



(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 I498765 B

(45)公告日：中華民國 104 (2015) 年 09 月 01 日

(21)申請案號：100130741

(22)申請日：中華民國 100 (2011) 年 08 月 26 日

(51)Int. Cl. : **G06F19/00 (2011.01)** **C21D11/00 (2006.01)**
C21D1/09 (2006.01)

(30)優先權：2010/08/27 日本 2010-190741

(71)申請人：新日鐵住金股份有限公司 (日本) NIPPON STEEL & SUMITOMO METAL
 CORPORATION (JP)

日本

(72)發明人：桑山卓也 KUWAYAMA, TAKUYA (JP)；鈴木規之 SUZUKI, NORIYUKI (JP)；宮崎康信 MIYAZAKI, YASUNOBU (JP)；川崎薰 KAWASAKI, KAORU (JP)；米村繁 YONEMURA, SHIGERU (JP)

(74)代理人：惲軼群；陳文郎

(56)參考文獻：

CN	1834268A	CN	101259851A
JP	6-246303A	JP	7-119892A
JP	8-183473A	JP	2003-335266A
JP	2004-114912A	JP	2007-62733A
JP	2007-112260A	JP	2009-286351A

審查人員：呂振榮

申請專利範圍項數：23 項 圖式數：18 共 70 頁

(54)名稱

構造材之熱處理方法及經熱處理之構造材

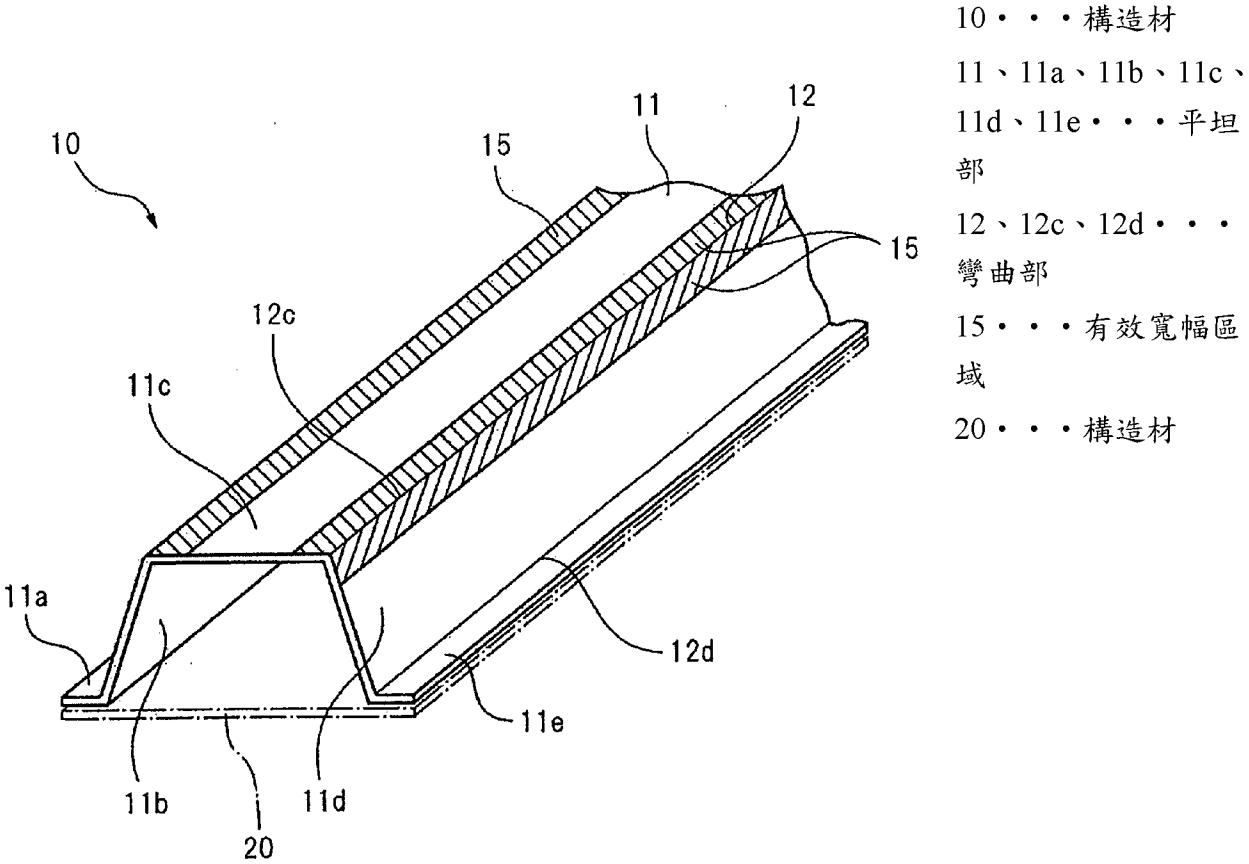
HEAT TREATMENT METHOD OF STRUCTURAL PART AND STRUCTURAL PART

(57)摘要

本構造材之熱處理方法，其係為具備在構造材的一方向延伸，並且朝向與前述一方向垂直的方向彎曲之彎曲部的構造材之熱處理方法，決定前述彎曲部的有效寬幅；在將從前述彎曲部朝向與前述一方向垂直的方向之距離為前述有效寬幅以內之包含前述彎曲部的區域定義為有效寬幅區域，並且將該有效寬幅區域之中利用熱處理而硬化的區域所佔有的比例定義為硬化率之情況下，根據對於硬化率之屈服應力的變化率決定硬化率的範圍；以滿足前述硬化率範圍的方式對於前述構造材的前述有效寬幅區域進行熱處理。

A heat treatment method of a structural part includes a bent portion which is extended to a single direction of the structural part and is bent in a direction perpendicular to the single direction. The heat treatment method of a structural part includes: determining a effective width e of the bent portion; determining a range of a hardened ratio f_M based on a slope of a yield stress σ_Y in regard to the hardened ratio f_M when an effective width area is defined as an area in which a distance from the bent portion to the direction perpendicular to the single direction is the effective width e or shorter and the bent portion is included, and the hardened ratio f_M is defined as a fraction of an area to be hardened by a heat treatment in the effective

width area; performing a heat treatment to the effective width area of the structural part so as to satisfy the range of the hardened ratio f_M .



第 2 圖

公告本

發明專利說明書

104年04月07日修(原)正替換頁
1-49頁

(本說明書格式、順序，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※ 申請案號： 100130741

※ 申請日： 100.8.26

※IPC 分類：

G06F 19/00 (2011.01)

CY1D 11/00 (2006.01)

CY1D 1/09 (2006.01)

一、發明名稱：(中文/英文)

構造材之熱處理方法及經熱處理之構造材

HEAT TREATMENT METHOD OF STRUCTURAL PART AND
STRUCTURAL PART

二、中文發明摘要：

本構造材之熱處理方法，其係為具備在構造材的一方向延伸，並且朝向與前述一方向垂直的方向彎曲之彎曲部的構造材之熱處理方法，決定前述彎曲部的有效寬幅；在將從前述彎曲部朝向與前述一方向垂直的方向之距離為前述有效寬幅以內之包含前述彎曲部的區域定義為有效寬幅區域，並且將該有效寬幅區域之中利用熱處理而硬化的區域所佔有的比例定義為硬化率之情況下，根據對於硬化率之屈服應力的變化率決定硬化率的範圍；以滿足前述硬化率範圍的方式對於前述構造材的前述有效寬幅區域進行熱處理。

三、英文發明摘要：

A heat treatment method of a structural part includes a bent portion which is extended to a single direction of the structural part and is bent in a direction perpendicular to the single direction. The heat treatment method of a structural part includes: determining a effective width e of the bent portion; determining a range of a hardened ratio f_M based on a slope of a yield stress σ_Y in regard to the hardened ratio f_M when an effective width area is defined as an area in which a distance from the bent portion to the direction perpendicular to the single direction is the effective width e or shorter and the bent portion is included, and the hardened ratio f_M is defined as a fraction of an area to be hardened by a heat treatment in the effective width area; performing a heat treatment to the effective width area of the structural part so as to satisfy the range of the hardened ratio f_M .

四、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第 (2) 圖。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

10...構造材

11、11a、11b、11c、11d、11e...平坦部

12、12c、12d...彎曲部

15...有效寬幅區域

20...構造材

五、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

六、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

發明領域

本發明係關於一種構造材之熱處理方法及經熱處理之構造材。

本案係以 2010 年 8 月 27 日在日本申請之日本特願 2010-190741 號為基礎主張優先權，並且將其內容援用於此。

【先前技術】

發明背景

就汽車的構造材而言，大多使用具有多角形剖面之管狀的押出成形品等。這樣的構造材在大致分類時使用於二種用途。一種係為構成例如發動機艙或行李箱室等之構造材，在汽車等衝突時受壓破壞而吸收衝擊能源予以作用之構造材。另外一種係為構成例如座艙等之構造材，從乘坐者的生存空間確保之觀點看來即使在汽車衝突時也要抑制變形之構造材。

在這樣的構造材中，無論是用以使其吸收衝擊能源，或者用以抑制衝突時的變形，都必須提高構造材的強度。就其方法而言，可以舉例將構造材的剖面尺寸或厚度變大。然而，在該情況下，關連到構造材的體積或重量的增加，不只導致燃料費用的惡化，而且會導致在車輛衝擊時之給予對方車輛的損傷增大。

一方面，就在不變大構造材的剖面尺寸或厚度下提高

構造材的強度之方法而言，提出各種對於押出成形品等之構造材施予部份性雷射熱處理的手法(例如專利文獻1～4)。其中，所謂雷射熱處理，其係意指將能源密度高之雷射光束照射在未處理的構造材將構造材局部加熱到變態溫度或是熔點以上的溫度，其後藉由自身冷卻作用進行淬火硬化。

例如，在專利文獻1中，揭示出利用雷射在押出成形品進行局部性的熱處理以圖謀押出成形品的強度上昇之手法。具體而言，在專利文獻1中，藉由冷間成形鋼板後，利用雷射光束以條紋狀或是格子狀急速加熱到特定溫度以上，其後再予以冷卻，強化冷間成形的押出成形品。藉由採用這樣的手法，與將押出成形品整體同樣進行熱處理的情況相比，可以抑制熱處理後的應變發生。尤其是在專利文獻1中所揭示的手法中，在押出成形品的外面上呈朝向長度方向的條紋狀、或是在押出成形品的整個外面上呈格子狀進行雷射熱處理。

又在專利文獻2所揭示的手法中，也是揭示出以一邊抑制應變發生一邊提高押出成形品的強度為目的，在押出成形品進行局部熱處理。尤其是，在專利文獻2所揭示的手法中，在必須具有押出成形品強度的部位，例如車輛衝突試驗，利用有限要素法等予以解析之高應力部進行熱處理。具體而言，以涵蓋押出成形品之長度方向的全長延伸的方式呈線條狀或格子狀進行雷射熱處理。

再者，專利文獻3中，揭示出在將進行雷射熱處理的鋼

板之含有成份控制為特定的成份之狀態下進行雷射熱處理的手法，藉此一邊維持鋼板的加工性一邊提高經雷射熱處理部位的強度。在專利文獻3所揭示的手法中，也是對於必須提升強度的部位進行雷射熱處理，具體而言呈涵蓋押出成形品之長度方向的全長延伸之直線狀進行雷射熱處理。

在專利文獻4中，揭示出以提高押出成形品的衝擊能源吸收能力為目的，在押出成形品的外面周順著壓縮荷重的負荷方向呈線狀進行雷射熱處理的手法。根據這樣的手法，因為朝向與衝擊荷重的輸入方向相同的方向進行雷射熱處理，因此可以將對於變形的阻抗變大的同時，而且可以將破壞模式規則化。尤其是，在專利文獻3所揭示的手法中，順著壓縮荷重的負荷方向涵蓋押出成形品之長度方向的全長連續性進行雷射熱處理。

在任何情形下，在專利文獻1～4的手法中，無論何者都是在押出成形品的外面之中必須具有強度的部份進行雷射熱處理。具體而言，以涵蓋押出成形品之長度方向的全長呈連續性延伸的線狀進行雷射熱處理，或者是以涵蓋押出成形品的整個外面呈格子狀等進行雷射熱處理。

先前技術文獻

專利文獻

【專利文獻1】日本特開昭61-99629號公報

【專利文獻2】日本特開平4-72010號公報

【專利文獻3】日本特開平6-73439號公報

【專利文獻4】日本特開2004-108541號公報

【發明內容】

發明概要

發明欲解決之課題

在第1圖中，模式顯示圓筒狀的構造材在其軸線方向(x方向)受到壓縮荷重時之軸線方向的壓縮應力 σ_x 與壓縮應變 ε_x (對於圓筒狀構造材之長度方向的長度而言為長度方向的變形量)之關係。其中，圖中的 σ_1 、 σ_2 及 σ_3 係表示峰值應力，斜線W所示的區域係顯示利用構造材之吸收能源量。尤其是 σ_1 係顯示初期峰值應力。

其中，如上述所示在用於汽車等之構造材中，有在衝突時吸收衝擊能源之構造材(以下稱為「衝擊吸收用構造材」)、及在衝突時抑制其變形之構造材(以下稱為「變形抑制用構造材」)。此等之中在衝擊吸收用構造材中，必須使吸收能源量儘可能地變大的同時，而且必須使初期峰值應力 σ_1 變得比較小。

一方面，在變形抑制用構造材中，與衝擊吸收用構造材不同，必須使初期峰值應力 σ_1 儘可能地變大。此係由於若是使初期峰值應力 σ_1 變大，即使在構造材施加大的應力也難以使構造材皺折彎曲。因此，必須以初期峰值應力 σ_1 變大的方式對於變形抑制用構造材進行雷射熱處理。

然而，在上述之專利文獻1~4所揭示的手法中，在完全沒有考量初期峰值應力 σ_1 下進行雷射熱處理，實在難以說是將構造材的變形抑制能力充分提高。

因此，有鑑於上述問題，本發明之目的係為提供一種

藉由對於未處理的構造材於適當部位進行熱處理使構造材局部硬化，充分提高變形抑制能力之構造材。

用以欲解決課題之手段

本案發明者們係針對關於在一方向(例如長度方向)延伸之至少具備一個彎曲部之構造材，對於未處理的構造材進行熱處理的區域(部位或量)、以及熱處理後之構造材的變形抑制能力、尤其是與初期峰值應力的關係進行研討。

其結果，發現在從各彎曲部朝向寬幅方向的距離為有效寬幅以內之有效寬幅區域之中，藉由適當控制利用熱處理使其硬化之硬化區域所佔有的比例，可以提高構造材的變形抑制能力，尤其是初期峰值應力。

本發明係根據上述的見解而開發出來者，其要旨係如下所示。

(1)關於本發明之一樣態的構造材之熱處理方法，其係為具備在構造材的一方向延伸，並且朝向與前述一方向垂直的方向彎曲之彎曲部的構造材之熱處理方法，其特徵為：決定前述彎曲部的有效寬幅 e ；在將從前述彎曲部朝向與前述一方向垂直的方向之距離為前述有效寬幅 e 以內之包含前述彎曲部的區域定義為有效寬幅區域，並且將該有效寬幅區域之中利用熱處理而硬化的區域所佔有的比例定義為硬化率 f_M 之情況下，根據對於硬化率 f_M 的屈服應力 σ_Y 之變化率決定硬化率 f_M 的範圍；以滿足前述硬化率 f_M 範圍的方式對於前述構造材的前述有效寬幅區域進行熱處理。

(2)在上述(1)之構造材之熱處理方法，其中，前述變化

率為前述硬化率 f_M 之值為0的情況下之值亦可。

(3)在上述(2)之構造材之熱處理方法，其中，以根據前述變化率算出的加工硬化係數 E_h 成為特定值以上的方式決定前述硬化率 f_M 的範圍亦可。

(4)在上述(3)之構造材之熱處理方法，其中，前述特定值為前述硬化率 f_M 為1之情況下的加工硬化係數 E_h 亦可。

(5)在上述(2)之構造材之熱處理方法，其中，在將前述硬化率 f_M 為1之情況下的流動應力與前述硬化率 f_M 為0之情況下的流動應力之差定義為 $\Delta\sigma_h$ ，將前述硬化率 f_M 為1之情況下的屈服應力與前述硬化率 f_M 為0之情況下的屈服應力之差定義為 $\Delta\sigma_Y$ ，將前述變化率定義為 b 的情況下，前述硬化率 f_M 的範圍為下式(1)所示之 f_{M-min} 以上且小於1亦可。

【數式1】

$$f_{M-min} = \frac{\Delta\sigma_h - \Delta\sigma_Y}{\Delta\sigma_Y - b} \quad \dots(1)$$

(6)在上述(5)之構造材之熱處理方法，其中，前述硬化率 f_M 的範圍為下式(2)所示之 f_{M-max} 以下亦可。

【數式2】

$$f_{M-max} = \frac{\Delta\sigma_h - b}{2(\Delta\sigma_Y - b)} \quad \dots(2)$$

(7)在上述(1)之構造材之熱處理方法，其中，將前述變化率與對於硬化率 f_M 之流動應力 σ_h 的變化率相等之界限硬化率 f_M 決定為 f_{M-max} ，根據該 f_{M-max} 決定前述硬化率 f_M 的範圍亦可。

