(19)日本国特許庁(JP)　(12)公表特許公報(A)　(11)特許出願公表番号
特表2012-500452
(P2012-500452A)
(43)公表日　平成24年1月5日(2012.1.5)

(51)Int.Cl.		F I			テーマコード（参考）
H01B 5/08	***(2006.01)***	H01B	5/08		5G307
H01B 5/10	***(2006.01)***	H01B	5/10		5G325
H01B 13/00	***(2006.01)***	H01B	13/00	501Z	
H01B 13/02	***(2006.01)***	H01B	13/02		

審査請求 未請求　予備審査請求 有　（全 37 頁）

(21)出願番号　特願2011-523022 (P2011-523022)
(86)(22)出願日　平成21年7月14日 (2009.7.14)
(85)翻訳文提出日　平成23年4月8日 (2011.4.8)
(86)国際出願番号　PCT/US2009/050448
(87)国際公開番号　WO2010/019333
(87)国際公開日　平成22年2月18日 (2010.2.18)
(31)優先権主張番号　12/192,436
(32)優先日　平成20年8月15日 (2008.8.15)
(33)優先権主張国　米国 (US)

(71)出願人　505005049
スリーエム　イノベイティブ　プロパティズ　カンパニー
アメリカ合衆国，ミネソタ州　５５１３３－３４２７，セント　ポール，ポスト　オフィス　ボックス　３３４２７，スリーエム　センター
(74)代理人　100092783
弁理士　小林　浩
(74)代理人　100095360
弁理士　片山　英二
(74)代理人　100093676
弁理士　小林　純子
(74)代理人　100114409
弁理士　古橋　伸茂

最終頁に続く

(54)【発明の名称】撚り複合体ケーブル並びにその製造及び使用の方法

(57)【要約】
撚り複合体ケーブルは、中心長手方向軸を画定する単一ワイヤ（２）と、中心長手方向軸に対して画定される第一撚り角度で、第一撚り長さを有し、第一撚り方向で、単一ワイヤの回りに螺旋状に撚られる複数の第一複合体ワイヤと（４）、中心長手方向軸に対して画定される第二撚り角度で、第二撚り長さを有し、第一撚り方向で、複数の第一複合体ワイヤの回りに螺旋状に撚られる複数の第二複合体ワイヤ（６）と、を含み、第一撚り角度と第二撚り角度との間の相対的な差は、約４°以下である。この撚り複合体ケーブルは、例えば、複合体ワイヤの回りに撚られる複数の延性ワイヤを含んだ架空送電ケーブルなどの、最終物品に後で組み込まれる中間物品として使用することができる。撚り複合体ケーブルの製造及び使用方法も記述される。

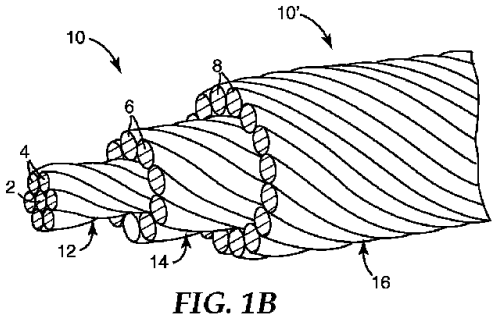

FIG. 1B

【特許請求の範囲】
【請求項１】
中心長手方向軸を画定する単一ワイヤと、
前記中心長手方向軸に対して画定される第一撚り角度で、第一撚り長さを有し、第一撚り方向で、複合体の前記単一ワイヤの回りに撚られる複数の第一複合体ワイヤと、
前記中心長手方向軸に対して画定される第二撚り角度で、第二撚り長さを有し、前記第一撚り方向で、前記複数の第一複合体ワイヤの回りに撚られる複数の第二複合体ワイヤと、を含み、
前記第一撚り角度と前記第二撚り角度との相対的な差が、約４°以下である、撚りケーブル。
【請求項２】
前記単一ワイヤが、前記中心長手方向軸に対してほぼ垂直の方向でとられた断面を有し、前記単一ワイヤの断面形状が円形又は楕円形である、請求項１に記載の撚りケーブル。
【請求項３】
前記単一ワイヤが複合体ワイヤである、請求項２に記載の撚りケーブル。
【請求項４】
前記複合体ワイヤのそれぞれが実質的に連続であり、少なくとも１５０ｍの長さである、請求項３に記載の撚りケーブル。
【請求項５】
各複合体ワイヤが、前記中心長手方向軸に対してほぼ垂直の方向でとられた断面を有し、各複合体ワイヤの断面形状が、円形、楕円形、及び台形からなる群から選択される、請求項１に記載の撚りケーブル。
【請求項６】
前記複合体ワイヤのそれぞれが、円形の断面形状を有し、複合体ワイヤそれぞれの直径が約１ｍｍ～約４ｍｍである、請求項５に記載の撚りケーブル。
【請求項７】
前記複数の第一複合体ワイヤ及び前記複数の第二複合体ワイヤのそれぞれが、１０～１５０の撚り係数を有するように螺旋状に撚られる、請求項１に記載の撚りケーブル。
【請求項８】
前記中心長手方向軸に対して画定される第三撚り角度で、第三撚り長さを有し、前記第一撚り方向で、複数の第二の複合体ワイヤの回りに撚られる複数の第三複合体ワイヤを更に含み、前記第二撚り角度と前記第三撚り角度との相対的な差は、約４°以下である、請求項１に記載の撚りケーブル。
【請求項９】
前記中心長手方向軸に対して画定される第四撚り角度で、第四撚り長さを有し、前記第一撚り方向で、複数の第三の複合体ワイヤの回りに撚られる複数の第四複合体ワイヤを更に含み、第三撚り角度と第四撚り角度との相対的な差は、約４°以下である、請求項８に記載の撚りケーブル。
【請求項１０】
前記複合体ワイヤのそれぞれが、繊維強化複合体ワイヤである、請求項１に記載の撚りケーブル。
【請求項１１】
前記の繊維強化複合体ワイヤのうち少なくとも一つが、繊維トウ又は単繊維のうちの一つで強化される、請求項１０に記載の撚りケーブル。
【請求項１２】
前記複合体ワイヤのそれぞれが、金属マトリックス複合体ワイヤ及びポリマー複合体ワイヤからなる群から選択される、請求項１１に記載の撚りケーブル。
【請求項１３】
前記ポリマー複合体ワイヤが、ポリマーマトリックス内に少なくとも一つの連続繊維を含む、請求項１２に記載の撚りケーブル。

【請求項１４】
前記の少なくとも一つの連続繊維が、金属、炭素、セラミック、ガラス、又はこれらの組み合わせを含む、請求項１３に記載の撚りケーブル。
【請求項１５】
前記の少なくとも一つの連続繊維が、チタン、タングステン、ホウ素、形状記憶合金、炭素、カーボンナノチューブ、グラファイト、炭化ケイ素、アラミド、ポリ（ｐ－フェニレン－２，６－ベンゾビスオキサゾール）、及びこれらの組み合わせを含む、請求項１３に記載の撚りケーブル。
【請求項１６】
前記ポリマーマトリックスが、エポキシ、エステル、ビニルエステル、ポリイミド、ポリエステル、シアン酸エステル、フェノール樹脂、ビスマレイミド樹脂、ポリエチルエチルケトン、及びこれらの組み合わせからなる群から選択される（コ）ポリマーを含む、請求項１３に記載の撚りケーブル。
【請求項１７】
前記金属マトリックス複合体ワイヤが、金属マトリックス内に少なくとも一つの連続繊維を含む、請求項１２に記載の撚りケーブル。
【請求項１８】
前記の少なくとも一つの連続繊維が、セラミック、ガラス、カーボンナノチューブ、炭素、炭化ケイ素、ホウ素、鉄、鋼、鉄合金、タングステン、チタン、形状記憶合金、及びこれらの組み合わせからなる群から選択される材料を含む、請求項１７に記載の撚りケーブル。
【請求項１９】
前記金属マトリックスが、アルミニウム、亜鉛、スズ、マグネシウム、これらの合金、又はこれらの組み合わせを含む、請求項１７に記載の撚りケーブル。
【請求項２０】
前記金属マトリックスがアルミニウムを含み、前記の少なくとも一つの連続繊維がセラミック繊維を含む、請求項１９に記載の撚りケーブル。
【請求項２１】
前記セラミック繊維が多結晶性α－Al_2O_3を含む、請求項２０に記載の撚りケーブル。
【請求項２２】
前記複合体ワイヤの周囲に撚られた複数の延性ワイヤを更に含む、請求項１に記載の撚りケーブル。
【請求項２３】
前記複数の延性ワイヤの少なくとも一部分が、前記第一撚り方向で撚られる、請求項２２に記載の撚りケーブル。
【請求項２４】
前記複数の延性ワイヤの少なくとも一部分が、前記第一撚り方向とは逆の第二撚り方向で撚られる、請求項２２に記載の撚りケーブル。
【請求項２５】
前記の複数の延性ワイヤが、前記複合体ワイヤの周囲にある複数の放射方向層において、前記中心長手方向軸の周りに撚られる、請求項２２に記載の撚りケーブル。
【請求項２６】
前記それぞれの放射方向層が、隣接する放射方向層とは逆の撚り方向で撚られる、請求項２５に記載の撚りケーブル。
【請求項２７】
前記それぞれの延性ワイヤが、前記中心長手方向軸に対してほぼ垂直の方向でとられた断面を有し、それぞれの延性ワイヤの断面形状が、円形、楕円形、台形、Ｓ字形、及びＺ字形からなる群から選択される、請求項２２に記載の撚りケーブル。
【請求項２８】

前記延性ワイヤが、鉄、鋼、ジルコニウム、銅、スズ、カドミウム、アルミニウム、マンガン、亜鉛、コバルト、ニッケル、クロム、チタン、タングステン、バナジウム、これら相互の合金、他の金属とのこれらの合金、シリコンとのこれらの合金、及びこれらの組み合わせからなる群から選択される、少なくとも一つの金属を含む、請求項２２に記載の撚りケーブル。

【請求項２９】

前記第一撚り角度と前記第二撚り角度との相対的な差が、３°以下である、請求項１に記載の撚りケーブル。

【請求項３０】

前記第一撚り角度と前記第二撚り角度との相対的な差が、０．５°以下である、請求項１に記載の撚りケーブル。

【請求項３１】

前記第一撚り長さが前記第二撚り長さと等しい、請求項１に記載の撚りケーブル。

【請求項３２】

前記第一撚り角度が前記第二撚り角度と等しい、請求項１に記載の撚りケーブル。

【請求項３３】

前記複数の第一複合体ワイヤ及び前記複数の第二複合体ワイヤのうち少なくとも一つの周囲の保持手段を更に含む、請求項１に記載の撚りケーブル。

【請求項３４】

前記保持手段が、結合剤、非接着テープ、又は接着テープのうち少なくとも一つを含む、請求項３３に記載の撚りケーブル。

【請求項３５】

前記接着テープが感圧接着剤を含む、請求項３４に記載の撚りケーブル。

【請求項３６】

コアと、前記コアの周囲の導体層とを含み、前記コアが請求項１の撚りケーブルを含む、送電ケーブル。

【請求項３７】

前記導体層が、複数の撚られた導体ワイヤを含む、請求項３６に記載の送電ケーブル。

【請求項３８】

前記送電ケーブルが、架空送電ケーブル及び地下送電ケーブルからなる群から選択される、請求項３６に記載の送電ケーブル。

【請求項３９】

中心長手方向軸を画定する単一ワイヤの周りに、複数の第一複合体ワイヤを撚る工程であって、前記複数の第一複合体ワイヤを撚る工程が前記中心長手方向軸に対して画定される第一撚り角度で第一撚り方向に実行され、前記複数の第一複合体ワイヤが第一撚り長さを有する、工程と、

前記複数の第一複合体ワイヤの回りに、複数の第二複合体ワイヤを撚る工程であって、前記複数の第二複合体ワイヤを撚る工程が前記中心長手方向軸に対して画定される第二撚り角度で前記第一撚り方向に実行され、前記複数の第二複合体ワイヤが第二撚り長さを有する、工程と、を含み、

更に前記第一撚り角度と前記第二撚り角度との相対的な差が、４°以下である、請求項１に記載の撚りケーブルの製造方法。

【請求項４０】

前記複合体ワイヤの回りに複数の延性ワイヤを撚ることを更に含む、請求項３９に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

本開示は全般に、撚りケーブル並びにその製造及び使用の方法に関連する。本開示は更に、螺旋状に撚られた複合体ワイヤを含む撚りケーブル、並びにその製造及び使用の方法

に関連する。そのような螺旋状に撚られた複合体ケーブルは、送電ケーブル及びその他の用途に有用である。

【背景技術】

【０００２】

ケーブル撚りは、通常は螺旋状の構成で、個々のワイヤを組み合わせ、完成したケーブルを製造するプロセスである。例えば米国特許第５，１７１，９４２号及び同第５，５５４，８２６号を参照のこと。結果として得られた撚りケーブル(stranded cable)又はワイヤロープは、同等な断面積の中実棒から得られるよりも遙かに高い柔軟性をもたらす。また、ケーブルが取扱、設置、及び使用中に曲げる力を受けた場合に、螺旋状に撚られるケーブルは全体的な円形の断面形状を維持するので、撚り構成は有益である。そのような螺旋状に撚られるケーブルは、巻上げ機ケーブル、航空機用ケーブル、及び送電ケーブルなどのさまざまな用途に使用される。

【０００３】

螺旋状に撚られるケーブルは典型的に、鋼、アルミニウム、又は銅などの延性金属(ductile metal)で製造される。いくつかの場合、例えば裸の架空送電ケーブルなどの場合において、螺旋状に撚られたワイヤコアは、ワイヤ伝導体層に囲まれている。螺旋状に撚られたワイヤコアは、例えば鋼などの第一材料から製造される延性金属ワイヤを含み、外側の電力伝導層は、例えばアルミニウムなどの別の金属から製造される延性金属ワイヤを含み得る。いくつかの場合において、螺旋状に撚られたワイヤコアは、より大きな直径の送電ケーブルの製造の入力材料として使用される、あらかじめ撚られたケーブルであり得る。螺旋状に撚られるケーブルは一般に、最低７本の個別ワイヤを含み、より一般的な構成では５０本以上のワイヤが含まれ得る。

【０００４】

図１Ａは米国特許第５，５５４，８２６号に記述されている、代表的な、螺旋状に撚られた送電ケーブルを示す。図示されている螺旋状に撚られた送電ケーブル２０は、中心延性金属伝導体ワイヤ１と、第一撚り方向（時計回りが図示されており、右旋撚り方向に対応する）で、中心延性金属伝導体ワイヤ１の回りに撚られる延性金属伝導体ワイヤ３の第一層１３と、第二撚り方向（反時計回りが図示されており、左旋撚り方向に対応する）で、第一層１３の回りに撚られる延性金属伝導体ワイヤ５の第二層１５と、第二撚り方向と反対の第三撚り方向（時計回りが図示されており、右旋撚り方向に対応する）で、第二層１５の回りに撚られる延性金属伝導体ワイヤ７の第三層１７と、を含む。

【０００５】

ケーブル撚りプロセス中、延性金属ワイヤには、金属材料の降伏応力を超えるが最大応力又は破壊応力を下回る応力がかかる。比較的小半径の先行のワイヤ層又は中心ワイヤの周りに螺旋状に巻かれる際に、この応力によって、金属ワイヤが可塑的に変形される。最近になって、複合体であるため新しい形状に容易には可塑的に変形できないような材料から製造された有用なケーブル物品が導入されている。これら材料の一般的な例には、繊維強化複合体が挙げられ、繊維強化複合体は、金属に比べて機械的特性が改善されており、一方、応力歪み反応において本来弾力性であるため、魅力的である。繊維強化ポリマーワイヤを含む複合体ケーブルは、当該技術分野において、セラミック繊維強化金属ワイヤを含む複合体ケーブルとして既知である（例えば、米国特許第６，５５９，３８５号及び同第７，０９３，４１６号、公開済みＰＣＴ公開特許ＷＯ　９７／００９７６号を参照）。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【０００６】

撚られた複合体ケーブル（例えば、ポリマーマトリックス複合体又は金属マトリックス複合体のワイヤを含むケーブル）は、一つの利用として、裸の電力電装ケーブルの強化部材となる。アルミニウムマトリックス複合体ワイヤ(composite wire)を含んだ電力電装ケーブルは知られているが、一部の用途において、更に改善された特性を求める欲求が引き続き存在する。当該技術分野は引き続き、改善された撚り複合体ケーブルと、線複合体ケ

