



(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 I779904 B

(45) 公告日：中華民國 111 (2022) 年 10 月 01 日

(21) 申請案號：110139645

(22) 申請日：中華民國 110 (2021) 年 10 月 26 日

(51) Int. Cl. : H01F41/02 (2006.01)

H01F27/245 (2006.01)

(30) 優先權：2020/10/26 日本

2020-178569

(71) 申請人：日商日本製鐵股份有限公司 (日本) NIPPON STEEL CORPORATION (JP)  
日本

(72) 發明人：高橋克 TAKAHASHI, MASARU (JP)；水村崇人 MIZUMURA, TAKAHITO (JP)

(74) 代理人：劉法正；尹重君

(56) 參考文獻：

JP 5015449B2

審查人員：陳文傑

申請專利範圍項數：6 項 圖式數：5 共 33 頁

(54) 名稱

捲鐵心之製造方法及製造裝置

(57) 摘要

在本發明之捲鐵心之製造方法中，所積層之鋼板(1)中之任 1 片以上的至少 1 個撓曲部(5)係藉由下述方式形成：將鋼板(1)之一側(1b)載置於衝模(30)上並加以拘束，且將衝頭(40)對鋼板(1)之另一自由端側之應被撓曲的部位(1a)在其厚度(T)方向上進行衝壓。衝模及衝頭之外表面各自具有具預定曲率之圓弧部(30a、40a)，若令鋼板(1)之厚度為 T，令撓曲部(5)之彎曲角度為  $\theta(^{\circ})$ ，令衝模之圓弧部(30a)的曲率半徑為 Rd 且令衝頭之圓弧部(40a)的曲率半徑為 Rp，則滿足以下(1)~(5)式之關係。

$$0.02 \leq T/(2Rd+T) \leq 0.15 \quad \dots (1)$$

$$0.5 \leq Rd \leq 3.0 \quad \dots (2)$$

$$0.15 \leq T \leq 0.30 \quad \dots (3)$$

$$2.5 \leq Rp/Rd \leq 10 \quad \dots (4)$$

$$10^{\circ} \leq \theta \leq 90^{\circ} \quad \dots (5)$$

指定代表圖：





I779904

## 【發明摘要】

公告本

## 【中文發明名稱】

捲鐵心之製造方法及製造裝置

## 【中文】

在本發明之捲鐵心之製造方法中，所積層之鋼板(1)中之任 1 片以上的至少 1 個撓曲部(5)係藉由下述方式形成：將鋼板(1)之一側(1b)載置於衝模(30)上並加以拘束，且將衝頭(40)對鋼板(1)之另一自由端側之應被撓曲的部位(1a)在其厚度(T)方向上進行衝壓。衝模及衝頭之外表面各自具有具預定曲率之圓弧部(30a、40a)，若令鋼板(1)之厚度為 T，令撓曲部(5)之彎曲角度為  $\theta(^{\circ})$ ，令衝模之圓弧部(30a)的曲率半徑為 Rd 且令衝頭之圓弧部(40a)的曲率半徑為 Rp，則滿足以下(1)~(5)式之關係。

$$0.02 \leq T/(2Rd+T) \leq 0.15 \quad \cdot \cdot \cdot (1)$$

$$0.5 \leq Rd \leq 3.0 \quad \cdot \cdot \cdot (2)$$

$$0.15 \leq T \leq 0.30 \quad \cdot \cdot \cdot (3)$$

$$2.5 \leq Rp/Rd \leq 10 \quad \cdot \cdot \cdot (4)$$

$$10^{\circ} \leq \theta \leq 90^{\circ} \quad \cdot \cdot \cdot (5)$$

【指定代表圖】 圖7

【代表圖之符號簡單說明】

- 1:方向性電磁鋼板
- 1a:方向性電磁鋼板之單側自由端部
- 1b:方向性電磁鋼板之一側
- 5:撓曲部
- 30:衝模
- 30a,40a:圓弧部
- 30b:載置部
- 30c:正交延伸部
- 38:按壓構件
- 40:衝頭
- 40b:相向面部
- C:間隙
- Rd,Rp:曲率半徑
- T:厚度
- $\theta$ :角度

【特徵化學式】

(無)

## 【發明說明書】

### 【中文發明名稱】

捲鐵心之製造方法及製造裝置

### 【技術領域】

【0001】 本發明涉及捲鐵心之製造方法及製造裝置。本案係依據已於2020年10月26日於日本提出申請之特願2020-178569號主張優先權，並在此援引其內容。

### 【先前技術】

【0002】 變壓器之鐵心有疊片鐵心與捲鐵心。其中，捲鐵心一般而言係藉由將方向性電磁鋼板疊合成層狀並捲繞成甜甜圈狀(捲繞形狀)，然後將該捲繞體加壓而成形為幾乎方形來製造(在本說明書中，有時會將以上述方式進行所製造之捲鐵心稱為(未經弛力退火之)代表性捲鐵心之一形態即所謂的筒型鐵芯(トランココア)(以下稱為筒型鐵芯))。藉該成形步驟會在整個方向性電磁鋼板中產生機械性的加工應變(塑性變形應變)，該加工應變會成為使方向性電磁鋼板之鐵損大幅劣化的主要原因，因此必須進行弛力退火。

【0003】 另一方面，作為捲鐵心之另一個製造方法，已揭示如專利文獻1至3之技術，該等技術係預先將鋼板要成為捲鐵心之角落部的部分進行彎曲加工以形成曲率半徑為3mm以下之較小的撓曲區域，再將該經彎曲加工之鋼板積層做成捲鐵心(在本說明書中，有時會將以上述方式進行而製造之捲鐵心稱為C形鐵芯(UNICORE(註冊商標))。根據該製造方法，不需要如以往之大規模的壓製步驟，且鋼板被細膩地彎折並維持鐵心形狀，加工應變也僅集中於彎曲部(角部)，因此也可省略上述藉退火步驟來去除應變，工業上之優點大，其應用持續擴展。

先前技術文獻

## 專利文獻

【0004】 專利文獻1：日本專利特開2005-286169號公報

專利文獻2：日本專利特許第6224468號公報

專利文獻3：日本專利特開2018-148036號公報

## 【發明內容】

### 【0005】 發明欲解決之課題

然而，在將鋼板要成為C形鐵芯之角落部的部分加以彎折成形時，具體來說，為了形成多角形之鐵心而將方向性電磁鋼板或鋼條在沿著相對於鋼板之軋延方向呈垂直之方向的折痕(撓曲部)彎折複數處時，若緊縮彎折加工條件，彎折部有時會產生破裂及龜裂，該鋼條係與鋼板之軋延方向平行地將該方向性電磁鋼板予以切割而成者。又，即便未產生破裂及龜裂，仍有方向性電磁鋼板表面之絕緣被膜剝離及粉化而堆積於所積層之鋼板之間、或是以相同模具反覆進行彎折以致因模具(衝頭)造成鋼板表面受傷之虞。另一方面，若放寬彎折加工條件，在彎折部中會產生回彈，形狀凍結性不足，在做成鐵心時會有在所積層之鋼板之間產生較大間隙、或是形狀不足組起成為鐵芯的情形。

【0006】 不論在哪一個現象中皆有鐵心之有效體積率縮小的課題，而且附帶地還會在品質面上產生鐵心形狀或表面受傷之課題。

【0007】 本發明係有鑑於前述情況而做成者，其目的在於提供捲鐵心之製造方法及製造裝置，該製造方法及製造裝置可在方向性電磁鋼板之彎折加工時抑制鋼板彎折部之破裂及龜裂，還可防止鋼板表面受傷或表面被膜之剝離及粉化，並且可謀求改善形狀凍結性。

### 【0008】 用以解決課題之手段

為了達成前述目的，本發明為一種捲鐵心之製造方法，特徵在於：其係用以製造於中心具有矩形之中空部且包含方向性電磁鋼板在板厚方向上疊合之部分

的捲繞形狀之捲鐵心，該方向性電磁鋼板係在長邊方向上平面部與撓曲部交替連續者，並且，該捲鐵心係藉由將個別彎折加工後之前述方向性電磁鋼板疊合成層狀並組裝成捲繞形狀來形成，且在每一圈透過至少1處之接合部來將複數片方向性電磁鋼板互相連接；所積層之前述方向性電磁鋼板中之任1片以上的至少1個前述撓曲部係藉由下述方式形成：將前述方向性電磁鋼板之一側載置於衝模上並加以拘束，且將衝頭對前述方向性電磁鋼板之另一自由端側之應被撓曲的部位在其厚度方向上進行衝壓；前述衝模及前述衝頭之外表面各自具有圓弧部，該圓弧部係在沿著前述方向性電磁鋼板之厚度方向的截面中具有預定曲率者；若令前述方向性電磁鋼板之厚度為 $T(\text{mm})$ ，令前述撓曲部之彎曲角度為 $\theta(^{\circ})$ ，令前述衝模之前述圓弧部的曲率半徑為 $R_d(\text{mm})$ 且令前述衝頭之前述圓弧部的曲率半徑為 $R_p(\text{mm})$ ，則滿足以下(1)~(5)式之關係：

$$0.02 \leq T/(2R_d+T) \leq 0.15 \quad \cdot \cdot \cdot (1)$$

$$0.5 \leq R_d \leq 3.0 \quad \cdot \cdot \cdot (2)$$

$$0.15 \leq T \leq 0.30 \quad \cdot \cdot \cdot (3)$$

$$2.5 \leq R_p/R_d \leq 10 \quad \cdot \cdot \cdot (4)$$

$$10^{\circ} \leq \theta \leq 90^{\circ} \quad \cdot \cdot \cdot (5) ; \text{並且，}$$

