

(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
2010年10月14日(14.10.2010)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2010/116528 A1

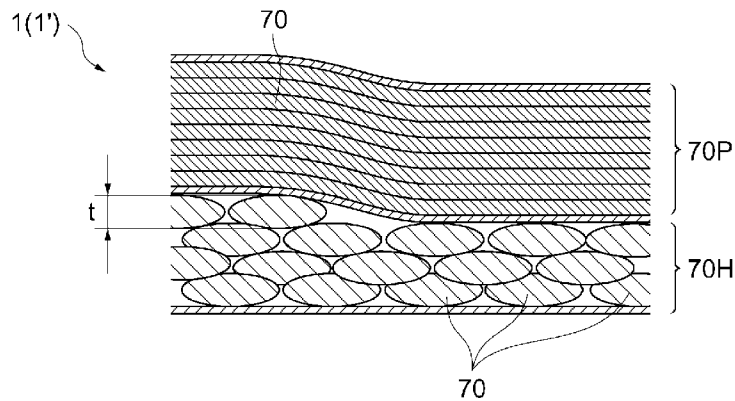
- (51) 国際特許分類:
F17C 1/06 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2009/057357
- (22) 国際出願日: 2009年4月10日(10.04.2009)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人(米国を除く全ての指定国について): トヨタ自動車株式会社 (TOYOTA JIDOSHA KABUSHIKI KAISHA) [JP/JP]; 〒4718571 愛知県豊田市トヨタ町1番地 Aichi (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人(米国についてのみ): 大塚 力 (OTSUKA, Riki) [JP/JP]; 〒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). 水野 基弘 (MIZUNO, Motohiro) [JP/JP]; 〒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). 大坪 弘和 (OTSUBO, Hirokazu) [JP/JP]; 〒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). 野村 慎一 (NOMURA, Shinichi) [JP/JP]; 〒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: 稲葉 良幸, 外 (INABA, Yoshiyuki et al.); 〒1066123 東京都港区六本木6-10-1 六本木ヒルズ森タワー23階 TMI 総合法律事務所 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, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, 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, 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.
- (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, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (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, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[続葉有]

(54) Title: TANK AND FABRICATION METHOD THEREOF

(54) 発明の名称: タンクおよびその製造方法

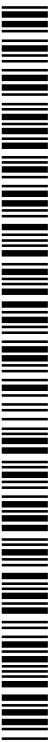
[図4]



(57) Abstract: The phenomenon of decreased fatigue strength of an outwardly adjacent layer (specifically a hoop layer), due to the effects of a step difference at the surface of a helical layer situated on an inner layer of an FRP layer may be avoided. To realize this, a tank (1) has a liner (20) and an FRP layer (21), which is made from hoop layers (70P) and helical layers (70H) that are alternately formed by fiber bundles (70) being wrapped on the outer circumference of said liner (20). The sectional area of the fiber bundles (70) that constitute said helical layers (70H), in at least one of the multiple helical layers (70H) located in an inner layer of the FRP layer (21), is smaller than the sectional area of the fiber bundles (70) that constitute other layers formed to the outside of said helical layer (70H). When a helical layer (70H) is thus formed using small sectional area fiber bundles (70), unevenness in said helical layer (70H) can be minimized, and the transfer of unevenness to other layers (e.g., hoop layers (70P)) formed to the outside of said helical layer (70H) can be limited.

(57) 要約:

[続葉有]



WO 2010/116528 A1



添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

FRP層中の内層に位置するヘリカル層の表面の段差の影響により、その外側に隣接する層（特にフープ層）の疲労強度が低下するという現象を回避する。これを実現するため、ライナ（20）と、該ライナ（20）の外周に繊維束（70）が巻回されて交互に形成されるフープ層（70P）およびヘリカル層（70H）からなるFRP層（21）と、を有するタンク（1）であって、FRP層（21）の内層に位置する複数のヘリカル層（70H）のうちの少なくとも1つにおいて、該ヘリカル層（70H）を構成する繊維束（70）の断面積が、当該ヘリカル層（70H）の外側に形成される他の層を構成する繊維束（70）の断面積よりも小さくされている。このように断面積が小さい繊維束（70）を用いてヘリカル層（70H）を形成した場合、当該ヘリカル層（70H）における凹凸が小さくなり、当該ヘリカル層（70H）の外側に形成される他の層（一例として、フープ層（70P））に凹凸が転写されるのを抑制することができる。

明 細 書

発明の名称：タンクおよびその製造方法

技術分野

[0001] 本発明は、タンクおよびその製造方法に関する。さらに詳述すると、本発明は、水素ガス等が高圧で充填されるタンクにおける構造の改良に関する。

背景技術

[0002] 水素等の貯蔵に利用されるタンクとして、ライナの外周にフープ層とヘリカル層とが交互に積層されたFRP層を備えるものが利用されている（例えば特許文献1参照）。フープ層は、繊維（例えば炭素繊維）の束がフープ巻（タンク胴体部においてタンク軸にほぼ垂直に巻く巻き方）されて形成された層であり、ヘリカル層は、CF（炭素繊維）等の繊維束がヘリカル巻（タンク軸にほぼ平行であり、タンクドーム部まで巻く巻き方）されて形成された層である（本願の図2参照）。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2008-032088号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] しかしながら、上述のごとき従来技術においては、FRP層中の内層に位置するヘリカル層、特に最も内側に位置するヘリカル層の表面の段差により、その外側に隣接する層（特にフープ層）の疲労強度が低下するという問題がある。

[0005] そこで、本発明は、FRP層中の内層に位置するヘリカル層の表面の段差の影響により、その外側に隣接する層（特にフープ層）の疲労強度が低下する、という現象を回避できるようにした構造のタンクおよびそ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

- [0006] かかる課題を解決するべく本発明者は種々の検討を行い、上述したフープ層の繊維束の構造的曲げが大きいと当該フープ層における疲労強度が低下することを知見した。すなわち、フープ層およびヘリカル層が積層されてFRP層が形成されている場合、フープ層に隣接するヘリカル層自体に凹凸が生じていると、隣接するフープ層に当該凹凸が転写され、これによってフープ層の繊維束自体が小さく蛇行して起伏を生み、構造に起因した曲げ（起伏）が当該フープ層に生じてしまう。
- [0007] このような状況下、フープ層の繊維束に生じうる構造的な曲げ（起伏）をいかに低減させるかについて検討を重ねた本発明者は、かかる課題の解決に結び付く新たな知見を得るに至った。本発明はかかる知見に基づくもので、ライナと、該ライナの外周に繊維束が巻回されて交互に形成されるフープ層およびヘリカル層からなるFRP層と、を有するタンクであって、FRP層の内層に位置する複数のヘリカル層のうち少なくとも1つにおいて、該ヘリカル層を構成する繊維束の断面積が、当該ヘリカル層の外側に形成される他の層を構成する繊維束の断面積よりも小さい、というものである。
- [0008] 構造に起因するフープ層の繊維束の曲げ（起伏）を低減させるための手段としては、隣接するヘリカル層の凹凸を低減させて当該凹凸が転写しないようにすることが考えられる。ところが、上述したようにヘリカル層はタンク軸に対してほぼ平行となるように、尚かつタンクドーム部で折り返すように巻かれており（図2参照）、隣接する繊維束間の隙間をなくすような巻きは特に考慮されていないため根本的に難しい。一般的には、ヘリカル層は繊維束どうしの重なりや並びなどは考慮されずにいわば無秩序に巻回されており、従来、例えば各ヘリカル層の強化繊維束の筒体周方向における位相をずらすといったことが提案されているものの、凹凸が皆無あるいは少ないヘリカル層を形成するという提案や着眼はなかった。
- [0009] この点、本発明では、FRP層の内層に位置する複数のヘリカル層のうち少なくとも1つにおいて、該ヘリカル層を構成する繊維束の断面積を、当

該ヘリカル層の外側に形成される他の層を構成する繊維束の断面積よりも小さくすることにより、当該ヘリカル層における凹凸を低減させることとしている。すなわち、このように断面積が小さい繊維束を用いてヘリカル層を形成した場合、当該繊維束の厚みはそのぶん小さくなり、これに伴って繊維束の高さが低くなる。また、繊維束どうしの間における隙間も小さくなる。したがって、これに伴い当該ヘリカル層における凹凸も小さくなり、当該ヘリカル層の外側に形成される他の層（一例として、フープ層）に凹凸が転写されるのを抑制することができる。これによれば、凹凸ヘリカル層（平滑にするための処理がなされておらず表面に凹凸が生じているヘリカル層のことをいい、図11、図12において符号70Bで示す）に起因する従来のような構造的な繊維束の曲げを低減することが可能となるから、当該ヘリカル層の外側に形成される層（例えばフープ層）の繊維束の構造的な曲げ（起伏）を抑えることにより当該繊維束自体の疲労強度を向上させることができる。また、当該ヘリカル層および該ヘリカル層の外側に形成される層（例えばフープ層）を薄肉化、高Vf（繊維体積含有率）化してバースト強度を向上させることも可能となる。

