

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号

特許第7088086号

(P7088086)

(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 6 J 12/00 (2006.01)

F 1 6 J 12/00

F

B 2 9 C 70/32 (2006.01)

F 1 6 J 12/00

A

F 1 7 C 1/06 (2006.01)

B 2 9 C 70/32

F 1 7 C 1/06

請求項の数 3 (全12頁)

(21)出願番号 特願2019-41132(P2019-41132)
(22)出願日 平成31年3月7日(2019.3.7)
(65)公開番号 特開2020-143742(P2020-143742
A)
(43)公開日 令和2年9月10日(2020.9.10)
審査請求日 令和3年6月24日(2021.6.24)

(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 110002572
特許業務法人平木国際特許事務所
(72)発明者 八田 健
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 羽鳥 公一

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 タンクの製造方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

熱硬化性樹脂が含浸された導電性の繊維束がライナーに巻回されることにより形成された繊維強化樹脂層を含むタンクの製造方法であって、

前記ライナーに未硬化の前記繊維強化樹脂層が形成された前記タンクを準備する工程と、低周波誘導加熱により、前記未硬化の繊維強化樹脂層を加熱して前記熱硬化性樹脂を軟化させる第1加熱工程と、

前記第1加熱工程の後に、軟化した前記繊維強化樹脂層を高周波誘導加熱により加熱して硬化させる第2加熱工程と、

を含むことを特徴とするタンクの製造方法。

【請求項2】

前記繊維強化樹脂層の最内層が硬化開始温度に到達したタイミングで、前記第1加熱工程から前記第2加熱工程に切り替えることを特徴とする請求項1に記載のタンクの製造方法。

【請求項3】

前記第1加熱工程において、前記熱硬化性樹脂の融点以上、硬化開始温度未満の温度で前記繊維強化樹脂層の最内層および最外層を所定時間保持することを特徴とする請求項1または2に記載のタンクの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、繊維束がライナーに巻回されることにより形成された繊維強化樹脂層を含むタンクの製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、水素等の貯蔵・供給に用いられる高圧タンク（高圧ガス貯蔵容器）として、タンク本体と、そのタンク本体の長手方向の開口端部に取り付けられた口金部とを備えているタンクが知られている。タンク本体は、例えば、水素ガスを気密保持するためのライナーと、その外周面をCFRP（Carbon Fiber Reinforced Plastics；炭素繊維強化樹脂）からなる繊維束で巻き付けて強化した繊維強化樹脂層との2層構造となっている。

【0003】

高圧タンクの製造方法としては、例えばフィラメントワインディング法（以下、単に「FW法」とも呼ぶ）によりライナーの外周に繊維束を巻き付けて未硬化の繊維強化樹脂層を形成し、その後、繊維強化樹脂層を加熱して硬化させる方法が知られている。繊維強化樹脂層の加熱方法としては、温風吹き付けや電熱ヒーターによる加熱、或いは誘導加熱等、種々の加熱方法があるが、誘導加熱によれば繊維強化樹脂層を速やかに昇温することが可能である。

【0004】

なお、誘導加熱により繊維強化樹脂層を加熱して硬化させるタンクの製造方法は、例えば特許文献1に開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【文献】特開2013-103395号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

しかしながら、誘導加熱により繊維強化樹脂層を加熱して硬化させる際に、繊維強化樹脂層の最外層から染み出す熱硬化性樹脂の量が多くなると、繊維強化樹脂層の繊維体積含有率（以下、 V_f ともいう）が高くなる。このため、 V_f のばらつきやタンクの強度低下が発生する。また、繊維強化樹脂層を加熱して硬化させる際に、繊維強化樹脂層内の空気やガスが外部に抜けにくい場合、繊維強化樹脂層内にボイドが発生し、外観不良や品質低下が生じる。

【0007】

本発明は、このような点を鑑みてなされたものであり、繊維強化樹脂層の繊維体積含有率が高くなるのを抑制するとともに、繊維強化樹脂層内にボイドが発生するのを抑制することが可能なタンクの製造方法を提供することを課題とする。

【課題を解決するための手段】

【0008】

このような点を鑑みて、本発明に係るタンクの製造方法は、熱硬化性樹脂が含浸された導電性の繊維束がライナーに巻回されることにより形成された繊維強化樹脂層を含むタンクの製造方法であって、前記ライナーに未硬化の前記繊維強化樹脂層が形成された前記タンクを準備する工程と、低周波誘導加熱により、前記未硬化の繊維強化樹脂層を加熱して前記熱硬化性樹脂を軟化させる第1加熱工程と、前記第1加熱工程の後に、軟化した前記繊維強化樹脂層を高周波誘導加熱により加熱して硬化させる第2加熱工程と、を含む。

