



(21)申請案號：104105330

(22)申請日：中華民國 104 (2015) 年 02 月 16 日

(51)Int. Cl. : C22C38/00 (2006.01)

C22C38/04 (2006.01)

C22C38/06 (2006.01)

B21B1/16 (2006.01)

(30)優先權：2014/02/28 日本

2014-039368

(71)申請人：神戶製鋼所股份有限公司(日本) KABUSHIKI KAISHA KOBE SEIKO SHO (KOBE STEEL, LTD.) (JP)

日本

(72)發明人：竹田敦彦 TAKEDA, ATSUHIKO (JP)；增田智一 MASUDA, TOMOKAZU (JP)；高山将 TAKAYAMA, SHO (JP)

(74)代理人：林志剛

申請實體審查：有 申請專利範圍項數：3 項 圖式數：1 共 34 頁

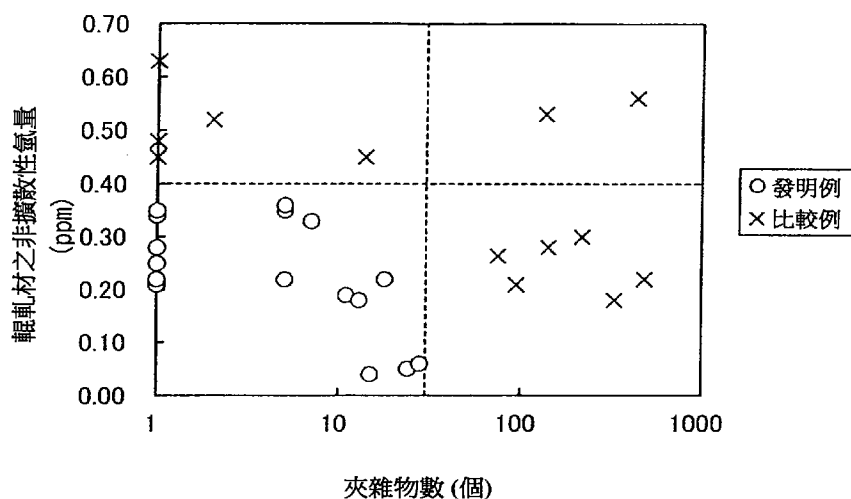
## (54)名稱

高強度彈簧用軋軋材及高強度彈簧用線

## (57)摘要

本發明之目的係在提供一種軋軋材，其係高強度彈簧用之素材，即便是合金元素之添加量受到抑制也仍可發揮淬火回火後優異之腐蝕疲勞特性；以及提供一種自如是之軋軋材所獲得之高強度彈簧用線。本發明之高強度彈簧用軋軋材，分別含有：C：0.39~0.65%，Si：1.5~2.5%，Mn：0.15~1.2%，P：大於0%且0.015%以下，S：大於0%且0.015%以下，Al：0.001~0.1%，Cu：0.10~0.80%，Ni：0.10~0.80%及O：大於0%且0.0010%以下，且其餘部分為鐵及不可避免之雜質；其平均直徑為25 $\mu$ m以上之氧化物系夾雜物，每100g鋼材中為30個以下，且非擴散性氫量為0.40質量ppm以下。

第 1 圖



## 發明摘要

※申請案號：104105330

※申請日：104年02月16日

※IPC分類： $C22C\frac{38}{00}$  (2008.01)  
 $C22C\frac{38}{04}$  (2008.01)  
 $C22C\frac{38}{06}$  (2008.01)  
 $B21B\frac{1}{16}$  (2008.01)

【發明名稱】(中文/英文)

高強度彈簧用軋軋材及高強度彈簧用線

## 【中文】

本發明之目的係在提供一種軋軋材，其係高強度彈簧用之素材，即便是合金元素之添加量受到抑制也仍可發揮淬火回火後優異之腐蝕疲勞特性；以及提供一種自如是之軋軋材所獲得之高強度彈簧用線。本發明之高強度彈簧用軋軋材，分別含有：C：0.39～0.65%，Si：1.5～2.5%，Mn：0.15～1.2%，P：大於0%且0.015%以下，S：大於0%且0.015%以下，Al：0.001～0.1%，Cu：0.10～0.80%，Ni：0.10～0.80%及O：大於0%且0.0010%以下，且其餘部分為鐵及不可避免之雜質；其平均直徑為25 μm以上之氧化物系夾雜物，每100 g鋼材中為30個以下，且非擴散性氫量為0.40質量ppm以下。

## 【英文】

【代表圖】

【本案指定代表圖】：第(1)圖。

【本代表圖之符號簡單說明】：無

【本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式】：無

# 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)

高強度彈簧用軋軋材及高強度彈簧用線

## 【技術領域】

[0001] 本發明有關一種高強度彈簧用軋軋材以及使用該軋軋材之高強度彈簧用線。詳言之，本發明有關一種於調質、即已經淬火回火之狀態下使用之作為高強度彈簧的素材有用之軋軋材及高強度彈簧用線，特別是一種淬火回火後之腐蝕疲勞特性優異之軋軋材、及線加工後之抗拉強度即便是 1900 MPa 以上之高強度但腐蝕疲勞特性仍然優異之高強度彈簧用線。

## 【先前技術】

[0002] 汽車等所用之螺旋彈簧，例如引擎或是懸吊系統等所使用之閥彈簧、懸架彈簧等，為了減少廢氣或燃料費用，被要求能輕量化、高強度化。又，高強度化之彈簧，其缺乏韌延性，且易於產生氫脆，以致腐蝕疲勞特性降低。因此，彈簧之製造中所使用之高強度彈簧用鋼線（以下，有將鋼線記載為線（wire）之情況）乃被要求具有優異之腐蝕疲勞特性。腐蝕疲勞破壞係因腐蝕所產生之氫侵入鋼中，而由該氫所導致之鋼材脆化所引起，為了改善腐蝕疲勞特性，有必要改善鋼材之耐蝕性及耐氫脆性。

[0003] 作為高強度彈簧用軋軋材之腐蝕疲勞特性之提昇方法，已知的是以化學組成來控制等等。然而，此等方法中，因多量使用合金元素，以製造成本之增加或是節約資源之觀點來看不一定能滿足期待。

