた、他の酸化防止層と比較して、補強材の高い可撓性をもたらす。本実施形態では、テキスタイル補強材は、酸化防止層で被覆された場合であっても、そのドレープ適性を保持する。そのため、コンクリート中にテキスタイル補強材を配置する直前にテキスタイル補強材を所望の形状にすることができ、例えば、湾曲したコンクリート建築部材や曲がったコンクリート建築部材を、手間をかけずに製造することができる。ケイ素 - 酸素化合物を含む層は、炭素繊維自体または炭素繊維に施与された仕上り剤と化学的に結合することができ、ひいてはコンクリートの成分、例えばセメントと化学的に結合することができる。

10

【0039】

また、例えば湿式化学的方法によって補強材に施与することができるケイ酸塩も、酸化防止層の材料として使用することができる。この文脈では、例えば、可撓性の無機膜を形成することができるフィロケイ酸塩が挙げられるべきである。バーミキュライト製の無機フィルムは、（例えば、引張強度および引張弾性率に関して）優れた機械的特性を有し、いくつかの有機フィルムよりも優れている。

20

【0040】

一実施形態では、可撓性の酸化防止層は、フィロケイ酸塩であるバーミキュライトによって形成される。これは特に、バーミキュライトが水性懸濁液の形態で表面に施与され、次いで乾燥される場合に該当する。このような分散液は、例えば、A V D (A q u e o u s V e r m i c u l i t e D i s p e r s i o n) という名称で、特に消火剤として入手可能である。フィロケイ酸塩の酸化防止層は、補強材の構造化された表面に形状適合により固定することができる。この目的のために、例えば、水性懸濁液の形態で施与されるフィロケイ酸塩は、スレッド状構造物または炭素繊維の表面の構造と係合する構造を形成することができ、したがって、スレッド状構造物または炭素繊維と酸化防止層との間の緊密な接続が保証される。例えば、炭素繊維のスレッド状構造物から補強材が製造された後、補強材を浸漬浴中でフィロケイ酸塩の水性懸濁液に浸すことにより、補強材の上および周囲（すなわち補強材の外周）に別個の酸化防止層を形成することができる。

30

【0041】

任意に、さらに接着層を使用することもでき、さらにスレッド状構造物とフィロケイ酸塩のような酸化防止層との間の化学結合が保証される。フィロケイ酸塩と酸化防止層の炭素繊維と間の直接的な化学結合と、炭素繊維上の仕上り剤と酸化防止層との間の化学結合との双方が考えられる。仕上り剤としてエポキシ樹脂を使用する場合、接着層にはアミノ基またはエポキシ基を有する有機官能化シランを使用することができ、このシランは、その有機末端を用いてエポキシ樹脂と化学結合を形成することができ、一方でシラン基は、例えばフィロケイ酸塩のような酸化防止層と化学結合を形成する。可能な生成物は、例えば、(D y n a s y l a n S I V O 1 1 0 および D y n a s y l a n H Y D R O S I L 2 7 7 6 、いずれも E v o n i k A G 、エッセンより入手可能) である。有機官能化シランは、一方では炭素繊維上の仕上り剤（特にエポキシ樹脂）と、他方ではフィロケイ酸塩との間の化学結合を媒介する。接着層は、好ましくは補強材に施与され、すなわち、交絡された、絡み合わされた、燃らされた、または燃り合わせられた炭素繊維から製造されたスレッド状構造物は、接着層を有する。しかし別の実施形態では、スレッド状構造物の製造前に炭素繊維が接着層を有することも考えられる。接着層が使用される場合、接着層は、すべての実施形態において、補強材の総重量に対して3重量%未満、好ましくは2重量%未満、さらにより好ましくは1.5重量%未満、さらにより好ましくはなおも1重量%未満を占める。

40

【 0 0 4 2 】

一実施形態では、フィロケイ酸塩層は、 $200\mu\text{m}$ の最大厚さを有する。一実施形態では、フィロケイ酸塩層は、 $150\mu\text{m}$ の最大厚さを有する。一実施形態では、フィロケイ酸塩層は、 $100\mu\text{m}$ の最大厚さを有する。一実施形態では、フィロケイ酸塩層は、 $75\mu\text{m}$ の最大厚さを有する。一実施形態では、フィロケイ酸塩層は、 $50\mu\text{m}$ の最大厚さを有する。一実施形態では、フィロケイ酸塩層は、 $40\mu\text{m}$ の最大厚さを有する。一実施形態では、フィロケイ酸塩層は、 $30\mu\text{m}$ の最大厚さを有する。一実施形態では、フィロケイ酸塩層は、 $20\mu\text{m}$ の最大厚さを有する。一実施形態では、フィロケイ酸塩層は、 $10\mu\text{m}$ の最大厚さを有する。

