



(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2018 101 372.8**
 (22) Anmelddatum: **23.01.2018**
 (43) Offenlegungstag: **16.08.2018**
 (45) Veröffentlichungstag
 der Patenterteilung: **29.07.2021**

(51) Int Cl.: **F17C 1/06 (2006.01)**
B29C 53/60 (2006.01)
B29C 70/16 (2006.01)
B29C 70/32 (2006.01)
B29C 70/38 (2006.01)

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(30) Unionspriorität:
2017-022976 10.02.2017 JP

(73) Patentinhaber:
TOYOTA JIDOSHA KABUSHIKI KAISHA, Toyota-shi, Aichi-ken, JP

(74) Vertreter:
KUHNEN & WACKER Patent- und Rechtsanwaltsbüro PartG mbB, 85354 Freising, DE

(72) Erfinder:
Ueda, Naoki, Toyota-shi, Aichi-ken, JP; Imai, Katsuki, Toyota-shi, Aichi-ken, JP

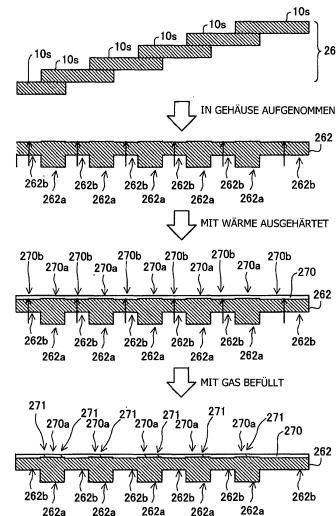
(56) Ermittelter Stand der Technik:

US	2014 / 0 131 365	A1
EP	3 135 981	A1
WO	2015/ 162 994	A1
JP	2014- 218 031	A

(54) Bezeichnung: **GASTANK UND VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG DES GASTANKS**

(57) Hauptanspruch: Gastank (500), umfassend:
 eine Auskleidung (100), die eine hohlzylindrische Form aufweist; und
 eine faserverstärkte Harzschicht (200), die außerhalb der Auskleidung gebildet ist und ein mit Harz imprägniertes Faserbündel beinhaltet, wobei
 die faserverstärkte Harzschicht beinhaltet:
 eine erste Schicht (210), die an einem Außenumfang der Auskleidung gebildet ist und ein erstes Faserbündel (10f) beinhaltet; und
 eine zweite Schicht (260), die außerhalb der ersten Schicht gebildet ist und ein zweites Faserbündel (10s) beinhaltet, wobei:
 die erste Schicht (210) mehrere Schichten (Schicht a bis Schicht i) beinhaltet, die eine innere Schicht (Schicht a bis Schicht g) sowie eine äußere Schicht (Schicht h und Schicht i) beinhalten, wobei
 die innere Schicht (Schicht a bis Schicht g) näher an der Auskleidung ist als die äußere Schicht (Schicht h und Schicht i),
 die äußere Schicht (Schicht h und Schicht i) außerhalb der inneren Schicht ist, und
 die äußere Schicht (Schicht h und Schicht i) eine Schicht beinhaltet, die einen beabstandeten Bereich hat, in dem das erste Faserbündel derart gewickelt ist, dass die benachbarten Abschnitte des ersten Faserbündels voneinander beabstandet sind,
 die zweite Schicht einen überlappenden Bereich hat, in dem das zweite Faserbündel derart gewickelt ist, dass Abschnitte des zweiten Faserbündels, die in einer zu einer Mit-

telachse der Auskleidung parallelen Richtung benachbart sind, einander überlappen, und der überlappende Bereich der zweiten Schicht in den beabstandeten Bereich der äußeren Schicht eintritt.



Beschreibung	WO 2015 / 162 994 A1 (siehe auch die hieraus hervorgegangene EP 3 135 981 A1) bekannt. Weiterer Stand der Technik findet sich in der JP 2014-218 031 A sowie der US 2014/0 131 365 A1.
HINTERGRUND	
Gebiet	
[0001] Die folgende Offenbarung betrifft einen Gastank und ein Verfahren zur Herstellung des Gastanks.	
Verwandter Stand der Technik	
[0002] Gemäß der japanischen Patentanmeldung JP 2009- 216 133 A wird zur Herstellung eines Gastanks, der eine um einen Liner bzw. eine Auskleidung vorgesehene Verstärkungsschicht aufweist, ein mit Harz imprägniertes Faserbündel um die Auskleidung gewickelt und das Harz sodann mit Wärme ausgehärtet. Dadurch wird die aus dem faserverstärkten Harz hergestellte Verstärkungsschicht gebildet.	
[0003] Während des Aushärtens des Harzes mit Wärme wird das dem Faserbündel zugesetzte Harz erst einmal erweicht, um an eine Oberfläche des Gastanks (Verstärkungsschicht) zu dringen. Auf diese Weise wird ein aus dem Harz hergestellter Harzbeschichtungsfilm auf der Oberfläche der Verstärkungsschicht gebildet. Das Enthaltensein des Faserbündels in der Verstärkungsschicht erlaubt es Gas, durch eine Lücke in dem Faserbündel in der Verstärkungsschicht hindurchzutreten, um so aus der Auskleidung heraus zu gelangen. Hingegen verhindert die Abwesenheit eines Faserbündels in dem Harzbeschichtungsfilm ein Durchdringen von Gas. Wenn Gas in diesem Zustand in den Gastank gefüllt wird, dann tritt das Gas aus dem Inneren des Gastanks aus, durchquert die Auskleidung und die Verstärkungsschicht und sammelt sich zwischen der Verstärkungsschicht und dem Harzbeschichtungsfilm an, wodurch ein gasgefülltes Teil herbeigeführt wird. Wenn das gasgefüllte Teil reißt, dann entsteht ein ungewöhnliches Geräusch. Ferner verschlechtert eine durch das Reißen des gasgefüllten Teils bewirkte Fehlstelle das Erscheinungsbild. Gemäß der JP 2009- 216 133 A ist zum Verringern des Auftretens eines solchen gasgefüllten Teils ein Pfad zwischen dem Liner bzw. der Auskleidung und der Verstärkungsschicht gebildet. Vor Verwendung des Gastanks wird Gas in den Pfad eingeleitet, um einen Riss in dem Harzbeschichtungsfilm zu erzeugen, wodurch das aus dem Gastank austretende Gas veranlasst wird, zum Äußeren des Gastanks zu entweichen. Dieses Verfahren ist leider mit hohem Fertigungsaufwand verbunden, darunter einem Schritt zum Bilden des Pfades zwischen der Auskleidung und der Verstärkungsschicht und einem Schritt des Einströmenlassens von Gas. Daher ist ein einfacheres Verfahren zum Verhindern des Auftretens eines gasgefüllten Teils erwünscht.	
[0004] Ein Gastank sowie ein Verfahren zum Herstellen eines Gastanks sind ferner aus der	
	KURZFASSUNG
	[0005] Die vorliegende Offenbarung wurde getätigt, um zumindest einige der oben beschriebenen Probleme zu lösen, und ist in Form der folgenden Aspekte ausführbar.
	[0006] Gemäß einem Aspekt der vorliegenden Offenbarung wird ein Gastank mit den Merkmalen das Anspruchs 1 vorgeschlagen. Der Gastank umfasst: eine Auskleidung, die eine hohlzylindrische Form aufweist; und eine faserverstärkte Harzschicht, die außerhalb der Auskleidung gebildet ist und ein mit Harz imprägniertes Faserbündel beinhaltet. Die faserverstärkte Harzschicht beinhaltet: eine erste Schicht, die an einem Außenumfang der Auskleidung gebildet ist und ein erstes Faserbündel beinhaltet; und eine zweite Schicht, die außerhalb der ersten Schicht gebildet ist und ein zweites Faserbündel beinhaltet. Die erste Schicht beinhaltet mehrere Schichten, die eine innere Schicht sowie eine äußere Schicht beinhalten, wobei die innere Schicht näher an der Auskleidung ist als die äußere Schicht, die äußere Schicht außerhalb der inneren Schicht ist, und die äußere Schicht eine Schicht beinhaltet, die einen beabstandeten Bereich hat, in dem das erste Faserbündel derart gewickelt ist, dass die benachbarten Abschnitte des ersten Faserbündels voneinander beabstandet sind. Die zweite Schicht hat einen überlappenden Bereich, in dem das zweite Faserbündel derart gewickelt ist, dass Abschnitte des zweiten Faserbündels, die in einer zu einer Mittelachse der Auskleidung parallelen Richtung benachbart sind, einander überlappen. Der überlappende Bereich der zweiten Schicht tritt in den beabstandeten Bereich der äußeren Schicht ein.
	[0007] Zum Aushärten von Harz mit Wärme wird das Harz erst einmal erweicht und dann ausgehärtet. Gemäß diesem Aspekt enthält der Bereich, in dem die Abschnitte des zweiten Faserbündels einander überlappen, mehr Fasern als ein Bereich ohne eine Überlappung. Wenn das Harz erweicht wird, dringt das Harz in dem Bereich mit der Überlappung somit schwerlich in Richtung einer Oberfläche des Gastanks vor. Infolgedessen wird in dem Bereich, in dem die Abschnitte des zweiten Faserbündels einander überlappen, die Dicke des Harzes außerhalb der zweiten Schicht verringert. Wenn der Gastank anschließend in einem an dem Gastank durchgeführten Dehnversuch mit Gas befüllt wird, wird in diesem Bereich mit dem dünnen Harz ein Riss verursacht, so dass das Gas durch den Riss freigesetzt wird. Infolgedessen ist die Entstehung eines gasgefüllten Teils unwahrscheinlich. Dadurch entfällt ein Schritt des Bildens eines Pfades zwischen der Auskleidung und der

ersten Schicht, so dass die Bildung eines gasgefüllten Teils auf einfachere Weise verhindert wird. Ferner ist die Entstehung eines ungewöhnlichen Geräusches bedingt durch ein Reißen eines gasgefüllten Teils unwahrscheinlich, und das Erscheinungsbild des Gastanks wird nicht verschlechtert.

[0008] Dieser Aspekt sieht zudem die Schicht vor, in der das erste Faserbündel derart gewickelt ist, dass eine Lücke in dem ersten Faserbündel gebildet ist. Dies bewirkt, dass der Bereich, in dem die Abschnitte des zweiten Faserbündels einander überlappen, ohne Weiteres in die Lücke eintritt, so dass eine Oberfläche der zweiten Schicht ohne Weiteres gegeben wird.

[0009] Dieser Aspekt erreicht weiter eine Verstärkung der Auskleidung an der inneren Schicht. Da das erste Faserbündel in der äußeren Schicht ferner unter Ausbildung der Lücke in dem ersten Faserbündel gewickelt ist, tritt der Bereich in der zweiten Schicht, in dem die Abschnitte des zweiten Faserbündels einander überlappen, ohne Weiteres in die Lücke in dem ersten Faserbündel ein. Infolgedessen wird die Oberfläche des Gastanks ohne Weiteres gegeben.

[0010] In dem oben beschriebenen Aspekt kann die äußere Schicht eine Schicht beinhalten, in der Harz in dem ersten Faserbündel einen größeren Volumenanteil aufweist als das Harz in dem ersten Faserbündel in der inneren Schicht.

[0011] Dieser Aspekt erreicht eine Verstärkung der Auskleidung an der inneren Schicht. Ferner beinhaltet die äußere Schicht die Schicht, in der das Harz in dem ersten Faserbündel einen größeren Volumenanteil aufweist als das Harz in dem ersten Faserbündel in der inneren Schicht. Dies erlaubt ein Erweichen der äußeren Schicht. Infolgedessen tritt der Bereich in der zweiten Schicht, in dem die Abschnitte des zweiten Faserbündels einander überlappen, ohne Weiteres in die Lücke in dem ersten Faserbündel ein, so dass die Oberfläche des Gastanks ohne Weiteres gegeben wird.

[0012] In dem oben beschriebenen Aspekt kann die äußere Schicht eine spiralförmige Schicht beinhalten, in der das erste Faserbündel durch Spiralwickeln gewickelt ist.

[0013] In diesem Aspekt ist die äußere Oberfläche unter der zweiten Schicht eine spiralförmige Schicht, die durch Wickeln des ersten Faserbündels durch Spiralwickeln gebildet ist. In der spiralförmigen Schicht bewegt sich das erste Faserbündel ohne Weiteres in einer Umfangsrichtung. Dies veranlasst das zweite Faserbündel, ohne Weiteres in die Lücke in dem ersten Faserbündel einzutreten, so dass die Oberfläche des Gastanks ohne Weiteres gegeben wird.