[0010] 本発明にかかるタンクにおいて、内層に位置するヘリカル層は、最内層のヘリカル層であることが好ましい。一般に、繊維束の層（ヘリカル層、フープ層）は、内側に位置する層（ライナ寄りの層）ほどタンク強度への寄与度が大きい。この点、本発明のごとく最内層のヘリカル層を断面積の小さな繊維束によって構成した場合には、当該最内ヘリカル層の外側に隣接する層（例えばフープ層）をより平滑に巻回することが可能となり、当該層の繊維束の構造的な曲げ（起伏）を抑えてタンク強度の向上に寄与させることができる。

[0011] また、本発明にかかるタンクにおいて、繊維束の断面積は、繊維束を構成する繊維数を変化させて行うことが好ましい。複数の繊維が束ねられて繊維束が構成されている場合、繊維数を少なくすればこれに伴い繊維束の断面積を小さくすることができる。

[0012] あるいは、本発明にかかるタンクにおいて、ヘリカル層を構成する繊維束に対する張力を増大させることによりFRP層の積層方向における当該繊維束の厚みを減少させていることも好ましい。繊維束の厚みを減少させて扁平にすれば、これに伴い当該ヘリカル層における凹凸を小さくし、当該ヘリカル層の外側に形成される他の層（例えばフープ層）に凹凸が転写されるのを抑制することが可能となる。

[0013] また、当該ヘリカル層の外側に形成される他の層を構成する繊維束として、それ以外の層を構成する繊維束よりも太い径の繊維束で構成されたものを用いていることも好ましい。このようにヘリカル層の外側に形成される他の層の繊維束の径を太くすることにより、当該繊維束の曲げ変位を減少させ、作用するせん断応力を緩和させることが可能となる。

[0014] 本発明にかかる製造方法は、ライナと、該ライナの外周に繊維束が巻回されて交互に形成されるフープ層およびヘリカル層からなるFRP層と、を有するタンクの製造方法において、FRP層の内層に位置する複数のヘリカル層のうちの少なくとも1つを、当該ヘリカル層の外側に形成される他の層を構成する繊維束の断面積よりも小さい断面積の繊維束を巻回することによって形成する、というものである。

[0015] また、本発明にかかる筒体は、繊維束が巻回されて交互に形成されるフープ層およびヘリカル層からなるFRP層を有する筒体であって、FRP層の内層に位置する複数のヘリカル層のうちの少なくとも1つにおいて、該ヘリカル層を構成する繊維束の断面積が、当該ヘリカル層の外側に形成される他の層を構成する繊維束の断面積よりも小さい、というものである。

発明の効果

[0016] 本発明によれば、FRP層中の内層に位置するヘリカル層の表面の段差の影響によりその外側に隣接する層（特にフープ層）の疲労強度が低下する、という現象を回避することが可能となる。

図面の簡単な説明

[0017] [図1]本発明の一実施形態におけるタンクの構造を示す断面図および部分拡大

図である。

[図2]本発明の一実施形態におけるタンクの構造を示す断面図である。

[図3]タンクの口金付近の構造例を示す断面図である。

[図4]FRP層のヘリカル層およびフープ層の構造例を示す部分拡大図である。

[図5]従来のタンクにおけるFRP層のヘリカル層およびフープ層の構造例を参考として示す部分拡大図である。

[図6]従来のタンクにおけるFRP層の最内ヘリカル層およびその外側のフープ層の構造例を参考として示す部分拡大図である。

[図7]本発明の他の実施形態におけるヘリカル層の断面形状例を示す図である。

[図8]従来のタンクにおけるヘリカル層の断面形状例を参考として示す図である。

[図9]本発明の他の実施形態におけるヘリカル層およびフープ層の構造例を示す図である。

[図10]従来のタンクにおけるヘリカル層およびフープ層の構造例を参考として示す図である。

[図11]従来のヘリカル巻の一例を参考として示す斜視図である。

[図12]従来のヘリカル巻の一例を参考として示す、タンク軸方向に沿った投影図である。

[図13]FW（フィラメントワインディング）装置の一例を示す図である。

[図14]FW装置の繊維ガイド装置を使ってライナの外周に繊維束を巻き付ける様子を示す図である。

発明を実施するための形態

[0018] 以下、本発明の構成を図面に示す実施の形態の一例に基づいて詳細に説明する。

[0019] 図1～図4等に本発明にかかるタンクおよびその製造方法の実施形態を示す。以下では、本発明にかかるタンク（以下、高圧タンクともいう）1を水

素燃料供給源としての高圧水素タンクに適用した場合を例示しつつ説明する。水素タンクは、燃料電池システム等において利用可能なものである。

[0020] 高圧タンク 1 は、例えば両端が略半球状である円筒形状のタンク本体 10 と、当該タンク本体 10 の長手方向の一端部に取り付けられた口金 11 を有する。なお、本明細書では略半球状部分をドーム部、筒状胴体部分をストレート部といい、それぞれ符号 1d、1s で表す（図 1、図 2 等参照）。また、本実施形態で示す高圧タンク 1 は両端に口金 11 を有するものであるが、説明の便宜上、当該高圧タンク 1 の要部を示す図 3 中の X 軸の正方向（矢示する方向）を先端側、負方向を基端側として説明を行う。この X 軸に垂直な Y 軸の正方向（矢示する方向）がタンク外周側を指している。

[0021] タンク本体 10 は、例えば二層構造の壁層を有し、内壁層であるライナ 20 とその外側の外壁層である樹脂繊維層（補強層）としての例えば FRP 層 21 を有している。FRP 層 21 は、例えば CFRP 層 21c のみ、あるいは該 CFRP 層 21c および GFRP 層 21g によって形成されている（図 1 参照）。

[0022] ライナ 20 は、タンク本体 10 とほぼ同じ形状に形成される。ライナ 20 は、例えばポリエチレン樹脂、ポリプロピレン樹脂、またはその他の硬質樹脂などにより形成されている。あるいは、ライナ 20 はアルミニウムなどで形成された金属ライナであってもよい。

[0023] ライナ 20 の口金 11 のある先端側には、内側に屈曲した折返し部 30 が形成されている。折返し部 30 は、外側の FRP 層 21 から離間するようにタンク本体 10 の内側に向けて折り返されている。折返し部 30 は、例えば折り返しの先端に近づくにつれて次第に径が小さくなる縮径部 30a と、当該縮径部 30a の先端に接続され径が一定の円筒部 30b とを有している。この円筒部 30b によりライナ 20 の開口部が形成されている。

[0024] 口金 11 は、略円筒形状を有し、ライナ 20 の開口部に嵌入されている。口金 11 は、例えばアルミニウム又はアルミニウム合金からなり、例えばダイキャスト法等により所定の形状に製造されている。口金 11 は射出成形さ

れた分割ライナに嵌め込まれている。また、口金 11 は例えばインサート成形によりライナ 20 に取り付けられてもよい。

[0025] また、口金 11 は、例えば先端側（高圧タンク 1 の軸方向の外側）にバルブ締結座面 11 a が形成され、そのバルブ締結座面 11 a の後方側（高圧タンク 1 の軸方向の内側）に、高圧タンク 1 の軸に対して環状の凹み部 11 b が形成されている。凹み部 11 b は、軸側に凸に湾曲し R 形状になっている。この凹み部 11 b には、同じく R 形状の FRP 層 21 の先端部付近が気密に接触している。

[0026] 例えば FRP 層 21 と接触する凹み部 11 b の表面には、例えばフッ素系の樹脂などの固体潤滑コーティング C が施されている。これにより、FRP 層 21 と凹み部 11 b との間の摩擦係数が低減されている。

[0027] 口金 11 の凹み部 11 b のさらに後方側は、例えばライナ 20 の折返し部 30 の形状に適合するように形成され、例えば凹み部 11 b に連続して径の大きい鰐部（ツバ部） 11 c が形成され、その鰐部 11 c から後方に一定径の口金円筒部 11 d が形成されている。上記ライナ 20 の折返し部 30 の縮径部 30 a は、鰐部 11 c の表面に密着し、円筒部 30 b は、口金円筒部 11 d の表面に密着している。円筒部 30 b と口金円筒部 11 d との間には、シール部材 40、41 が介在している。

[0028] バルブアセンブリ 50 は、外部のガス供給ライン（供給路 22）と高圧タンク 1 の内部との間で燃料ガスの給排を制御するものである。バルブアセンブリ 50 の外周面と口金 11 の内周面との間には、シール部材 60、61 が介在されている。

[0029] FRP 層 21 は、例えば FW 成形（フィラメントワインディング成形）により、ライナ 20 の外周面と口金 11 の凹み部 11 b に、樹脂を含浸した繊維束（補強繊維束） 70 を巻き付け、当該樹脂を硬化させることにより形成されている。FRP 層 21 の樹脂には、例えばエポキシ樹脂、変性エポキシ樹脂、不飽和ポリエステル樹脂等が用いられる。また、繊維束 70 としては、炭素繊維（CF）、金属繊維などの束が用いられる。FW 成形の際には、