(8)在上述(7)之構造材之熱處理方法，其中，將前述硬化率 f_M 的範圍決定為滿足下式(3)的範圍亦可。

【數式3】

$$0.5 f_{M-\max} \leq f_M < 1 \quad \dots(3)$$

(9)在上述(7)之構造材之熱處理方法，其中，將前述硬化率 f_M 的範圍決定為滿足下式(4)之 $f_{M-\min}$ 以上且小於1亦可。

【數式4】

$$\sigma_Y(f_{M-\min}) = \sigma_{YM} \quad \dots(4)$$

(10)在上述(1)之構造材之熱處理方法，其中，在將硬化率 f_M 為1之情況下的流動應力與硬化率 f_M 為0之情況下的流動應力之差定義為 $\Delta\sigma_h$ 的情況下，以該 $\Delta\sigma_h$ 及前述變化率之差成為特定值以下的方式決定前述硬化率 f_M 的範圍亦可。

(11)在上述(1)之構造材之熱處理方法，其中，對於包含在前述構造材中之化學成份，將碳的質量百分比定義為C，矽的質量百分比定義為Si，錳的質量百分比定義為Mn，鎳的質量百分比定義為Ni，鉻的質量百分比定義為Cr，鉬的質量百分比定義為Mo，鈮的質量百分比定義為Nb，釩的質量百分比定義為V之情況下，利用前述熱處理而硬化的區域為根據下式(5)及(6)算出之維克氏硬度以上的區域亦可。

【數式5】

$$Hv = 0.8(950 C_{eq} + 260) \quad \dots(5)$$

【數式6】

$$C_{eq} = C + 0.004Si + 0.011Mn + 0.02Ni + 0.012Cr + 0.016Mo + 0.006Nb + 0.0025V \dots (6)$$

(12)在上述(1)之構造材之熱處理方法，其中，前述熱處理為利用雷射予以進行亦可。

(13)在上述(1)之構造材之熱處理方法，其中，前述熱處理的1道次為涵蓋前述一方向的全長連續進行。

(14)關於本發明之一樣態的經熱處理之構造材，其係為具備在構造材的一方向延伸，並且朝向與前述一方向垂直的方向彎曲之彎曲部的構造材，其特徵為：在將從前述彎曲部朝向與前述一方向垂直的方向之距離為有效寬幅 e 以內之包含前述彎曲部的區域定義為有效寬幅區域，並且將該有效寬幅區域之中利用熱處理而硬化的區域所佔有的比例定義為硬化率 f_M 之情況下，該硬化率 f_M 為小於1，而且包含在根據對於硬化率 f_M 的屈服應力 σ_Y 之變化率所決定的硬化率 f_M 範圍。

(15)在上述(14)之經熱處理之構造材，其中，前述變化率為前述硬化率 f_M 之值為0的情況下之值亦可。

(16)在上述(15)之經熱處理之構造材，其中，前述硬化率 f_M 的範圍為以根據前述變化率算出的加工硬化係數 E_h 成為特定值以上的方式所決定的範圍亦可。

(17)在上述(16)之經熱處理之構造材，其中，前述特定值為前述硬化率 f_M 為1之情況下的加工硬化係數 E_h 亦可。

(18)在上述(14)之經熱處理之構造材，其中，在將前述硬化率 f_M 為1之情況下的流動應力與前述硬化率 f_M 為0之情

況下的流動應力之差定義為 $\Delta\sigma_h$ ，將前述硬化率 f_M 為1之情況下的屈服應力與前述硬化率 f_M 為0之情況下的屈服應力之差定義為 $\Delta\sigma_y$ ，將前述變化率定義為 b 的情況下，前述硬化率 f_M 的範圍為下式(7)所示之 $f_{M-\min}$ 以上亦可。

【數式7】

$$f_{M-\min} = \frac{\Delta\sigma_h - \Delta\sigma_y}{\Delta\sigma_y - b} \quad \dots(7)$$

(19)在上述(18)之經熱處理之構造材，其中，前述硬化率 f_M 的範圍為下式(8)所示之 $f_{M-\max}$ 以下亦可。

【數式8】

$$f_{M-\max} = \frac{\Delta\sigma_h - b}{2(\Delta\sigma_y - b)} \quad \dots(8)$$

(20)在上述(18)之經熱處理之構造材，其中，將前述各流動應力定義為產生5%的塑性應變時的保證應力(proof stress)亦可。

(21)在上述(19)之經熱處理之構造材，其中，在將與前述一方向垂直的寬幅尺寸定義為 w ，將硬化率 f_M 為0的情況之屈服應力定義為 σ_{y0} ，將構造材的前述一方向之最大應力成為該 σ_{y0} 的應力朝向前述一方向施加時之與前述一方向垂直的寬幅方向之各位置的應力定義為 σ_x 之情況下，前述有效寬幅 e 為利用下式(9)予以定義亦可。

【數式9】

$$e = \frac{1}{2\sigma_{y0}} \int_0^w \sigma_x dv \quad \dots(9)$$

(22)在上述(14)之經熱處理之構造材，其中，在將厚度尺寸定義為 t ，將帕松比定義為 ν ，將彈性率定義為 E ，將硬化率 f_M 為0的情況之屈服應力定義為 σ_{Y0} 之情況下，前述有效寬幅 e 為利用下式(10)予以定義亦可。

【數式10】

$$e = \frac{t}{2} \sqrt{\frac{E}{\sigma_{Y0}}} \left(1.90 - \frac{t}{w} \sqrt{\frac{E}{\sigma_{Y0}}} \right) \dots(10)$$

(23)在上述(14)之經熱處理之構造材，其中，在將厚度尺寸定義為 t ，將與前述一方向垂直的寬幅尺寸定義為 w ，將彈性率定義為 E ，將硬化率 f_M 為0的情況之屈服應力定義為 σ_{Y0} 之情況下，前述有效寬幅 e 為利用下式(11)予以定義。

【數式11】

$$e = \frac{t}{1.052} \sqrt{\frac{E}{\sigma_{Y0}}} \left(1 - \frac{0.44t}{1.052w} \sqrt{\frac{E}{\sigma_{Y0}}} \right) \dots(11)$$

(24)在上述(14)之經熱處理之構造材，其中，對於包含在前述構造材中之化學成份，將碳的質量百分比定義為 C ，矽的質量百分比定義為 Si ，錳的質量百分比定義為 Mn ，鎳的質量百分比定義為 Ni ，鉻的質量百分比定義為 Cr ，鉬的質量百分比定義為 Mo ，鈮的質量百分比定義為 Nb ，釩的質量百分比定義為 V 之情況下，利用前述熱處理而硬化的區域為根據下式(12)及(13)算出之維克氏硬度以上的區域亦可。

【數式12】

$$Hv = 0.8(950C_{eq} + 260) \dots(12)$$

【數式13】

$$C_{eq} = C + 0.004Si + 0.011Mn + 0.02Ni + 0.012Cr + 0.016Mo + 0.006Nb + 0.0025V \dots (13)$$

(25)在上述(14)之經熱處理之構造材，其中，前述熱處理為利用雷射予以進行亦可。

發明效果

根據本發明，與在習知中藉由對於未處理的構造材於任意部位進行熱處理使構造材局部硬化，以提高構造材的變形抑制能力之事相比，可以求出相當於皺折彎曲之初期峰值應力 σ_1 之彈塑性皺折彎曲應力 $\sigma_{p \cdot Cr}$ 之值的同時，而且可以適當提示在該彈塑性皺折彎曲應力 $\sigma_{p \cdot Cr}$ 為最大之有效寬幅區域中的硬化區域之體積分率。藉此，在變形抑制構造體中，可以給予適當的變形抑制之指針。

又根據本發明，可以將用以提高構造材之變形抑制能力所必要的熱處理成本最佳化(減低)。

此外，根據本發明，藉由使用試驗片測定鋼材的特性，不用評估構造體就可以從試驗片的特性值適當提示有效寬幅中的硬化區域之體積分率。尤其是在上述(2)的情況，能夠以儘可能少的試驗片之評估數適當提示有效寬幅中的硬化區域之體積分率。

圖式簡單說明

第1圖係為模式顯示圓筒狀的構造材在其軸線方向受到壓縮荷重時之軸線方向的壓縮應力與壓縮應變之關係的圖面。

第2圖係為顯示適用關於本發明之一實施形態之構造材的熱處理方法之構造材的一例之立體圖。

第3圖係為第2圖所示之構造材的橫剖面圖。

第4A圖係為其他例之構造材的橫剖面圖。

第4B圖係為其他例之構造材的橫剖面圖。

第4C圖係為其他例之構造材的橫剖面圖。

第5圖係為其他例之構造材的立體圖。

第6A圖係為用以說明有效寬幅之圖面。

第6B圖係為用以說明有效寬幅之圖面。

第7圖係為鋼板之真應力-塑性應變線圖。

第8圖係為鋼板之真應力-真應變線圖。

第9A圖係為鋼板之真應力-真應變線圖。

第9B圖係為鋼板之真應力-真應變線圖。

第10圖係為顯示硬化區域的體積分率與鋼板的保證應力及屈服應力之關係的圖面。

第11圖係為顯示硬化區域的體積分率與鋼板的保證應力及屈服應力之關係的圖面。

第12圖係為顯示硬化區域的體積分率與加工硬化係數之關係的圖面。

第13A圖係為顯示於實施例使用之構造材組裝體的製造過程之圖面。

第13B圖係為顯示於實施例使用之構造材組裝體的製造過程之圖面。

第13C圖係為顯示於實施例使用之構造材組裝體的製造過程之圖面。

第14圖係為於實施例使用之構造材組裝體的側面圖。

第15圖係為關於本實施形態之構造材的熱處理方法之流程圖。

第16圖係為顯示在關於本實施形態之構造材的熱處理方法中之硬化區域的體積分率(硬化率) f_M 範圍的決定方法之一例的流程圖。

第17圖係為顯示在關於本實施形態之構造材的熱處理方法中之硬化區域的體積分率(硬化率) f_M 範圍的決定方法之一例的流程圖。

第18圖係為顯示在關於本實施形態之構造材的熱處理方法中之硬化區域的體積分率(硬化率) f_M 範圍的決定方法之一例的流程圖。

【實施方式】

用以實施發明之形態

以下，針對本發明之實施形態參照圖面詳細說明。又在以下的說明中，對於相同的構成要素附予相同的參照號碼。

以下，針對本發明之一實施形態的構造材之熱處理方法進行說明。

在關於本實施形態之構造材之熱處理方法中，對於具備：在構造材的一方向延伸，並且朝向與該延伸方向垂直的方向彎曲之彎曲部的構造材進行熱處理。該熱處理中，使朝向與彎曲部之延伸方向垂直的方向之距離為前述有效寬幅以內之包含彎曲部的構造材中之區域(也就是有效寬幅區域)的特定比例(也就是相當於硬化率的部份)硬化。

如後述所示，對於有效寬幅區域之中根據熱處理而硬化的區域所佔有的比例(也就是硬化率)之屈服應力(屈服強度)的變化率係因應硬化率而改變，其變化量(變化程度)在與對於硬化率之流動應力的變化率之變化量(變化程度)相比為大。因此，為了提高構造材的初期峰值應力(變形抑制能力)所必要之有效寬幅區域的加工硬化率則是根據對於硬化率之屈服應力的變化率而受到影響。因此，以滿足根據對於硬化率之屈服應力的變化率而決定的硬化率之範圍的方式，藉由對於主要承受施加在構造材之荷重的有效寬幅區域進行熱處理，可以一邊減低熱處理的成本一邊提高構造材的變形抑制能力。

又所謂流動應力係為在超過彈性界限轉換為流動性的變形之時點、及該時點以後所產生的應力。又，有將硬化率記載為體積分率的情況。

在關於本實施形態之構造材之熱處理方法中，如第15圖所示，輸入(使用)必要的資料(S1)，決定對於彎曲部之有效寬幅區域(S2)，根據對於硬化率之屈服應力的變化率決定硬化率的範圍(S3)，以滿足該硬化率範圍的方式對於構造材的有效寬幅區域進行熱處理(S4)。在此，有效寬幅係可以由後述的數學式(14)之有效寬幅的定義式、或是由該定義式所衍生之各種數學式加以決定。又硬化率的範圍係可以使用至少對於1個硬化率之屈服應力的變化率加以決定。例如，可以將對於特定的硬化率之屈服應力的變化率作為參數由特定的相關關係(例如數學式)加以決定。又例如可以將對於

硬化率之屈服應力的變化率在滿足特定條件時的硬化率為基準決定硬化率的範圍。

以下，針對關於本實施形態之構造材之熱處理方式進一步詳細說明。

第2圖係為顯示適用關於本實施形態之構造材之熱處理方法的構造材之一例的立體圖。又第3圖係為與第2圖所示之構造材的長度方向垂直的剖面中之構造材的剖面圖。如第2圖所示，構造材10係具備在其長度方向延伸之平板狀的平坦部11(11a~11e)、及在此等平坦部11之間在長度方向延伸之複數個彎曲部12(12a~12d)。換言之，如第3圖所示，構造材10係具備五個平坦部11a~11e、及設置在此等平坦部11a~11e之間的四個彎曲部12a~12d。

構造材10係用於例如汽車等車輛的框體之一部份，尤其是用於汽車等在衝撞時必須抑制其變形之處。因此當舉出以汽車的框體為例時，構造材10係用於構成艙室等之框體為佳。

尤其是在構造材10用於汽車等車輛的框體之一部份的情況下，如在第2及3圖一點虛線所示，被用於在其他的平板狀之構造材20熔接構造材10而被結合的構件。因此，構造材10的五個平坦部11a~11e之中設置在構造材10的兩緣部之平坦部11a及11e係形成為凸緣狀。在將構造材10與其他構造材20熔接時，平坦部11a及11e係與其他構造材20熔接。

又在第2及3圖所示之例子中，構造材10係具備五個平

平坦部11a~11e、及設置在此等平坦部11a~11e之間的四個彎曲部12a~12d。然而，構造材若是具備至少一個在其一方向(例如長度方向)延伸，並且朝向與該延伸方向垂直的方向施予彎曲之彎曲部，無論是構成何種形狀亦可，例如具有如第4A~4C圖所示的剖面形狀亦可。

在如第4A圖所示之例子中，構造材10'係具備四個平坦部11、及設置在此等平坦部11之間的三個彎曲部12，此等之中於剖面形狀中位於兩緣之平坦部11係具有用以將構造材10'與其他的平板狀構造材(未圖示)結合之作為凸緣的機能。在第4B圖所示之例子中，構造材10''係具備五個平坦部11、及設置在此等平坦部11之間的四個彎曲部12，此等之中於剖面形狀中位於兩緣之平坦部11係具有用以將構造材10''與其他的平板狀構造材(未圖示)結合之作為凸緣的機能。在第4C圖所示之例子中，構造材10'''係使其剖面形狀為四角形的方式，具備四個平坦部11、及設置在此等平坦部11之間的四個彎曲部12。

又構造材10係不一定在其長度方向直線延伸亦可，例如第5圖所示呈彎曲、或是屈曲亦可。如此所示在構造材10為彎曲或是屈曲的情況下，將順著其彎曲及屈曲的方向稱為長度方向。因此，在第5圖所示的例子中，圖中的一點虛線係表示構造材10的長度方向。又平坦部係意指其剖面呈直線狀(帶狀)之構造材的部份。又彎曲部係意指構造材的剖面且利用相鄰的2個平坦部之延伸方向的交叉予以形成的線狀之構造材的部份。因此，如第5圖所示之平坦部11a~

11e及彎曲部12a~12d所示，在構造材的長度方向中將平坦部及彎曲部為彎曲或屈曲的情況各自包含在平坦部及彎曲部。

在關於本實施形態之構造材之熱處理方法中，在形成為如上述之類的形狀之未處理的構造材10之特定部份進行熱處理(在此，以雷射熱處理作為一例)。就雷射熱處理的手段而言，使用二氧化碳雷射、YAG雷射、光纖雷射等之雷射熱處理裝置。又針對根據雷射熱處理使其硬化之板厚度方向的深度，從雷射光照射面至少使其硬化到板厚度的10以上之深度。又根據雷射熱處理使其硬化之區域的板厚度方向的深度係期望控制在從雷射光照射面到小於板厚度的90%。以下，針對雷射熱處理所進行的部份予以說明。

在薄板受到壓縮荷重而皺折彎曲時，作用在薄板的應力係在與壓縮荷重的作用方向垂直之薄板的剖面(板寬幅方向)呈不一樣分布。例如使第6A圖所示之寬幅 w 的薄板受到如箭頭方向所示的壓縮荷重，根據彈性皺折彎曲在薄板產生面外變形時，施加在其剖面 a 之長度方向(x 方向)的應力 σ_x 係分布為如第6B圖所示。如第6B圖所示，由於在薄板的寬幅方向(y 方向，也就是 w 方向)端部作用的應力為最大，因此易於從薄板的寬幅方向端部產生塑性皺折彎曲因此在皺折彎曲的初期階段(例如在構造材的情況下，相當於直至達到初期峰值應力的變形)中，可以認為是由從薄板的寬幅方向端部具有特定尺寸的寬幅之部份承擔壓縮荷重。因

此，在第6B圖之虛線所示之假想的寬幅 $2 \times e$ 的部份，將與施加在薄板的寬幅方向端部之 $\sigma_{\max}$ (在構造材中係與後述之 σ_{Y0} 對應)相等之應力呈一樣分布，假設由該假想的寬幅 $2 \times e$ 的部份承擔所有荷重。該寬幅 e 係稱為有效寬幅，該有效寬幅 e 係利用下式(14)，也就是式(15)予以定義。

