



(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 I609975 B

(45)公告日：中華民國 107 (2018) 年 01 月 01 日

(21)申請案號：105102524

(22)申請日：中華民國 105 (2016) 年 01 月 27 日

(51)Int. Cl. : C22C38/02 (2006.01)

C22C38/04 (2006.01)

C22C38/00 (2006.01)

B21F17/00 (2006.01)

(30)優先權：2015/01/27 日本

2015-013385

2015/02/19 日本

2015-030891

(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：小此木真 OKONOGI, MAKOTO (JP)；平上大輔 HIRAKAMI, DAISUKE (JP)；多田達誠 TADA, TATSUSEI (JP)

(74)代理人：惲軼群；劉法正

(56)參考文獻：

CN 103080353A

CN 103906853A

審查人員：李嘉修

申請專利範圍項數：16 項 圖式數：3 共 74 頁

(54)名稱

非調質機械零件用線材、非調質機械零件用鋼線及非調質機械零件

A WIRE ROD FOR NON-HEAT TREATED MECHANICAL PARTS, A STEEL WIRE FOR NON-HEAT TREATED MECHANICAL PARTS, AND A NON-HEAT TREATED MECHANICAL PART

(57)摘要

本發明的非調質機械零件用鋼線，其化學成分以質量%含有預定量的 C、Si、Mn、Cr、Mo、Ti、Al、B、Nb、V，並限制 P、S、N、O，且剩餘部分為 Fe 及雜質；令以質量%計前述 C 的含量為[C%]時，組織含有以體積%計 $75 \times [C\%] + 25$ 以上的變韌鐵，且剩餘部分為肥粒鐵及波來鐵的一種以上；前述鋼線的第 2 表層部中前述變韌鐵塊的平均縱橫比設為 R1 時，前述 R1 為 1.2 以上；前述鋼線的第 3 表層部中前述變韌鐵塊的平均粒徑設為 $P_{S3}\mu\text{m}$ 、前述鋼線的第 3 中心部中前述變韌鐵塊的平均粒徑設為 $P_{C3}\mu\text{m}$ 時，前述 P_{S3} 滿足下述式(c)，且前述 P_{S3} 與前述 P_{C3} 滿足下述式(d)；前述組織中前述變韌鐵塊之粒徑的標準偏差為 $8.0\mu\text{m}$ 以下；抗拉強度為 $800\text{MPa} \sim 1600\text{MPa}$ ； $P_{S3} \leq 20/R1 \cdots (c)$

$$P_{S3}/P_{C3} \leq 0.95 \cdots (d)。$$

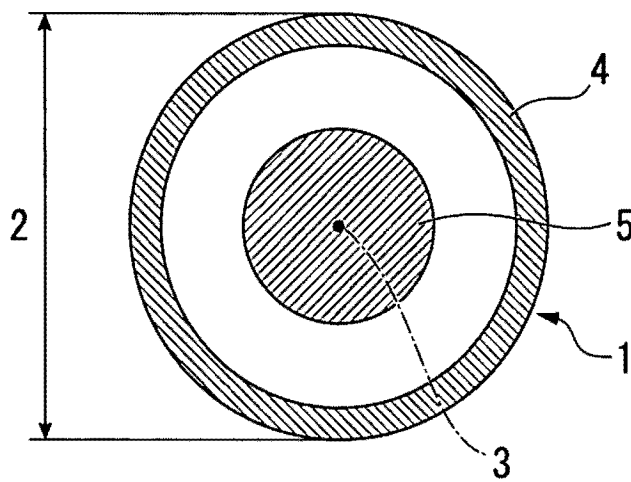
A steel wire for non-heat treated mechanical parts includes required amounts of C, Si, Mn, Cr, Mo, Ti, Al, B, Nb, and V, limited amount of P, S, N, and O, and a remainder of Fe and impurities. When the amount of C by mass% is set to [C%], a metal structure includes $75 \times [C\%] + 25$ or more of bainite by volume% and the remainder of the structure consists of one or more of ferrite and perlite. When an average aspect ratio of a bainite block in a second surface layer of the steel wire is set to R1, the R1 is 1.2 or more. When an average size of the bainite block in a third surface layer of the steel wire is set to $P_{S3} \mu\text{m}$ and an average size of the bainite block in a third center area of the steel wire is set to $P_{C3} \mu\text{m}$, the P_{S3} satisfies the following equation

(c) and the relationship between the P_{S3} and the P_{C3} satisfies the following equation (d). The standard deviation of the size of the bainite block in the structure is 8.0 μm or less, and the tensile strength is 800 MPa to 1600 MPa.

$$P_{S3} \leq 20/R1 \quad (c)$$

$$P_{S3}/P_{C3} \leq 0.95 \quad (d)$$

指定代表圖：



符號簡單說明：

1 . . . 線材之與其長度方向垂直的截面

2 . . . 線材的直徑
 D_1

3 . . . 截面的中心

4 . . . 第 1 表層部

5 . . . 第 1 中心部

圖 1

發明專利說明書

(本說明書格式、順序，請勿任意更動)

【發明名稱】(中文/英文)

非調質機械零件用線材、非調質機械零件用鋼線及非調質機械零件/

A WIRE ROD FOR NON-HEAT TREATED MECHANICAL PARTS, A STEEL WIRE FOR NON-HEAT TREATED MECHANICAL PARTS, AND A NON-HEAT TREATED MECHANICAL PART

【技術領域】

技術領域

[0001]本發明是有關於一種抗拉強度為800MPa~1600MPa的非調質機械零件，其係被使用於螺栓、扭力桿、穩定器等具有軸形狀的汽車零件或各種產業機械。

本發明是有關於該非調質機械零件、用以製造其之鋼線、及用以製造該鋼線的線材。

又，作為本發明對象的非調質機械零件，尚包含汽車用或建築用的螺栓等。

在此之後，時而將非調質機械零件用線材僅稱為線材、將非調質機械零件用鋼線僅稱為鋼線、及將非調質機械零件僅稱為機械零件。

本申請案係依據2015年1月27日在日本提出申請之特願2015-013385號及依據2015年2月19日在日本提出申請之特願2015-030891號主張優先權，並在此沿用其內容。

【先前技術】

背景技術

[0002]汽車、各種產業機械的零件爲了實現輕量化、小型化之目的，使用具有800MPa以上的抗拉強度之高強度機械零件。

[0003]惟，隨著機械零件的高強度化，氫脆化現象也變得顯著。

所謂的氫脆化現象，是受到氫侵入線材或鋼線的影響，而機械零件會在較原先預期應力還小的應力下就損壞之現象。

此種氫脆化現象會以各種形態而顯現。

例如，使用於汽車及建築物等的螺栓中，所發生延遲破壞之情況。

在此，所謂的延遲破壞，就螺栓等情況而言，乃自擰緊後過一段時間之後，於螺栓突然產生破壞之現象。

[0004]於是，如專利文獻1~7所揭露，爲了提升高強度機械零件的耐氫脆化特性，進行了各項研討。

高強度機械零件的製造，係使用將Mn、Cr、Mo或B等的合金元素添加於機械結構用碳鋼的合金鋼、特殊鋼之鋼材。

具體而言，首先對該合金鋼的鋼材進行熱軋軋，之後施行球狀化退火以使之軟質化。接著，對已軟質化的鋼材以冷鍛造、滾軋而成形至預定形狀。然後，於成形後，施行淬火回火處理，以賦予抗拉強度。

另外，關於作為高強度機械零件其中一種態樣的螺栓，就提升耐延遲破壞特性的其中之一種技術而言，目前已知如使用業經伸線加工的波來鐵之技術。

[0005] 然而，這些鋼材因合金元素含量較多，致使鋼材價格增高。

此外，由於需要施行在成形至零件形狀之前的軟質化退火、成形後的淬火回火處理，因而會提高製造成本。

[0006] 面對此種課題，目前已知有省略軟質化退火、淬火回火處理，並藉由急速冷卻、析出強化等方式以提高抗拉強度之線材。

又，目前已知有對這些線材施行伸線加工，以賦予預定抗拉強度之技術。

而且，該技術乃應用於螺栓等，使用該技術所製造之螺栓被稱為非調質螺栓。

[0007] 專利文獻8中揭露了一種由變韌鐵組織所構成之非調質螺栓的製造方法，係對於以質量%計含有C：0.03%~0.20%，Si：0.10%以下，Mn：0.70%~2.5%，V、Nb、Ti中之一種或兩種以上且合計：0.05%~0.30%，B：0.0005%~0.0050%之鋼，於線材軋軋後以5℃/s以上的冷卻速度進行冷卻。

[0008] 又，專利文獻9中揭露了一種高強度螺栓的製造方法，係對含有C：0.05%~0.20%、Si：0.01%~1.0%、Mn：1.0%~2.0%、S：0.015%以下、Al：0.01%~0.05%、V：0.05%~0.3%之鋼，於900℃~1150℃之溫度施行加熱後熱軋

軋，且精軋軋後自800℃起至500℃為止的溫度範圍以2℃/s以上的平均冷卻速度進行冷卻，以設為肥粒鐵+變韌鐵組織後，在550℃~700℃的溫度範圍施行退火。

[0009]在這些製造方法中，因為必須嚴格控制冷卻速度、冷卻結束溫度，致使製造方法變得複雜。

又，會組織變得不均勻、冷鍛造性劣化之情況。

[0010]專利文獻10中揭露一種冷鍛造用鋼，其係以質量%計含有0.4%~1.0%的C，且成分組成滿足特定的條件式，組織則由波來鐵或退化波來鐵(degenerate perlite)所構成。

然而，此鋼因為含有層狀之粗大雪明碳鐵，相較以往使用在螺栓等機械零件之機械結構用碳鋼、機械結構用合金鋼，其冷鍛造性差。

[0011]如上述地，以現有技術所得之非調質線材中，並無法以低價的製造方法而獲得具有良好冷鍛造性的機械零件。

而且，在現有技術中，亦無法獲得用以製造此機械零件之鋼線及線材。

[0012]又，這些現有技術中，由於組織不含變韌鐵而以波來鐵或退化波來鐵作為主體，因為增加鋼線的抗拉強度，使得於冷加工時變形阻力變高，導致模具的負荷增大，或者，即使含有變韌鐵之組織，變韌鐵塊的粒徑或標準偏差較大，導致延性降低，且容易產生加工裂紋，而使冷加工性明顯下降。

因此，在抗拉強度為800MPa以上，特別是1200MPa以

上的非調質高強度機械零件中，獲得良好耐氫脆化特性係一件困難的事。

先前技術文獻

專利文獻

[0013] 專利文獻1：日本專利特開2005-281860號公報

專利文獻2：日本專利特開2001-348618號公報

專利文獻3：日本專利特開2004-307929號公報

專利文獻4：日本專利特開2008-261027號公報

專利文獻5：日本專利特開平11-315349號公報

專利文獻6：日本專利特開2002-69579號公報

專利文獻7：日本專利特開2000-144306號公報

專利文獻8：日本專利特開平2-166229號公報

專利文獻9：日本專利特開平8-041537號公報

專利文獻10：日本專利特開2000-144306號公報

【發明內容】

發明概要

發明欲解決之課題

[0014] 本發明有鑑於現有技術中的上述課題，目的在於提供：(a)可低價製造且抗拉強度為800MPa~1600MPa之耐氫脆化特性優異的高強度機械零件；(b)應用於該機械零件之製造且可省略軟質化退火、淬火回火處理等熱處理之冷加工性優異的鋼線；以及用以製造該鋼線且伸線加工性優異的線材。

用以解決課題之手段

[0015] 本案發明人等爲了達成上述目的，而調查了即使省略軟質化熱處理也可冷鍛造，且即使不施行淬火回火等調質處理，亦可用於製得抗拉強度爲800MPa以上的高強度機械零件之線材及鋼線的成分組成與組織的關係。

[0016] 本發明是基於由該調查所得之冶金學見解而完成者，其要旨乃如下所述。

(1) 本發明第一態樣的非調質機械零件用鋼線，其化學成分以質量%計，含有：C：0.18%~0.65%、Si：0.05%~1.5%、Mn：0.50%~2.0%、Cr：0%~1.50%、Mo：0%~0.50%、Ti：0%~0.050%、Al：0%~0.050%、B：0%~0.0050%、Nb：0%~0.050%、V：0%~0.20%，並且限制：P：0.030%以下、S：0.030%以下、N：0.0050%以下、O：0.01%以下，且剩餘部分爲Fe及雜質；令以質量%計之前述C的含量爲[C%]時，組織含有以體積%計 $75 \times [C\%] + 25$ 以上的變韌鐵，且剩餘部分爲肥粒鐵及波來鐵的一種以上；在前述鋼線之與其長度方向平行的截面中，將前述鋼線的直徑設爲 $D_2\text{mm}$ ，自前述鋼線之表面起至朝前述截面的中心線之深度爲 $0.1 \times D_2\text{mm}$ 爲止之區域設爲前述鋼線的第2表層部，且前述鋼線的第2表層部中變韌鐵塊的平均縱橫比設爲R1，此時前述R1爲1.2以上；在前述鋼線之與其長度方向垂直的截面中，將前述鋼線的直徑設爲 $D_2\text{mm}$ ，自前述鋼線之表面起至朝前述截面的中心之深度爲 $0.1 \times D_2\text{mm}$ 爲止之區域設爲前述鋼線的第3表層部，自深度爲 $0.25 \times D_2\text{mm}$ 起至前述截面的中心爲止之區域設爲前述鋼線的第3中心部，前述鋼線的第3表

層部中前述變韌鐵塊的平均粒徑設為 $P_{S3}\mu\text{m}$ ，且前述鋼線的第3中心部中前述變韌鐵塊的平均粒徑設為 $P_{C3}\mu\text{m}$ ，此時前述 P_{S3} 滿足下述式(C)，且前述 P_{S3} 與前述 P_{C3} 滿足下述式(D)；前述組織中前述變韌鐵塊之粒徑的標準偏差為 $8.0\mu\text{m}$ 以下；抗拉強度為 $800\text{MPa}\sim 1600\text{MPa}$ 。

$$P_{S3} \leq 20/R1 \cdots (C)$$

$$P_{S3}/P_{C3} \leq 0.95 \cdots (D)$$

(2)上述(1)所記載之非調質機械零件用鋼線中，前述化學成分以質量%計，亦可含有C：0.18%~0.50%、Si：0.05%~0.50%。

(3)上述(1)所記載之非調質機械零件用鋼線中，前述化學成分以質量%計，亦可含有C：0.20%~0.65%；且令以質量%計前述C的含量為[C%]時，前述組織亦可含有以體積%計 $45 \times [C\%] + 50$ 以上的前述變韌鐵。

(4)上述(1)至(3)中任一者所記載之非調質機械零件用鋼線中，前述化學成分以質量%計，含有B：小於0.0005%；且令以質量%計前述C的含量為[C%]，前述Si的含量為[Si%]，前述Mn的含量為[Mn%]，前述Cr的含量為[Cr%]，前述Mo的含量為[Mo%]，此時以下述式(B)所求得之F1亦可為2.0以上。

$$F1 = 0.6 \times [C\%] - 0.1 \times [Si\%] + 1.4 \times [Mn\%] + 1.3 \times [Cr\%] + 3.7 \times [Mo\%] \cdots (B)$$