タンク軸を中心としてライナ 20 を回転させながら繊維束 70 のガイドをタンク軸方向に沿って動かすことにより当該ライナ 20 の外周面に繊維束 70 を巻き付けることができる。

[0030] 次に、高圧タンク 1 における繊維束（例えば炭素繊維 CF の束）70 の構造的曲げを低減するための繊維巻き構造について説明する（図 2 等参照）。

[0031] 上述したように、高圧タンク 1 は、ライナ 20 の外周に繊維束（例えば炭素繊維束）70 を巻き付け、樹脂を硬化させることにより形成されている。ここで、繊維束 70 の巻き付けにはフープ巻とヘリカル巻があり、樹脂がフープ巻された層によってフープ層（図 4、図 5 等において符号 70P で示す）が、ヘリカル巻された層によってヘリカル層（図 4、図 5 等において符号 70H で示す）がそれぞれ形成される。前者のフープ巻は、高圧タンク 1 のストレート部（タンク胴体部分）に繊維束 70 をコイルスプリングのように巻くことによって当該部分を巻き締め、気体圧により Y 軸正方向へ向かう力（径方向外側へ拡がろうとする力）に対抗するための力をライナ 20 に作用させるものである。一方、後者のヘリカル巻はドーム部を巻き締め方向（タンク軸方向の内側向き）に巻き締めることを主目的とした巻き方であり、当該ドーム部に引っ掛かるようにして繊維束 70 を高圧タンク 1 に対し全体的に巻き付けることにより、主として当該ドーム部の強度向上に寄与する。なお、コイルスプリングのように巻かれた繊維 70 の弦巻（つるまき）線（ネジにおけるネジ山の線）と、当該タンク 1 の中心線（タンク軸 12）とのなす角度（のうちの鋭角のほう）が、図 2 において符号 α で示す、本明細書でいう繊維 70 の「タンク軸（12）に対する巻角度」である（図 2 参照）。

[0032] これら種々の巻き付け方のうち、フープ巻は、ストレート部において繊維束 70 をタンク軸にほぼ垂直に巻くものであり、その際の具体的な巻角度は例えば 80°～90° である（図 2 参照）。ヘリカル巻（または、インプレ巻）は、ドーム部にも繊維束 70 を巻き付ける巻き方であり、タンク軸に対する巻角度がフープ巻の場合よりも小さい（図 2 参照）。ヘリカル巻を大きく 2 つに分ければ高角度ヘリカル巻と低角度ヘリカル巻の 2 種類があり、その

うち高角度ヘリカル巻はタンク軸に対する巻角度が比較的大きいもので、その巻角度の具体例は70～80°である。一方、低角度ヘリカル巻は、タンク軸に対する巻角度が比較的小さいもので、その巻角度の具体例は5～30°である。なお、本明細書においては、これらの間となる30～70°の巻角度でのヘリカル巻を中角度ヘリカル巻と呼ぶ場合がある。さらに、高角度ヘリカル巻、中角度ヘリカル巻、低角度ヘリカル巻により形成されるヘリカル層をそれぞれ高ヘリカル層、中ヘリカル層（符号70MHで示す）、低ヘリカル層（符号70LHで示す）と呼ぶ。また、高角度ヘリカル巻のドーム部1dにおけるタンク軸方向の折り返し部分を折返し部と呼ぶ（図2参照）。

[0033] 一般的に、フープ巻は、それ自体、繊維束70どうしを隣接させながら螺旋状に巻き、繊維束70の積み重ねをなくして凹凸を生じさせないようにすることが可能な巻き方である。一方、ヘリカル巻は、一般的にはドーム部を巻き締めることを主目的としており、繊維束70の積み重なりや凹凸を減らすことは困難であるか、あるいはこれらを低減させることについて十分には考慮されていない巻き方である。これらフープ巻とヘリカル巻は、当該高圧タンク1の軸長、直径などの仕様に応じて適宜組み合わせられ、ライナ20の周囲にフープ層70Pおよびヘリカル層70Hが積層される（図1等参照）。このとき、フープ層70Pにヘリカル層70Hが隣接していると、当該ヘリカル層70Hの凹凸がフープ層70Pに転写し、当該フープ層70Pの繊維束70に曲げ（起伏）が生じることがある。

[0034] この点、本実施形態では、FRP層21の内層に位置する複数のヘリカル層70Hのうちの少なくとも1つのヘリカル層70Hに関し、該ヘリカル層70Hを構成する繊維束70の断面積を、当該ヘリカル層70Hの外側に形成される他の層を構成する繊維束70の断面積よりも小さくしている（図4参照）。この場合、内層に位置する複数のヘリカル層70Hのうちのいずれをも対象とすることが可能であるが、これらのうち最内層のヘリカル層（もっともライナ20寄りのヘリカル層）70Hを対象とすることが好ましい（

図6参照)。

[0035] このように、FRP層21の内層に位置する複数のヘリカル層70Hのうち少なくとも1つ(好ましくは最内ヘリカル層)において、該ヘリカル層70Hを構成する繊維束70の断面積を小さくすれば、以下のような作用効果が得られる。すなわち、断面積の小さい繊維束70を用いてヘリカル層70Hを形成した場合、当該繊維束70自体の厚み t が従来の厚み t' よりも薄くなる(図4、図5参照)。また、巻回された繊維束70は、巻回時の張力や他の層からの圧力などにより扁平した断面形状となり、尚かつ、断面積が小さいことから繊維束70どうしの間隔を従来よりも狭めた状態となる(図4参照)。したがって、このような繊維束70によって構成されるヘリカル層70Hは、その表面における凹凸が小さくなることから、当該ヘリカル層70Hの外側に形成される他の層(本実施形態の場合、フープ層70P)に凹凸が転写されるのを抑制することができる(図4参照)。これによれば、凹凸ヘリカル層(平滑にするための処理がなされておらず表面に凹凸が生じているヘリカル層のことをいい、図11、図12において符号70Bで示す)に起因する従来のような構造的な繊維束の曲げを低減することが可能となるから、当該ヘリカル層70Hの外側に形成される層(本実施形態の場合、フープ層70P)の繊維束70の構造的な曲げ(起伏)を抑え、当該繊維束70自体の疲労強度を向上させることができる。具体的には、従来のヘリカル層70Pにおいては、断面積が比較的大きな繊維束70が重なり合う結果、当該ヘリカル層70Pの表面が平滑でない場合があるが(図6参照)、本実施形態においては、当該ヘリカル層70Hの表面をより平滑とすることができる(図4参照)。加えて、本実施形態の場合、ヘリカル層70Hの外側に形成されるフープ層70Pの構造的な曲げ(起伏)が従来の場合よりも明らかに小さい(図4、図5参照)。さらに、当該ヘリカル層70H自体、および該ヘリカル層70Hの外側に形成される層(本実施形態の場合、フープ層70P)を薄肉化、高密度化することによって高 V_f 化させ、バースト強度を向上させることも可能となる。なお、 V_f は繊維体積含有率を表し、

その値（V f 値）が大きくなると繊維の含有率が高くなり、樹脂の含有率が小さくなる。このV f の値が高すぎると疲労耐久性が悪化し、値を下げすぎるとタンク外形が大きくなる。

[0036] しかも、本実施形態では、内層に位置する複数のヘリカル層70Hのうち最内層のもの（最内ヘリカル層70H）を対象としていることから、タンク強度をより大きく向上させうるという利点がある。すなわち、一般に、繊維束70を巻回して形成されるフープ層70Pおよびヘリカル層70H（特に、フープ層70P）は、内側に位置する層（つまりライナ20寄りの層）ほどタンク強度への寄与度が大きいことから、上述のごとく最内層のヘリカル層70Hを断面積の小さな繊維束70によって構成した場合には、当該最内ヘリカル層70Hの外側に隣接する層（本実施形態の場合、フープ層70P）をより平滑に巻回することが可能となる。これにより、当該フープ層70Pを構成する繊維束70の構造的な曲げ（起伏）を抑えてタンク強度の向上にさらに寄与させることが可能となる。

[0037] なお、本明細書でいう「内層」とは、FRP層21を複数に分けた場合のライナ20寄りの層をいう。例えば本実施形態の場合には、FRP層21をほぼ同じ厚みに1/3にして3層に分けた場合の内側の層を内層と呼び、併せて、外側の層を外層、中間の層を中層と呼ぶ。後に示す表1、表2においては各層を「外」、「中」、「内」と表記する。

