

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6281525号
(P6281525)

(45) 発行日 平成30年2月21日(2018.2.21)

(24) 登録日 平成30年2月2日(2018.2.2)

(51) Int.Cl.

F 1

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

請求項の数 6 (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願2015-103573 (P2015-103573)
 (22) 出願日 平成27年5月21日(2015.5.21)
 (65) 公開番号 特開2016-217466 (P2016-217466A)
 (43) 公開日 平成28年12月22日(2016.12.22)
 審査請求日 平成28年9月23日(2016.9.23)

(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
 特許業務法人明成国際特許事務所
 (72) 発明者 西部 志朗
 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 高橋 裕一

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 高圧タンク、高圧タンクの製造方法、ライナー形状の設計方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

高圧タンクであって、

前記高圧タンクの内殻となるライナーであって、円筒形状の円筒部と、前記円筒部の両端からそれぞれ延伸した曲面形状のドーム部と、を含むライナーと、

前記ライナーの外表面に繊維を巻回することによって形成されている補強層と、を備え、

前記ドーム部は、等張力曲面とは異なる所定の曲面であって、前記ドーム部に前記繊維がヘリカル巻きで巻回される過程において等張力曲面が形成されるような所定の曲面を有する、高圧タンク。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の高圧タンクであって、

前記所定の曲面は、前記補強層が形成された状態において、前記ドーム部に対応する前記補強層の厚さ方向の略中央の部分に等張力曲面が形成される形状である、高圧タンク。

【請求項 3】

請求項 1 または請求項 2 に記載の高圧タンクであって、

前記所定の曲面は、等張力曲面からのずれの大きさが、前記ライナーの前記円筒部と前記ドーム部との境界近傍から、前記円筒部の中心軸近傍にかけて徐々に大きくなる形状である、高圧タンク。

【請求項 4】

高圧タンクの製造方法であって、

前記高圧タンクの内殻となるライナーであって、円筒形状の円筒部と、前記円筒部の両端から等張力曲面とは異なる所定の曲面を有するようにそれぞれ延伸したドーム部と、を含むライナーを準備する工程と、

前記ライナーの外表面に繊維をヘリカル巻きで巻回することによって補強層を形成する工程であって、前記ドーム部上の前記補強層において等張力曲面が形成されるように前記繊維を巻回する工程と、

を含む、高圧タンクの製造方法。

【請求項 5】

高圧タンクの内殻となるライナー形状の設計方法であって、

円筒形状の円筒部の両端からそれぞれ延伸したドーム部の形状を等張力曲面とした仮のライナーの形状を決定する工程と、

前記仮のライナーの外表面において、繊維を巻回することによって形成された仮の補強層の構成を求める工程と、

前記仮の補強層の内部に等張力曲面を設定する工程と、

設定された等張力曲面と、前記仮の補強層の厚さと、に基づいて、最終的なライナーの前記ドーム部が有する所定の曲面の形状を決定する工程と、

を含む、ライナー形状の設計方法。

【請求項 6】

請求項 5 に記載のライナー形状の設計方法であって、

前記設定する工程では、前記仮の補強層の厚さ方向の略中央の部分に等張力曲面を設定する、ライナー形状の設計方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、高圧タンクに関する。

【背景技術】

【0002】

従来から、高圧タンクの製造方法として、フィラメントワインディング (Filament Winding) 法が知られている。フィラメントワインディング法では、高圧タンクのコアであるライナーに対して、熱硬化性樹脂を含浸させた繊維 (以降、単に「繊維」とも呼ぶ。) を巻き付け、この繊維を硬化させることで高圧タンクを製造する。フィラメントワインディング法によれば、ライナーの外表面に高強度の繊維強化樹脂層が形成された高圧タンクを製造することができる。特許文献 1 には、上述のようにして製造される高圧タンクの強度を向上させるために、ライナーの半球面状のドーム部を等張力曲面とすることが記載されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】国際公開第 2011/154994 号パンフレット

【特許文献 2】特開 2012-149739 号公報

【特許文献 3】特開 2011-047486 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

フィラメントワインディング法における繊維の巻回方法は、フープ巻きとヘリカル巻きとの 2 種類に大別される。フープ巻きでは、ライナーの長手軸方向に対して略直角に繊維を巻き付ける。ヘリカル巻きでは、ライナーの長手軸方向に対して所定の角度で繊維を巻き付ける。ライナーに対して繊維をヘリカル巻きする際、ドーム部に設けられている口金の近傍では、繊維の折り返しに伴って繊維が集中する。このため、ドーム部の口金の近傍

10

20

30

40

50

では、巻回された繊維層の厚さが他の部分と比較して厚くなる。

【 0 0 0 5 】

この点、特許文献 1 に記載の技術では、ライナーのドーム部の外表面を等張力曲面としている。このため、特許文献 1 に記載の技術では、ドーム部の口金の近傍における、繊維が巻回された状態の外表面の形状が、繊維の巻回を重ねるにつれて等張力曲面から大きくずれてしまうという課題があった。繊維は、長さ方向への引っ張りに対する強度と比較して、太さ方向への引っ張りに対する強度が弱い。このため、繊維が巻回されることにより形成されている繊維層の強度は、等張力曲面からずれるほど低下する。従って、特許文献 1 に記載の技術では、実際に製造された高压タンクの強度が、設計により算出された高压タンクの強度を下回るという課題があった。また、特許文献 2、3 においても同様の課題

