

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2017年6月29日(29.06.2017)



(10) 国際公開番号
WO 2017/110902 A1

- (51) 国際特許分類:
F17C 1/06 (2006.01) *B29K 105/08* (2006.01)
B29C 70/16 (2006.01) *B29L 22/00* (2006.01)
B29K 101/10 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2016/088163
- (22) 国際出願日: 2016年12月21日(21.12.2016)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2015-250327 2015年12月22日(22.12.2015) JP
- (71) 出願人: ニッタ株式会社(NITTA CORPORATION) [JP/JP]; 〒5560022 大阪府大阪市浪速区桜川4丁目4番26号 Osaka (JP). トヨタ自動車株式会社(TOYOTA JIDOSHA KABUSHIKI KAISHA) [JP/JP]; 〒4718571 愛知県豊田市トヨタ町1番地 Aichi (JP).
- (72) 発明者: 輝平 広美(TERUHIRA Hiromi); 〒5560022 大阪府大阪市浪速区桜川4丁目4番26号 ニッタ株式会社内 Osaka (JP). 小向 拓治(KOMUKAI Takuji); 〒5560022 大阪府大阪市浪速区桜川4丁目4番26号 ニッタ株式会社内 Osaka (JP). 鬼塚 麻季(ONIZUKA Maki); 〒5560022 大阪府大阪市浪速区桜川4丁目4番26号

ニッタ株式会社内 Osaka (JP). 中村 直樹(NA-KAMURA Naoki); 〒4718571 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内 Aichi (JP). 安藤 雅樹(ANDO Masaki); 〒4718571 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内 Aichi (JP).

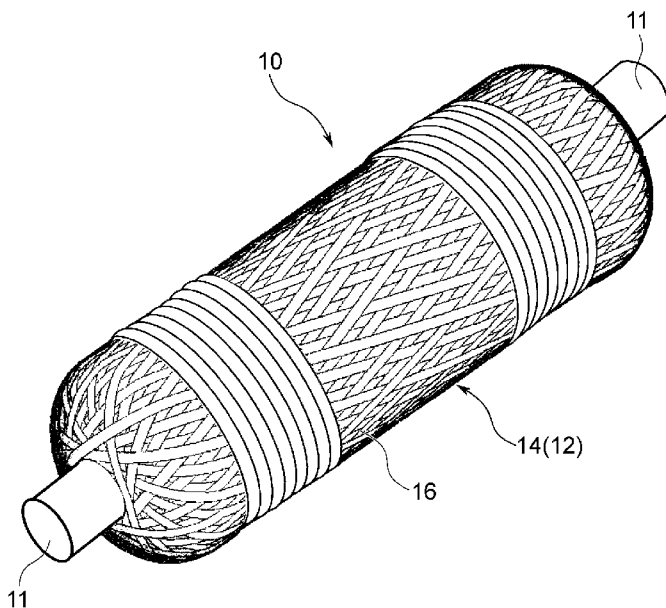
- (74) 代理人: 吉田 正義(YOSHIDA Tadanori); 〒1600023 東京都新宿区西新宿六丁目15番1号 ラ・トゥール新宿411号 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, KE, 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, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE,

[続葉有]

(54) Title: HIGH PRESSURE CONTAINER AND METHOD FOR MANUFACTURING HIGH PRESSURE CONTAINER

(54) 発明の名称: 高压容器および高压容器の製造方法

[図1]



(57) Abstract: Provided are a high pressure container having superior pressure-resistance strength, and a method for manufacturing the high pressure container. The high pressure container (10) is provided with a hollow container (12) capable of being hermetically sealed and a reinforcement layer (14) covering the outer surface of the hollow container (12), and is characterized in that: the reinforcement layer (14) is provided with composite carbon-fiber bundles (16) which are wound around the outer surface of the hollow container (12) to be fixed thereon by a cured product of a thermosetting resin, and are layered onto one another; and a stress attenuation part (26), including the cured product (22) of the thermosetting resin and multiple carbon nanotubes (20a), is provided between carbon fibers (18a) included in one of the composite carbon-fiber bundles (16) and carbon fibers included in the other one of the composite carbon-fiber bundles (16).

(57) 要約:

[続葉有]



ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, 添付公開書類:

MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK,
SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ,
GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

密閉可能な中空容器 (12) と、前記中空容器 (12) の外表面を覆う補強層 (14) とを備えた高压容器 (10) であって、前記補強層 (14) は、前記中空容器 (12) の外表面に巻き付けられて熱硬化性樹脂の硬化物により固定され、複数層積層された複合炭素繊維束 (16) を備え、一方の複合炭素繊維束 (16) に含まれる炭素繊維 (18a) と、他方の複合炭素繊維束 (16) に含まれる炭素繊維の間に、前記熱硬化性樹脂の硬化物 (22) と複数のカーボンナノチューブ (20a) とを含む応力緩和部 (26) が設けられていることを特徴とする、より高い耐圧強度を有する高压容器、およびかかる高压容器の製造方法を提供する。

明 細 書

発明の名称： 高圧容器および高圧容器の製造方法

技術分野

[0001] 本発明は、高圧容器および高圧容器の製造方法に関する。

背景技術

[0002] 近年、燃料ガスの燃焼エネルギーや、燃料ガスの電気化学反応により生成される電気エネルギーによって駆動する車両が開発されている。水素ガスや天然ガス等の燃料ガスは、密閉可能な中空容器（ライナー）を備えた高圧容器内に、常圧より高い圧力で貯蔵される。中空容器の外表面は、樹脂を含浸した繊維を巻き付けて形成された補強層（繊維強化樹脂層）で被覆されている（例えば、特許文献1、2）。

[0003] 高圧容器に充填される燃料ガスの圧力（充填圧）が高いほど充填量が増え、車両の走行可能距離を長くできるので、燃料ガスの充填圧は高いほうが好ましい。そして、燃料ガスの充填圧をより高めるためには、高圧容器は、より高い耐圧強度を有することが要求される。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開2013-173304号公報

特許文献2：特開2007-260973号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 高圧容器の耐圧強度を高めるためには、例えば補強層に含まれる繊維の量を多くする必要がある。繊維の量の増加は、高圧容器の製造コスト、質量、体格の増大といった問題を引き起こす。そのため、補強層を形成する繊維の量を増やすことなく、高圧容器の耐圧強度を高めることが望まれる。

[0006] そこで本発明は、より高い耐圧強度を有する高圧容器、およびかかる高圧容器の製造方法を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0007] 本発明に係る高圧容器は、密閉可能な中空容器と、前記中空容器の外表面を覆う補強層とを備えた高圧容器であって、前記補強層は、前記中空容器の外表面に巻き付けられて熱硬化性樹脂の硬化物により固定され、複数層積層された複合炭素繊維束を備え、一方の複合炭素繊維束に含まれる炭素繊維と、他方の複合炭素繊維束に含まれる炭素繊維の間に、前記熱硬化性樹脂の硬化物と複数のカーボンナノチューブとを含む応力緩和部が設けられていることを特徴とする。

[0008] 本発明に係る高圧容器の製造方法は、密閉可能な中空容器の外表面に補強層を有する高圧容器の製造方法であって、前記中空容器の外表面に、熱硬化性樹脂が含浸された複合炭素繊維束を引張り荷重を掛けながら巻き付ける工程と、前記熱硬化性樹脂を硬化させて前記補強層を形成する工程とを含み、前記複合炭素繊維束は、複数のカーボンナノチューブを含む構造体が表面に形成された複数の連続した炭素繊維を含み、前記構造体は、前記複数の連続した炭素繊維のそれぞれの表面に直接付着していることを特徴とする。

発明の効果

[0009] 本発明によれば、高圧容器は、熱硬化性樹脂の硬化物で固定された複数層の複合炭素繊維束を含む補強層を備えている。一方の複合炭素繊維束に含まれる炭素繊維と、他方の複合炭素繊維束に含まれる炭素繊維の間に、熱硬化性樹脂の硬化物を含む応力緩和部が形成されているので靱性が向上する。その結果、強度の高い補強層が形成され、より高い耐圧強度を有する高圧容器が得られる。

[0010] 本発明の高圧容器の製造方法において補強層の製造に用いられるのは、複数のカーボンナノチューブ（以下、CNTと称する）が表面に付着した複数の連続した炭素繊維を含む複合炭素繊維束である。複合炭素繊維束に熱硬化性樹脂を含浸させ、引張り荷重を掛けながら中空容器の外表面に巻き付けることによって、複合炭素繊維束同士の間に応力緩和部が形成されるので、強度の高い補強層が得られる。こうして、耐圧強度のより高い高圧容器を製造

することができる。

図面の簡単な説明

[0011] [図1]本実施形態に係る高圧容器を示す斜視図である。

[図2]本実施形態に係る高圧容器の長手方向の一部断面図である。

[図3]図2における領域Xの拡大図である。

[図4]補強層を構成している複合炭素繊維束を説明する模式図であり、図4Aは全体図、図4Bは拡大図である。

[図5]複合炭素繊維束の界面における炭素繊維同士の接合状態を説明する模式図である。

[図6]フィラメントワインディング装置の模式平面図である。

[図7]図6に示すフィラメントワインディング装置の模式側面図である。

[図8]内圧破壊試験後、補強層の断面を観察するために切断した高圧容器を示す写真であり、図8Aは全体像、図8Bは切断部分の拡大像である。

[図9]補強層の切片に含まれる積層された複数の複合炭素繊維束を示す模式図である。

[図10]補強層サンプルの断面を示す顕微鏡写真であり、図10Aは全体像、図10Bは、図10Aにおける領域Y1の拡大像である。

[図11]図10Bにおける領域Y2の走査電子顕微鏡（SEM：Scanning Electron Microscope）像であり、図11Aは全体像、図11Bは拡大像である。

発明を実施するための形態

[0012] 以下、図面を参照して本発明の実施形態について詳細に説明する。

[0013] 1. 全体構成

図1、2に示すように、本実施形態の高圧容器10は、密閉可能な中空容器12と、中空容器12の外表面を覆う補強層14とを備えている。本実施形態の場合、中空容器12は、略円筒形状の円筒部と、円筒部両端に設けられた凸状球面部とを有する。両端の凸状球面部は、等張力曲面によって構成されている。凸状球面部の各頂点には、高圧容器10を外部配管等（図示せず）と接続するための金属製の口金11が、それぞれ設けられている。本実

施形態では、中空容器 1 2 としては、ナイロンを主成分とする樹脂製容器を用いる。中空容器 1 2 の口金 1 1 はアルミニウム製である。中空容器 1 2 と口金 1 1 の間は、図示しないゴム製のガスケットにより密閉されている。

[0014] 補強層 1 4 は、中空容器 1 2 の外表面に巻き付けられた複合炭素繊維束 1 6 を備えている。複合炭素繊維束 1 6 同士は、複合炭素繊維束 1 6 の長手方向がそれぞれ異なる方向となるように、中空容器 1 2 の外表面に巻き付けられている。複合炭素繊維束 1 6 は、中空容器 1 2 の円筒部に対して斜め方向に巻き付けるヘリカル巻きと、中空容器 1 2 の円筒部の軸心に対して直角方向に巻き付けるフープ巻きとによって、中空容器 1 2 の外表面に巻き付けられている。