[0014] In dem oben beschriebenen Aspekt kann das erste Faserbündel aus Carbonfasern gebildet sein, und das zweite Faserbündel kann aus Glasfasern gebildet sein.

[0015] In diesem Aspekt ist das Faserbündel in der ersten Schicht aus Carbonfasern hoher Festigkeit gebildet. Dadurch wird eine zuverlässigere Verstärkung des Gastanks erreicht. Ferner sind für die zweite Schicht, die keine sehr hohe Festigkeit aufweisen muss, Glasfasern verwendbar, die kostengünstiger sind als Carbonfasern.

[0016] In dem oben beschriebenen Aspekt kann ferner ein Etikett zwischen der ersten Schicht und der zweiten Schicht vorgesehen sein. Ein Prozentsatz einer Überlappung zwischen den benachbarten Abschnitten des zweiten Faserbündels in der zweiten Schicht kann an einer Stelle über dem Etikett größer sein als an einer von der Stelle über dem Etikett verschiedenen Stelle.

[0017] In diesem Aspekt ist der Überlappungsprozentsatz an einer Stelle über dem Etikett größer als an einer von der Stelle über dem Etikett verschiedenen Stelle. Dies ermöglicht es, die Wahrscheinlichkeit eines vorsätzlichen Überschreibens des Etiketts zu verringern.

[0018] Gemäß einem Aspekt der vorliegenden Offenbarung wird ein Verfahren zur Herstellung eines Gastanks mit den Merkmalen des Anspruchs 6 angegeben. Das Verfahren umfasst die Schritte: einen Schritt (a) des Erstellens einer Auskleidung, die eine hohlzyllindrische Form aufweist; einen Schritt (b) des Bildens einer ersten Schicht, die mehrere Schichten beinhaltet, durch Wickeln eines mit Harz imprägnierten ersten Faserbündels um einen Außenumfang der Auskleidung, wobei der Schritt des Bildens der ersten Schicht beinhaltet: einen Schritt (b-1) des Bildens einer inneren Schicht, und einen Schritt (b-2) des Bildens einer äußeren Schicht, wobei die innere Schicht näher an der Auskleidung ist als die äußere Schicht, die äußere Schicht außerhalb der inneren Schicht ist, und wobei, in dem Schritt (b-2) des Bildens der äußeren Schicht, das erste Faserbündel derart gewickelt wird, dass ein beabstandeter Bereich der äußeren Schicht gebildet wird, in dem benachbarte Abschnitte des ersten Faserbündels durch eine Lücke voneinander beabstandet sind; einen Schritt (c) des Bildens einer zweiten Schicht durch Wickeln eines mit Harz imprägnierten zweiten Faserbündels um die Auskleidung mit dem gewickelten ersten Faserbündel derart, dass Abschnitte des zweiten Faserbündels einander in einer zu einer Mittelachse der Auskleidung parallelen Richtung in einem einen überlappenden Bereich überlappen; einen Schritt (d) des Verlassens des überlappenden Bereichs der zweiten Schicht, in den beabstandeten Bereich der äußeren Schicht einzutreten.

treten; und einen Schritt (e) des Aushärtens des Harzes.

[0019] Zum Aushärten von Harz mit Wärme wird das Harz erst einmal erweicht und dann ausgehärtet. Gemäß diesem Aspekt enthält der Bereich, in dem die Abschnitte des zweiten Faserbündels einander überlappen, mehr Fasern als ein Bereich ohne eine Überlappung. Wenn das Harz erweicht wird, dringt das Harz in dem Bereich mit der Überlappung somit schwerlich in Richtung einer Oberfläche des Gastanks vor. Infolgedessen wird in dem Bereich, in dem die Abschnitte des zweiten Faserbündels einander überlappen, die Dicke des Harzes außerhalb der zweiten Schicht verringert. Wenn der Gastank anschließend in einem an dem Gastank durchgeföhrten Dehnversuch mit Gas befüllt wird, dann wird in diesem Bereich mit dem dünnen Harz ein Riss verursacht, so dass das Gas durch den Riss freigesetzt wird. Infolgedessen ist die Entstehung eines gasgefüllten Teils unwahrscheinlich. Dadurch entfällt ein Schritt des Bildens eines Pfades zwischen der Auskleidung und der ersten Schicht, so dass die Bildung eines gasgefüllten Teils auf einfachere Weise verhindert wird. Ferner ist die Entstehung eines ungewöhnlichen Geräusches bedingt durch ein Reißen eines gasgefüllten Teils unwahrscheinlich, und das Erscheinungsbild des Gastanks wird nicht verschlechtert.

[0020] Die vorliegende Offenbarung ist in verschiedenen Aspekten ausführbar. Diese Aspekte beinhalten beispielsweise einen Gastank und ein Verfahren zur Herstellung des Gastanks.

Figurenliste

Fig. 1 ist eine Schnittansicht, die die Ausgestaltung eines Gastanks im Umriss zeigt;

Fig. 2 ist eine erläuternde Ansicht, die ein Beispiel für eine Faden- bzw. Filamentwickelvorrichtung zeigt;

Fig. 3 ist eine erläuternde Ansicht, die beispielhafte Wickelweisen eines Faserbündels um eine Auskleidung zeigt;

Fig. 4 ist eine erläuternde Ansicht, die beispielhafte Wickelweisen eines ersten Faserbündels in einer Verstärkungsschicht zeigt;

Fig. 5 ist eine schematische Ansicht, die den Querschnitt eines geraden Abschnitts zeigt, bevor die Verstärkungsschicht und eine Oberflächenschicht mit Wärme ausgehärtet werden;

Fig. 6 ist eine erläuternde Ansicht, die eine Aushärtvorrichtung zum Aushärten von Harz zeigt;

Fig. 7 ist eine erläuternde Ansicht, die eine Veränderung des Zustands der Oberflächenschicht

ab dem Aushärten von Harz mit Wärme bis zum Befüllen mit Gas zeigt;

Fig. 8 ist eine erläuternde Ansicht, die eine andere Ausführungsform des Härtens mit Wärme zeigt;

Fig. 9 ist eine erläuternde Ansicht, welche die Ausgestaltung eines Gastanks gemäß einer zweiten Ausführungsform im Umriss zeigt; und

Fig. 10 ist ein Prozessdiagramm, das Schritte der Herstellung des Gastanks zeigt.

BESCHREIBUNG VON AUSFÜHRUNGSFORMEN

Erste Ausführungsform

[0021] **Fig. 1** ist eine Schnittansicht, welche die Ausgestaltung eines Gastanks **500** im Umriss zeigt. Der Gastank **500** weist eine Form gleich einem Zylinder auf. Im Wesentlichen kugelförmige Dom- bzw. Kuppelformen sind an axial gegenüberliegenden Enden des Zylinders gebildet. Der Gastank **500** beinhaltet einen Liner bzw. eine Auskleidung **100** und eine am Außenumfang der Auskleidung **100** gebildete faserverstärkte Harzschicht **200**.

[0022] Die Auskleidung **100** weist eine hohlzyldrische Form auf. Die faser verstärkte Harzschicht **200** beinhaltet eine Verstärkungsschicht **210**, welche der Auskleidung **100** näher ist, und eine Oberflächenschicht **260**, welche sich außerhalb der Verstärkungsschicht **210** und näher an der Außenluft befindet. Die Verstärkungsschicht **210** ist eine erste Schicht, und die Oberflächenschicht **260** ist eine zweite Schicht. Die Verstärkungsschicht **210** beinhaltet ein aus Carbonfasern gebildetes Faserbündel. Die Oberflächenschicht **260** beinhaltet ein aus Glasfasern gebildetes Faserbündel. Das Faserbündel ist ein Bündel einer großen Anzahl von Fasern (Einzelfasern). Die Verstärkungsschicht **210** verstärkt die Auskleidung **100** von außen, um die Festigkeit des Gastanks **500** zu erhöhen. Die Oberflächenschicht **260** schützt die Verstärkungsschicht **210**, um das Auftreten eines Kratzers in der Verstärkungsschicht **210** zu verhindern. Selbst das Auftreten eines Kratzers oder eines Risses in der Oberflächenschicht **260** beeinträchtigt nicht die Festigkeit des Gastanks **500**, sofern in der Verstärkungsschicht **210** kein Kratzer oder Riss vorliegt.

[0023] Ein Mundstück **300** und ein Mundstück **310** sind an den gegenüberliegenden Enden des Gastanks **500** befestigt. Das Mundstück **300** weist ein Loch **305** auf, welches das Innere und das Äußere der Auskleidung **100** verbindet. Das Mundstück **310** weist ein Loch **315** auf. Das Loch **315** verbindet das Innere und das Äußere der Auskleidung **100** nicht. Alternativ kann das Mundstück **310**, genau wie das Mundstück **300**, ein Loch aufweisen, welches das Innere und das Äußere der Auskleidung **100** verbindet.

In diesem Fall kann das Loch in dem Mundstück **310** durch ein Blockierelement verschlossen werden. Eine Komponente zum Befüllen des Gastanks **500** mit Gas oder zum Freisetzen des Gases aus dem Gastank **500** ist an dem Mundstück **300** befestigt. Die Mundstücke **300** und **310** werden an einer Befestigungswelle einer später beschriebenen Filamentwickelvorrichtung befestigt, wenn ein mit Harz imprägniertes Faserbündel um die Auskleidung **100** gewickelt wird. Die Mundstücke **300** und **310** werden für eine Drehung und Bewegung der Auskleidung **100** in verschiedenen Richtungen verwendet. Die hierin erwähnte Drehung beinhaltet eine Drehung um die Befestigungswelle und eine Drehung um eine Drehachse, die sich in einer zu der Befestigungswelle vertikalen Richtung erstreckt. Die hierin erwähnte Bewegung beinhaltet eine Bewegung in der Richtung der Befestigungswelle und eine Bewegung in einer zu der Befestigungswelle vertikalen Richtung.

[0024] Fig. 2 ist eine erläuternde Ansicht, die ein Beispiel für eine Filamentwickelvorrichtung **1000** zeigt. Die Filamentwickelvorrichtung **1000** dient zum Wickeln eines mit Harz imprägnierten Faserbündels **10** um die Auskleidung **100**. Die Filamentwickelvorrichtung **1000** ist zum Umwickeln der Auskleidung **100** mit einem Faserbündel für die Verstärkungsschicht **210** unter Verwendung eines ersten Faserbündels **10f** als das zuzuführende Faserbündel sowie zum Wickeln eines Faserbündels für die Oberflächenschicht **260** unter Verwendung eines zweiten Faserbündels **10s** als das zuzuführende Faserbündel **10** verwendbar.

[0025] Die Filamentwickelvorrichtung **1000** beinhaltet: eine Abgabespule **12a**, eine Abgabespule **12b**, eine Abgabespule **12c** und eine Abgabespule **12d**; eine Weiterleitungsrolle **14a**, eine Weiterleitungsrolle **14b**, eine Weiterleitungsrolle **14c**, eine Weiterleitungsrolle **14d** und eine Weiterleitungsrolle **16**; einen Tänzer **18**; einen aktiven Tänzer **20**; eine Weiterleitungsrolle **22**, eine Weiterleitungsrolle **24** und eine Weiterleitungsrolle **26**; ein Faserkonvergenzwerkzeug **28**; eine Faserzuführvorrichtung **30**; eine Befestigungswelle **40**; und eine Steuerung **50**.

[0026] Ein vorimprägnter Faserstrang bzw. Tow-prepreg **10a**, ein Tow-prepreg **10b**, ein Tow-prepreg **10c** und ein Tow-prepreg **10d** sind um die Abgabespulen **12a**, **12b**, **12c** bzw. **12d** gewickelt. Die Abgabespulen **12a**, **12b**, **12c** und **12d** fungieren als Zuführvorrichtungen zum Zuführen der Tow-prepregs **10a**, **10b**, **10c** bzw. **10d**. Jeder der Tow-prepregs **10a**, **10b**, **10c** bzw. **10d** ist durch Imprägnieren eines Faserbündels, das etwa zwanzigtausend bis fünfzigtausend Einzelfasern enthält, mit Harz wie etwa Epoxidharz gebildet. Die Tow-prepregs **10a**, **10b**, **10c** und **10d** können die gleiche Anzahl von Einzelfasern oder Einzelfasern in verschiedener Anzahl aufweisen. Das Faserbündel in jedem der Tow-prepregs **10a**, **10b**,

10c und **10d** ist ein aus Carbonfasern gebildetes Faserbündel, wenn es zum Bilden der Verstärkungsschicht **210** gewickelt wird, und ist ein aus Glasfasern gebildetes Faserbündel, wenn es zum Bilden der Oberflächenschicht **260** gewickelt wird. Das Faserbündel kann Fasern enthalten, die von Carbonfasern und Glasfasern verschieden sind. Ferner kann ein von Epoxidharz verschiedenes Harz verwendet werden. Ein aus jeder der Spulen **12a**, **12b**, **12c** und **12d** zuführendes Faserbündel kann nicht mit Harz imprägniert sein. In diesem Fall kann dieses Faserbündel durch Tauchen in ein Harzbad, das auf der Strecke hin zu der Faserzuführvorrichtung **30** vorgesehen ist, mit Harz imprägniert werden.

