



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公開本

(11)公開編號：TW 201945558 A

(43)公開日：中華民國 108 (2019) 年 12 月 01 日

(21)申請案號：108114663

(22)申請日：中華民國 108 (2019) 年 04 月 26 日

(51)Int. Cl. : **C22C38/50 (2006.01)** **B21C1/00 (2006.01)**
C21D8/06 (2006.01) **C21D1/18 (2006.01)**
C21D6/00 (2006.01) **C21D9/02 (2006.01)**
C21D9/52 (2006.01) **B21F35/00 (2006.01)**
F16F1/02 (2006.01) **A61B17/16 (2006.01)**
A61B17/34 (2006.01)

(30)優先權：2018/04/26 瑞典 1850505-7

(71)申請人：日商鈴木住電不銹鋼有限公司 (日本) SUZUKI-SUMIDEN STAINLESS STEEL WIRE CO., LTD. (JP)

日本

瑞典商鈴木加普騰有限公司 (瑞典) SUZUKI GARPHYTTAN AB (SE)

瑞典

(72)發明人：諾思蘭 強恩 NORSTROM, JOHAN (SE)；賽瑞恩 大衛 THUREBORN, DAVID (SE)；菅野史人 KANNO, FUMITO (JP)；石原昌樹 ISHIHARA, MASAKI (JP)

(74)代理人：吳豐任；戴俊彥

申請實體審查：有 申請專利範圍項數：14 項 圖式數：6 共 46 頁

(54)名稱

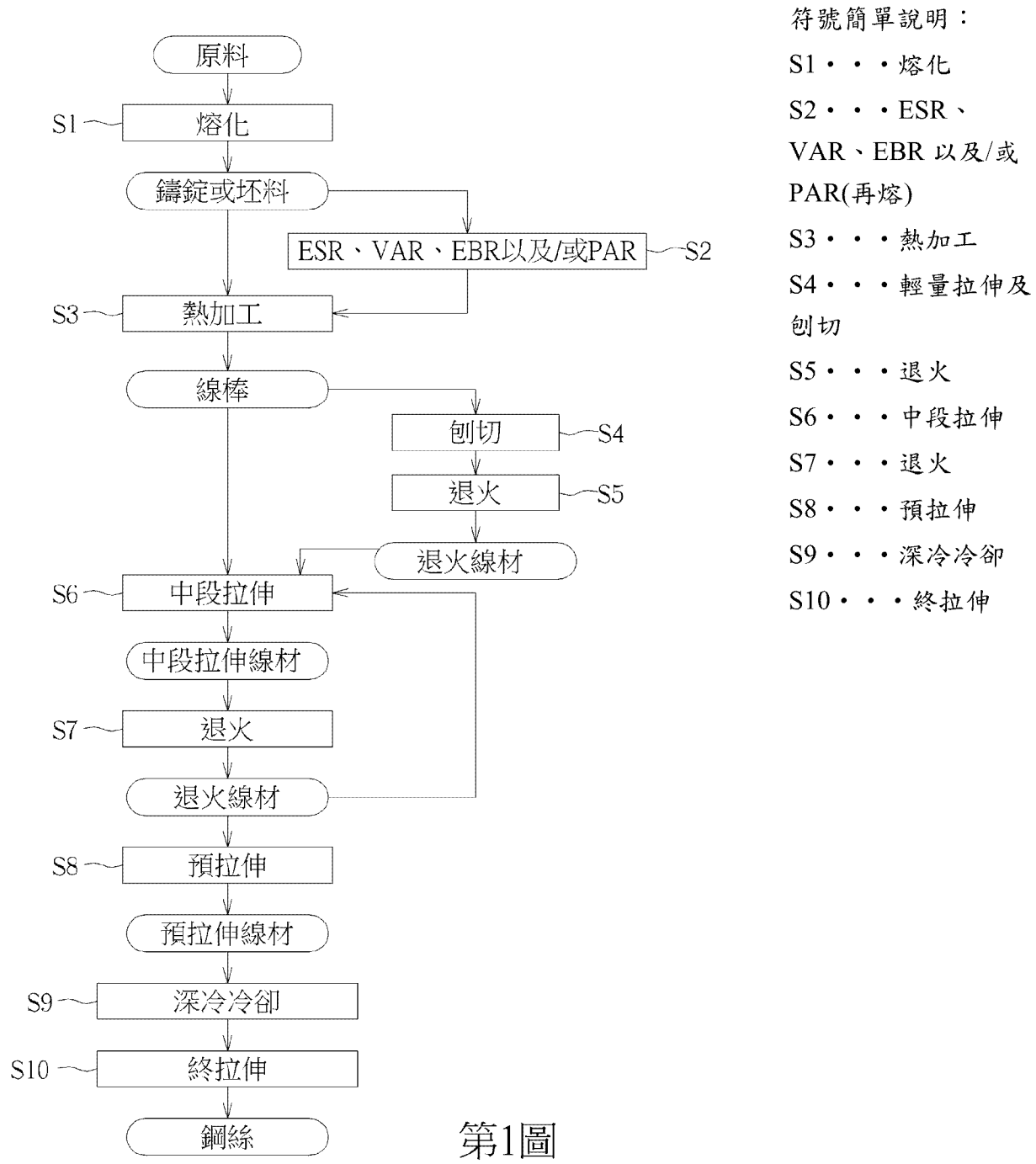
鋼絲、製作鋼絲的方法以及製作彈簧或醫用線材製品的方法

(57)摘要

本發明包含了一種適合用來製作彈簧或醫用線材的鋼絲，可顯著地改善傳統不鏽鋼鋼絲的品質表現。製造鋼絲的鋼材包含了下列以重量百分比表示的元素：碳：0.02 至 0.15，矽：0.1 至 0.9，錳：0.8 至 1.6，鉻：16 至 20，鎳：7.5 至 10.5，鉬：3，鋁：0.5 至 2.5，鈦：0.15，氮：0.05、選擇性的元素、以及雜質與餘量的鐵。其中鉻與鎳的重量占總重的百分之 25 至 27，鋼絲具有以體積百分比表示的下列微結構：麻田散體 40 至 90、沃斯田體 10 至 60 以及 δ 肥粒體 5。

The invention relates to a steel wire suitable for making a spring or medical wire products which remarkably improve the performance of conventional stainless steel wire. The steel comprises (in wt. %): C: 0.02 to 0.15, Si: 0.1 to 0.9, Mn: 0.8 to 1.6, Cr: 16 to 20, Ni: 7.5 to 10.5, Mo: 3, Al: 0.5 to 2.5, Ti: 0.15, N: 0.05, optional elements, and impurities, balance Fe, wherein the total amount of Cr and Ni is 25 to 27 wt. %, and wherein the steel has a microstructure including, in volume % (vol. %), martensite: 40 to 90, austenite: 10 to 60, and delta ferrite: 5.

指定代表圖：



【發明說明書】

【中文發明名稱】鋼絲、製作鋼絲的方法以及製作彈簧或醫用線材製品的方法

【英文發明名稱】A STEEL WIRE, A METHOD FOR MANUFACTURING THE SAME, AND METHOD FOR MANUFACTURING A SPRING OR MEDICAL WIRE PRODUCTS

【技術領域】

【0001】 本發明有關一種鋼絲、製作鋼絲的方法以及製作彈簧或醫用鋼絲製品的方法，尤指一種析出硬化的不鏽鋼材，適合於製作彈簧或醫用鋼絲製品。

【0002】 本案主張瑞典專利申請號No.1850505-7(2018/4/26申請)的優先權，該案內容在此作為參考內容。

【先前技術】

【0003】 析出硬化(Precipitation hardening)不鏽鋼包含了多種合金成份，如17-7 PH、17-4 PH、15-5 PH、PH 15-7Mo、PH 14-8Mo以及PH 13-8Mo。

【0004】 這種在各標準組織所規範(如EN Number: 1.4568、EN Name: X7CrNiAl 17-7、ASTM: 631、UNS: S17700以及JIS: SUS631)的17-7 PH型的不鏽鋼具有高強度、高硬度、極佳的金屬抗疲勞表現以及良好的抗腐蝕性，其化學構成以重量百分比來表示則是：碳(C): ≤ 0.09 、矽(Si): ≤ 1 、錳(Mn): ≤ 1 、磷(P): ≤ 0.04 、硫(S): ≤ 0.03 、鉻(Cr): 16 - 18、鎳(Ni): 6.50 - 7.75、鋁(Al): 0.75 - 1.50以及餘量的鐵(Fe)。然而，17-7 PH型不鏽鋼的缺點在於其在冷處理的硬化現象是很明顯的，其原因是在鋼材鑄造過程中容易生成 δ 肥粒體，因而破壞了鋼成品的品質。另外，在鋼材形成過程中，具有化學成份的17-7 PH型鋼所形成的沃斯田體的穩定性，在冷軋過程中或冷軋後也容易發生應力破

裂。過去曾嘗試對上述這些缺點進行補救措施，例如英國GB2073249A專利就揭露了刻意加入氮以減少 δ 肥粒體的生成。此外，在下方列出的非專利文獻中也有關於應力破裂的相關研究。

【0005】 這種類型的鋼材廣泛應用在需要高強度以及良好韌性的零組件上。17-7PH型鋼的典型應用例如航空器的零組件、彈簧、華司以及冷打(cold heading)應用。一個特殊需求的應用場合是柴油噴射燃料幫浦的壓縮彈簧，這是因為其工作溫度、具腐蝕性的工作環境以及現今使用的螺旋形彈簧通常都會承受超過 10^8 次的負載。專利WO 9931282A1就揭露了17-7 PH型的不鏽鋼絲的疲勞承受特性可以藉由將鋼材進行ESR再熔精煉而得到強化。

【0006】 近年來，產業界致力於將部份的化石柴油燃料以生物液體燃料（如生物原油）取代，而這種生物原油的酸性更高($\text{pH} \approx 2.5$)並且較傳統柴油具有更高的含水量。

【0007】 因此，有必要提供一種具有改良特性的析出硬化鋼絲，尤其是在保證其抗腐蝕性與傳統的不鏽鋼絲相當的條件下，改善其機械特性以獲得更大的優勢。

【0008】 引述文件包含專利文件：GB 2073249 A、WO 9931282 A1以及非專利文件：Berndt, S. and Bengt, B. “NEW METHODS TO IMPROVE AND CONTROL 17-7 PH MATERIAL FOR SPRING APPLICATIONS”, SPRINGS, May 1985。

【發明內容】

【0009】 [技術問題]

【0010】 本發明提出了析出硬化的不鏽鋼鋼絲的另一種成份組成。

【0011】 本發明的一個目的是提供具有改良特性的鋼絲，尤其是提供具有改良的機械特性，同時具有類似傳統鋼絲的抗腐蝕特性的析出硬化不鏽鋼絲。

【0012】 如上所述，由17-7PH型不鏽鋼所生產的鋼絲因其絕佳的特性被使用在多種應用場合，相較於18-8系列的不鏽鋼絲，雖然具有優越的抗疲勞性，但17-7 PH型不鏽鋼絲在抽絲過程中，其抗腐蝕性以及穩定性還是較弱的。

【0013】 有鑑於此種現狀，本發明的目的就是提供一種具有絕佳強度的不鏽鋼絲、一種製造此種鋼絲的方法以及由這種鋼絲製成的彈簧或醫用線材製品。

【0014】 本發明進一步的目的是提供一種能夠用來製成具有延長抗疲勞壽命的彈簧的鋼絲。

【0015】 上述的目的以及額外的優點可由下列文本以及申請專利範圍中所提供的鋼絲來達成。

【0016】 本發明的範圍由申請專利範圍所界定。

【0017】 [問題解決方法]

【0018】 本發明的發明人使用了析出硬化型的不鏽鋼材，其中表示沃斯田體穩定度的 M_{d30} 值、鎳(Ni) + 鉻(Cr) + 鉬(Mo)含量的總量、以及加工硬化指數CWH都進行了最佳化。此外，析出硬化型不鏽鋼材可作為在室溫中進行抽絲、在深冷冷卻後進行抽絲的製造方法或上述兩種方法的組合的原料。因此，本發明指出，在最後冷加工後的金屬結構（包含體積比40至90 %的麻田散體、10至60 %的沃斯田體以及5 %或更少的 δ 肥粒體），有助於解決上述的技術問題。更具體地，在最終抽絲後的麻田散體量較佳地介於71至73%之間，而其延展強度較佳地介於1680至1880 MPa之間。此外，於480 °C的溫度中將鋼絲進行1小時的析出硬化處理，使鋼絲的延展強度可達2270 MPa，明顯比傳統的鋼絲來得更強的延展強度，且其析出硬化程度也來得更高。因此本發明的鋼絲較傳統的17-7 PH鋼絲具有更高的強度，使用本發明的鋼絲作製成的彈簧也具有更好的抗疲勞強度，而使用本發明的鋼絲所製成的醫用製品也具有更好的撓曲剛性(flexural rigidity)。