[0015] 図 2 中の領域 X においては、補強層 1 4 は、界面 1 7 を介して複数層積層された複合炭素繊維束 1 6 により構成されている。図 3 に示すように、本実施形態においては、補強層 1 4 は、7 層積層された複合炭素繊維束 1 6 を含んでいる。積層された複数の複合炭素繊維束 1 6 は、図示しない熱硬化性樹脂の硬化物によって固定されている。本実施形態の場合、積層された複数の複合炭素繊維束 1 6 は、熱硬化性樹脂としてのエポキシ樹脂の硬化物によって固定されている。複合炭素繊維束 1 6 は、複数束（例えば 4 束）を一つに束ねた二次繊維束として用いてもよい。

[0016] 複数の複合炭素繊維束 1 6 のそれぞれは、図 4 A に示すように、複数の連続した複合炭素繊維 1 8 を含んでいる。上述したとおり、積層された複数の複合炭素繊維束 1 6 が熱硬化性樹脂の硬化物により互いに固定されているので、各複合炭素繊維束 1 6 に含まれる複数の複合炭素繊維 1 8 もまた、熱硬化性樹脂の硬化物によって互いに固定されている。複合炭素繊維 1 8 は、連続した炭素繊維 1 8 a と、炭素繊維 1 8 a の表面に付着した複数の CNT 2 0 a とから構成される。図 4 B に示すように、CNT 2 0 a は、基本的には炭素繊維 1 8 a の表面に密着しているが、部分的に炭素繊維 1 8 a の表面から浮いて、炭素繊維 1 8 a の表面に付着している CNT 2 0 a も存在する。なお、図 4 B においては、CNT 2 0 a の状態を理解しやすくするために、

炭素繊維 18 a 間の距離を誇張して示している。CNT 20 a が付着した炭素繊維 18 a については、追って詳細に説明する。

[0017] 複合炭素繊維束 16 では、説明のために 10 本の連続した複合炭素繊維 18 を示しているが、本実施形態における複合炭素繊維束 16 は、1 万～3 万本の連続した複合炭素繊維 18 によって構成されている。複数の連続した複合炭素繊維 18 は、実質的に互いに絡まり合うことなく直線性を保って、一方向に配列して複合炭素繊維束 16 を構成している。

[0018] 複合炭素繊維束 16 中における複合炭素繊維 18 の絡まり合いは、複合炭素繊維 18 の乱れの程度によって評価することができる。例えば、SEM により複合炭素繊維束 16 を一定倍率で観察して、そこに含まれている所定の本数（例えば 10 本）の複合炭素繊維 18 の長さを測定する。所定本数の複合炭素繊維 18 についての長さのバラツキ、最大値と最小値との差、標準偏差に基づいて、複合炭素繊維 18 の乱れの程度を評価することができる。

[0019] 複数の複合炭素繊維 18 が実質的に絡まり合っていないことは、例えば、JIS L1013:2010「化学繊維フィラメント糸試験方法」の交絡度測定方法に準じて交絡度を測定して判断することもできる。測定された交絡度が小さいことは、複合炭素繊維束 16 中の複合炭素繊維 18 同士の絡まり合いが少ないことを意味する。複合炭素繊維束 16 は、複数の複合炭素繊維 18 が実質的に絡まり合っていないことによって、複合炭素繊維 18 のそれぞれが強度に寄与することができる。

[0020] 上述したとおり、複数の連続した複合炭素繊維 18 のそれぞれは、連続した炭素繊維 18 a と、炭素繊維 18 a の表面に付着した複数の CNT 20 a とから構成される。炭素繊維 18 a は、直径が 5～20 μm の繊維である。一般的には、炭素繊維 18 a は、ポリアクリルニトリル、レーヨン、ピッチなどの石油、石炭、コールタール由来の有機繊維や、木材や植物繊維由来の有機繊維の焼成によって得られる。

[0021] CNT 20 a は、炭素繊維 18 a の表面に直接付着している。ここでいう付着とは、ファンデルワールス力による結合をいう。炭素繊維 18 a の表面

に付着した複数のCNT 20aは、炭素繊維18aの表面のほぼ全体で均等に分散して絡み合う。複数のCNT 20aは、互いに直接接触または直接接続されることによって、炭素繊維18aの表面でネットワーク構造を有する構造体20を形成することができる。CNT 20a同士の間には、界面活性剤などの分散剤や接着剤等の介在物が存在しないことが好ましい。

[0022] 本明細書において「接続」とは、物理的な接続（単なる接触）を含む。さらに、「直接接触ないし直接接続」とは複数のCNTが単に接触している状態を含む他に、複数のCNTが一体的になって接続している状態を含むものであり、限定して解釈されるべきではない。

[0023] CNT 20aの長さは、0.1～50 μm であるのが好ましい。CNT 20aは長さが0.1 μm 以上であると、CNT 20a同士が絡まり合って直接接続される。またCNT 20aは長さが50 μm 以下であると、均等に分散しやすくなる。一方、CNT 20aは長さが0.1 μm 未満であると、CNT 20a同士が絡まりにくくなる。またCNT 20aは長さが50 μm 超であると凝集しやすくなる。

[0024] CNT 20aは、平均直径約30 nm以下であるのが好ましい。CNT 20aは直径が30 nm以下であると、柔軟性に富み、各炭素繊維18aの表面でネットワーク構造を良好に形成することができる。一方、CNT 20aは直径が30 nm超であると、柔軟性がなくなり、各炭素繊維18a表面でネットワーク構造を形成しにくくなる。なお、CNT 20aの直径は、透過型電子顕微鏡（TEM：Transmission Electron Microscope）写真を用いて測定した平均直径とする。CNT 20aは、平均直径が約20 nm以下であるのがより好ましい。

[0025] 複数のCNT 20aは、複数の連続した炭素繊維18aのそれぞれの表面に、均一に付着していることが好ましい。炭素繊維18a表面におけるCNT 20aの付着状態は、SEMにより観察し、得られた画像を目視により評価することができる。

[0026] 複合炭素繊維束16においては、複数の連続した炭素繊維18aの表面に

、複数のCNT 20aが均一に付着している。したがって、CNT凝集物が表面に付着した炭素繊維は、複合炭素繊維束16中に実質的に含まれていない。表面に付着したCNTの量が不十分な炭素繊維も、複合炭素繊維束16中には実質的に存在しない。

[0027] 複合炭素繊維束16においては、CNT 20aは、炭素繊維18aの表面に直接付着している。すなわち、CNT 20aは、炭素繊維18a表面との間に、界面活性剤などの分散剤や接着剤が介在せず、炭素繊維18a表面に直接付着している。図4Aには明確に示していないが、複合炭素繊維束16に含まれる複数の連続した炭素繊維18aのそれぞれは、図示しない熱硬化性樹脂の硬化物と複数のCNT 20aとを介して、他の炭素繊維18aと接している。本明細書においては、炭素繊維18aに付着した複数のCNT 20aを含む熱硬化性樹脂の硬化物を応力緩和部と称する。

[0028] 複合炭素繊維束16同士の界面17を模式的に表した図5には、応力緩和部26を介して接する炭素繊維18aが示されている。一方の複合炭素繊維束16に含まれる炭素繊維18aと、他方の複合炭素繊維束16に含まれる炭素繊維18aの間には、熱硬化性樹脂の硬化物22を含む応力緩和部26が存在する。応力緩和部26には、複数のCNT 20aが含まれている。複数のCNT 20aの一部は、上述したように各炭素繊維18aの表面に直接付着している。1本のCNT 20aにおける一部が、炭素繊維18aの表面に付着することもある。

[0029] 2. 製造方法

次に、本実施形態に係る高圧容器10の製造方法を説明する。高圧容器10は、密閉可能な中空容器12の外表面に、熱硬化性樹脂が含浸された複合炭素繊維束16を巻き付け、熱硬化性樹脂を硬化させることにより製造することができる。含浸とは、複合炭素繊維束16の間の隙間に熱硬化性樹脂を浸透させることをさす。複合炭素繊維束16は、CNT 20aが単離分散したCNT単離分散液（以下、単に分散液とも称する）中に、複数の連続した炭素繊維18aを含む炭素繊維束を浸漬し、所定の周波数の超音波振動を印

加して、炭素繊維 18 a のそれぞれの表面に CNT 20 a を付着させて構造体 20 を形成することにより製造することができる。

[0030] 以下、複合炭素繊維束 16 を作製するための分散液の調製、複合炭素繊維束 16 の作製、および複合炭素繊維束 16 を用いた補強層 14 の形成の各工程について、順に詳細に説明する。

[0031] <分散液の調製>

分散液の調製には、以下のようにして製造された CNT 20 a を用いることができる。CNT 20 a は、例えば特開 2007-126311 号公報に記載されているような熱 CVD 法を用いてシリコン基板上にアルミニウム、鉄からなる触媒膜を成膜し、CNT の成長のための触媒金属を微粒子化し、加熱雰囲気中で炭化水素ガスを触媒金属に接触させることによって、製造することができる。アーク放電法、レーザ蒸発法などその他の製造方法により得た CNT を使用することも可能であるが、CNT 以外の不純物を極力含まないものを使用することが好ましい。この不純物については、CNT を製造した後、不活性ガス中での高温アニールにより除去してもかまわない。この製造例で製造した CNT は、直径が 30 nm 以下で長さが数 100 μ m から数 mm という高いアスペクト比でもって直線的に配向された長尺 CNT である。CNT は単層、多層を問わないが、好ましくは、多層の CNT である。

[0032] 次に、前記製造した CNT 20 a を用いて、CNT 20 a が単離分散した分散液を製造する。単離分散とは、CNT 20 a が 1 本ずつ物理的に分離して絡み合っていない状態で分散媒中に分散している状態を言う。具体的には、単離分散とは、2 以上の CNT 20 a が束状に集合した集合物の割合が 10% 以下である状態を意味する。

[0033] 分散液は、上記のようにして作製された CNT 20 a を、分散媒に加え、ホモジナイザーやせん断、超音波分散機などにより CNT 20 a の分散の均一化を図る。分散媒としては、水、エタノール、メタノール、イソプロピルアルコールなどのアルコール類やトルエン、アセトン、テトラヒドロフラン (THF)、メチルエチルケトン (MEK)、ヘキサン、ノルマルヘキサン

、エチルエーテル、キシレン、酢酸メチル、酢酸エチルなどの有機溶媒を用いることができる。分散液の調製には、分散剤、界面活性剤等の添加剤は必ずしも必要とされないが、炭素繊維 18a および CNT 20a の機能を制限しない範囲であれば、こうした添加剤を用いてもよい。