【數式14】

$$\int_0^w \sigma_x dw = 2e \sigma_{\max} \quad \dots(14)$$

【數式15】

$$e = \frac{1}{2\sigma_{Y0}} \int_0^w \sigma_x dw \quad \dots(15)$$

當該有效寬幅 e 使用薄板的彈性率 E 、帕松比 ν 、及厚度 t 時，如下式(16)表示，尤其是在薄板的屈服應力 σ_{Y0} 呈一樣分布時之有效寬幅 e 係如下式(17)表示。

【數式16】

$$e = \frac{\pi t}{\sqrt{12(1-\nu^2)}} \sqrt{\frac{E}{\sigma_{\max}}} \quad \dots(16)$$

【數式17】

$$e = \frac{\pi t}{\sqrt{12(1-\nu^2)}} \sqrt{\frac{E}{\sigma_{Y0}}} \quad \dots(17)$$

又以上式(16)及(17)所表示之有效寬幅 e 係為理論值，當使用該理論值時證實根據條件會使實驗結果及屈服現象大不相同。因此，考量實驗結果，有效寬幅 e 係例如下式(18A)及(19)加以定義。又式(19)中之 λ 係為細長因子，在薄板的屈服應力 σ_{Y0} 於有效寬幅 e 的部份呈一樣分布時如式(20)予

以決定。在式(20)中，k係意指平板皺折彎曲係數。

【數式18】

$$e = \frac{\sigma w}{2} \quad \dots(18A)$$

【數式19】

$$\sigma = \frac{1}{\lambda} \left(1 - \frac{0.22}{\lambda} \right) \leq 1 \quad \dots(19)$$

【數式20】

$$\lambda = \frac{1.052}{\sqrt{k}} \left(\frac{w}{t} \right) \sqrt{\frac{\sigma_{y0}}{E}} \quad \dots(20)$$

又，針對有效寬幅e的定義，如下式(18B)所示，除了上式(18A)以外也存在有各種定義，在關於本實施形態之構造材之熱處理方法中，使用此等各種定義中的任一種皆可。又利用數值解析(例如有限要素法之類的數值積分)算出薄板承受壓縮荷重而皺折彎曲時之薄板寬幅方向中的應力分布(也就是如第6B圖所示之應力分布)，如此一來，從算出的應力分布算出滿足上式(14)的有效寬幅e亦可。

【數式21】

$$e = \frac{t}{2} \sqrt{\frac{E}{\sigma_{y0}}} \left(1.90 - \frac{t}{w} \sqrt{\frac{E}{\sigma_{y0}}} \right) \quad \dots(18B)$$

當考量如上述所示的有效寬幅e時，在如第2圖等所示之構造材10中都一樣，各平坦部11之中主要承擔壓縮荷重的區域係為從彎曲部12朝向寬幅方向(也就是與構造材10的長度方向垂直之方向)的距離為有效寬幅e以內之區域。

以下，將這樣的區域，也就是從彎曲部朝向寬幅方向之距離為有效寬幅 e 以內之包含彎曲部的區域稱為有效寬幅區域。該有效寬幅區域(第2及3圖中之有效寬幅區域15)係在第2圖中以斜線表示，在第3圖中以塗黑示之。

如此一來，在關於本實施形態之構造材之熱處理方法中，對於至少具有1個第3圖之彎曲部12(12a~12d)所示的彎曲部之未處理的構造材(構造材的彎曲部)決定有效寬幅。

在關於本實施形態之構造材之熱處理方法中，對於如上述所示予以決定之有效寬幅區域之中的一部份區域進行熱處理(在此以雷射熱處理作為一例)。以下，針對有效寬幅區域之中進行雷射熱處理之區域所佔有的比例予以說明。

第7圖係顯示拉伸強度440MPa級的鋼板之真應力-真塑性應變線圖。當使用第7圖所示之直線硬化規則作為具有這樣的應力應變特定的鋼板之屈服後的加工硬化特性時，加工硬化係數 E_h 係以下式(21)表示。在式(21)中， ε_p 係表示鋼板在屈服後之應變(塑性應變)， σ_h 係表示在塑性應變為 ε_p 時之應力。又在該第7圖、後述的第9A及9B圖中，以塑性應變為1%時之應力作為 σ_h 予以說明。如此等圖面所示，從塑性應變 ε_p 為1%時之應力決定 σ_h 亦可。

【數式22】

$$E_h = \frac{\sigma_h - \sigma_y}{\varepsilon_p} \quad \dots(21)$$

針對這樣的鋼板之彈塑性皺折彎曲現象，提出以其彈塑性皺折彎曲應力 $\sigma_{p,Cr}$ 作為加工硬化係數 E_h 的函數予以表

現之理論式，該彈塑性皺折彎曲應力 $\sigma_{p,Cr}$ 係例如下式(22)表示。在下式(22)中， w 係為鋼板寬幅， t 係為鋼板厚度， k 係為因應板形狀等的係數。由式(22)可以得知，彈塑性皺折彎曲應力 $\sigma_{p,Cr}$ 係與加工硬化係數 E_h 呈比例增加。

【數式23】

$$\frac{\sigma_{p,Cr}}{E} = k \frac{\pi^2 t^2}{12(1-\nu^2)w^2} \left(\frac{E_h}{E} \right) \dots(22)$$

其中，因為認為如第1圖所示之初期峰值應力 σ_1 係具有與彈塑性皺折彎曲應力 $\sigma_{p,Cr}$ 相同的傾向，因此認為初期峰值應力 σ_1 也與加工硬化係數 E_h 呈比例增加。又上式(22)中，顯示出如第6A圖示之鋼板中的彈塑性皺折彎曲應力 $\sigma_{p,Cr}$ ，但不能表示關於如第3圖所示之具有多角形剖面之構造材的彈塑性皺折彎曲應力 $\sigma_{p,Cr}$ 。然而，在進展構造材的剖面形狀的多角化之情況下，構造材的剖面形狀係與圓筒形相近，圓筒殼的彈塑性皺折彎曲應力 $\sigma_{p,Cr}$ 係如下式(23)表示。在式(23)中， R 為圓筒直徑。

【數式24】

$$\frac{\sigma_{p,Cr}}{E} = \frac{t}{R\sqrt{3(1-\nu^2)}} \left(\frac{E_h}{E} \right) \dots(23)$$

由式(23)可以得知，即使是圓筒殼，彈塑性皺折彎曲應力 $\sigma_{p,Cr}$ 也是與加工硬化係數 E_h 呈比例增加。因此，認為即使是圓筒殼，初期峰值應力 σ_1 也是與加工硬化係數 E_h 呈比例增加。

第8圖係顯示拉伸強度440MPa級之未處理的鋼板、以

及在拉伸強度440MPa級的鋼板整體進行熱處理(淬火)的材料之真應力-真應變線圖。第8圖的實線係顯示未處理之鋼板的真應力-真應變線圖，虛線則是顯示熱處理後之鋼板的真應力-真應變線圖。

針對第8圖所示之熱處理前後的鋼板，當適用如第7圖所示之直線硬化規則算出屈服後的加工硬化係數 E_h 時，未處理鋼板的加工硬化係數 E_{h0} 係可以如下式(24)表示(參照第9A圖)。在式(24)中， σ_{Y0} 係表示未處理鋼板的屈服應力， ε_{Y0} 係表示達到屈服應力時之未處理鋼板的真應變， ε_{h0} 係表示比 ε_{Y0} 更大的特定真應變， σ_{h0} 係表示在真應變為 ε_{h0} 時之未處理鋼板的應力(對應於後述的流動應力)。一方面，熱處理後之鋼板的加工硬化係數 E_{hM} 係可以如下式(25)表示(參照第9B圖)。在式(25)中， σ_{YM} 係表示熱處理後之鋼板的屈服應力， ε_{YM} 係表示達到屈服應力時之熱處理後之鋼板的真應變， ε_{hM} 係表示比 ε_{YM} 更大的特定真應變， σ_{hM} 係表示在真應變為 ε_{hM} 時之熱處理後之鋼板的應力(對應於後述的流動應力)。

【數式25】

$$E_{h0} = \frac{\sigma_{h0} - \sigma_{Y0}}{\varepsilon_p} = \frac{\sigma_{h0} - \sigma_{Y0}}{\varepsilon_{h0} - \varepsilon_{Y0}} \quad \dots(24)$$

【數式26】

$$E_{hM} = \frac{\sigma_{hM} - \sigma_{YM}}{\varepsilon_p} = \frac{\sigma_{hM} - \sigma_{YM}}{\varepsilon_{hM} - \varepsilon_{YM}} \quad \dots(25)$$

由第8、9A及9B圖可以得知，在對於鋼板整體進行熱

處理的情況下，熱處理後之鋼板的加工硬化係數 E_{hM} 係比熱處理前之鋼板的 E_{h0} 更大。因此，在對於鋼板整體進行熱處理的情況下，可以得知在將熱處理後之鋼板與熱處理前之鋼板相比下初期峰值應力 σ_1 為大。

如此一來，在未處理鋼板、及對於整體進行熱處理之鋼板中，可以得知對於整體進行熱處理之鋼板使其初期峰值應力 σ_1 為大。然而，針對在鋼板進行部份性熱處理的情況下，對於鋼板進行熱處理的比例，也就是利用熱處理使其硬化到特定硬度以上的區域(以下，稱為「硬化區域」)之對於鋼板整體的比例、以及與初期峰值應力的關係等為何種關係則是不清楚。

因此，本發明者們係調查出將對於鋼板整體之硬化區域的體積分率(硬化率) f_M 變化為0~100%時之體積分率 f_M 、部份硬化後之鋼板的加工硬化係數 E_h 、以及初期峰值應力 σ_1 的關係之結果，得到如以下所示的見解。以下，針對該得到的見解詳細闡述。

首先，在將對於鋼板整體之硬化區域的體積分率 f_M 變化為0~100%的情況下，產生5%的塑性應變時之鋼板保證應力 σ_h 及其屈服應力 σ_y 係認為可以推斷為如第10圖所示。

換言之，如第10圖所示，產生5%的塑性應變時之鋼板保證應力 σ_h 係對於體積分率 f_M 大概可以達到近似直線。此係由於在對於鋼板整體施加某程度有限的塑性應變時，無論是硬化區域、非硬化區域(硬化區域以外的鋼板區域，也就是未處理的區域)，都會使大概相等的塑性應變作用。

因此，在對於硬化區域的體積分率 f_M 之5%塑性應變施予後的保證應力 σ_h 係作為體積分率 f_M 的函數使其如下式(26)表示。

【數式27】

$$\sigma_h(f_M) = f_M \sigma_{hM} + (1 - f_M) \sigma_{h0} = (\sigma_{hM} - \sigma_{h0}) f_M + \sigma_{h0} \quad \dots(26)$$

如以上所示，即使鋼板保證應力 σ_h 為進行所謂與硬化區域的體積分率 f_M 呈比例之近似，鋼板保證應力 σ_h 及硬化區域的體積分率 f_M 的關係也可以充份正確表現。

一方面，如第10圖所示，當將屈服應力 σ_Y 近似於非直線而是向下為凸的曲線(例如二次函數)時，使用硬化區域的體積分率 f_M 可以更正確表現。在硬化區域的體積分率 f_M 為小的情況下，使屈服應力比較小的非硬化區域的特性對於屈服現象成為支配性，作為整體的屈服應力係接近非硬化區域的屈服應力(參照式(27))。對於此點，當硬化區域的體積分率 f_M 變大到某程度時，在產生屈服現象時使硬化區域的特性之影響變大。尤其是在硬化區域的體積分率 f_M 為1的話，作為整體的屈服應力係變成與硬化區域的屈服應力相等(參照式(28))。

【數式28】

$$\lim_{f_M \rightarrow 0} \sigma_Y(f_M) \cong \sigma_{Y0} \quad \dots(27)$$

【數式29】

$$\lim_{f_M \rightarrow 1} \sigma_Y(f_M) \cong \sigma_{YM} \quad \dots(28)$$

因此，在例如將屈服應力 σ_Y 近似於硬化區域的體積分率 f_M 的二次函數之情況下，屈服應力 $\sigma_Y(\sigma_Y(f_M))$ 係作為體積

分率 f_M 的函數而可以如下式(29)表示。又在式(29)中， a 、 b 、 c 係為常數。

【數式30】

$$\sigma_Y(f_M) = a f_M^2 + b f_M + c \quad \dots(29)$$

其中，針對體積分率 f_M 一階微分式(29)並以0代入體積分率 f_M 時，上式(29)的常數 b 係可以如下式(30)表示。換言之，上述常數 b 係可以近似於在硬化區域的體積分率 f_M 為0時之對於體積分率 f_M 的屈服應力 $\sigma_Y(f_M)$ 之變化坡度。

【數式31】

$$b = \left. \frac{\partial \sigma_Y}{\partial f_M} \right|_{f_M=0} \quad \dots(30)$$

當將如此所求出之式(26)～式(30)代入式(21)時，加工硬化係數 E_h 係以硬化區域的體積分率 f_M 的函數，也就是下式(31)表示。

【數式32】

$$\begin{aligned} E_h(f_M) &= \frac{\sigma_h(f_M) - \sigma_Y(f_M)}{\varepsilon_p} \\ &= \frac{1}{\varepsilon_p} \left\{ (\sigma_{YM} - \sigma_{Y0} - b) f_M^2 + (\sigma_{hM} - \sigma_{h0} - b) f_M + \sigma_{h0} - \sigma_{Y0} \right\} \quad \dots(31) \end{aligned}$$

其中，例如將塑性應變 ε_p 為0.05，硬化區域的屈服應力 σ_{YM} 為794MPa，非硬化區域的屈服應力 σ_{Y0} 為301MPa，塑性應變 ε_p 施加時之硬化區域的保證應力 σ_{hM} 為1017MPa，塑性應變 ε_p 施加時之非硬化區域的保證應力 σ_{h0} 為447MPa， b 為350MPa時，利用式(26)算出的 $\sigma_h(f_M)$ 及利用式(29)算出的 $\sigma_Y(f_M)$ 係可以如第11圖表示。又，此時利用式(31)算出的加工

硬化係數 $E_h(f_M)$ 係可以如第12圖表示。

例如由式(31)可以得知，在屈服應力 σ_Y 近似於硬化區域的體積分率 f_M 的二次函數(在體積分率 f_M 為0~1的範圍向下為凸的函數)之情況下，加工硬化係數 $E_h(f_M)$ 也可以作為硬化區域的體積分率 f_M 的二次函數(在體積分率 f_M 為0~1的範圍向下為凸的函數)加以表示。因此，由第12圖可以得知，加工硬化係數 $E_h(f_M)$ 係在某個特定的體積分率 f_{M-max} 成為最大。因此，根據硬化區域的體積分率 f_M ，有加工硬化係數 $E_h(f_M)$ 比硬化區域的體積分率 f_M 為1(100%)之加工硬化係數更高的情況。在第12圖所示的例子中，在硬化區域的體積分率 f_M 為 $f_{M-min} \sim 1$ 時，加工硬化係數 E_h 為硬化區域的體積分率 f_M 為1(100%)之加工硬化係數 $E_h(f_M=1)$ 以上。換句話說，在第12圖所示的例子中，硬化區域的體積分率 f_M 為 $f_{M-min} \sim 1$ 時之初期峰值應力係達到硬化區域的體積分率 f_M 為1(100%)時(也就是在上述有效寬幅整體進行熱處理時)的初期峰值應力以上。

然而，如上述所示，就用以將鋼板的一部份使其局部性硬化之熱處理而言，例如使用雷射熱處理。在這樣的雷射熱處理中，其處理區域越寬廣，能源的消耗量就越大，所以製造成本會增加。因此，從製造成本的削減之觀點看來，進行雷射熱處理的區域儘可能地狹小為佳。

其中，如上述所示，若是將硬化區域的體積分率 f_M 為 f_{M-min} 以上的話，可以使加工硬化係數 E_h 提高到硬化區域的體積分率 f_M 為1(100%)之加工硬化係數 $E_h(f_M=1)$ 以上。其結

果為，可以使初期峰值應力提高到硬化區域的體積分率 f_M 為 1(100%) 時的初期峰值應力以上。因此，將硬化區域的體積分率 f_M 控制為硬化區域的體積分率 f_M 為 1(100%) 之加工硬化係數 $E_h(f_M=1)$ 與其加工硬化係數 $E_h(f_M=f_{M-\min})$ 相等時之體積分率 $f_{M-\min}$ (以下稱為「最低體積分率」) 以上為佳。

又，例如在屈服應力 σ_Y 近似於硬化區域的體積分率 f_M 的二次函數之情況下，最低體積分率 $f_{M-\min}$ 係以下式(32)表示。在式(32)中， $\Delta\sigma_h$ 為 σ_{hM} 與 σ_{h0} 之差 ($\Delta\sigma_h = \sigma_{hM} - \sigma_{h0}$)， $\Delta\sigma_Y$ 為 σ_{yM} 與 σ_{Y0} 之差 ($\Delta\sigma_Y = \sigma_{yM} - \sigma_{Y0}$)。尤其是在上述的條件之情況(也就是如第11及12圖所示的條件之情況)下，最低體積分率 $f_{M-\min}$ 為 53.3%。又因為必須使最低體積分率 $f_{M-\min}$ 滿足 $0 < f_{M-\min} < 1$ ，因此常數 b 及 $\Delta\sigma_h$ 必須滿足 $0 < b < 2\Delta\sigma_Y - \Delta\sigma_h$ 且 $\Delta\sigma_Y < \Delta\sigma_h < 2\Delta\sigma_Y$ 。

