

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2014 年 10 月 2 日(02.10.2014)



(10) 国際公開番号
WO 2014/157142 A1

- (51) 国際特許分類:
C22C 38/00 (2006.01) *C22C 38/54* (2006.01)
C21D 9/52 (2006.01) *F16F 1/06* (2006.01)
C22C 38/46 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2014/058191
- (22) 国際出願日: 2014 年 3 月 25 日(25.03.2014)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2013-063012 2013 年 3 月 25 日(25.03.2013) JP
- (71) 出願人: 株式会社神戸製鋼所(KABUSHIKI KAISHA KOBE SEIKO SHO(KOBE STEEL, LTD.))
[JP/JP]; 〒6518585 兵庫県神戸市中央区脇浜海岸通二丁目 2 番 4 号 Hyogo (JP).
- (72) 発明者: 大浦 宏之(OURA, Hiroshi). 吉原 直(YOSHIHARA, Nao). 内藤 豪是(NAITO, Takayuki).
- (74) 代理人: 植木 久一, 外(UEKI, Kyuichi et al.); 〒5300003 大阪府大阪市北区堂島 2 丁目 1 番 1 6 号 フジタ東洋紡ビル 9 階 Osaka (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).
- 添付公開書類:
— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

(54) Title: STEEL WIRE ROD FOR HIGH-STRENGTH SPRING HAVING EXCELLENT DRAWABILITY INTO WIRE AND EXCELLENT POST-DRAWING BENDABILITY, PROCESS FOR MANUFACTURING SAME, HIGH-STRENGTH SPRING, AND PRODUCTION PROCESS THEREFOR

(54) 発明の名称: 伸線加工性、および伸線加工後の曲げ加工性に優れた高強度ばね用鋼線材、およびその製造方法、並びに高強度ばね、およびその製造方法

(57) Abstract: To provide a steel wire rod which exhibits excellent wire drawability and excellent post-drawing bendability. This steel wire rod for a high-strength spring contains 0.5 to 0.8% of C, 1.5 to 2.5% of Si, 0.5 to 1.5% of Mn, 0.05 to 0.5% of Ni, 0.05 to 2.5% of Cr, 0.05 to 0.5% of V with the balance being iron and unavoidable impurities, wherein: the area fraction of pearlite is 95% or more relative to the whole structure; the tensile strength (TS) and the reduction of area (RA) satisfy the relationship (1) [TS ≤ 1250MPa and RA ≥ 35%]; the standard deviation (TSσ) of tensile strength and the standard deviation (RAσ) of reduction of area satisfy the relationship (2) [TSσ ≤ 55.0 and RAσ ≤ 6.0]; and the area fraction of perlite having an interlamellar spacing of 0.9μm or more is 20% or less as observed at a position of d × 1/4, d being the diameter of the steel wire rod.

(57) 要約: 伸線加工性、伸線加工後の曲げ加工性に優れた鋼線材を提供すること。本発明の高強度ばね用鋼線材は、C: 0.5~0.8%、Si: 1.5~2.5%、Mn: 0.5~1.5%、Ni: 0.05~0.5%、Cr: 0.05~2.5%、V: 0.05~0.5%を夫々含有し、残部が鉄および不可避免不純物からなり、全組織に占めるパーライト組織の面積率が95%以上であり、引張り強さ(TS)、および絞り(RA)が式(1) [TS ≤ 1250MPa、RA ≥ 35%] を満足すると共に、引張り強さの標準偏差(TSσ)、および絞りの標準偏差(RAσ)が式(2) [TSσ ≤ 55.0、RAσ ≤ 6.0] を満足し、且つ鋼線材の直径d × 1/4位置における0.9μm以上のラメラ間隔を有するパーライト組織の面積率が20%以下である。

WO 2014/157142 A1

明 細 書

発明の名称：

伸線加工性、および伸線加工後の曲げ加工性に優れた高強度ばね用鋼線材、およびその製造方法、並びに高強度ばね、およびその製造方法

技術分野

[0001] 本発明は、自動車の弁ばね等に使用され、高い加工性、具体的には伸線加工性、伸線加工後の曲げ加工性、更には後述する皮削り性を持った高強度ばね用鋼線材、およびその製造方法、並びにこの高強度ばね用鋼線材から得られる高強度ばね、例えば硬引きばね、オイルテンパーばねに関するものである。

