

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7087907号
(P7087907)

(45)発行日 令和4年6月21日(2022.6.21)

(24)登録日 令和4年6月13日(2022.6.13)

(51)国際特許分類

F I

F 1 7 C	1/06 (2006.01)	F 1 7 C	1/06	
F 1 6 J	12/00 (2006.01)	F 1 6 J	12/00	A
B 2 9 C	70/16 (2006.01)	B 2 9 C	70/16	
B 2 9 C	70/32 (2006.01)	B 2 9 C	70/32	
H 0 1 M	8/04 (2016.01)	H 0 1 M	8/04	N

請求項の数 6 (全17頁)

(21)出願番号 特願2018-194876(P2018-194876)
 (22)出願日 平成30年10月16日(2018.10.16)
 (65)公開番号 特開2020-63757(P2020-63757A)
 (43)公開日 令和2年4月23日(2020.4.23)
 審査請求日 令和3年2月22日(2021.2.22)

(73)特許権者 000003207
トヨタ自動車株式会社
愛知県豊田市トヨタ町1番地
 (74)代理人 110000028弁理士法人明成国際特許事
務所
 (72)発明者 李 相根
愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自
動車株式会社内
 審査官 宮崎 基樹

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 高压タンクおよび高压タンクの製造方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

高压タンクであって、

炭素繊維を含む炭素繊維強化樹脂層の上に設けられているヘリカル層であって、ヘリカル巻きされているガラス繊維であり前記炭素繊維よりも太い第1の繊維と、前記第1の繊維を固定している第1の樹脂と、を含むヘリカル層と、
 前記ヘリカル層に対して前記高压タンクの外側に位置するフープ層であって、フープ巻きされているガラス繊維であり前記炭素繊維よりも太い第2の繊維と、前記第2の繊維を固定している第2の樹脂と、を含むフープ層と、
 前記ヘリカル層と前記フープ層の間に位置する中間層であって、前記第1の繊維と前記第2の繊維の少なくとも一方よりも細いガラス繊維である第3の繊維と、前記第3の繊維と前記ヘリカル層の前記第1の繊維と前記フープ層の前記第2の繊維とを固定している第3の樹脂と、を含む中間層と、を備える、高压タンク。

【請求項2】

請求項1記載の高压タンクであって、

前記第3の繊維は、前記第3の樹脂を含浸されて、第1の向きと、前記第1の向きとは異なる第2の向きと、に配されて、シートを形成している、高压タンク。

【請求項3】

請求項2記載の高压タンクであって、

円筒部と、前記円筒部の両端に配されるドーム部と、を備えるライナーであって、前記ラ

イナーを囲むように、前記ヘリカル層が形成されているライナーを備え、前記第3の繊維は、前記円筒部を囲むように配される1枚の前記シートを形成している、高圧タンク。

【請求項4】

高圧タンクの製造方法であって、

高圧タンクの半製品に設けられており炭素繊維を含む炭素繊維強化樹脂層の上に、樹脂を含浸させたガラス繊維であり前記炭素繊維よりも太い繊維を、ヘリカル巻きすることによりヘリカル層を形成する工程と、

樹脂を含浸させたガラス繊維である繊維を前記ヘリカル層の上に配することにより中間層を形成する工程と、

樹脂を含浸させたガラス繊維であり前記炭素繊維よりも太い繊維を、前記中間層の上にフープ巻きすることにより、フープ層を形成する工程と、を備え、

前記中間層の前記繊維は、前記ヘリカル層の前記繊維と前記フープ層の前記繊維の少なくとも一方よりも細い、高圧タンクの製造方法。

【請求項5】

請求項4記載の高圧タンクの製造方法であって、

前記中間層を形成する工程は、前記中間層の前記繊維が、第1の向きと、前記第1の向きとは異なる第2の向きと、に配されているシートを、前記ヘリカル層の上に配する工程を含む、高圧タンクの製造方法。

【請求項6】

請求項5記載の高圧タンクの製造方法であって、

前記高圧タンクの半製品は、円筒部と、前記円筒部の両端に配されるドーム部と、を備えるライナーを含み、

前記シートを前記ヘリカル層の上に配する工程は、1枚の前記シートを、前記円筒部を囲むように配する工程である、高圧タンクの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は、高圧タンクに関する。

【背景技術】

【0002】

従来、圧縮水素が充填される高圧タンクが存在する（特許文献1）。特許文献1の高圧タンクは、ライナーと、補強層と、保護層と、口金と、を備える。ライナーは、内部空間に充填された水素等が外部に漏れないように遮断する性質（いわゆるガスバリア性）を有する。補強層は、ライナーの外表面全体と、口金の一部を覆うように形成されている。補強層は、炭素繊維強化樹脂（CFRP：Carbon Fiber Reinforced Plastics）から成り、耐圧性を有する。保護層は、補強層上に形成されている。保護層は、ガラス繊維強化樹脂（GFRP：Glass Fiber Reinforced Plastics）から成り、補強層よりも高い耐衝撃性を有する。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【文献】特開2018-100768号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

特許文献1に記載された高圧タンクについて、高温多湿の環境下でガスの充填と放出を繰り返し行くと、保護層の一部が剥離し、まくれることを、本願の発明者は発見した。さらに、本願の発明者は、そのような剥離が、保護層のうちガラス繊維がヘリカル巻きされている層とガラス繊維がフープ巻きされている層との間において生じていることを発見した。

10

20

30

40

50

【課題を解決するための手段】

【0005】

本開示は、以下の形態として実現することが可能である。

高圧タンクであって、

炭素繊維を含む炭素繊維強化樹脂層の上に設けられているヘリカル層であって、ヘリカル巻きされているガラス繊維であり前記炭素繊維よりも太い第1の繊維と、前記第1の繊維を固定している第1の樹脂と、を含むヘリカル層と、

前記ヘリカル層に対して前記高圧タンクの外側に位置するフープ層であって、フープ巻きされているガラス繊維であり前記炭素繊維よりも太い第2の繊維と、前記第2の繊維を固定している第2の樹脂と、を含むフープ層と、

前記ヘリカル層と前記フープ層の間に位置する中間層であって、前記第1の繊維と前記第2の繊維の少なくとも一方よりも細いガラス繊維である第3の繊維と、前記第3の繊維と前記ヘリカル層の前記第1の繊維と前記フープ層の前記第2の繊維とを固定している第3の樹脂と、を含む中間層と、を備える、高圧タンク。

高圧タンクの製造方法であって、

高圧タンクの半製品に設けられており炭素繊維を含む炭素繊維強化樹脂層の上に、樹脂を含浸させたガラス繊維であり前記炭素繊維よりも太い繊維を、ヘリカル巻きすることによりヘリカル層を形成する工程と、