[0004] 且說作為彈簧之製造方法，已知的有將鋼線加熱於淬火溫度而熱間成形成彈簧形狀後，再予油冷回火之方法，以及將鋼線淬火回火後再冷間成形成彈簧形狀之方法。又，後者之冷間成形方法中，以高頻加熱進行成形前之淬火回火此點也已為人所知，例如專利文獻 1 中曾揭示一種在將線材冷間拉拔後，以高頻感應加熱進行淬火回火而調整組織之技術。根據此一技術，波來鐵之組織分率係設為 30%以下，包含麻田散鐵及變韌鐵之組織分率係設為 70%以上，而後再以特定之剖面縮減率進行冷間拉拔，繼之再進行淬火回火，藉而使未溶解碳化物減少，而提昇延遲破壞特性。

[0005] 根據專利文獻 2，其實施例中係將軋軋線材予以伸線，再做高頻加熱實施淬火回火處理。此一技術主要係著眼於兼顧高強度與盤繞性等之成形性，對於腐蝕疲勞特性則未作任何考慮。

[0006] 專利文獻 3 係著眼於以自室溫昇溫至 350°C 時放出之總氫量所評估之鋼中氫量，提案一種在強伸線加工條件下之伸線加工性優異之熱間軋軋線材。然而專利文獻 3 中，在僅著眼於強伸線此一特殊加工下之伸線性之餘，對於懸架彈簧等之中最重要之淬火回火後之腐蝕疲勞特性

則未做任何考慮。

〔先行技術文獻〕

〔專利文獻〕

[0007]

〔專利文獻 1〕日本特開 2004-143482 號公報

〔專利文獻 2〕日本特開 2006-183137 號公報

〔專利文獻 3〕日本特開 2007-231347 號公報

### 【發明內容】

〔發明解決之課題〕

[0008] 本發明係有鑑上述情事開發而成者，其目的係在提供一種熱間盤繞及冷間盤繞之高強度彈簧用之素材，即便是抑制合金元素之添加量也仍可發揮淬火回火後優異之腐蝕疲勞特性；以及提供一種自如是之軋軋材所獲得之高強度彈簧用線。

〔用以解決課題之手段〕

[0009] 可解決上述課題之本發明之高強度彈簧用軋軋材，其特徵為：以質量%計分別含有：

C : 0.39 ~ 0.65%，

Si : 1.5 ~ 2.5%，

Mn : 0.15 ~ 1.2%，

P : 大於 0% 且 0.015% 以下，

S : 大於 0% 且 0.015% 以下，

Al : 0.001 ~ 0.1% ,

Cu : 0.10 ~ 0.80% ,

Ni : 0.10 ~ 0.80% 及

O : 大於 0% 且 0.0010% 以下 ,

且其餘部分為鐵及不可避免之雜質 ;

平均直徑為 25  $\mu\text{m}$  以上之氧化物系夾雜物 , 每 100 g 鋼材中為 30 個以下 , 且非擴散性氫量為 0.40 質量 ppm 以下。

[0010] 又 , 求取氧化物系夾雜物之平均直徑時 , 係利用 EPMA ( Electron Probe Micro Analyser : 電子探針微分析器 ) 進行觀察 , 分別測定氧化物系夾雜物之長徑與短徑 , 將氧化物系夾雜物之長徑與短徑之平均值 , 即長徑與短徑之和除以 2 所得之值作為平均直徑。此一平均值成為 25  $\mu\text{m}$  以上之夾雜物 , 將作為本發明中之個數測定對象。

[0011] 本發明之高強度彈簧用輥軋材 , 較佳的是進而含有以質量 % 計之屬於以下 ( a ) ~ ( d ) 之任一者之 1 種以上 :

( a ) Cr : 大於 0% 且 1.2% 以下

( b ) Ti : 大於 0% 且 0.13% 以下

( c ) B : 大於 0% 且 0.01% 以下

( d ) Nb : 大於 0% 且 0.1% 以下與 Mo : 大於 0% 且 0.5% 以下之至少 1 種。

[0012] 本發明亦包含含有如上述任一項之鋼之化學成分 , 且回火麻田散鐵之面積率為 80% 以上 , 而且抗拉強

度為 1900 MPa 以上之高強度彈簧用線。

〔發明之效果〕

[0013] 根據本發明，即使未多量添加合金元素，也仍可減少軋軋材中之氧化物系夾雜物，而抑制非擴散性氫量，因此即使是淬火回火後也仍能發揮優異之腐蝕疲勞特性。根據此種軋軋材，即使壓抑鋼材成本也仍可提昇線之腐蝕疲勞特性，因此可廉價地供給腐蝕疲勞破壞極不易發生之高強度彈簧，例如汽車用零件之一的懸架彈簧等之螺旋彈簧等等。

【圖式簡單說明】

[0014]

第 1 圖係表示軋軋材中之夾雜物數或非擴散性氫量對於腐蝕疲勞特性所造成的影響之標繪圖

【實施方式】

[0015] 若線之腐蝕進行，線材表面將會產生凹坑，而且因腐蝕所造成之減薄，線材之線徑會變細。又，因腐蝕而發生之氫會侵入鋼中而產生因氫所導致之鋼材脆化。腐蝕疲勞破壞係以此等腐蝕凹坑、減薄部位、鋼材脆化部為起點而產生。是以，腐蝕疲勞破壞可藉由線材之耐氫脆性與耐蝕性之提昇而獲改善。

[0016] 發明人等就對於耐氫脆性及耐蝕性會造成影

響之因子從各種角度進行研討。其結果明白顯示，若是將鋼中之特定大小之氧化物系夾雜物的個數、以及在鋼中氫量之中特別是非擴散性氫量之兩者適當控制所得之軋軋材作淬火回火處理，則可大幅提昇腐蝕疲勞特性。另又究明，鋼中若有大型的氧化物系夾雜物多量存在，則不只大氣耐久性降低，其周圍亦會形成「應變場」，而成為氫聚集部位，而特別使其周圍之粒界脆化，以致降低腐蝕疲勞特性。

[0017] 藉由將氧化物系夾雜物與氫量適當控制，即便是減少耐蝕性改善元素之添加量，也仍可使腐蝕疲勞特性提昇。以下，茲就本發明所規定之氧化物系夾雜物個數、鋼中之非擴散性氫量、化學組成之要件進行說明。

[0018]

氧化物系夾雜物個數

鋼中若是有大型的氧化物系夾雜物存在，則不只大氣耐久性降低，且其周圍會形成應變場，而成為氫聚集部位，特別使其周圍之粒界脆化，降低腐蝕疲勞特性。為了減輕對於腐蝕疲勞特性之不良影響，平均直徑 25  $\mu\text{m}$  以上之氧化物系夾雜物之個數，有必要設成每 100 g 鋼材中為 30 個以下（以下，或將其記載為「30 個/100 g 以下」）。氧化物系夾雜物之個數，宜為 20 個/100 g 以下，更好的是 10 個/100 g 以下。為了提昇腐蝕疲勞特性，雖無設置氧化物系夾雜物之個數之下限的必要，但若為設成 0 個/100 g 則需耗費製造成本，因此在工業生產