背景技術

[0002] 自動車のエンジン、クラッチ、燃料噴射装置などに使用されるばねは、長期間に渡り高応力で使用されるため、高レベルの耐疲労特性が必要とされている。また、近年の環境問題に起因する自動車の燃費規制は厳しさを増しており、自動車の低燃費化の実現が急務である。そのため自動車に用いられるばね部品の軽量化を目的とした高強度化ニーズは強い。その一方で新興国の台頭により市場競争は激化しており、高強度で、且つ低価格の鋼材の開発が必要となっている。

[0003] 自動車の燃料噴射装置に用いられる弁ばねは高応力化が指向される中で、疲労強度、耐へたり性等の特性を改善するために多くの合金が添加されている。しかしながら、合金添加量が多くなるにつれて、材料の延性が低下する傾向にあり、伸線加工性、伸線後の曲げ加工性、例えばコイルリング性等が悪化する傾向にある。

[0004] 主にエンジンに使用される弁ばねの製造方法の一例を以下に示す。まず所定の成分に精練・分塊された鋼塊を熱間圧延で直径5.0～8.0mm程度の丸線に加工し、コイル状に巻き取って冷却する。その後、鋼線材（以下、「熱間圧延線材」ということがある）に熱処理等を施すことなく表層の脱炭

部を除去する皮削り処理(以下、「SV処理」ということがある)を実施する。更にその後、高周波等で軟化焼鈍処理を行い所望の線径、例えば弁ばねの場合は直径3～4 mm程度まで伸線加工する。その後、ばね特性を向上させるための焼入れ－焼戻し処理を実施した後、ばね状に加工する。

[0005] 上記の製造方法は一例であるが、熱間圧延線材の組織に起因する伸線加工性はオーステナイト化を伴う熱処理工程の前工程まで影響を及ぼす。しかし、伸線加工中に生じた内部欠陥等はオーステナイト化を伴う熱処理後も組織中の欠陥として残存し、熱処理後のワイヤの特性にも影響を及ぼす。そのため生産工程の省工程化が進められている現在では、熱間圧延線材の延性の向上によって担保される伸線加工性、伸線加工後の曲げ加工性の確保は非常に重要な課題となっている。

[0006] そこで、これまでも熱間圧延線材の延性を改善すべく、熱間圧延の製造条件を工夫して熱間圧延線材の加工性を向上させる技術が提案されている。

[0007] 例えば特許文献1には鋼の化学成分組成を調整すると共に、圧延線材の載置温度を900℃以上、パーライト変態開始温度を650～750℃に設定してパーライトを主体とする組織とすると共に、パーライトノジュールのばらつきを低減することで、伸線加工性に優れた高強度ばね用鋼線材が提案されている。

先行技術文献

特許文献

[0008] 特許文献1：特開2012-72492号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0009] しかしながら、本発明者らが検討した結果、上記特許文献1の組織中には、内部欠陥が残存しており、伸線加工後の曲げ加工性が悪化することがわかった。

[0010] このように従来では伸線加工性、及び伸線加工後の曲げ加工性に優れたば

ね用鋼材はなかった。

[0011] 本発明は上記のような事情に着目してなされたものであって、その目的は、伸線加工性、伸線加工後の曲げ加工性に優れた鋼線材を提供することにある。特に本発明は、オーステナイト化を伴わない高軟化焼鈍若しくは高周波加熱の中間熱処理の適用のみで、ばねとして用いられる伸線減面率85%程度の最終線径、例えば $\phi 2.0 \sim 4.0$ mmまで伸線が可能であり、更に伸線後の曲げ加工性に優れた高強度ばね用鋼線材、およびこのような高強度ばね用鋼線材の製造に有用な方法を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0012] 上記課題を解決し得た本発明の高強度ばね用鋼線材とは、C : 0.5 ~ 0.8 % (% は「質量 %」の意味、化学成分組成について以下同じ)、Si : 1.5 ~ 2.5 %、Mn : 0.5 ~ 1.5 %、Ni : 0.05 ~ 0.5 %、Cr : 0.05 ~ 2.5 %、V : 0.05 ~ 0.5 % を夫々含有し、残部が鉄および不可避不純物からなり、全組織に占めるパーライト組織の面積率が95%以上であり、引張り強さ(TS)、および絞り(RA)が下記式(1)を満足すると共に、引張り強さの標準偏差(TS σ)、および絞りの標準偏差(RA σ)が下記式(2)を満足し、且つ鋼線材の直径 $d \times 1/4$ 位置における0.9 μ m以上のラメラ間隔を有するパーライト組織の面積率が20%以下であることに要旨を有する。