利用前述衝頭之前述圓弧部對前述方向性電磁鋼板之應被撓曲的前述部位進行加壓而使該部位沿著前述衝模之前述圓弧部彎折，藉此針對1片前述方向性電磁鋼板形成4處以上前述撓曲部。

**【0009】** 在形成C形鐵芯形態的捲鐵心中，在將鋼板要成為角落部的部分加以彎折成形時，若緊縮彎折加工條件，會有彎折部產生破裂及龜裂、鋼板表面之被膜剝離及粉化而堆積於所積層之鋼板之間、或是因模具造成鋼板表面受傷之虞，另一方面，若放寬彎折加工條件，在彎折部中會產生回彈，形狀凍結性不足，本案發明人等基於上述實際情況，著眼於藉由在鋼板彎折部之彎曲外

側在拉伸方向上賦予充分的塑性應變，可改善形狀凍結性，另一方面，藉由將鋼板彎折部之彎曲外側的塑性應變設為固定值以下，可抑制鋼板彎折部之破裂及龜裂，並且藉由縮小鋼板彎折部之彎曲內側的壓縮應變，可抑制絕緣被膜之明顯剝離及粉化。本案發明人等獲得以下知識見解：透過進行經控制成會賦予適當塑性應變之彎曲加工可解決前述之一連串的問題，該適當塑性應變係因應應被彎折加工(撓曲)之方向性電磁鋼板之板厚的固定範圍的塑性應變，具體而言，所述彎曲加工係在使用單側自由彎曲工法利用衝頭之圓弧部對方向性電磁鋼板之應被撓曲的部位進行加壓而使該部位沿著衝模之圓弧部彎折時，至少將衝頭之圓弧部的曲率半徑 $R_p$ 相對於衝模之圓弧部的曲率半徑 $R_d$ 之比率 $R_p/R_d$ 設定在固定範圍內，前述單側自由彎曲工法係利用衝頭對一側被載置於衝模上之方向性電磁鋼板的另一側之自由端部進行加壓而使其彎折者。又，還可知此時若 $R_p/R_d$ 過小，加工力會變得過大，雖然可充分賦予塑性應變但在衝頭與鋼板表面之間的摩擦增大，而容易在鋼板表面造成傷痕，另一方面， $R_p/R_d$ 若超過固定範圍，加工力會變小而難以賦予充分的塑性應變。

【0010】更具體而言，在如上述之單側自由彎曲工法中，所積層之方向性電磁鋼板中之任1片以上的至少1個前述撓曲部係藉由下述方式形成：將方向性電磁鋼板之一側載置於衝模上並加以拘束，且將衝頭對方向性電磁鋼板之另一自由端側之應被撓曲的部位在其厚度方向上進行衝壓。此時，衝模及衝頭之外表面各自具有圓弧部，該圓弧部係在沿著方向性電磁鋼板之厚度方向的截面中具有預定曲率者，並且，若令方向性電磁鋼板之厚度為 $T(\text{mm})$ ，令前述撓曲部之彎曲角度為 $\theta(^{\circ})$ ，令前述衝模之前述圓弧部的曲率半徑為 $R_d(\text{mm})$ 且令前述衝頭之前述圓弧部的曲率半徑為 $R_p(\text{mm})$ ，則滿足以下(1)~(5)式之關係。

$$0.02 \leq T/(2R_d+T) \leq 0.15 \quad \cdot \cdot \cdot (1)$$

( $T/(2R_d+T)$ 係在計算上賦予之應變)

$$0.5 \leq R_d \leq 3.0 \quad \cdot \cdot \cdot (2)$$

$$0.15 \leq T \leq 0.30 \quad \cdot \cdot \cdot (3)$$

$$2.5 \leq R_p/R_d \leq 10 \quad \cdot \cdot \cdot (4)$$

$$10^\circ \leq \theta \leq 90^\circ \quad \cdot \cdot \cdot (5)$$

藉此，可使所積層之鋼板的形狀在其寬度方向上成為均一且使鋼板彎折部的形狀在整個稜線方向上成為均一而實現優異之形狀品質，並且可提升鐵心之有效體積率。而且，可將導入鋼板彎折部之應變縮小而減少鐵心鐵損。由此，在方向性電磁鋼板之彎折加工時，可抑制鋼板彎折部之破裂及龜裂，還可防止鋼板表面受傷或表面被膜之剝離及粉化，並且可謀求改善形狀凍結性。

【0011】此外，在本揭示中，所謂撓曲部之彎曲角度意指在方向性電磁鋼板之撓曲部中，於彎折方向之後方側的直線部與前方側的直線部之間所產生的角度差，並且係如圖6所示這般以2條假想線Lb延長線1(Lb-elongation1)、Lb延長線2(Lb-elongation2)所形成之角的補角角度 $\varphi$ 來表示，該等假想線為將方向性電磁鋼板外表面中、屬於夾住撓曲部5之兩側平面部4、4a之表面的直線部分延長而獲得的假想線。

又，在本揭示中，方向性電磁鋼板亦包含沿與該鋼板之軋延方向平行的方向切割該鋼板而成之鋼條或鋼帶。另外，當撓曲部之彎曲角度 $\theta(^{\circ})$ 滿足 $10^\circ \leq \theta \leq 90^\circ$ 之關係時，針對1片方向性電磁鋼板(或一片鋼帶)形成4處以上撓曲部這點就帶有可形成工業上容易處理之長方體形狀之捲鐵心的優點。又，在上述構成中，宜以30mm/分鐘以上且3000mm/分鐘以下之加工速度彎折方向性電磁鋼板之應被撓曲的部位來形成撓曲部。由此，如果小於30mm/分鐘，會缺乏生產性且亦不易獲得形狀凍結性，若大於3000mm/分鐘，會有衝頭與鋼板接觸時的順合度不佳、彎折形狀容易不一致的缺點。亦即，若在30mm/分鐘以上且3000mm/分鐘以下之範圍，則可獲得生產性良好、形狀也容易整齊且在確保形狀凍結性方面很理想的優

點。又，在上述構成中，在沿著方向性電磁鋼板之厚度方向的截面中，宜於衝模與衝頭之間在相對於衝頭之衝壓方向呈正交的方向上設置預定間隙C(mm)，在令所用方向性電磁鋼板之厚度為T(mm)時，宜落在 $0.5T \leq C \leq 1.5T$ 之範圍。由此，在小於0.5T時，雖因衝頭與鋼板之接觸表面壓力增大而變得容易獲得彎折加工部之形狀凍結性，但因接觸表面壓力增大，故鋼板表面容易因衝頭與方向性電磁鋼板之摩擦力而受傷。若大於1.5T，則會因衝頭與鋼板之接觸表面壓力變小而難以獲得彎折加工部之形狀凍結性，鐵心形狀變差。亦即，可獲得能均衡地確保鐵心之形狀凍結性與鐵心表面品質(受傷等)之優點。

【0012】 又，本發明也提供一種捲鐵心之製造裝置，該捲鐵心為形成C形鐵芯形態者。具體而言，如上述之製造裝置之特徵在於：具備：彎折加工部，其係用以將方向性電磁鋼板個別予以彎折加工；組裝部，其係用以將經前述彎折加工之前述方向性電磁鋼板疊合成層狀並組裝成捲繞形狀，藉此形成包含方向性電磁鋼板在板厚方向上疊合之部分的捲繞形狀之捲鐵心，該方向性電磁鋼板為在長邊方向上平面部與撓曲部交替連續者；前述彎折加工部具有衝模與衝頭，且在前述衝模及前述衝頭之外表面各自形成有圓弧部，該圓弧部係在沿著前述方向性電磁鋼板之厚度方向的截面中具有預定曲率者，將前述方向性電磁鋼板之一側載置於前述衝模上並加以拘束，且利用前述衝頭之前述圓弧部對前述方向性電磁鋼板之另一自由端側之應被撓曲的部位在其厚度方向上進行加壓而使該部位沿著前述衝模之前述圓弧部彎折，藉此形成所積層之前述方向性電磁鋼板中之任1片以上的至少1個前述撓曲部；並且，若令前述方向性電磁鋼板之厚度為T(mm)，令前述撓曲部之彎曲角度為 $\theta(^{\circ})$ ，令前述衝模之前述圓弧部的曲率半徑為Rd(mm)且令前述衝頭之前述圓弧部的曲率半徑為Rp(mm)，則滿足以下(1)~(5)式之關係。

$$0.02 \leq T/(2Rd+T) \leq 0.15 \quad \cdot \cdot \cdot (1)$$

$$0.5 \leq R_d \leq 3.0 \quad \cdot \cdot \cdot (2)$$

$$0.15 \leq T \leq 0.30 \quad \cdot \cdot \cdot (3)$$

$$2.5 \leq R_p/R_d \leq 10 \quad \cdot \cdot \cdot (4)$$

$$10^\circ \leq \theta \leq 90^\circ \quad \cdot \cdot \cdot (5)。$$

【0013】若根據上述構成之捲鐵心之製造裝置，可使所積層之鋼板的形狀在其寬度方向上成為均一且使鋼板彎折部的形狀在整個稜線方向上成為均一而實現優異之形狀品質，並且可提升鐵心之有效體積率。而且，可將導入鋼板彎折部之應變縮小而減少鐵心鐵損。由此，在方向性電磁鋼板之彎折加工時，可抑制鋼板彎折部之破裂及龜裂，還可防止鋼板表面受傷或表面被膜之剝離及粉化，並且可謀求改善形狀凍結性。