上，宜為 2 個/100 g 以上。氧化物系夾雜物之平均直徑若為 25  $\mu\text{m}$  以上，則會成為應力集中源而成為破壞起點，以致腐蝕疲勞特性降低，而平均直徑小於 25  $\mu\text{m}$  者，則對腐蝕疲勞特性不會造成不良影響。

[0019]

非擴散性氫量

本發明之輥軋材中，非擴散性氫量有必要設為 0.40 質量 ppm 以下。輥軋材中非擴散性氫量若多，則淬火回火後之線中非擴散性氫也會增多。線之非擴散性氫若是多，則至線材脆化之前進一步侵入之氫的容許量減少，在作為彈簧使用中侵入之即使是少量的氫也會引起線材脆化，使得早期破壞易於產生，以致耐氫脆性降低。非擴散性氫量宜為 0.35 質量 ppm 以下，更好的是 0.30 質量 ppm 以下。非擴散性氫量雖愈少愈好，但設為 0 質量 ppm 有所困難，下限設為 0.01 質量 ppm 左右。

[0020] 又，非擴散性氫係指後述實施例中記載之方法所測定之氫量，具體而言，係指將鋼材以 100°C/小時昇溫時，於 300~600°C 放出之氫量之總量。

[0021] 本發明相關之高強度彈簧用輥軋材，係合金元素之含量被抑制之低合金鋼，其化學組成係如下所示。又，本發明亦包含將上述輥軋材伸線後再實施淬火回火所得之線，其化學組成係與輥軋材之化學組成相同。本說明書中，化學組成係指質量%。

[0022]

C : 0.39 ~ 0.65%

C 係為確保彈簧用鋼線之強度必要之元素，且亦為生成成為氫捕捉位點之微細碳化物的層面有必要之元素。基於如是之觀點，C 量定為 0.39% 以上。C 量之較佳下限為 0.45% 以上，更好的是 0.50% 以上。然而，C 量若是過量，淬火回火後也會易於生成粗大之殘留沃斯田鐵或是未固溶之碳化物，而有耐氫脆性反而降低之情形。又，C 也是會使耐蝕性劣化之元素，因此為了提昇最終製品之懸架彈簧等之彈簧製品之腐蝕疲勞特性，有必要抑制 C 量。基於如是之觀點，C 量係定為 0.65% 以下。C 量之較佳上限為 0.62% 以下，更好的是 0.60% 以下。

[0023]

Si : 1.5 ~ 2.5%

Si 係為確保強度必要之元素，具有將碳化物微細化之效果。為了有效發揮如是之效果，Si 量係定為 1.5% 以上。Si 量之較佳下限為 1.7% 以上，更好的是 1.9% 以上。另一方面，Si 亦為促進脫碳之元素，因此 Si 量若是過量，則線材表面之脫碳層形成獲得促進，必須要有用以削除脫碳層之剝離步驟，招致製造成本之增加。又，未固溶碳化物也會變多，以致耐氫脆性降低。基於如是之觀點，Si 量定為 2.5% 以下。Si 量之較佳上限為 2.3% 以下，更好的是 2.2% 以下，再好的是 2.1% 以下。

[0024]

Mn : 0.15 ~ 1.2%

Mn 係作為脫氧元素利用，且可與鋼中之有害元素 S 反應而形成 MnS，係一種對 S 之無害化有益之元素。又，Mn 還是對強度之提高有貢獻之元素。為了有效發揮此等效果，Mn 量係定為 0.15% 以上。Mn 量之較佳下限為 0.2% 以上，更好的是 0.3% 以上。然而，Mn 量若是過量，則韌性降低以致鋼材脆化。基於如是之觀點，Mn 量係定為 1.2% 以下。Mn 量之較佳上限為 1.0% 以下，更好的是 0.85% 以下。

#### [0025]

P：大於 0% 且 0.015% 以下

P 為一種會使線材等之輥軋材之延性，例如盤繞性等劣化之有害元素，因此期望能儘量少。又，P 易於偏析於粒界，而招致粒界脆化，且因氫之故粒界會變得易於破壞，對於耐氫脆性帶來不良影響。基於如是之觀點，P 量定為 0.015% 以下。P 量之較佳上限為 0.010% 以下，更好的是 0.008% 以下。P 量雖愈少愈好，但一般含 0.001% 左右。

#### [0026]

S：大於 0% 且 0.015% 以下

S 與上述 P 相同，係一種會劣化輥軋材之盤繞性等之延性的有害元素，宜儘可能少。又，S 易於偏析於粒界，而招致粒界脆化，且因氫之故粒界會變得易於破壞，對於耐氫脆性帶來不良影響。基於如是之觀點，S 量定為 0.015% 以下。S 量之較佳上限為 0.010% 以下，更好的是

0.008%以下。S 量雖愈少愈好，但一般含 0.001%左右。

[0027]

Al : 0.001 ~ 0.1%

Al 主要係作為脫氧元素添加。又，其會與 N 反應形成 AlN 而使得固溶 N 無害化，且對組織之微細化亦有貢獻。為了充分發揮此等效果，Al 量定為 0.001%以上。Al 量之較佳下限為 0.002%以上，更好的是 0.005%以上。然而，Al 與 Si 相同也是一種會促進脫碳之元素，在 Si 多量含有之彈簧用鋼中，有必要抑制 Al 量，本發明中 Al 量係定為 0.1%以下。Al 量之較佳上限為 0.07%以下，更好的是 0.030%以下，特別好的是 0.020%以下。

[0028]

Cu : 0.10 ~ 0.80%

Cu 係一種對於表層脫碳之抑制或是耐蝕性之提高有效之元素。因此 Cu 量係定為 0.10%以上。Cu 量之較佳下限為 0.15%以上，更好的是 0.20%以上。然而，Cu 若是過量含有，則在熱間加工時會發生破裂，或是成本增加。因此，Cu 量定為 0.80%以下。Cu 量之較佳上限為 0.70%以下，更好的是 0.60%以下。Cu 量為 0.48%以下、為 0.35%以下、或是 0.30%以下亦佳。

[0029]

Ni : 0.10 ~ 0.80%

Ni 與 Cu 相同，為一種對表層脫碳之抑制或是耐蝕性之提昇有效之元素。因此 Ni 量係定為 0.10%以上。Ni 量



之較佳下限為 0.15%以上，更好的是 0.20%以上。然而，Ni 若是過量含有則會招致成本增加。因此 Ni 量係定為 0.80%以下。Ni 量之較佳上限為 0.70%以下，更好的是 0.60%以下。Ni 量為 0.48%以下、0.35%以下、或 0.30%以下亦佳。