$$TS \leq 1250 \text{ MPa}、RA \geq 35\% \quad \cdots (1)$$

$$TS\sigma \leq 55.0、RA\sigma \leq 6.0 \quad \cdots (2)$$

[0013] 本発明では、化学成分組成として更に、Nb : 0%超 ~ 0.10%、Mo : 0%超 ~ 0.50%、Cu : 0%超 ~ 0.50%、およびB : 0.0010 ~ 0.0100%よりなる群から選択される少なくとも一種を含有させてもよい。

[0014] 本発明には上記高強度ばね用鋼線材から得られた高強度ばねも含まれる。

[0015] また本発明は上記高強度ばね用鋼線材の製造方法が含まれる。具体的には上記化学成分組成を満足する熱間圧延後の鋼線材を載置温度 : 750 ~ 89

0℃としてコイル状に巻き取った後、冷却コンベア上にて2.0～10.0℃/秒の平均冷却速度でコイルの密部とコイルの疎部を徐冷の開始温度まで冷却し、引続き1.0℃/秒以下の平均冷却速度で120秒以上徐冷することとし、前記徐冷の開始温度を、コイルの密部とコイルの疎部の温度が、600～650℃の範囲内で、且つ前記コイルの密部と前記コイルの疎部の温度差が30℃以下となるようにすることに要旨を有する。

[0016] また本発明には、上記高強度ばね用鋼線材に、熱処理することなく皮削り処理を施し、その後、軟化焼鈍若しくは高周波加熱を施してから伸線加工を行った後、焼入れ焼戻し処理を施してばねに成形加工することも含まれる。

発明の効果

[0017] 本発明は、化学成分組成、および金属組織を適切に制御すると共に、鋼線材の引張り強さと絞りを所定の範囲となるようにし、更に鋼線材内部の所定のパーライト組織の面積率を適切に制御するようにした。その結果、伸線加工性と伸線加工後の曲げ加工性が良好である高強度ばね用鋼線材を提供できる。また、このような高強度ばね用鋼線材は高強度ばねを製造するための素材として極めて有用である。

図面の簡単な説明

[0018] [図1]図1は、コイルのサンプリング位置の概略説明図である。

[図2]図2は、冷却コンベア上のコイルの状態を示す概略説明図である。

[図3]評価用試料であるコイルのサンプリング方法の概略説明図である。

[図4]評価用試料である線材の断面図であって、パーライト組織の測定位置の概略説明図である。

[図5]0.9μm以上のラメラ間隔を有するパーライトコロニーを示す図面代用写真である。

発明を実施するための形態

[0019] 一般にばね用鋼線材の製造にあたっては、熱間圧延後の鋼線材をコイル状に巻き取り、冷却コンベア上に載置し、風冷等を行って冷却する。冷却コンベア上のコイルの状態を図2に示す。このような状態で冷却を行うと、鋼線

材の比較的密に重なった部分（以下、「密部」ということがある）と、比較的まばらな部分（以下、「疎部」ということがある）によって冷却速度に差異が生じ、冷却後の組織に差異が生じることになる。

[0020] 本発明者らは、高強度ばね用鋼の圧延組織と加工性、具体的には伸線加工性、伸線加工後の曲げ加工性の関係について検討した。その結果、圧延組織を均一なパーライト主体組織に制御することに加え、機械的性質（以下、引張り強さ、及び絞りをまとめて「機械的性質」ということがある）の長手方向のばらつき、例えば図3に示す円周方向、およびラメラ間隔の粗いパーライト組織（以下、「粗パーライト組織」ということがある）の面積率を制御することで鋼線材の伸線加工性、および伸線加工後の曲げ加工性が向上することを見出した。