#### 【0014】發明效果

根據本發明，可提供捲鐵心之製造方法及製造裝置，該製造方法及製造裝置可在方向性電磁鋼板之彎折加工時抑制鋼板彎折部之破裂及龜裂，還可防止鋼板表面受傷或表面被膜之剝離及粉化，並且可謀求改善形狀凍結性。

#### 【圖式簡單說明】

【0015】圖1為示意顯示本發明一實施形態之捲鐵心的立體圖。

圖2為圖1之實施形態所示之捲鐵心的側視圖。

圖3為示意顯示本發明之其他實施形態之捲鐵心的側視圖。

圖4為示意顯示1層方向性電磁鋼板之一例的側視圖，該方向性電磁鋼板係用以構成捲鐵心的鋼板。

圖5為示意顯示1層方向性電磁鋼板之另一例的側視圖，該方向性電磁鋼板係用以構成捲鐵心的鋼板。

圖6為示意顯示方向性電磁鋼板之撓曲部之一例的側視圖，該方向性電磁鋼板係用以構成本發明之捲鐵心的鋼板。

圖7為顯示本發明之藉單側自由彎曲工法形成撓曲部之態樣的截面圖。

圖8為概要地顯示捲鐵心之製造裝置之構成的方塊圖。

圖9為顯示捲鐵心之尺寸的示意圖，該捲鐵心為在評估特性時所製造者。

## 【實施方式】

### 【0016】 用以實施發明之形態

以下，依序詳細說明本發明一實施形態之捲鐵心。惟，本發明並非僅限於本實施形態所揭示之構成，可在不脫離本發明主旨之範圍內進行各種變更。此外，在下述之數值限定範圍中，下限值及上限值被包含於該範圍內。顯示為「大於」或「小於」的數值，該值不包含在數值範圍內。又，有關化學組成之「%」只要無特別說明則意指「質量%」。

又，有關在本說明書中所使用之形狀、幾何學之條件以及用以特定其等之程度的譬如「平行」、「垂直」、「相同」、「直角」等用語、長度及角度之值等，不拘泥於嚴格意義而是包含可期待相同機能之程度的範圍來解釋。

又，在本說明書中，有時會將「方向性電磁鋼板」僅記載為「鋼板」或「電磁鋼板」，有時也會將「捲鐵心」僅記載為「鐵心」。

【0017】 本實施形態之捲鐵心係具備在側面視角下為大致矩形之捲鐵心本體者，該捲鐵心本體具有在側面視角下為大致多角形之積層結構，該積層結構包含方向性電磁鋼板在板厚方向上疊合之部分，該方向性電磁鋼板為在長邊方向上平面部與撓曲部交替連續者。前述撓曲部之側面視角下之內表面側曲率半徑 $r$ 例如為1.0mm以上且5.0mm以下。作為一例，前述方向性電磁鋼板具有以下化學組成：以質量%計含有Si：2.0~7.0%，且剩餘部分由Fe及不純物所構成；並且，具有於Goss方位定向之集合組織。

【0018】 接著，具體說明本發明一實施形態之捲鐵心及方向性電磁鋼板的形狀。在此所說明之捲鐵心及方向性電磁鋼板的形狀本身並非特別新穎之物，

只不過是依循公知之捲鐵心及方向性電磁鋼板的形狀。

圖1為示意顯示本實施形態之捲鐵心的立體圖。圖2為圖1之實施形態所示之捲鐵心的側視圖。並且，圖3為示意顯示捲鐵心之另一實施形態的側視圖。

此外，在本實施形態中，所謂側面視角係指在構成捲鐵心之長條狀方向性電磁鋼板1的寬度方向(圖1中之Y軸方向)上觀看。所謂側視圖係顯示出自側面視角所識別之形狀的圖(圖1之Y軸方向的圖)。

**【0019】** 本實施形態之捲鐵心具備在側面視角下為大致多角形之捲鐵心本體10。該捲鐵心本體10具有方向性電磁鋼板1在板厚方向上疊合且在側面視角下為大致矩形之積層結構2。該捲鐵心本體10可直接當作捲鐵心來使用，亦可視需求具備有捆束帶等公知的緊固件等以將所疊合之複數片方向性電磁鋼板1固定成一體。

**【0020】** 在本實施形態中，捲鐵心本體10之鐵心長度並無特別限制。在鐵心中，即便鐵心長度改變，撓曲部5之體積仍為固定，因此在撓曲部5所產生之鐵損固定。鐵心長度越長，撓曲部5相對於捲鐵心本體10之體積率越變小，故對鐵損劣化之影響也小。由此，捲鐵心本體10之鐵心長度越長越好。捲鐵心本體10之鐵心長度宜為1.5m以上，且較佳為1.7m以上。此外，在本實施形態中，所謂捲鐵心本體10之鐵心長度係指藉側視之在捲鐵心本體10之積層方向的中心點的周長。

**【0021】** 如所述之捲鐵心亦適合使用於迄今公知之所有用途上。

**【0022】** 本實施形態之鐵心之特徵在於：在側面視角下為大致多角形。在使用了以下圖式之說明中，為了使圖示及說明單純化，係利用亦屬一般形狀之大致矩形(四角形)的鐵心來進行說明，但是可藉撓曲部5之角度、數量及平面部4之長度來製造各種形狀的鐵心。譬如，若所有撓曲部5之角度皆為45°且平面部4之長度相等，則側面視角會形成為八角形。又，若角度為60°且具有6個撓曲部

5，而且平面部4之長度相等的話，側面視角會成為六角形。

如圖1及圖2所示，捲鐵心10具有在側面視角下為具有中空部15之大致矩形之積層結構2，該積層結構2包含方向性電磁鋼板1在板厚方向上疊合之部分，該方向性電磁鋼板1為在長邊方向上平面部4、4a與撓曲部5交替連續者。包含撓曲部5之角落部3在側面視角下具有2個以上具曲線狀形狀的撓曲部5，且存在於1個角落部3中之撓曲部5各自的彎曲角度之合計成為例如90°。角落部3係在相鄰的撓曲部5、5之間具有較前述平面部4更短的平面部4a。因此，角落部3係成為具有2個以上撓曲部5與1個以上平面部4a之形態。另，圖2之實施形態係1個撓曲部5為45°。圖3之實施形態係1個撓曲部5為30°。

**【0023】** 如該等例子所示，本實施形態之捲鐵心可藉由具有各種角度之撓曲部來構成，而從抑制因加工時之變形所產生之應變來壓抑鐵損之觀點，撓曲部5之彎曲角度 $\varphi$  ( $\varphi 1$ 、 $\varphi 2$ 、 $\varphi 3$ )宜為60°以下，且較佳為45°以下。1個鐵心所具有之撓曲部之彎曲角度 $\varphi$ 可任意構成。例如，可設為 $\varphi 1=60^\circ$ 且 $\varphi 2=30^\circ$ 。從生產效率之觀點來看，彎折角度(彎曲角度)宜相等，倘若減少一定程度以上之變形處便可透過所用鋼板的鐵損而降低所製作之鐵心的鐵損，則亦可進行不同角度之組合加工。關於設計，可從在鐵心加工中所重視之點來任意選擇。

**【0024】** 參照圖6來進一步詳細說明撓曲部5。圖6為示意顯示方向性電磁鋼板1之撓曲部(曲線部分)5之一例的圖。所謂撓曲部5之彎曲角度，意指在方向性電磁鋼板1之撓曲部5中，於彎折方向之後方側的直線部與前方側的直線部之間所產生的角度差，並且係以2條假想線Lb延長線1(Lb-elongation1)、Lb延長線2(Lb-elongation2)所形成之角的補角角度 $\varphi$ 來表示，該等假想線為將方向性電磁鋼板1外表面中、屬於夾住撓曲部5之兩側平面部4、4a之表面的直線部分延長而獲得的假想線。此時，延長之直線從鋼板表面脫離的點為平面部與撓曲部在鋼板外表面側之表面上的邊界，於圖6中為點F及點G。

【0025】此外，從點F及點G各自延長與鋼板外表面垂直之直線，將該直線與鋼板內表面側之表面的交點各自定為點E及點D。該點E及點D為平面部4與撓曲部5在鋼板內表面側之表面上的邊界。

並且，在本實施形態中，所謂撓曲部5係在方向性電磁鋼板1之側面視角下，由上述點D、點E、點F及點G所包圍之方向性電磁鋼板1的部位。在圖6中，係將點D與點E之間的鋼板表面、亦即撓曲部5之內側表面定為La來表示，且將點F與點G之間的鋼板表面、亦即撓曲部5之外側表面定為Lb來表示。