【數式33】

$$f_{M-\min} = \frac{\Delta\sigma_h - \Delta\sigma_Y}{\Delta\sigma_Y - b} \quad \dots(32)$$

又，如上述所示，加工硬化係數 $E_h(f_M)$ ，也就是初期峰值應力係在某個特定的體積分率 f_M 成為最大。因此，從一邊使進行雷射熱處理的區域變狹小一邊提高初期峰值應力的觀點看來，將硬化區域的體積分率 f_M 控制為加工硬化係數 $E_h(f_M)$ 成為最大時的體積分率 $f_{M-\max}$ 以下為佳。

或者，從使鋼板(構造材)的初期峰值應力成為最大的觀點看來，將硬化區域的體積分率 f_M 控制為加工硬化係數 $E_h(f_M)$ 成為最大時的體積分率 $f_{M-\max}$ 為佳。因此，將將硬化

區域的體積分率 f_M 控制為加工硬化係數 $E_h(f_M)$ 成為最大時的體積分率 $f_{M-\max}$ (以下稱為「最大體積分率」)亦可。

又例如在屈服應力 σ_Y 近似於硬化區域的體積分率 f_M 的二次函數之情況下，最大體積分率 $f_{M-\max}$ 係以下式(33)表示。尤其是在上述的條件之情況(也就是如第11及12圖所示的條件之情況)下，最大體積分率 $f_{M-\max}$ 為76.6%。又因為該情況也是必須使最大體積分率 $f_{M-\max}$ 滿足 $0 < f_{M-\max} < 1$ ，因此常數 b 及 $\Delta\sigma_h$ 必須滿足 $0 < b < \Delta\sigma_h$ 且 $0 < b < \Delta\sigma_Y$ 。

【數式34】

$$f_{M-\max} = \frac{\Delta\sigma_h - b}{2(\Delta\sigma_Y - b)} \quad \dots(33)$$

然而，上述之硬化區域的體積分率 f_M 、與初期峰值應力或是加工硬化係數 E_h 的關係係為對於鋼板所得到的關係，並不是對於例如第2圖所示之形狀的構造材10所得到的關係。其中，在第2圖所示之構造材10中，如上述所示，主要承擔壓縮荷重的區域係為有效寬幅區域15，可以將各有效寬幅區域15視為寬幅 $2 \times e$ 的鋼板。因此，可以利用上述所示的方法來設定在如此的有效寬幅區域中之硬化區域的體積分率 f_M ，也就是有效寬幅區域之中進行硬化處理(例如雷射熱處理)之區域所佔有的比例。

例如，以各有效寬幅區域15中之硬化區域的體積分率 f_M 成為上式(32)所示之 $f_{M-\min}$ 以上且上式(33)所示之 $f_{M-\max}$ 以下的方式，進行雷射熱處理。又在該情況下，此等式(32)及式(33)中之關於 $\Delta\sigma_h (= \sigma_{hM} - \sigma_{h0})$ 、 $\Delta\sigma_Y (= \sigma_{YM} - \sigma_{Y0})$ 的

σ_{hM} 、 σ_{h0} 、 σ_{YM} 及 σ_{Y0} 係各自表示特定應變施加時之熱處理區域(硬化區域)的保證應力、特定應變施加時之未處理區域(非硬化區域)的保證應力、熱處理區域(硬化區域)的屈服應力、及未處理區域(非硬化區域)的屈服應力。又此等 σ_{hM} 、 σ_{h0} 、 σ_{YM} 及 σ_{Y0} 係為關於被用於構造材之材料(鋼板)的參數。

藉由如此設定各有效寬幅區域15中之硬化區域的體積分率 f_M ，可以一邊使進行雷射熱處理的區域變小，一邊提高構造材10的初期峰值應力。

又在上述中，雖然是將各有效寬幅區域15中之硬化區域的體積分率 f_M 控制為 f_{M-min} 以上且 f_{M-max} 以下，但是如上述所示將硬化區域的體積分率 f_M 控制為 f_{M-min} 以上且1(100%)以下或是小於1亦可。在該情況下，各有效寬幅區域15中之硬化區域的體積分率 f_M 係可以判斷出其有效寬幅區域15的加工硬化係數 E_h 係以達到利用雷射熱處理使有效寬幅區域15整個區域硬化時的加工硬化係數以上的方式予以設定。或是如上述所示將各有效寬幅區域15中之硬化區域的體積分率 f_M 控制為 f_{M-max} 亦可。

當綜合上述時，如第17圖所示，藉由根據在硬化區域的體積分率 f_M 為0的情況時之對於體積分率 f_M 的屈服應力 σ_Y 之變化率(常數) b 決定體積分率 f_M 的最小值(S311)，並且將體積分率 f_M 範圍的最大值決定為1以下或是小於1(S312)，可以決定硬化區域的體積分率 f_M 的範圍。又在決定體積分率 f_M 範圍的最小值(S311)後，根據在硬化區域的體積分率 f_M 為0的情況時之對於體積分率 f_M 的屈服應力之變化率(常數) b 決

定體積分率 f_M 範圍的最大值(S313)亦可。

其中，針對用以決定上述之硬化區域的體積分率 f_M 範圍之常數 b 的決定方法之例子進行說明。就第一方法而言，進行鋼板之硬化區域的體積分率 f_M 為0、1、及超過0且小於1的任意值(例如0.5)之3種試料的拉伸試驗，求出此等試料的屈服應力 σ_Y ，可以將對於硬化區域的體積分率 f_M 之屈服應力 σ_Y 的增加率決定為常數 b 。在此，雖然以最低限度的必要資料數(屈服應力 σ_Y 的資料數)決定常數 b 的方法作為簡便法進行說明，但是資料數的上限係沒有特別限制。當資料數越多，越能夠以更高精確度決定體積分率 f_M 的範圍。

再者，屈服應力 σ_Y 及保證應力 σ_h 係可以藉由在從用於構造材之鋼板(沒有熱處理及彎曲加工)所採集的JIS5號試驗片(試驗片)進行關於JIS Z2241的拉伸試驗加以測定。尤其是在硬化區域的體積分率 f_M 為0的情況之屈服應力 σ_Y 及保證應力 σ_h 的測定中，將施予特定熱處理的試驗片用於上述試驗片即可。就該特定的熱處理而言，例如將試驗片加熱到 A_{e3} 點(A_{e3} 溫度)以上後，利用水冷、空冷之類的冷卻方法，以 $10^\circ\text{C}/\text{s}$ 以上、較佳為 $30^\circ\text{C}/\text{s}$ 以上的冷卻速度冷卻到 M_s 點(M_s 溫度)以下亦可。

又在硬化區域的體積分率 f_M 為超過0且1以下的情況之屈服應力 σ_{YM} 及保證應力 σ_{hM} 的測定中，朝向上述試驗片的長度方向，利用相當於上述特定熱處理的條件進行雷射熱處理，進行上述的拉伸試驗亦可。在該情況下，只要在拉

伸試驗後測定硬化區域的體積分率 f_M ，決定體積分率 f_M 與屈服應力 σ_{YM} 及保證應力 σ_{hM} 的對應關係即可。在根據雷射熱處理之硬化區域的體積分率 f_M 的控制方面，只要一邊錯開試驗片之寬幅方向(與長度方向垂直的方向)的位置一邊在試驗片的單面或是兩面反覆進行朝向試驗片的長度方向之雷射熱處理(1道次)即可。

又在使用於試驗片的鋼板中，即使是使用添加有相當於熱處理前之構造材的彎曲加工部(彎曲部)之應變記錄的試驗片亦可。

又上述之硬化區域的體積分率 f_M 係可以利用以下的方法加以決定。例如，測定與試驗片的長度方向垂直的剖面之硬化區域的面積，將該面積乘以進行雷射熱處理的長度(總距離)求出硬化區域的體積，再藉由利用試驗片的整體體積除以該硬化區域的體積，可以求出硬化區域的體積分率 f_M 。又硬化區域的面積係對於與試驗片的長度方向垂直之剖面，從利用光學顯微鏡所觀察的硬化組織予以決定亦可，如後述所示使用維克氏硬度計求出維克氏硬度亦可。

又在上述之硬化區域的體積分率 f_M 範圍的決定方法中，雖然是將鋼板的保證應力 σ_h 與硬化區域的體積分率 f_M 之關係以一次函數表現，將鋼板的屈服應力 σ_y 與硬化區域的體積分率 f_M 之關係以二次函數表現，但是不一定要使用此等函數。

在決定硬化區域的體積分率 f_M 範圍方面，只要使對於硬化區域的體積分率 f_M 之屈服應力的變化率因應硬化區域

的體積分率 f_M 而有所變化，利用其變化量(變化程度)比對於硬化區域的體積分率 f_M 之流動應力的變化率之變化量(變化程度)為大即可。

因此，例如將鋼板的屈服應力 σ_Y 與硬化區域的體積分率 f_M 之關係以任意函數 $\sigma_Y(f_M)$ 表現，可以使用至少對於1個硬化率之屈服應力的變化率(在二次函數的情況下，相當於上述的常數 b)決定硬化區域的體積分率 f_M 的範圍。在將上述的二次函數擴張為一般函數的情況下，以滿足下式(34)及式(35)的方式可以決定最低體積分率 $f_{M-\min}$ (1以外)及最大體積分率 $f_{M-\max}$ 。其中， $\sigma_Y(f_M)$ 也可以利用包含上述常數 b 之函數表現。

【數式35】

$$\sigma_Y(f_{M-\min}) = \sigma_{YM} \quad \dots(34)$$

【數式36】

$$\left. \frac{\partial \sigma_Y(f_M)}{\partial f_M} \right|_{f_M=f_{M-\max}} = \sigma_{hM} - \sigma_{h0} \quad \dots(35)$$

又將鋼板的保證應力 σ_h 與硬化區域的體積分率 f_M 之關係以任意函數 $\sigma_h(f_M)$ 表現亦可。其中，在將上述之一次函數及二次函數擴張為一般函數的情況下，以滿足下式(36)的方式可以決定最大體積分率。

【數式37】

$$\left. \frac{\partial \sigma_Y(f_M)}{\partial f_M} \right|_{f_M=f_{M-\max}} = \left. \frac{\partial \sigma_h(f_M)}{\partial f_M} \right|_{f_M=f_{M-\max}} \quad \dots(36)$$

再者，在上述範圍(例如 $f_{M-\min}$ 以上且1以下(小於1)或是

下式(41)的範圍)以外，例如使用最大體積分率(界限硬化率) $f_{M-\max}$ 將硬化區域的體積分率 f_M 的範圍決定在下式(37)～(40)的任一個範圍亦可。

【數式38】

$$0.5 f_{M-\max} \leq f_M < 1 \quad \dots(37)$$

【數式39】

$$0.5 f_{M-\max} \leq f_M \leq 0.5(f_{M-\max} + 1) \quad \dots(38)$$

【數式40】

$$0.5 f_{M-\max} \leq f_M \leq f_{M-\max} \quad \dots(39)$$

【數式41】

$$f_{M-\min} \leq f_M \leq 0.5(f_{M-\max} + 1) \quad \dots(40)$$

【數式42】

$$f_{M-\min} \leq f_M \leq f_{M-\max} \quad \dots(41)$$

如上式(37)～式(41)所示，藉由決定硬化區域的體積分率 f_M 的範圍，可以進行熱處理的成本減低與構造材的變形抑制能力提升之平衡性佳的穩定熱處理。又針對硬化區域的體積分率 f_M 的範圍，將包含成本或熱處理條件等補正事項包含在適當的上限及下限亦可。

再者，在上述範圍以外，如第16圖所示，根據對於硬化區域的體積分率 f_M 之屈服應力 σ_Y 的變化率推測或是算出加工硬化係數 E_h (S301)，以該推測或是算出的加工硬化係數 E_h 成為特定值以上的方式，決定體積分率 f_M 的範圍亦可(S302)。例如，將體積分率 f_M 為1的情況下之加工硬化係數 E_h 與體積分率 f_M 為 $f_{M-\max}$ 的情況之加工硬化係數 E_h 之差定義

為 ΔE_h ，將0以上且1以下的任意值定義為向上係數 n ，將在體積分率 f_M 為1的情況下之加工硬化係數 E_h 加上 $n \times \Delta E_h$ 的值決定為特定值亦可。因此，該特定值硬化區域的體積分率 f_M 為1的情況下之亦可。又取代上式(21)所表示的加工硬化係數 E_h ，使用至少包含屈服應力 σ_Y 作為變數之其他加工硬化的指標亦可。

又當利用一次函數表現鋼板的保證應力 σ_h 與硬化區域的體積分率 f_M 之關係，利用二次函數表現鋼板的屈服應力 σ_Y 與硬化區域的體積分率 f_M 之關係時，可以最簡便地決定硬化區域的體積分率 f_M 的範圍。在該情況下，雖然可以使用常數 a 取代常數 b 決定硬化區域的體積分率 f_M 的範圍，但是如下式(42)所示，由於可以使用常數 b 來表現常數 a (常數 a 係為常數 b 的從屬變數)，因此常數 a 的使用係可以視為與常數 b 的使用相同。同樣地，在使用可從屬於對於體積分率 f_M 之屈服應力 σ_Y 的變化率之變數(例如體積分率 f_M 為1的情況之對於體積分率 f_M 之屈服應力 σ_Y 的變化率)的情況下，也可以視為使用對於體積分率 f_M 之屈服應力 σ_Y 的變化率。換言之，如在上式(29)的一次微分式中代入下式(42)所得到之下式(43)所示，即使使用任意的體積分率 f_M 之屈服應力 σ_Y 的變化率，也可以求出體積分率 f_M 為0的情況之屈服應力 σ_Y 的變化率，也就是 b 。例如，如下式(44)所示，即使在將體積分率 f_M 為1的情況之屈服應力 σ_Y 的變化率定義為 d 的情況下，也可以從下式(45)使用 d 求出 b 。

【數式43】

$$a = \sigma_{YM} - \sigma_{Y0} - b \quad \dots(42)$$

【數式 44】

$$\frac{\partial \sigma_Y(f_M)}{\partial f_M} = 2(\sigma_{YM} - \sigma_{Y0} - b)f_M + b \quad \dots(43)$$

【數式 45】

$$b = 2\sigma_{YM} - 2\sigma_{Y0} - d \quad \dots(44)$$

再者，可以將對於硬化區域的體積分率 f_M 之屈服應力 σ_Y 的變化率滿足特定條件時之體積分率 f_M 作為基準決定體積分率 f_M 的範圍。例如，考量將加工硬化係數 E_h 描繪成對於硬化區域的體積分率 f_M 呈向下為凸的曲線，將上式(21)所表示的加工硬化係數 E_h 之對於體積分率 f_M 的一次微分成為0之體積分率 f_M ，也就是，將滿足上式(36)之體積分率(界限硬化率) f_M 決定為最大體積分率 f_{M-max} 亦可。該情況下，硬化區域的體積分率 f_M 的範圍係例如可以決定在滿足上式(37)～式(41)的範圍。其中，針對式(37)～(41)，可以使用上式(34)決定最低體積分率 f_{M-min} (1以外)。又從利用式(34)及式(36)所決定的最低體積分率 f_{M-min} 及最大體積分率 f_{M-max} 決定 ΔE_h ，再使用上述的向上係數 n ，以加工硬化係數 E_h 成為在體積分率 f_M 為1的情況之加工硬化係數 E_h 加上 $n \times \Delta E_h$ 的值以上的方式，決定體積分率 f_M 的範圍亦可。

換言之，如第18圖所示，若是根據對於硬化區域的體積分率 f_M 之屈服應力 σ_Y 的變化率決定體積分率 f_M 的最大體積分率 f_{M-max} (S321)，將體積分率 f_M 範圍的最小值決定為比最大體積分率 f_{M-max} 更小特定值的值(S322)，再將體積分率

f_M 範圍的最大值決定在1以下或是小於1即可(S323)。又在決定硬化區域的體積分率 f_M 範圍的最小值(S322)後，將體積分率 f_M 範圍的最大值決定為比最大體積分率 f_{M-max} 更大特定值的值亦可(S324)。

又針對鋼板的屈服應力 σ_Y 與硬化區域的體積分率 f_M 之關係，在體積分率 f_M 為0~1的範圍內使用相同函數(例如二次函數之線形函數)亦可，將該範圍分為複數個範圍，在此等範圍的各個使用不同的函數亦可。然而，由於利用對於體積分率 f_M 之屈服應力 σ_Y 的變化率之變化，因此在體積分率 f_M 為0~1的範圍內使用相同函數的情況下，在該範圍內必須使函數可以利用體積分率 f_M 進行二階微分。又就將0~1的範圍分為複個範圍，在此等範圍的各個使用不同的函數之方法而言，例如可以使用根據各種補間法(例如曲線補間)之補間函數(也包含補間函數為一次(曲線圖)的情況)。該情況下，可以將實測資料作為直接資料庫的資料加以使用。

同樣地，針對鋼板的流動應力 σ_h 與硬化區域的體積分率 f_M 之關係，在體積分率 f_M 為0~1的範圍內使用相同函數(例如一次函數之線形函數)亦可，將該範圍分為複數個範圍，在此等範圍的各個使用不同的函數亦可。

其中，如上述所示，在為了利用儘可能少的測定數(試驗片的製作數及拉伸強度的試驗次數)決定硬化區域的體積分率 f_M 的範圍方面，以利用一次函數表現鋼板的保證應力 σ_h 與硬化區域的體積分率 f_M 之關係，利用二次函數表現

