



(10) **DE 10 2019 123 792 A1** 2020.04.16

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2019 123 792.0**

(22) Anmeldetag: **05.09.2019**

(43) Offenlegungstag: **16.04.2020**

(51) Int Cl.: **F17C 1/02 (2006.01)**

(30) Unionspriorität:
2018-194876 16.10.2018 JP

(74) Vertreter:
TBK, 80336 München, DE

(71) Anmelder:
TOYOTA JIDOSHA KABUSHIKI KAISHA, Toyota-shi, Aichi-ken, JP

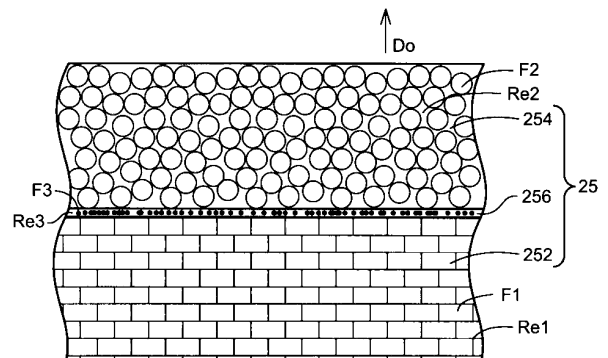
(72) Erfinder:
Lee, Sangkun, Toyota-shi, Aichi-ken, JP

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Hochdrucktank und Herstellungsverfahren eines Hochdrucktanks**

(57) Zusammenfassung: Es ist ein Hochdrucktank (100) vorgesehen, der Folgendes aufweist: eine Kreuzlage (252), die erste Fasern (F1), die einem Kreuzmuster gewickelt sind, und ein erstes Harz (Re1) aufweist, das die ersten Fasern (F1) fixiert; eine Umfangslage (254), die außerhalb der Kreuzlage (252) in dem Hochdrucktank (100) angeordnet ist und zweite Fasern (F2), die in einem Umfangsmuster gewickelt sind, und ein zweites Harz (Re2) aufweist, das die zweiten Fasern (F2) fixiert; und eine Zwischenlage (256), die zwischen der Kreuzlage (252) und der Umfangslage (254) angeordnet ist und dritte Fasern (F31, F32), die dünner sind als zumindest entweder die ersten Fasern (F1) oder die zweiten Fasern (F2), und ein drittes Harz (Re3) aufweist, das die dritten Fasern (F31, F32), die ersten Fasern (F1) der Kreuzlage (252) und die zweiten Fasern (F2) der Umfangslage (254) fixiert.



Beschreibung

Hintergrund der Erfindung

Gebiet der Erfindung

[0001] Die vorliegende Offenbarung bezieht sich auf einen Hochdrucktank und auf ein Herstellungsverfahren eines Hochdrucktanks.

Beschreibung des Stands der Technik

[0002] Es gibt einen üblichen Hochdrucktank, der mit komprimierten Wasserstoff gefüllt ist (Japanische Patentanmeldungsoffenlegungsschrift 2018-100768, nachstehend als JP 2018-100768 A bezeichnet). Der Hochdrucktank von JP 2018-100768 A weist eine Auskleidung, eine Verstärkungslage(-schicht), eine Schutzlage(schicht) und Verschlüsse (Deckel) auf. Die Auskleidung hat eine Eigenschaft, die verhindert, dass Wasserstoff, etc., das in einen Raum innerhalb der Auskleidung gefüllt ist, austritt/ausströmt (eine sogenannte Gasbarriereeigenschaft). Die Verstärkungslage ist ausgebildet, um die gesamte externe Fläche (Außenfläche) der Auskleidung und einen Teil jedes Verschlusses abzudecken. Die Verstärkungslage ist aus einem kohlenstofffaserverstärkten Kunststoff (CFRP) hergestellt und hat eine Druckbeständigkeit. Die Schutzlage ist an der Verstärkungslage ausgebildet. Die Schutzlage ist aus einem glasfaserverstärkten Kunststoff (GFRP) hergestellt und hat eine höhere Stoßbeständigkeit als die Verstärkungslage.

Zusammenfassung der Erfindung

[0003] Der Erfinder der vorliegenden Anmeldung hat herausgefunden, dass ein wiederholtes Gaseinfüllen und -leeren des Hochdrucktanks, der in JP 2018-100768 A beschrieben ist, in einer Umgebung mit hoher Temperatur und hoher Feuchtigkeit ein Ablösen und Aufdrehen eines Teils der Schutzlage verursacht. Der Erfinder der vorliegenden Anmeldung hat des Weiteren herausgefunden, dass ein derartiges Ablösen zwischen einer Lage (Schicht) der Schutzlage, in der Glasfasern in einem Kreuzmuster gewickelt sind, und einer Lage (Schicht) davon auftritt, in der Glasfasern in einem Umfangsmuster gewickelt sind.

[0004] Die vorliegende Offenbarung kann in der folgenden Anwendungsform realisiert werden.

[0005] Ein Hochdrucktank ist als eine Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung vorgesehen. Dieser Hochdrucktank weist Folgendes auf: eine Kreuzlage(-schicht) (engl. „helical layer“), die erste Fasern, die in einem Kreuzmuster (engl. „helical pattern“) gewickelt bzw. geflochten sind, und ein erstes Harz aufweist, das die ersten Fasern fixiert; eine Umfangslage(-schicht) (engl. „hoop layer“), die außerhalb der

Kreuzlage in dem Hochdrucktank angeordnet ist und zweite Fasern, die in einem Umfangsmuster (engl. „hoop pattern“) gewickelt bzw. geflochten sind, und ein zweites Harz aufweist, das die zweiten Fasern fixiert; eine Zwischenlage(-schicht), die zwischen der Kreuzlage und der Umfangslage angeordnet ist und die dritte Fasern, die dünner sind als zumindest entweder die ersten Fasern oder die zweiten Fasern, und ein drittes Harz aufweist, das die dritten Fasern, die ersten Fasern der Kreuzlage und die zweiten Fasern der Umfangslage fixiert.

[0006] Dieser Gesichtspunkt ermöglicht, dass der Zwischenraum zwischen den ersten Fasern, die die äußerste Lage (Schicht) der Kreuzlage ausbilden, und der zweiten Fasern, die die innerste Lage (Schicht) der Umfangslage ausbilden, durch die dritten Fasern reduziert wird, die dünner sind als zumindest entweder die ersten Fasern oder die zweiten Fasern. Somit kann der Zwischenraum zwischen den ersten Fasern, die die äußerste Lage der Kreuzlage ausbilden, und der zweiten Fasern, die die innerste Lage der Umfangslage ausbilden, ausgefüllt werden, um dadurch die Ausbildung von Rissen in dem dritten Harz, das diese ersten Fasern und zweite Fasern fixiert, zu reduzieren. Als Ergebnis kann die Wahrscheinlichkeit, dass sich die Umfangslage von der Kreuzlage ablöst, verringert werden.

[0007] In dem Hochdrucktank der vorstehenden Ausführungsform können die ersten Fasern mit dem ersten Harz imprägniert sein und kann das erste Harz unterschiedliche Faserabschnitte der ersten Fasern miteinander fixieren; und können die zweiten Fasern mit dem zweiten Harz imprägniert sein und kann das zweite Harz unterschiedliche Faserabschnitte der zweiten Fasern miteinander fixieren.

[0008] In einem Hochdrucktank der vorstehenden Ausführungsform können die dritten Fasern mit dem dritten Harz imprägniert sein und können in einer ersten Richtung und in einer zweiten Richtung, die sich von der ersten Richtung unterscheidet, angeordnet sein, um eine Platte (engl. „sheet“) auszubilden.

[0009] Dieser Gesichtspunkt ermöglicht, dass der Zwischenraum zwischen der äußersten Lage der Kreuzlage, in der die ersten Fasern in verschiedenen Richtungen angeordnet sind, und den zweiten Fasern der innersten Lage der Umfangslage durch die dritten Fasern reduziert wird ungeachtet der Richtung der ersten Fasern in der äußersten Lage der Kreuzlage.

[0010] Der Hochdrucktank der vorstehenden Ausführungsform kann des Weiteren eine Auskleidung mit einem zylindrischen Teil und gewölbten Teilen aufweisen, von denen einer an jedem Ende des zylindrischen Teils angeordnet ist, wobei die Kreuzlage ausgebildet ist, um die Auskleidung zu umgeben, und die dritten Fasern können ein einzelnes Stück der

Platte ausbilden, das/die angeordnet ist, um den zylindrischen Teil zu umgeben.

[0011] Dieser Gesichtspunkt ermöglicht, dass die Umfangslage und die Kreuzlage gleichmäßig gemeinsam um den zylindrischen Teil angefügt (verbunden) sind.

[0012] Ein Herstellungsverfahren eines Hochdrucktanks ist als eine weitere Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung vorgesehen. Dieses Herstellungsverfahren eines Hochdrucktanks weist Folgendes auf: Ausbilden einer Kreuzlage durch Wickeln von ersten Fasern, die mit einem ersten Harz imprägniert sind, in einem Kreuzmuster an einem halbfertigen Produkt des Hochdrucktanks; Ausbilden einer Zwischenlage durch Anordnen von dritten Fasern, die mit einem dritten Harz imprägniert sind, an der Kreuzlage; und Ausbilden einer Umfangslage durch Wickeln von zweiten Fasern, die mit einem zweiten Harz imprägniert sind, in einem Umfangsmuster an der Zwischenlage, wobei die dritten Fasern der Zwischenlage dünner sind als zumindest entweder die ersten Fasern der Kreuzlage oder die zweiten Fasern der Umfangslage.

[0013] Dieser Gesichtspunkt ermöglicht, dass der Zwischenraum zwischen den Fasern, die die äußerste Lage der Kreuzlage ausbilden, und den Fasern, die die innerste Lage der Umfangslage ausbilden, durch die Fasern reduziert wird, die dünner sind als zumindest entweder die Fasern der Kreuzlage oder die Fasern der Umfangslage. Somit kann der Zwischenraum zwischen den Fasern, die die äußerste Lage der Kreuzlage ausbilden, und der Fasern, die die innerste Lage der Umfangslage ausbilden, ausgefüllt werden, um dadurch die Ausbildung von Rissen in dem Harz, das diese Fasern fixiert, zu reduzieren. Als Ergebnis kann die Wahrscheinlichkeit, dass sich die Umfangslage von der Kreuzlage ablöst, verringert werden.

[0014] In dem Herstellungsverfahren des Hochdrucktanks der vorstehenden Ausführungsform kann das Ausbilden der Zwischenlage ein Anordnen an der Kreuzlage einer Platte aufweisen, in der die dritten Fasern der Zwischenlage in einer ersten Richtung und einer zweiten Richtung, die sich von der ersten Richtung unterscheidet, angeordnet sind/werden.

[0015] Dieser Gesichtspunkt ermöglicht, dass die Fasern der Zwischenlage in einer kürzeren Zeit angeordnet werden als bei einem Gesichtspunkt zum Anordnen der Fasern der Zwischenlage durch Wickeln dieser Fasern.

[0016] In dem Herstellungsverfahren des Hochdrucktanks der vorstehenden Ausführungsform kann das halbfertige Produkt eine Auskleidung mit einem zylindrischen Teil und gewölbten Teilen aufweisen,

von denen einer an jedem Ende des zylindrischen Teils angeordnet ist, und kann das Anordnen der Platte an der Kreuzlage ein Anordnen eines einzelnen Stücks der Platte aufweisen, um den zylindrischen Teil zu umgeben.

[0017] Dieser Gesichtspunkt ermöglicht, dass die Umfangslage und die Kreuzlage gleichmäßig aneinander (gemeinsam) um den zylindrischen Teil angefügt (verbunden) werden/sind. Die vorliegende Offenbarung kann ferner in verschiedenen Formen, die sich von einem Hochdrucktank unterscheiden, realisiert werden. Zum Beispiel kann in die vorliegende Offenbarung in Ausführungsformen realisiert werden, die ein Computerprogramm, das ein Herstellungsverfahren eines Hochdrucktanks realisiert, und ein dauerhaftes Aufzeichnungsmedium aufweisen, das dieses Computerprogramm speichert.