【0009】

本発明のタンクの製造方法によれば、低周波誘導加熱により、前記未硬化の繊維強化樹脂層を加熱して前記熱硬化性樹脂を軟化させる第1加熱工程を設ける。このように、低周波誘導加熱により繊維強化樹脂層を加熱した場合、繊維強化樹脂層の内側層が加熱されやすい。このため、繊維強化樹脂層の内側層内の空気やガスを繊維強化樹脂層の外部に抜けやすくすることができる。その結果、繊維強化樹脂層内にボイドが発生するのを抑制するこ

10

20

30

40

50

とができるので、外観不良や品質低下が生じるのを抑制することができる。なお、ライナーに未硬化の繊維強化樹脂層が形成されたタンクを準備する工程の後に、低周波誘導加熱を行わず、高周波誘導加熱のみにより未硬化の繊維強化樹脂層を加熱すると、繊維強化樹脂層の最外層が硬化することにより内側層内の空気やガスが外部に抜けにくくなるので、繊維強化樹脂層内にボイドが発生してしまう。

【 0 0 1 0 】

また、前記第 1 加熱工程の後に、軟化した前記繊維強化樹脂層を高周波誘導加熱により加熱して硬化させる第 2 加熱工程を設ける。このように、高周波誘導加熱により繊維強化樹脂層を加熱した場合、繊維強化樹脂層の外側層（特に最外層）が加熱されやすい。このため、繊維強化樹脂層の外側層（特に最外層）を内側層よりも先に硬化させることができるので、熱硬化性樹脂が繊維強化樹脂層の最外層から染み出すのを抑制することができる。その結果、繊維強化樹脂層の繊維体積含有率がばらついたり、繊維体積含有率が高くなることに起因するタンクの強度低下が発生したりするのを抑制することができる。なお、低周波誘導加熱により繊維強化樹脂層を加熱して硬化させる場合、高周波誘導加熱により繊維強化樹脂層を加熱して硬化させる場合に比べて繊維強化樹脂層の外側層が硬化するタイミングが遅くなる（繊維強化樹脂層の外側層が内側層よりも先に硬化しなくなる）ので、繊維強化樹脂層の最外層から染み出す熱硬化性樹脂の量が多くなる。

10

【 0 0 1 1 】

上記タンクの製造方法において、好ましくは、前記繊維強化樹脂層の最内層が硬化開始温度に到達したタイミングで、前記第 1 加熱工程から前記第 2 加熱工程に切り替える。このように、繊維強化樹脂層の最内層が硬化開始温度に到達するまで低周波誘導加熱による第 1 加熱工程を行うことによって、繊維強化樹脂層の内側層内の空気やガスを繊維強化樹脂層の外部にさらに抜けやすくすることができる。また、繊維強化樹脂層の最内層が硬化開始温度に到達したタイミングで、高周波誘導加熱による第 2 加熱工程を行うことによって、熱硬化性樹脂が繊維強化樹脂層の最外層から染み出すのを抑制することができる。以上のように、熱硬化性樹脂の染み出しを抑制しながら、繊維強化樹脂層の内側層の空気やガスをさらに抜けやすくすることができる。

20

【 0 0 1 2 】

上記タンクの製造方法において、好ましくは、前記第 1 加熱工程において、前記熱硬化性樹脂の融点以上、硬化開始温度未満の温度で繊維強化樹脂層の最内層および最外層を所定時間保持する。このように構成すれば、繊維強化樹脂層の最内層および最外層を低粘度状態で所定時間保持することができるので、繊維強化樹脂層内の空気やガスを確実に外部に抜くことができる。このため、繊維強化樹脂層内にボイドが発生するのをより抑制することができる。

30

【 発明の効果 】

【 0 0 1 3 】

本発明によれば、繊維強化樹脂層の繊維体積含有率が高くなるのを抑制するとともに、繊維強化樹脂層内にボイドが発生するのを抑制することが可能なタンクの製造方法を提供することができる。

【 図面の簡単な説明 】

40

【 0 0 1 4 】

【 図 1 】 本発明の一実施形態に係る製造方法により作製される高压タンクを示す図であり、図 1 (a) は、高压タンクの分解斜視図を示し、図 1 (b) は、高压タンクの斜視図を示す。

【 図 2 】 本発明の一実施形態に係る高压タンクの製造方法を示すフローチャートである。

【 図 3 】 本発明の一実施形態に係る高压タンクの製造方法により補強層が形成された高压タンクの斜視図であり、図 3 (a) は、外周部がヘリカル巻きで形成された補強層を示し、図 3 (b) は、外周部がフープ巻きで形成された補強層を示す。

【 図 4 】 本発明の一実施形態に係る高压タンクの製造方法の硬化工程を説明するための図であり、補強層が形成されたライナーを誘導加熱硬化炉内にセットした状態を示す斜視図