[0038] また、上述のように繊維束70の断面積を小さくするにあたっては、例えば当該繊維束70を構成する繊維の数を変化させることによって当該断面積を変えることができる。具体的には、FRP層21の内層に位置するヘリカル層70Hには繊維数が少ない繊維束（スモールトウ）70を用い、それ以外の層（中層、外層のヘリカル層70H、および全層のフープ層70P）にそれよりも繊維数が多い繊維束（ラージトウ）を用いることにより、対象とするヘリカル層70Hの表面をより平滑にすることができる。繊維束70の配置の態様を例示して説明すれば以下のとおりである（表1、表2参照）。

[0039] 以下に示す表1では、FRP層21の内層に位置するヘリカル層70Hに

は6k（6,000）本の繊維で構成された繊維束70を用い、それ以外の層（中層、外層のヘリカル層70H、および全層のフープ層70P）には12k（12,000）本の繊維で構成された繊維束70を用いている。この場合、内層に位置するヘリカル層70Hのすべてについて繊維束70の断面積を小さくしてもよいし、そのうちの一部について繊維束70の断面積を小さくしてもよい。

[0040] [表1]

繊維束の配置例1

	ヘリカル	フープ
外 1/3層	12k	12k
中 1/3層	12k	12k
内 1/3層	6k	12k

[0041] また、以下に示す表2では、FRP層21の内層に位置するヘリカル層70Hには12k（12,000）本の繊維で構成された繊維束70を用い、それ以外の層（中層、外層のヘリカル層70H、および全層のフープ層70P）には24k（24,000）本の繊維で構成された繊維束70を用いている。この場合においても、内層に位置するヘリカル層70Hのすべてについて繊維束70の断面積を小さくするか、あるいはそのうちの一部について繊維束70の断面積を小さくするかは適宜変更することが可能である。

[0042]

[表2]

繊維束の配置例2

	ヘリカル	フープ
外 1/3層	24k	24k
中 1/3層	24k	24k
内 1/3層	12k	24k

[0043] 以上説明した繊維束70の配置の態様はあくまでも例示にすぎず、繊維数は適宜変更して構わない。ただし、対象とするヘリカル層70Hの表面を平滑にして上述した作用効果を十分に発現させるには、当該対象とするヘリカル層70Hの繊維束70の断面積が、それ以外の層の繊維束70の断面積の2/3以下となるようにすることが好ましい。換言すれば、対象以外の層の繊維束70の繊維数が、対象とするヘリカル層70Hの繊維束70の繊維数の1.5倍以上となるように選定したうえで当該繊維束70を配置することが好ましい。

[0044] ここまで、一部のヘリカル層70Hについて繊維束70の断面積を小さくすることについて説明したが、これ以外の手段によって当該ヘリカル層70の表面を平滑にすることもできる。例示すれば、ヘリカル層70Hを構成する繊維束に対する張力を増大させることによりFRP層21の積層方向における当該繊維束70の厚みを減少させることができる。こうした場合、繊維束70が幅方向に広がってより扁平した状態となり、そのぶん段差が減少して当該ヘリカル層70Hの表面がより平滑となる。従来、ヘリカル層70Hの表面の凹凸の影響により、当該ヘリカル層70Hの外側の層（例えばフープ層）の繊維束70に曲げによるせん断応力が生じ（図10中の想像線で囲んだ部分を参照）、破断が進行して疲労強度が低下することが起こりえたが

、本実施形態によればこのような影響を抑制して疲労強度低下を回避することが可能となる。

[0045] 例えば図7等に示す本発明の他の実施形態では、繊維束70の張力が現状でおおよそ20Nであるのに対し（図8参照）、最内ヘリカル層70Hの繊維束70に対する張力を40～50N程度にまで増大させている（図7参照）。こうした場合、張力の増加に伴いより強く巻回される当該繊維束70はさらに扁平した断面形状となって厚みを減少させる（厚み $t' \rightarrow t$ ）。この結果、当該ヘリカル層70Hの表面は、段差が少なくなることによってより平滑となる（図7参照）。例えば上述のように張力を20Nから40～50N程度にまで増大させた場合、繊維束70の厚み、およびヘリカル層70Hの厚みを20%程度減少させ、凹凸を少なくして表面をより平滑にすることができる。

[0046] また、上述のように張力を増大させてヘリカル層70Hを平滑する際、当該ヘリカル層70Hの外側に形成される層の繊維束70の線径を太くすることも好ましい。このようにしてヘリカル層Hの外側に形成される他の層（例えばフープ層70P）の繊維束径を例えば20～30%太くすることにより、当該繊維束における曲げ変位を減少させ、せん断応力を緩和させることが可能となる（図9参照）。一例を挙げると、従来、ヘリカル層70Hの外側のフープ層70Pにおいては、ヘリカル層70Hの凹凸の影響で例えば6～7°の曲げ角度が生じていたところ（図10参照）、フープ層70Pの繊維束70の線径を太くすることのみによって当該曲げ角度を4.2～5.5°程度にまで低減させることが可能となる（図9参照）。すなわち、このようにフープ層70Pの繊維束70の線径を太くした場合には繊維一本当たりの剛性が下がるため、同じ力を加えても曲がる角度が小さくなって曲げ角度が低減する。

[0047] なお、以下に、繊維束70を巻くためのFW（フィラメントワインディング）装置の一例について簡単に説明しておく。図13、図14に示すFW装置80は、タンク軸を中心としてライナ20を回転させながら、繊維束70

のガイド装置（「アイロ」などと呼ばれる）81をタンク軸方向に沿って往復動させることにより当該ライナ20の外周に繊維束70を巻き付けるものである。ライナ20の回転数に対するガイド装置81の動きの相対速度を変化させることによって繊維束70の巻角度を変えることができる。ガイド装置81は、例えば治具によって動作可能に支持されている。

[0048] 以上説明したように、本実施形態では、ヘリカル層70Hの表面の凹凸を低減させることにより、当該ヘリカル層70Hの外側に隣接する層（例えばフープ層70P）に転写されうる凹凸や構造的曲げを低減させ、これによって疲労強度が低下するのを回避できるようにしている。この場合、ヘリカル層70Hの表面の凹凸を低減させる手段としては、上述したような、繊維数が少なく断面積が比較的小さい繊維束70を用いてヘリカル層70Hを構成することや、繊維束70の張力を増大させて当該繊維束70の厚み t を薄くすること等が有効である。また、単位時間あたりの繊維巻き量を増加させ、高圧タンク1の生産性を向上させることも可能である。

[0049] また、平滑なヘリカル層70H自体はもちろん、これに隣接するフープ層70Pが高 V_f （繊維体積含有率）化することは、これに伴って樹脂溜まりが少なくなることから、FRP層21において使用する樹脂量が少なくなることにつながる。このように樹脂量が少なくなれば、そのぶん高圧タンク1の軽量化を図ることも可能になる。

[0050] さらに、上述のようにFRP層21が高 V_f 化して樹脂量が少なくなれば、硬化発熱量（樹脂の熱硬化中の反応熱による発熱）が下がる。一般に、熱硬化時におけるピーク温度が高いと、ボンディング（FW成形および樹脂硬化の後、ライナ20とFRP層21とが一部分または全部において接着した状態）やライナ材劣化といった問題が生じるおそれがあるが、このように硬化発熱量を低下させうる本実施形態の高圧タンク1においては、これらの問題を抑えることも可能である。

[0051] しかも、本実施形態によればタンク強度を大きく向上させうるという利点もある。すなわち、フープ層70Pの繊維束70の構造的な曲げを低減する

ことは、高圧タンク 1 のストレート部 1 s の疲労強度の向上に寄与するという点で好ましい。また、ヘリカル層 70 H の繊維束 70 の構造的な曲げを低減することは、高圧タンク 1 のドーム部 1 d の疲労強度の向上に寄与するという点で好ましい。一般に、ヘリカル層 70 H、フープ層 70 P とも、内側に位置する層（ライナ 20 寄りの層）ほどタンク強度への寄与度が大きく、特に、ストレート部 1 s を巻き締めて耐圧力を十分に作用させるという点において最内層のフープ層 70 P の役割が大きい。この点、上述した実施形態では、少なくとも最も内側のヘリカル層 70 H の表面を平滑とすることにより、該平滑ヘリカル層 70 H の外側に隣接する層（例えばフープ層 70 P）をも平滑に形成することを可能とし、当該層（例えばフープ層 70 P）をタンク強度の向上に大きく寄与させることができる。

[0052] なお、上述の実施形態は本発明の好適な実施の一例ではあるがこれに限定されるものではなく本発明の要旨を逸脱しない範囲において種々変形実施可能である。例えば上述した各実施形態では、最も内側のヘリカル層 70 H を平滑ヘリカル層（最内平滑ヘリカル層）とする場合について説明したが、平滑ヘリカル層 70 H を形成した場合の種々の作用効果を鑑みれば、他のヘリカル層 70 H の表面を平滑にする処理をすることも好ましい。また、中層や外層におけるヘリカル層 70 H を平滑とすることで、当該ヘリカル層 70 H においても上述したものと同様の作用効果を実現させることが可能である。