Figurenliste

[0018] Merkmale, Vorteile und technische und gewerbliche Besonderheiten von beispielhaften Ausführungsbeispielen der Erfindung sind nachstehend in Bezug auf die beigefügten Zeichnungen beschrieben, in denen gleiche Bezugszeichen gleiche Elemente bezeichnen und in denen Folgendes gezeigt ist:

Fig. 1 ist eine Schnittansicht, die eine schematische Gestaltung eines Hochdrucktanks als ein Ausführungsbeispiel der Technologie zeigt, die hier offenbart ist;

Fig. 2 ist eine vergrößerte Ansicht eines Bereichs einer Schutzlage **25**, die an einem zylindrischen Teil **102** angeordnet ist;

Fig. 3 ist ein Ablaufdiagramm, das ein Herstellungsverfahren eines Hochdrucktanks **100** zeigt;

Fig. 4 ist eine Ansicht, die einen Zustand von Glasfasern **F1** einer Kreuzlage **252** darstellt, die um einen Tankhaupte Körper in einem Schritt **S320** von **Fig. 3** gewickelt werden;

Fig. 5 ist eine Ansicht, die einen Zustand von Glasfasern **F31**, **F32** einer Zwischenlage **256** darstellt, die an der Kreuzlage **252** in einem Schritt **S340** von **Fig. 3** angeordnet werden;

Fig. 6 ist eine Ansicht, die einen Zustand von Glasfasern **F2** einer Umfangslage **254** darstellt, die an der Zwischenlage **256** in einem Schritt **S360** von **Fig. 3** gewickelt werden;

Fig. 7 ist ein Foto, das ein Ergebnis eines wiederholten Gaseinfüllens und -leerens eines Hochdrucktanks **100c** einer Vergleichsform, die die Zwischenlage **256** nicht hat, in einer Umgebung mit hoher Temperatur und hoher Feuchtigkeit zeigt;

Fig. 8 ist eine vergrößerte Ansicht, die einen Teil einer Verstärkungslage **20** und der Schutzlage **25** in der Struktur zeigt, die in **Fig. 7** gezeigt ist;

Fig. 9 ist eine Ansicht, die darstellt, wie ein Ablösen zwischen der Kreuzlage **252** und der Umfangslage **254** in dem Hochdrucktank **100c** der Vergleichsform auftritt; und

Fig. 10 ist eine Ansicht, die darstellt, wie das Auftreten des AblöSENS zwischen der Kreuzlage **252** und der Umfangslage **254** in dem Hochdrucktank **100** des Ausführungsbeispiels reduziert wird.

Ausführliche Beschreibung
der Ausführungsbeispiele

Ausführungsbeispiel

A1. Gestaltung des Hochdrucktanks

[0019] **Fig. 1** ist eine Schnittansicht, die eine schematische Gestaltung eines Hochdrucktanks **100** als ein Ausführungsbeispiel der Technologie zeigt, die hier offenbart ist. Der Hochdrucktank **100** ist ein Gaskontainer, der ein hohler Behälter ist, der gestaltet ist, um mit komprimiertem Wasserstoff gefüllt zu werden. Der Hochdrucktank **100** ist in einem Brennstoffzellenfahrzeug installiert, um Wasserstoff zu einer Brennstoffzelle zuzuführen.

[0020] Der Hochdrucktank **100** hat als Hauptteile einen zylindrischen Teil **102** und ein Paar gewölbter Teile **104**. Der zylindrische Teil **102** des Hochdrucktanks **100** hat eine wesentliche zylindrische Form. Jeder gewölbte Teil **104** des Hochdrucktanks **100** hat eine im westlichen Halbkugelform mit einem Radius, der gleich ist wie der Radius des zylindrischen Teils **102**. Jeweils einer der gewölbten Teile **104** ist an jedem Ende des zylindrischen Teils **102** angeordnet, wobei kreisförmige Öffnungen der gewölbten Teile **104** zu dem zylindrischen Teil **102** zugewandt sind. In **Fig. 1** sind die Grenzen zwischen dem zylindrischen Teil **102** und dem gewölbten Teilen **104** durch gestrichelte Linien angezeigt. Die Begriffe „zylindrischer Teil **102**“ und „gewölbter Teil **104**“ sind Konzepte zum kollektiven Bezeichnen von Hauptelementen, die nachstehend beschrieben sind, des Hochdrucktanks **100** durch Klassifizieren dieser Elemente durch den Teil des Hochdrucktanks **100**.

[0021] Der Hochdrucktank **100** weist eine Auskleidung **10**, eine Verstärkungslage(schicht) **20**, eine Schutzlage(-schicht) **25**, einen Verschluss (Deckel) **30** und einen Verschluss (Deckel) **40** auf.

[0022] Die Auskleidung **10** bildet eine Lage (Schicht) an einer innersten Seite in dem Hochdrucktank **100**. Die Auskleidung **10** ist aus einem Nylonharz gebildet. Die Auskleidung **10** hat eine Eigenschaft,

die verhindert, dass Wasserstoff, etc., das in einem Raum innerhalb der Auskleidung **10** gefüllt ist, austritt/ausströmt (eine sogenannte Gasbarriereeigenschaft). Hauptteile der Auskleidung **10** können auch in einen Teil, der zu dem zylindrischen Teil **102** gehört, und in die Teile, die zu den gewölbten Teilen **104** gehören, unterteilt (aufgeteilt) zu werden.

[0023] Der Verschluss **30** ist an einem oberen Ende des Teils der Auskleidung **10** angeordnet, das zu einem des Paares der gewölbten Teile **104** korrespondiert. Das „obere Ende“ des gewölbten Teils **104** bezeichnet einen Schnittpunkt zwischen dem gewölbten Teil **104** und einer Mittelachse **CA** des Hochdrucktanks **100**. Der Verschluss **30** hat ein Durchgangsloch. Das Durchgangsloch des Verschlusses **30** verbindet das Innere und das Äußere des Hochdrucktanks **100** miteinander. Ein Rohr oder ein Ventil ist an dem Hochdrucktank **100** durch den Verschluss **30** montiert.

[0024] Der Verschluss **40** ist an einem Ende des Teils der Auskleidung **10** angeordnet, das zu dem anderen Ende des Paares der gewölbten Teile **104** korrespondiert. Die Verschlüsse **30**, **40** dienen ferner als Montageabschnitte, die verwendet werden, um einen Tankhaupteil an einer Filamentwickelvorrichtung zu montieren, um die Verstärkungslage **20** und die Schutzlage **25** auszubilden. In der vorliegenden Beschreibung ist die Auskleidung **10** mit dem Verschluss **30** und dem Verschluss **40**, die daran montiert sind, ferner als ein „Tankhaupteil“ bezeichnet. Hauptteile des Tankhaupteils können auch in einen Teil, der zu dem zylindrischen Teil **102** gehört, und in Teile, die zu dem gewölbten Teilen **104** gehören, unterteilt (aufgeteilt) werden.

[0025] Die Verstärkungslage **20** ist ausgebildet, um eine externe Fläche (Außenfläche) des Tankhaupteils abzudecken. Insbesondere ist die Verstärkungslage **20** ausgebildet, um die gesamte externe Fläche (Außenfläche) der Auskleidung **10** und einen Teil von jeweils dem Verschluss **30** und dem Verschluss **40** abzudecken. Die Verstärkungslage **20** dient zum Verstärken der Druckbeständigkeit des Hochdrucktanks **100**. Die Verstärkungslage **20** ist aus einem kohlenstofffaserverstärkten Kunststoff (CFRP) gebildet, der ein Verbundmaterial eines Epoxidharzes und von Kohlenstofffasern ist. Der Durchmesser der Kohlenstofffasern in der Verstärkungslage **20** hat einen konstanten Wert innerhalb des Bereichs von 2 µm bis 10 µm. Hauptteile der Verstärkungslage **20** können auch in einen Teil, der zu dem zylindrischen Teil **102** gehört, und in Teilen, die zu den gewölbten Teilen **104** gehören, unterteilt (aufgeteilt) werden.

[0026] Der Durchmesser der Kohlenstofffasern in der Verstärkungslage **20** ist kleiner als der Durchmesser von Glasfasern in der Schutzlage **25**, die nachste-

hend beschrieben sind. Diese Gestaltung ermöglicht, dass die Kohlenstofffasern in der Verstärkungslage **20** dichter angeordnet werden können, als die Glasfasern in der Schutzlage **25**. Dieser Gesichtspunkt kann die Druckbeständigkeit des Hochdrucktanks **100** verglichen zu einem Gesichtspunkt verbessern, in dem der Durchmesser der Fasern in der Verstärkungslage **20** gleich ist wie oder größer ist als der Durchmesser der Fasern in der Schutzlage **25**.

[0027] Die Schutzlage **25** ist an der Verstärkungslage **20** ausgebildet. Die Schutzlage **25** ist aus einem glasfaserverstärkten Kunststoff (GFRP) gebildet, der ein Verbundmaterial aus einem duroplastischen Harz und Glasfasern ist. Somit hat die Schutzlage **25** eine höhere Stoßfestigkeit als die Verstärkungslage **20**.

[0028] **Fig. 2** ist eine vergrößerte Ansicht eines Bereichs der Schutzlage **25**, der an den zylindrischen Teil **102** angeordnet ist. In **Fig. 1** und **Fig. 2** ist eine Richtung von der Mittelachse **CA** des Hochdrucktanks **100** in Richtung einer Außenseite durch einen Pfeil **Do** angezeigt. **Fig. 2** ist eine Ansicht zum Darstellen des Kerns der Technologie und zeigt nicht die exakten Abmessungen jedes Teils.

[0029] Die Schutzlage **25** hat eine Kreuzlage(-schicht) **252**, eine Umfangslage(-schicht) **254** und eine Zwischenlage(-schicht) **256**. Die Kreuzlage **252**, die Umfangslage **254** und die Zwischenlage **256** sind jeweils aus einem glasfaserverstärkten Kunststoff gebildet. Die Kreuzlage **252**, die Umfangslage **254** und die Zwischenlage **256** unterscheiden sich voneinander zumindest entweder hinsichtlich der Dicke der Glasfasern, die verwendet werden, oder hinsichtlich der Richtung der Anordnung der Glasfasern. Duroplastische Harze, die jeweils in der Kreuzlage **252**, der Umfangslage **254** und der Zwischenlage **256** umfasst sind, sind dasselbe Epoxidharz.

[0030] Die Kreuzlage **252** ist an der Verstärkungslage **20** ausgebildet. Insbesondere ist die Kreuzlage **252** ausgebildet, um die Auskleidung **10** unterhalb der Verstärkungslage **20** abzudecken. Die Kreuzlage **252** weist Glasfasern **F1**, die in einem Kreuzmuster gewickelt bzw. geflochten sind, und ein Epoxidharz **Re1** auf, das die Glasfasern **F1** fixiert. Ein Wickeln (Flechten) in einem Kreuzmuster oder ein Kreuzwickeln ist ein Faserwicklungsverfahren, mit dem Fasern in einer Richtung gewickelt werden, die eine Ebene senkrecht zu der Mittelachse **CA** des Tankhauptkörpers schneidet. Der Durchmesser der Glasfasern **F1** in der Kreuzlage **252** hat einen konstanten Wert innerhalb eines Bereichs von 10 µm bis 20 µm. Hauptteile der Kreuzlage **252** können auch in einen Teil, der zu dem zylindrischen Teil **102** gehört, und in Teile, die zu den gewölbten Teilen **104** gehören, unterteilt (aufgeteilt) werden.