(5)上述(1)所記載之非調質機械零件用鋼線中，前述R1亦可為2.0以下。

(6)上述(1)所記載之非調質機械零件用鋼線中，前述組

織亦可含有以體積%計 $45 \times [C\%] + 50$ 以上的前述變韌鐵。

(7)本發明第二態樣的非調質機械零件用線材，係用以獲得上述(1)至(6)中任一者所記載之非調質機械零件用鋼線者，其化學成分以質量%計，含有：C：0.18%~0.65%、Si：0.05%~1.5%、Mn：0.50%~2.0%、Cr：0%~1.50%、Mo：0%~0.50%、Ti：0%~0.050%、Al：0%~0.050%、B：0%~0.0050%、Nb：0%~0.050%、V：0%~0.20%，並且限制：P：0.030%以下、S：0.030%以下、N：0.0050%以下、O：0.01%以下，且剩餘部分為Fe及雜質；令以質量%計之前述C的含量為[C%]時，組織含有以體積%計 $75 \times [C\%] + 25$ 以上的變韌鐵，且剩餘部分不含麻田散鐵而為肥粒鐵及波來鐵的一種以上；前述組織的變韌鐵塊的平均粒徑為 $5.0\mu\text{m} \sim 20.0\mu\text{m}$ ，且前述變韌鐵塊之粒徑的標準偏差為 $15.0\mu\text{m}$ 以下；在前述線材之與其長度方向垂直的截面中，將前述線材的直徑設為 $D_1\text{mm}$ ，自前述線材之表面起至朝前述截面的中心之深度為 $0.1 \times D_1\text{mm}$ 為止之區域設為前述線材的第1表層部，自深度為 $0.25 \times D_1\text{mm}$ 起至前述截面的中心為止之區域設為前述線材的第1中心部，此時前述第1表層部之前述變韌鐵塊的平均粒徑設為 $P_{S1}\mu\text{m}$ ，且前述第1中心部之前述變韌鐵塊的平均粒徑設為 $P_{C1}\mu\text{m}$ ，前述 P_{S1} 與前述 P_{C1} 滿足下述式(A)。

$$P_{S1}/P_{C1} \leq 0.95 \cdots (A)$$

(8)上述(7)所記載之非調質機械零件用線材中，前述化學成分以質量%計，亦可含有C：0.18%~0.50%、Si：0.05%~0.50%。

(9)上述(7)所記載之非調質機械零件用線材中，前述化學成分以質量%計，亦可含有C：0.20%~0.65%；且令以質量%計前述C的含量為[C%]時，前述組織亦可含有以體積%計 $45 \times [C\%] + 50$ 以上的前述變韌鐵。

(10)本發明第三態樣的非調質機械零件，具有圓柱軸，且其化學成分以質量%計，含有：C：0.18%~0.65%、Si：0.05%~1.5%、Mn：0.50%~2.0%、Cr：0%~1.50%、Mo：0%~0.50%、Ti：0%~0.050%、Al：0%~0.050%、B：0%~0.0050%、Nb：0%~0.050%、V：0%~0.20%，並且限制：P：0.030%以下、S：0.030%以下、N：0.0050%以下、O：0.01%以下，且剩餘部分為Fe及雜質；令以質量%計之前述C的含量為[C%]時，組織含有以體積%計 $75 \times [C\%] + 25\%$ 以上的變韌鐵，且剩餘部分為肥粒鐵及波來鐵的一種以上；在前述軸之與其長度方向平行的截面中，將前述軸的直徑設為 $D_3\text{mm}$ ，自前述軸之表面起至朝前述截面的中心線之深度為 $0.1 \times D_3\text{mm}$ 為止之區域設為前述機械零件的第4表層部，前述機械零件的第4表層部中變韌鐵塊的平均縱橫比設為R2，此時前述R2為1.2以上；在前述軸之與其長度方向垂直的截面中，將前述軸的直徑設為 $D_3\text{mm}$ ，自前述軸之表面起至朝前述截面的中心之深度為 $0.1 \times D_3\text{mm}$ 為止之區域設為前述機械零件的第5表層部，自深度為 $0.25 \times D_3\text{mm}$ 起至前述截面的中心為止之區域設為前述機械零件的第5中心部，前述鋼線的第5表層部中前述變韌鐵塊的平均粒徑設為 $P_{S5}\mu\text{m}$ ，且前述鋼線的第5中心部中前述變韌鐵塊的平均粒徑設為

$P_{C5}\mu m$ ，此時前述 P_{S5} 滿足下述式(E)，且前述 P_{S5} 與前述 P_{C5} 滿足下述式(F)；前述組織中前述變韌鐵塊之粒徑的標準偏差為 $8.0\mu m$ 以下，抗拉強度為 $800MPa\sim 1600MPa$ 。

$$P_{S5} \leq 20/R2 \cdots (E)$$

$$P_{S5}/P_{C5} \leq 0.95 \cdots (F)$$

(11)上述(10)所記載之非調質機械零件，亦可為對上述(1)至(6)中任一者所記載之鋼線進行冷加工而得者。

(12)上述(10)或(11)所記載之非調質機械零件中，前述 $R2$ 亦可為1.5以上，前述抗拉強度亦可為 $1200MPa\sim 1600MPa$ 。

(13)上述(10)或(11)所記載之非調質機械零件中，前述 D_2 與前述 D_3 亦可相等。

(14)上述(10)至(13)中任一者所記載之非調質機械零件，亦可為螺栓。

發明效果

[0017]依照本發明，可低價提供一種抗拉強度為 $800MPa\sim 1600MPa$ 的高強度機械零件，及作為其原料的線材及鋼線。

又，本發明可達成汽車、各種產業機械及建築用構件之輕量化、小型化，因而對產業具有極為顯著的貢獻。

【圖式簡單說明】

[0018]圖1係顯示本發明第二樣態的非調質機械零件用線材之第1表層部與第1中心部之圖，其中，第1表層部係在該非調質機械零件用線材之與其長度方向垂直的截面中，

將線材的直徑設為 $D_1\text{mm}$ 時，自前述線材的表面起至朝前述截面的中心之深度為 $0.1D_1\text{mm}$ 為止之區域，且該第1中心部係自深度為 $0.25D_1\text{mm}$ 起至前述截面的中心為止之區域。

圖2A係顯示本發明第一樣態的非調質機械零件用鋼線之第2表層部之圖，其中，該第2表層部係在該非調質機械零件用鋼線之與其長度方向平行的截面中，將鋼線的直徑設為 $D_2\text{mm}$ 時，自前述鋼線的表面起至朝前述截面的中心線之深度為 $0.1D_2\text{mm}$ 為止之區域。

圖2B係顯示本發明第一樣態的非調質機械零件用鋼線之第3表層部與第3中心部之圖，其中，該第3表層部係在該非調質機械零件用鋼線之與其長度方向垂直的截面中，將鋼線的直徑設為 $D_2\text{mm}$ 時，自前述鋼線的表面起至朝前述截面的中心之深度為 $0.1D_2\text{mm}$ 為止之區域，且該第3中心部係自深度為 $0.25D_2\text{mm}$ 起至前述截面的中心為止之區域。

圖3A係顯示本發明第三樣態的非調質機械零件之第4表層部之圖，其中，該第4表層部係在該非調質機械零件之與其圓柱軸的長度方向平行之截面中，將軸的直徑設為 $D_3\text{mm}$ 時，自前述軸的表面起至朝前述截面的中心線之深度為 $0.1D_3\text{mm}$ 為止之區域。

圖3B係顯示本發明第三樣態的非調質機械零件之第5表層部與第5中心部之圖，其中，該第5表層部係在本發明第三樣態的非調質機械零件之與其圓柱軸的長度方向垂直之截面中，將軸的直徑設為 $D_3\text{mm}$ 時，自前述軸的表面起至朝前述截面的中心之深度為 $0.1D_3\text{mm}$ 為止之區域，且該第5

中心部係自深度為 $0.25D_3\text{mm}$ 起至前述截面的中心為止之區域。

【實施方式】

用以實施發明之形態

[0019]爲了達成如上所述地，在以伸線加工性優異之線材作爲原料來製造鋼線，然後由該鋼線來製造機械零件之過程中，即使省略軟質化熱處理也可冷鍛造，且作爲機械零件，即使於成形後不進行淬火回火等調質處理，機械零件的抗拉強度仍大於 800MPa ，本發明人等詳細調查了線材及鋼線其成分組成與組織的關係。

又，作爲本發明對象的非調質機械零件，係省略軟質化退火、淬火回火處理等熱處理，並藉由伸線、鍛造等加工硬化以賦予抗拉強度的機械零件，在此係指自初期截面起算其面積收縮率爲20%以上之機械零件。

[0020]而且，本案發明人等爲了低價製造高強度機械零件，根據調查所獲得的冶金學見解，關於利用線材熱軋軋時的保有熱的線上熱處理、及其後的直至鋼線、機械零件的一連串製造方法進行了綜合性研討，得出了以下(a)~(d)的結論。

[0021](a)對線材進行伸線加工所得之鋼線，會產生高強度化。惟，已高強度化之鋼線，其加工性差，變形阻力高，且容易產生加工裂紋。

(b)透過控制鋼線變韌鐵的體積率、縮小變韌鐵塊粒徑的偏差、使表層部變韌鐵塊的粒徑細微化，藉此能有效提

升高強度鋼線的加工性。

(c)將鋼線的C含量以質量%計而設為[C%]，將變韌鐵的體積率以體積%計而設為 V_{B2} ，此時 V_{B2} 滿足下述式1，則能有效提高鋼線的冷加工性。

$$V_{B2} \geq 75 \times [C\%] + 25 \quad \cdots \text{(式1)}$$

(d)藉由完全滿足下述(d-1)~(d-4)，能顯著地提高鋼線的冷加工性。

(d-1)於鋼線之與其長度方向平行的截面上，將鋼線的直徑設為 $D_2\text{mm}$ ，在自鋼線的表面起至朝鋼線的中心線之深度為 $0.1D_2\text{mm}$ 為止之區域即鋼線的第2表層部中，變韌鐵塊的平均縱橫比設為R1。該R1設為1.2以上。

(d-2)於鋼線之與其長度方向垂直的截面中，在自鋼線的表面起至朝前述截面的中心之深度為 $0.1D_2\text{mm}$ 為止之區域即鋼線的第3表層部中，R1與變韌鐵塊的平均粒徑 P_{S3} 滿足下述式2。

$$P_{S3} \leq 20/R1 \quad \cdots \text{(式2)}$$

(d-3)將鋼線的變韌鐵塊粒徑的標準偏差設為 $8.0\mu\text{m}$ 以下。

(d-4)於鋼線之與其長度方向垂直的截面中，將鋼線的直徑設為 $D_2\text{mm}$ 時，在自深度為 $0.25D_2\text{mm}$ 起至前述截面的中心為止之區域即第3中心部中，將變韌鐵塊的平均粒徑設為 P_{C3} 時，該 P_{C3} 與上述第3表層部之變韌鐵塊的平均粒徑 P_{S3} 滿足下述式3。

$$P_{S3}/P_{C3} \leq 0.95 \quad \cdots \text{(式3)}$$

[0022]<變韌鐵塊>

在此，所謂的變韌鐵塊，詳述如後，一般而言係指由方向性一致之bcc鐵所構成之組織單位。

所謂的變韌鐵塊粒，係指視為與肥粒鐵之結晶方位相同的區域，並且從bcc結構的結晶方位分佈圖中，將方位差為 15° 以上邊界作為變韌鐵塊晶界。

[0023]又，為了將線材用作獲得上述鋼線之原料，本案發明人等詳細調查了線材其成分組成與組織的關係。

用來獲得上述鋼線之線材，透過控制變韌鐵的體積率、縮小變韌鐵塊之粒徑的偏差、使表層部之變韌鐵塊的粒徑細微化，藉此除了能有效提高伸線加工性，還能有效獲得鋼線的組織。具體而言，藉由滿足下述(e-1)~(e-4)，可提高線材的伸線加工性，並獲得上述鋼線的組織。

又，變韌鐵塊的平均粒徑越細微，則線材的延性會提升。

(e-1)線材的組織，係由變韌鐵、肥粒鐵及波來鐵所構成，且不含麻田散鐵。

(e-2)將線材的C含量以質量%計而設為[C%]，將變韌鐵的體積率以體積%計而設為 V_{B1} ，此時 V_{B1} 滿足下述式4，藉此能有效提高鋼線的冷加工性。

$$V_{B1} \geq 75 \times [C\%] + 25 \quad \cdots \text{(式4)}$$

(e-3)線材的變韌鐵塊之平均粒徑為 $5.0\mu\text{m} \sim 20.0\mu\text{m}$ ，且該變韌鐵塊的標準偏差為 $15.0\mu\text{m}$ 以下。

(e-4)在線材之與其長度方向垂直的截面中，將線材的

直徑設為 D_1 mm，自線材的表面起至朝前述截面的中心之深度為 $0.1D_1$ mm為止之區域，設為線材的第1表層部。又，自深度為 $0.25D_1$ mm起至前述截面的中心為止之區域，設為第1中心部。而且，將第1表層部之變韌鐵塊的平均粒徑設為 P_{S1} ，將第1中心部之變韌鐵塊的平均粒徑設為 P_{C1} ，此時該 P_{S1} 與 P_{C1} 滿足下述式5。

$$P_{S1}/P_{C1} \leq 0.95 \cdots (\text{式}5)$$

[0024]接著，本案發明人等對於冷鍛造上述鋼線所獲得之機械零件進行研討。具體而言，對於會影響到抗拉強度為800MPa以上、特別是1200MPa以上之高強度機械零件其耐氫脆化特性的相關成分及組織進行詳細調查，並得出用以獲得優異耐氫脆化特性之成分及組織。

又，關於用以獲得此種成分及組織之方法，乃基於冶金學見解並反覆進行研究之結果，明瞭了以下的事項。

[0025]令機械零件表層部的組織以平行表面之方向伸長化，藉此能有效獲得優異耐氫脆化特性。

本發明的機械零件，具有圓柱軸。

具體而言，在該軸之與其長度方向平行的截面即L截面上，將軸的直徑設為 D_3 。

然後，如圖3A所示，在機械零件中，若在自表面起至深度為 $0.1D_3$ 為止之區域即第4表層部之變韌鐵塊的平均縱橫比 $R2$ 設為1.2以上，則能提升機械零件的耐氫脆化特性。

亦即，伸長化不足的變韌鐵塊，實無助於耐氫脆化特性，故宜使變韌鐵塊伸長化。

在此，所謂的變韌鐵塊的縱橫比R2，係以變韌鐵塊的長軸尺寸/短軸尺寸所表示之比率。

特別是，在機械零件中，要求1200MPa~1600MPa的抗拉強度時，在第4表層部之變韌鐵塊的平均縱橫比R2宜設為1.5以上。

另一方面，在機械零件中，要求800MPa~1200MPa的抗拉強度時，在第4表層部之變韌鐵塊的平均縱橫比R2宜設為2.0以下。

[0026]進一步地，藉由完全滿足下述(f)~(h)，機械零件不會產生加工裂紋，且在維持非調質的情況下，也能獲得充分的耐氫脆化特性。

(f)將機械零件的C含量設為[C%]時，變韌鐵的體積率 V_{B3} 以體積%計，滿足下述式6。

$$V_{B3} \geq 75 \times [C\%] + 25 \quad \cdots \text{(式6)}$$

特別是，在機械零件中，要求1200MPa~1600MPa的抗拉強度時，變韌鐵的體積率 V_{B3} 以體積%計，宜滿足下述式7。

$$V_{B3} \geq 45 \times [C\%] + 50 \quad \cdots \text{(式7)}$$

(g)然後，將上述變韌鐵塊的平均縱橫比設為R2時，R2為1.2以上；在機械零件之與其軸之長度方向垂直的截面即C截面的第5表層部中，變韌鐵塊的平均粒徑 P_{S5} ，單位為 μm ，滿足下述式8。

$$P_{S5} \leq 20/R2 \quad \cdots \text{(式8)}$$

(h)更進一步地，將變韌鐵塊的粒徑之標準偏差設為

8.0 μm 以下之同時，機械零件的第5表層部與第5中心部的變韌鐵塊之平均粒徑 P_{S5} 及 P_{C5} ，滿足下述式9。

$$P_{S5}/P_{C5} \leq 0.95 \cdots (\text{式}9)$$

[0027]如前所述，藉由改良線材、鋼線及機械零件之成分組成與組織，能獲得伸線加工性良好之線材，且將該線材進行伸線加工所獲得之鋼線其強度高且冷加工性優異。而且，將該鋼線進行冷鍛造所獲得之機械零件，其就算省略淬火回火處理仍能達成高強度化，而且，機械零件的耐氫脆化特性也可被提升。

[0028]爲了獲得像這種即使不施行淬火回火等調質處理也仍爲高強度之機械零件，在作爲原料的鋼線階段便已經具有上述特徵的顯微組織，且不進行加工前的熱處理，也可有效地將其加工爲機械結構用零件。

也就是說，若使用本實施形態的鋼線，就算省略軟質化熱處理，仍可進行冷鍛造。

總而言之，若使用本實施形態的鋼線，能減去鋼線球狀化熱處理(軟質化熱處理)之軟質化退火費用、製造機械零件時將鋼線成形後的淬火回火處理之相關費用，故就成本層面等而言，是有利的。

[0029]此外，本實施形態之線材，係利用熱軋軋時的餘熱，在軋軋之後立即浸漬於由2槽組成的熔融鹽槽所獲得。本實施形態之鋼線，係以本實施形態的線材透過冷的伸線加工來製造。透過該製造方法，即使不添加昂貴的合金元素，也能獲得變韌鐵之體積率已受控制的鋼線。因此，該

