



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 698 25 948 T2** 2005.09.29

(12)

Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 0 909 842 B1**

(51) Int Cl.⁷: **D01F 9/12**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **698 25 948.3**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/JP98/00581**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **98 902 204.1**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 98/036113**

(86) PCT-Anmeldetag: **13.02.1998**

(87) Veröffentlichungstag
der PCT-Anmeldung: **20.08.1998**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **21.04.1999**

(97) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung beim EPA: **01.09.2004**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **29.09.2005**

(30) Unionspriorität:
4725597 14.02.1997 JP

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE, FR, GB

(73) Patentinhaber:
Toray Industries, Inc., Tokio/Tokyo, JP

(72) Erfinder:
YOSHIMURA, Kousuke, Otsu-shi, Shiga 520-0842, JP; SEKIDO, Toshihide, Otsu-shi, Shiga 520-0046, JP; ENDO, Makoto, Masakicho, Ehime 791-3120, JP; SANO, Takao, Moriyama-shi, Shiga 524-0045, JP

(74) Vertreter:
Hofer & Partner, 81545 München

(54) Bezeichnung: **BÜNDEL VON VORLÄUFERKOHLENSTOFFASERN, VORRICHTUNG UND VERFAHREN ZU DEREN HERSTELLUNG**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

Technisches Gebiet

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Vorläuferfaserbündel zum Herstellen von Kohlenstofffasern, eine Herstellvorrichtung dafür und ein Verfahren zum Herstellen eines Kohlenstofffaserbündels. Insbesondere betrifft die vorliegende Erfindung eine Reihe von Vorläuferfaserbündeln zur Herstellung von Kohlenstofffasern, die aus zumindest zwei Faserbündeln bestehen, die 30.000 oder mehr Filamente umfassen und deren Faserbündel am Ende des einen und am Anfang des anderen direkt oder über ein dazwischen liegendes Faserbündel verbunden sind. Die Reihe von Vorläuferfaserbündeln zur Herstellung von Kohlenstofffasern wird stabilisiert, um ein stabilisiertes Faserbündel zu erhalten, das dann karbonisiert wird, um ein Kohlenstofffaserbündel zu erhalten.

Stand der Technik

[0002] Kohlenstofffasern wurden bisher als Verstärkungsmaterialien in Flugzeugen und Sportartikeln verwendet. In letzter Zeit werden Kohlenstofffaser allmählich auch als Materialien in der Architektur und im Hoch- und Tiefbau und als Verstärkungsmaterialien für Bauteile von mit Strom versorgten Geräten verwendet und die Nachfrage steigt schnell. Um diese Anforderungen zu erfüllen und um die Nachfrage weiter zu steigern, sind Kohlenstofffasern mit zumindest den herkömmlichen Eigenschaften und zu einem günstigeren Preis als die herkömmlichen Kohlenstofffasern gefordert.

[0003] Um den Markt mit preisgünstigeren Kohlenstofffasern zu versorgen, müssen die Herstellkosten der Kohlenstofffasern verringert werden. Ein Verfahren zur Verringerung der Kosten ist die Wärmebehandlung (Stabilisieren und Karbonisieren) eines Vorläuferfaserbündels zur Herstellung von Kohlenstofffasern, deren Faserbündel viel mehr Filamente umfasst als vorher, um die Produktivität der Kohlenstofffasern zu verbessern.

[0004] Wenn jedoch die Anzahl der Filamente in einem Vorläuferfaserbündel steigt, d. h. wenn die Filamentendichte höher wird, neigt die Wärmeansammlung in dem Vorläuferfaserbündel während der Stabilisierungsbehandlung, die in einer Oxidationsatmosphäre (Luft) stattfindet, dazu, groß zu werden. Dadurch neigen die Filamente dazu, Wärme zu erzeugen, und die Oxidationsreaktion der Filamente in der Stabilisierungsbehandlung neigt dazu, außer Kontrolle zu geraten.

[0005] Wenn also die Filamentendichte höher ist, muss die Stabilisierungstemperatur bei der Stabilisierungsbehandlung auf ein niedrigeres Niveau gesetzt werden als bei der Stabilisierungsbehandlung eines Vorläuferfaserbündels mit niedrigerer Filamentendichte, wodurch die Stabilisierungsbehandlung länger dauert, um zu verhindern, dass das Filament während der außer Kontrolle geratenen Reaktion bricht.

[0006] Wenn jedoch die Temperatur der Stabilisierungsbehandlung stark verringert wird, dauert die Stabilisierungsbehandlung zu lange und es kann passieren, dass die Effektivität der Stabilisierungsbehandlung nicht verbessert wird, auch wenn die Filamentendichte höher ist.

[0007] Andererseits umfasst der Stabilisierungsbehandlungsvorgang die Schritte des ständigen Zuführens einer Reihe von Vorläuferfaserbündeln vom Eingang eines StabilisierungsbehandlungsOfens in den Ofen, Stabilisieren derselben in dem Ofen, um ein stabilisiertes Faserbündel zu erzeugen, und fortlaufendes Entnehmen des stabilisierten Faserbündels aus dem Ausgang des Ofens. Das Vorläuferfaserbündel, das dem Stabilisierungsbehandlungsvorgang fortlaufend zugeführt wird, muss eine Reihe von Vorläuferfaserbündeln sein, die durch Verbinden einer Vielzahl von Vorläuferfaserbündeln am Ende des einen und am Anfang des anderen geformt wurden, wobei jedes der Bündel um eine Spule gewickelt ist oder in Behältern mit einer bestimmten begrenzten Länge enthalten sind.

[0008] Wenn jedoch Vorläuferfaserbündel mit einer hohen Filamentendichte einfach miteinander verbunden werden, wird die Filamentendichte an dem verbundenen Bereich sehr viel höher als die Filamentendichte an anderen Bereichen (Hauptbündelbereiche). Die Filamentendichte verdoppelt sich einfach. Deshalb neigt bei der Stabilisierungsbehandlung die Oxidationsreaktion der Filamente an dem Verbindungsbereich dazu, außer Kontrolle zu geraten, im Vergleich zum Hauptbündelbereich.

[0009] Ein Verfahren zum Zusammenfügen oder Verbinden von Vorläuferfaserbündeln ist in der japanischen Patentveröffentlichung (Kokoku) Nr. 53-23411 beschrieben. In diesem Verfahren werden die Vorläuferfaserbündel miteinander an den zusammenpassenden Enden zu einer Reihe von Vorläuferfaserbündeln zusam-

mengefügt und die Reihe von Vorläuferfaserbündeln wird behandelt, um stabilisiert zu werden. Dann wird der Verbindungsbereich der Reihe von stabilisierten Faserbündeln abgeschnitten und entfernt und jedes der Bündel wird erneut zu einer Reihe von stabilisierten Faserbündeln zusammengefügt und dann behandelt, um karbonisiert zu werden.

[0010] Die japanische Patentoffenlegung (Kokai) Nr. 54-50624 beschreibt ein Verfahren zum Anwenden eines Flammen resistenten Verbundmaterials, wie Silikonfett, an den Verbindungsbereichen.

[0011] Weiterhin beschreibt die japanische Patentoffenlegung (Kokai) Nr. 56-37315 ein Verfahren, das eine Wärmebehandlung der Enden (vorderes und hinteres Ende) der Vorläuferfaserbündel umfasst und dann werden die Vorläuferfaserbündel durch ein spezielles Verbindungsverfahren miteinander verbunden.

[0012] Außerdem beschreibt die japanische Patentoffenlegung (Kokai) Nr. 58-208420 ein Verfahren zum Verflechten des Endes eines Vorläuferfaserbündels mit dem Anfang eines anderen Vorläuferfaserbündels mittels eines Hochgeschwindigkeitsfluids.

[0013] Jedoch wird in jedem dieser Verfahren wahrscheinlich ein Verbrennen, Brechen usw. der Filamente durch die Wärmeansammlung während der Stabilisierungsbehandlung verursacht werden, da die Filamentendichte am Verbindungsbereich viel höher wird als die des Hauptbündelbereichs.

[0014] Die japanische Patentveröffentlichung (Kokoku) Nr. 60-2407 beschreibt ein Untermischen von stabilisierten Fasern oder Kohlenstofffasern an dem Verbindungsbereich zum Verhindern der Wärmeanhäufung. Da jedoch der Schifferknoten für den Verbindungsbereich verwendet wird, ist der Knoten fester und die Filamentendichte wird höher. Somit ist der Wärmeansammlungs-Verhinderungseffekt gering.

[0015] Als ein Verfahren zur Verbesserung dieser Nachteile beschreibt die japanische Patentveröffentlichung (Kokoku) Nr. 1-12850 ein Verflechten der Vorläuferfaserbündel miteinander oder ein Verflechten eines Vorläuferfaserbündels mit einem stabilisierten Faserbündel.

[0016] [Fig. 1](#) ist eine perspektivische Ansicht eines Beispiel des Verfahrens. Bei diesem Verfahren sind die zusammenpassenden Enden **2a** und **2b** der zusammenzufügenden Faserbündel einfach überlagert in der Form von Bündeln, wie sie sind, werden in eine Verflechtungsbehandlungskammer **4** einer Fluidverflechtungsdüse **1** eingeführt, um ungefähr 5 bis 60 % gelockert und mit einem Hochgeschwindigkeitsfluid behandelt, das aus zwei Düsenöffnungen **3** ausgestoßen wird, um die Filamente an beiden Enden **2a** und **2b** miteinander zu verflechten. Das Verfahren zum Verbinden mit einer Einmischung eines stabilisierten Faserbündels hat die Wirkung, dass die Wärmeansammlung am Verbindungsbereich klein wird im Vergleich zum direkten Verbinden der Vorläuferfaserbündel, da die stabilisierten Fasern wenig Wärme im Stabilisierungsvorgang erzeugen.

[0017] Bezüglich der Fluidverflechtungsdüse, die in diesem herkömmlichen Verfahren verwendet wird, wie in [Fig. 1](#) gezeigt, stoßen die Hochgeschwindigkeitsströme, die aus den zwei Düsenöffnungen **3**, die in der kleinen Verwirbelungsbehandlungskammer **4** eingebaut sind, ausgestoßen werden, in der Verflechtungsbehandlungskammer **4** aufeinander, um einen Wirbelstrom zu erzeugen, der die Faserbündel zum Verflechten der Filamente miteinander öffnet. Dieses Verfahren ist wirksam für Faserbündel, die aus einer kleinen Anzahl von Filamenten bestehen.

[0018] Wenn jedoch die Anzahl der Filamente, die jedes der zu verbindenden Faserbündel bilden, sehr groß ist, treffen die aus den Düsenöffnungen ausgestoßenen Ströme nicht alle Filamente der Faserbündel und die Faserbündel werden nicht auf Filamentenniveau verflochten und ein Verflechten zwischen Unterbündeln von Filamenten miteinander tritt häufig auf. Solche verflochtenen Unterbündel von Filamenten treten ungleichmäßig am Verbindungsbereich auf und Bereiche mit hoher Filamentendichte werden lokal gebildet, und Wärme sammelt sich wahrscheinlich dort an.

[0019] Eine Verflechtung auf der Grundlage von mehreren verflochtenen Unterbündeln von Filamenten hat eine schwache Verbindungsfestigkeit, da die Verflechtungsfestigkeit zwischen Filamenten gering ist. Die in der japanischen Patentveröffentlichung (Kokoku) Nr. 1-12850 beschriebenen Beispiele offenbaren nur Faserbündel mit bis zu 12.000 Filamenten. Wenn Vorläuferfaserbündel mit jeweils 30.000 oder mehr Filamenten, die in der vorliegenden Erfindung verwendet werden, an ihren zusammenpassenden Enden direkt oder über ein dazwischen liegendes stabilisiertes Faserbündel gemäß dem bekannten Verfahren verbunden werden, kann ein Bruch der Filamente oder ein Verbrennen der Filamente aufgrund der Ansammlung von Wärme aus den oben beschriebenen Gründen auftreten.

[0020] Zusätzlich kann es in dem Fall von Vorläuferfaserbündeln mit einer hohen Filamentendichte eventuell nötig sein, die Faserbündel mit Crimps zu versehen, um die Integrität zwischen den Filamenten zu verstärken, um die Handhabung beim fortlaufenden Entnehmen der Bündel aus ihrem gelagerten Zustand zu vereinfachen. Da gekräuselte Faserbündel unförmig sind und ihre Filamente leicht miteinander verwirbelt sind, ist es schwierig, die zusammenpassenden Enden der gekräuselten Vorläuferfaserbündel unter Verwendung des in der japanischen Patentveröffentlichung (Kokoku) Nr. 1-12850 beschriebenen Verfahrens zu verbinden.

[0021] Das heißt, auch wenn gekräuselte Faserbündel übereinander gelegt werden und mit einem Hochgeschwindigkeitsfluid behandelt werden, können die Faserbündel nicht ausreichend geöffnet werden im Vergleich zu nicht-gekräuselten Faserbündeln, da sie gekräuselt sind. Außerdem sind die Faserbündel, da sie gekräuselt sind, unförmig und baumwollartig und die Bewegung der Filamente wird wahrscheinlich behindert und ein Verflechten auf Filamentniveau ist nicht ausreichend im Vergleich zu nicht-gekräuselten Faserbündeln. Deshalb sind die Filamente im Vergleich zu nicht-gekräuselten Faserbündeln weniger einheitlich miteinander am Verbindungsbereich verwirbelt und die Verbindungsfestigkeit am Verbindungsbereich wird gering.

Offenbarung der Erfindung

[0022] Im Hinblick auf die obigen Probleme ist es ein Ziel der vorliegenden Erfindung, ein fortlaufendes Vorläuferfaserbündel zur Herstellung von Kohlenstofffasern vorzusehen, welche zwei dicke Faserbündel mit jeweils 30.000 oder mehr Filamenten umfassen und an ihren zusammenpassenden Enden direkt oder über ein dazwischen liegendes Faserbündel verbunden sind, wobei die Filamente beider Faserbündel miteinander am Verbindungsbereich verflochten sind, und außerdem eine Herstellvorrichtung dafür vorzusehen.

[0023] Ein weiteres Ziel der vorliegenden Erfindung ist es, ein Verfahren zum Herstellen eines Kohlenstofffaserbündels mit Stabilisierung des fortlaufenden Vorläuferfaserbündels und dann Karbonisierung desselben vorzusehen.

[0024] Die Lösung dieser Aufgaben wird durch die Kombination der Merkmale der Ansprüche 1, 3 bzw. 6 erreicht. Die abhängigen Ansprüche beinhalten vorteilhafte Ausgestaltungen der vorliegenden Erfindung.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0025] [Fig. 1](#) ist eine perspektivische Ansicht einer herkömmlichen Verflechtungsdüse zum Verflechten von Vorläuferfaserbündeln zur Herstellung von Kohlenstofffasern.

[0026] [Fig. 2](#) ist eine typische Seitenansicht der Verbindungsbereiche eines Beispiels der Vorläuferfaserbündel zur Herstellung von Kohlenstofffasern der vorliegenden Erfindung.

[0027] [Fig. 3](#) ist eine Kurve zur Erläuterung, wie der Heizwert eines dazwischen liegenden Faserbündels erhalten wird.

[0028] [Fig. 4](#) ist eine typische Draufsicht auf die Verbindungsbereiche eines weiteren Beispiels von Vorläuferfaserbündeln zur Herstellung von Kohlenstofffasern der vorliegenden Erfindung.

[0029] [Fig. 5](#) ist eine typische Draufsicht auf die Verbindungsbereiche eines weiteren Beispiels von Vorläuferfaserbündeln zur Herstellung von Kohlenstofffasern der vorliegenden Erfindung.

[0030] [Fig. 6](#) ist eine typische Draufsicht auf die Verbindungsbereiche noch eines weiteren Beispiels von Vorläuferfaserbündeln zur Herstellung von Kohlenstofffasern der vorliegenden Erfindung.

[0031] [Fig. 7](#) ist eine schematische Querschnittsansicht eines Beispiels einer Luft-Verflechtungsdüse, die vorzugsweise verwendet wird, um einen Verbindungsbereich von Vorläuferfaserbündeln zur Herstellung von Kohlenstofffasern gemäß der vorliegenden Erfindung als ein Beispiel zu bilden.