10

【 0 0 0 6 】

このため、高压タンクの強度を向上させることが望まれていた。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 7 】

本発明は、上述の課題の少なくとも一部を解決するためになされたものであり、以下の形態として実現することが可能である。

【 0 0 0 8 】

(1) 本発明の一形態によれば、高压タンクが提供される。この高压タンクは；前記高压タンクの内殻となるライナーであって、円筒形状の円筒部と、前記円筒部の両端からそれぞれ延伸した曲面形状のドーム部と、を含むライナーと；前記ライナーの外表面に繊維を巻回することによって形成されている補強層と、を備え；前記ドーム部は、等張力曲面とは異なる所定の曲面であって、前記ドーム部に前記繊維がヘリカル巻きで巻回される過程において等張力曲面が形成されるような所定の曲面を有する。

20

この形態の高压タンクによれば、ライナーのドーム部は、等張力曲面とは異なる所定の曲面であって、ドーム部に繊維がヘリカル巻きで巻回される過程において等張力曲面が形成されるような所定の曲面を有する。このため、補強層に含まれる各繊維層の形状の等張力曲面からのずれ量の総和を、ドーム部を等張力曲面とした場合と比較して低減することができる。この結果、高压タンクの強度を向上させることができる。

【 0 0 0 9 】

30

(2) 上記形態の高压タンクにおいて；前記所定の曲面は、前記補強層が形成された状態において、前記ドーム部に対応する前記補強層の厚さ方向の略中央の部分に等張力曲面が形成される形状であってもよい。

この形態の高压タンクによれば、ドーム部の所定の曲面は、補強層が形成された状態において、ドーム部に対応する補強層の厚さ方向の略中央の部分に等張力曲面が形成される形状である。このため、補強層に含まれる各繊維層の形状の等張力曲面からのずれ量の総和を最小とすることができる。この結果、高压タンクの強度を大幅に向上させることができる。

【 0 0 1 0 】

(3) 上記形態の高压タンクにおいて；前記所定の曲面は、等張力曲面からのずれの大きさが、前記ライナーの前記円筒部と前記ドーム部との境界近傍から、前記円筒部の中心軸近傍にかけて徐々に大きくなる形状であってもよい。

40

この形態の高压タンクによれば、ドーム部の所定の曲面を、フィラメントワインディング法のヘリカル巻きの性質を考慮した形状とすることができる。

【 0 0 1 1 】

(4) 本発明の一形態によれば、高压タンクの内殻となるライナー形状の設計方法が提供される。このライナー形状の設計方法は；円筒形状の円筒部の両端からそれぞれ延伸したドーム部の形状を等張力曲面とした仮のライナーの形状を決定する工程と；前記仮のライナーの外表面において、繊維を巻回することによって形成された仮の補強層の構成を求める工程と；前記仮の補強層の内部に等張力曲面を設定する工程と；設定された等張力曲面

50

と、前記仮の補強層の厚さと、に基づいて、最終的なライナーの前記ドーム部が有する所定の曲面の形状を決定する工程と、を含む。

この形態のライナー形状の設計方法によれば、上記形態の高圧タンクにおけるライナーの形状を簡便に求めることができる。

【0012】

(5) 上記形態のライナー形状の設計方法において；前記設定する工程では、前記仮の補強層の厚さ方向の略中央の部分に等張力曲面を設定してもよい。

この形態のライナー形状の設計方法によれば、上記形態の高圧タンクにおけるライナーの形状を簡便に求めることができる。

【0013】

本発明は、上記以外の種々の態様で実現できる。例えば、高圧タンク、高圧タンクの製造方法、高圧タンクの製造装置、高圧タンクの製造に利用されるライナー、ライナーの製造方法、ライナーの製造装置、ライナー形状の設計方法、フィラメントワインディング法による繊維の巻回方法、フィラメントワインディング装置、これら装置の制御方法、その制御方法を実現するための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憶した一時的でない記憶媒体等の形態で実現することができる。また、本発明の一形態としての高圧タンクは、ライナーのドーム部における、繊維が巻回された状態の外表面の形状を等張力曲面に近づけることを課題としている。しかし、この技術には他にも、高圧タンクの性能（例えば、強度、耐久性）の向上、高圧タンクの製造コストの低減、製造工程数の低減、製造方法の簡略化、製造方法の共通化、省資源化、ライナーの性能の向上、ライナー形状の設計方法の簡略化、ライナーの製造コストの低減、製造工程数の低減、製造方法の簡略化、製造方法の共通化、省資源化等が望まれている。

【図面の簡単な説明】

【0014】

【図1】本発明の一実施形態としての高圧タンクの構成を説明する図である。

【図2】フィラメントワインディング法における繊維の巻回方法について説明する図である。

【図3】図1のライナードーム部近傍における部分拡大図である。

【図4】ずれの総和について説明する図である。

【図5】ライナー形状の設計方法の手順を表すフローチャートである。

【図6】ライナー形状の設計方法の工程P10～P30について説明する図である。

【図7】ライナー形状の設計方法の工程P40について説明する図である。

【図8】ライナー形状の設計方法の工程P50について説明する図である。

【図9】本実施形態の高圧タンクについての性能評価の結果を示す図である。

【図10】比較例の高圧タンクについての性能評価の結果を表す図である。

【発明を実施するための形態】

【0015】

A．実施形態：

A-1．高圧タンクの構成：

図1は、本発明の一実施形態としての高圧タンク10の構成を説明する図である。図1は、高圧タンク10の断面の構成を示している。高圧タンク10は、ライナー40と、ライナー40の外表面を覆う補強層50と、2つの口金14と、を備える。口金14は、開口部14aを有する。2つの口金14のうち、一方は省略してもよい。

