



(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 I801851 B

(45)公告日：中華民國 112 (2023) 年 05 月 11 日

(21)申請案號：110114926

(22)申請日：中華民國 110 (2021) 年 04 月 26 日

(51)Int. Cl. : F16F1/14 (2006.01)

B21C23/08 (2006.01)

(30)優先權：2020/05/15 世界智慧財產權組織 PCT/JP2020/019498

(71)申請人：日商三菱製鋼股份有限公司(日本) MITSUBISHI STEEL MFG. CO., LTD. (JP)
日本

(72)發明人：佐山博信 SAYAMA, HIRONOBU (JP)； 広兼徹 HIROKANE, TORU (JP)

(74)代理人：洪武雄；陳昭誠

(56)參考文獻：

JP 2007-127227A

JP 2020-38010A

審查人員：杜在國

申請專利範圍項數：12 項 圖式數：14 共 25 頁

(54)名稱

中空彈簧及其製造方法

(57)摘要

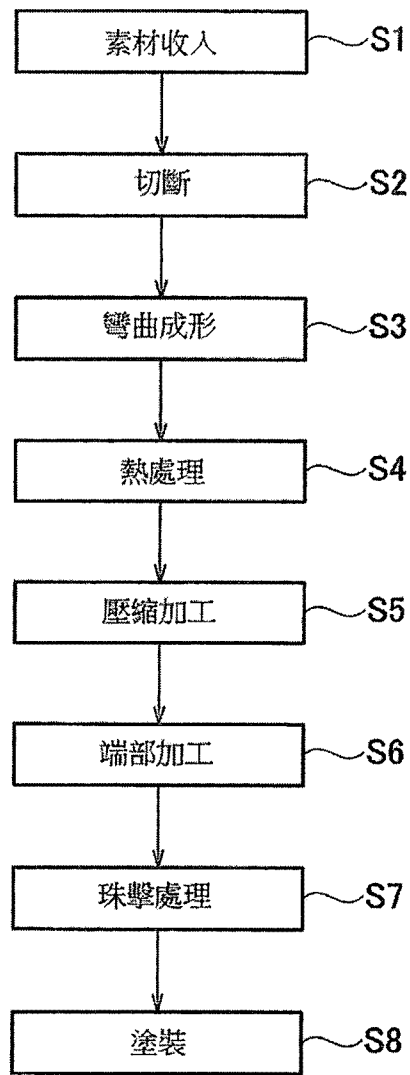
本發明之中空彈簧的製造方法係包含：提供要用於中空彈簧之管狀構件(10)的步驟；及對於管狀構件(10)之外表面的至少一部分從周方向施加壓縮力而對於管狀構件(10)之內表面的至少一部分賦予壓縮殘留應力的步驟；藉由對於管狀構件(10)之內表面賦予壓縮殘留應力而提高管狀構件(10)的疲勞壽命。對於管狀構件(10)之外表面施加力的步驟，係包含以壓頭(1)沖壓管狀構件(10)的步驟。壓頭(1)係具有可對於管狀構件(10)之外表面的至少一部分從周方向施加壓縮力之形狀的按壓面(1a)。

The method of the present invention includes a step of providing a tubular member (10) used for a hollow spring, and a step of applying a compressive force to at least a part of the outer surface of the tubular member (10) from the circumferential direction to apply a compressive residual stress to the inner surface of the tubular member (10). The method of the present invention improves the fatigue life of the tubular member (10) by applying compressive residual stress to the inner surface of the tubular member (10). The step of applying a force to the outer surface of the tubular member (10) includes a step of pressing the tubular member (10) with an indenter (1). The indenter (1) has a pressing surface (1a) having a shape capable of applying a compressive force from the circumferential direction to at least a part of the outer surface of the tubular member (10).

指定代表圖：

符號簡單說明：

S1~S8:步驟



【圖1】

公告本

【發明摘要】

I801851

- 【中文發明名稱】 中空彈簧及其製造方法
- 【英文發明名稱】 HOLLOW SPRING AND MANUFACTURING METHOD
THEREOF

【中文】

本發明之中空彈簧的製造方法係包含：提供要用於中空彈簧之管狀構件（10）的步驟；及對於管狀構件（10）之外表面的至少一部分從周方向施加壓縮力而對於管狀構件（10）之內表面的至少一部分賦予壓縮殘留應力的步驟；藉由對於管狀構件（10）之內表面賦予壓縮殘留應力而提高管狀構件（10）的疲勞壽命。對於管狀構件（10）之外表面施加力的步驟，係包含以壓頭（1）沖壓管狀構件（10）的步驟。壓頭（1）係具有可對於管狀構件（10）之外表面的至少一部分從周方向施加壓縮力之形狀的按壓面（1a）。

【英文】

The method of the present invention includes a step of providing a tubular member (10) used for a hollow spring, and a step of applying a compressive force to at least a part of the outer surface of the tubular member (10) from the circumferential direction to apply a compressive residual stress to the inner surface of the tubular member (10). The method of the present invention improves the fatigue life of the tubular member (10) by applying compressive residual stress to the inner surface of the tubular member (10). The step of applying a force to the outer surface of the tubular member (10) includes a step of pressing the tubular member (10) with an indenter (1). The indenter (1) has a pressing surface (1a)

having a shape capable of applying a compressive force from the circumferential direction to at least a part of the outer surface of the tubular member (10).

【指定代表圖】圖1

【代表圖之符號簡單說明】

S1~S8:步驟

【特徵化學式】

無。

【發明說明書】

【中文發明名稱】 中空彈簧及其製造方法

【英文發明名稱】 HOLLOW SPRING AND MANUFACTURING METHOD
THEREOF

【技術領域】

【0001】本發明係關於一種使疲勞壽命提高的中空彈簧及其製造方法。

【先前技術】

【0002】汽車等車輛受到輕量化的要求，已探討研究了一種中空彈簧。例如，作為中空彈簧的一種來說，為了減少車體轉彎時所產生的搖晃，乃提供了一種將鋼管等彎曲加工成預定形狀而成的中空穩定器（stabilizer）。近年來，從省資源、省能源等的觀點來看，輕量化的要求有更加上揚的傾向，更加提升了從實心穩定器轉為中空穩定器的需求（參照專利文獻1）。

【0003】在中空彈簧中，通常管的內表面的壓力比外表面低，但若對於外表面施以珠擊處理（shot peening）而賦予壓縮殘留應力，則外表面的應力被緩和，外表面與內表面的應力差將變小。若為了使中空彈簧輕量化而將壁厚變薄，則此傾向變得更為顯著，有時亦會產生以內表面為起點的折損。