[0031] Die Umfangslage **254** ist außerhalb der Kreuzlage **252** in dem Hochdrucktank **100** angeordnet (siehe den Pfeil **Do**). Die Umfangslage **254** ist in dem zylindrischen Teil **102** des Hochdrucktanks **100** vorgesehen. Die Umfangslage **254** weist Glasfasern **F2**, die in einem Umfangsmuster gewickelt sind und ein Epoxidharz **Re2** auf, das die Glasfasern **F2** fixiert. Ein Wickeln in einem Umfangsmuster oder ein Reifenwickeln ist ein Faserwicklungsverfahren, mit dem Fasern in einer Richtung im Wesentlichen parallel zu einer Ebene senkrecht zu der Mittelachse **CA** des Tankhauptkörpers gewickelt werden. Der Durchmesser der Glasfasern **F2** in einer der Umfangslage **254** hat einen konstanten Wert innerhalb eines Bereichs von 10 µm bis 20 µm. Insbesondere ist der Durchmesser der Glasfasern **F2** in der Umfangslage **254** gleich wie der Durchmesser der Glasfasern **F1** in der Kreuzlage **252**. Diese Gestaltung ermöglicht es, die Glasfasern **F1** der Kreuzlage **252** und die Glasfasern **F2** der Umfangslage **254** um den Tankhauptkörper mittels derselben Wicklungsrichtung und denselben Fasern zu wickeln.

[0032] Die Zwischenlage **256** ist zwischen der Kreuzlage **252** und der Umfangslage **254** angeordnet. Die Zwischenlage **256** ist in dem zylindrischen Teil **102** des Hochdrucktanks **100** vorgesehen. Die Zwischenlage **256** weist Glasfasern **F31**, **F32**, die in zwei Richtungen angeordnet sind, und ein Epoxidharz **Re3** auf, das die Glasfasern **F31**, **F32** fixiert.

[0033] Die Durchmesser der Glasfasern **F31**, **F32** in der Zwischenlage **256** haben einen konstanten Wert innerhalb eines Bereichs von 2 µm bis 10 µm. Die Durchmesser der Glasfasern **F31**, **F32** in der Zwischenlage **256** sind kleiner als die Durchmesser der Glasfasern **F1**, **F2**, die in der Kreuzlage **252** und der Umfangslage **254** umfasst sind. Die Glasfasern **F31**, **F32** in der Zwischenlage **256** sind in einer ersten Richtung **D1** (siehe **Fig. 5**) und in einer zweiten Richtung **D2** (siehe **Fig. 5**), die sich von der ersten Richtung **D1** unterscheidet, angeordnet, um eine nichtgewebte Gewebeplatte **F3** auszubilden. Die Platte **F3** der Glasfasern **F31**, **F32** in der Zwischenlage **256** ist ein einzelnes Stück einer Platte, das/die angeordnet ist, um den Teil der Auskleidung **10** zu umgeben, der zu dem zylindrischen Teil **102** korrespondiert (siehe **Fig. 1**). Die Zusammensetzung der Platte **F3** ist nachstehend ausführlich beschrieben.

[0034] Das Epoxidharz **Re3** in der Zwischenlage **256** fixiert die Glasfasern **F31**, **F32** in der Zwischenlage **256**, die Glasfasern **F1**, die in der äußersten Lage (Schicht) der Kreuzlage **252** umfasst sind, und die Glasfasern **F2**, die in der innersten Lage (Schicht) der Umfangslage **254** umfasst sind. In **Fig. 2** ist zur Erleichterung des Verständnisses der Technologie eine Grenze zwischen der Kreuzlage **252** und der Zwischenlage **256** durch eine gerade Linie angezeigt und es ist eine Grenze zwischen der Zwischenlage **256**

und der Umfangslage **254** durch eine gerade Linie angezeigt. Tatsächlich sind jedoch die Grenzen der Epoxidharze **Re1**, **Re2**, **Re3**, die die Lagen ausbilden, nicht immer visuell erkennbar.

[0035] **Fig. 3** ist ein Ablaufdiagramm, das ein Herstellungsverfahren des Hochdrucktanks **100** zeigt. In einem Schritt **S100** wird die Auskleidung **100** vorbereitet. In einem Schritt **S200** wird die Verstärkungslage **200** an der Auskleidung **10** ausgebildet. Insbesondere werden Kohlenstofffasern, die mit dem Epoxidharz **Re1** imprägniert sind, um die Auskleidung **10** durch eine Filamentwickelvorrichtung gewickelt, um die Verstärkungslage **20** auszubilden. In dem Stadium des Schritts **S200** ist das Epoxidharz **Re1**, das in der Verstärkungslage **20** umfasst ist, noch nicht ausgehärtet.

[0036] In einem Schritt **S300** wird die Schutzlage **25** an der Verstärkungslage **20** ausgebildet. Der Schritt **S300** weist Schritte **S320**, **S340**, **S360** auf.

[0037] In dem Schritt **S320** wird die Kreuzlage **252** an dem Tankhaupteckkörper ausgebildet, an dem die Verstärkungslage **20** ausgebildet worden ist. Insbesondere werden die Glasfasern **F1**, die mit dem Epoxidharz **Re1** imprägniert sind, an der Verstärkungslage **20** in einem Kreuzmuster durch die Filamentwickelvorrichtung gewickelt. In diesem Fall werden die Glasfasern **F1** an dem zylindrischen Teil **102** und dem gewölbten Teilen **104** des Tankhaupteckkörpers gewickelt (siehe **Fig. 1**). Als Ergebnis wird die Kreuzlage **252** an den zylindrischen Teil **102** und den gewölbten Teilen **104** des Tankhaupteckkörpers ausgebildet. In dem Stadium des Schritts **S320** ist das Epoxidharz **Re1**, das in der Kreuzlage **252** umfasst ist, noch nicht ausgehärtet.

[0038] **Fig. 4** ist eine Ansicht, die einen Zustand der Glasfasern **F1** der Kreuzlage **252** darstellt, die um den Tankhaupteckkörper in dem Schritt **S320** von **Fig. 3** gewickelt werden. **Fig. 4** ist eine Ansicht zum Darstellen des Kerns der Technologie und zeigt die nicht exakten Abmessungen jedes Teils. Tatsächlich ist die Kreuzlage **252** an einer gekrümmten Fläche ausgebildet. Jedoch zeigt zur Erleichterung des Verständnisses der Technologie **Fig. 4** den Zustand der Glasfasern **F1**, als wenn die Kreuzlage **252** an einer flachen Oberfläche ausgebildet wäre. Das Gleiche gilt für **Fig. 5** und **Fig. 6**.

[0039] Die Glasfasern **F1** der Kreuzlage **252** werden/sind in einer Richtung, die eine Ebene senkrecht zu der Mittelachse **CA** (siehe **Fig. 1**) des Tankhaupteckkörpers schneidet, gewickelt. Da der Tankhaupteckkörper kein kugelförmiger Körper ist, wird, wenn eine Glasfaser **F1** in einer derartigen Wicklungsweise gewickelt wird und durch den selben Punkt auf dem Tankhaupteckkörper wieder hindurchtritt, die Glasfaser **F1** an dem Tankhaupteckkörper in einer Richtung angeordnet, die

sich von der beim letzten Mal unterscheidet. In **Fig. 4** ist aus den Glasfasern **F1**, die derart in einem Kreuzmuster gewickelt werden, ein Abschnitt, der früher angeordnet worden ist, durch einen Faserabschnitt **F11** dargestellt, und ist ein Abschnitt, der später angeordnet worden ist, durch einen Faserabschnitt **F12** dargestellt.

[0040] In Schritt **S340** von **Fig. 3** wird die Zwischenlage **256** an der Kreuzlage **252** ausgebildet, die an dem zylindrischen Teil **102** angeordnet ist. Insbesondere wird ein einzelnes Stück der viereckigen Glasfaserplatte **F3**, in der die Glasfasern **F31**, **F32** in der ersten Richtung **D1** (siehe **Fig. 5**) und der zweiten Richtung **D2** (siehe **Fig. 5**), die sie von der ersten Richtung **D1** unterscheidet, angeordnet sind, vorbereitet. Die Länge der einen Seite der Glasfaserplatte **F3** ist im Wesentlichen gleich wie die Länge des zylindrischen Teils **102** (siehe **Fig. 1**) entlang der Mittelachse **C2**. Die Länge der anderen Seite der Glasfaserplatte **F3** ist im Wesentlichen gleich wie die Umfangslänge des zylindrischen Teils **102**, in dem die Kreuzlage **252** ausgebildet ist. Die Glasfaserplatte **F3** wird mit dem Epoxidharz **Re3** imprägniert und dann wird die Glasfaserplatte **F3** an der Kreuzlage **252** korrespondierend zu dem zylindrischen Teil **102** gewickelt, um die Kreuzlage **252** abzudecken. Als Ergebnis wird die Zwischenlage **256** an dem zylindrischen Teil **102** des Tankhaupteckkörpers ausgebildet. In dem Stadium des Schritts **S340** ist das Epoxidharz **Re3**, das in der Zwischenlage **256** umfasst ist, noch nicht ausgehärtet.

[0041] Dieser Gesichtspunkt ermöglicht, dass die Glasfasern **F31**, **F32** der Zwischenlage **256** in einer kürzeren Zeit angeordnet werden als bei einem Gesichtspunkt zum Anordnen der Glasfasern der Zwischenlage **256** durch Wickeln dieser Fasern. Die hohe Stoßbeständigkeit der Schutzlage **25** wird vor allem durch die Glasfasern **F1**, **F2** der Kreuzlage **252** und der Umfangslage **254** realisiert. Daher wird die Stoßbeständigkeit der Schutzlage **25** gesichert, selbst wenn die Glasfasern **F31**, **F32** der Zwischenlage **256** durch Wickeln der Glasfaserplatte **F3** angeordnet werden.

[0042] **Fig. 5** ist eine Ansicht, die einen Zustand der Glasfasern **F31**, **F32** der Zwischenlage **256** darstellt, die an der Kreuzlage **252** in dem Schritt **S340** von **Fig. 3** angeordnet werden. **Fig. 5** ist eine Ansicht zum Darstellen des Kerns der Technologie und zeigt nicht die exakten Abmessungen jedes Teils. Glasfasern, die entlang der ersten Richtung **D1** angeordnet werden/sind, sind mit **F31** bezeichnet. Glasfasern, die entlang der zweiten Richtung **D2** angeordnet werden/sind, sind mit **F32** bezeichnet. Die Glasfasern **F31** und die Glasfasern **F32** bilden die nichtgewebte Gewebeplatte **F3** im Voraus aus.

[0043] In dem Schritt **S360** von **Fig. 3** wird die Umfangslage **254** an der Zwischenlage **256** ausgebildet,

die an dem zylindrischen Teil **102** angeordnet ist. Insbesondere werden die Glasfasern **F2**, die mit dem Epoxidharz **Re2** getränkt sind, an der Zwischenlage **256** in einem Umfangsmuster durch die Filamentwickelvorrichtung gewickelt. Als Ergebnis wird die Umfangslage **254** an dem zylindrischen Teil **102** des Tankhauptkörpers ausgebildet. In dem Stadium des Schritts **S360** ist das Epoxidharz **Re2**, das in der Umfangslage **254** umfasst ist, noch nicht ausgehärtet.

[0044] **Fig. 6** ist eine Ansicht, die einen Zustand der Glasfasern **F2** der Umfangslage **254** darstellt, die an der Zwischenlage **256** in dem Schritt **S360** von **Fig. 3** gewickelt werden/sind. **Fig. 6** ist eine Ansicht zum Darstellen des Kerns der Technologie und zeigt nicht die exakten Abmessungen jedes Teils. Die Glasfasern **F2** der Umfangslage **254** werden/sind in einer Richtung im Wesentlichen parallel zu der Ebene senkrecht zu der Mittelachse **CA** des Tankhauptkörpers (siehe **Fig. 1**) gewickelt. Um die Glasfasern **F2** zu wickeln, sodass sie den zylindrischen Teil **102** des Tankhauptkörpers abdecken, werden die Glasfasern **F2** an der Zwischenlage **256** gewickelt, während die Position der Glasfaser **F2**, die gewickelt wird, allmählich entlang der Richtung der Mittelachse **CA** verlagert wird. In **Fig. 6** sind unterschiedliche Faserabschnitte der Glasfasern **F2**, die derart in einem Umfangsmuster gewickelt werden, mit **F21**, **F22**, **F23** bezeichnet.