【 0 0 4 3 】

10

フィロケイ酸塩層は、補強材上およびその周囲において、均一または不均一な厚さであることができる。

【 0 0 4 4 】

テキスタイル補強材のすべての実施形態において、補強材に可逆的に直接または間接的に（層を介して）接続されていないすべての層における有機物質の割合は、テキスタイル補強材の総重量に対して5重量%未満であることが好ましく、ここで、炭素繊維製のスレッド状構造物は層としてカウントされていない。これは、補強材が、サイジング（マトリックス）、別個の酸化防止層、接着層、および補強材に可逆的に接続されていない別の保護層を伴う繊維を有する場合でも、補強材は、テキスタイル補強材の総重量に対して、有機物質を合計で5重量%未満有することを意味している。

20

【 0 0 4 5 】

本願はまた、本願による補強材を有するコンクリート建築部材に関する。一実施形態では、テキスタイル補強材は、最大10ミリメートルのコンクリート被覆を有するように、コンクリート建築部材に埋め込まれる。コンクリート被覆とは、少なくともコンクリート表面とテキスタイル補強材の表面との間に位置するコンクリート層の厚さを意味すると理解される。一実施形態では、コンクリート部材の補強材は、最大15ミリメートルのコンクリート被覆を有する。一実施形態では、コンクリート部材の補強材は、最大20ミリメートルのコンクリート被覆を有する。一実施形態では、コンクリート部材の補強材は、最大25ミリメートルのコンクリート被覆を有する。一実施形態では、コンクリート部材の補強材は、最大30ミリメートルのコンクリート被覆を有する。一実施形態では、コンクリート部材の補強材は、最大35ミリメートルのコンクリート被覆を有する。一実施形態では、コンクリート部材の補強材は、最大40ミリメートルのコンクリート被覆を有する。一実施形態では、コンクリート部材の補強材は、最大45ミリメートルのコンクリート被覆を有する。一実施形態では、コンクリート部材の補強材は、最大50ミリメートルのコンクリート被覆を有する。一実施形態では、テキスタイル補強材のコンクリート被覆は、同じ機械的特性を有する同等の鋼補強材のコンクリート被覆よりも低く、これは、重量上の大きな利点を意味する。テキスタイル補強材のコンクリート被覆は、その断熱効果および酸素阻止効果ゆえに、テキスタイル補強材の耐火性に決定的な寄与を成す。

30

【 0 0 4 6 】

テキスタイル補強材のコンクリート被覆は、酸化防止層の組成および層厚との相互作用の点で、所望の耐火性クラスが達成されるように設計することができる。

40

【 0 0 4 7 】

本発明は、試験および図面に基づいてより詳細に説明されるが、これらは本発明の趣旨全般を限定するものではないと理解されるべきである。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 4 8 】

【 図 1 】 固体マトリックス樹脂の割合を有する炭素繊維ヤーンの引張強度を、その撚り数（ t/m ）の関数として比較した図である。

【 図 2 】 パーミキュライトコーティングが炭素繊維の耐熱性に及ぼす影響を示す図である。

50

【図 3】シングルスレッドコーティング設備の基本構造を示す図である。

【図 4】コーティングアイレットの概略図（断面右側）である。

【図 5】巻取板の概略図である。

【図 6】ヤーン試料のマッフル炉の加熱曲線を示す図である。

【図 7】実施例 3 のヤーンストランドの目標位置を示す図である。

【図 8】実施例 3 の設置されたヤーンストランドを示す図である。

【図 9】実施例 3 の試験セットアップ（回転）を示す図である。

【図 10】コンクリートに埋め込まれたテキスタイル補強材を概略的に示す図である。

【0049】

図 7～図 9 は、T U D o r t m u n d / W d B の報告書に由来している。

10

【0050】

実施例 1

本実施例 1 では、スレッド状構造物の引張強度がそのコンソリデーションの関数としてどのように変化するかについて説明する。試験するスレッド状構造物は、1600tex で、マトリックス樹脂の割合として 1% のポリウレタンコーティングを有する、Teijin Carbon Europe 社製の STS40 F13 24K 型の炭素繊維ヤーンである。比較ヤーンとして、39 重量 % のエポキシ系マトリックス樹脂を十分に含浸させた Teijin Carbon Europe 社製の STS40 E23 24K ヤーンを選択する。