【0004】一般來說由於疲勞壽命從表面產生，故藉由對於中空彈簧的內表面賦予壓縮殘留應力則可緩和內表面的應力，而能夠提高中空彈簧的疲勞壽命。例如，在專利文獻2中，已揭示一種在管道（pipe）的孔配置反射構件，藉由反射部來反射所投出的珠粒，且對於內表面施行珠擊處理而對於內表面賦予壓縮殘留應力的技術。在引用文獻3中，已揭示一種藉由導引（guide）構件將

珠粒的反射構件對應管道之孔的內表面進行支撐，且藉由線纜（wire）使之沿著管道的孔移動的技術。

[先前技術文獻]

[專利文獻]

【0005】

專利文獻1：日本特開平7-89325號公報

專利文獻2：日本特開2009-107031號公報

專利文獻3：日本特開2009-125827號公報

【發明內容】

[發明所欲解決的課題]

【0006】然而，在專利文獻2及3所揭示的技術中，配置在管道之孔的反射構件、導引構件或線纜、用以回收珠粒的集塵機等設備需要有一定的構成零件。此外，在管道的彎曲部中，由於在藉由線纜使反射構件移動時，導引構件會沿著內表面而滑動，故內表面會有產生擦傷之虞。再者，由於在管道的孔配置反射構件等且使之移動，故亦會有無法完全對應更複雜之形狀或細徑之管道的情形。

【0007】本實施型態係有鑑於上述的實際情況而提案者，而目的為提供一種藉由對於內表面賦予壓縮殘留應力而提高疲勞壽命的中空彈簧及其製造方法。

[用以解決問題的手段]

【0008】為了解決上述的問題，本申請之中空彈簧，係由鋼管所構成，鋼管係對於內表面的至少一部分賦予有朝向鋼管之軸方向的壓縮殘留應力者，以減輕對於鋼管施加負荷時所產生之朝向鋼管之軸方向的拉伸應力。

【0009】前述至少一部分係可包含對於中空彈簧施加負荷時拉伸應力會集中之鋼管之特定之部位的內表面。中空彈簧可為穩定器，前述至少一部分係可包含構成穩定器之鋼管的彎曲部。

【0010】此外，本申請之中空彈簧的製造方法係包含：提供要用於中空彈簧之鋼管的步驟；及對於鋼管之外表面的至少一部分從周方向施加壓縮力而對於鋼管之內表面的至少一部分賦予壓縮殘留應力的步驟；藉由對於鋼管的內表面賦予壓縮殘留應力而提高鋼管的疲勞壽命。

【0011】對於鋼管之外表面施加壓縮力的步驟，係可包含以壓頭沖壓鋼管的步驟。壓頭係可具有可對於鋼管之外表面的至少一部分從周方向施加壓縮力之形狀的按壓面。按壓面係可沿著鋼管的外表面而朝周方向延伸。按壓面係可在鋼管的周方向上達到半周。按壓面係可在鋼管的軸方向上具有相對向於鋼管之外表面的圓角形狀。要以壓頭沖壓的鋼管，係可被支撐於平坦的面上。

【0012】鋼管係可彎曲加工成預定的形狀。鋼管係可被熱處理過。

【0013】本申請之中空彈簧係藉由上述之中空彈簧的製造方法製造而成者。

[發明之功效]

【0014】依據本發明，中空彈簧係對於鋼管的內表面賦予壓縮殘留應力，而可提高疲勞壽命。

【圖式簡單說明】

【0015】

圖1係顯示製造中空彈簧之一連串之步驟的流程圖。

圖2係顯示管狀構件的三面圖。

圖3係顯示應用於管狀構件之平直 (straight) 部之中空彈簧之製造方法的立體圖。

圖4係顯示應用於管狀構件之平直 (straight) 部之中空彈簧之製造方法的側視圖。

圖5係顯示應用於管狀構件之平直 (straight) 部之中空彈簧之製造方法的剖面圖。

圖6係顯示經壓縮加工後之管狀構件之平直部之內表面上之最小主應力之分布的立體圖。

圖7係顯示疲勞試驗之結果的圖表。

圖8係顯示應用於管狀構件之彎曲部之中空彈簧之製造方法的立體圖。

圖9係顯示應用於管狀構件之彎曲部之中空彈簧之製造方法的俯視圖。

圖10係顯示應用於管狀構件之彎曲部之中空彈簧之製造方法的剖面圖。

圖11係顯示經壓縮加工後之管狀構件之彎曲部之內表面上之最小主應力之分布的立體圖。

圖12係顯示對於管狀構件施加負荷時所產生之最大主應力之大小之分布的俯視圖。

圖13係顯示圖12之管狀構件之彎曲部中之最大主應力之大小之分布的局部放大立體圖。

圖14係顯示圖13之彎曲部之內表面上之最大主應力之分布的立體圖。

【實施方式】

【0016】 以下參照圖式詳細地說明中空彈簧及其製造方法的實施型態。本實施型態之中空彈簧係由鋼管所構成，且對於鋼管的外表面從周方向施加壓縮

力而對於鋼管的內表面賦予壓縮殘留應力，藉此提高中空彈簧之疲勞強度而成者。

【0017】在本實施型態中，係設定中空穩定器作為中空彈簧進行說明。在中空穩定器中，除了與形成於端部之其他構件之連結部以外之中空穩定器的本體，即相當於本實施型態的中空彈簧。本實施型態之中空彈簧，不限定為中空穩定器，亦可適用於例如汽車之懸吊用的中空彈簧等其他種類的中空彈簧。

【0018】如圖1的流程圖所示，中空穩定器係藉由素材之鋼管的收入（步驟S1）、切斷（步驟S2）、彎曲加工（步驟S3）、熱處理（步驟S4）、壓縮加工（步驟S5）、端部加工（步驟S6）、珠擊處理（步驟S7）、塗裝（步驟S8）之一連串的步驟而製造。

【0019】本實施型態之中空彈簧的製造方法，係相當於步驟S5之壓縮加工的步驟。在本實施型態之中空彈簧的製造方法中，係提供經過素材的收入（步驟S1）、切斷（步驟S2）、彎曲加工（步驟S3）、熱處理（步驟S4）之步驟後的鋼管，且對於此鋼管施行有壓縮加工（步驟S5）。壓縮加工（步驟S5），係可在端部加工（步驟S6）的步驟之後而非緊接在熱處理（步驟S4）之後進行。

【0020】另外，雖與圖1所示之順序有所不同，但在中空穩定器的製造步驟中，端部加工（步驟S6）亦可在熱處理（步驟S4）之前進行。在此情形下，壓縮加工（步驟S5）係接續著熱處理（步驟S4）來進行。