50

である。

【図５】図４の補強層およびコイル周辺の構造を示す拡大断面図である。

【図６】本発明の一実施形態に係る高圧タンクの製造方法における硬化工程の経過時間と温度との関係を示すグラフである。

【発明を実施するための形態】

【００１５】

以下、図面を参照して、本発明の実施形態に係る高圧タンク１０の製造方法について説明する。なお、高圧タンク１０は、本発明の「タンク」の一例である。

【００１６】

まず、高圧タンク１０の構成について説明する。高圧タンク１０は、図１（ａ）、図１（
１０
ｂ）に示すように、ライナー１１と、口金１２、１３と、ライナー１１の外周面に形成された補強層（繊維強化樹脂層）１４と、一対のキャップ１５とにより構成されている。高圧タンク１０は、気体を透過させにくい性質、いわゆるガスバリア性を有しており内部には水素などの比較的高圧のガスが充填されるように構成されている。

【００１７】

ライナー１１は、筒状の中空容器からなり、ガスバリア性を有する樹脂によって形成されている。ライナー１１の樹脂材料としては、たとえば、ポリエチレン、ポリプロピレン、またはナイロンポリアミド、エチレンビニルアルコール共重合体等の熱可塑性樹脂を挙げることができる。なお、ライナー１１は、アルミニウムまたはステンレス鋼などの金属材料によって形成されていてもよい。
20

【００１８】

ライナー１１は、シリンダー部１６と、一対のドーム部１７とを有している。シリンダー部１６は円筒状に形成され、各ドーム部１７はそれぞれ中空の略半球体からなり、シリンダー部１６と一体的に形成されている。各ドーム部１７は、図示しない口金装着部を有しており、口金装着部には口金１２、１３が装着されている。

【００１９】

口金１２は、金属材料からなり、略半球状に形成されたドーム部１７からライナー１１の軸線方向に突出している。口金１３は、口金１２と同様、金属材料からなり、略半球状に形成されたドーム部１７からライナー１１の軸線方向に突出している。

【００２０】

一対のキャップ１５は、多孔質構造の衝撃吸収性樹脂で構成されている。多孔質構造の衝撃吸収性樹脂としては、例えば、ウレタンゴム、ニトリルゴム、フッ素ゴムなどのゴム材料が挙げられる。
30

【００２１】

補強層１４は、繊維束Ｆがライナー１１の外周面に巻き付けられて形成されている。繊維束Ｆは、未硬化の熱硬化性樹脂が含浸された強化繊維からなる。本実施形態では、強化繊維としては、例えばカーボン繊維（Carbon Fiber）、ボロン繊維、スチール繊維などの導電性を有する繊維を挙げることができる。なお、補強層１４の最外層上に、ガラス繊維（Glass Fiber）、アラミド繊維（Aromatic Polyamide Fiber）、ＰＢＯ繊維、天然繊維、又は高強度ポリエチレン繊維などの繊維をプラスチックの中に入れて強度を向上させた層が保護層としてさらに設けられていてもよい。
40

【００２２】

また、熱硬化性樹脂としては、エポキシ系樹脂、ビニルエステル樹脂に代表される変性エポキシ樹脂、フェノール樹脂、メラミン樹脂、ユリア樹脂、不飽和ポリエステル樹脂、アルキド樹脂、ポリウレタン樹脂、熱硬化性ポリイミド樹脂を挙げることができる。なお、繊維束Ｆに含浸される熱硬化性樹脂は、硬化開始温度が融点（軟化点）よりも高くなるように設定されている。

【００２３】

繊維束Ｆは、数十本の単繊維を撚り合わせて１本の糸にした、いわゆるマルチフィラメントが、数千～数万本程度束ねられた繊維束からなる。補強層１４の形成は、例えば、図示
50

しないフィラメントワインディング装置 (Filament Winding Apparatus、以下 F W 装置という) によって行われる。

【 0 0 2 4 】

この F W 装置は、太い繊維束 F を引伸ばして細くするとともに、あまい撚りを与えて粗糸とし、巻き取ったいわゆる粗紡糸 (ガラスロービングなどのロービング) に樹脂を含浸させながら、または、樹脂が含浸された粗紡糸にテンションをかけ、被加工物に連続的に巻き付ける製造装置をいう。この F W 法によれば、巻き付ける際の角度を調整することにより、被加工物の軸方向および周方向の強度を調整することができる。

【 0 0 2 5 】

本実施形態に係る高圧タンク 10 の製造方法について説明する。高圧タンク 10 の製造方法は、図 2 に示すように、ライナー、口金およびキャップ作製工程 S 1 と、補強層形成工程 S 2 と、硬化工程 S 3 と、キャップ接着工程 S 4 とを含んで構成されている。各工程は、順に行われる。なお、本実施形態の硬化工程 S 3 は、第 1 加熱工程 S 3 1 および第 2 加熱工程 S 3 2 を含んでいる。