ーブルの製造及び使用の改善された方法を求めている。

【課題を解決するための手段】

【０００７】

いくつかの用途においては、撚り複合体ケーブルの構成とその製造方法を更に改善することが望ましい。特定の用途においては、例えば、ケーブルの引張り強度及び破断までの伸長などの、螺旋状撚り複合体ケーブルの物理的特性を改善することが望ましい。いくつかの特定の用途においては、送電ケーブルなどの後続の物品に組み込む前に、その撚り複合体ワイヤ(stranded composite wire)の螺旋構成を保持するための便利な手段を提供することが、更に望ましい。そのような螺旋構成を保持するための手段は、可塑的に変形可能な延性金属ワイヤを伴うコア、又は、螺旋状に配置された後に硬化又は固定され得るワイヤを伴うコアに、あらかじめ存在している必要はない。

【０００８】

本発明の特定の実施形態は、撚り複合体ケーブルと、共通の撚り方向に複合体ワイヤを螺旋状に撚る方法を目的とし、これにより、各複合体ワイヤ層間の撚り方向を交互に変えて螺旋状に撚られている複合体ケーブルに比べ、その複合体ケーブルの引張り強度に驚くべき増加がもたらされる。そのような引張り強度の驚くべき増加は、共通の撚り方向を用いて撚られた従来の延性ワイヤ（例えば金属、又はその他の複合体）については観察されていない。更に、延性ワイヤは容易に可塑的に変形され、そのようなケーブルは一般に短い撚り長さを使用しているため、交互に撚り方向を変えることがケーブルの完全性を維持するのに好ましい可能性があるため、従来の延性ワイヤケーブルの撚られたワイヤ層について共通の撚り方向を使用することには、通常、動機付けが低くなっている。

【０００９】

よって、一つの態様において、本開示は、改善された撚り複合体ケーブルを提供する。代表的な実施形態において、撚り複合体ケーブルは、中心長手方向軸を画定する単一ワイヤ(single wire)と、中心長手方向軸に対して画定される第一撚り角度で、第一撚り長さを有し、第一撚り方向で、複合体の単一ワイヤの回りに撚られる複数の第一複合体ワイヤと、中心長手方向軸に対して画定される第二撚り角度で、第二撚り長さを有し、第一撚り方向で、複数の第一複合体ワイヤの回りに撚られる複数の第二複合体ワイヤと、を含み、第一撚り角度と第二撚り角度との相対的な差が、約４°以下である、撚りケーブル。

【００１０】

一つの代表的な実施形態において、撚りケーブルは更に、中心長手方向軸に対して画定される第三撚り角度で、第三撚り長さを有し、第一撚り方向で、複数の第二複合体ワイヤの回りに撚られる複数の第三複合体ワイヤを含み、第二撚り角度と第三撚り角度との相対的な差が、約４°以下である。別の代表的な実施形態において、撚りケーブルは更に、中心長手方向軸に対して画定される第四撚り角度で、第四撚り長さを有し、第一撚り方向で、複数の第三複合体ワイヤの回りに撚られる複数の第四複合体ワイヤを含み、第一撚り角度と第二撚り角度との相対的な差が、約４°以下である。

【００１１】

更なる代表的な実施形態において、撚りケーブルは更に、共通の中心長手方向軸に対して画定される撚り角度で、第一撚り方向で、複数の第四複合体ワイヤの回りに撚られる追加の複数の複合体ワイヤを含み得、この複合体ワイヤは特徴的な撚り長さを有し、第四撚り角度と任意の後続の撚り角度との相対的な差が、約４°以下である。

【００１２】

特定の代表的な実施形態において、第一撚り角度と第二撚り角度との間の相対的な差、第二撚り角度と第三撚り角度との間の相対的な差、第三撚り角度と第四撚り角度との間の相対的な差、一般に、任意の内側層の撚り角度とそれに隣接する外側層の撚り角度との間の相対的な差は、約４°以下、より好ましくは約３°以下、最も好ましくは約０．５°以下である。いくつかの実施形態において、第一撚り角度は第二撚り角度に等しく、第二撚り角度は第三撚り角度に等しく、第三撚り角度は第四撚り角度に等しく、一般に、任意の内側層の撚り角度は、それに隣接する外側層の撚り角度に等しい。

【００１３】
更なる実施形態において、一つ以上の第一撚り長さは第二撚り長さ以下であり、第二撚り長さは第三撚り長さ以下であり、第四撚り長さはすぐ後続の撚り長さ以下であり、及び／又は各後続撚り長さは直前の撚り長さ以下である。他の実施形態において、一つ以上の第一撚り長さは第二撚り長さに等しく、第二撚り長さは第三撚り長さに等しく、及び第三撚り長さは第四撚り長さに等しい。いくつかの実施形態において、当該技術分野において既知のように、平行撚りを使用することが好ましいことがある。
【００１４】
更なる態様において、本開示は、コアと、そのコアの回りの伝導体層とを含む、撚り送電ケーブルの別の実施形態を提供し、ここにおいてこのコアは、上述の任意の撚り複合体ケーブルを含み得る。いくつかの代表的な実施形態において、この撚りケーブルは更に、撚り複合体ケーブルコアの撚り複合体ワイヤの回りに撚られる複数の延性ワイヤを含む。
【００１５】
特定の代表的な実施形態において、この複数の延性ワイヤは、複合体ケーブルコアの複合体ワイヤの周囲にある複数の放射方向層において、中心長手方向軸の周りに撚られる。追加の代表的な実施形態において、この複数の延性ワイヤの少なくとも一部分は、中心長手方向軸に対するある撚り角度で、及び延性ワイヤの第一撚り長さで、第一撚り方向で撚られる。他の代表的な実施形態において、この複数の延性ワイヤの少なくとも一部分は、中心長手方向軸に対して相対的に画定されるある撚り角度で、及び延性ワイヤの第二撚り長さで、第二撚り方向で撚られる。
【００１６】
撚りケーブルの上記態様及びそれに関連した実施形態のうちいずれにおいても、下記の代表的な実施形態が、有利なように採用され得る。ここにおいて、一つの代表的な実施形態において、単一ワイヤは、中心長手方向軸に対してほぼ垂直の方向でとられた断面形状を有し、それは円形又は楕円形である。特定の代表的な実施形態において、この単一ワイヤは複合体ワイヤである。追加の代表的な実施形態において、複合体ワイヤ及び／又は延性ワイヤは、中心長手方向軸に対してほぼ垂直の方向での断面形状を有し、その断面形状は、円形、楕円形、及び台形から選択される。
【００１７】
更なる代表的な実施形態において、撚りケーブルは更に、複数の第一複合体ワイヤ、複数の第二複合体ワイヤ、複数の第三複合体ワイヤ、又は複数の第四複合体ワイヤのうちの少なくと一つの周囲を保持する手段を含む。いくつかの代表的な実施形態において、この保持手段は、結合剤又はテープのうち少なくとも一つを含む。特定の代表的な実施形態において、このテープは、複数の第一複合体ワイヤ又は複数の第二複合体ワイヤのうち少なくとも一つの周囲を包む接着テープを含む。特定の現在好まれている実施形態において、この接着テープは感圧性接着剤を含む。
【００１８】
一つの追加的態様において、本開示は、上記の態様及び実施形態に記述されるような撚りケーブルの製造方法を提供し、この方法は、中心長手方向軸を画定する単一ワイヤの周りに、複数の第一複合体ワイヤを撚る工程であって、複数の第一複合体ワイヤを撚る工程が中心長手方向軸に対して画定される第一撚り角度で第一撚り方向に実行され、複数の第一複合体ワイヤが第一撚り長さを有する、工程と、複数の第一複合体ワイヤの回りに、複数の第二複合体ワイヤを撚る工程であって、複数の第二複合体ワイヤを撚る工程が中心長手方向軸に対して画定される第二撚り角度で第一撚り方向に実行され、複数の第二複合体ワイヤが第二撚り長さを有する、工程と、を含み、更に第一撚り角度と前記第二撚り角度との相対的な差が、４°以下である。一つの特定の実施形態において、この方法は更に、複合体ワイヤの周りに、複数の延性ワイヤを撚る工程を含む。
【００１９】
本開示による撚り複合体ケーブルの代表的な実施形態は、その利用を可能にし、さまざまな用途に利点をもたらす、さまざまな機能及び性質を有する。例えば、いくつかの代表

的な実施形態において、本開示による撚り複合体ケーブルは、他の複合体ケーブルに比べた場合、製造中又は使用中に、ケーブルの引張り歪みの低い値での早期破壊又は故障が起こる傾向を低減し得る。加えて、いくつかの代表的な実施形態による撚り複合体ケーブルは、従来の撚り延性金属ワイヤケーブルに比べた場合、改善された耐腐食性、環境耐性（例えば紫外線及び耐湿性）、高温での強度損失に対する抵抗性、クリープ耐性、並びに比較的高い弾性率、低密度、低熱膨張係数、高い導電率、高い懸垂耐性、及び高強度を呈し得る。

【００２０】

いくつかの代表的な実施形態において、本開示の実施形態によって製造された撚り複合体ケーブルは、先行技術の複合体ケーブルに比べ、１０％以上の引張り強度増加を呈し得る。本開示の特定の実施形態による撚り複合体ケーブルは、更に、特定の重要な用途（例えば架空送電用途での利用）について、引張り強度の最低要件に適合するケーブルの撚りプロセスの収量を増大させるため、より低い製造コストで製造することも可能である。

【００２１】

本開示の例示的な実施形態の種々の態様及び利点の概要がまとめられてきた。上記の本開示の概要は、本発明の特定の代表的な実施形態の図示された各実施形態又は全ての実現形態を説明することを意図したものではない。図及び以下の詳細な説明は、本明細書に開示された原理を使用する幾つかの好ましい実施形態を更に具体的に例示する。

【図面の簡単な説明】

【００２２】

本開示の代表的実施形態を添付の図面を参照して更に説明する。

【図１Ａ】先行技術の螺旋状撚り送電ケーブルの斜視図。

【図１Ｂ】本開示の代表的な実施形態による螺旋状撚り複合体ケーブルの斜視図。

【図２Ａ】本開示の代表的な実施形態によって撚られた複合体ケーブルの概略平面図であり、各ケーブル層の撚り方向、撚り角度及び撚り長さが図示されている。

【図２Ｂ】本開示の代表的な実施形態によって撚られた複合体ケーブルの概略平面図であり、各ケーブル層の撚り方向、撚り角度及び撚り長さが図示されている。

【図２Ｃ】本開示の代表的な実施形態によって撚られた複合体ケーブルの概略平面図であり、各ケーブル層の撚り方向、撚り角度及び撚り長さが図示されている。

【図３Ａ】本開示の代表的な実施形態によるさまざまな螺旋状撚り複合体ケーブルの横断端面図。

【図３Ｂ】本開示の代表的な実施形態によるさまざまな螺旋状撚り複合体ケーブルの横断端面図。

【図３Ｃ】本開示の代表的な実施形態によるさまざまな螺旋状撚り複合体ケーブルの横断端面図。

【図３Ｄ】本開示の代表的な実施形態によるさまざまな螺旋状撚り複合体ケーブルの横断端面図。

【図４Ａ】本開示の他の代表的な実施形態による、螺旋状撚り複合体ワイヤの回りに撚られた複数の延性ワイヤを含む１層以上の層を備えた、さまざまな螺旋状撚り複合体ケーブルの横断端面図。

【図４Ｂ】本開示の他の代表的な実施形態による、螺旋状撚り複合体ワイヤの回りに撚られた複数の延性ワイヤを含む１層以上の層を備えた、さまざまな螺旋状撚り複合体ケーブルの横断端面図。

【図４Ｃ】本開示の他の代表的な実施形態による、螺旋状撚り複合体ワイヤの回りに撚られた複数の延性ワイヤを含む１層以上の層を備えた、さまざまな螺旋状撚り複合体ケーブルの横断端面図。

【図４Ｄ】本開示の他の代表的な実施形態による、螺旋状撚り複合体ワイヤの回りに撚られた複数の延性ワイヤを含む１層以上の層を備えた、さまざまな螺旋状撚り複合体ケーブルの横断端面図。

【図４Ｅ】本開示の他の代表的な実施形態による、螺旋状撚り複合体ワイヤの回りに撚ら

れた複数の延性ワイヤを含む１層以上の層を備えた、さまざまな螺旋状撚り複合体ケーブルの横断端面図。
【図５Ａ】本開示の更なる代表的な実施形態による、撚り複合体ワイヤコアの回りを保持する手段を含んだ、螺旋状撚り複合体ケーブルの側面図。
【図５Ｂ】本開示の他の代表的な実施形態による、撚り複合体ワイヤコアの回りを保持するさまざまな手段を含んだ、螺旋状撚り複合体ケーブルの横断端面図。
【図５Ｃ】本開示の他の代表的な実施形態による、撚り複合体ワイヤコアの回りを保持するさまざまな手段を含んだ、螺旋状撚り複合体ケーブルの横断端面図。
【図５Ｄ】本開示の他の代表的な実施形態による、撚り複合体ワイヤコアの回りを保持するさまざまな手段を含んだ、螺旋状撚り複合体ケーブルの横断端面図。
【図６】本開示の代表的な追加の実施形態による、ケーブル製造に使用される代表的な撚り装置の概略図。
【図７】本開示の追加の代表的な実施形態による、撚り複合体ワイヤコアの回りを保持するさまざまな手段と、撚り複合体ワイヤコアの回りに撚られた複数の延性ワイヤを含む１層以上の層とを含む、螺旋状撚り複合体ケーブルの横断端面図。
【図８】本開示の代表的な螺旋状撚り複合体ケーブルについて、内側ワイヤ層と外側のワイヤ層の間の撚り角度における相対的な差の、測定された引張り強度上の、影響のプロット。
【図９】本開示の代表的な螺旋状撚り複合体ケーブルについて、内側ワイヤ層と外側のワイヤ層の間の撚り長さにおける相対的な差の、測定された引張り強度上の、影響のプロット。
【図１０】本開示の代表的な螺旋状撚り複合体ケーブルについて、測定された引張り強度上の、交差角度の影響のプロット。
【００２３】
図中、同じ参照番号は、同様の要素を指す。本明細書に含まれる図は、縮尺図ではなく、これらの図中、複合体ケーブルの構成要素は、選択された特徴を強調するために採られたサイズである。
【発明を実施するための形態】
【００２４】
説明及び特許請求の範囲で特定の用語が使用されており、大部分は周知であるが、いくらか説明を必要とする場合がある。本明細書で使用されるとき、「ワイヤ」が「脆性」であると述べる場合は、そのワイヤがごくわずかな可塑性変形を伴い、引張り荷重下で破壊することを意味する。
【００２５】
ワイヤの変形に関して使用されるとき、用語「延性」は、そのワイヤが曲げの最中に破壊又は破損することなく実質的に可塑性変形されることを意味する。
【００２６】
用語「複合体ワイヤ」は、一緒に束ねられた、組成物又は形態の異なる材料の組み合わせから形成されたワイヤであり、脆性又は非延性の性質を呈するものを指す。
【００２７】
用語「金属マトリックス複合体ワイヤ」は、一つ以上の延性金属相を含むマトリックスに束ねられた、一つ以上の強化材料を含む複合体ワイヤを指す。
【００２８】
用語「ポリマーマトリックス複合体ワイヤ」は、一つ以上のポリマー相を含むマトリックスに束ねられた、一つ以上の強化材料を含む複合体ワイヤを指す。
【００２９】
ワイヤの変形に関して使用される用語「曲げ」又は「曲がる」には、二次元の曲げ、及び／又は、撚り中にワイヤを螺旋状に曲げることを含む三次元の曲げが含まれる。曲げ変形を有するワイヤを指す場合、これは、そのワイヤが引張り及び／又はねじり力によってもたらされた変形をも有する可能性を除外するものではない。