[0032] [Fig. 8](#) ist eine schematische Querschnittsansicht zur Erläuterung des Vorgangs zum Bilden eines Verbindungsbereichs von Vorläuferfaserbündeln zur Herstellung von Kohlenstofffasern unter Verwendung der in [Fig. 7](#) gezeigten Düse.

[0033] [Fig. 9](#) ist eine perspektivische Ansicht eines weiteren Beispiels einer Luftverflechtungsdüse, die vorzugsweise verwendet wird, um einen Verbindungsbereich von Vorläuferfaserbündeln zur Herstellung von Koh-

lenstofffasern gemäß der vorliegenden Erfindung zu bilden.

[0034] **Fig. 10** ist eine perspektivische Ansicht noch eines weiteren Beispiels einer Luftverflechtungsdüse, die vorzugsweise verwendet wird, um einen Verbindungsbereich von Vorläuferfaserbündeln zur Herstellung von Kohlenstofffasern gemäß der vorliegenden Erfindung zu bilden.

[0035] **Fig. 11** ist eine schematische perspektivische Ansicht eines Beispiels der Vorrichtung zur Herstellung eines Vorläuferfaserbündels zum Herstellen von Kohlenstofffasern in der vorliegenden Erfindung.

[0036] **Fig. 12** ist eine schematische, vertikale Schnittansicht zur Erläuterung des Vorgangs zur Bildung von Verbindungsbereichen der Vorläuferfaserbündel zur Herstellung von Kohlenstofffasern unter Verwendung der in **Fig. 11** gezeigten Vorrichtung.

[0037] **Fig. 13** ist eine schematische Schnittansicht eines weiteren Beispiels der Vorrichtung zur Herstellung eines Vorläuferfaserbündels zur Herstellung von Kohlenstofffasern in der vorliegenden Erfindung.

[0038] **Fig. 14** ist eine schematische Seitenansicht eines Beispiels der Wärmebehandlungsvorrichtung zum Entfernen von Crimps in einem Vorläuferfaserbündel zur Herstellung von Kohlenstofffasern gemäß der vorliegenden Erfindung.

[0039] **Fig. 15** ist eine schematische, vertikale Schnittansicht noch eines weiteren Beispiels der Vorrichtung zur Herstellung eines Vorläuferfaserbündels zum Herstellen von Kohlenstofffasern gemäß der vorliegenden Erfindung.

Die besten Ausführungsbeispiele der Erfindung

[0040] Die vorliegende Erfindung wird nachfolgend unter Bezugnahme auf die Zeichnungen auf der Grundlage von Beispielen erläutert.

[0041] Ein Acrylpolymer wird aus einer Spinndüse extrudiert, um viele Filamente zu bilden und diese werden aufgenommen, um ein Vorläuferfaserbündel zur Herstellung von Kohlenstofffasern zu erzeugen. Das Vorläuferfaserbündel wird behandelt, um stabilisiert zu werden, um ein stabilisiertes Faserbündel herzustellen. Weiterhin wird das stabilisierte Faserbündel behandelt, um karbonisiert zu werden, um ein Kohlenstofffaserbündel zu erzeugen.

[0042] Da sich die Laufgeschwindigkeit des Faserbündels bei der Herstellung eines Vorläuferfaserbündels stark von der Laufgeschwindigkeit des Faserbündels im Stabilisierungsbehandlungsvorgang unterscheidet, wird das hergestellte Vorläuferfaserbündel einmal um Spulen gewickelt oder gefaltet, um in Behältern aufbewahrt zu werden.

[0043] Für die Stabilisierungsbehandlung des Vorläuferfaserbündels wird das Vorläuferfaserbündel aus dem gelagerten Zustand entnommen und zum Stabilisierungsbehandlungsvorgang zugeführt. Die folgende Beschreibung bezieht sich auf einen Fall, in dem die Vorläuferfaserbündel in Behältern enthalten sind.

[0044] Das in einem Behälter enthaltene Vorläuferfaserbündel zur Herstellung von Kohlenstofffasern wird aus dem Behälter entnommen und behandelt, um in einem Stabilisierungsbehandlungsofen stabilisiert zu werden. Der Stabilisierungsbehandlungsofen ist ein im Stand der Technik bekannter Ofen. Bei der Stabilisierungsbehandlung wird das Vorläuferfaserbündel in einer Oxidationsatmosphäre (normalerweise Luft) bei 200°C bis 350°C wärmebehandelt, um ein stabilisiertes Faserbündel zu werden.

[0045] Das stabilisierte Faserbündel wird dann behandelt, um in einem Karbonisierungsbehandlungsofen karbonisiert zu werden. Der Karbonisierungsbehandlungsofen ist ein im Stand der Technik bekannter Ofen. Bei der Karbonisierungsbehandlung wird das stabilisierte Faserbündel in einer inaktiven Atmosphäre (normalerweise Stickstoff) bei 500 bis 1.500 °C wärmebehandelt, um ein Kohlenstofffaserbündel zu werden.

[0046] Das Kohlenstofffaserbündel wird dann normalerweise mit einem Schlichtmittel usw. oberflächenbehandelt und als Kohlenstofffaserprodukt entnommen.

[0047] Beim Stabilisierungsbehandlungsvorgang, wenn das aus einem Behälter entnommene und durch den Stabilisierungsofen gelaufene Vorläuferfaserbündel an seinem Ende ankommt, wird das Ende mit dem Anfang

des Vorläuferfaserbündels, das im nächsten Behälter enthalten ist, verbunden. Das heißt, die zusammenpassenden Enden der Vorläuferfaserbündel werden verbunden. Das verbundene Vorläuferfaserbündel wird fortlaufend in den Stabilisierungssofen zugeführt. Auf diese Weise werden die Vorläuferfaserbündel, die in einer Vielzahl von Behältern enthalten sind, ohne Unterbrechung fortlaufend in den Stabilisierungssofen zugeführt und der Stabilisierungssofen wird ununterbrochen betrieben.

[0048] Das Verfahren zum Verbinden der jeweils zusammenpassenden Enden der Vorläuferfaserbündel über ein jeweils dazwischen liegendes Faserbündel wird nachfolgend beschrieben.

[0049] [Fig. 2](#) ist eine typische Seitenansicht eines fortlaufenden Vorläuferfaserbündels zur Herstellung von Kohlenstofffasern in der vorliegenden Erfindung. Das eine fortlaufende Vorläuferfaserbündel **5** zur Herstellung von Kohlenstofffasern hat einen ersten Verbindungsbereich **8A**, an dem das Ende **6a** des ersten Vorläuferfaserbündels **6A** mit 30.000 oder mehr Filamenten und der Anfang **7a** eines dazwischen liegenden Faserbündels **7** mit vielen Filamenten mit einer nicht-exothermen Eigenschaft bei einer Stabilisierungsbehandlungstemperatur zusammengefügt werden, und umfasst ferner einen zweiten Verbindungsbereich **8B**, an dem das Ende **7b** des dazwischen liegenden Faserbündels **7** und der Anfang **6b** eines zweiten Vorläuferfaserbündels **6B** aus 30.000 oder mehr Filamenten miteinander verbunden sind. An den Verbindungsbereichen **8A** und **8B** werden die Filamente, welche die jeweiligen Faserbündel bilden, im Wesentlichen einheitlich miteinander verflochten.

[0050] Hier bedeutet der Ausdruck, dass die Filamente des dazwischen liegenden Faserbündels eine nicht-exotherme Eigenschaft bei der Stabilisierungsbehandlungstemperatur aufweisen, dass der gemäß dem DSC-Verfahren (DSC – Differentialscanning-Kalorimeter) erhaltene Heizwert 500 Kalorien/g oder weniger ist. Das Verfahren zur Messung des Heizwerts ist wie folgt.

[0051] Das verwendete Messinstrument ist ein Differentialscanning-Kalorimeter (DSC). Die Probe wird vorbereitet durch Schleifen von 2 mg eines dazwischen liegenden Bündels (stabilisierte Faser) auf Längen von ungefähr 3 mm und Einlegen der geschliffenen Fasern in eine Aluminiumpfanne. Zur Messung werden sie in Luft bei einer Heizrate von 10°C/Min. von Raumtemperatur auf 400°C erwärmt. Der Heizwert wird wie folgt erhalten.

[0052] [Fig. 3](#) ist eine Kurve, welche eine DSC-Kennlinie zeigt, wobei die Temperatur (Zeit) als Abszisse und der Heizwert als Ordinate gewählt wurde. Wie in [Fig. 3](#) gezeigt, wird eine gerade Linie zwischen dem 200°C-Punkt und dem 400°C-Punkt in der erhaltenen Wärmezeugungskurve gezogen, und der durch die gerade Linie und die Wärmezeugungskurve abgegrenzte Bereich wird als der Heizwert (Kalorien/g) erkannt. [Fig. 3](#) zeigt sowohl die DSC-Kurve **6C** der Vorläuferfaser als auch die DSC-Kurve **7c** der stabilisierten Faser.

[0053] Das dazwischen liegende Faserbündel (stabilisiertes Faserbündel) **7** wird mit den Vorläuferfaserbündeln **6A** und **6B** wie nachfolgend beschrieben verbunden. Die Enden **6a**, **6b**, **7a** und **7b** der Vorläuferfaserbündel **6A** und **6B** und des stabilisierten Faserbündels **7** sind jeweils flach geöffnet und die jeweils flach geöffneten Enden **6a** und **6b** der Vorläuferfaserbündel **6A** und **6B** überlappen mit den Enden **7a** und **7b** des stabilisierten Faserbündels **7** und in diesem Zustand werden die jeweiligen Filamente miteinander mittels einer Filamentverflechtungsbehandlung unter Verwendung von Fluid zur Verbindung verflochten.

[0054] Durch flaches Öffnen der Enden **6a**, **6b**, **7a** und **7b** der Faserbündel **6A**, **6B** und **7** und anschließendes Überlappen derselben wird ein Verflechten zwischen den Filamenten auf Niveau der Filamente ausreichend durchgeführt.

[0055] In dem Fall, wenn das Faserbündel nicht flach geöffnet ist, werden Bündel, die jeweils aus mehreren Filamenten bestehen, in einem Bündelzustand miteinander verflochten und die so erhaltene Verflechtung ist nicht einheitlich. Es ist bevorzugt, dass die flache Öffnung eine Dichte von 4000 Filamenten/mm oder weniger aufweist.

[0056] Das Ende des Faserbündels kann durch jedes Verfahren, das herkömmlicherweise für die Öffnung von Faserbündeln verwendet wird, geöffnet werden. Jede bekannte Vorrichtung oder Werkzeug zur Öffnung kann verwendet werden, aber üblicherweise kann die erwünschte Öffnung durch Handarbeit bewirkt werden. Zum Beispiel werden die Enden der Faserbündel zum Öffnen auf flache Halteelemente einer später beschriebenen Faserbündel-Halteeinrichtung gelegt und wenn die Faserbündel verdreht sind, können sie problemlos und gleichmäßig manuell in der Querrichtung verteilt werden, um eine gewünschte Filamentendichte (Anzahl von Filamenten pro Breitereinheit) zu erhalten.

[0057] Wenn ein stabilisiertes Faserbündel als das dazwischen liegende Faserbündel verwendet wird, ist es wünschenswert, die Anzahl der Filamente des stabilisierten Faserbündels aus einem passenden Bereich zu wählen, unter Berücksichtigung der Eigenschaften, Anzahl der Filamente, Form, Bruchfestigkeit usw. des Vorläuferfaserbündels, mit dem es verbunden werden soll.

[0058] Wenn die Anzahl der Filamente F des stabilisierten Faserbündels im Vergleich zu der Anzahl der Filamente G jedes Vorläuferfaserbündels kleiner wird, nimmt die Verflechtungskraft, die durch Verflechten der Filamente an den Verbindungsbereichen **8A** und **8B** erzielt wird, ab. Dennoch werden in diesem Fall die Vorläuferfaserbündel **6A** und **6B** mit dem stabilisierten Faserbündel **7** verbunden. Wenn jedoch das verbundene Faserbündel behandelt wird, um stabilisiert zu werden, kann es vorkommen, dass die Verbindungsbereiche **8A** und **8B** dem Zug, der im Faserbündel im Stabilisierungsbehandlungssofen verursacht wird, nicht standhalten. Dies verringert die Faserbündel-Durchlaufrate im Stabilisierungsbehandlungsvorgang.

[0059] Wenn im Gegenteil die Anzahl der Filamente F des stabilisierten Faserbündels im Vergleich zur Anzahl der Filamente G jedes Vorläuferfaserbündels größer wird, sind die Vorläuferfaserbündel an den Verbindungsbereichen mit dem stabilisierten Faserbündel bedeckt und es kann schwierig werden, die Stabilisierungsreaktionswärme der Vorläuferfaserbündel zu entfernen. Dadurch nimmt die Wirkung der Verhinderung der Wärmeansammlung an den Verbindungsbereichen ab.

[0060] Die Anzahl von Filamenten F des stabilisierten Faserbündels, das als dazwischen liegendes Faserbündel verwendet wird, und die Anzahl der Filamente G jedes Vorläuferfaserbündels erfüllen die Gleichung $0,4 \times G \leq F \leq 1,5 \times G$.

[0061] [Fig. 4](#) bis [Fig. 6](#) sind Draufsichten auf die jeweils unterschiedlichen Verbindungsarten zwischen den Vorläuferfaserbündeln und dem dazwischen liegenden Faserbündel.

[0062] In dem in [Fig. 4](#) gezeigten Beispiel sind die Verbindungsbereiche **12A** und **12B** der Enden **10a** und **10b** der flach geöffneten Vorläuferfaserbündel **10A** und **10B** mit beiden Enden **11a** und **11b** des dazwischen liegenden Faserbündels **11** wie unten beschrieben ausgebildet. An den Verbindungsbereichen **12A** und **12B** führt die Filamentverflechtungsbehandlung unter Verwendung von Fluid dazu, dass die Filamente miteinander fortlaufend in der Querrichtung in bestimmten Intervallen in der Längsrichtung des Faserbündels verflochten werden.

[0063] In dem in [Fig. 5](#) gezeigten Beispiel sind die Filamente an den Verbindungsbereichen **13A** und **13B** an vielen Punkten verflochten.

[0064] In dem in [Fig. 6](#) gezeigten Beispiel sind die Filamente an den Verbindungsbereichen **14A** und **14B** über fast die gesamte Fläche der Verbindungsbereiche verflochten.

[0065] In den Beispielen der [Fig. 4](#) bis [Fig. 6](#) ist das dazwischen liegende Faserbündel **11** nur an einer Seite der Vorläuferfaserbündel **10A** und **10B** angeordnet, aber zwei dazwischen liegende Faserbündel können ebenfalls verwendet werden, um die Vorläuferfaserbündel **10A** und **10B** von beiden Seiten zu fixieren.

[0066] Es ist bevorzugt, dass das Fluid, das zum Verflechten der Filamente miteinander, wie in [Fig. 4](#) bis [Fig. 6](#) gezeigt, verwendet wird, mit hoher Geschwindigkeit auf die Filamente ausgestoßen wird. Die hier verwendeten Fluids können Dampf, Wasser, Luft usw. sein, aber im Hinblick auf die Zweckmäßigkeit der Arbeit und die Wirtschaftlichkeit ist Luft bevorzugt.

[0067] Als eine Vorrichtung zur Filamentenverflechtungsbehandlung unter Verwendung von Luft kann z. B. die in [Fig. 7](#) gezeigte Luft-Verflechtungsdüse vorzugsweise verwendet werden.

[0068] [Fig. 7](#) ist eine schematische Querschnittsansicht einer Luft-Verflechtungsdüse als ein Beispiel. [Fig. 8](#) ist eine schematische Querschnittsansicht zur Erläuterung der Filamentenverflechtungsbehandlung unter Verwendung der in [Fig. 7](#) gezeigten Luft-Verflechtungsdüse.