製造方法是能夠低價獲得優異材質特性的最佳製造方法。

[0030]也就是說，本實施形態的非調質機械零件，係藉由如下一連串的製造方法而能進行製造。

首先，爲了控制變韌鐵，調整成分組成、經過熱軋軋、施行捲取及2段階冷卻以形成具有預定直徑的線材，並將該線材利用熱軋軋時的餘熱而浸漬於熔融鹽槽。

接著，將業經浸漬之線材，在室溫以特定條件進行伸線加工，而獲得具有預定直徑的鋼線。

然後，透過冷加工將鋼線成形爲機械零件。

成形後，施行用以恢復延性之較低溫熱處理。此熱處理，並不等同於「調質」。

[0031]因此，就習知製造法或見解而言是極難以製造之抗拉強度800MPa~1600MPa的機械零件，於本發明則可以低價製得。

特別是，可以低價製得抗拉強度1200MPa~1600MPa的機械零件。

[0032]以下，詳細說明關於本實施形態的非調質機械零件用線材、非調質機械零件用鋼線、非調質機械零件。

首先，說明本實施形態的線材、鋼線、非調質機械零件其化學成分組成之限定理由。

以下，成分組成中的%是指質量%。

在伸線加工、冷鍛造、成形等加工中，化學成分不變。因此，本實施形態的線材、鋼線及機械零件，乃具有相同的化學成分。

[0033] C：0.18%~0.65%

C是爲了確保鋼線及機械零件預定的拉伸強度而添加的。

C含量小於0.18%時，難以確保800MPa以上的抗拉強度。

因此，C含量的下限設爲0.18%。

另一方面，C含量大於0.65%時，鋼線的冷鍛造性會劣化。

因此，C含量的上限設爲0.65%。

[0034]就抗拉強度爲800MPa~1200MPa的機械零件而言，C含量宜爲0.50%以下。

另一方面，就抗拉強度爲1200MPa~1600MPa的機械零件而言，C含量宜爲0.20%以上。

在鋼線中，爲了兼具高強度與冷鍛造性，C含量較佳爲0.21%以上；就抗拉強度爲1200MPa~1600MPa的機械零件而言，較佳爲0.54%以下；就抗拉強度爲800MPa~1200MPa的機械零件而言，較佳爲0.44%以下。

[0035] Si：0.05%~1.5%

Si扮演著脫氧元素之作用，同時透過固溶強化而有著提高鋼線及機械零件之拉伸強度的效果。

Si含量小於0.05%時，此等效果不足。

因此，將Si含量的下限設爲0.05%。

另一方面，Si含量大於1.5%時，此等效果達到飽和，同時就鋼線而言冷加工性會劣化，就機械零件而言則變得容

易產生加工裂紋。

因此，將Si含量的上限設為1.5%。

就抗拉強度為800MPa~1200MPa的機械零件而言，Si含量宜為0.50%以下。

為了更充分獲得Si之效果，Si含量較佳為0.18%以上，就抗拉強度為800MPa~1200MPa的機械零件而言，較佳為0.4%以下；就抗拉強度為1200MPa~1600MPa的機械零件而言，較佳為0.90%以下。

[0036] Mn：0.50%~2.0%

Mn有著促進變韌鐵變態、提高鋼線及機械零件的抗拉強度之效果。

Mn含量小於0.50%時，此效果將不足。

因此，將Mn含量的下限設為0.50%。

另一方面，Mn含量大於2.0%時，此效果達飽和，同時還會增加製造成本。

因此，Mn含量的上限設為2.0%。

考量賦予機械零件充分的抗拉強度，則Mn含量宜為0.60%以上，且宜為1.5%以下。

[0037] P：0.030%以下

S：0.030%以下

P與S乃不可避免地混入鋼內的雜質。

此等元素會偏析於結晶晶界，而使機械零件的耐氫脆化特性劣化。

因此，P含量及S含量越少越好，P含量及S含量任一者

之上限均設為0.030%。

考量冷加工性，則P含量及S含量宜為0.015%以下。

又，P含量及S含量的下限包含0%。

然而，P及S不可避免地混入鋼內至少0.0005%左右。

[0038]N：0.0050%以下

N會透過動態應變時效而使鋼線的冷加工性劣化。

因此，N含量越少越好，N含量的上限設為0.0050%。

考量冷加工性，則N含量宜為0.0040%以下。

又，N含量的下限包含0%。

但是，N會不可避免地混入鋼內至少0.0005%左右。

[0039]O：0.01%以下

O會不可避免地混入鋼內且以Al、Ti等氧化物的形態存在。

O含量多時，會生成粗大的氧化物，並成為作為機械零件使用時之疲勞破壞的原因。

因此，O含量的上限設為0.01%。

又，O含量的下限含有0%。

但是，O會不可避免地混入鋼內至少0.001%左右。

[0040]以上為本實施形態的非調質機械零件用線材、非調質機械零件用鋼線、及非調質機械零件的基本成分組成，剩餘部分為Fe及雜質。

又，「剩餘部分為Fe及雜質」中所謂的「雜質」，係指在工業製造鋼時作為原料之礦石、廢料、或從製造環境等不可避免地混入者。

然而，在本實施形態的非調質機械零件用線材、非調質機械零件用鋼線、及非調質機械零件中，除了該基本成分之外，亦可含有Al、Ti、B、Cr、Mo、Nb及V，來取代剩餘部分之Fe的一部分。

[0041]在本實施形態的非調質機械零件用線材、非調質機械零件用鋼線、及非調質機械零件中，亦可含有0%~0.050%之Al、0%~0.050%之Ti。

可隨意而含有Al、Ti；Al含量及Ti含量亦可為0%。

此等元素扮演著脫氧元素作用之外，還會形成AlN、TiN而減少固溶N，並抑制動態應變時效。

AlN、TiN扮演著釘紮粒子之作用，可將結晶粒細粒化，並提高冷加工性。

然而，Al含量、Ti含量大於0.05%時，會形成 Al_2O_3 、 TiO_2 等粗大氧化物，並成為作為機械零件使用時之疲勞破壞的原因。

因此，Al含量及Ti含量的上限宜為0.05%。

[0042] Al：0%~0.050%

Al含量小於0.010%時，將無法獲得此等效果。

因此，為了能確實獲得此等效果，Al含量的下限宜設為0.010%。

另一方面，Al含量大於0.050%時，此等效果達飽和。

因此，Al含量的上限設為0.050%。

為了更充分獲得Al的效果，Al含量較佳為0.015%以上，且較佳為0.045%以下。

[0043] Ti：0%~0.050%

Ti含量小於0.005%，將無法獲得此等效果。

因此，爲了能確實獲得此等效果，Ti含量的下限宜設爲0.005%。

另一方面，Ti含量大於0.050%時，此等效果達飽和。

因此，Ti含量的上限設爲0.050%。

爲了更充分獲得Ti的效果，Ti含量較佳爲0.010%以上，且較佳爲0.040%以下。

[0044] 在本實施形態的非調質機械零件用線材、非調質機械零件用鋼線、及非調質機械零件中，亦可含有0%~0.0050%之B。

可隨意而含有B；B含量亦可爲0%。

[0045] B：0%~0.0050%

B有著促進變韌鐵變態、提高鋼線及機械零件的抗拉強度之效果。

B含量小於0.0005%時，此效果將不足。

因此，爲了能確實獲得此等效果，B含量的下限宜設爲0.0005%。

另一方面，B含量大於0.0050%時，此效果達飽和。

因此，B含量的上限設爲0.0050%以下。

爲了更充分獲得B的效果，B含量較佳爲0.0008%以上，且較佳爲0.0030%以下。

[0046] 在本實施形態的非調質機械零件用線材、非調質機械零件用鋼線、及非調質機械零件中，亦可含有Cr：

0%~1.50%、Mo：0%~0.50%、Nb：0%~0.050%、V：0%~0.20%。

可隨意而含有Cr、Mo、Nb、及V，且其各自之含量亦可為0%。

Cr、Mo、Nb、及V有著促進變韌鐵變態、提高鋼線及機械零件的抗拉強度之效果。

[0047]Cr：0%~1.50%

Cr含量小於0.01%時，將無法獲得上述效果。

因此，為了能確實獲得此等效果，Cr含量的下限宜設為0.01%。

另一方面，Cr含量大於1.50%時，會提高合金成本。

因此，Cr含量的上限設為1.50%。

[0048]Mo：0%~0.50%

Mo含量小於0.01%時，將無法獲得上述效果。

因此，為了能確實獲得此等效果，Mo含量的下限宜設為0.01%。

另一方面，Mo含量大於0.50%時，會提高合金成本。

因此，Mo含量的上限設為0.50%。

[0049]Nb：0%~0.050%

Nb小於0.005%時，將無法獲得上述效果。

因此，為了能獲得此效果，Nb含量的下限宜設為0.005%。

另一方面，Nb含量大於0.050%時，會提高合金成本。

因此，Nb含量的上限設為0.050%。

[0050] V：0%~0.20%

V小於0.01%時，將無法獲得上述效果。

因此，爲了能獲得此效果，V含量的下限宜設爲0.01%。

另一方面，V含量大於0.20%時，會提高合金成本。

因此，Nb含量的上限設爲0.20%。

[0051] <F1 ≥ 2.0>

又，在不含B時，或在B含量小於0.0005%時，藉由下述式10所得之F1宜設爲2.0以上。

在下述式10中，[C%]表示以質量%計之C含量，[Si%]表示以質量%計之Si含量，[Mn%]表示以質量%計之Mn含量，[Cr%]表示以質量%計之Cr含量，[Mo%]表示以質量%計之Mo含量。

$$F1=0.6 \times [C\%] - 0.1 \times [Si\%] + 1.4 \times [Mn\%] + 1.3 \times [Cr\%] + 3.7 \times [Mo\%]$$

• • (式10)

藉由將上述式10所得之F1設爲2.0以上，在線材中，可更爲安定且可獲得變韌鐵。

[0052] 本實施形態的非調質機械零件用線材、非調質機械零件用鋼線、及非調質機械零件，需要將上述成分組成之鋼片進行熱軋軋，以具有特定顯微組織。

接著，依序說明本實施形態的非調質機械零件用鋼線、非調質機械零件用線材、及非調質機械零件其顯微組織的限定理由。

[0053] 本實施形態的非調質機械零件用鋼線，具有以下(i)~(o)之特徵。又，關於(i)之成分組成，由於已作說明而不

再贅述。

(i)具有上述化學成分。

(j)以質量%計之前述C含量設為[C%]時，組織含有以體積%計 $75 \times [C\%] + 25\%$ 以上之變韌鐵。

(k)剩餘部分為肥粒鐵及波來鐵之一種以上。

(l)在鋼線之與其長度方向平行的截面中，將前述鋼線的直徑設為 $D_2\text{mm}$ ，自前述鋼線之表面起至朝前述鋼線之中心線的深度為 $0.1 \times D_2\text{mm}$ 為止之區域設為前述鋼線的第2表層部，前述鋼線的第2表層部中前述變韌鐵塊的平均縱橫比設為 R_1 ，此時前述 R_1 為1.2以上。

(m)在前述鋼線之與其長度方向垂直的截面中，將前述鋼線的直徑設為 $D_2\text{mm}$ ，自前述鋼線之表面起至朝前述截面的中心之深度為 $0.1 \times D_2\text{mm}$ 為止之區域設為前述鋼線的第3表層部，前述鋼線的第3表層部中前述變韌鐵塊的平均粒徑設為 $P_{S3}\mu\text{m}$ ，此時前述 P_{S3} 滿足下述式11。

$$P_{S3} \leq 20/R_1 \quad \dots \text{(式11)}$$

(n)在前述鋼線之與其長度方向垂直的截面中，將前述鋼線的直徑設為 $D_2\text{mm}$ ，自深度為 $0.25 \times D_2\text{mm}$ 起至前述截面的中心為止之區域設為前述鋼線的第3中心部，此時，前述第3表層部中前述變韌鐵塊的平均粒徑 $P_{S3}\mu\text{m}$ 與前述第3中心部中前述變韌鐵塊的平均粒徑 $P_{C3}\mu\text{m}$ ，滿足下述式(12)。

$$P_{S3}/P_{C3} \leq 0.95 \quad \dots \text{(式12)}$$

(o)前述變韌鐵塊之粒徑的標準偏差為 $8.0\mu\text{m}$ 以下。

(p)抗拉強度為 $800\text{MPa} \sim 1600\text{MPa}$ 。

[0054] <(j)變韌鐵的體積率下限： $75 \times [C\%] + 25$ >

在本實施形態的鋼線中，係控制著變韌鐵組織。

變韌鐵乃具有高強度與良好加工性之組織。

變韌鐵的體積率 V_B ，以體積%計，未滿足下述式13時，除了鋼線的拉強度會下降，同時剩餘部分之非變韌鐵組織將會成為破壞的起點。

其結果，於製造機械零件之冷鍛造時變得容易產生加工裂紋。

因此，鋼線之變韌鐵的體積率 V_B 之下限，必須滿足下述式14。

$$V_B \geq 75 + [C\%] + 25 \cdots (\text{式13})$$

在此，所謂的 $[C\%]$ 係表示鋼線的C含量。

又，在鋼線中，要求1200MPa~1600MPa之抗拉強度時，鋼線之變韌鐵的體積率 V_B 之下限，以體積%計，宜滿足下述式14。

$$V_B \geq 45 + [C\%] + 50 \cdots (\text{式14})$$

又，變韌鐵的體積率 V_B 乃由後述線材之製造方法所決定，在本實施形態之鋼線、作為該鋼線之原料的線材及冷鍛造該鋼線所獲得之機械零件中，其乃不生變化而為恆定。

[0055] <(k)剩餘部分組織：肥粒鐵、波來鐵>

本實施形態的鋼線，其除了變韌鐵以外的剩餘部分組織可含有肥粒鐵、波來鐵。

另一方面，麻田散鐵會使在成形機械零件之冷鍛造時

的裂紋變得容易產生。

因此，本實施形態的鋼線宜不含麻田散鐵。

[0056] <(l)變韌鐵塊的平均縱橫比 $R1$ ：1.2以上>

本實施形態的鋼線具有直徑 $D_2\text{mm}$ 。

在該鋼線中，在平行於長度方向之截面即L截面所測量之第2表層部的變韌鐵塊的平均縱橫比 $R1$ 為1.2。

在鋼線的第2表層部中，在L截面所測量之變韌鐵塊的平均縱橫比 $R1$ 小於1.2時，冷加工性會下降。

因此，變韌鐵塊的平均縱橫比 $R1$ 設為1.2。

又，平均縱橫比 $R1$ 係變韌鐵塊粒之長徑相對於短徑之比率。

在此，所謂的第2表層部，乃如圖2A所示，係表示自鋼線之表面起至深度為 $0.1 \times D_2\text{mm}$ 為止之區域。

在鋼線中要求800MPa~1200MPa之抗拉強度時，為了兼具冷加工性與抗拉強度，變韌鐵塊的平均縱橫比 $R1$ 亦可為2.0以下。

又，在鋼線中要求1200MPa~1600MPa之抗拉強度時，為了兼具冷加工性與抗拉強度，變韌鐵塊的平均縱橫比 $R1$ 亦可為1.5以上。

[0057] <(m)第3表層部之變韌鐵塊的平均粒徑 P_{S3} ：
20/ $R1$ 以下>

本實施形態的鋼線具有直徑 $D_2\text{mm}$ 。

在該鋼線中，在垂直於長度方向之截面即C截面所測量之第3表層部的變韌鐵塊的平均粒徑 P_{S3} ，單位為 μm ，滿足

下述式15。

在C截面所測量之第3表層部的變韌鐵塊的平均粒徑 $P_{S3}\mu\text{m}$ 若未滿足下述式15即大於 $(20/R1)\mu\text{m}$ 時，鋼線之冷鍛造性會劣化。