[0030]

O：大於 0%且 0.0010%以下

鋼材中若是有氧存在，則會形成  $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{SiO}_2$ 、 $\text{CaO}$ 、 $\text{MgO}$ 、 $\text{TiO}_2$  等之氧化物系夾雜物。氧化物系夾雜物為硬質，與周圍之質地會因硬度差而在氧化物系夾雜物之周圍產生應變。於此一應變處氫會聚集，而使周圍之粒界脆化。因此，降低氧量對於腐蝕疲勞特性之提昇事關重要。因此，O 量之上限定為 0.0010%以下。較好的是 0.0008%以下，更好的是 0.0006%以下。另一方面，O 量之下限就工業生產上而言，一般是在 0.0002%以上。

[0031] 本發明輥軋材之基本成分係如上述，其餘部分實質上為鐵。惟依原材料、資材、製造設備等之狀況攜入之 Ca、Mg、N 等不可避免之雜質當然亦容許含於鋼中。本發明之彈簧用輥軋材，雖可以上述化學組成達成高強度且優異之盤繞性與耐氫脆性，但因應用途以提昇耐蝕性等為目的，也可進而含有下述元素。

[0032]

Cr：大於 0%且 1.2%以下

Cr 係為提昇耐蝕性有效之元素。為了有效發揮如是

之效果，Cr 量以 0.05%以上為宜，更好的是 0.08%以上，再好的是 0.10%以上。然而，Cr 係一種碳化物生成傾向強，在鋼材中會形成獨自之碳化物，且在滲碳體中易於以高濃度溶入之元素。含有少量之 Cr 雖屬有效，但因高頻加熱中淬火步驟之加熱時間為短時間，因此將碳化物、滲碳體等溶入母材之沃斯田鐵化將易於變得不充分。為此，若多量含有 Cr，則 Cr 系碳化物或是金屬 Cr 以高濃度固溶之滲碳體之溶解殘餘物將會產生，而成為應力集中源易於破壞，導致耐氫脆性劣化。因此，Cr 量宜為 1.2%以下，更好的是 0.8%以下，再好的是 0.6%以下。

[0033]

Ti：大於 0%且 0.13%以下

Ti 係一種會與 S 反應而形成硫化物，對於謀求 S 之無害化有用的元素。又，Ti 會形成碳氮化物而對組織之微細化亦有效果。為了有效發揮如是之效果，Ti 量宜為 0.02%以上，更好的是 0.05%以上，再好的是 0.06%以上。然而，Ti 量若是過量，則有形成粗大之 Ti 硫化物以致延性劣化之情況。是以，Ti 量宜為 0.13%以下。就成本降低之觀點而言宜為 0.10%以下，更好的是 0.09%以下。

[0034]

B：大於 0%且 0.01%以下

B 為一種淬火性提昇元素，且具有強化舊沃斯田鐵結晶粒界之效果，係一種對於抑制破壞有貢獻之元素。為了有效發揮如是之效果，B 量宜為 0.0005%以上，更好的是



0.0010%以上。然而，B 量若是過量則上述效果飽和，因此 B 量宜為 0.01%以下，更好的是 0.0050%以下，再好的是 0.0040%以下。

[0035]

Nb：大於 0%且 0.1%以下與 Mo：大於 0%且 0.5%以下之至少 1 種

Nb 會與 C、N 形成碳氮化物，主要為一種對於組織微細化有貢獻之元素。為了有效發揮如是之效果，Nb 量宜為 0.003%以上，更好的是 0.005%以上，再好的是 0.01%以上。然而，Nb 量若是過量，則粗大碳氮化物形成以致鋼材之延性劣化。是以，Nb 量宜為 0.1%以下。就成本降低之觀點而言，宜設為 0.07%以下。

[0036] Mo 也是與 Nb 相同，為一種與 C、N 形成碳氮化物，對於組織微細化有貢獻之元素。而且也是對於回火後之強度確保有效之元素。為了有效發揮如是之效果，Mo 量宜為 0.15%以上，更好的是 0.20%以上，再好的是 0.25%以上。然而，Mo 量若是過量，則粗大碳氮化物形成而導致鋼材之例如盤繞性之延性劣化。是以，Mo 量宜為 0.5%以下，更好的是 0.4%以下。

[0037] Nb 及 Mo 可分別單獨含有，也可組合 2 種含有。又，本發明之軋軋材，作為不可避免之雜質含有 N，其量宜調整於下述範圍。

[0038]

N：大於 0%且 0.007%以下

N 係不可避免之雜質中所含之元素，N 量愈多則愈會與 Ti 或 Al 一起形成粗大之氮化物，而對疲勞特性造成不良影響。因此，N 量宜儘可能少，例如為 0.007% 以下，更好的是 0.005% 以下。另一方面，N 量若是過於減少，則生產性顯著降低。又，N 會與 Al 一起形成氮化物而對結晶粒之微細化有貢獻。基於如是之觀點，N 量宜為 0.001% 以上，更好的是 0.002% 以上，再好的是 0.003% 以上。

[0039] 其次，針對本發明輥軋材之製造方法進行說明。於將具有上述化學組成之鋼熔製、連續鑄造、分塊輥軋、熱間輥軋此等一連串之步驟中，藉由將 (A) 熔鋼階段之氫量、(B) 分塊輥軋前之均質化處理溫度及時間、及 (C) 熱間輥軋後之 400~100°C 為止之平均冷卻速度至少一者調整，可抑制輥軋材之非擴散性氫量。

[0040] 為了將凝固後之鋼中之氫減少，有必要將鋼中之氫以擴散除去，為了自鋼材表面放出氫，為了使氫之擴散速度加快，高溫且長時間之加熱有效。具體而言，作為鋼中之氫量減少之方法，可舉出的是熔鋼階段之調整、凝固後 1000°C 以上之連續鑄造材料之階段之調整、熱間輥軋前之加熱階段之調整、輥軋加熱中之階段之調整、以及輥軋後之冷卻階段之調整。其中尤其是進行以下所示之 (A) ~ (C) 之非擴散性氫的減少處理之至少一者是為有效。