【0021】在以下的說明中，為了方便起見，係將經過圖1之步驟S1至步驟S4的步驟，而要應用相當於步驟S5之本實施型態之中空彈簧之製造方法的鋼管稱為管狀構件。

【0022】圖2係顯示管狀構件10的三面圖。圖2（a）係俯視圖，圖2（b）係前視圖，圖2（c）係側視圖。管狀構件10係藉由彎曲加工而形成為大致U字

形，在第一端11的附近具有第一彎曲部13，在第二端12的附近具有第二彎曲部14，第一彎曲部13及第二彎曲部14之外係形成有平直部。

【0023】茲說明沖壓壓頭將管狀構件10壓縮加工的方法，以作為本實施型態之中空彈簧的製造方法。在本實施型態中，係將管狀構件10分開為平直部與彎曲部分別進行說明。

【0024】首先說明將本實施型態應用於管狀構件10之平直部的情形。圖3至圖5係顯示應用於管狀構件10之平直部之本實施型態之中空彈簧之製造方法的圖。圖3係立體圖，圖4係側視圖，圖5係圖4之切斷面V-V的剖面圖。

【0025】管狀構件10的平直部係被支撐在未圖示之基台之大致水平延伸之平坦的頂面上。在管狀構件10的軸方向上於預定的位置，以在軸方向上用預定寬度覆蓋管狀構件10之上半部之方式配置壓頭1。

【0026】壓頭1係具有可對於管狀構件10之外表面之至少一部分從周方向施加壓縮力之形狀的按壓面1a。詳而言之，按壓面1a係沿著管狀構件10的外表面朝周方向延伸，且以覆蓋管狀構件10之上半部之方式在周方向上達到半周。此外，壓頭1係在管狀構件10的軸方向上具有相對向於管狀構件10之外表面而鄰接之圓角形狀的按壓面1a。壓頭1係可由工具鋼所構成。

【0027】藉由沖壓如此之壓頭1而對於管狀構件10從周方向施加壓縮力而將管狀構件10進行壓縮加工。如圖5所示，具有圓角形狀之壓頭1的按壓面1a，係在朝管狀構件10之徑方向延伸的剖面上以預定的範圍鄰接於管狀構件10的外表面。按壓面1a鄰接於管狀構件10之外表面的範圍，係在管狀構件10的周方向的上半部延伸，按壓面1a鄰接於管狀構件10之外表面之範圍的整體，係形成：在正交於管狀構件10之軸的平面內沿著管狀構件10的外表面而延伸的上半圓。

【0028】若在此狀態下沖壓壓頭1，會對於管狀構件10從周方向施加壓縮力，而在管狀構件10的內表面上，壓頭1之按壓面1a鄰接於外表面之範圍的附近

雖會欲朝管狀構件10的軸方向變形，但被周圍的材料限制了位移。因此，在去掉了壓頭1所沖壓之荷重時，對於管狀構件10的內表面會賦予朝軸方向的壓縮殘留應力。

【0029】圖6係顯示經壓縮加工後之管狀構件10之平直部之內表面上之最小主應力之分布的立體圖。最小主應力的分布，係藉由有限要素法(Finite Element Method)計算而得者。在此的最小主應力，係相當於屬於負值的壓縮應力。由於在去掉壓頭1所沖壓的荷重之後殘留著最小主應力乙事已獲確認，故明顯賦予有壓縮殘留應力。最小主應力係如圖中的箭頭所示，可觀察到大致朝著管狀構件10的軸方向。

【0030】經由實驗而確認了對於管狀構件10之平直部所帶來之壓縮加工的效果。茲使用實施有熱處理的鋼管作為要壓縮加工的對象物。鋼管的大小，係外徑28.6mm、板厚4mm、長度300mm。在實驗中，係對於鋼管的內表面貼上應變儀，且從在壓縮加工的前後於鋼管的內表面所檢出的應變而算出了殘留應力。

【0031】在表1中係顯示有沖壓的負荷荷重與應變及殘留應力之關係的實驗結果。在表1中，所謂壓縮時係指對於沖壓施加上負荷時的值，所謂解除時係指從沖壓去掉負荷時的值。

【0032】

表1

負荷荷重 (N)	應變 ($\mu \varepsilon$)		應力 (MPa)	
	壓縮時	解除時	壓縮時	解除時
101640	-925	-32	-190.55	-6.592
127050	-1367	-257	-281.6	-52.942
152460	-2314	-1222	-476.68	-251.73
177870	-3261	-2187	-671.77	-450.52
203280	-4208	-3152	-866.85	-649.31

【0033】參照表1，可觀察到在去掉沖壓之負荷的解除時，鋼管之內表面的壓力係負值，藉由壓縮加工對於鋼管的內表面賦予了壓縮殘留應力。此外，隨著負荷荷重增加，解除時之鋼管之內表面之負值的壓力減少，且在壓縮加工中所施加之壓縮力愈大，壓縮殘留應力就愈增加。

【0034】再者，實施4點彎曲疲勞試驗而確認了賦予至管狀構件10之平直部之壓縮殘留應力的效果。在疲勞試驗的對象物中，係使用了：針對在壓縮加工的實驗作為對象物的鋼管，以與壓縮加工之實驗相同的條件在表1所示之負荷荷重之內藉由152460N的沖壓進行壓縮加工而成者。

【0035】在表2中，係顯示有：針對施行有壓縮加工的鋼管與未施行有壓縮加工的鋼管，分別就二個對象物實施疲勞試驗的結果。圖7係針對表2所示之疲勞試驗的結果，將橫軸設為耐久次數，縱軸設為負荷應力而顯示為圖表。在圖7中，資料點A係無壓縮加工，資料點B係有壓縮加工。

【0036】

表2

	負荷應力 (MPa)	耐久次數
無壓縮加工	720	551000
	684	848000
有壓縮加工	792	126000
	756	616000

【0037】於圖7中，在實施有疲勞試驗之耐久次數的附近，針對有壓縮加工的二個資料點A、無壓縮加工的二個資料點B分別結合、延長，獲得耐久次數與負荷應力之間的線形關係。參照此關係，有壓縮加工和無壓縮加工的任何情形，都可觀察到耐久次數隨著負荷壓力增加而減少。另一方面，可觀察到，對應相同之負荷壓力的耐久次數，有壓縮加工比無壓縮加工更大幅地增加。從此觀之，藉由對於管狀構件施行壓縮加工而對於內表面賦予壓縮殘留應力，管狀構件的疲勞壽命提高之事更臻明瞭。

【0038】接著說明將本實施型態應用於管狀構件10之彎曲部的情形。圖8至圖10係顯示應用於管狀構件10之彎曲部之本實施型態之中空彈簧之製造方法的圖。圖8係立體圖，圖9係俯視圖，圖10係圖9之切斷面X-X的剖面圖。