[0034] <複合炭素繊維束の作製>

上述のように製造した分散液中に、複数の連続した炭素繊維 18a を含む炭素繊維束を浸漬した状態で、40kHz 超 180kHz 以下の周波数の超音波振動を印加する。超音波振動の印加によって、炭素繊維束中の各炭素繊維 18a 表面には、複数の CNT 20a が直接付着する。各炭素繊維 18a の表面に付着した CNT 20a は、互いに直接接続されてネットワーク構造を形成し、各炭素繊維 18a の表面に構造体 20 が形成される。

[0035] 周波数が 40kHz 超であると、炭素繊維束中の炭素繊維 18a 同士の絡まり合いが抑制される。また、周波数が 180kHz 以下であると、炭素繊維 18a の表面に CNT 20a が良好に付着する。一方、周波数が 40kHz 以下であると、炭素繊維 18a 同士の絡まり合いが顕著になる。また、周波数が 180kHz 超であると、炭素繊維 18a の表面における CNT 20a の付着状態が不良となって、構造体 20 を形成することができない。炭素繊維 18a の絡み合いをより低減するためには、超音波の周波数は、100kHz 以上が好ましく、130kHz 以上がより好ましい。

[0036] 分散液に対して、40kHz 超 180kHz 以下の周波数の超音波振動を付与することにより、分散液中では、CNT 20a が分散する状態と凝集する状態とが常時発生する可逆的反応状態が作り出される。

[0037] この可逆的反応状態にある分散液中に、複数の連続した炭素繊維 18a を含む炭素繊維束を浸漬する。そうすると、各炭素繊維 18a 表面においても CNT 20a の分散状態と凝集状態との可逆的反応状態が起こり、分散状態から凝集状態へ移る際に、各炭素繊維 18a 表面に CNT 20a が付着する。

[0038] 凝集する際は、CNT 20a にファンデルワールス力が作用しており、こ

のファンデルワールス力により炭素繊維 18a 表面に CNT 20a が付着して、複合炭素繊維 18 が形成される。その後、複合炭素繊維 18 の束を分散液中から引き出し、乾燥させると、炭素繊維 18a それぞれの表面にネットワーク構造を有する構造体 20 が形成された複合炭素繊維束 16 を得ることができる。乾燥は、例えばホットプレート上に載置することによって達成することができる。

[0039] 複合炭素繊維束 16 は、炭素繊維 18a 同士の絡み合いが実質的に存在しない。複合炭素繊維束 16 中における炭素繊維 18a それぞれの表面には、CNT 20a が良好に付着して構造体 20 が形成されている。

[0040] 複数の複合炭素繊維 18 は実質的に絡まり合っていないことから、複合炭素繊維束 16 に熱硬化性樹脂を含浸させた場合でも、炭素繊維 18a 同士の絡み合いに起因して強度が低下するおそれは極めて小さい。各炭素繊維 18a の表面には CNT 20a が良好に付着して構造体 20 が形成されているので、熱硬化性樹脂を硬化させることによって、炭素繊維 18a 同士を強固に結合させて強度を発揮することができる。

[0041] <補強層の形成>

補強層 14 は、上述したように作製された複合炭素繊維束 16 を用いて、フィラメントワインディング法（以下、「FW法」と称する）により中空容器 12 の外表面に形成することができる。FW法により補強層 14 を形成するに当たっては、例えば、図 6、図 7 に示すフィラメントワインディング装置（以下、「FW装置」と称する）111 を用いることができる。

[0042] FW装置 111 は、複合炭素繊維束供給部（複合繊維束供給手段）112、樹脂含浸装置 113、複合炭素繊維束ガイド 114 および給糸ユニット 115 を備えている。FW装置 111 は、複合炭素繊維束 16 に熔融状態の樹脂を含浸させるための樹脂含浸装置 113 を備えているので、ウェット法の装置である。チャック 109 は、密閉可能な中空容器 12 を回転可能に支持することができる。取付け部 122 に設けられた給糸ユニット 115 は、中空容器 12 の長手方向（図 6 における矢印 A 方向）に沿って往復移動が可能

である。

[0043] 図7に示すように、給糸ユニット115は、第1のアクチュエーター117に支持された第2のアクチュエーター118に取り付けられている。第2のアクチュエーター118は、移動体117aを介して、第1のアクチュエーター117に支持されている。第1のアクチュエーター117は、ボールネジ（図示せず）を使用し、ナット（図示せず）と一体移動可能な移動体117aを1軸方向に移動させる公知の構成である。給糸ユニット115は、第1のアクチュエーター117の作用によって、紙面に直交する方向（図6中の矢印A方向）に往復移動することができる、給糸ユニット115は、移動体117a上の第2のアクチュエーター118の作用によって、図7中の矢印C方向に昇降することができる。

[0044] 図示するFW装置111は、複合炭素繊維束16が巻かれた4つのボビンB1～B4を、複合炭素繊維束供給部112に備えている。ボビンB1～B4のそれぞれは、クリールスタンド112bに連結された支軸112aに支持されている。クリールスタンド112bとしては、例えばパウダーブレーキや、渦電流により支軸112aに負荷を加える構成の所謂パーマトルクを使用することができる。

[0045] 樹脂含浸装置113は、熔融状態の熱硬化性樹脂を収容する樹脂槽119と、樹脂槽119中の熱硬化性樹脂中に浸漬された含浸ローラ120とを備えている。含浸ローラ120は、熔融状態の熱硬化性樹脂中で回転して、複合炭素繊維束16に熔融状態の熱硬化性樹脂を供給する。樹脂槽119の上方には、フィードロール121aおよび121bが配置されている。

[0046] フィードロール121aは、ボビンB1～B4から矢印B方向に引き出された複合炭素繊維束16を送り出して、樹脂槽119の所定位置に案内する。複合炭素繊維束供給部112とフィードロール121aとの間には、図示しないテンションローラが、ボビンB1～B4から引き出される複合炭素繊維束16のそれぞれに対応して設けられている。

[0047] フィードロール121aに案内された複合炭素繊維束16は、含浸ローラ

１２０の表面に押し付けられる。含浸ローラ１２０の表面には溶融状態の熱硬化性樹脂が付着しているので、複合炭素繊維束１６が樹脂含浸装置１１３を通過することによって、複合炭素繊維束１６に溶融状態の熱硬化性樹脂が含浸される。

[0048] フィードロール１２１ｂは、樹脂含浸装置１１３で溶融状態の熱硬化性樹脂が含浸された後の複合炭素繊維束１６を、複合炭素繊維束ガイド１１４に案内する。複合炭素繊維束ガイド１１４は、溶融状態の熱硬化性樹脂が含浸された複数の複合炭素繊維束１６を、給糸ユニット１１５に案内する。給糸ユニット１１５は、複合炭素繊維束ガイド１１４から案内された複数の複合炭素繊維束１６を一系列に束ねて、二次繊維束１６Ｘとして中空容器１２に供給する。

[0049] チャック１０９は、中空容器１２の軸心を中心として、中空容器１２を回転可能に支持している。中空容器１２を支持するチャック１０９は、図示しない可変速モーターにより回転駆動される。可変速モーターは、制御部（異常判定部）１３０により制御される。チャック１０９は、給糸ユニット１１５の移動速度と同期した状態で回転駆動される。これによって、中空容器１２に対する二次繊維束１６Ｘの巻き付け角度を任意の角度に設定しつつ、複合炭素繊維束１６を中空容器１２に巻き付けることができる。

[0050] 平面視で両端に位置するボビンＢ１およびＢ４には、各ボビンＢ１，Ｂ４の回転数を検出する回転数検出器（速度検出手段）１５０が設けられている。回転数検出器１５０は、各々ボビンＢ１，Ｂ４の支軸１１２ａに設けられ、ボビンＢ１，Ｂ４の回転数を逐次検出する。回転数検出器１５０の検出出力は、制御部１３０に与えられる。

[0051] なお、本実施形態では複数設けられたボビンＢ１～Ｂ４のうち、複合炭素繊維束１６の幅方向両端にそれぞれ位置する複合炭素繊維束１６を供給するボビンＢ１，Ｂ４に回転数検出器１５０を設けているが、すべてのボビンＢ１～Ｂ４に回転数検出器１５０を設けてもよい。

[0052] 上記のように構成されたＦＷ装置１１１の作用について、以下に説明する

。給糸ユニット 115 は、取付け部 122 において第 2 のアクチュエーター 118 に固定され、FW 装置 111 に取り付けられる。中空容器 12 の外表面に補強層 14 を形成して高压容器を製造するに当たっては、先ず FW 装置 111 のチャック 109 で、中空容器 12 を支持する。

[0053] 次に、中空容器 12 の長手方向（図 6、矢印 A 方向）における位置と、中空容器 12 の直径方向（図 7、矢印 C 方向）における位置とを調整して、給糸ユニット 115 を原位置（巻き付け開始位置）に配置する。中空容器 12 の長手方向における給糸ユニット 115 の位置は、第 1 のアクチュエーター 117 を作動させて調整することができる。中空容器 12 の直径方向における給糸ユニット 115 の位置は、第 2 のアクチュエーター 118 を作動させて調整することができる。

[0054] 複数の複合炭素繊維束 16 は、複合炭素繊維束供給部 112 から矢印 B 方向に繰り出され、樹脂含浸装置 113 および繊維束ガイド 114 を経て、給糸ユニット 115 に導かれる。熱硬化性樹脂が含浸された複合炭素繊維束 16 が一列に束ねられて、二次繊維束 16X が構成される。二次繊維束 16X の端部は、中空容器 12 の所定位置に固定される。二次繊維束 16X の端部は、例えば粘着テープを使用して、作業者が手作業で固定することができる。

[0055] 中空容器 12 の長さ、直径、および回転速度、二次繊維束 16X の中空容器 12 への巻き付け時の幅等の巻き付け条件が、制御部 130 に入力される。

[0056] 次いで、FW 装置 111 による二次繊維束 16X の巻き付け運転が開始される。FW 装置 111 の運転が開始されると、中空容器 12 が一定方向に回転される。これとともに、給糸ユニット 115 における第 1 のアクチュエーター 117 が駆動される。給糸ユニット 115 は、移動体 117a と共に巻き付け開始位置から中空容器 12 の長手方向に平行に移動することができる。複数の複合炭素繊維束 16 は、複合炭素繊維束供給部 112 から、順次引き出される。

[0057] 複数の複合炭素繊維束 16 は、樹脂含浸装置 113 において熔融状態の熱硬化性樹脂が含浸される。その後、熱硬化性樹脂が含浸された複数の複合炭素繊維束 16 は、給糸ユニット 115 で一列に束ねられ、二次繊維束 16X として引張り荷重を掛けながら中空容器 12 の被巻き付け面に巻き付けられる。引張り荷重の大きさは、巻き付け条件を考慮して適宜設定することができる。