樹脂を含浸させたガラス繊維である繊維を前記ヘリカル層の上に配することにより中間層を形成する工程と、

樹脂を含浸させたガラス繊維であり前記炭素繊維よりも太い繊維を、前記中間層の上にフープ巻きすることにより、フープ層を形成する工程と、を備え、

前記中間層の前記繊維は、前記ヘリカル層の前記繊維と前記フープ層の前記繊維の少なくとも一方よりも細い、高圧タンクの製造方法。

【0006】

(1) 本開示の一形態によれば、高圧タンクが提供される。この高圧タンクは、ヘリカル巻きされている第1の繊維と、前記第1の繊維を固定している第1の樹脂と、を含むヘリカル層と、前記ヘリカル層に対して前記高圧タンクの外側に位置するフープ層であって、フープ巻きされている第2の繊維と、前記第2の繊維を固定している第2の樹脂と、を含むフープ層と、前記ヘリカル層と前記フープ層の間に位置する中間層であって、前記第1の繊維と前記第2の繊維の少なくとも一方よりも細い第3の繊維と、前記第3の繊維と前記ヘリカル層の前記第1の繊維と前記フープ層の前記第2の繊維とを固定している第3の樹脂と、を含む中間層と、を備える。

このような態様とすれば、第1の繊維と第2の繊維の少なくとも一方よりも細い第3の繊維によって、ヘリカル層の最外層を形成する第1の繊維と、フープ層の最内層を形成する第2の繊維と、の間の隙間を、小さくすることができる。このため、ヘリカル層の最外層を形成する第1の繊維と、フープ層の最内層を形成する第2の繊維と、の間の隙間を埋めて、第1の繊維と第2の繊維を固定している第3の樹脂における亀裂の発生を抑制することができる。その結果、フープ層がヘリカル層から剥離する可能性を小さくすることができる。

(2) 上記形態の高圧タンクにおいて、前記第3の繊維は、前記第3の樹脂を含浸されて、第1の向きと、前記第1の向きとは異なる第2の向きと、に配されて、シートを形成している、態様とすることもできる。

このような態様とすれば、第1の繊維がさまざまな向きに配されているヘリカル層の最外層と、フープ層の最内層の第2の繊維との間の隙間を、ヘリカル層の最外層における第1の繊維の向きによらず、第3の繊維によって小さくすることができる。

(3) 上記形態の高圧タンクにおいて、円筒部と、前記円筒部の両端に配されるドーム部と、を備えるライナーであって、前記ライナーを囲むように、前記ヘリカル層が形成されているライナーを備え、前記第3の繊維は、前記円筒部を囲むように配される1枚の前記シートF3を形成している、態様とすることもできる。

10

20

30

40

50

このような態様とすれば、円筒部の周りについて、均一にフープ層とヘリカル層を接合することができる。

(4) 本開示の他の形態によれば、高圧タンクの製造方法が提供される。この高圧タンクの製造方法は、樹脂を含浸させた繊維を高圧タンクの半製品の上にヘリカル巻きすることによりヘリカル層を形成する工程と、樹脂を含浸させた繊維を前記ヘリカル層の上に配することにより中間層を形成する工程と、樹脂を含浸させた繊維を、前記中間層の上にフープ巻きすることにより、フープ層を形成する工程と、を備え、前記中間層の前記繊維は、前記ヘリカル層の前記繊維と前記フープ層の前記繊維の少なくとも一方よりも細い。

このような態様とすれば、ヘリカル層の繊維とフープ層の繊維の少なくとも一方よりも細い繊維によって、ヘリカル層の最外層を形成する繊維と、フープ層の最内層を形成する繊維と、の間の隙間を、小さくすることができる。このため、ヘリカル層の最外層を形成する繊維と、フープ層の最内層を形成する繊維と、の間の隙間を埋めて、両者を固定する樹脂における亀裂の発生を抑制することができる。その結果、フープ層がヘリカル層から剥離する可能性を小さくすることができる。

(5) 上記形態の高圧タンクの製造方法において、前記中間層を形成する工程は、前記中間層の前記繊維が、第1の向きと、前記第1の向きとは異なる第2の向きと、に配されているシートF3を、前記ヘリカル層の上に配する工程を含む、態様とすることもできる。このような態様とすれば、繊維を巻き付けることによって中間層の繊維を配する態様に比べて、短時間で、中間層の繊維を配することができる。

(6) 上記形態の高圧タンクの製造方法において、前記高圧タンクの半製品は、円筒部と、前記円筒部の両端に配されるドーム部と、を備えるライナーを含み、前記シートF3を前記ヘリカル層の上に配する工程は、1枚の前記シートF3を、前記円筒部を囲むように配する工程である、態様とすることもできる。

このような態様とすれば、円筒部の周りについて、均一にフープ層とヘリカル層を接合することができる。

本開示は、高圧タンク以外の種々の形態で実現することも可能である。例えば、高圧タンクの製造方法、その製造方法を実現するコンピュータプログラム、そのコンピュータプログラムを記録した一時的でない記録媒体等の形態で実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【0007】

【図1】本開示技術の一実施形態としての高圧タンクの概略構成を示す断面図である。

【図2】円筒部102に位置する保護層25の断面の拡大図である。

【図3】高圧タンク100の製造方法を示すフローチャートである。

【図4】図3のステップS320において、タンク本体に巻き付けられたヘリカル層252のガラス繊維F1の状態を表す、説明図である。

【図5】図3のステップS340において、ヘリカル層252の上に配された中間層256のガラス繊維F31, F32の状態を表す、説明図である。

【図6】図3のステップS360において、中間層256の上に巻き付けられたフープ層254のガラス繊維F2の状態を表す、説明図である。

【図7】中間層256を有さない比較形態の高圧タンク100cについて、高温多湿の環境下でガスの充填と放出を繰り返し行った結果を示す、写真である。

【図8】図7に示した構成のうち補強層20の一部と保護層25を示す、拡大図である。

【図9】比較形態の高圧タンク100cにおいて、ヘリカル層252とフープ層254との間において、剥離が生じるしくみを示す説明図である。

【図10】本実施形態の高圧タンク100において、ヘリカル層252とフープ層254との間において、剥離の発生が抑制されるしくみを示す説明図である。

【発明を実施するための形態】

【0008】

A. 実施形態：

A1. 高圧タンクの構成：

10

20

30

40

50

図 1 は、本開示技術の一実施形態としての高圧タンクの概略構成を示す断面図である。高圧タンク 100 は、中空容器であり、内部に圧縮水素が充填されるガスタンクである。高圧タンク 100 は、燃料電池に水素を供給するために、燃料電池自動車に搭載される。

【0009】

高圧タンク 100 は、その構成部分として、円筒部 102 と、一对のドーム部 104 と、を有する。高圧タンク 100 の円筒部 102 は、略円筒状の形状を有する。高圧タンク 100 のドーム部 104 は、円筒部 102 の半径と同じ半径を有する略半球状の形状を有する。ドーム部 104 は、円筒部 102 の両端に、それらの円形の開口が円筒部 102 側を向くように、配されている。図 1 においては、円筒部 102 とドーム部 104 との境界を、破線で示す。円筒部 102 と、ドーム部 104 とは、以下で説明する高圧タンク 100 の各構成要素をまとめて、高圧タンク 100 における部位によって分類する概念である。