【0019】 基於上述發現所進行的本發明的要點描述如下：

【0020】 (1) 根據本發明的一種態樣所揭露的一種適於製造彈簧或醫療線材的鋼絲，由下列以重量百分比表示的元素構成：碳(C)：0.02至0.15；矽(Si)：0.1至0.9；錳(Mn)：0.8至1.6；鉻(Cr)：16至20；鎳(Ni)：7.5至10.5；鉬(Mo)：≤ 3；鎢(W)：≤ 0.5；鈷(Co)：≤ 1；鋁(Al)：0.5至2.5；鈦(Ti)：≤ 0.15；釩(V)：≤ 0.1；鈮(Nb)：≤ 0.1；鋇(Zr)：≤ 0.1；鉭(Ta)：≤ 0.1；鉿(Hf)：≤ 0.1；鉕(Y)：≤ 0.1；氮(N)：≤ 0.05；硼(B)：≤ 0.01；銅(Cu)：≤ 2.5；硫(S)：≤ 0.05；磷(P)：≤ 0.05；鈣(Ca)：≤ 0.01；鎂(Mg)：≤ 0.01；稀土元素(REM)：≤ 0.2、以及餘量附帶雜質的鐵(Fe and impurities balance)，其中鉻(Cr)以及鎳(Ni)合計的重量以重量百分比表示為25至27，以及其中該鋼絲具有以體積百分比表示的下述微結構：麻田散體：40至90；沃斯田體：10至60；以及δ肥粒體：≤ 5。

【0021】 (2) 在(1)的鋼絲中，其滿足至少下列條件之一：碳(C)：0.04至0.08、矽(Si)：0.2至0.8、錳(Mn)：0.9至1.5、鉻(Cr)：17.2至18.5、鎳(Ni)：8.2至9.5、鉬(Mo)：≤ 2、鎢(W)：≤ 0.1、鈷(Co)：≤ 0.3、鋁(Al)：0.95至1.35、鈦(Ti)：0.03至0.12、釩(V)：≤ 0.1、鈮(Nb)：≤ 0.05、鋇(Zr)：≤ 0.05、鉭(Ta)：≤ 0.05、鉿(Hf)：≤ 0.05、鉕(Y)：≤ 0.05、氮(N)：≤ 0.018、硼(B)：≤ 0.005、銅(Cu)：≤ 0.3以及硫(S)：≤ 0.005，選擇性地，其中該鋼絲具有以體積百分比表示的下述微結構：麻田散體：50至80；沃斯田體：20至50；以及δ肥粒體：≤ 3，以及選擇性地，該鋼絲滿足下列一或二個條件： $M_{d30} (^{\circ}C) = -40$ 至10；以及 $CWH = 113$ 至133；其中 M_{d30} 以及CWH由下列公式計算而得：

【0022】 $M_{d30} (^{\circ}C) = 551 - 462 \times (C+N) - 9.2 \times Si - 8.1 \times Mn - 13.7 \times Cr - 29 \times (Ni + Cu) - 18.5 \times Mo - 68 \times Nb - 1.42 \times (ASTM \text{ Grain Size} - 8.0)$ ；

【0023】 $CWH = 392 - 7.3 \times Cr - 17.2 \times Ni + 135 \times C$ 。

【0024】 (3) 在(1)或(2)中的鋼絲，滿足至少下列條件之一：碳(C)：0.06至

0.08、矽(Si)：0.25至0.75、錳(Mn)：0.9至1.5、鉻(Cr)：17.4至18.2、鎳(Ni)：8.5至9.1、鉬(Mo)：≤ 2、鎢(W)：≤ 0.1、鋁(Al)：1.00至1.30、鈦(Ti)：0.05至0.10、氮(N)：0.004至0.017、銅(Cu)：≤ 0.3以及硫(S)：≤ 0.003，選擇性地，其中該鋼絲具有以體積百分比表示的下述微結構：麻田散體：50至80，以及沃斯田體：20至50；以及選擇性地，該鋼絲滿足下列一或二個條件：

【0025】 M_{d30} (°C) = -20至0；以及

【0026】 CWH = 118至130。

【0027】 (4) 在(3)中的鋼絲，滿足至少下列條件之一：碳(C)：0.06至0.08、矽(Si)：0.25至0.75、錳(Mn)：0.9至1.5、鉻(Cr)：17.4至18.2、鎳(Ni)：8.5至9.1、鉬(Mo)：≤ 1、鎢(W)：≤ 0.1、鋁(Al)：1.00至1.30、鈦(Ti)：0.05至0.10、銅(Cu)：≤ 0.3, and、硫(S)：≤ 0.003，選擇性地，其中該鋼絲具有以體積百分比表示的下述微結構：麻田散體：50至80；以及沃斯田體：20至50；以及選擇性地，該鋼絲滿足下列一或二個條件：

【0028】 M_{d30} (°C) = -12至-2；以及

【0029】 CWH = 120至126。

【0030】 (5) 在(1)至(4)任何一個的鋼絲中，該鋼絲的純淨度滿足下列根據ASTM E45-97鋼中非金屬夾雜物含量測定方法A中對於非金屬含量的最高要求：

【0031】 [表格1]

A	A	B	B	C	C	D	D
T	H	T	H	T	H	T	H
1.0	0	1.5	1.0	0	0	1.5	1.0

【0032】 選擇性地，其中大小介於10至15 μm的最大非金屬顆粒，在350 mm²

內的檢測區域中的數量 ≤ 10 ；以及選擇性地，其中在該區域中大於 $15\mu\text{m}$ 的非金屬顆粒的數量為零。

【0033】 (6) 在(1)至(5)中任何一個的鋼絲中，鉻(Cr)、鎳(Ni)以及鉬(Mo)合計的重量以重量百分比表示為25至27。

【0034】 (7) 在(6)的鋼絲中，其中該鋼絲滿足下列條件：碳(C)：0.02至0.09、矽(Si)：0.1至0.9、錳(Mn)：0.8至1.6、鉻(Cr)：17至19、鎳(Ni)：8至10、鉬(Mo)： ≤ 1 、鎢(W)： ≤ 0.5 、鈷(Co)： ≤ 1 、鋁(Al)：0.9至1.4、鈦(Ti)： ≤ 0.15 、釩(V)： ≤ 0.1 、鈮(Nb)： ≤ 0.1 、鋯(Zr)： ≤ 0.1 、鉭(Ta)： ≤ 0.1 、鉿(Hf)： ≤ 0.1 、鉕(Y)： ≤ 0.1 、氮(N)： ≤ 0.02 、硼(B)： ≤ 0.01 、銅(Cu)： ≤ 2.5 、硫(S)： ≤ 0.05 、磷(P)： ≤ 0.05 、鈣(Ca)： ≤ 0.01 、鎂(Mg)： ≤ 0.01 、稀土元素(REM)： ≤ 0.2 以及餘量附帶雜質的鐵(Fe)。

【0035】 (8) 一種製造(1)至(7)任一項所述的鋼絲的方法，包含：熔化具有上述合成物的一素材以獲得一鑄錠(ingot)或一坯料(billet)；選擇性地，對該鑄錠或該坯料進行下列一或多種處理：電渣冶煉法(Electro Slag Remelting method)、真空電弧冶煉法(Vacuum Arc Remelting method)、電子束冶煉法(Electron Beam Remelting method)以及電漿電弧冶煉法(Plasma Arc Remelting method)；對該鑄錠或該坯料進行熱加工(hot working)以獲得一線棒；選擇性地，對該線棒進行刨切(shaving)；選擇性地，對刨切過的該線棒進行退火(annealing)處理；對該線棒進行中段拉伸(intermediate drawing)以獲得中段拉伸後具有中段線徑的線材；對中段拉伸後的該線材進行退火處理；對中段拉伸後的該線材進行預拉伸(pre-drawing)以獲得預拉伸後具有預線徑的線材；對預拉伸後的該線材進行深冷冷卻(sub-zero cooling)；以及對預拉伸後的該線材進行終拉伸(final drawing)以獲得具有終線徑的該鋼絲。

【0036】 (9) 在製造(8)的鋼絲的方法中，其中對中段拉伸後的該線材進行

預拉伸的加工率為30至60%。

【0037】 (10) 在製造(8)或(9)的鋼絲的方法中，其中預拉伸的該線材在準備進入終拉伸前的表面溫度為-130至-196°C；以及其中預拉伸後的該線材進行終拉伸的加工率為10至30%。

【0038】 (11) 一種製造(1)至(7)任一項所述的鋼絲的方法，包含：熔化具有上述合成物的一素材以獲得一鑄錠或一坯料；選擇性地，對該鑄錠或該坯料進行下列一或多種處理：電渣冶煉法(Electro Slag Remelting method)、真空電弧冶煉法(Vacuum Arc Remelting method)、電子束冶煉法(Electron Beam Remelting method)以及電漿電弧冶煉法(Plasma Arc Remelting method)；對該鑄錠或該坯料進行熱加工(hot working)以獲得一線棒；選擇性地，對該線棒進行刨切(shaving)；選擇性地，對刨切過的該線棒進行退火(annealing)處理；選擇性地，對該線棒進行一或多次中段拉伸(intermediate drawing)以獲得中段拉伸後具有中段線徑的線材；選擇性地，對中段拉伸後的該線材進行一或多次退火處理；以及對該線棒、刨切過的該線棒或中段拉伸後的該線材進行終拉伸(final drawing)以獲得具有終線徑的該鋼絲。

【0039】 (12) 在製造(11)的鋼絲的方法中，其中於終拉伸中的加工率為70至96%。

【0040】 (13) 根據本發明的另一種態樣所揭露的一種製造彈簧或醫用線材製品的方法，包含：對(1)至(7)中任一的鋼絲進行打造以形成彈簧或醫用線材製品的形狀；以及對該彈簧或該醫用線材製品進行析出硬化 (precipitation hardening)處理。

【0041】 (14) 根據本發明的又一種態樣所揭露的一種製造彈簧或醫用線材製品的方法，包含：根據(8)至(12)任一所述的方法製造一鋼絲、打造該鋼絲以形成彈簧或醫用線材製品的形狀；以及對該彈簧或該醫用線材製品進行析出硬

化(precipitation hardening)處理。

【0042】 [本發明的有益效果]

【0043】 根據上述本發明的實施態樣，本發明能提供一種鋼絲結構，可以用來製成具有改良特性的鋼絲，尤其是根據上述的態樣，本發明能提供一種析出硬化不鏽鋼絲，具有改良的機械特性，同時維持與傳統鋼絲相當的抗腐蝕特性。此外，根據上述的態樣，本發明能提供一種具有優異強度的不鏽鋼絲、製造此種鋼絲的方法以及製成的彈簧或醫用線材製品。另外，根據上述的態樣，也可提供一種能用在製作具有延長抗疲勞壽命的彈簧的鋼絲結構。

【圖式簡單說明】

【0044】

第1圖為製造鋼絲的一種方法的流程示意圖。

第2圖為製造鋼絲的另一種方法的流程示意圖。

第3圖為使用本發明的鋼絲製造鋼製產品的方法的流程示意圖。

第4圖為使用本發明的鋼絲製造彈簧的方法的流程示意圖。

第5圖為使用本發明的鋼絲製造醫用製品如手術針頭的方法的流程示意圖。

第6圖為鋼絲沿著平行軸向方向的橫切面示意圖。

【實施方式】

【0045】 根據本發明的實施例，個別元素、元素彼此之間的相互作用以及合金中的化學成份的限制的重要性都簡要地描述如下。在本發明通篇說明中所使用到的鋼材中的所有化學組成的百分比均以重量百分比(wt. %)的形式來描述，而微結構相的含量則以體積百分比(vol. %)的形式來描述。個別元素的含量上限以及下限可以在申請專利範圍中所涵蓋的範圍內自由地組合。