【0016】

ライナー40は、高圧タンク10の内殻または内容器とも呼ばれ、内部に流体を貯蔵する空間25を有する。ライナー40は、ガスバリア性を有し、空間25に貯蔵される水素ガス等の気体が外部へ透過することを抑制する。ライナー40は、ナイロン系樹脂、ポリエチレン系樹脂等の合成樹脂や、ステンレス鋼等の金属を用いて作製される。本実施形態ではライナー40は、ナイロン系樹脂を用いて一体成形されている。

【0017】

ライナー４０は、ライナー円筒部４２と、ライナードーム部４４とを含む。ライナー円筒部４２は、ライナー４０のうちの円筒形状の部分であり、図１において二点鎖線で区切られた内側の部分である。ライナー円筒部４２は「円筒部」として機能する。

【００１８】

ライナードーム部４４は、ライナー円筒部４２から延伸した半球面状（換言すれば、ドーム形状または曲面形状）の部分であり、図１において二点鎖線で区切られた外側の部分である。ライナードーム部４４は、ライナー円筒部４２の中心軸ＡＸ（図１、一点鎖線）方向について、ライナー円筒部４２から離れるにしたがって縮径している。ライナードーム部４４が最も縮径した部分は開口し、開口に口金１４が挿入されている。ライナードーム部４４は「ドーム部」として機能する。

10

【００１９】

補強層５０は、熱硬化性樹脂が含浸された繊維を、ライナー４０の外表面に巻回することによって形成された繊維層である。熱硬化性樹脂としては、例えば、エポキシ樹脂、ポリエステル樹脂、ポリアミド樹脂等を採用することができる。本実施形態では、エポキシ樹脂が採用されている。繊維としては、例えば、金属繊維、ガラス繊維、カーボン繊維、アルミナ繊維等の無機繊維、アラミド繊維等の合成有機繊維、または、綿等の天然有機繊維等を採用することができる。これらの繊維は単独で採用してもよく、２種類以上を組み合わせることもよい。本実施形態では、カーボン繊維が採用されている。なお、本実施形態の「繊維」との称呼には、１本からなる繊維と、複数本の繊維からなるいわゆる繊維束と、の両方を含む。

20

【００２０】

図２は、フィラメントワインディング法における繊維の巻回方法について説明する図である。図１に示した補強層５０は、フィラメントワインディング法により形成されている。フィラメントワインディング法では、フープ巻きとヘリカル巻きとによってライナー４０に繊維を巻回して、補強層５０を形成する。その後、補強層５０が形成されたライナー４０を加熱することで、繊維に含浸されている熱硬化性樹脂を硬化させる。

【００２１】

図２（Ａ）は、フープ巻きについて説明する図である。図２（Ａ）では、ライナー４０に繊維５１がフープ巻きされている途中の様子を示している。フープ巻きでは、繊維５１がライナー円筒部４２の中心軸ＡＸに対して略垂直となるように、繊維５１を巻き付けながら、巻き付け位置（換言すれば、ガイド１５の位置）を中心軸ＡＸ方向に移動させる。換言すれば、フープ巻きとは、中心軸ＡＸと繊維５１の巻き付け方向とがなす角度が略垂直となるように、繊維５１を巻回する方法である。ここで「略垂直」とは、９０°と、繊維５１同士が重ならないように繊維の巻き付け位置をずらすことによって生じ得る９０°前後の角度と、の両方を含む。

30

【００２２】

図２（Ｂ）は、ヘリカル巻きについて説明する図である。図２（Ｂ）では、ライナー４０に繊維５１がヘリカル巻きされている途中の様子を示している。ヘリカル巻きでは、繊維５１がライナー円筒部４２の中心軸ＡＸに対して所定の角度となるように、繊維５１を巻き付けながら、巻き付け位置をライナー４０の周囲において移動させる。換言すれば、ヘリカル巻きとは、中心軸ＡＸと繊維５１の巻き付け方向とがなす角度が所定の角度となるように、繊維５１を巻回する方法である。所定の角度とは、任意に定めることができる。例えば、所定の角度を小さくすれば、図２（Ｂ）のように、繊維５１が中心軸ＡＸを一周する前に、ライナードーム部４４における繊維５１の巻き付け方向の折り返しが生じる巻回方法（いわゆる低角度ヘリカル巻き）を実現できる。一方、所定の角度を大きくすれば、ライナードーム部４４における繊維５１の巻き付け方向の折り返しが生じるまでに、ライナー円筒部４２において繊維５１が中心軸ＡＸを少なくとも一周する巻回方法（いわゆる高角度ヘリカル巻き）を実現できる。

40

【００２３】

このように、ライナー４０に対して繊維５１がフープ巻きおよびヘリカル巻きされるこ

50

とによって、ライナー４０の外表面には、複数にわたる繊維５１の層が形成される。以降、１つの繊維５１の層を「単繊維層」または「繊維層」とも呼ぶ。補強層５０は、これら複数の単繊維層により形成されている。