【0051】

20

この比較ヤーンには、以下の樹脂混合物を含浸させてある：

Epicote 828：100 部

Epicure 113：30 部

アセトン：15 部

【0052】

試料の作製：

引張試験およびデータ測定のために、ヤーン試料に長さ 50mm の厚紙片を提供し、これらを試験装置で力を導入するために使用する。

【0053】

この目的のために、2 液型接着剤を使用する。この 2 液型接着剤は、硬化後に厚紙片の領域で試料を完全に囲み、エアポケットが存在しない。

30

【0054】

接着配合物：AW 106 100 重量割合

HV 953 80 重量割合

【0055】

45 分のポットライフが参照される。

【0056】

ヤーン引張試料を作製するために、幅 200mm のテンプレートを用いて互いに平行に並べた 2 つの厚紙片を、PTFE ガラスで覆ったガラス板にポリエステル接着テープでしっかりと接着させる。厚紙片と試料との間の接着フィルムを確実に均一にするため、これらを、予め延伸体（番手に応じて選択）を用いて接着する。

40

【0057】

ここで、試料をマーキングラインに沿って配置し、ポリエステル接着テープで固定する。個々の試料が確実に平行になるようにすることが重要である。その上に、同様に接着フィルムが施された上側の厚紙片（透明なラベル付き）を配置して固定する。その上に PTFE ガラスクロス層を置き、第 2 のガラス板で重しをする。

【0058】

このセットアップを、70℃ に予熱された強制通気オーブン内に 1 時間放置する。ヤーン引張試料の冷却後、これらをバンドソーで外縁および規定された分割線に沿って切断する。

50

【 0 0 5 9 】

測定：

測定前に、試料を 2 3 / 相対湿度 5 0 % の試験室環境で少なくとも 2 4 時間保管する。

【 0 0 6 0 】

両面に力導入部を設けた含浸炭素繊維ストランド（厚紙接着）に対して、伸び計を用いた引張試験を実施する。

【 0 0 6 1 】

装置：

・ $0 < v \leq 20 \text{ mm/min}$ の範囲において 1 % 未満の精度で設定可能な一定の試験速度を有する引張 / 圧縮試験機 10

・ D I N E N I S O 7 5 0 0 - 1 に準拠した適切な力測定範囲を有する校正済み力変換器

・ 適切な経路測定範囲 D I N E N I S O 9 5 3 1 に準拠した校正済み経路測定システム

・ 伸び計 (2 1 1 mm)

【 0 0 6 2 】

試験条件：

含浸ヤーン引張試料を試験するための標準的な雰囲気、すなわち 23 ± 2 および相対湿度 $50\% \pm 5$ 。

20

【 0 0 6 3 】

試験パラメータ：

試験速度： 5 mm/min

自由クランプ長： 200 mm

予荷重： 2 cN/tex

測定長プローブ： 100 mm

開始弾性係数： 40 cN/tex

終了弾性率： 80 cN/tex

【 0 0 6 4 】

試験の実施：

30

試験を次のように実施する：

引張クランプを材料試験機 (M P M) に設置し、中心に合わせ、引張クランプ間の要求クランプ長を、要求される規格または仕様に規定されているとおりに設定する。次に、試料が M P M の中心で荷重を受けるように試料ストッパーをセットする。クランプ中は、試料がクランプジョーに対して垂直にクランプされていることを確認する必要がある。

【 0 0 6 5 】

試験開始前に、フォースチャネルのゼロ点に接近させる。試験中、試験機を、破断が起こるまで、または測定値を記録しながら規定の力もしくは長さ変化値に達するまで駆動する。試験動作の終了後に、破断パターンを入力し、測定データを保存する。試料を試験空間から取り出し、装置およびクランプを洗浄する。試験後も試料のトレーサビリティを明確にするため、試料のナンバリングを確認し、必要であれば両面を新たにする。M P M のトラバースを開始位置に戻し、次の試料を試験することができる。この方法では、1 つの試料につき 6 回の試験を行う。

40

【 0 0 6 6 】

引張強度 σ_B の測定：

【 数 1 】

$$\sigma_B = \frac{F_{\max}}{A_F} \quad [\text{N/mm}^2]$$

【 0 0 6 7 】

σ_B = 引張強度 (N / m m ²)

F_{max} = 最大引張力 (N)

A_F = ヤーン断面積 (m m ²)

【 0 0 6 8 】

ヤーン断面積は、次のように算出される：

【数 2】

$$A_F = \frac{T_t}{\rho \times 10^3} \quad [\text{mm}^2]$$

10

【 0 0 6 9 】

A_F = ヤーン断面積 (m m ²)

T_t = 番手 (t e x)

ρ = ヤーン密度 (g / c m ³)