[0053] また、上述した実施形態ではヘリカル層の外側の層がフープ層 70 P である場合を主に説明したが（図 4 等参照）、ヘリカル層 70 H の外側の層がヘリカル層 70 H である場合にも本発明を適用することが可能である。

[0054] また、ここまでの実施形態では、燃料電池システム等において利用可能な水素タンクに本発明を適用した場合を例示して説明したが、水素ガス以外の流体を充填するためのタンクに本発明を適用することももちろん可能である。

[0055] さらに、本発明を、タンク（圧力容器）以外の物、例えば、FRP 層を有する長尺物や構造物などの筒体（筒状の部分を含む）に適用することも可能

である。一例を挙げれば、心棒（例えばマンドレルのようなもの）や型の外側にヘリカル巻やフープ巻によって繊維束70を巻き付けてヘリカル層70Hやフープ層70Pを有するFRP層21を形成する場合に、平滑なヘリカル層70Hを形成することとすれば、繊維束70の構造的曲げを低減させる、疲労強度を向上させる、1層あたりの厚みを薄くする、といった、上述した実施形態におけるのと同様の作用効果を実現することが可能となる。

[0056] また、このように本発明を筒体1'に適用する場合においては、フープ層に隣接する層を他のフープ層70Pまたは平滑ヘリカル層70Hとすることは好ましい態様の一つである。あるいは、凹凸ヘリカル層70Hに隣接する層を平滑ヘリカル層とすることも好ましい態様の一つである。なお、筒体1'の具体例としては、ゴルフクラブのシャフトやカーボンバットといった運動用具、釣竿等のレジャー用具、さらにはプラント設備等のエンジニアリング製品、建築資材などの構造物といったものを挙げるができる。

産業上の利用可能性

[0057] 本発明は、FRP層を有するタンク、さらには長尺物や構造物などの筒体に適用して好適なものである。

符号の説明

[0058] 1…高圧タンク（タンク）、1'…筒体、20…ライナ、21…FRP層、70…繊維束、70H…ヘリカル層、70P…フープ層、t, t'…（ヘリカル層70Hの）厚み

請求の範囲

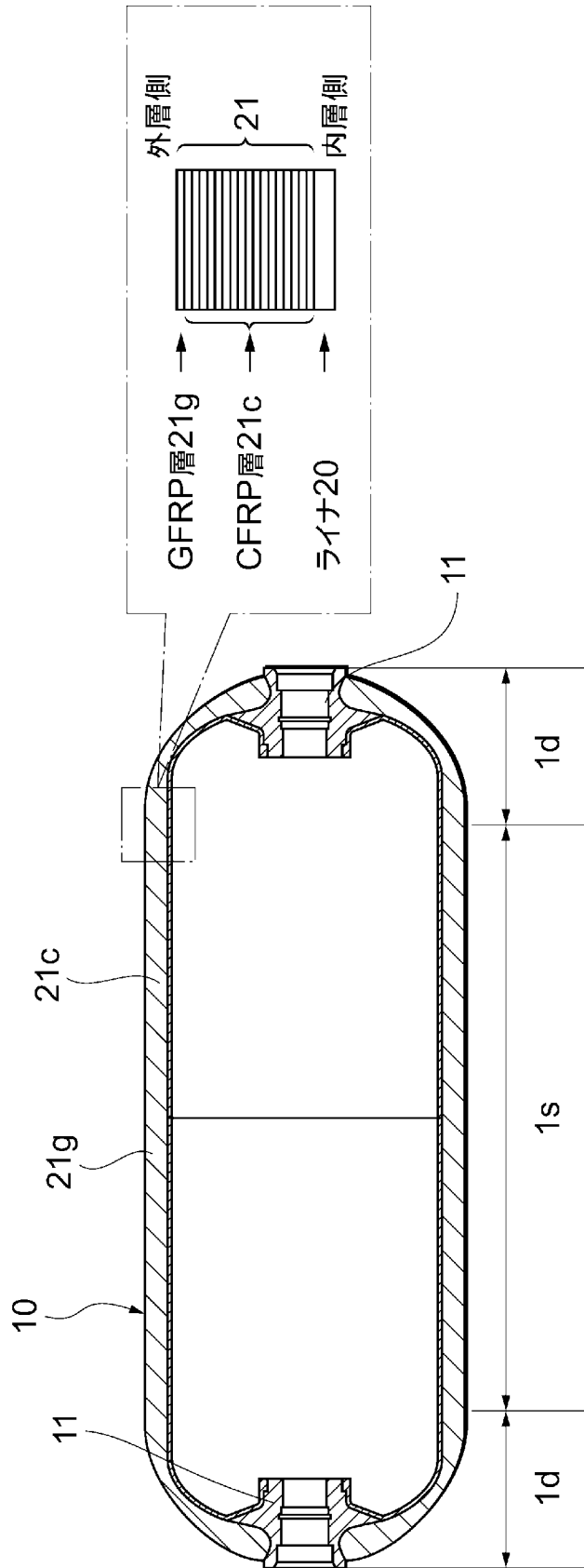
- [請求項1] ライナと、該ライナの外周に繊維束が巻回されて交互に形成されるフープ層およびヘリカル層からなるFRP層と、を有するタンクであって、
- 前記FRP層の内層に位置する複数のヘリカル層のうちの少なくとも1つにおいて、該ヘリカル層を構成する繊維束の断面積が、当該ヘリカル層の外側に形成される他の層を構成する繊維束の断面積よりも小さい、タンク。
- [請求項2] 前記内層に位置するヘリカル層は、最内層のヘリカル層である、請求項1に記載のタンク。
- [請求項3] 前記ヘリカル層を構成する繊維束の断面積が、当該繊維束を構成する繊維数を変化させることにより変化している、請求項1に記載のタンク。
- [請求項4] 前記ヘリカル層を構成する繊維束に対する張力を増大させることにより前記FRP層の積層方向における当該繊維束の厚みを減少させている、請求項1から3のいずれか一項に記載のタンク。
- [請求項5] 当該ヘリカル層の外側に形成される前記他の層を構成する繊維束として、それ以外の層を構成する繊維束よりも太い径の繊維束で構成されたものを用いている、請求項1から4のいずれか一項に記載のタンク。
- [請求項6] 前記繊維束の断面積が小さいヘリカル層の外側に隣接して形成される他の層がフープ層である、請求項1から5のいずれか一項に記載のタンク。
- [請求項7] ライナと、該ライナの外周に繊維束が巻回されて交互に形成されるフープ層およびヘリカル層からなるFRP層と、を有するタンクの製造方法において、
- 前記FRP層の内層に位置する複数のヘリカル層のうちの少なくとも1つを、当該ヘリカル層の外側に形成される他の層を構成する繊維

束の断面積よりも小さい断面積の繊維束を巻回することによって形成する、タンクの製造方法。

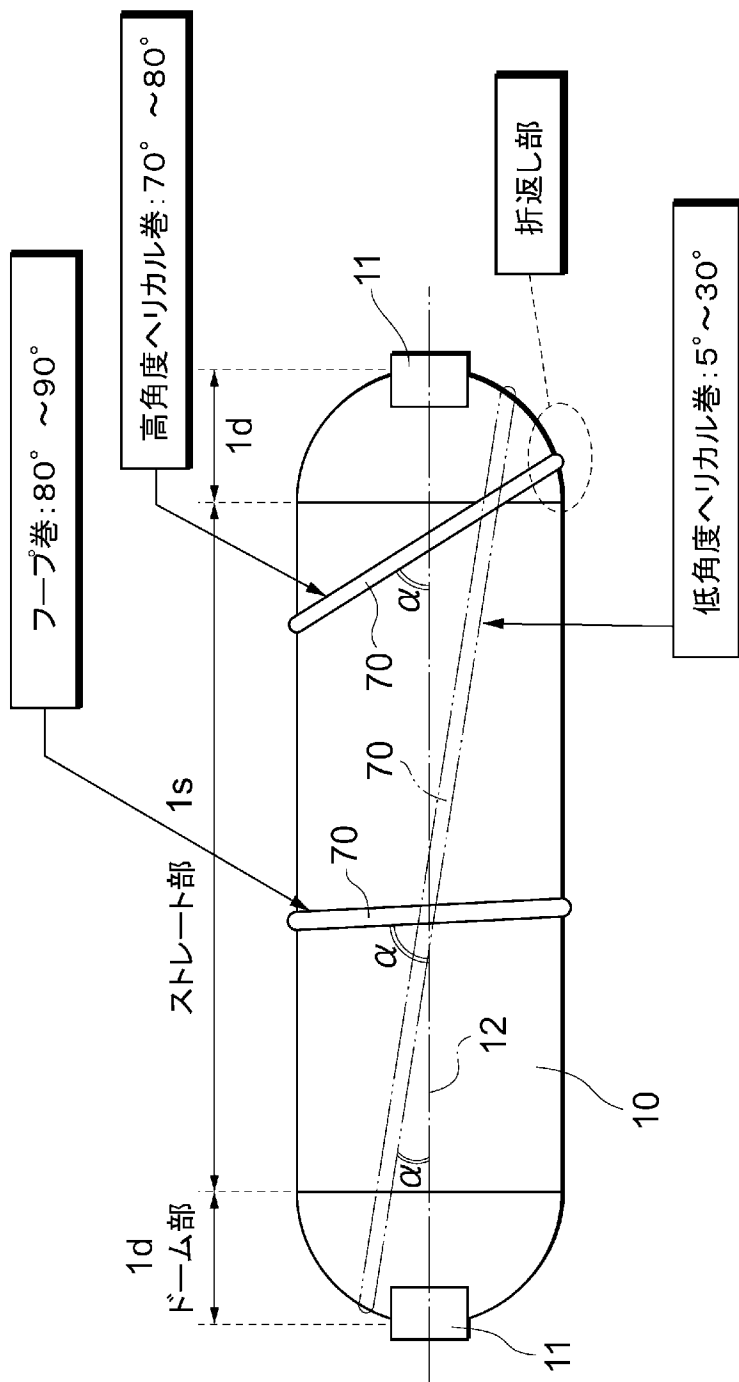
[請求項8] 繊維束が巻回されて交互に形成されるフープ層およびヘリカル層からなるFRP層を有する筒体であって、