[0045] In einem Schritt **S400** von **Fig. 3** werden die Epoxidharze, die in der Verstärkungslage **20** und der Schutzlage **25** umfasst sind, erwärmt und dadurch härten diese Epoxidharze, die in der Verstärkungslage **20** und der Schutzlage **25** umfasst sind, aus. Als Ergebnis werden die Glasfasern **F1** der Kreuzlage **225** durch das Epoxidharz **Re1** aneinander fixiert. Die Glasfasern **F2** der Umfangslage **254** werden aneinander durch das Epoxidharz **Re2** fixiert. Die Glasfasern **F31**, **F32** der Zwischenlage **256** werden aneinander durch das Epoxidharz **Re3** fixiert. Des Weiteren werden die Glasfasern **F1** in der äußersten Lage der Kreuzlage **252** und die Glasfasern **F2** in der innersten Lage der Umfangslage **254** an die Glasfasern **F31**, **F32** der Zwischenlage **256** durch das Epoxidharz **Re3** fixiert.

[0046] Der Hochdrucktank **100** wird durch den Prozess hergestellt, wie er vorstehend beschrieben ist.

[0047] **Fig. 7** ist ein Foto, das ein Ergebnis eines wiederholten Gaseinfüllens und -leerens eines Hochdrucktanks **100c** einer Vergleichsform, die die Zwischenlage **256** nicht hat, in einer Umgebung mit hoher Temperatur und hoher Feuchtigkeit zeigt. **Fig. 7** zeigt einen Bereich des Hochdrucktanks **100c** der Vergleichsform in einer Ebene einschließlich einer Mittelachse (siehe **Fig. 1**) des Hochdrucktanks **100c** der Vergleichsform. Die Gestaltung des Hochdrucktanks **100c** der Vergleichsform ist gleich wie die Ge-

staltung des Hochdrucktanks **100** des Ausführungsbeispiels mit Ausnahme, dass die Vergleichsform die Zwischenlage **256** (siehe **Fig. 2** und **Fig. 6**) nicht hat. Es kann aus **Fig. 7** erkannt werden, dass ein wiederholtes Gaseinfüllen und -leeren in einer Umgebung mit hoher Temperatur und hoher Feuchtigkeit ein Ablösen und Aufdrehen der Schutzlage **25** verursacht. Ein derartiges Ablösen ist in dem zylindrischen Teil **102** des Hochdrucktanks **100c** aufgetreten, jedoch nicht in dem gewölbten Teilen **104** davon.

[0048] **Fig. 8** ist eine vergrößerte Ansicht, die einen Teil der Verstärkungslage **20** und der Schutzlage **25** der Struktur zeigt, die in **Fig. 7** gezeigt ist. In **Fig. 8** umfasst die Umfangslage **254**, in der Glasfasern in einem Umfangsmuster gewickelt sind, Bereiche der Glasfasern mit Formen von nahezu perfekten Kreisen auf (siehe auch **Fig. 6**). Die Kreuzlage **252**, in der Glasfasern in einem Kreuzmuster gewickelt sind, weist Bereiche der Glasfasern mit Formen auf, die in einer seitlichen Richtung langgestreckt sind. Es kann aus **Fig. 8** erkannt werden, dass ein Ablösen zwischen der Kreuzlage **252** und der Umfangslage **254** der Schutzlage **25** aufgetreten ist.

[0049] **Fig. 9** ist eine Ansicht, die darstellt, wie das Ablösen zwischen der Kreuzlage **252** und der Umfangslage **254** in dem Hochdrucktank **100c** der Vergleichsform auftritt. **Fig. 9** zeigt einen Bereich des Hochdrucktanks **100c** der Vergleichsform in einer Ebene einschließlich der Mittelachse (siehe **Fig. 1**) des Hochdrucktanks **100c** der Vergleichsform. Wie ferner in **Fig. 6** gezeigt ist, sind in der Umfangslage **254** die Abschnitte **F21**, **F22**, **F23** der Glasfasern **F2** im Wesentlichen parallel zueinander angeordnet, während in der Kreuzlage **252** die Abschnitte **F11**, **F12** der Glasfasern **F1** in verschiedenen Richtungen angeordnet sind. Aus diesem Grund gibt es in dem Hochdrucktank **100c**, in dem die Umfangslage **254** an der Kreuzlage **252** angeordnet ist, ohne dass die Zwischenlage **256** dazwischen angeordnet ist, einen großen Abstand zwischen Kontaktstellen der Glasfasern **F1** in der äußersten Lage der Kreuzlage **252** und den Glasfasern **F2** in der innersten Lage der Umfangslage **254**, und somit gibt es einen großen Zwischenraum **IS** zwischen den Glasfasern **F1** der Kreuzlage **252** und den Glasfasern **F2** der Umfangslage **254**. Da die Glasfasern **F2** der Umfangslage **254** im Wesentlichen parallel zueinander angeordnet sind (siehe auch **Fig. 6**), ist der Zwischenraum **IS**, der in **Fig. 9** gezeigt ist, kontinuierlich entlang einer Außenumfangsrichtung des zylindrischen Teils **102** in dem Hochdrucktank **100c** der Vergleichsform vorhanden. Der Zwischenraum **IS** zwischen den Glasfasern **F1** der Kreuzlage **252** und den Glasfasern **F2** der Umfangslage **254** ist mit dem Epoxidharz **Re1** oder dem Epoxidharz **Re2** ausgefüllt.

[0050] Eine Spannung (Beanspruchung), die auf die Schutzlage **25** an einer Stelle zwischen den Glasfa-

sern **F1**, die die äußerste Lage der Kreuzlage **252** ausbildet, und den Glasfasern **F2**, die die innerste Lage der Umfangslage **254** ausbilden, aufgebracht wird, wird durch die Epoxidharze **Re1**, **Re2** aufgenommen, die den Zwischenraum **IS** ausfüllen und diese Fasern fixieren. Die Rissfestigkeit (Bruchfestigkeit) des Epoxidharzes ist signifikant geringer als die der Glasfasern. Das Epoxidharz schwillt (quellt) in einer Umgebung mit hoher Temperatur und hoher Feuchtigkeit an. Wenn die Epoxidharzmassen **Re1**, **Re2** große Volumina haben, tritt eine große Differenz hinsichtlich der Abmessung zwischen den Glasfasern **F2**, **F3** und der Epoxidharze **Re1**, **Re2** aufgrund des Aufquellens der Epoxidharze **Re1**, **Re2** auf, sodass sich die Epoxidharze **Re1**, **Re2** von den Glasfasern **F2**, **F3** einfach ablösen. Somit ist es bei einem wiederholten Gaseinfüllen und -leeren in einer Umgebung mit hoher Temperatur und hoher Feuchtigkeit wahrscheinlich, dass sich Risse zwischen den Glasfasern **F1** der Kreuzlage **252** und den Glasfasern **F2** der Umfangslage **254** innerhalb von Abschnitten, die aus den Epoxidharzen **Re1**, **Re2** gebildet sind, oder an Schnittstellen zwischen den Epoxidharzen **Re1**, **Re2** und den Glasfasern **F1**, **F2** bilden.

[0051] Wenn es einen großen Zwischenraum **IS** zwischen den Glasfasern **F1** der Kreuzlage **252** und den Glasfasern **F2** der Umfangslage **254** gibt, ist es wahrscheinlich, dass eine Leerstelle **BD**, die nicht mit den Epoxidharzen **Re1**, **Re2** ausgefüllt ist, ausgebildet wird/ist. Es ist wahrscheinlich, dass sich ein Riss **CR** von einer derartigen Leerstelle **BD** als ein Ergebnis des wiederholten Gaseinfüllens und -leerens entwickelt (bildet).

[0052] Kein Ablösen tritt zwischen der Verstärkungslage **20** und der innersten Lage der Kreuzlage **252** in dem Hochdrucktank **100c** der Vergleichsform auf (siehe **Fig. 8**). Das Epoxidharz der Verstärkungslage **20**, das Epoxidharz **Re1** der Kreuzlage **252** und das Epoxidharz **Re2** der Umfangslage **254** sind Harze mit derselben Zusammensetzung. Andererseits ist der Durchmesser der Kohlenstofffasern in der Verstärkungslage **20** kleiner als die Durchmesser der Glasfasern **F1**, **F2** in der Kreuzlage **252** und der Umfangslage **254**. Es erscheint, dass wegen des kleineren Durchmessers der Kohlenstofffasern in der Verstärkungslage **20** das vorstehend beschriebene Problem, das mit dem großen Zwischenraum **IS** zwischen der Kreuzlage **252** und der Umfangslage **254** einhergeht, nicht aufgetreten ist und daher kein Ablösen zwischen der Verstärkungslage **20** und der Kreuzlage **252** stattgefunden hat.

[0053] **Fig. 10** ist eine Ansicht, die darstellt, wie das Auftreten des Ablösens zwischen der Kreuzlage **252** und der Umfangslage **254** in dem Hochdrucktank **100** des Ausführungsbeispiels reduziert wird. **Fig. 10** zeigt einen Bereich des Hochdrucktanks **100** des Ausführungsbeispiels in einer Ebene einschließlich

der Mittelachse **CA** (siehe **Fig. 1**) des Hochdrucktanks **100** des Ausführungsbeispiels. Wie ferner in **Fig. 6** gezeigt ist, sind in diesem Ausführungsbeispiel die Glasfasern **F31**, **F32**, die dünner sind als die Glasfasern **F2** der Umfangslage **254** und die Glasfasern **F1** der Kreuzlage **252**, zwischen den Abschnitten **F21**, **F22**, **F23** der Glasfasern **F2** und der Abschnitte **F11**, **F12** der Glasfasern **F1** angeordnet. Somit sind der Abstand zwischen Kontaktpunkten der Glasfasern **F1** der Kreuzlage **252** und der Glasfasern **F31**, **F32** der Zwischenlage **256** und der Abstand zwischen Kontaktpunkten der Glasfasern **F31**, **F32** der Zwischenlage **256** und der Glasfasern **F2** der Umfangslage **254** enger als der Abstand zwischen den Kontaktpunkten in dem Hochdrucktank **100c** der Vergleichsform. In anderen Worten ist der Zwischenraum zwischen den Glasfasern **F1**, **F2**, **F31**, **F32** kleiner als der Zwischenraum zwischen den Glasfasern **F1**, **F2** in dem Hochdrucktank **100c** der Vergleichsform. Somit ist der Hauptteil, an dem die Spannung (Beanspruchung), die auf die Schutzlage **25** aufgebracht wird, durch das Epoxidharz **Re3** aufgenommen wird, reduziert und es ist unwahrscheinlicher, dass eine Leerstelle, von der sich ein Riss entwickeln (ausbreiten) kann, ausgebildet wird/ist. Daher ist die Ausbildung von Rissen in dem Epoxidharz **Re3**, das einen derartigen Zwischenraum ausfüllt und die Glasfasern **F1**, die die äußerste Lage der Kreuzlage **252** ausbilden, und die Glasfasern **F2**, die die innerste Lage der Umfangslage **254** ausbilden, ausfüllen, reduziert. Als Ergebnis ist es im Vergleich zu dem Hochdrucktank **100c** der Vergleichsform unwahrscheinlicher, dass sich die Umfangslage **254** von der Kreuzlage **252** ablöst.

[0054] In diesem Ausführungsbeispiel sind die Glasfasern **F31**, **F32** der Zwischenlage **256** in der ersten Richtung **D1** und in der zweiten Richtung **D2**, die sich von der ersten Richtung **D1** unterscheidet, angeordnet, um die Platte **F3** (siehe **Fig. 6**) auszubilden. Somit kann der Zwischenraum zwischen der äußersten Lage der Kreuzlage **252**, in der die Glasfasern **F1** in verschiedenen Richtungen angeordnet sind, und den Glasfasern **F2** der innersten Lage der Umfangslage **254** ungeachtet der Richtung der Glasfasern **F1** in der äußersten Lage der Kreuzlage **252** reduziert werden.