【0046】 碳(0.02 - 0.15 %)

【0047】 碳(C)是一種強沃斯田體材料，有助於改善鋼材的強度與硬度。碳

第 8 頁，共 30 頁(發明說明書)

含量最少應該在0.02 %，可以將其含量下限設為0.03、0.04、0.05或0.06%。然而，如果含量過高，容易在鋼材中生成碳化鉻，因此碳的含量最大應該在0.15 %，可以將其含量上限設在0.10、0.09、0.08或0.07 %。

【0048】 矽(0.1 - 0.9 %)

【0049】 矽(Si)用來去氧化(deoxidation)。矽(Si)也是一種強肥粒體材料，因此，矽(Si)必須限制在0.9%或更少的比例。可以將其含量上限設在0.85、0.8、0.75或0.70 %，將其含量下限設在0.15、0.2或0.25 %。

【0050】 錳 (0.8 - 1.6 %)

【0051】 錳是一種沃斯田體穩定元素，並且有助於去氧化以及增加鋼材的硬化度。如果含量過低，則硬化度也會過低。因此錳含量最少應該在0.8 %，可以將其含量下限設在0.9、1.0或1.1 %，將其含量上限設在1.5、1.4或1.3 %，以避免其沃斯田態過於穩定。

【0052】 鉻(16 -20 %)

【0053】 鉻(Cr)含量最少應該在16 %，以確保鋼材的防鏽特性，並且提供良好的抗腐蝕性。然而，高含量的鉻(Cr)可能導致高溫肥粒體的生成，因此影響其熱加工性(hot-workability)。鉻的含量下限可設在16.5、17、17.1、17.2、17.3或17.4 %，鉻(Cr)含量最多應該在20 %，因此其含量上限可設在19.5、19、18.8、18.6、18.5、18.4或18.2 %。較佳的範圍在17.4 - 18.2 %。

【0054】 鎳(7.5 - 10.5 %)

【0055】 鎳(Ni)是一種沃斯田體穩定劑並且能抑制 δ 肥粒體的生成。鎳(Ni)能賦予鋼材良好的硬化度以及韌性。鎳(Ni)也有助於鋼材的可加工度。對析出硬化的程序來說，鎳(Ni)扮演了重要角色，因鎳(Ni)與鋁(Al)在時效過程(aging)中會形成微量的中間NiAl-基合金粒子以及/或Ni₃Al-基合金粒子。然而，過量添加鎳(Ni)會造成過多的沃斯田體的殘留。鎳(Ni)含量最少應該在7.5 %，並且其含

量下限可設在7.7、8、8.2、8.3、8.4、8.4、8.5或8.6 %，其含量最多應該在10.5 %並且含量上限可設在10.2、10、9.8、9.7、9.6、9.5、9.4、9.3、9.2或9.1 %。

【0056】 鉻 + 鎳 (25 - 27 %)

【0057】 為了達到最佳的強度與韌性，鉻(Cr)以及鎳(Ni)合計的重量以重量百分比表示為25 - 27 %。其含量下限可設在25.2、25.3、25.4或25.5 %，含量上限可設在26.9、26.8、26.7或26.6 %。

【0058】 鉬 ($\leq 3\%$)

【0059】 鉬(Mo)是一種有力的碳化物形成元素以及肥粒體形成元素。然而，當鉬(Mo)在母相中溶解時，鉬(Mo)有助於沃斯田體的穩定以及改善抗腐蝕的能力。在析出硬化處理過程中，包含鉬(Mo)的微細群叢被析出至麻田散體中使其具有高強度以及改良的熱抗性。然而，當過量添加鉬(Mo)時，最終處理時會抑制應變引發的麻田散體的生成，使得析出硬化所需的應變引發麻田散體的不足量。為此原因，鉬(Mo)必須限制在3 %或更少的比例。其含量上限可設在2.8、2.5、2、1、0.8、0.6、0.4或0.2 %。

【0060】 鉻 + 鎳 + 鉬 (較佳地25 - 27 %)

【0061】 為了達到最佳的強度與韌性，鉻(Cr)、鎳(Ni)以及鉬(Mo)合計的重量以重量百分比表示為25 - 27 %。其含量下限可設在25.2、25.3、25.4或25.5 %，含量上限可設在26.9、26.8、26.7或26.6 %。

【0062】 鋁 (0.5 - 2.5 %)

【0063】 本發明中，鋁(Al)是改善強度的重要元素，在時效處理中，鋁(Al)與鎳(Ni)產生鍊結以形成中間金屬化合物，可以析出至麻田散結構中並給予高強度的特性。為了獲得強化所需的必要析出量，必須加入0.5%或更多的鋁(Al)。另一方面，如果加入了過多的鋁(Al)，則會產生過多的析出中間金屬化合物，母相(matrix phase)中的鎳含量會下降以及韌性也會下降，因此鎳(Ni)的含

量不應超過2.5%，可以將含量上限設在2.4、2.2、2.0、1.8、1.6、1.4、1.35、1.30、1.25、1.20或1.15%，並且含量下限設在0.6、0.7、0.8、0.9、0.95或1.00%。

【0064】 鎢 ($\leq 0.5\%$)

【0065】 鎢(W)的含量最少是0%，其含量上限可以是0.001、0.002、0.005或0.010%。另一方面，鎢(W)不僅可以改善不鏽鋼的潛變強度，也是可以改善抗腐蝕性的元素。然而，過量添加鎢(W)會產生中間金屬化合物，因而造成了抗腐蝕性的劣化，因此鎢(W)必須限制在0.5 %或更少的比例，其含量上限可設在0.1 %。

【0066】 鈷 ($\leq 1\%$)

【0067】 鈷(Co) 的含量最少是0%。其含量下限可以是0.001、0.002、0.005或0.010%。另一方面，為了確保延展性以及改善熱抗性，鈷(Co)可視需要添加至0.1%或更多。然而，當添加超過1%時，強度會下降而熱抗性會劣化，因此其含量上限為1%，較佳地為0.3%或更少。

【0068】 硼 ($\leq 0.01\%$)

【0069】 硼(B)的含量最少是0%。其含量下限可以是0.001、0.002、0.005或0.010%。另一方面，選擇性地少量添加硼(B)可改善不鏽鋼絲的熱加工性。硼(B)也具有改善晶界強度的作用。然而，當硼(B)的比例超過0.01%時，其加工性會因形成硼化合物而開始劣化。因此，其含量上限可設在0.007、0.006、0.005或0.004%。

【0070】 氮 ($\leq 0.05\%$)

【0071】 氮(N)的含量最少是0%。氮(N)是一種強沃斯田體形成元素，也是如氮化鋁(AlN)之類的氮化物形成元素。為了避免大量氮化鋁被析出，氮(N)含量的上限需被限制在0.05%。可以將其含量上限設在0.02、0.019、0.018或0.017%。然而，受控制的少量氮(N)有助於獲得較小的沃斯田晶粒，使氮(N)結合鈦(Ti)以及

鋁(Al)形成微量的氮化合物。其含量下限可選擇地設在0.004、0.005或0.006 %。

【0072】 銅 (≤ 2.5 %)

【0073】 銅(Cu)的含量最少是0%。其含量下限可以是0.001、0.002、0.005或0.010%。另一方面，銅(Cu)是沃斯田體穩定元素，有助於增加鋼材的硬度以及抗腐蝕性。在時效過程中形成的 ϵ -Cu相不僅可藉由析出硬化強化鋼材，也可改變中間金屬相的析出動能。然而，銅在鋼材中很難另外再分離，會增加後續廢料處理的難度。為此，在本發明中銅(Cu)作為選擇性添加元素，其含量上限可設在1.0、0.5、0.3、0.2或0.1 %。

【0074】 鈦 (≤ 0.15 %)

【0075】 如同鋁(Al)，鈦(Ti)也有改善析出硬化合金的強度的作用。然而鈦(Ti)比鋁(Al)具有更強的沃斯田相穩定效果，過量的添加鈦(Ti)會在冷加工過程中抑制應變引發的麻田散體的生成，並且使得析出硬化所需的應變引發麻田散體的不足量。因此，鈦(Ti)的含量設在0.15%或更少。可以將其含量上限設在0.14、0.13、0.12、0.11、0.10、0.09或0.08 %。此外，若上述的鋁(Al)足以改善析出硬化的強度，則添加鈦(Ti)就不是必要的，可將鈦(Ti)設在0% (也就是不添加)。鈦(Ti)的含量下限可設在0.001、0.002、0.005、0.001、0.01、0.03或0.05 %。

【0076】 釩(V)、鈮(Nb)、鋯(Zr)、鉭(Ta)、鈐(Hf)以及鉕(Y) (≤ 0.1 %)

【0077】 釩(V)、鈮(Nb)、鋯(Zr)、鉭(Ta)、鈐(Hf)以及鉕(Y) 是強的碳基或氮基形成物，因此每一個元素都需設定在0.1 %或更少的含量，以避免生成非必要的碳基或氮基化合物。這些元素的最大含量較佳地在0.05或甚至0.01 %。這些元素的含量下限可以設在0、0.001、0.002、0.005或0.010%。

【0078】 鈣(Ca)、鎂(Mg)以及稀土元素(Rare Earth Metals, REM)

【0079】 根據本發明的實施例，這些元素可以加入鋼材中以改變其中的非金屬成份含量。然而，當每一種元素的含量超過個別的上限值時，它們就有可能

形成粗粒內含物而導致鋼絲的疲勞強度退化。因此，鈣(Ca)與鎂(Mg)的含量應分別被設在0.01%或更少，而稀土元素(REM)則設在0.2%或更少。這些元素的含量下限可以設在0、0.001、0.002、0.005或0.010%。

【0080】 硫 ($\leq 0.05\%$)

【0081】 硫(S)屬於一種雜質，因此其含量上限應該在0.05 %。然而，其上限值較佳地可以設為0.015、0.010、0.005、0.003、0.002或甚至是0.001 %。硫(S)的含量下限可以設在0、0.001、0.002或0.005%。

【0082】 磷 ($\leq 0.05\%$)

【0083】 磷(P)也是一種雜質元素，對於鋼材的機械特性具有負面作用。磷(P)的含量上限可以設為0.05、0.04、0.03、0.02或0.01 %，而含量下限則可設為0、0.001、0.002、0.005或0.010%。

【0084】 根據本發明的實施例，鋼絲的餘量(balance)組成包含雜質以及鐵。

【0085】 ”雜質”一詞係指在工業生產鋼絲的過程中，由於如礦料、廢料或種種生產過程的原因而混進鋼材中的成份，只要本發明的鋼絲不受到不良的影響，這些雜質是允許包含在內的。

【0086】 鋼材的微結構可以根據使用用途進行調整。

【0087】 表示準穩定沃斯田相的不鏽鋼（如18-8 series、EN number：1.4325、EN name：X12CrNi188、ASTM：302、UNS：S30200、JIS：SUS302或ASTM：304、UNS：S30400、以及JIS：SUS304）根據下列方程式(1)所計算而得的 M_s 溫度會低於 -273°C ，也就是說，這些準穩定沃斯田相的不鏽鋼的金屬結構即使沉浸於液態氮（沸點為 -196°C ）中也不會轉化為麻田散體。

【0088】 $M_s (^\circ\text{C}) = 502 - 810 \times \text{C} - 1230 \times \text{N} - 13 \times \text{Mn} - 30 \times \text{Ni} - 12 \times \text{Cr} - 54 \times \text{Cu} - 46 \times \text{Mo}$ (1)

【0089】 然而，由於冷加工會促進沃斯田體的分解，當鋼材進行溫度高於 M_s

溫度下的冷加工處理時，會開始形成麻田散體，而其形成的溫度會隨著如下列方程式(2)所表示的組成以及晶粒大小而變化。

$$\text{【0090】} \quad M_{d30} (^{\circ}\text{C}) = 551 - 462 \times (\text{C} + \text{N}) - 9.2 \times \text{Si} - 8.1 \times \text{Mn} - 13.7 \times \text{Cr} - 29 \times (\text{Ni} + \text{Cu}) - 18.5 \times \text{Mo} - 68 \times \text{Nb} - 1.42 \times (\text{ASTM Grain Size} - 8.0) \quad (2)$$