【００２４】

図３は、図１のライナードーム部４４近傍における部分拡大図である。本実施形態のライナー４０は、ライナードーム部４４の外表面の形状が、等張力曲面とは異なる所定の曲面形状である。ここで、本実施形態における「所定の曲面」とは、繊維５１がヘリカル巻きされて複数の単繊維層からなる補強層５０が形成された状態において、補強層５０の厚さ方向の略中央の部分に、等張力曲面Ｓ０（図３、破線）が形成される形状である。換言すれば、所定の曲面とは、ライナードーム部４４に繊維５１がヘリカル巻きで巻回されていく過程において、等張力曲面Ｓ０（図３、破線）が形成される形状である。なお、等張力曲面Ｓ０は、１つの単繊維層により形成されていてもよく、複数の単繊維層により形成されていてもよい。この場合、複数の単繊維層は、隣接していてもよいし重なり合っているともよい。

【００２５】

本実施形態において、ある部位における「補強層５０の厚さ」とは、ライナードーム部４４の外表面のある部位から、ライナードーム部４４の厚さ方向に垂線を引いた場合の、垂線上の補強層５０の厚さを意味する。このため、補強層５０の厚さは、ライナードーム部４４の外表面における各部位によって相違する。また、本実施形態において、「略中央」とは、補強層５０の厚さ方向の中央から±１０％の範囲内が好ましく、±３％の範囲内がより好ましい。

【００２６】

ここで、繊維５１は、長さ方向への引っ張りに対する強度と比較して、太さ方向への引っ張りに対する強度が弱い。従って、単繊維層の各層における繊維５１の強度を十分に得つつ、また、各層における繊維５１のずれを抑制するためには、単繊維層の各層がそれぞれ等張力曲面を形成していることが好ましい。しかし、ヘリカル巻きの性質上、ライナードーム部４４の口金１４の近傍では、繊維５１の折り返しに伴う繊維５１の集中が生じる。このため、図３に示すように、ライナードーム部４４の口金１４の近傍では、他の部分（例えば、ライナードーム部４４とライナー円筒部４２との境界部分）と比較して、単繊維層の数が多くなり、補強層５０が厚くなる。従って、口金１４の近傍からライナー円筒部４２の近傍にかけてのライナードーム部４４の全ての部分において、単繊維層の各層にそれぞれ等張力曲面を形成させることは、ヘリカル巻きの性質上困難である。

【００２７】

図４は、ずれの総和について説明する図である。図４（Ａ）は、本実施形態の高圧タンク１０について、補強層５０に含まれる５つの単繊維層を示す。図３で説明した通り、高圧タンク１０では、補強層５０の厚さ方向の略中央の部分に等張力曲面Ｓ０が形成される。例えば、図４（Ａ）の単繊維層ＳＦ３が補強層５０の厚さ方向の略中央に位置する単繊維層である場合、単繊維層ＳＦ３において等張力曲面Ｓ０が形成される。等張力曲面から一層遠ざかるに従って生じる、単繊維層の形状の等張力曲面からのずれ量を「１」とする。このとき、図４（Ａ）において括弧書きの数字で表すように、単繊維層ＳＦ３のずれ量は０、単繊維層ＳＦ２、ＳＦ４のずれ量は１、単繊維層ＳＦ１、ＳＦ５のずれ量は２となる。この結果、図４（Ａ）に示す本実施形態の場合、５つの単繊維層を積層して補強層５０を構成した時のずれ量の総和は「 $2 + 1 + 0 + 1 + 2 = 6$ 」となる。

【００２８】

図４（Ｂ）は、比較例の高圧タンクについて、補強層５０×に含まれる５つの単繊維層を示す。比較例の高圧タンクでは、ライナードーム部の外表面を等張力曲面としている。このとき、図４（Ｂ）において括弧書きの数字で表すように、単繊維層ＳＦ１のずれ量は１、単繊維層ＳＦ２のずれ量は２、単繊維層ＳＦ３のずれ量は３、単繊維層ＳＦ４のずれ量は４、単繊維層ＳＦ５のずれ量は５となる。この結果、図４（Ｂ）に示す比較例の場合、５つの単繊維層を積層して補強層５０×を構成した時のずれ量の総和は「 $1 + 2 + 3 +$

4 + 5 = 15」となる。

【0029】

このように、補強層50の厚さ方向の略中央の部分に等張力曲面S0を形成することとすれば(図3、図4(A))、ライナードーム部44の外表面に等張力曲面を形成する場合(図4(B))と比較して、単繊維層の形状の等張力曲面からのずれ量の総和を大幅に減らすことができる。この結果、本実施形態の高圧タンク10は、比較例の高圧タンクと比較して、補強層50に含まれる各単繊維層における繊維51の強度を十分に得ることができ、高圧タンク10の強度を大幅に向上させることができる。

【0030】

A-2.ライナー形状の設計方法：

10

図5は、ライナー形状の設計方法の手順を表すフローチャートである。本実施形態の高圧タンク10に使用されるライナー40(図3)の形状は、図5に示す手順に従って設計されている。

【0031】

図6は、ライナー形状の設計方法の工程P10～P30について説明する図である。図6および以降の図では、最終的なライナー40の形状を得るために使用される仮のライナーについて、符号の「a」を付して図示する。すなわち、例えばライナー40とライナー40aとは対応する一方で異なる形状であり、ライナードーム部44とライナードーム部44aとは対応する一方で異なる形状である。以降、仮のライナー40aを「第1のライナー40a」とも呼び、最終的なライナー40を「第2のライナー40」とも呼ぶ。