【００３０】
「顕著な弾性曲げ」変形とは、ワイヤが、そのワイヤの半径の最高１０，０００倍までの曲率半径で曲げられたときに起こる曲げ変形を意味する。この顕著な弾性曲げ変形は、円形断面のワイヤに適用される場合、ワイヤの外側繊維における少なくとも０．０１％の歪みを付与し得る。
【００３１】
用語「ケーブル化」及び「撚る」は、「ケーブル化された（される）」及び「撚られた（撚られる）」として交換可能な用語として使用される。
【００３２】
用語「撚り」は、螺旋状に撚られたケーブルの撚り層にあるワイヤが、螺旋状に巻かれている状態を指す。
【００３３】
用語「撚り方向」は、螺旋状に撚られた層におけるワイヤの撚られた方向を指す。螺旋状に撚られる層の撚り方向を判定するには、そのケーブルが観測者とは反対の方向を指した状態で、観測者が、その螺旋状に撚られたワイヤ層の表面を見る。ワイヤ撚りが、撚りが観測者から離れて進行するに従って、時計方向に回転するように見える場合、そのケーブルは「右旋撚り」を有すると記述される。ワイヤ撚りが観測者から離れるに従って反時計方向に回転するように見える場合、そのケーブルは「左旋撚り」を有すると記述される。
【００３４】
用語「中心軸」及び「中心長手方向軸」は交換可能な用語として使用され、多層螺旋撚りケーブルの半径方向での中心に位置する、共通の長手方向軸を意味する。
【００３５】
用語「撚り角度」は、螺旋状に撚られたケーブルの中心長手方向軸に対して、撚られたワイヤによって形成される角度を指す。
【００３６】
用語「交差角度」は、螺旋状に撚られたワイヤケーブルにおいて隣接するワイヤ層の撚り角度間の相対的な（絶対的な）差を意味する。
【００３７】
用語「撚り長さ」は、螺旋状に撚られたケーブルの中心長手方向軸の周りに、螺旋状に撚られたある層内のある単一ワイヤが、螺旋状に完全に１回転する間の、その撚りケーブルの長さを指す。
【００３８】
用語「セラミック」は、ガラス、結晶性セラミック、ガラスセラミック、及びこれらの組み合わせが挙げられる。
【００３９】
用語「多結晶性」とは、主に複数の結晶性グレインを有し、そのグレイン寸法が、そのグレインの存在する繊維の直径よりも小さいような、材料を意味する。
【００４０】
用語「連続繊維」とは、平均繊維直径に比較して、相対的に無限である長さを有する繊維を意味する。これは典型的に、アスペクト比（すなわち、繊維の平均直径に対する繊維の長さの比）1×10^{5}以上（いくつかの実施形態においては、少なくとも1×10^{6}、又はさらに少なくとも1×10^{7}）を有する繊維を意味する。典型的に、そのような繊維は約１５ｃｍ～少なくとも数メートルの桁の長さを有し、更には数キロメートル以上の桁の長さをも有し得る。
【００４１】
本開示は、複数の撚られた複合体ワイヤを含む撚りケーブルを提供する。この複合体ワイヤは脆性かつ非延性であり得、よって、ワイヤを破壊せずに螺旋構造を維持しようとする従来のケーブル撚りプロセス中には、十分に変形されないことがある。よって、本開示は、いくつかの実施形態において、より高い引張り強度の撚り複合体ケーブルを提供し、

更には、いくつかの実施形態において、撚りケーブルにおけるワイヤの螺旋構造を維持するための手段を提供する。このようにして、撚りケーブルは、中間物品又は最終物品として好都合に提供され得る。この撚り複合体ケーブルは、中間物品として使用される場合、例えば、架空送電ケーブルなどの送電ケーブルなどとしての最終物品に後で組み込むことができる。

【００４２】

本開示の様々な代表的実施形態を、特に図面を参照しながら説明する。本開示の代表的な実施形態は、開示の趣旨及び範囲から逸脱することなく、様々な修正や変更が可能である。したがって、本開示の実施形態は以下に記述する代表的な実施形態に限定されず、請求項及びそれと同等の任意のものに定められた制限によって支配されるものと理解されたい。

【００４３】

ここで一つの態様において、本開示は撚り複合体ケーブルを提供する。図を参照し、図１Ｂは、本開示の代表的な実施形態による撚り複合体ケーブル１０の斜視図を示す。図に示すように螺旋撚り複合体ケーブル１０には、中心長手方向軸を画定する単一ワイヤ２と、第一撚り方向（時計回りが図示されており、右旋撚り方向に対応する）で、複合体ワイヤ２の回りに撚られる複数の第一複合体ワイヤを含む第一層１２と、第一撚り角度で、複数の第一複合体ワイヤ４の回りに撚られる複数の第二複合体ワイヤ６を含む第二層１４と、が含まれる。

【００４４】

所望により、複数の第三の複合体ワイヤ８を含む第三層１６が、第一撚り方向で、複数の第二複合体ワイヤ６の回りに撚られて、複合体ケーブル１０’を形成し得る。所望により、第四層（図示なし）又はそれ以上の複合体ワイヤ追加層を、第一撚り方向で、複数の第二複合体ワイヤ６の回りに撚られて、複合体ケーブル１０’を形成する。所望により、単一ワイヤ２は、図１Ｂに示すように複合体ワイヤであるが、他の実施形態においては、単一ワイヤ２は、図１Ａに示すように例えば脆性金属ワイヤ１などの、脆性ワイヤであり得る。

【００４５】

本開示の代表的な実施形態において、複合体ワイヤ（例えば４、６、及び８）の２層以上の撚られた層が、中心長手方向軸を画定する単独中心ワイヤ２の周りに螺旋状に巻かれ、複合体ワイヤの各後続層は、複合体ワイヤの各直前層と同じ撚り方向で巻かれる。更に、各層（１２、１４及び１６）について図１Ｂでは右旋撚りが示されているが、各層（１２、１４及び１６）について代わりに左旋を使用してもよいことが理解されるであろう。

【００４６】

図１Ｂ及び図２Ａ～２Ｃを参照して、更なる代表的な実施形態において、撚り複合体ケーブルは、中心長手方向軸９を画定する単一ワイヤ２と、中心長手方向軸９に対して画定される第一撚り角度αで、第一撚り長さＬ（図２Ａ）を有し、単一複合体ワイヤ２の回りに撚られる複数の第一複合体ワイヤ４と、中心長手方向軸９に対して画定される第二撚り角度βで、第二撚り長さＬ’（図２Ｂ）を有し、第一撚り方向で、複数の第一複合体ワイヤ４の回りに撚られる複数の第二複合体ワイヤ６と、を含む。

【００４７】

追加の代表的な実施形態において、撚り複合体ケーブルは更に所望により、中心長手方向軸９に対して画定される第一撚り角度で、第三撚り長さＬ”（図２Ｃ）を有し、第三撚り方向で、複数の第二複合体ワイヤ６の回りに撚られる複数の第三複合体ワイヤ８を含み、第二撚り角度βと第三撚り角度γとの相対的な差が、約４°以下である。

【００４８】

更なる代表的な実施形態（図示なし）において、この撚りケーブルは更に、その共通の長手方向軸９に対して画定される第一撚り角度（図示なし）で、複数の第三複合体ワイヤ８の回りに撚られる複合体ワイヤの追加の（例えば後続の）層（例えば第四、第五、又はそれ以降の層の）を含み、各層の複合体ワイヤが特徴的な撚り長さを有し、第三撚り角度

γと第四又はそれ以降の撚り角度との相対的な差が、約４°以下である。撚り複合体ワイヤの四層又はそれ以上の層が採用されている実施形態では、好ましくは、直径０．５ｍｍ以下の複合体ワイヤが利用される。

【００４９】

いくつかの実施形態において、第一撚り角度αと第二撚り角度βとの間の相対的な（絶対的な）差は、約４°以下である。特定の代表的な実施形態において、一つ以上の第一撚り角度αと第二撚り角度β、第二撚り角度βと第三撚り角度γとの間の相対的な（絶対的な）差は、４°以下、３°以下、２°以下、１°以下、又は０．５°である。特定の代表的な実施形態において、一つ以上の第一撚り角度は、第二より角度に等しく、第二撚り角度は第三撚り角度に等しく、及び／又は各後続撚り角度は直前の撚り角度に等しい。

【００５０】

更なる実施形態において、一つ以上の第一撚り長さは第二撚り長さ以下であり、第二撚り長さは第三撚り長さ以下であり、第四撚り長さはすぐ後続の撚り長さ以下であり、及び／又は各後続撚り長さは直前の撚り長さ以下である。他の実施形態において、一つ以上の第一撚り長さは第二撚り長さに等しく、第二撚り長さは第三撚り長さに等しく、及び／又は各後続撚り長さは直前の撚り長さに等しい。いくつかの実施形態において、当該技術分野において既知のように、平行撚りを使用することが好ましいことがある。

【００５１】

さまざまな撚り複合体ケーブル実施形態（１０、１１、１０’、１１’）が、図３Ａ、３Ｂ、３Ｃ及び３Ｄの断面図にそれぞれ示されている。図３Ａ～３Ｄの例示した実施形態それぞれにおいて、複合体ワイヤ（４、６、及び８）は、中心長手方向軸（図示なし）を画定する単一ワイヤ（図３Ａ及び３Ｃでは２、図３Ｂ及び３Ｄでは１）の周りに、複合体ワイヤ（４、６、及び８）に対応する各層（図１Ｂの１２、１４及び１６’）において同一である撚り角度（図示なし）で撚られている。そのような撚り角度は時計方向（図１Ｂに示す右旋撚り）又は反時計方向（左旋撚り、図示なし）であり得る。

【００５２】

図３Ａ及び３Ｃは中心長手方向軸（図示なし）を画定する単独の中心複合体ワイヤ２を示しているが、図３Ｂ及び３Ｄに示すように、単一ワイヤ２は延性金属ワイヤ１であり得ることも、併せて理解される。更に、複合体ワイヤの各層はある撚り長さを呈し（図３Ａ～３Ｄに図示なし）、複合体ワイヤの各層の撚り長さは異なっていてよく、又は好ましくは、同じ撚り長さであり得る。

【００５３】

更に、いくつかの代表的な実施形態において、各複合体ワイヤは、中心長手方向軸に対して実質的に垂直の方向に、全般に円形、楕円形、又は台形の断面形状を有する。特定の代表的な実施形態において、複合体ワイヤはそれぞれ、全般に円形の断面形状を有し、各複合体ワイヤの直径は約０．１ｍｍ以上であり、より好ましくは０．５ｍｍ以上であり、更により好ましくは１ｍｍ以上であり、更により好ましくは２ｍｍ以上であり、最も好ましくは３ｍｍ以上であり、かつ、約１５ｍｍ以下であり、より好ましくは１０ｍｍ以下であり、更により好ましくは５ｍｍ以下であり、更により好ましくは４ｍｍ以下であり、最も好ましくは３ｍｍ以下である。他の代表的な実施形態において、各複合体ワイヤの直径は１ｍｍ未満、又は５ｍｍを超え得る。

【００５４】

典型的に、全般に円形の断面形状を有する単独中心ワイヤの平均直径は、約０．１ｍｍ～約１５ｍｍの範囲である。いくつかの実施形態において、単独中心ワイヤの平均直径は望ましくは約０．１ｍｍ以上、０．５ｍｍ以上、１ｍｍ以上、２ｍｍ以上、３ｍｍ以上、４ｍｍ以上、又は最高約５ｍｍである。他の実施形態において、単独中心ワイヤの平均直径は約０．５ｍｍ未満、約１ｍｍ未満、約３ｍｍ未満、約５ｍｍ未満、約１０ｍｍ未満、又は約１５ｍｍ未満である。

【００５５】

図３Ａ～３Ｄに示されていない追加の代表的な実施形態において、撚り複合体ケーブル

には、中心長手方向軸を画定する単一ワイヤの回りに３層を超える複合体ワイヤを撚られた層が含まれ得る。特定の代表的な実施形態において、複合体ケーブルの各層における各複合体ワイヤは、同じ構造及び形状であり得るが、これは、本明細書に記述される利点を達成するのに必須ではない。

【００５６】

更なる態様において、本開示は、複合体コアと、その複合体コアの回りの伝導体層とを含む、撚り送電ケーブルのさまざまな実施形態を提供し、この複合体コアは、上述の任意の撚り複合体ケーブルを含み得る。いくつかの実施形態において、この送電ケーブルは、架空送電ケーブル、又は地下送電ケーブルとして有用であり得る。特定の代表的な実施形態において、この伝導体層は、複合体ケーブルコアのほぼ全表面に接触する金属層を含む。他の代表的な実施形態において、この伝導体層は、複合体ケーブルコアの周りに撚られた複数の延性金属伝導体ワイヤを含む。

【００５７】

図４Ａ～４Ｅは撚りケーブル（図４Ａ、４Ｂ、４Ｃ、４Ｄ及び４Ｅに対応する３０、４０、５０、６０又は７０）の代表的な実施形態を示し、延性ワイヤ（例えば２８、２８’、２８”）例えば、延性金属伝導体ワイヤの、１層以上の追加層が、図３Ａの複合体ケーブルコア１０の回りに螺旋状に撚られる。しかしながら、本開示はこれらの代表的な実施形態に限定されるものではなく、他の複合体ケーブルコア（例えば、図３Ｂ、３Ｃ及び３Ｄにそれぞれの複合体ケーブル１１、１０’、及び１１’）を用いた他の実施形態も、本開示の範囲内であることが理解されよう。

【００５８】

よって、図４Ａに示された特定の実施形態において、撚りケーブル３０には、図１Ｂ、２Ａ～２Ｂ、及び３Ａに示されるような撚り複合体１０の回りに撚られた、複数の第一延性ワイヤ２８が含まれる。図４Ｂに示された追加の実施形態において、撚りケーブル４０には、図４Ａの撚りケーブル３０の、複数の第一延性ワイヤ２８の回りに撚られる、複数の第二延性ワイヤ２８’が含まれる。図４Ｃに示された更なる実施形態において、撚りケーブル５０には、図４Ｂの撚りケーブル４０の、複数の第二延性ワイヤ２８’の回りに撚られる、複数の第三延性ワイヤ２８”が含まれる。

【００５９】

図４Ａ～４Ｃによって示される特定の実施形態において、対応する撚りケーブル（３０、４０又は５０）は、図３Ａの撚り複合体ケーブル１０を含むコアを有し、これには中心長手方向軸９を画定する単一ワイヤ２（図２Ｃ）と、第一撚り方向で、単独複合体ワイヤ２の回りに撚られる複数の第一複合体ワイヤ４を含む第一層１２と、第一撚り方向で、複数の第一複合体ワイヤ４の回りに撚られる複数の第二複合体ワイヤ６を含む第二層１４と、が含まれる。特定の代表的な実施例において、複数の第一延性ワイヤ２８は、隣接する放射状層（例えば、複数の第二複合体ワイヤ６を含む第二層１４）とは逆の撚り方向で撚られる。

【００６０】

他の代表的な実施例において、複数の第一延性ワイヤ２８は、隣接する放射状層（例えば、複数の第二複合体ワイヤ６を含む第二層１４）と同じ撚り方向で撚られる。更なる代表的な実施形態において、複数の第一延性ワイヤ２８、複数の第二延性ワイヤ２８’、又は複数の第三延性ワイヤ２８”は、隣接する放射状層（例えば複数の第二複合体ワイヤ６を含む第二層１４）とは逆の撚り方向で撚られる。

【００６１】

更なる代表的な実施形態において、各延性ワイヤ（２８、２８’、又は２８”）は、中心長手方向軸に対して実質的に垂直の方向に、円形、楕円形、又は台形から選択される断面形状を有する。図４Ａ～４Ｃは、各延性ワイヤ（２８、２８’、又は２８”）が、中心長手方向軸に対して実質的に垂直の方向に、実質的に円形の断面形状を有する実施形態を示す。図４Ｄに示された特定の実施形態において、撚りケーブル６０には、図１Ｂ、２Ａ～２Ｂに示すような撚り複合体１０の回りに撚られる、複数の第一台形形状の延性ワイヤ

２８が全般的に含まれる。図４Ｅに示される更なる実施形態において、撚りケーブル７０には更に、図４Ｄの撚りケーブル６０の回りに撚られる、複数の第二台形形状の延性ワイヤ２８’が全般的に含まれる。

【００６２】

更なる代表的な実施形態において、これら延性ワイヤ（２８、２８’、又は２８”）の一部又は全ては、中心長手方向軸に対して実質的に垂直の方向に、「Ｚ」又は「Ｓ」形（図示なし）の断面形状を有し得る。そのような形状のワイヤは当該技術分野において既知であり、例えば、相互に連結するケーブル外層を形成するのに望ましいことがある。

【００６３】

追加の実施形態において、延性ワイヤ（２８、２８’、又は２８”）は、銅、アルミニウム、鉄、亜鉛、コバルト、ニッケル、クロム、チタン、タングステン、バナジウム、ジルコニウム、マンガン、ケイ素、これらの合金、及びこれらの組み合わせからなる群から選択される一つ以上の金属を含む。