【0026】又，在此圖中顯示出撓曲部5之側面視角下之內表面側曲率半徑 $r$ 。透過以通過點E及點D之圓弧將上述La作近似，可獲得撓曲部5之曲率半徑 $r$ 。曲率半徑 $r$ 越小，撓曲部5之曲線部分的彎曲程度越險急，曲率半徑 $r$ 越大，撓曲部5之曲線部分的彎曲程度越平緩。

在本實施形態之捲鐵心中，在板厚方向上積層之各方向性電磁鋼板1中，各撓曲部5之曲率半徑 $r$ 亦可具有某程度的變動。此變動有時係因成形精度所致之變動，亦可推測係在積層時的處理等中發生非刻意之變動。如上述之非刻意之誤差若在現在之一般工業製造中可抑制到0.2mm左右以下。當如上述之變動大時，可藉由針對數量夠多的鋼板測定曲率半徑 $r$ 並加以平均來獲得代表的值。又，亦可推測係因某種理由而刻意使其改變，本實施形態並未排除如所述這般之形態。

【0027】此外，撓曲部5之曲率半徑 $r$ 之測定方法亦無特別限制，譬如可藉由使用市售顯微鏡(Nikon ECLIPSE LV150)在200倍下進行觀察來測定。具體而言，係從觀察結果求出曲率中心A點，作為該求算方式，例如若使線段EF與線段DG往與點B為相反側之內側延長而將其等的交點規定為A，則曲率半徑 $r$ 的大小就相當於線段AC之長度。

【0028】圖4及圖5為示意顯示在捲鐵心本體10中之1層方向性電磁鋼板1之一例的圖。圖4及圖5之例中所使用之方向性電磁鋼板1係為了實現C形鐵芯形態

之捲鐵心而經彎折加工者，其具有2個以上撓曲部5與平面部4，並透過1個以上的接合部6(間隙)來形成在側面視角下為大致多角形的環，該接合部6為方向性電磁鋼板1之長邊方向的端面。

在本實施形態中，捲鐵心本體10若以整體而言具有側面視角為大致多角形之積層結構2即可。其可如圖4之例所示這般為1片方向性電磁鋼板1透過1個接合部6構成捲鐵心本體10之1層者(在每一圈透過1處之接合部6來連接1片方向性電磁鋼板1)，亦可如圖5之例所示這般為1片方向性電磁鋼板1構成捲鐵心之大約半周，且2片方向性電磁鋼板1透過2個接合部6構成捲鐵心本體10之1層者(在每一圈透過2處之接合部6來將2片方向性電磁鋼板1互相連接)。

**【0029】** 在本實施形態中所使用之方向性電磁鋼板1的板厚並無特別限定，只要因應用途等來適當選擇即可，通常係在0.15mm~0.30mm之範圍內，且宜為0.18mm~0.27mm之範圍。

**【0030】** 又，用以製造方向性電磁鋼板1之方法並無特別限定，可適當選擇迄今公知之方向性電磁鋼板之製造方法。作為製造方法之較佳具體例，可舉例如以下方法：在將扁胚加熱到1000°C以上進行熱軋延之後，視需求進行熱軋板退火，接著，藉由1次的冷軋或間隔著中間退火之2次以上的冷軋來做成冷軋鋼板，然後將該冷軋鋼板在譬如濕氫-非活性氣體環境中加熱至700~900°C進行脫碳退火，且視需求進一步進行氮化退火，在塗佈退火分離劑之後於1000°C左右進行精加工退火，並且在900°C左右形成絕緣被膜；前述扁胚係將C設為0.04~0.1質量%且其他具有上述方向性電磁鋼板1之化學組成者。而且，在之後還可實施用以調整動摩擦係數之塗裝等。

又，就算是在鋼板之製造步驟中以公知方法施行一般使用應變或溝槽等之稱為「磁域控制」之處理後的鋼板也能享受本實施形態之效果。

**【0031】** 又，在本實施形態中，由具備如以上這般形態之方向性電磁鋼板

1所構成之捲鐵心10係藉由將個別彎折加工後之方向性電磁鋼板1疊合成層狀並組裝成捲繞形狀而形成，並且，在每一圈透過至少1處之接合部6(參照圖4及圖5)來將複數片方向性電磁鋼板1互相連接，所積層之方向性電磁鋼板1中之任1片以上的至少1個撓曲部5係如以下方式來製造。亦即，撓曲部5係如圖7所示這般透過藉單側自由彎曲工法所進行之彎折加工來形成。具體而言，係如圖所示，將衝頭40如箭頭所示這般對於一側1b被載置於衝模30上之方向性電磁鋼板1的另一自由端側之應被彎折的部位、亦即單側自由端部1a向下衝壓，藉此將該單側自由端部1a在其厚度T方向上加壓而進行彎折加工。此時，係透過將按壓構件38如箭頭所示這般對於載置於衝模30上之方向性電磁鋼板1之一側1b向下衝壓，而使該一側1b被拘束在固定狀態。又，在沿著方向性電磁鋼板1之厚度T方向之圖示截面(沿著方向性電磁鋼板1之厚度T方向及長邊方向這兩個方向的截面)中，衝模30係在用以將方向性電磁鋼板1夾持於其與衝頭40之間之夾持部位(角落部的外表面)具有具預定曲率之圓弧部30a。此圓弧部30a連接直線狀之載置部30b與直線狀之正交延伸部30c，該載置部30b係可供方向性電磁鋼板1載置並固定者，該正交延伸部30c係以與該載置部30b大致正交的方式延長者。並且，如上述之衝模30係形成為透過與往下方壓入之衝頭40之協同合作，且該衝頭40在用以將方向性電磁鋼板1夾持於其與該衝模30之間之夾持部位(外表面)具有同樣的圓弧部40a，具體而言，係利用衝頭40之圓弧部40a對方向性電磁鋼板1之單側自由端部1a進行加壓而使該單側自由端部1a沿著衝模30之圓弧部30a彎折，來將方向性電磁鋼板1之單側自由端部1a以預定曲率加以彎折。此時之撓曲部5的彎曲角度設為 $\theta(^{\circ})$ 。此外，宜藉由以30mm/分鐘以上且3000mm/分鐘以下之加工速度彎折方向性電磁鋼板1之單側自由端部1a來形成撓曲部5。在此，所謂的加工速度係指衝頭40對衝模30之相對移動速度。衝頭40係相對於衝模30行直線前進移動。又，透過如上述之彎折所形成的撓曲部5宜針對1片方向性電

磁鋼板1形成4處以上。此外，亦可形成所積層之方向性電磁鋼板1中之任1片以上的至少1個撓曲部5。

【0032】 在此，若令方向性電磁鋼板1之厚度為 $T(\text{mm})$ ，令撓曲部5之彎曲角度為 $\theta(^{\circ})$ ，令衝模30之圓弧部30a的曲率半徑為 $Rd(\text{mm})$ 且令衝頭40之圓弧部40a的曲率半徑為 $Rp(\text{mm})$ ，則滿足以下(1)~(5)式之關係。

$$0.02 \leq T/(2Rd+T) \leq 0.15 \quad \cdot \cdot \cdot (1)$$

( $T/(2Rd+T)$ 係在計算上賦予之應變)

$$0.5 \leq Rd \leq 3.0 \quad \cdot \cdot \cdot (2)$$

$$0.15 \leq T \leq 0.30 \quad \cdot \cdot \cdot (3)$$

$$2.5 \leq Rp/Rd \leq 10 \quad \cdot \cdot \cdot (4)$$

$$10^{\circ} \leq \theta \leq 90^{\circ} \quad \cdot \cdot \cdot (5)$$

【0033】 又，在沿著方向性電磁鋼板1之厚度 $T$ 方向之圖示截面中，於衝模30與衝頭40之間，在相對於衝頭40之衝壓方向(圖7之上下方向)呈正交的方向上設置有預定間隙 $C$ 。亦即，在藉衝頭40加壓時，彼此相向的衝模30之正交延伸部30c與衝頭40之相向面部40b係在相對於衝頭衝壓方向呈正交的方向上隔開一預定間隙 $C(\text{mm})$ 。此時，間隙 $C$ 係設定為 $0.5T \leq C \leq 1.5T$ 之範圍。

【0034】 又，於圖8中以方塊圖概要地顯示可進行伴隨如以上之單側自由彎曲工法之捲鐵心的製造的裝置。圖8係概要地顯示捲鐵心之製造裝置70，該捲鐵心係形成C形鐵芯形態者。該製造裝置70具備用以將方向性電磁鋼板1個別予以彎折加工之彎折加工部71，並且還可具備組裝部72，該組裝部72係藉由將經彎折加工之方向性電磁鋼板1疊合成層狀並組裝成捲繞形狀，來形成包含方向性電磁鋼板1在板厚方向上疊合之部分的捲繞形狀之捲鐵心，該方向性電磁鋼板1為在長邊方向上平面部4、4a與撓曲部5交替連續者。