【0091】 在此溫度下，體積含量50 %的沃斯田體透過30%的真應變冷變形（約減少25 %的截面積）會被轉化為麻田散體。越高的溫度意味著鋼材會發生越大的變形硬化。本發明的鋼絲的Md30溫度可以是-40 °C或更高、-20 °C或更高、或是-12 °C或更高。本發明的鋼絲的Md30溫度可以是10 °C或更低、0 °C或更低、或-2 °C或更低。

【0092】 鋼材對冷加工硬化傾向的預測可以由下列方程式(3)的冷加工硬化(Cold Work Hardening, CWH)指數來表示：

$$\text{【0093】} \quad \text{CWH} = 392 - 7.3 \times \text{Cr} - 17.2 \times \text{Ni} + 135 \times \text{C} \quad (3)$$

【0094】 其中CWH的下限可以是113、118或120，而CWH的上限可以是133、130或126。

【0095】 據此，微結構中的麻田散體的含量取決於鋼材的化學組成、沃斯田體的晶粒大小、減少的面積以及變形的溫度。於本發明的一較佳實施例中，用來製造鋼絲的方法(參考第1圖，此處統稱為”A型製造方法”)包含：

【0096】 (S1) 熔化具有上述合成物的一素材以獲得一鑄錠(ingot)或一坯料(billet)；

【0097】 (S2) 選擇性地，對該鑄錠或該坯料進行下列一或多種處理：電渣冶煉法(Electro Slag Remelting method, ESR)、真空電弧冶煉法 (Vacuum Arc Remelting method, VAR)、電子束冶煉法(Electron Beam Remelting method, EBR)以及電漿電弧冶煉法(Plasma Arc Remelting method, PAR)以改善該鑄錠或該坯料的純淨度(cleanliness)；

- 【0098】 (S3) 對該鑄錠或該坯料進行熱加工以獲得一線棒；
- 【0099】 (S4) 選擇性地，對該線棒進行刨切(shaving)；
- 【0100】 (S5) 選擇性地，對刨切過的該線棒進行退火處理(annealing)；
- 【0101】 (S6) 對該線棒進行中段拉伸(intermediate drawing)以獲得中段拉伸後具有中段線徑的線材；
- 【0102】 (S7) 對中段拉伸後的該線材進行退火處理；
- 【0103】 (S8) 對中段拉伸後的該線材進行預拉伸(pre-drawing)以獲得預拉伸後具有預線徑的線材；
- 【0104】 (S9) 對預拉伸後的該線材進行深冷冷卻(sub-zero cooling)；以及
- 【0105】 (S10) 對預拉伸後的該線材進行終拉伸(final drawing)以獲得具有終線徑的該鋼絲。

【0106】 在熔化處理S1中，素材被熔化形成鑄錠或坯料。此處的素材合成物與上述本發明的鋼絲合成物實質上相同，並且進行熔化處理S1的環境並不特別限制，可以使用典型的條件來進行熔化處理S1。

【0107】 再熔處理S2如ESR、VAR、EBR以及/或PAR可以包含在此方法中。如果要將鋼絲應用在對抗疲勞強度具有相當高要求的場合，如柴油噴射系統中的壓縮彈簧，則較佳地要有極度純淨的鋼材作為原料。因此，鑄錠或坯料可以進行下列一或多種處理：電渣冶煉法(Electro Slag Remelting method, ESR)、真空電弧冶煉法 (Vacuum Arc Remelting method, VAR)、電子束冶煉法(Electron Beam Remelting method, EBR)以及電漿電弧冶煉法(Plasma Arc Remelting method, PAR)以及/或類似的方法，以改善鋼材的純淨度。這些再熔處理方法可以合併使用，因此本方法可以包含一或多個再熔處理方法，而實施再熔處理S2的環境則沒有特殊限制，可以使用典型的條件來進行再熔處理S2。

【0108】 在熱加工S3中，鑄錠或坯料被加熱並加工為線棒，其中一種熱加工

方式可以是熱滾壓。進行熱加工S3的環境並不特別限制，可以使用典型的條件來進行熱加工S3。

【0109】 在刨切處理S4中，可在刨切之前對線棒進行輕量的拉伸，而刨切處理S4以及退火處理S5可以包含在A型製造方法中。刨切處理S4可以去除線棒的表層，以去除表層上會破壞最終鋼絲的機械特性的缺陷。因此，刨切處理S4可進一步強化鋼絲的機械特性。在刨切處理S4後，被刨切的線棒接著進行退火處理。退火處理S5是為了軟化在刨切處理S4中發生硬化的線棒。因此，如果刨切處理S4沒有被包含在A型製造方法中，那麼退火處理S5也不需被包含進去。若在A型製造方法中進行刨切處理S4以及退火處理S5，那麼退火處理S5的加熱溫度可以是980至1100°C。

【0110】 在中段拉伸處理S6中，線棒被拉伸為具有中段線徑的中段拉伸後的線材。在中段拉伸過程中發生硬化的線材在退火處理S7中被軟化。於A型製造方法中，在避免發生鋼絲斷裂的前提下，可以多次（如二次或多次）對線棒進行拉伸處理，使沃斯田相與麻田散相（或沃斯田相、麻田散相以及 δ 肥粒相）之間的比例能符合最終的抽絲處理的要求。因此，本製造方法可以包含一或多道中段拉伸處理。然而，如同下列的B型製造方法所述，線棒也可以一次拉伸至最終線徑。中段拉伸的線徑降低比率沒有特殊限制，可以根據最終線徑來作選擇。因此，對於最終次拉伸所需的細微尺寸，可以選擇進行好幾次的中段拉伸處理來達到。此處中段拉伸時的線徑沒有特別的限制，且其小於線棒進行中段拉伸處理S6前的線徑並且大於預線徑。在退火處理S7階段中的加熱溫度可以是980至1100°C。

【0111】 在預拉伸處理S8中，中段拉伸後的線材被拉伸至具有預線徑的預拉伸線材。在預拉伸處理S8中，其加工率（亦即截面積的減少率）為30至60%，也可以是40至50%。此外，預拉伸的線材包含體積百分比10 %或更少的應變引發的

麻田散體。預拉伸處理S8的加工率越高，則預拉伸線材中的應變引發的麻田散體的成份就越多。

【0112】 A型製造方法中包含深冷冷卻處理S9。鋼材中麻田散體的存在讓析出硬化後的鋼材具有高強度特性是不可或缺的，為了增加麻田散體的含量，在A型製造方法中必須在對預拉伸後的線材進行終拉伸之前，先以深冷溫度對鋼材進行冷卻。深冷冷卻處理S9可使用任何已知的傳統低溫媒介進行，較佳地可使用液態氮來作低溫處理。

【0113】 在終拉伸階段S10中，預拉伸後的線材被進一步拉伸至具有終線徑的鋼絲。在終拉伸階段S10，其加工率(亦即截面積的減少率)較佳地為10至30% (更佳地為15至28%)，而預拉伸後的線材在準備進入終拉伸前的表面溫度為-130至-196°C，預拉伸後的線材在準備進入終拉伸前的表面溫度上限較佳地為-190°C。在終拉伸階段S10中預拉伸線材以及終拉伸的線材可以經由傳統的模具成型、由滾壓機進行滾壓或拉伸，而終拉伸加工後的鋼絲的截面形狀也不僅是圓形截面，也可以是蛋形、橢圓形或這些形狀修改過的、扁平形或任何其他形狀，而拉伸工具以及截面形狀也可以使用其他的形狀。

【0114】 於本發明的一較佳實施例中，另一種用來製造鋼絲的方法(參考第2圖，此處統稱為”B型製造方法”)包含：

【0115】 (s1) 熔化具有上述合成物的一素材以獲得一鑄錠(ingot)或一坯料(billet)；

【0116】 (s2) 選擇性地，對該鑄錠或該坯料進行下列一或多種處理：電渣冶煉法(Electro Slag Remelting method, ESR)、真空電弧冶煉法 (Vacuum Arc Remelting method, VAR)、電子束冶煉法(Electron Beam Remelting method, EBR)以及電漿電弧冶煉法(Plasma Arc Remelting method, PAR)以改善該鑄錠或該坯料的純淨度(cleanliness)；

- 【0117】 (s3) 對該鑄錠或該坯料進行熱加工以獲得一線棒；
- 【0118】 (s4) 選擇性地，對該線棒進行刨切(shaving)；
- 【0119】 (s5) 選擇性地，對刨切過的該線棒進行退火處理(annealing)；
- 【0120】 (s6) 選擇性地，對該線棒進行一或多次中段拉伸(intermediate drawing)以獲得中段拉伸後具有中段線徑的線材；
- 【0121】 (s7) 選擇性地，對中段拉伸後的該線材進行一或多次退火處理；以及
- 【0122】 (s8) 對該線棒、刨切過的該線棒或中段拉伸後的該線材進行終拉伸以獲得具有終線徑的該鋼絲。在B型製造方法中，人工直接冷卻（例如深冷冷卻）不是必須的，但也可以包含進來。
- 【0123】 在B型製造方法中，熔化處理s1、再熔處理s2、熱加工s3、刨切處理s4以及對刨切的線棒進行退火處理s5分別與A型製造方法中的熔化處理S1、再熔處理S2、熱加工S3、刨切處理S4以及對刨切的線棒進行退火處理S5類似。
- 【0124】 在B型製造方法中，中段拉伸處理s6以及接續的退火處理s7不是必須的。也就是說，中段拉伸處理s6可以被省略，而線材可以在終拉伸階段s8進行一次性拉伸。
- 【0125】 在終拉伸階段s8，其加工率（亦即截面積的減少率）為70至96%，另一方面，可以進行一次或多次的中段拉伸s6以及接續的退火處理s7以控制終拉伸s8的加工率。
- 【0126】 藉此，麻田散體可被調整至所需的含量。多數的應用都要求具有麻田散體以及沃斯田體的混合結構，這樣的微結構可包含以體積百分比表示40至90 %的麻田散體以及10至60 %的沃斯田體、以及不超過5 %的 δ 肥粒體。
- 【0127】 δ 肥粒體的含量較佳地需限制在3 %以下而不損害到其熱加工性。結構中的沃斯田體的含量可以是20 %或更多，麻田散體的含量可以是50 %或更

多。結構中的沃斯田體的含量可以是50 %或更少，而麻田散體的含量可以是80 %或更少。

【0128】 本發明的鋼絲中包含的應變引發的麻田散體的含量由下列的方程式(4)來估得，此方程式由“Study of the High Strength Stainless Steel wires for Springs”, Koizumi et al., Transactions of Japan Society of Spring Engineers No. 36, p25至p28, 1983, Japan Society of Spring Engineers所提供。

$$\text{【0129】 } \text{VFM (\%)} = \sigma_{S(\text{UK})} / \sigma_{S(\text{M})} \times 100 \quad (4)$$

【0130】 在方程式(4)中，“VFM”表示鋼絲中所包含的麻田散體的比例，“ $\sigma_{S(\text{UK})}$ ”表示鋼絲的飽和磁化量、而“ $\sigma_{S(\text{M})}$ ”表示包含100 %麻田散體的參考樣本的飽和磁化量。

【0131】 其中“ $\sigma_{S(\text{UK})}$ ”係根據下列方程式(5)計算而得。

$$\text{【0132】 } \sigma_{S(\text{UK})} = B_{S(\text{UK})} / 4\pi\rho \quad (5)$$

【0133】 在方程式(5)中，“ ρ ”為鋼絲的密度，而“ $B_{S(\text{UK})}$ ”表示鋼絲的飽和磁通量密度 B_s ，其可藉由電磁線圈以及直流磁化裝置(如橫河電子公司的3257型)施加 ± 1000 Oe的磁化力於鋼絲上以取得B-H曲線（磁通密度-磁化度曲線），基於B-H曲線去評估最大磁通量密度 B_m 並假設 B_m 為 B_s 。

【0134】 其中的“ $\sigma_{S(\text{M})}$ ”係根據下列方程式(6)，以前面提到的鋼絲的化學合成物計算而得。

$$\text{【0135】 } \sigma_{S(\text{M})} = 214.5 - 3.12 \times \{ \text{Cr}(\%) + (1/2) \times \text{Ni}(\%) \} \quad (6)$$

【0136】 由方程式(4)所得的VFM包含了具有bcc結構的 α' 麻田散體以及具有bcc結構的 δ 肥粒體，並且排除了具有hcp結構的 ϵ 麻田散體。雖然 ϵ 麻田散體的含量極小而可忽略，根據下列的評估方法， δ 肥粒體的含量也在VFM中忽略，以更準確地估計在本發明的鋼絲中所包含的應變引發的麻田散體的含量。