【００６４】

撚り複合体ケーブルは、例えば、前述の螺旋状に撚られた複合体ケーブル、又はその他の撚り複合体ケーブルなど、複合体ワイヤを含むコアの回りに、複数の延性ワイヤを撚ることによって、最終物品、例えば牽引ケーブル、巻上げ機ケーブル、架空送電ケーブル、及び同等物などに後で組み込まれる中間物品として使用され得る。例えばコアは、当該技術分野において既知の技法を用い、上述のようにして、単独の中心ワイヤ（２）の回りに、２層以上の複合体ワイヤ（４、６、８）を撚る（例えば螺旋状に巻き付ける）ことによって作製することができる。典型的に、そのような螺旋状に撚られた複合体ケーブルコアは、最低で１９本の個別ワイヤから、５０本以上ものワイヤを含む傾向にある。

【００６５】

複数の複合体ワイヤを含むコア（２、４、６）については、そのいくつかの実施形態において、撚り中又は撚り後に、例えばテープの上巻き（接着剤の有無を問わず）又は結合剤などの保持手段を用いて、複合体ワイヤ（例えば、少なくとも、図５Ａ～５Ｄの第二層１４における複数の第二複合体ワイヤ６）を一緒に保持することが望ましい（例えば米国特許第６，５５９，３８５　Ｂ１号（Ｊｏｈｎｓｏｎ　ｅｔ　ａｌ．）を参照）。図５Ａ～５Ｃは、撚き付けた後に複合体ワイヤを一緒に保持するため、テープ１８の形状の保持手段を使用しているさまざまな実施形態を示す。

【００６６】

図５Ａは、撚りケーブル１０（図１Ｂ、２Ａ～２Ｂ、及び３Ａ）の側面図であり、撚り複合体ケーブル１０の複合体ワイヤ（２、４、６）の回りに部分的に適用されたテープ１８を含む、代表的な保持手段を伴っている。図５Ｂに示すように、テープ１８は、接着層２２を伴う支持体２０を含み得る。別の方法としては、図５Ｃに示すように、テープ１８は、接着層なしで、支持体２０のみを含み得る。

【００６７】

特定の代表的な実施形態において、テープ１８は、図５Ａに示すように、各後続の巻きを、隙間なくかつ重なりなしに、前の巻きに境を接するように巻き付けることができる。別の方法としては、いくつかの実施形態において、後続の巻きは、各巻きの間に隙間を残すような間隔があるように、あるいは前の巻きに重なるように、することができる。一つの好ましい実施形態において、テープ１８は、各巻きが、前の巻きに対して、テープ幅の約１／３～１／２重なるように巻かれる。

【００６８】

図５Ｂは、保持手段が、接着剤２２を伴う支持体２０を含むテープ１８である、図５Ａの撚りケーブルの端面図である。この代表的な実施形態において、好適な接着剤には例えば、（メタ）アクリレート（コ）ポリマー系接着剤、ポリ（α－オレフィン）接着剤、ブロックコポリマー系接着剤、天然ゴム系接着剤、シリコーン系接着剤、及びホットメルト接着剤が挙げられる。感圧性接着剤は、特定の実施形態において好ましいことがある。

【００６９】

更なる代表的な実施形態において、テープ１８又は支持体２０の好適な材料には、金属ホイル（特にアルミニウム）、ポリエステル、ポリイミド、及びガラス強化支持体が挙げられ、ここにおいてテープ１８は弾性曲げ変形を維持するのに十分強く、包まれた構成をそれ自体だけで保持することができ、又は必要に応じて十分に拘束される。一つの特に好ましい支持体２０はアルミニウムである。そのような支持体は、好ましくは厚さが０．０５～０．１３ｍｍ（０．００２～０．００５インチ）であり、幅は撚りケーブル１０の直径に基づいて選択される。例えば、二層の撚り複合体ワイヤを有し（例えば図５Ａに示すもの）、直径約１．３ｃｍ（０．５インチ）を有する、撚りケーブル１０については、幅２．５ｃｍ（１．０インチ）を有するアルミニウムテープが好ましい。

【００７０】

現在好ましい市販のテープには、次の金属ホイルテープが挙げられる（３Ｍ　Ｃｏｍｐａｎｙ（ミネソタ州セントポール）から市販）：テープ４３８、厚さ０．１３ｍｍ（０．００５インチ）アルミ支持体、アクリル接着剤付き、合計テープ厚さ０．１８ｍｍ（０．００７２インチ）；テープ４３１、厚さ０．０５ｍｍ（０．００１９インチ）アルミニウム支持体、アクリル接着剤付き、合計テープ厚さ０．０８ｍｍ（０．００３１インチ）；及びテープ４３３、厚さ０．０５ｍｍ（０．００２インチ）アルミニウム支持体、シリコーン接着剤付き、合計テープ厚さ０．０９ｍｍ（０．００３６インチ）。好適な金属ホイル／ガラスクロステープは、実施例に記述されているように、テープ３６３（３Ｍ　Ｃｏｍｐａｎｙ（ミネソタ州セントポール）から市販）である。好適なポリエステル支持体テープには、厚さ０．０３ｍｍ（０．００１インチ）のポリエステル支持体、シリコーン系接着剤、及び合計テープ厚さ０．０３ｍｍ（０．００１８インチ）の、ポリエステルテープ８４０２（３Ｍ　Ｃｏｍｐａｎｙ（ミネソタ州セントポール）から市販）が挙げられる。

【００７１】

図５Ｃは、テープ１８が接着剤２２のない支持体２０を含む、図５Ａの撚りケーブルの端面図である。テープ１８が接着剤なしの支持体２０であるとき、支持体２０の好適な材料には、接着剤付きの使用において上述したもののうち任意のものが含まれ、好適な支持体は、厚さが０．０５～０．１３ｍｍ（０．００２～０．００５インチ）、幅２．５４ｃｍ（１．０インチ）を有するアルミニウム支持体である。

【００７２】

接着剤２２の有無を問わず、テープ１８を保持手段として使用する場合、テープは、当該技術分野において既知であるような従来型のテープ巻き装置でこの撚りケーブルに適用することができる。好適なテープ巻き装置には、例えばモデル番号ＣＴ－３００同心テーピングヘッドなどの、Ｗａｔｓｏｎ　Ｍａｃｈｉｎｅ，Ｉｎｔｅｒｎａｔｉｏｎａｌ（ニュージャージー州パターソン）から市販されているものが挙げられる。テープ上巻きステーションは一般に、ケーブル撚り装置の出口に配置され、ケーブル１０が巻き取りスプール上に巻かれる前に、螺旋状に撚られた複合体ワイヤに適用される。テープ１８は、弾性変形された複合体ワイヤの撚り配置を保持できるよう選択される。

【００７３】

図５Ｄは、複合体ワイヤ（２、４、６）をその撚り配置に保持するよう、撚りケーブル１０に適用される結合剤２４の形状での保持手段を用いた、撚り複合体ケーブル３４の別の代表的な実施形態を示す。好適な結合剤２４には、６～２０個の炭素原子を含むモノマーと、米国特許第５，１１２，８８２号（Ｂａｂｕ　ｅｔ　ａｌ．）に記述されているような光架橋剤と、から誘導された、１つ以上のポリ（α－オレフィン）ホモポリマー、コポリマー、ターポリマー、及びテトラポリマーが挙げられる。これらの材料の放射線硬化は、剥離及び剪断接着特性の有利なバランスを有する接着フィルムを提供する。

【００７４】

別の方法としては、結合剤２４は熱硬化性材料を含み得、これにはエポキシが含まれるがこれに限定されない。いくつかの結合剤について、上述のように、ワイヤがケーブル化装置から出る際に、撚りケーブル１０上に結合剤２４を押し出すか又は別の方法でコーテ

ィングすることが好ましい。別の方法としては、結合剤２４は、転写テープとして供給される接着剤の形態で適用することができる。この場合、結合剤２４は転写又は剥離シート（図示なし）に適用される。この剥離シートで、撚りケーブル１０の複合体ワイヤの回りが包まれる。次に支持体を除去すると、接着剤層が結合剤２４として残る。

【００７５】

更なる実施形態において、接着剤２２又は結合剤２４は所望により、複合体ワイヤの各層（例えば図１Ｂの１２、１４、１６）の回りに、又は、複合体ワイヤ（例えば図１Ｂの２、４、６、８）の任意の好適な層の間に適用されることが望ましい場合がある。

【００７６】

一つの現在好ましい実施形態において、これら保持手段は、撚り複合体ケーブル１０の合計直径に著しい増加はもたらさない。好ましくは、保持手段を含む撚り複合体ケーブルの外形は、保持手段を除外した複数の撚り複合体ワイヤ（２、４、６、８）の外形の１１０％以下であり、より好ましくは１０５％以下であり、最も好ましくは１０２％以下である。

【００７７】

複合体ワイヤには、従来型のケーブル化装置で撚られているときに、顕著な量の弾性曲げ変形が行われることが認識されよう。ワイヤの螺旋構成を保持するための保持手段が存在しない場合、この顕著な弾性曲げ変形によって、ワイヤの撚りをほどく、又は曲げ形状を元に戻すような作用が生じ得る。よって、いくつかの実施形態において、保持手段は、複数の撚り複合体ワイヤ（図１Ｂの２、４、６、８）の著しい弾性曲げ変形を保持するよう選択される。

【００７８】

更に、撚りケーブル１０の目的用途によっては、特定の保持手段がその用途に、より好適であることが示唆され得る。例えば、撚りケーブル１０が送電ケーブルのコアとして使用される場合は、この用途で曝され得る温度及びその他の条件で、この伝送ケーブルが悪影響を受けないように、結合剤２４、又は接着剤２２を使用しないテープ１８のいずれかを選択すべきである。接着テープ１８が保持手段として使用されるとき、接着剤２２と支持体２０との両方が、この目的用途に好適となるよう選択されるべきである。

【００７９】

特定の代表的な実施形態において、撚り複合体ワイヤ（例えば図１Ｂの２、４、６、８）はそれぞれ、後に詳しく述べるように、マトリックス内に複数の連続繊維を含む。ワイヤは複合体であるため、延性ワイヤでは可能であるようなケーブル化操作中の可塑性変形を受け入れない。例えば、延性ワイヤを含む先行技術の構成において、従来のケーブル化プロセスは、複合体ワイヤを螺旋形状に恒久的かつ可塑的に変形させるよう実行することができる。本開示は、従来の非複合体ワイヤに比べ、優れた望ましい特性を提供できる、複合体ワイヤの使用を可能にする。この保持手段により、この撚り複合体ケーブルを最終物品として便利に取り扱うことが可能になり、又は後続の最終物品に組み込む前に便利に取り扱うことが可能になる。

【００８０】

本開示は任意の好適な複合体ワイヤと共に実施することができるが、特定の代表的な実施形態において、複合体ワイヤのそれぞれが、マトリックス中に少なくとも一つの連続繊維トウ、又は連続単繊維を含む、繊維強化複合体ワイヤとなるよう選択される。

【００８１】

複合体ワイヤの好ましい実施形態は、マトリックス中に複数の連続繊維を含む。好ましい繊維は、多結晶性α－Al_2O_3を含む。これらの、複合体ワイヤの好ましい実施形態は、好ましくは、０．４％以上の破断引張歪み、より好ましくは０．７％以上の破断引張歪みを有する。いくつかの実施形態において、金属マトリックス複合体コア内の繊維の数の８５％以上（実施形態によっては、９０％以上、又は更には９５％以上）が連続している。

【００８２】

本開示に使用し得る他の複合体ワイヤには、ガラス／エポキシワイヤ、炭化ケイ素／アルミニウム複合体ワイヤ、炭素／アルミニウム複合体ワイヤ、炭素／エポキシ複合体ワイヤ、炭素／ポリエチルエチルケトン（ＰＥＥＫ）ワイヤ、炭素／（コ）ポリマーワイヤ、及びこれら複合体ワイヤの組み合わせが挙げられる。

【００８３】

好適なガラス繊維の例には、当該技術分野において既知であるように、Ａ－Ｇｌａｓｓ、Ｂ－Ｇｌａｓｓ、Ｃ－Ｇｌａｓｓ、Ｄ－Ｇｌａｓｓ、Ｓ－Ｇｌａｓｓ、ＡＲ－Ｇｌａｓｓ、Ｒ－Ｇｌａｓｓ、グラスファイバー及びパラグラスが挙げられる。他のガラス繊維も使用することができるが、このリストは限定的ではなく、例えばＣｏｒｎｉｎｇ　Ｇｌａｓｓ　Ｃｏｍｐａｎｙ（ニューヨーク州コーニング）から市販されているさまざまな種類のガラス繊維が存在する。

【００８４】

いくつかの代表的な実施形態において、連続ガラス繊維が好ましい場合がある。典型的には、連続ガラス繊維は、約３μｍ～約１９μｍの範囲の平均繊維直径を有する。いくつかの実施形態において、ガラス繊維は、少なくとも３ＧＰａ、４ＧＰａ、及び／又は更には少なくとも５ＧＰａの平均引張強度を有する。いくつかの実施形態において、ガラス繊維は、約６０ＧＰａ～９５ＧＰａ、又は約６０ＧＰａ～約９０ＧＰａの範囲の弾性率を有する。

【００８５】

好適なセラミック繊維の例には、金属酸化物（例えばアルミナ）繊維、窒化ホウ素繊維、炭化ケイ素繊維、及びこれらの繊維の任意の組み合わせが挙げられる。典型的に、セラミック酸化物繊維は、結晶性セラミック、及び／又は結晶性セラミックとガラスとの混合物（すなわち、繊維は結晶性セラミックとガラス相の両方を含み得る）である。典型的には、そのような繊維は、５０ｍ以上の桁の長さを有し、キロメートル又はそれ以上の桁の長さを有することさえできる。典型的には、連続セラミック繊維は、約５μｍ～約５０μｍ、約５μｍ～約２５μｍ、約８μｍ～約２５μｍ、又は更に約８μｍ～約２０μｍの、範囲の平均繊維直径を有する。いくつかの実施形態において、この結晶性セラミック繊維は、１．４ＧＰａ以上、１．７ＧＰａ以上、２．１ＧＰａ以上、又は更には２．８ＧＰａの平均引張り強度を有する。いくつかの実施形態において、この結晶性セラミック繊維は、７０ＧＰａを超え約１０００ＧＰａ以下、又は更には４２０ＧＰａ以下の弾性率を有する。

【００８６】

好適な単繊維セラミック繊維の例には、炭化ケイ素繊維が挙げられる。典型的に、炭化ケイ素単繊維は、結晶性セラミック、及び／又は結晶性セラミックとガラスとの混合物（すなわち、繊維は結晶性セラミックとガラス相の両方を含み得る）である。典型的には、そのような繊維は、５０ｍ以上の桁の長さを有し、キロメートル又はそれ以上の桁の長さを有することさえできる。典型的には、連続炭化ケイ素単繊維は、約１００μｍ～約２５０μｍの範囲の平均繊維直径を有する。いくつかの実施形態において、この結晶性セラミック繊維は、２．８ＧＰａ以上、３．５ＧＰａ以上、４．２ＧＰａ以上、及び／又は更には６ＧＰａの平均引張り強度を有する。いくつかの実施形態において、この結晶性セラミック繊維は、２５０ＧＰａを超え約５００ＧＰａ以下、又は更には４３０ＧＰａ以下の弾性率を有する。

【００８７】

好適なアルミナ繊維は、例えば、米国特許第４，９５４，４６２号（Ｗｏｏｄ　ｅｔ　ａｌ．）及び同第５，１８５，２９９号（Ｗｏｏｄ　ｅｔ　ａｌ．）に記載されている。いくつかの実施形態では、アルミナ繊維は多結晶性アルファアルミナ繊維であり、理論上の酸化物系で、アルミナ繊維の総重量を基準として、９９重量％を超えるAl_2O_3及び０．２～０．５重量％のSiO_2を含む。別の態様では、いくつかの望ましい多結晶性アルファアルミナ繊維は、平均粒径１マイクロメートル未満（又は、いくつかの実施形態においては、更には０．５マイクロメートル未満）のアルファアルミナを含む。別の様態で

は、いくつかの実施形態において、多結晶性アルファアルミナ繊維の平均引張り強度は、１．６ＧＰａ以上（いくつかの実施形態では、２．１ＧＰａ以上、又は更には２．８ＧＰａ以上）である。代表的なアルファアルミナ繊維は、商品名「ＮＥＸＴＥＬ　６１０」（３Ｍ　Ｃｏｍｐａｎｙ（ミネソタ州セントポール））として市販されている。