10

【0010】

高圧タンク 100 は、ライナー 10 と、補強層 20 と、保護層 25 と、口金 30 と、口金 40 と、を備える。

【0011】

ライナー 10 は、高圧タンク 100 において、最も内側の層を構成する。ライナー 10 は、ナイロン樹脂で構成される。ライナー 10 は、ライナー 10 の内部空間に充填された水素等が外部に漏れないように遮断する性質（いわゆるガスバリア性）を有する。なお、ライナー 10 の構成部分も、円筒部 102 に属する部分と、ドーム部 104 に属する部分とに分けることができる。

20

【0012】

口金 30 は、ライナー 10 のうち、一对のドーム部 104 のうち的一方に対応する部分の頂部に配されている。ドーム部 104 の「頂部」とは、ドーム部 104 と、高圧タンク 100 の中心軸 CA との交点である。口金 30 は、貫通孔を有する。口金 30 の貫通孔は、高圧タンク 100 の内部と外部とを接続している。口金 30 を介して、高圧タンク 100 に、配管やバルブが取り付けられる。

【0013】

口金 40 は、ライナー 10 のうち、一对のドーム部 104 のうちの他方に対応する部分の頂部に配されている。口金 30 , 40 は、補強層 20 および保護層 25 を形成する際に、タンク本体をフィラメントワインディング装置へ取り付けするための取付部としても機能する。本明細書において、口金 30 および口金 40 が取り付けられたライナー 10 を、「タンク本体」とも称する。なお、タンク本体の構成部分も、円筒部 102 に属する部分と、ドーム部 104 に属する部分とに分けることができる。

30

【0014】

補強層 20 は、タンク本体の外表面を覆うように形成されている。より具体的には、補強層 20 は、ライナー 10 の外表面全体と、口金 30 の一部および口金 40 の一部を覆うように形成されている。補強層 20 は、高圧タンク 100 の耐圧性を強化する機能を奏する。補強層 20 は、エポキシ樹脂と炭素繊維との複合材料である炭素繊維強化樹脂（CFRP: Carbon Fiber Reinforced Plastics）で構成されている。補強層 20 における炭素繊維の直径は、2 ~ 10 μm の範囲に含まれる一定の値である。なお、補強層 20 の構成部分も、円筒部 102 に属する部分と、ドーム部 104 に属する部分とに分けることができる。

40

【0015】

補強層 20 における炭素繊維の直径は、後に説明する保護層 25 のガラス繊維の直径よりも小さい。このような構成とすることにより、補強層 20 において、保護層 25 のガラス繊維よりも密に炭素繊維を配することができる。このため、補強層 20 における繊維の直径が保護層 25 の直径以上である態様に比べて、より高圧タンク 100 の耐圧性を強化することができる。

【0016】

保護層 25 は、補強層 20 上に形成されている。保護層 25 は、熱硬化性樹脂とガラス織

50

維との複合材料であるガラス繊維強化樹脂（GFRP：Glass Fiber Reinforced Plastics）で構成されている。その結果、保護層25は、補強層20よりも高い耐衝撃性を備える。

【0017】

図2は、円筒部102に位置する保護層25の断面の拡大図である。図1および図2において、高圧タンク100の中心軸CAから外側に向かう向きを矢印Doで示す。図2は、技術内容を説明するための説明図であり、各部の寸法を正確に表すものではない。

【0018】

保護層25は、ヘリカル層252と、フープ層254と、中間層256と、を有する。ヘリカル層252と、フープ層254と、中間層256とは、それぞれガラス繊維強化樹脂で構成されている。ヘリカル層252と、フープ層254と、中間層256とにおいては、使用されるガラス繊維の太さと、ガラス繊維が配される向きと、の少なくとも一方が異なっている。ヘリカル層252と、フープ層254と、中間層256とがそれぞれ含む熱硬化性樹脂は、同一のエポキシ樹脂である。

10

【0019】

ヘリカル層252は、補強層20上に形成されている。すなわち、ヘリカル層252は、補強層20の下のライナー10を囲むように、形成されている。ヘリカル層252は、ヘリカル巻きされているガラス繊維F1と、ガラス繊維F1を固定しているエポキシ樹脂Re1と、を含む。「ヘリカル巻き」とは、タンク本体の中心軸CAに対して垂直な平面と交わる向きで、繊維が巻き付けられる、繊維の巻き付け方法である。ヘリカル層252におけるガラス繊維F1の直径は、10～20μmの範囲に含まれる一定の値である。ヘリカル層252の構成部分も、円筒部102に属する部分と、ドーム部104に属する部分とに分けることができる。

20

【0020】

フープ層254は、ヘリカル層252に対して高圧タンク100の外側に位置する（矢印Do参照）。フープ層254は、高圧タンク100のうち、円筒部102に設けられている。フープ層254は、フープ巻きされているガラス繊維F2と、ガラス繊維F2を固定しているエポキシ樹脂Re2と、を含む。「フープ巻き」とは、タンク本体の中心軸CAに対して垂直な平面と略平行な向きで、繊維が巻き付けられる、繊維の巻き付け方法である。フープ層254におけるガラス繊維F2の直径は、10～20μmの範囲に含まれる一定の値である。より具体的には、フープ層254におけるガラス繊維F2の直径は、ヘリカル層252におけるガラス繊維F1の直径と同じである。このような構成とすることにより、同一の巻き付け装置および同一の繊維を使用して、ヘリカル層252のガラス繊維F1とフープ層254のガラス繊維F2とを、タンク本体に巻き付けることができる。

30

【0021】

中間層256は、ヘリカル層252とフープ層254の間に位置する。中間層256は、高圧タンク100のうち、円筒部102に設けられている。中間層256は、2方向に配されているガラス繊維F31、F32と、ガラス繊維F31、F32を固定しているエポキシ樹脂Re3と、を含む。

【0022】

中間層256におけるガラス繊維F31、F32の直径は、2～10μmの範囲に含まれる一定の値である。ただし、中間層256におけるガラス繊維F31、F32の直径は、ヘリカル層252およびフープ層254に含まれるガラス繊維F1、F2の直径よりも小さい。中間層256におけるガラス繊維F31、F32は、第1の向きD1と、第1の向きD1とは異なる第2の向きD2と、に配されて、不織布のシートF3を形成している。中間層256におけるガラス繊維F31、F32のシートF3は、ライナー10のうちの円筒部102に相当する部分（図1参照）を囲むように配される1枚のシートである。シートF3の構成については、後にさらに説明する。

40

【0023】

中間層256におけるエポキシ樹脂Re3は、中間層256におけるガラス繊維F31、

50

F 3 2 と、ヘリカル層 2 5 2 の最外層に含まれるガラス繊維 F 1 と、フープ層 2 5 4 の最内層に含まれるガラス繊維 F 2 と、を固定している。なお、図 2 においては、技術の理解を容易にするために、ヘリカル層 2 5 2 と中間層 2 5 6 の境界を直線で示し、中間層 2 5 6 とフープ層 2 5 4 の境界を直線で示している。しかし、実際には、各層を構成するエポキシ樹脂 R e 1 , R e 2 , R e 3 の境界は、視認できるとは限らないではない。