【0039】管狀構件10的彎曲部係被支撐在未圖示之基台之大致水平延伸之平坦的頂面上。在管狀構件10的軸方向上於預定的位置，以在軸方向上用預定範圍覆蓋管狀構件10之上半部之方式配置壓頭1。應用於管狀構件10之彎曲部的壓頭1，雖可具有與前述之應用於管狀構件10之平直部之壓頭不同的形狀，但為了使此等對應關係更為明確，乃使用相同的參照符號進行說明。

【0040】壓頭1係具有可對於管狀構件10之外表面之至少一部分從周方向施加壓縮力之形狀的按壓面1a。詳而言之，按壓面1a係沿著管狀構件10的外表面朝周方向延伸，且以覆蓋管狀構件10之上半部之方式在周方向上達到半周。此外，壓頭1係在管狀構件10的軸方向上具有相對向於管狀構件10之外表面而鄰接之圓角形狀的按壓面1a。壓頭1係可由工具鋼所構成。

【0041】藉由沖壓如此之壓頭1而對於管狀構件10從周方向施加壓縮力而將管狀構件10進行壓縮加工。管狀構件10之彎曲部的情形，亦與針對平直部所示的圖5同樣地，具有圓角形狀之壓頭1的按壓面1a，係在朝管狀構件10之徑方向延伸的剖面上以預定的範圍鄰接於管狀構件10的外表面。如圖10所示，按壓面1a鄰接於管狀構件10之外表面的範圍，係在管狀構件10的周方向的上半部延伸，按壓面1a鄰接於管狀構件10之外表面之範圍的整體，係形成：在正交於管狀構件10之軸的平面內沿著管狀構件10的外表面而延伸的上半圓。

【0042】若在此狀態下沖壓壓頭1，會對於管狀構件10從周方向施加壓縮力，而在管狀構件10的內表面上，壓頭1之按壓面1a鄰接於外表面之範圍的附近雖會欲朝管狀構件10的軸方向變形，但被周圍的材料限制了位移。因此，在去掉了壓頭1所沖壓之荷重時，對於管狀構件10的內表面會賦予朝軸方向的壓縮殘留應力。

【0043】圖11係顯示經壓縮加工後之管狀構件10之彎曲部之內表面上之最小主應力之分布的立體圖。最小主應力的分布，係藉由有限要素法計算而得者。在此的最小主應力，係相當於屬於負值的壓縮應力。由於在去掉壓頭1所沖壓的荷重之後殘留著最小主應力乙事已獲確認，故明顯賦予有壓縮殘留應力。最小主應力係如圖中的箭頭所示，可觀察到大致朝著管狀構件10的軸方向。

【0044】圖12係顯示對於管狀構件10施加負荷時所產生之最大主應力之大小之分布的俯視圖。圖12係藉由有限要素法求出對於管狀構件10之第一端11與第二端12之間施加負荷時所產生之最大主應力之大小之分布而得者。在此的最大主應力，係相當於屬於正值的拉伸應力。圖中，顯示愈暗的區域其最大主應力就愈大，在黑色的區域最大主應力為最大，在白色的區域最大主應力為最小。在圖12中，可觀察到在接近第一端11的第一彎曲部13中最大主應力為最大。

【0045】圖13係顯示圖12之管狀構件10之第一彎曲部13中之最大主應力之大小之分布的局部放大立體圖。可觀察到在第一彎曲部13中，最大主應力較大的區域，係大致沿著管狀構件10的軸方向延伸著。

【0046】圖14係顯示圖13之第一彎曲部13中之最大主應力之分布的圖。最大主應力的分布，係藉由有限要素法計算而得者。在此的最大主應力，係相當於屬於正值的拉伸應力。如圖中的箭頭所示，可觀察到最大主應力的方向係大致朝著管狀構件10的軸方向。

【0047】在此，參照圖11所示之經壓縮加工後之管狀構件10之彎曲部之內面中之最小主應力的分布，在彎曲部中，相當於藉由壓縮加工所賦予之壓縮殘留應力的最小主應力，係大致朝著管狀構件10的軸方向。相當於圖13及圖14所示之對於管狀構件施加負荷時所產生之管狀構件10之拉伸應力之最大主應力的方向，係與最小主應力之方向大致相同的軸方向。因此，藉由相當於最小主應力之負值的壓縮殘留應力即可降低相當於最大主應力之正值的拉伸應力。

【0048】因此，藉由將管狀構件10之如第一彎曲部13之因為負荷而產生大的拉伸應力的部位予以壓縮加工而賦予壓縮殘留應力，可降低所產生的拉伸應力，藉此可緩和拉伸應力。藉由此方式，即可減輕因為拉伸應力所導致之管狀構件10之內表面的負擔，提高管狀構件10的疲勞壽命。

【0049】綜上所述，依據本實施型態，在構成中空彈簧的管狀構件10中，可對於內表面賦予壓縮殘留應力，且可提高疲勞壽命。詳而言之，藉由以壓頭1沖壓，不管是管狀構件10的平直部或彎曲部，都可對於所期望之部位的內表面賦予壓縮殘留應力。壓縮殘留應力的賦予，透過沖壓壓頭即足夠，因此不需要複雜的設備構成等。

【0050】此外，可對於如對中空穩定器施加負荷時拉伸應力會集中而變為高應力之彎曲部之特定部位的內表面賦予壓縮殘留應力。藉由此方式，即可藉由壓縮殘留應力減低高應力之部位的拉伸應力而提高疲勞壽命。此外，在管狀構件10的彎曲部中，可以相當於壓縮殘留應力之最小主應力的方向與相當於拉伸應力之最大主應力之方向一致之方式賦予壓縮殘留應力。

[產業上的可利用性]

【0051】本發明係可利用於使用於汽車等車輛之中空彈簧及製造方法上。

【符號說明】

【0052】

1:壓頭

1a:按壓面

10:管狀構件

11:第一端

12:第二端

13:第一彎曲部

14:第二彎曲部

S1~S8:步驟

【發明申請專利範圍】

【請求項1】 一種中空彈簧，係由鋼管所構成，前述鋼管係僅對於內表面的一部分賦予有朝向前述鋼管之軸方向的壓縮殘留應力以減輕對於前述鋼管施加負荷時所產生之朝向前述鋼管之軸方向的拉伸應力；