在此，所謂的第3表層部，乃如圖2B所示，係表示在鋼線之C截面中自鋼線之表面起至深度為 $0.1\times D_2\text{mm}$ 為止之區域。

$$P_{S3} \leq 20/R1 \cdots (\text{式15})$$

$$[0058] <(n)P_{S3}/P_{C3} \leq 0.95>$$

在本實施形態的鋼線中，在鋼線之與其長度方向垂直的截面上，將鋼線的直徑設為 $D_2\text{mm}$ ，自鋼線之表面起至深度為 $0.1\times D_2\text{mm}$ 為止之區域即第3表層部之變韌鐵塊的平均粒徑 $P_{S3}\mu\text{m}$ ，自深度為 $0.25\times D_2\text{mm}$ 起至中心為止之區域即第3中心部之變韌鐵塊的平均粒徑 $P_{C3}\mu\text{m}$ ，滿足下述式16。

$$P_S/P_C \leq 0.95 \cdots (\text{式16})$$

在此，所謂的 P_{S3} ，單位為 μm ，係表示在鋼線之第3表層部中的變韌鐵塊之平均粒徑；所謂的 P_{C3} ，單位為 μm ，係表示在鋼線之第3中心部中的變韌鐵塊之平均粒徑。

P_{S3} 與 P_{C3} 之比率大於0.95時，在冷鍛造時變得容易產生加工裂紋。

因此，上述變韌鐵塊之平均粒徑的比率 P_{S3}/P_{C3} 設為0.95以下。

在鋼線中，上述變韌鐵塊之平均粒徑的比率 P_{S3}/P_{C3} 適宜之上限為0.90。

[0059] <(o)變韌鐵塊之粒徑的標準偏差：8.0 μm 以下>

本實施形態的鋼線中，變韌鐵塊之粒徑的標準偏差為8.0 μm 以下。

在鋼線中，變韌鐵塊之粒徑的標準偏差大於8.0 μm 時，變韌鐵塊之粒徑的偏差會變大，形成機械零件之冷鍛造時變得容易產生加工裂紋。

因此，在鋼線中，變韌鐵塊之粒徑的標準偏差的上限設為8.0 μm 。

[0060] <(p)抗拉強度：800MPa~1600MPa>

在本實施形態的鋼線中，抗拉強度為800MPa~1600MPa。

本實施形態因為以獲得抗拉強度800MPa以上之非調質機械零件為基礎，故期望能與加工成為機械零件之前的鋼線有著相同程度之抗拉強度。

另一方面，大於1600MPa之鋼線，難以自鋼線透過冷鍛造來製造機械零件。

因此，作為鋼線之強度，抗拉強度設為800MPa~1600MPa。

適宜的抗拉強度為1200MPa~16000MPa，較佳為1240MPa~1560MPa，更佳為1280~小於1460MPa。

[0061]為了獲得上述本實施形態的非調質機械零件用鋼線，作為原料之線材必須具有以下(q)~(v)之特徵。又，關於(q)之成分組成，由於已作說明而不再贅述。

(q)具有上述化學成分。

(r)以質量%計之前述C含量設為[C%]時，組織含有以體積%計 $75 \times [C\%] + 25\%$ 以上之變韌鐵。

(s)剩餘部分不含麻田散鐵而為肥粒鐵及波來鐵之一種以上。

(t)前述組織的變韌鐵塊的平均粒徑為 $5.0\mu\text{m} \sim 20.0\mu\text{m}$ 。

(u)前述變韌鐵塊之粒徑的標準偏差為 $15.0\mu\text{m}$ 以下。

(v)在前述線材之與其長度方向垂直的截面中，將前述線材的直徑設為 $D_1\text{mm}$ ，自前述線材之表面起至朝前述截面的中心之深度為 $0.1 \times D_1\text{mm}$ 為止之區域設為前述線材的第1表層部，自深度為 $0.25 \times D_1\text{mm}$ 起至前述截面的中心為止之區域設為前述線材的第1中心部，此時，前述第1表層部之前述變韌鐵塊的平均粒徑 $P_{S1}\mu\text{m}$ 與前述第1中心部之前述變韌鐵塊的平均粒徑 $P_{C1}\mu\text{m}$ ，滿足下述式17。

$$P_{S1}/P_{C1} \leq 0.95 \cdots (17)$$

[0062] <(r)變韌鐵之體積率的下限： $75 \times [C\%] + 25$ >

如上所述，在本實施形態的鋼線中，係控制著變韌鐵組織。由於變韌鐵的體積率 V_B 不因伸線加工而變化，故為了獲得本實施形態的鋼線，於線材段階就必須控制變韌鐵的體積率 V_B 。

變韌鐵的體積率 V_B ，以體積%計，未滿足下述式18時，不僅無法獲得良好的伸線加工性，同時剩餘部分之非變韌鐵組織將成為破壞的起點。

因此，線材之變韌鐵的體積率 V_B 的下限必須滿足下述式18。

$$V_B \geq 75 + [C\%] + 25 \cdot \cdot \cdot \text{(式18)}$$

在此，所謂的[C%]係表示線材的C含量。

又，在鋼線中，必須滿足上述式14，C含量為0.20%~0.65%時，線材之變韌鐵的體積率 V_B 的下限，以體積%計，宜滿足下述式19。

$$V_B \geq 45 + [C\%] + 50 \cdot \cdot \cdot \text{(式19)}$$

[0063] <(s)剩餘部分組織：肥粒鐵、波來鐵>

作為本實施形態鋼線之原料的線材，其除了變韌鐵以外的剩餘部分組織可含有肥粒鐵、波來鐵之一種以上。

另一方面，麻田散鐵會使伸線加工時發生斷線，並使伸線加工性惡化。

因此，該線材不含麻田散鐵。

[0064] <(t)變韌鐵塊的平均粒徑：5.0 μm ~20.0 μm >

如上所述，為了獲得本實施形態的鋼線，在線材段階便需要控制變韌鐵塊的平均粒徑。

在線材中，變韌鐵塊的平均粒徑大於20.0 μm 時，不僅在成為鋼線之伸線加工時容易產生裂紋，在伸線加工後的鋼線中，變韌鐵塊的粒徑之偏差也會變大。

因此，線材的變韌鐵塊之平均粒徑的上限設為20.0 μm 。

另一方面，在線材中，為了將變韌鐵塊的平均粒徑設為小於5.0 μm ，製造方法會變得複雜且會提高製造成本。

因此，線材的變韌鐵塊之平均粒徑的下限設為5.0 μm 。

[0065] <(u)變韌鐵塊之粒徑的標準偏差：15.0 μm 以下>

如上所述，爲了獲得本實施形態的鋼線，在線材段階便需要控制變韌鐵塊之粒徑的偏差。

因此，在線材中，變韌鐵塊之粒徑的標準偏差爲 $15.0\mu\text{m}$ 以下。

線材的變韌鐵塊之粒徑的標準偏差大於 $15\mu\text{m}$ 時，變韌鐵塊之粒徑的偏差將會變大，伸線加工後之鋼線的冷間加工性將會惡化。

因此，在線材中，變韌鐵塊之粒徑的標準偏差的上限設爲 $15\mu\text{m}$ 。

$$[0066] \langle (v)P_{S1}/P_{C1} \leq 0.95 \rangle$$

如上所述，爲了獲得本實施形態的鋼線，在線材段階便需要控制表層部之變韌鐵塊的粒徑。

如圖1所示，在線材之與其長度方向垂直的截面上，將線材的直徑設爲 $D_1\text{mm}$ 時，自線材的表面起至深度爲 $0.1 \times D_1\text{mm}$ 爲止之區域設爲第1表層部，自深度爲 $0.25 \times D_1\text{mm}$ 起至截面的中心爲止之區域設爲第1中心部。

第1表層部之變韌鐵塊的平均粒徑 P_{S1} 與第1中心部之變韌鐵塊的平均粒徑 P_{C1} ，滿足下述式20。

$$P_{S1}/P_{C1} \leq 0.95 \cdots (\text{式}20)$$

在此，所謂的 P_{S1} ，單位爲 μm ，係表示在線材之第1表層部中的變韌鐵塊之平均粒徑；所謂的 P_{C1} ，單位爲 μm ，係表示在線材之第1中心部中的變韌鐵塊之平均粒徑。

在線材中， P_{S1} 與 P_{C1} 之比率大於0.95時，不僅於伸線加工時容易產生裂紋，鋼線的冷加工性也會惡化。

因此，在線材中，上述變韌鐵塊之平均粒徑的比率 P_{S1}/P_{C1} 設為0.95以下。

上述變韌鐵塊之平均粒徑的比率 P_{S1}/P_{C1} 適宜之上限為0.90。

[0067]將如前述所製造之鋼線，用作具有預定抗拉強度及耐氫脆化特性的機械零件時，將鋼線之線徑設為 $D_3\text{mm}$ 時，則自表面起至 $0.1 \times D_3\text{mm}$ 為止之區域中的組織態樣是很重要的。

[0068]藉由對本實施形態的鋼線進行冷加工，可獲得本實施形態的非調質機械零件。

本實施形態的非調質機械零件，具有圓柱軸，且具有以下(I)~(VIII)之特徵。又，關於(I)之成分組成，由於已作說明而不再贅述。

(I)具有上述化學成分。

(II)以質量%計之前述C含量設為[C%]時，組織含有以體積%計 $75 \times [C\%] + 25\%$ 以上之變韌鐵。

(III)剩餘部分為肥粒鐵及波來鐵之一種以上。

(IV)在軸之與其長度方向平行的截面中，將前述軸的直徑設為 $D_3\text{mm}$ ，自前述軸之表面起至朝前述軸的中心之深度為 $0.1 \times D_3\text{mm}$ 為止之區域設為前述機械零件的第4表層部，在前述機械零件的第4表層部中變韌鐵塊的平均縱橫比設為R2，此時前述R2為1.2以上。

(V)在前述軸之與其長度方向垂直的截面中，將前述軸的直徑設為 $D_3\text{mm}$ ，自前述軸之表面起至朝前述截面的中心

之深度為 $0.1 \times D_3 \text{mm}$ 為止之區域設為前述機械零件的第5表層部，在前述鋼線的第5表層部中前述變韌鐵塊的平均粒徑設為 $P_{S5} \mu\text{m}$ ，此時 P_{S5} 滿足下述式21。

$$P_{S5} \leq 20/R2 \cdots (\text{式}21)$$

(VI)在前述軸之與其長度方向垂直的截面中，將前述軸的直徑設為 $D_3 \text{mm}$ ，自深度為 $0.25 \times D_3 \text{mm}$ 起至前述截面的中心為止之區域設為前述機械零件的第5中心部，此時，前述鋼線的第5表層部中前述變韌鐵塊的平均粒徑 $P_{S5} \mu\text{m}$ 與前述鋼線的第5中心部中前述變韌鐵塊的平均粒徑 $P_{C5} \mu\text{m}$ ，滿足下述式22。

$$P_{S5}/P_{C5} \leq 0.95 \cdots (\text{式}22)$$

(VII)前述變韌鐵塊之粒徑的標準偏差為 $8.0 \mu\text{m}$ 以下。

(VIII)抗拉強度為 $800 \text{MPa} \sim 1600 \text{MPa}$ 。

[0069]在本實施形態的非調質機械零件中，上述(I)~(VII)的限定理由，相同於上述本實施形態的非調質機械零件用鋼線之上述(i)~(o)各個特徵的限定理由。

其理由在於，將鋼線藉由冷鍛造來製造機械零件的過程中，成分及組織的體積率不會變化，而且變韌鐵塊之粒徑的標準偏差、平均縱橫比、表層部之平均粒徑相對於中心部之平均粒徑的比率，幾乎皆不會變化。

而且，鋼線的直徑 $D_2 \text{mm}$ 與機械零件之圓柱軸之直徑 $D_3 \text{mm}$ 亦可相等。

又，前述非調質機械零件亦可為螺栓。

[0070] <(VIII)抗拉強度： $800 \text{MPa} \sim 1600 \text{MPa}$ >

在本實施形態的非調質機械零件中，抗拉強度為800MPa~1600MPa。

本發明係以獲得抗拉強度800MPa以上之非調質機械零件為基礎。強度以抗拉強度計小於800MPa的零件，並不需適用於本發明。

另一方面，大於1600MPa時的零件，其氫脆化特性會劣化。

因此，作為零件之強度，抗拉強度設為800MPa~1600MPa。

適宜之抗拉強度為1200MPa~16000MPa，較佳為1240MPa~1560MPa，更佳為1280~小於1460MPa。

[0071]接著，說明關於本實施形態的非調質機械零件用鋼線、非調質機械零件用線材及非調質機械零件之組織的測量方法。

<變韌鐵之體積率的測量方法>

變韌鐵之體積率，例如，藉由掃描式電子顯微鏡，對線材的C截面即垂直於線材之長度方向的截面以1000倍之倍率進行攝影，並分析影像而求得。

舉例來說，在線材的C截面上，對線材之表層(表面)附近(第1表層部)、 $1/4D_1$ 部(沿著線材的中心方向即深度方向，自距離線材之表面為線材的直徑 D_1 之 $1/4$ 的部分)、及 $1/2D_1$ 部(第1中心部：線材之中心部分)，分別以 $125\mu\text{m}\times 95\mu\text{m}$ 之區域進行攝影。

測量該區域內各個變韌鐵之面積，並將其合計值除以

觀察區域，藉此求得變韌鐵的面積率。

又，非變韌鐵組織的面積率，是由100%減去變韌鐵的面積率所求得。

觀察面即C截面所含之組織的面積率，會等同於組織的體積率，故透過分析影像所得之面積率即為組織的體積率。

又，鋼線及機械零件之變韌鐵的體積率，也能以相同的方式來測量。

[0072] <變韌鐵塊之粒徑的定義>

所謂的變韌鐵塊，其意義乃如下所述。

例如，透過EBSD裝置(Electron Back Scatter Diffraction Patterns)所測量之bcc結構的結晶方位分佈圖中，將方位差在 15° 以上的邊界設為變韌鐵塊晶界。

而且，藉由後述方法所獲得之一個變韌鐵塊粒的等效圓粒徑，定義為變韌鐵塊的粒徑。

[0073] <變韌鐵塊之平均粒徑的測量方法>

變韌鐵塊的粒徑，可使用例如EBSD(Electron Back Scatter Diffraction Patterns)裝置進行測量。

具體來說，針對線材，對在線材之與其長度方向垂直的截面即C截面中，將線材的直徑設為 $D_1\text{mm}$ 時，自表面起深度為 $0.1 \times D_1\text{mm}$ 之區域即第1表層部及上述第1中心部進行測量。

在此，所謂的第1中心部，如圖1所示，是沿著中心方向，自距離線材之表面為直徑 $D_1\text{mm}$ 的 $1/4$ 之位置起至中心

為止之區域。

換言之，線材之深度為 $1/4D_1\text{mm}$ ~ $1/2D_1\text{mm}$ 的區域為第1中心部。

然後，在第1表層部與第1中心部中，分別測量 $275\mu\text{m}\times 165\mu\text{m}$ 之區域，從視野內的變韌鐵塊的等效圓直徑，算出各變韌鐵塊的體積，並將其平均體積定義為平均粒徑。

於是，變韌鐵塊的平均粒徑，是第1表層部的第1中心部的平均粒徑。

又，在鋼線及機械零件中，也能以相同方式來測量。

[0074]<變韌鐵塊之標準偏差的測量方法>

變韌鐵塊之粒徑的標準偏差可藉下述方式求得：在上述第1表層部與第1中心部中，每隔 45° 對一處進行測量，從各個測量值之分布即可求得。

又，在鋼線及機械零件中，也能以相同方式來計算。

[0075]<變韌鐵塊之平均縱橫比的測量方法>

變韌鐵塊的平均縱橫比，可藉由以下的方法來測量。

具體來說，如圖2A所示，在鋼線之與其長度方向平行的截面即L截面中，朝截面的中心線，在自表面起至深度為 $0.1\times D_2\text{mm}$ 為止之範圍即第2表層部中，使用EBSD測量 $275\mu\text{m}\times 165\mu\text{m}$ 之區域。

將該區域之各變韌鐵塊視為圓或橢圓，從長徑以及垂直於長徑的短徑來算出縱橫比，並藉由此等計算值之平均，從而能求得在第2表層部之變韌鐵塊的平均縱橫比R1。

又，在機械零件中也能以相同方式來測量 R_2 。

[0076] < P_{S1} 相對於 P_{C1} 之比率的測量方法>

線材之第1表層部的變韌鐵塊的平均粒徑 P_{S1} 與中心部之變韌鐵塊的平均粒徑 P_{C1} 之比率，可藉由以下方法求得。

如圖1所示，在線材之與其長度方向垂直的截面即C截面中，將線材的直徑設為 $D_1\text{mm}$ 時，自表面起深度為 $0.1 \times D_1\text{mm}$ 之區域設為第1表層部。