[0058] 二次繊維束 16X は、任意の厚さの層となるように、中空容器 12 の外表面に任意の巻き方で巻き付けることができる。二次繊維束 16X の巻き方および巻き付け後の層の厚さは、移動体 117a の移動速度および中空容器 12 の回転速度を調整することによって、設定することができる。二次繊維束 16X の巻き方としては、例えば、ヘリカル巻きおよびフープ巻きから選択することができる。所定の厚さで二次繊維束 16X を中空容器 12 の外表面に巻き付けた後、二次繊維束 16X の端部を中空容器 12 に固定し、この固定部から出口ガイド（図示せず）に連なる二次繊維束 16X を切断する。

[0059] 次に、中空容器 12 をチャック 109 から取り外して加熱炉に配置し、所定温度で加熱する。熱硬化性樹脂を硬化することによって、中空容器 12 の外表面に巻き付けられた複合炭素繊維束 16 が固定されて補強層 14 が形成される。

[0060] 以上のようにして、補強層 14 により中空容器 12 の外表面が覆われた本実施形態の高圧容器 10 が得られる。補強層 14 は、巻き付けられた複合炭素繊維束 16 によって形成されている。

[0061] 3. 作用及び効果

本実施形態に係る高圧容器 10 は、中空容器 12 の外表面に巻き付けられ、熱硬化性樹脂の硬化物 22 で固定された複合炭素繊維束 16 を含む補強層 14 によって強化されている。複合炭素繊維束 16 は、複数の CNT 20a が表面に付着した複数の炭素繊維 18a を含む。炭素繊維 18a 同士は、CNT 20a が分散している熱硬化性樹脂の硬化物 22、すなわち応力緩和部 26 を介して接している。応力緩和部 26 は、一方の複合炭素繊維束 16 に

含まれる炭素繊維 18 a と、他方の複合炭素繊維束 16 に含まれる炭素繊維 18 a の間にも存在することになる。

[0062] 一般的に、炭素繊維の弾性率は、熱硬化性樹脂の硬化物の弾性率より高いため、炭素繊維と熱硬化性樹脂の硬化物との界面には、弾性率の違いによって応力集中が発生する。この際の荷重は、炭素繊維が優先的に負担することになる。

[0063] これに対して本実施形態においては、炭素繊維 18 a 同士の間には、CNT 20 a が熱硬化性樹脂の硬化物 22 に複合化した応力緩和部 26 が形成される。応力緩和部 26 の弾性率は、熱硬化性樹脂の硬化物 22 の弾性率より高くなる。炭素繊維 18 a と熱硬化性樹脂の硬化物 22 との弾性率が異なっているとしても、応力緩和部 26 が介在することによって、急激な弾性率変化が抑制されて応力集中が緩和される。炭素繊維 18 a に生じる応力が低減することにより複合炭素繊維束 16 としての靱性が向上し、耐圧強度を高めることができる。

[0064] 複数の炭素繊維 18 a のそれぞれの表面には、複数の CNT 20 a が付着しているので、アンカー効果によって、炭素繊維 18 a と熱硬化性樹脂の硬化物 22 との接着力が強化される。その結果、炭素繊維 18 a と熱硬化性樹脂の硬化物 22 との界面の剥離強度が向上する。

[0065] 本実施形態においては、炭素繊維 18 a と熱硬化性樹脂の硬化物 22 の間に CNT 20 a が存在していることによって、炭素繊維 18 a 同士、さらには、複合炭素繊維束 16 同士が強固に接着される。上述したとおり、一方の複合炭素繊維束 16 に含まれる炭素繊維 18 a と、他方の複合炭素繊維束 16 に含まれる炭素繊維 18 a の間には、応力緩和部 26 が存在している。このような複合炭素繊維束 16 を用いることによって、耐圧性に優れた補強層 14 を構成することができ、耐圧強度のより高い高圧容器 10 を製造することができる。

[0066] 補強層 14 の形成に当たっては、複合炭素繊維束 16 は、引張り荷重を掛けながら、中空容器 12 の外表面に巻き付けるため、複合炭素繊維束 16 を

構成している炭素繊維 18 a は一定の方向に配向する。複合炭素繊維束 16 に引張り荷重を掛けることによって、炭素繊維 18 a 間の過剰な熱硬化性樹脂が押し出される。複合炭素繊維束 16 における炭素繊維 18 a の均一性が高くなることで、補強層 14 における複合炭素繊維束 16 の含有率 (V f) のバラツキが低減されて、複合炭素繊維束 16 の均一性も高められる。

[0067] 複合炭素繊維 18 同士は、直接あるいは高濃度の CNT 20 a を含む熱硬化性樹脂の硬化物 22 を介して接することができる。CNT 20 a の密度が高められることで、CNT 20 a 同士は、より近接することによって、より強く結合することができる。このような CNT 20 a が応力緩和部 26 中に存在することによって、応力緩和部 26 の効果はよりいっそう高くなる。

[0068] 上述のようにして形成された補強層 14 では、複合炭素繊維束 16 の均一性が高いことに起因して、強度のバラツキを低減することもできる。引張り荷重を掛けつつ複合炭素繊維束 16 を中空容器 12 の外表面に巻き付けることもまた、耐圧強度の向上をもたらしている。

[0069] 4. 変形例

本発明は上記実施形態に限定されるものではなく、本発明の趣旨の範囲内で適宜変更することが可能である。

[0070] 補強層 14 を形成するための複合炭素繊維束 16 は、1 万～3 万本の複合炭素繊維 18 で構成された、いわゆるレギュラトゥを用いて作製することができる。複合炭素繊維束 16 を構成する炭素繊維 18 a の直径は、5～10 μm の範囲内で適宜設定することができる。

[0071] 複合炭素繊維束 16 を得るために炭素繊維 18 a の表面に CNT 20 a を付着させる際には、ホットプレート上に載置する他、エバポレータを用いて複合炭素繊維束から分散媒を蒸発させてもよい。

[0072] 外表面に補強層 14 が形成される中空容器 12 は、内部にガスを収容して密閉できれば、他の材質で形成されていてもよい。密閉性を備えていれば、中空容器 12 としては、他の金属または樹脂からなる容器を用いることができる。

[0073] 複合炭素繊維束 16 を中空容器 12 の外表面に巻き付ける際には、所望の層厚となるように、任意の積層数で積層することができる。

[0074] 補強層 14 は、ドライ法により形成することもできる。この場合には、例えば複合炭素繊維束 16 に熱硬化性樹脂を含浸させたトゥプリプレグを用いる。トゥプリプレグに含浸された熱硬化性樹脂は、乾燥または加熱を行なって半硬化の状態であってもよい。トゥプリプレグは、引張り荷重を掛けつつ中空容器 12 の外表面に巻き付ける。熱硬化性樹脂は、溶融させてトゥプリプレグを中空容器 12 の外表面に巻き付けることができる。あるいは、熱硬化性樹脂は、後工程で加熱して溶融、硬化させてもよい。

[0075] 複合炭素繊維束 16 を固定する熱硬化性樹脂としては、エポキシ樹脂の他、ポリエステル樹脂、ポリアミド樹脂等を用いてもよい。

[0076] 補強層 14 の形成に当たっては、熱硬化性樹脂が含浸された複合炭素繊維束 16 が外表面に巻き付けられた中空容器 12 を、誘導加熱装置内に配置し、誘導加熱により熱硬化性樹脂を硬化させることもできる。

[0077] 5. 実施例

以下、実施例を挙げて本発明を詳細に説明するが、本発明は以下の実施例のみに限定されるものではない。

[0078] <複合炭素繊維束の作製>

上記製造方法に示す手順で、実施例の高圧容器の製造に用いる複合炭素繊維束 16 を作製した。CNT 20a は熱 CVD 法によりシリコン基板上に直径 10～15 nm、長さ 100 μm 以上に成長させた MW-CNT (Multi-walled Carbon Nanotubes、多層カーボンナノチューブ) を用いた。CNT 20a の触媒残渣除去には硫酸と硝酸の 3 : 1 混酸を用い、洗浄後に濾過乾燥した。CNT 20a の切断は、分散媒中で 0.5～10 μm の長さになるまで超音波ホモジナイザーで粉碎した。CNT 分散媒として MEK を用いて、分散液を調整した。分散液における CNT の濃度は 0.01 wt % とした。この分散液には、分散剤や接着剤が含有されていない。

[0079] 次いで、分散液に対し、130 kHz の超音波振動を印加しながら、当該

分散液中に、炭素繊維束としてT700SC-12000（東レ（株）製）を投入した。ここで用いた炭素繊維束には、12000本の炭素繊維18aが含まれている。炭素繊維18aの直径は7 μ m程度であり、長さは100m程度である。炭素繊維束は、分散液中で10秒間保持した。

[0080] その後、分散液から炭素繊維束を取り出して、約80℃のホットプレート上で乾燥し、炭素繊維束を構成している炭素繊維18aそれぞれの表面に複数のCNT20aを付着させた。顕微鏡観察の結果、複数のCNT20aはネットワーク構造を有する構造体20を形成していることが確認された。こうして、補強層14の形成に用いる複合炭素繊維束16が得られた。

[0081] <高圧容器の作製>

上述のように作製された複合炭素繊維束16を、FW法により中空容器12の外表面に巻き付けて、補強層14を形成した。中空容器12としては、アルミニウムライナー（外径60mm、長さ250mm）を用意した。

[0082] 複合炭素繊維束16は、図6、7を参照して説明したようなウェット法により、熔融状態の熱硬化性樹脂を含浸させつつ中空容器12の外表面に巻き付けた。熱硬化性樹脂としては、ビスフェノール系エポキシ樹脂（三菱化学（株）：JER828）を用いた。FW装置の条件を選択して、補強層14中における複合炭素繊維束16の含有率が60%となるように、複合炭素繊維束16を中空容器12の外表面に巻き付けた。

[0083] ビスフェノール系エポキシ樹脂が含浸された複合炭素繊維束16は、所定の層厚となるように引張り荷重を掛けつつ中空容器12の外表面に巻き付けた。複合炭素繊維束16の巻き付けには、ヘリカル巻きとフープ巻きとを組み合わせ用いた。具体的には、複合炭素繊維束16は、層厚0.49mmのヘリカル巻き、層厚0.49mmのフープ巻き、層厚0.49mmのヘリカル巻き、および、層厚0.25mmの両端フープ巻きによって、中空容器12の外表面に巻き付けた。

[0084] 複合炭素繊維束16を外表面に巻き付けた中空容器12は、硬化炉内に配置し、100℃で1.5時間、次いで、160℃で4時間加熱して、ビスフ

エノールエポキシ樹脂を硬化させて補強層 14 を形成し、実施例の高圧容器 10 を作製した。

[0085] さらに、前述の T700SC-12000（東レ（株）製）を、CNT が付着していない未複合の状態のまま用いて補強層を形成する以外は同様に、比較例の高圧容器を作製した。

[0086] <高圧容器の内圧破壊試験>

実施例および比較例の高圧容器について、内圧破壊試験を行なって耐圧性を調べた。

[0087] 内圧破壊試験に当たっては、高圧容器の一方の口金を封止し、圧力媒体としての水を高圧容器内部に収容した。他方の口金を高圧配管によりポンプに接続し、高圧容器内に圧力を印加する。高圧容器の表面には歪ゲージ（2 枚／体）を貼り付け、歪の状態を観察しつつ、内圧を高めて破壊試験を行った。