【0137】 δ 肥粒體的估算是線棒上執行的。在拉伸處理前的鋼材，也就是

線棒狀態，其金屬結構主要由沃斯田體以及 δ 肥粒體所建構的，而拉伸程序將一部份的沃斯田體轉化為應變引發的麻田散體，同時不會轉化 δ 肥粒體。也就是說，在拉伸前以及拉伸後的 δ 肥粒體含量實質上是相同的。此外，拉伸前的VFM實質上也與 δ 肥粒體的含量相同。因此拉伸前與拉伸後的VFM的差異即可視為拉伸後的應變所引發的麻田散體。

【0138】 若線棒中的 δ 肥粒體（也就是拉伸前的VFM）含量是未知的，而鋼材中的應變引發的麻田散體的含量無法據以估得，則可以藉由對鋼材進行退火處理，以將應變引發的麻田散體轉化為沃斯田體（例如將鋼材重製為線棒），並且測量退火後的鋼材中的 δ 肥粒體的含量，藉以估計拉伸前的 δ 肥粒體含量。

【0139】 沃斯田體的含量實質上等於應變引發的麻田散體以及 δ 肥粒體的剩餘含量。

【0140】 若鋼材預計用於具有極高的抗疲勞強度要求的場合，如柴油噴射系統中的壓縮彈簧，則較佳地要使用極純淨的鋼材。因此，鋼材可以再經過電渣冶煉法(Electro Slag Remelting method, ESR)、真空電弧冶煉法 (Vacuum Arc Remelting method, VAR)或兩種方法均使用以及/或類似的方法，以改善鋼材的純淨度。

【0141】 根據下列表格2中ASTM E45-97方法A針對鋼材非金屬含量的最高要求，可以使用ESR、真空電弧冶煉法 (Vacuum Arc Remelting method, VAR)或二者以及/或類似的方法以製造符合要求純淨度的鋼材。

【0142】 [表格2]

A	A	B	B	C	C	D	D
T	H	T	H	T	H	T	H
1.0	0	1.5	1.0	0	0	1.5	1.0

【0143】 此外，大小介於10至15 μm 的最大非金屬顆粒，在350 mm^2 內的檢測區域中的數量可以是 ≤ 10 ，而在該區域中大於15 μm 的非金屬顆粒的數量為零。在百算次疲勞測試（例如 10^7 次或更多的循環）中，非金屬含量是發生破壞的起點。因此，非金屬含量是影響抗疲勞強度的其中一個因素，而非金屬含量的數量可以由下列描述來限定。

【0144】 評估非金屬含量A的數量的方式如下：由線圈中平均取得一或多個樣本，檢視樣本由表面至1毫米深度的區域，內含物的大小由其寬度w來決定（參考第6圖，其為鋼絲沿著平行軸向方向B的剖面圖）。在350 mm^2 內每一個ESR加熱區都應該被檢視。其中具有10至15 μm 大小的內含物，以及具有大於15 μm 的內含物會根據該區域中具有最大內含物集中度的JK-scale來計數其數量。

【0145】 雖然本發明的鋼絲的用途並未做特別的限制，但本發明的鋼絲較佳地用在製成彈簧或醫用線材製品（例如，手術針頭）。本發明用來製作彈簧以及醫用線材製品一個實施例（參考第3圖）的方法包含：

【0146】 (S51) 對本發明的鋼絲進行打造以形成彈簧或醫用線材製品的形狀；以及

【0147】 (S54) 對該彈簧或該醫用線材製品進行析出硬化處理。

【0148】 本發明用來製作彈簧以及醫用線材製品的方法的其他實施例包含：

【0149】 根據本發明的方法製造一鋼絲（在第3圖中未描述出來）；

【0150】 (S51) 對本發明的鋼絲進行打造以形成彈簧或醫用線材製品的形狀；以及

【0151】 (S54) 對該彈簧或該醫用線材製品進行析出硬化處理。

【0152】 在本發明的方法用來製作彈簧的實施例中，如第4圖所示，其中的加工打造處理S51可以是：

【0153】 (S53) 捲線或成型；或

- 【0154】 (S52) 拉直與切割以及(S53) 捲線或成型該鋼絲。
- 【0155】 此外，在析出硬化S54之後，本方法可包含：
- 【0156】 (S55) 選擇性地進行端研磨；
- 【0157】 (S56) 選擇性地進行珠擊；以及
- 【0158】 (S57) 低溫退火；以及
- 【0159】 (S58) 選擇性的整定(setting)或加溫整定(hot setting)為彈簧成品。
- 【0160】 此處的打造處理S51通常指捲線或成型S53，但也有在捲線或成型S53鋼絲之前，選擇性地進行拉直與切割處理S52的作法。
- 【0161】 在本發明的方法用來製作手術針頭的實施例中，如第5圖所示，其中的加工打造處理S111可以是：
- 【0162】 (S112) 根據本發明對鋼絲進行拉直、切割與加工以製成手術針頭；
- 【0163】 (S113) 針尖處理；
- 【0164】 (S114) 開孔；
- 【0165】 (S115) 研磨；以及
- 【0166】 (S116) 折彎處理。
- 【0167】 此外，本方法另包含：
- 【0168】 (S117) 析出硬化；
- 【0169】 (S118) 化學拋光；以及
- 【0170】 (S119) 鍍膜。
- 【0171】 實施加工處理S111以及析出硬化S117的環境沒有特殊限制，可以使用典型的條件來進行。由於根據本發明所製成的鋼絲具有絕佳的析出硬化性，從這種鋼絲所製成醫用線材製品也具有絕佳的析出硬化機械特性。
- 【0172】 [實施例]

【0173】 [實施例1]

【0174】 以傳統方式對ESR鑄錠進行熔化、連續鑄造以及鍛造為合金後，接著進行再熔處理。此再熔後的鑄錠接著被滾壓為線徑8.5 mm的線棒。此再熔後的剛才具有下列以重量百分比來表示的組成：碳(C)：0.077、矽(Si)：0.39、錳(Mn)：1.19、鉻(Cr)：17.61、鎳(Ni)：8.81、鋁(Al)：1.03、鈦(Ti)：0.077、氮(N)：0.011、餘量的鐵以及雜質。鋼材中的鎳(Ni) + 鉻(Cr) + 鉬(Mo)的總量為26.42，而CWH為122.3。δ肥粒體的含量（體積百分比）少於2.5 %而其餘的鋼材結構則由沃斯田體所組成。

【0175】 在拉伸為線徑5.4 mm的線材之前，線棒會進行傳統的刨切以及熱處理。在液態氮中冷卻以及拉伸為線徑4.75 mm之前，此線材具有少於10 %的麻田散體，拉伸之後其中的麻田散體則增加至73 %。在拉伸時的線材具有1680 MPa的拉伸強度(R_m)，而在經過480°C一小時的熱處理之後，拉伸強度可增加至2270 MPa。鋼材在拉伸狀態下的彈性係數為185 GPa且在析出硬化後會增加5.4 %達195 GPa。

【0176】 接著以本發明的合金與傳統的17-7 PH型的商業用鋼材來作比較。對照的鋼材具有下列主要的成份（以重量百分比表示）：碳(C)：0.09、矽(Si)：0.70、錳(Mn)：1.0、鉻(Cr)：16 - 18、鎳(Ni)：6.5 -7.8、鋁(Al)：0.7 - 1.5、餘量的鐵與雜質。

【0177】 在線徑達到5.4 mm之前，對照的鋼材與本發明的鋼材承受一樣的處理流程，而拉伸到線徑4.75 mm的過程不經過低溫冷卻。正在拉伸的對照鋼材的拉伸強度(R_m)為1310 - 1550 MPa，並且在經過480°C一小時的析出硬化熱處理之後，拉伸強度可增加至1580 - 1800 MPa。對照鋼材在拉伸狀態下的彈性係數為189 GPa且在析出硬化後會增加4.8 %達198 GPa。

【0178】 [實施例2]

【0179】 與實施例1相同的方式製成具有線徑6.5 mm的線棒。此再熔的鋼材具有下列以重量百分比表示的組成：碳(C)：0.073、矽(Si)：0.39、錳(Mn)：1.18、鉻(Cr)：17.59、鎳(Ni)：8.80、鋁(Al)：1.05、鈦(Ti)：0.079、氮(N)：0.010 以及餘量的鐵與雜質。其中鎳(Ni) + 鉻(Cr) + 鉬(Mo)的總量為26.39而CWH為122.1。 δ 肥粒體的含量（體積百分比）少於2.5 %而其餘的鋼材結構則由沃斯田體所組成。

【0180】 在拉伸為線徑4.1 mm的線材之前，線棒會進行傳統的刨切以及熱處理。在液態氮中冷卻以及拉伸為線徑3.60 mm之前，此線材具有少於10 %的麻田散體，拉伸之後其中的麻田散體則增加至71 %。在拉伸時的線材具有1760 MPa的拉伸強度(R_m)，而在經過480°C一小時的析出硬化熱處理之後，拉伸強度可增加至2270 MPa。鋼材在拉伸狀態下的彈性係數為184 GPa且在析出硬化後會增加6.5 %達196 GPa。

【0181】 接著以本發明的合金與傳統的17-7 PH型的商業用鋼材來作比較。在線徑達到4.10 mm之前，對照的鋼材與本發明的鋼材承受一樣的處理流程，而拉伸到線徑3.60 mm的過程不經過低溫冷卻。正在拉伸的對照鋼材的拉伸強度(R_m)為1550 - 1650 MPa，並且在經過480°C一小時的析出硬化熱處理之後，拉伸強度可增加至1620 - 1920 MPa。對照鋼材的彈性係數僅會增加4.3 - 4.8 %。

【0182】 實施例1與實施例2顯示了本發明的鋼材在低溫拉伸處理後，具有更強的機械特性，且相較於傳統對照的鋼材，在析出硬化後的拉伸強度(R_m)具有更顯著的提升。

【0183】 [實施例3]

【0184】 本實施例的鋼絲以線徑6.5 mm的線棒以與實施例1相同的方式製造而成，且與實施例1具有相同的化學組成，對線棒進行輕量拉伸以及刨切以將其線徑由6.5 mm拉伸減至5.8 mm，對線棒作光澤退火(bright annealing)並中段

拉伸以將其線徑由5.8 mm減至5.4 mm而得中段拉伸後的線材，對中段拉伸後的線材進行光澤退火，於中段拉伸後的線材電鍍上鎳(Ni)（為了增加彈簧的成型性），對中段拉伸後的線材進行預拉伸以將其線徑由5.4 mm減至4.0 mm而得預拉伸的線材，對預拉伸的線材進行深冷冷卻處理，以及對預拉伸的線材進行終拉伸處理以將其線徑由4.0 mm減至3.5 mm。

【0185】 接著以本發明實施例3的鋼材與傳統的17-7 PH型的商業用鋼材來作比較。對照的商業用鋼材的化學組成與實施例1中的17-7 PH型鋼材相同。由線徑6.4 mm的線棒加工製造對照的商業用鋼絲，對線棒作光澤退火(bright annealing)並中段拉伸以將其線徑由6.4 mm減至5.4 mm而得中段拉伸後的線材，對中段拉伸後的線材進行光澤退火，於中段拉伸後的線材電鍍上鎳(Ni)（為了增加彈簧的成型性），對中段拉伸後的線材進行終拉伸以將其線徑由5.4 mm減至3.5 mm。在實施例3中用來製造本發明實施例3的鋼絲與現有對照的商業用鋼絲的線棒分別與上述實施例中所描述的相同。

【0186】 結果揭露在下列的表格3中。根據JSME Code S 002標準統計疲勞測試方法所揭露，以其中的14S-N測試法來對鋼材進行測試評估。其中的“50%的破壞機率”表示在以Nakamura型設備進行 10^7 次轉動彎曲疲勞試驗(Rotating Bending Fatigue Test)期間，50%的樣本會發生斷裂的抗疲勞強度，而“10%的破壞機率”表示在以Nakamura型設備進行 10^7 次轉動彎曲疲勞試驗期間，10%的樣本會發生斷裂的抗疲勞強度。

【0187】 [表格3]