又，如圖1所示，沿著中心方向，自距離線材之表面為直徑 $D_1\text{mm}$ 之 $1/4$ 部分即 $1/4D_1$ 部起至 $1/2D_1$ 部為止之區域，即設為線材的第1中心部。在第1表層部及第1中心部，分別使用EBSD測量 $275\mu\text{m} \times 165\mu\text{m}$ 之區域。

然後， P_{S1} 相對於 P_{C1} 之比率，藉由上述方法，從各個區域所測量之變韌鐵塊的等效圓直徑而求出平均粒徑，並將第1表層部之變韌鐵塊的平均粒徑 P_{S1} 除以第1中心部之變韌鐵塊的平均粒徑 P_{C1} ，藉此求得。

又，在鋼線中也能以相同方式求出 P_{S3} 相對於 P_{C3} 之比率。

又，在機械零件中也能以相同方式求出 P_{S5} 相對於 P_{C5} 之比率。

[0077] 藉由滿足上述化學成分與組織，可獲得冷加工性優異之鋼線、作為該鋼線之原料且伸線加工性優異的線材、及兼具高強度與氫脆化特性的機械零件。

為了獲得上述線材、鋼線及機械零件，可藉由後述之製造方法來製造線材、鋼線及機械零件。

接著，說明關於本實施形態的線材、鋼線及機械零件適宜之製造方法。

[0078]本實施形態的線材、鋼線及機械零件，能採用以下之方式而製得。

又，以下所說明之線材、鋼線及機械零件的製造方法，僅為用以獲得本實施形態的線材、鋼線及機械零件的其中一種態樣，其並不限於以下的順序及方法，只要是能夠實現本發明之構成的任何方法皆可採用。

[0079]製造本實施形態的線材、鋼線及機械零件時，為了使變韌鐵的體積率、變韌鐵塊的平均粒徑、變韌鐵塊之粒徑的標準偏差、表層部之變韌鐵塊的平均縱橫比、表層部之變韌鐵塊的平均粒徑、及表層部與中心部其變韌鐵塊平均粒徑之比率能滿足以上所述之各個條件，宜設定鋼之化學成分、各步驟、及在各步驟中的條件。

又，因應機械零件所需之抗拉強度，可設定製造條件。

[0080]<線材及鋼線的製造方法>

首先，對由預定成分組成所構成之鋼片進行加熱。

接著，對業經加熱之鋼片進行熱軋軋，並在大於900℃下捲取成環狀。

之後，施行如後述之含1次冷卻、2次冷卻的2段階冷卻，接著，維持恆溫(施行恆溫變態處理)，從而獲得線材。

所謂的1次冷卻，是自捲取結束溫度起至600℃為止，以20℃/秒~100℃/秒的1次冷卻速度進行冷卻，進一步，所謂的2次冷卻，是自600℃起至500℃為止，以20℃/秒以下

的2次冷卻速度進行冷卻。

2段階冷卻後，維持恆溫(施行恆溫變態處理)，接著，藉由進行伸線加工，即可製得具有上述顯微組織之本實施形態的非調質機械零件用鋼線。

[0081]捲取溫度會影響變態後之變韌鐵組織。

捲取溫度為900℃以下時，變韌鐵塊之粒徑的標準偏差會變大，於鋼線之冷加工性、機械零件中將會產生加工裂紋。

因此，捲取溫度設為大於900℃。

[0082]捲取後之1次冷卻速度小於20℃/秒時，變韌鐵塊之粒徑的標準偏差會變大，於鋼線之冷加工性、機械零件中將會產生加工裂紋。

另一方面，自600℃起至500℃為止的2次冷卻速度大於20℃/秒時，變韌鐵的體積率無法滿足上述式18。

因此，自捲取結束溫度起至600℃為止，以20℃/秒~100℃/秒的1次冷卻速度進行冷卻；自600℃起至500℃為止，則以20℃/秒以下的2次冷卻速度進行冷卻。

[0083]具體來說，2段階冷卻乃施行以下的方法。利用熱軋時之餘熱，將線材浸漬於熔融鹽槽，使之發生恆溫變韌鐵變態。即，捲取結束後，直接將線材浸漬於350℃~500℃的熔融鹽槽1並冷卻至600℃為止，接著施行冷卻至500℃為止的2段階冷卻。之後，浸漬於與熔融鹽槽1相連之350℃~600℃的熔融鹽槽2並維持恆溫。

於熔融鹽槽1的浸漬時間設為5秒~150秒，於熔融鹽槽2

的浸漬時間設為5秒~150秒。

熔融鹽槽1與熔融鹽槽2合計的浸漬時間設為40秒以上。

特別是，對機械零件要求1200MPa~1600MPa之抗拉強度時，於熔融鹽槽1的浸漬時間宜設為25秒~150秒，於熔融鹽槽2的浸漬時間宜設為25秒~150秒。

又，對機械零件要求1200MPa~1600MPa之抗拉強度時，熔融鹽槽1與熔融鹽槽2合計的浸漬時間宜設為60秒以上。

[0084]相較於經連續冷卻處理所生成之變韌鐵，經恆溫變態處理所生成的變韌鐵其變韌鐵塊之粒徑的偏差較小。

[0085]如上所述，關於熔融鹽槽之浸漬時間，從線材足夠的溫度維持與生產性之觀點來看，所有槽均設為5~150秒。

又，在熔融鹽槽中維持預定時間後的冷卻，可為水冷也可為放冷。

[0086]另外，作為浸漬槽，就算不使用熔融鹽槽，而是使用鉛浴槽、流體床等設備，也能獲得同樣效果。

不過，從環境、製造成本的觀點來看，熔融鹽槽較為優異。

透過以上方法，將能製造作為本實施形態鋼線之原料的線材。

[0087]又，由本實施形態的線材來製造鋼線時的伸線加工中，面積收縮率設為10%~80%。

伸線加工之面積收縮率小於10%時，加工硬化變得不充

分，且抗拉強度不足。

另一方面，面積收縮率大於80%時，由鋼線來製造機械零件的冷鍛造時，變得容易產生加工裂紋。

[0088]又，在機械零件中要求1200MPa~1600MPa之抗拉強度時，在伸線加工中，面積收縮率宜設為20%~90%。

伸線加工之面積收縮率小於20%時，機械零件的耐氫脆化特性會劣化。

另一方面，面積收縮率大於90%時，由鋼線來製造機械零件的冷鍛造時，加工裂紋變得更容易產生。

又，伸線加工之面積收縮率，宜為30%~86%。

[0089]使用以此方式所獲得之鋼線來加工成形為最終的機械零件時，為了維持上述顯微組織，亦可於成形加工前不施行熱處理。

以此方式所獲得之鋼線進行冷鍛造即進行冷加工，藉此可獲得抗拉強度為800MPa~1600MPa的非調質機械零件。

本實施形態的機械零件中，抗拉強度設為800MPa以上。

用作機械零件而要求抗拉強度小於800MPa時，並不需適用於本實施形態的鋼線。特別是在1200MPa以上時，耐氫脆化特性會明顯提升。

另一方面，用作機械零件而要求抗拉強度大於1600MPa時，將難以透過冷鍛造來製造本實施形態的機械零件，且機械零件的耐氫脆化特性會劣化。

因此，機械零件的抗拉強度設為800MPa~1600MPa。

[0090]本實施形態的機械零件，作為機械零件，就算維持現狀仍為高強度。

然而，為了提高降伏強度、降伏比或延性等作為機械零件所需之其他材質特性，冷鍛造成為零件形狀之後，亦可將機械零件在200℃~600℃維持10分鐘~5小時，之後，進行冷卻。

又，該熱處理，並不同於用以調質的熱處理。

[實施例]

[0091]接著，對於本發明的實施例進行說明。

不過，實施例中的條件，是為了確認本發明的可實施性及效果所採用的一種條件例，但本發明並不限於這一種條件例。

只要不偏離本發明的要旨且能實現本發明之目的，本發明可以採用各種條件。

[0092]將成分組成列示於表1。又，表中的底線，係表示為本發明之範圍外。

於實施例所提供之鋼的成分組成中，C含量設為[C%]、Si含量設為[Si%]、Mn含量設為[Mn%]、Cr含量設為[Cr%]、Mo含量設為[Mo%]，並藉由下述式G而計算F1。

將所求得之F1，列示於表1。

$$F1=0.6 \times [C\%] - 0.1 \times [Si\%] + 1.4 \times [Mn\%] + 1.3 \times [Cr\%] + 3.7 \times [Mo\%] \cdots (G)$$

[0093]將此等鋼種所構成之鋼片，熱軋軋至線徑13.0mm或16.0mm。

熱軋後，以記載於表2-1之捲取溫度來進行捲取，同樣以記載於表2-1之方法來施行2段階冷卻與維持恆溫(恆溫變態處理)，從而獲得線材。

[0094]於表2-1中列示：熱軋後的捲取溫度、熔融鹽槽1的溫度及維持時間、自捲取溫度起至600℃為止的1次冷卻速度、自600℃起至500℃為止的2次冷卻速度、及在熔融鹽槽2中的恆溫維持溫度與恆溫維持時間。

2段階冷卻後施行恆溫變態處理的線材，係同樣以表2-1所示之面積收縮率施行伸線加工，從而獲得鋼線。

[0095]將線材的組織列示於表2-2-1，將鋼線的組織列示於表2-2-2。又，線材中的變韌鐵的體積率與鋼線中的變韌鐵的體積率一致。

關於變韌鐵的體積率 V_B (單位：體積%)，底線係未滿足下述式H者。

$$V_B \geq 75 \times [C\%] + 25\% \cdots (H)$$

又，在組織的剩餘部分中，F表示肥粒鐵，P表示波來鐵，M表示麻田散鐵。

變韌鐵的體積率，是透過掃描式電子顯微鏡，對線材的C截面即垂直於線材之長度方向的截面，以1000倍之倍率進行攝影，並分析影像而求得。

在線材的C截面上，對線材之表層(表面)附近(第1表層部)、自 $1/4D_1$ 部(沿著線材的中心方向即深度方向，自距離線材之表面為線材的直徑 D_1 之 $1/4$ 的部分)起至 $1/2D_1$ 部為止的範圍(第1中心部：線材之中心部分)，分別以 $125\mu\text{m} \times 95\mu\text{m}$

之區域進行攝影。

測量該區域內各個變韌鐵之面積，並將其合計值除以觀察區域，藉此求得變韌鐵的面積率。

又，非變韌鐵組織的面積率，是由100%減去變韌鐵的面積率所求得。

觀察面即C截面所含之組織的面積率，會等同於組織的體積率，故透過分析影像所得之面積率即為組織的體積率。

鋼線之體積率也能以上述方法求得。

[0096]關於表2-2-1中線材之變韌鐵塊的平均粒徑，係以下述方法測量。

在透過EBSD裝置所測量之bcc結構的結晶方位分佈圖中，將方位差在 15° 以上的邊界設為變韌鐵塊晶界。

針對線材，對在線材之與其長度方向垂直的截面即C截面中，將線材的直徑設為 $D_1\text{mm}$ 時，自表面起深度為 $0.1 \times D_1\text{mm}$ 之區域即第1表層部及上述第1中心部進行測量。

在此，所謂的第1中心部，如圖1所示，是沿著中心方向，自距離線材之表面為直徑 $D_1\text{mm}$ 的 $1/4$ 之位置起至中心為止之區域。

在第1表層部與第1中心部中，分別測量 $275\mu\text{m} \times 165\mu\text{m}$ 之區域，從視野內的變韌鐵塊的等效圓直徑，算出各變韌鐵塊的體積，並將其平均體積定義為平均粒徑。

於是，變韌鐵塊的平均粒徑，設為第1表層部的第1中

心部的平均粒徑。

在表2-2-1中，變韌鐵塊的平均粒徑不在 $5.0\mu\text{m}\sim 20.0\mu\text{m}$ 之範圍內者，其畫有底線。

[0097]關於表2-2-1中的線材之變韌鐵塊粒徑的標準偏差、及表2-2-2中的鋼線之變韌鐵塊粒徑的標準偏差，係以下述方法測量。

線材中的變韌鐵塊粒徑的標準偏差，係由上述第1表層部之測量值及第1中心部之測量值各自之分布所求得。至於鋼線，則是由第3表層部及第3中心部之測量值各自的分布所求得。

在表2-2-1中，將變韌鐵塊之標準偏差大於 $15.0\mu\text{m}$ 者畫上底線；在表2-2-2中，將變韌鐵塊之標準偏差大於 $8.0\mu\text{m}$ 者畫上底線。

[0098]將線材之第1表層部中的變韌鐵塊之平均粒徑 P_{S1} 及第1中心部中的變韌鐵塊之平均粒徑 P_{C1} ，列示於表2-2-1中。

將鋼線之第3表層部中的變韌鐵塊之平均粒徑 P_{S3} 及第3中心部中的變韌鐵塊之平均粒徑 P_{C3} ，列示於表2-2-2中。

線材之第1表層部與第1中心部、以及鋼線之第3表層部與第3中心部中的變韌鐵塊之平均粒徑 P_{S1} 、 P_{C1} 、 P_{S3} 及 P_{C3} (單位： μm)，係以下述方法測量。使用EBSD，分別測量 $275\mu\text{m}\times 165\mu\text{m}$ 之區域，從視野內的變韌鐵塊的等效圓直徑，算出各變韌鐵塊的體積，並將其平均體積定義為平均粒徑。

又，所謂的線材之第1表層部與第1中心部、以及鋼線之第3表層部與第3中心部，已如上所述。

另外，於表2-2-1中，將第1表層部之變韌鐵塊的平均粒徑 P_{S1} 相對於第1中心部之變韌鐵塊的平均粒徑 P_{C1} 之比，未滿足下述式I者畫上底線。

$$P_{S1}/P_{C1} \leq 0.95 \cdots (I)$$

於表2-2-2中，將第3表層部之變韌鐵塊的平均粒徑 P_{S3} 相對於第3中心部之變韌鐵塊的平均粒徑 P_{C3} 之比未，滿足下述式J者畫上底線。

$$P_{S3}/P_{C3} \leq 0.95 \cdots (J)$$

[0099]在表2-2-2中，鋼線之第2表層部中的變韌鐵塊的平均縱橫比 $R1$ ，係藉由以下的方法來測量。

在鋼線之與其長度方向平行的截面即L截面中，朝截面的中心線，在自表面起至深度為 $0.1 \times D_2 \text{mm}$ 為止之範圍即第2表層部中，使用EBSD測量 $275\mu\text{m} \times 165\mu\text{m}$ 之區域。

將該區域之各變韌鐵塊視為圓或橢圓，從長徑以及垂直於長徑的短徑來算出縱橫比，並藉由此等計算值之平均，求得在第2表層部之變韌鐵塊的平均縱橫比 $R1$ 。

在表2-2-2中，將第2表層部之平均縱橫比 $R1$ 小於1.2者畫上底線。

又，在鋼線中，第2表層部之平均縱橫比 $R1$ 與第3表層部之變韌鐵塊的平均粒徑 P_{S3} 之關係，未滿足下述式K時，畫上底線。

$$P_{S3} \leq 20/R1 \cdots (K)$$

[0100]線材之伸線加工性則列示於表2-3。

線材之伸線加工性，由線材到鋼線之伸線加工中就算僅發生一次斷線，其伸線加工性即判定為「不良」。

又，鋼線之抗拉強度與冷間加工性列示於表2-3。

抗拉強度，是使用JIS Z 2201之9A試驗片，施行依據JIS Z 2241試驗方法的拉伸試驗來評價。

冷加工性，係以變形阻力與臨界壓縮率來評價。

首先，將伸線加工後的鋼線進行機械加工，作成 ϕ 5.0mm×7.5mm之試料。

然後，使用該試料，透過帶有同心圓狀溝的模具，約束端面並進行壓縮。

此時，求出以相當於應變1.0之壓縮率57.3%進行加工時之最大應力(變形阻力)，並以未產生裂紋之最大壓縮率(臨界壓縮率)來評價。

鋼線的抗拉強度為800MPa~1200MPa時，以壓縮率57.3%進行加工時之最大應力為1100MPa以下者，其變形阻力判定為「良」。又，未產生裂紋之最大壓縮率為70%以上者，其臨界壓縮率判定為「良」。

鋼線的抗拉強度為1200MPa~1600MPa時，以壓縮率57.3%進行加工時之最大應力為1200MPa以下者，其變形阻力判定為「良」。又，未產生裂紋之最大壓縮率為60%以上者，其臨界壓縮率判定為「良」。

