



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公告本

(11)證書號數：TW I855418 B

(45)公告日：中華民國 113 (2024) 年 09 月 11 日

(21)申請案號：111141809

(22)申請日：中華民國 111 (2022) 年 11 月 02 日

(51)Int. Cl. : F16B35/00 (2006.01)

F16B31/06 (2006.01)

(30)優先權：2021/11/09 日本

2021-182231

(71)申請人：日商 C F C 設計股份有限公司 (日本) CFC DESIGN INC. (JP)

日本

(72)發明人：橘正晴 TACHIBANA, MASAHARU (JP)；田島弘 TAJIMA, HIROSHI (JP)；松村和 MATSUMURA, WATARU (JP)

(74)代理人：林志剛

(56)參考文獻：

CN 104006057A

JP 2001-289226A

JP 2002-265268A

審查人員：陳進來

申請專利範圍項數：5 項 圖式數：6 共 34 頁

(54)名稱

層合了異向性不織布之二維碳／碳複合材料製螺絲零件

(57)摘要

本發明之課題係提供藉由提高碳纖維對於螺絲零件之強度的貢獻度，而具備高強度之二維碳/碳複合材料製的螺絲零件，並且提供將因使用螺絲零件之環境溫度大幅變化而於碳/碳複合材料製的螺絲零件產生之熱應力緩和而防止破損，且可緩和螺絲之緊固部所產生之鬆動的二維碳/碳複合材料製的螺絲零件。

本發明之解決手段係於將使用短纖維碳纖維之異向性不織布層合而製造之二維碳/碳複合材料製之螺絲零件中，

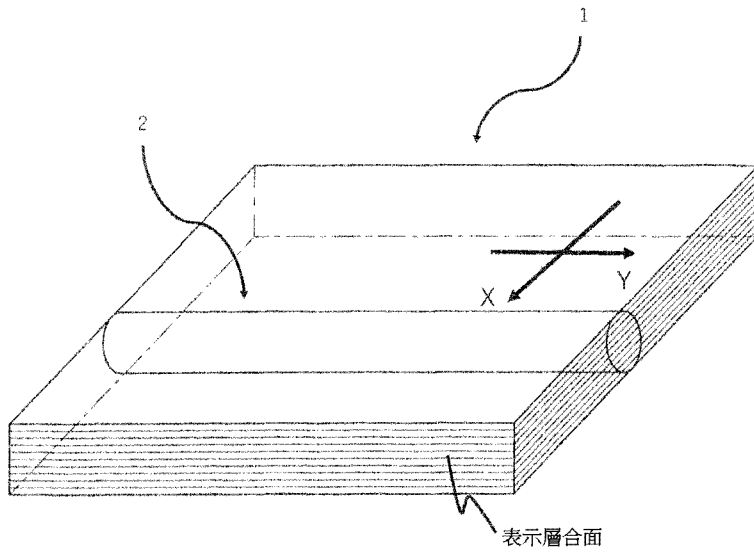
作成使螺絲零件的中心軸方向與具有異向性之二維碳/碳複合材料的 Y 方向(短纖維碳纖維較少配向之方向)一致之方式配向而構成的螺絲零件。

指定代表圖：

符號簡單說明：

1:異向性二維碳/碳複
合材料之層合體

2:螺絲零件(螺栓、總
螺絲螺栓、螺帽)



【圖 3】



I855418

【發明摘要】**【中文發明名稱】**

層合了異向性不織布之二維碳／碳複合材料製螺絲零件

【英文發明名稱】

THREADED FASTENER MADE OF A TWO-DIMENSIONAL
CARBON-CARBON COMPOSITE MATERIAL PRODUCED BY
LAMINATING ANISOTROPIC NON-WOVEN FABRICS

【中文】

本發明之課題係提供藉由提高碳纖維對於螺絲零件之強度的貢獻度，而具備高強度之二維碳／碳複合材料製的螺絲零件，並且提供將因使用螺絲零件之環境溫度大幅變化而於碳／碳複合材料製的螺絲零件產生之熱應力緩合而防止破損，且可緩和螺絲之緊固部所產生之鬆動的二維碳／碳複合材料製的螺絲零件。

本發明之解決手段係於將使用短纖維碳纖維之異向性不織布層合而製造之二維碳／碳複合材料製之螺絲零件中，

作成使螺絲零件的中心軸方向與具有異向性之二維碳／碳複合材料的Y方向(短纖維碳纖維較少配向之方向)一致之方式配向而構成的螺絲零件。

【指定代表圖】圖3

【代表圖之符號簡單說明】

- 1:異向性二維碳/碳複合材料之層合體
- 2:螺絲零件(螺栓、總螺絲螺栓、螺帽)

【特徵化學式】無

【發明說明書】

【中文發明名稱】

層合了異向性不織布之二維碳／碳複合材料製螺絲零件

【英文發明名稱】

THREADED FASTENER MADE OF A TWO-DIMENSIONAL
CARBON-CARBON COMPOSITE MATERIAL PRODUCED BY
LAMINATING ANISOTROPIC NON-WOVEN FABRICS

【技術領域】

【0001】本發明有關層合了異向性不織布之二維碳／碳複合材料製的螺絲零件。

【先前技術】

【0002】碳／碳複合材料(亦稱為「C/C複合材料」或簡稱為「C/C材料」)由於與以往的碳材料或石墨材料相比，除輕量以外亦具備數倍的強度、彈性率，並且耐熱性、耐磨耗性、韌性、熱傳導性優異，故經常作為固體火箭的噴嘴材料或ICBM等之導彈的鼻部分的材料，或使用於航太飛機之鼻部分及機翼的前緣等的材料。

【0003】基於如上述之碳／碳複合材料的優異特性，而使用於飛機、賽車、新幹線車輛、大型重型車輛等之制動器、熱處理爐的爐內構造材、托盤、加熱器、半導體製

造爐或太陽能電池製造爐中的製品搬運叉、金屬加工用的高溫夾具等，其用途已廣泛普及於一般工業。

【0004】因此，當碳/碳複合材料廣泛使用作為一般工業用材料時，將碳/碳複合材料製的零件彼此結合時，或將碳/碳複合材料製的零件與由其他材料製作的零件結合時，必須使用螺絲零件。

【0005】碳/碳複合材料製之零件具有於如此使用之高溫環境下，即使使用耐熱鋼製的螺絲零件，亦無法獲得充分強度、或因產生如高溫蠕變之現象而無法獲得充分之耐久性等問題，為了將零件彼此緊固而使用碳/碳複合材料製的螺絲零件(參考專利文獻1)。

【0006】專利文獻1所揭示之2D(二維)的碳纖維強化碳複合材料製的螺絲係經過以下步驟而製造(參考專利文獻1之段落[0019]及[0020])。

(1)將酚醛樹脂塗佈於紡紗或長絲碳纖維之平織布上製作預浸片，將該預浸片切割為特定尺寸。

(2)將複數片該預浸片予以層合，藉由熱壓壓製於160℃下成形為厚度20mm。

(3)將該成形體加熱至800℃，進行燒成處理(碳化處理)。

(4)隨後，重複複數次瀝青浸漬、燒成，進而在2000℃進行熱處理(石墨化處理)作為最終熱處理，獲得2D碳纖維強化碳纖維複合材料的平板。

(5)自該2D碳纖維強化碳複合材料的平板，切割加工

第 111141809 號

民國 113 年 6 月 4 日修正

整個螺絲螺栓。

(6)此時以使螺栓之中心軸方向與平織布的經紗或緯紗的方向一致之方式進行切削加工(參考專利文獻1的圖1)。

【0007】經過此等步驟製造之2D(二維)碳纖維強化碳複合材料製的螺絲，由於係自層合了碳纖維的平織布之2D碳纖維強化碳複合材料的平板，以螺栓的中心軸方向與平織布的經紗或緯紗的方向一致的方式切削加工螺栓，故具有於螺栓的中心軸方向、與螺栓之中心軸方向垂直且與平織布的層合表面平行的方向上的強度、彈性率等之機械特性及熱膨脹係數等之熱特性相同之特徵。