前記FRP層の内層に位置する複数のヘリカル層のうちの少なくとも1つにおいて、該ヘリカル層を構成する繊維束の断面積が、当該ヘリカル層の外側に形成される他の層を構成する繊維束の断面積よりも小さい、筒体。

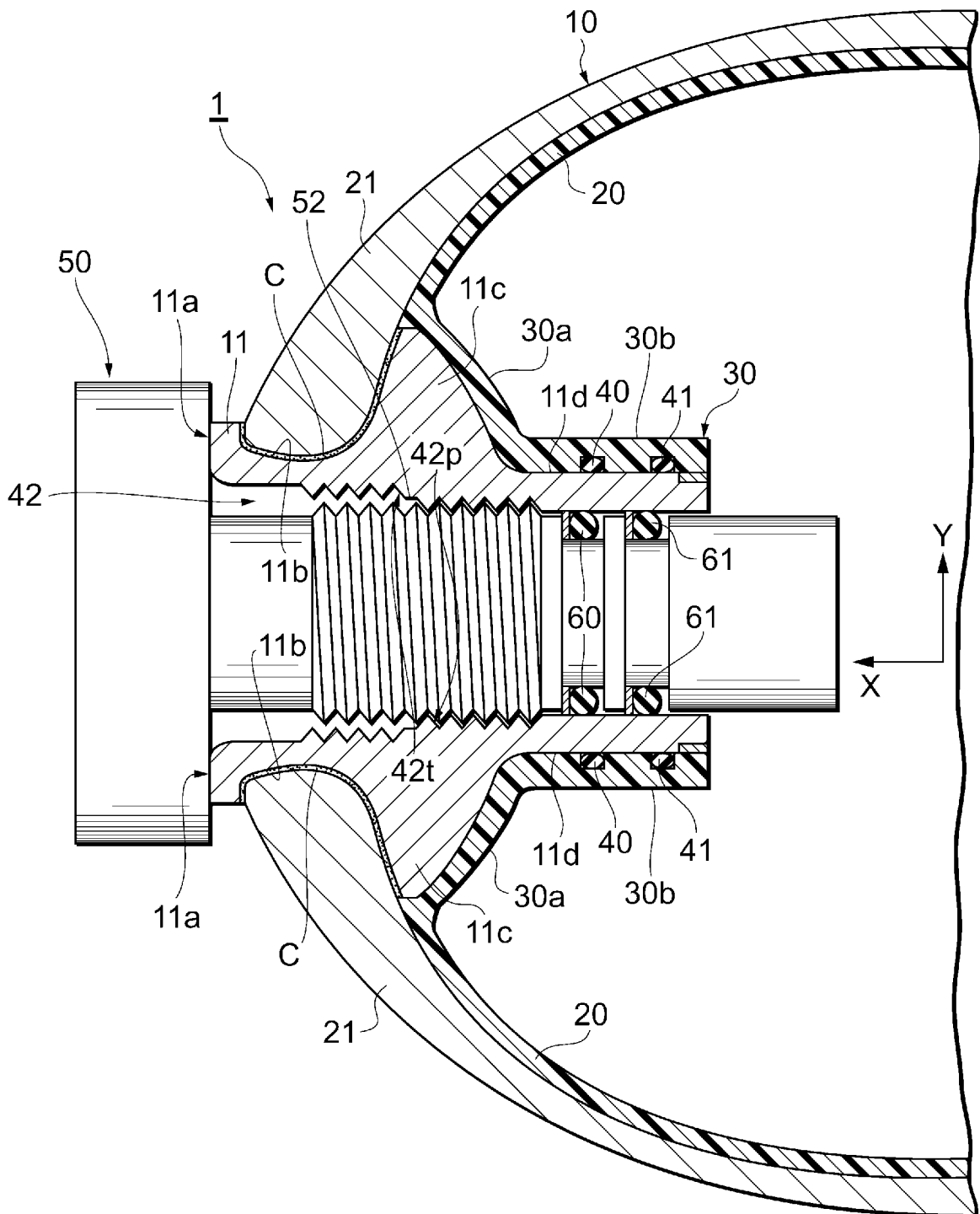
[図1]



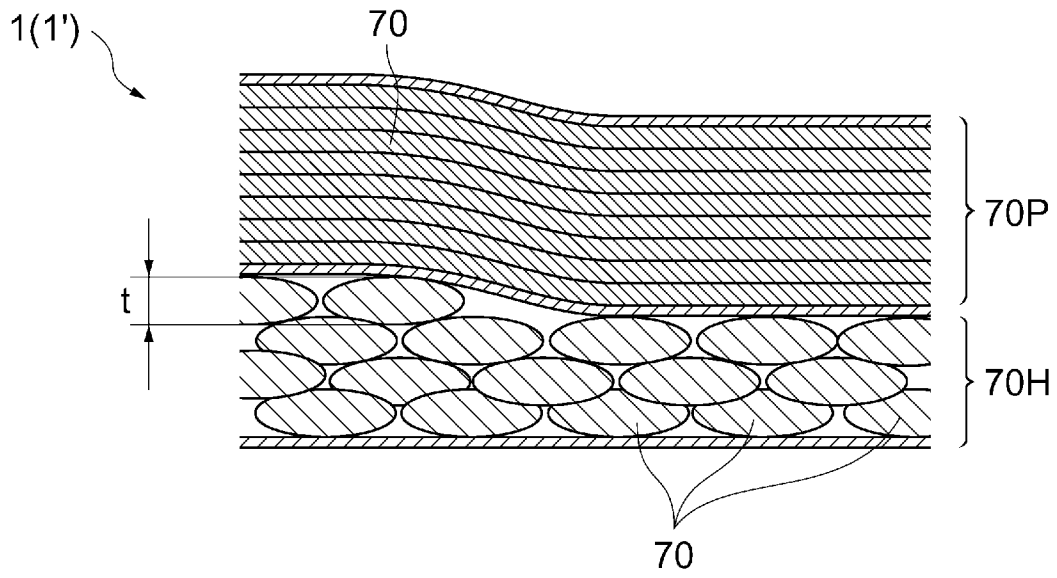
[図2]



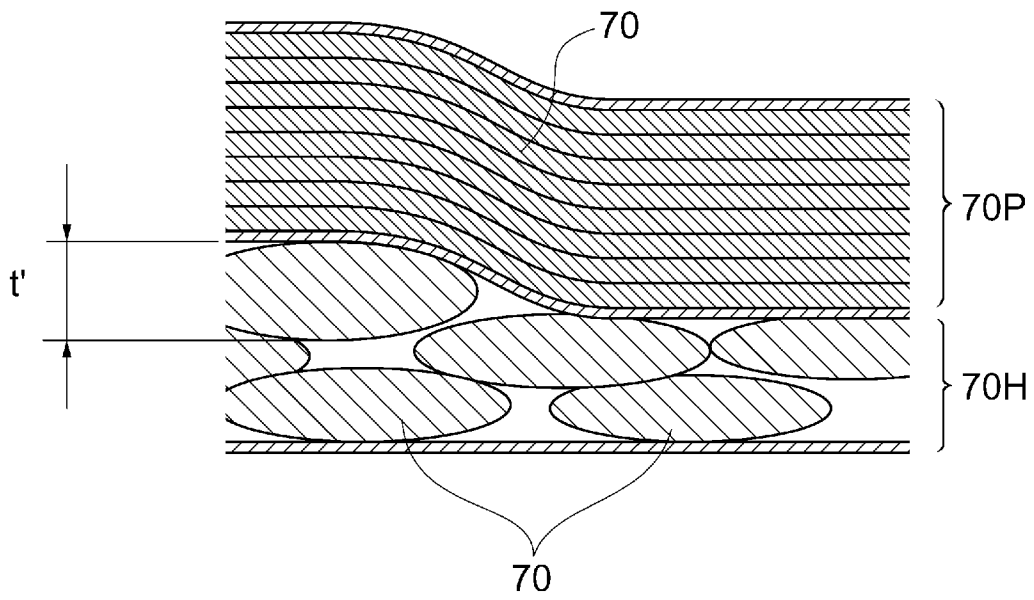
[図3]