[0069] In [Fig. 7](#) und [Fig. 8](#) ist die Luft-Verflechtungsdüse **21** in eine Düsenspitze **21a** und einen Düsenboden **21b** unterteilt, um das Ende **10a** (den Anfang **10b**) des Faserbündels **10A** (**10B**) und den Anfang **11a** (Ende **11b**) des dazwischen liegenden Faserbündels in die Fluidbehandlungskammer einzulegen. In der Luft-Verflechtungsdüse **21** überlappen das flach geöffnete Ende **10a** (**10b**) des Vorläuferfaserbündels **10A** (**10B**) und das flach, geöffnete Ende **11a** (**11b**) des dazwischen liegenden Faserbündels **11**. Dann werden, wie in [Fig. 8](#)

gezeigt, die Düsenspitze **21a** und der Düsenboden **21b** verbunden und die Druckluft, die in den Ausgleichskammern **23a** und **23b** angeglichen wurde, wird aus vielen Düsenöffnungen **22**, die in der Düsenspitze und im Düsenboden ausgebildet sind, zu der Position, wo der Verbindungsbereich **12A** (**12B**) gebildet werden soll, ausgestoßen. Die ausgestoßene Luft öffnet die Faserbündel in im Wesentlichen einzelne Filamente und verwirbelt die Filamente miteinander, um den Verbindungsbereich **12A** (**12B**) zu bilden.

[0070] Der angemessene Druck der Luft, die der Luft-Verflechtungsdüse zugeführt wird, hängt von der Filamentenfeinheit, der Anzahl der Filamente, dem Vorhandensein von Crimps, der Ablagerung von Öl auf den Filamenten und der Düsenform ab. Es ist jedoch bevorzugt, dass der Manometerdruck am Eingang der Luft-Verflechtungsdüse 0,2 MPa oder mehr beträgt. Ein besonders bevorzugter Bereich ist 0,4 bis 0,8 MPa. Wenn der Druck zu gering ist, wird die Verbindungskraft aufgrund der unzureichenden Verwirbelung schwach, und wenn er zu hoch ist, tritt ein Schaden wie z. B. Filamentenbruch am Verbindungsbereich auf.

[0071] Verschiedene Verbindungsbereichsmuster, wie in [Fig. 4](#) bis [Fig. 6](#) gezeigt, können durch Veränderung der Anordnung der Düsenöffnungen **22** oder Bewegung der Luft-Verflechtungsdüse in der Längsrichtung des Faserbündels erhalten werden. Eine Vielzahl von Luft-Verflechtungsdüsen **21** kann ebenfalls zur Fluidbehandlung an einer Vielzahl von Stellen eingebaut werden.

[0072] [Fig. 9](#) und [Fig. 10](#) sind schematische perspektivische Ansichten anderer Beispiele der Luft-Verflechtungsdüse.

[0073] In dem in [Fig. 9](#) gezeigten Beispiel sind die Düsenöffnungen **32** an der Ober- und Unterseite des Düsensitzes **31** angeordnet, so dass sie sich in einer Reihe zugewandt sind. In der Fluidbehandlungskammer **33** werden das flach geöffnete Ende eines Vorläuferfaserbündels und das flach geöffnete Ende des stabilisierten Faserbündels angeordnet. Die aus den Düsenöffnungen **32** ausgestoßene Luft verflechtet die einzelnen Filamente der Faserbündel miteinander.

[0074] Die oberen und unteren Düsenöffnungen **32** können so angeordnet sein, dass sie einander zugewandt sind, damit die ausgestoßenen Luftströme aufeinander prallen können, oder sie können versetzt sein, um einen Wirbelstrom zu erzeugen.

[0075] In dem in [Fig. 10](#) gezeigten Beispiel sind an der Spitze des Düsenkörpers **41** Paare von geneigten Düsenöffnungen **42** in einer Vielzahl von Reihen ausgebildet. Die aus den jeweiligen Düsenöffnungen **42** ausgestoßene Luft verursacht, dass sich die einzelnen Filamente des flach geöffneten Endes eines Vorläuferfaserbündels und das flach geöffnete Ende des stabilisierten Faserbündels, das in der Fluidbehandlungskammer **43** liegt, miteinander verflechten.

[0076] Vor Bildung der Verbindungsbereiche **12A** und **12B** der Vorläuferfaserbündel **10A** und **10B** mit dem dazwischen liegenden Faserbündel **11** müssen diese Faserbündel überlappen. Ein Beispiel einer Vorrichtung zum Überlappen derselben ist nachfolgend beschrieben.

[0077] [Fig. 11](#) ist eine typische perspektivische Ansicht eines Beispiels einer Überlappungsvorrichtung. [Fig. 12](#) ist eine schematische vertikale Schnittansicht zur Erläuterung der Bildung der Verbindungsbereiche durch die in [Fig. 11](#) gezeigte Vorrichtung.

[0078] In [Fig. 11](#) umfasst eine erste Faserbündel-Halteeinrichtung **62A** Faserbündel-Haltestangen **61Aa** und **61Ab**, die so liegen, dass sie das Faserbündel kreuzen, um das Ende **10a** des ersten Vorläuferfaserbündels **10A** an zwei Stellen getrennt voneinander in der Längsrichtung des Faserbündels zu halten. Eine zweite Faserbündel-Halteeinrichtung **62B** umfasst Faserbündel-Haltestangen **61Ba** und **61Bb**, die so liegen, dass sie das Faserbündel kreuzen, um den Anfang **10b** des zweiten Vorläuferfaserbündels **10B** an zwei Stellen getrennt voneinander in der Längsrichtung zu halten. Die erste Faserbündel-Halteeinrichtung **62A** und die zweite Faserbündel-Halteeinrichtung **62B** sind so angeordnet, dass die Spitze des Endes **10a** des ersten Vorläuferfaserbündels **10A** bzw. die Spitze des Anfangs **10b** des zweiten Vorläuferfaserbündels **10B** von der Halteeinrichtung gehalten werden, um einander zugewandt zu sein.

[0079] Auf der anderen Seite ist über der ersten Faserbündel-Halteeinrichtung **62A** und der zweiten Faserbündel-Halteeinrichtung **62B** eine Halteeinrichtung **64** für das dazwischen liegende Faserbündel angeordnet. Die Halteeinrichtung **64** für das dazwischen liegende Faserbündel umfasst Faserbündel-Haltestangen **63a** und **63b**, die so liegen, dass sie das Faserbündel kreuzen, um den Anfang und das Ende des dazwischen liegenden Faserbündels **11** an zwei Stellen getrennt voneinander zu halten.

[0080] In diesem Zustand, wie in [Fig. 12](#) gezeigt, sind Verflechtungsdüsen **65A** und **65B** zum Behandeln der Filamente, um diese miteinander unter Verwendung eines Fluids zu verflechten, in einer solchen Weise eingebaut, dass die jeweils überlappenden Enden **10a** und **10b** und das dazwischen liegende Faserbündel **11** in den Behandlungskammern **65a** und **65b** der Verflechtungsdüsen **65A** und **65B** angeordnet sein können. Die Luftströme aus den Düsen **65A** und **65B** erreichen die gewünschten Verbindungsbedingungen. Zum Verflechten der Filamente miteinander durch die Düsen **65A** und **65B** wie erforderlich, können die Düsen **65A** und **65b** auch in der Längsrichtung der Faserbündel, angezeigt durch die Pfeile **65Aa** und **65Bb** in [Fig. 12](#), zur Behandlung gewünschter Längen bewegt werden.

[0081] Die Düsen **65A** und **65B** können auch einzeln oder gleichzeitig betätigt werden. In einem anderen Verfahren kann nur eine der Düsen **65A** und **65B** vorgesehen sein, um die Verflechtungsbehandlung beider Bereiche nacheinander durchzuführen.

[0082] Wenn die Vorläuferfaserbündel **10A** und **10B** und das dazwischen liegende Faserbündel **11**, die von der ersten Faserbündel-Halteeinrichtung **62A**, der zweiten Faserbündel-Halteeinrichtung **62B** und der Halteeinrichtung **64** für das dazwischen liegende Faserbündel gehalten werden, vor der Fluidbehandlung durch die Düsen **65A** und **65B** bis zu einem bestimmten Grad gelockert werden, können die Filamente leichter miteinander verflochten werden.

[0083] [Fig. 13](#) ist eine schematische vertikale Ansicht zur Erläuterung einer weiteren Überlappungsvorrichtung und des Verfahrens zur Verbindung der Vorläuferfaserbündel mit dem dazwischen liegenden Faserbündel unter Verwendung der Vorrichtung. Diese Vorrichtung kann vorzugsweise verwendet werden, um Filamente miteinander in einer Vielzahl von Querlinien, wie in [Fig. 4](#) gezeigt, zu verwirbeln. Wie bei der Faserbündel-Verbindungsprozedur werden beide Vorläuferfaserbündel **10A** und **10B** und das dazwischen liegende Faserbündel **11** wie in [Fig. 11](#) beschrieben gehalten, und beide Vorläuferfaserbündel **10A** und **10B** und das dazwischen liegende Faserbündel **11** überlappen sich, wie in [Fig. 12](#) beschrieben.

[0084] Dann werden, wie in [Fig. 13\(a\)](#) gezeigt, an den entsprechenden Stellen, an denen die Verwirbelung bewirkt werden soll, Luft-Verflechtungsdüsen **65** eingebaut. Auf beiden Seiten jeder Luft-Verflechtungsdüse **65** ist eine Lockerhalteeinrichtung **66** in vorbestimmten Abständen eingebaut.

[0085] Dann werden, wie in [Fig. 13\(b\)](#) gezeigt, die Vorläuferfaserbündel-Halteeinrichtungen **61Aa**, **61Ab**, **61Ba** und **61Bb** und die Halteeinrichtungen **63a** und **63b** für das dazwischen liegende Faserbündel einmal geöffnet und die Luft-Verflechtungsdüsen **65** und die Lockerhalteeinrichtung **66** werden jeweils wie in [Fig. 13\(b\)](#) gezeigt bewegt. Durch diesen Vorgang werden die zu verflechtenden Bereiche der Faserbündel gelockert.

[0086] Nachfolgend werden die jeweiligen Luft-Verflechtungsdüsen **65** betätigt, um eine Verwirbelung der entsprechenden Bereiche zu erzielen. Somit werden die verwirbelten Bereiche an den Verbindungsbereichen **12A** und **12B** in einer Vielzahl von Querlinien in bestimmten Abständen in der Längsrichtung, wie in [Fig. 4](#) gezeigt, ausgebildet.

[0087] Gemäß diesem Verfahren sind die Filamente eher miteinander verflochten, um eine stärkere Verbindung zu erzielen, da die Faserbündel gelockert werden können. Da die Lockerungsraten an den jeweiligen Verbindungsbereichen individuell eingestellt werden können, kann außerdem jede gewünschte Verbindungsart und -festigkeit erhalten werden. In dem Fall der in [Fig. 4](#) gezeigten Verbindungsart ist es bevorzugt, dass die Anzahl der verflochtenen Bereiche ungefähr 3 bis 5 ist, um die Schwankung der Verbindungsfestigkeit zu verringern.

[0088] In dem obigen Verbindungsverfahren kann die Wärme, die an den Verbindungsbereichen der Vorläuferfaserbündel im Stabilisierungssofen erzeugt wird, klein gehalten werden, da ein stabilisiertes Faserbündel mit nicht-exothermer Eigenschaft bei Stabilisierungsbehandlungstemperatur als dazwischen liegendes Faserbündel verwendet wird, auch wenn die Verbindungsbereiche bis zu einem gewissen Ausmaß dick werden, und solche Unannehmlichkeiten wie Filamentbruch aufgrund übermäßiger Wärmeansammlung können verhindert werden.

[0089] Deshalb kann sogar ein Vorläuferfaserbündel mit 30.000 oder mehr Filamenten, das im Vergleich zu herkömmlichen Vorläuferfaserbündeln bemerkenswert dick ist, behandelt werden, um stabilisiert zu werden, ohne die Stabilisierungsbehandlungstemperatur wesentlich zu verringern und ohne Verringerung der Stabilisierungsbehandlungsgeschwindigkeit (Faserbündel-Laufgeschwindigkeit). Dadurch kann schließlich ein dickes Kohlenstofffaserbündel fortlaufend produziert werden, was die Produktion von Kohlenstofffasern bei

niedrigen Kosten erlaubt.

[0090] Insbesondere da die Enden der Vorläuferfaserbündel und des dazwischen liegenden Faserbündels flach geöffnet sind, wenn die Filamente der jeweiligen Faserbündel behandelt werden, um sich miteinander zu verflechten, um die zwei Vorläuferfaserbündel zu einem Faserbündel zusammenzufügen, geschieht es nicht, dass die Faserbündel an den knotigen Verbindungsbereichen, die durch das herkömmliche Faserbündel-Verbindungsverfahren gebildet sind, oder an den knotigen oder verzerrten Verbindungsbereichen, die durch das herkömmliche Fluidbehandlungs-Verbindungsverfahren gebildet werden, stark festgezogen werden.

[0091] Das heißt, auch wenn die Vorläuferfaserbündel dick sind, können die Verbindungsbereiche so ausgebildet sein, dass der Heizwert pro Flächeneinheit oder Volumeneinheit klein gehalten werden kann. Teilweise auch wegen der Verwendung des dazwischen liegenden Faserbündels mit einer nicht-exothermen Eigenschaft kann somit die übermäßige Wärmezeugung und Wärmeansammlung an den Verbindungsbereichen positiv verhindert werden im Vergleich zu den herkömmlichen Verfahren.

[0092] Außerdem ist in den herkömmliche Verfahren die Temperatur des StabilisierungsbehandlungsOfens deutlich verringert, wenn die Verbindungsbereiche den Ofen durchlaufen, aber gemäß der vorliegenden Erfindung ist es nicht nötig, die Temperatur des StabilisierungsbehandlungsOfens so stark zu reduzieren. Somit kann das dicke Vorläuferfaserbündel behandelt werden, um wirksam stabilisiert zu werden, um die Effizienz zu erhöhen, und deshalb können Kohlenstofffasern zu geringen Kosten hergestellt werden.

[0093] Andererseits kann das Verfahren zum Verflechten der Filamente der Vorläuferfaserbündel und des dazwischen liegenden Faserbündels miteinander mittels Fluidbehandlung, wobei die Enden der jeweiligen Faserbündel flach geöffnet sind, sogar dann angewendet werden, wenn die zusammenpassenden Enden der Vorläuferfaserbündel direkt ohne Verwendung eines dazwischen liegenden Faserbündels verbunden sind.

[0094] Wenn versucht wird, die Enden der dicken Vorläuferfaserbündel durch irgend ein Verfahren des Standes der Technik zu verbinden, ist die Verwirbelung der Filamente, die durch die Fluidbehandlung erreicht wird, schwach, da die Anzahl der Filamente zu hoch ist, und die Filamentendichte wird ungleichmäßig, was Wärmeansammlung und Verbrennung aufgrund unzureichender Bindekraft und lokal hohe Filamentendichte verursacht.

[0095] Gemäß dem Verfahren der vorliegenden Erfindung, bei dem die Filamente miteinander mittels Fluidbehandlung an den zusammenpassenden Enden der Faserbündel, die flach geöffnet sind, verflochten werden, ist auch dann, wenn die zusammenpassenden Enden der dicken Vorläuferfaserbündel direkt verbunden sind, die Verbindungskraft viel höher im Vergleich zu der im Stand der Technik erreichten Kraft, und außerdem können die Filamente an dem Verbindungsbereich gleichmäßig verflochten werden, während der Heizwert pro Flächeneinheit oder Volumeneinheit klein gehalten wird, um zu ermöglichen, dass die übermäßige Wärmezeugung und Wärmeansammlung am Verbindungsbereich verhindert wird.

[0096] Das Verfahren zur direkten Verbindung der dicken Vorläuferfaserbündel, wobei die zusammenpassenden Enden flach geöffnet sind, kann grundsätzlich so bewirkt werden, wie oben für das Verfahren zur Verbindung durch ein dazwischen liegendes Faserbündel beschrieben wurde.

[0097] Bezüglich der Verbindungsarten kann das Ende **10a** des in [Fig. 4](#) bis [Fig. 6](#) gezeigten Vorläuferfaserbündels **10A** mit dem Anfang des Vorläuferfaserbündels **10B** an Stelle des dazwischen liegenden Faserbündels **11** verbunden werden. Die Verbindungsarten des Verbindungsbereichs kann jede Art sein, die in [Fig. 4](#) gezeigte parallele Verwirbelung, die in [Fig. 5](#) gezeigte Mehrpunkt-Verwirbelung oder die Vollflächenverwirbelung in [Fig. 6](#) usw.