[0088] 歪ゲージによる歪の測定結果から、中空容器における亀裂の発生を確認することができる。内圧によって中空容器に亀裂が発生したところで、破壊試験は終了となる。亀裂が発生した際の圧力を、高圧容器のバースト圧力とする。バースト圧力は耐圧強度を反映するので、バースト圧力は大きいほど好ましい。

[0089] 比較例の高圧容器のバースト圧力は 59.5 MPa であったのに対し、実施例の高圧容器のバースト圧力は 67.3 MPa であった。実施例の高圧容器では、中空容器の外表面を覆う補強層が、表面に CNT が付着した炭素繊維を含む複合炭素繊維束を用いて形成されている。補強層中が CNT によって強化されたことによって、高圧容器の耐圧強度が 13% 程度向上したことがわかる。

[0090] <補強層の断面観察>

内圧破壊試験後の実施例の高圧容器 10 について、補強層 14 の断面を観察した。内圧破壊試験後の高圧容器 10 は、図 8A に示すように円筒部の直径に沿って切断した。図 8B に示すように、補強層 14 は、複合炭素繊維束

16を中空容器12の外表面に巻き付けて形成されたものである。高圧容器10の切断部近傍では、図8Bに示すように、中空容器12の一部に亀裂30が発生している。

[0091] 図8B中の領域Yから補強層14の一部を取り出し、得られた切片について断面の状態を顕微鏡で観察した。図9の模式図に示すように、補強層14の切片には、界面17を介して積層された複数の複合炭素繊維束16が含まれている。それぞれの複合炭素繊維束16は、複数の炭素繊維18aを含んでいる。界面17で接している2つの複合炭素繊維束16は、互いに異なる方向を長手方向として延びている。

[0092] 顕微鏡観察用の補強層サンプルの作製に当たっては、積層されている複数の複合炭素繊維束16がほぐれるのを防止するために、切片をエポキシ系接着剤で固定した。さらに、複合炭素繊維束16の積層状態が現れる面を研磨し、透明フィルムで挟んで、顕微鏡観察用の補強層サンプルを準備した。

[0093] 補強層サンプルの顕微鏡写真を図10に示す。図10Aに示すように、補強層サンプルには、界面17を介して積層された複数の複合炭素繊維束16が含まれている。

[0094] 図10Aにおける領域Y1の拡大像を、図10Bに示す。図示するように領域Y1においては、複合炭素繊維束16同士が界面17を介して積層されている。それぞれの複合炭素繊維束16は、熱硬化性樹脂の硬化物22で固定された複数の炭素繊維18aを含んでいる。図10B中の領域Y2内では、それぞれの複合炭素繊維束16中の炭素繊維18aが、界面17で接していることが示されている。

[0095] 図10B中の領域Y2のSEM像を、図11A、11Bに示す。これらの図から、表面に複数のCNT20aが付着した炭素繊維18a同士が、熱硬化性樹脂の硬化物22を介して接触していることが確認できた。また、炭素繊維18a同士の間に存在する熱硬化性樹脂の硬化物22中には、複数のCNT20aが含まれていることが確認できた。複数のCNT20aを含む熱硬化性樹脂の硬化物22は、応力緩和部26を構成している。

[0096] 実施例の高圧容器 10 は、補強層 14 中に CNT 20a が存在しているので、耐圧強度を高めることができた。

[0097] <CFRP 試験片との比較>

参考のために、実施例の高圧容器 10 に用いた複合炭素繊維束 16 と、比較例の高圧容器に用いた未複合の炭素繊維束とについて、CFRP 試験片による引張り評価を行なった。CFRP 試験片（幅約 15 mm、平行部長さ約 150 mm、厚さ約 0.8 mm）は、引張り荷重を掛けずに作製した。具体的には、上述と同様のビスフェノール系エポキシ樹脂を複合炭素繊維束 16 に含浸させ、上述と同様の条件で硬化させて試験片 a を作製した。さらに、未複合の炭素繊維束を用いて同様の手法により試験片 b を作製した。

[0098] 試験片 a および試験片 b の引張り強度を、引張り試験機により測定した。試験片 a の引張り強度は、試験片 b の引張り強度より大きかったものの、その差は 6 % 程度であった。上述の実施例および比較例の高圧容器の耐圧強度の差（13 %）と比較すると、CFRP 試験片の引張り強度の差は小さい。

[0099] 引張り荷重を掛けつつ中空容器 12 の外表面に複合炭素繊維束 16 を巻き付けることによって、炭素繊維 18a が一定の方向に配向するのに加えて、炭素繊維 18a 同士の間 CNT 20a の密度が高められることから、複合炭素繊維束 16 の効果が十分に発現するものと推測される。

符号の説明

- [0100]
- | | |
|-----|-----------------|
| 10 | 高圧容器 |
| 12 | 中空容器 |
| 14 | 補強層 |
| 16 | 複合炭素繊維束 |
| 18a | 炭素繊維 |
| 20 | 構造体 |
| 20a | カーボンナノチューブ（CNT） |
| 22 | 熱硬化性樹脂の硬化物 |

請求の範囲

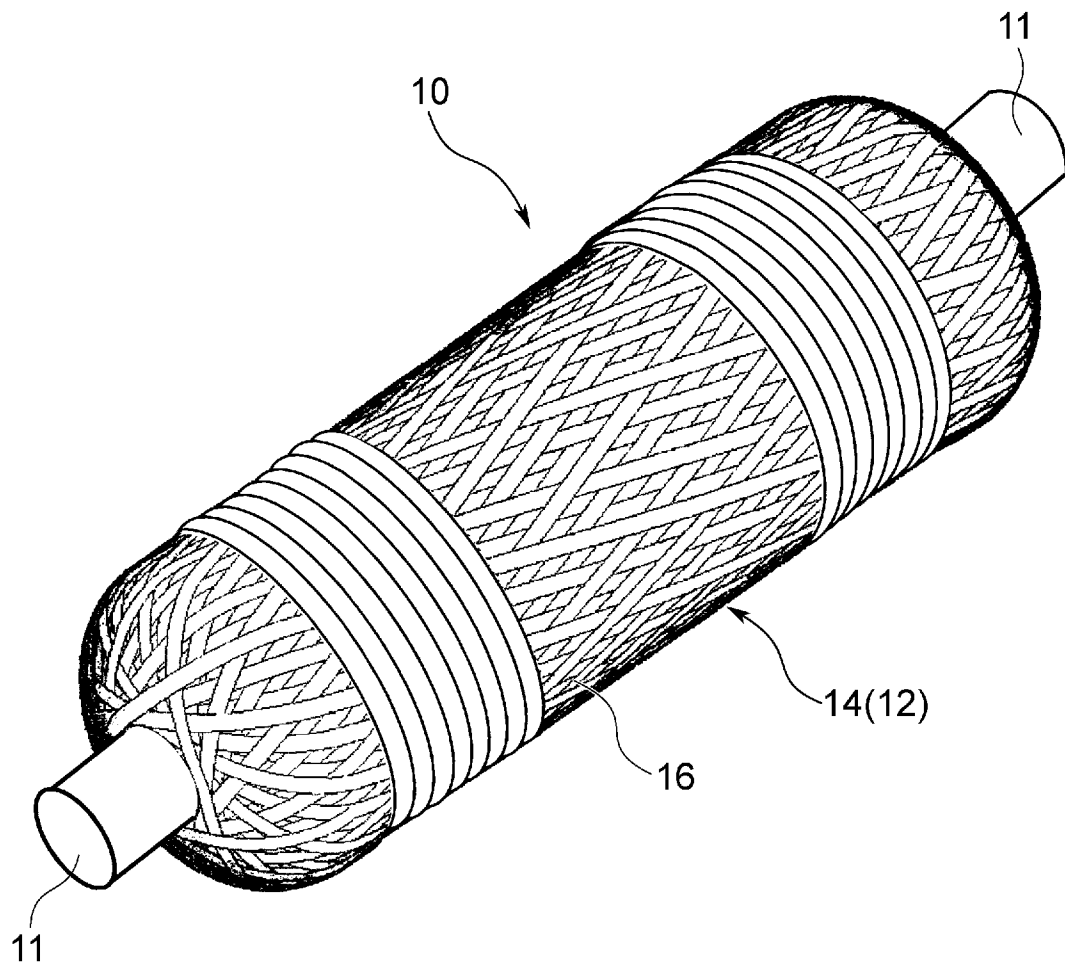
- [請求項1] 密閉可能な中空容器と、
前記中空容器の外表面を覆う補強層とを備えた高圧容器であって、
前記補強層は、前記中空容器の外表面に巻き付けられて熱硬化性樹脂の硬化物により固定され、複数層積層された複合炭素繊維束を備え、
一方の複合炭素繊維束に含まれる炭素繊維と、他方の複合炭素繊維束に含まれる炭素繊維の間に、前記熱硬化性樹脂の硬化物と複数のカーボンナノチューブとを含む応力緩和部が設けられていることを特徴とする高圧容器。
- [請求項2] 前記複数のカーボンナノチューブの一部は、前記炭素繊維に付着していることを特徴とする請求項1記載の高圧容器。
- [請求項3] 前記複数のカーボンナノチューブの一部は、互いに直接接続されてネットワーク構造を有する構造体を形成していることを特徴とする請求項2記載の高圧容器。
- [請求項4] 前記複合炭素繊維束は、1万～3万本の前記炭素繊維を含むことを特徴とする請求項1～3のいずれか1項記載の高圧容器。
- [請求項5] 密閉可能な中空容器の外表面に補強層を有する高圧容器の製造方法であって、
前記中空容器の外表面に、熱硬化性樹脂が含浸された複合炭素繊維束を引張り荷重を掛けながら巻き付ける工程と、
前記熱硬化性樹脂を硬化させて前記補強層を形成する工程とを含み、
前記複合炭素繊維束は、複数のカーボンナノチューブを含む構造体が表面に形成された複数の連続した炭素繊維を含み、前記構造体は、前記複数の連続した炭素繊維のそれぞれの表面に直接付着していることを特徴とする高圧容器の製造方法。
- [請求項6] 前記構造体は、単離分散した複数のカーボンナノチューブを含むカ

ーボンナノチューブ単離分散液中に、前記複数の連続した炭素繊維を含む炭素繊維束を浸漬し、40kHz超180kHz以下の周波数の超音波振動を印加することにより前記複数の連続した炭素繊維の表面に形成されることを特徴とする請求項5記載の高圧容器の製造方法。