鋼板的屈服應力 σ_Y 與硬化區域的體積分率 f_M 之關係為佳。

又在上述實施形態中，雖然利用產生5%的塑性應變時之保證應力定義 $\sigma_h(f_M)$ ，但是與保證應力對應之塑性應變係不一定限制在5%，若是比0%更大不是5%亦可。例如，如第7、9A、及9B圖所示，也可以利用產生1%的塑性應變時之保證應力定義 $\sigma_h(f_M)$ 。因此，將產生特定的塑性應變時之保證應力(或者，從產生特定的塑性應變的狀態到產生塑性變形的狀態所必要的應力)定義為流動應力時， $\sigma_h(f_M)$ 係表示流動應力， σ_{hM} 係表示硬化區域的流動應力， σ_{h0} 係表示非硬化區域(未處理的構造材)的流動應力。

其中，流動應力係使用在比對應於屈服應力的應變量(換言之，塑性應變為超過0)更大，比均一伸長應變量(例如公稱應變的最大值)更小的範圍所決定的應變量中之應力。就一般的評估而言，該流動應力係為5%為佳。

又在上述中，利用雷射熱處理局部加熱構造材10並使其硬化。然而，構造材10的局部性硬化係不一定要利用雷射熱處理加以進行，利用其他的熱處理予以進行亦可。在任何情況下，當將鋼材，也就是構造材10的碳含有率定義為C，矽含有率定義為Si，錳含有率定義為Mn，鎳含有率定義為Ni，鉻含有率定義為Cr，鉬含有率定義為Mo，鈮含有率定義為Nb，釩含有率定義為V時，利用熱處理硬化的區域之硬度係為利用下式(45)及式(46)所算出的基準硬度(維克氏硬度)Hv以上為佳。

【數式46】

$$Hv=0.8(950C_{eq}+260) \dots(45)$$

【數式 47】

$$C_{eq}=C+0.004Si+0.011Mn+0.02Ni+0.012Cr+0.016Mo+0.006Nb+0.0025V\dots(46)$$

再者，在第 2 及 3 圖所示之實施形態中，對於二個彎曲部 12b、12c 周圍的有效寬幅區域 15 進行雷射熱處理，對於其他二個彎曲部 12a、12d 周圍的有效寬幅區域 15 不進行雷射熱處理。然而，對於此等其他二個彎曲部周圍的有效寬幅區域 15 進行雷射熱處理亦可，或者只對於二個彎曲部 12b、12c 之中的一方彎曲部周圍的有效寬幅區域 15 進行雷射熱處理亦可。換言之，在本發明中，構造材為具有複數個彎曲部的情況下，只要是對於至少包含一個彎曲部的有效寬幅區域以上述的體積分率 f_M 進行熱處理即可。

又，以下針對關於本發明之一實施形態之經熱處理的構造材進行說明。

在關於本發明的實施形態之經熱處理的構造材中，與上述實施形態相同，至少具備 1 個在構造材的一方向延伸，並且朝向與該一方向垂直的方向予以彎曲之彎曲部。因此，在關於本發明的實施形態之經熱處理的構造材中，包含例如第 2～5 圖所示的形狀之構造材。再者針對有效寬幅區域，使上述之硬化區域的體積分率 f_M 為小於 1，而且包含在根據體積分率 f_M 之屈服應力 σ_Y 的變化率所決定的體積分率 f_M 之範圍。

因此，關於本發明的實施形態之經熱處理的構造材係可以一邊儘可能地維持低成本，一邊發揮比習知更高的變形抑制能力。

再者，硬化區域的體積分率 f_M 的範圍係可以如上述所示，根據體積分率 f_M 的值為0的情況之對於體積分率 f_M 之屈服應力 σ_Y 的變化率加以決定。該體積分率 f_M 的範圍係為以根據對於體積分率 f_M 之屈服應力 σ_Y 的變化率所算出之加工硬化係數 E_h 成為特定值以上的方式所決定的範圍。尤其是以該特定值成為體積分率 f_M 為1的情況之加工硬化係數 E_h 的值為佳，以成為比體積分率 f_M 為1的情況之加工硬化係數 E_h 更大的值為更佳。又以硬化區域的體積分率 f_M 的範圍(下限)成為利用上式(32)表示之最低體積分率 f_{M-min} 以上為佳。同樣地，以硬化區域的體積分率 f_M 的範圍(上限)成為利用上式(33)表示之最大體積分率 f_{M-max} 以下為佳。又從構造材的平坦部採取3個JIS5號試驗片，以將此等試驗片的硬化區域的體積分率 f_M 分別為0、1、及0.5的方式在2個試驗片進行熱處理後，進行此等3個試驗片的拉伸試驗求出必要的機械性強度，對於屈服應力 σ_Y 與體積分率 f_M 的關係只要藉由進行最小平方法決定式(30)的常數 b 。

又只要將流動應力作為產生5%的塑性應變時的保證應力加以定義即可。再者，為了決定有效寬幅區域，只要將有效寬幅 e 利用上式(15)、上式(17)、上式(18B)、或者下式(47)加以定義即可。又在將有效寬幅 e 利用上式(15)加以定義的情況下，只要使用有限要素法即可。又式(47)係將平板皺折彎曲係數 k 暫定為4從上式(18A)～(20)導出。

【數式48】

$$e = \frac{t}{1.052} \sqrt{\frac{E}{\sigma_{Y0}}} \left(1 - \frac{0.44t}{1.052w} \sqrt{\frac{E}{\sigma_{Y0}}} \right) \dots (47)$$

此外，硬化區域(利用熱處理硬化的區域)係可以利用與上述實施形態相同的方法求得。換言之，可以將硬化區域決定在利用上式(45)及(46)所算出的維克氏硬度以上的範圍。又熱處理係以利用雷射加以進行為佳。根據該雷射的熱處理記錄係可以利用觀察構造材剖面的組織加以確認。

【實施例】

從厚度為1.0mm、屈服應力為301MPa、拉伸強度為457MPa、伸長為39%、碳含有率為0.09%、矽含有率為0.02%、錳含有率為1.24%之一塊440MPa級鋼板BP採取11條JIS5號試驗片。此等試驗片之中在10條試驗片以成為特定的體積分率之方式，朝向試驗片的長度方向進行複數個道次的雷射熱處理，製作出對於有效寬幅區域之硬化區域的體積分率為0.1~1(0.1增加量)的試驗片。在雷射熱處理中，使用二氧化碳雷射，將雷射輸出控制為5kW、熱處理速度控制為12m/min。再者，對於此等11條試驗片進行拉伸試驗，評估屈服應力及拉伸應力。

其結果，從未處理的試驗片決定非硬化區域的屈服應力 σ_{Y0} 為301MPa、施予0.05(0.0537)的塑性應變 ε_p 時的非硬化區域的保證應力 σ_{h0} 為447MPa。同樣地，從體積分率為1(100%)的試驗片決定硬化區域的屈服應力 σ_{YM} 為794MPa、施予0.05(0.0537)的塑性應變時的非硬化區域的保證應力 σ_{hM} 為1017MPa。再者，將從11條試驗片得到的各屈

服應力對於體積分率作成圖表，對於該圖表使用上式(29)作為回歸式適用最小平方法決定常數 b 為350MPa。其中，對於未處理的試驗片之屈服應力、體積分率為0.5(50%)試驗片之屈服應力、體積分率為1(100%)試驗片之屈服應力的3圖表，即使使用最小平方法的情況下，確定可以得到相同的常數 b 。

將上述 b 值($b=350\text{MPa}$)、及利用拉伸試驗求出的 $\Delta\sigma_h$ 及 $\Delta\sigma_Y$ 之值($\Delta\sigma_h=569.2\text{MPa}$ 、 $\Delta\sigma_Y=493.0\text{MPa}$)代入式(32)的結果， $f_{M-\min}=53.3\%$ 。

又將上述 b 、 $\Delta\sigma_h$ 及 $\Delta\sigma_Y$ 之值代入式(33)的結果，得到 $f_{M-\max}$ ($f_{M-\max}=53.3\%$)。

又使用上式(18A)~(20)(或者上式(47))算出有效寬幅 e 的結果，得到19.2mm作為有效寬幅 e 。其中，因應板形狀等之係數，也就是平板皺折彎曲係數 k 為4，板寬幅 w 為60mm，板厚度 t 為1.0mm，屈服應力 σ_{Y0} 為301MPa，彈性率 E 為180GPa。又在板寬幅 w 中，使用如第14圖所示之構造材的高度(50mm)與頂部寬幅(70mm)之平均值(60mm)作為代表值。

又將上述鋼板BP進行彎曲加工，製作出如第13B圖所示的形狀之未處理的構造材10。未處理的構造材10係具備以剖面成為如第14圖示之帽形狀的方式予以配置的五個平坦部，其中包含中央的三個平坦部11之各邊的垂直剖面中的邊長為50mm、70mm、50mm。

對於如此所製作的未處理之構造材10將平板狀的其他

構造材20進行點焊熔接，製作如第13C圖所示之構造材組裝體。點焊熔接S係在構成凸緣部的平坦部之寬幅方向中央朝向長度方向以間隔30mm予以進行。又從長度方向端部(施加衝擊側的端部。以下稱為「衝擊施加側端部」)到最初的點焊熔接之距離為15mm。

對於如此所製作之構造材組裝體，利用二氧化碳雷射朝向試驗片的長度方向(拉伸方向)進行複數個道次的雷射熱處理。將雷射輸出控制為5kW，熱處理速度控制為12m/min。雷射熱處理中之雷射輸出及熱處理速度係在以下的實施例中也控制為相同。在試驗No.1中，從第14圖中塗黑所示的彎曲部跨越整個19.2mm的區域，也就是跨越整個有效寬幅區域進行雷射熱處理。因此，在該情況下，對於有效寬幅區域之硬化區域的體積分率為100%。此時，使用上述的資料並且利用上式(31)算出的加工硬化係數 E_h 為4155.8MPa (其中， $\varepsilon_p=0.05$)。

針對進行雷射熱處理的部位進行維克氏硬度測定。對於未處理之構造材的維克氏硬度為140，雷射熱處理後的維克氏硬度為306，可以確定硬化區域為充分淬火硬化。

如此一來，將經雷射熱處理的構造材組裝體的長度方向與鉛直方向一致的方式，而且使其衝擊施加側端部向上的方式配置構造材組裝體，從高度2m將位於其正上方位置的300kg落錘使其落下進行衝擊試驗。

在進行衝擊試驗時，在構造材組裝體的正下方設置荷重計(負載感測器)，測量落錘接觸到構造材組裝體之後的荷

重記錄。又同時也利用雷射變位計測量落錘接觸到構造材組裝體之後的落錘之變位記錄(從落錘接觸到構造材組裝體之後之落錘下降量的時間記錄)。根據如此測量的荷重記錄及變位記錄，作成荷重-應變線圖。從該荷重-應變線圖算出初期峰值反力，又以構造材組裝體的剖面積(340mm^2)除以初期峰值反力算出初期峰值應力。此時的初期峰值反力為 146.9kN ，初期峰值應力為 432.0MPa 。

在試驗No.2中，與上述試驗No.1相同製作未處理的構造材組裝體的同時，而且對於該構造材組裝體進行雷射熱處理。以對於有效寬幅區域之硬化區域的體積分率為 76.6% 的方式進行雷射熱處理。此時使用上述資料並且利用上式(31)算出的加工硬化係數 E_h 為 4301.6MPa (其中 $\varepsilon_p=0.05$)。

如此一來對於經過雷射熱處理的構造材組裝體與上述試驗No.1相同進行衝擊試驗，根據試驗結果算出初期峰值反力、初期峰值應力。此時的初期峰值反力為 150.6kN ，初期峰值應力為 443.0MPa 。

在試驗No.3中，與上述試驗No.1相同製作未處理的構造材組裝體的同時，而且對於該構造材組裝體進行雷射熱處理。以對於有效寬幅區域之硬化區域的體積分率為 53.3% 的方式進行雷射熱處理。此時使用上述資料並且利用上式(31)算出的加工硬化係數 E_h 為 4155.8MPa (其中 $\varepsilon_p=0.05$)。

如此一來對於經過雷射熱處理的構造材組裝體與上述試驗No.1相同進行衝擊試驗，根據試驗結果算出初期峰值反力、初期峰值應力。此時的初期峰值反力為 146.3kN ，初

期峰值應力為430.1MPa。

將以上的結果集結在下述表1。

表 1

試驗No.	f_M (%)	E_h (MPa)	初期峰值反力 (kN)	初期峰值應力 (MPa)
1	100	4155.8	146.9	432.0
2	76.6	4301.6	150.6	443.0
3	53.3	4155.8	146.3	430.1

從表1得知，對於有效寬幅區域之硬化區域的體積分率 f_M 為 53.3% ($=f_{M-min}$) 時之初期峰值應力係與該體積分率為 100% 時之初期峰應力大約相同。又得知對於有效寬幅區域之硬化區域的體積分率 f_M 為 76.6% ($=f_{M-max}$) 時之初期峰值應力係比該該體積分率為 53.3% 及 100% 時之初期峰應力更高。如此一來，在試驗No.3中，與試驗No.1相比可以得到少成本且與試驗No.1相等的變形抑制能力。又試驗No.2中，與試驗No.1相比可以得到少成本且比試驗No.1更高的變形抑制能力。

產業上之可利用性

藉由對於未處理的構造材在適當部位進行熱處理，使構造材局部硬化，可以提供變形抑制能力非常高的構造材。

【圖式簡單說明】

第1圖係為模式顯示圓筒狀的構造材在其軸線方向受到壓縮荷重時之軸線方向的壓縮應力與壓縮應變之關係的圖面。

第2圖係為顯示適用關於本發明之一實施形態之構造材的熱處理方法之構造材的一例之立體圖。

第3圖係為第2圖所示之構造材的橫剖面圖。

第4A圖係為其他例之構造材的橫剖面圖。

第4B圖係為其他例之構造材的橫剖面圖。

第4C圖係為其他例之構造材的橫剖面圖。

第5圖係為其他例之構造材的立體圖。

第6A圖係為用以說明有效寬幅之圖面。

第6B圖係為用以說明有效寬幅之圖面。

第7圖係為鋼板之真應力-塑性應變線圖。

第8圖係為鋼板之真應力-真應變線圖。

第9A圖係為鋼板之真應力-真應變線圖。

第9B圖係為鋼板之真應力-真應變線圖。

第10圖係為顯示硬化區域的體積分率與鋼板的保證應力及屈服應力之關係的圖面。

第11圖係為顯示硬化區域的體積分率與鋼板的保證應力及屈服應力之關係的圖面。

第12圖係為顯示硬化區域的體積分率與加工硬化係數之關係的圖面。

第13A圖係為顯示於實施例使用之構造材組裝體的製造過程之圖面。

第13B圖係為顯示於實施例使用之構造材組裝體的製造過程之圖面。

第13C圖係為顯示於實施例使用之構造材組裝體的製造過程之圖面。

第14圖係為於實施例使用之構造材組裝體的側面圖。

第15圖係為關於本實施形態之構造材的熱處理方法之流程圖。

第16圖係為顯示在關於本實施形態之構造材的熱處理方法中之硬化區域的體積分率(硬化率) f_M 範圍的決定方法之一例的流程圖。

第17圖係為顯示在關於本實施形態之構造材的熱處理方法中之硬化區域的體積分率(硬化率) f_M 範圍的決定方法之一例的流程圖。

第18圖係為顯示在關於本實施形態之構造材的熱處理方法中之硬化區域的體積分率(硬化率) f_M 範圍的決定方法之一例的流程圖。。

【主要元件符號說明】

10、10'、10''、10'''...構造材	W...斜線
11、11a、11b、11c、11d、11e	S1-S4、S301-302、S311-313、
...平坦部	S321-324...步驟
12、12a、12b、12c、12d...	v...帕松比
彎曲部	ϵ_x ...壓縮應變
15...有效寬幅區域	σ_1 ...初期峰值應力
20...構造材	σ_2 、 σ_3 ...峰值應力
e...有效寬幅	σ_p 、 σ_{Cr} ...彈塑性皺折彎曲應力
E...彈性率	σ_h ...流動應力
E_h ...加工硬化係數	σ_x ...壓縮應力
f_M ...硬化率	σ_Y 、 σ_{Y0} 、 σ_{YM} ...屈服應力
f_{M-max} ...最大體積分率	σ_{hM} ...保證應力
t...厚度	

七、申請專利範圍：

1. 一種構造材之熱處理方法，其係具備在構造材的一方向延伸，並且朝向與前述一方向垂直的方向彎曲之彎曲部的構造材之熱處理方法，其特徵為：

決定前述彎曲部的有效寬幅 e ；

在將從前述彎曲部朝向與前述一方向垂直的方向之距離為前述有效寬幅 e 以內之包含前述彎曲部的區域定義為有效寬幅區域，並且將該有效寬幅區域之中利用熱處理而硬化的區域所佔有的比例定義為硬化率 f_M 之情況下，根據對於硬化率 f_M 的屈服應力 σ_Y 之變化率決定硬化率 f_M 的範圍；