[0041] (A) 於熔鋼處理時進行脫氣處理，將熔鋼中

之氫量設為 2.5 質量 ppm 以下。

例如，在 2 次精鍊步驟中於盛鋼筒中安裝具有二支浸漬管之真空槽，自一方浸漬管側面吹入 Ar 氣體，利用其浮力將熔鋼朝真空槽環流而進行真空脫氣此舉有效。此一方法在氫除去能力之層面優異。熔鋼中之氫量宜為 2.0 質量 ppm 以下，1.5 質量 ppm 以下更好，特別好的是 1.0 質量 ppm 以下。

[0042] (B) 分塊軋軋前之均質化處理（加熱）係在 1100℃ 以上，宜在 1200℃ 以上實施 10 小時以上。

[0043] (C) 熱間軋軋後之 400~100℃ 為止之平均冷卻速度係設為 0.5℃/秒以下，較佳的是設為 0.3℃/秒以下。

[0044] 特別是鋼材之剖面積大之情況下，長時間之加熱雖有必要，但鋼材若長時間加熱則脫碳獲得促進，因此在此一情況下宜進行上述 (A) 而降低鋼中之氫量。

[0045] 又，熱間軋軋後之線材卷捲取溫度 TL 或捲取後之 400~100℃ 之溫度範圍以外之冷卻條件並無特別限定。

[0046] 線材卷捲取溫度 TL 可設為例如 900℃ 以上且 1000℃ 以下，較好的是 910℃ 以上，更好的是 930℃ 以上。又，線材卷捲取溫度 TL~650℃ 之平均冷卻速度可設為 2℃/秒以上、5℃/秒以下。線材卷捲取溫度 TL~650℃ 之平均冷卻速度之下限宜為 2.3℃/秒以上，更好的是 2.5℃/秒以上。此外，線材卷捲取溫度 TL~650℃ 之平均冷卻速

度之上限，較好的是  $4.5^{\circ}\text{C}/\text{秒}$  以下，更好的是  $4^{\circ}\text{C}/\text{秒}$  以下。再者， $650\sim 400^{\circ}\text{C}$  之平均冷卻速度可設為  $2^{\circ}\text{C}/\text{秒}$  以下。 $650\sim 400^{\circ}\text{C}$  之平均冷卻速度，較佳的是  $1.5^{\circ}\text{C}/\text{秒}$  以下，更好的是  $1^{\circ}\text{C}/\text{秒}$  以下。該平均冷卻速度之下限並無特別限定，例如為  $0.3^{\circ}\text{C}/\text{秒}$  左右。

[0047]

氧化物系夾雜物之減少

為了減少氧化物系夾雜物，有必要將線材之氧含量設為規定值以下。又，藉由以鋁或是矽充分進行脫氧，並充分進行脫氣，可減少夾雜物而謀求高潔淨化，減少氧化物系夾雜物。

[0048] 例如為了製造汽車等所用之螺旋彈簧，有必要將上述輥軋材作線加工，亦即作伸線加工而製造線，例如冷間盤繞彈簧，係於線加工後進行高頻加熱等之淬火回火，如是之線亦包含於本發明。

[0049] 抗拉強度  $1900\text{ MPa}$  以上之高強度線，可在將輥軋材線加工，即伸線加工後，以高頻加熱等進行淬火回火而獲得。具體而言，將上述輥軋材以  $5\sim 35\%$  左右之剖面縮減率實施伸線加工，而後以  $900\sim 1000^{\circ}\text{C}$  左右淬火，再以  $300\sim 520^{\circ}\text{C}$  左右進行回火。淬火溫度，為了充分沃斯田鐵化，宜為  $900^{\circ}\text{C}$  以上，為防止結晶粒粗大化宜為  $1000^{\circ}\text{C}$  以下。另，回火之加熱溫度，配合線強度之目標值可在  $300\sim 520^{\circ}\text{C}$  之範圍內作適切之溫度設定。又，以高頻加熱進行淬火回火時，淬火回火之時間分別為  $10\sim 60$



秒左右。

[0050] 淬火回火後之組織，其回火麻田散鐵組織有必要設為 80 面積%以上。組織中未固溶之肥粒鐵或殘留沃斯田鐵之比率若多則強度降低。淬火回火後之組織，較佳的是其回火麻田散鐵組織為 85 面積%以上。為了使回火麻田散鐵組織之比率在 80 面積%以上，也是宜在淬火加熱時加熱於 900°C 以上而充分沃斯田鐵化後，再以水冷或油冷冷卻至 100°C 以下。

[0051] 依此所得之本發明線可實現 1900 MPa 以上之高抗拉強度。抗拉強度配合彈簧設計強度選擇即可，一般可選擇於 1900 MPa~2200 MPa。抗拉強度之上限並無特別限定，大致為 2500 MPa 左右。此外本發明之線，由於使用本發明之輥軋材，因此即便是 1900 MPa 以上之高強度也仍可發揮優異之腐蝕疲勞特性。

[0052] 本申請案主張基於 2014 年 2 月 28 日申請之日本發明申請第 2014-039368 號之優先權的利益。2014 年 2 月 28 日申請之日本發明申請第 2014-039368 號說明書的所有內容在本申請案中係作為參考而援用。

[0053] 以下，茲舉實施例將本發明更具體說明。本發明不受以下實施例之限制，只要是在適合前述、後述趣旨之範圍內當然可適當地加以變更實施，此等實施亦均包含於本發明之技術範圍內。

[ 實施例 ]

[0054] 將下述表 1~3 所示之化學組成之鋼材以轉爐熔製法予以熔製、連續鑄造後，以 1100℃ 以上進行均質化處理。均質化處理後，進行分塊軋軋，在以 1000~1280℃ 加熱後進行熱間軋軋，獲得直徑 14.3 mm 之軋軋材即線材。利用上述方法所獲得的熔鋼之脫氣處理之有無、捲取後之冷卻之有無即軋軋後之 400~100℃ 下之冷卻是否在平均冷卻速度 0.5℃/秒以下進行，係如下述表 4~6 所記載。

又，表 4~6 所示之熔鋼中之 O 量，係可藉由控制利用鋁或矽之脫氧的程度而作調整。

[0055] 此時，熱間軋軋後之線材卷捲取溫度 TL 係設為 950℃，捲取後之其他冷卻，TL~650℃ 為止係以 4℃/秒之平均冷卻速度，650~400℃ 為止係以 1℃/秒之平均冷卻速度進行冷卻。又，均質化處理之欄中記載「實施」之試驗例，係將 1100℃ 下之均質化處理進行 10 小時以上，記載「-」之試驗例中，1100℃ 下之均質化處理之時間為小於 10 小時。