20

【0032】

図5の工程P10において、ライナーの半径R(図6)を決定する。半径Rは、第1のライナー40aと、第2のライナー40との間で共通である。半径Rは、例えば、高圧タンク10に求められる容量に応じて決定することができる。

【0033】

図5の工程P20において、第1の等張力曲面に基づいて、第1のライナー40aの形状を決定する。具体的には、図6において破線で示すように、第1のライナー40aのライナードーム部44aの外表面の形状を、等張力曲面S1とする。等張力曲面S1を「第1の等張力曲面S1」とも呼ぶ。

【0034】

30

図5の工程P30において、第1のライナー40aにおける補強層50a(図6)の構成を求める。具体的には、高圧タンク10に要求される強度に応じて、巻回すべき繊維51の量を求める。次に、求めた量の繊維51を、第1のライナー40aにフープ巻きおよびヘリカル巻きした場合の、補強層50aの構成を求める。補強層50aは「仮の補強層」として機能する。

【0035】

図7は、ライナー形状の設計方法の工程P40について説明する図である。図5の工程P40において、半径Rに補強層50aの厚さの1/2を加えて、第2の等張力曲面を求める。具体的には、図7に示すように、第1のライナー40aのライナードーム部44aとライナー円筒部42との境界部分について、半径Rに補強層50aの厚さSTの1/2(すなわち、ST/2)を加えた基準点を求める。次に、求めた基準点を起点とした等張力曲面S2(図7、破線)を求める。等張力曲面S2を「第2の等張力曲面S2」とも呼ぶ。

40

【0036】

図8は、ライナー形状の設計方法の工程P50について説明する図である。図5の工程P50において、第2の等張力曲面S2から各部位における補強層50aの厚さの1/2を減じて、第2のライナー40の形状を決定する。具体的には、以下の手順a1、a2の通りである。

(a1)第1のライナー40aのうち、ライナードーム部44aとライナー円筒部42との境界から、口金14の近傍にかけての各部位に対して、工程P40で求めた第2の等張

50

力曲面 S 2 から、各部位の外表面に形成されている補強層 5 0 a の厚さの $1/2$ を減じた点を求める。

(a 2) 手順 a 1 で求めた各点を通るように、第 2 のライナー 4 0 の外表面の形状 (より具体的にはライナードーム部 4 4 の外表面の形状) を決定する。手順 a 2 で決定されたライナードーム部 4 4 の外表面の形状は「所定の曲面形状」として機能する。

【 0 0 3 7 】

図 8 では、第 1 のライナー 4 0 a の 3 つの部位に対して上述の手順 a 1、a 2 を実行した場合を例示している。具体的には、点 P 1 は、第 2 の等張力曲面 S 2 から補強層 5 0 a の厚さ T 1 の $1/2$ を減じた点として算出される。同様に、点 P 2 は、第 2 の等張力曲面 S 2 から補強層 5 0 a の厚さ T 2 の $1/2$ を減じた点として算出され、点 P 3 は、第 2 の等張力曲面 S 2 から補強層 5 0 a の厚さ T 3 の $1/2$ を減じた点として算出される。この結果、図 8 の例では、第 2 のライナー 4 0 のライナードーム部 4 4 の所定の曲面形状 (図 8、一点鎖線) は、求められた点 P 1 ~ P 3 を通る形状に決定される。

【 0 0 3 8 】

図 8 の例から明らかなように、補強層 5 0 a の厚さは、ライナードーム部 4 4 a とライナー円筒部 4 2 との境界近傍から、口金 1 4 の近傍へと、手順 a 1、a 2 における処理の対象とする部位が移動するにつれて大きくなる。このため、点 P 1 ~ P 3 をそれぞれ求めるために減じられる値の関係は、 $(T 1 / 2) < (T 2 / 2) < (T 3 / 2)$ となる。

【 0 0 3 9 】

この結果、最終的に得られる第 2 のライナー 4 0 について、ライナードーム部 4 4 の所定の曲面形状は等張力曲面ではなく、第 1 のライナー 4 0 a と比較して、口金 1 4 の近傍がより窪んだ形状となる。換言すれば、ライナードーム部 4 4 の所定の曲面形状は、等張力曲面 S 0 (図 3、破線) および第 2 の等張力曲面 S 2 (図 7、破線) からのずれの大きさが、ライナー円筒部 4 2 とライナードーム部 4 4 の境界近傍から、ライナー円筒部 4 2 の中心軸 A X 近傍 (すなわち、口金 1 4 の近傍) にかけて、徐々に大きくなる形状となる。

【 0 0 4 0 】

なお、図 8 では、図示の便宜上、第 1 のライナー 4 0 a の 3 つの部位に対して上述の手順 a 1、a 2 を実行した場合を示した。しかし、ライナー形状の設計方法 (図 5) において、手順 a 1、a 2 を実行する部位の数は任意に決定することができ、精度向上の観点からは多ければ多いほどよい。

【 0 0 4 1 】

以上のように、上記実施形態のライナー形状の設計方法によれば、本実施形態の高圧タンク 1 0 (図 3) におけるライナー 4 0 の形状を、簡便に求めることができる。

【 0 0 4 2 】

A - 3 . 評価 :