[先前技術文獻]

[專利文獻]

【0008】

[專利文獻1] 日本特開2001-289226號公報

【發明內容】

[發明欲解決之課題]

【0009】然而，如上述之二維碳纖維強化碳複合材料製的螺絲，碳纖維對於螺紋之彎曲強度的貢獻度不足，有無法充分發揮作為螺栓(螺絲零件)的強度之問題。

【0010】且，一般由於碳纖維之纖維方向的熱膨脹係數為負，故碳/碳複合材料的熱膨脹係數，與石墨及耐熱鋼等的熱膨脹係數相比極端小。而且，根據碳/碳複合材

料纖維的配向比率，碳/碳複合材料的熱膨脹係數具有異向性，且於碳纖維的配向比率高的方向上的熱膨脹係數，具有比碳纖維之配向比率低的方向上的熱膨脹係數更低的值。

【0011】於溫度變化劇烈、暴露於高溫之環境下使用之由碳/碳複合材料以外之材料，例如由石墨材料或耐熱鋼等之材料製作的零件，使用碳/碳複合材料製之螺絲零件予以結合時，若藉由如上述之二維碳/碳複合材料製之螺絲零件緊固時，因石墨材料或耐熱鋼等材料的熱膨脹係數與碳/碳複合材料製的螺絲零件的中心軸方向的熱膨脹係數的差異大，因環境溫度之較大變化，而使過大的熱應力作用於碳/碳複合材料製的螺絲零件造成損壞，或有於螺絲緊固部分產生鬆動的問題。

【0012】進而，於如上述之二維碳/碳複合材料製的螺絲零件中，由於欲使用紡紗或長絲之碳纖維的平織布製造2D的碳纖維強化碳複合材料，故二維碳/碳複合材料本身的成本高，其結果是二維碳/碳複合材料的螺絲零件亦有成本高的問題。

【0013】本發明係基於上述觀點而完成，其目的在於提供藉由提高碳纖維對於螺絲零件之強度的貢獻度，而具備高強度之二維碳/碳複合材料製的螺絲零件，並且提供將因使用螺絲零件之環境溫度大幅變化而於碳/碳複合材料製的螺絲零件產生之熱應力緩合而防止破損，且可緩和螺絲之緊固部所產生之鬆動的二維碳/碳複合材料製的螺

絲零件。

【0014】進而，本發明之課題在於以低成本提供具有上述特徵之二維碳/碳複合材料製的螺絲零件。

[用以解決課題之手段]

【0015】為了解決上述課題，本發明之第1觀點係一種螺絲零件，其係將使用短纖維碳纖維之異向性不織布層合而製造之二維碳/碳複合材料製的螺絲零件，其具有如下構成：於將異向性不織布的短纖維碳纖維較多配向的方向稱為強配向方向，將與強配向方向正交之方向稱為弱配向方向，以使異向性不織布的強配向方向於一方向對齊予以層合，並將所製造之二維碳/碳複合材料之強配向方向定義為X方向，將二維碳/碳複合材料的弱配向方向定義為Y方向時，使螺絲零件的中心軸方向與具有異向性之二維碳/碳複合材料的Y方向一致之方式予以配向。

【0016】又，第2觀點之發明係第1觀點之螺絲零件中，具有如下構成：具有異向性之二維碳/碳複合材料的X方向之彎曲強度與Y方向之彎曲強度的比具有以下條件：

$$[X\text{方向之彎曲強度}]/[Y\text{方向之彎曲強度}]>1.5。$$

【0017】又，第3觀點之發明係第1或第2觀點之螺絲零件中，具有如下構成：具有異向性之二維碳/碳複合材料的X方向之拉伸彈性模數與Y方向之拉伸彈性模數的比具有以下條件：

$$[X\text{方向之拉伸彈性模數}]/[Y\text{方向之拉伸彈性模數}]>1.5。$$

第 111141809 號

民國 113 年 6 月 4 日修正

數] >1.5 。

【0018】又，第4觀點之發明係第1至第3觀點中任一項之螺絲零件中，具有如下構成：具有異向性之二維碳/碳複合材料的X方向之熱膨脹係數與Y方向之熱膨脹係數的比具有以下條件：

$[\text{X方向之熱膨脹係數}]/[\text{Y方向之熱膨脹係數}]<0.8$ 。

[發明效果]

【0019】在本發明中，由於自將使用短纖維碳纖維之異向性不織布層合而製造之二維碳/碳複合材料製的板材製造螺絲零件，故與自以往之層合了紡紗或長絲的碳纖維的平織布之2D(二維)碳/碳複合材料製的板材製造的螺絲相比，可以低成本提供二維碳/碳複合材料製的螺絲零件。

【0020】又，本發明之螺絲零件中，由於以螺絲零件之中心軸方向與具有異向性的二維碳/碳複合材料的Y方向(短纖維碳纖維較少配向的方向)一致的方式配向，故可提高碳纖維對螺紋的彎曲強度的貢獻度，其結果，可提高作為螺栓(螺絲零件)之強度。

【0021】進而，本發明之螺絲零件中，由於以螺絲零件之中心軸方向與具有異向性的二維碳/碳複合材料的Y方向(碳纖維較少配向的方向)一致的方式配向，故可提供將因使用螺絲零件之環境溫度大幅變化而於碳/碳複合材料製的螺絲零件產生之熱應力緩和而防止破損，同時可緩和於螺絲之緊固部所產生之鬆動的二維碳/碳複合材料製的

螺絲零件。

【圖式簡單說明】

【0022】

[圖1]係用以說明使用短纖維的碳纖維，藉由不織布之平面內方向意圖改變纖維配向比率而製造具有異向性的不織布的製程的流程圖。

[圖2]係用以說明使用異向性不織布製造二維碳/碳複合材料的層合體之製程的流程圖。

[圖3]係顯示將使用短纖維碳纖維之異向性不織布層合而製造之二維碳/碳複合材料製的層合體，與自其切出藉由切削加工所得之螺栓(全螺絲螺栓)之圖。

[圖4]係顯示與圖3所示之將異向性不織布層合而製造之二維碳/碳複合材料製的螺栓(全螺絲螺栓)之中心軸垂直之剖面(圖5所示的剖面B-B)的圖。

[圖5]係顯示圖4所示之將異向性不織布層合而製造之二維碳/碳複合材料製的螺栓(全螺絲螺栓)之剖面A-A(沿螺栓之中心軸的剖面)者。

[圖6]係顯示(全螺絲螺栓)之熱應力強度試驗狀況的圖。

【實施方式】

【0023】基於圖式，說明本發明之實施形態。又此處說明之本發明的實施形態係例示本發明者，並非受該等之

限定。

【0024】首先，針對使用本發明中使用的短纖維碳纖維之異向性不織布的製造方法加以說明。

【0025】圖1係顯示使用本發明中使用之短纖維的碳纖維之異向性不織布的製造製程的流程圖。

使用短纖維碳纖維之異向性不織布的製造製程係由下述構成：

- 製造碳纖維分散液之製程 11
- 將碳纖維分散液流到網狀輸送機的網上而形成薄膜之步驟 12
- 使碳纖維薄片乾燥之步驟 13

此處，碳纖維分散液中含有於碳纖維薄片乾燥後使碳纖維結合之結合劑。

【0026】針對製造碳纖維分散液之步驟 11 加以說明。

作為本發明所使用之碳纖維，可為聚丙烯腈(PAN)系及瀝青系之任一者即可，亦可使用耐焰化處理紗、碳化處理紗，石墨化處理紗之任一者。本發明中，碳纖維為短纖維，較佳為 1~50mm 的長度，若為 1~25mm 之長度則更佳。但，碳纖維長度不限於該等。