又，對線材進行伸線加工卻未能具有預定組織之鋼線時，此類線材為比較例。

[0101]接著，對鋼線進行冷鍛造即進行冷加工，然後，施行熱處理，從而獲得機械零件。

施行鋼線冷鍛造後之熱處理的熱處理溫度與維持時間係列示於表3-1。

又，在表3-1中，機械零件No.1001~1018及1042是對機械零件要求抗拉強度為800MPa~1200MPa之情況的實施例，機械零件No.1019~1036則是對機械零件要求抗拉強度為1200MPa~1600MPa之情況的實施例。

[0102]於表3-1中列示：機械零件之變韌鐵的體積率、組織的剩餘部分、變韌鐵塊之粒徑的標準偏差、變韌鐵塊之第4表層部的平均縱橫比R2、變韌鐵塊之第5表層部的平均粒徑 P_{S5} 、變韌鐵塊之第5表層部的平均粒徑 P_{C5} 、以及 $20/R2$ 與 P_{S5}/P_{C5} 。

此等係採用與鋼線相同的方法進行測量。

在表3-1中，將未滿足下述式L的變韌鐵之體積率者畫上底線。

$$V_B \geq 75 \times [C\%] + 25\% \cdots (L)$$

在表3-1中，將變韌鐵塊的標準偏差大於 $8.0\mu\text{m}$ 者畫上底線。

在表3-1中，將第4表層部的平均縱橫比R2小於1.2者畫上底線。

在表3-1中，將第4表層部的平均縱橫比R2與第5表層部之變韌鐵塊的平均粒徑 P_{S5} 之關係，未滿足下述式M時，畫上底線。

$$P_{S5} \leq 20/R2 \cdot \cdot \cdot (M)$$

又，在表3-1中，將第5表層部之變韌鐵塊的平均粒徑 P_{S5} 相對於第5中心部之變韌鐵塊的平均粒徑 P_{C5} 之比，未滿足下述式N者畫上底線。

$$P_{S5}/P_{C5} \leq 0.95 \cdot \cdot \cdot (N)$$

[0103]將機械零件的抗拉強度與耐氫脆化特性列示於表3-2。

與鋼線相同，抗拉強度係使用JIS Z 2201之9A試驗片，施行依據JIS Z 2241試驗方法的拉伸試驗來評價。

耐氫脆化特性，則是透過以下的方法來評價。

首先，將鋼線加工成螺栓，就抗拉強度為800~1200MPa的螺栓而言，是透過電解充氫法(Electrolytic Hydrogen Charging)而使試料含有2.0ppm的擴散性氫；就抗拉強度為1200~1600MPa的螺栓而言，則是使試料含有0.5ppm的擴散性氫。

之後，爲了在試驗中讓氫不會從試料朝大氣中釋出而施行了鍍Cd。

接著，在大氣中加載最大拉伸荷重之90%的荷重，並確認經100小時後是否存在斷裂。

而且，未產生斷裂者評價爲「良」，產生斷裂者評價爲「不良」。

[0104][表1]

鋼種	C	Si	Mn	P	S	N	O	Cr	Mo	Ti	Al	B	Nb	V	FI
A	0.19	0.20	0.89	0.012	0.015	0.0042	0.0008	0.15		0.014	0.028	0.0018			1.54
B	0.19	0.16	0.92	0.009	0.012	0.0039	0.0010	0.18		0.022	0.031	0.0020			1.62
C	0.20	0.07	1.15	0.011	0.009	0.0041	0.0013	0.14		0.031		0.0017			1.91
D	0.21	0.12	0.90	0.012	0.011	0.0044	0.0011	0.13	0.02		0.049	0.0018	0.021	0.03	1.62
E	0.22	0.18	1.22	0.008	0.008	0.0037	0.0008				0.048	0.0019			1.82
F	0.25	0.19	1.05	0.009	0.014	0.0035	0.0010	0.14		0.023	0.019	0.0022			1.78
G	0.32	0.09	1.40	0.008	0.018	0.0042	0.0009	0.20			0.033				2.40
H	0.35	0.18	0.72	0.010	0.012	0.0045	0.0012	1.03	0.16		0.031				3.13
I	0.33	0.17	1.02	0.014	0.014	0.0046	0.0011	0.14		0.018	0.034	0.0018		0.02	1.79
J	0.45	0.08	1.21	0.012	0.012	0.0041	0.0011	0.13		0.024	0.024	0.0021			2.13
K	0.21	0.18	0.91	0.009	0.011	0.0053	0.0012	0.15			0.032				1.58
L	0.22	0.19	0.73	0.012	0.012	0.0041	0.0011	1.03	0.17		0.032				3.10
M	0.22	0.18	0.92	0.009	0.011	0.0038	0.0009	0.16		0.019	0.034	0.0018		0.02	1.61
N	0.26	0.19	1.06	0.014	0.014	0.0036	0.0013	0.15			0.049	0.0021			1.82
O	0.33	0.18	1.03	0.011	0.009	0.0037	0.0011	0.16		0.022	0.028	0.0020			1.83
P	0.36	0.18	0.73	0.014	0.010	0.0040	0.0010	1.04	0.16		0.031				3.16
Q	0.43	0.20	0.74	0.008	0.011	0.0036	0.0009	0.17		0.024	0.033	0.0022			1.50
R	0.46	0.21	1.22	0.009	0.012	0.0034	0.0012	0.16		0.022	0.030	0.0021			2.17
S	0.49	0.22	1.23	0.011	0.008	0.0033	0.0009	0.18		0.021	0.037	0.0019	0.017		2.23
T	0.51	0.22	0.72	0.013	0.015	0.0039	0.0012	1.03	0.16		0.027				3.22
U	0.59	0.10	1.23	0.012	0.012	0.0038	0.0008	0.21		0.017	0.035	0.0018	0.018		2.34
V	0.63	0.18	1.42	0.009	0.014	0.0040	0.0010	0.11		0.019	0.031	0.0019		0.03	2.49
W	0.63	0.19	0.75	0.008	0.009	0.0035	0.0009	0.99	0.15		0.029				3.25
X	0.42	0.25	1.06	0.012	0.015	0.0041	0.0011	0.13			0.033				1.88
Y	0.11	0.23	1.31	0.012	0.010	0.0042	0.0015	0.32	0.15	0.012	0.033		0.023	0.05	2.85
Z	0.82	0.22	0.77	0.013	0.012	0.0044	0.0010	0.45	0.22	0.013	0.032	0.0013			2.95
AA	0.24	1.82	0.65	0.015	0.013	0.0043	0.0009	0.52			0.035				1.55
AB	0.55	0.23	0.25	0.009	0.008	0.0036	0.0009	1.05	0.20		0.032				2.76
AC	0.22	0.19	2.31	0.012	0.011	0.0041	0.0012			0.012	0.034				3.35

[0105][表2-1]

鋼線No.	鋼種	製造條件								伸線加工 面積 收縮率
		捲取 溫度 [°C]	2 階段冷卻				維持恆溫 (恆溫變態處理)		熔融鹽槽 維持時間 合計 [s]	
			自捲取起至 600°C為止之 1次冷卻速度 [°C/s]	自600°C起至 500°C為止之 2次冷卻速度 [°C/s]	熔融鹽槽 1		熔融鹽槽 2			
					溫度 [°C]	維持 時間 [s]	溫度 [°C]	維持 時間 [s]		
101	A	910	66	17	460	33	550	49	82	28.4
102	A	800	38	24	510	31	550	48	79	28.4
103	B	910	69	15	460	28	560	43	71	62.1
104	C	910	71	18	450	34	550	50	84	62.1
105	C	910	69	18	450	12	450	15	27	-
106	D	910	68	16	460	38	540	58	96	52.1
107	E	910	71	17	460	27	540	41	68	52.1
108	F	910	55	18	460	28	560	43	71	52.1
109	G	910	68	15	450	36	550	46	82	62.1
110	G	820	5.2	風冷					-	62.1
111	G	分批式LP							-	62.1
112	H	910	64	16	390	42	390	62	104	62.1
113	H	910	68	15	450	15	550	20	35	-
114	H	820	1.0	緩冷					-	62.1
115	H	分批式LP							-	62.1
116	I	910	59	16	390	25	420	38	63	62.1
117	J	910	72	17	390	33	420	50	83	52.1
118	K	910	69	19	450	29	550	45	74	62.1
119	L	920	51	15	380	41	380	62	103	75.0
120	L	920	52	15	400	25	550	33	58	-
121	M	920	49	14	380	34	420	52	86	75.0
122	N	920	47	12	450	33	550	50	83	85.9
123	O	920	48	15	380	31	540	47	78	85.9
124	O	820	5.5	風冷					-	85.9
125	O	分批式LP							-	85.9
126	P	920	50	13	380	39	390	59	98	75.0
127	P	820	1.6	放冷					-	75.0
128	P	分批式LP							-	15.6
129	Q	920	51	11	400	32	480	47	79	85.9
130	R	920	53	12	380	34	490	50	84	75.0
131	S	920	51	14	380	35	480	52	87	75.0
132	T	920	52	15	380	42	390	63	105	75.0
133	U	920	51	12	400	38	520	58	96	85.9
134	V	920	48	9	400	32	530	47	79	85.9
135	W	920	53	12	380	45	390	68	113	75.0
136	X	920	49	13	400	33	560	50	83	85.9
137	Y	920	51	14	420	42	480	58	100	-
138	Z	920	51	14	420	42	480	58	100	-
139	AA	920	51	14	420	42	480	58	100	-
140	AB	920	51	14	420	42	480	58	100	-
141	AC	920	51	14	420	42	480	58	100	-
142	J	910	74	18	390	33	420	50	83	10.2

[0106][表2-2-1]

鋼線No.	鋼種	線材的 線徑 D ₁ [mm]	線材的組織							
			變韌鐵 [體積%]	式(1)* ¹ 下限 [體積%]	剩餘* ² 部分	變韌鐵塊				
						平均粒徑 [μm]	粒徑的 標準偏差 [μm]	第1表層部 平均粒徑P ₈₁ [μm]	第1中心部 平均粒徑P ₀₁ [μm]	P ₈₁ /P ₀₁ [-]
101	A	13.0	45	39.3	F,P	14.5	10.1	12.8	15.3	0.84
102	A	13.0	24	39.3	F,P	15.0	12.3	13.7	15.9	0.86
103	B	13.0	52	39.3	F,P	15.1	9.7	11.8	16.4	0.72
104	C	13.0	55	40.0	F,P	14.0	9.8	12.7	15.1	0.84
105	C	13.0	38	40.0	F,P,M	15.8	15.4	13.4	17.2	0.78
106	D	13.0	54	40.8	F,P	13.1	8.2	10.7	14.2	0.75
107	E	13.0	57	41.5	F,P	14.5	9.4	12.9	15.4	0.84
108	F	13.0	52	43.8	F,P	13.3	9.6	11.3	13.9	0.81
109	G	13.0	62	49.0	F,P	14.6	10.3	12.4	15.7	0.79
110	G	13.0	53	49.0	P,F	13.4	16.7	11.9	14.0	0.85
111	G	13.0	82	49.0	P	21.3	9.9	22.5	20.2	1.11
112	H	13.0	81	51.3	P	16.9	9.1	13.5	18.6	0.73
113	H	13.0	22	51.3	M	17.8	15.5	15.6	19.9	0.78
114	H	13.0	58	51.3	P,F	18.6	15.3	16.9	20.1	0.84
115	H	13.0	100	51.3	—	22.9	13.3	23.8	22.1	1.08
116	I	13.0	78	49.8	F,P	15.6	8.4	12.9	17.2	0.75
117	J	13.0	77	58.8	F,P	16.2	7.9	13.2	17.9	0.74
118	K	13.0	38	40.8	F,P	15.7	15.5	16.1	18.3	0.88
119	L	16.0	96	41.5	F	13.5	10.3	11.7	14.2	0.82
120	L	16.0	21	41.5	M,P	12.6	11.1	11.3	13.3	0.85
121	M	16.0	79	41.5	P,F	14.2	8.4	12.1	14.9	0.81
122	N	16.0	78	44.5	P,F	12.6	8.1	11.5	13.2	0.87
123	O	16.0	82	49.8	P,F	12.9	7.8	11.3	13.8	0.82
124	O	16.0	71	49.8	P,F	18.2	16.2	16.9	19.1	0.88
125	O	16.0	91	49.8	F	24.6	12.9	25.6	23.9	1.07
126	P	16.0	97	52.0	F	11.8	8.0	10.5	12.6	0.83
127	P	16.0	70	52.0	F,P	20.3	15.9	18.5	20.9	0.89
128	P	16.0	100	52.0	—	18.7	9.4	19.1	18.8	1.02
129	Q	16.0	88	57.3	P,F	13.2	9.1	12.4	13.3	0.93
130	R	16.0	86	59.5	P,F	12.7	9.9	12.1	13.4	0.90
131	S	16.0	87	61.8	P	13.8	10.2	12.8	14.4	0.89
132	T	16.0	100	63.3	—	12.1	7.9	10.6	12.8	0.83
133	U	16.0	89	69.3	P,F	13.1	9.2	12.5	13.6	0.92
134	V	16.0	90	72.3	P,F	12.8	9.5	11.9	13.1	0.91
135	W	16.0	100	72.3	—	12.1	9.4	10.9	12.5	0.87
136	X	16.0	54	56.5	P,F	14.1	12.2	13.1	14.9	0.88
137	Y	16.0	32	33.3	F,P,M	13.9	10.6	12.7	14.5	0.88
138	Z	16.0	78	86.5	P,M	14.2	10.5	13.0	14.8	0.88
139	AA	16.0	65	43.0	FM	13.7	10.7	12.6	14.5	0.87
140	AB	16.0	70	66.3	P,F,M	13.8	10.4	12.5	14.1	0.89
141	AC	16.0	91	41.5	M	14.5	11.8	13.6	15.2	0.89
142	J	9.5	78	58.8	F,P	16.0	8.1	13.1	17.7	0.74

※1: (式1) $75 \times [C\%] + 25$

※2: P(波來鐵), F(肥粒鐵), M(麻田散鐵)

[0107][表2-2-2]

鋼線No.	鋼線的 線徑 D ₂ [mm]	鋼線的組織								
		變韌鐵		剩餘 ^{*2} 部分	變韌鐵塊					
		式(1) ^{*1} 下限	式(1) ^{*1} 下限		粒徑的 標準偏差	第2表層部 平均 縱橫比R1	第3表層部 20/R1	第3表層部 平均粒徑P ₃₃	第3中心部 平均粒徑P _{C3}	P _{S3} /P _{C3}
		[mm]	[體積%]		[μm]	[-]	[μm]	[μm]	[μm]	[-]
101	11.0	45	39.3	F,P	7.7	1.3	15.4	11.7	13.6	0.86
102	11.0	24	39.3	F,P	10.2	1.2	16.7	13.0	15.3	0.85
103	8.0	52	39.3	F,P	5.6	1.7	11.8	9.8	13.6	0.72
104	8.0	55	40.0	F,P	6.3	1.6	12.5	10.2	12.2	0.84
105	-	因伸線加工時之斷線而無法製造鋼線。								
106	9.0	54	40.8	F,P	5.4	1.5	13.3	10.2	13.9	0.73
107	9.0	57	41.5	F,P	6.5	1.4	14.3	10.9	12.6	0.87
108	9.0	52	43.8	F,P	6.4	1.5	13.3	9.1	11.3	0.81
109	8.0	62	49.0	F,P	5.6	1.8	11.1	8.6	11.2	0.77
110	8.0	53	49.0	P,F	13.0	1.3	15.4	10.5	12.8	0.82
111	8.0	82	49.0	P	5.8	1.7	11.8	12.0	10.8	1.11
112	8.0	81	51.3	P	5.5	1.7	11.8	10.2	13.8	0.74
113	-	因伸線加工時之斷線而無法製造鋼線。								
114	8.0	58	51.3	P,F	8.6	1.8	11.1	11.5	13.8	0.83
115	8.0	100	51.3	-	10.0	1.3	15.4	17.4	15.6	1.12
116	8.0	78	49.8	F,P	4.4	1.9	10.5	8.9	11.9	0.75
117	9.0	77	58.8	F,P	5.4	1.5	13.3	11.5	16.1	0.71
118	8.0	38	40.8	F,P	9.4	1.7	11.8	11.9	13.7	0.87
119	8.0	96	41.5	F	4.8	2.2	9.1	8.4	9.9	0.85
120	-	因伸線加工時之斷線而無法製造鋼線。								
121	8.0	79	41.5	P,F	3.3	2.7	7.4	6.8	8.8	0.77
122	6.0	78	44.5	P,F	2.4	3.1	6.5	6.1	7.6	0.81
123	6.0	82	49.8	P,F	2.8	2.9	6.9	5.9	6.6	0.89
124	6.0	71	49.8	P,F	8.3	3.2	6.3	6.4	7.4	0.84
125	6.0	91	49.8	F	3.8	3.5	5.7	5.9	5.2	1.13
126	8.0	97	52.0	F	4.0	1.9	10.5	9.2	11.2	0.82
127	8.0	70	52.0	F,P	8.2	2.0	10.0	9.9	11.0	0.90
128	14.7	100	52.0	-	7.0	1.3	15.4	13.9	14.0	0.99
129	6.0	88	57.3	P,F	3.5	2.6	7.7	7.1	7.7	0.92
130	8.0	86	59.5	P,F	4.4	2.2	9.1	8.3	8.7	0.95
131	8.0	87	61.8	P	4.2	2.3	8.7	7.7	8.9	0.87
132	8.0	100	63.3	-	4.5	1.8	11.1	10.2	12.9	0.79
133	6.0	89	69.3	P,F	3.5	2.8	7.1	6.4	7.5	0.85
134	6.0	90	72.3	P,F	3.2	3.0	6.7	5.2	6.3	0.83
135	8.0	100	72.3	-	4.9	1.9	10.5	9.9	11.1	0.89
136	6.0	54	56.5	P,F	4.3	2.9	6.9	7.1	8.2	0.87
137	-	因伸線加工時之斷線而無法製造鋼線。								
138	-	因伸線加工時之斷線而無法製造鋼線。								
139	-	因伸線加工時之斷線而無法製造鋼線。								
140	-	因伸線加工時之斷線而無法製造鋼線。								
141	-	因伸線加工時之斷線而無法製造鋼線。								
142	9.0	78	58.8	F,P	14.8	1.1	18.2	12.1	16.3	0.74