【００８８】

好適なアルミノシリケート繊維は、例えば、米国特許第４，０４７，９６５号（Ｋａｒｓｔ　ｅｔ　ａｌ）に記述されている。代表的なアルミノシリケート繊維は、商品名「ＮＥＸＴＥＬ　４４０」、「ＮＥＸＴＥＬ　５５０」、及び「ＮＥＸＴＥＬ　７２０」（３Ｍ　Ｃｏｍｐａｎｙ（ミネソタ州セントポール））として販売されている。アルミノボロシリケート繊維は、例えば、米国特許第３，７９５，５２４号（Ｓｏｗｍａｎ）に記述されている。代表的なアルミノボロシリケート繊維は、商品名「ＮＥＸＴＥＬ　３１２」（３Ｍ　Ｃｏｍｐａｎｙ（ミネソタ州セントポール））として販売されている。窒化ホウ素繊維は、例えば、米国特許第３，４２９，７２２号（Ｅｃｏｎｏｍｙ）及び同第５，７８０，１５４号（Ｏｋａｎｏ　ｅｔ　ａｌ．）に記述されている。更に、代表的な炭化ケイ素繊維は、例えば、カリフォルニア州サンディエゴのＣＯＩ　Ｃｅｒａｍｉｃｓから５００繊維のトウの商品名「ＮＩＣＡＬＯＮ」が、日本の宇部興産（Ube Industries）から商品名「ＴＹＲＡＮＮＯ」が、ミシガン州ミッドランドのＤｏｗ　Ｃｏｒｎｉｎｇから商品名「ＳＹＬＲＡＭＩＣ」が、市販されている。

【００８９】

好適な炭素繊維には、例えばＰＡＮＥＸ（登録商標）及びＰＹＲＯＮ（登録商標）（ＺＯＬＴＥＫ（ミズーリ州ブリッジトン）から市販）、ＴＨＯＲＮＥＬ（ＣＹＴＥＣ　Ｉｎｄｕｓｔｒｉｅｓ，Ｉｎｃ．（ニュージャージー州パターソン）から市販）、ＨＥＸＴＯＷ（ＨＥＸＣＥＬ，Ｉｎｃ．（コネチカット州サウスベリ）から市販）、及びＴＯＲＡＹＣＡ（東レ株式会社（TORAY Industries, Ltd.）（日本・東京）から市販）が挙げられる。そのような炭素繊維は、ポリアクリロニトリル（ＰＡＮ）前駆体から誘導され得る。その他の好適な炭素繊維には、当該技術分野において既知のように、ＰＡＮ－ＩＭ、ＰＡＮ－ＨＭ、ＰＡＮ　ＵＨＭ、ＰＩＴＣＨ又はレーヨン副産物が挙げられる。

【００９０】

追加の好適な市販繊維には、ＡＬＴＥＸ（住友化学株式会社（Sumitomo Chemical Company）（日本・大阪）から市販）、ＡＬＣＥＮ（株式会社ニチビ（Nitivy Company, Ltd.）、日本・東京）から市販）が挙げられる。

【００９１】

好適な繊維には更に、形状記憶合金（マルテンサイト形質転換を起こす金属合金で、形質転換温度より下の温度で双晶化メカニズムにより変形可能となり、形質転換温度より上に加熱されて双晶組織が元の相に戻ると、このような変形が元に戻り得る）が挙げられる。市販されている形状記憶合金繊維があり、例えばＪｏｈｎｓｏｎ　Ｍａｔｔｈｅｙ　Ｃｏｍｐａｎｙ（ペンシルバニア州ウェストホワイトランド）から市販されている。

【００９２】

いくつかの実施形態において、セラミック繊維がトウ内にある。トウは、繊維分野で既知であり、複数の（個別の）繊維（典型的には１００本以上、より典型的には４００本以上の繊維）がロービング様形状に集まったものを指す。いくつかの実施形態において、トウは、トウ当たり７８０本以上の個別繊維を含み、場合によっては、トウ当たり２６００本以上の個別繊維、又は別の場合では、トウ当たり５２００本以上の個別繊維を含む。セラミック繊維のトウは一般に、３００ｍ、５００ｍ、７５０ｍ、１０００ｍ、１５００ｍ、２５００ｍ、５０００ｍ、７５００ｍ及びそれ以上を含む、様々な長さで入手可能である。繊維は、円形又は楕円形である断面形状を有し得る。

【００９３】

市販されている繊維は典型的に、潤滑性をもたらし、取扱い中に繊維ストランドを保護するために、製造中に繊維に添加される有機糊剤を典型的に含み得る。糊剤は、例えば、繊維から離れた糊剤を溶解又は燃焼させることによって除去することができる。典型的に

は、金属マトリックス複合体ワイヤを形成する前に、糊剤を除去することが望ましい。繊維はまた、例えば繊維の湿潤性を強化するために使用されているコーティングを有していることがあり、これが繊維と溶融金属マトリックス材料との間の反応を低下又は阻害する。このようなコーティング、及びこのようなコーティングを提供するための技法は、繊維及び複合体の分野で既知である。

【００９４】

更なる代表的な実施形態において、複合体ワイヤはそれぞれ、金属マトリックス複合体ワイヤとポリマー複合体ワイヤから選択される。好適な複合体ワイヤは、例えば、米国特許第６，１８０，２３２号、同第６，２４５，４２５号、同第６，３２９，０５６号、同第６，３３６，４９５号、同第６，３４４，２７０号、同第６，４４７，９２７号、同第６，４６０，５９７号、同第６，５４４，６４５号、同第６，５５９，３８５号、同第６，７２３，４５１号、及び同第７，０９３，４１６号に開示されている。

【００９５】

一つの現在好まれている繊維強化金属マトリックス複合体ワイヤは、セラミック繊維強化アルミニウムマトリックス複合体ワイヤである。セラミック繊維強化アルミニウムマトリックス複合体ワイヤは、好ましくは、ほぼ純粋な元素アルミニウム、又は純粋なアルミニウムと最高約２重量％（マトリックスの合計重量に対して）の銅との合金のいずれかのマトリックス内に封入された、多結晶性α－Al_2O_3の連続繊維を含む。好ましい繊維は、寸法が約１００ｎｍ未満の等軸晶グレインを含み、繊維直径が約１～５０μｍの範囲である。約５～２５μｍの範囲の繊維直径が好ましく、約５～１５μｍの範囲の繊維直径が最も好ましい。

【００９６】

本開示の好ましい繊維強化複合体ワイヤは、１立方センチメートル当たり約３．９０～３．９５グラムの繊維密度を有する。好ましい繊維の中には、米国特許第４，９５４，４６２号（Ｗｏｏｄ　ｅｔ　ａｌ．）に記述されているものがある。好ましい繊維は、商品名「ＮＥＸＴＥＬ　６１０」アルファアルミナ系繊維（３Ｍ　Ｃｏｍｐａｎｙ（ミネソタ州セントポール））として市販されている。封入するマトリックスは、それ自体が繊維材料と化学的に顕著に反応しない（すなわち、繊維材料に対して化学的に比較的不活性である）ように選択され、これにより繊維外側に保護コーティングを施す必要がなくなる。

【００９７】

複合体ワイヤで、特定の現在好まれている実施形態において、ほぼ純粋な元素アルミニウム、又は元素アルミニウムと最高約２重量％（マトリックスの合計重量に対して）の銅との合金のいずれかを含むマトリックスの使用は、好結果のワイヤを生み出すことが示されている。本明細書において用語「ほぼ純粋な元素アルミニウム」、「純粋なアルミニウム」及び「元素アルミニウム」は互換可能な用語であり、約０．０５重量％未満の不純物を含むアルミニウムを意味するためのものである。

【００９８】

一つの現在好まれている実施形態において、複合体ワイヤは、ほぼ元素アルミニウムのマトリックス内に、約３０～７０体積％（複合体ワイヤの合計体積に対して）の多結晶性α－Al_2O_3繊維を含む。このマトリックスは、マトリックスの合計重量に対して、約０．０３重量％未満の鉄を含むことが現在好ましく、最も好ましくは、約０．０１重量％未満の鉄を含む。約４０～６０％の多結晶性α－Al_2O_3繊維の繊維含有量が好ましい。約２０ＭＰａ未満の降伏強さを有するマトリックスと、約２．８ＧＰａ未満の長手方向引張り強度を有する繊維と、を有するマトリックスで形成された、そのような複合体ワイヤは、優れた強度特性を有することが見出されている。

【００９９】

マトリックスはまた、元素アルミニウムと最高約２重量％（マトリックスの合計重量に対して）の銅との合金から形成され得る。ほぼ純粋な元素アルミニウムマトリックスが使用されている実施形態と同様、アルミニウム／銅合金マトリックスを有する複合体ワイヤは好ましくは、複合体の合計体積に対して約３０～７０体積％の多結晶性α－Al_2O_3

繊維を含み、より好ましくは約４０～６０体積％の多結晶性α－Ａｌ$_2$Ｏ$_3$繊維を含む。加えて、このマトリックスは好ましくは、マトリックスの合計重量に対して、約０．０３重量％未満の鉄を含み、最も好ましくは、約０．０１重量％未満の鉄を含む。アルミニウム／銅マトリックスは好ましくは、約９０ＭＰａ未満の降伏強さを有し、多結晶性α－Ａｌ$_2$Ｏ$_3$繊維は約２．８ＧＰａ以上の長手方向引張り強度を有する。

【０１００】

複合体ワイヤは、好ましくは、上述の、ほぼ純粋な元素アルミニウムマトリックス内に、又は元素アルミニウムと最高約２重量％の銅との合金から形成されたマトリックス内に、封入された、ほぼ連続の多結晶性α－Ａｌ$_2$Ｏ$_3$繊維から形成される。そのようなワイヤは、一般に、ほぼ連続の多結晶性α－Ａｌ$_2$Ｏ$_3$繊維のスプールを、繊維トウに配置するプロセスによって製造され、溶融マトリックス材料の液浴内を通って引っ張られる。結果として得られたセグメントを次に固化させることにより、マトリックス内に封入された繊維が得られる。

【０１０１】

代表的な金属マトリックス材料は、アルミニウム（例えば高純度（例えば９９．９５％超）元素アルミニウム）、亜鉛、スズ、マグネシウム、及びこれらの合金（例えばアルミニウムと銅の合金）が挙げられる。通常、例えば繊維外面に保護コーティングを提供する必要性を除去するために、マトリックス材料が繊維と著しく化学反応しない（すなわち、繊維材料に関して比較的化学的に不活性である）ように、マトリックス材料が選択される。いくつかの実施形態において、マトリックス材料としては、望ましくは、アルミニウム及びその合金が挙げられる。

【０１０２】

いくつかの実施形態において、金属マトリックスは、９８重量パーセント以上のアルミニウム、９９重量パーセント以上のアルミニウム、９９．９重量パーセントを超えるアルミニウム、又は更には９９．９５重量パーセントを超えるアルミニウムを含む。アルミニウムと銅との代表的なアルミニウム合金は、９８重量パーセント以上のＡｌと最高２重量パーセントの銅を含む。いくつかの実施形態において、有用な合金は１０００、２０００、３０００、４０００、５０００、６０００、７０００及び／又は８０００シリーズのアルミニウム合金である（アルミニウム協会表記）。より高い純度の金属が、より高い引張強度のワイヤを製造するのに望ましい傾向があるが、純度のより低い形態の金属も有用である。

【０１０３】

適切な金属が市販されている。例えば、アルミニウムは、Ａｌｃｏａ（ペンシルバニア州ピッツバーグ）から、商品名「ＳＵＰＲＥ　ＰＵＲＥ　ＡＬＵＭＩＮＵＭ；９９．９９％Ａｌ」で入手可能である。アルミニウム合金（例えば、Ａｌ－２重量％の銅（０．０３重量％不純物））はＢｅｌｍｏｎｔ　Ｍｅｔａｌｓ（ニューヨーク州ニューヨーク）から得ることができる。亜鉛及びスズは、例えば、Ｍｅｔａｌ　Ｓｅｒｖｉｃｅｓ（ミネソタ州セントポールの）から入手可能である（「純亜鉛」；９９．９９９％の純度及び「純スズ」；９９．９５％の純度）。例えば、マグネシウムは、Ｍａｇｎｅｓｉｕｍ　Ｅｌｅｋｔｒｏｎ（英国マンチェスターの）から、商品名「ＰＵＲＥ」で入手可能である。マグネシウム合金（例えばＷＥ４３Ａ、ＥＺ３３Ａ、ＡＺ８１Ａ、及びＺＥ４１Ａ）は、例えばＴＩＭＥＴ（コロラド州デンバー）から得ることができる。

【０１０４】

金属マトリックス複合体ワイヤは、典型的には、繊維及びマトリックス材料の合わせた総体積に対して、１５体積パーセント以上（実施形態によっては、２０、２５、３０、３５、４０、４５、又は更には５０体積パーセント以上）の繊維を含む。より典型的には、複合体コア及びワイヤは、繊維及びマトリックス材料の合わせた総体積に対して、４０～７５（実施形態によっては４５～７０）体積パーセントの範囲の繊維を含む。

【０１０５】

金属マトリックス複合体ワイヤは、当該技術分野において既知の手法を用いて作製でき

る。例えば、連続金属マトリックス浸潤プロセスで、連続する金属マトリックス複合体ワイヤを作製することができる。一つの好適なプロセスが、例えば、米国特許第６，４８５，７９６号（Ｃａｒｐｅｎｔｅｒ　ｅｔ　ａｌ．）に記載されている。当該技術分野において既知の引抜成形プロセスによって、ポリマー及び繊維を含むワイヤが作製され得る。

追加の代表的な実施形態において、複合体ワイヤはポリマー複合体ワイヤを含むよう選択される。ポリマー複合体ワイヤは、ポリマーマトリックス内に少なくとも１本の連続繊維を含む。いくつかの代表的な実施形態において、少なくとも１本の連続繊維は、金属、炭素、セラミック、ガラス、及びこれらの組み合わせを含む。特定の現在好まれている実施形態において、少なくとも１本の連続繊維は、チタン、タングステン、ホウ素、形状記憶合金、カーボンナノチューブ、グラファイト、炭化ケイ素、ホウ素、アラミド、ポリ（ｐ－フェニレン－２，６－ベンゾビスオキサゾール）３、及びこれらの組み合わせを含む。追加の現在好まれている実施形態において、ポリマーマトリックスは、エポキシ、エステル、ビニルエステル、ポリイミド、ポリエステル、シアン酸エステル、フェノール樹脂、ビスマレイミド樹脂、及びこれらの組み合わせから選択される（コ）ポリマーを含む。

【０１０６】

本開示の特定の実施形態に従って複合体コアの回りに撚る複合コア（例えば送電ケーブル）を提供するための延性金属ワイヤは、当該技術分野において既知である。好ましい延性金属には、鉄、鋼、ジルコニウム、銅、スズ、カドミウム、アルミニウム、マンガン、及び亜鉛、並びに他の金属及び／又はケイ素との合金、及び同様物が挙げられる。銅ワイヤは、例えば、Ｓｏｕｔｈｗｉｒｅ　Ｃｏｍｐａｎｙ（ジョージア州キャロルトン）から市販されている。アルミニウムワイヤは、例えば、Ｎｅｘａｎｓ（カナダ・ウェイバーン）から商品名「１３５０－Ｈ１９アルミニウム」又はＳｏｕｔｈｗｉｒｅ　Ｃｏｍｐａｎｙ（ジョージア州キャロルトン）から「１３５０－Ｈ０アルミニウム」として市販されている。

【０１０７】

典型的には、銅ワイヤは、約２０℃～約８００℃の温度範囲以上で、約１２ｐｐｍ／℃～約１８ｐｐｍ／℃の範囲の熱膨張係数を有する。銅合金（例えば、Ｓｏｕｔｈｗｉｒｅ　Ｃｏｍｐａｎｙ（ジョージア州キャロルトン）から市販されているＣｕ－Ｓｉ－Ｘ、Ｃｕ－Ａｌ－Ｘ、Ｃｕ－Ｓｎ－Ｘ、Ｃｕ－Ｃｄ（式中、Ｘ＝Ｆｅ、Ｍｎ、Ｚｎ、Ｓｎ、及び／又はＳｉ）などの銅ブロンズ、例えば、ＯＭＧ　Ａｍｅｒｉｃａｓ　Ｃｏｒｐｏｒａｔｉｏｎ（ノースカロライナ州リサーチ・トライアングル・パーク）から商品名「ＧＬＩＤＣＯＰ」として市販されている酸化物分散強化銅）のワイヤ。いくつかの実施形態において、銅合金ワイヤは、約２０℃～約８００℃の温度範囲以上で、約１０ｐｐｍ／℃～約２５ｐｐｍ／℃の範囲の熱膨張係数を有する。ワイヤは、どのような種類の形状（例えば、円形、楕円形、及び台形）であってもよい。