【 0 0 2 4 】

図 3 は、高压タンク 1 0 0 の製造方法を示すフローチャートである。ステップ S 1 0 0 において、ライナー 1 0 が準備される。ステップ S 2 0 0 において、ライナー 1 0 の上に補強層 2 0 を形成する。より具体的には、エポキシ樹脂 R e 1 が含浸された炭素繊維が、フィラメントワインディング装置によって、ライナー 1 0 に巻き付けられることにより、補強層 2 0 が形成される。なお、ステップ S 2 0 0 の段階では、補強層 2 0 に含まれるエポキシ樹脂 R e 1 は硬化されていない。

10

【 0 0 2 5 】

ステップ S 3 0 0 において、補強層 2 0 の上に保護層 2 5 が形成される。ステップ S 3 0 0 は、ステップ S 3 2 0 , S 3 4 0 , S 3 6 0 を含む。

【 0 0 2 6 】

ステップ S 3 2 0 において、補強層 2 0 が形成されたタンク本体の上に、ヘリカル層 2 5 2 が形成される。より具体的には、エポキシ樹脂 R e 1 が含浸されたガラス繊維 F 1 が、フィラメントワインディング装置によって、ヘリカル巻きで、補強層 2 0 の上に巻き付けられる。その際、ガラス繊維 F 1 は、タンク本体の円筒部 1 0 2 とドーム部 1 0 4 の上に、巻き付けられる（図 1 参照）。その結果、タンク本体の円筒部 1 0 2 とドーム部 1 0 4 に、ヘリカル層 2 5 2 が形成される。なお、ステップ S 3 2 0 の段階では、ヘリカル層 2 5 2 に含まれるエポキシ樹脂 R e 1 は硬化されていない。

20

【 0 0 2 7 】

図 4 は、図 3 のステップ S 3 2 0 において、タンク本体に巻き付けられたヘリカル層 2 5 2 のガラス繊維 F 1 の状態を表す、説明図である。図 4 は、技術内容を説明するための説明図であり、各部の寸法を正確に表すものではない。実際には、ヘリカル層 2 5 2 は曲面の上に構成される。しかし、図 4 においては、技術の理解を容易にするために、ヘリカル層 2 5 2 が平面の上に構成されているように、ガラス繊維 F 1 の状態を示す。図 5 および図 6 においても同様である。

30

【 0 0 2 8 】

ヘリカル層 2 5 2 のガラス繊維 F 1 は、タンク本体の中心軸 C A（図 1 参照）に対して垂直な平面と交わる向きで、巻き付けられる。タンク本体は球体ではないため、1本のガラス繊維 F 1 がそのような巻き方で巻き付けられ、タンク本体上の同一点を再び通過するときには、前回とは異なる向きでタンク本体上に配される。図 4 において、そのようにヘリカル巻きされるガラス繊維 F 1 のうち、先に配された部分を繊維部分 F 1 1 で示し、後に配された部分を繊維部分 F 1 2 で示す。

【 0 0 2 9 】

図 3 のステップ S 3 4 0 において、円筒部 1 0 2 に位置するヘリカル層 2 5 2 の上に、中間層 2 5 6 が形成される。より具体的には、ガラス繊維 F 3 1 , F 3 2 が、第 1 の向き D 1 と、第 1 の向き D 1 とは異なる第 2 の向き D 2 と、に配された長方形の 1 枚のガラス繊維シート F 3 が準備される。ガラス繊維シート F 3 の一辺の長さは、中心軸 C A に沿った円筒部 1 0 2（図 1 参照）の長さと同様である。ガラス繊維シート F 3 の他の一辺の長さは、ヘリカル層 2 5 2 が形成された円筒部 1 0 2 の円周方向の長さと同様である。そのガラス繊維シート F 3 にエポキシ樹脂 R e 3 が含浸され、その後、ガラス繊維シート F 3 が、ヘリカル層 2 5 2 を覆うように、円筒部 1 0 2 に相当するヘリカル層 2 5 2 の上に巻き付けられる。その結果、タンク本体の円筒部 1 0 2 に、中間層 2 5 6 が形成される。なお、ステップ S 3 4 0 の段階では、中間層 2 5 6 に含まれるエポキシ樹脂 R e 3 は硬化されていない。

40

【 0 0 3 0 】

50

このような態様とすることにより、繊維を巻き付けることによって中間層 2 5 6 のガラス繊維を配する態様に比べて、短時間で、中間層 2 5 6 のガラス繊維 F 3 1 , F 3 2 を配することができる。保護層 2 5 の高い耐衝撃性は、主としてヘリカル層 2 5 2 およびフープ層 2 5 4 のガラス繊維 F 2 によって実現される。そして、中間層 2 5 6 のガラス繊維 F 3 1 , F 3 2 は、保護層 2 5 の耐衝撃性に対して、ヘリカル層 2 5 2 およびフープ層 2 5 4 のガラス繊維 F 1 , F 2 ほどには寄与しない。このため、ガラス繊維シート F 3 を巻き付けることによって中間層 2 5 6 のガラス繊維 F 3 1 , F 3 2 を配しても、保護層 2 5 の耐衝撃性は、担保される。

【 0 0 3 1 】

図 5 は、図 3 のステップ S 3 4 0 において、ヘリカル層 2 5 2 の上に配された中間層 2 5 6 のガラス繊維 F 3 1 , F 3 2 の状態を表す、説明図である。図 5 は、技術内容を説明するための説明図であり、各部の寸法を正確に表すものではない。第 1 の向き D 1 に沿って配されるガラス繊維を F 3 1 で示す。第 2 の向き D 2 に沿って配されるガラス繊維を F 3 2 で示す。ガラス繊維 F 3 1 とガラス繊維 F 3 2 とは、あらかじめ不織布のシート F 3 を構成している。

10

【 0 0 3 2 】

図 3 のステップ S 3 6 0 において、円筒部 1 0 2 に位置する中間層 2 5 6 の上に、フープ層 2 5 4 が形成される。より具体的には、エポキシ樹脂 R e 2 を含浸させたガラス繊維 F 2 が、フィラメントワインディング装置によって、フープ巻きで、中間層 2 5 6 の上に巻き付けられる。その結果、タンク本体の円筒部 1 0 2 に、フープ層 2 5 4 が形成される。なお、ステップ S 3 6 0 の段階では、フープ層 2 5 4 に含まれるエポキシ樹脂 R e 2 は硬化されていない。