※1: (式1) 75 × [C%] + 25

※2: P(波來鐵), F(肥粒鐵), M(麻田散鐵)

[0108][表2-3]

鋼線No.	線材的特性			備註	鋼線的特性					備註
	面積收縮率 [%]	斷線之有無 [-]	伸線加工性 [-]		抗拉強度 [Mpa]	變形阻力 [Mpa]	臨界壓縮率 [%]	冷加工性		
								變形阻力 [-]	臨界壓縮率 [-]	
101	28.4	無	良	發明例	856	825	78	良	良	發明例
102	28.4	無	良	比較例	819	804	66	良	不良	比較例
103	62.1	無	良	發明例	1028	981	80以上	良	良	發明例
104	62.1	無	良	發明例	1044	997	80以上	良	良	發明例
105	-	有	不良	比較例	因伸線加工時之斷線而無法製造鋼線。					-
106	52.1	無	良	發明例	980	978	80以上	良	良	發明例
107	52.1	無	良	發明例	981	971	80以上	良	良	發明例
108	52.1	無	良	發明例	979	971	80以上	良	良	發明例
109	62.1	無	良	發明例	1052	999	80以上	良	良	發明例
110	62.1	無	良	比較例	1009	962	68	良	不良	比較例
111	62.1	無	良	比較例	1066	1018	68	良	不良	比較例
112	62.1	無	良	發明例	1165	1081	78	良	良	發明例
113	-	有	不良	比較例	因伸線加工時之斷線而無法製造鋼線。					-
114	62.1	無	良	比較例	1166	1073	66	良	不良	比較例
115	62.1	無	良	比較例	1187	1202	68	不良	不良	比較例
116	62.1	無	良	發明例	1156	1072	76	良	良	發明例
117	52.1	無	良	發明例	1117	1075	76	良	良	發明例
118	62.1	無	良	比較例	1040	987	68	良	不良	比較例
119	75.0	無	良	發明例	1339	1072	68	良	良	發明例
120	-	有	不良	比較例	因伸線加工時之斷線而無法製造鋼線。					-
121	75.0	無	良	發明例	1348	1067	64	良	良	發明例
122	85.9	無	良	發明例	1262	954	68	良	良	發明例
123	85.9	無	良	發明例	1398	1083	66	良	良	發明例
124	85.9	無	良	比較例	1345	1049	56	良	不良	比較例
125	85.9	無	良	比較例	1417	1097	58	良	不良	比較例
126	75.0	無	良	發明例	1358	1108	66	良	良	發明例
127	75.0	無	良	比較例	1290	1086	58	良	不良	比較例
128	15.6	無	良	比較例	1289	1324	46	不良	不良	比較例
129	85.9	無	良	發明例	1369	1068	70	良	良	發明例
130	75.0	無	良	發明例	1348	1097	66	良	良	發明例
131	75.0	無	良	發明例	1359	1092	66	良	良	發明例
132	75.0	無	良	發明例	1378	1087	66	良	良	發明例
133	85.9	無	良	發明例	1389	1063	68	良	良	發明例
134	85.9	無	良	發明例	1411	1076	68	良	良	發明例
135	75.0	無	良	發明例	1378	1089	66	良	良	發明例
136	85.9	無	良	比較例	1362	1087	58	良	不良	比較例
137	-	有	不良	比較例	因伸線加工時之斷線而無法製造鋼線。					-
138	-	有	不良	比較例	因伸線加工時之斷線而無法製造鋼線。					-
139	-	有	不良	比較例	因伸線加工時之斷線而無法製造鋼線。					-
140	-	有	不良	比較例	因伸線加工時之斷線而無法製造鋼線。					-
141	-	有	不良	比較例	因伸線加工時之斷線而無法製造鋼線。					-
142	10.2	無	良	比較例	901	1011	68	良	不良	比較例

[0109][表3-1]

機械 零件 No.	鋼種No.	製造條件		機械 零件的 軸的 直徑 D ₃	機械零件的軸的組織								
		熱處理			變韌鐵	剩餘 ^{*2} 部分	變韌鐵塊					P _{SS} /P _{CS}	
		溫度	時間				式(1)* 下限	粒徑的 標準 偏差	第4表層部 平均 縱橫比R2	第5 表層部 20/R2	第5 表層部 平均粒徑 P _{SS}		第5 中心部 平均粒徑 P _{CS}
1001	101	-	-	11.0	45	39.3	F,P	7.6	1.2	16.7	12.1	13.2	0.92
1002	102	-	-	11.0	24	39.3	F,P	10.0	1.2	17.2	12.6	15.2	0.83
1003	103	200	2.0	8.0	52	39.3	F,P	5.7	1.7	12.0	9.4	13.2	0.71
1004	104	250	1.0	8.0	55	40.0	F,P	6.3	1.8	11.2	10.4	11.9	0.87
1006	106	250	1.0	9.0	54	40.8	F,P	5.5	1.6	12.3	10.1	14.2	0.71
1007	107	200	2.0	9.0	57	41.5	F,P	6.5	1.4	14.4	11.1	12.5	0.89
1008	108	300	1.0	9.0	52	43.8	F,P	6.4	1.5	13.4	9.3	11.0	0.85
1009	109	200	1.0	8.0	62	49.0	F,P	5.5	1.9	10.7	8.7	11.4	0.76
1010	110	200	1.0	8.0	53	49.0	P,F	13.2	1.3	15.5	10.5	12.5	0.84
1011	111	200	1.0	8.0	82	49.0	P	5.9	1.5	13.0	11.7	11.0	1.06
1012	112	350	2.0	8.0	81	51.3	P	5.5	1.7	11.8	10.2	13.4	0.76
1014	114	350	2.0	8.0	58	51.3	P,F	8.6	1.8	11.2	11.4	13.5	0.84
1015	115	350	2.0	8.0	100	51.3	-	10.2	1.4	14.2	17.1	15.7	1.09
1016	116	350	1.0	8.0	78	49.8	F,P	4.4	2.1	9.6	8.4	11.7	0.72
1017	117	300	1.0	9.0	77	58.8	F,P	5.5	1.5	13.0	11.2	16.6	0.67
1018	118	300	1.0	8.0	38	40.8	F,P	9.5	1.6	12.6	12.2	13.8	0.88
1019	119	250	2.0	8.0	96	41.5	F	5.0	2.3	8.9	8.7	10.0	0.87
1021	121	-	-	8.0	79	41.5	P,F	3.4	2.6	7.8	6.8	8.9	0.76
1022	122	300	1.0	6.0	78	44.5	P,F	2.3	3.1	6.5	6.5	7.6	0.86
1023	123	250	1.0	6.0	82	49.8	P,F	3.0	2.8	7.2	6.4	6.8	0.94
1024	124	250	1.0	6.0	71	49.8	P,F	8.0	3.4	5.9	6.2	7.2	0.86
1025	125	250	1.0	6.0	91	49.8	F	3.9	3.4	6.0	6.2	5.4	1.15
1026	126	200	2.0	8.0	97	52.0	F	3.9	2.0	10.0	9.3	11.6	0.80
1027	127	250	1.0	8.0	70	52.0	F,P	8.1	2.2	9.3	10.1	11.3	0.89
1028	128	200	2.0	14.7	100	52.0	-	7.2	1.3	15.7	14.2	14.1	1.01
1029	129	300	1.0	6.0	88	57.3	P,F	3.5	2.8	7.2	6.8	7.2	0.94
1030	130	350	1.0	8.0	86	59.5	P,F	4.6	2.0	9.9	8.4	8.9	0.94
1031	131	300	1.0	8.0	87	61.8	P	4.0	2.4	8.2	7.3	8.9	0.83
1032	132	350	1.0	8.0	100	63.3	-	4.5	1.9	10.3	10.2	12.5	0.83
1033	133	350	1.0	6.0	89	69.3	P,F	3.4	2.8	7.0	6.4	7.9	0.81
1034	134	300	1.0	6.0	90	72.3	P,F	3.3	2.9	6.9	4.7	6.6	0.71
1035	135	300	1.0	8.0	100	72.3	-	5.0	1.8	11.0	9.6	11.3	0.85
1036	136	300	1.0	6.0	54	56.5	P,F	4.3	3.0	6.6	7.4	7.7	0.96
1042	142	300	1.0	9.0	78	58.8	F,P	14.9	1.1	18.2	12.2	16.1	0.76

※1: (式1) 75 × [C%] + 25

※2: P(波來鐵), F(肥粒鐵), M(麻田散鐵)

[0110][表3-2]

機械 零件 No.	機械零件的特性			備註
	抗拉強度 [Mpa]	耐氫脆化特性評定 [-]	加工裂紋之有無 [-]	
1001	861	良	無	發明例
1002	821	良	有	比較例
1003	1033	良	無	發明例
1004	1049	良	無	發明例
1006	973	良	無	發明例
1007	979	良	無	發明例
1008	984	良	無	發明例
1009	1059	良	無	發明例
1010	1012	不良	有	比較例
1011	1072	良	有	比較例
1012	1160	良	無	發明例
1014	1162	不良	有	比較例
1015	1191	不良	有	比較例
1016	1158	良	無	發明例
1017	1120	良	無	發明例
1018	1042	良	有	比較例
1019	1341	良	無	發明例
1021	1359	良	無	發明例
1022	1269	良	無	發明例
1023	1409	良	無	發明例
1024	1354	良	有	比較例
1025	1425	良	有	比較例
1026	1362	良	無	發明例
1027	1297	良	有	比較例
1028	1297	不良	有	比較例
1029	1373	良	無	發明例
1030	1355	良	無	發明例
1031	1364	良	無	發明例
1032	1386	良	無	發明例
1033	1397	良	無	發明例
1034	1422	良	無	發明例
1035	1384	良	無	發明例
1036	1365	良	有	比較例
1042	941	不良	有	比較例

[0111]鋼線No.105、113及120，其熔融鹽槽維持時間之合計較短。結果使得變韌鐵以外之剩餘部分會生成麻田散鐵，並導致伸線加工時之斷線而無法製造鋼線。

鋼線No.137，其C含量少，因而生成麻田散鐵，並導致伸線加工時之斷線而無法製造鋼線。

鋼線No.138，其C含量多，因而生成麻田散鐵，並導致伸線加工時之斷線而無法製造鋼線。

鋼線No.139，其Si含量多，因而生成麻田散鐵，並導致伸線加工時之斷線而無法製造鋼線。

鋼線No.140，其Mn含量少，因而生成麻田散鐵，並導致伸線加工時之斷線而無法製造鋼線。

鋼線No.141，其Mn含量多，因而生成麻田散鐵，並導致伸線加工時之斷線而無法製造鋼線。

[0112]鋼線No.102、110、111、114、115、118、124、125、127、128、136及142，其捲取溫度低，及/或冷卻、恆溫變態處理不足，因而無法滿足上述任一性質的一種以上。

其結果，用作線材雖可獲得良好的伸線加工性，但用作鋼線卻無法獲得良好的冷加工性。

又，使用鋼線No.102、110、111、114、115、118、124、125、127、128、136及142並透過冷鍛造所製造出的機械零件No.1002、1010、1011、1014、1015、1018、1024、1025、1027、1028、1036及1042，並無法滿足上述任一性質的一種以上。其結果，無法獲得良好的耐氫脆化特性，或引起

加工裂紋。或者，產生上述兩者。

產業上之可利用性

[0113]由以上可知，依照本發明，將可低價提供伸線加工性優異之線材、冷加工性優異之鋼線、及抗拉強度為800MPa~1600MPa之高強度機械零件。

該高強度機械零件，可達成汽車、各種產業機械及建築用構件之輕量化、小型化。

因此，本發明在汽車、各種產業機械及建築用構件中，具有極高的可利用性，因而對產業有著極為顯著的貢獻。

【符號說明】

[0114]

- | | |
|-------------------------|-----------------------------|
| 1...線材之與其長度方向垂直
的截面 | 23...截面的中心 |
| 2...線材的直徑 D_1 | 24...第3表層部 |
| 3...截面的中心 | 25...第3中心部 |
| 4...第1表層部 | 31...機械零件的軸之與其長度
方向平行的截面 |
| 5...第1中心部 | 32...機械零件的軸的直徑 D_3 |
| 11...鋼線之與其長度方向平行
的截面 | 33...截面的中心線 |
| 12...鋼線的直徑 D_2 | 34...第4表層部 |
| 13...截面的中心線 | 41...機械零件的軸之與其長度
方向垂直的截面 |
| 14...第2表層部 | 43...截面的中心 |
| 21...鋼線之與其長度方向垂直
的截面 | 44...第5表層部 |
| | 45...第5中心部 |

發明摘要

※ 申請案號：105102524

※ 申請日：105.01.27

※IPC 分類：C22C 38/02 (2006.01)

C22C 38/04 (2006.01)

C22C 38/00 (2006.01)

B21F 1/00

(2006.01)

【發明名稱】(中文/英文)

非調質機械零件用線材、非調質機械零件用鋼線及非調質機械零件/

A WIRE ROD FOR NON-HEAT TREATED MECHANICAL PARTS, A
STEEL WIRE FOR NON-HEAT TREATED MECHANICAL PARTS, AND A
NON-HEAT TREATED MECHANICAL PART

【中文】

本發明的非調質機械零件用鋼線，其化學成分以質量%含有預定量的C、Si、Mn、Cr、Mo、Ti、Al、B、Nb、V，並限制P、S、N、O，且剩餘部分為Fe及雜質；令以質量%計前述C的含量為[C%]時，組織含有以體積%計 $75 \times [C\%] + 25$ 以上的變韌鐵，且剩餘部分為肥粒鐵及波來鐵的一種以上；前述鋼線的第2表層部中前述變韌鐵塊的平均縱橫比設為R1時，前述R1為1.2以上；前述鋼線的第3表層部中前述變韌鐵塊的平均粒徑設為 $P_{S3} \mu m$ 、前述鋼線的第3中心部中前述變韌鐵塊的平均粒徑設為 $P_{C3} \mu m$ 時，前述 P_{S3} 滿足下述式(c)，且前述 P_{S3} 與前述 P_{C3} 滿足下述式(d)；前述組織中前述變韌鐵塊之粒徑的標準偏差為 $8.0 \mu m$ 以下；抗拉強度為 $800 MPa \sim 1600 MPa$ ；

$$P_{S3} \leq 20/R1 \cdots (c)$$

$$P_{S3}/P_{C3} \leq 0.95 \cdots (d)。$$

【英文】

A steel wire for non-heat treated mechanical parts includes required amounts of C, Si, Mn, Cr, Mo, Ti, Al, B, Nb, and V, limited amount of P, S, N, and O, and a remainder of Fe and impurities. When the amount of C by mass% is set to [C%], a metal structure includes $75 \times [C\%] + 25$ or more of bainite by volume% and the remainder of the structure consists of one or more of ferrite and perlite. When an average aspect ratio of a bainite block in a second surface layer of the steel wire is set to R1, the R1 is 1.2 or more. When an average size of the bainite block in a third surface layer of the steel wire is set to $P_{S3} \mu m$ and an average size of the bainite block in a third center area of the steel wire is set

to P_{C3} μm , the P_{S3} satisfies the following equation (c) and the relationship between the P_{S3} and the P_{C3} satisfies the following equation (d). The standard deviation of the size of the bainite block in the structure is 8.0 μm or less, and the tensile strength is 800 MPa to 1600 MPa.