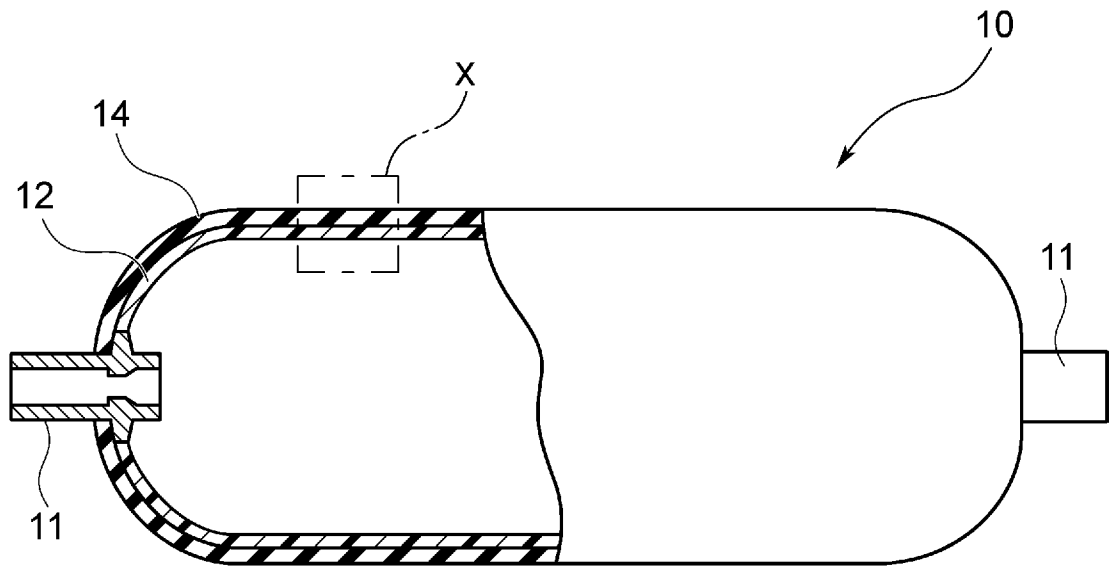
[請求項7] 前記複合炭素繊維束は、1万～3万本の前記炭素繊維を含むことを特徴とする請求項5または6記載の高圧容器の製造方法。

[請求項8] 前記超音波振動の周波数は、100kHz以上であることを特徴とする請求項6記載の高圧容器の製造方法。

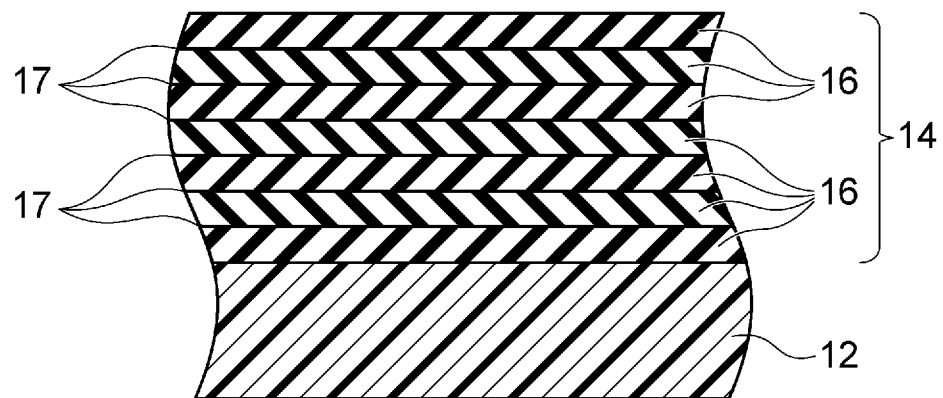
[図1]



[図2]



[図3]



[図4]

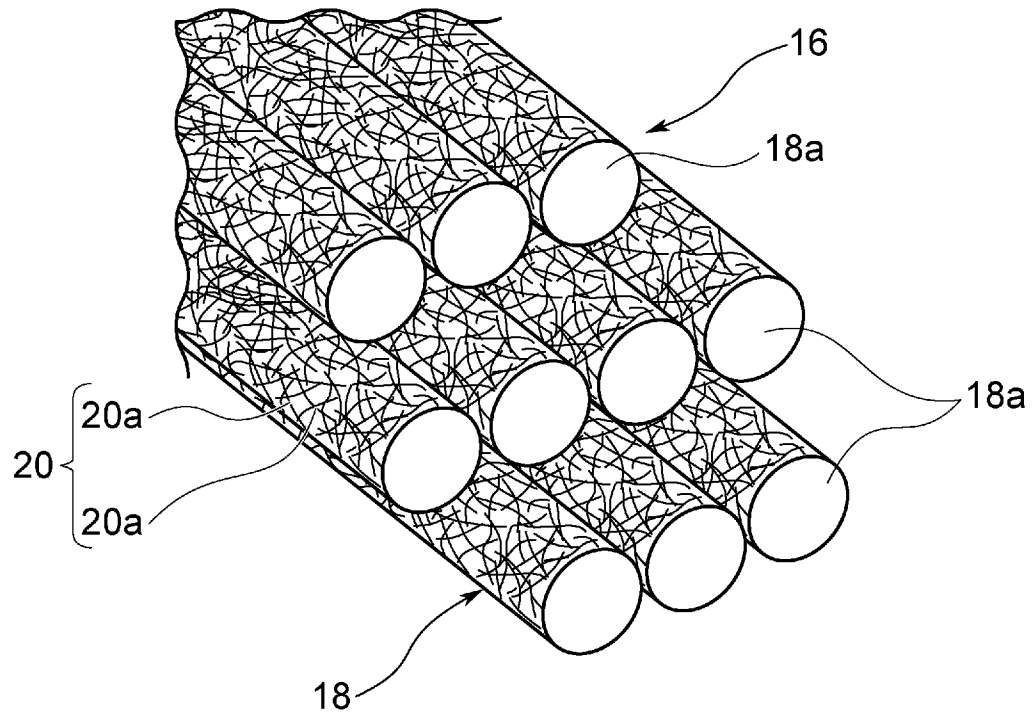


図4A

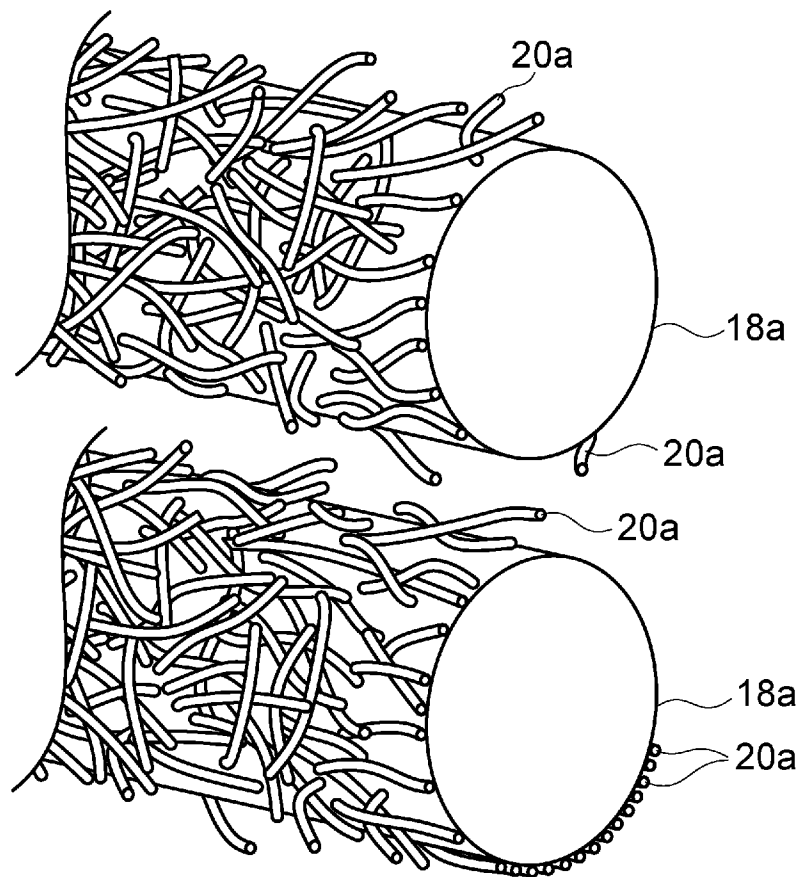
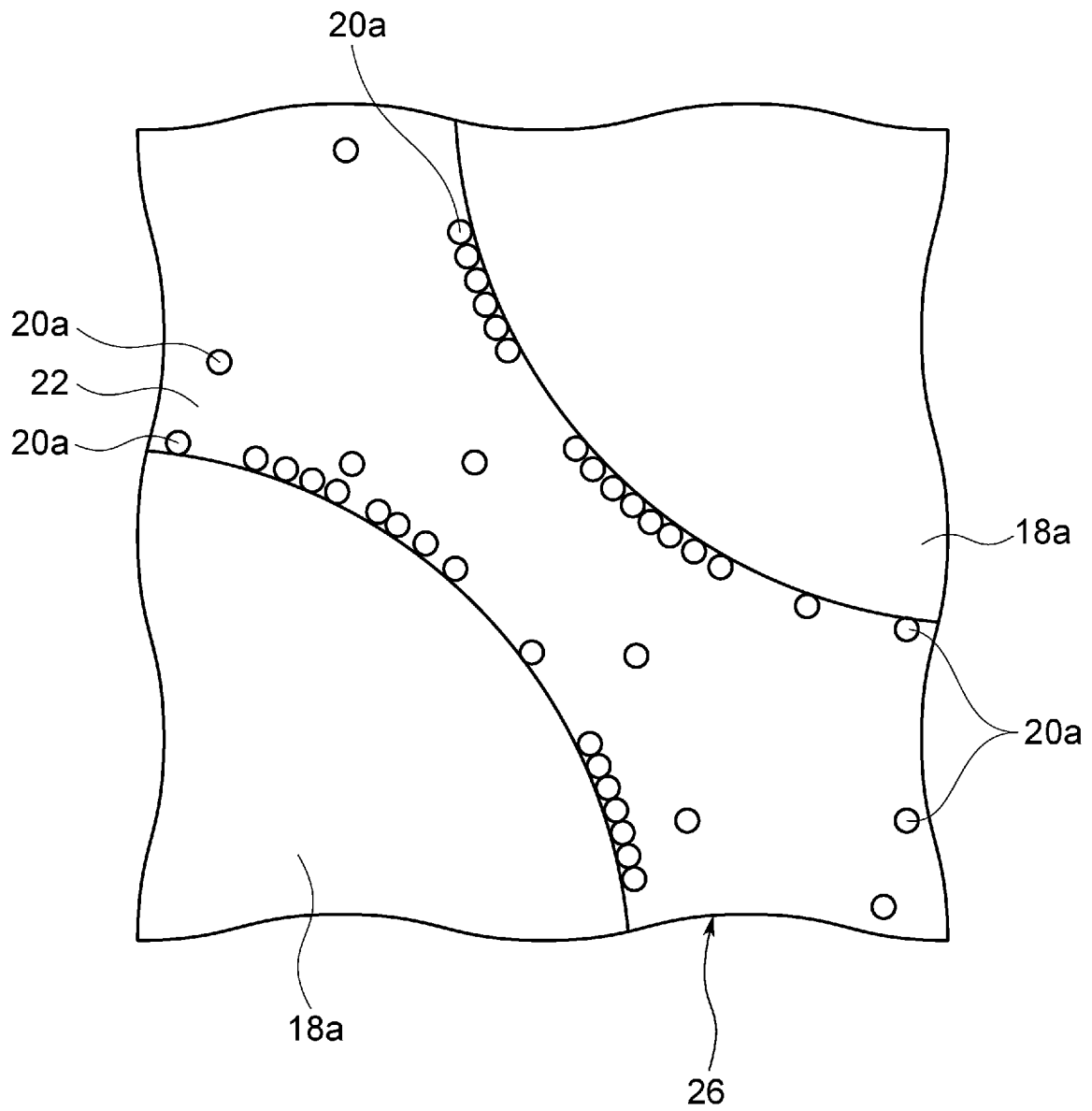