【0035】 關於彎折加工部71，係藉由從保持鋼帶材料之鋼板供給部50以預

定輸送速度送出方向性電磁鋼板1來供給至彎折加工部71，該鋼帶材料係將方向性電磁鋼板1捲繞成卷狀而形成者。以如上述之方式進行而供給之方向性電磁鋼板1係在彎折加工部71中被適當裁切成適宜尺寸並且接受彎折加工，該彎折加工係對每少數片以一片一片之方式個別予以彎折。在如此進行而獲得之方向性電磁鋼板1中，藉彎折加工所產生之撓曲部5的曲率半徑 $r$ 變得極小，所以藉彎折加工而在方向性電磁鋼板1賦予之加工應變會成為極小。若能如所述這般在設想加工應變之密度增大的另一方面，縮小具有加工應變之影響的體積，便可省略退火步驟。

【0036】 又，彎折加工部71具有如前述之衝模30與衝頭40，其係將方向性電磁鋼板1之一側1b載置於衝模30上並加以拘束，且利用衝頭40之圓弧部40a將方向性電磁鋼板1之另一自由端側之應被撓曲的部位(單側自由端部1a)在其厚度T方向上進形加壓而使該部位沿著衝模30之圓弧部30a彎折，藉此形成所積層之方向性電磁鋼板1中之任1片以上的至少1個撓曲部5。

#### 【0037】 (實施例)

以下，將舉本發明之實施例，同時進一步說明本發明之技術內容。以下所示實施例中之條件係用以確認本發明之可實施性及效果而採用的條件例，本發明不限於該條件例。又，只要不脫離本發明之主旨且可達成本發明之目的，則本發明可採用各種條件。

在此實施例中，係使用表1所示之方向性電磁鋼板(鋼板No.1~8)來製作表2所示之鐵心，然後再測定鐵心特性。詳細製造條件及特性列示於表3。

【0038】 具體而言，於表1中係顯示方向性電磁鋼板之化學組成(質量%)及磁特性。方向性電磁鋼板之磁特性係根據JIS C 2556：2015所規定之單板磁特性試驗法(Single Sheet Tester：SST)進行了測定。作為磁特性，係測定以800A/m激磁時鋼板之軋延方向的磁通密度 $B_8(T)$ ，並且還測定在交流頻率：50Hz、激磁

磁通密度：1.7T下之鐵損(W17/50(W/kg))。

又，於表1中，關於各鋼板No.1~8亦顯示鋼板板厚(mm)及有無雷射軸控制。

【0039】 [表1]

鋼板No.	鋼板板厚 (mm)	製品板化學組成(質量%)										雷射磁域控制	B8 (T)	W17/50 (W/kg)
		C	Si	Mn	P	S	Al	N	Cu					
①	0.23	0.001	3.34	0.1	0.01	<0.002	<0.004	<0.002	0.2	有	1.92	0.72		
②	0.20	0.001	3.34	0.1	0.01	<0.002	<0.004	<0.002	0.2	有	1.92	0.67		
③	0.18	0.001	3.34	0.1	0.01	<0.002	<0.004	<0.002	0.2	有	1.92	0.63		
④	0.15	0.001	3.34	0.1	0.01	<0.002	<0.004	<0.002	0.2	有	1.91	0.58		
⑤	0.27	0.001	3.34	0.1	0.01	<0.002	<0.004	<0.002	0.2	有	1.93	0.83		
⑥	0.30	0.001	3.34	0.1	0.01	<0.002	<0.004	<0.002	0.2	有	1.93	0.90		
⑦	0.35	0.001	3.34	0.1	0.01	<0.002	<0.004	<0.002	0.2	有	1.93	1.02		
⑧	0.23	0.001	3.34	0.1	0.01	<0.002	<0.004	<0.002	0.2	無	1.93	0.83		

【0040】又，本案發明人等係將各鋼板No.1~8當作胚料，製造出具有表2及圖9所示形狀之鐵心鐵芯No.a~c。在此，L1為在平行於X軸方向且包含中心CL之平截面中，位於捲鐵心最內周的互相平行之方向性電磁鋼板1之間的距離(內表面側平面部之間的距離)。L2為在平行於Z軸方向且包含中心CL之縱截面中，位於捲鐵心最內周的互相平行之方向性電磁鋼板1之間的距離(內表面側平面部之間的距離)。L3為在平行於X軸方向且包含中心CL之平截面中的捲鐵心之積層厚度(積層方向之厚度)。L4為在平行於X軸方向且包含中心CL之平截面中的捲鐵心之積層鋼板寬度。L5為捲鐵心最內部之彼此相鄰且以會合時會形成直角之方式配置的平面部之間的距離(撓曲部之間的距離)。換言之，L5為最內周之方向性電磁鋼板的平面部4、4a中長度最短的平面部4a的長邊方向長度。r為捲鐵心之內表面側之撓曲部5的曲率半徑， $\varphi$ 為捲鐵心之前述撓曲部5的彎曲角度 $\theta(^{\circ})$ 。表2之大致矩形之鐵心鐵芯No.a~c係呈2個鐵心締結之結構，該2個鐵心為內表面側平面部距離L1之平面部在距離L1之幾乎中央作分割，且具有「大致C字」形狀者。

在此，鐵芯No.c之鐵心係一直以來作為一般捲鐵心利用之所謂筒型鐵芯形態之捲鐵心，此形態之捲鐵心係利用以下方法製造：將鋼板捲取成筒狀之後，直接將筒狀積層體進行壓製而形成為大致矩形，以使角落部成為固定曲率。因此，撓曲部5之曲率半徑r會依鋼板之積層位置不同而大幅變動。另一方面，鐵芯No.a之鐵心為在1個角落部3中具有2個撓曲部5的C形鐵芯形態之捲鐵心，鐵芯No.b之鐵心為在1個角落部3中具有3個撓曲部5的C形鐵芯形態之捲鐵心。又，表2中，關於曲率半徑r係在表3中詳細列示。

【0041】 [表2]

鐵芯No.	鐵芯形狀							彎折處	
	L1 mm	L2 mm	L3 mm	L4 mm	L5 mm	r mm	$\phi$ mm	角落部	整個鐵芯
a	197	66	45	150	16	參照表3	45	2	8
b	197	66	45	150	18		30	3	12
c	197	66	55	150	-		90	1	4

【0042】 然後，如表3所示，本案發明人等係關於將各鋼板No.1~8當作胚料而製造之鐵心鐵芯No.a~c的38個試驗品，應用單側自由彎曲工法作為彎曲加工法，並且多樣改變方向性電磁鋼板1之厚度T、捲鐵心之撓曲部5的彎曲角度 $\varphi$  (°)，令衝模30之圓弧部30a的曲率半徑為Rd(mm)及令衝頭40之圓弧部40a的曲率半徑為Rp(mm)(因而為Rp/Rd)，且改變間隙C(mm)以及加工速度，並針對將各鋼板當作胚料之鐵心求算無載損失，然後取其與表1所示之胚料鋼板之磁特性的比，藉此求出建構因數(BF)。此外，在表3中，鐵心形狀之○代表可繞線並且可測定BF之良好形狀，△代表可繞線並且可測定BF但稍為不良的形狀，×代表無法繞線並且無法測定BF之不良形狀。又，在表3中，鐵心表面之○代表傷痕少之良好表面，△代表雖有傷痕及出粉但可繞線並且可測定BF之表面，×代表有傷痕及被膜剝離並且因短路而無法測定BF之不良表面。

若觀察實施例與比較例，可知在實施例中建構因數(BF)被壓抑在1.12以下(捲鐵心之鐵損受到抑制)，該實施例為滿足前述尺寸要件、亦即滿足 $0.02 \leq T/(2Rd+T) \leq 0.15$ ((1)式)、 $0.5 \leq Rd \leq 3.0$ ((2)式)、 $0.15 \leq T \leq 0.30$ ((3)式)、 $2.5 \leq Rp/Rd \leq 10$ ((4)式)、 $10^\circ \leq \theta \leq 90^\circ$ ((5)式)之關係者，該比較例為未滿足前述關係者。此情形意味著捲鐵心之有效體積率及鐵損受到改善，品質面提升。

【0043】 [表3]