以滿足前述硬化率 f_M 範圍的方式對於前述構造材的前述有效寬幅區域進行熱處理。

2. 如申請專利範圍第1項之構造材之熱處理方法，其中，前述變化率為前述硬化率 f_M 之值為0的情況下之值。
3. 如申請專利範圍第2項之構造材之熱處理方法，其中，將前述變化率定義為 b 、塑性應變定義為 ε_p 、硬化區域之屈服應力定義為 σ_{YM} 、非硬化區域之屈服應力定義為 σ_{Y0} 、前述塑性應變 ε_p 賦予時之硬化區域的保證應力定義為 σ_{hM} 、前述塑性應變 ε_p 賦予時之非硬化區域的保證應力定義為 σ_{h0} 的情況下，則以下式(31)表示為前述硬化率 f_M 之函數的加工硬化係數 $E_h(f_M)$ ，並且以根據下式(31)算出的前述加工硬化係數 $E_h(f_M)$ 成為大於等於前述硬化率 f_M 為1時之加工硬化係數 E_h 的方式決定前述硬化率 f_M 的範

圍，

【數式32】

$$E_h(f_M) = \frac{\sigma_h(f_M) - \sigma_Y(f_M)}{\varepsilon_p}$$

$$= \frac{1}{\varepsilon_p} \{ (\sigma_{YM} - \sigma_{Y0} - b)f_M^2 + (\sigma_{hM} - \sigma_{h0} - b)f_M + \sigma_{h0} - \sigma_{Y0} \} \dots(31)$$

4. 如申請專利範圍第2項之構造材之熱處理方法，其中，在將前述硬化率 f_M 為1之情況下的流動應力與前述硬化率 f_M 為0之情況下的流動應力之差定義為 $\Delta\sigma_h$ ，將前述硬化率 f_M 為1之情況下的屈服應力與前述硬化率 f_M 為0之情況下的屈服應力之差定義為 $\Delta\sigma_Y$ ，將前述變化率定義為 b 的情況下，前述硬化率 f_M 的範圍為下式(1)所示之 $f_{M-\min}$ 以上且小於1，

【數式1】

$$f_{M-\min} = \frac{\Delta\sigma_h - \Delta\sigma_Y}{\Delta\sigma_Y - b} \dots(1)$$

5. 如申請專利範圍第4項之構造材之熱處理方法，其中，前述硬化率 f_M 的範圍為下式(2)所示之 $f_{M-\max}$ 以下，

【數式2】

$$f_{M-\max} = \frac{\Delta\sigma_h - b}{2(\Delta\sigma_Y - b)} \dots(2)$$

6. 如申請專利範圍第1項之構造材之熱處理方法，其中，將前述變化率與對於硬化率 f_M 之流動應力 σ_h 的變化率相等之界限硬化率 f_M 決定為 $f_{M-\max}$ ，根據該 $f_{M-\max}$ 決定前述硬化率 f_M 的範圍。

7. 如申請專利範圍第6項之構造材之熱處理方法，其中，
將前述硬化率 f_M 的範圍決定為滿足下式(3)的範圍，

【數式3】

$$0.5 f_{M-\max} \leq f_M < 1 \quad \dots(3)。$$

8. 如申請專利範圍第6項之構造材之熱處理方法，其中，
將前述硬化率 f_M 的範圍決定為滿足下式(4)之 $f_{M-\min}$ 以上
且小於1，

【數式4】

$$\sigma_Y(f_{M-\min}) = \sigma_{YM} \quad \dots(4)。$$

9. 如申請專利範圍第1項之構造材之熱處理方法，其中，
在將硬化率 f_M 為1之情況下的流動應力與硬化率 f_M 為0之
情況下的流動應力之差定義為 $\Delta\sigma_h$ 的情況下，以該 $\Delta\sigma_h$
及前述變化率之差成為特定值以下的方式決定前述硬
化率 f_M 的範圍。

10. 如申請專利範圍第1項之構造材之熱處理方法，其中，
對於包含在前述構造材中之化學成份，將碳的質量百分
比定義為C，矽的質量百分比定義為Si，錳的質量百分
比定義為Mn，鎳的質量百分比定義為Ni，鉻的質量百
分比定義為Cr，鉬的質量百分比定義為Mo，鈮的質量
百分比定義為Nb，釩的質量百分比定義為V之情況下，
利用前述熱處理而硬化的區域為根據下式(5)及(6)算出
之維克氏硬度以上的區域，

【數式5】

$$Hv = 0.8(950 C_{eq} + 260) \quad \dots(5)$$

【數式6】

$$C_{eq} = C + 0.004Si + 0.011Mn + 0.02Ni + 0.012Cr + 0.016Mo + 0.006Nb + 0.0025V \dots (6)$$

11. 如申請專利範圍第1項之構造材之熱處理方法，其中，
前述熱處理為利用雷射予以進行。
12. 如申請專利範圍第1項之構造材之熱處理方法，其中，
朝前述一方向之前述熱處理為涵蓋前述一方向的全長
連續進行。
13. 一種經熱處理之構造材，其係具備在構造材的一方向延
伸，並且朝向與前述一方向垂直的方向彎曲之彎曲部的
構造材，其特徵為：

在將從前述彎曲部朝向與前述一方向垂直的方向
之距離為有效寬幅 e 以內之包含前述彎曲部的區域定義
為有效寬幅區域，並且將該有效寬幅區域之中利用熱處
理而硬化的區域所佔有的比例定義為硬化率 f_M 之情況
下，該硬化率 f_M 為小於1，而且包含在根據對於硬化率 f_M
的屈服應力 σ_Y 之變化率所決定的硬化率 f_M 範圍。

14. 如申請專利範圍第13項之經熱處理之構造材，其中，前
述變化率為前述硬化率 f_M 之值為0的情況下之值。
15. 如申請專利範圍第14項之經熱處理之構造材，其中，將
前述變化率定義為 b 、塑性應變定義為 ε_p 、硬化區域之屈
服應力定義為 σ_{YM} 、非硬化區域之屈服應力定義為 σ_{Y0} 、
前述塑性應變 ε_p 賦予時之硬化區域的保證應力定義為
 σ_{hM} 、前述塑性應變 ε_p 賦予時之非硬化區域的保證應力定
義為 σ_{h0} 的情況下，則以下式(31)表示為前述硬化率 f_M 之

函數的加工硬化係數 $E_h(f_M)$ ，前述硬化率 f_M 的範圍為以根據下式(31)算出的前述加工硬化係數 $E_h(f_M)$ 成為大於等於前述硬化率 f_M 為1時之加工硬化係數 E_h 的方式所決定的範圍，

【數式32】

$$E_h(f_M) = \frac{\sigma_h(f_M) - \sigma_Y(f_M)}{\varepsilon_p} = \frac{1}{\varepsilon_p} \{ (\sigma_{YM} - \sigma_{Y0} - b)f_M^2 + (\sigma_{hM} - \sigma_{h0} - b)f_M + \sigma_{h0} - \sigma_{Y0} \} \quad \dots(31)$$

16. 如申請專利範圍第13項之經熱處理之構造材，其中，在將前述硬化率 f_M 為1之情況下的流動應力與前述硬化率 f_M 為0之情況下的流動應力之差定義為 $\Delta\sigma_h$ ，將前述硬化率 f_M 為1之情況下的屈服應力與前述硬化率 f_M 為0之情況下的屈服應力之差定義為 $\Delta\sigma_Y$ ，將前述變化率定義為 b 的情況下，前述硬化率 f_M 的範圍為下式(7)所示之 $f_{M-\min}$ 以上，

【數式7】

$$f_{M-\min} = \frac{\Delta\sigma_h - \Delta\sigma_Y}{\Delta\sigma_Y - b} \quad \dots(7)$$

17. 如申請專利範圍第16項之經熱處理之構造材，其中，前述硬化率 f_M 的範圍為下式(8)所示之 $f_{M-\max}$ 以下，

【數式8】

$$f_{M-\max} = \frac{\Delta\sigma_h - b}{2(\Delta\sigma_Y - b)} \quad \dots(8)$$

18. 如申請專利範圍第16項之經熱處理之構造材，其中，將

前述各流動應力定義為產生5%的塑性應變時的保證應力 (proof stress)。

19. 如申請專利範圍第13項之經熱處理之構造材，其中，在將與前述一方向垂直的寬幅尺寸定義為 w ，將硬化率 f_M 為0的情況之屈服應力定義為 σ_{Y0} ，將構造材的前述一方向之最大應力成為該 σ_{Y0} 的應力朝向前述一方向施加時之與前述一方向垂直的寬幅方向之各位置的應力定義為 σ_x 之情況下，前述有效寬幅 e 為利用下式(9)予以定義，

【數式9】

$$e = \frac{1}{2\sigma_{Y0}} \int_0^w \sigma_x dw \quad \dots(9)$$

20. 如申請專利範圍第13項之經熱處理之構造材，其中，在將厚度尺寸定義為 t ，將帕松比定義為 ν ，將彈性率定義為 E ，將硬化率 f_M 為0的情況之屈服應力定義為 σ_{Y0} 之情況下，前述有效寬幅 e 為利用下式(10)予以定義，

【數式10】

$$e = \frac{t}{2} \sqrt{\frac{E}{\sigma_{Y0}}} \left(1.90 - \frac{t}{w} \sqrt{\frac{E}{\sigma_{Y0}}} \right) \quad \dots(10)$$

21. 如申請專利範圍第13項之經熱處理之構造材，其中，在將厚度尺寸定義為 t ，將與前述一方向垂直的寬幅尺寸定義為 w ，將彈性率定義為 E ，將硬化率 f_M 為0的情況之屈服應力定義為 σ_{Y0} 之情況下，前述有效寬幅 e 為利用下式(11)予以定義，

【數式11】

$$e = \frac{t}{1.052} \sqrt{\frac{E}{\sigma_{y0}}} \left(1 - \frac{0.44t}{1.052w} \sqrt{\frac{E}{\sigma_{y0}}} \right) \dots(11)。$$

22. 如申請專利範圍第13項之經熱處理之構造材，其中，對於包含在前述構造材中之化學成份，將碳的質量百分比定義為C，矽的質量百分比定義為Si，錳的質量百分比定義為Mn，鎳的質量百分比定義為Ni，鉻的質量百分比定義為Cr，鉬的質量百分比定義為Mo，鈮的質量百分比定義為Nb，釩的質量百分比定義為V之情況下，利用前述熱處理而硬化的區域為根據下式(12)及(13)算出之維克氏硬度以上的區域，

【數式12】

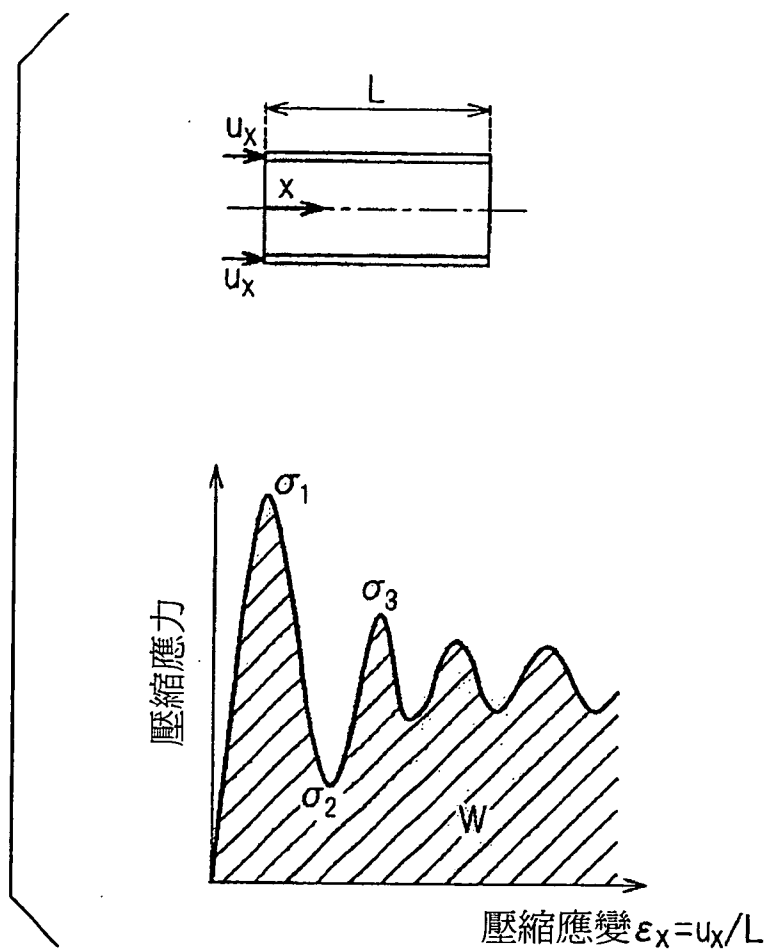
$$H_V = 0.8(950C_{eq} + 260) \dots(12)$$

【數式13】

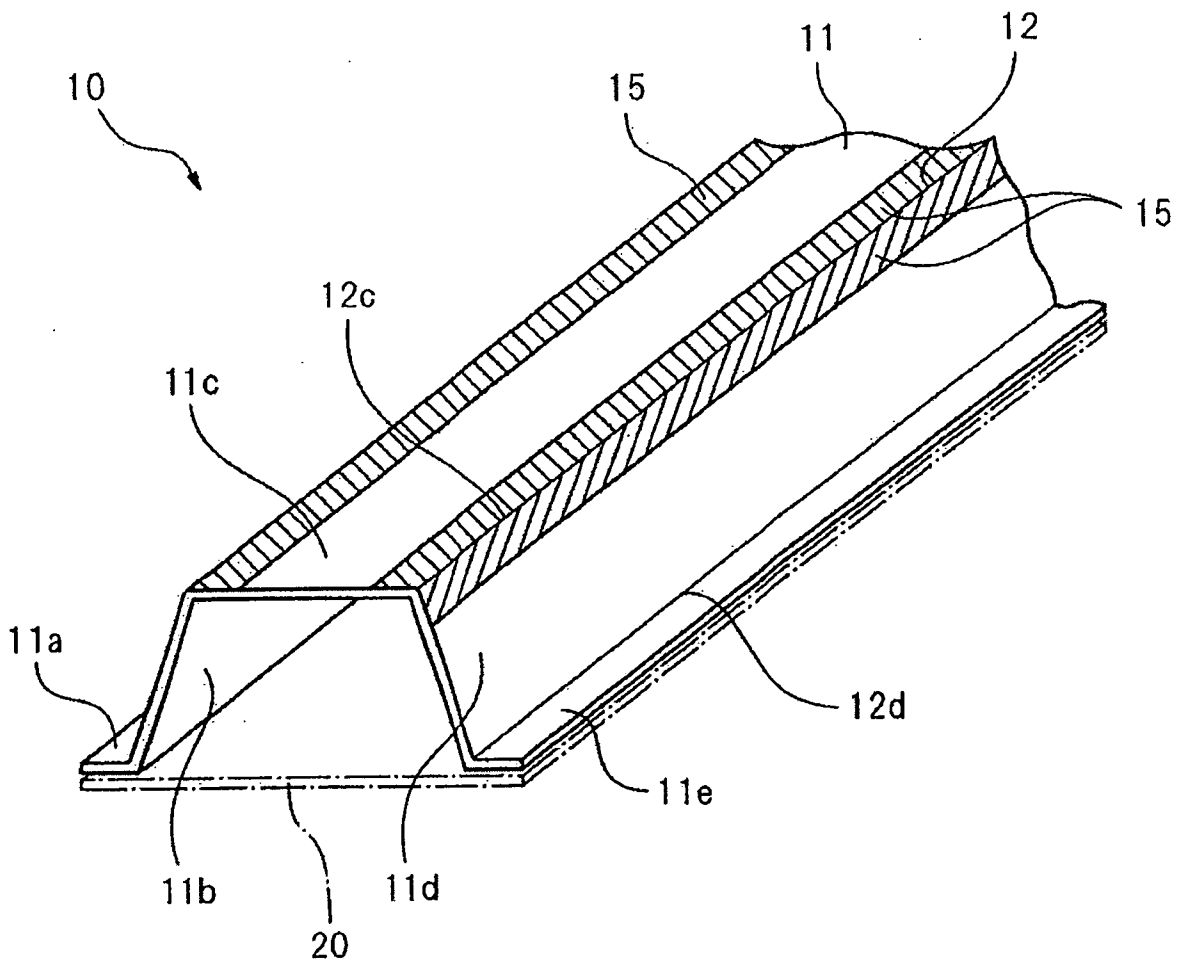
$$C_{eq} = C + 0.004Si + 0.011Mn + 0.02Ni + 0.012Cr + 0.016Mo + 0.006Nb + 0.0025V \dots(13)。$$