又，亦可使用將 PAN 系短纖維與瀝青系短纖維以特定比例混合者，亦可組合使用耐焰化處理紗、碳化處理紗、石墨化處理紗。

【0027】一般市售之碳纖維中，為了使形成複合材料時與基質樹脂的接著性良好，而於碳纖維表面實施電解表

面處理等之表面氧化處理，或為了將碳纖維作為纖維束予以集束，將具有環氧基、羥基、丙烯酸酯基、甲基丙烯酸酯基、羧基、羧酸酐基等之官能基的上漿劑附著於碳纖維表面。

【0028】本發明所使用之碳纖維亦可實施本文所述之表面處理或上漿劑。當然，亦可使用此等表面處理及上漿劑的效果經去除之碳纖維。

【0029】本發明中使用之結合劑係於不織布階段中使短纖維碳纖維彼此結合者，例如於不織布階段成為5~30重量%的重量比率。

【0030】作為此種結合劑，可使用羧甲基纖維素(CMC)、水溶性聚丙烯酸樹脂、聚丙烯酸鈉、聚丙烯醯胺、聚乙烯醇、聚酯、藻酸鈉、糊精、明膠、聚乙烯醇、聚酯等。

【0031】該等結合劑藉由於高溫(例如400°C以上之碳化處理)加熱而分解，成為碳質材料，但結合劑的碳化收率低。然而，由於生成的碳質物質均勻分佈於經開纖的各個碳纖維周圍，同時使碳纖維彼此結合，故於碳化處理後之階段，亦確實維持作為前驅物之形狀。

【0032】又，碳化處理時，由於結合劑大部分會因氣化而逸散，故結合劑之碳化生成物的碳質物質成為空洞多的多孔質狀態，存在於碳纖維外周。

【0033】製造碳纖維分散液時，將經開纖(短纖維)之碳纖維、結合劑、及由水或醇等之有機溶劑所成的分散液

以特定調配比投入槽內並攪拌，形成碳纖維均勻分散於分散液中之混合溶液。為了將碳纖維均勻分散於混合溶液中，亦可將超音波傳導器安裝於槽壁，對混合溶液施加超音波振動。

【0034】使碳纖維分散液流至網狀輸送機之網上形成膜之步驟12中，將製造碳纖維分散液之製程11中製造之混合溶液，自槽壓送至造紙裝置進行造紙處理。作為造紙裝置，可使用長網造紙機、圓網造紙機、單烘缸造紙機(Yankee machine)，雙線造紙機、其他造紙機。此處，以使用長網造紙機之造紙製程為前提加以說明。

【0035】使用長網造紙機之造紙製程中，將碳纖維均勻分散於分散液中之混合溶液自槽壓送至進料部。進料部由於藉由混合溶液通過網狀輸送機的網上僅使分散液通過網而落下，故可於網上面形成薄且均勻而且平坦的薄片。因此，步驟12中，通常(短纖維)碳纖維沿薄片面無規配向，相互纏繞，同時形成於碳纖維周圍存在結合劑及分散液的混合液之狀態的連續薄片。又此步驟中，分散液因重力通過網眼而落下，其大部分脫落。

【0036】又，將碳纖維分散液流至網狀輸送機的網上形成膜後，亦可藉由各種方法壓縮包含殘存分散液之連續薄片進而擠壓分散液。

【0037】其次，針對使碳纖維薄片乾燥之步驟13加以說明。經過使碳纖維分散液流至網狀輸送機的網上形成膜之步驟12而形成之碳纖維的連續薄片，由於並非分散液完

全去除之狀態，故藉由各種方法去除殘存的分散液。例如，亦可以經蒸汽加熱之鐵製筒(氣缸)按壓含有分散液之濕碳纖維的連續薄片使之乾燥。

【0038】經過如以上之步驟，完成(短纖維)碳纖維之連續薄片，但如此所得之通常的碳纖維之連續薄片，處於(短纖維)碳纖維無規配向，相互纏繞的狀態，成為於該碳纖維周圍配置有結合劑之構成，並且該連續薄片狀之碳纖維不織布藉由殘存之結合劑而具有特定的黏著性。如此製造之連續薄片狀的碳纖維不織布，在離開造紙裝置後，根據需要，可於其間夾著脫模紙之狀態，捲繞成捲筒狀，或裁斷為適當尺寸完成碳纖維不織布。

【0039】如此製造之以往的碳纖維不織布，由於短纖維之碳纖維於二維平面內(不織布的平面內)無規配向，故碳纖維不織布自身的機械、熱特性在本來之不織布面內無方向性而為具有等向性者，但藉由控制碳纖維不織布之製造製程，可使本來等向性之不織布的纖維配向具有異向性。

【0040】本發明之二維碳/碳複合材料中使用的異向性不織布，係藉由在以往的碳纖維不織布的製造方法中使碳纖維分散液流至網狀輸送機的網上形成膜之步驟12中，調整分散液向抄紙面的垂直落下速度 V_L 與造紙速度 V_P ，而使短纖維的碳纖維偏多配向於造紙方向上所製造者。本說明書中，刻意使碳纖維偏多於特定方向配向之不織布稱為「使用碳纖維之異向性不織布」或簡稱為「異向性不織布」。

【0041】又，如此製造之薄片狀之異向性不織布中，將多數配向偏碳纖維之方向稱為「強配向方向」，將與該「強配向方向」正交的方向稱為「弱配向方向」。

【0042】又，以往幾近於等向性的碳纖維不織布中之碳纖維，於任一方向均以較大彎曲狀態配置，相對於此，使用此處說明之使用碳纖維的異向性不織布係多數配向偏特定方向之較多碳纖維，即配向於「強配向方向」之碳纖維為不大彎曲，以接近直線狀配置。

【0043】因此，此處說明之異向性不織布中，因碳纖維不織布的纖維配向比率而具有異向性之結果，碳纖維多數配向之方向的碳纖維彎曲程度會減低，且碳纖維多數配向之方向的碳纖維以接近直線的狀態配向之故，使用該異向性不織布製造碳/碳複合材料之情況下，藉由(i)碳纖維多數配向所致的效果，與(ii)藉由碳纖維之彎曲程度減低所致的效果之相乘效果，大幅提高了於碳纖維多數配向之方向上的碳/碳複合材料的(拉伸、彎曲)強度、(拉伸、彎曲)彈性模數之特性。

【0044】其次，針對使用異向性不織布之碳/碳複合材料的製造製程加以說明。圖2顯示使用碳纖維異向性不織布之碳/碳複合材料的製造製程之流程圖。

【0045】首先，於將異向性不織布層合之步驟21，將前述碳纖維不織布裁斷為既定尺寸，藉由將該等以複數片層合獲得既定形狀之平板狀層合體。

【0046】此時，多數配向偏異向性不織布的碳纖維之

第 111141809 號

民國 113 年 6 月 4 日修正

配向方向，即「強配向方向」於一方向上對齊，與異向性不織布多數偏向之配向方向直行之方向，即「弱配向方向」朝另一方向對齊予以層合。因此，「強配向方向」及「弱配向方向」係指沿層合體的層合面之正交的兩方向。

【0047】其次，針對將異向性不織布層合體加熱加壓成形之步驟22加以說明。步驟22中，藉由將步驟21所得之異向性不織布的層合體加熱加壓成形而形成碳/碳複合材料的前驅物(亦稱為「預成形坯」或「母體」)。