[0098] Bezüglich der Verflechtungseinrichtungen, wie im Falle der Verwendung eines dazwischen liegenden Faserbündels, kann z. B. die in [Fig. 8](#) gezeigte Luft-Verflechtungsdüse **21** verwendet werden, damit der Anfang **10b** des Vorläuferfaserbündels **10B** mit dem Ende **10a** des in [Fig. 8](#) gezeigten Vorläuferfaserbündel **10A** innerhalb der Düse an Stelle des dazwischen liegenden Faserbündels **11** überlappt, und das Fluid, das aus den Düsenöffnungen **22** ausgestoßen wird, kann angewandt werden, um die beiden überlappenden Enden zu öffnen, um die einzelnen Filamente der zusammenpassenden Enden miteinander zu verflechten.

[0099] Die direkte Verbindung zwischen den zusammenpassenden Enden der Vorläuferfaserbündel ohne Verwendung eines dazwischen liegenden Faserbündels kann z. B. durch ein Verbindungsverfahren und eine Vorrichtung ähnlich den in [Fig. 11](#) und [Fig. 12](#) gezeigten erreicht werden. Genauer gesagt hält die Vorläufer-

faserbündel-Halteeinrichtung **62A** der [Fig. 11](#) und [Fig. 12](#) das Ende **10a** des Vorläuferfaserbündels **10A** und die Halteeinrichtung **64** für das dazwischen liegende Faserbündel kann den Anfang des Vorläuferfaserbündels **10B** an Stelle des dazwischen liegenden Faserbündels **11** halten. In diesem Fall wird die Vorläuferfaserbündel-Halteeinrichtung **62B** nicht benötigt.

[0100] Dann können, wie in [Fig. 12](#) gezeigt, das Ende **10a** des Vorläuferfaserbündels und der Anfang **10b** des Vorläuferfaserbündels überlappen und von der Luft-Verflechtungsdüse **65** behandelt werden, um die Filamente miteinander mittels Fluidbehandlung zu verflechten.

[0101] In diesem Fall werden zur Verstärkung und Vereinheitlichung der durch die Fluidbehandlung erreichten Verwirbelung die zusammenpassenden Enden (Ende und Anfang) **10a** und **10b** der Vorläuferfaserbündel flach geöffnet, wenn sie gehalten werden. Es ist insbesondere bevorzugt, diese bei einer Dichte von 4000 Filamenten/mm oder weniger flach zu öffnen.

[0102] Auch bei dem Verbindungsverfahren und der Vorrichtung der [Fig. 13](#) kann die Halteeinrichtung **64** für das dazwischen liegende Faserbündel den Anfang des Vorläuferfaserbündels **10B** an Stelle des dazwischen liegenden Faserbündels **11** halten, um die zusammenpassenden Enden der Vorläuferfaserbündel zu verbinden.

[0103] In dem oben erwähnten Verfahren zum Verbinden der zusammenpassenden Enden der Vorläuferfaserbündel über ein dazwischen liegendes Faserbündel oder direkt kann eine Verbindung mit einer gewünschten Verbindungsfestigkeit bewirkt werden, auch wenn die Filamente der zu verbindenden Vorläuferfaserbündel gekräuselt sind, da die Faserbündel flach geöffnet sind, wenn sie mittels Fluid behandelt werden.

[0104] Gekräuselte Vorläuferfaserbündel sind jedoch baumwollartig und ihre Filamente können miteinander verwirbelt sein und in diesem Fall sind die Filamente der zu verbindenden Faserbündel weniger gleichmäßig miteinander verflochten.

[0105] Um dieses Problem zu lösen, ist es nur erforderlich, nur die zusammenpassenden Enden der gekräuselten Vorläuferfaserbündel, die verbunden werden sollen, zu entkräuseln.

[0106] Bezüglich des Ausmaßes der Entkräuselung ist es, da nur beabsichtigt ist, die Verwirbelung durch Fluidbehandlung zu verstärken, ausreichend, wenn die Filamente bis zu einem gewissen Grad gerade gerichtet werden, ohne miteinander verwirbelt zu sein, durch Glätten der gekräuselten baumwollartigen Faserbündel mit Filamenten, die miteinander verwirbelt sind, indem eine Zugbelastung aufgebracht und eine kurzzeitige Wärmebehandlung durchgeführt wird.

[0107] Die Wärmebehandlung kann durch eine von verschiedenen Methoden wie z. B. Heißluft oder Dampfstrahlen oder Druck mittels eines Paares von planen Heizvorrichtungen usw. erfolgen.

[0108] [Fig. 14](#) ist eine schematische Seitenansicht eines Beispiels der Wärmebehandlungsvorrichtung zum Durchführen der Wärmebehandlung. In [Fig. 14](#) wird das Ende **10a** des gekräuselten Vorläuferfaserbündels **10A** von den Faserbündel-Halteeinrichtungen **68a** und **68b** gehalten. Dann werden die Vorläuferfaserbündel-Halteeinrichtungen **68a** und **68b** in jeweils entgegengesetzten Richtungen in der Längsrichtung des Faserbündels bewegt, so dass die Crimps im Ende **10a** des Vorläuferfaserbündels **10A** in dem Bereich, der zwischen den Faserbündel-Halteeinrichtungen **68a** und **68b** gehalten wird, gezogen werden können, um zu verschwinden. In diesem Fall können die Faserbündel-Halteeinrichtungen **68a** und **68b** bewegt werden, um eine vorbestimmte Entfernung zu erreichen oder eine vorbestimmte Zugbelastung auf das Faserbündel aufzubringen.

[0109] Nachfolgend wird das Ende **10a** des Faserbündels **10A** zwischen planen Heizvorrichtungen **69** auf beiden Seiten festgehalten, um entkräuselt zu werden. Die Temperatur der planen Heizvorrichtungen **69** beträgt 80°C bis 180°C, vorzugsweise 100°C bis 150°C, und die Wärmebehandlungszeit ist zwischen 3 und 10 Sekunden.

[0110] Da die in [Fig. 14](#) gezeigte Entkräuselungsvorrichtung sehr einfach ist, kann sie leicht in irgendeine der in [Fig. 11](#), [Fig. 12](#) und [Fig. 13](#) gezeigten Verbindungsvorrichtungen eingebaut werden.

[0111] Wenn die Vorläuferfaserbündel direkt verbunden werden, verdoppelt sich die Dichte der Vorläuferfasern am Verbindungsbereich im Vergleich zum Verfahren der Verbindung über ein dazwischen liegendes Fa-

serbündel mit nicht-exothermer Eigenschaft bei der Stabilisierungsbehandlungstemperatur. Somit wird sich Wärme wahrscheinlich ansammeln im Vergleich zu dem Fall der Verwendung eines dazwischen liegenden Faserbündels.

[0112] Um die Wärmeansammlung zu verringern, ist es wünschenswert, dem direkt verbundenen Bereich der dicken Vorläuferfaserbündel einen Stabilisierungsreaktionshemmer zuzufügen.

[0113] Wenn ein Stabilisierungsreaktionshemmer angewandt wird, wird die Wärmeerzeugungsreaktion behindert, um zu ermöglichen, dass die Wärmeansammlung am Verbindungsbereich behindert wird, und Filamentenverbrennung, Bruch usw. im Stabilisierungsbehandlungsvorgang kann vermieden werden. Es ist bevorzugt, Borsäurewasser als Stabilisierungsreaktionshemmer zu verwenden.

[0114] Wie oben beschrieben kann ein Fluid verwendet werden, um die Filamente im Wesentlichen gleichmäßig miteinander zu verflechten, um die Enden der zwei Vorläuferfaserbündel über ein dazwischen liegendes Faserbündel zu verbinden oder die zusammenpassenden Enden der zwei Vorläuferfaserbündel direkt zu verbinden. Filamente können auch unter Verwendung einer Vernadelung, wie nachfolgend beschrieben, miteinander verflochten werden.

[0115] Die Filamente an dem flach geöffneten Ende eines Vorläuferfaserbündels und das flach geöffnete Ende eines dazwischen liegenden Faserbündels oder die Filamente an den flach geöffneten zusammenpassenden Enden der zwei Vorläuferfaserbündel können im Wesentlichen gleichmäßig miteinander verwirbelt werden, sogar durch Überlappen dieser Enden der Faserbündel und Behandeln der überlappten Bereiche durch eine Vernadelung an Stelle eines Fluids. Die Filamentverflechtungsbehandlung unter Verwendung einer Vernadelung kann auf alle oben genannten Fälle der Filamentverflechtungsbehandlung unter Verwendung eines Fluids an Stelle der Filamentverflechtungsbehandlung mit Fluid angewandt werden.

[0116] Die Vernadelung kann jede im Stand der Technik bekannte Vernadelung sein. Stachelige Nadeln werden in der Richtung senkrecht zu den Faserbündeln bewegt, um die Filamente, die die Faserbündel bilden, mit den Spitzen oder Stacheln der Nadeln zu verschieben, und dadurch werden die Filamente miteinander dreidimensional verflochten. Eine gewünschte Verbindungskraft kann am Verbindungsbereich durch Optimieren der Anzahl von Nadeln, der Stanzzeiten, der Nadeldichte und der Nadelform erreicht werden.

[0117] Zum Beispiel können Verbindungsbereiche einer Reihe von Vorläuferfaserbündeln mit einem dazwischen liegenden Faserbündel wie in [Fig. 4](#) gezeigt durch Vernadelung, wie nachfolgend beschrieben, gebildet werden. Das Ende **10a** des Vorläuferfaserbündels **10A** und der Anfang des dazwischen liegenden Faserbündels (stabilisiertes Faserbündel) **11** überlappen einander und der Anfang **10b** des Vorläuferfaserbündels **10B** und das Ende des dazwischen liegenden Faserbündels **11** überlappen einander, wie jeweils für [Fig. 11](#) beschrieben.

[0118] [Fig. 15](#) ist eine schematische, vertikale Schnittansicht zur Erläuterung der Bildung von Verbindungsbereichen durch die in [Fig. 11](#) gezeigte Vorrichtung. Die Verbindungsbereiche in [Fig. 15](#) können durch Verwendung einer Vernadelung für die Filamentverflechtungsbehandlung an Stelle der Verflechtungsdüsen **65A** und **65B** der [Fig. 12](#) gebildet werden.

[0119] In [Fig. 15](#) sind Nadelstanzen **70A** und **70B** in einer solchen Weise eingebaut, dass die Enden **10a** und **10b** und das dazwischen liegende Faserbündel **11** jeweils überlappen und in einer Vernadelungsbehandlungskammer angeordnet sein können, und die Filamente der überlappenden Faserbündel werden mittels der Vernadelung miteinander verflochten. Wendeplatten **71A** und **71B** und Auflageplatten **72A** und **72B** halten die überlappenden Faserbündel zwischen sich und Nadelbündel bewegen sich vertikal für die Vernadelung.

Beispiele

[0120] Die vorliegende Erfindung wird nachfolgend genauer unter Bezugnahme auf Beispiele erläutert.

[0121] Um die Wirkung der vorliegenden Erfindung zu bestätigen, wurde ein Stabilisierungsbehandlungssofen verwendet, um den folgenden Stabilisierungsbehandlungssofen-Durchgangstest der Vorläuferfaserbündel durchzuführen.

[0122] Das in einem ersten Behälter enthaltene Vorläuferfaserbündel wurde in den Stabilisierungssofen eingeführt und behandelt, um bei einer vorbestimmten Temperatur für eine vorbestimmte Verweildauer stabilisiert zu

werden. An der Stelle, an der der erste Behälter vorhanden war, wurde ein zweiter Behälter mit dem nächsten Vorläuferfaserbündel angeordnet und das Ende des in dem ersten Behälter enthaltenen Vorläuferfaserbündels wurde mit dem Anfang des nächsten Vorläuferfaserbündels gemäß dem Vorläuferfaserbündel-Verbindungsverfahren, das später genauer beschrieben wird, verbunden.

[0123] Die Verbindungsbereiche liefen über Führungsstangen und durch eine Antriebsstation und in den Stabilisierungsbehandlungsöfen. Die Stabilisierungsbehandlungszeit betrug 60 Minuten und die Temperatur im Stabilisierungsbehandlungsöfen wurde verändert, um die obere Grenztemperatur, mit der das Faserbündel passieren konnte, zu messen. Die Stabilisierungsvorgang-Durchgangsrate bei der oberen Grenztemperatur wurde gemessen. Da die gesteuerte Ofentemperatur in einem bestimmten Bereich variieren konnte, wurde die Temperatur alle 5°C gemessen.

[0124] Die Verbindungsbereiche, die aus dem Stabilisierungsbehandlungsöfen kamen, wurden dann behandelt, um in einem Karbonisierungsbehandlungsöfen in Stickstoffatmosphäre bei 1500°C karbonisiert zu werden, und das aus dem Karbonisierungsbehandlungsöfen kommende Kohlenstofffaserbündel wurde mit einer Wickelvorrichtung um eine Spule gewickelt.

[0125] Die auf das Vorläuferfaserbündel im Stabilisierungsbehandlungsöfen wirkende Zugbelastung war ungefähr 6 kgf/st zu Beginn und wurde am Ende ungefähr 9 kgf/st, da das Faserbündel schrumpfte.

[0126] Die zu stabilisierenden Vorläuferfaserbündel waren Polyacryl-Vorläuferfaserbündel mit 1,5 den, bestehend aus jeweils 70.000 Filamenten. Um sicherzustellen, dass die Faserbündel leicht aus den Behältern entnommen und einfach durch den Durchgang durchlaufen können, hatten diese Crimps.

[0127] Die Bedingungen und Ergebnisse der Beispiele und Vergleichsbeispiele sind in Tabelle 1 aufgeführt.

[Blindprobe]

[0128] Das Vorläuferfaserbündel mit 70.000 (70K) Filamenten (ohne jeden Verbindungsbereich) wurde als Blindprobe verwendet, um die obere Grenztemperatur, mit welcher es durch den Stabilisierungsbehandlungsöfen laufen kann, und die Vorgangsdurchgangsrate zu messen. Die obere Grenztemperatur, die eine Stabilisierung erlaubt, war 235°C und wenn die Stabilisierungstemperatur auf 240°C gesetzt wurde, brach das Vorläuferfaserbündel durch Verbrennen. Bei einer Stabilisierungstemperatur von 235°C waren die Vorgangsdurchgangsraten durch den Stabilisierungsvorgang wie auch den Karbonisierungsvorgang 100 %.

[Beispiel 1]

[0129] Die zusammenpassenden Enden der Vorläuferfaserbündel mit jeweils 70.000 Filamenten wurden unter Verwendung eines stabilisierten Faserbündels verbunden. In diesem Fall wurden vier dazwischen liegende stabilisierte Faserbündel aus 36.000 Filamenten, 48.000 Filamenten, 60.000 Filamenten und 100.000 Filamenten vorbereitet.

[0130] Zur Verbindung wurde die Entkräuselungseinrichtung aus [Fig. 14](#) und die Faserbündel-Verbindungs- vorrichtung aus [Fig. 13](#) verwendet, um eine Verbindung der in [Fig. 4](#) gezeigten Art herzustellen. Die Filamente wurden miteinander in 4 Querlinien an jedem überlappenden Bereich, wie in [Fig. 4](#) gezeigt, verflochten. Die Vorgehensweise war wie folgt:

(i) Die Entkräuselungseinrichtung aus [Fig. 14](#) wurde verwendet, um die Enden der Vorläuferfaserbündel zu entkräuseln. Die Bündel wurden gezogen, während sie von beiden Seiten durch plane Heizvorrichtungen bei 100°C bis 130°C Oberflächentemperatur für 5 Sekunden gepresst wurden.

(ii) Wie in [Fig. 13\(a\)](#) gezeigt, wurden die Enden der entkräuselten Vorläuferfaserbündel und die dazwischen liegenden stabilisierten Faserbündel jeweils flach geöffnet auf eine Breite von 25 mm (geweitet) und miteinander überlappt.