【 0 0 7 0 】

番手およびヤーン密度は、ヤーンのデータシートから得たものであり、測定により追加的に求めたものではない。

【 0 0 7 1 】

最大荷重時の伸長率：

20

【数 3】

$$\epsilon_B = \frac{\Delta L_{Fmax} \times 100}{L_0} \quad [\%]$$

【 0 0 7 2 】

ϵ_B = 相対的な長さ変化 (%)

ΔL_0 = 最大荷重時の絶対的な長さ変化 (m m)

l_0 = 伸び計の測定長 (m m)

【 0 0 7 3 】

弾性係数：

30

【数 4】

$$E = \rho \times \frac{\Delta F \times 10^3}{T_t} \times \frac{l_0}{\Delta l} \quad [N/mm]$$

【 0 0 7 4 】

E = 弾性係数 (N / m m ²)

ρ = ヤーン密度 (g / c m ³)

ΔF = 指定された力の差 (N)

T_t = 番手 (t e x)

l_0 = 伸び計の測定長 (m m)

Δl = 指定された力の差の長さの差 (m m)

40

【 0 0 7 5 】

結果：

結果を、図 1 にグラフで表す。

【 0 0 7 6 】

図 1 では、引張強度 (M P a) がヤーンの撚り数 (t / m) の関数として表されている。また、上述したように、最初の 4 つの試料は、マトリックス樹脂が 1 重量 % である。最後の比較試料は、エポキシ系樹脂材料を十分に含浸させた、1 6 0 0 t e x の T e i j i

50

n Carbon Europe社製のSTS40 E23 24K炭素繊維ヤーンである。ヤーンに含まれる樹脂の割合は39重量%であった。最初の試料は、0Zで撚りや絡み合いがなく、1955MPaの引張強度に達している。撚りや絡み合いを増やすと、繊維中のマトリックス樹脂の割合が同じであるにもかかわらず、引張強度が増加することがわかる。15Zの撚り、すなわち15t/mで右に回転させた場合には、2309MPaの引張強度が達成される。このように約18%の増加が見られるが、これはヤーンの撚りや絡み合いに起因し得る。炭素繊維の絡み合い、交絡または撚りによってスレッド状構造物を形成することで、繊維の含浸によって得られるものと同様に、フィラメント同士の凝集をもたらすことができると推測される。フィラメント同士の凝集により、スレッド状構造物は良好な引張強度を達成する。しかし、スレッド状構造物のマトリックス割合が非常に低いため、この材料は耐火補強材として使用するのに特に適している。既に述べたように、火災時に生じるような高温では、ガス形成下にマトリックス樹脂が分解し得る。その行程の際、フィラメント同士の凝集力が失われ、コンクリート建築部材が破裂することがある。その結果、建築部材が破損する。マトリックス含有量が最大5重量%または5重量%未満であれば、ガス形成は、建築部材に損傷を与えるほどではないと仮定することができる。有利なことに、このようにして、テキスタイル補強材の良好な引張強度と良好な耐火性とが同時に達成される。

10

【0077】

実施例2

実施例2では、炭素繊維の耐熱性をバーミキュライトコーティングの関数として調べた。バーミキュライトコーティングは、別個の酸化防止層の一実施形態を表す。一般に、補強材を構成する繊維の耐熱性の向上は、コーティングによって示すことができるため、炭素繊維のコーティングは、補強材のコーティングと同等である。

20

【0078】

材料：

- STS40 E23 24K 1600tex、5Z
- バーミキュライト分散液（AVD、メーカー：Dupre Minerals Ltd.、英国）
- シングルスレッドコーティング設備（ランオフスピンドルおよびスレッド引張設定用ブレーキを備えた巻き出しスタンド、調整可能なピーカー保持部を備えた樹脂含浸用ピーカー浴、ならびにローラー（図3）およびコーティングアイレット（図4）取り付け用のベースプレート）
- 巻取板（図5）
- 少なくとも150 までの温度範囲の乾燥棚
- ヤーン切りばさみ
- 鋼製のブレード
- プラスチック製の切断板
- プラスチックハンマー
- アルシント皿（H×L×W：15mm×200mm×15mm）
- 少なくとも1000 までの温度範囲のマッフル炉
- 精度±0.001gのはかり

30

40

【0079】

実施：

撚り合わせられたスレッドを有するボビンを巻き出しスタンドに取り付ける。ヤーンを、コーティング分散液を入れたピーカー浴から、分解および洗浄が容易なローラーによりアイレットに導く（図3）。アイレット（図4）により、ヤーンから余分な分散液を取り除く。駆動は、アイレット後のヤーンを巻取板（図5）に巻き取ることににより手動で行う。ヤーンブレーキは、ヤーンが手動で引き離される際にわずかな引張力を保持する。このようにして、ヤーンを連続的にコーティングする。得られたバーミキュライトコーティングを、表1に示す。