[0056] 針對所得之線材，係以以下之要領測定其非擴散性氫量、氧化物系夾雜物之個數。其結果係示於表 4~6 中。又，表 4~6 中，軋軋材中之平均直徑 25 μm 以上之氧化物系夾雜物之個數係以「軋軋材中之 25 μm 以上之夾雜物個數」記載。

[0057]

非擴散性氫量



自前述輥軋材亦即線材切出寬 20 mm×長 40 mm 之試驗片。使用氣相層析儀裝置，將該試驗片以 100°C /小時之昇溫速度昇溫，而測定 300~600°C 下之放出氫量，將其作為非擴散性氫量。

[0058]

氧化物系夾雜物之個數

氧化物系夾雜物之個數，係求取 50 g 之輥軋材樣本 6 個接受調查之結果的平均值，並將其換算成每 100 g 中之個數而算出。夾雜物個數係由酸溶解法調查。將上述 50 g 之樣本以酸溶解，將溶解殘餘之夾雜物殘留於濾紙上，以 EPMA 選別平均直徑 25  $\mu\text{m}$  以上之夾雜物，並以 EDX (Energy Dispersive X-ray Spectrometry: 能量分散型 X 射線分析) 分析之，選別氧化物系夾雜物。針對前述 6 個之各個樣本，測定平均直徑 25  $\mu\text{m}$  以上之氧化物系夾雜物的個數求取其等之平均值，換算成鋼材每 100 g 中之個數。此時，利用酸之溶解，係使用調整成使氧化物系夾雜物不溶解之硝酸。氧化物系夾雜物之平均直徑，係指長徑與短徑之平均值即長徑與短徑之和除以 2 所得之值。另，為了減少氧化物夾雜物個數，在轉爐熔製時係進行充分之真空脫氣，而實施氧之除去。

[0059] 其次，將前述輥軋材伸線至直徑 12.5 mm，亦即進行冷間拉拔加工，又進行淬火回火。前述伸線之剖面縮減率約為 23.6%，淬火回火之條件係以下所示。

[0060]

### 淬火回火條件

- 高頻加熱
- 加熱速度：200℃/秒
- 淬火：950℃、20 秒、水冷卻
- 回火：300～520℃之各種溫度、20 秒、水冷卻

[0061] 藉由進行上述之淬火回火，可獲得回火麻田散鐵之面積率占 80%以上之組織。此一試驗中，確認所有回火麻田散鐵之面積率均在 80%以上。

[0062] 針對伸線及淬火回火後之線，進行抗拉強度、腐蝕疲勞特性之評估。其結果一併記載於下述表 4～6 中。

### [0063]

#### 抗拉強度之測定

將淬火回火後之鋼線切斷成所定長度，於夾頭間距離 200 mm、拉伸速度 5 mm/min 之條件下，依 JIS Z2241 (2011) 進行拉伸試驗。

### [0064]

#### 腐蝕疲勞特性之評估

腐蝕疲勞特性係在實施腐蝕處理後，進行小野式迴轉彎曲疲勞試驗，以其破斷壽命評估之。有關試驗片，係將經淬火回火之線予以切削，製作 JIS Z 2274 (1978) 之 1 號試驗片。將此試驗片之平行部分以 800 號之砂紙研磨。以表面未施以噴珠處理之狀態進行試驗。首先，對於經加工之試驗片，基於以下之條件實施腐蝕處理。



[0065]

#### 腐蝕處理

使用 35℃、5% NaCl 水溶液作 8 小時之鹽水噴霧後乾燥之，於 35℃、相對濕度 60%之濕潤環境下保持 16 小時，將其作為 1 循環，全部重複進行 10 循環，依此對試驗片實施腐蝕處理。對於腐蝕處理後之試驗片，實施迴轉彎曲試驗，評估其腐蝕疲勞特性。各試驗之每個試驗使用 10 支試驗片，將負荷應力設定為 500 MPa 而實施小野式迴轉彎曲疲勞試驗，測定各試驗片折損為止之疲勞壽命。測定 10 支試驗片之疲勞壽命的平均值，疲勞壽命之平均值若為 10 萬次以上則評估其腐蝕疲勞壽命優異。

[0066]

【表 1】

鋼種	化學成分組成[質量%] 其餘部分為鐵及不可避免之雜質													
	C	Si	Mn	P	S	Al	Cu	Ni	Cr	Ti	B	Nb	Mo	N
1	0.42	2.1	1.05	0.008	0.006	0.021	0.22	0.23	0.35	0.090	-	-	-	0.0039
2	0.43	1.8	0.77	0.005	0.007	0.020	0.21	0.24	0.30	0.120	-	-	-	0.0049
3	0.40	2.0	0.65	0.007	0.012	0.035	0.35	0.40	0.27	0.080	-	-	-	0.0040
4	0.44	2.1	0.95	0.012	0.007	0.003	0.30	0.22	0.36	0.070	-	-	-	0.0055
5	0.60	1.7	0.80	0.004	0.008	0.022	0.35	0.30	-	-	0.0030	-	-	0.0043
6	0.59	2.0	0.90	0.006	0.007	0.021	0.35	0.32	-	-	0.0035	-	-	0.0034
7	0.62	2.0	0.65	0.010	0.011	0.020	0.29	0.30	0.15	-	0.0020	-	-	0.0054
8	0.57	2.1	0.66	0.008	0.007	0.022	0.33	0.36	0.23	-	0.0019	-	-	0.0047
9	0.60	2.0	0.80	0.005	0.006	0.033	0.35	0.30	0.08	0.090	-	-	-	0.0054
10	0.59	1.6	0.50	0.008	0.006	0.002	0.27	0.27	0.32	0.070	-	-	-	0.0043
11	0.55	2.0	0.94	0.004	0.004	0.040	0.27	0.27	0.32	0.040	0.0030	-	-	0.0030
12	0.48	2.0	0.45	0.007	0.007	0.002	0.32	0.32	0.35	0.080	-	-	-	0.0052
13	0.62	1.5	0.95	0.006	0.008	0.045	0.26	0.26	0.75	-	-	-	-	0.0037
14	0.63	2.2	0.53	0.006	0.006	0.021	0.21	0.45	0.26	-	-	0.08	-	0.0043
15	0.58	2.0	0.20	0.010	0.011	0.020	0.14	0.14	0.19	-	-	-	0.25	0.0038
16	0.54	2.1	0.70	0.007	0.007	0.022	0.45	0.33	0.38	-	-	-	-	0.0025

[0067]