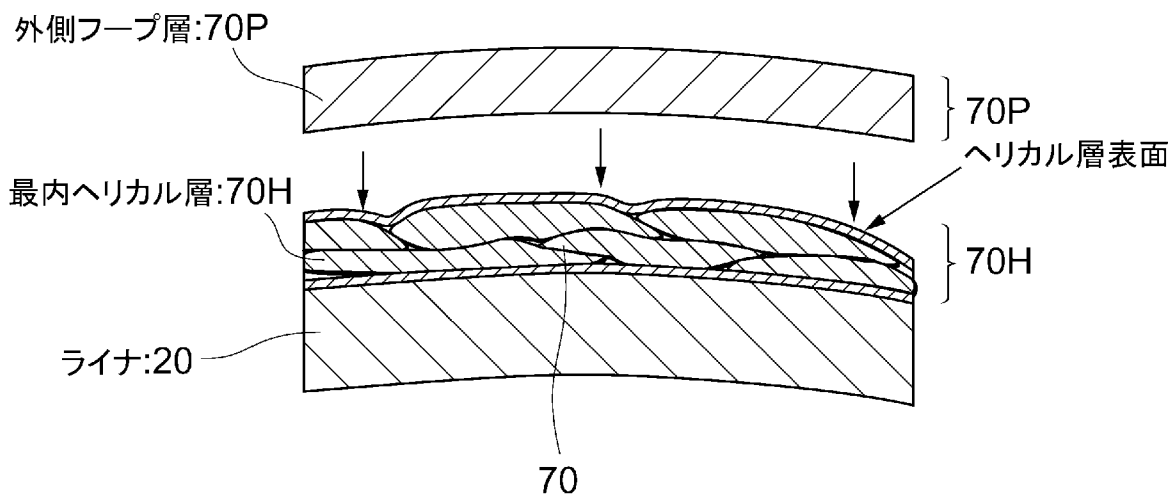
[図4]



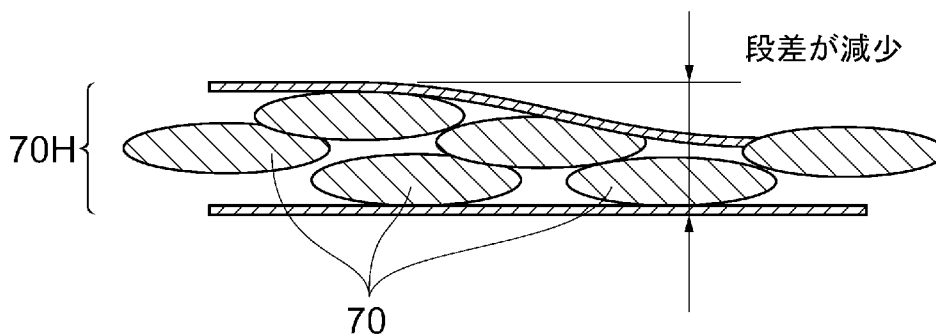
[図5]



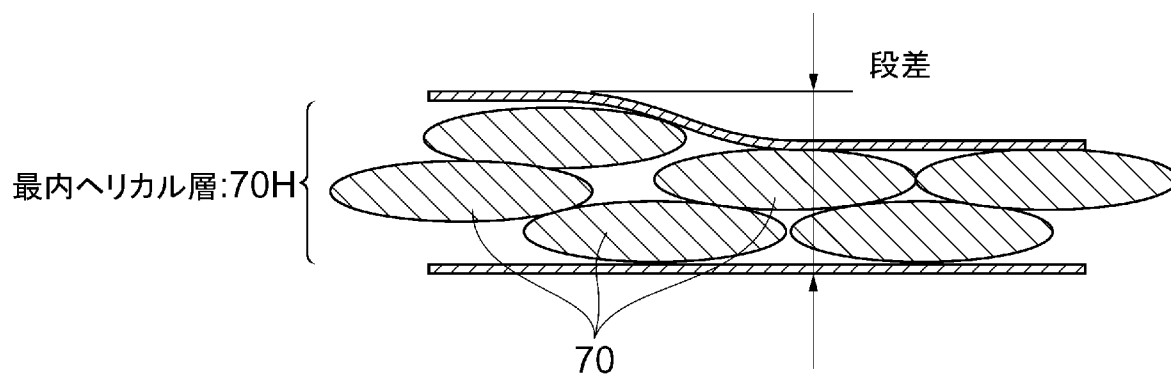
[図6]



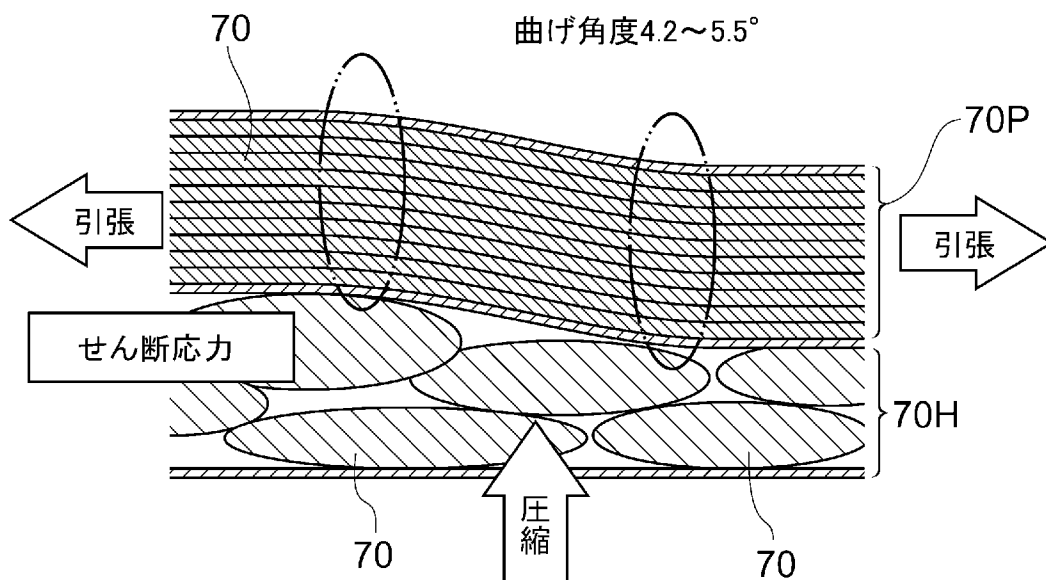
[図7]



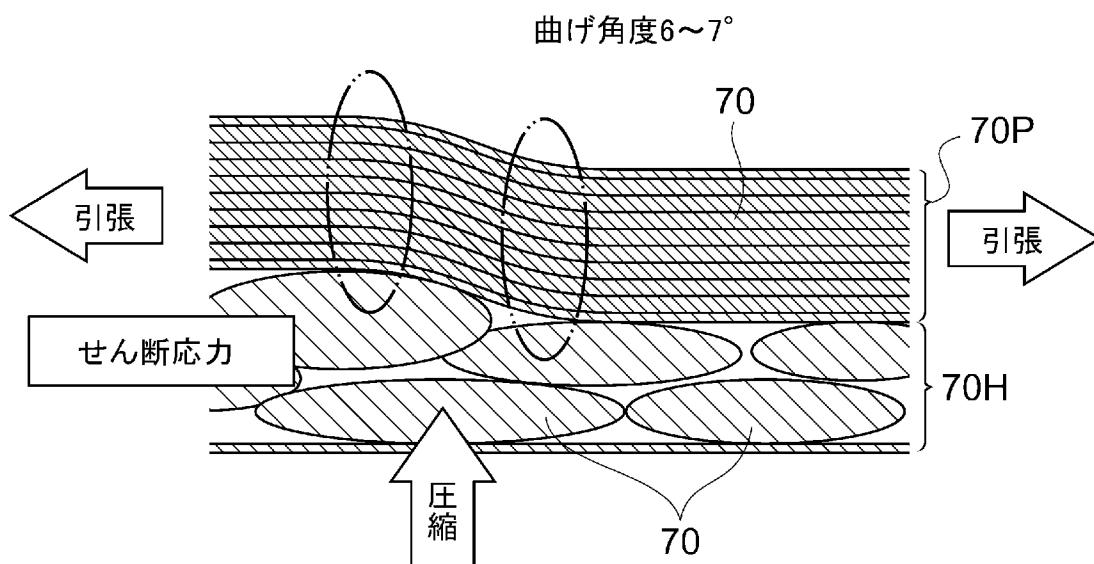
[図8]