【０１０８】

典型的には、アルミニウムワイヤは、約２０℃～約５００℃の温度範囲以上で、約２０ｐｐｍ／℃～約２５ｐｐｍ／℃の範囲の熱膨張係数を有する。いくつかの実施形態では、アルミニウムワイヤ（例えば、「１３５０－Ｈ１９アルミニウム」）は、１３８ＭＰａ（２０ｋｓｉ）以上、１５８ＭＰａ（２３ｋｓｉ）以上、１７２ＭＰａ（２５ｋｓｉ）以上、１８６ＭＰａ（２７ｋｓｉ）以上、又は更には２００ＭＰａ（２９ｋｓｉ）以上の引張り強度を有する。いくつかの実施形態では、アルミニウムワイヤ（例えば、「１３５０－Ｈ０アルミニウム」）は、４１ＭＰａ（６ｋｓｉ）超～９７ＭＰａ（１４ｋｓｉ）以下、又は更には８３ＭＰａ（１２ｋｓｉ）以下の引張り強度を有する。

【０１０９】

アルミニウム合金ワイヤは市販されており、例えば、商品名「ＺＴＡＬ」、「ＸＴＡＬ」及び「ＫＴＡＬ」（住友電気工業株式会社（Sumitomo Electric Industries）（日本・大阪））、又は、「６２０１」（Ｓｏｕｔｈｗｉｒｅ　Ｃｏｍｐａｎｙ（ジョージア州キャロルトン））で市販されているアルミニウム－ジルコニウム合金ワイヤがある。いくつかの実施形態において、アルミニウム合金ワイヤは、約２０℃～約５００℃の温度範囲以

上で、約２０ｐｐｍ／℃～約２５ｐｐｍ／℃の範囲の熱膨張係数を有する。

【０１１０】

本開示は好ましくは、非常に長い撚りケーブルを提供するために実施される。また、撚りケーブル１０自体の中の複合体ワイヤは、撚りケーブルの長さにわたって連続であることが好ましい。一つの好ましい実施形態において、複合体ワイヤは実質的に連続であり、長さは１５０メートル以上である。より好ましくは、複合体ワイヤは連続で、撚りケーブル１０内の長さは２５０メートル以上であり、より好ましくは５００メートル以上であり、更により好ましくは７５０メートル以上であり、最も好ましくは１０００メートル以上である。

【０１１１】

一つの追加的態様において、本開示は、上述の撚り複合体ケーブルの製造方法を提供し、この方法は、中心長手方向軸を画定する単一ワイヤの周りに、複数の第一複合体ワイヤを撚る工程であって、複数の第一複合体ワイヤを撚る工程が中心長手方向軸に対して画定される第一撚り角度で第一撚り方向に実行され、複数の第一複合体ワイヤが第一撚り長さを有する、工程と、複数の第一複合体ワイヤの回りに、複数の第二複合体ワイヤを撚る工程であって、複数の第二複合体ワイヤを撚る工程が中心長手方向軸に対して画定される第二撚り角度で第一撚り方向に実行され、複数の第二複合体ワイヤが第二撚り長さを有する、工程と、を含み、更に第一撚り角度と第二撚り角度との相対的な差が、４°以下である。一つの現在好まれる実施形態において、この方法は更に、複合体ワイヤの回りを複数の延性ワイヤで撚っている工程を含む。

【０１１２】

複合体ワイヤは、任意の好適なケーブル撚り装置（例えばＣｏｒｔｉｎｏｖｉｓ，Ｓｐａ（イタリア・ベルガモ州）、及びＷａｔｓｏｎ　Ｍａｃｈｉｎｅｒｙ　Ｉｎｔｅｒｎａｔｉｏｎａｌ（ニュージャージー州パターソン）から市販されているプラネタリーケーブルストランダーなど）で、当該技術分野において既知であるように、撚られ、又は螺旋状に巻かれ得る。いくつかの実施形態において、当該技術分野において既知であるように、剛性のストランダーを採用すると有利であり得る。

【０１１３】

任意の好適な寸法の複合体ワイヤを使用することができるが、多くの実施形態及び多くの用途について、この複合体ワイヤは、１ｍｍ～４ｍｍの直径を有することが好ましいが、これより大きい直径又は小さい直径の複合体ワイヤを使用することもできる。

【０１１４】

一つの好ましい実施形態において、撚り複合体ケーブルには、１０～１５０の撚り係数を有するような撚り方向で螺旋状に撚られる複数の複合体ワイヤが含まれる。撚りケーブルの「撚り係数」は、単一ワイヤ１２が螺旋に沿って１回転するときの撚りケーブルの長さを、そのストランドを含む層の公称外径で割ることによって算出される。

【０１１５】

ケーブル撚りプロセスの間、その中心ワイヤ、又はその周りに巻かれる１つ以上の追加層を有する未完成の中間撚り複合体ケーブルは、さまざまなキャリッジの中央を通過して引っ張られ、各キャリッジでその撚りケーブルに１層が追加される。１層として追加される個々のワイヤは、モーター駆動キャリッジによってケーブルの中心軸を中心に回転されている間、それぞれのボビンから同時に引っ張られる。これは、望ましい各層について順に行われる。その結果、螺旋状に撚られたコアとなる。所望により、結果として得られたこの撚り複合体コアに、例えばテープなどの保持手段を適用して、撚られたワイヤを一緒に保持するのに役立てることができる。

【０１１６】

本開示の実施形態に従って撚り複合体ケーブルを製造するための代表的な装置８０が、図６に示されている。全般に、本開示による撚り複合体ケーブルは、上述のように、単一ワイヤの回りに、同じ撚り方向で、複合体ワイヤを撚ることによって作製することができる。この単一ワイヤは、複合体ワイヤ又は延性ワイヤを含み得る。少なくとも二層の複合

体ワイヤが、単一ワイヤコアの周りに複合体ワイヤを撚ることによって形成され、例えば、図１Ｂに示すように、単独中心ワイヤの回りに少なくとも二層に形成された１９本又は３７本のワイヤである。

【０１１７】

ワイヤスプール８１が、従来型のプラネタリー撚り装置８０の先頭に配置され、スプール８１は自由に回転し、供給中に力がコアにかかる可能性があるブレーキシステムを介して張力を適用できる（いくつかの実施形態において、０～９１ｋｇ（０～２００ｌｂｓ）の範囲）。単一ワイヤ９０は、ボビンキャリッジ８２、８３を通り、クロージングダイ８４、８５を通り、キャプスタンホイール８６を回り込み、巻き取りスプール８７に取り付けられる。

【０１１８】

外側の撚り層を適用する前に、個々の複合体ワイヤは、別のボビン８８で供給され、これらは、撚り装置のたくさんのモーター駆動キャリッジ８２、８３に配置される。いくつかの実施形態において、ボビン８８からワイヤ８９Ａ、８９Ｂを引くのに必要な張力の範囲は、通常４．５～２２．７ｋｇ（１０～５０ｌｂｓ）である。典型的に、完成した撚り複合体ケーブルの各層についてキャリッジが１つある。各層のワイヤ８９Ａ、８９Ｂは、各キャリッジの出口、クロージングダイ８４、８５のところで一緒にまとめられ、中心ワイヤ又は前の層の上に配置される。

【０１１９】

複合体ケーブルを構成する複合体ワイヤの層は、前述のように、同じ方向に螺旋状に撚られている。複合体ケーブル撚りプロセスの間、その中心ワイヤ、又はその周りに巻かれる１つ以上の追加層を有し得る未完成の中間撚り複合体ケーブルは、さまざまなキャリッジの中央を通過して引っ張られ、各キャリッジでその撚りケーブルに１層が追加される。１層として追加される個々のワイヤは、モーター駆動キャリッジによってケーブルの中心軸の周りで回転されている間、それぞれのボビンから同時に引っ張られる。これは、望ましい各層について順に行われる。結果として得られる螺旋状に撚られた複合体ケーブル９１は、形状を失ったり、ほどけたりすることなく、便利に切断及び取り扱うことができる。

【０１２０】

いくつかの代表的な実施形態において、撚り複合体ケーブルは、１００メートル以上、２００メートル以上、３００メートル以上、４００メートル以上、５００メートル以上、１０００メートル以上、２０００メートル以上、３０００メートル以上、又は更には４５００メートル以上もの長さを有する撚り複合体ワイヤを含む。

【０１２１】

撚りケーブルの取り扱い性は、望ましい特性である。理論に拘束されるものではないが、製造中に、金属ワイヤには、降伏応力を超えるが最大応力又は破壊応力よりは下の応力（曲げ応力など）がかかるため、ケーブルはその螺旋状に撚られた構成が保持される。この応力は、前の層又は中心ワイヤの比較的小さな半径の周りにワイヤが螺旋状に巻かれるように、付加されるものである。追加の応力は、製造中にケーブルに対し放射方向の力及び剪断力が適用されるクロージングダイ８４、８５で、付加される。このワイヤはこれによって可塑的に変形し、その螺旋状に撚られた形状が保持される。

【０１２２】

単独の中心ワイヤ材料及び複合体ワイヤは、クロージングダイを介して直接接触する。図６を参照して、クロージングダイ８４、８５は典型的に、巻かれる層のワイヤに対する変形応力を最小限に抑えるような寸法にされる。クロージングダイの内部直径は、外側層直径の寸法に合わせて調整される。この層のワイヤにかかる応力を最小限に抑えるために、クロージングダイは、ケーブルの外径よりも０～２．０％大きい範囲になるような寸法にされる（すなわち、ダイ内部直径はケーブル外径の１．００～１．０２倍の範囲である）。代表的なクロージングダイは円筒形であり、例えばボルト又はその他の好適な取り付け方法を用いて、定位置に固定される。ダイは例えば、硬化工具鋼で製造され得る。

【０１２３】
結果として得られた完成した撚り複合体ケーブルは、所望により、他の撚りステーションを通すことができ、最終的に、ケーブル破損を避けるため、十分な直径の巻き取りスプール８７上に巻かれる。いくつかの実施形態において、ケーブルをまっすぐにするための当該技術分野において既知の方法が望ましいことがある。例えば、完成したケーブルは、ローラー（各ローラーは例えば１０～１５ｃｍ（４～６インチ））を含み、ローラーを二つのバンクに線形に配置した（例えば各バンクにローラー５～９個）、直線化装置を通すことができる。ローラーの二つのバンク間の距離は、ローラーがケーブルにちょうど当たるように（さもないとケーブルに過度の屈曲が生じる）、変えることができる。ローラーの二つのバンクは、ケーブルを挟んで向かい合って配置され、一方のバンクのローラーは、もう一方のバンクの相対するローラーによって生じるスペースと一致するよう配置される。ここで、これら二つのバンクは互いに中心をずらして配置することができる。ケーブルがこの直線化装置を通り抜ける際、ケーブルはローラー上で前後に屈曲され、これにより伝導体内のストランドは同じ長さに伸ばされ、これによって、緩んだストランドを減少又は排除することができる。

【０１２４】
いくつかの実施形態において、単独の中心ワイヤを、周囲温度（例えば２２℃）より上の高温（例えば、２５℃以上、５０℃以上、７５℃以上、１００℃以上、１２５℃以上、１５０℃以上、２００℃以上、２５０℃以上、３００℃以上、４００℃以上、又は、いくつかの実施形態において、５００℃以上もの温度）で提供することが望ましい場合がある。単独中心ワイヤは、例えば、スプールワイヤを加熱する（例えばオーブンに数時間入れる）ことにより、望ましい温度にすることができる。加熱されたスプールワイヤは、供給スプールに置かれる（例えば、図６の供給スプール８１を参照）。更に、この高温のスプールは、ワイヤが依然として望ましい温度、又はそれに近い温度である間に、撚りプロセスにある（典型的には約２時間以内）。

【０１２５】
更に、ケーブルの外側層を形成する、供給スプール上の複合体ワイヤについては、周囲温度であることが望ましい場合がある。すなわち、いくつかの実施形態において、撚りプロセス中に、外側複合体層を形成する、単一ワイヤと複合体ワイヤとの間の温度差が、望ましい場合がある。いくつかの実施形態において、単一ワイヤが１００ｋｇ以上、２００ｋｇ以上、５００ｋｇ以上、１０００ｋｇ以上、又は５０００ｋｇ以上もの張力を伴って撚ることが望ましい場合がある。

【０１２６】
本開示の撚りケーブルは、さまざまな用途に有用である。軽量、高強度、良好な導電率、低熱膨張率、高い使用温度、及び耐腐食性の組み合わせにより、そのような撚りケーブルは、送電ケーブル（架空及び地下の送電ケーブルを含み得る）での使用に特に望ましいと考えられる。

【０１２７】
図７は、螺旋状に撚られた複合体ケーブル８０の横断端面図であり、コア３２’（図５Ｃ）の回りに撚られた複数の延性ワイヤ（２８、２８’）を含む１層以上が含まれ、そのコアには、同じ撚り方向で撚られ、保持手段（例えば、本開示の別の代表的な実施形態に従って、撚り複合体ワイヤ１６の少なくとも第二層の回りに巻かれたテープ１８など）によって定位置に保持された、螺旋状に撚られた複合体ワイヤ（２、４、６、８）が含まれる。

【０１２８】
そのような螺旋状に撚られた複合体ケーブルは、送電ケーブルに特に有用である。送電ケーブルとして使用されるとき、延性ワイヤ（２８、２８’）は電気伝導体として働く（すなわち延性ワイヤ伝導体）。図に示すように、送電ケーブルには、二層の延性伝導体ワイヤ（２８、２８’）を含み得る。より多くの層の伝導体ワイヤ（図７には示されていない）を所望により使用することができる。好ましくは、各伝導体層は、当該技術分野にお

いて既知のように、複数の伝導体ワイヤ（２８、２８’）を含む。延性伝導体ワイヤ（２８、２８’）の好適な材料には、アルミニウム及びアルミニウム合金が挙げられる。延性伝導体ワイヤ（２８、２８’）は、当該技術分野において既知のように、好適なケーブル撚り装置によって、撚り複合体コア（例えば３２’）の周りに撚られ得る（例えば図６を参照）。

【０１２９】

送電ケーブル内の複合体ワイヤの重量パーセンテージは、送電線の設計に依存する。送電ケーブルにおいては、このアルミニウム又はアルミニウム合金伝導体ワイヤは、架空送電の技術分野において知られたさまざまな材料のうち任意のものであってよく、これには１３５０　Ａｌ（ＡＳＴＭ　Ｂ６０９－９１）、１３５０－Ｈ１９　Ａｌ（ＡＳＴＭ　Ｂ２３０－８９）、又は６２０１　Ｔ－８１　Ａｌ（ＡＳＴＭ　Ｂ３９９－９２）が挙げられるがこれらに限定されない。

【０１３０】

本開示の撚りケーブルを使用し得る、好適な送電ケーブル及びプロセスの記述については、例えば、「Ｓｔａｎｄａｒｄ　Ｓｐｅｃｉｆｉｃａｔｉｏｎ　ｆｏｒ　Ｃｏｎｃｅｎｔｒｉｃ　Ｌａｙ　Ｓｔｒａｎｄｅｄ　Ａｌｕｍｉｎｕｍ　Ｃｏｎｄｕｃｔｏｒｓ，Ｃｏａｔｅｄ，Ｓｔｅｅｌ　Ｒｅｉｎｆｏｒｃｅｄ」（ＡＣＳＲ）ＡＳＴＭ　Ｂ２３２－９２、又は米国特許第５，１７１，９４２号及び同第５，５５４，８２６号を参照のこと。送電ケーブルの好ましい実施形態は、架空送電ケーブルである。これらの用途において、保持手段の材料は、用途によって、１００℃以上、又は２４０℃以上、又は３００℃以上の温度で使用するよう選択されるべきである。例えば、保持手段はアルミニウム伝導体層を腐食しないものであり、望ましくない気体を放出しないものであり、又は、使用中に見込まれる温度で送電ケーブルが故障しないものでなければならない。

【０１３１】

撚りケーブルが、それ自体が最終物品として使用される、又は種々の後続物品において中間物品若しくは構成要素として使用される、他の用途では、撚りケーブルが、複数の複合体ワイヤの周りに電力伝導体層を有さないことが好ましい。