50

【 0 0 8 0 】

【 表 1 】

表 1

バーミキュライト浴 濃度[%]	アイレット径 [mm]	達成された バーミキュライト含有量[%]
0	なし	0
5	2.6	3.7
12	3.0	13

10

【 0 0 8 1 】

各試料について、各 1 6 c m のヤーン 4 つをアルシント皿（純 C F 重量約 1 g ）に入れ、室温でマッフル炉に入れる。炉を 9 0 0 まで加熱し、この温度に達したら直ちに皿を取り出し、冷却のために砂堆積物の上に置く。試料を室温まで冷却した後、逆重量法で全減量を求める。これを炭素繊維の減量に換算する。二重反復測定を少なくとも 1 回行う。

【 0 0 8 2 】

図 2 は、実施例 2 の結果を表したものである。

【 0 0 8 3 】

ヤーンが酸化防止層としてのバーミキュライトコーティングを有しない場合、平均減量は約 6 8 重量％である。ヤーンが酸化防止層として 3 . 7 重量％のバーミキュライトコーティングを有する場合には、平均減量は約 1 1 重量％低減し、依然として約 5 6 重量％であった。炭素繊維のバーミキュライトコーティングが 1 3 重量％である場合には、平均減量は約 3 0 重量％であり、被覆されていない炭素繊維ヤーンと比較して、5 0 重量％を上回る減量の低減も達成された。このように、実施例 2 は、酸化防止層による別個のコーティングにより炭素繊維を高温でも保護できるため、酸素が存在しても炭素繊維が耐熱性を保持することを示している。このように、別個の酸化防止層を有する補強材は、火災時にもその補強特性を保持するため、火災時にも補強材を有する建築部材が破損しないかまたは後の時点で破損する。

20

30

【 0 0 8 4 】

実施例 3

実施例 3 では、延伸体試験を実施した。繊維試料 P 1 1 および P 1 2 （試料の詳細は表 2 に記載）をコンクリートに埋め込み、引張試験により最大荷重を求めた。

【 0 0 8 5 】

試料の作製：

納品後、ヤーンストランドをコンクリート打設まで室温環境で乾燥保管した。寸法 8 0 0 × 6 0 × 1 5 m m ³ の伸張体試料をプラスチック製の型で作製した。各ヤーンの種類ごとに 4 つの試料を立設（立設高さ 6 0 m m ）した。各試料には 8 つのヤーンストランドが含まれていた。ヤーンストランドの目標位置を図 7 に示す。

40

【 0 0 8 6 】

試料を 2 セットずつの試料で 3 日連続で作製した。1 セットの試料で個々の 4 つの試料を作製した。まず、ヤーンストランドにばねでわずかに予張力をかけて型に固定した。固定のために、ヤーンストランドの両端を折り曲げ、ケーブルタイおよび強力接着剤で留めた。図 8 は、設置されたヤーンストランドを示す。

【 0 0 8 7 】

コンクリートとして、最大粒径 1 m m のレディーミクストファインコンクリート（圧縮強度 > 6 0 N / m m ² ）を使用した。この乾燥混合物を、すべてのコンクリート打設のために均質化した後、個々のコンクリート打設のために充填した。この乾燥混合物を、自動タイマー付きのバケットミキサーで、製造者の指示にしたがって混合した。混合工程の後

50

、1回のコンクリート打設につき2つの型に、一定の振盪下に30分以内に流し込んだ。その後、試料を型から取り出すまで、室温環境で20～24時間にわたって蓋をして保管した。型から取り出した後、試料を、20℃、相対湿度>95%の耐候試験機内で最大6日間保管した。最終的に、これらを試験まで22℃、相対湿度65%で保管した。

【0088】

伸張体試料の試験：

伸張体試料の試験を、作製後13日または14日目に実施した。これらの試験を、最大荷重50kNのクラス1のロードセルを備えた汎用試験機で行った(2020年12月に校正済み)。試験のために、試料を、それぞれ250mmの長さにならべてボルトで固定された鋼ストラップでクランプ留めした。鋼ストラップには、表面の誤差を補正し、クランプ領域で試料を確実に接着させるための補償層が設けられている。クランプジョーと試験機との接続は、ボールジョイントヘッドにより行った。試験セットアップを図9に示す(回転)。