図4B

[図5]



[illegible]

[図8]

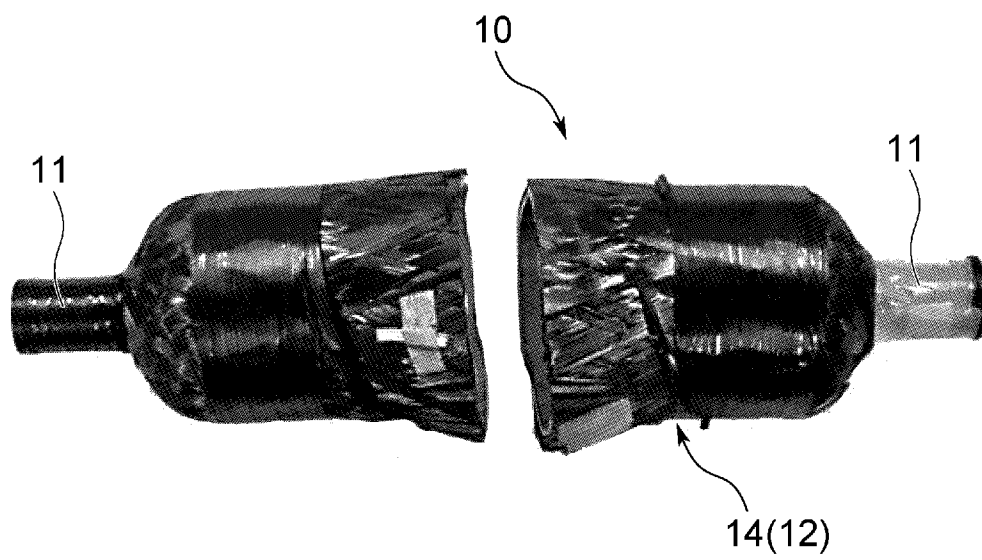


図8A

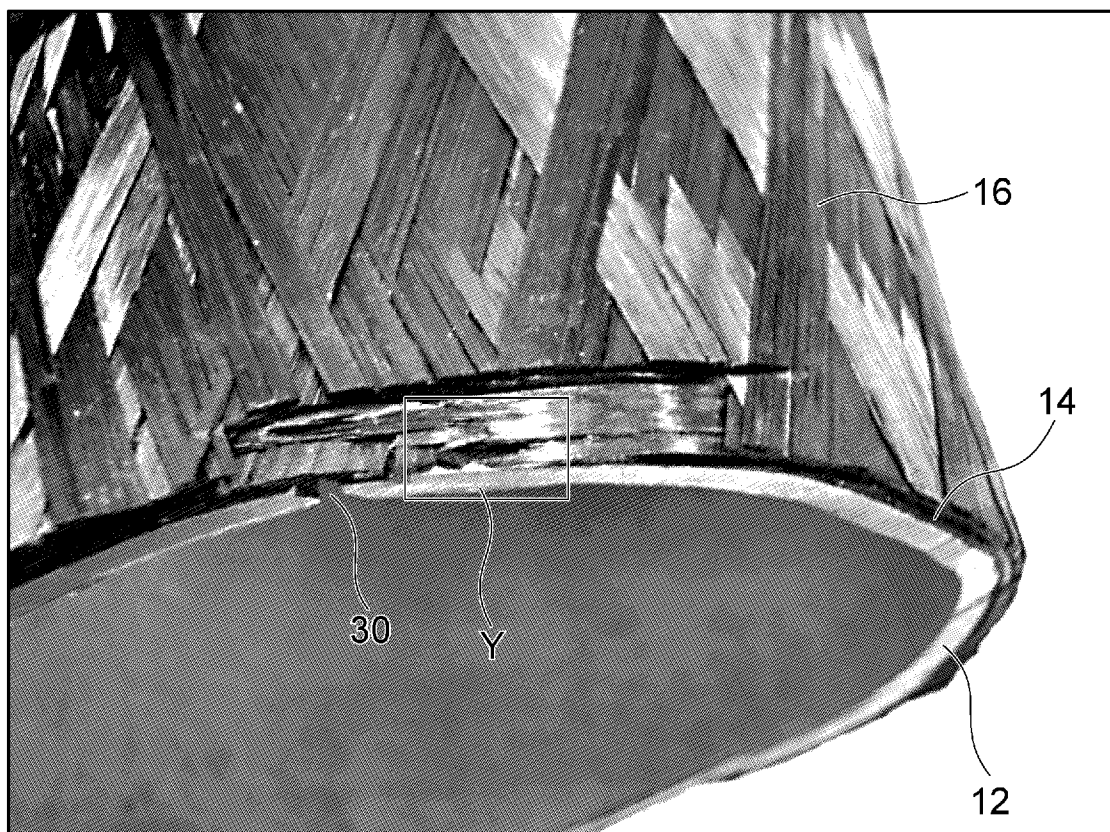
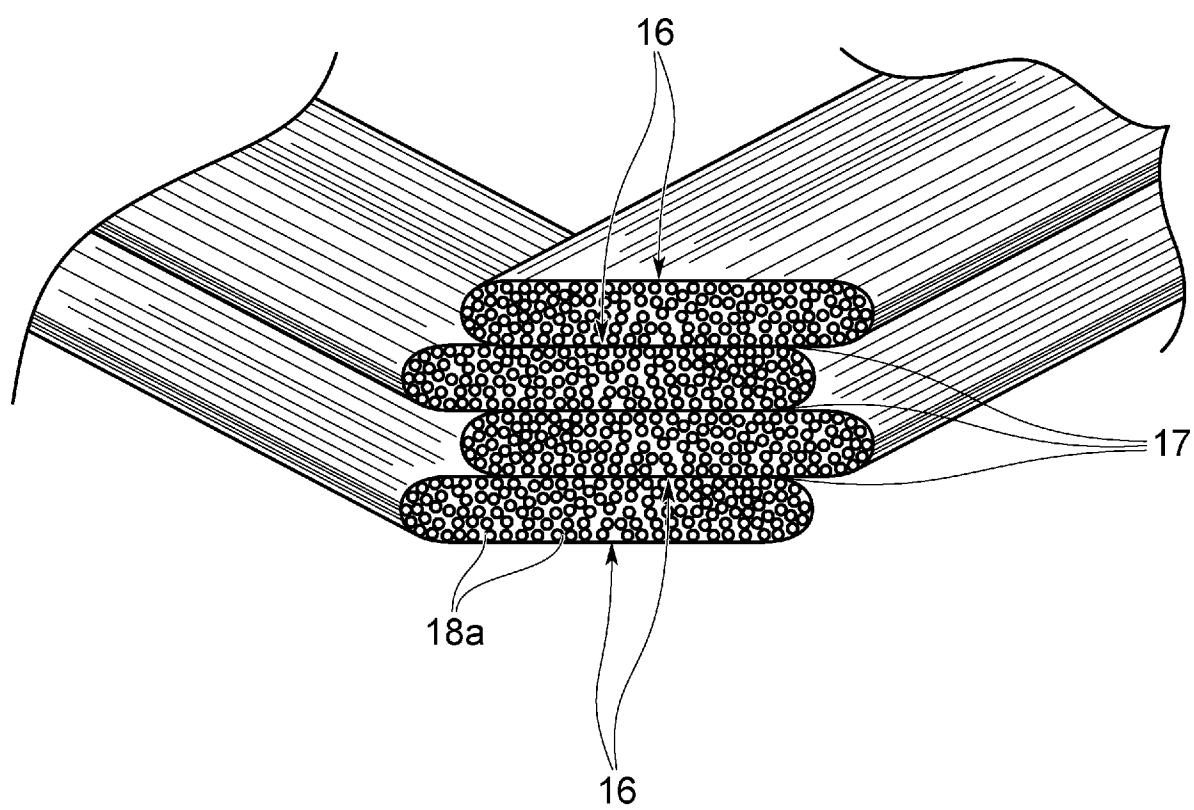


図8B

[図9]



[図10]