10

【 0 0 2 6 】

ライナー、口金およびキャップ作製工程 S 1 においては、ライナー 11、口金 12、13 および一対のキャップ 15 が作製される。ライナー 11 は、長手方向の中央部分で分割し、シリンダー部およびドーム部 17 を有する一方側のライナーと、一方側のライナーと同様、シリンダー部およびドーム部 17 を有する他方側のライナーとを樹脂等で成形することによりそれぞれ作製する。また、口金 12、13 は、金型鑄造や切削などの金属加工によりそれぞれ作製する。

20

【 0 0 2 7 】

次いで、作製した一方側のライナーの貫通孔に口金 12 を挿入し、一方側のライナーと口金 12 とを嵌合させる。また、作製した他方側のライナーの貫通孔に口金 13 を挿入し、他方側のライナーと口金 13 とを嵌合させる。次いで、口金 12 が装着された一方側のライナーのシリンダー部の開口する一方端部と、口金 13 が装着された他方側のライナーのシリンダー部の開口する一方端部とが対向するようにして突き合わされ、互いの軸線を一致させるようにして、一方側のライナーと他方側のライナーとを組み付ける。

【 0 0 2 8 】

組み付けられた一方側のライナーと他方側のライナーをレーザー融着などの接合手段により接合する。この接合により、一方側のライナーと他方側のライナーが一体化されるとともに、口金 12、13 が装着されたライナー 11 が作製される。

30

【 0 0 2 9 】

各キャップ 15 は、多孔質構造の衝撃吸収性樹脂、例えば、ポリウレタン (P U) からなるウレタンゴム、ニトリルゴム、フッ素ゴムなどのゴム材料により、図 1 (a)、図 1 (b) に示すように、ライナー 11 のドーム部 17 上の補強層 14 と同様の形状で成形することにより作製する。キャップ 15 は、中央部分に貫通孔を有しており、ドーム部 17 上の補強層 14 に取り付けられる際に口金 12、13 が挿入されるよう構成されている。

【 0 0 3 0 】

補強層形成工程 S 2 においては、繊維束 F が巻き付けられた複数のボビンが F W 装置にセットされ、ボビンから巻き出された繊維束 F が F W 装置の各構成要素にセットされ、F W 装置が稼働し、F W 装置によって繊維束 F が所定の張力が付与された状態でライナー 11 の外周面に巻き付けられて補強層 14 が形成される。F W 装置は、ライナー 11 の口金 12、13 を支持する支持部と、ライナー 11 を軸心回りに回転させる回転駆動部と、繊維束 F をライナー 11 に送る繊維案内部と、を備えている。繊維案内部は、繊維束 F のライナー 11 の軸線方向への往復移動と、ライナー 11 の回転との協働により、ライナー 11 の外周面に繊維束 F を巻き付けるように構成されている。

40

【 0 0 3 1 】

繊維案内部は、繊維束 F のライナー 11 の軸線方向への移動速度 (m / s e c) と、ライナー 11 の軸線に対する角度と、ライナー 11 の回転速度 (r p m) とを図示しない制御

50

部により制御することで、ライナー 11 の繊維束 F の巻き付け方をヘリカル巻きやフープ巻きに変化できるように構成されている。

【0032】

ヘリカル巻きは、図 3 (a) に示すように、繊維束 F の巻回軌跡がライナー 11 の軸線 CL に対して、例えば $10^{\circ} \sim 30^{\circ}$ 程度の低角度 θ で交差する巻き付け方で、繊維束 F がライナー 11 のシリンダー部 16 と、一对のドーム部 17 の全体に亘って繰り返して巻回される。

【0033】

フープ巻きは、図 3 (b) に示すように、繊維束 F の巻回軌跡がライナー 11 の軸線 CL に対して、例えば 90° 程度の直角に近い角度で交差する巻き付け方で、繊維束 F がライナー 11 のシリンダー部 16 の外周面に繰り返して巻回される。

【0034】

このようにして、ライナー 11 に繊維束 F が巻回されることにより未硬化の補強層 14 が形成されたタンクが得られる。すなわち、補強層形成工程 S2 は、本発明の「タンクを準備する工程」の一例である。