前述內表面的一部分係指對於前述中空彈簧施加負荷時拉伸應力會集中之前述鋼管之特定之部位的內表面。

【請求項2】 如請求項1所述之中空彈簧，其中，前述中空彈簧係穩定器，前述內表面的一部分係指構成前述穩定器之鋼管的彎曲部。

【請求項3】 一種中空彈簧的製造方法，係包含：

提供要用於中空彈簧之鋼管的步驟；及

對於前述鋼管之外表面的至少一部分從周方向施加壓縮力而對於前述鋼管之內表面的至少一部分賦予壓縮殘留應力的步驟；

藉由對於前述鋼管的內表面賦予壓縮殘留應力而提高前述鋼管的疲勞壽命。

【請求項4】 如請求項3所述之中空彈簧的製造方法，其中，對於前述鋼管之外表面施加壓縮力的步驟，係包含以壓頭沖壓前述鋼管的步驟。

【請求項5】 如請求項4所述之中空彈簧的製造方法，其中，前述壓頭係具有可對於前述鋼管之外表面的至少一部分從周方向施加壓縮力之形狀的按壓面。

【請求項6】 如請求項5所述之中空彈簧的製造方法，其中，前述按壓面係沿著前述鋼管的外表面而朝周方向延伸。

【請求項7】 如請求項6所述之中空彈簧的製造方法，其中，前述按壓面係在前述鋼管的周方向上延伸達到半周。

【請求項8】如請求項5至請求項7中任一項所述之中空彈簧的製造方法，其中，前述按壓面係在前述鋼管的軸方向上具有相對向於前述鋼管之外表面的圓角形狀。

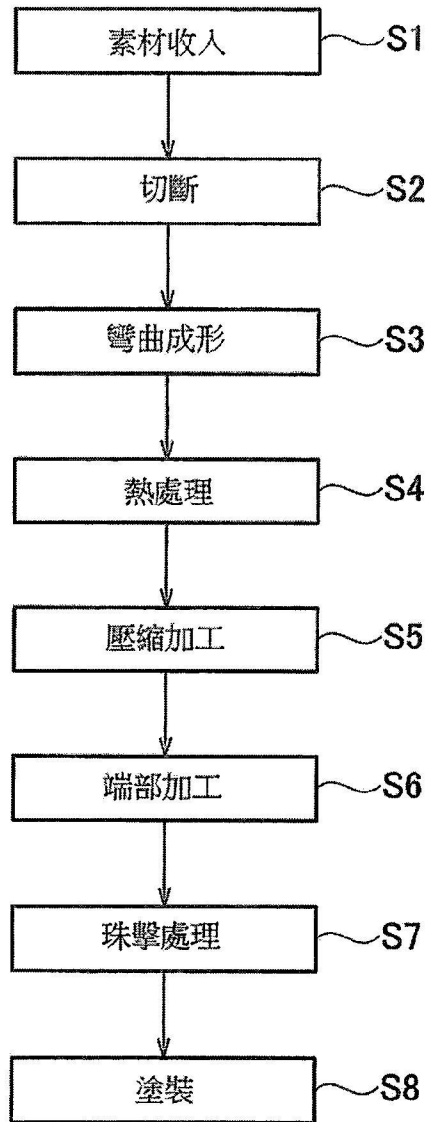
【請求項9】如請求項4至請求項7中任一項所述之中空彈簧的製造方法，其中，要以前述壓頭沖壓的鋼管，係被支撐於平坦的面上。

【請求項10】如請求項3至請求項7中任一項所述之中空彈簧的製造方法，其中，前述鋼管係彎曲加工成預定的形狀。

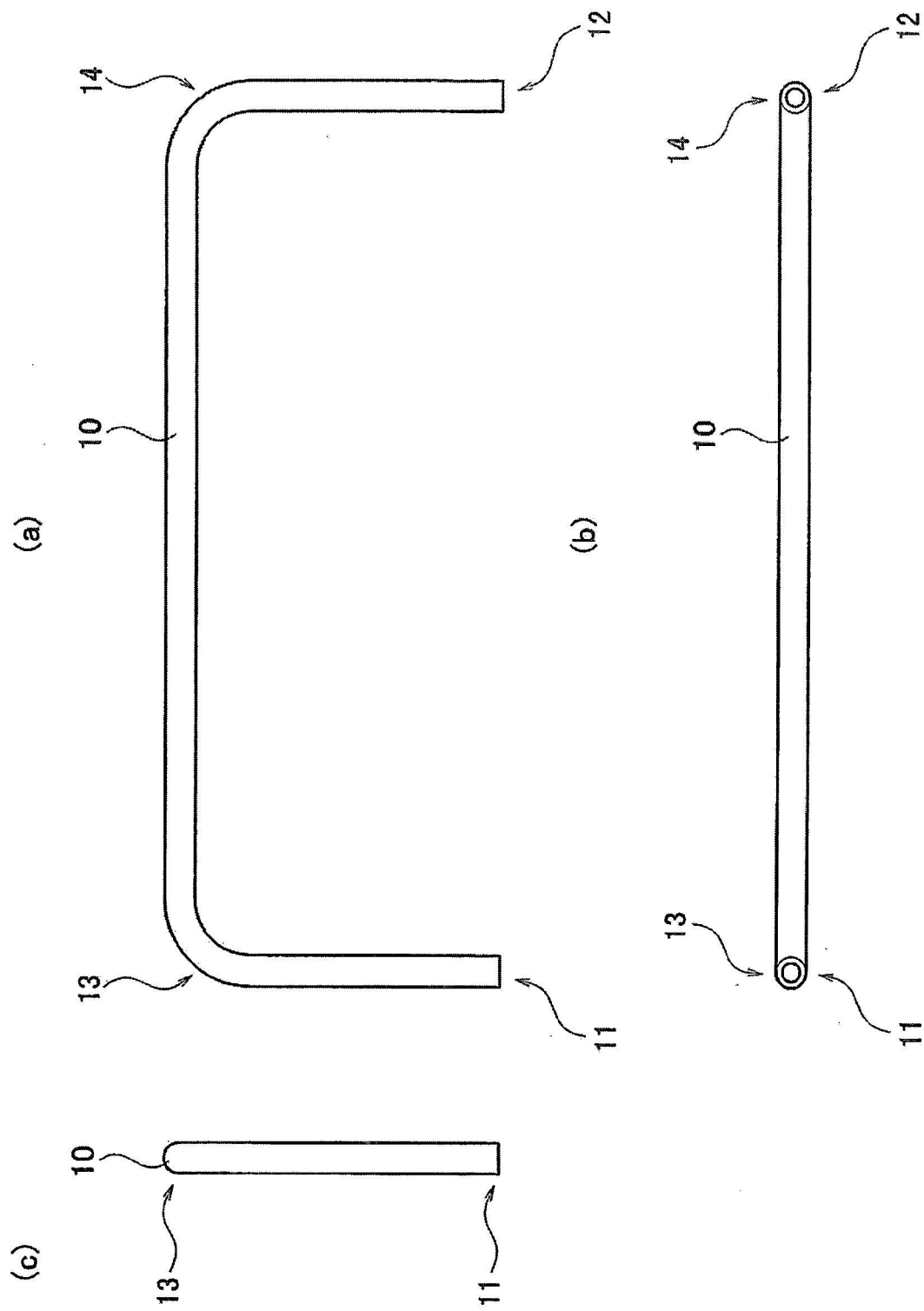
【請求項11】如請求項3至請求項7中任一項所述之中空彈簧的製造方法，其中，前述鋼管係經過熱處理。