20

【 0 0 3 3 】

図 6 は、図 3 のステップ S 3 6 0 において、中間層 2 5 6 の上に巻き付けられたフープ層 2 5 4 のガラス繊維 F 2 の状態を表す、説明図である。図 6 は、技術内容を説明するための説明図であり、各部の寸法を正確に表すものではない。フープ層 2 5 4 のガラス繊維 F 2 は、タンク本体の中心軸 C A に対して垂直な平面と略平行な向きで、巻き付けられる（図 1 参照）。タンク本体の円筒部 1 0 2 を覆うようにガラス繊維 F 2 を巻き付けるために、ガラス繊維 F 2 は、中心軸 C A 方向に沿って徐々に位置をずらして、中間層 2 5 6 の上に巻き付けられる。図 6 において、そのようにフープ巻きされる、ガラス繊維 F 2 の互いに異なる繊維部分を、F 2 1 , F 2 2 , F 2 3 で示す。

30

【 0 0 3 4 】

図 3 のステップ S 4 0 0 において、補強層 2 0 および保護層 2 5 に含まれているエポキシ樹脂を加熱して、補強層 2 0 および保護層 2 5 に含まれているエポキシ樹脂を硬化させる。その結果、ヘリカル層 2 5 2 のガラス繊維 F 1 は、エポキシ樹脂 R e 1 によって、相互に固定される。フープ層 2 5 4 のガラス繊維 F 2 は、エポキシ樹脂 R e 2 によって、相互に固定される。中間層 2 5 6 のガラス繊維 F 3 1 , F 3 2 は、エポキシ樹脂 R e 3 によって、相互に固定される。さらに、ヘリカル層 2 5 2 の最外層のガラス繊維 F 1 と、フープ層 2 5 4 の最内層のガラス繊維 F 2 とは、エポキシ樹脂 R e 3 によって、中間層 2 5 6 のガラス繊維 F 3 1 , F 3 2 に対して固定される。

40

【 0 0 3 5 】

以上のような工程を経て、高圧タンク 1 0 0 が製造される。

【 0 0 3 6 】

図 7 は、中間層 2 5 6 を有さない比較形態の高圧タンク 1 0 0 c について、高温多湿の環境下でガスの充填と放出を繰り返し行った結果を示す、写真である。図 7 は、比較形態の高圧タンク 1 0 0 c の中心軸（図 1 参照）を含む平面における、比較形態の高圧タンク 1 0 0 c の断面を示す。比較形態の高圧タンク 1 0 0 c の構成は、中間層 2 5 6（図 2 および図 6 参照）を有さない点以外は、本実施形態の高圧タンク 1 0 0 の構成と同じである。図 7 より、高温多湿の環境下でガスの充填と放出を繰り返し行った結果、保護層 2 5 において剥離およびまくれが生じていることが分かる。なお、このような剥離は、高圧タンク

50

100cの円筒部102において生じたが、ドーム部104においては生じなかった。

【0037】

図8は、図7に示した構成のうち補強層20の一部と保護層25を示す、拡大図である。図8において、ガラス繊維がフープ巻きされているフープ層254においては、真円に近い形状のガラス繊維の断面が表れている(図6も参照)。ガラス繊維がヘリカル巻きされているヘリカル層252においては、横方向に長い形状のガラス繊維の断面が表れている。図8より、保護層25のヘリカル層252とフープ層254との間において、剥離が生じていることが分かる。

【0038】

図9は、比較形態の高圧タンク100cにおいて、ヘリカル層252とフープ層254との間において、剥離が生じるしくみを示す説明図である。図9は、比較形態の高圧タンク100cの中心軸(図1参照)を含む平面における、比較形態の高圧タンク100cの断面を示す。図6にも示されているように、フープ層254においては、ガラス繊維F2の各部分F21, F22, F23がほぼ平行に配されるのに対して、ヘリカル層252においては、ガラス繊維F1の各部分F11, F12は、さまざまな向きに配される。このため、ヘリカル層252上に、中間層256を介さずにフープ層254が配される高圧タンク100cにおいては、ヘリカル層252の最外層のガラス繊維F1とフープ層254の最内層のガラス繊維F2との接触点の間隔は広くなり、ヘリカル層252のガラス繊維F1とフープ層254のガラス繊維F2の間には大きな隙間ISが生じる。フープ層254のガラス繊維F2は、互いにほぼ平行に配されるため(図6も参照)、図9に示した隙間ISは、比較形態の高圧タンク100cにおいて、円筒部102の外周方向に沿って連続して存在する。このヘリカル層252のガラス繊維F1とフープ層254のガラス繊維F2との間の隙間ISは、エポキシ樹脂Re1またはエポキシ樹脂Re2によって充填される。

【0039】

ヘリカル層252の最外層を形成するガラス繊維F1とフープ層254の最内層を形成するガラス繊維F2との間においては、保護層25にかかる応力は、隙間ISを埋めて、両者を固定しているエポキシ樹脂Re1, Re2によって支えられる。エポキシ樹脂の破壊強度は、ガラス繊維に比べて大幅に低い。さらに、高温多湿の環境下では、エポキシ樹脂が膨潤する。エポキシ樹脂Re1, Re2の塊の体積が大きい場合には、ガラス繊維F2, F3との間でエポキシ樹脂Re1, Re2の膨潤による寸法差が大きいため、エポキシ樹脂Re1, Re2がガラス繊維F2, F3から剥離しやすくなる。その結果、高温多湿の環境下でガスの充填と放出を繰り返し行った場合、ヘリカル層252のガラス繊維F1とフープ層254のガラス繊維F2との間において、エポキシ樹脂Re1, Re2で構成される部分の内部やエポキシ樹脂Re1, Re2とガラス繊維F1, F2の界面において、亀裂が生じやすい。

【0040】

また、ヘリカル層252のガラス繊維F1とフープ層254のガラス繊維F2との間の隙間ISが大きいと、エポキシ樹脂Re1, Re2が充填されていない空隙BDが生じやすい。ガスの充填と放出を繰り返し行った場合、そのような空隙BDを起点として、亀裂CRが生じやすい。

【0041】

なお、比較形態の高圧タンク100cにおいて、補強層20とヘリカル層252の最内層との間には、剥離は生じなかった(図8参照)。補強層20のエポキシ樹脂と、ヘリカル層252のエポキシ樹脂Re1と、フープ層254のエポキシ樹脂Re2とは、同一の組成の樹脂である。一方、補強層20における炭素繊維の直径は、ヘリカル層252およびフープ層254におけるガラス繊維F2の直径よりも小さい。補強層20における炭素繊維の直径が小さいため、補強層20とヘリカル層252の間には、ヘリカル層252とフープ層254との間における大きな隙間ISに起因する上述の問題が生じることがなく、剥離が生じなかったと考えられる。