(iii) Wie in [Fig. 13\(b\)](#) gezeigt, wurden die Faserbündel in der Längsrichtung an den Bereichen, wo sie durch Luft verflochten werden sollen, gelockert und Druckluft wurde aus den entsprechenden Luft-Verflechtungs- düsen **65A** und **65B** für die Verflechtungsbehandlung ausgestoßen. Die verwendeten Luft-Verflechtungs- düsen sind in [Fig. 9](#) gezeigt und hatten eine Verflechtungsbehandlungs-Raumweite von 50 mm und eine Toleranz von 6 mm. Der Druck der aus den Düsen ausgestoßenen Druckluft war 4,5 MPa an der Zufuhr- quelle.

(iv) Die hindernden Extrabereiche an den jeweiligen Enden der verbundenen Vorläuferfaserbündel und des stabilisierten Faserbündels wurden durch Abschneiden entfernt, um Verbindungsbereiche wie in [Fig. 4](#)

zu bilden.

An den so gebildeten Verbindungsbereichen waren die Filamente der mit Luft verflochtenen Bereiche ausreichend gleichmäßig gemischt und miteinander verflochten und es passierte nicht, dass Unterbündel von Filamenten verzerrt miteinander verflochten wurden.

(v) Die Reihe von Vorläuferfaserbündeln mit so ausgebildeten Verbindungsbereichen liefen durch den Stabilisierungsbehandlungssofen, um die obere Grenztemperatur, die ein Passieren erlaubt, zu messen.

(vi) Verbindungsbereiche der Vorläuferfaserbündel wurden unter den gleichen Bedingungen vorbereitet und bei der oberen Grenztemperatur, die ein Passieren durch den Stabilisierungsbehandlungssofen erlaubt, wurden die Stabilisierungsvorgang-Durchgangsrate und die Karbonisierungsvorgang-Durchgangsrate der Verbindungsbereiche gemessen.

[0131] Wie in Tabelle 1 gezeigt war die obere Grenze, die ein Durchlaufen der Vorläuferfaserbündel durch den Stabilisierungsbehandlungssofen erlaubt, im Vergleich zur Blindprobe gleich oder um ca. 5°C niedriger und die Temperaturabnahme konnte sehr gering gehalten werden.

[0132] Weiterhin wurde, während die Temperatur des Stabilisierungsbehandlungssofens auf die obere Grenztemperatur gesetzt wurde, die ein Passieren erlaubt, das eine Vorläuferfaserbündel, das durch eine solche Verbindung gebildet wurde, durch den Stabilisierungsbehandlungssofen geführt und das erhaltene stabilisierte Faserbündel wurde durch den Karbonisierungsbearbeitungssofen geführt. Das erhaltene Kohlenstoffbündel wurde mittels einer Wickelvorrichtung um eine Spule gewickelt.

[0133] Da die verflochtenen Bereiche der Verbindungsbereiche flach waren und da die Filamente gleichmäßig miteinander verflochten waren, konnte das Faserbündel gut in den Nuten der genutzten Walzen angeordnet werden, die verwendet werden, um die Faserbündel in beiden Öfen zu stützen und vorwärts zu bewegen.

[Vergleichsbeispiel 1]

[0134] Die zusammenpassenden Enden der Vorläuferfaserbündel mit jeweils 70.000 Filamenten wurden mittels dem Luftverflechtungsverfahren, beschrieben in der japanischen Patentveröffentlichung (Kokoku) Nr. 1-12850, verbunden. Die verwendete Luft-Verflechtungsdüse hatte den in [Fig. 1](#) gezeigten Aufbau und ihre Verflechtungsbehandlungskammer und Düsenöffnungen wurden verflochten, um für die Faserbündel mit vielen Filamenten zu passen. Die Filamente wurden in vier Querlinien am überlappenden Bereich der zu verbindenden Faserbündel miteinander verwirbelt, wie in Beispiel 1 beschrieben. Die überlappenden, zu verbindenden Faserbündel wurden in der Verflechtungsbehandlungskammer der Luft-Verflechtungsdüse angeordnet und behandelt, um miteinander durch die von der Düse zugeführte Luft mit einem Druckluftdruck von 0,5 MPa verflochten zu werden.

[0135] Bei der Luft-Verflechtungsbehandlung durch dieses Verfahren wurden die Faserbündel in Unterbündel bestehend aus Filamenten geteilt und die Unterbündel bestehend aus Filamenten wurden verzerrt miteinander verflochten.

[0136] Das eine Vorläuferfaserbündel, das durch eine solche Verbindung gebildet wurde, wurde wie in Beispiel 1 beschrieben gemessen, um die obere Grenztemperatur, die ein Passieren durch den Stabilisierungsbehandlungssofen erlaubt, und die Vorgangsdurchgangsraten festzustellen.

[0137] Die verzerrt mit Luft verflochtenen Bereiche neigen dazu, Wärme anzusammeln und im Stabilisierungsbehandlungssofen zu verbrennen, und die obere Grenztemperatur, die ein Passieren durch den Stabilisierungsbehandlungssofen erlaubt, war 220°C, was im Vergleich zur Blindprobe sehr niedrig ist. Die Verbindungskraft am Verbindungsbereich war im Vergleich zu Beispiel 1 sehr gering und veränderte sich stark. Somit wurden im Stabilisierungsbehandlungssofen-Durchgangstest bei 220°C viele hohle Bereiche im Verbindungsbereich gebildet und ein Bruch am Verbindungsbereich trat häufig auf.

[Vergleichsbeispiel 2]

[0138] Die zusammenpassenden Enden der Vorläuferfaserbündel mit jeweils 70.000 Filamenten wurden unter Verwendung eines dazwischen liegenden stabilisierten Faserbündels mit 60.000 Filamenten mittels dem Luftverflechtungsverfahren, beschrieben in der japanischen Patentveröffentlichung (Kokoku) Nr. 1-12850, verbunden. Das verwendete Verbindungsverfahren war das im Vergleichsbeispiel 1 beschriebene.

[0139] Bei der Luft-Verflechtungsbehandlung durch dieses Verfahren wurden die Vorläuferfaserbündel und

das stabilisierte Faserbündel jeweils in Unterbündel bestehend aus Filamenten geteilt, wie im Vergleichsbeispiel 1, und die Unterbündel bestehend aus Filamenten wurden verzerrt miteinander verflochten.

[0140] Das so erhaltene Vorläuferfaserbündel wurde wie in Beispiel 1 beschrieben gemessen, um die obere Grenztemperatur, die ein Passieren durch den Stabilisierungsbehandlungssofen erlaubt, und die Vorgangsdurchgangsraten festzustellen.

[0141] Im Vergleich zum Vergleichsbeispiel 1 wurde die Wirkung der Verhinderung einer Wärmeansammlung im Stabilisierungsbehandlungssofen durch das dazwischen liegende stabilisierte Faserbündel beobachtet und die obere Grenztemperatur, die ein Passieren durch den Stabilisierungsbehandlungssofen erlaubt, wurde 225°C, aber die Temperatur war sehr niedrig im Vergleich zur Blindprobe. Außerdem war, wie im Vergleichsbeispiel 1, die Verbindungskraft am Verbindungsbereich sehr niedrig im Vergleich zu Beispiel 1 und veränderte sich stark. Somit wurden im Stabilisierungsbehandlungssofen-Durchgangstest bei 225°C viele Hohlräume im Verbindungsbereich gebildet und ein Bruch am Verbindungsbereich trat oft auf.

[0142] Aus dem oben beschriebenen Beispiel 1 und den Vergleichsbeispielen 1 und 2 ist ersichtlich, dass das Verbindungsverfahren der vorliegenden Erfindung im Vergleich zum Stand der Technik die Verbindungsfestigkeit an den Verbindungsbereichen verbessern kann und die Filamente der zu verbindenden Faserbündel gleichmäßig miteinander mischen und verflechten kann, während die Wirkung einer Verhinderung der Wärmeansammlung erreicht wird.

[0143] Wie insbesondere aus den Ergebnissen (1) bis (4) von Beispiel 1 ersichtlich, liegen die Anzahl der Filamente F des dazwischen liegenden stabilisierten Faserbündels und die Anzahl von Filamenten G jedes Vorläuferfaserbündels in einem Bereich von $0,4 \times G \leq G \leq 1,5 \times G$ und der bevorzugte Bereich ist $0,6 \times G \leq F \leq 1,0 \times G$.

[Beispiel 2]

[0144] Ein dazwischen liegendes stabilisiertes Faserbündel aus 60.000 (60K) Filamenten wurde verwendet, um die zusammenpassenden Enden der Vorläuferfaserbündel aus jeweils 70.000 (70K) Filamenten zu verbinden. Die Verbindung wurde gemäß dem Verfahren (i) bis (iv), wie in Beispiel 1 beschrieben, bewirkt, außer dass die Enden der jeweiligen Faserbündel flach geöffnet wurden mit einer Breite von 14 mm an Stelle von 25 mm.

[0145] Die gemäß diesem Verbindungsverfahren hergestellten Verbindungsbereiche hatten Filamente, die weniger gleichmäßig gemischt und miteinander an den mit Luft verflochtenen Bereichen verflochten waren. Die obere Grenztemperatur, um ein Passieren durch den Stabilisierungssofen zu erlauben, und die Vorgangsdurchgangsraten waren geringfügig niedriger als die in (3) von Beispiel 1, aber viel höher als diejenigen des Vergleichsbeispiels 2.

[0146] Wie in Tabelle 1 gezeigt, war die Filamentendichte an den flach geöffneten zusammenpassenden Enden der jeweiligen Faserbündel vor der Luft-Verflechtungsbehandlung größer als 4000 Filamente/mm in Beispiel 2, aber 4000 Filamente/mm oder weniger in Beispiel 1, 3 und 4. Wie aus dem Vergleich dieser Beispiele zu sehen ist, ist es bevorzugt, dass die Filamentendichte an den flach geöffneten zusammenpassenden Enden der jeweiligen zu verbindenden Faserbündel 4000 Filamente/mm oder weniger ist.

[Beispiel 3, nicht gemäß dieser Erfindung]

[0147] Die zusammenpassenden Enden der Vorläuferfaserbündel, die jeweils aus 70.000 Filamenten bestehen, wurden direkt verbunden ohne Verwendung eines dazwischen liegenden stabilisierten Faserbündels.

[0148] Das Verbindungsverfahren war ähnlich zu dem in Beispiel 1, aber an Stelle des Überlappens der Enden der Vorläuferfaserbündel mit einem dazwischen liegenden Faserbündel (stabilisiertes Faserbündel) wurden die zusammenpassenden Enden der Vorläuferfaserbündel direkt aufeinander gelegt und die Filamente wurden miteinander in vier Querlinien verwirbelt.

[0149] Der so gebildete Verbindungsbereich hatte Filamente, die ausreichend gleichmäßig gemischt und miteinander an den Luftverflechtungsbereichen verflochten waren, und es passierte nicht, dass Unterbündel bestehend aus Filamenten verzerrt miteinander verflochten wurden.

[0150] Das eine Vorläuferfaserbündel, das durch eine solche Verbindung gebildet wurde, passierte den Stabilisierungsbehandlungssofen, um die obere Grenztemperatur, die ein Passieren erlaubt, zu messen.

[0151] Da die Filamentendichte des Vorläuferfaserbündels am Verbindungsbereich hoch war, wahr es wahrscheinlich, dass der Verbindungsbereich Wärme ansammelt und die obere Grenztemperatur, die ein Passieren des Stabilisierungsbehandlungssofens erlaubt, war 225°C. Die Obergrenze, die ein Passieren durch den Stabilisierungsbehandlungssofen erlaubt, war niedriger als diejenige der Blindprobe, aber viel höher als die des Vergleichsbeispiels 1. Weiterhin wurde, während die Temperatur des Stabilisierungsbehandlungssofens auf die obere Grenztemperatur von 225°C festgesetzt wurde, das Vorläuferfaserbündel behandelt, um stabilisiert zu werden und dann behandelt, um karbonisiert zu werden. Das Kohlenstofffaserbündel, das erhalten wurde, indem man das Faserbündel durch den Stabilisierungsbearbeitungsvorgang und den Karbonisierungsbearbeitungsvorgang laufen lässt, wurde durch eine Wickelvorrichtung um eine Spule gewickelt.

[0152] Insbesondere da die verflochtenen Bereiche am Verbindungsbereich flach waren und da die Filamente einheitlich miteinander verflochten waren, konnte das Faserbündel gut in den Nuten der genuteten Walzen, die in beiden Vorgängen verwendet werden, angeordnet werden. Dieses Verfahren hat eine geringere Produktivität als das Verfahren unter Verwendung eines dazwischen liegenden Faserbündels (stabilisiertes Faserbündel), aber da es im Vergleich zum Verfahren des Beispiels 1 einfach ist, kann es zufrieden stellend in der Produktion angewandt werden, wenn die Temperatur des Stabilisierungsbearbeitungssofens bis zu einem gewissen Grad verringert werden kann.

[Beispiel 4, nicht gemäß dieser Erfindung]

[0153] Wie für Beispiel 3 beschrieben, wurden die zusammenpassenden Enden der Vorläuferfaserbündel aus jeweils 70.000 Filamenten direkt verbunden und dann wurde Borsäurewasser auf den Verbindungsbereich als ein Stabilisierungsreaktionshemmer aufgebracht.

[0154] Die obere Grenztemperatur, um ein Passieren durch den Stabilisierungsbearbeitungssofen zu erlauben, war 235°C. Das Faserbündel konnte durch den Stabilisierungsbearbeitungssofen bei äquivalenter Bedingung wie die der Blindprobe laufen.

[0155] An dem Bereich, an dem Borsäurewasser aufgebracht wurde, war jedoch die Stabilisierung verzögert, da die Reaktion gehemmt ist. Wenn also das stabilisierte Faserbündel behandelt wird, um karbonisiert zu werden, kann es durch Verbrennen abgeschnitten werden. Wenn also der Verbindungsbereich mit Borsäurewasser behandelt wird, ist es bevorzugt, den mit Borsäurewasser behandelten Bereich des erhaltenen stabilisierten Faserbündels nach der Stabilisierungsbearbeitung abzuschneiden und zu entfernen und die geschnittenen Segmente neu zusammenzufügen.

[Beispiel 5]

[0156] Wie für Beispiel 1 beschrieben, wurden Vorläuferfaserbündel und ein dazwischen liegendes stabilisiertes Faserbündel vorbereitet. Zum Verbinden der Faserbündel wurde eine Vernadelung an Stelle der Luft-Verflechtungsdüsen, die in Beispiel 1 als Verbindungseinrichtung verwendet wurden, verwendet. Wie in [Fig. 15](#) gezeigt, wurden die überlappenden Bereiche der jeweiligen Faserbündel vernadelt, um ihre Filamente miteinander zu verflechten.

[0157] Die behindernden Extrabereiche an den Enden der verbundenen Vorläuferfaserbündel und das stabilisierte Faserbündel wurden durch Abschneiden entfernt, um Verbindungsbereiche wie in [Fig. 4](#) zu erhalten.

[0158] Die so ausgebildeten Verbindungsbereiche wiesen Filamente auf, die ausreichend gleichmäßig gemischt und miteinander an den vernadelten verflochtenen Bereichen verflochten wurden und es passierte nicht, dass Unterbündel bestehend aus Filamenten verzerrt miteinander verflochten wurden.

[0159] Das Vorläuferfaserbündel mit so ausgebildeten Verbindungsbereichen lief durch den Stabilisierungsbearbeitungssofen, um die obere Grenztemperatur, die ein Passieren erlaubt, zu messen.

[0160] Verbindungsbereiche von Vorläuferfaserbündeln wurden unter den gleichen Bedingungen vorbereitet und bei der oberen Grenztemperatur, die ein Passieren durch den Stabilisierungsbearbeitungssofen erlaubt, wurden die Stabilisierungsvorgang-Durchgangsrate und die Karbonisierungsvorgang-Durchgangsrate der Verbindungsbereiche gemessen.

[0161] Wie in Tabelle 2 gezeigt, war die obere Grenztemperatur des Vorläuferfaserbündels, die ein Passieren durch den Stabilisierungsbehandlungssofen erlaubt, im Vergleich zur Blindprobe (siehe Tabelle 1) gleich oder um ca. 5°C niedriger, und die Temperaturabnahme konnte sehr klein gehalten werden.