[0021] ここで、機械的性質の長手方向のばらつきに関しては、長手方向、即ちコイル密部、疎部の冷却速度に起因する組織ばらつきを低減することが重要となる。

[0022] また、ラメラ間隔の粗いパーライト組織の抑制に関しては圧延コンベア上でパーライト変態の開始する温度域を冷却速度制御によって適正に制御することも重要であることが判明した。

[0023] 本発明者らは、高強度ばね用鋼線材において、圧延後の熱処理を省略してSV処理を行い、更には高周波熱処理等での軟化焼鈍のみでも十分な伸線加工性と伸線後の曲げ加工性を確保するための条件について、更に検討した。その結果、鋼線材組織の面積率95%以上をパーライト組織とすると共に、機械的性質である引張り強さ(TS)と絞り(RA)、及び機械的性質の長手方向のばらつきの指標である引張り強さの標準偏差(TS σ)と、絞りの標準偏差(RA σ)が下記式(1)、(2)を満足するようにコイル密部と疎部の冷却速度を制御することに加え、伸線加工中の内部欠陥となりうる0.9 μ m以上のラメラ間隔を有するパーライト組織の面積率が20%以下となるようにパーライト変態開始温度を制御すれば、上記目的に適う高強度ばね用鋼線材が実現できることを見出し、本発明を完成した。

$$T S \leq 1250 \text{ MPa}、R A \geq 35\% \quad \cdots (1)$$

$$T S \sigma \leq 55.0、R A \sigma \leq 6.0 \quad \cdots (2)$$

[0024] 上記の要件を規定した理由は以下の通りである。

[0025] [パーライト組織の面積率：95%以上]

本発明のばね用鋼線材は、パーライト組織を主相とするものである。パーライト組織以外の組織としては、ベイナイト、マルテンサイト等の過冷組織や、フェライトが含まれることがある。ベイナイトやマルテンサイト等の過冷組織が増加すると、延性や靱性が低下して、皮削り処理時や伸線加工処理時に断線が生じやすくなる。またフェライトが増加すると、組織が不均一となって伸線加工性が低下したり、伸線加工後にボイド等の内部欠陥が生じて伸線加工後の曲げ加工性が低下することがある。本発明ではパーライト組織の面積率を高めて、相対的にベイナイト等の上記望ましくない組織を抑制し、均一なパーライト主体の組織とすることによって、断線や内部欠陥などを減少させ、伸線加工性や伸線加工後の曲げ加工性を向上させている。こうした効果を得るために、全組織に占めるパーライト組織の面積率を95%以上とする必要があり、好ましくは97%以上、より好ましくは98%以上である。

[0026] また本発明においてはばね用鋼線材の引張り強さ（TS）およびその標準偏差（TS σ ）、並びに絞り（RA）、およびその標準偏差（RA σ ）を規定した理由は以下の通りである。

[0027] [引張り強さ（TS）：1250 MPa以下、絞り（RA）：35%以上
... (1)]

引張り強さ（TS）と絞り（RA）はいずれも鋼線材の伸線加工時の断線を抑制するために重要な指標である。本発明では、熱間圧延して得られた鋼線材に、熱処理を施さずに皮削り処理（SV処理）を施し、その後、軟化焼鈍処理若しくは高周波加熱を施してから伸線加工を行う。このような製造工程において、延性が乏しいとSV処理や伸線加工時に断線が生じやすくなる。特に引張り強さ（TS）が高すぎたり、絞り（RA）が低すぎる場合は、

S V 処理や伸線加工時に断線が生じやすくなる。このような断線を抑制する観点から、本発明では機械的性質を適切に制御することとした。具体的には、鋼線材の引張り強さ (TS) を 1250 MPa 以下、好ましくは 1200 MPa 以下とする。また鋼線材の絞り (RA) を 35% 以上、好ましくは 40% 以上とする。

[0028] [TS σ : 55.0 以下、RA σ : 6.0 以下 . . . (2)]