[0027] Die Weiterleitungsrollen **14a**, **14b**, **14c**, **14d**, **16**, **22**, **24** und **26** werden zum Übertragen der Tow-prepregs **10a**, **10b**, **10c** und **10d** verwendet. Die Weiterleitungsrollen **14a**, **14b**, **14c** und **14d** in einer ersten Stufe sind jeweils eigenständig für die Tow-prepregs **10a**, **10b**, **10c** bzw. **10d** vorgesehen. Die Weiterleitungsrollen **16**, **22**, **24** und **26** in einer zweiten Stufe und deren nachfolgenden Stufen sind nicht jeweils eigenständig für die Tow-prepregs **10a**, **10b**, **10c** und **10d** vorgesehen, sondern sind zur gemeinsamen Verwendung vorgesehen.

[0028] Der Tänzer **18** weist einen Zylinder **19** auf, der auf einen vorbestimmten Druck eingestellt ist. Der aktive Tänzer **20** weist eine Spulenwelle **21** auf. Der aktive Tänzer **20** bewegt die Spulenwelle **21** derart, dass der Tänzer **18** in eine horizontale Position gebracht wird, wodurch die Spannung jedes der Tow-prepregs **10a**, **10b**, **10c** und **10d** angepasst wird. Der vorbestimmte Druck entspricht einer Spannung, die zum Wickeln des Faserbündels **10** um die Auskleidung **100** aufgebracht wird. Wie später beschrieben, variiert eine zum Wickeln eines Faserbündels aufzubringende Spannung zwischen den Schichten. Das Faserkonvergenzwerkzeug **28** richtet die vier Tow-prepregs **10a**, **10b**, **10c** und **10d** aus, damit die vier Tow-prepregs **10a**, **10b**, **10c** und **10d** ohne Weiteres konvergieren.

[0029] Die Faserzuführvorrichtung **30** veranlasst die vier Tow-prepregs **10a**, **10b**, **10c** und **10d**, in ein Faserbündel **10** zu konvergieren, und führt der Auskleidung **100** das eine Faserbündel **10** als ein Wickelziel zu. Das aus der Konvergenz resultierende Faserbündel **10** weist eine bandartige Form mit beispielsweise einer Breite von etwa 5 bis etwa 20 mm und einer Dicke von etwa 0,4 bis etwa 0,8 mm auf. Die Breite und die Dicke des Faserbündels **10** betragen typischerweise 16 mm bzw. 0,6 mm. Die Position der Faserzuführvorrichtung **30** relativ zu der Auskleidung **100** ist auf eine Weise beweglich, die von der Position der Auskleidung **100** und der Stelle der Auskleidung **100**, an der das Faserbündel **10** zu wickeln ist, abhängt. Wenn ein Faserbündel für die Verstärkungsschicht **210** und ein Faserbündel für die Oberflächen-

schicht **260** voneinander zu unterscheiden sind, wird das Faserbündel für die Verstärkungsschicht **210** das „erste Faserbündel **10f**“ genannt, und das Faserbündel für die Oberflächenschicht **260** wird das „zweite Faserbündel **10s**“ genannt.

[0030] Die Befestigungswelle **40** ist an den Mundstücken **300** und **310** der Auskleidung **100** befestigt. Die Befestigungswelle **40** fungiert als eine Drehachse, wenn die Auskleidung **100** von einer in den Zeichnungen nicht gezeigten Antriebsvorrichtung um die Befestigungswelle **40** gedreht wird. Die Befestigungswelle **40** erlaubt eine Drehung der Auskleidung **100** um eine zu der Achsrichtung der Befestigungswelle **40** vertikale Achse. Die Befestigungswelle **40** erlaubt ferner eine Bewegung der Auskleidung **100** in der Richtung der Befestigungswelle **40** und erlaubt eine Bewegung der Auskleidung **100** in einer zu der Befestigungswelle **40** vertikalen Richtung. Diese Drehungen und Bewegungen verwirklichen ein später zu beschreibendes Reifenwickeln („Hoop Winding“) und Spiralwickeln.

[0031] Die Steuerung **50** steuert einen Betrieb des aktiven Tänzers **20**, eine Bewegung der Faserzuführvorrichtung **30** sowie eine Bewegung und Drehung der Auskleidung **100**.

[0032] **Fig. 3** ist eine erläuternde Ansicht, die beispielhafte Wickelweisen eines Faserbündels um die Auskleidung **100** zeigt. In dieser Ausführungsform ist das Faserbündel **10** (erstes Faserbündel **10f** oder zweites Faserbündel **10f**) auf zwei Arten, Reifenwickeln und Spiralwickeln, um die Auskleidung **100** gewickelt. Ein Faserbündel **10** kann auf eine von Reifenwickeln und Spiralwickeln verschiedene Art und Weise um die Auskleidung **100** gewickelt sein. Die Auskleidung **100** beinhaltet einen geraden Abschnitt **110** einer im Wesentlichen zylindrischen Form und einen halbkugelförmigen Dom- bzw. Kuppelabschnitt **120** sowie einen halbkugelförmigen Dom- bzw. Kuppelabschnitt **125** auf gegenüberliegenden Seiten des geraden Abschnitts **110**. Reifenwickeln ist eine Wickelweise, bei der das Faserbündel **10** entlang des Umfangs des geraden Abschnitts **110** der Auskleidung **100** in eine Kreisform gewickelt wird. Mit anderen Worten ist Reifenwickeln eine Wickelweise, bei der das Faserbündel **10** um eine Mittelachse gewickelt wird, die sich in der Achsrichtung des Zylinders der Auskleidung **100** erstreckt. Reifenwickeln wird auch „Parallelwickeln“ genannt. Spiralwickeln ist eine Wickelweise, bei der ein Faserbündel ausgehend von dem Kuppelabschnitt **120** der Auskleidung **100** derart gewickelt wird, dass es den anderen Kuppelabschnitt **125** über den geraden Abschnitt **110** erreicht. Mit anderen Worten ist Spiralwickeln eine Wickelweise, bei der das Faserbündel um eine Mittelachse gewickelt wird, die sich in einer zu der Achse des Zylinders der Auskleidung **100** vertikalen Richtung erstreckt. Das in **Fig. 3** gezeigte Spiralwickeln ist ein Niedrigwinkel-

Spiralwickeln und wird auch „Etikettenwicklung“ genannt.

[0033] **Fig. 4** ist eine erläuternde Ansicht, die beispielhafte Wickelweisen des ersten Faserbündels **10f** in der Verstärkungsschicht **210** zeigt. Die Verstärkungsschicht **210** beinhaltet neun Schichten von einer Schicht **a** bis zu einer Schicht **i**. Schichten von der Schicht **a** bis zu einer Schicht **g** entsprechen einer inneren Schicht, wohingegen eine Schicht **h** und die Schicht **i** einer äußeren Schicht entsprechen. Die äußere Schicht ist außerhalb der inneren Schicht gebildet. Die Schicht **a** beinhaltet, von der Auskleidung **100** aus gesehen, Schichten von einer ersten Schicht bis zu einer (**n1**)-ten Schicht. Die Schicht **a** ist durch Spiralwickeln gebildet. Eine durch Spiralwickeln gebildete Schicht wird eine „spiralförmige Schicht“ genannt. Die Schicht **a** weist einen Bedeckungsanteil von etwa 100% auf. Eine während des Wickelns des ersten Faserbündels **10f** zum Bilden der Schicht **a** aufgebrachte Spannung beträgt etwa 5 bis etwa 15 N. Ein Bedeckungsanteil ist ein Index, der ein Volumen angibt, das von dem ersten Faserbündel **10f** bezogen auf das Raumvolumen, in dem das erste Faserbündel **10f** zu wickeln ist, belegt wird. Ein Bedeckungsanteil von 100% bedeutet, dass das erste Faserbündel **10f** eng gewickelt ist. Der Bedeckungsanteil wird später im Detail beschrieben. Die in **Fig. 4** gezeigten Zahlen **n1** bis **n9** sind ganze Zahlen. Die folgende Beziehung gilt zwischen diesen Zahlen: **n1** ist größer gleich 1, und **n1** < **n2** < **n3** < **n4** < **n5** < **n6** < **n7** < **n8** < **n9**. Falls **n1** = 1, dann beinhaltet die Schicht **a** lediglich eine Schicht.

[0034] Die Schicht **b** beinhaltet, von der Auskleidung **100** aus gesehen, Schichten von einer (**n1+1**)-ten Schicht bis zu einer (**n2**)-ten Schicht. Die Schicht **b** ist durch Reifenwickeln gebildet. Die durch Reifenwickeln gebildete Schicht wird auch eine „Reifenschicht“ genannt. Die Schicht **b** weist einen Bedeckungsanteil von etwa 100% auf. Eine während des Wickelns des ersten Faserbündels **10f** zum Bilden der Schicht **b** aufgebrachte Spannung beträgt etwa 15 bis etwa 70 N. Die Schichten von der Schicht **c** bis zur Schicht **g** werden nicht beschrieben. Die innere Schicht (von der Schicht **a** bis zur Schicht **g**) weist einen Bedeckungsanteil von im Wesentlichen 100% auf und ist zum Verstärken der Auskleidung **100** verwendbar.

[0035] Die Schicht **h** beinhaltet, von der Auskleidung **100** aus gesehen, Schichten von einer (**n7+1**)-ten Schicht bis zu einer (**n8**)-ten Schicht. Die Schicht **h** ist durch Schraubenwickeln derart gebildet, dass Abschnitte des ersten Faserbündels **10f**, die in einer Richtung des Wickelns um die Mittelachse der Auskleidung **100** benachbart sind, durch eine Lücke voneinander beabstandet sind. Die Schicht **h** weist einen Bedeckungsanteil von etwa 75% auf. Eine während des Wickelns des ersten Faserbündels **10f** zum Bil-

den der Schicht h aufgebrachte Spannung beträgt etwa 15 bis etwa 30 N. Ein Bedeckungsanteil von 75% bedeutet, dass das erste Faserbündel **10f** unter Ausbildung einer Lücke in dem ersten Faserbündel **10f** gewickelt ist, und dass das Raumvolumen, in dem das erste Faserbündel **10f** gewickelt ist, das erste Faserbündel **10f**, welches 75% des Volumens belegt, und eine Lücke, welche 25% des Volumens belegt, beinhaltet. Die äußere Schicht beinhaltet die Schicht h, die durch Wickeln des ersten Faserbündels **10f** unter Ausbildung einer Lücke in dem ersten Faserbündel **10f** gebildet ist.

[0036] Die Schicht i beinhaltet, von der Auskleidung **100** aus gesehen, Schichten von einer (n_8+1) -ten Schicht bis zu einer (n_9) -ten Schicht. Die Schicht i fungiert zum Fixieren der Form der Oberfläche der Verstärkungsschicht **210** und ist durch Reifenwickeln gebildet. Die Schicht i weist einen Bedeckungsanteil von etwa 100% auf. Eine während des Wickelns des ersten Faserbündels **10f** zum Bilden der Schicht i aufgebrachte Spannung beträgt etwa 50 bis etwa 70 N. Die Schicht i kann eine einzelne Schicht sein. In diesem Fall gilt $n_9 = n_8 + 1$. Die Schicht i kann entfallen.

[0037] **Fig. 5** ist eine schematische Ansicht, welche den Querschnitt des geraden Abschnitts **110** zeigt, bevor die Verstärkungsschicht **210** und die Oberflächenschicht **260** mit Wärme ausgehärtet werden. In **Fig. 5** sind aus dem ersten Faserbündel **10f** Schichten von der Schicht a bis zur Schicht h gebildet. Die Schichten von der Schicht a bis zur Schicht f sind jeweils aus einer einzelnen Schicht oder aus mehreren Schichten gebildet. Zur Vereinfachung der Darstellung sind diese Schichten jedoch einfach als eine einzelne Schicht veranschaulicht.