[0162] Während die Temperatur des Stabilisierungsbehandlungssofens auf die obere Grenztemperatur, die ein Passieren erlaubt, festgelegt wurde, lief das eine Vorläuferfaserbündel, das durch eine solche Verbindung gebildet wurde, durch den Stabilisierungsbehandlungssofen und das erhaltene stabilisierte Faserbündel lief durch einen Karbonisierungsbehandlungssofen. Das erhaltene Kohlenstofffaserbündel wurde mit einer Wickelvorrichtung um eine Spule gewickelt.

[0163] Insbesondere da die verflochtenen Bereiche an den Verbindungsbereichen flach waren und da die Filamente gleichmäßig miteinander verflochten waren, konnte das Faserbündel gut in den Nuten der genuteten Walzen, die zum Stützen und Vorwärtsbewegen des Faserbündels in beiden Öfen verwendet werden, angeordnet werden.

[Beispiel 6]

[0164] Wie für Beispiel 2 beschrieben wurden Vorläuferfaserbündel und ein dazwischen liegendes stabilisiertes Faserbündel vorbereitet. Zur Verbindung dieser Faserbündel wurde eine Vernadelung an Stelle der Luft-Verflechtungsdüsen, die in Beispiel 2 als Verbindungseinrichtung verwendet wurden, verwendet. Wie in [Fig. 15](#) gezeigt, wurden die überlappenden Bereiche der jeweiligen Faserbündel vernadelt, um die Filamente miteinander zu verflechten.

[0165] Die durch dieses Verbindungsverfahren hergestellten Verbindungsbereiche wiesen Filamente auf, die weniger gleichmäßig gemischt und miteinander an den vernadelten Bereichen verflochten waren, im Vergleich zu denjenigen aus (3) von Beispiel 5. Die obere Grenztemperatur, die ein Passieren durch den Stabilisierungssofen erlaubt, und die Vorgangsdurchgangsraten waren etwas geringer als die aus (3) von Beispiel 5, aber sehr viel höher als die des Vergleichsbeispiels 2.

[0166] Wie in Tabelle 2 gezeigt, war die Filamentendichte an den flach geöffneten Enden der jeweiligen Faserbündel vor der Vernadelung mehr als 4000 Filamente/mm groß, aber es waren 4000 Filamente/mm oder weniger in Beispiel 5, 7 und 8. Aus dem Vergleich dieser Beispiele ist ersichtlich, dass es bevorzugt ist, dass die Filamentendichte an den flach geöffneten Enden der jeweiligen zu verbindenden Faserbündel 4000 Filamente/mm oder weniger beträgt.

[Beispiel 7, nicht gemäß dieser Erfindung]

[0167] Wie für Beispiel 3 beschrieben wurden Vorläuferfaserbündel vorbereitet. Zur Verbindung der Faserbündel wurde eine Vernadelung an Stelle der Verwendung der Luft-Verflechtungsdüsen, die als Verbindungseinrichtung in Beispiel 3 verwendet wurden, verwendet. Die Verbindungseinrichtung ist die gleiche wie die des Beispiels 5, aber die zusammenpassenden Enden der Vorläuferfaserbündel liegen übereinander und werden verbunden, an Stelle des Überlappens der Vorläuferfaserbündel mit dem stabilisierten Faserbündel. Die Länge des durch die Vernadelung gebildeten Verbindungsbereichs war ungefähr 30 cm.

[0168] Der so geformte Verbindungsbereich weist Filamente auf, die ausreichend gleichmäßig gemischt und miteinander am Vernadelungsbereich verflochten sind und es passierte nicht, dass Unterbündel bestehend aus Filamenten verzerrt miteinander verflochten wurden.

[0169] Das eine Vorläuferfaserbündel, das durch eine Verbindung wie diese gebildet wurde, passierte dann durch den Stabilisierungsbehandlungssofen, um die obere Grenztemperatur, die ein Passieren erlaubt, zu messen.

[0170] Da die Filamentendichte der Vorläuferfaserbündel am Verbindungsbereich hoch war, ist es wahrscheinlich, dass der Verbindungsbereich Wärme speichert und die Obergrenze, die ein Passieren durch den Stabilisierungsbehandlungssofen erlaubt, lag bei 225°C. Die Obergrenze, die ein Passieren durch den Stabilisierungsbehandlungssofen erlaubt, war niedriger als die der Blindprobe (siehe Tabelle 1), aber viel höher als die des Vergleichsbeispiels 1 (siehe Tabelle 1). Weiterhin wurde, während die Temperatur des Stabilisierungsbehandlungssofens auf die obere Grenztemperatur von 225°C festgesetzt wurde, das Vorläuferfaserbündel behandelt, um stabilisiert zu werden und behandelt, um karbonisiert zu werden. Das Kohlenstofffaserbündel, das erhalten wurde, indem man das Faserbündel durch den Stabilisierungsbehandlungsvorgang und den Karbo-

nisierungsbehandlungs Vorgang laufen lässt, wurde durch eine Wickelvorrichtung um eine Spule gewickelt.

[0171] Insbesondere da der verflochtene Bereich am Verbindungsbereich flach war und da die Filamente einheitlich miteinander verflochten waren, konnte das Faserbündel gut in den Nuten der genuteten Walzen, die in beiden Vorgängen verwendet werden, angeordnet werden. Dieses Verfahren hat eine geringere Produktivität als das Verfahren unter Verwendung eines dazwischen liegenden Faserbündels (stabilisiertes Faserbündel), aber da es im Vergleich zum Verfahren des Beispiels 5 einfach ist, kann es zufrieden stellend in der Produktion angewandt werden, in einem Fall, wenn die Temperatur des Stabilisierungsbehandlungssofens bis zu einem gewissen Grad verringert werden kann.

[Beispiel 8, nicht gemäß dieser Erfindung]

[0172] Wie für Beispiel 7 beschrieben, wurden die zusammenpassenden Enden der Vorläuferfaserbündel direkt verbunden und dann wurde Borsäurewasser auf den Verbindungsbereich als ein Stabilisierungsreaktionshemmer aufgebracht.

[0173] Die obere Grenztemperatur, um ein Passieren durch den Stabilisierungsbehandlungssofen zu erlauben, war 235°C. Das Faserbündel konnte durch den Stabilisierungsbehandlungssofen bei äquivalenter Bedingung wie die der Blindprobe laufen (siehe Tabelle 1).

[0174] An dem Bereich, an dem Borsäurewasser aufgebracht wurde, war jedoch die Stabilisierung verzögert, da die Reaktion gehemmt ist. Wenn also das stabilisierte Faserbündel behandelt wird, um karbonisiert zu werden, kann es durch Verbrennen abgeschnitten werden. Wenn also der Verbindungsbereich mit Borsäurewasser behandelt wird, ist es bevorzugt, den mit Borsäurewasser behandelten Bereich des erhaltenen stabilisierten Faserbündels nach der Stabilisierungsbehandlung abzuschneiden und zu entfernen und die geschnittenen Segmente neu zusammenzufügen.

Tabelle 1

		Erste und zweite Faserbündel/dazwischen liegendes Faserbündel	Verbindungsverfahren
Blindprobe		70K Vorläuferfaserbündel ohne Verbindungsbereich	----
Beispiel 1	(1)	70K Vorläuferfaserbündel/36K stabilisiertes Faserbündel	Verbindungsverfahren und -vorrichtung unter Verwendung von Luft-Verflechtungsdüsen der vorliegenden Erfindung
	(2)	70K Vorläuferfaserbündel/48K stabilisiertes Faserbündel	
	(3)	70K Vorläuferfaserbündel/60K stabilisiertes Faserbündel	
	(4)	70K Vorläuferfaserbündel/100K stabilisiertes Faserbündel	
Beispiel 2		70K Vorläuferfaserbündel/60K stabilisiertes Faserbündel	
Beispiel 3		direkt verbundene 70K Vorläuferfaserbündel	
Beispiel 4		direkt verbundene 70K Vorläuferfaserbündel, Borsäurewasser aufgebracht	
Vergleichsbeispiel 1		direkt verbundene 70K Vorläuferfaserbündel	Verbindungsverfahren und -Vorrichtung unter Verwendung einer herkömmlichen Luft-Verflechtungsdüse (2 Düsenöffnungen)
Vergleichsbeispiel 2		70K Vorläuferfaserbündel/60K stabilisiertes Faserbündel	

Anmerkung: K steht für 1000 Filamente

Tabelle 1 (Fortsetzung)

	(a): offene Breite (mm) der Enden des ersten und zweiten Faserbündels und des dazwischen liegenden Faserbündels (b): Filamentendichte (Filamente/mm) an den Enden des ersten und zweiten Faserbündels in der Querrichtung (c) Filamentendichte (Filamente/mm) an den Enden des dazwischen liegenden Faserbündels in der Querrichtung jeweils vor der Luft-Verflechtungsbehandlung			Stabilisierungsvorgang		Karbonisierungsvorgang
				Obere Grenztemperatur, um Passieren durch den Vorgang zu erlauben (°C)	Vorgangsdurchgangsrate (%)	Vorgangsdurchgangsrate (%)
Blindprobe			---	235	100	100
Beispiel 1	(1)	(a) (b) (c)	25 2.800 1.500	235	93	90
	(2)	(a) (b) (c)	25 2.800 1.900	235	100	100
	(3)	(a) (b) (c)	25 2.800 2.400	235	100	100
	(4)	(a) (b) (c)	25 2.800 4.000	230	99	95
Beispiel 2		(a) (b) (c)	25 5.000 4.300	230	93	90
Beispiel 3		(a) (b) (c)	25 2.800 ---	225	99	95

Tabelle 1 (Fortsetzung)

	(a): offene Breite (mm) der Enden des ersten und zweiten Faserbündels und des dazwischen liegenden Faserbündels (b): Filamentendichte (Filamente/mm) an den Enden des ersten und zweiten Faserbündels in der Querrichtung (c) Filamentendichte (Filamente/mm) an den Enden des dazwischen liegenden Faserbündels in der Querrichtung jeweils vor der Luft-Verflechtungsbehandlung		Stabilisierungsvorgang		Karbonisierungsvorgang
			Obere Grenztemperatur, um Passieren durch den Vorgang zu erlauben (°C)	Vorgangsdurchgangsrate (%)	Vorgangsdurchgangsrate (%)
Beispiel 4	(a)	25	235	99	*1
	(b)	2.800			
	(c)	---			
Vergleichsbeispiel 1		---	220	40	*2
Vergleichsbeispiel 2		---	225	40	*2

*1: Da die Stabilisierungsbedingungen so festgelegt wurden, dass ein Durchlaufen des Stabilisierungsvorgang möglich ist, durchlief das Faserbündel den Stabilisierungsvorgang, da es aber keine Eigenschaften stabilisierter Fasern aufwies, wurde es nicht behandelt, um karbonisiert zu werden.

*2: Da die Faserbündel-Durchgangsrate im Stabilisierungsvorgang niedrig war, wurde das Faserbündel nicht behandelt, um karbonisiert zu werden.

Tabelle 2

		Erste/zweite Faserbündel/dazwischen liegendes Faserbündel	Verbindungsverfahren
Beispiel 5	(1)	70K Vorläuferfaserbündel/36K stabilisiertes Faserbündel	Verbindungsverfahren und -vorrichtung unter Verwendung einer Vernadelung der vorliegenden Erfindung
	(2)	70K Vorläuferfaserbündel/48K stabilisiertes Faserbündel	
	(3)	70K Vorläuferfaserbündel/60K stabilisiertes Faserbündel	
	(4)	70K Vorläuferfaserbündel/100K stabilisiertes Faserbündel	
Beispiel 6		70K Vorläuferfaserbündel/60K stabilisiertes Faserbündel	
Beispiel 7		direkt verbundene 70K Vorläuferfaserbündel	
Beispiel 8		direkt verbundene 70K Vorläuferfaserbündel, Borsäurewasser aufgebracht	

Anmerkung: K steht für 1000 Filamente

Tabelle 2 (Fortsetzung)

	(a): offene Breite (mm) der Enden des ersten und zweiten Faserbündels und des dazwischen liegenden Faserbündels (b): Filamentendichte (Filamente/mm) an den Enden des ersten und zweiten Faserbündels in der Querrichtung (c) Filamentendichte (Filamente/mm) an den Enden des dazwischen liegenden Faserbündels in der Querrichtung jeweils vor der Luft-Verflechtungsbehandlung			Stabilisierungsvorgang		Karbonisierungsvorgang
				Obere Grenztemperatur, um Passieren durch den Vorgang zu erlauben (°C)	Vorgangsdurchgangsratesrate (%)	Vorgangsdurchgangsratesrate (%)
Beispiel 5	(1)	(a) (b) (c)	25 2.800 1.500	235	92	88
	(2)	(a) (b) (c)	25 2.800 1.900	235	100	100
	(3)	(a) (b) (c)	25 2.800 2.400	235	100	100
	(4)	(a) (b) (c)	25 2.800 4.000	230	97	96

Tabelle 2 (Fortsetzung)

	(a): offene Breite (mm) der Enden des ersten und zweiten Faserbündels und des dazwischen liegenden Faserbündels (b): Filamentendichte (Filamente/mm) an den Enden des ersten und zweiten Faserbündels in der Querrichtung (c) Filamentendichte (Filamente/mm) an den Enden des dazwischen liegenden Faserbündels in der Querrichtung jeweils vor der Luft-Verflechtungsbehandlung		Stabilisierungsvorgang		Karbonisierungsvorgang
			Obere Grenztemperatur, um Passieren durch den Vorgang zu erlauben (°C)	Vorgangsdurchgangsrate (%)	Vorgangsdurchgangsrate (%)
Beispiel 6	(a) 25 (b) 5.000 (c) 4.300		230	91	88
Beispiel 7	(a) 25 (b) 2.800 (c) ---		225	99	95
Beispiel 8	(a) 25 (b) 2.800 (c) ---		235	99	*1

*1: Da die Stabilisierungsbedingungen so festgelegt wurden, dass ein Durchlaufen des Stabilisierungsvorgang möglich ist, durchlief das Faserbündel den Stabilisierungsvorgang, da es aber keine Eigenschaften stabilisierter Fasern aufwies, wurde es nicht behandelt, um karbonisiert zu werden.

Industrielle Anwendbarkeit

[0175] Das Vorläuferfaserbündel zur Herstellung von Kohlenstofffasern der vorliegenden Erfindung ist ein Faserbündel, in dem eine Vielzahl von Vorläuferfaserbündeln zur Herstellung von Kohlenstofffasern, jeweils bestehend aus 30.000 oder mehr Filamenten, an ihren jeweiligen zusammenpassenden Enden über ein dazwischen liegendes Faserbündel (z. B. ein stabilisiertes Faserbündel) mit einer nicht-exothermen Eigenschaft bei der Stabilisierungsbehandlungstemperatur verbunden werden, und an den jeweiligen Verbindungsbereichen werden die Filamente der entsprechenden benachbarten Faserbündel einzeln miteinander verflochten.

[0176] Das eine fortlaufende Faserbündel zur Herstellung von Kohlenstofffasern ist dicker als die herkömmlichen Faserbündel, aber es weist eine geringere Wärmeansammlung an den Verbindungsbereichen im Stabilisierungsbehandlungsvorgang auf, wodurch es weniger wahrscheinlich an den Verbindungsbereichen verbrennt. Somit kann der Stabilisierungsvorgang fortlaufend bei einer höheren Temperatur durchgeführt werden, um eine Lieferung von kostengünstigeren Kohlenstofffasern zu ermöglichen.