更に本発明では機械的性質のばらつきを適切に制御することとした。圧延線材は、冷却時のコイルの密部と疎部で冷却速度が異なるため、機械的性質に大きな差異が生じる場合がある。そのため、S V 処理や伸線加工処理での断線、および伸線加工後の組織中の欠陥発生を抑制して伸線加工後の曲げ加工性を向上させる観点から、引張り強さ (TS) と絞り (RA) のばらつきを低減することが望ましい。そこで本発明では引張り強さの標準偏差 (TS σ) を 55.0 以下、好ましくは 50.0 以下、より好ましくは 48 以下とする。また絞りの標準偏差 (RA σ) を 6.0 以下、好ましくは 5.0 以下、より好ましくは 4.8 以下とする。

[0029] [鋼線材の直径 $d \times 1/4$ 位置における $0.9 \mu\text{m}$ 以上のラメラ間隔を有するパーライト組織の面積率の合計: 20% 以下]

鋼線材の所定位置における特定のパーライト組織の面積率の制御は、伸線加工、および伸線加工後の曲げ加工性などにおける断線の抑制に有効である。本発明では上記したようにパーライトを主相とする金属組織であるが、線材内部においてラメラ間隔の粗いパーライト組織が存在すると、該パーライト組織は変形能に乏しいため、断線の原因となる組織中の欠陥となりやすい。また該欠陥は熱処理後も組織中に残存することが多いため、抑制することが望ましい。こうした欠陥を抑制する観点から、本発明では鋼線材の直径 d の $1/4$ 位置における $0.9 \mu\text{m}$ 以上のラメラ間隔を有するパーライト組織の面積率の合計を 20% 以下、好ましくは 15% 以下、より好ましくは 10% 以下とする。また上記欠陥を抑制する観点から好ましくは $0.8 \mu\text{m}$ 以上、より好ましくは $0.7 \mu\text{m}$ 以上のラメラ間隔を有するパーライト組織の面

積率の合計を上記範囲に制御することが望ましい。また上記のような要件を満足する線材は、S V性も良好となる。

[0030] 上記のような高強度ばね用鋼線材を製造するに当たっては下記のように製造条件を適切に制御する必要がある。まず、所定の化学成分を有する鋼ビレットを熱間圧延し、所望の線径に加工する。この圧延時の加熱温度については、特に限定しないが、組織微細化の観点からはできるだけ低温での加工が好ましい。しかしながら、低温化すると鋼材の変形抵抗が増大して設備負荷が大きくなるため、保有する設備に応じて適宜設定することになる。通常、熱間圧延時の加熱温度、例えば鋼ビレット加熱温度は、900～1000℃程度である。

[0031] 続いて、熱間圧延後の鋼線材をコイル状にして冷却コンベア上に載置するが、このときの載置温度が890℃を超えると組織が粗大化して、絞り（RA）が低くなり、延性が低下して伸線加工性や伸線加工後の曲げ加工性が悪化することがある。また750℃未満となると変形抵抗が増大して設備負荷が大きくなるため、載置温度は750℃以上890℃以下とする。この載置温度は、好ましくは770℃以上、830℃以下である。

[0032] 冷却コンベア上に載置後、パーライト変態の開始する温度域、すなわち徐冷開始温度：600～650℃まで冷却するが、圧延後の組織を所定の範囲内に制御するためにはコイル状に折り重なった線材を急速且つ均一に冷却する必要がある。即ち、コイルの密部・疎部をそれぞれ2.0℃/秒以上10.0℃/秒以下の平均冷却速度で冷却し、引続き1.0℃/秒以下の平均冷却速度で120秒以上徐冷することとし、徐冷を開始するときの線材温度を、疎部・密部のいずれも600℃以上650℃以下の範囲内となるように制御する。徐冷を開始するときの領域は、その領域に徐冷カバーを設置することによって行われるのが通常であるので、以下では徐冷領域を「徐冷カバー内」、徐冷開始位置を「徐冷カバー入口」と呼ぶことがある。