[0038] Der Bedeckungsanteil wird basierend auf dem Anteil des ersten Faserbündels **10f** in einem Querschnitt **S1** von **Fig. 5**, der mehrere in einer Stapelrichtung des ersten Faserbündels **10f** angeordnete Schichten beinhaltet, berechnet. Der Querschnitt **S1** ist ein Wert über einen Querschnitt an dem geraden Abschnitt **110** und kein Querschnitt an jedem der Kuppelabschnitte **120** und **125** in **Fig. 3**. Die Anordnung des ersten Faserbündels **10f** an dem geraden Abschnitt **110** ist einfacher als an jedem der Kuppelabschnitte **120** und **125**, so dass der Bedeckungsanteil an dem geraden Abschnitt **110** leichter zu berechnen ist als jener an jedem der Kuppelabschnitte **120** und **125**. Aus diesem Grund wird der Bedeckungsanteil basierend auf der Wickelweise des ersten Faserbündels **10f** an dem geraden Abschnitt **110** berechnet. Unter der Annahme, dass die Breite des ersten Faserbündels **10f** **W1** ist, wird das erste Faserbündel **10f** in der Schicht h unter Ausbildung einer Lücke einer Größe **WG1** in dem ersten Faserbündel **10f** gewickelt. Somit wird der Bedeckungsanteil in der Schicht h als $100*W1/(W1 + WG1)$ (in Prozent) berechnet. Unter der Annahme, dass die Größe **WG1** der Lücke

etwa 33,3% der Breite **W1** des ersten Faserbündels **10f** beträgt, wird der Bedeckungsanteil auf etwa 75% bestimmt.

[0039] Die Oberflächenschicht **260** ist aus dem zweiten Faserbündel **10s** gebildet und beinhaltet zwei Schichten, eine erste Oberflächenschicht **261** und eine zweite Oberflächenschicht **262**. In dieser Ausführungsform beinhaltet die Oberflächenschicht **260** zwei Schichten. Alternativ kann die Oberflächenschicht **260** mehrere Schichten beinhalten, darunter drei oder mehr Schichten. In der Darstellung von **Fig. 5** ist das zweite Faserbündel **10s** in der Oberflächenschicht **260** derart gewickelt, dass Abschnitte des zweiten Faserbündels **10s**, die in einer zu der Mittelachse der Auskleidung **100** parallelen Richtung benachbart sind, einander überlappen. Ein Bereich, in dem diese Abschnitte des zweiten Faserbündels **10s** einander überlappen, wird ein erster Bereich **261a** oder ein erster Bereich **262a** genannt. Ein Überlappungsprozentsatz ist ein Index, der einen Grad einer Überlappung zwischen benachbarten Abschnitten des Faserbündels **10** angibt. In der Darstellung von **Fig. 5** weist das zweite Faserbündel **10s**, das die Oberflächenschicht **260** bildet, eine Breite **W2** auf, und eine Überlappung zwischen benachbarten Abschnitten des zweiten Faserbündels **10s** ist **WL2**. In diesem Fall ist der Überlappungsprozentsatz des zweiten Faserbündels **10s** als $100*WL2/W2$ (in Prozent) definiert. In der Darstellung von **Fig. 5** beträgt der Überlappungsprozentsatz des zweiten Faserbündels **10s** etwa 33,3%. In dieser Ausführungsform beträgt die Größe **WG1** einer Lücke in dem ersten Faserbündel **10f** typischerweise etwa 33,3% der Breite **W1** des ersten Faserbündels **10f**, und der Überlappungsprozentsatz des zweiten Faserbündels **10s** beträgt typischerweise etwa 33,3% der Breite **W2** des zweiten Faserbündels **10s**. Indes kann die Größe **WG1** einer Lücke in dem ersten Faserbündel **10f** auf 5 bis 33,3% der Breite **W1** des ersten Faserbündels **10f** eingestellt werden. Ferner kann der Überlappungsprozentsatz auf 5 bis 33,3% der Breite **W2** des zweiten Faserbündels **10s** eingestellt werden. Dadurch werden die Schicht i und jeder der ersten Bereiche **261a** und **262a** in der Oberflächenschicht **260**, in denen Abschnitte des zweiten Faserbündels **10s** einander überlappen, veranlasst, ohne Weiteres in eine in der Schicht h der Verstärkungsschicht **210** gebildete Lücke einzutreten, so dass eine äußere Oberfläche der Oberflächenschicht **260** ohne Weiteres geöffnet wird.

[0040] Wie unter Bezugnahme auf **Fig. 4** beschrieben, ist eine zum Wickeln des ersten Faserbündels **10f** zum Bilden der Schicht h aufgebrachte Spannung niedriger als eine zum Wickeln des ersten Faserbündels **10f** zum Bilden der inneren Schicht aufgebrachte Spannung. Somit werden die Schicht i und der erste Bereich **261a** und **262a** in der Oberflächenschicht **260**, in dem Abschnitte des zweiten

Faserbündels **10s** einander überlappen, dazu veranlasst, ohne Weiteres in eine in der Schicht **h** der Verstärkungsschicht **210** gebildete Lücke einzutreten, so dass die äußere Oberfläche der Oberflächenschicht **260** ohne Weiteres geebnet wird.

[0041] In dieser Ausführungsform wird der Bedeckungsanteil des ersten Faserbündels **10f** in der Schicht **h** auf unter 100% eingestellt, beispielsweise auf etwa 75%, wodurch die Schicht **i** und jeder der ersten Bereiche **261a** und **262a**, in denen Abschnitte des zweiten Faserbündels **10s** einander überlappen, veranlasst werden, ohne Weiteres in eine in der Schicht **h** der Verstärkungsschicht **210** gebildete Lücke einzutreten. Dies kann auch durch Verringern der Windungen und der Dichte des zum Bilden der Schicht **h** zu wickelnden ersten Faserbündels **10f** oder durch Erhöhen des Volumenanteils von Harz in dem ersten Faserbündel **10f** erreicht werden.

[0042] Um die Schicht **i** und jeden der ersten Bereiche **261a** und **262a**, in denen Abschnitte des zweiten Faserbündels **10s** einander überlappen, zu veranlassen, ohne Weiteres in eine in der Schicht **h** der Verstärkungsschicht **210** gebildete Lücke einzutreten, um die äußere Oberfläche der Oberflächenschicht **260** ohne Weiteres zu ebnen, kann während des Wickelns des ersten Faserbündels **10f** zum Bilden der Schicht **h** mindestens eine der drei folgenden Vorgehensweisen befolgt werden: (a) Verringern des Bedeckungsanteils des ersten Faserbündels **10f** im Vergleich zu dessen Bedeckungsanteil während des Wickelns zum Bilden der inneren Schicht (Schichten von der Schicht **a** bis zur Schicht **g**); (b) Verringern der Windungen und der Dichte des ersten Faserbündels **10f** oder Erhöhen des Volumenanteils von Harz in dem ersten Faserbündel **10f**; und (c) Verringern einer zum Wickeln des ersten Faserbündels **10f** aufzubringenden Spannung im Vergleich zu einer Spannung, die zum Wickeln aufzubringen ist, um die innere Schicht zu bilden.

[0043] **Fig. 6** ist eine beispielhafte Ansicht, die eine Aushärtvorrichtung **600** zum Aushärten von Harz zeigt. Die Harzaushärtvorrichtung **600** ist eine Hohlform mit einem Gehäuse **610** zum darin Aufnehmen der Auskleidung **100** mit dem gewickelten Faserbündel **10** (erstes Faserbündel **10f** oder zweites Faserbündel **10s**) und mit Heizvorrichtungen **620** zum Erwärmen des Gehäuses **610**. Die Größe des Gehäuses **610** ist im Wesentlichen gleich jener der Auskleidung **100** mit dem gewickelten Faserbündel **10**. In dieser Ausführungsform ist die Auskleidung **100** mit dem gewickelten Faserbündel **10** in dem Gehäuse **610** aufgenommen und wird von den Heizvorrichtungen **620** erwärmt. Die Heizvorrichtungen **620** erwärmen die Auskleidung **100** auf eine Erweichungstemperatur von Harz, um zunächst das Harz in dem Faserbündel **10** zu erweichen. Die Erweichungstemperatur variiert zwischen Harzen und beträgt beispielsweise 50 bis 80 Grad C. Dann erwärmen die Heizvorrichtungen **620** die Auskleidung **100** auf eine Aushärttemperatur, um das Harz auszuhärten. Die Aushärttemperatur variiert zwischen Harzen und beträgt beispielsweise 130 bis 170 Grad C. Das Gehäuse **610** weist eine glatte Innenfläche auf, wodurch die zu bildende Oberfläche des Gastanks **500** geglättet wird (**Fig. 1**).

weise 50 bis 80 Grad C. Dann erwärmen die Heizvorrichtungen **620** die Auskleidung **100** auf eine Aushärttemperatur, um das Harz auszuhärten. Die Aushärttemperatur variiert zwischen Harzen und beträgt beispielsweise 130 bis 170 Grad C. Das Gehäuse **610** weist eine glatte Innenfläche auf, wodurch die zu bildende Oberfläche des Gastanks **500** geglättet wird (**Fig. 1**).

[0044] **Fig. 7** ist eine erläuternde Ansicht, die eine Veränderung des Zustands der Oberflächenschicht **260** ab dem Aushärten von Harz mit Wärme bis zum Befüllen mit Gas zeigt. **Fig. 7** zeigt nur die zweite Oberflächenschicht **262** als eine äußerste Schicht der Oberflächenschicht **260**. Die Auskleidung **100** mit dem gewickelten zweiten Faserbündel **10s** ist an dem ersten Bereich **262a** in der zweiten Oberflächenschicht **262**, in dem Abschnitte des ersten Faserbündels **10** einander überlappen, dick und ist an einem zweiten Bereich **262b**, an dem Abschnitte des zweiten Faserbündels **10s** einander nicht überlappen, dünner als an dem ersten Bereich **262a**. Wenn die Auskleidung **100** in der Aushärtvorrichtung **600** aufgenommen wird und die Aushärtvorrichtung **600** dann geschlossen wird, dann wird der innere Bereich **262a** mittels der Innenfläche des Gehäuses **610** gedrückt. Dies lässt eine Vorderfläche des ersten Bereichs **262a** im Wesentlichen eben werden, so dass sich der erste Bereich **262a** in Richtung der in **Fig. 5** gezeigten Schicht **h** bewegt.

[0045] Als Nächstes wird Wärme zugeführt, um eine Temperatur innerhalb der Aushärtvorrichtung **600** auf die Erweichungstemperatur zu erhöhen. Dies erweicht das Harz in dem ersten Faserbündel **10f**, das die Schichten von der ersten Schicht **a** bis zur Schicht **h** bildet, sowie das Harz in dem zweiten Faserbündel **10s**, um das Harz in Richtung einer äußeren Oberfläche der zweiten Oberflächenschicht **262** vordringen zu lassen, wodurch eine Oberflächenharzschicht **270** gebildet wird. Der erste Bereich **262a** ist dicker als der zweite Bereich **262b** und enthält mehr Fasern als der zweite Bereich **262b**. Somit durchquert das Harz dabei nicht ohne Weiteres den ersten Bereich **262a**, so dass die vordringende Menge des Harzes gering ist. Infolgedessen ist eine Oberflächenharzschicht **270a** auf der äußeren Oberfläche an dem ersten Bereich **262a** dünner als eine Oberflächenharzschicht **270b** auf der äußeren Oberfläche an dem zweiten Bereich **262b**. Die äußere Oberfläche der Oberflächenharzschicht **270** wird infolge der ebenen Innenfläche der Aushärtvorrichtung **600** zu einer glatten Oberfläche ohne Unebenheiten. Dann führt die Aushärtvorrichtung **600** Wärme zu, um die Temperatur des Gehäuses **610** auf die Aushärttemperatur zu erhöhen, wodurch das Harz ausgehärtet wird. Als Nächstes wird die Aushärtvorrichtung **600** geöffnet und der Gastank **500** wird aus dem Gehäuse **610** entnommen und abgekühlt, womit die Bildung des Gastanks **500** abgeschlossen ist.

[0046] Als Nächstes wird eine Komponente zur Gasbefüllung an dem Mundstück **300** befestigt. Dann wird der Gastank **500** mit Gas befüllt und ein Dehnungsversuch wird an dem Gastank **500** durchgeführt. Während des Versuchs wird ein Druck innerhalb des Gastanks **500** erhöht, um einen Riss **271** in der dünnen Oberflächenharzschicht **270a** zu bewirken. Wie oben beschrieben, dient die Oberflächenschicht **260** dazu, die Verstärkungsschicht **210** vor einem Kratzer, etc. zu schützen. Somit beeinträchtigt selbst das Auftreten des Risses **271** in der Oberflächenharzschicht **270** nicht die Festigkeit des Gastanks **500**.