	50%的破壞機率	10%的破壞機率
本發明的鋼絲	843MPa	794MPa
現存的商業鋼絲(17-7 PH)	837MPa	787MPa

【0188】 如表格3所示，相較於傳統的17-7 PH鋼絲，本發明的鋼絲具有極佳的抗疲勞特性。

【0189】 上述實施例3中所描述的本發明的鋼絲以及對照的現存商業的17-7 PH型鋼絲，其抗腐蝕性係根據JIS G 0577 “Methods of pitting potential measurement for stainless steels”所描述的方法來評估，其結果如下列表格4所示。

【0190】 [表格4]

(點蝕電位量測測試結果V _{c200} , n=3)		
	量測值(V)的範圍	平均值(V)
本發明的鋼絲	0.181至0.233	0.214
現存的商業鋼絲(17-7 PH)	0.175至0.235	0.211

【0191】 如表格4所示，本發明的鋼絲的抗腐蝕性表現與現存的商業鋼絲類似。在實施例1至3中，本發明的鋼絲具有強化的機械特性同時保持與與現存的商業鋼絲相仿的抗腐蝕性。

【0192】 [實施例4]

【0193】 製作本發明的鋼絲的方法可不包含深冷冷卻處理，由不包含深冷冷卻處理的方法所製成的鋼絲實施例描述如下。

【0194】 [實施例4-1]

【0195】 本實施例的鋼絲4-1以線徑6.5 mm的線棒以與實施例1相同的方式製造而成，且與實施例1具有相同的化學組成，對線棒進行一階中段拉伸以將其線徑由6.5 mm拉伸減至4.8 mm而得一階中段拉伸後的線材，對一階中段拉伸後的線材作光澤退火(bright annealing)，對一階中段拉伸後的線材進行二階中段拉伸以將其線徑由4.8 mm減至2.4 mm而得二階中段拉伸後的線材，對二

階段中段拉伸後的線材進行三階段中段拉伸以將其線徑由2.4 mm減至1.20 mm而得三階段中段拉伸後的線材，對三階段中段拉伸後的線材進行光澤退火，以及對三階段中段拉伸後的線材進行終拉伸處理以將其線徑由1.20 mm減至0.34 mm。

【0196】 [表格5]

實施例4-1的鋼絲的機械特性與VFM			
	光澤退火後的第三 階段中段拉伸鋼材 (φ 1.20 mm)	終拉伸後的 鋼絲 (φ 0.34 mm)	480°C一小時的 析出硬化熱處 理後的鋼材
拉伸強度(MPa)	747	2230	2587
伸長度(%)	51.2	1.6	1.4
截面積減少率(%)	83.0	49.9	49.9
軸向彈性係數(GPa)	175	176	196
VFM(%)	0.3	66.7	-

【0197】 “光澤退火後的第三階段中段拉伸鋼材(φ 1.20 mm)”的VFM實質上與δ肥粒體的含量相同，而”終拉伸後的鋼絲(φ 0.34 mm)”的VFM包含δ肥粒體的數量以及應變引發的麻田散體的數量。據此，”終拉伸後的鋼絲(φ 0.34 mm)”中的應變引發的麻田散體的含量假設為66.4%。

【0198】 [實施例4-2]

【0199】 本實施例的鋼絲4-2以線徑6.5 mm的線棒以與實施例1相同的方式製造而成，且與實施例1具有相同的化學組成，對線棒進行一階段中段拉伸以將其線徑由6.5 mm拉伸減至4.8 mm而得一階段中段拉伸後的線材，對一階段中段拉伸後的線材作光澤退火(bright annealing)，對一階段中段拉伸後的線材進行二階段中段拉伸以將其線徑由4.8 mm減至2.6 mm而得二階段中段拉伸後的線材，對二

階段中段拉伸後的線材作光澤退火(bright annealing)，對二階段中段拉伸後的線材進行三階段中段拉伸以將其線徑由2.6 mm減至1.4 mm而得三階段中段拉伸後的線材，對三階段中段拉伸後的線材進行光澤退火，以及對三階段中段拉伸後的線材進行終拉伸處理以將其線徑由1.4 mm減至0.34 mm。

【0200】 [表格6]

實施例4-2的鋼絲的機械特性與VFM			
	光澤退火後的第三 階段中段拉伸鋼材 (φ 1.40 mm)	終拉伸後的 鋼絲 (φ 0.34 mm)	480°C一小時的 析出硬化熱處 理後的鋼材
拉伸強度(MPa)	713	2340	2759
伸長度(%)	51.0	2.1	1.2
截面積減少率(%)	86.3	51.3	48.2
軸向彈性係數(GPa)	179	168	197
VFM(%)	0.2	74.7	-

【0201】 “光澤退火後的第三階段中段拉伸鋼材(φ 1.40 mm)”的VFM實質上與δ肥粒體的含量相同，而”終拉伸後的鋼絲(φ 0.34 mm)”的VFM包含δ肥粒體的數量以及應變引發的麻田散體的數量。據此，”終拉伸後的鋼絲(φ 0.34 mm)”中的應變引發的麻田散體的含量假設為74.5%。

【0202】 如表格5以及表格6所示，在室溫下進行拉伸處理，本發明的製造方法可達到92至94%的加工率，在不需要進行深冷冷卻處理下可以形成67至75%的應變引發的麻田散體。實施例4-1以及4-2中的應變引發的麻田散體的含量與線徑3.5 mm、由深冷冷卻以及拉伸而得的鋼材相同。此外，本發明實施例4-1以及4-2的拉伸強度可進一步透過析出硬化來強化。因此，本發明不使用

深冷冷卻的製造鋼絲的方法可以提供上述具創新性的鋼絲，其具有強化的機械特性以及適合於製成彈簧或醫療線材製品。

【0203】 [產業利用性]

【0204】 本發明的鋼材可用於需要高機械特性的零組件上，尤其是在柴油噴射幫浦中所用到的壓縮彈簧或是醫療線材製品如手術縫合針具、手術柳葉刀、牙科用具等。

以上所述僅為本發明之較佳實施例，凡依本發明申請專利範圍所做之均等變化與修飾，皆應屬本發明之涵蓋範圍。

【符號說明】

【0205】

- S1 熔化
- S2 ESR、VAR、EBR 以及/或PAR (再熔)
- S3 熱加工
- S4 輕量拉伸及刨切
- S5 退火
- S6 中段拉伸
- S7 退火
- S8 預拉伸
- S9 深冷冷卻
- S10 終拉伸
- s1 熔化
- s2 ESR、VAR、EBR以及/或PAR (再熔)
- s3 熱加工
- s4 輕量拉伸及刨切

s5	退火
s6	中段拉伸
s7	退火
s8	終拉伸
S51	加工
S52	拉直與切割
S53	捲線或成型
S54	析出硬化
S55	端研磨
S56	珠擊
S57	低溫退火
S58	整定或加溫整定
S111	加工
S112	拉直與切割
S113	針尖處理
S114	開孔
S115	研磨
S116	折彎處理
S117	析出硬化
S118	化學拋光
S119	鍍膜
A	內含物
B	軸向方向



201945558

【發明摘要】

【中文發明名稱】鋼絲、製作鋼絲的方法以及製作彈簧或醫用線材製品的方法

【英文發明名稱】A STEEL WIRE, A METHOD FOR MANUFACTURING THE SAME, AND METHOD FOR MANUFACTURING A SPRING OR MEDICAL WIRE PRODUCTS

【中文】

本發明包含了一種適合用來製作彈簧或醫用線材的鋼絲，可顯著地改善傳統不鏽鋼鋼絲的品質表現。製造鋼絲的鋼材包含了下列以重量百分比表示的元素：碳：0.02至0.15，矽：0.1至0.9，錳：0.8至1.6，鉻：16至20，鎳：7.5至10.5，鉬： ≤ 3 ，鋁：0.5至2.5，鈦： ≤ 0.15 ，氮： ≤ 0.05 、選擇性的元素、以及雜質與餘量的鐵。其中鉻與鎳的重量占總重的百分之25至27，鋼絲具有以體積百分比表示的下列微結構：麻田散體40至90、沃斯田體10至60以及 δ 肥粒體 ≤ 5 。

【英文】

The invention relates to a steel wire suitable for making a spring or medical wire products which remarkably improve the performance of conventional stainless steel wire. The steel comprises (in wt. %): C: 0.02 to 0.15, Si: 0.1 to 0.9, Mn: 0.8 to 1.6, Cr: 16 to 20, Ni: 7.5 to 10.5, Mo: ≤ 3 , Al: 0.5 to 2.5, Ti: ≤ 0.15 , N: ≤ 0.05 , optional elements, and impurities, balance Fe, wherein the total amount of Cr and Ni is 25 to 27 wt. %, and wherein the steel has a microstructure including, in volume % (vol. %), martensite: 40 to 90, austenite: 10 to 60, and delta ferrite: ≤ 5 .

【指定代表圖】第（ 1 ）圖。

【代表圖之符號簡單說明】

S1	熔化
S2	ESR、VAR、EBR 以及/或PAR (再熔)
S3	熱加工
S4	輕量拉伸及刨切
S5	退火
S6	中段拉伸
S7	退火
S8	預拉伸
S9	深冷冷卻
S10	終拉伸

【特徵化學式】

無

【發明申請專利範圍】

【第1項】 一種適於製造彈簧或醫療線材的鋼絲，由下列以重量百分比表示的元素構成：

碳(C) 0.02至0.15、

矽(Si) 0.1至0.9、

錳(Mn) 0.8至1.6、

鉻(Cr) 16至20、

鎳(Ni) 7.5至10.5、

鉬(Mo) ≤ 3 、

鎢(W) ≤ 0.5 、

鈷(Co) ≤ 1 、

鋁(Al) 0.5至2.5、

鈦(Ti) ≤ 0.15 、

釩(V) ≤ 0.1 、

鈮(Nb) ≤ 0.1 、

鋯(Zr) ≤ 0.1 、

鉭(Ta) ≤ 0.1 、

鈪(Hf) ≤ 0.1 、

釔(Y) ≤ 0.1 、

氮(N) ≤ 0.05 、

硼(B) ≤ 0.01 、

銅(Cu) ≤ 2.5 、

硫(S) ≤ 0.05 、

磷(P) ≤ 0.05 、

鈣(Ca) ≤ 0.01 、

鎂(Mg) ≤ 0.01 、

稀土元素(REM) ≤ 0.2 、以及

餘量附帶雜質的鐵(Fe)；

其中鉻(Cr)以及鎳(Ni)合計的重量以重量百分比表示為25至27；

其中該鋼絲具有以體積百分比表示的下述微結構：

麻田散體 40至90；

沃斯田體 10至60；以及

δ 肥粒體 ≤ 5 。

【第2項】 如請求項1所述的鋼絲，其中該鋼絲滿足至少下列條件之一：

碳(C) 0.04至0.08、

矽(Si) 0.2至0.8、

錳(Mn) 0.9至1.5、

鉻(Cr) 17.2至18.5、

鎳(Ni) 8.2至9.5、

鉬(Mo) ≤ 2 、

鎢(W) ≤ 0.1 、

鈷(Co) ≤ 0.3 、

鋁(Al) 0.95至1.35、

鈦(Ti) 0.03至0.12、

釩(V) ≤ 0.1 、

鈮(Nb) ≤ 0.05 、

鋯(Zr) ≤ 0.05 、

鉭(Ta) ≤ 0.05 、

鈪(Hf) ≤ 0.05 、

釔(Y) ≤ 0.05 、

氮(N) ≤ 0.018 、

硼(B) ≤ 0.005 、

銅(Cu) ≤ 0.3 、以及

硫(S) ≤ 0.005 ；

選擇性地，其中該鋼絲具有以體積百分比表示的下述微結構：

麻田散體 50至80；

沃斯田體 20至50；以及

δ 肥粒體 ≤ 3 ；以及

選擇性地，該鋼絲滿足下列一或二個條件：

M_{d30} ($^{\circ}\text{C}$) = -40至10；以及

$CWH = 113$ 至 133 ；

其中 M_{d30} 以及 CWH 由下列公式計算而得：

$$M_{d30} (^{\circ}\text{C}) = 551 - 462 \times (C+N) - 9.2 \times \text{Si} - 8.1 \times \text{Mn} - 13.7 \times \text{Cr} - 29 \times (\text{Ni} + \text{Cu})$$

$$-18.5 \times \text{Mo} - 68 \times \text{Nb} - 1.42 \times (\text{ASTM Grain Size} - 8.0)；$$

$$CWH = 392 - 7.3 \times \text{Cr} - 17.2 \times \text{Ni} + 135 \times \text{C}。$$