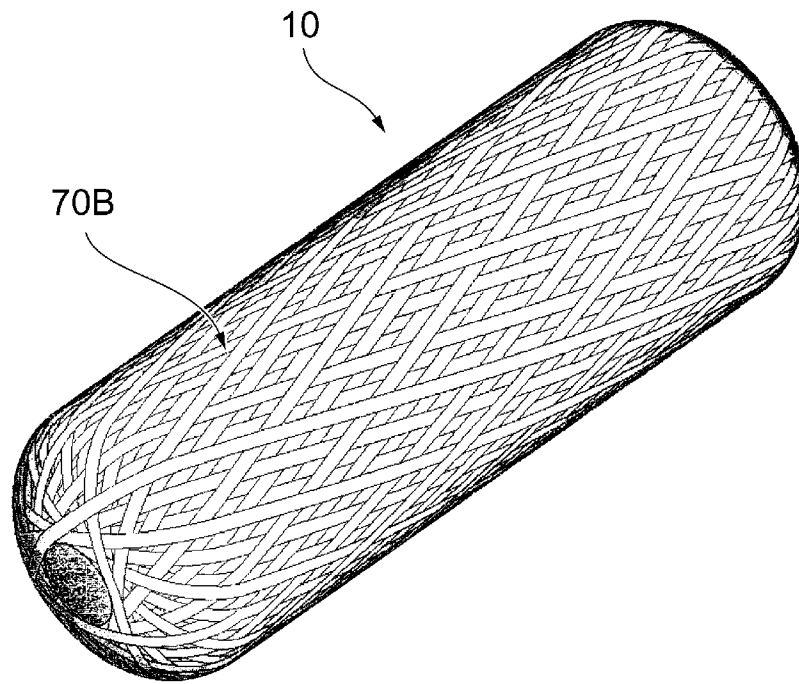
[図9]



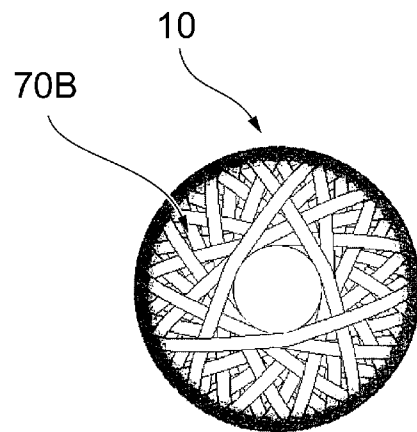
[図10]



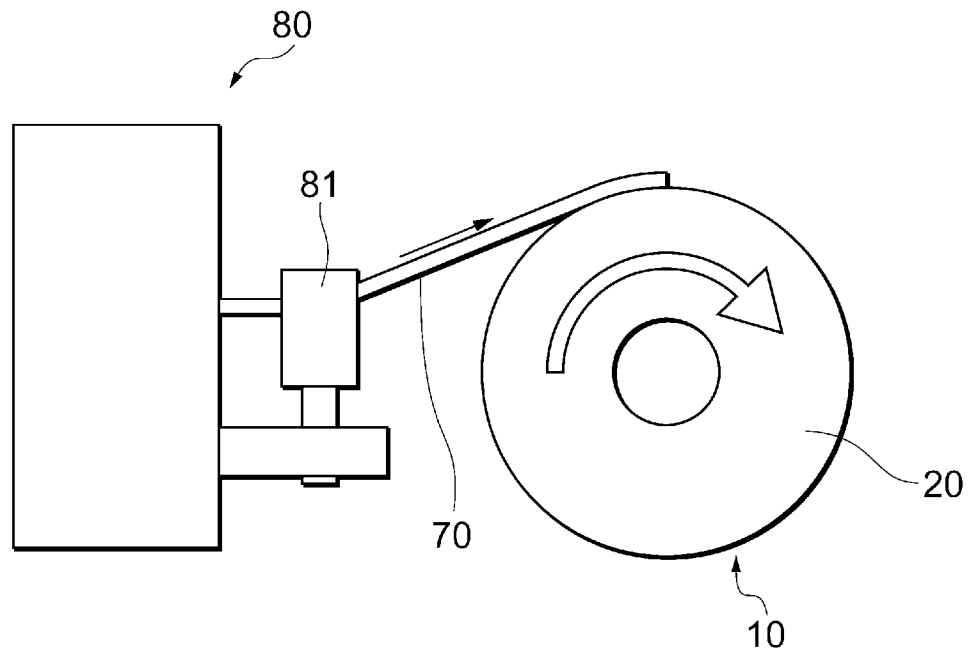
[図11]



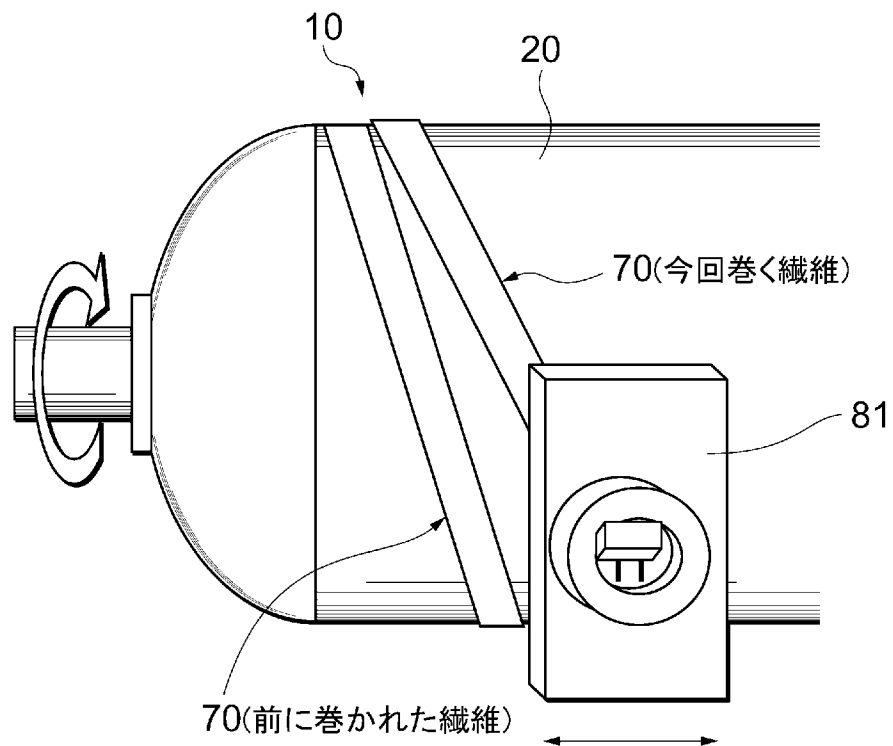
[図12]



[図13]



[図14]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2009/057357

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
F17C1/06 (2006.01) i

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)
F17C1/02-1/06, F16J12/00, B29C67/14

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	1996-2009
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2009	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2009

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.
X A	JP 9-004712 A (The Yokohama Rubber Co., Ltd.), 07 January, 1997 (07.01.97), Full text; Figs. 1 to 4 (Family: none)	1-3, 7-8 5-6
Y	JP 08-216277 A (Toray Industries, Inc.), 27 August, 1996 (27.08.96), Full text; Figs. 1 to 5 (Family: none)	1-2, 4-8
Y	JP 9-203496 A (Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.), 05 August, 1997 (05.08.97), Full text; Figs. 1 to 2 (Family: none)	1-2, 4-8

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 06 July, 2009 (06.07.09)	Date of mailing of the international search report 28 July, 2009 (28.07.09)
---	--

Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office	Authorized officer
Facsimile No.	Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2009/057357

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 2000-313069 A (IHI Aerospace Engineering Co., Ltd.), 14 November, 2000 (14.11.00), (Family: none)	1-8
A	JP 2008-304038 A (Toyota Motor Corp.), 18 December, 2008 (18.12.08), (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

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. F17C1/02-1/06, F16J12/00, B29C67/14

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	1971-2009年
日本国実用新案登録公報	1996-2009年
日本国登録実用新案公報	1994-2009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
X A	JP 9-004712 A (横浜ゴム株式会社) 1997.01.07, 全文及び図1-4 (ファミリーなし)	1-3, 7-8 5-6
Y	JP 08-216277 A (東レ株式会社) 1996.08.27, 全文及び図1-5 (ファミリーなし)	1-2, 4-8
Y	JP 9-203496 A (三菱重工業株式会社) 1997.08.05, 全文及び図1-2 (ファミリーなし)	1-2, 4-8

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、一般的な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

06.07.2009

国際調査報告の発送日

28.07.2009

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)	3N	9627
倉田 和博		
電話番号 03-3581-1101 内線 3361		

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 2000-313069 A (株式会社アイ・エイチ・アイ・エアロスペース) 2000. 11. 14, (ファミリーなし)	1-8
A	JP 2008-304038 A (トヨタ自動車株式会社) 2008. 12. 18, (ファミリーなし)	1-8