[0047] In dem Gastank **500** der ersten Ausführungsform ist das zweite Faserbündel **10s** in der Oberflächenschicht **260** derart gewickelt, dass Abschnitte des zweiten Faserbündels **10s**, die in einer zu der Mittelachse der Auskleidung **100** parallelen Richtung benachbart sind, einander überlappen. Jeder der ersten Bereiche **261a** und **262a** in der Oberflächenschicht **260**, in denen diese Abschnitte des zweiten Faserbündels **10s** einander überlappen, tritt in die Verstärkungsschicht **210** ein. Fasern in dem zweiten Faserbündel **10s** sind in jedem der ersten Bereiche **261a** und **262a** in der Oberflächenschicht **260**, in denen diese Abschnitte des zweiten Faserbündels **10s** einander überlappen, dicht angeordnet. Dies erschwert ein Vordringen von Harz in Richtung einer Oberfläche, so dass die Dicke der Oberflächenharzschicht **270** verringert wird. In der resultierenden dünnen Oberflächenharzschicht **270a** wird leicht ein Riss bewirkt. Selbst wenn Gas, das aus dem Gastank **500** austritt, zwischen die Oberflächenschicht **260** und die Oberflächenharzschicht **270** gelangt, wird das Auftreten eines gasgefüllten Teils durch das Vorhandensein des Risses **271** in der dünnen Oberflächenharzschicht **270a** verhindert. Das Verhindern des Auftretens eines gasgefüllten Teils verhindert das Auftreten eines ungewöhnlichen Geräusches bedingt durch ein Reißen eines gasgefüllten Teils oder eine Verschlechterung des Erscheinungsbildes des Gastanks bedingt durch eine Bruchstelle. Zusätzlich entsteht keine Notwendigkeit, einen Schritt des Bildens eines Pfades für ein Hindurchtreten eines Gases zwischen der Auskleidung **100** und der Verstärkungsschicht **210** auszuführen.

[0048] In der ersten Ausführungsform beinhaltet die Verstärkungsschicht **210** die innere Schicht (beispielsweise Schichten von der Schicht a bis zu der Schicht g), welche der Auskleidung **100** näher ist, und die äußere Schicht (beispielsweise Schicht h), welche der Oberflächenschicht **260** näher ist. In der äußeren Schicht (Schicht h) ist das erste Faserbündel **10f** unter Ausbildung einer Lücke in dem ersten Faserbündel **10f** gewickelt. Dadurch wird eine Verstärkung der Auskleidung **100** an der inneren Schicht (Schicht von der Schicht a bis zu der Schicht g) erreicht. Da ferner das erste Faserbündel **10f** in der äu-

ßeren Schicht unter Ausbildung einer Lücke in dem ersten Faserbündel **10f** gewickelt ist, tritt jeder der ersten Bereiche **261a** und **262a** in der Oberflächenschicht **260**, in denen Abschnitte des zweiten Faserbündels **10s** einander überlappen, ohne Weiteres in eine Lücke in dem ersten Faserbündel **10f** in der äußeren Schicht ein. Infolgedessen wird die Oberfläche des Gastanks **500** ohne Weiteres geöffnet. Der erste Bereich **262a**, in dem die Abschnitte des zweiten Faserbündels **10s** einander überlappen, wird während des Aushärtens von Harz mit der Innenfläche des Gehäuses **610** geöffnet. Somit ist es nicht erforderlich, das erste Faserbündel **10f** so zu wickeln, dass in dem ersten Faserbündel **10f** eine Lücke gebildet wird.

[0049] In der ersten Ausführungsform ist die äußere Oberfläche (Schicht h) unter der Oberflächenschicht **260** eine spiralförmige Schicht, die durch Wickeln des ersten Faserbündels **10f** durch Spiralwickeln unter Ausbildung einer Lücke in dem ersten Faserbündel **10f** gebildet ist. In der spiralförmigen Schicht liegt das erste Faserbündel **10f** an den beiden Kuppelabschnitten **120** und **125** auf. Ferner weist der gerade Abschnitt **110** eine lange axiale Länge auf, so dass das erste Faserbündel **10f** veranlasst wird, sich ohne Weiteres in der Umfangsrichtung zu bewegen. Wenn somit eine radial in Richtung auf die Mitte wirkende Kraft von außerhalb des geraden Abschnitts **110** aufgebracht wird, dann tritt das zweite Faserbündel **10s** in der Oberflächenschicht **260** ohne Weiteres in eine Lücke in dem ersten Faserbündel **10f** in der Schicht h ein, so dass die Oberfläche des Gastanks **500** ohne Weiteres geöffnet wird. Das erste Faserbündel **10f** in der Schicht h kann durch eine andere Wickelweise als Spiralwickeln, wie beispielsweise Reifenwickeln, gewickelt sein.

[0050] In der ersten Ausführungsform ist das erste Faserbündel **10f** in der Verstärkungsschicht **210** aus Carbonfasern hoher Festigkeit gebildet. Dadurch wird eine zuverlässigere Verstärkung des Gastanks **500** erreicht. Ferner sind für das zweite Faserbündel **10s** in der Oberflächenschicht **260**, die keine sehr hohe Festigkeit aufweisen muss, Glasfasern verwendbar, die kostengünstiger sind als Carbonfasern. Indes kann ein Faserbündel in der Oberflächenschicht **260** aus Carbonfasern gebildet sein.

[0051] In der ersten Ausführungsform ist in dem geraden Abschnitt **110** der Auskleidung **100** das erste Faserbündel **10f** in der äußeren Schicht der Verstärkungsschicht **210** so gewickelt, dass es eine Lücke einer Größe von 5 bis 33,3% der Breite des ersten Faserbündels **10f** bildet. Ferner ist das zweite Faserbündel **10s** in der Oberflächenschicht **260** so gewickelt, dass es eine Überlappung mit einem Überlappungsprozentsatz von 5 bis 33,3% bildet. Somit wird der erste Bereich **262a** in der Oberflächenschicht **260**, in dem Abschnitte des zweiten Faserbündels **10s** einander überlappen, veranlasst, ohne Weiteres

in eine Lücke in dem ersten Faserbündel **10f** in der Verstärkungsschicht **210** einzutreten. Infolgedessen wird die Oberfläche des Gastanks **500** ohne Weiteres geebnet.

Andere Ausführungsform

[0052] **Fig. 8** ist eine erläuternde Ansicht, die eine andere Ausführungsform des Aushärtens mit Wärme zeigt. In der ersten Ausführungsform ist die Auskleidung **100** mit dem gewickelten Faserbündel **10** (erstes Faserbündel **10f** oder zweites Faserbündel **10f**) in dem Gehäuse **610** der Aushärtvorrichtung **600** aufgenommen. Dann wird Harz in der Auskleidung **100** erweicht, um den ersten Bereich **262a**, in dem Abschnitte des zweiten Faserbündels **10s** einander überlappen, zu veranlassen, in die Verstärkungsschicht **210** einzutreten. Dann wird das Harz ausgehärtet. In einer anderen Ausführungsform wird, während die Auskleidung **100** mit dem gewickelten Faserbündel **10** von Heizvorrichtungen **750** auf eine Erweichungstemperatur erwärmt wird, die Oberfläche der Auskleidung **100** mit dem gewickelten Faserbündel **10** mit einer Walze **700** geglättet, um die Oberfläche zu ebnen. Konkret wird der erste Bereich **262a** in der Oberflächenschicht **260**, in dem Abschnitte des zweiten Faserbündels **10s** einander überlappen, unter Verwendung der Walze **700** veranlasst, in die Verstärkungsschicht **210** einzutreten. Als Nächstes wird die Auskleidung **100** mit dem gewickelten Faserbündel **10** von den Heizvorrichtungen **750** auf eine Aushärttemperatur erwärmt, um das Harz auszuhärten. Dadurch wird eine Aushärtung des Harzes in dem Gastank **500** ohne Verwendung der Aushärtvorrichtung **600** erreicht. Während in dieser Ausführungsform die Walze **700** verwendet wird, kann die Walze **700** durch ein Ebnungswerkzeug wie etwa einen Spatel ersetzt werden. Alternativ kann durch Erhöhen einer zum Wickeln des zweiten Faserbündels **10s** aufzubringenden Spannung jeder der ersten Bereiche **261a** und **262a** in der Oberflächenschicht **260**, in denen Abschnitte des zweiten Faserbündels **10s** einander überlappen, veranlasst werden, in eine Lücke in dem ersten Faserbündel **10f** in der Verstärkungsschicht **210** einzutreten.

Zweite Ausführungsform

[0053] **Fig. 9** ist eine erläuternde Ansicht, welche die Ausgestaltung eines Gastanks gemäß einer zweiten Ausführungsform im Umriss zeigt. Ein Gastank **502** der zweiten Ausführungsform weist die gleiche Ausgestaltung wie jene der ersten Ausführungsform auf. **Fig. 9** zeigt ein Etikett **550**. Obwohl in der ersten Ausführungsform nicht beschrieben, ist das Etikett **550** auch an dem Gastank **500** der ersten Ausführungsform vorgesehen. Das Etikett **550** gibt ein Herstellungsdatum des Gastanks **502**, ein Verwendbarkeitsdatum des Gastanks **502**, einen Verwendungszweck des Gastanks **502**, etc. an. Um ein Überschreiben

des Etiketts **550** zu verhindern, ist das Etikett **550** zwischen der Verstärkungsschicht **210** und der Oberflächenschicht **260** angebracht. In der ersten Ausführungsform ist zum Bilden der Oberflächenschicht **260** nach Anbringen des Etiketts **550** der Anteil des ersten Bereichs **262a** in der Oberflächenschicht **260**, in dem Abschnitte des zweiten Faserbündels **10s** einander überlappen (Überlappungsprozentsatz), im Wesentlichen konstant, ungeachtet dessen, ob der Überlappungsprozentsatz an einer Stelle über dem Etikett **550** bestimmt wird oder nicht. Hingegen unterscheidet sich die zweite Ausführungsform dahingehend von der ersten Ausführungsform, als zum Bilden der Oberflächenschicht **260** nach Anbringen des Etiketts **550** das zweite Faserbündel **10s** in der Oberflächenschicht **260** derart gewickelt wird, dass der Anteil des ersten Bereichs **262a** in der Oberflächenschicht **260**, in dem Abschnitte des zweiten Faserbündels **10s** einander überlappen (Überlappungsprozentsatz), an einer Stelle über dem Etikett **550** größer wird als an einer von der Stelle über dem Etikett **550** verschiedenen Stelle. Ein geringer Überlappungsprozentsatz kann ein Risiko eines Verschiebens des Faserbündels **10** zum Herbeiführen der Überschreibbarkeit des Etiketts **550** bewirken. In der zweiten Ausführungsform ist ein Prozentsatz einer Überlappung zwischen Abschnitten des zweiten Faserbündels **10s** in der Oberflächenschicht **260** an einer Stelle über dem Etikett **550** größer als an einer von der Stelle über dem Etikett **550** verschiedenen Stelle. Dies ermöglicht es, die Wahrscheinlichkeit eines vorsätzlichen Überschreibens des Etiketts **550** im Vergleich zu der ersten Ausführungsform zu verringern.

[0054] **Fig. 10** ist ein Prozessdiagramm, das Schritte der Herstellung des Gastanks **500** zeigt. In Schritt **S100** wird die Auskleidung **100** mit den Mundstücken **300** und **310** erstellt. In Schritt **S110** werden die Mundstücke **300** und **310** an der Befestigungswelle **40** befestigt. Als Nächsteswickelt die Steuerung **50** das erste Faserbündel **10f** und dreht dabei die Auskleidung **100** um die Befestigungswelle **40**, wodurch die Schicht a gebildet wird. Die Schicht a wird durch Spiralwickeln gebildet. Zum Spiralwickeln bewegt die Steuerung **50** die Faserzuführvorrichtung **30** rasch in der Richtung der Befestigungswelle **40** und dreht dabei die Auskleidung **100**. Beispielsweise bewegt die Steuerung **50** die Faserzuführvorrichtung **30** vor und zurück von dem Mundstück **300** zu dem anderen Mundstück **310** und dann zu dem Mundstück **300**, bevor die Auskleidung **100** eine Umdrehung ausführt. Zwar bewegt die Steuerung **50** in dieser Ausführungsform die Faserzuführvorrichtung **30**, doch kann die Steuerung **50** alternativ die Befestigungswelle **40** bewegen. Angesichts des hohen Gewichts der Auskleidung **100** ist jedoch ein Bewegen der Faserzuführvorrichtung **30** stärker zu bevorzugen.