試驗 No.	鋼 板	板厚 T (mm)	彎曲加工								鐵心		鐵心 特性 BF	備註
			模具				彎曲 角度 (°)	曲率 半徑 (mm)	對象 鐵芯	加工 速度 (mm/分鐘)	形 狀	表 面		
			rd (mm)	rp (mm)	rp /rd	C (mm)								
1	①	0.23	1.0	5.0	5.0	0.28	45	1.1	a	300	○	○	1.09	實施例
2	①	0.23	0.5	8.0	16.0	0.28	45	0.7	a	300	×	○	-	比較例
3	①	0.23	0.2	5.0	25.0	0.28	45	0.3	a	300	×	○	-	比較例
4	①	0.23	1.5	7.5	5.0	0.28	45	1.7	a	300	○	○	1.09	實施例
5	①	0.23	2.0	7.5	3.8	0.28	45	2.2	a	300	○	○	1.09	實施例
6	①	0.23	3.0	7.5	2.5	0.28	45	3.3	a	300	○	○	1.08	實施例
7	①	0.23	4.0	7.5	1.9	0.28	45	5.2	a	300	×	○	-	比較例
8	①	0.23	1.0	7.5	7.5	0.28	45	1.1	a	300	○	○	1.08	實施例
9	①	0.23	1.0	10.0	10.0	0.28	45	1.1	a	300	○	○	1.08	實施例
10	①	0.23	1.0	12.0	12.0	0.28	45	1.3	a	300	×	○	-	比較例
11	①	0.23	1.0	4.0	4.0	0.28	45	1.1	a	300	○	○	1.10	實施例
12	①	0.23	1.0	2.0	2.0	0.28	45	1.1	a	300	○	×	-	比較例
13	②	0.2	0.5	5.0	10.0	0.25	45	0.7	a	300	×	○	1.09	比較例
14	③	0.18	0.5	5.0	10.0	0.23	45	0.6	a	300	○	○	1.09	實施例
15	⑥	0.3	10.0	25.0	2.5	0.37	45	15.0	a	300	×	○	-	比較例
16	⑦	0.35	10.0	15.0	1.5	0.44	45	15.0	a	300	○	×	-	比較例
17	⑧	0.23	1.0	5.0	5.0	0.28	45	1.1	a	300	○	○	1.06	實施例
18	①	0.23	1.0	5.0	5.0	0.28	30	1.1	b	300	○	○	1.12	實施例
19	①	0.23	1.0	5.0	5.0	0.28	90	1.1	c	300	○	○	1.09	實施例
20	①	0.23	1.0	5.0	5.0	0.28	45	1.2	a	30	△	○	1.09	實施例
21	①	0.23	1.0	5.0	5.0	0.28	45	1.1	a	100	○	○	1.09	實施例
22	①	0.23	1.0	5.0	5.0	0.28	45	1.1	a	1000	○	○	1.09	實施例
23	①	0.23	1.0	5.0	5.0	0.28	45	1.1	a	2000	○	○	1.09	實施例
24	①	0.23	1.0	5.0	5.0	0.28	45	1.1	a	3000	○	○	1.09	實施例
25	①	0.23	1.0	5.0	5.0	0.28	45	1.1	a	5000	○	△	1.09	實施例
26	①	0.23	1.0	5.0	5.0	0.1	45	1.1	a	300	○	△	1.09	實施例
27	①	0.23	1.0	5.0	5.0	0.12	45	1.1	a	300	○	○	1.09	實施例
28	①	0.23	1.0	5.0	5.0	0.17	45	1.1	a	300	○	○	1.09	實施例
29	①	0.23	1.0	5.0	5.0	0.23	45	1.1	a	300	○	○	1.09	實施例
30	①	0.23	1.0	5.0	5.0	0.34	45	1.1	a	300	○	○	1.09	實施例
31	①	0.23	1.0	5.0	5.0	0.38	45	1.2	a	300	△	○	1.09	實施例
32	②	0.2	0.8	5.0	6.3	0.25	45	0.9	a	300	○	○	1.09	實施例
33	③	0.18	0.8	5.0	6.3	0.23	45	0.9	a	300	○	○	1.09	實施例
34	③	0.18	0.5	5.0	6.3	0.23	45	0.6	a	300	○	○	1.11	實施例
35	④	0.15	0.8	5.0	6.3	0.18	45	0.9	a	300	○	○	1.09	實施例
36	④	0.15	0.5	5.0	6.3	0.18	45	0.6	a	300	○	○	1.12	實施例
37	⑤	0.27	1.2	6.0	5.0	0.33	45	1.3	a	300	○	○	1.09	實施例
38	⑥	0.3	1.2	6.0	5.0	0.37	45	1.3	a	300	○	○	1.09	實施例

**【0044】 產業上之可利用性**

根據本發明，可提供捲鐵心之製造方法及製造裝置，該製造方法及製造裝置可在方向性電磁鋼板之彎折加工時抑制鋼板彎折部之破裂及龜裂，還可防止鋼板表面受傷或表面被膜之剝離及粉化，並且可謀求改善形狀凍結性。

**【符號說明】****【0045】**

1:方向性電磁鋼板

1a:方向性電磁鋼板之單側自由端部

1b:方向性電磁鋼板之一側

2:積層結構

3:角落部

4,4a:平面部

5:撓曲部

6:接合部

10:捲鐵心(捲鐵心本體)

15:中空部

30:衝模

30a,40a:圓弧部

30b:載置部

30c:正交延伸部

38:按壓構件

40:衝頭

40b:相向面部

50:鋼板供給部

70:製造裝置

71:彎折加工部

72:組裝部

A:曲率中心(圖6)

B,C,D,E,F,G:點

C:間隙(圖7)

CL:中心

La:撓曲部之內側表面

Lb:撓曲部之外側表面

L1:內表面側平面部之間的距離

L2:內表面側平面部之間的距離

L3:積層厚度(積層方向之厚度)

L4:積層鋼板寬度

L5:最內部平面部之間的距離(撓曲部之間的距離)

r:內表面側曲率半徑

Rd:衝模之圓弧部之曲率半徑

Rp:衝頭之圓弧部之曲率半徑

T:厚度

$\phi, \phi_1, \phi_2, \phi_3, \theta$ :彎曲角度

X,Y,Z:三軸方向

## 【發明申請專利範圍】

【請求項1】 一種捲鐵心之製造方法，特徵在於：其係用以製造於中心具有矩形之中空部且包含方向性電磁鋼板在板厚方向上疊合之部分的捲繞形狀之捲鐵心，該方向性電磁鋼板係在長邊方向上平面部與撓曲部交替連續者，並且，該捲鐵心係藉由將個別彎折加工後之前述方向性電磁鋼板疊合成層狀並組裝成捲繞形狀來形成，且在每一圈透過至少1處之接合部來將複數片方向性電磁鋼板互相連接；

所積層之前述方向性電磁鋼板中之任1片以上的至少1個前述撓曲部係藉由下述方式形成：將前述方向性電磁鋼板之一側載置於衝模上並加以拘束，且將衝頭對前述方向性電磁鋼板之另一自由端側之應被撓曲的部位在其厚度方向上進行衝壓；

前述衝模及前述衝頭之外表面各自具有圓弧部，該圓弧部係在沿著前述方向性電磁鋼板之厚度方向的截面中具有預定曲率者；

若令前述方向性電磁鋼板之厚度為 $T(\text{mm})$ ，令前述撓曲部之彎曲角度為 $\theta(^{\circ})$ ，令前述衝模之前述圓弧部的曲率半徑為 $Rd(\text{mm})$ 且令前述衝頭之前述圓弧部的曲率半徑為 $Rp(\text{mm})$ ，則滿足以下(1)~(5)式之關係：

$$0.02 \leq T/(2Rd+T) \leq 0.15 \quad \cdot \cdot \cdot (1)$$

$$0.5 \leq Rd \leq 3.0 \quad \cdot \cdot \cdot (2)$$

$$0.15 \leq T \leq 0.30 \quad \cdot \cdot \cdot (3)$$

$$2.5 \leq Rp/Rd \leq 10 \quad \cdot \cdot \cdot (4)$$

$$10^{\circ} \leq \theta \leq 90^{\circ} \quad \cdot \cdot \cdot (5) ; \text{並且,}$$

利用前述衝頭之前述圓弧部對前述方向性電磁鋼板之應被撓曲的前述部位進行加壓而使該部位沿著前述衝模之前述圓弧部彎折，藉此針對1片前述方向性電磁鋼板形成4處以上前述撓曲部。

【請求項2】 如請求項1之捲鐵心之製造方法，其係藉由以30mm/分鐘以上且3000mm/分鐘以下之加工速度彎折前述方向性電磁鋼板之應被撓曲之前述部位來形成前述撓曲部。

【請求項3】 如請求項1或2之捲鐵心之製造方法，其中在沿著前述方向性電磁鋼板之厚度方向的截面中，於前述衝模與前述衝頭之間，在相對於前述衝頭之衝壓方向呈正交的方向上以 $0.5T \leq C \leq 1.5T$ 之範圍設置預定間隙C(mm)。

【請求項4】 一種捲鐵心之製造裝置，其特徵在於：

具備：

彎折加工部，其係用以將方向性電磁鋼板個別予以彎折加工；及

組裝部，其係用以將經前述彎折加工之前述方向性電磁鋼板疊合成層狀並組裝成捲繞形狀，藉此形成包含方向性電磁鋼板在板厚方向上疊合之部分的捲繞形狀之捲鐵心，該方向性電磁鋼板為在長邊方向上平面部與撓曲部交替連續者；

前述彎折加工部具有衝模與衝頭，且在前述衝模及前述衝頭之外表面各自形成有圓弧部，該圓弧部係在沿著前述方向性電磁鋼板之厚度方向的截面中具有預定曲率者，將前述方向性電磁鋼板之一側載置於前述衝模上並加以拘束，且利用前述衝頭之前述圓弧部對前述方向性電磁鋼板之另一自由端側之應被撓曲的部位在其厚度方向上進行加壓而使該部位沿著前述衝模之前述圓弧部彎折，藉此形成所積層之前述方向性電磁鋼板中之任1片以上的至少1個前述撓曲部；並且，