【0048】將異向性不織布的層合體加熱加壓成形之步驟22中，係為了以維持異向性不織布之層合體的形狀之狀態，將異向性不織布中所含之有機質結合材轉換為無機質的碳質物質而進行者。

【0049】將平板狀之層合體加熱加壓成形，形成碳/碳複合材料的前驅物時，碳纖維不織布的層合體夾入熱壓的加熱板之間，藉由加熱板加熱層合體同時加壓成形。

【0050】此處，欲加熱之溫度為400℃以上即可，若加熱到該溫度，則可將結合劑轉換為碳質物質。

【0051】碳/碳複合材料的前驅物處於將短纖維的碳纖維結合之結合劑經轉換為碳質物質的狀態，該碳質物質結合保持各個碳纖維，因此，維持了預先經賦形之平板狀的形狀。

【0052】用以形成碳/碳複合材料前驅物之加熱步驟中，結合劑之一部分氣化而消失，結合劑之一部分仍以碳質物質殘存，但氣化消失的部分成為空孔，形成多孔質物

質。

【0053】其次，針對將瀝青或合成樹脂熔融、含浸之步驟 23 加以說明。步驟 23 係用以藉由於多孔質之碳/碳複合材料的前驅物中含浸瀝青或合成樹脂，而將碳填充至碳質物質中的空孔及碳纖維間產生之微空間，形成緊密基質組織所進行之製程。

【0054】步驟 23 中，首先，將放入容器的瀝青或合成樹脂的粉末或粒片加熱熔融。作為此處使用之瀝青為煤焦油瀝青或煤瀝青之任一者均可，期望為含浸性良好且碳化收率高者。又作為合成樹脂，期望使用例如如酚樹脂或呋喃樹脂般之熱硬化性樹脂，且含浸性良好，且碳化收率高者，但不限於此處例示之樹脂。

【0055】其次，於裝入有熔融瀝青或合成樹脂的容器中，浸漬碳/碳複合材料的前驅物，使熔融瀝青或熔融樹脂含浸於前述空孔或微空間內。

此時，亦可將碳/碳複合材料的前驅物置於真空容器內，藉由將熔融瀝青或熔融樹脂流入該真空容器內使熔融瀝青或熔融樹脂含浸。且將碳/碳複合材料的前驅物浸漬於熔融瀝青或熔融樹脂中之後，亦可施加外部壓力，將熔融瀝青或熔融樹脂強制壓入前驅物內部。

【0056】將含浸有熔融瀝青或熔融樹脂之前驅物進行碳化處理之步驟 24，係將含浸有熔融瀝青或熔融樹脂之前驅物，使用碳化爐等，加熱至 800℃ 至 1500℃ 左右，將含浸之瀝青或樹脂轉換為碳。

【0057】含浸於碳/碳複合材料的前驅物中之熔融瀝青或熔融樹脂碳化時，熔融瀝青或熔融樹脂的一部分被轉換為碳，由於一部分氣化而消失，故於熔融瀝青或熔融樹脂所含浸之空間，產生新的微空孔。

【0058】為了藉由碳填充新形成的微空孔，亦可進而重複1次獲複數次之將上述瀝青或合成樹脂熔融並含浸之步驟23及將含浸有熔融瀝青或熔融樹脂之前驅物進行碳化處理之步驟24。

藉由如以上步驟，可完成碳/碳複合材料。

【0059】進而使碳/碳複合材料石墨化之步驟25，根據需要，藉由進行進而將碳/碳複合材料加熱至2000℃~2800℃左右之石墨化處理，亦可將碳/碳複合材料的纖維及基質的碳轉換為具有高度結晶構造的石墨。

【0060】截至目前的說明中，異向性不織布係作為由短纖維的碳纖維與結合劑構成者加以說明，但不限於此。

製造碳纖維分散液之步驟11中，亦可進而添加不具有軟化性的石油及/或煤系焦碳粉末，或添加具有軟化性的石油及/或煤系黏合劑瀝青粉末與不具有軟化性的石油及/或煤系焦碳粉末。

【0061】藉由如此，處於於異向性不織布之結合劑中，分散混合有不具有軟化性的石油及/或煤系焦碳粉末的狀態，或者處於於異向性不織布的結合劑中，分散混合有具有軟化性的石油及/或煤系黏合劑瀝青粉末與不具有軟化性的石油及/或煤系焦碳粉末之狀態。

【0062】如此，若使用含有黏合劑瀝青粉末、焦碳粉末等之異向性不織布製造碳/碳複合材料，則在碳/碳複合材料的製造製程中的熱處理步驟中，大部分或所有黏合劑瀝青、焦碳粉末將作為碳基質殘存於碳/碳複合材料中，而使碳/碳複合材料的高密度化變容易。其結果，可減少碳/碳複合材料的製造製程中將瀝青或合成樹脂熔融、含浸之步驟23的次數，或亦可省略該步驟23。

【0063】其次，針對自將使用短纖維碳纖維之異向性不織布層合而製造之二維碳/碳複合材料製之層合體1加工螺絲零件2之方法加以說明。

本說明書中，所謂螺絲零件2係將螺栓2、總螺絲螺栓2、螺帽2之類予以統稱，此處作為螺絲零件2之例除採用總螺絲螺栓2以外，亦針對其加工方法進行說明。

【0064】圖3係顯示將使用短纖維碳纖維之異向性不織布層合而製造之二維碳/碳複合材料製之層合體1，與自其切出藉由切削加工所得之總螺絲螺栓2之圖。

【0065】如上述，藉由使用異向性不織布之碳/碳複合材料之製造製程所製造之二維碳/碳複合材料製之層合體1，由於係將異向性不織布的方向性對齊層合而形成者，故完成之層合體1亦具有與不織布相同的方向性。

【0066】關於本發明中使用的二維碳/碳複合材料製之層合體1的方向性定義如下。

亦即，將異向性不織布的強配向方向於一方向上對齊並層合，將與所製造的二維碳/碳複合材料的強配向方向

第 111141809 號

民國 113 年 6 月 4 日修正

對應的方向定義為 X 方向，將二維碳/碳複合材料的弱配向方向對應的方向定義為 Y 方向。

【0067】自具有如此的「X方向」及「Y方向」之2個方向性的二維碳/碳複合材料製之層合體1，配合圖3所示的方向切出總螺絲螺栓2。亦即，總螺絲螺栓2的中心軸與層合體1的「Y方向」一致(參考圖3)，「X方向」配向於與螺栓2的中心軸垂直的方向(參考圖3)。

【0068】自二維碳/碳複合材料製之層合體1切出總螺絲螺栓2的素材，將其加工為總螺絲螺栓2之方法未特別限制，可藉由帶鋸或銑床及車床等之眾所周知的機械加工而製造。

【0069】圖4係顯示如此製造之總螺絲螺栓2之與中心軸垂直的剖面之圖，圖5係顯示圖4所示之總螺絲螺栓2的剖面A-A(沿螺栓中心軸的剖面)者，二維碳/碳複合材料製之層合體1的「X方向」及「Y方向」配向於如圖3所示之方向。

【0070】一般，自纖維強化複合材料的層合體1藉由機械加工製造螺栓2等時，圖4所示之區域P中的螺紋將支撐螺栓2的軸荷重，此在本發明的總螺絲螺栓2中亦可謂如此。

因此，本發明之螺絲零件2，在對向之區域P中，存在有層合體1的「X方向」(即碳纖維較多配向之方向)。其結果，提高了碳纖維對螺絲零件2強度的貢獻度，可顯著提高螺絲零件2的強度。

[實施例]

【0071】使用上述之異向性不織布，製作平板狀碳/碳複合材料，以此為素材，切削加工出M8及M12尺寸的總螺絲螺栓2，進行螺栓2之靜荷重試驗及螺栓2的熱應力強度試驗。二維(平板狀)碳/碳複合材料的製作細節以及各試驗之細節如下。