【表 2】

鋼種	化學成分組成[質量%] 其餘部分為鐵及不可避免之雜質													
	C	Si	Mn	P	S	Al	Cu	Ni	Cr	Ti	B	Nb	Mo	N
17	0.43	2.0	0.65	0.004	0.002	0.021	-	-	0.25	-	-	-	-	0.0057
18	0.50	1.7	0.67	0.004	0.002	0.022	0.08	0.07	0.35	-	-	-	-	0.0045
19	0.47	2.0	0.95	0.005	0.008	0.020	0.21	0.25	0.36	0.050	-	-	-	0.0031
20	0.48	2.0	0.89	0.004	0.002	0.020	0.45	0.30	0.36	-	-	-	-	0.0043
21	0.58	2.1	0.78	0.004	0.002	0.021	0.42	0.40	-	-	0.0044	-	-	0.0032
22	0.61	1.9	0.52	0.008	0.005	0.020	0.41	0.29	-	-	0.0049	-	-	0.0043
23	0.50	2.1	0.59	0.008	0.008	0.023	0.43	0.43	0.48	0.020	-	0.02	-	0.0041
24	0.58	1.9	0.78	0.004	0.004	0.020	0.18	0.18	0.23	0.080	-	-	-	0.0043
25	0.42	1.6	0.83	0.008	0.008	0.023	0.43	0.43	0.48	-	-	-	-	0.0036
26	0.48	2.0	0.50	0.008	0.009	0.022	0.33	0.33	0.38	-	-	-	-	0.0047
27	0.52	2.1	0.51	0.005	0.006	0.021	0.24	0.24	0.29	-	-	-	-	0.0049
28	0.55	2.0	0.86	0.008	0.008	0.022	0.35	0.35	0.40	-	-	-	-	0.0043
29	0.60	1.5	0.63	0.010	0.011	0.022	0.38	0.38	0.43	-	-	-	-	0.0028
30	0.43	1.9	0.90	0.005	0.005	0.020	0.19	0.19	0.24	-	-	-	-	0.0052
31	0.50	1.9	0.93	0.009	0.005	0.020	0.19	0.19	0.24	-	-	-	-	0.0048

[0068]

【表 3】

鋼種	化學成分組成[質量%] 其餘部分為鐵及不可避免之雜質													
	C	Si	Mn	P	S	Al	Cu	Ni	Cr	Ti	B	Nb	Mo	N
32	0.57	2.2	0.34	0.006	0.008	0.028	0.29	0.48	0.30	0.10	-	-	-	0.0039
33	0.52	2.1	0.53	0.007	0.008	0.028	0.30	0.50	0.28	0.09	0.0030	-	-	0.0041
34	0.60	2.2	0.40	0.006	0.008	0.025	0.31	0.58	0.34	0.08	0.0030	-	-	0.0052
35	0.54	2.1	0.57	0.010	0.010	0.033	0.28	0.79	0.26	0.07	-	-	-	0.0039
36	0.57	2.1	0.40	0.008	0.009	0.028	0.12	0.54	0.27	0.11	-	-	-	0.0042
37	0.58	2.2	0.71	0.007	0.006	0.031	0.21	0.58	0.27	0.08	-	-	-	0.0041
38	0.57	2.2	0.61	0.008	0.010	0.027	0.57	0.61	0.27	0.09	-	-	-	0.0053
39	0.60	2.3	0.47	0.008	0.008	0.024	0.28	0.54	0.31	-	-	-	-	0.0058
40	0.60	2.2	0.58	0.010	0.007	0.030	0.32	0.46	0.22	-	-	-	-	0.0039
41	0.50	2.2	0.60	0.007	0.009	0.032	0.32	0.55	0.20	0.08	0.0025	-	-	0.0041
42	0.52	2.2	0.50	0.009	0.006	0.025	0.27	0.50	0.19	0.10	-	-	-	0.0039
43	0.62	2.2	0.64	0.010	0.007	0.028	0.30	0.55	-	0.10	-	-	-	0.0055
44	0.55	2.3	0.74	0.008	0.008	0.029	0.27	0.49	-	0.08	-	-	-	0.0054
45	0.56	2.3	0.59	0.007	0.007	0.031	0.35	0.56	0.34	0.07	0.0030	-	-	0.0051
46	0.50	2.4	0.52	0.008	0.009	0.029	0.27	0.64	0.33	0.08	-	-	-	0.0040
47	0.59	2.2	0.49	0.009	0.008	0.024	0.28	0.60	0.18	0.07	-	-	-	0.0053
48	0.65	2.1	0.41	0.008	0.006	0.029	0.44	0.53	0.26	0.07	-	-	-	0.0043

[0069]

【表 4】

試驗 No.	鋼種	O量 (質量%)	軋軋材中之25 μm以上之夾雜物個數(個/100g)	鋼中之氫減少處理有否實施			軋軋材之非擴散性氫量(ppm)	線之抗拉強度(MPa)	腐蝕疲勞特性 ( $\times 10^{-2}$ 次)
				熔鋼處理	均質化處理	軋軋後400~100°C下之冷卻			
1	1	0.0005	1	實施	-	-	0.28	1970	27.8
2	2	0.0008	7	-	實施	-	0.33	1965	20.2
3	3	0.0006	1	-	-	實施	0.34	1966	21.4
4	4	0.0009	24	實施	實施	實施	0.05	1950	20.2
5	5	0.0004	1	實施	-	-	0.25	2152	29.8
6	6	0.0007	5	-	實施	-	0.35	2140	21.9
7	7	0.0007	5	-	-	實施	0.36	2165	22.4
8	8	0.0008	15	實施	實施	實施	0.04	2155	16.8
9	9	0.0007	5	實施	-	-	0.22	2120	22.4
10	10	0.0006	1	-	實施	-	0.35	2132	22.6
11	11	0.0009	28	實施	實施	實施	0.06	2104	17.3
12	12	0.0008	11	實施	-	-	0.19	2097	14.6
13	13	0.0008	13	實施	-	-	0.18	2095	19.1
14	14	0.0007	1	實施	-	-	0.21	2110	34.2
15	15	0.0008	18	實施	-	-	0.22	2111	20.5
16	16	0.0005	1	實施	-	-	0.22	2105	27.5

[0070]