Patentansprüche

1. Vorläuferfaserbündel zur Herstellung von Kohlenstofffasern, umfassend ein erstes Vorläuferfaserbündel zur Herstellung von Kohlenstofffasern mit 30.000 oder mehr Filamenten, ein zweites Vorläuferfaserbündel zur Herstellung von Kohlenstofffasern mit 30.000 oder mehr Filamenten, und ein dazwischen liegendes Faserbündel mit Filamenten mit einer nicht-exothermen Eigenschaft, d. h. der gemäß dem DSC-Verfahren (DSC – Dif-

ferentialscanning-Kalorimeter) erhaltene Heizwert bei einer Stabilisierungsbehandlungstemperatur liegt bei 500 Kalorien/g oder weniger, wobei das Ende des ersten Faserbündels und der Anfang des zweiten Faserbündels durch das dazwischen liegende Faserbündel verbunden werden; und wobei an einem ersten verbundenen Bereich, an dem das Ende des ersten Faserbündels und der Anfang des dazwischen liegenden Faserbündels verbunden sind, bzw. an einem zweiten verbundenen Bereich, an dem der Anfang des zweiten Faserbündels und das Ende des dazwischen liegenden Faserbündels verbunden sind, die Filamente in den jeweiligen Faserbündeln im Wesentlichen einheitlich miteinander verflochten sind, und wobei das dazwischen liegende Faserbündel ein stabilisiertes Faserbündel umfasst, und wobei weiterhin eine Gleichung $0,4 \times G \leq F \leq 1,5 \times G$ erfüllt ist, in welcher F die Anzahl der Filamente des stabilisierten Faserbündels ist und G die Anzahl jedes der Vorläuferfaserbündel zur Herstellung von Kohlenstofffasern ist.

2. Vorläuferfaserbündel zur Herstellung von Kohlenstofffasern nach Anspruch 1, wobei die Filamente von jedem der Vorläuferfaserbündel zur Herstellung von Kohlenstofffasern Crimps aufweisen und die Crimps an den verbundenen Bereichen entfernt sind.

3. Vorrichtung zur Herstellung eines Vorläuferfaserbündels zur Herstellung von Kohlenstofffasern, umfassend:

- (a) eine erste Faserbündel-Halteeinrichtung zum Halten des flach geöffneten Endes eines ersten Vorläuferfaserbündels zur Herstellung von Kohlenstofffasern mit 30.000 oder mehr Filamenten in der Querrichtung des Endes an zumindest zwei Positionen, die in der Längsrichtung voneinander entfernt sind,
- (b) eine zweite Faserbündel-Halteeinrichtung zum Halten des flach geöffneten Anfangs eines zweiten Vorläuferfaserbündels zur Herstellung von Kohlenstofffasern mit 30.000 oder mehr Filamenten in der Querrichtung des Anfangs an zumindest zwei Positionen, die in der Längsrichtung voneinander entfernt sind,
- (c) eine Halteeinrichtung für das dazwischen liegende Faserbündel zum Halten des flach geöffneten Anfangs und Endes eines dazwischen liegenden Faserbündels mit Filamenten mit einer nicht-exothermen Eigenschaft, d. h. der gemäß dem DSC-Verfahren (DSC – Differentialscanning-Kalorimeter) erhaltene Heizwert bei einer Stabilisierungsbehandlungstemperatur liegt bei 500 Kalorien/g oder weniger, in der Querrichtung des Anfangs und des Endes an zumindest zwei Positionen, die in der Längsrichtung voneinander entfernt sind, wobei das dazwischen liegende Faserbündel ein stabilisiertes Faserbündel umfasst, und wobei eine Gleichung $0,4 \times G \leq F \leq 1,5 \times G$ erfüllt ist, in welcher F die Anzahl der Filamente des stabilisierten Faserbündels ist und G die Anzahl jedes der Vorläuferfaserbündel zur Herstellung von Kohlenstofffasern ist,
- (d) eine erste Verflechtungs-Behandlungseinrichtung zum Verflechten bzw. Verweben der Filamente miteinander am Ende des ersten Faserbündels und am Anfang des dazwischen liegenden Faserbündels, und
- (e) eine zweite Verflechtungs-Behandlungseinrichtung zum Verflechten bzw. Verweben der Filamente miteinander am Anfang des zweiten Faserbündels und am Ende des dazwischen liegenden Faserbündels, wobei
- (f) die erste Faserbündel-Halteeinrichtung und die zweite Faserbündel-Halteeinrichtung in einer solchen Weise vorgesehen sind, dass die Spitze des Endes des ersten Faserbündels und die Spitze des Anfangs des zweiten Faserbündels einander zugewandt sein müssen, und
- (g) die Halteeinrichtung für das dazwischen liegende Faserbündel in einer solchen Weise vorgesehen ist, dass das dazwischen liegende Faserbündel mit dem ersten Faserbündel, das von der ersten Faserbündel-Halteeinrichtung gehalten wird, und dem zweiten Faserbündel, das von der zweiten Faserbündel-Halteeinrichtung gehalten wird, überlappen muss.

4. Vorrichtung zur Herstellung eines Vorläuferfaserbündels zur Herstellung von Kohlenstofffasern nach Anspruch 3, wobei die erste Verflechtungs-Behandlungseinrichtung und die zweite Verflechtungs-Behandlungseinrichtung Filamentverflechtungs-Behandlungseinrichtungen sind, die jeweils Fluid verwenden.

5. Vorrichtung zur Herstellung eines Vorläuferfaserbündels zur Herstellung von Kohlenstofffasern nach Anspruch 3, wobei die erste Verflechtungs-Behandlungseinrichtung und die zweite Verflechtungs-Behandlungseinrichtung Filamentverflechtungs-Behandlungseinrichtungen sind, die jeweils eine Vernadelung verwenden.

6. Verfahren zur Herstellung eines Kohlenstofffaserbündels, umfassend:

- (a) einen Schritt des Überlagerns des flach geöffneten Endes eines ersten Vorläuferfaserbündels zur Herstellung von Kohlenstofffasern mit 30.000 oder mehr Filamenten und des flach geöffneten Anfangs eines dazwischen liegenden Faserbündels mit Filamenten mit einer nicht-exothermen Eigenschaft, d. h. der gemäß dem DSC-Verfahren (DSC – Differentialscanning-Kalorimeter) erhaltene Heizwert bei einer Stabilisierungsbehandlungstemperatur liegt bei 500 Kalorien/g oder weniger, und im Wesentlichen einheitliches Verflechten der Filamente der beiden Faserbündel miteinander, um einen ersten verbundenen Bereich zu bilden,
- (b) einen Schritt des Überlagerns des flach geöffneten Anfangs eines zweiten Vorläuferfaserbündels zur Herstellung von Kohlenstofffasern mit 30.000 oder mehr Filamenten und des flach geöffneten Endes des dazwischen liegenden Faserbündels mit Filamenten mit einer nicht-exothermen Eigenschaft, d. h. der gemäß dem DSC-Verfahren (DSC – Differentialscanning-Kalorimeter) erhaltene Heizwert bei einer Stabilisierungsbehandlungstemperatur liegt bei 500 Kalorien/g oder weniger, und im Wesentlichen einheitliches Verflechten der Filamente der beiden Faserbündel miteinander, um einen zweiten verbundenen Bereich zu bilden.

schen liegenden Faserbündels, und im Wesentlichen einheitliches Verflechten der Faserbündel miteinander, um einen zweiten verbundenen Bereich zu bilden,

(c) einen Behandlungsschritt, um ein fortlaufendes Vorläuferfaserbündel zur Herstellung von Kohlenstofffasern, welches mit dem ersten und dem zweiten Faserbündel, die durch das dazwischen liegende Faserbündel am ersten und zweiten verbundenen Bereich verbunden sind, gebildet wird, zu stabilisieren, um ein stabilisiertes Faserbündel zu erhalten, und

(d) einen Behandlungsschritt zum Karbonisieren des stabilisierten Faserbündels, um ein Kohlenstofffaserbündel zu erhalten, und

(e) wobei das dazwischen liegende Faserbündel ein stabilisiertes Faserbündel umfasst und wobei eine Gleichung $0,4 \times G \leq F \leq 1,5 \times G$ erfüllt ist, in welcher F die Anzahl der Filamente des stabilisierten Faserbündels ist und G die Anzahl jedes der Vorläuferfaserbündel zur Herstellung von Kohlenstofffasern ist.

7. Verfahren zur Herstellung eines Kohlenstofffaserbündels nach Anspruch 6, wobei eine Einrichtung zum Bilden des ersten und des zweiten verbundenen Bereichs eine Filamentverflechtungs-Behandlungseinrichtung umfasst, die jeweils Fluid verwendet.

8. Verfahren zur Herstellung eines Kohlenstofffaserbündels nach Anspruch 7, wobei, wenn der erste und der zweite verbundene Bereich gebildet wird, eine Dichte eines jeden der Faserbündel, die sich überlagern, um den ersten und den zweiten verbundenen Bereich zu bilden, 4.000 Filamente/mm oder weniger beträgt.

9. Verfahren zur Herstellung eines Kohlenstofffaserbündels nach Anspruch 8, wobei, wenn Filamente im ersten und im zweiten Faserbündel Crimps aufweisen, die Crimps der Filamente am Ende des ersten Faserbündels und am Anfang des zweiten Faserbündels entfernt werden, bevor der erste und der zweite verbundene Bereich gebildet werden.

10. Verfahren zur Herstellung eines Kohlenstofffaserbündels nach Anspruch 6, wobei eine Einrichtung zum Bilden des ersten und des zweiten verbundenen Bereichs eine Filamentverflechtungseinrichtung umfasst, welche jeweils eine Vernadelung verwendet.

11. Verfahren zur Herstellung eines Kohlenstofffaserbündels nach Anspruch 10, wobei, wenn der erste und der zweite verbundene Bereich gebildet wird, eine Dichte eines jeden der Faserbündel, die sich überlappen, um den ersten und den zweiten verbundenen Bereich zu bilden, 4.000 Filamente/mm oder weniger beträgt.

12. Verfahren zur Herstellung eines Kohlenstofffaserbündels nach Anspruch 11, wobei, wenn Filamente im ersten und im zweiten Faserbündel Crimps aufweisen, die Crimps der Filamente am Ende des ersten Faserbündels und am Anfang des zweiten Faserbündels entfernt werden, bevor der erste und der zweite verbundene Bereich gebildet werden.