【0035】

硬化工程 S3 においては、補強層 14 の加熱による硬化処理が行われる。具体的には、図 4 に示すように、未硬化の補強層 14 が形成されたライナー 11 を誘導加熱硬化炉 30 内にセットし、ライナー 11 の周囲に誘電加熱用のコイル 31 を螺旋状に配置する。誘導加熱硬化炉 30 には、コイル 31 に電流を流す誘導加熱装置 (図示せず) が設けられている。また、誘導加熱硬化炉 30 内には、補強層 14 の表面温度を測定する非接触型の温度センサー (図示せず) が設けられている。なお、補強層形成工程 S2 において補強層 14 の表面または表面近傍に熱電対を取り付けておくことによって、補強層 14 の表面または表面近傍の温度を測定できるように構成してもよい。

【0036】

また、誘導加熱硬化炉 30 内には、ライナー 11 の口金 12 および 13 を支持する支持部と、ライナー 11 を軸心回りに回転させる回転駆動部と、が設けられており、硬化工程 S3 では、ライナー 11 を回転させながら硬化させる。

【0037】

ここで、本実施形態では、硬化工程 S3 は、低周波電流をコイル 31 に流して補強層 14 を加熱する第 1 加熱工程 S31 と、高周波電流をコイル 31 に流して補強層 14 を加熱する第 2 加熱工程 S32 と、を含んでいる。なお、一般的に、低周波電流とは 5 kHz 以下の電流をいい、高周波電流とは 10 kHz 以上の電流をいう。本実施形態では、低周波電流とは例えば 50 Hz 以上、 5 kHz 以下の電流をいい、高周波電流とは例えば 10 kHz 以上、 100 kHz 以下の電流をいう。

【0038】

第 1 加熱工程 S31 では、低周波誘導加熱により、未硬化の補強層 14 を加熱して熱硬化性樹脂を軟化させる。低周波誘導加熱では、補強層 14 の内側層 (補強層 14 のうちのライナー 11 寄りの層) 14a (図 5 参照) が加熱されやすいため、内側層 14a は外側層 (補強層 14 のうちの表面寄りの層) 14b (図 5 参照) よりも先に温度が上昇する (図 6 の時刻 $t_0 \sim t_1$)。なお、図 6 において、実線は上記温度センサー (図示せず) による補強層 14 の最外層の実測値を示し、破線は予め測定した補強層 14 の最内層の温度データと最外層の温度データとの関係から導出される補強層 14 の最内層の温度の予測値を示している。

【0039】

内側層 14a の温度が繊維束 F に含浸された熱硬化性樹脂の融点 T_1 (図 6 参照) に到達すると、内側層 14a は液状化して低粘度状態になる。その後、外側層 14b の温度が融点 T_1 (図 6 参照) に到達するとともに、外側層 14b は液状化して低粘度状態になる (図 6 の時刻 t_1)。この状態では、補強層形成工程 S2 において繊維束 F 同士の隙間に入り込んだ空気、及び熱硬化性樹脂から発生するガスが、徐々に補強層 14 の表面から外部

10

20

30

40

50

に抜ける。

【 0 0 4 0 】

本実施形態では、この状態を所定時間保持するために、補強層 1 4 の内側層 1 4 a および外側層 1 4 b の温度が融点 T_1 に到達すると、誘導加熱装置をオンオフ制御することにより補強層 1 4 の最内層および最外層の温度を融点 T_1 以上、熱硬化性樹脂の硬化開始温度 T_2 (図 6 参照) 未満に所定時間保持する (図 6 の時刻 $t_1 \sim t_2$)。これにより、補強層 1 4 内の空気やガスが十分に外部に抜ける (排出される) ので、後述する第 2 加熱工程 S 3 2 において補強層 1 4 内にボイドがほとんど発生しない。なお、時刻 $t_2 - t_1$ (保持時間) は、熱硬化性樹脂の種類や繊維束 F の巻き付け厚み等 (空気やボイドの抜けやすさ) によって変化する。

10

【 0 0 4 1 】

その後、低周波誘導加熱により補強層 1 4 の最内層の温度が熱硬化性樹脂の硬化開始温度 T_2 になるまで加熱する (図 6 の時刻 $t_2 \sim t_3$)。

【 0 0 4 2 】

ここで、本実施形態では、補強層 1 4 の最内層の温度が硬化開始温度 T_2 になるタイミングで、10 kHz 以上、100 kHz 以下の高周波電流をコイル 3 1 に流して補強層 1 4 を加熱する第 2 加熱工程 S 3 2 に切り替える。すなわち、補強層 1 4 の最内層の温度が硬化開始温度 T_2 になったタイミングで、第 1 加熱工程 S 3 1 から第 2 加熱工程 S 3 2 に切り替える。高周波誘導加熱では、外側層 1 4 b (特に最外層) が内側層 1 4 a よりも加熱されやすいため、外側層 1 4 b (特に最外層) は内側層 1 4 a よりも先に温度が上昇する (図 6 の時刻 $t_3 \sim t_4$)。