【請求項12】一種中空彈簧，係藉由請求項3至請求項11中任一項所述之中空彈簧的製造方法製造而成。

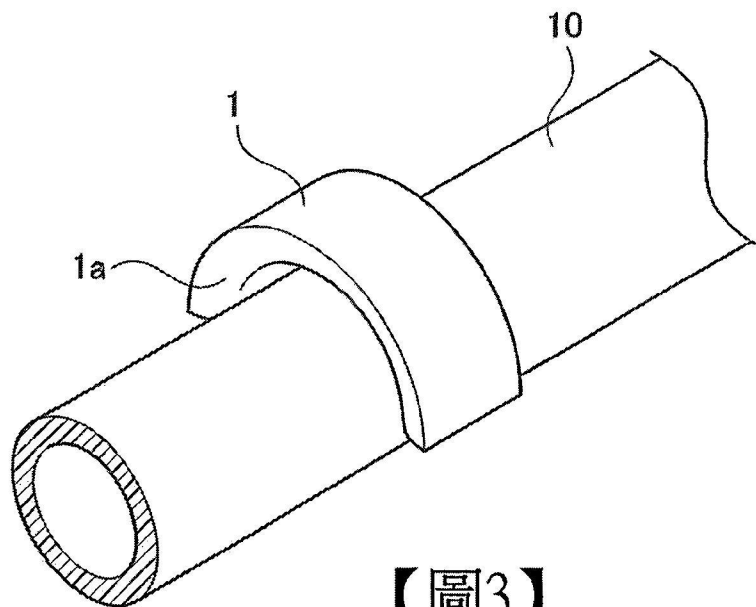
【發明圖式】



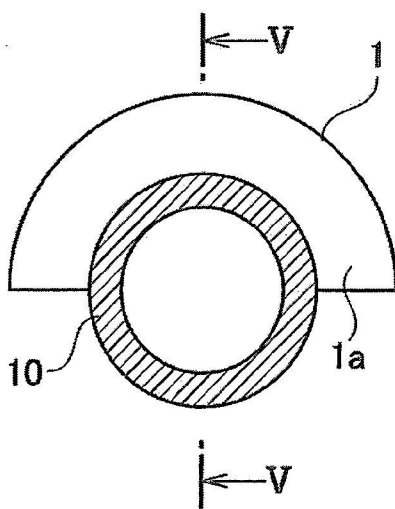
【圖1】



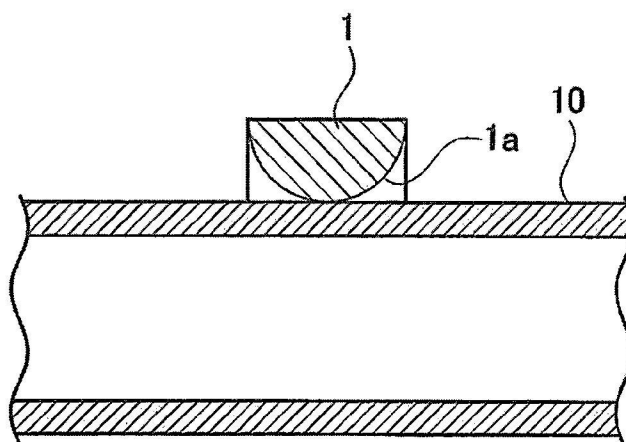
【圖2】



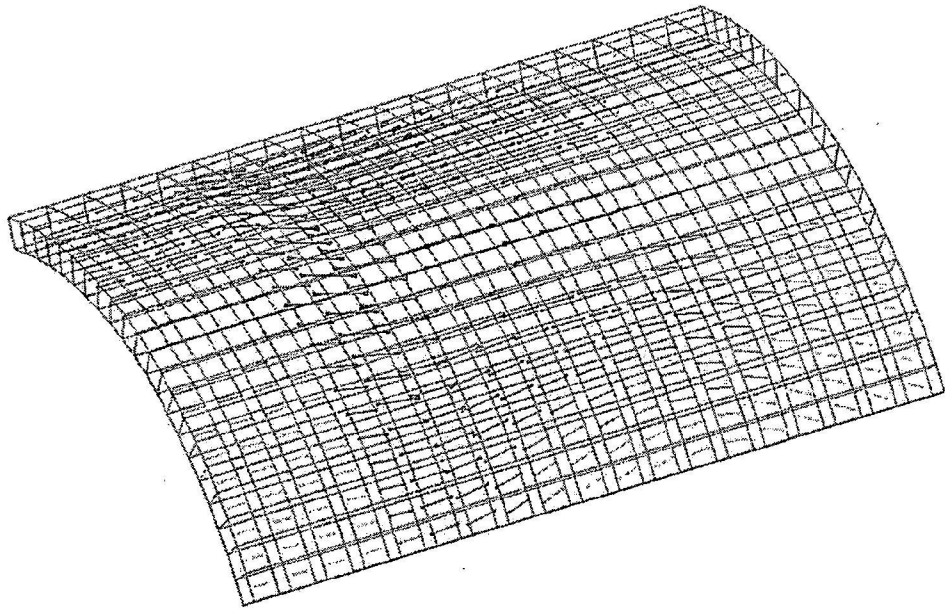