10

【0089】

試験に先立ち、試料の幾何学的特性を測定した。この目的のために、試料の幅(公称サイズ60mm)および試料の厚さ(公称サイズ15mm)を、上部、中央部および下部の自由延伸長の領域で測定した。測定値は、通常の許容誤差の範囲内であった。試料を設置した後、試料を吊下状態で風袋引きし、力をゼロにした。試料および下部クランプ構造体の荷重は約65Nであった。その後、試料に手で<150N未満の予荷重をかけ、試験を開始した。試験機のアプローチ速度は0.5mm/minであり、その後の試験速度は1mm/minであった。力が>90%低下したら、試験を自動的に停止した。試験中、機械経路(トラバース経路)および力を、50Hzの測定レートで記録した。

20

【0090】

結果：

【表2】

表2:

繊維の種類	ヤーンの種類	ターン数	パーミキュライト	試験名	製造日	試験日	材齢	最大荷重 Fmax	Fmaxの 平均値	初期 クラック時 の荷重	クラック数	平均 クラック 距離	平均クラック 距離の 平均値	欠陥の形態
			[重量%]				[d]	[N]				[mm]		
PU	STS40 F13 24K 1600tex	5	0	PU-A	21.02.2021	03.02.2021	13	3496	3543	3920	1	300	300	引抜け不良
				P11-B				3244		3519	1	300		引抜け不良
				PU-C				3588		3783	1	300		引抜け不良
				P11-D				3844		3482	1	300		引抜け不良
				P12-1				4820	4980	2712	2	150	138	引抜け不良
P12	STS40 F13 24K 1600tex	30	0	P12-2				5212		3690	3	100		引抜け不良
				P12-3				4762		3924	2	150		引抜け不良
				P12-4				5127		3433	2	150		引抜け不良

30

【0091】

試験中、完成したクラックパターンにおいてクラック数を調べ、記録した。ジョーの出口付近のクラックは、たとえそれらがわずかにジョー内に位置する場合であってもカウントした。表示されている平均値(算術平均)は、それぞれ4つの個々の結果に関する。最大荷重を、最初のクラックの後に求めた。平均クラック距離(e)を、次のように求めた： $e = L_0 / \text{クラック数}$ 、ここで、 $L_0 = \text{自由伸張長} = 300\text{mm}$ 。

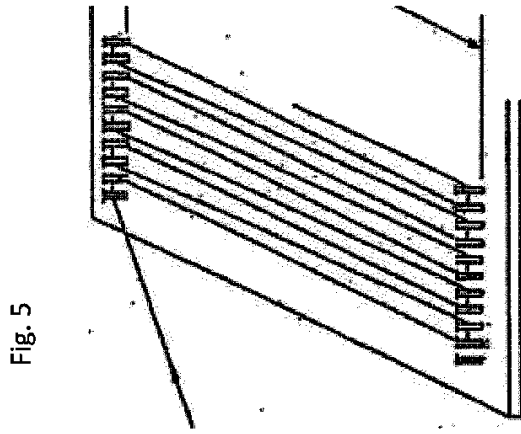
40

【0092】

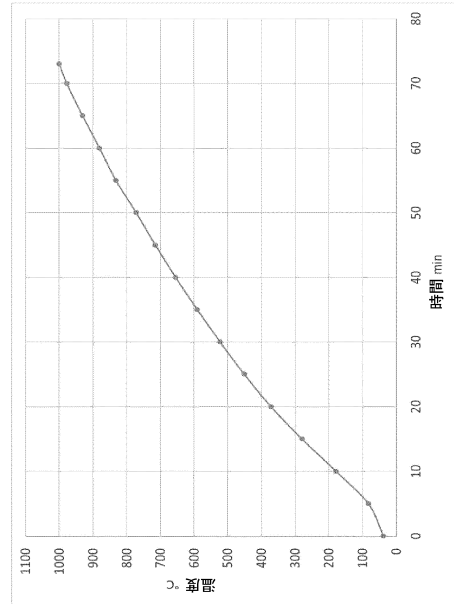
このように、実施例1とは対照的に、絡み合わされた繊維は、マトリックスを含浸させずにコンクリートに埋め込んだ場合でも良好な引張強度を有することが実証できた。さらに本実施例では、コンクリートに埋め込まれた繊維試料の絡み合いも意想外に引張強度に影響を与えることが実証された。1mあたり5回転しかしていない繊維試料の最大荷重は