【0072】

1. 使用(異向性)不織布之平板狀碳/碳複合材料之製作

實施例中，使用瀝青系短纖維碳纖維，使碳纖維偏多配向於造紙方向製造異向性不織布。因此，於與造紙方向正交之方向配向的碳纖維之量相應地減少。因此，造紙方向成為異向性不織布的強配向方向，與造紙方向正交之方向成為弱配向方向。

【0073】又，此處使用之異向性不織布僅由碳纖維與結合劑構成，不含黏合劑瀝青粉末或焦炭粉末。

又，以使完成的碳/碳複合材料的碳纖維含有率(體積含有率Vf)成為40%之方式調整異向性不織布中的碳纖維量。

【0074】二維碳/碳複合材料之層合體1之製造製程中將異向性不織布層合之步驟21中，使異向性不織布的強配向方向對準層合體1的X方向，將異向性不織布的弱配向方向對準層合體1之Y方向予以層合。因此，多數碳纖維配向於層合體1的X方向，較少碳纖維配向於層合體1的Y方向。

【0075】又，將瀝青或合成樹脂熔融、含浸之步驟23與進行碳化處理之步驟24各僅實施1次。且，進行石墨化處理之步驟25係於2500°C進行熱處理。

【0076】自實施例中試作之5片平板狀碳/碳複合材料，分別切出試驗片、測定X方向及Y方向的彎曲強度、拉伸彈性模數及熱膨脹係數。其結果示於表1(各測定值係表示5片平板之測定值的平均值)。又表1中一併顯示X方向與Y方向之彎曲強度比 σ_X/σ_Y 、 E_X/E_Y 、 α_X/α_Y 。

【0077】

表1 實施例之異向性的二維碳/碳複合材料之特性

項 目	X 方向	Y 方向
彎曲強度 σ_X 、 σ_Y	350 GPa	140 GPa
拉伸彈性模數 E_X 、 E_Y	75 GPa	20 GPa
熱膨脹係數 α_X 、 α_Y	0.46×10^{-6} 1/K	0.62×10^{-6} 1/K
彎曲強度比 σ_X/σ_Y	2.50	
拉伸彈性模數比 E_X/E_Y	3.75	
熱膨脹係數比 α_X/α_Y	0.74	

【0078】即，實施例中製作之異向性的二維碳/碳複合材料，於X方向與Y方向之彎曲強度比及拉伸彈性模數比分別成為2.50倍、3.75倍，可實現異向性1.5倍以上的異向性，此係使用以往之等向性不織布的二維碳/碳複合材料無法實現者。

【0079】又，X方向與Y方向之熱膨脹係數比成為0.74倍，可實現0.8倍以下之異向性，此係使用以往之等向性不織布的二維碳/碳複合材料無法實現者。

【0080】其次，針對比較例加以說明。比較例中，於

第 111141809 號

民國 113 年 6 月 4 日修正

製造不織布之階段，以不使碳纖維偏多配向於特定方向之方式進行造紙。因此，於不織布之平面中，短纖維碳纖維大致均等地分散配向，成為平面內具有等向性特性之不織布。除此以外，比較例與實施例之不織布的製造步驟沒有不同。

【0081】又，平板狀碳/碳複合材料之製造製程中，除了層合等向性不織布形成層合體以外，與實施例中製造平板狀碳/碳複合材料的製程沒有不同。

【0082】自比較例試作的5片等向性碳/碳複合材料，分別切出試驗片，測定彎曲強度、拉伸彈性模數及熱膨脹係數。其結果示於表2。(各測定值係表示5片平板之測定值的平均值)。

【0083】

表2 比較例之等向性的二維碳/碳複合材料之特性

項 目	
彎曲強度 σ	190 MPa
拉伸彈性模數 E	40 Gpa
熱膨脹係數 α	$0.51 \times 10^{-6} 1/K$

【0084】

2. 螺栓2(總螺絲螺栓)的靜荷重強度試驗

實施例中，自上述異向性二維碳/碳複合材料，使具有如圖3所示的方向性，藉由機械加工削出螺栓2(總螺絲螺栓)。亦即，以使總螺絲螺栓2的中心軸方向與具有異向性的二維碳/碳複合材料之Y方向一致之方式配向。實施例中，製作M8及M12尺寸的總螺絲螺栓2。

【0085】又，為了與實施例對比，製作比較例1及比較例2之總螺絲螺栓2。比較例1中，以使總螺絲螺栓2之中心軸方向與具有異向性的二維碳/碳複合材料的X方向一致之方式配向，自上述異向性的二維碳/碳複合材料，藉由機械加工削出M8及M12尺寸的總螺絲螺栓2。

【0086】進而，比較例2中，自上述比較例之等向性二維碳/碳複合材料，藉由機械加工削出M8及M12尺寸的總螺絲螺栓2。

【0087】於此處製作之實施例及比較例1與比較例2之M8及M12尺寸的總螺絲螺栓2的兩端安裝金屬製的螺帽4，以將該金屬製的螺帽4沿著總螺絲螺栓2的軸心拉離的方式拉開，進行總螺絲螺栓2的靜荷重強度試驗(拉伸荷重試驗)。其結果示於表3。

【0088】

表3 實施例及比較例之總螺絲螺栓2之靜荷重強度試驗結果

項 目	M8 螺栓 螺絲部強度	M12 螺栓 螺絲部強度
實施例 螺栓中心軸方向與異向性二維碳/碳複合材料的Y方向(碳纖維的弱配向方向)一致的螺栓2	211 Kgf	811 Kgf
比較例1 螺栓中心軸方向與異向性二維碳/碳複合材料的X方向(碳纖維的強配向方向)一致的螺栓2	137 Kgf	549 Kgf
比較例2 由等向性二維碳/碳複合材料製造的螺栓2	181 Kgf	692 Kgf

【0089】如由該結果所了解，實施例之總螺絲螺栓 2 (螺栓的中心軸方向與異向性二維碳/碳複合材料的 Y 方向(碳纖維的弱配向方向)一致的螺栓)，與比較例 1 的總螺絲螺栓 2(螺栓的中心軸方向與異向性二維碳/碳複合材料的 X 方向(碳纖維的強配向方向)一致的螺栓)或比較例 2 之總螺絲螺栓 2(由等向性二維碳/碳複合材料製造之螺栓)相比，具有優異的螺絲部強度。

【0090】

3. 螺栓 2 的熱應力強度試驗

使用與螺栓 2(總螺絲螺栓)之靜荷重強度試驗中使用的實施例的 M8 及 M12 尺寸的總螺絲螺栓 2(異向性二維碳/碳複合材料製螺栓)相同的總螺絲螺栓 2 及與比較例 2 之 M8 及 M12 尺寸之總螺絲螺栓 2(等向性二維碳/碳複合材料螺栓)同樣的總螺絲螺栓 2 進行熱應力強度試驗。

【0091】熱應力強度試驗藉由以下順序進行。首先，如圖 6 所示，將總螺絲螺栓 2 插入於中心具有貫通孔之等向性石墨製間隔件 3 的貫通孔中，使等向性石墨製的螺帽 4 螺合於總螺絲螺栓 2 的兩端，藉由一定轉矩緊固等向性石墨製的螺帽 4，使等向性石墨製間隔件 3、等向性石墨製的螺帽 4 及 M8 或 M12 尺寸的總螺絲螺栓 2 一體化。

【0092】其次，於惰性氣體環境中，將一體化之供試體加熱至 1200℃ 及 2000℃，隨後，將經一體化之供試體冷卻至常溫後，針對供試體中的 M8 及 M12 尺寸的總螺絲螺栓 2 是否產生損傷進行外觀檢查，進行 M8 及 M12 尺寸的總螺