[0033] 上記徐冷開始温度までの平均冷却速度が2.0℃/秒未満の場合、組織を十分に制御できず、粗パーライト組織の面積率が多くなり、伸線加工性や伸

線加工後の曲げ加工性が悪化する。一方、平均冷却速度が $10.0^{\circ}\text{C}/\text{秒}$ を超えると、ベイナイトなどの局所的な過冷組織が生成して、パーライト組織の面積率が低下し、延性が低くなるため、伸線加工性や伸線加工後の曲げ加工性が悪化する。好ましい平均冷却速度は $3.0^{\circ}\text{C}/\text{秒}$ 以上、 $7.0^{\circ}\text{C}/\text{秒}$ 以下である。

[0034] また鋼線材の長手方向の機械的性質のばらつき抑制して所望の範囲にコントロールするには、冷却コンベア上に載置後、パーライト変態の開始する温度域までの圧延コイル密部と疎部の冷却条件を制御することが重要である。

[0035] 即ち、コイルの密部・疎部をそれぞれ上記温度範囲の冷却速度で冷却し、徐冷を開始するときの鋼線材温度を、コイルの密部・疎部のいずれも 600°C 以上 650°C 以下の範囲内とし、且つ、コイルの密部と疎部の温度差が 30°C 以下となるように制御する。

[0036] コイルの密部と疎部の徐冷開始温度が 650°C を超えると粗パーライト組織が生成し、その面積率が高くなって、内部欠陥が増加する。その結果、伸線後の曲げ加工性が悪化する。一方、徐冷開始温度が 600°C を下回ると、徐冷カバー内でのパーライト変態が不十分となる。その結果、ベイナイト等の過冷組織が生じてパーライト面積率が低くなって延性が低下して伸線加工性や伸線加工後の曲げ加工性が悪化する。好ましい徐冷カバー入口温度は 620°C 以上、 640°C 以下である。

[0037] またコイル密部と疎部の徐冷カバー入口温度差を 30°C 以下、好ましくは 20°C 以下となるように制御する。徐冷カバー入口でのコイル密部と疎部の温度差を 30°C 以下とすることで、圧延線材の長手方向の機械的性質のばらつき（ $TS\sigma$ 、 $RA\sigma$ ）を上記所定の範囲内まで低減できる。

[0038] 圧延線材のコンベア上へ載置した後から徐冷カバー入口におけるコイル密部・疎部の冷却速度については、コイル密部・疎部への冷却用ブローアの風量を各調整することで、徐冷領域入り側でのコイル密部・疎部の温度差を小さくすることが可能である。圧延線速、コンベア速度等によって、コイル密部・疎部の冷却速度は変化するので、各圧延条件に合わせた風量の設定が必

要となる。

[0039] 徐冷カバー内での冷却速度が速すぎたり、滞在時間、具体的には徐冷領域滞在時間、または徐冷時間が短すぎると変態が完了する前に徐冷が終わってしまい、その後の冷却、例えば通常、水冷によってベイナイトやマルテンサイト等の過冷組織を生じる恐れがある。したがって上記徐冷領域での冷却速度は1.0℃/秒以下、好ましくは0.4℃/秒以下とし、上記滞在時間は120秒以上を確保することが好ましい。

[0040] 本発明の高強度ばね用鋼線材は、最終製品、例えば高強度ばねとしての特性を発揮させるために、その化学成分組成を適切に調整する必要がある。その化学成分組成における各成分（元素）による範囲限定理由は次の通りである。

[0041] [C : 0.5～0.8%]

Cは、鋼材の基本的な強度を確保し、ばねの強度・耐へたり性の上昇に有効な元素である。このような効果を得るために、Cは0.5%以上含有させる必要がある。C含有量の増加に伴ってばねの強度・耐へたり性は向上する。しかしながらC添加量が過剰になると粗大セメントサイトを多量に析出し、延性が低下し、伸線加工性や伸線加工後の曲げ加工性、およびばね特性に悪影響を及ぼすことがある。そのためC含有量は、0.8%以下とする必要がある。C含有量の好ましい下限は0.55%以上、より好ましくは0.6%以上であり、好ましい上限は0.75%以下、より好ましくは0.7%以下である。

[0042] [Si : 1.5～2.5%]