[0055] In diesem Ausführungsbeispiel bilden die Glasfasern **F31**, **F32** der Zwischenlage **256** das einzelne Stück der Platte **F3** aus, die angeordnet ist, um den zylindrischen Teil **102** der Auskleidung **10** zu umgeben, in der die Verstärkungslage **20** und die Kreuzlage **252** ausgebildet sind (siehe **S340** von **Fig. 3** und **Fig. 5**). Somit können die Umfangslage **254** und die Kreuzlage **252** um den zylindrischen Teil **102** gleichmäßig aneinander angefügt werden.

[0056] Das nachstehende Verfahren ist ferner geeignet als ein Verfahren zum Anordnen einer Struktur mit einer kleineren Größe als die Glasfasern **F1**, die

in der äußersten Lage der Kreuzlage **252** umfasst sind, und der Glasfasern **F2**, die in der innersten Lage der Umfangslage **254** umfasst sind, um den Abstand zwischen Kontaktstellen (Kontaktpunkten) der Glasfasern **F1**, **F2** und dieser zusätzlichen Struktur zu verändern und um dadurch den Zwischenraum zu reduzieren. Ein Aufbringen eines duroplastischen Harzes, das Partikel mit einem Durchmesser umfasst, die kleiner sind als die Durchmesser der Glasfasern **F1**, **F2**, an einer oberen Seite der Kreuzlage **252** und Vorsehen der Umfangslage **254** am oberen Ende dieses duroplastischen Harzes kann theoretisch den Abstand zwischen den Kontaktpunkten der Strukturen verengen (schmäler machen). Jedoch tritt bei diesem Gesichtspunkt eine Schwierigkeit beim Erhalten des Harzes, das Partikel über die gesamte Kreuzlage **252** des zylindrischen Teils **102** enthält, in einer Umgebung auf, die der Schwerkraft ausgesetzt ist. Das heißt, das Harz, das Partikel enthält, tropft von der Oberfläche der Kreuzlage **252** des zylindrischen Teils **102** unter Einwirkung der Schwerkraft herab.

[0057] Stattdessen wird in diesem Ausführungsbeispiel die Glasfaserplatte **F3**, die mit dem Harz imprägniert ist, auf die Kreuzlage **252** des zylindrischen Teils **102** gewickelt. Somit können die Glasfasern **F31**, **F32** als Strukturen mit einer kleineren Größe als die Glasfasern **F1**, **F2** und das duroplastische Harz zum Fixieren der Glasfasern **F1**, **F2**, **F31**, **F32** einfach an der Kreuzlage **252** des zylindrischen Teils **102** angeordnet werden. Daher kann die Zwischenlage **256** einfach ausgebildet werden.

[0058] Die Glasfasern **F1** der Kreuzlage **252** in diesem Ausführungsbeispiel sind ferner als „erste Fasern“ bezeichnet. Das Epoxidharz **Re1** der Kreuzlage **252** ist ferner als ein „erstes Harz“ bezeichnet. Die Glasfasern **F2** der Umfangslage **254** sind ferner als „zweite Fasern“ bezeichnet. Das Epoxidharz **Re2** der Umfangslage **254** ist ferner als ein „zweites Harz“ bezeichnet. Die Glasfasern **F31**, **F32** der Zwischenlage **256** sind ferner als „dritte Fasern“ bezeichnet. Das Epoxidharz **Re3** der Zwischenlage **256** ist ferner als ein „drittes Harz“ bezeichnet. Der Tankhauptkörper, der die Auskleidung **10** mit dem Verschluss **30** und dem Verschluss **40**, die daran montiert sind, ist, ist ferner als ein „halbfertiges Produkt eines Hochdrucktanks“ bezeichnet.

Weitere Ausführungsbeispiele

B1. Weiteres Ausführungsbeispiel 1

[0059] In dem vorstehenden Ausführungsbeispiel ist die Auskleidung **10** aus einem Nylonharz gebildet. Jedoch kann ein anderes Kunstharz mit einer Gasbarriereeigenschaft, wie zum Beispiel ein auf Polyethylen basierendes Harz, oder ein Metall, wie zum Beispiel rostfreier Stahl, auch verwendet werden, um die Auskleidung herzustellen (bereitzustellen).

[0060] In dem vorstehenden Ausführungsbeispiel hat der Durchmesser der Glasfasern **F1** in der Kreuzlage **252** einen konstanten Wert innerhalb eines Bereichs von 10 µm bis 20 µm. Der Durchmesser der Glasfasern **F2** in der Umfangslage **254** hat einen konstanten Wert innerhalb eines Bereichs von 10 µm bis 20 µm. Insbesondere ist der Durchmesser der Glasfasern **F2** in der Umfangslage **254** gleich wie der Durchmesser der Glasfasern **F1** in der Kreuzlage **252**. Der Durchmesser der Glasfasern **F31**, **F32** in der Zwischenlage **256** hat einen konstanten Wert innerhalb eines Bereichs von 2 µm bis 10 µm.

[0061] Jedoch kann der Durchmesser der Fasern in der Kreuzlage einen Wert haben, der kleiner ist als 10 µm, wie zum Beispiel 5 µm oder 8 µm. Der Durchmesser der Fasern in der Kreuzlage kann einen Wert haben, der größer ist als 20 µm, wie zum Beispiel 25 µm oder 38 µm. Der Durchmesser der Fasern in der Umfangslage kann einen Wert haben, der kleiner ist als 10 µm, wie zum Beispiel 5 µm oder 8 µm. Der Durchmesser der Fasern in der Umfangslage kann einen Wert haben, der größer ist als 20 µm, wie zum Beispiel 25 µm oder 38 µm. Der Durchmesser der Fasern in der Zwischenlage kann einen Wert haben, der kleiner ist als 2 µm, wie zum Beispiel 0,5 µm oder 1,0 µm. Der Durchmesser der Fasern in der Zwischenlage kann einen Wert haben, der größer ist als 10 µm, wie zum Beispiel 12 µm oder 15 µm. Kurz gesagt können die Durchmesser der Fasern, die in den jeweiligen Lagen umfasst sind, andere Werte haben. Die Fasern, die in der Kreuzlage umfasst sind, und die Fasern, die in der Umfangslage umfasst sind, können unterschiedlichen Dicken zueinander aufweisen.

[0062] Die Fasern, die in der Zwischenlage umfasst sind, können einen beliebigen Durchmesser haben, der kleiner ist als der Durchmesser von entweder den Fasern, die in der Kreuzlage umfasst sind, oder den Fasern, die in der Umfangslage umfasst sind. Der Durchmesser der Fasern, die in der Zwischenlage umfasst sind, ist bevorzugt nicht größer als die Hälfte, besonders bevorzugt nicht größer als ein Drittel und noch bevorzugt nicht größer als ein Fünftel des kleineren Durchmessers der Durchmesser der Fasern in der Kreuzlage und des Durchmessers der Fasern in der Umfangslage. Die Fasern, die in der Zwischenlage umfasst sind, können Fasern aufweisen, die dicker sind als entweder die Fasern, die in der Kreuzlage umfasst sind, oder die Fasern, die in der Umfangslage umfasst sind.

[0063] In dem vorstehenden Ausführungsbeispiel werden die Glasfasern **F1**, **F2**, **F31**, **F32** als die Fasern, die in der Kreuzlage **252** umfasst sind, die Fasern, die in der Umfangslage **254** umfasst sind, und die Fasern, die in der Zwischenlage **256** umfasst sind, verwendet. Jedoch können andere Fasern, die sich hinsichtlich Material oder Zusammensetzung unterscheiden, wie zum Beispiel Kohlenstofffasern, als die

Fasern, die in der Kreuzlage umfasst sind, als die Fasern, die in der Umfangslage umfasst sind, und als die Fasern, die in der Zwischenlage umfasst sind, auch verwendet werden. Jedoch ist es bevorzugt, dass die Fasern, die in jeder Lage umfasst sind, Temperaturen von 200°C bis 300°C widerstehen. Des Weiteren ist es bevorzugt, dass die Fasern, die in jeder Lage umfasst sind, flexibel sind und einfach zu strecken (dehnen) sind. Die Kreuzlage, die Umfangslage und die Zwischenlage können unterschiedliche Fasern aufweisen oder zwei oder alle drei dieser Lagen können dieselben Fasern aufweisen.

[0064] In dem vorstehenden Ausführungsbeispiel wird das Epoxidharz als das Harz, das in der Kreuzlage **252** umfasst ist, das Harz, das in der Umfangslage **254** umfasst ist, und das Harz, das in der Zwischenlage **256** umfasst ist, verwendet. Jedoch kann ein anderes duroplastisches Harz, wie zum Beispiel ein ungesättigtes Polyesterharz, auch als das Harz, das in der Kreuzlage umfasst ist, das Harz, das in der Umfangslage umfasst ist, und das Harz, das in der Zwischenlage umfasst ist, verwendet werden. Die Kreuzlage, die Umfangslage und die Zwischenlage können unterschiedliche Harze aufweisen oder zwei oder alle drei dieser Lagen können dasselbe Harz aufweisen.

[0065] Jedoch ist es bevorzugt, dass die Kombination des Fasermaterials und des Harzmaterials, die in jeder Lage verwendet werden, derart ist, dass ein Kontaktwinkel des Harzes, das verwendet wird, relativ zu den Fasern, die verwendet werden, nicht größer ist als 50° in jeder Lage. Der Kontaktwinkel des Fasermaterials wird durch den folgenden Ablauf gemessen: Die Fasern werden parallel zueinander ohne einen Zwischenraum angeordnet und an einer Glasplatte fixiert und dann wird das Harz auf diese Fasern getropft. Der Kontaktwinkel ist ein Kontaktwinkel, der 60 Sekunden nach dem Tropfen des Harzes aus Sicht einer Richtung senkrecht zu einer Längsrichtung der Fasern gemessen wird.

[0066] In dem vorstehenden Ausführungsbeispiel ist weder die erste Richtung **D1** der Glasfasern **F31** noch die zweite Richtung **D2** der Glasfasern **F32** in der Zwischenlage **256** parallel zu der Richtung der Glasfasern **F2**, die in der Umfangslage **254** umfasst sind. Jedoch kann die Richtung von zumindest einigen Fasern in der Zwischenlage mit der Richtung der Fasern der Umfangslage übereinstimmen.

[0067] In dem vorstehenden Ausführungsbeispiel ist/wird der Hochdrucktank **100** mit komprimierten Wasserstoff gefüllt und ist/wird in einem Brennstoffzellenfahrzeug installiert. Jedoch kann der Hochdrucktank in einem anderen Fahrzeug, wie zum Beispiel in einem Elektrofahrzeug oder einem Hybridfahrzeug, installiert werden, oder kann in einem anderen beweglichen Objekt, wie zum Beispiel einem Schiff, einem Flugzeug oder einem Roboter, in-

stalliert werden. Alternativ kann der Hochdrucktank in einer stationären Anlage, wie zum Beispiel einem Wohnhaus oder einem Gebäude, installiert werden. Der Hochdrucktank kann mit einem anderen Gas wie Wasserstoff gefüllt werden, zum Beispiel mit Stickstoff oder Helium.

B2. Weiteres Ausführungsbeispiel 2

[0068] In dem vorstehenden Ausführungsbeispiel sind die Glasfasern **F31**, **F32** in der Zwischenlage **256** in der ersten Richtung **D1** und der zweiten Richtung **D2**, die sich von der ersten Richtung **D1** unterscheidet, angeordnet, um die nichtgewebte Gewebplatte **F3** auszubilden (siehe **Fig. 5** und **Fig. 6**). Jedoch können die Richtungen der Fasern, die in der Zwischenlage umfasst sind, parallel zueinander sein und kann die Platte ein nichtgewebtes Gewebe sein, in dem parallele Fasern aneinander mit einem Klebstoff (Klebmittel) fixiert sind.