【第3項】 如請求項1或2所述的鋼絲，其中該鋼絲滿足至少下列條件之一：

碳(C) 0.06至0.08、

矽(Si) 0.25至0.75、

錳(Mn) 0.9至1.5、

鉻(Cr) 17.4至18.2、

鎳(Ni) 8.5至9.1、

鉬(Mo) ≤ 2 、

鎢(W) ≤ 0.1 、

鋁(Al) 1.00至1.30、

鈦(Ti) 0.05至0.10、

氮(N) 0.004至0.017、

銅(Cu) ≤ 0.3 、以及

硫(S) ≤ 0.003 ；

選擇性地，其中該鋼絲具有以體積百分比表示的下述微結構：

麻田散體 50至80；以及

沃斯田體 20至50；以及

選擇性地，該鋼絲滿足下列一或二個條件：

$M_{d30} (^{\circ}C) = -20$ 至0；以及

$CWH = 118$ 至130。

【第4項】 如請求項3所述的鋼絲，其中該鋼絲滿足至少下列條件之一：

碳(C) 0.06至0.08、

矽(Si) 0.25至0.75、

錳(Mn) 0.9至1.5、

鉻(Cr) 17.4至18.2、

鎳(Ni) 8.5至9.1、

鉬(Mo) ≤ 1 、

鎢(W) ≤ 0.1 、

鋁(Al) 1.00至1.30、

鈦(Ti) 0.05至0.10、

銅(Cu) ≤ 0.3、以及

硫(S) ≤ 0.003；

選擇性地，其中該鋼絲具有以體積百分比表示的下述微結構：

麻田散體 50至80；以及

沃斯田體 20至50；以及

選擇性地，該鋼絲滿足下列一或二個條件：

$M_{d30} (^{\circ}C) = -12$ 至 -2 ；以及

$CWH = 120$ 至 126 。

【第5項】 如請求項1或2所述的鋼絲，其中該鋼絲的純淨度滿足下列根據ASTM E45-97鋼中非金屬夾雜物含量測定方法A中對於非金屬含量的最高要求：

[表格7]

A	A	B	B	C	C	D	D
T	H	T	H	T	H	T	H
1.0	0	1.5	1.0	0	0	1.5	1.0

選擇性地，其中大小介於10至15 μm的最大非金屬顆粒，在350 mm²內的檢測區域中的數量 ≤ 10；以及

選擇性地，其中在該區域中大於15μm的非金屬顆粒的數量為零。

【第6項】 如前述請求項1或2所述的鋼絲，其中鉻(Cr)、鎳(Ni)以及鉬(Mo)合計的重量以重量百分比表示為25至27。

【第7項】 如請求項6所述的鋼絲，其中該鋼絲滿足下列條件：

碳(C) 0.02至0.09、

矽(Si) 0.1至0.9、

錳(Mn) 0.8至1.6、

鉻(Cr) 17至19、

鎳(Ni) 8至10、

鉬(Mo) ≤ 1 、

鎢(W) ≤ 0.5 、

鈷(Co) ≤ 1 、

鋁(Al) 0.9至1.4、

鈦(Ti) ≤ 0.15 、

釩(V) ≤ 0.1 、

鈮(Nb) ≤ 0.1 、

鋯(Zr) ≤ 0.1 、

鉭(Ta) ≤ 0.1 、

鈪(Hf) ≤ 0.1 、

釔(Y) ≤ 0.1 、

氮(N) ≤ 0.02 、

硼(B) ≤ 0.01 、

銅(Cu) ≤ 2.5 、

硫(S) ≤ 0.05 、

磷(P) ≤ 0.05 、

鈣(Ca) ≤ 0.01 、

鎂(Mg) ≤ 0.01 、

稀土元素(REM) ≤ 0.2 、以及
餘量附帶雜質的鐵(Fe)。

【第8項】 一種製造請求項1至7任一項所述的鋼絲的方法，包含：

熔化具有上述合成物的一素材以獲得一鑄錠或一坯料；

選擇性地，對該鑄錠或該坯料進行下列一或多種處理：電渣冶煉法、真空電
弧冶煉法、電子束冶煉法以及電漿電弧冶煉法；

對該鑄錠或該坯料進行熱加工以獲得一線棒；

選擇性地，對該線棒進行刨切；

選擇性地，對刨切過的該線棒進行退火處理；

對該線棒進行中段拉伸以獲得中段拉伸後具有中段線徑的線材；

對中段拉伸後的該線材進行退火處理；

對中段拉伸後的該線材進行預拉伸以獲得預拉伸後具有預線徑的線材；

對預拉伸後的該線材進行深冷冷卻；以及

對預拉伸後的該線材進行終拉伸以獲得具有終線徑的該鋼絲。

【第9項】 如請求項8所述的製造鋼絲的方法，其中對中段拉伸後的該線材進行
預拉伸的加工率為30至60%。

【第10項】 如請求項8或9所述的製造鋼絲的方法，其中預拉伸的該線材在準備
進入終拉伸前的表面溫度為-130至-196°C；以及
其中預拉伸後的該線材進行終拉伸的加工率為10至30%。

【第11項】 一種製造請求項1至7任一項所述的鋼絲的方法，包含：

第 7 頁，共 8 頁(發明申請專利範圍)