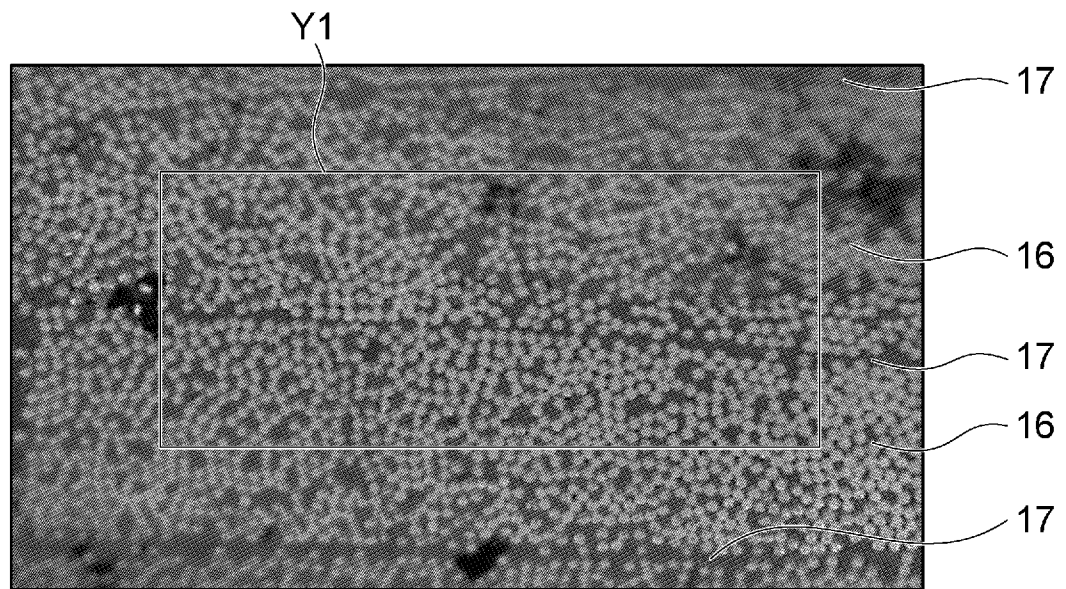


図10A

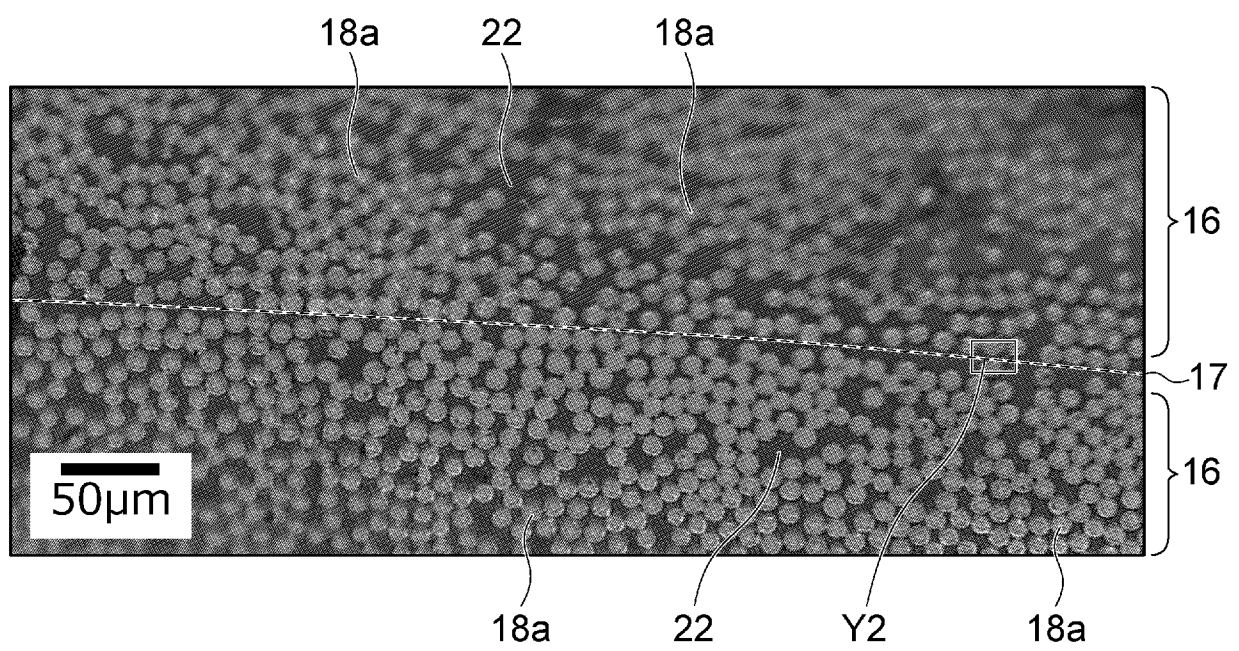


図10B

[図11]

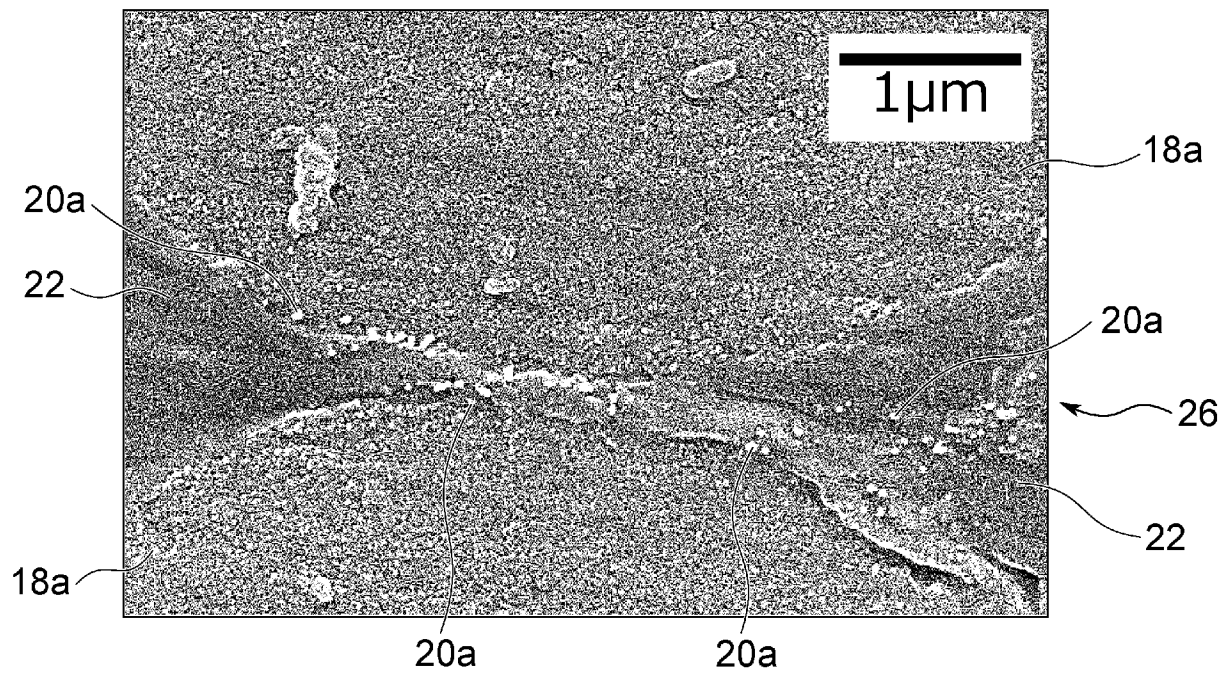


図11A

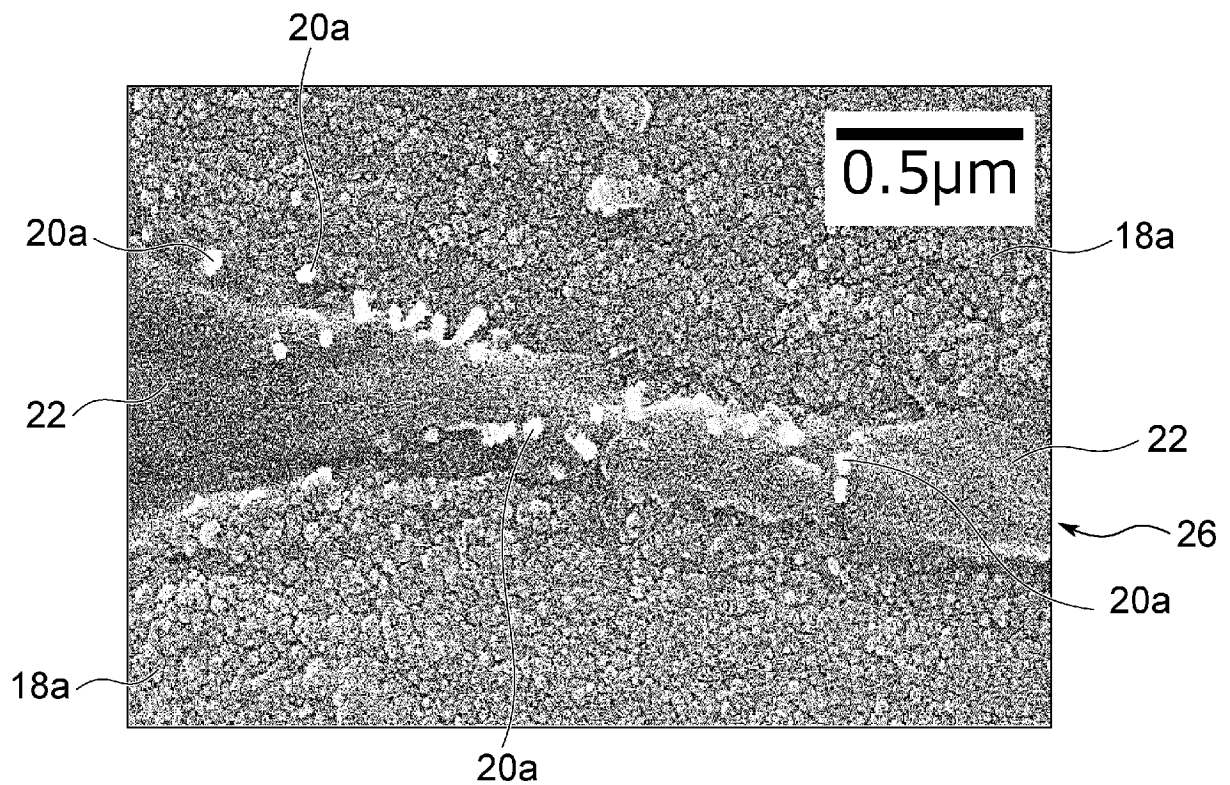


図11B

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/088163

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

F17C1/06(2006.01)i, B29C70/16(2006.01)i, B29K101/10(2006.01)n, B29K105/08(2006.01)n, B29L22/00(2006.01)n

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)

F17C1/06, B29C70/16, B29K101/10, B29K105/08, B29L22/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2017
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2017	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2017

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2008-286297 A (Toyota Motor Corp.), 27 November 2008 (27.11.2008), paragraphs [0022] to [0030]; fig. 1 to 4 (Family: none)	1-8
Y	WO 2014/175319 A1 (Nitta Corp.), 30 October 2014 (30.10.2014), paragraphs [0021] to [0025], [0038], [0066], [0069] to [0071]; fig. 1 to 3, 14 to 15 & US 2016/0083899 A1 paragraphs [0039] to [0043], [0059], [0087], [0090] to [0092]; fig. 1 to 3, 14 to 15 & EP 2990380 A1 & CN 105121339 A & KR 10-2016-0002785 A	1-8

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"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
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"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
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"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
"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)	"&" document member of the same patent family
"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	

Date of the actual completion of the international search
20 February 2017 (20.02.17)

Date of mailing of the international search report
28 February 2017 (28.02.17)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/088163

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2008-127148 A (Toyota Motor Corp.), 05 June 2008 (05.06.2008), (Family: none)	1-8

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. F17C1/06(2006.01)i, B29C70/16(2006.01)i, B29K101/10(2006.01)n, B29K105/08(2006.01)n, B29L22/00(2006.01)n

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. F17C1/06, B29C70/16, B29K101/10, B29K105/08, B29L22/00

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2017年
日本国実用新案登録公報	1996-2017年
日本国登録実用新案公報	1994-2017年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	JP 2008-286297 A（トヨタ自動車株式会社）2008.11.27, 段落 0022-0030, 図 1-4（ファミリーなし）	1-8
Y	WO 2014/175319 A1（ニッタ株式会社）2014.10.30, 段落 0021-0025, 0038, 0066, 0069-0071, 図 1-3, 14-15 & US 2016/0083899 A1, 段落 0039-0043, 0059, 0087, 0090-0092, 図 1-3, 14-15 & EP 2990380 A1 & CN 105121339 A & KR 10-2016-0002785 A	1-8

☑ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）

「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

20.02.2017

国際調査報告の発送日

28.02.2017

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（ISA/J P）

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

藤井 眞吾

電話番号 03-3581-1101 内線 3361

3N

9717

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2008-127148 A (トヨタ自動車株式会社) 2008.06.05 (ファミリーなし)	1-8