【表 5】

試驗 No.	鋼種	O量 (質量%)	軋軋材中之25 μm以上 之夾雜物個數(個/100g)	鋼中之氫減少處理有否實施		軋軋材之非擴散 性氫量(ppm)	線之抗拉強 度(MPa)	腐蝕疲勞特性 ( $\times 10^4$ 次)
				熔鑄處理	均值化處理			
17	17	0.0005	1	實施	-	0.19	2105	8.0
18	18	0.0006	2	實施	-	0.19	2104	8.5
19	19	0.0015	143	實施	-	0.28	1948	9.5
20	20	0.0021	332	實施	-	0.18	1953	6.1
21	21	0.0012	75	實施	-	0.26	2152	8.7
22	22	0.0018	220	實施	-	0.30	2155	6.6
23	23	0.0013	95	實施	-	0.21	2120	8.0
24	24	0.0025	488	實施	-	0.22	2118	2.6
25	25	0.0006	2	-	-	0.52	2120	6.4
26	26	0.0006	1	-	-	0.45	2148	8.5
27	27	0.0004	1	-	-	0.48	2148	9.7
28	28	0.0003	1	-	-	0.63	2123	6.8
29	29	0.0008	14	-	-	0.45	2198	8.2
30	30	0.0023	440	-	-	0.56	1955	7.8
31	31	0.0015	137	-	-	0.53	2043	6.5

[0071]

【表 6】

試驗 No.	鋼種	O量 (質量%)	軋軋材中之25 μm以上之夾雜物個數(個/100g)	鋼中之氫減少處理有否實施		軋軋材之非擴散性氫量(ppm)	線之抗拉強度(MPa)	腐蝕疲勞特性 (×10 <sup>4</sup> 次)
				熔鋼處理	均質化處理			
32	32	0.0007	5	實施	-	0.23	2032	39.4
33	33	0.0004	8	實施	-	0.15	2050	39.0
34	34	0.0009	13	實施	-	0.18	2109	46.9
35	35	0.0004	6	實施	-	0.23	2042	63.2
36	36	0.0007	8	實施	-	0.22	2099	43.2
37	37	0.0005	7	實施	-	0.19	2014	46.6
38	38	0.0006	6	實施	-	0.18	2085	48.8
39	39	0.0007	6	實施	-	0.22	2055	44.0
40	40	0.0004	5	實施	-	0.23	2087	37.8
41	41	0.0007	4	實施	-	0.18	2099	45.0
42	42	0.0007	4	實施	-	0.23	2010	40.0
43	43	0.0004	1	實施	-	0.22	2095	47.0
44	44	0.0006	1	實施	-	0.21	2056	39.2
45	45	0.0007	9	實施	-	0.18	2010	48.8
46	46	0.0007	5	實施	-	0.23	2098	51.2
47	47	0.0004	3	實施	-	0.22	2099	43.0
48	48	0.0004	1	實施	-	0.18	2099	46.4

[0072] 由此等結果，可做以下般之考慮與詳察。即，表 4 所示之試驗 No. 1~16 及表 6 所示之試驗 No. 32~48，係將鋼材之化學組成適切調整之鋼，根據上述較佳之製造條件製造，因此氧化物系夾雜物之個數、非擴散性氫量係符合本發明所規定之範圍。將如是般之線材作伸線加工、淬火回火後所得之線，均具有 1900 MPa 以上之優異之抗拉強度。而且，淬火回火後之線，均可發揮 10 萬次以上之疲勞壽命，腐蝕疲勞特性優異。

[0073] 相對於此，表 5 所示之試驗 No. 17~31，因其針對本發明所規定之鋼材之化學組成、氧化物系夾雜物之個數、非擴散性氫量之要件之至少一者不符合，而最終成為腐蝕疲勞特性劣化之結果。

[0074] 試驗 No. 17、18 係使用 Cu、Ni 未添加，或是不符合規定下限之鋼種 17、18 的例子，腐蝕疲勞特性劣化。試驗 No. 19~24 係脫氧處理不充分且鋼中之 O 量過量之例子，其軋軋材中之氧化物系夾雜物之個數增多，腐蝕疲勞特性劣化。

[0075] 試驗 No. 25~29，其鋼中之 O 量係經控制於適當之範圍內，由於上述非擴散性氫低減處理均未進行，因此軋軋材中之非擴散性氫量增多，疲勞壽命小於 10 萬次，腐蝕疲勞特性劣化。

[0076] 試驗 No. 30、31 係脫氧處理不充分且鋼中之 O 量過量之例子，而且上述非擴散性氫低減處理均未進行，因此軋軋材中之氧化物系夾雜物之個數增多，此外軋

軋材中之非擴散性氫量也增多，均為疲勞壽命小於 10 萬次，腐蝕疲勞特性劣化。

[0077] 基於此等結果，將軋軋材中之氧化物系夾雜物的個數或非擴散性氫量對於腐蝕疲勞特性所造成之影響示於第 1 圖中。第 1 圖中，○記號之發明例，係表示表 4 之試驗 No. 1~16，×記號之比較例，係表示表 5 之試驗 No. 19~31，軋軋材中之氧化物系夾雜物的個數係以「夾雜物數」記載。由其結果可明顯得知，將氧化物系夾雜物之個數或非擴散性氫量嚴密地規定此舉，對於提昇腐蝕疲勞特性有效。

〔產業上之可利用性〕

[0078] 本發明之軋軋材及線，可適用於汽車等所使用之螺旋彈簧，例如引擎或懸吊系統等所使用之閥彈簧、懸架彈簧等，在產業上有用。

## 申請專利範圍

1. 一種高強度彈簧用輥軋材，其特徵在於，以質量%計分別含有：

C : 0.39 ~ 0.65%，

Si : 1.5 ~ 2.5%，

Mn : 0.15 ~ 1.2%，

P : 大於 0% 且 0.015% 以下，

S : 大於 0% 且 0.015% 以下，

Al : 0.001 ~ 0.1%，

Cu : 0.10 ~ 0.80%，

Ni : 0.10 ~ 0.80% 及

O : 大於 0% 且 0.0010% 以下，

且其餘部分為鐵及不可避免之雜質；

平均直徑為 25  $\mu\text{m}$  以上之氧化物系夾雜物，每 100 g 鋼材中為 30 個以下，且非擴散性氫量為 0.40 質量 ppm 以下。

2. 如申請專利範圍第 1 項之高強度彈簧用輥軋材，其進一步含有以質量%計之屬於以下 (a) ~ (d) 之任一者之 1 種以上：

(a) Cr : 大於 0% 且 1.2% 以下

(b) Ti : 大於 0% 且 0.13% 以下

(c) B : 大於 0% 且 0.01% 以下

(d) Nb : 大於 0% 且 0.1% 以下與 Mo : 大於 0% 且 0.5% 以下之至少 1 種。

3. 一種高強度彈簧用線，其特徵在於，含有如申請專利範圍第 1 項或第 2 項之鋼之化學成分，且回火麻田散鐵之面積率為 80%以上，而且抗拉強度為 1900 MPa 以上。



# 圖式

## 第 1 圖