[0069] In einem vorstehenden Ausführungsbeispiel sind die Glasfasern **F31**, **F32** in der Zwischenlage **256** in der ersten Richtung **D1** und der zweiten Richtung **D2**, die sich von der ersten Richtung **D1** unterscheidet, angeordnet, um die nichtgewebte Gewebplatte **F3** auszubilden (siehe **Fig. 5**). Jedoch können die Fasern der Zwischenlage eine Platte ausbilden, die ein gewebter Stoff (Gewebe) ist, der (das) durch Verweben der Fasern miteinander ausgebildet wird. Es ist bevorzugt, dass die Fasern der Zwischenlage derart angeordnet werden, dass eine Vielzahl von Fasern eine Fläche bzw. Oberfläche ausbilden.

[0070] In dem vorstehenden Ausführungsbeispiel wird, um die Zwischenlage **256** auszubilden, die Glasfaserplatte **F3** mit dem Epoxidharz **Re3** imprägniert und wird dann die Glasfaserplatte **F3** auf die Kreuzlage **252** korrespondierend zu dem zylindrischen Teil **102** gewickelt, um die Kreuzlage **252** abzudecken (siehe **S340** von **Fig. 3** und **Fig. 5**). Jedoch kann ein Gesichtspunkt der Zwischenlage, in dem die Fasern nicht mit dem Harz imprägniert werden/sind, auch angewandt werden.

B3. Weiteres Ausführungsbeispiel 3

[0071] In dem vorstehenden Ausführungsbeispiel bilden die Glasfasern **F31**, **F32** der Zwischenlage **256** ein einzelnes Stück der Platte **F3** aus, die angeordnet ist, um den zylindrischen Teil **102** der Auskleidung **10** zu umgeben, in dem/der die Verstärkungslage **20** und die Kreuzlage **252** ausgebildet sind (siehe **S340** von **Fig. 3** und **Fig. 5**). Jedoch kann mehr als eine Platte, zum Beispiel zwei, drei oder fünf Platten der dritten Fasern, verwendet werden, um die Zwischenlage auszubilden.

[0072] Die vorliegende Offenbarung ist nicht auf die vorstehenden Ausführungsbeispiele beschränkt,

sondern sie kann in verschiedenen Gestaltungen innerhalb des Umfangs des Wesentlichen der Offenbarung realisiert werden. Zum Beispiel können zum teilweisen oder vollständigen Lösen des vorstehenden Problems oder zum Erreichen von einigen oder allen der vorstehend beschriebenen Wirkungen die technischen Merkmale, die in den Ausführungsbeispielen korrespondierend zu den technischen Merkmalen, die in der Ausführungsform im Abschnitt „Zusammenfassung der Erfindung“ beschrieben sind, beschrieben sind, geeignet untereinander ausgetauscht oder miteinander kombiniert werden. Solange es nicht beschrieben ist, dass sie für die vorliegende Beschreibung wesentlich sind, können technische Merkmale geeignet weggelassen werden.

[0073] Es ist ein Hochdrucktank (**100**) vorgesehen, der Folgendes aufweist: eine Kreuzlage (**252**), die erste Fasern (**F1**), die einem Kreuzmuster gewickelt sind, und ein erstes Harz (**Re1**) aufweist, das die ersten Fasern (**F1**) fixiert; eine Umfangslage (**254**), die außerhalb der Kreuzlage (**252**) in dem Hochdrucktank (**100**) angeordnet ist und zweite Fasern (**F2**), die in einem Umfangsmuster gewickelt sind, und ein zweites Harz (**Re2**) aufweist, das die zweiten Fasern (**F2**) fixiert; und eine Zwischenlage (**256**), die zwischen der Kreuzlage (**252**) und der Umfangslage (**254**) angeordnet ist und dritte Fasern (**F31**, **F32**), die dünner sind als zumindest entweder die ersten Fasern (**F1**) oder die zweiten Fasern (**F2**), und ein drittes Harz (**Re3**) aufweist, das die dritten Fasern (**F31**, **F32**), die ersten Fasern (**F1**) der Kreuzlage (**252**) und die zweiten Fasern (**F2**) der Umfangslage (**254**) fixiert.

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- JP 2018100768 A [0002]
- JP 2018 [0003]
- JP 100768 A [0003]

Patentansprüche

1. Hochdrucktank (100), der Folgendes aufweist: eine Kreuzlage (252), die erste Fasern (F1), die in einem Kreuzmuster gewickelt sind, und ein erstes Harz (Re1) aufweist, das die ersten Fasern (F1) fixiert; eine Umfangslage (254), die außerhalb der Kreuzlage (252) in dem Hochdrucktank (100) angeordnet ist und zweite Fasern (F2), die in einem Umfangsmuster gewickelt sind, und ein zweites Harz (Re2) aufweist, das die zweiten Fasern (F2) fixiert; und eine Zwischenlage (256), die zwischen der Kreuzlage (252) und der Umfangslage (254) angeordnet ist und dritte Fasern (F31, F32), die dünner sind als zumindest entweder die ersten Fasern (F1) oder die zweiten Fasern (F2), und ein drittes Harz (Re3) aufweist, das die dritten Fasern (F31, F32), die ersten Fasern (F1) der Kreuzlage (252) und die zweiten Fasern (F2) der Umfangslage (254) fixiert.

2. Hochdrucktank (100) nach Anspruch 1, wobei: die ersten Fasern (F1) mit dem ersten Harz (Re1) imprägniert sind, und das erste Harz (Re1) unterschiedliche Faserabschnitte (F11, F12) der ersten Fasern (F1) miteinander fixiert; und die zweiten Fasern (F2) mit dem zweiten Harz (Re2) imprägniert sind, und das zweite Harz (Re2) unterschiedliche Faserabschnitte (F21, F22, F23) der zweiten Fasern (F2) miteinander fixiert.

3. Hochdrucktank (100) nach Anspruch 1 oder 2, wobei die dritten Fasern (F31, F32) mit dem dritten Harz (Re3) imprägniert sind und in einer ersten Richtung (D1) und in einer zweiten Richtung (D2), die sich von der ersten Richtung (D1) unterscheidet, angeordnet sind, um eine Platte (F3) auszubilden.

4. Hochdrucktank (100) nach Anspruch 3, der des Weiteren eine Auskleidung (10) mit einem zylindrischen Teil (102) und gewölbten Teilen (104) aufweist, von denen einer an jedem Ende des zylindrischen Teils (102) angeordnet ist, wobei die Kreuzlage (252) ausgebildet ist, um die Auskleidung (10) zu umgeben, wobei die dritten Fasern (F31, F32) ein einzelnes Stück der Platte (F3) ausbilden, das angeordnet ist, um den zylindrischen Teil (102) zu umgeben.

5. Herstellungsverfahren eines Hochdruckstanks (100), wobei das Verfahren Folgendes aufweist: Ausbilden einer Kreuzlage (252) durch Wickeln von ersten Fasern (F1), die mit einem ersten Harz (Re1) imprägniert sind, in einem Kreuzmuster an einem halbfertigen Produkt des Hochdrucktanks (100); Ausbilden einer Zwischenlage (256) durch Anordnen von dritten Fasern (F31, F32), die mit einem dritten Harz (Re3) imprägniert sind, an der Kreuzlage (252); und Ausbilden einer Umfangslage (254) durch Wickeln von zweiten Fasern (F2), die mit einem zweiten Harz

(Re2) imprägniert sind, in einem Umfangsmuster an der Zwischenlage (256), wobei die dritten Fasern (F31, F32) der Zwischenlage (256) dünner sind als zumindest entweder die ersten Fasern (F1) der Kreuzlage (252) oder die zweiten Fasern (F2) der Umfangslage (254).

6. Herstellungsverfahren des Hochdrucktanks (100) nach Anspruch 5, wobei das Ausbilden der Zwischenlage (256) ein Anordnen an der Kreuzlage (252) einer Platte (F3) aufweist, in der die dritten Fasern (F31, F32) der Zwischenlage (256) in einer ersten Richtung (D1) und einer zweiten Richtung (D2), die sich von einer ersten Richtung (D1) unterscheidet, angeordnet sind.

7. Herstellungsverfahren des Hochdrucktanks (100) nach Anspruch 6, wobei: das halbfertige Produkt eine Auskleidung (10) mit einem zylindrischen Teil (102) und gewölbten Teilen (104) aufweist, von denen einer an jedem Ende des zylindrischen Teils (102) angeordnet ist; und das Anordnen der Platte (F3) an der Kreuzlage (252) ein Anordnen eines einzelnen Stücks der Platte (F3) aufweist, um den zylindrischen Teil (102) zu umgeben.