若令前述方向性電磁鋼板之厚度為T(mm)，令前述撓曲部之彎曲角度為 $\theta(^{\circ})$ ，令前述衝模之前述圓弧部的曲率半徑為Rd(mm)且令前述衝頭之前述圓弧部的曲率半徑為Rp(mm)，則滿足以下(1)~(5)式之關係：

$$0.02 \leq T/(2Rd+T) \leq 0.15 \quad \cdot \cdot \cdot (1)$$

$$0.5 \leq R_d \leq 3.0 \quad \cdot \cdot \cdot (2)$$

$$0.15 \leq T \leq 0.30 \quad \cdot \cdot \cdot (3)$$

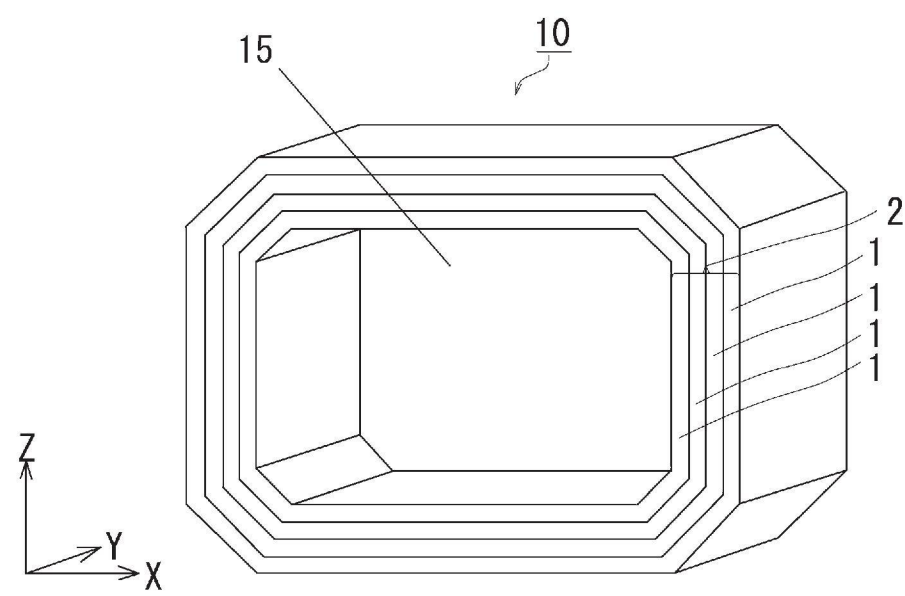
$$2.5 \leq R_p/R_d \leq 10 \quad \cdot \cdot \cdot (4)$$

$$10^\circ \leq \theta \leq 90^\circ \quad \cdot \cdot \cdot (5)。$$

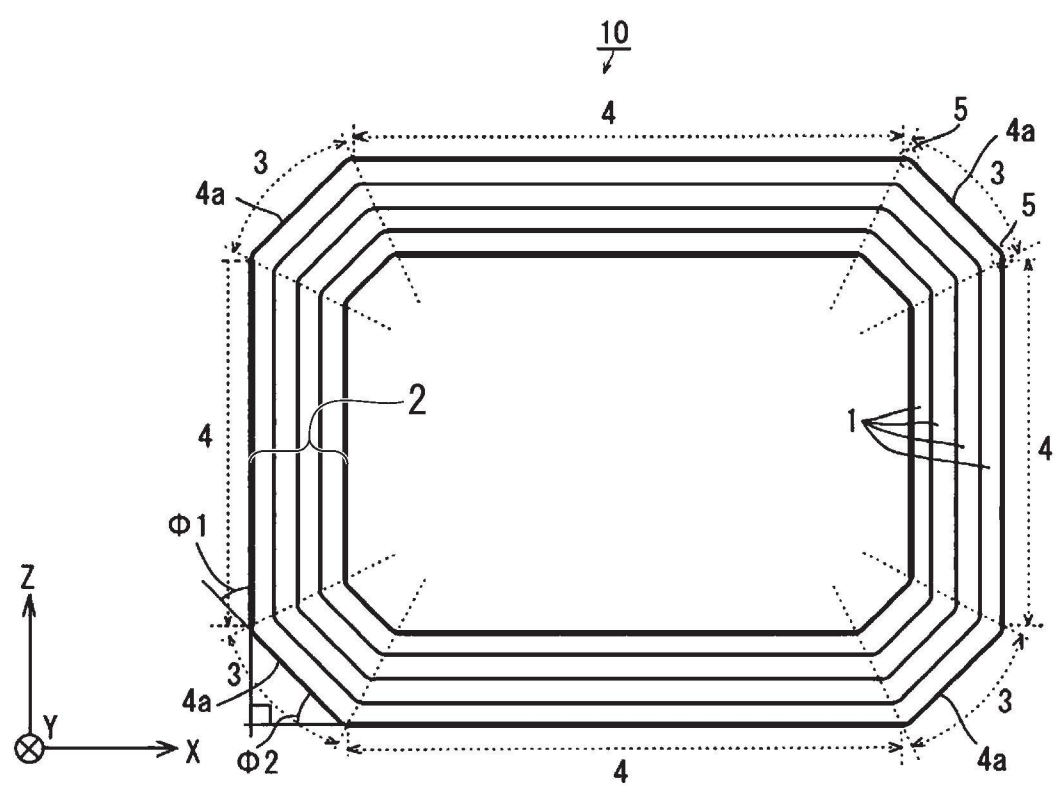
【請求項5】 如請求項4之捲鐵心之製造裝置，其中前述彎折加工部係藉由以30mm/分鐘以上且3000mm/分鐘以下之加工速度彎折前述方向性電磁鋼板之應被撓曲的前述部位來形成前述撓曲部。

【請求項6】 如請求項4或5之捲鐵心之製造裝置，其中在沿著前述方向性電磁鋼板之厚度方向的截面中，於前述衝模與前述衝頭之間，在相對於前述衝頭之衝壓方向呈正交的方向上以 $0.5T \leq C \leq 1.5T$ 之範圍設置預定間隙C(mm)。