【０１３２】

本開示の動作を、次の詳細な実施例に関して更に説明する。これらの実施例は、種々の具体的で好ましい実施形態及び技術を更に例示するために提供するものである。しかしながら、本開示の範囲内で多くの変更及び修正がなされてもよいことが理解されるべきである。

【実施例】

【０１３３】

（実施例１）

この実施例では、開始材料は、３Ｍ　ＡＣＣＲアルミニウムマトリックス複合体（ＡＭＣ）ケーブル（タイプ７９５－Ｔ１６、３Ｍ　Ｃｏｍｐａｎｙ（ミネソタ州セントポール）から市販）の通常製造のリールから切った長さ３．７ｍ（１２フィート）を含んでいた。この構成体は、直径２．１３ｍｍ（０．０８４インチ）の１９本のＡＭＣワイヤ（３Ｍ　Ｃｏｍｐａｎｙ（ミネソタ州セントポール）製造）が、Ａｌ－Ｚｒロッド（Ｌａｍｉｆｉｌ，Ｉｎｃ．（ベルギー・ヘミクセム）から引いて製造した直径４．４５ｍｍ（０．１７５インチ）の、２６本のＡｌ－Ｚｒ（アルミニウム－ジルコニウム）金属ワイヤによって囲まれた。このケーブルの基本的構成を図４Ｂに示す。

【０１３４】

本開示の実施形態に従って複合体ケーブルの試験サンプルを作製するため、開始材料の長さ３．７ｍ（１２フィート）の通常製造ケーブルを、まず、Ａｌ－Ｚｒワイヤの既存の螺旋形状が変わらないように注意しながら、構成要素ワイヤに分解した。次に、単純な卓上付属品を用いて、コアの２層の螺旋層を、望ましい長さと向きに構築した。各層について、まずワイヤの一方の端を手動クランクキャップに固定し、次に「花形」のガイドプレートに通して、個々の複合体ワイヤを、撚りのために適した構成に広げて配置させた。１

人のオペレータが、四分の一回転で、クランクを同時に回し、このとき別のオペレータが、印がつけられている四分の一の撚り長さ間隔に従って、ワイヤガイドをテーブルに沿って動かした。

【０１３５】

内側コア層についてこの操作が完了した後、その自由端を一時的にテープで定位置に保持し、外側コア層についてこのプロセスを繰り返した。撚られたワイヤ１９本のコアに、次に、厚さ１８２．５μｍ（７．３ミル）、幅１．９ｃｍ（$^{3}/_{4}$インチ）の、タイプ３６３金属ホイル／ガラスクロステープ（３Ｍ　Ｃｏｍｐａｎｙ（ミネソタ州セントポール）から市販）が巻かれた。

【０１３６】

テープが巻かれた完成した複合体ワイヤコアから始めると、保持された螺旋形状で、一度に１本ずつ、Ａｌ－Ｚｒワイヤを撚り直して定位置に固定するのが、比較的容易であった。注意しながら、元の撚り長さで、元の全体のケーブル直径に非常に近くなるように、これらのワイヤを単純に急速に定位置に戻った。組み立てが完了したら、長さ３．１ｍ（１０フィート）の中心部分の端を、フィラメントテープを使用して固定し、各端の余分の材料を、研磨ホイール鋸を使用してトリミングした。

【０１３７】

上記の方法を使用して、表１にまとめられているように、撚り長さと撚り角度を変えた６種類の撚り条件で、左旋撚り方向（「Ｌ」と表記）及び右旋撚り方向（「Ｒ」と表記）の両方を含めて、合計１２本のサンプルを調製した。

【表１】

表１－撚り複合体ケーブル１０

		内側コア構造				外側コア構造					交差角度
状態	試料	撚り方向	撚り長さ	撚り長さ	撚り角度	撚り方向	撚り長さ	撚り長さ	撚り角度	相対的撚り長さ	
			(in)	(cm)	(度)		(in)	(cm)	(度)		(度)
1	LLO−1、LLO−2	L	16.5	42	−1.84	R	27.4	70	2.21	1.00	4.05
2	LLO−3、LLO−4	L	70	178	−0.43	R	27.4	70	2.21	1.00	2.64
3	LLO−5、LLO−6	R	16.5	42	1.84	R	27.4	70	2.21	1.00	0.37
4	LLO−7、LLO−8	L	19.9	51	−1.52	R	33.2	84	1.83	1.21	3.35
5	LLO−9、LLO−10	L	25.0	64	−1.21	R	41.0	104	1.48	1.50	2.69
6	LLO−11、LLO−12	R	25.0	64	−	R	41.0	104	1.48	1.50	0.27

【０１３８】

６種類の撚り条件は、下記に説明するように、内側コアの撚り角度と、相対的な外側コアの撚り長さについて、大まかに直交した設計として見ることができる。しかしながら、上の表の最後の列に示すように、これら両方の変数が、内側と外側のコアワイヤの間の交差角度に影響を与え（すなわち、螺旋状に撚られたワイヤの隣接する内側層と外側層の撚り角度間の相対的な差）、これは、複合体ケーブルの引っ張り強度改善をもたらすメカニズムにとって重要であり得る。

【０１３９】

調製された代表的な複合体ケーブルサンプルすべてについて、内側のＡｌ－Ｚｒ伝導体ワイヤ層は左旋撚り方向を有し、目標の撚り長さは２５．４ｃｍ（１０．０インチ）であり、外側のＡｌ－Ｚｒ伝導体ワイヤ層は右旋撚り方向を有し、目標の撚り長さは３３．０ｃｍ（１３．０インチ）である。これらの層の測定平均値は、目標から１．６ｃｍ（０．６５インチ）未満離れており、これは望ましい撚り仕様内に十分に収まる。伝導体ケーブルサンプルの最終直径は、２８．５０～２８．８５ｍｍ（１．１２２インチ～１．１３６インチ）であり、元の直径２８．５５ｍｍ（１．１２４インチ）から離れていなかった。

【０１４０】

引っ張り強度試験は、３Ｍ　Ｃｏｍｐａｎｙへの秘密保持義務付け文書の下、Ｗｉｒｅ　Ｒｏｐｅ　Ｉｎｄｕｓｔｒｉｅｓ（Ｐｏｉｎｔｅ－Ｃｌａｉｒｅ（カナダ・ケベック））によって実施された。使用されたサンプル調製及び試験方法は、３Ｍ　ＴＭ５０５、「Ｐｒｅｐａｒａｔｉｏｎ　ｏｆ　ＡＣＣＲ　Ｓａｍｐｌｅｓ　Ｕｓｉｎｇ　Ｒｅｓｉｎ

Ｅｎｄ　Ｔｅｒｍｉｎａｔｉｏｎｓ」（３Ｍ　Ｃｏｍｐａｎｙ（ミネソタ州セントポール）から入手）に記載されているものに類似していた。この試験方法の概要は、下記の段落に記載される。

【０１４１】

第一に、ケーブルサンプルの一方の端から約０．６ｍ（２フィート）以内の曲がりは、短い間隔でケーブルを注意深く「逆曲げ」することによって除去された。この端から所定の「端長さ」（典型的には約２５ｃｍ（１０インチ））で、ホースクランプが適用され、内側試験範囲内のワイヤの妨害を防いだ。ダクトテープの厚い層を、次に、このクランプに隣接して巻き、密閉として、及び樹脂鋳造ダイ内の中心決め装置として、使用した。Ａｌ－Ｚｒワイヤの端（複数）を次に、最大角度約３０°の円錐形状に注意深く広げ（「ほうき状に」）、外に曝されたコアテープを除去して、コアワイヤが自然に広がるようにした。前の操作によりワイヤ上にオイル様の残留物がある場合は、ワイヤを、アセトン、２－ブタノン、又は類似の溶媒を使ってきれいにし、次に完全に乾燥させた。ワイヤがすでにきれいな場合は、この工程は不要であった。

【０１４２】

準備したケーブル端を、次に分割シェルソケットの内側に配置した。このソケットはテーパ形状の穴を有し、また、引張り試験装置に後で固定するための専用の穴も有することに注意されたい。シェル二分割を合わせてクランプで固定し、約２．５ｃｍ（１インチ）のテープ巻きを利用して、漏れのない密閉シールを形成した。次にＡｌ－Ｚｒワイヤを、ソケットの端のすぐ上のレベルでトリミングしたが、コアワイヤの完全な長さは損われないまま残った。

【０１４３】

このソケットを次に、ケーブルサンプルが底から吊された状態で、垂直に取り付けた。新たに調製した「Ｗｉｒｅｌｏｃｋ」ソケット化合物（Ｍｉｌｌｆｉｅｌｄ　Ｅｎｔｅｒｐｒｉｓｅｓ　Ｌｔｄ．（英国・ニューカースル、ニューバーン））の二部のバッチを、ソケットに注いで完全に満たした。化合物がゲル化した後（約１５分）、露出しているコアワイヤの周囲に厚紙延長チューブを加えた。次に、Ｗｉｒｅｌｏｃｋ化合物を更に調製し、延長チューブも充填した。このアセンブリを最低４５分間動かさないで硬化させた後、すべての工程を、ケーブルサンプルのもう一方の端について繰り返した。更に１２時間かけて、樹脂を完全に硬化させてから、引張り試験を行った。

【０１４４】

完成した試験サンプルを次に、引張り試験装置に取り付けた。この装置は、指定されたクロスヘッド速度又は指定された力速度のいずれかを用いて、制御された速度で、予測されるサンプルの破断負荷に達することができ、適切に較正されたロードセルを有していた。曲げ負荷を最小限に抑えるため、二つのソケットが装置の軸に緊密に揃うよう、注意を払ってサンプルを取り付けた。ホースクランプをサンプルから外し、軽い予備張力をかけた（典型的には４．５～９．０ｋＮ（５００～１０００ｌｂｓ）。サンプルの位置合わせを確認し、ケーブル端（複数）を振り動かして、摩擦や拘束があれば解除するようにした。

【０１４５】

試験エンクロージャ周囲の安全ドアをすべて閉めた後、純サンプル歪み速度が毎分１％に相当する負荷速度で、サンプル破壊点までの引張り試験を実施した。各試験サンプルの引張り強度として、ピーク負荷が記録された。サンプル破壊が樹脂コーン内で起こった場合、又はワイヤが樹脂内でスリップした場合、あるいはサンプル調製の不良又は無関係なサンプル損傷が起こった場合には、試験結果は無効とされ得ることに留意されたい。そのような場合、そのサンプル結果は使用されなかった。サンプルについて得られたすべての引張り試験結果を下の表２にまとめた。このケーブル構成体について、指定された定格破断強度（ＲＢＳ）は１４，１３４．９kg_f（３１，１３４１b_f）であることに留意されたい。

【表２】

表２－送電ケーブル

条件	サンプル	内側－コア撚り角度	相対的撚り長さ	交差角度	引張り強度	相対的引張り強度
		（度）		（度）	（lb）	（%RBS）
1	LLO－1	－1．84	1．00	4．05	30600	98．3%
1	LLO－2	－1．84	1．00	4．05	30400	97．6%
2	LLO－3	－0．43	1．00	2．64	32400	104．1%
2	LLO－4	－0．43	1．00	2．64	32200	103．4%
3	LLO－5	1．84	1．00	0．37	34100	109．5%
3	LLO－6	1．84	1．00	0．37	34200	109．8%
4	LLO－7	－1．52	1．21	3．35	31000	99．6%
4	LLO－8	－1．52	1．21	3．35	31300	100．5%
5	LLO－9	－1．21	1．50	2．69	32700	105．0%
5	LLO－10	－1．21	1．50	2．69	32900	105．7%
6	LLO－11	1．21	1．50	0．27	33100	106．3%
6	LLO－12	1．21	1．50	0．27	34000	109．2%

【０１４６】

図８は、本開示の代表的な螺旋状撚り複合体ケーブルについて、内側と外側のワイヤ層の間の撚り角度における相対的な差（内側－コア撚り角度）の、測定された引張り強度に対する影響のプロットを示す。条件１、２、及び３についての結果を用いて、図８は、内側－コア撚り角度の変化に対する引張り強度の反応を示している。傾向は統計的に明らかに有意であり、測定の調整係数（R^2）が０．９９４の二次関数曲線として記述される。

図９は、本開示の代表的な螺旋状撚り複合体ケーブルについて、外側と内側のワイヤ層の間の撚り長さにおける相対的な差（相対的な外側－コア撚り長さ）の、測定された引張り強度に対する影響のプロットを示す。ここでも、傾向は統計的に明らかに有意であり、測定の調整係数（R^2）が０．９７５の二次関数曲線として記述される。

【０１４７】

図９にはたくさんの驚くべき点がある。第一に、相対的撚り長さを５０％増加させたとき（７．４％　ＲＢＳ）のケーブル引張り強度で観測された増加は、元の円形螺旋曲げ歪みの計算によって予測されるよりもはるかに大きい。この結果、最大の曲げ歪みは、０．０００５２から０．０００２２へと低下し、これは複合体コアのみの場合の引張り強度から約４．５％の改善に相当する。複合体コアは、破断時の合計の伝導体負荷の約６０％を支持しているため、これは、わずか約２．６％の合計伝導体強度増加と予測され得る。更に、条件６（１０６．３％及び１０９．２％　ＲＢＳ）の引張り強度結果は、この条件が内側－コア撚り角度と外側－コア撚り長さの両の最良条件の組み合わせを代表しているにも関わらず、驚くべきことに全体の最高値ではなかった。

【０１４８】

これらの驚くべき点は、交差角度の関数として全実験結果をプロットすることによって説明され得る。図１０は、本開示の代表的な螺旋状撚り複合体ケーブルについて、内側と外側層の撚り角度間の相対的な差（外側／内側撚り交差角度）の、測定された引張り強度に対するプロットを示す。この傾向は統計的に明らかに有意であり、測定の調整係数（R^2）が０．９０４の二次関数曲線として記述される。

【０１４９】

これらの結果に示されるように、１９本のワイヤコアを有するＡＣＣＲ複合体ケーブルの引張り強度は、内側と外側のコアワイヤの間の交差角度を最小限に抑えるようにコア構造を変えることによって顕著に増加させることができる。全体に、コア撚り長さが長くなると、ある程度の利益が得られ、これは主に交差角度の減少に関連している。しかしながら、本開示に教示されているように、増加した引張り強度を得る最も単純かつ効果的な方法は、コア層の撚り方向を交互に逆にすることで、これによりすべてのコア層が同じ向きとなるようにすることである。

【０１５０】

本明細書全体を通し、「一実施形態」、「特定の実施形態」、「１つ以上の実施形態」、又は「実施形態」を指す参照は、「実施形態（embodiment）」という用語の前に「例示的（代表的）（exemplary）」という用語が含まれているかどうかに関わらず、その実施形態の、ある特定の特徴、構造、材料、又は特性が、本開示の特定の代表的な実施形態の少なくとも１つの実施形態に含まれることを意味する。それゆえに、本明細書全体を通して様々な箇所にある「１つ以上の実施形態では」、「特定の実施形態では」、「一実施形態では」、又は「ある実施形態では」といった句の出現は、必ずしも本開示の特定の代表的な実施形態の同一の実施形態に言及しているわけではない。更に、特定の特徴、構造、材料、又は特性は、いかなる好適な方法で一つ以上の実施形態に組み合わされてもよい。

【０１５１】

本明細書で特定の代表的実施形態を詳細に説明したが、当然のことながら、当業者には上述の説明を理解した上で、これらの実施形態の代替物、変更物、及び均等物を容易に想起することができるであろう。したがって、本開示は本明細書で以上に述べた例示の実施形態に不当に限定されるべきではないと理解すべきである。特に、本明細書で用いているように、端点による数値範囲が記載される場合、その範囲内に包含される全ての数を含むことを意図している（例えば、１～５は、１、１．５、２、２．７５、３、３．８０、４、及び５を含む）。加えて、本文書中、使用されている全ての数字は用語「約」によって修飾されていると見なされる。

【０１５２】

更に、本明細書にて参照される全ての出版物及び特許は、それぞれの個々の出版物又は特許が参照により援用されることを明確にかつ個別に指示したかのごとく、それらの全体が同じ範囲で、参照により本明細書に援用される。様々な代表的実施形態を上述されてきた。これら及び他の実施形態は、下記の特許請求の範囲内にある。