絲螺栓 2 的熱應力強度評價。

表 4 顯示總螺絲螺栓 2 的熱應力強度試驗的結果。

【 0093 】

表 4 總螺絲螺栓 2 的熱應力強度試驗的結果

	尺寸	升溫溫度	
		1200°C	2000°C
實施例 螺栓中心軸方向與異向性二維 碳/碳複合材料的 Y 方向(碳纖 維的弱配向方向)一致的螺栓 2	M8	無螺絲損壞 或鬆動	無螺絲損壞 或鬆動
	M12	無螺絲損壞 或鬆動	無螺絲損壞 或鬆動
比較例 2 由等向性二維碳/碳複合材料製 造的螺栓 2	M8	螺絲損壞， 等向性石墨 製的螺帽 4 未旋轉	螺絲損壞， 等向性石墨 製的螺帽 4 未旋轉
	M12	螺絲損壞	螺絲損壞， 等向性石墨 製的螺帽 4 未旋轉

【 0094 】 假定與具有比碳/碳複合材料熱膨脹係數大一位數的熱膨脹係數的等向性石墨製的間隔件 3 組合組裝的狀況，即使施加大的溫度差(1200°C 及 2000°C)，實施例(螺栓的中心軸方向與異向性二維碳/碳複合材料的 Y 方向(碳纖維的弱配向方向)一致的螺栓)，未觀察到螺絲因熱應力而損壞或鬆動。

【 0095 】 另一方面，以與實施例之總螺絲螺栓 2 相同條件實施之比較例 2 (由等向性二維碳/碳複合材料製造的螺栓)，觀察到所有螺絲因熱應力而損壞。

【 0096 】 亦即，實施例之總螺絲螺栓 2，相較於比較

例2的總螺絲螺栓2，熱應力強度較優異，可說是實施例之總螺絲螺栓2的熱應力緩和效果顯著。

【0097】此認為係因為實施例之總螺絲螺栓2的軸心方向的熱膨脹係數比比較例2的總螺絲螺栓2的軸心方向的熱膨脹係數大，具有更接近等向性石墨製間隔件3的熱膨脹係數的值，及總螺絲螺栓2的軸心方向的拉伸彈性模數具有較比較例2的總螺絲螺栓2之軸心方向的拉伸彈性模數更小的值之相乘效果的結果，使熱應力緩和效果變顯著。

【符號說明】

【0098】

- 1:異向性二維碳/碳複合材料之層合體
- 2:螺絲零件(螺栓、總螺絲螺栓、螺帽)
- 3:間隔件
- 4:金屬製的螺帽、或等向性石墨製的螺帽
- 11:製造碳纖維分散液之步驟
- 12:將碳纖維分散液流到網上形成膜之步驟
- 13:使碳纖維薄片乾燥之步驟
- 21:將異向性不織布層合之步驟
- 22:將異向性不織布層合體加熱加壓成形之步驟
- 23:將瀝青或合成樹脂熔融、含浸之步驟
- 24:對含浸有熔融瀝青或熔融樹脂的前驅物進行碳化處理之步驟
- 25:將碳/碳複合材料進行石墨化處理之步驟

【發明申請專利範圍】

【請求項1】一種螺絲零件，其係將使用短纖維碳纖維之異向性不織布層合而製造之二維碳/碳複合材料製的螺絲零件，其特徵係

將異向性不織布的短纖維碳纖維較多配向的方向稱為強配向方向，將與強配向方向正交之方向稱為弱配向方向，

以使異向性不織布的強配向方向於一方向對齊予以層合，並將所製造之二維碳/碳複合材料之強配向方向定義為X方向，將二維碳/碳複合材料的弱配向方向定義為Y方向時，

使螺絲零件的中心軸方向與具有異向性之二維碳/碳複合材料的Y方向一致之方式予以配向。

【請求項2】如請求項1之螺絲零件，其中前述具有異向性之二維碳/碳複合材料的X方向之彎曲強度與Y方向之彎曲強度的比具有以下條件：

$$[X\text{方向之彎曲強度}]/[Y\text{方向之彎曲強度}]>1.5。$$

【請求項3】如請求項1或2之螺絲零件，其中前述具有異向性之二維碳/碳複合材料的X方向之拉伸彈性模數與Y方向之拉伸彈性模數的比具有以下條件：

$$[X\text{方向之拉伸彈性模數}]/[Y\text{方向之拉伸彈性模數}]>1.5。$$

【請求項4】如請求項1或2之螺絲零件，其中前述具有異向性之二維碳/碳複合材料的X方向之熱膨脹係數與Y

方向之熱膨脹係數的比具有以下條件：

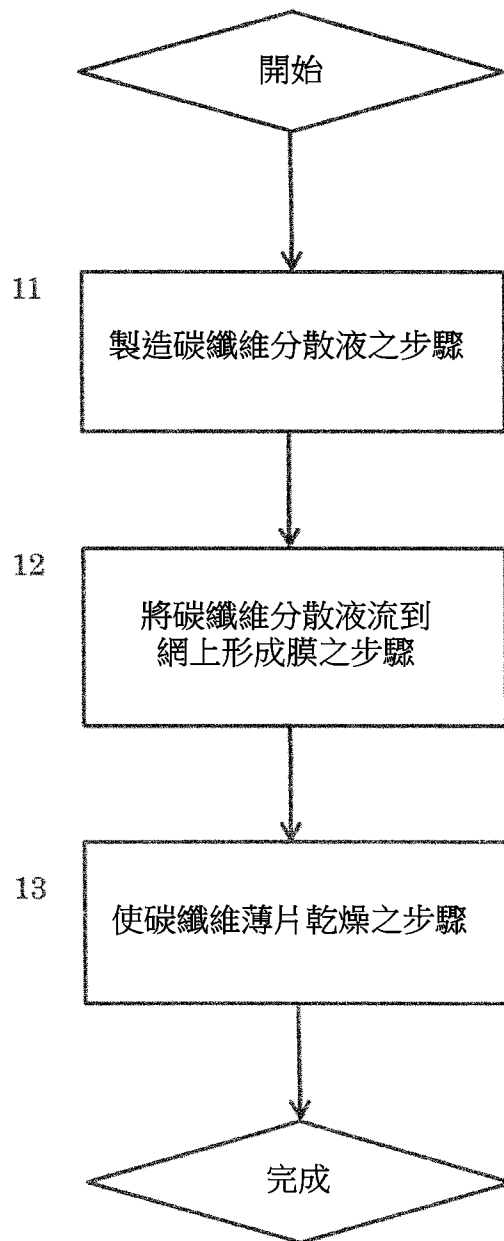
$$[\text{X方向之熱膨脹係數}]/[\text{Y方向之熱膨脹係數}] < 0.8。$$