熔化具有上述合成物的一素材以獲得一鑄錠或一坯料；

選擇性地，對該鑄錠或該坯料進行下列一或多種處理：電渣冶煉法、真空電

弧冶煉法、電子束冶煉法以及電漿電弧冶煉法；

對該鑄錠或該坯料進行熱加工以獲得一線棒；

選擇性地，對該線棒進行刨切；

選擇性地，對刨切過的該線棒進行退火處理；

選擇性地，對該線棒進行一或多次中段拉伸以獲得中段拉伸後具有中段線徑的線材；

選擇性地，對中段拉伸後的該線材進行一或多次退火處理；以及

對該線棒、刨切過的該線棒或中段拉伸後的該線材進行終拉伸以獲得具有終線徑的該鋼絲。

【第12項】如請求項11所述的製造鋼絲的方法，其中於終拉伸中的加工率為70至96%。

【第13項】一種製造彈簧或醫用線材製品的方法，包含：

對請求項1至7中任一項的鋼絲進行打造以形成彈簧或醫用線材製品的形狀；以及

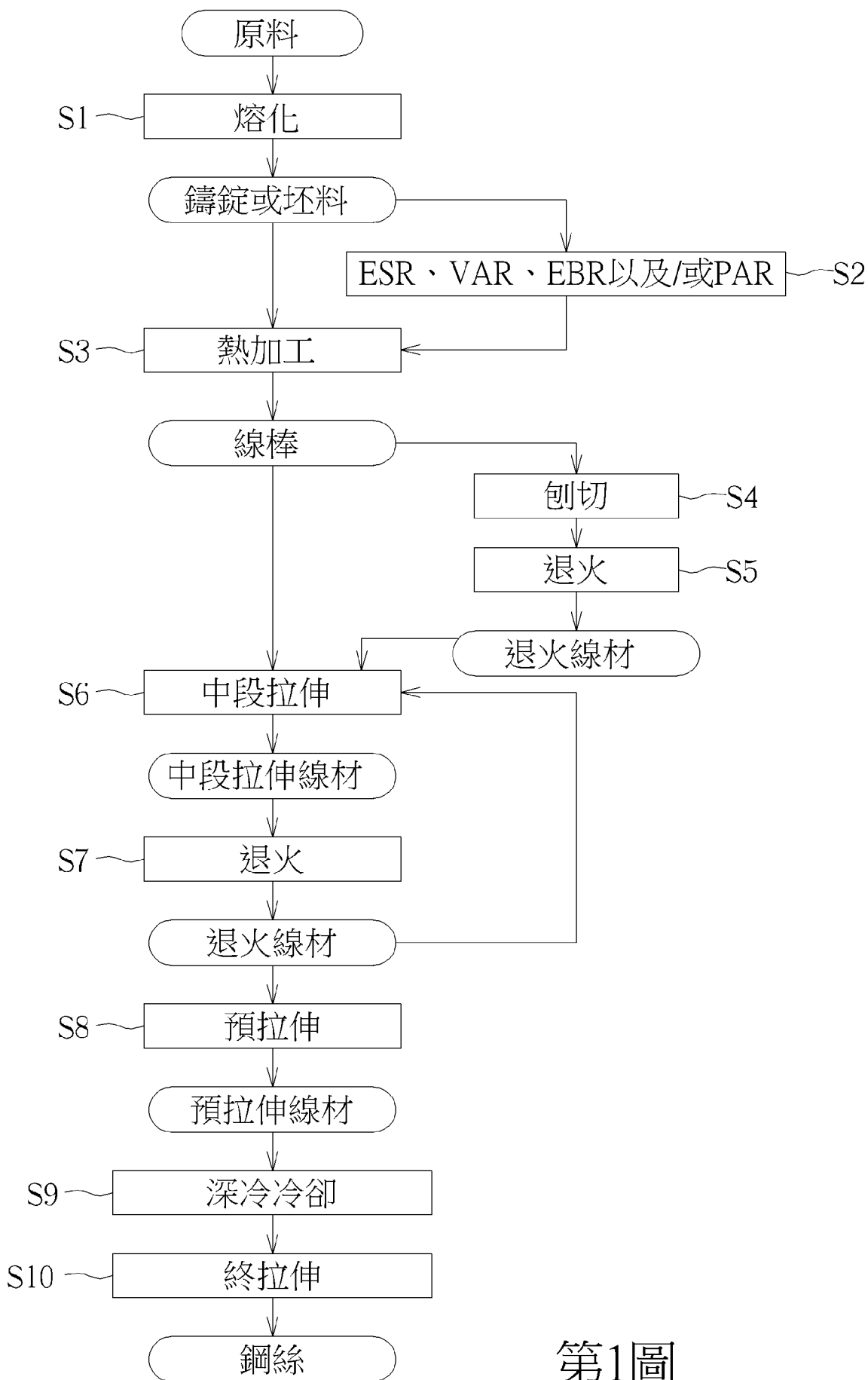
對該彈簧或該醫用線材製品進行析出硬化處理。

【第14項】一種製造彈簧或醫用線材製品的方法，包含：

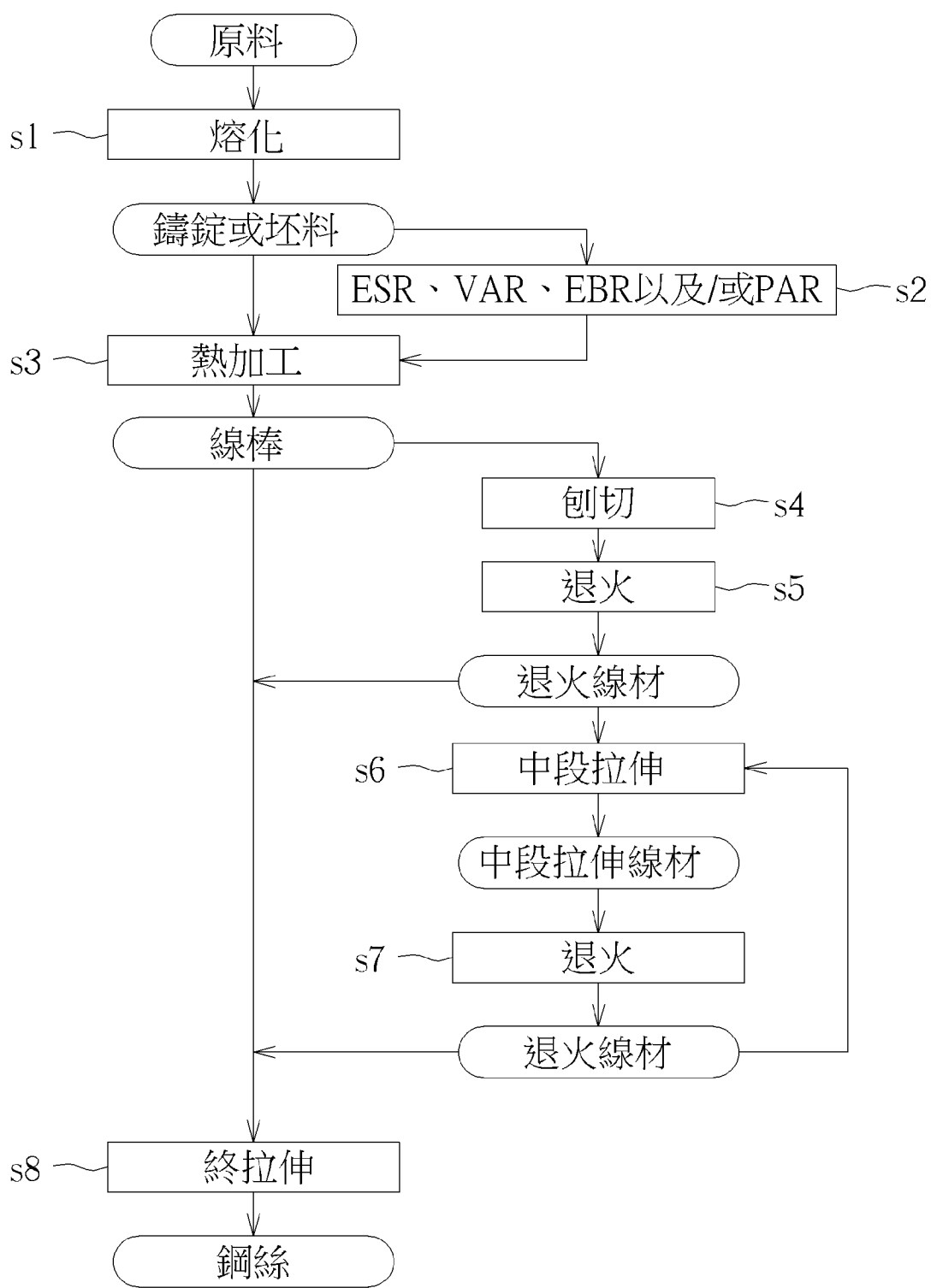
根據請求項8至12任一項所述的方法製造一鋼絲、打造該鋼絲以形成彈簧或醫用線材製品的形狀；以及

對該彈簧或該醫用線材製品進行析出硬化處理。

【發明圖式】

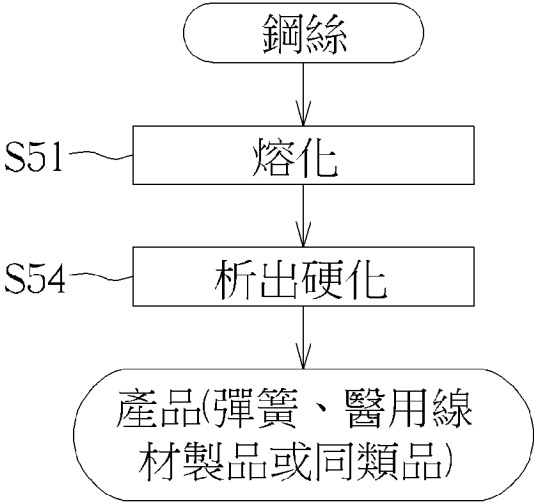


第1圖

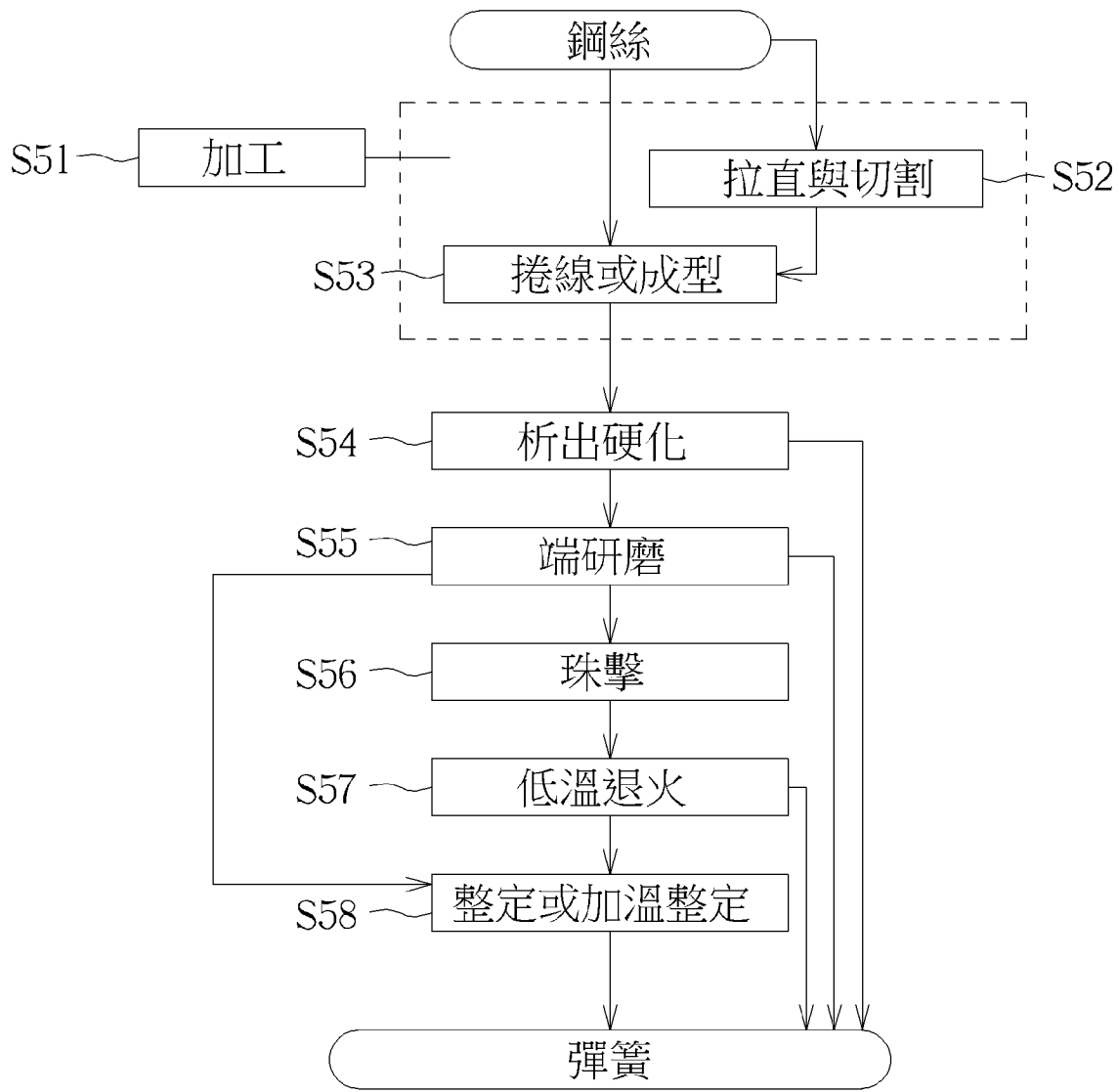


第2圖

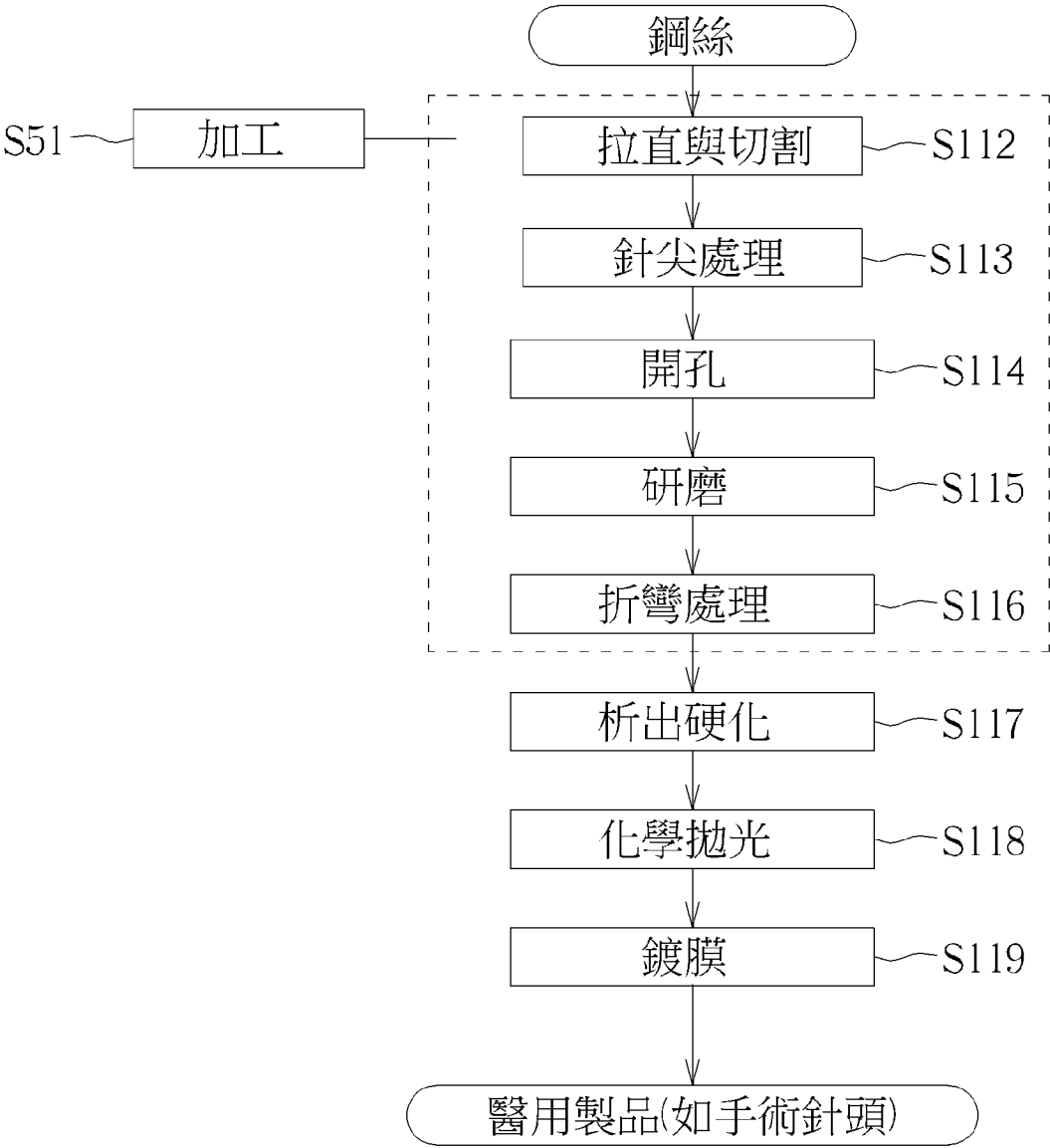
第 2 頁，共 6 頁(發明圖式)



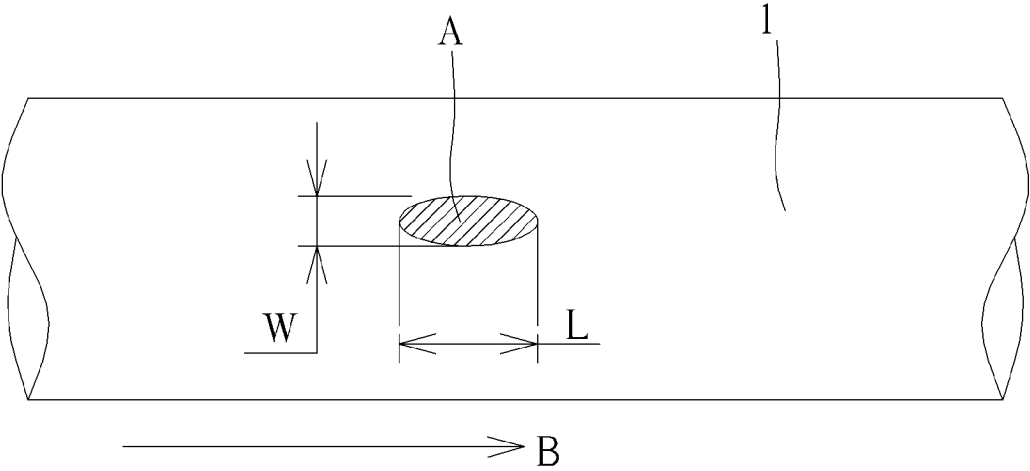
第3圖



第4圖



第5圖



第6圖