[0055] In Schritt **S120** bildet die Steuerung **50** die Schicht b. Die Schicht b wird durch Reifenwickeln gebildet. Zum Reifenwickeln dreht die Steuerung **50** die Auskleidung **100** und bewegt dabei die Faserzuführvorrichtung **30** langsam in der Richtung der Befestigungswelle **40**. Beispielsweise veranlasst die Steuerung **50** die Auskleidung **100**, mehrere Dutzend Umdrehungen oder mehr auszuführen, während sie die Faserzuführvorrichtung **30** von dem Mundstück **300** zu dem anderen Mundstück **310** bewegt. In Schritt **S130** werden, genau wie den oben beschriebenen Schritten **S110** und **S120**, Schichten von der Schicht c bis zu der Schicht g durch Befolgen der unter Bezugnahme auf **Fig. 4** erläuterten Wickelweisen gebildet.

[0056] In Schritt **S140** wird die Schicht h gebildet. Die Schicht h wird durch Spiralwickeln gebildet. Unter Berücksichtigung der Breite des ersten Faserbündels **10f** steuert die Steuerung **50** die Drehgeschwindigkeit der Auskleidung **100** und die Bewegungsgeschwindigkeit der Faserzuführvorrichtung **30** derart, dass benachbarte Abschnitte des ersten Faserbündels **10f** durch eine Lücke voneinander beabstandet sind. In Schritt **S150** wird die Schicht i gebildet.

[0057] In Schritt **S160** wird das Etikett **550** auf der Schicht i angebracht. Dieser Schritt kann entfallen, wenn das Etikett **550** nicht angebracht werden soll.

[0058] In Schritt **S170** wird die Oberflächenschicht **260** unter Verwendung des zweiten Faserbündels **10s** gebildet. Unter Berücksichtigung der Breite des zweiten Faserbündels **10s** steuert die Steuerung **50** die Drehgeschwindigkeit der Auskleidung **100** und die Bewegungsgeschwindigkeit der Faserzuführvorrichtung **30** derart, dass benachbarte Abschnitte des zweiten Faserbündels **10s** einander teilweise überlappen.

[0059] In Schritt **S180** wird die Oberfläche des zweiten Faserbündels **10s** geebnet. Dies veranlasst jeden der ersten Bereiche **261a** und **262a** in der Oberflächenschicht **260**, in denen Abschnitte des zweiten Faserbündels **10s** einander überlappen, in die Lücke in dem ersten Faserbündel **10f** in der Verstärkungsschicht **210** einzutreten. In Schritt **S190** wird Harz in dem Faserbündel **10** ausgehärtet, um die Bildung des Gastanks **500** zu vollenden. Die Schritte **S180** und **S190** können gleichzeitig ausgeführt werden. Nach Schritt **S190** wird ein anschließender Schritt wie etwa ein Testschritt ausgeführt.

Patentansprüche

1. Gastank (500), umfassend:
eine Auskleidung (100), die eine hohlzylindrische Form aufweist; und

eine faserverstärkte Harzschicht (200), die außerhalb der Auskleidung gebildet ist und ein mit Harz imprägnierte Faserbündel beinhaltet, wobei die faserverstärkte Harzschicht beinhaltet:
eine erste Schicht (210), die an einem Außenumfang der Auskleidung gebildet ist und ein erstes Faserbündel (10f) beinhaltet; und
eine zweite Schicht (260), die außerhalb der ersten Schicht gebildet ist und ein zweites Faserbündel (10s) beinhaltet, wobei:
die erste Schicht (210) mehrere Schichten (Schicht a bis Schicht i) beinhaltet, die eine innere Schicht (Schicht a bis Schicht g) sowie eine äußere Schicht (Schicht h und Schicht i) beinhalten, wobei die innere Schicht (Schicht a bis Schicht g) näher an der Auskleidung ist als die äußere Schicht (Schicht h und Schicht i),
die äußere Schicht (Schicht h und Schicht i) außerhalb der inneren Schicht ist, und
die äußere Schicht (Schicht h und Schicht i) eine Schicht beinhaltet, die einen beabstandeten Bereich hat, in dem das erste Faserbündel derart gewickelt ist, dass die benachbarten Abschnitte des ersten Faserbündels voneinander beabstandet sind,
die zweite Schicht einen überlappenden Bereich hat, in dem das zweite Faserbündel derart gewickelt ist, dass Abschnitte des zweiten Faserbündels, die in einer zu einer Mittelachse der Auskleidung parallelen Richtung benachbart sind, einander überlappen, und der überlappende Bereich der zweiten Schicht in den beabstandeten Bereich der äußeren Schicht eintritt.

2. Gastank nach Anspruch 1, wobei die äußere Schicht eine Schicht beinhaltet, in der Harz in dem ersten Faserbündel einen größeren Volumenanteil aufweist als das Harz in dem ersten Faserbündel in der inneren Schicht.

3. Gastank nach Anspruch 1 oder 2, wobei die äußere Schicht eine spiralförmige Schicht beinhaltet, in der das erste Faserbündel durch Spiralwickeln gewickelt ist.

4. Gastank nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei das erste Faserbündel aus Carbonfasern gebildet ist, und
das zweite Faserbündel aus Glasfasern gebildet ist.

5. Gastank nach einem der Ansprüche 1 bis 4, ferner umfassend ein Etikett (550), das zwischen der ersten Schicht und der zweiten Schicht vorgesehen ist, wobei ein Prozentsatz einer Überlappung zwischen den benachbarten Abschnitten des zweiten Faserbündels in der zweiten Schicht an einer Stelle über dem Etikett größer ist als an einer von der Stelle über dem Etikett verschiedenen Stelle.

6. Verfahren zur Herstellung eines Gastanks (500), umfassend die Schritte:

einen Schritt (a) des Erstellens einer Auskleidung (100), die eine hohlzylindrische Form aufweist; einen Schritt (b) des Bildens einer ersten Schicht (210), die mehrere Schichten (Schicht a bis Schicht i) beinhaltet, durch Wickeln eines mit Harz imprägnierten ersten Faserbündels (10f) um einen Außenumfang der Auskleidung, wobei der Schritt des Bildens der ersten Schicht (210) beinhaltet: einen Schritt (b-1) des Bildens einer inneren Schicht (Schicht a bis Schicht g), und einen Schritt (b-2) des Bildens einer äußeren Schicht (Schicht h und Schicht i), wobei die innere Schicht (Schicht a bis Schicht g) näher an der Auskleidung ist als die äußere Schicht (Schicht h und Schicht i), die äußere Schicht (Schicht h und Schicht i) außerhalb der inneren Schicht ist, und wobei in dem Schritt (b-2) des Bildens der äußeren Schicht (Schicht h und Schicht i) das erste Faserbündel derart gewickelt wird, dass ein beabstandeter Bereich der äußeren Schicht (Schicht h und Schicht i) gebildet wird, in dem benachbarte Abschnitte des ersten Faserbündels durch eine Lücke voneinander beabstandet sind, einen Schritt (c) des Bildens einer zweiten Schicht (260) durch Wickeln eines mit Harz imprägnierten zweiten Faserbündels (10s) um die Auskleidung mit dem gewickelten ersten Faserbündel derart, dass Abschnitte des zweiten Faserbündels einander in einer zu einer Mittelachse der Auskleidung parallelen Richtung in einem einen überlappenden Bereich überlappen; einen Schritt (d) des Veranlassens des überlappenden Bereichs der zweiten Schicht, in den beabstandeten Bereich der äußeren Schicht einzutreten; und einen Schritt (e) des Aushärtens des Harzes.

7. Verfahren zur Herstellung eines Gastanks nach Anspruch 6, wobei der Schritt (b-2) einen Schritt des Bildens einer Schicht beinhaltet, in der das Harz in dem ersten Faserbündel einen größeren Volumenanteil aufweist als das Harz in dem ersten Faserbündel in der inneren Schicht.

8. Verfahren zur Herstellung eines Gastanks nach Anspruch 6, wobei der Schritt (b-2) einen Schritt des Wickelns des ersten Faserbündels durch Aufbringen einer Spannung, die niedriger ist als eine in dem Schritt (b-1) auf das erste Faserbündel aufgebrachte Spannung, beinhaltet.

9. Verfahren zur Herstellung eines Gastanks nach einem der Ansprüche 6 bis 8, wobei der Schritt (b-2) einen Schritt des Bildens einer spiralförmigen Schicht durch Wickeln des ersten Faserbündels durch Spiralficken beinhaltet.

10. Verfahren zur Herstellung eines Gastanks nach einem der Ansprüche 6 bis 9, wobei das erste Faser-

bündel aus Carbonfasern gebildet ist, und das zweite Faserbündel aus Glasfasern gebildet ist.

11. Verfahren zur Herstellung eines Gastanks nach einem der Ansprüche 6 bis 10, umfassend einen zwischen dem Schritt (b) und dem Schritt (c) ausgeführten Schritt des Anbringens eines Etiketts (550) an einem Teil der ersten Schicht, wobei in dem Schritt (c) das zweite Faserbündel derart gewickelt wird, dass ein Prozentsatz einer Überlappung zwischen benachbarten Abschnitten des zweiten Faserbündels in der zweiten Schicht an einer Stelle über dem Etikett größer ist als an einer von der Stelle über dem Etikett verschiedenen Stelle.

12. Verfahren zur Herstellung eines Gastanks nach einem der Ansprüche 6 bis 11, wobei der Schritt (d) einen Schritt des Aufnehmens der Auskleidung mit dem gewickelten zweiten Faserbündel in einem Gehäuse einer Aushärtvorrichtung, des Zuführens von Wärme bis auf eine Erwärmungstemperatur des Harzes, und des Veranlassens durch Drücken einer Oberfläche der zweiten Schicht mittels einer Innenfläche des Gehäuses, dass der überlappende Bereich der zweiten Schicht, in den beabstandeten Bereich der äußeren Schicht eintritt, beinhaltet.

13. Verfahren zur Herstellung eines Gastanks nach einem der Ansprüche 6 bis 11, wobei der Schritt (d) einen Schritt des Veranlassens durch Drücken einer Oberfläche der zweiten Schicht mittels eines Ebbungswerkzeugs unter Zuführung von Wärme, dass der überlappende Bereich der zweiten Schicht in den beabstandeten Bereich der äußeren Schicht eintritt, beinhaltet.