【請求項 5】如請求項 3 之螺絲零件，其中前述具有異向性之二維碳/碳複合材料的 X 方向之熱膨脹係數與 Y 方向之熱膨脹係數的比具有以下條件：

$$[\text{X方向之熱膨脹係數}]/[\text{Y方向之熱膨脹係數}] < 0.8。$$

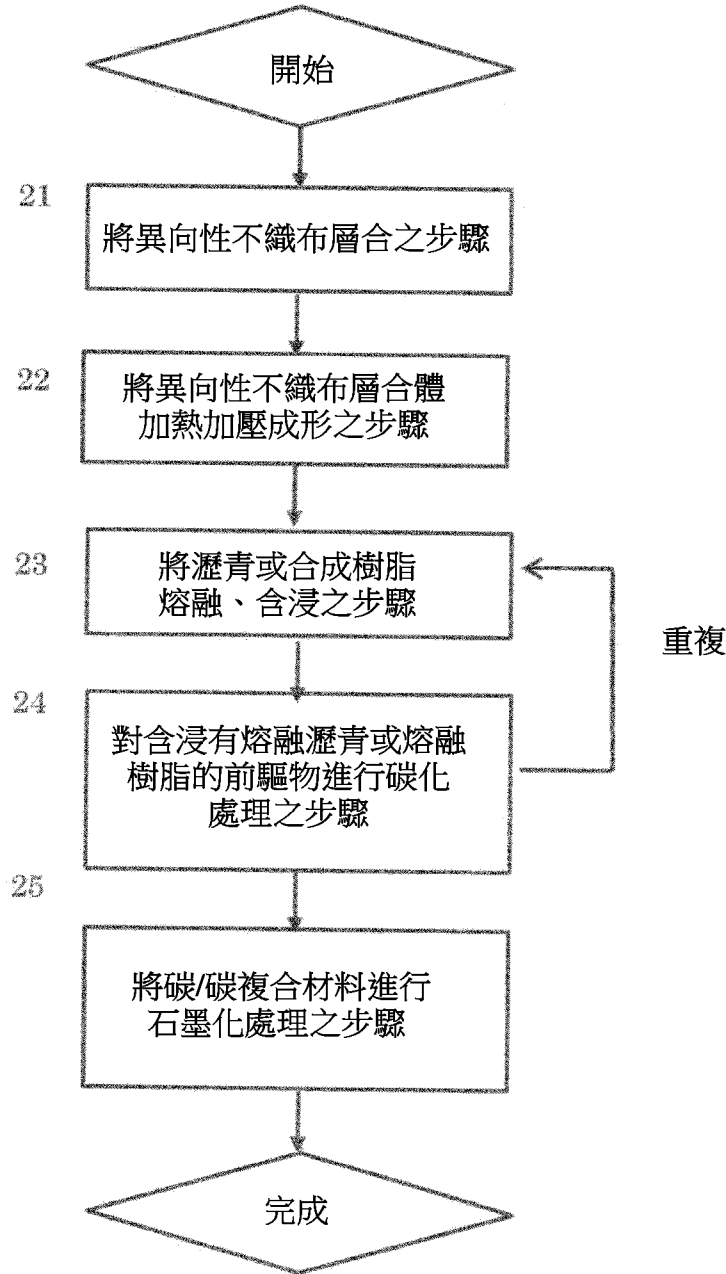
【發明圖式】

短纖維碳纖維不織布之製造製程

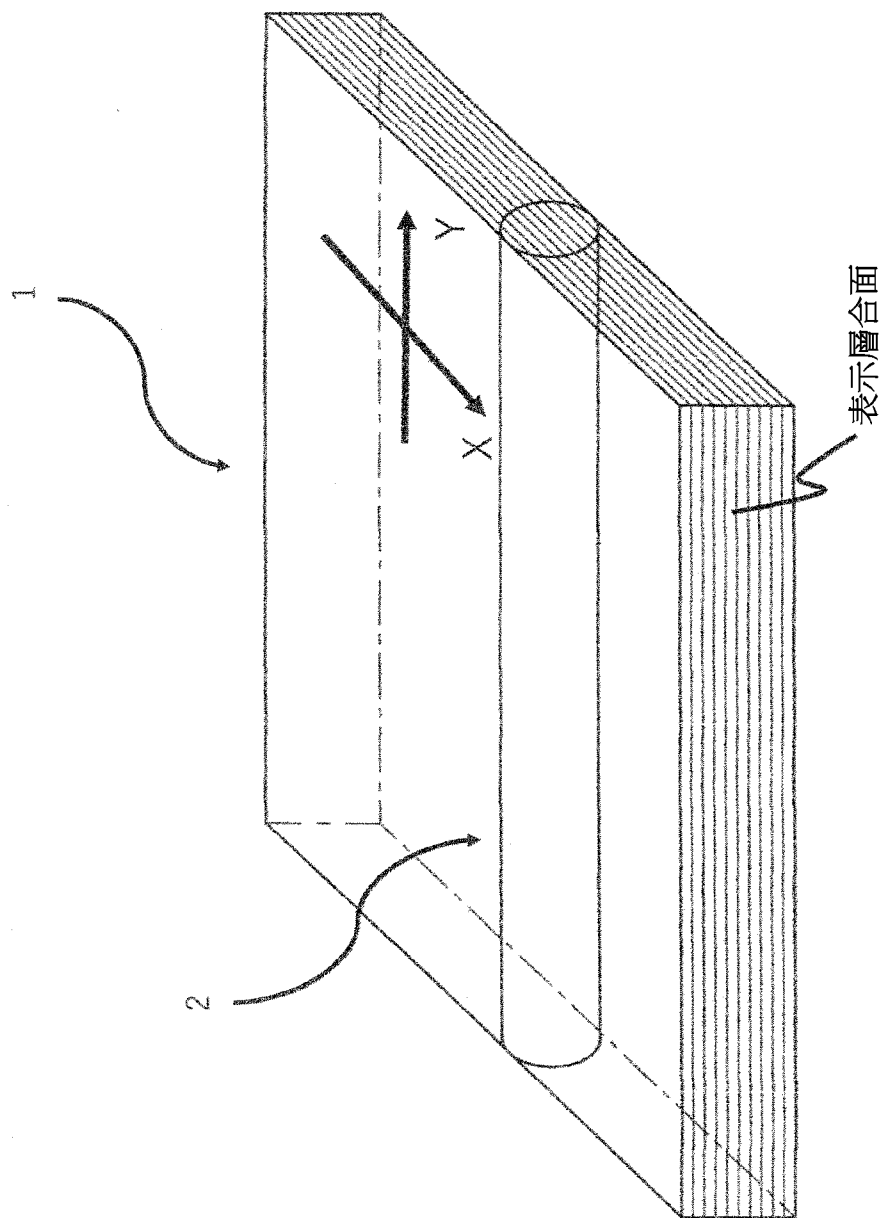