50

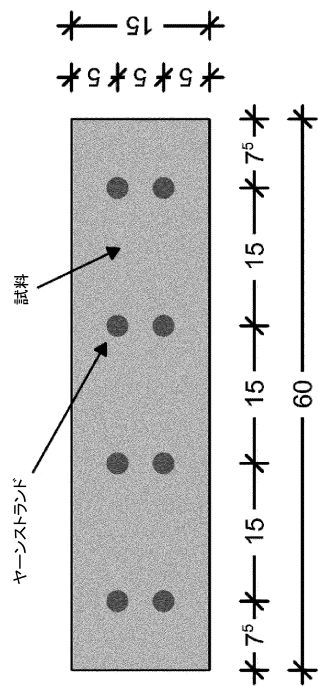
【 図 5 】



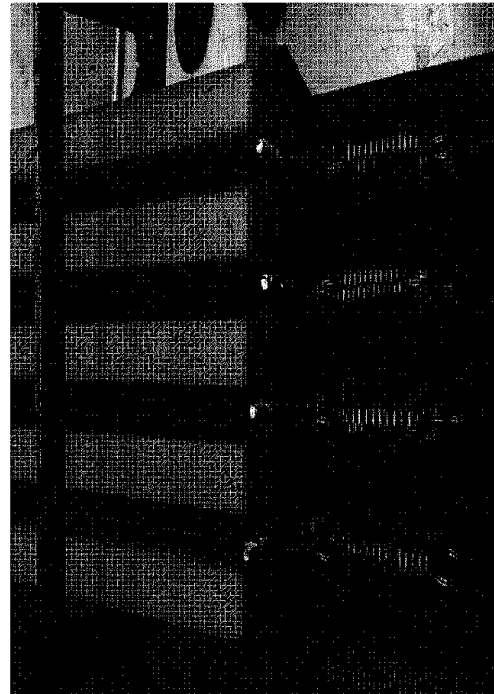
【 図 6 】



【 図 7 】

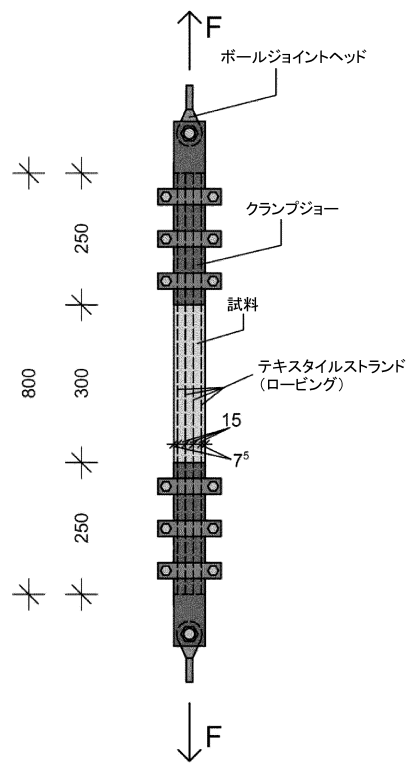


【 図 8 】



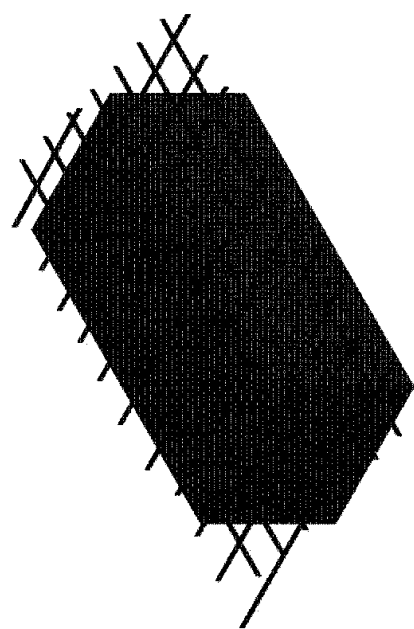
Figur 8

【 図 9 】



【 図 1 0 】

Fig. 10



10

20

30

40

50

【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No. PCT/EP2021/054018
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER E04C 5/07(2006.01)i According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) E04C Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) EPO-Internal, WPI Data		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 0861862 A2 (MITSUBISHI CHEM CORP [JP]; SHOWA HIGHPOLYMER [JP]) 02 September 1998 (1998-09-02) the whole document	1-15
X	WO 2015084720 A1 (3M INNOVATIVE PROPERTIES CO [US]) 11 June 2015 (2015-06-11) figures 1-4 the whole document	1-15
X	WO 2019091832 A1 (CHT GERMANY GMBH [DE]) 16 May 2019 (2019-05-16) the whole document figure 1	1-7,9-15
☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☒ See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 08 April 2021		Date of mailing of the international search report 16 April 2021
Name and mailing address of the ISA/EP European Patent Office p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk Netherlands Telephone No. (+31-70)340-2040 Facsimile No. (+31-70)340-3016		Authorized officer Petrinja, Etjel Telephone No.