10

20

30

40

50

【 0 0 4 2 】

図 1 0 は、本実施形態の高圧タンク 1 0 0 において、ヘリカル層 2 5 2 とフープ層 2 5 4 との間において、剥離の発生が抑制されるしくみを示す説明図である。図 1 0 は、本実施形態の高圧タンク 1 0 0 の中心軸 C A (図 1 参照) を含む平面における、本実施形態の高圧タンク 1 0 0 の断面を示す。図 6 にも示されているように、本実施形態においては、フープ層 2 5 4 のガラス繊維 F 2 の各部分 F 2 1 , F 2 2 , F 2 3 と、ヘリカル層 2 5 2 のガラス繊維 F 1 の各部分 F 1 1 , F 1 2 との間には、それらより細いガラス繊維 F 3 1 , F 3 2 が配される。このため、ヘリカル層 2 5 2 のガラス繊維 F 1 と中間層 2 5 6 のガラス繊維 F 3 1 , F 3 2 との接触点、および中間層 2 5 6 のガラス繊維 F 3 1 , F 3 2 とフープ層 2 5 4 のガラス繊維 F 2 との接触点の間隔は、比較形態の高圧タンク 1 0 0 c における接触点の間隔に比べて狭くなる。すなわち、ガラス繊維 F 1 , F 2 , F 3 1 , F 3 2 の間の隙間は、比較形態の高圧タンク 1 0 0 c におけるガラス繊維 F 1 , F 2 の間の隙間よりも、小さい。その結果、保護層 2 5 にかかる応力がエポキシ樹脂 R e 3 によって支えられる構成部分は、小さくなり、亀裂の起点となる空隙も生じにくくなる。このため、そのような隙間を埋めて、ヘリカル層 2 5 2 の最外層を形成するガラス繊維 F 1 とフープ層 2 5 4 の最内層を形成するガラス繊維 F 2 を固定しているエポキシ樹脂 R e 3 における亀裂の発生が抑制される。その結果、フープ層 2 5 4 がヘリカル層 2 5 2 から剥離する可能性が、比較形態の高圧タンク 1 0 0 c に比べて小さい。

10

【 0 0 4 3 】

本実施形態においては、中間層 2 5 6 のガラス繊維 F 3 1 , F 3 2 は、第 1 の向き D 1 と、第 1 の向き D 1 とは異なる第 2 の向き D 2 と、に配されて、シート F 3 を形成している (図 6 参照) 。このため、ガラス繊維 F 1 がさまざまな向きに配されているヘリカル層 2 5 2 の最外層と、フープ層 2 5 4 の最内層のガラス繊維 F 2 との間の隙間を、ヘリカル層 2 5 2 の最外層におけるガラス繊維 F 1 の向きによらず、小さくすることができる。

20

【 0 0 4 4 】

本実施形態においては、中間層 2 5 6 のガラス繊維 F 3 1 , F 3 2 は、補強層 2 0 およびヘリカル層 2 5 2 が形成されたライナー 1 0 の円筒部 1 0 2 を囲むように配される 1 枚のシート F 3 を形成している (図 3 の S 3 4 0 および図 5 参照) 。このため、円筒部 1 0 2 の周りについて、均一にフープ層 2 5 4 とヘリカル層 2 5 2 を接合することができる。

【 0 0 4 5 】

ヘリカル層 2 5 2 の最外層に含まれるガラス繊維 F 1 と、フープ層 2 5 4 の最内層に含まれるガラス繊維 F 2 よりもサイズの小さい構造物を配することにより、ガラス繊維 F 1 , F 2 および追加された構造物の間の接触点の間隔を小さくして、隙間を小さくする方法としては、以下のような方法も考えられる。すなわち、ガラス繊維 F 1 , F 2 の直径よりも直径が小さい粒子の入った熱硬化性樹脂をヘリカル層 2 5 2 の上に塗布し、その上からフープ層 2 5 4 を設けることにより、理論的には、構造の間の接触点の間隔を小さくすることができる。しかし、そのような態様においては、重力がある環境下で、円筒部 1 0 2 のヘリカル層 2 5 2 全体の上に粒子の入った樹脂を保持することが難しい。すなわち、粒子の入った樹脂が、重力に引かれて、円筒部 1 0 2 のヘリカル層 2 5 2 の表面からしたり落ちる。

30

40

【 0 0 4 6 】

しかし、本実施形態においては、樹脂を含浸させたガラス繊維シート F 3 を円筒部 1 0 2 のヘリカル層 2 5 2 の上に巻き付けている。このため、ガラス繊維 F 1 , F 2 よりもサイズの小さい構造としてのガラス繊維 F 3 1 , F 3 2 と、ガラス繊維 F 1 , F 2 , F 3 1 , F 3 2 を固定するための熱硬化性樹脂とを、容易に円筒部 1 0 2 のヘリカル層 2 5 2 の上に配することができる。このため、中間層 2 5 6 を容易に構成することができる。

【 0 0 4 7 】

本実施形態におけるヘリカル層 2 5 2 のガラス繊維 F 1 を、「第 1 の繊維」とも呼ぶ。ヘリカル層 2 5 2 のエポキシ樹脂 R e 1 を、「第 1 の樹脂」とも呼ぶ。フープ層 2 5 4 のガラス繊維 F 2 を、「第 2 の繊維」とも呼ぶ。フープ層 2 5 4 のエポキシ樹脂 R e 2 を、「

50

第2の樹脂」とも呼ぶ。中間層256のガラス繊維F31, F32を、「第3の繊維」とも呼ぶ。中間層256のエポキシ樹脂Re3を、「第3の樹脂」とも呼ぶ。口金30および口金40が取付けられたライナー10であるタンク本体を、「高圧タンクの半製品」とも呼ぶ。

【0048】

B. 他の実施形態：

B1. 他の実施形態1：

(1) 上記実施形態においては、ライナー10は、ナイロン樹脂から構成される。しかし、ライナーは、ポリエチレン系樹脂等のガスバリア性を有する他の合成樹脂や、ステンレス鋼等の金属を用いて作製されてもよい。

10

【0049】

(2) 上記実施形態においては、ヘリカル層252におけるガラス繊維F1の直径は、10~20 μ mの範囲に含まれる一定の値である。フープ層254におけるガラス繊維F2の直径は、10~20 μ mの範囲に含まれる一定の値である。より具体的には、フープ層254におけるガラス繊維F2の直径は、ヘリカル層252におけるガラス繊維F1の直径と同じである。そして、中間層256におけるガラス繊維F31, F32の直径は、2~10 μ mの範囲に含まれる一定の値である。

【0050】

しかし、ヘリカル層における繊維の直径は、5 μ m、8 μ m、などの10 μ m未満の値であってもよい。ヘリカル層における繊維の直径は、25 μ m、38 μ m、などの20 μ mより大きい値であってもよい。また、フープ層における繊維の直径は、5 μ m、8 μ m、などの10 μ m未満の値であってもよい。フープ層における繊維の直径は、25 μ m、38 μ m、などの20 μ mより大きい値であってもよい。さらに、中間層における繊維の直径は、0.5 μ m、1 μ m、などの2 μ m未満の値であってもよい。中間層における繊維の直径は、12 μ m、15 μ m、などの10 μ mより大きい値であってもよい。すなわち、各層に含まれる繊維の直径は、他の値とすることもできる。そして、ヘリカル層に含まれる繊維、フープ層に含まれる繊維とは、太さが異なる繊維であってもよい。