図 9 は、本実施形態の高圧タンク 1 0 についての性能評価の結果を示す図である。図 1 0 は、比較例の高圧タンクについての性能評価の結果を表す図である。性能評価では、以下の 2 つの高圧タンクについて、C A E (Computer Aided Engineering) 解析の有限要素法 (F E M、Finite Element Method) を用いて、補強層 5 0、5 0 a に生じた繊維 5 1 のひずみ量を取得した。

・本実施形態の高圧タンク 1 0 : ライナー形状の設計方法 (図 5) を用いて得られた第 2 のライナー 4 0 を採用した高圧タンク。

・比較例の高圧タンク : ライナー形状の設計方法 (図 5) の第 1 のライナー 4 0 a を採用した高圧タンク。

【 0 0 4 3 】

図 9 および図 1 0 では、繊維 5 1 のひずみ量が小さい部分には淡色のハッチングを付し、繊維 5 1 のひずみ量が大きくなるにつれて徐々に濃色となるハッチングを付した。図示のように、比較例の高圧タンク (図 1 0) と比較して、本実施形態の高圧タンク 1 0 (図 9) では、口金 1 4 の端部に生じていた大きなひずみが低減されていることがわかる。ま

た、本実施形態の高圧タンク 10 では、補強層 50 の外表面に生じていた広範囲にわたるひずみが低減されていることがわかる。このとき、本実施形態の高圧タンク 10 についての C A E 解析により得られた最大発生ひずみ量は、比較例の高圧タンクに比べて約 5 % 低減した。

【 0 0 4 4 】

以上のように、上記実施形態の高圧タンク 10 では、ライナー 40 のライナードーム部 44 (ドーム部) の外表面の形状 (図 3) が、等張力曲面とは異なる所定の曲面形状であって、ライナードーム部 44 に繊維 51 がヘリカル巻きで巻回されていく過程において、等張力曲面 S0 (図 3、破線) が形成される所定の曲面形状とされている。このため、図 4 で説明したように、補強層 50 に含まれる各単繊維層 (各繊維層) の形状の等張力曲面からのずれ量の総和を、ライナードーム部 44 を等張力曲面とした場合と比較して低減することができる。この結果、本実施形態の高圧タンク 10 によれば、補強層 50 に含まれる各単繊維層における繊維 51 の強度を得ることができ、高圧タンク 10 の強度を向上させることができる。

10

【 0 0 4 5 】

また、上記実施形態の高圧タンク 10 において、所定の曲面形状は、繊維 51 が巻回されて複数の単繊維層 (繊維層) からなる補強層 50 が形成された状態において、補強層 50 の厚さ方向の略中央の部分に、等張力曲面 S0 (図 3、破線) が形成される形状とされている。このため、図 4 で説明したように、補強層 50 に含まれる各単繊維層 (各繊維層) の形状の等張力曲面からのずれ量の総和を最小とすることができる。この結果、本実施形態の高圧タンク 10 によれば、補強層 50 に含まれる各単繊維層における繊維 51 の強度を十分に得ることができ、高圧タンク 10 の強度を大幅に向上させることができる。

20

【 0 0 4 6 】

さらに、上記実施形態の高圧タンク 10 において、所定の曲面形状は、等張力曲面からのずれの大きさが、ライナー 40 のライナー円筒部 42 (円筒部) とライナードーム部 44 (ドーム部) との境界近傍から、ライナー円筒部 42 の中心軸 A X 近傍 (すなわち、口金 14 の近傍) にかけて、徐々に大きくなる形状である (図 8)。このため、本実施形態によれば、ライナー 40 のライナードーム部 44 の所定の曲面形状を、フィラメントワインディング法のヘリカル巻きの性質を考慮した形状とすることができる。

【 0 0 4 7 】

30

B. 変形例:

なお、この発明は上記の実施形態や実施形態に限られるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲において種々の態様で実施することが可能であり、例えば次のような変形も可能である。

【 0 0 4 8 】

・変形例 1:

上記実施形態では、高圧タンクの構成の一例を示した。しかし、高圧タンクの構成は種々の変更が可能であり、例えば、構成要素の追加、削除、変換等を実施可能である。

【 0 0 4 9 】

例えば、高圧タンクにおける補強層は、上述したフープ巻きや、ヘリカル巻き (高角度ヘリカル巻き、低角度ヘリカル巻きの両方を含む) 以外の方法によって巻回された繊維によって形成されてもよい。

40

【 0 0 5 0 】

例えば、高圧タンクにおける補強層は、機能の異なる複数種類の補強層 (例えば、C F R P 層と、G F R P 層) から構成されていてもよい。この場合、ライナー形状の設計方法の工程 P 40、P 50 では、複数種類の補強層の厚さの総和に基づく計算を実施してもよいし、ある 1 種類の補強層 (例えば、C F R P 層) の厚さに基づく計算を実施してもよい。

【 0 0 5 1 】

・変形例 2:

50

上記実施形態では、ライナー形状の設計方法の一例を示した。しかし、ライナー形状の設計方法は種々の変更が可能であり、例えば、工程の追加、削除、工程において実施される内容の変更等が可能である。

【 0 0 5 2 】

例えば、工程 P 2 0 では、第 1 のライナーのライナードーム部の外表面の形状を第 1 の等張力曲面 S 1 とした。しかし、第 1 のライナーのライナードーム部の外表面の形状は、等張力曲面とは異なる形状としてもよい。