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (January 2015)

10

20

30

40

50

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/EP2021/054018

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
EP	0861862	A2	02 September 1998	CA	2230151	A1	28 August 1998
				EP	0861862	A2	02 September 1998
				KR	19980071870	A	26 October 1998
				US	6017588	A	25 January 2000
WO	2015084720	A1	11 June 2015	CA	2931619	A1	11 June 2015
				CN	105793374	A	20 July 2016
				EP	3077471	A1	12 October 2016
				JP	6272683	B2	31 January 2018
				JP	2015105367	A	08 June 2015
				US	2016340556	A1	24 November 2016
				WO	2015084720	A1	11 June 2015
WO	2019091832	A1	16 May 2019	CA	3079211	A1	16 May 2019
				DE	102017126447	A1	16 May 2019
				EP	3707303	A1	16 September 2020
				JP	2021502318	A	28 January 2021
				US	2020270804	A1	27 August 2020
				WO	2019091832	A1	16 May 2019

Form PCT/ISA/210 (patent family annex) (January 2015)

10

20

30

40

50

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2021/054018

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. E04C5/07
ADD.

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
E04C

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	EP 0 861 862 A2 (MITSUBISHI CHEM CORP [JP]; SHOWA HIGHPOLYMER [JP]) 2. September 1998 (1998-09-02) das ganze Dokument	1-15
X	WO 2015/084720 A1 (3M INNOVATIVE PROPERTIES CO [US]) 11. Juni 2015 (2015-06-11) Abbildungen 1-4 das ganze Dokument	1-15
X	WO 2019/091832 A1 (CHT GERMANY GMBH [DE]) 16. Mai 2019 (2019-05-16) das ganze Dokument Abbildung 1	1-7, 9-15



Weitere Veröffentlichungen sind die Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

E frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

L Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

O Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

P Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

Z Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

8. April 2021

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

16/04/2021

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Petrinja, Etel

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2021/054018

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 0861862 A2	02-09-1998	CA 2230151 A1	28-08-1998
		EP 0861862 A2	02-09-1998
		KR 19980071870 A	26-10-1998
		US 6017588 A	25-01-2000

WO 2015084720 A1	11-06-2015	CA 2931619 A1	11-06-2015
		CN 105793374 A	20-07-2016
		EP 3077471 A1	12-10-2016
		JP 6272683 B2	31-01-2018
		JP 2015105367 A	08-06-2015
		US 2016340556 A1	24-11-2016
		WO 2015084720 A1	11-06-2015

WO 2019091832 A1	16-05-2019	CA 3079211 A1	16-05-2019
		DE 102017126447 A1	16-05-2019
		EP 3707303 A1	16-09-2020
		JP 2021502318 A	28-01-2021
		US 2020270804 A1	27-08-2020
		WO 2019091832 A1	16-05-2019

10

20

30

40

50

フロントページの続き

MK,MT,NL,NO,PL,PT,RO,RS,SE,SI,SK,SM,TR),OA(BF,BJ,CF,CG,CI,CM,GA,GN,GQ,GW,KM,ML,MR,N
E,SN,TD,TG),AE,AG,AL,AM,AO,AT,AU,AZ,BA,BB,BG,BH,BN,BR,BW,BY,BZ,CA,CH,CL,CN,CO,CR,CU,
CZ,DE,DJ,DK,DM,DO,DZ,EC,EE,EG,ES,FI,GB,GD,GE,GH,GM,GT,HN,HR,HU,ID,IL,IN,IR,IS,IT,JO,JP,K
E,KG,KH,KN,KP,KR,KW,KZ,LA,LC,LK,LR,LS,LU,LY,MA,MD,ME,MG,MK,MN,MW,MX,MY,MZ,NA,N
G,NI,NO,NZ,OM,PA,PE,PG,PH,PL,PT,QA,RO,RS,RU,RW,SA,SC,SD,SE,SG,SK,SL,ST,SV,SY,TH,TJ,TM,
TN,TR,TT,TZ,UA,UG,US,UZ,VC,VN,WS,ZA,ZM,ZW

(74)代理人 100116403

弁理士 前川 純一

(74)代理人 100134315

弁理士 永島 秀郎

(74)代理人 100162880

弁理士 上島 類

(72)発明者 ズィルケ シュテュースゲン

ドイツ連邦共和国 ノイス ヴィートシュトラッセ 8

(72)発明者 ベアント ヴォールマン

ドイツ連邦共和国 デュッセルドルフ エリカシュトラッセ 9

(72)発明者 フランツ ケーラー

ドイツ連邦共和国 ランゲンフェルト ハイムヘンヴェーク 9

(72)発明者 ヴィレム テア シュティーク

ドイツ連邦共和国 プルハイム パリーザー シュトラッセ 1

F ターム (参考) 4G112 PA20