$$P_{S3} \leq 20/R1 \quad (c)$$

$$P_{S3}/P_{C3} \leq 0.95 \quad (d)$$

圖式

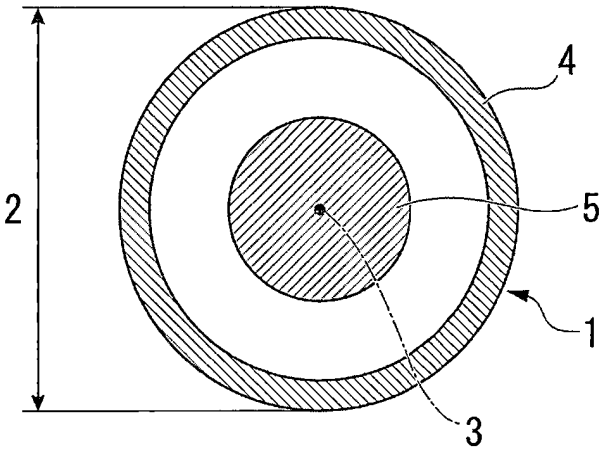


圖 1

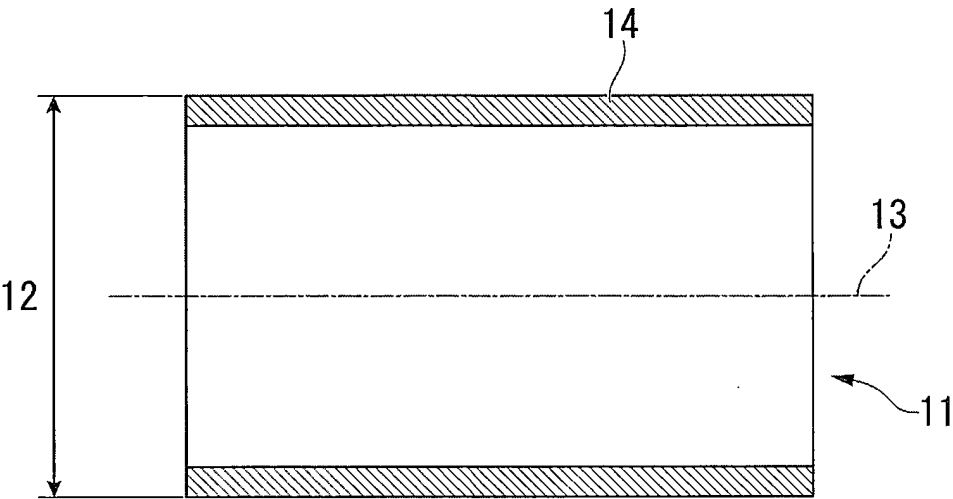


圖 2A

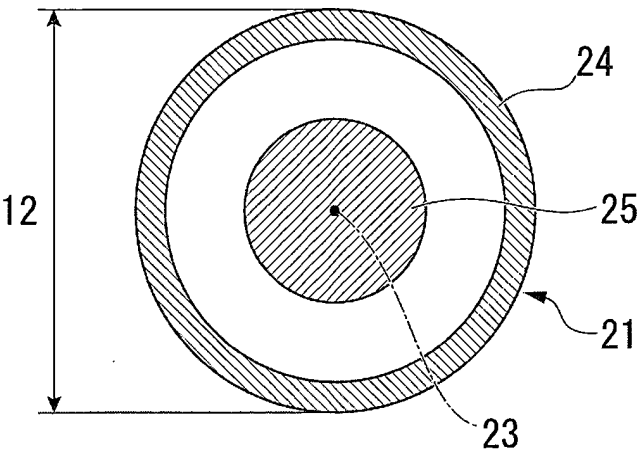


圖 2B

3/3

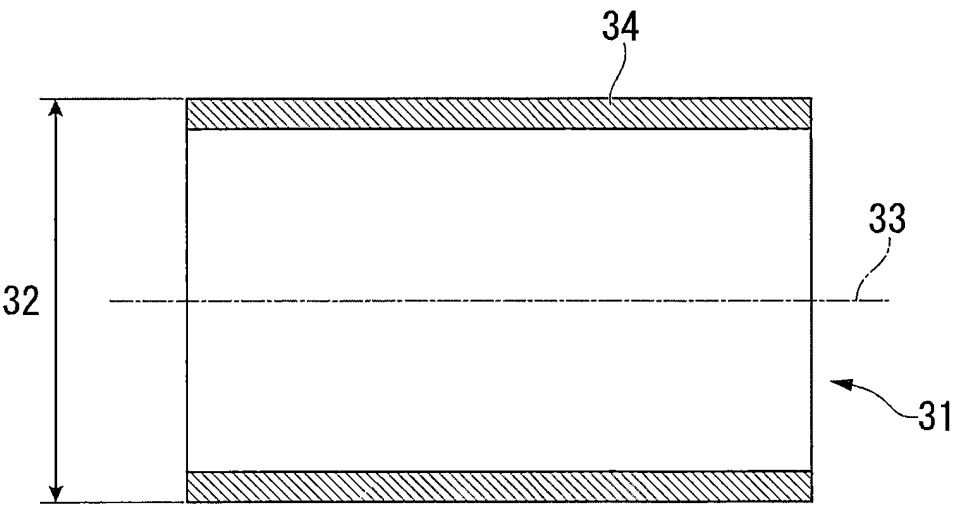


圖 3A

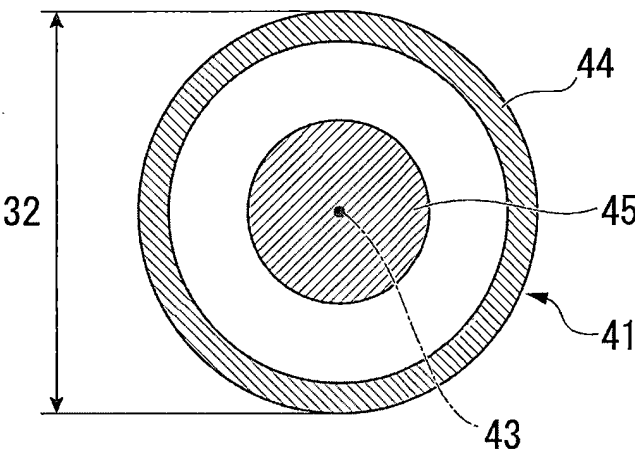


圖 3B

【代表圖】

【本案指定代表圖】：第（ 1 ）圖。

【本代表圖之符號簡單說明】：

- | | |
|--------------------|-----------|
| 1...線材之與其長度方向垂直的截面 | 4...第1表層部 |
| 2...線材的直徑 D_1 | 5...第1中心部 |
| 3...截面的中心 | |

【本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式】：

無。

申請專利範圍

1. 一種非調質機械零件用鋼線，其特徵在於化學成分以質量%計，含有：

C：0.18%~0.65%、

Si：0.05%~1.5%、

Mn：0.50%~2.0%、

Cr：0%~1.50%、

Mo：0%~0.50%、

Ti：0%~0.050%、

Al：0%~0.050%、

B：0%~0.0050%、

Nb：0%~0.050%、

V：0%~0.20%，

並且限制：

P：0.030%以下、

S：0.030%以下、

N：0.0050%以下、

O：0.01%以下，且

剩餘部分為Fe及雜質；

令以質量%計之前述C的含量為[C%]時，組織含有以體積%計 $75 \times [C\%] + 25$ 以上的變韌鐵，且剩餘部分為肥粒鐵及波來鐵的一種以上；

在前述鋼線之與其長度方向平行的截面中，將前述

鋼線的直徑設為 $D_2\text{mm}$ ，自前述鋼線表面起至朝前述截面的中心線之深度為 $0.1 \times D_2\text{mm}$ 為止之區域設為前述鋼線的第2表層部，且前述鋼線的第2表層部中的變韌鐵塊的平均縱橫比設為 $R1$ ，此時

前述 $R1$ 為1.2以上；

在前述鋼線之與其長度方向垂直的截面中，將前述鋼線的直徑設為 $D_2\text{mm}$ ，自前述鋼線之表面起至朝前述截面的中心之深度為 $0.1 \times D_2\text{mm}$ 為止之區域設為前述鋼線的第3表層部，自深度為 $0.25 \times D_2\text{mm}$ 起至前述截面的中心為止之區域設為前述鋼線的第3中心部，前述鋼線的第3表層部中的前述變韌鐵塊的平均粒徑設為 $P_{S3}\mu\text{m}$ ，且前述鋼線的第3中心部中的前述變韌鐵塊的平均粒徑設為 $P_{C3}\mu\text{m}$ ，此時

前述 P_{S3} 滿足下述式(c)，且

前述 P_{S3} 與前述 P_{C3} 滿足下述式(d)；

前述組織中前述變韌鐵塊之粒徑的標準偏差為 $8.0\mu\text{m}$ 以下；

抗拉強度為 $800\text{MPa} \sim 1600\text{MPa}$ ；

$$P_{S3} \leq 20/R1 \cdots (c)$$

$$P_{S3}/P_{C3} \leq 0.95 \cdots (d)。$$

2. 如請求項1之非調質機械零件用鋼線，其中前述化學成分以質量%計，含有C：0.18%~0.50%、Si：0.05%~0.50%。
3. 如請求項1之非調質機械零件用鋼線，其中前述化學成分以質量%計，含有C：0.20%~0.65%；且

令以質量%計前述C的含量為[C%]時，前述組織含有以體積%計 $45 \times [C\%] + 50$ 以上的前述變韌鐵。

4. 如請求項1至3中任一項之非調質機械零件用鋼線，其中前述化學成分以質量%計，含有B：小於0.0005%；且

令以質量%計前述C的含量為[C%]，前述Si的含量為[Si%]，前述Mn的含量為[Mn%]，前述Cr的含量為[Cr%]，前述Mo的含量為[Mo%]，此時以下述式(b)所求得之F1為2.0以上；

$$F1 = 0.6 \times [C\%] - 0.1 \times [Si\%] + 1.4 \times [Mn\%] + 1.3 \times [Cr\%] + 3.7 \times [Mo\%] \cdots (b)。$$

5. 如請求項1之非調質機械零件用鋼線，其中前述R1為2.0以下。
6. 如請求項1之非調質機械零件用鋼線，其中前述組織含有以體積%計 $45 \times [C\%] + 50$ 以上的前述變韌鐵。
7. 一種非調質機械零件用線材，係用以獲得如請求項1至6中任一項之非調質機械零件用鋼線者，且其特徵在於化學成分以質量%計，含有：

C：0.18%~0.65%、

Si：0.05%~1.5%、

Mn：0.50%~2.0%、

Cr：0%~1.50%、

Mo：0%~0.50%、

Ti：0%~0.050%、

Al：0%~0.050%、

B：0%~0.0050%、

Nb：0%~0.050%、

V：0%~0.20%、

並且限制：

P：0.030%以下、

S：0.030%以下、

N：0.0050%以下、

O：0.01%以下，且

剩餘部分為Fe及雜質；

令以質量%計之前述C的含量為[C%]時，組織含有以體積%計 $75 \times [C\%] + 25$ 以上的變韌鐵，且剩餘部分不含麻田散鐵而為肥粒鐵及波來鐵的一種以上；

前述組織的變韌鐵塊的平均粒徑為 $5.0\mu\text{m} \sim 20.0\mu\text{m}$ ，且前述變韌鐵塊之粒徑的標準偏差為 $15.0\mu\text{m}$ 以下；

在前述線材之與其長度方向垂直的截面中，將前述線材的直徑設為 $D_1\text{mm}$ ，自前述線材之表面起至朝前述截面的中心之深度為 $0.1 \times D_1\text{mm}$ 為止之區域設為前述線材的第1表層部，自深度為 $0.25 \times D_1\text{mm}$ 起至前述截面的中心為止之區域設為前述線材的第1中心部，此時前述第1表層部之前述變韌鐵塊的平均粒徑設為 $P_{S1}\mu\text{m}$ ，且前述第1中心部之前述變韌鐵塊的平均粒徑設為 $P_{C1}\mu\text{m}$ ，前述 P_{S1} 與前述 P_{C1} 滿足下述式(a)，

$$P_{S1}/P_{C1} \leq 0.95 \cdots (a)。$$

8. 如請求項7之非調質機械零件用線材，其中前述化學成

分以質量%計，含有C：0.18%~0.50%、Si：0.05%~0.50%。

9. 如請求項7之非調質機械零件用線材，其中前述化學成分以質量%計，含有C：0.20%~0.65%；且

令以質量%計前述C的含量為[C%]時，前述組織含有以體積%計 $45 \times [C\%] + 50$ 以上的前述變韌鐵。

10. 一種非調質機械零件，係具有圓柱軸的機械零件，且其特徵在於化學成分以質量%計，含有：

C：0.18%~0.65%、

Si：0.05%~1.5%、

Mn：0.50%~2.0%、

Cr：0%~1.50%、

Mo：0%~0.50%、

Ti：0%~0.050%、

Al：0%~0.050%、

B：0%~0.0050%、

Nb：0%~0.050%、

V：0%~0.20%，

並且限制：

P：0.030%以下、

S：0.030%以下、

N：0.0050%以下、

O：0.01%以下，且

剩餘部分為Fe及雜質；

令以質量%計之前述C的含量為[C%]時，組織含有

以體積%計 $75 \times [C\%] + 25\%$ 以上的變韌鐵，且剩餘部分為肥粒鐵及波來鐵的一種以上；

在前述軸之與其長度方向平行的截面中，將前述軸的直徑設為 $D_3\text{mm}$ ，自前述軸之表面起至朝前述截面的中心線之深度為 $0.1 \times D_3\text{mm}$ 為止之區域設為前述機械零件的第4表層部，且前述機械零件的第4表層部中變韌鐵塊的平均縱橫比設為 $R2$ ，此時

前述 $R2$ 為1.2以上；

在前述軸之與其長度方向垂直的截面中，將前述軸的直徑設為 $D_3\text{mm}$ ，自前述軸之表面起至朝前述截面的中心之深度為 $0.1 \times D_3\text{mm}$ 為止之區域設為前述機械零件的第5表層部，自深度為 $0.25 \times D_3\text{mm}$ 起至前述截面的中心為止之區域設為前述機械零件的第5中心部，前述鋼線的第5表層部中前述變韌鐵塊的平均粒徑設為 $P_{S5}\mu\text{m}$ ，且前述鋼線的第5中心部中前述變韌鐵塊的平均粒徑設為 $P_{C5}\mu\text{m}$ ，此時

前述 P_{S5} 滿足下述式(e)，且

前述 P_{S5} 與前述 P_{C5} 滿足下述式(f)；

前述組織中前述變韌鐵塊之粒徑的標準偏差為 $8.0\mu\text{m}$ 以下；

抗拉強度為 $800\text{MPa} \sim 1600\text{MPa}$ ；

$$P_{S5} \leq 20/R2 \cdots (e)$$

$$P_{S5}/P_{C5} \leq 0.95 \cdots (f)。$$

11. 如請求項10之非調質機械零件，係對如請求項1至6中任

- 一項之鋼線進行冷加工而得。
12. 如請求項10之非調質機械零件，其中前述 R_2 為1.5以上，
前述抗拉強度為1200MPa~1600MPa。
13. 如請求項11之非調質機械零件，其中前述 R_2 為1.5以上，
前述抗拉強度為1200MPa~1600MPa。
14. 如請求項11之非調質機械零件，其中前述 D_2 與前述 D_3
相等。
15. 如請求項13之非調質機械零件，其中前述 D_2 與前述 D_3
相等。
16. 如請求項10至15中任一項之非調質機械零件，該非調質
機械零件係螺栓。