20

【0051】

中間層に含まれる繊維は、ヘリカル層に含まれる繊維と、フープ層に含まれる繊維とのいずれかよりも細い繊維であればよい。中間層に含まれる繊維の直径は、ヘリカル層の繊維の直径とフープ層の繊維の直径のうち、小さい方の直径の1/2以下であることが好ましく、1/3以下であることがより好ましく、1/5以下であることがさらに好ましい。なお、中間層に含まれる繊維は、ヘリカル層に含まれる繊維と、フープ層に含まれる繊維とのいずれかよりも太い繊維を含んでいてもよい。

30

【0052】

(3) 上記実施形態においては、ヘリカル層252に含まれる繊維、フープ層254に含まれる繊維、および中間層256に含まれる繊維として、ガラス繊維F1, F2, F31, F32が使用されている。しかし、ヘリカル層に含まれる繊維、フープ層に含まれる繊維、および中間層に含まれる繊維としては、炭素繊維など、素材や構成が異なる他の繊維が使用されることもできる。ただし、各層に含まれる繊維としては、耐熱温度が200~300であることが好ましい。また、各層に含まれる繊維としては、柔軟性があり、伸びやすいものであることが好ましい。ヘリカル層に含まれる繊維、フープ層に含まれる繊維、および中間層に含まれる繊維は、互いに異なってもよいし、それらの一部または全部が同一であってもよい。

40

【0053】

(4) 上記実施形態においては、ヘリカル層252に含まれる繊維、フープ層254に含まれる繊維、および中間層256に含まれる樹脂として、エポキシ樹脂が使用される。しかし、ヘリカル層に含まれる樹脂、フープ層に含まれる樹脂、および中間層に含まれる樹脂としては、不飽和ポリエステル樹脂等、他の熱硬化性樹脂が使用されることもできる。また、ヘリカル層に含まれる樹脂、フープ層に含まれる樹脂、および中間層に含まれる樹脂

50

脂は、互いに異なってもよいし、それらの一部または全部が同一であってもよい。

【0054】

ただし、各層において使用される繊維の素材と樹脂の素材の組み合わせは、各層において、使用される繊維に対する使用される樹脂の接触角が50°以下のものであることが好ましい。なお、繊維の素材の接触角は、次のような手順で測定する。すなわち、繊維をガラス板に平行に隙間なく配して固定し、その上に樹脂を滴下する。接触角は、繊維の長手方向に垂直な方向から見たときの、樹脂の滴下後60秒後の時点の接触角とする。

【0055】

(5) 上記実施形態においては、中間層256におけるガラス繊維F31の第1の向きD1とガラス繊維F32の第2の向きD2とは、いずれも、フープ層254に含まれるガラス繊維F2の向きとは平行ではない。しかし、中間層における少なくとも一部の繊維の向きは、フープ層の繊維の向きと一致していてもよい。

10

【0056】

(6) 上記実施形態においては、高圧タンク100は、内部に圧縮水素が充填され、燃料電池車に搭載される。しかし、高圧タンクは、電気自動車、ハイブリッド自動車等の他の車両に搭載されてもよいし、船舶、飛行機、ロボット等の他の移動体に搭載されてもよい。また、高圧タンクは、住宅、ビル等の定置設備に備えられてもよい。そして、高圧タンクは、窒素やヘリウムなど、水素以外の気体が充填されてもよい。

【0057】

B2. 他の実施形態2:

20

(1) 上記実施形態においては、中間層256におけるガラス繊維F31, F32は、第1の向きD1と、第1の向きD1とは異なる第2の向きD2と、に配されて、不織布のシートF3を形成している(図5および図6参照)。しかし、中間層に含まれる繊維の向きは互いに平行であってもよく、シートは、平行な繊維が接着剤によって互いに固定されている不織布であってもよい。

【0058】

(2) 上記実施形態においては、中間層256におけるガラス繊維F31, F32は、第1の向きD1と、第1の向きD1とは異なる第2の向きD2と、に配されて、不織布のシートF3を形成している(図5参照)。しかし、中間層の繊維は、繊維が織られることにより構成される織布であるシートを形成していてもよい。ただし、中間層の繊維は、複数の繊維が面を構成するように配されていることが好ましい。

30

【0059】

(3) 上記実施形態においては、中間層256が形成される際には、ガラス繊維シートF3にエポキシ樹脂Re3が含浸され、その後、ガラス繊維シートF3が、ヘリカル層252を覆うように、円筒部102に相当するヘリカル層252の上に巻き付けられる(図3のS340および図5参照)。しかし、中間層において、樹脂が中間層の繊維に含浸されていない態様とすることもできる。

【0060】

B3. 他の実施形態3:

上記実施形態においては、中間層256のガラス繊維F31, F32は、補強層20およびヘリカル層252が形成されたライナー10の円筒部102を囲むように配される1枚のシートF3を形成している(図3のS340および図5参照)。しかし、中間層を構成する際に使用される第3の繊維のシートは、2枚や3枚、5枚など、2枚以上であってもよい。

40

【0061】

本開示は、上述の実施形態に限られるものではなく、その趣旨を逸脱しない範囲において種々の構成で実現することができる。例えば、発明の概要の欄に記載した各形態中の技術的特徴に対応する実施形態の技術的特徴は、上述の課題の一部又は全部を解決するために、あるいは、上述の効果の一部又は全部を達成するために、適宜、差し替えや、組み合わせを行うことが可能である。また、その技術的特徴が本明細書中に必須なものとして説明

50

されていなければ、適宜、削除することが可能である。

【符号の説明】

【 0 0 6 2 】

1 0 ...ライナー、2 0 ...補強層、2 5 ...保護層、3 0 ...口金、4 0 ...口金、1 0 0 , 1 0 0 c ...高圧タンク、1 0 2 ...円筒部、1 0 4 ...ドーム部、2 5 2 ...ヘリカル層、2 5 4 ...フープ層、2 5 6 ...中間層、B D ...空隙、C A ...中心軸、C R ...亀裂、D 1 ...第1の向き、D 2 ...第2の向き、D o ...高圧タンクの外側に向かう向きを表す矢印、F 1 ...ガラス繊維、F 1 1 , F 1 2 ...ガラス繊維の部分、F 2 ...ガラス繊維、F 2 1 ~ F 2 3 ...ガラス繊維の部分、F 3 ...ガラス繊維シート、F 3 1 , F 3 2 ...ガラス繊維、I S ...ガラス繊維間の隙間、R e 1 ...ヘリカル層のエポキシ樹脂、R e 2 ...フープ層のエポキシ樹脂、R e 3 ...中間層のエポキシ樹脂