23. 如申請專利範圍第13項之經熱處理之構造材，其中，前述熱處理為利用雷射予以進行。

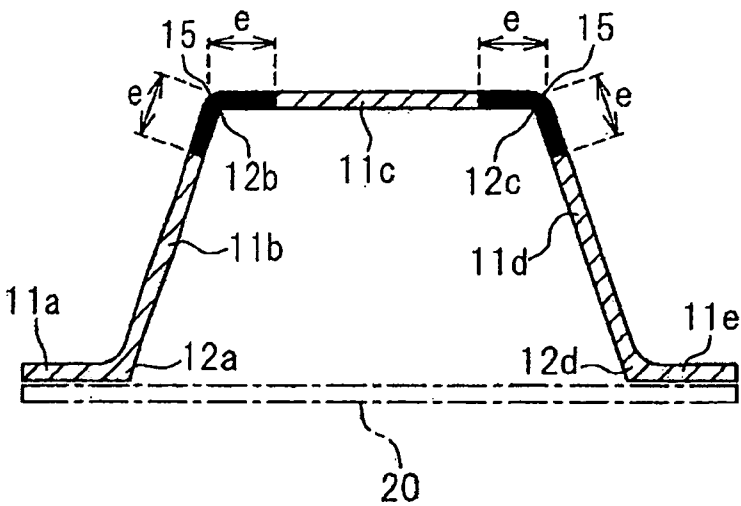
八、圖式：



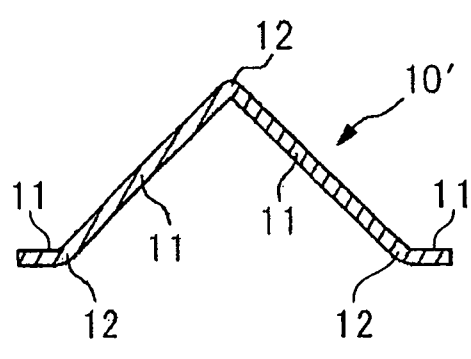
第 1 圖



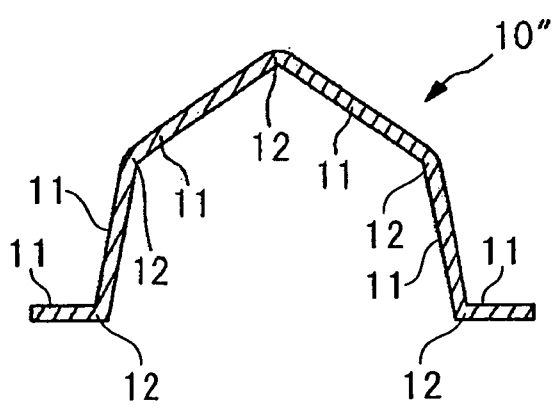
第 2 圖



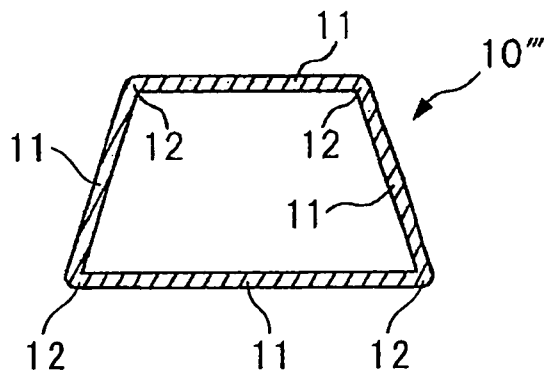
第 3 圖



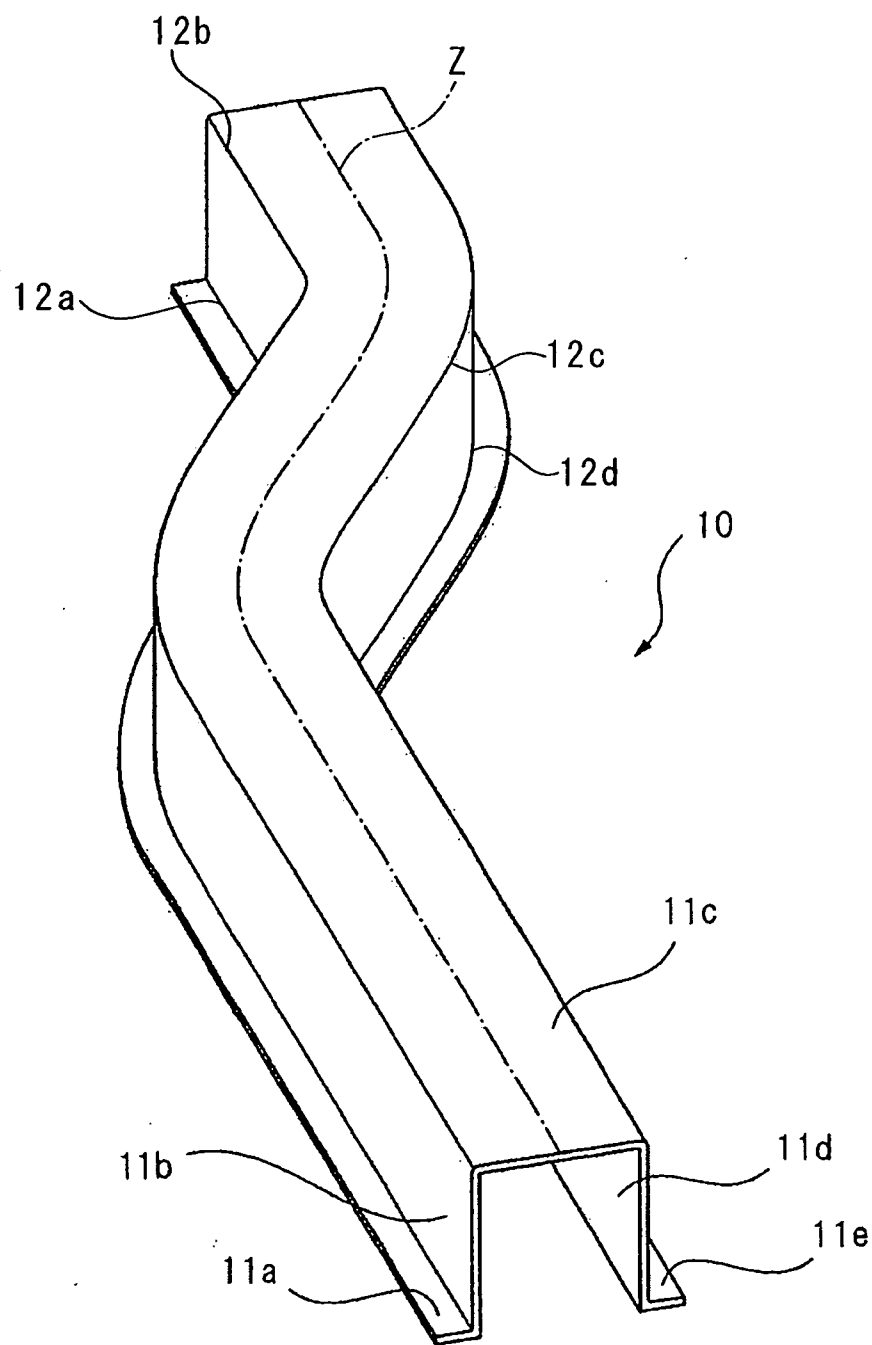
第 4A 圖



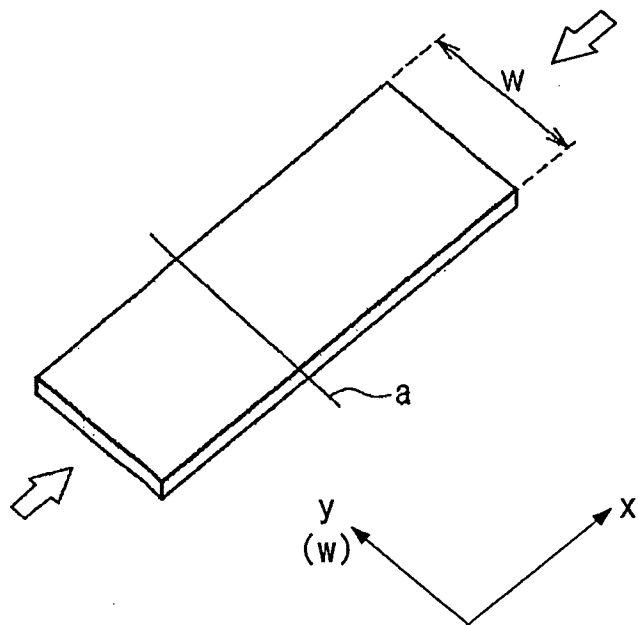
第 4B 圖



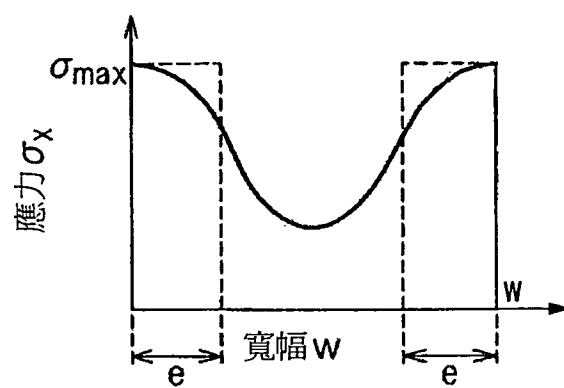
第 4C 圖



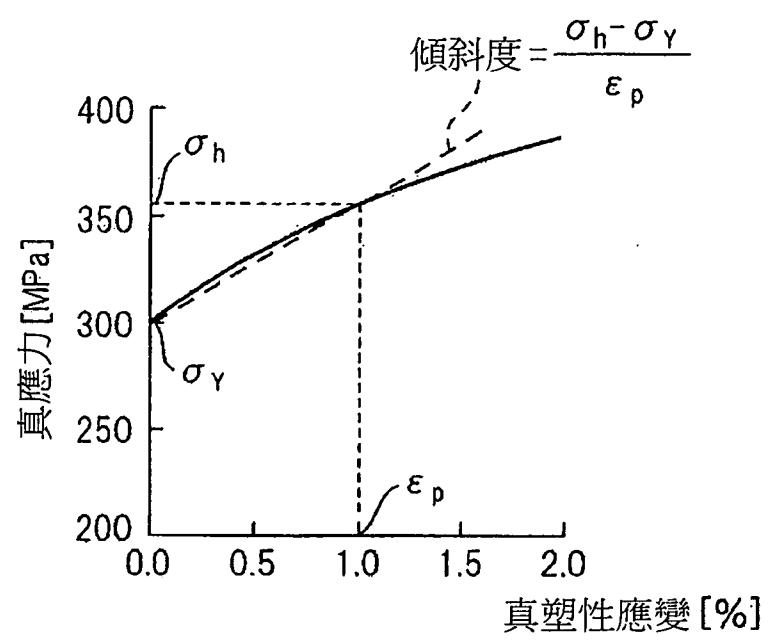
第 5 圖



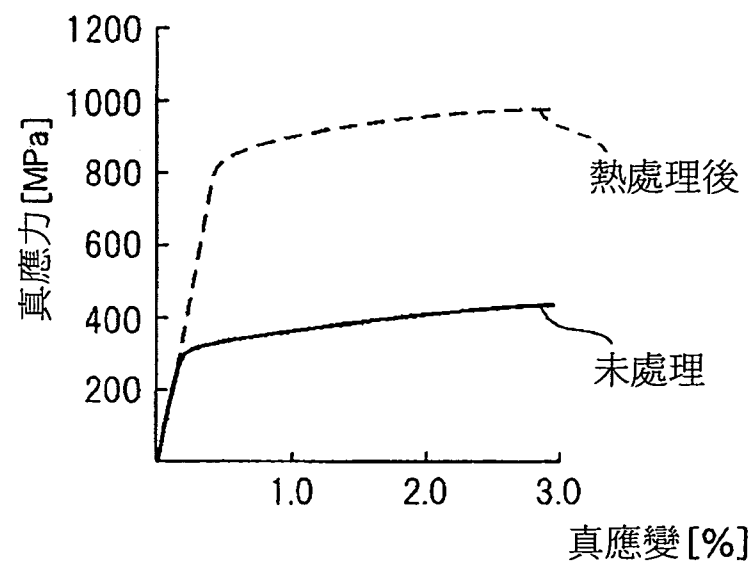
第 6A 圖



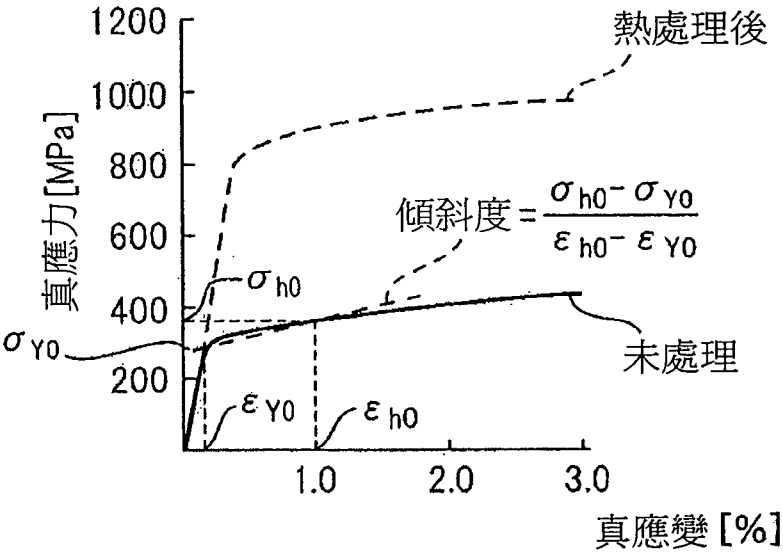
第 6B 圖



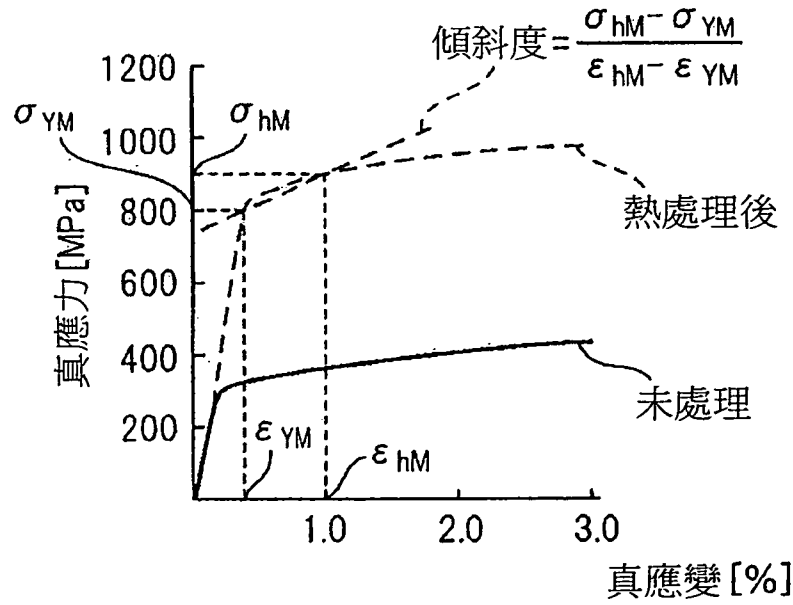