Es folgen 10 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

Fig. 1

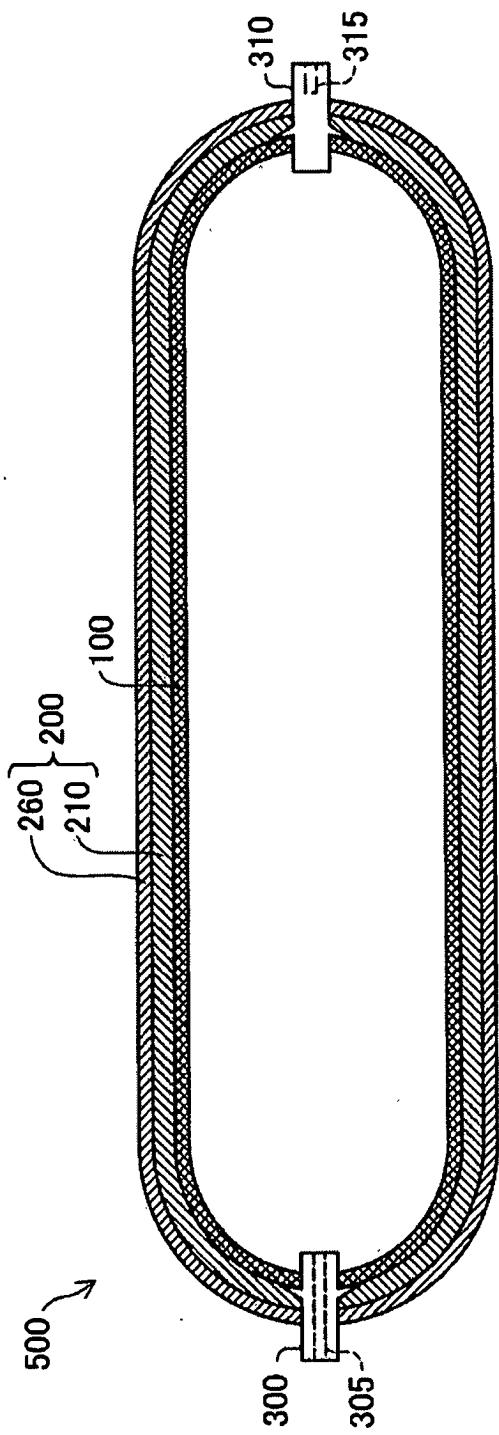


Fig.2

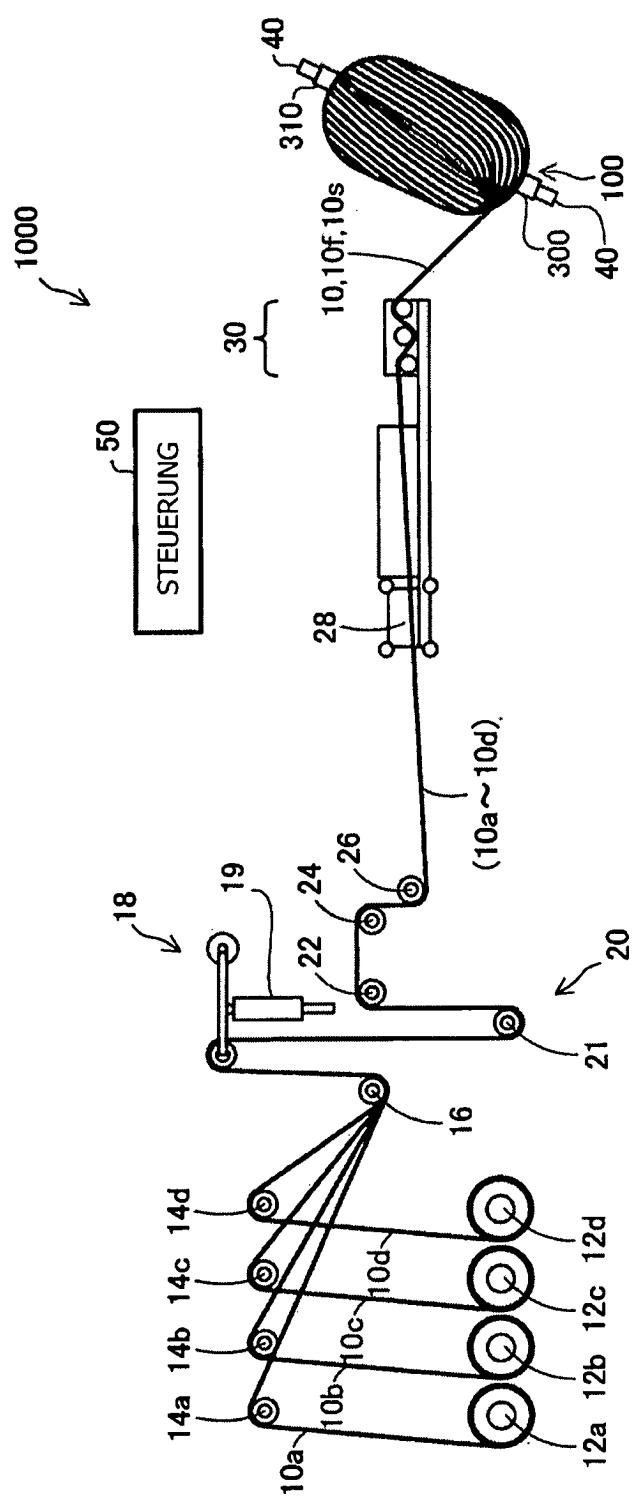


Fig.3

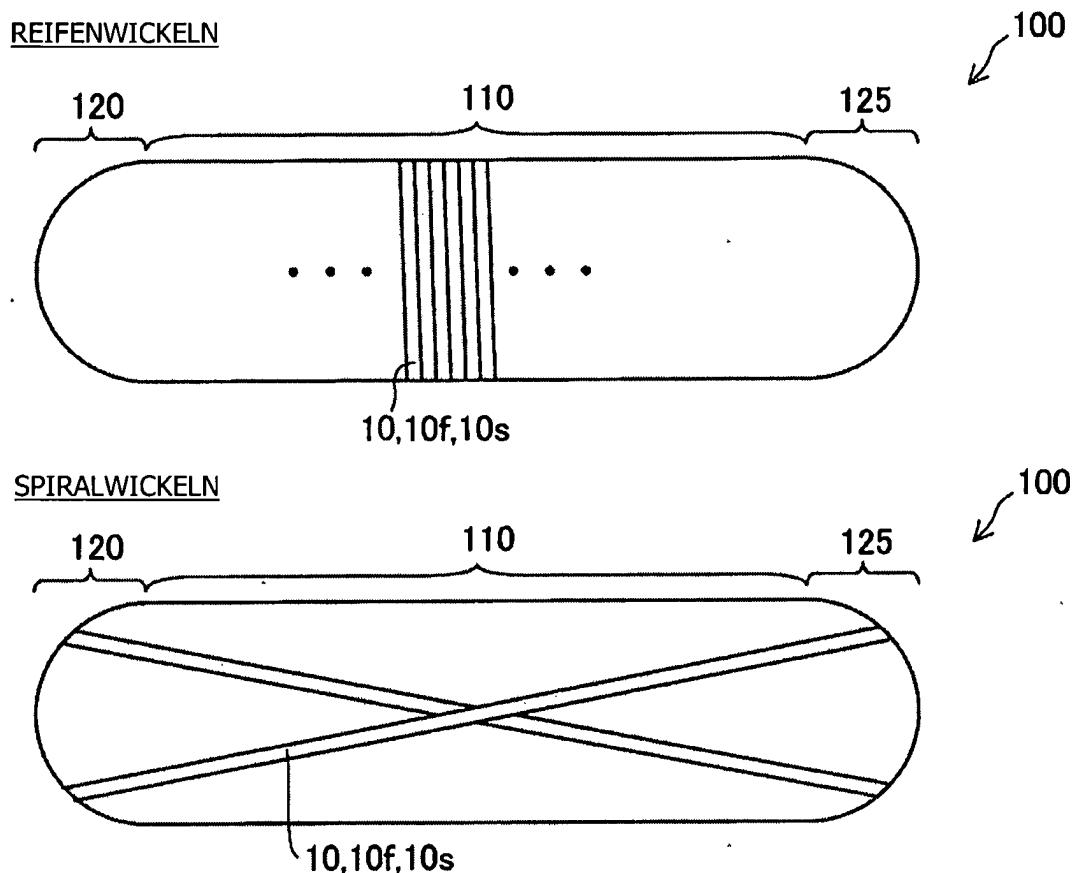


Fig.4**WICKELWEISE UND SPANNUNG IN VERSTÄRKUNGSSCHICHT**

	SCHICHT (VON DER AUSKLEIDUNG AUS GESEHEN)	WICKEL-WEISE	BEDECKUNGS-ANTEIL	SPANNUNG (N)
a	1 BIS n1	SPIRAL	100%	5 BIS 15
b	n1+1 BIS n2	REIFEN	100%	15 BIS 70
c	n2+1 BIS n3	SPIRAL	100%	30 BIS 50
d	n3+1 BIS n4	REIFEN	100%	50 BIS 70
e	n4+1 BIS n5	SPIRAL	100%	30 BIS 50
f	n5+1 BIS n6	REIFEN	100%	50 BIS 70
g	n6+1 BIS n7	SPIRAL	100%	30 BIS 50
h	n7+1 BIS n8	SPIRAL	75%	15 BIS 30
i	n8+1 BIS n9	REIFEN	100%	50 BIS 70