【 0 0 5 3 】

例えば、工程 P 4 0 では、第 2 の等張力曲面 S 2 を求める際の基準点を、ライナーの半径 R に仮の補強層の厚さの $1/2$ を加えた点とした。しかし、この基準点は、仮の補強層の内部に設定される限りにおいて、任意に定めることができる。例えば、基準点は、半径 R に仮の補強層の厚さの $1/n$ (n は任意の正の数) を加えた点とすることができる。このようにしても、ライナードーム部を等張力曲面とした場合と比較して、補強層に含まれる各単繊維層の形状の等張力曲面からのずれ量の総和を低減することができる。

【 0 0 5 4 】

例えば、工程 P 5 0 では、ライナードーム部の所定の曲面形状を求めるために、第 2 の等張力曲面 S 2 から、各部位に対応する仮の補強層の厚さの $1/2$ を減じた。しかし、第 2 の等張力曲面 S 2 から減じる厚さの値は、任意に定めることができる。例えば、第 2 の等張力曲面 S 2 から減じる厚さの値は、各部位に対応する仮の補強層の厚さの $1/m$ (m は任意の正の数) とすることができる。なお、上記変形例における「 n 」と本変形例における「 m 」とは、同じ数とすることが好ましい。このようにしても、上記実施形態の高圧タンクに使用されるライナーの形状を簡便に決定することができる。

【 0 0 5 5 】

・ 変形例 3 :

本発明は、上述の実施形態や実施例、変形例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、実施例、変形例中の技術的特徴は、上述の課題の一部または全部を解決するために、あるいは、上述の効果の一部また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 5 6 】

- 1 0 ... 高圧タンク
- 1 4 ... 口金
- 1 4 o ... 開口部
- 1 5 ... ガイド
- 2 5 ... 空間
- 4 0 ... ライナー、第 2 のライナー
- 4 0 a ... 第 1 のライナー
- 4 2 ... ライナー円筒部
- 4 4、4 4 a ... ライナードーム部
- 5 0、5 0 a、5 0 x ... 補強層
- 5 1 ... 繊維
- A X ... 中心軸
- S 0 ... 等張力曲面
- S 1 ... 第 1 の等張力曲面
- S 2 ... 第 2 の等張力曲面
- S F 1 ~ S F 5 ... 単繊維層