20

【 0 0 4 3 】

その後、外側層 1 4 b および内側層 1 4 a の温度が順に熱硬化性樹脂の硬化温度 T_3 (図 6 参照) に到達し、外側層 1 4 b および内側層 1 4 a が硬化する。このとき、外側層 1 4 b (特に最外層) が内側層 1 4 a よりも先に硬化するため、熱硬化性樹脂が補強層 1 4 の最外層から染み出すのを抑制することができる。

【 0 0 4 4 】

そして、誘導加熱装置の通電をオンオフ制御することにより、最外層および最内層の温度を硬化温度 T_3 以上に所定時間保持する (図 6 の時刻 $t_4 \sim t_5$)。これにより、補強層 1 4 の硬化が完了する。

30

【 0 0 4 5 】

その後、誘導加熱装置の通電をオンオフ制御することにより、硬化温度 T_3 から熱硬化性樹脂のガラス転移温度 T_4 (図 6 参照) まで徐々に温度が低下するように内側層 1 4 a および外側層 1 4 b を冷却する (図 6 の $t_5 \sim t_6$)。硬化温度 T_3 からガラス転移温度 T_4 までの徐冷は、品質に悪影響を及ぼさないよう経過時間と温度との関係が管理される。

【 0 0 4 6 】

そして、誘導加熱装置をオフにするとともに冷風を用いて空冷することによって、補強層 1 4 を急冷する (図 6 の $t_6 \sim t_7$)。急冷は、徐冷速度よりも早い速度で温度を下降させ、冷却時間の短縮が図られる。冷却速度は品質に悪影響を及ぼさないので、可能な限り急速に冷却される。

40

【 0 0 4 7 】

キャップ接着工程 S 4 においては、各キャップ 1 5 の内周面 (補強層 1 4 に接する面) に接着剤 (図示せず) を塗布する。接着剤は、空気中の水分と反応して硬化する湿気硬化型からなり、例えば、シアノアクリレート系、シリコーンゴム系や変性アクリルシリコーンからなる。そして、キャップ 1 5 をライナー 1 1 のドーム部 1 7 上の補強層 1 4 に取り付けるとともに、図示しない加圧保持機構によりキャップ 1 5 を補強層 1 4 に対して加圧保持する。これにより、キャップ 1 5 が接着剤を介して補強層 1 4 に接着される。

【 0 0 4 8 】

以上のようにして、高圧タンク 1 0 が製造される。

【 0 0 4 9 】

50

本実施形態では、上記のように、低周波誘導加熱により、未硬化の補強層 14 を加熱して熱硬化性樹脂を軟化させる第 1 加熱工程 S 3 1 を設ける。このように、低周波誘導加熱により補強層 14 を加熱した場合、補強層 14 の内側層 14 a が加熱されやすい。このため、補強層 14 の内側層 14 a 内の空気やガスを補強層 14 の外部に抜けやすくすることができる。その結果、補強層 14 内にボイドが発生するのを抑制することができるので、外観不良や品質低下が生じるのを抑制することができる。なお、タンクを準備する工程（ここでは補強層形成工程 S 2）の後に、低周波誘導加熱を行わず、高周波誘導加熱のみにより未硬化の補強層 14 を加熱すると、補強層 14 の最外層が先に硬化することにより内側層 14 a 内の空気やガスが外部に抜けにくくなるので、補強層 14 内にボイドが発生してしまう。

10

【0050】

また、第 1 加熱工程 S 3 1 の後に、軟化した補強層 14 を高周波誘導加熱により加熱して硬化させる第 2 加熱工程 S 3 2 を設ける。このように、高周波誘導加熱により補強層 14 を加熱した場合、補強層 14 の外側層 14 b（特に最外層）が加熱されやすい。このため、補強層 14 の外側層 14 b（特に最外層）を内側層 14 a よりも先に硬化させることができるので、熱硬化性樹脂が補強層 14 の最外層から染み出すのを抑制することができる。その結果、補強層 14 の繊維体積含有率がばらついたり、繊維体積含有率が高くなることに起因する高圧タンク 10 の強度低下が発生したりするのを抑制することができる。なお、低周波誘導加熱により補強層 14 を加熱して硬化させる場合、高周波誘導加熱により補強層 14 を加熱して硬化させる場合に比べて補強層 14 の外側層 14 b が硬化するタイミングが遅くなる（補強層 14 の外側層 14 b が内側層 14 a よりも先に硬化しなくなる）ので、補強層 14 の最外層から染み出す熱硬化性樹脂の量が多くなる。