Siは、鋼の脱酸、及びばねの強度、硬度、および耐へたり性を確保するために必要な元素である。このような効果を得るために、Siは1.5%以上含有させる必要がある。しかしながら、Si含有量が過剰になると、材料を硬化させるだけでなく、延性の低下により伸線加工性、および伸線加工後の曲げ加工性を低下させる他、表面の脱炭が増加してSV処理性、およびばね疲労特性を低下させることがある。そのためSi含有量は2.5%以下と

する必要がある。S i 含有量の好ましい下限は1.7%以上、より好ましくは1.8%以上であり、好ましい上限は2.3%以下、より好ましくは2.2%以下である。

[0043] [Mn : 0.5 ~ 1.5 %]

MnはS iと同様に、鋼の脱酸に必要な元素である。また鋼中SをMnSとして固定することに加えて、焼入れ性を高めてばね強度の向上に貢献する。このような効果を得るために、Mnは0.5%以上含有させる必要がある。しかしながら、Mn含有量が過剰になると、焼入れ性が過度に高くなって、マルテンサイト、ベイナイト等の過冷組織が生成しやすくなる。その結果、伸線加工性、伸線加工後の曲げ加工性が低下する。そのためMn含有量は1.5%以下とする必要がある。Mn含有量の好ましい下限は0.7%以上、より好ましくは0.8%以上であり、好ましい上限は1.3%以下、より好ましくは1.2%以下である。

[0044] [Ni : 0.05 ~ 0.5 %]

Niは、熱間圧延時の脱炭を抑制する他、焼入れ焼戻し後の延性、靱性、および耐腐食性の向上に寄与する。このような効果を得るために、Niは0.05%以上含有させる必要がある。しかしながら、Ni含有量が過剰になると焼入れ性が過度に高くなるため、マルテンサイト、ベイナイト等の過冷組織が生成しやすくなる。その結果、伸線加工性、伸線加工後の曲げ加工性が低下する。また、オイルテンパー線（OT線）の製造工程である焼入れ焼戻しで残留オーステナイトが過度に生成するので、ばねの耐へたり性を著しく低下させる。そのため、Ni含有量は0.5%以下とする必要がある。Ni含有量の好ましい下限は0.10%以上、より好ましくは0.15%以上であり、好ましい上限は0.30%以下、より好ましくは0.25%以下である。

[0045] [Cr : 0.05 ~ 2.5 %]

Crは、焼入れ性を高めてばね強度を向上させることに加え、Cの活量を低下させて圧延時や熱処理時の脱炭を防止する効果がある。このような効果

を得るために、C rは0.05%以上含有させる必要がある。しかしながらC r含有量が過剰になると、C r系合金炭化物、窒化物、炭窒化物の析出が過剰となり、延性が低下して伸線加工性、伸線加工後の曲げ加工性を低下させる。そのため、C r含有量は2.5%以下とする必要がある。C r含有量の好ましい下限は0.10%以上、より好ましくは0.20%以上であり、好ましい上限は2.2%以下、より好ましくは2.0%以下である。

[0046] [V : 0.05~0.5%]

Vは、熱間圧延および焼入れ焼戻し処理において結晶粒を微細化する作用があり、延性、靱性を向上させる。また、ばね成形後の歪取焼鈍時に2次析出硬化を起こしてばねの強度の向上に寄与する。このような効果を得るために、Vは0.05%以上含有させる必要がある。しかしながらV含有量が過剰になると、C rとVの複合合金炭化物の析出が過剰となり、延性が低下して伸線加工性、伸線加工後の曲げ加工性が悪化する。そのため、V含有量は0.5%以下とする必要がある。V含有量の好ましい下限は0.10%以上、より好ましくは0.15%以上であり、好ましい上限は0.3%以下、より好ましくは0.2%以下である。

[0047] 本発明に係る高強度ばね用鋼線材における基本成分は上記の通りであり、残部は鉄および不可避免的不純物（例えば、P、S等）である。本発明に係る高強度ばね用鋼線材には、必要によってNb : 0%超0.10%以下、Mo : 0%超0.50%以下、Cu : 0%超0.50%以下、およびB : 0.0010~0.0100%よりなる群から選択される少なくとも一種を含有させてもよく、これらは同効作用を有する元素であって、含有させる元素の種類に応じて、鋼線材の特性が更に改善される。これらの元素の好ましい範囲設定理由は下記の通りである。