【図１Ａ】

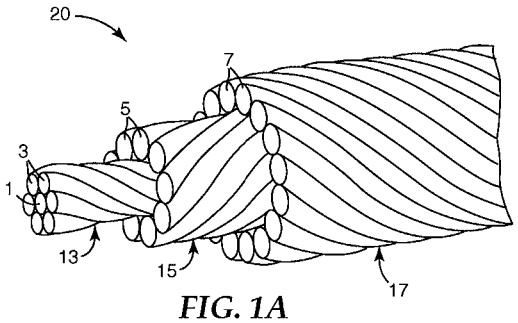

FIG. 1A
先行技術

【図１Ｂ】

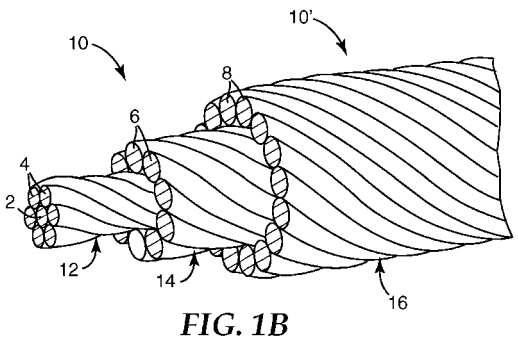

FIG. 1B

【図２Ａ】

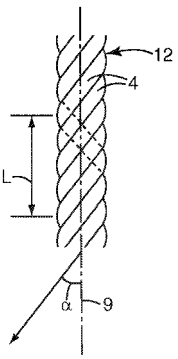

FIG. 2A

【図２Ｂ】

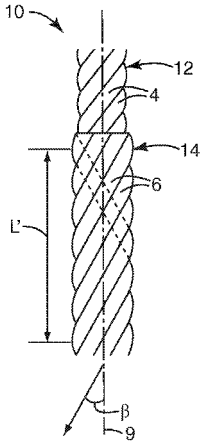

FIG. 2B

【図２Ｃ】

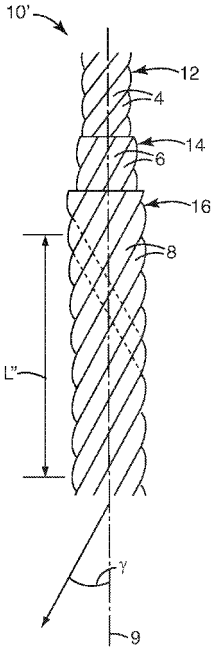

FIG. 2C

【図３Ａ】

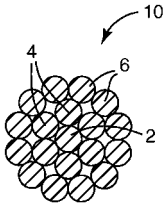

FIG. 3A

【図３Ｂ】

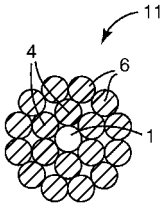

FIG. 3B

【図３Ｃ】

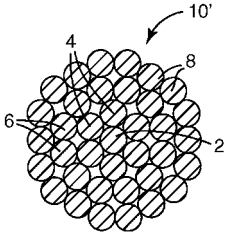

FIG. 3C

【図３Ｄ】

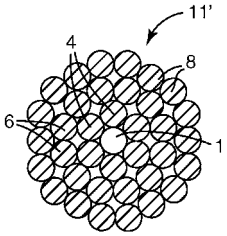

FIG. 3D

【図４Ａ】

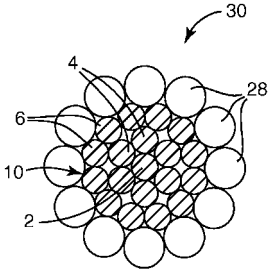

FIG. 4A

【図４Ｂ】

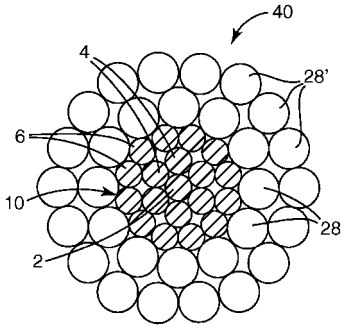

FIG. 4B

【図４Ｃ】

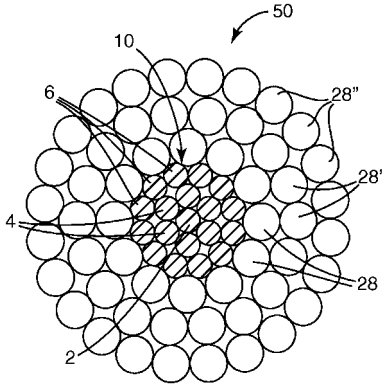

FIG. 4C

【図４Ｄ】

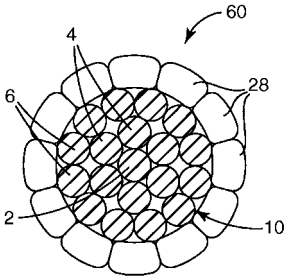

FIG. 4D

【図４Ｅ】

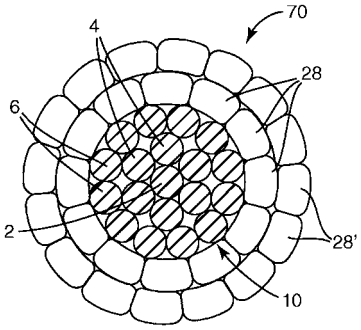

FIG. 4E

【図５Ａ】

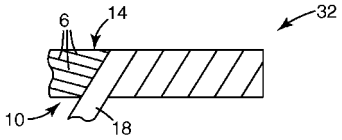

FIG. 5A

【図５Ｂ】

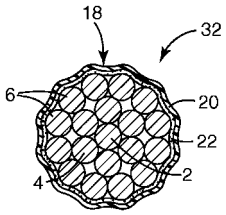

FIG. 5B

【図５Ｃ】

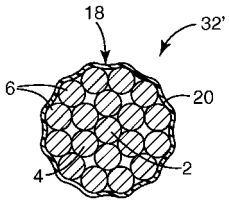

FIG. 5C

【図５Ｄ】

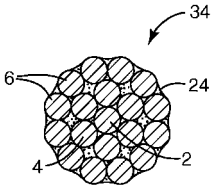

FIG. 5D

【図６】

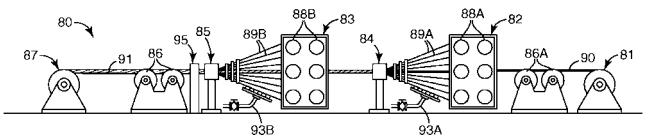

FIG. 6

【図７】

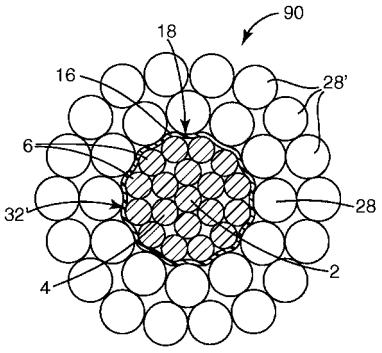

FIG. 7

【図８】

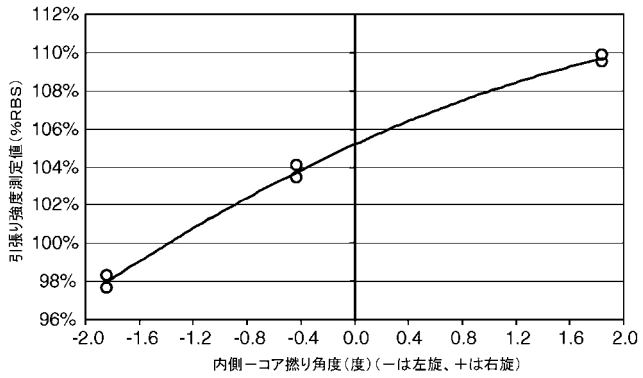

FIG. 8

【図１０】

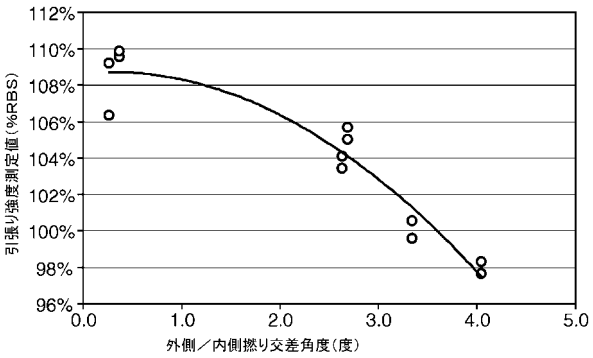

FIG. 10

【図９】

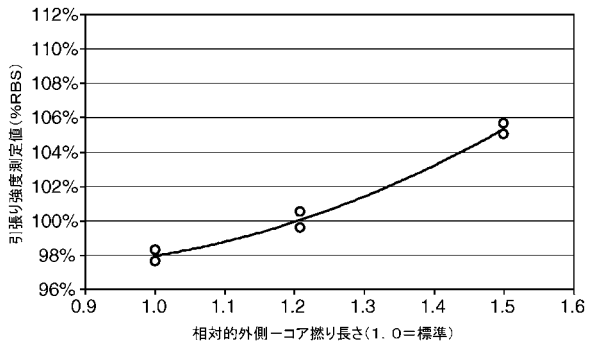

FIG. 9

【手続補正書】
【提出日】平成23年4月15日(2011.4.15)
【手続補正１】
【補正対象書類名】特許請求の範囲
【補正対象項目名】全文
【補正方法】変更
【補正の内容】
【特許請求の範囲】
【請求項１】
中心長手方向軸を画定する単一ワイヤと、
前記中心長手方向軸に対して画定される第一撚り角度で、第一撚り長さを有し、第一撚り方向で、複合体の前記単一ワイヤの回りに撚られる複数の第一複合体ワイヤと、
前記中心長手方向軸に対して画定される第二撚り角度で、第二撚り長さを有し、前記第一撚り方向で、前記複数の第一複合体ワイヤの回りに撚られる複数の第二複合体ワイヤと、を含み、
前記第一撚り角度と前記第二撚り角度との相対的な差が、約４°以下である、撚りケーブル。
【請求項２】
前記中心長手方向軸に対して画定される第三撚り角度で、第三撚り長さを有し、前記第一撚り方向で、複数の第二の複合体ワイヤの回りに撚られる複数の第三複合体ワイヤを更に含み、前記第二撚り角度と前記第三撚り角度との相対的な差は、約４°以下である、請求項１に記載の撚りケーブル。
【請求項３】
前記中心長手方向軸に対して画定される第四撚り角度で、第四撚り長さを有し、前記第一撚り方向で、複数の第三の複合体ワイヤの回りに撚られる複数の第四複合体ワイヤを更

に含み、第三撚り角度と第四撚り角度との相対的な差は、約４°以下である、請求項２に記載の撚りケーブル。
【請求項４】
前記第一撚り角度と前記第二撚り角度との相対的な差が、３°以下である、請求項１に記載の撚りケーブル。
【請求項５】
前記第一撚り長さが前記第二撚り長さと等しい、請求項１に記載の撚りケーブル。
【請求項６】
前記第一撚り角度が前記第二撚り角度と等しい、請求項１に記載の撚りケーブル。

【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/US2009/050448

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. H01B5/10 D07B1/02

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)
H01B D07B

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 practical, 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	US 2008/081721 A1 (BISSIG ADOLF [CH] ET AL) 3 April 2008 (2008-04-03) paragraph [0001]	1,4,6,7, 35,39
X	paragraph [0042]; figure 4A	2,5
X	paragraph [0033]	8,9
X	paragraphs [0008] - [0010], [0014]	3,10-13, 15
X	paragraphs [0038], [0039]; figure 3	29-32
X	paragraph [0040]	33,34

-/--

[X] Further documents are listed in the continuation of Box C.

[X] 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 document 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	Date of mailing of the international search report
2 October 2009	12/10/2009

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Tille, Daniel

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (April 2005)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/US2009/050448

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 6 247 359 B1 (DE ANGELIS CLAUDIO [CH]) 19 June 2001 (2001-06-19) column 2, lines 26-29	1,4,6,7, 35,39
X	column 2, line 67 - column 3, line 2	33,34
X	column 3, lines 17-23	29-32
X	column 3, lines 45-49	8,9
X	column 4, lines 1-5	3,10-13, 15
X	figure 2	2,5
X	US 3 717 720 A (SNELLMAN D) 20 February 1973 (1973-02-20)	1,24-26, 37,39
Y	column 1, lines 4-10	15-21
X	column 1, lines 14-19	36,38
X	column 2, lines 53-59	29-32
X	column 3, lines 7-48	10-14
X	column 4, lines 1-12; figure 1	22,23, 27,28,40
X	figure 2	8,9
A	US 6 559 385 B1 (JOHNSON DOUGLAS E [US] ET AL) 6 May 2003 (2003-05-06) cited in the application	1,39
A	column 10, lines 34-55; figure 8	22,25, 27,28, 36-38
A	column 5, line 67 - column 6, line 22; figure 3	33-35
A	column 7, lines 48-57	4
A	column 7, line 62 - column 8, line 1	7
A	column 7, lines 58-61	5,6
Y	column 7, lines 36-47; figure 7	15-21

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No
PCT/US2009/050448

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2008081721 A1	03-04-2008	AR 063068 A1	23-12-2008
		AU 2007219370 A1	17-04-2008
		BR PI0703620 A	03-06-2008
		CA 2604567 A1	29-03-2008
		CN 101153469 A	02-04-2008
		EP 1905891 A2	02-04-2008
		JP 2008111549 A	15-05-2008
		KR 20080029875 A	03-04-2008
		NZ 561555 A	26-09-2008
		SG 141344 A1	28-04-2008
		ZA 200708063 A	29-10-2008
US 6247359 B1	19-06-2001	AT 241032 T	15-06-2003
		AU 751197 B2	08-08-2002
		AU 6315999 A	08-06-2000
		BR 9907454 A	07-11-2000
		CA 2291582 A1	07-06-2000
		CN 1256412 A	14-06-2000
		DE 59905634 D1	26-06-2003
		DK 1010803 T3	01-09-2003
		EG 22017 A	30-06-2002
		ES 2200459 T3	01-03-2004
		HK 1029607 A1	21-11-2003
		IL 133050 A	10-12-2003
		JP 2000170082 A	20-06-2000
		KR 20000047940 A	25-07-2000
		NO 996013 A	08-06-2000
		PT 1010803 E	31-10-2003
		TR 9902986 A2	21-07-2000
		ZA 9907230 A	22-05-2000
US 3717720 A	20-02-1973	NONE	
US 6559385 B1	06-05-2003	AU 1925101 A	30-01-2002
		CA 2413187 A1	24-01-2002
		CN 1454386 A	05-11-2003
		DE 60032948 T2	25-10-2007
		EP 1301930 A1	16-04-2003
		ES 2278642 T3	16-08-2007
		JP 2004508660 T	18-03-2004
		WO 0207170 A1	24-01-2002

フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW,GH,GM,KE,LS,MW,MZ,NA,SD,SL,SZ,TZ,UG,ZM,ZW),EA(AM,AZ,BY,KG,KZ,MD,RU,TJ,TM),EP(AT,BE,BG,CH,CY,CZ,DE,DK,EE,ES,FI,FR,GB,GR,HR,HU,IE,IS,IT,LT,LU,LV,MC,MK,MT,NL,NO,PL,PT,RO,SE,SI,SK,SM,TR),OA(BF,BJ,CF,CG,CI,CM,GA,GN,GQ,GW,ML,MR,NE,SN,TD,TG),AE,AG,AL,AM,AO,AT,AU,AZ,BA,BB,BG,BH,BR,BW,BY,BZ,CA,CH,CL,CN,CO,CR,CU,CZ,DE,DK,DM,DO,DZ,EC,EE,EG,ES,FI,GB,GD,GE,GH,GM,GT,HN,HR,HU,ID,IL,IN,IS,JP,KE,KG,KM,KN,KP,KR,KZ,LA,LC,LK,LR,LS,LT,LU,LY,MA,MD,ME,MG,MK,MN,MW,MX,MY,MZ,NA,NG,NI,NO,NZ,OM,PE,PG,PH,PL,PT,RO,RS,RU,SC,SD,SE,SG,SK,SL,SM,ST,SV,SY,TJ,TM,TN,TR,TT,TZ,UA,UG,US,UZ,VC,VN,ZA,ZM,ZW

(74)代理人 100120134
弁理士 大森 規雄
(74)代理人 100104282
弁理士 鈴木 康仁
(72)発明者 グレサー，ミッチェル，エフ.
アメリカ合衆国 ミネソタ州 ５５１３３－３４２７，セント ポール，ポスト オフィス ボックス ３３４２７

Ｆターム(参考) 5G307 EA01 ED07 EE03 EF09
5G325 BA02 BC01 BD03