Es folgen 7 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

Fig. 1

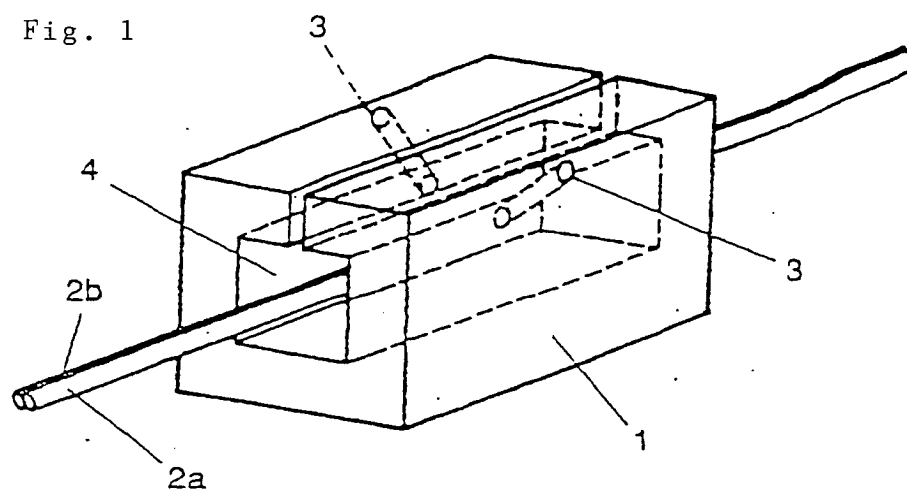


Fig. 2

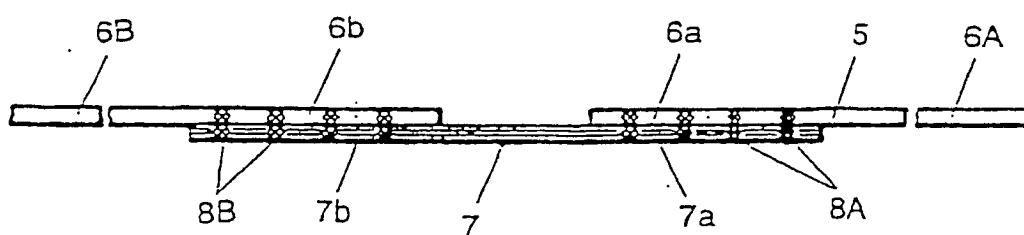


Fig. 3

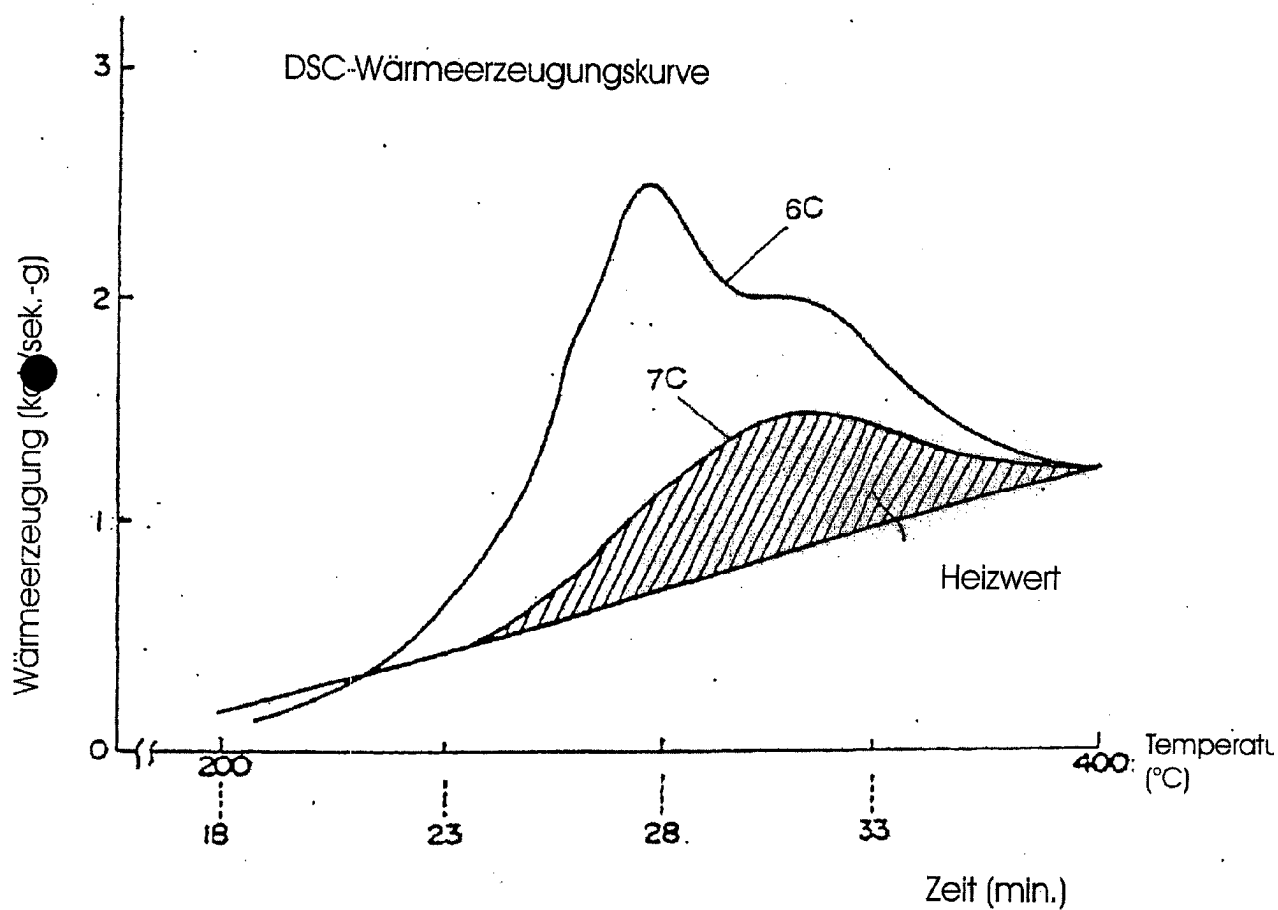


Fig. 4

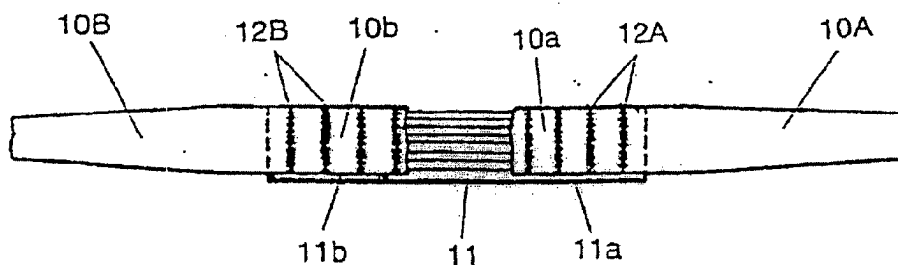


Fig. 5

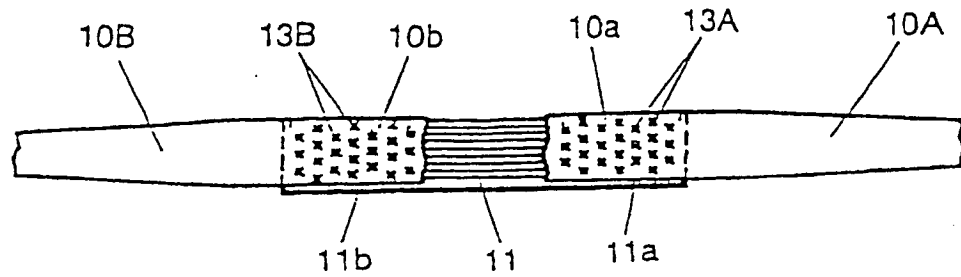


Fig. 6

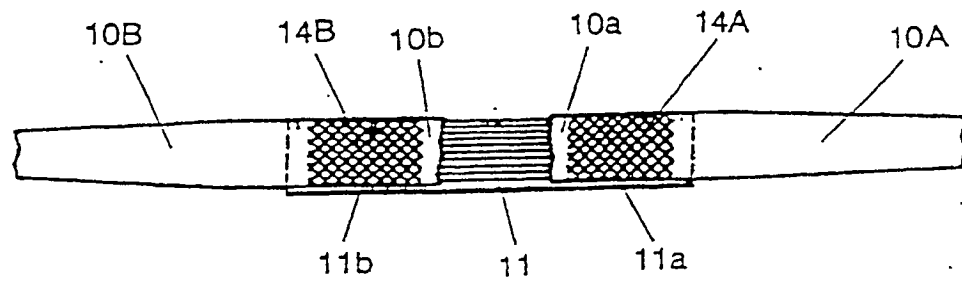


Fig. 7

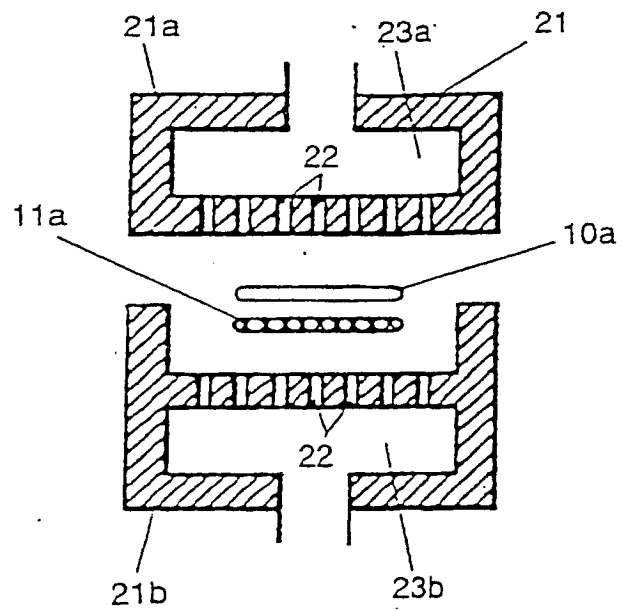


Fig. 8

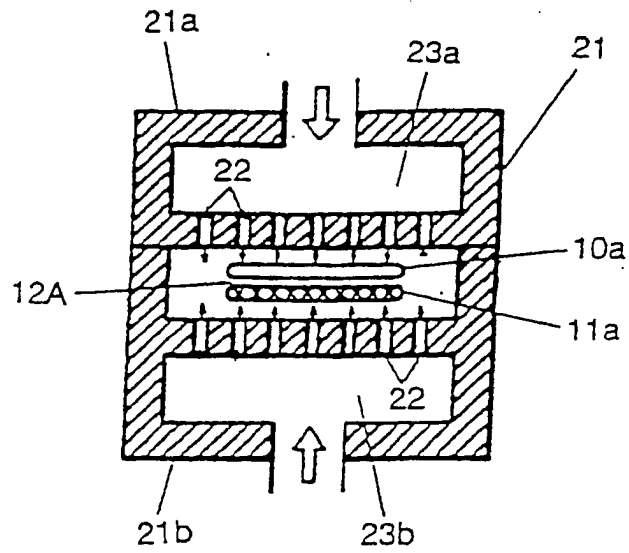


Fig. 9

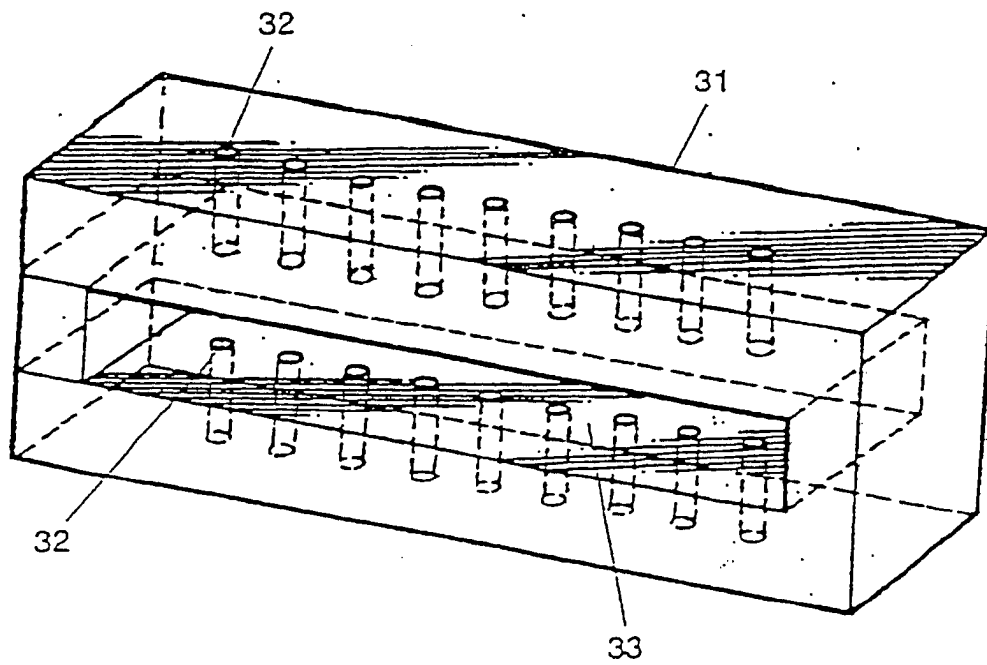


Fig. 10

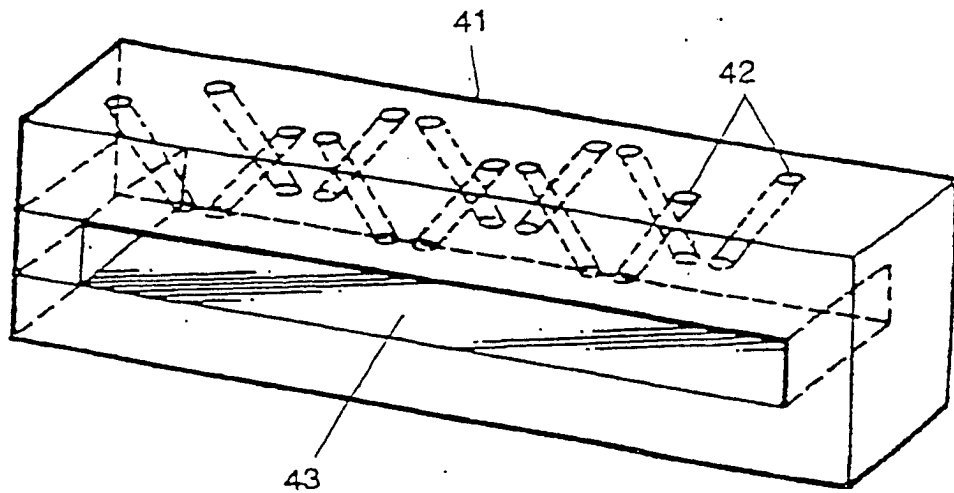


Fig. 11

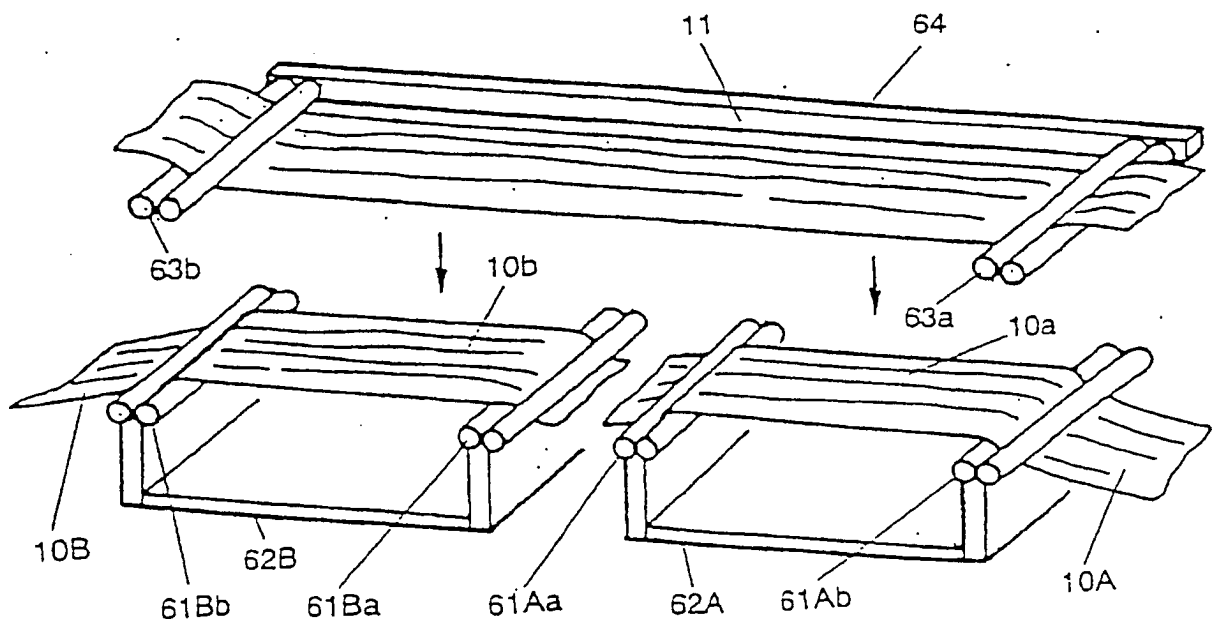


Fig. 12

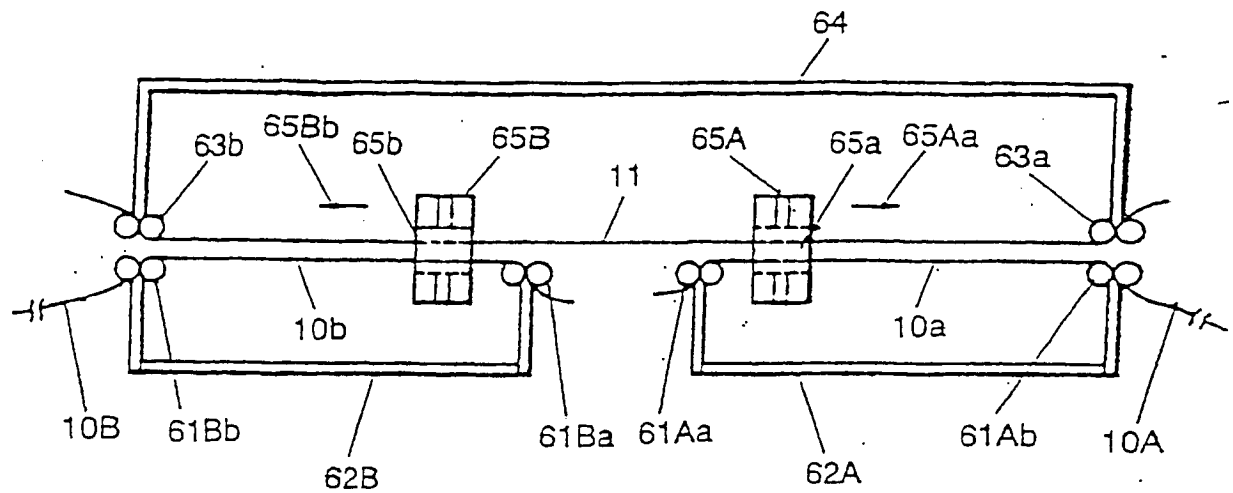


Fig. 13

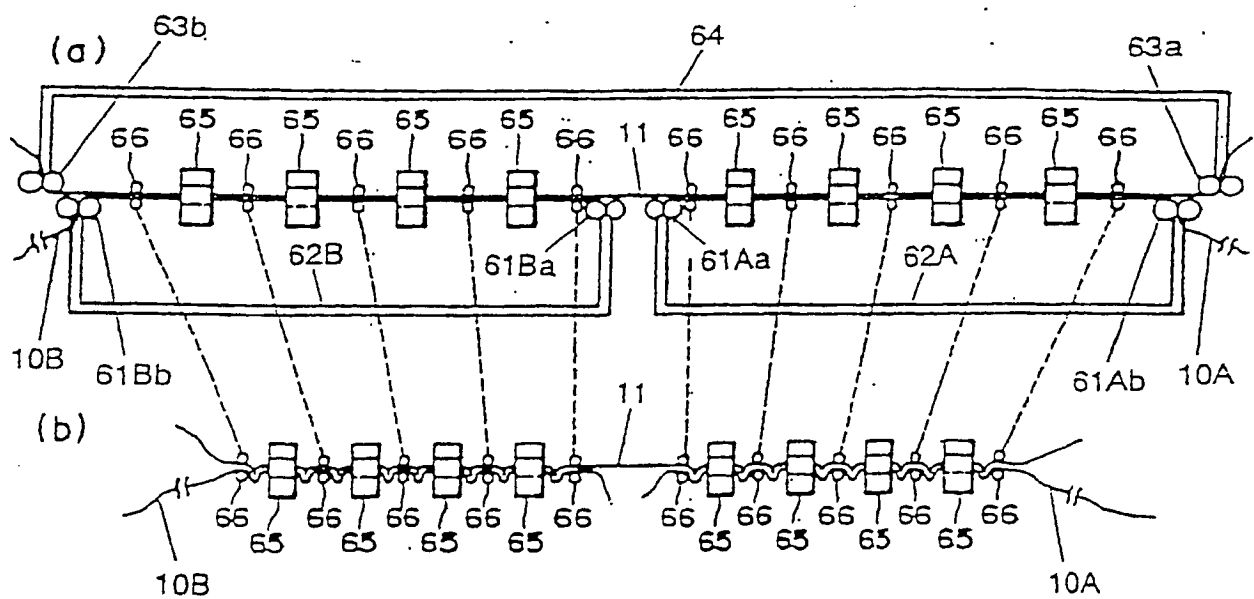


Fig. 14

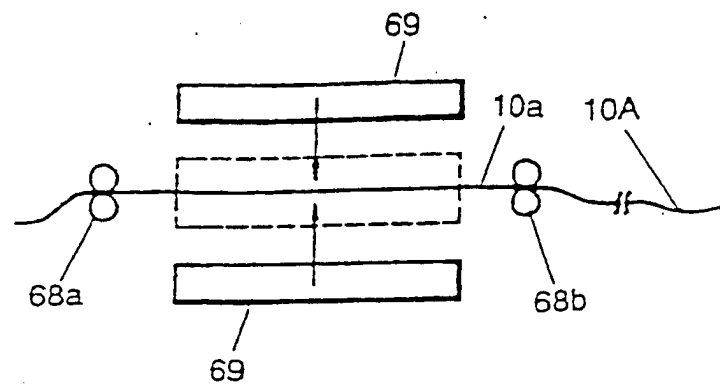


Fig. 15