【圖3】



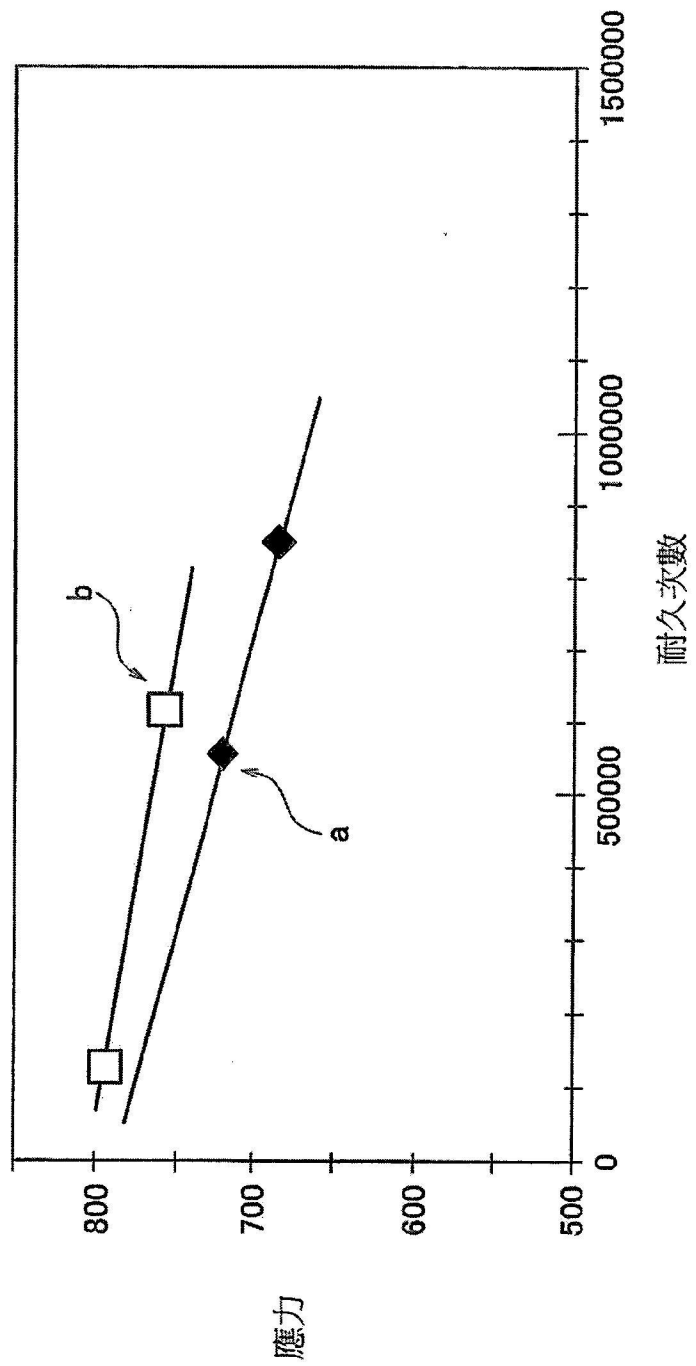
【圖4】



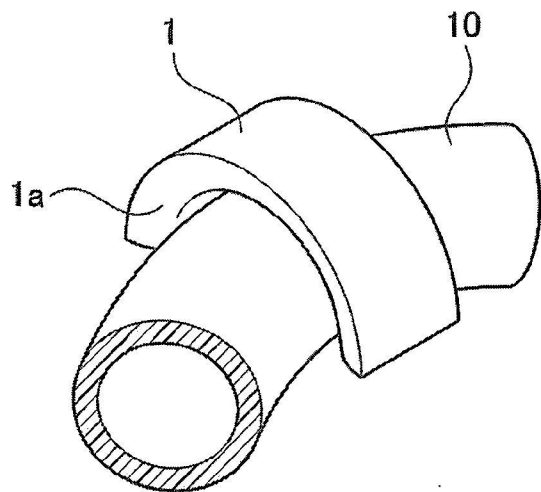
【圖5】



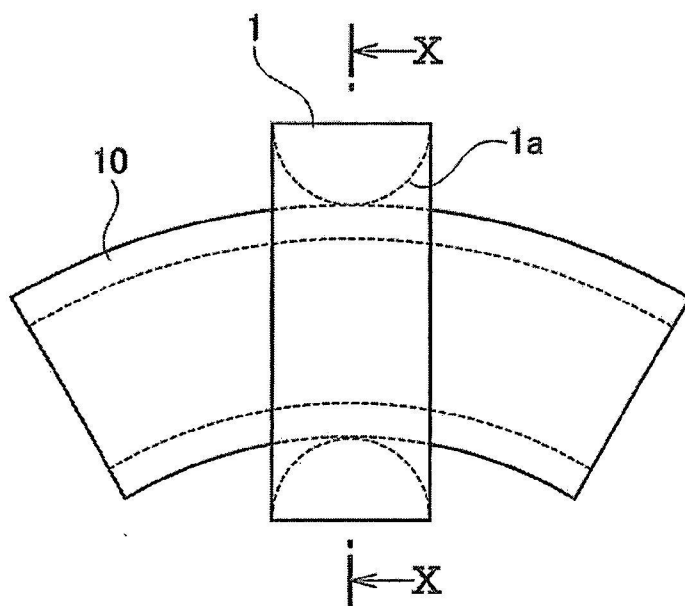
【圖6】



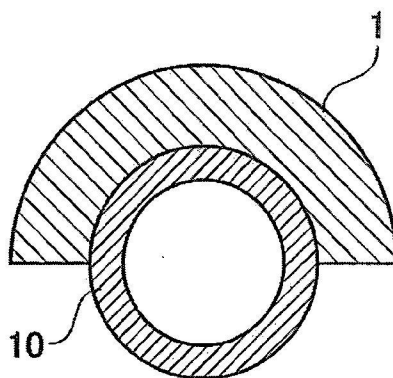
【圖7】