10

20

30

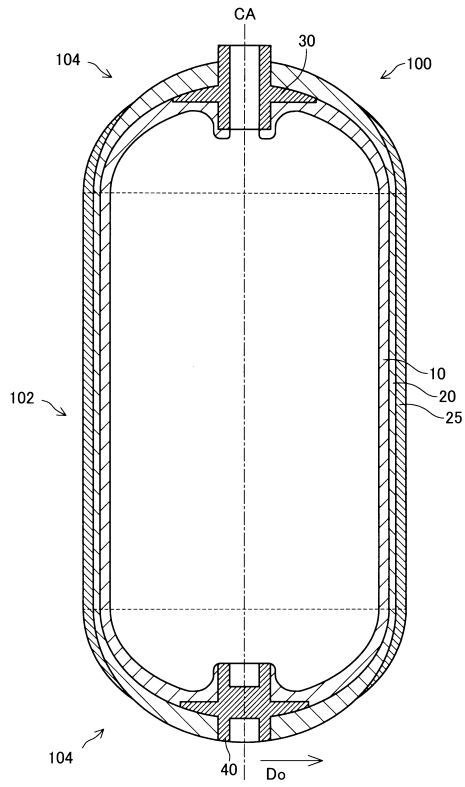
40

50

【図面】

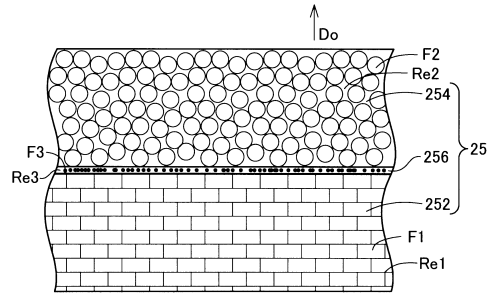
【図 1】

Fig.1



【図 2】

Fig.2

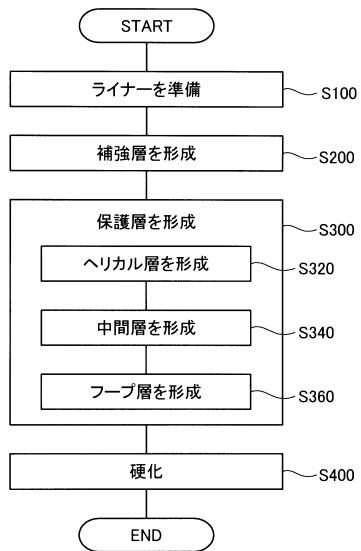


10

20

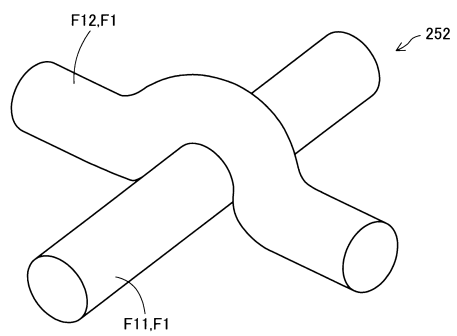
【図 3】

Fig.3



【図 4】

Fig.4

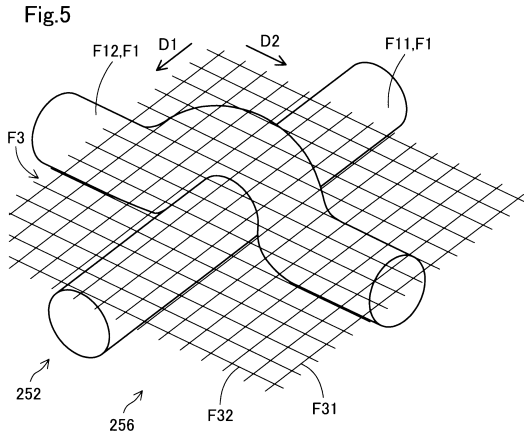


30

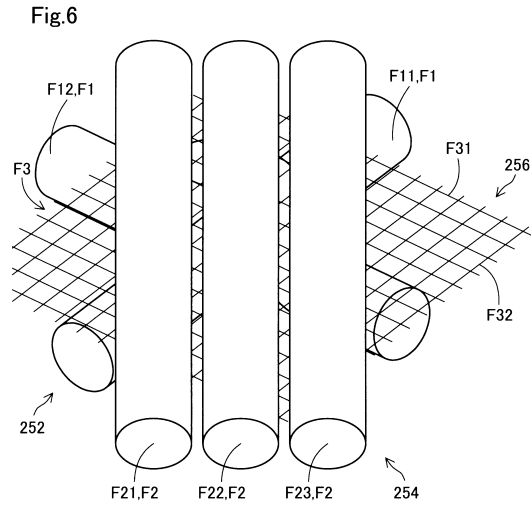
40

50

【 図 5 】



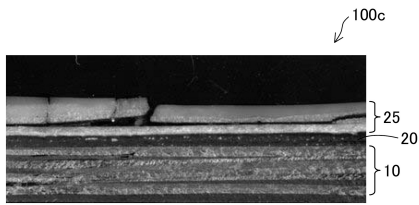
【 図 6 】



10

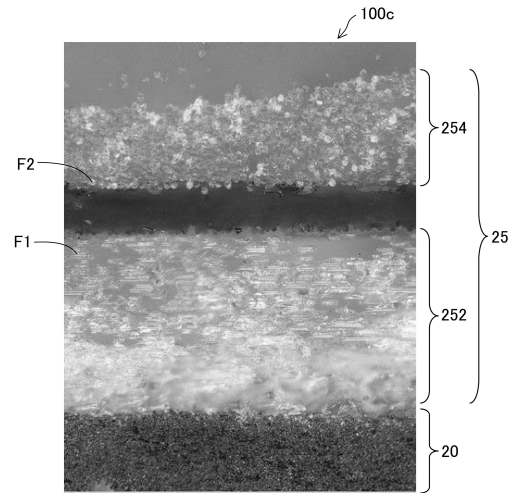
【 図 7 】

Fig.7



【 図 8 】

Fig.8



20

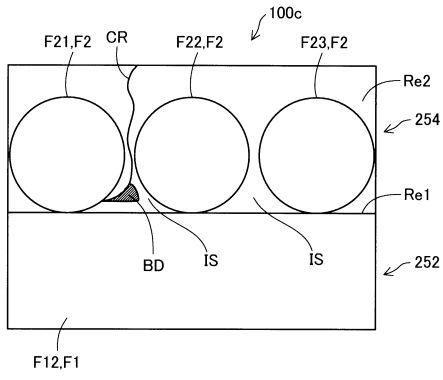
30

40

50

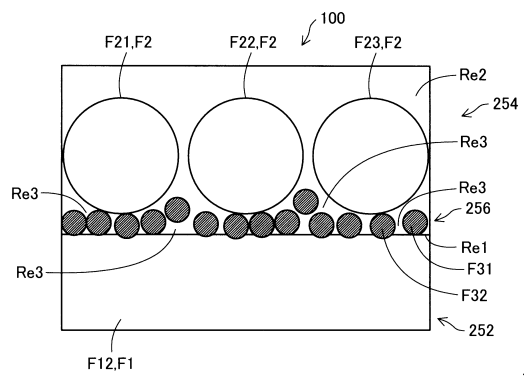
【 9 】

Fig.9



【 1 0 】

Fig.10



10

20

30

40

50

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2004-084915(JP,A)
特開2008-304038(JP,A)
特開2005-214271(JP,A)
特開平03-294541(JP,A)
米国特許出願公開第2010/0276434(US,A1)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
- F17C 1/00-13/12
F16J 12/00
B29C 70/16
B29C 70/32
H01M 8/04