【圖 1】

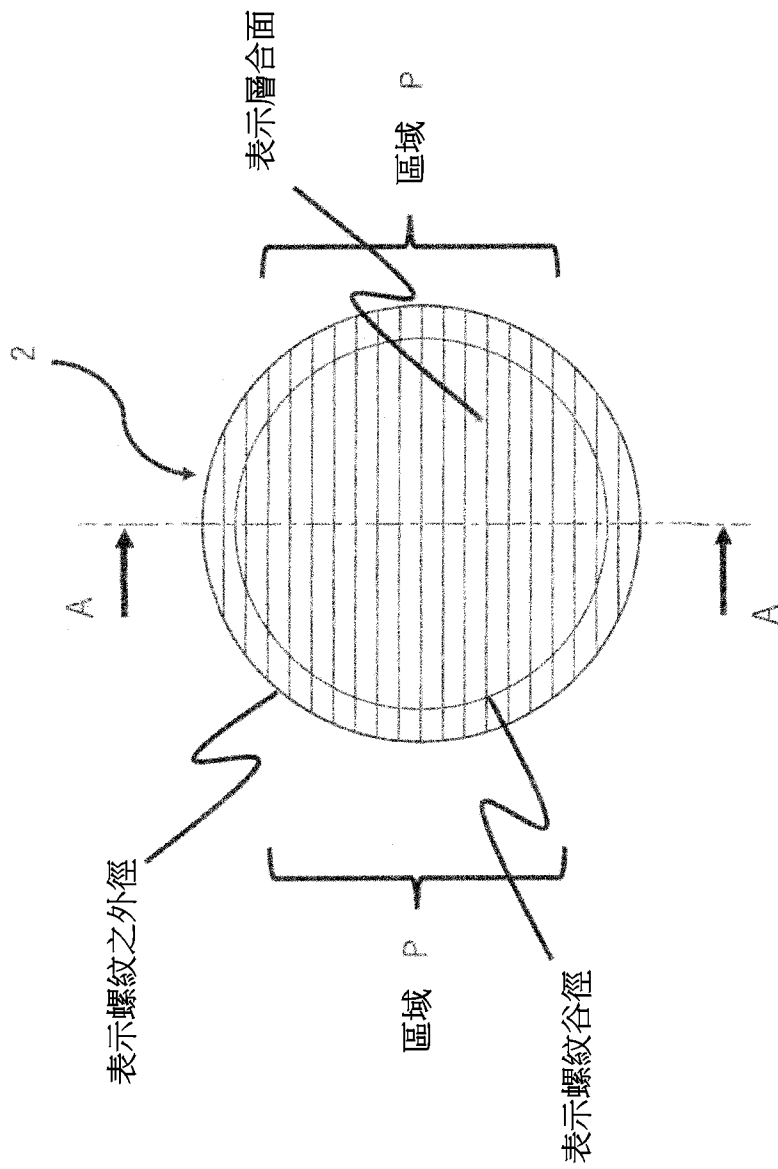
使用異向性不織布之碳/碳複合材料之製造製程



【圖 2】

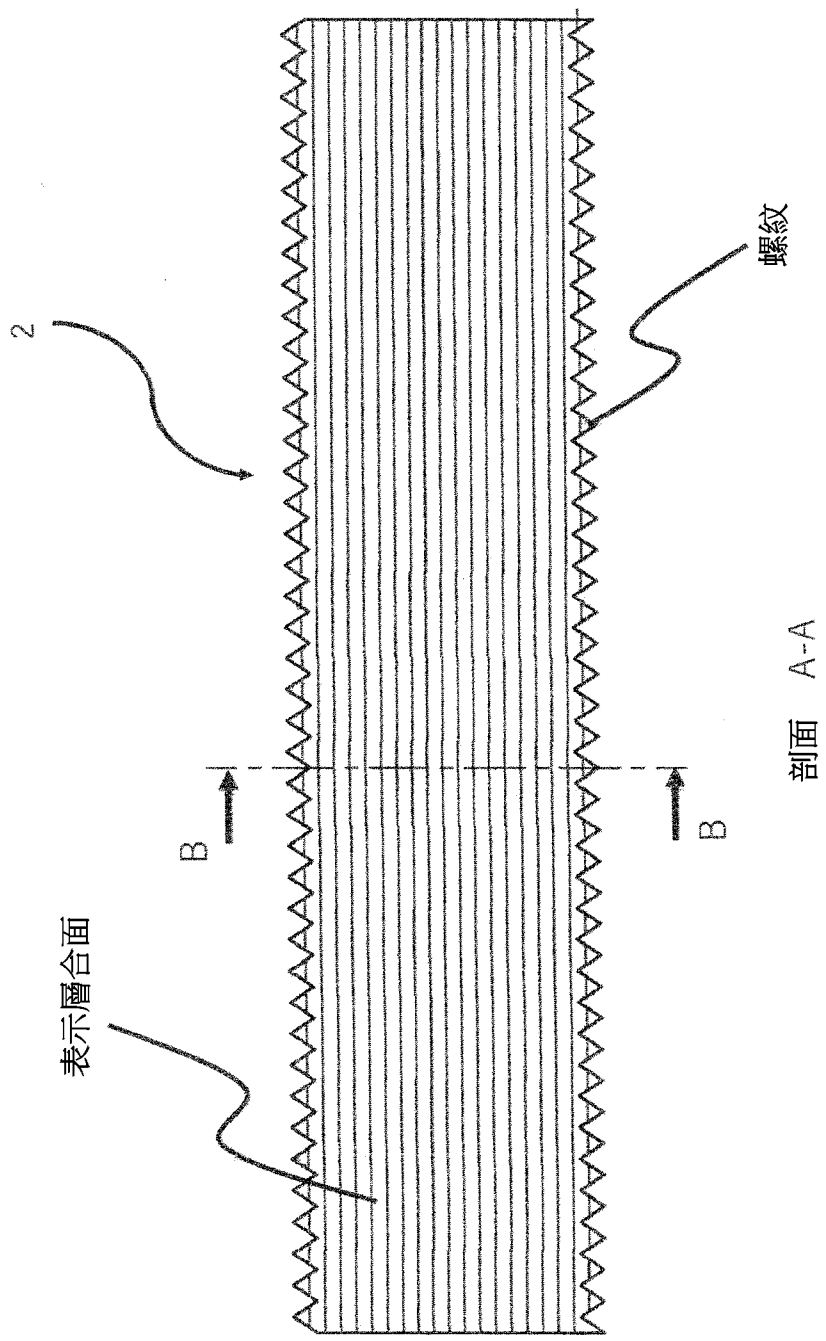


【圖 3】

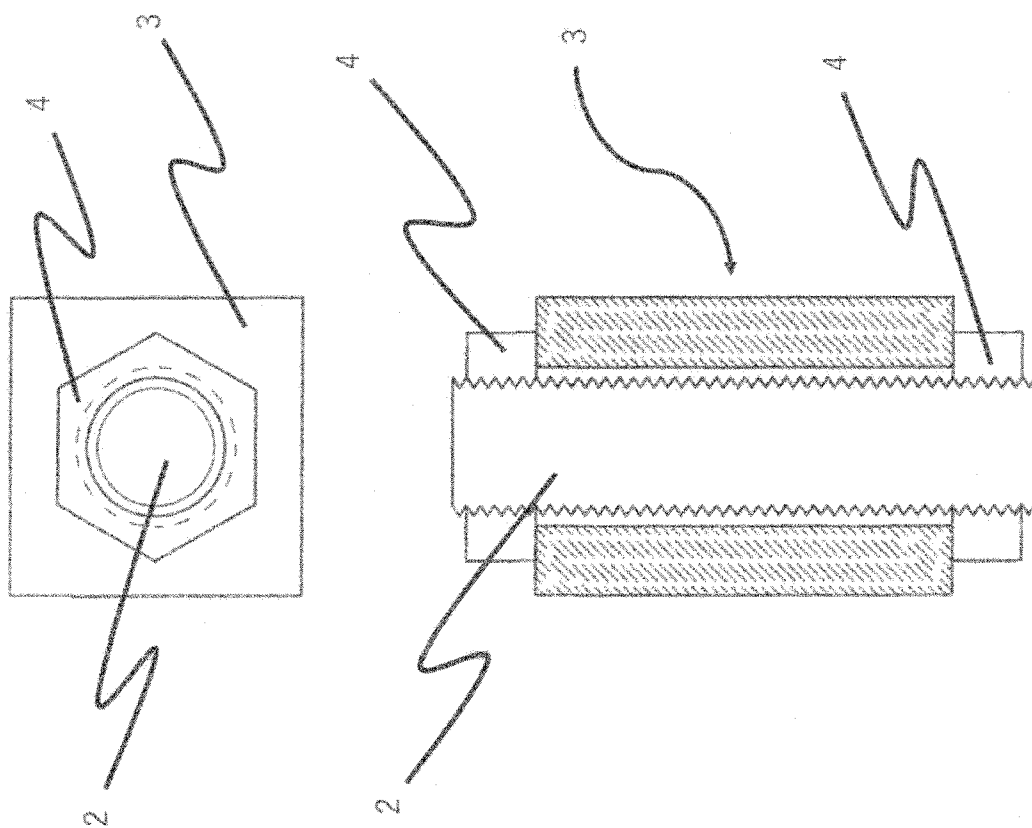


剖面 B-B

【圖 4】



【圖 5】



【圖6】