第 7 圖



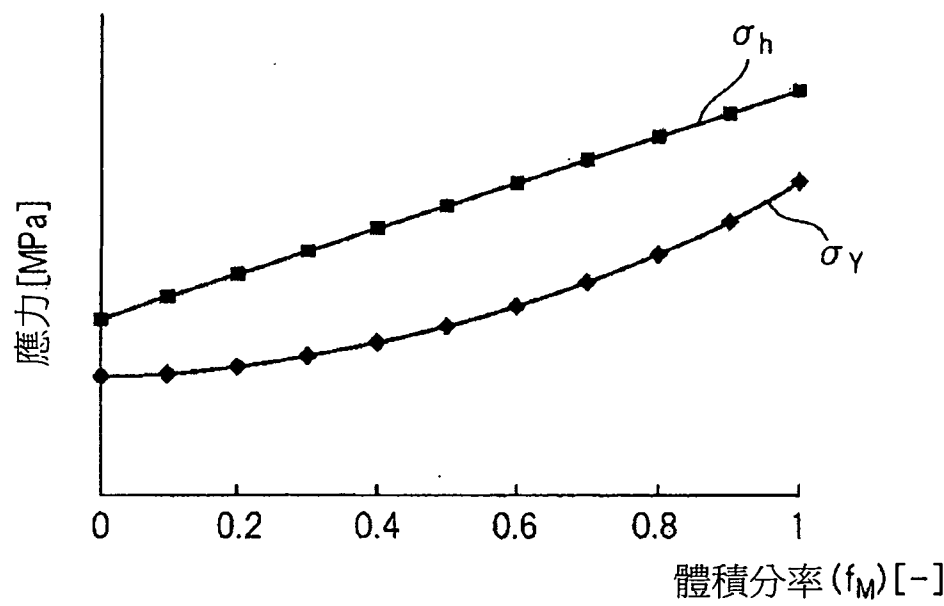
第 8 圖



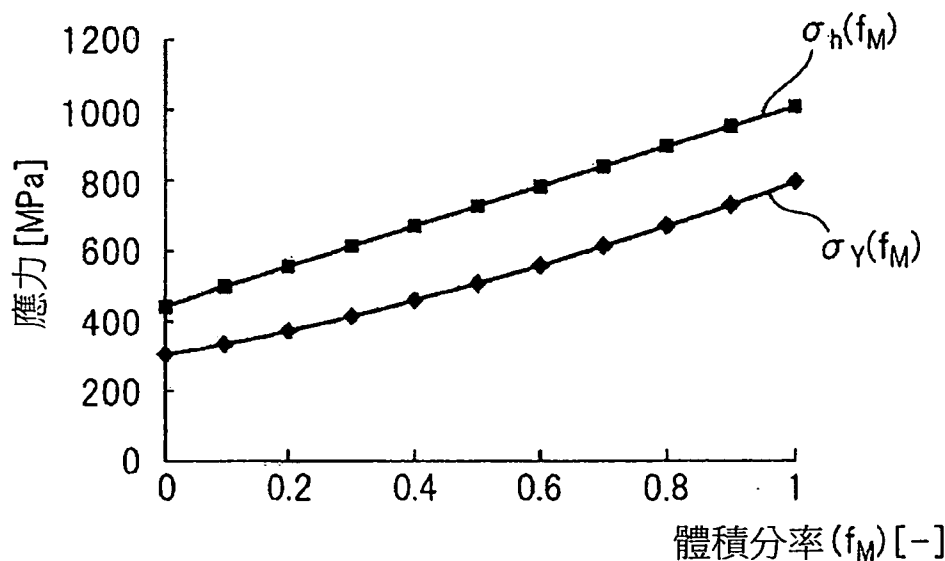
第 9A 圖



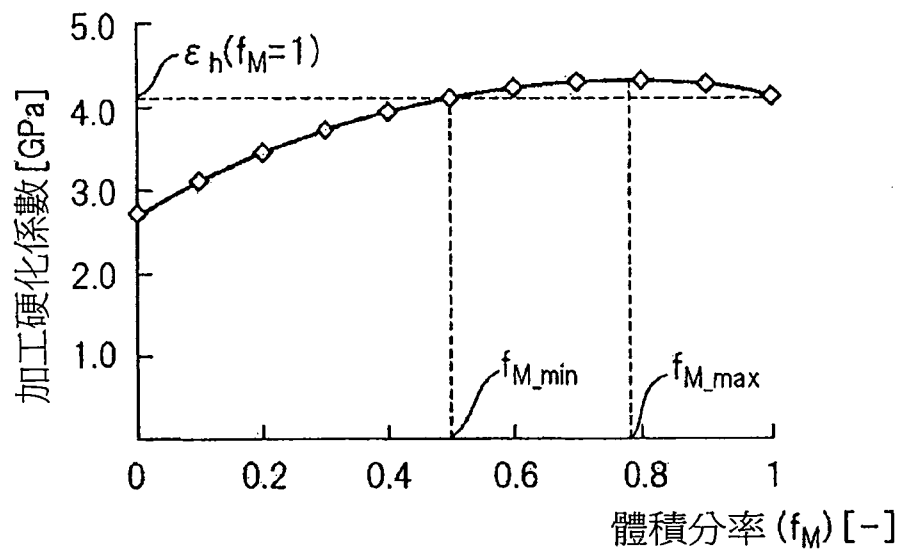
第 9B 圖



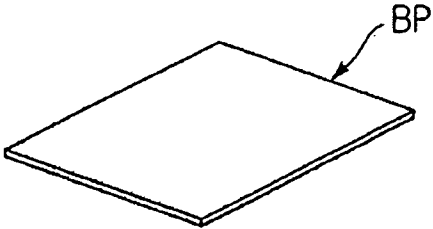
第 10 圖



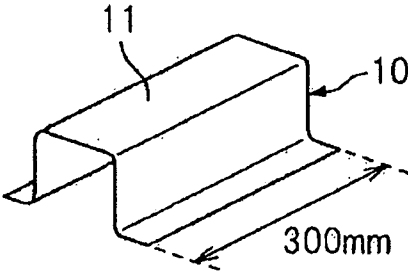
第 11 圖



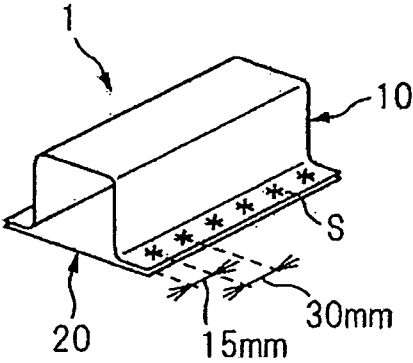
第 12 圖



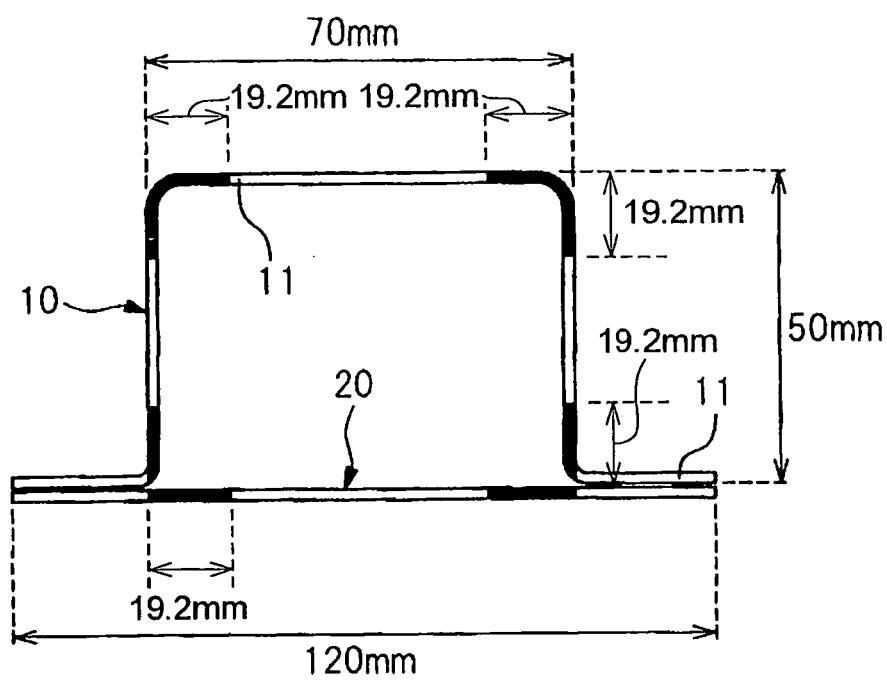
第 13A 圖



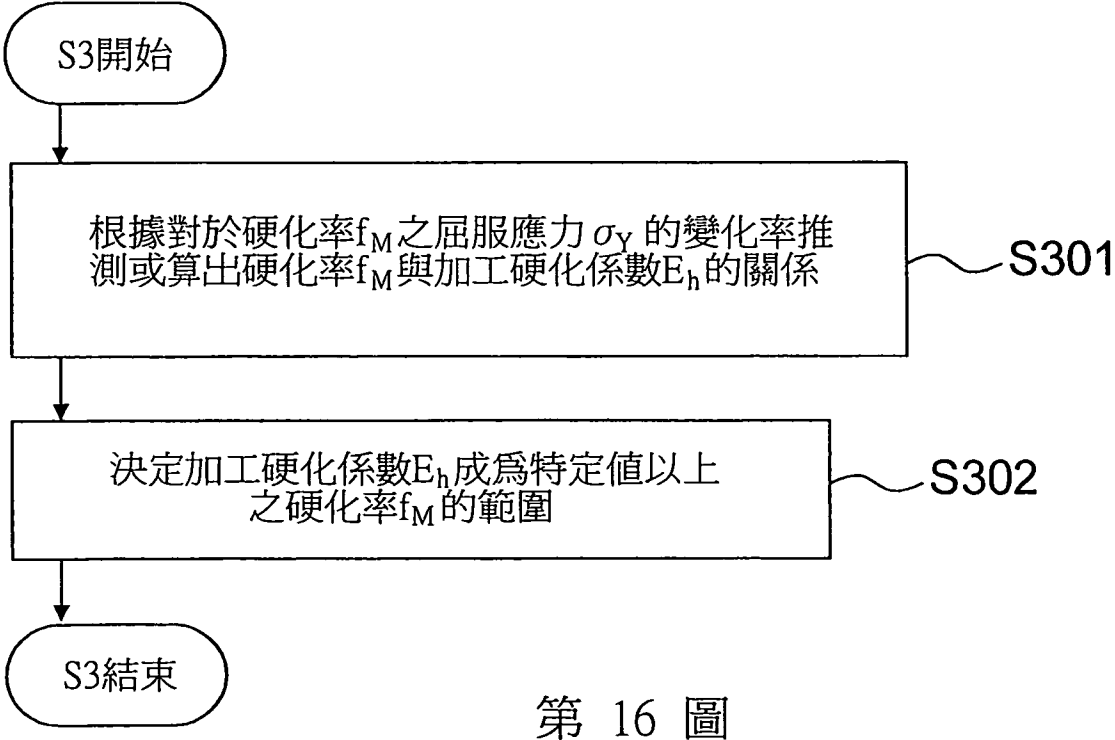
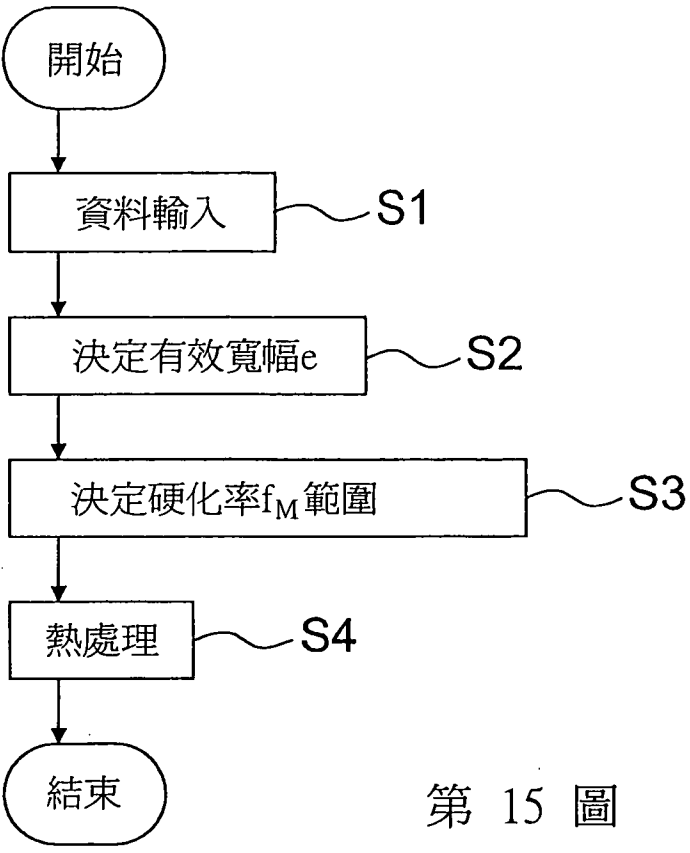
第 13B 圖

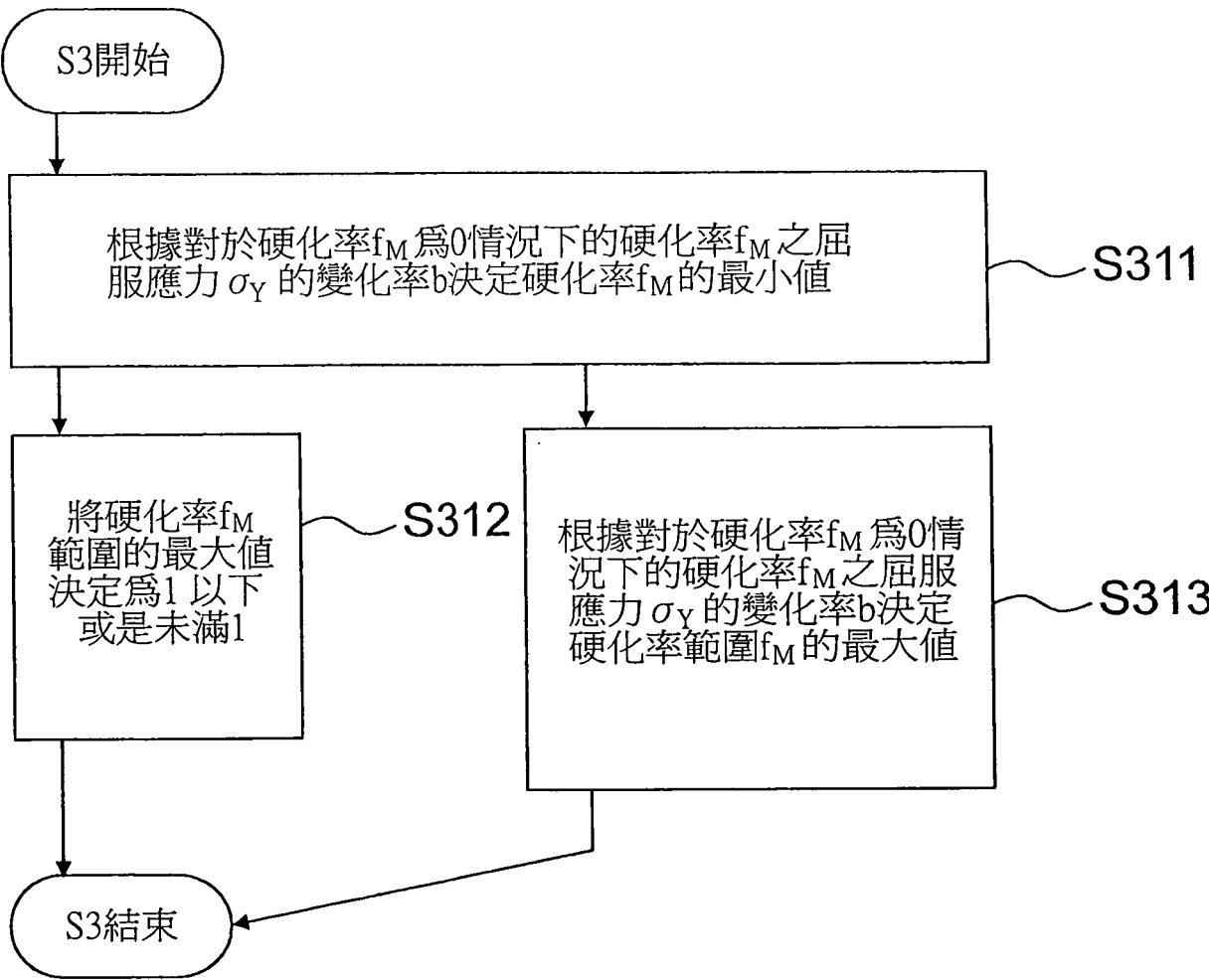


第 13C 圖

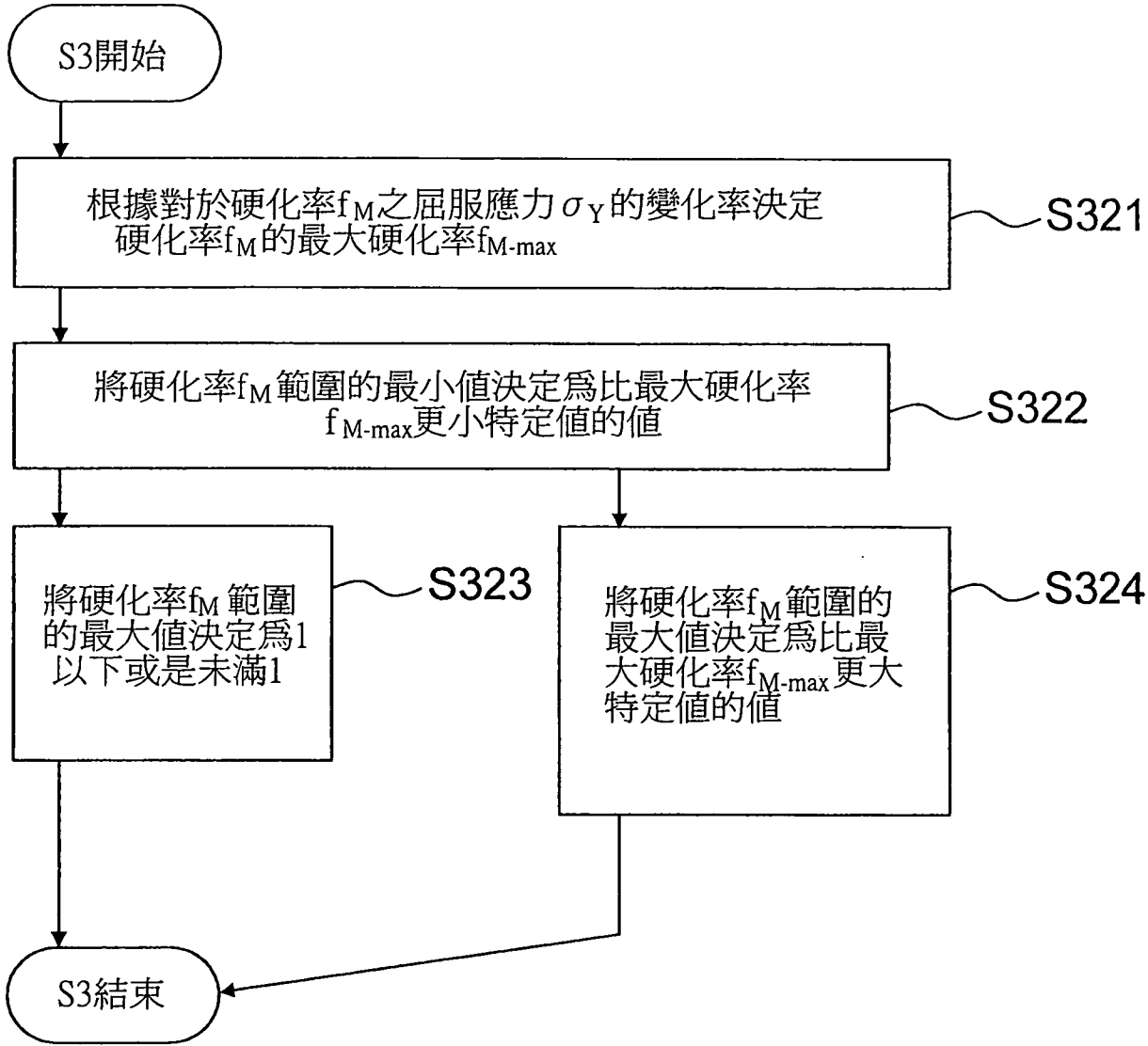


第 14 圖





第 17 圖



第 18 圖