20

【0051】

また、上記のように、補強層 14 の最内層が硬化開始温度 T_2 に到達したタイミングで、第 1 加熱工程 S 3 1 から第 2 加熱工程 S 3 2 に切り替える。このように、補強層 14 の最内層が硬化開始温度 T_2 に到達するまで低周波誘導加熱による第 1 加熱工程 S 3 1 を行うことによって、補強層 14 の内側層 14 a 内の空気やガスを補強層 14 の外部にさらに抜けやすくすることができる。また、補強層 14 の最内層が硬化開始温度 T_2 に到達したタイミングで、高周波誘導加熱による第 2 加熱工程 S 3 2 を行うことによって、熱硬化性樹脂が補強層 14 の最外層から染み出すのを抑制することができる。以上のように、熱硬化性樹脂の染み出しを抑制しながら、補強層 14 の内側層 14 a の空気やガスをさらに抜けやすくすることができる。

30

【0052】

また、上記のように、第 1 加熱工程 S 3 1 において、熱硬化性樹脂の融点 T_1 以上、硬化開始温度 T_2 未満の温度で補強層 14 の最内層および最外層を所定時間保持する。これにより、補強層 14 の最内層および最外層を低粘度状態で所定時間保持することができるので、補強層 14 内の空気やガスを確実に外部に抜くことができる。このため、補強層 14 内にボイドが発生するのをより抑制することができる。

【0053】

なお、今回開示された実施形態は、すべての点で例示であって制限的なものではないと考えられるべきである。本発明の範囲は、上記した実施形態の説明ではなく特許請求の範囲によって示され、さらに特許請求の範囲と均等の意味および範囲内でのすべての変更が含まれる。

40

【0054】

例えば、上記実施形態では、高圧のガスが充填される高圧タンク 10 およびその製造方法について説明したが、本発明はこれに限らない。高圧ガス以外の例えば液体水素等が充填されるタンクの製造方法に本発明を適用してもよい。

【0055】

また、上記実施形態では、融点 T_1 から硬化開始温度 T_2 まで（すなわち、時刻 $t_2 \sim t_3$ まで）低周波誘導加熱を行う例について示したが、本発明はこれに限らない。例えば、

50

時刻 t_2 において低周波誘導加熱から高周波誘導加熱に切り替え、融点 T_1 から硬化温度 T_3 まで（すなわち、時刻 $t_2 \sim t_4$ まで）高周波誘導加熱を行ってもよい。

【0056】

また、上記実施形態では、高圧タンク 10 の製造方法において、補強層 14 の最内層の温度を実測しない例について示したが、本発明はこれに限らず、補強層 14 の最内層の温度を実測してもよい。

【符号の説明】

【0057】

10：高圧タンク（タンク）、11：ライナー、14：補強層（繊維強化樹脂層）、F：繊維束、S31：第1加熱工程、S32：第2加熱工程、 T_1 ：融点、 T_2 ：硬化開始温度