Es folgen 7 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG. 1

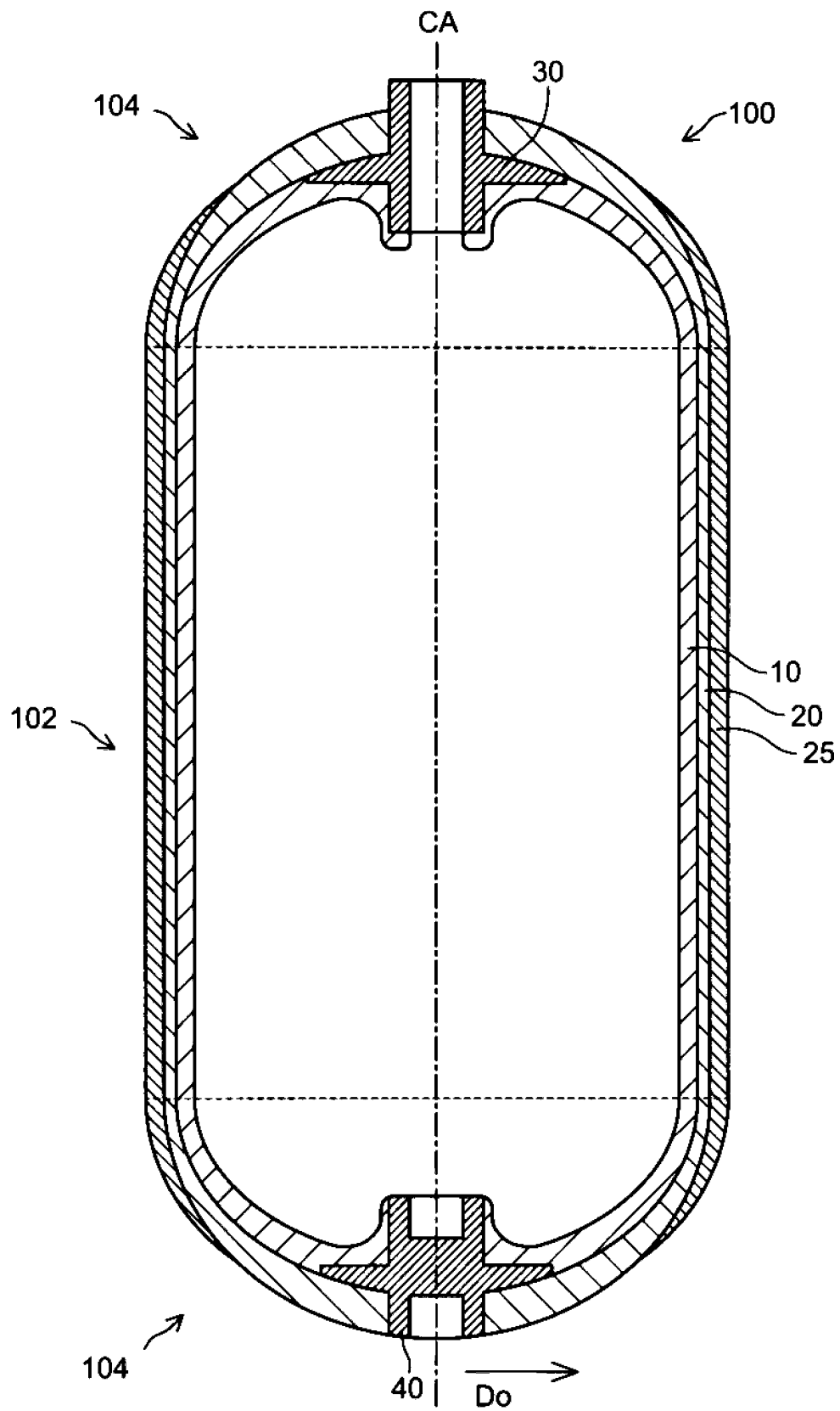


FIG. 2

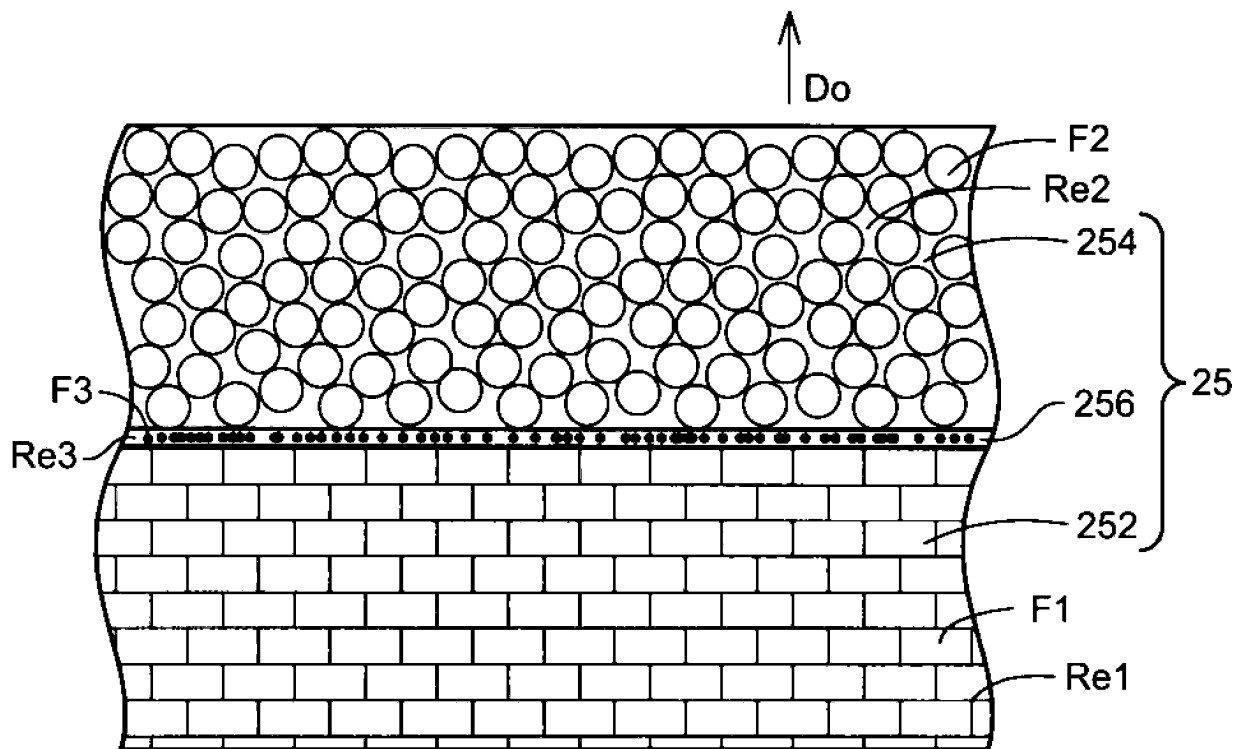


FIG. 3

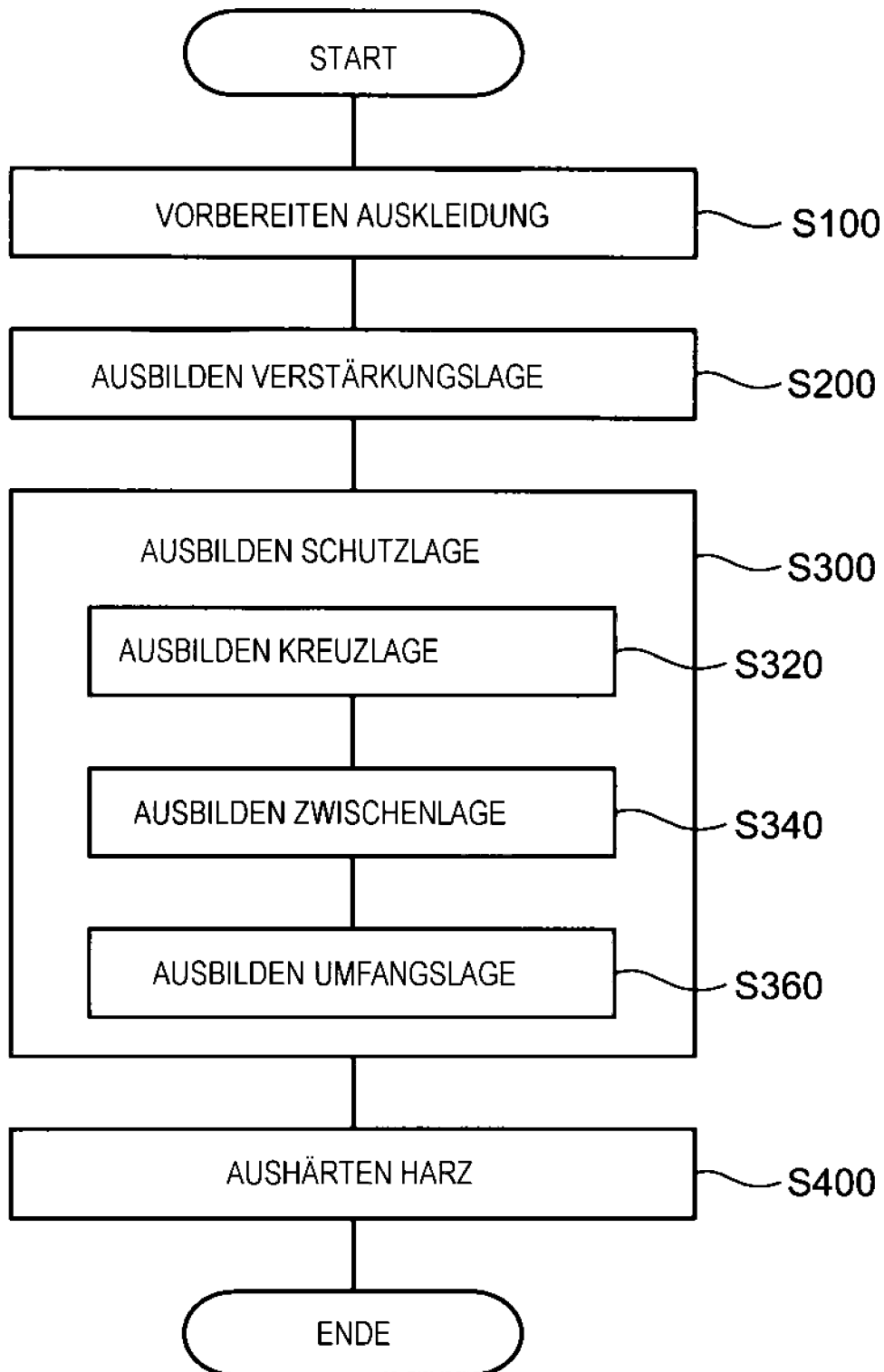


FIG. 4

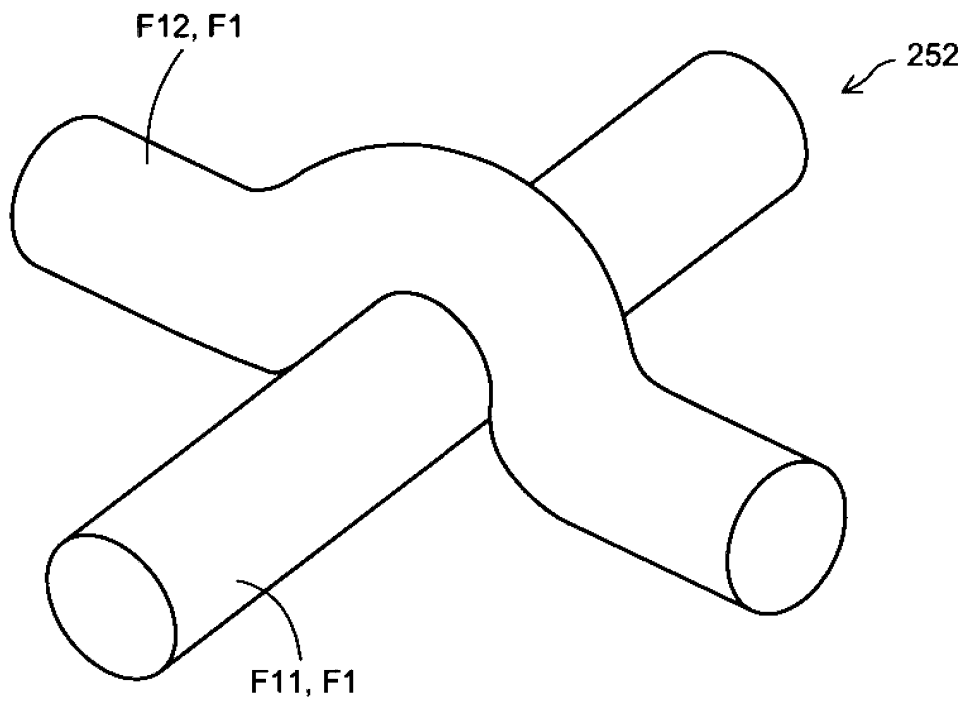