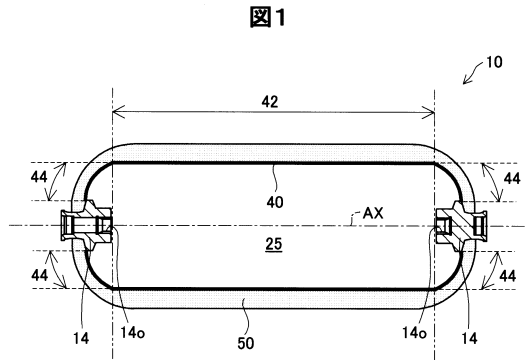
10

20

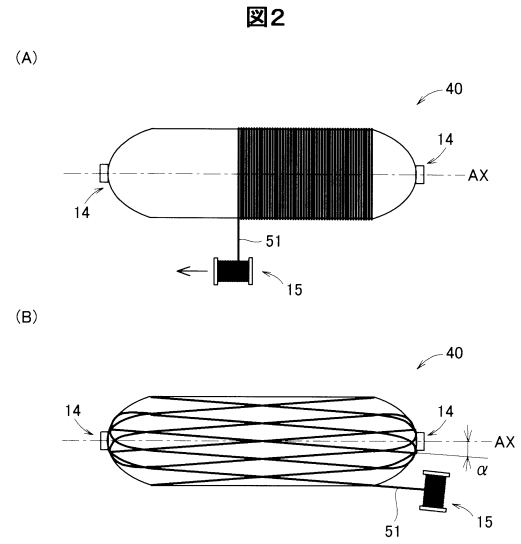
30

40

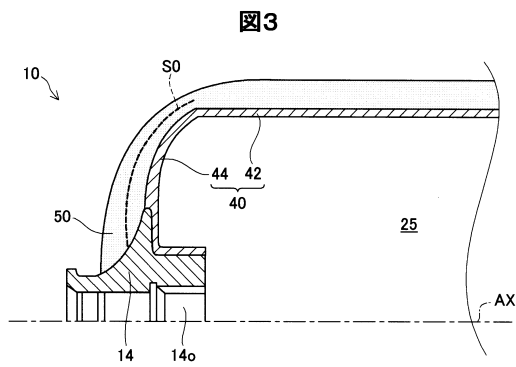
【図 1】



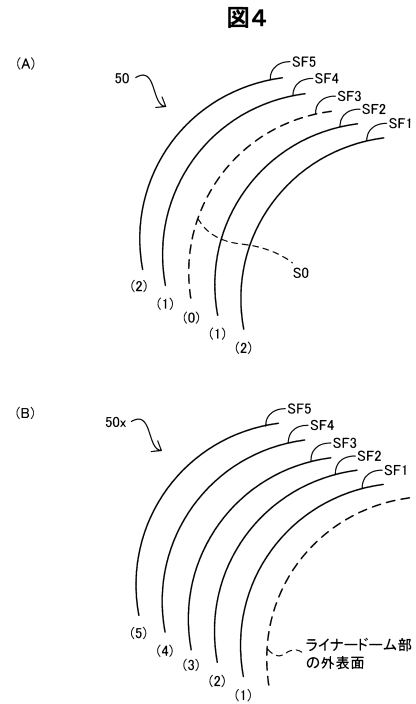
【図 2】



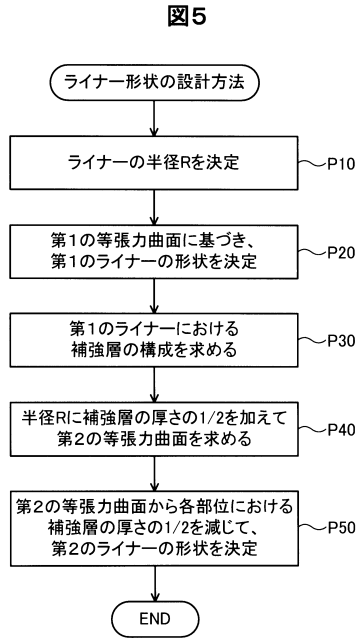
【図 3】



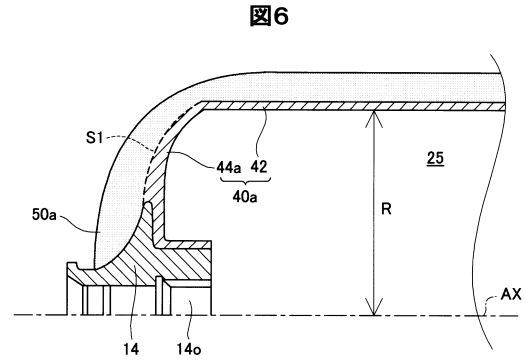
【図 4】



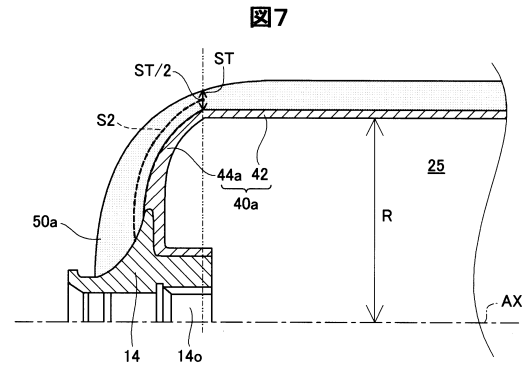
【図5】



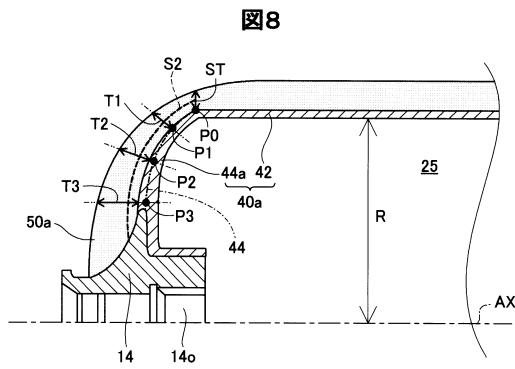
【図6】



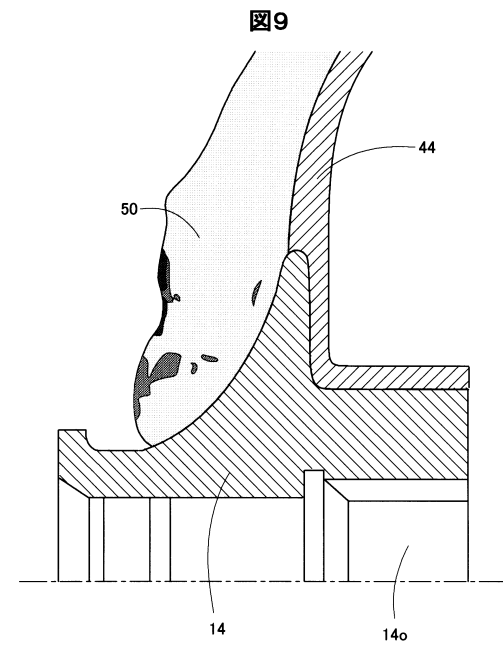
【図7】



【図8】

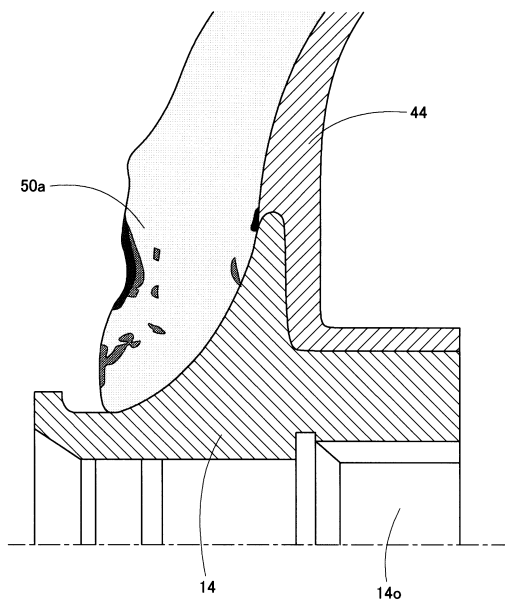


【図9】



【図 10】

図10



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2012-159158(JP,A)
特開平11-101397(JP,A)
特開平10-119138(JP,A)
特開2011-047486(JP,A)
米国特許出願公開第2010/0213198(US,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
F17C 1/00-13/12
F16J12/00