10

20

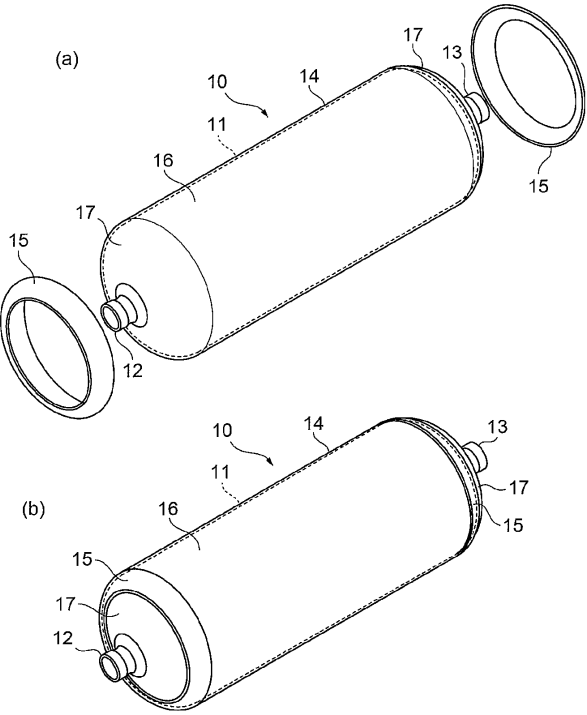
30

40

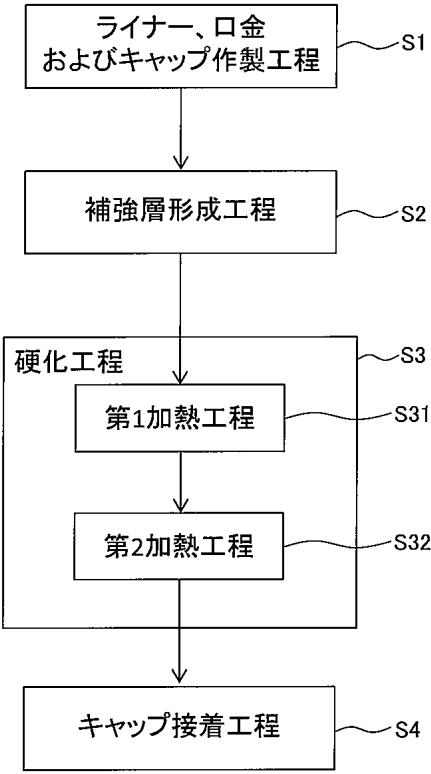
50

【図面】

【図 1】



【図 2】



10

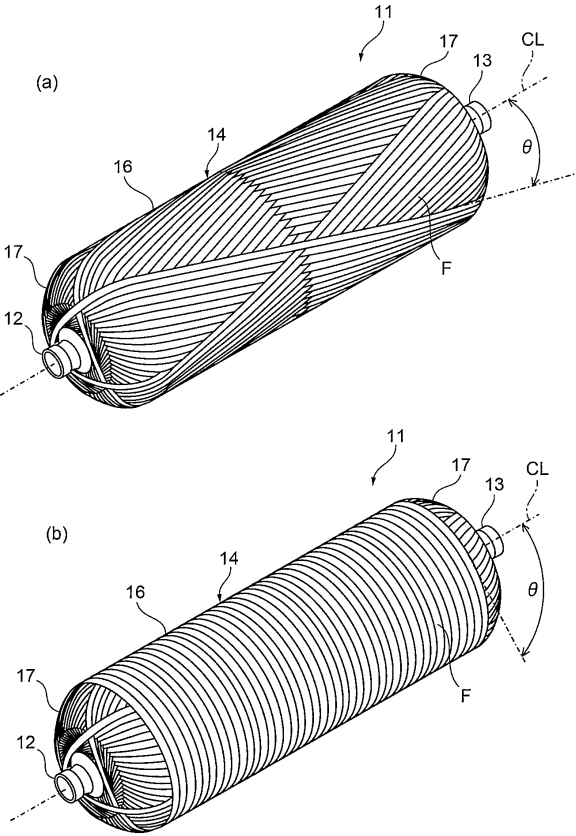
20

30

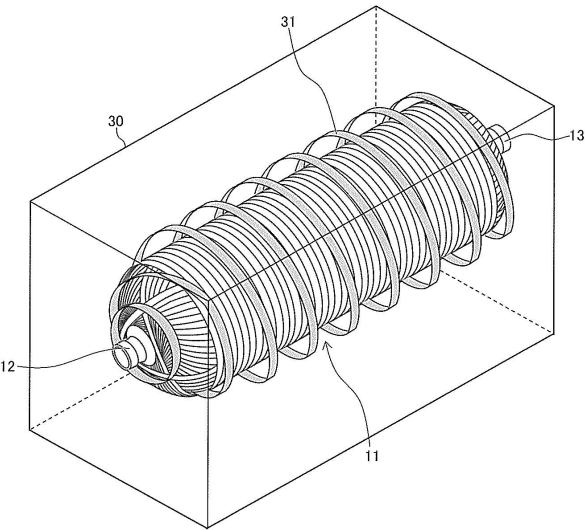
40

50

【図 3】



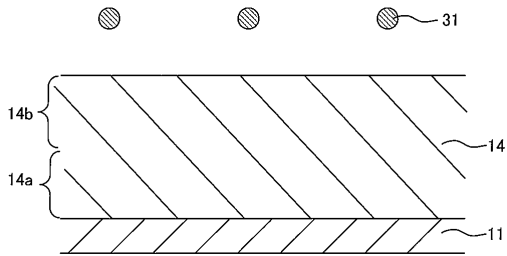
【図 4】



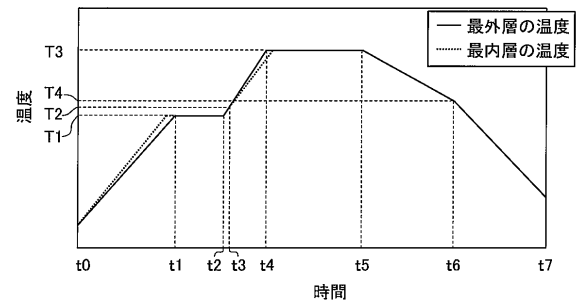
10

20

【図 5】



【図 6】



30

40

50

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開 2 0 1 3 - 4 3 3 2 3 (J P , A)
特開 2 0 1 2 - 1 4 8 5 4 4 (J P , A)
特開 2 0 1 6 - 1 0 7 4 0 8 (J P , A)
特開 2 0 1 8 - 6 9 6 4 5 (J P , A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl. , D B 名)
- | | |
|---------|-----------|
| F 1 6 J | 1 2 / 0 0 |
| B 2 9 C | 7 0 / 3 2 |
| F 1 7 C | 1 / 0 6 |