FIG. 5

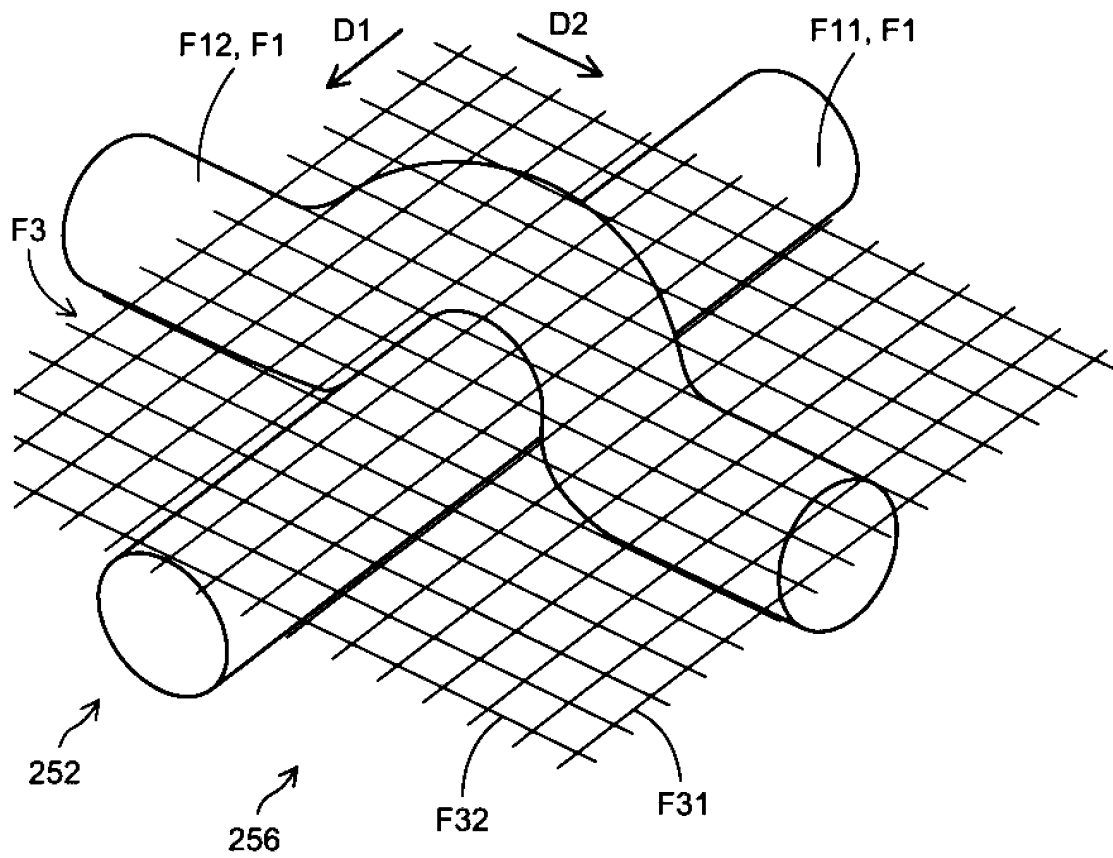


FIG. 6

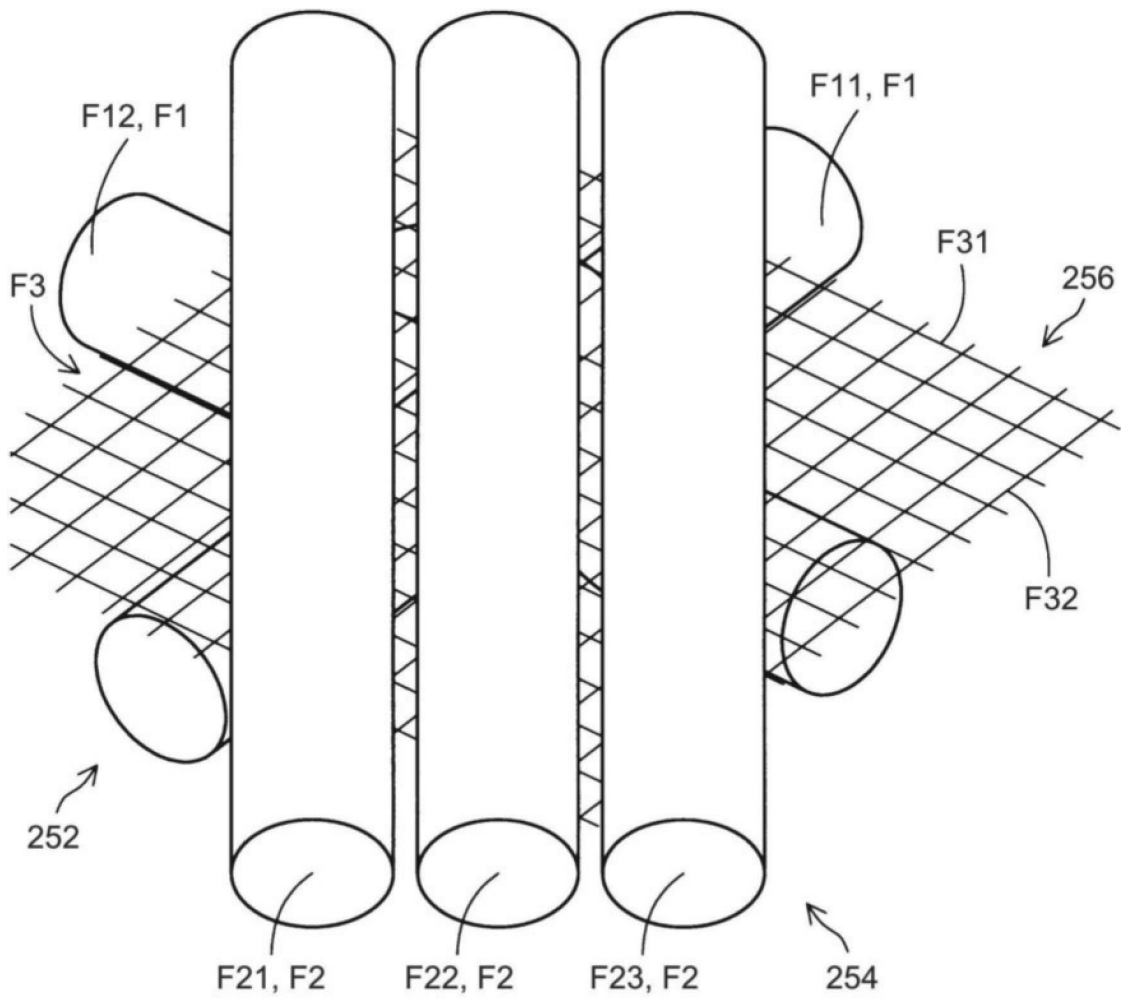


FIG. 7

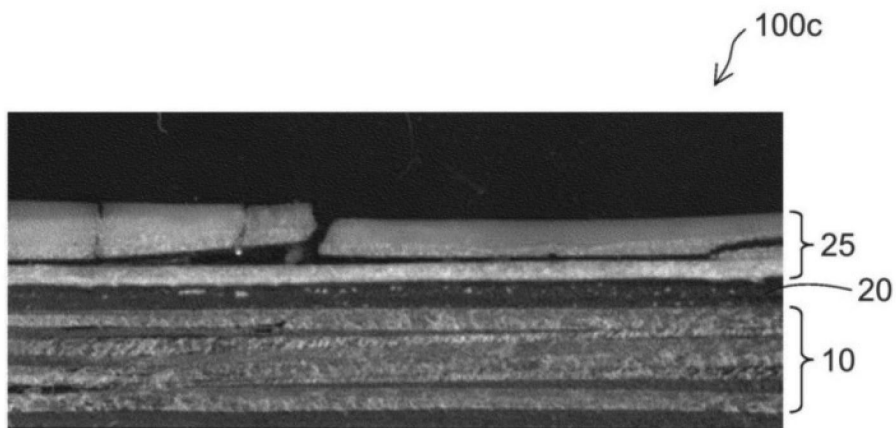


FIG. 8

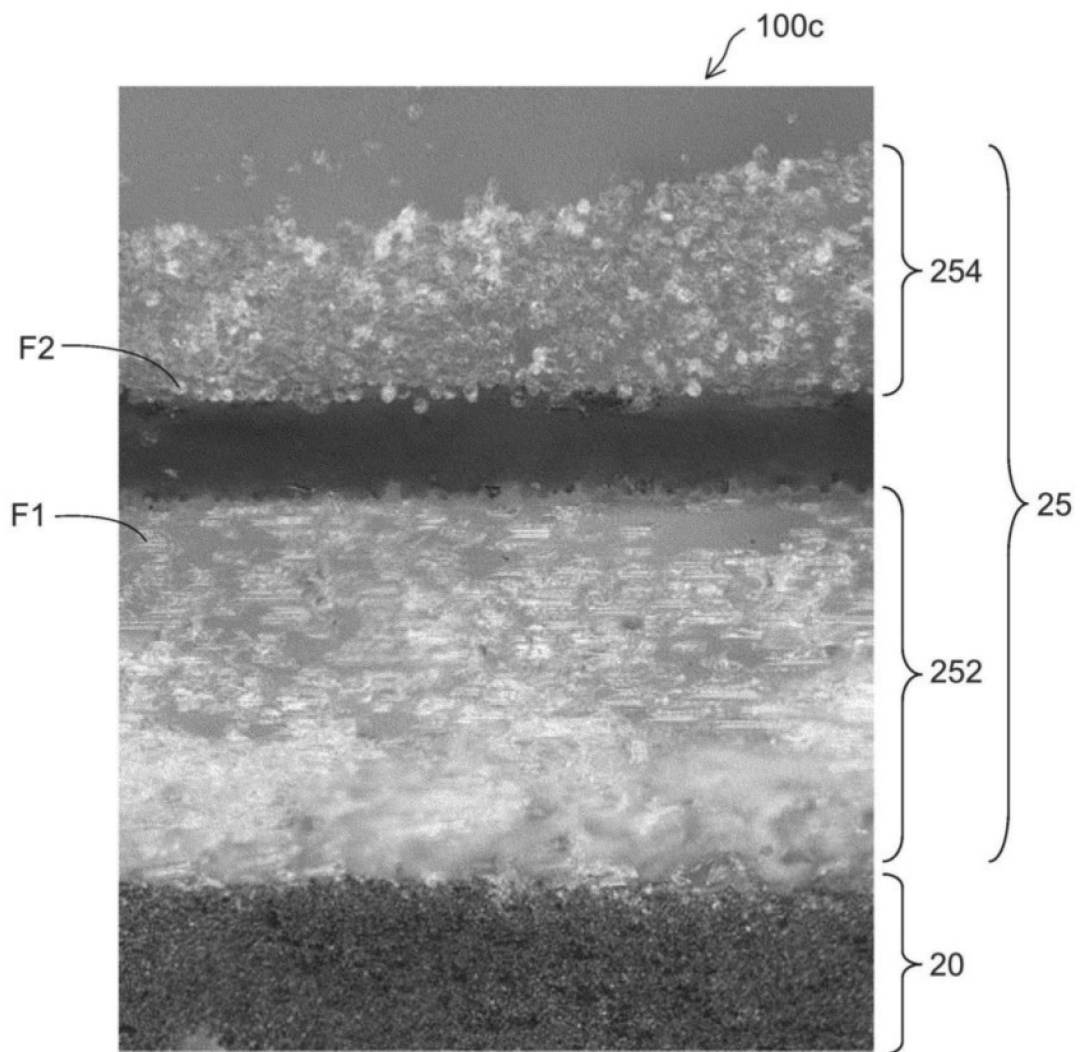


FIG. 9

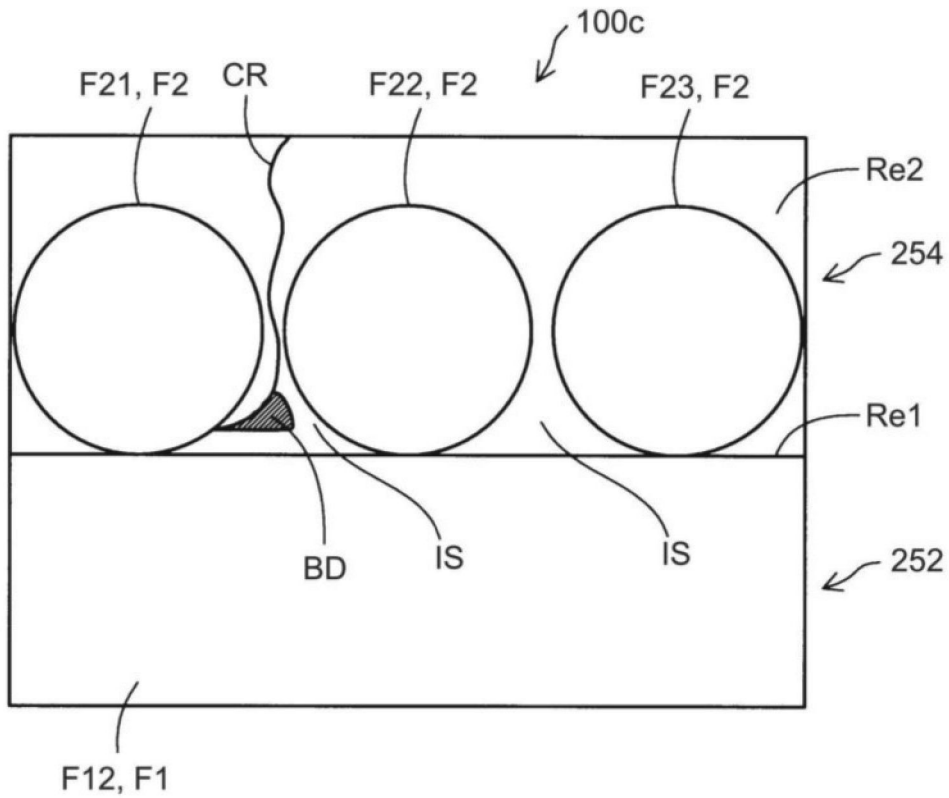


FIG. 10