Fig.5

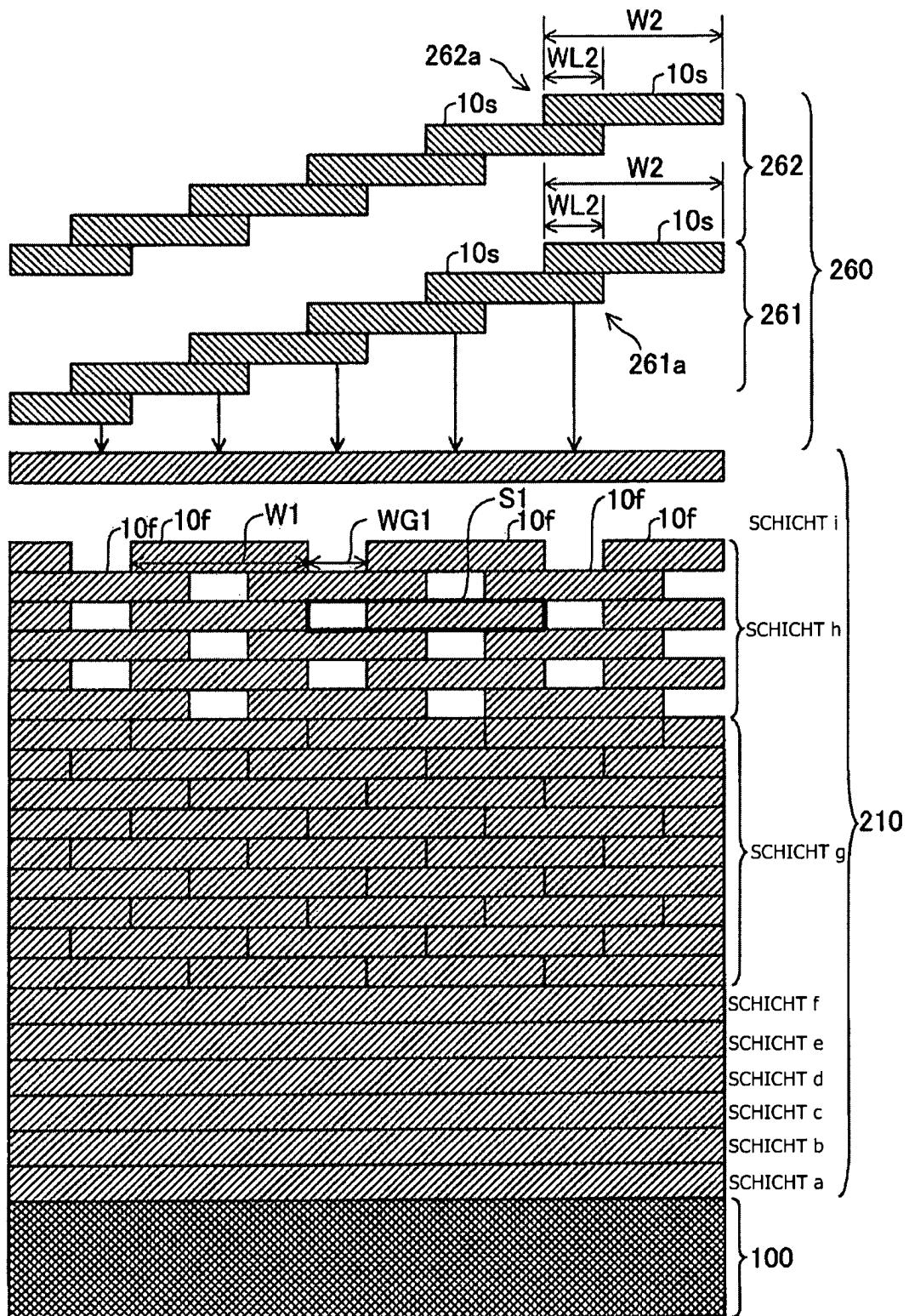


Fig. 6

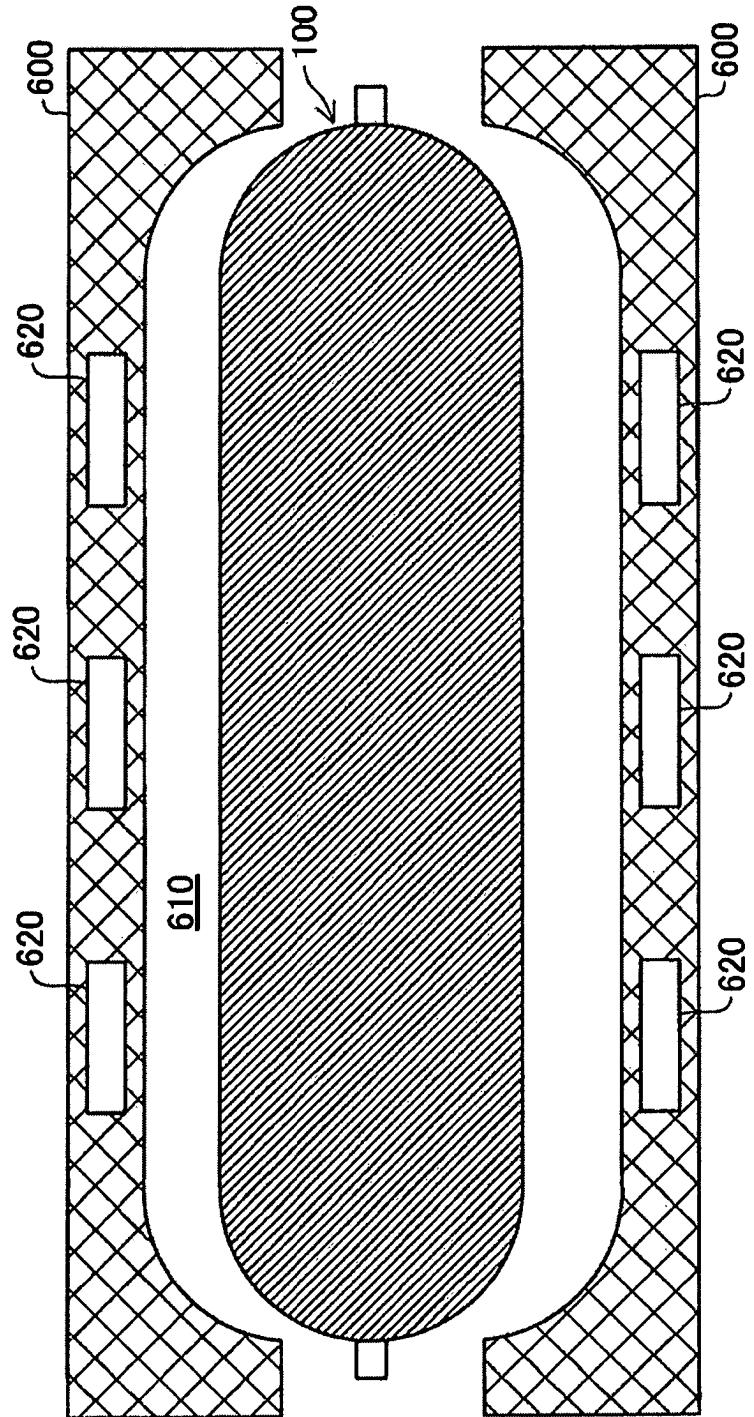


Fig. 7

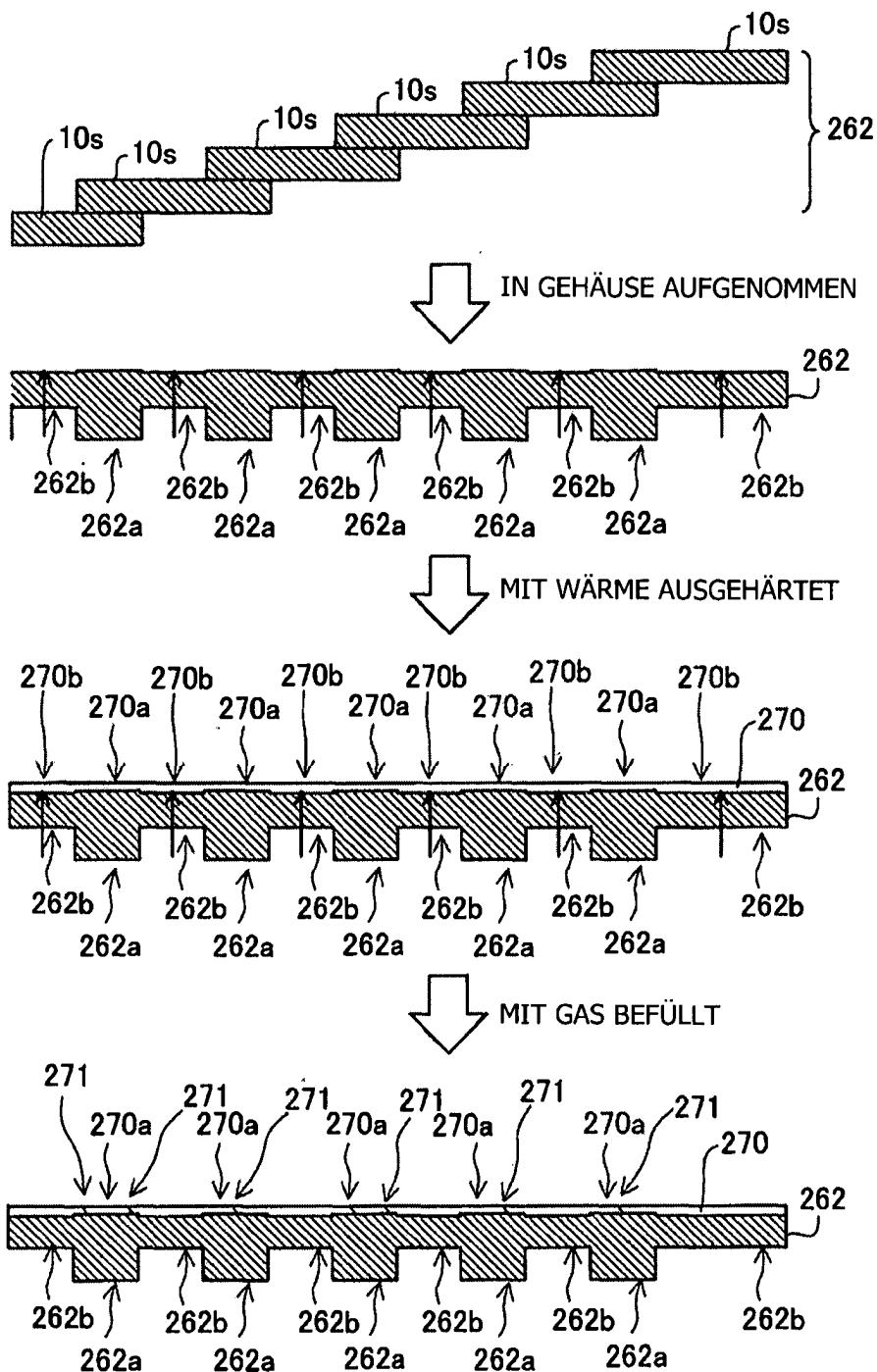


Fig.8

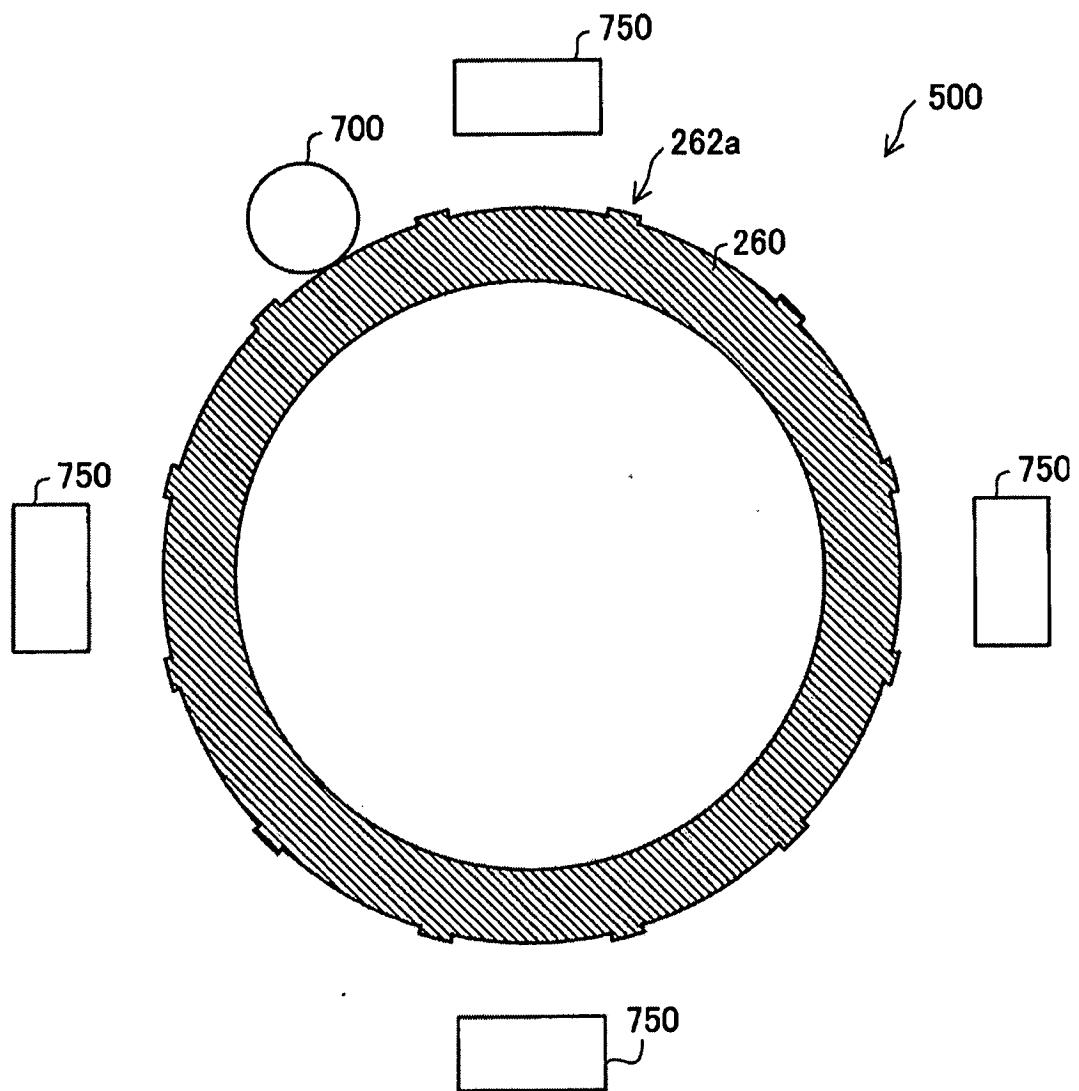


Fig. 9

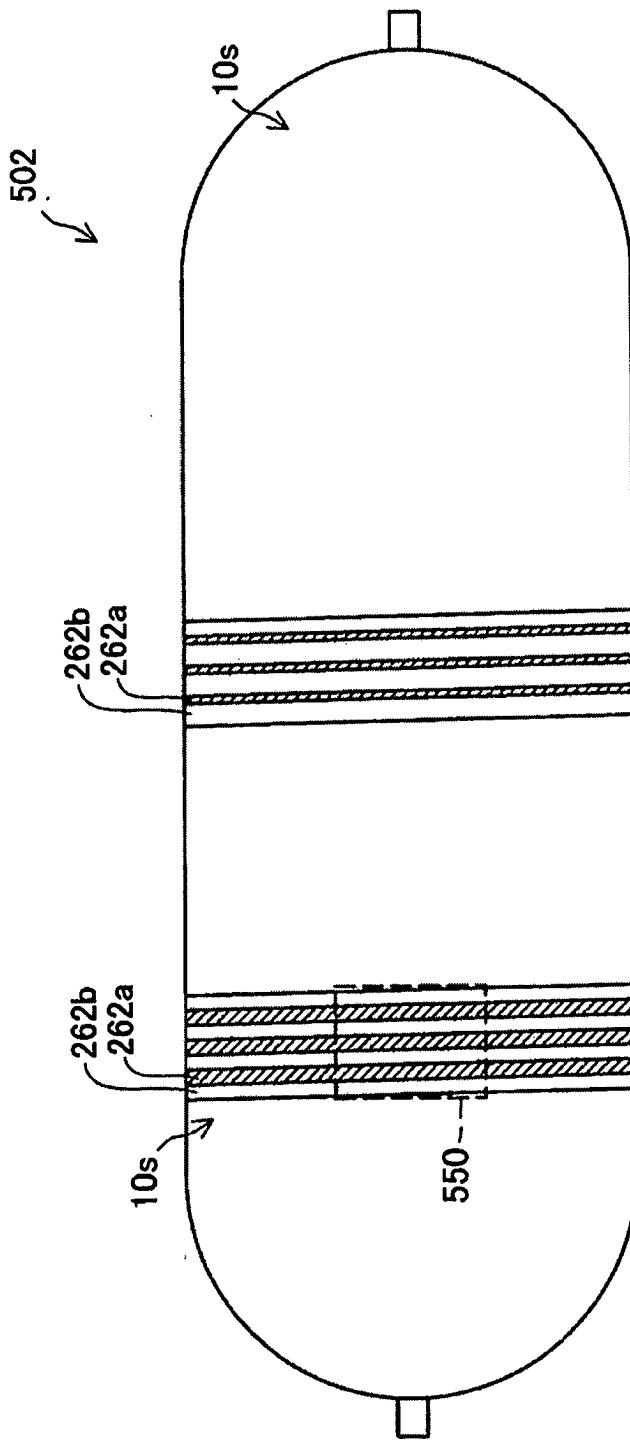


Fig.10