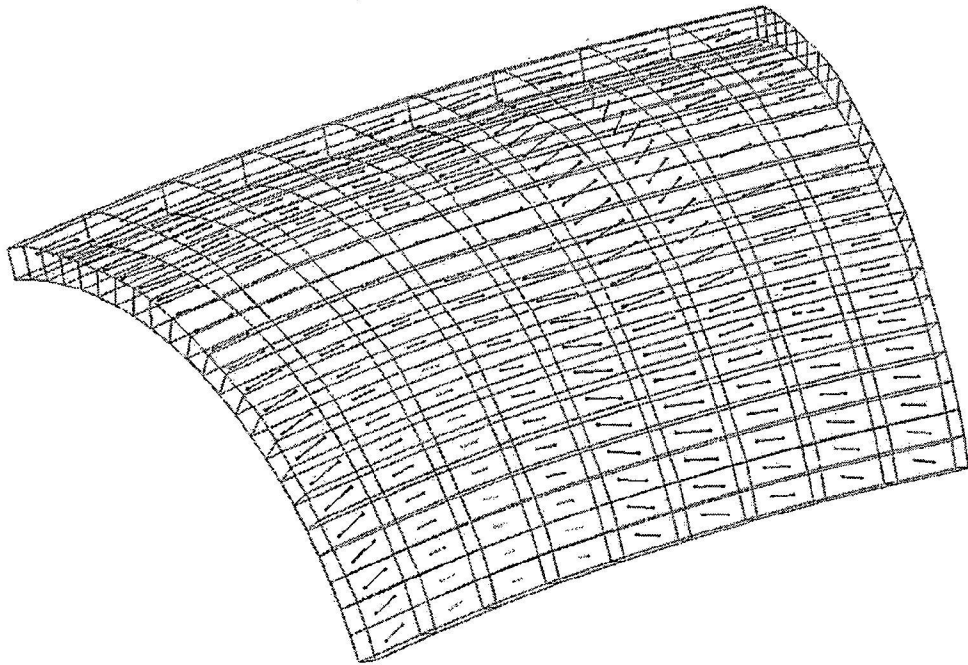
【圖8】



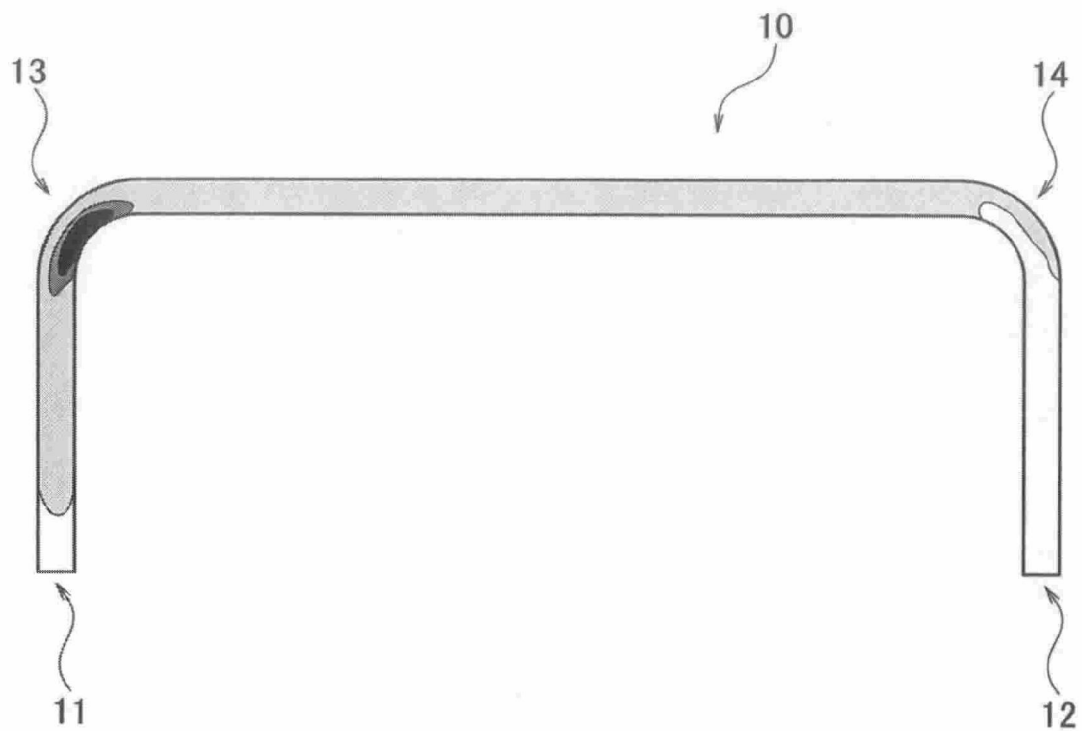
【圖9】



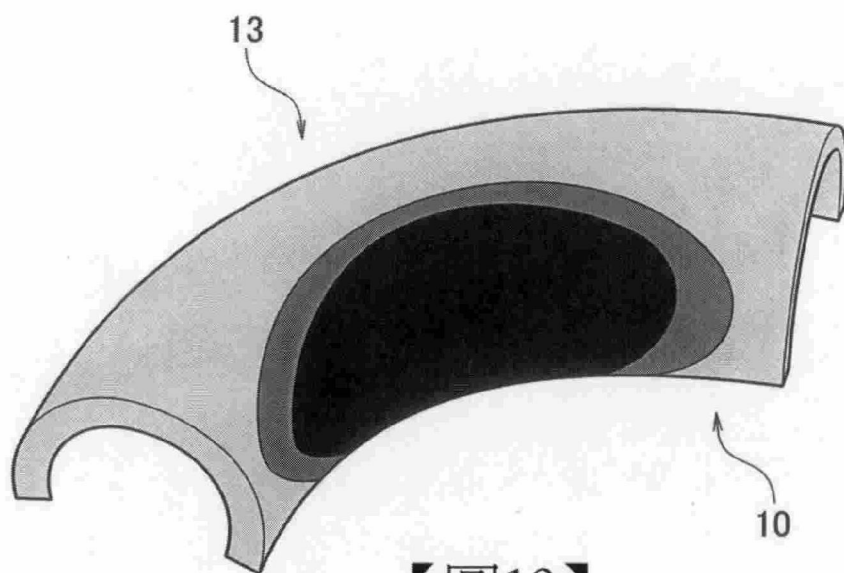
【圖10】



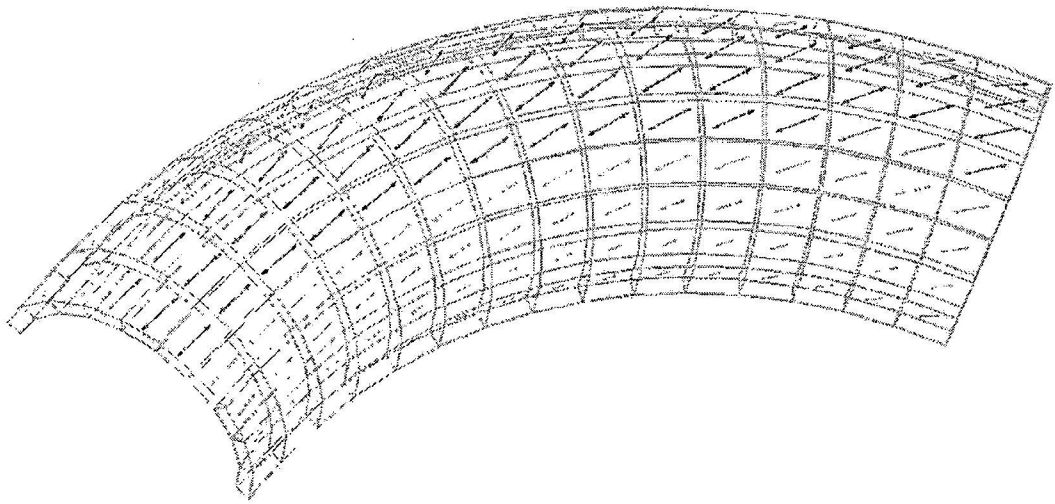
【圖 11】



【圖12】



【圖13】



【圖14】