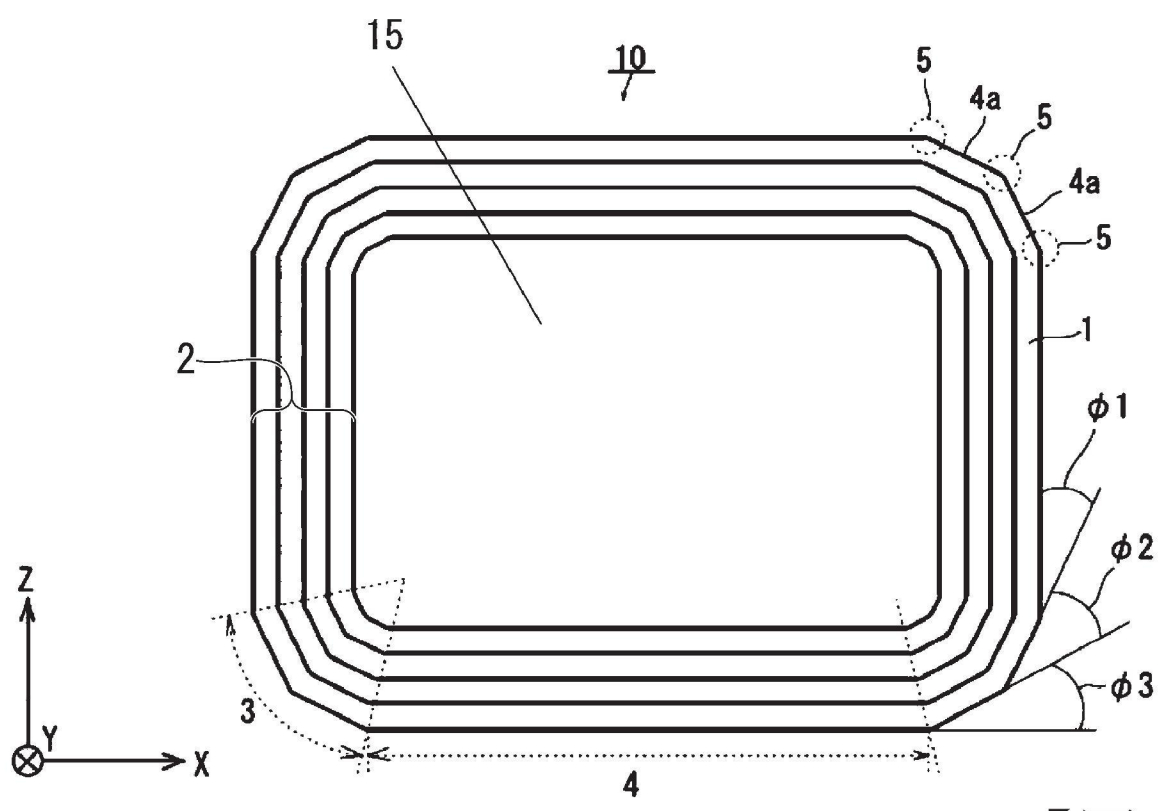
【發明圖式】



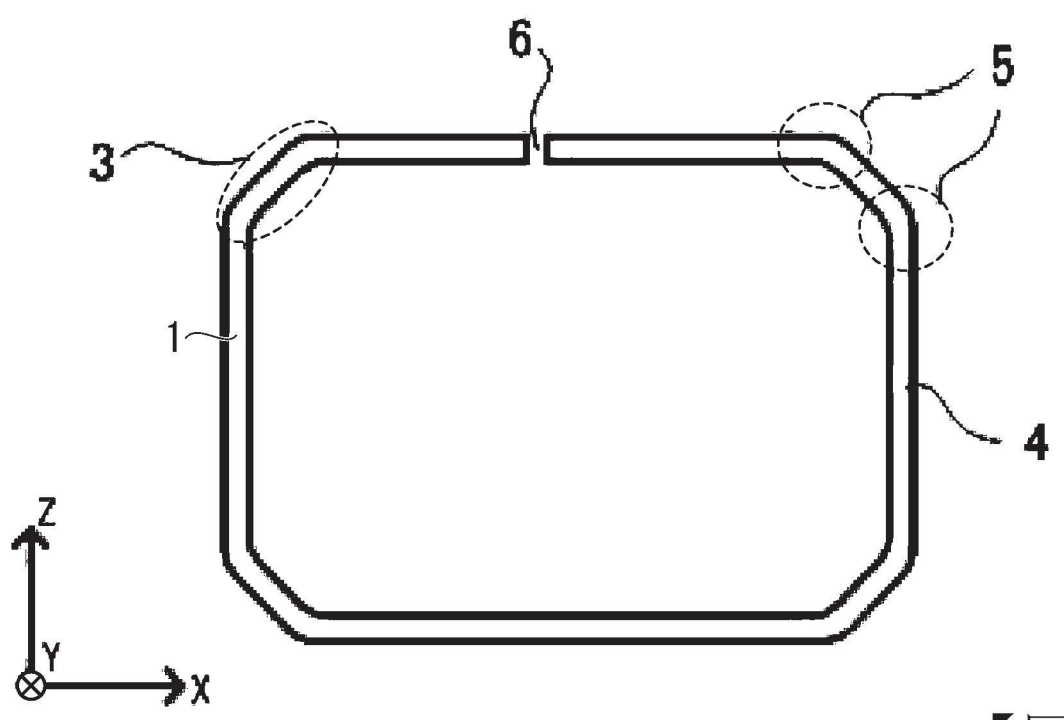
【圖1】



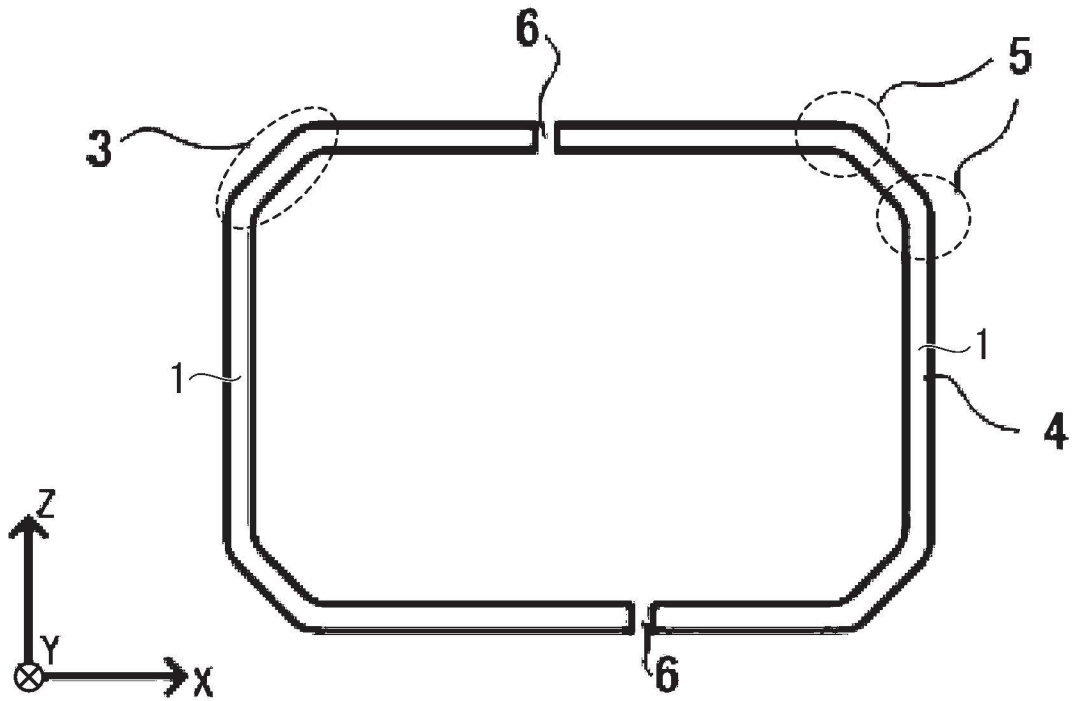
【圖2】



【圖3】

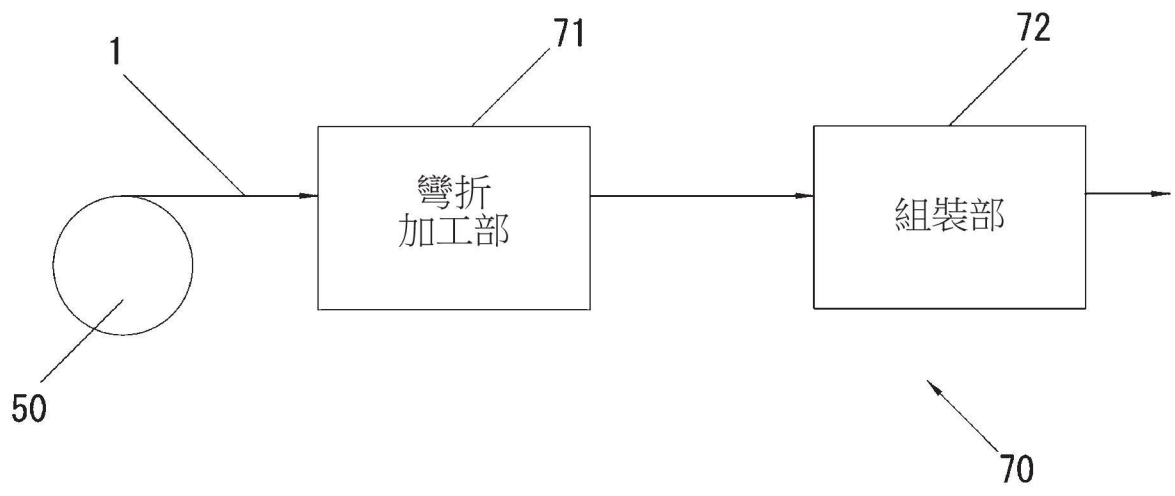


【圖4】

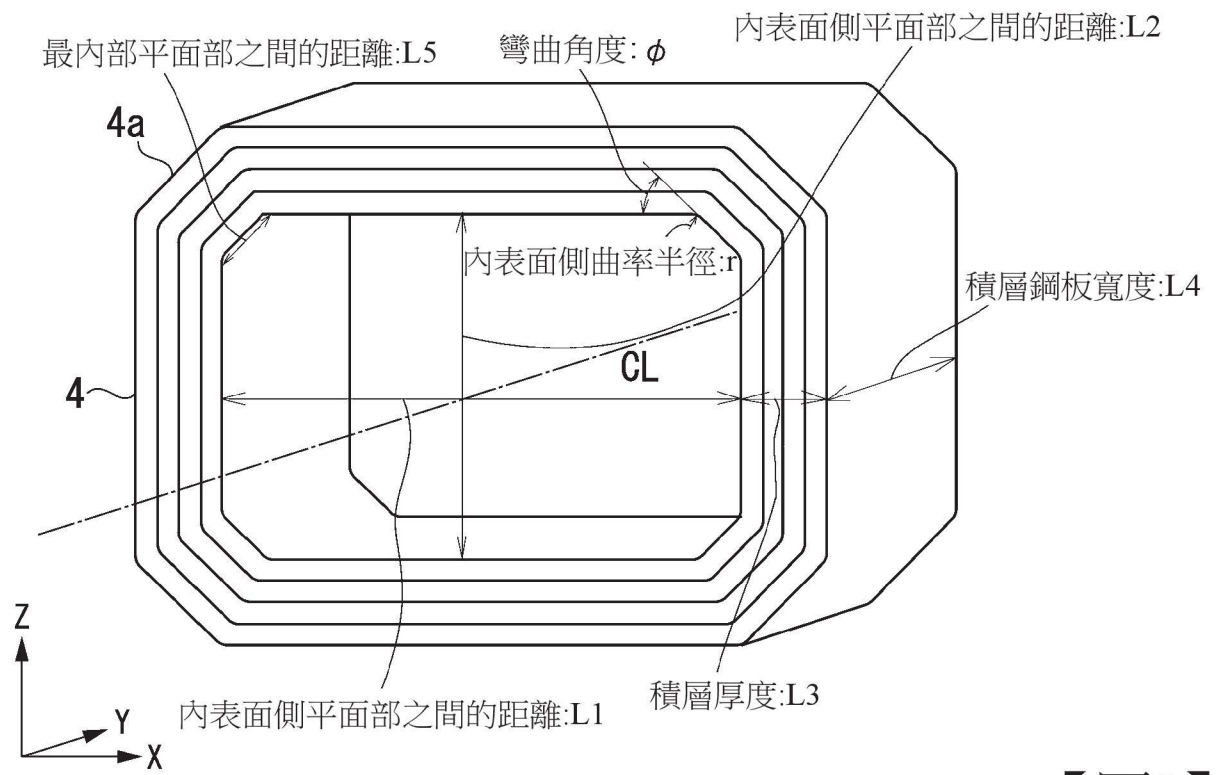


【圖5】





【圖8】



【圖9】