[0048] [Nb : 0%超0.10%以下]

Nbは熱間圧延、および焼入れ・焼戻し処理において結晶粒を微細化する作用があり、延性を向上させる効果がある。しかしながらNbを過剰に含有させると、C rとNbの複合合金炭化物の析出が過剰となり、延性が低下し

伸線加工性、曲げ加工性を低下させる。そのため、Nb添加量は0.10%以下とする。Nb含有量の好ましい下限は0.01%以上、より好ましくは0.02%以上であり、好ましい上限は0.07%以下、より好ましくは0.05%以下である。

[0049] [Mo : 0%超0.50%以下]

Moは、ばね成形後の歪取焼鈍時に2次析出硬化を起こしてばねの強度の向上に寄与する。しかしながら、Mo含有量が過剰になると、CrとMoの複合金炭化物の析出が過剰となり、延性が低下し伸線加工性、伸線加工後の曲げ加工性を低下させる。そのため、Mo添加量は0.50%以下とする。Mo含有量の好ましい下限は0.05%以上、より好ましくは0.10%以上であり、好ましい上限は0.40%以下、より好ましくは0.30%以下である。

[0050] [Cu : 0%超0.50%以下]

Cuは、熱間圧延時の脱炭を抑制する効果がある。また耐腐食性の向上にも寄与する。しかしながら、Cuを過剰に含有させると熱間延性を低下させ、熱間圧延時に割れを生じる危険がある。そのため、Cu含有量は0.50%以下とする。Cu含有量の好ましい下限は0.05%以上、より好ましくは0.10%以上であり、好ましい上限は0.40%以下、より好ましくは0.30%以下である。

[0051] [B : 0.0010~0.0100%]

Bは、焼入れ性の向上とオーステナイト結晶粒界の清浄化による延性・靱性の向上効果がある。このような効果を得るために、Bは0.0010%以上含有させることが望ましい。しかしながら、Bを過剰に含有させるとFeとBの複合化合物が析出し、熱間圧延時の割れを引き起こす危険がある。また、焼入れ性が過度に向上するため、ベイナイト等の過冷組織が生成し、圧延線材の延性を低下させることがある。そのため、B含有量は0.0100%以下とする。B含有量の好ましい下限は0.0015%以上、より好ましくは0.0020%以上であり、好ましい上限は0.0050%以下、より

好ましくは0.0040%以下である。

[0052] 本発明の高強度ばね用鋼線材は、熱間圧延後のものを想定したものであるが、この高強度ばね用鋼線材は、その後ばねに加工されることによって、高強度ばねに成形されるものであり、良好な特性を発揮するばねが得られる。

[0053] 本願は、2013年3月25日に出願された日本国特許出願第2013-063012号に基づく優先権の利益を主張するものである。2013年3月25日に出願された日本国特許出願第2013-063012号の明細書の全内容が、本願に参考のため援用される。

実施例

[0054] 以下、実施例を挙げて本発明をより具体的に説明するが、本発明はもとより下記実施例によって制限を受けるものではなく、前・後記の趣旨に適合し得る範囲で適当に変更を加えて実施することも勿論可能であり、それらはいずれも本発明の技術的範囲に包含される。

[0055] 下記表1に示す化学成分組成の鋼塊を転炉で溶製した後、この鋼塊を分塊圧延して断面が155mm×155mmの鋼ビレットを作製した。該鋼ビレットを950℃に加熱した後、熱間圧延し、下記表2に示すコンベア載置温度（表中、「載置温度」）で載置した後、表2に示す温度条件で線径：φ5.5～8.0mm、単重2tonのコイルを製造した（試験No. 1～29）。得られた各コイルについて、以下の試験を行った。

[0056] [引張り強さ（TS）、絞り（RA）、およびこれらの標準偏差（TSσ、RAσ）]

図1に示すように2トンコイルの各位置、すなわち、コイル全体の1/3までのTOP、コイル全体の1/3までのBOT、前記TOP、およびBOTを除いた残りの1/3のMIDから夫々3巻ずつ、合計9巻をサンプリングした。図3に示すように各リングを円周方向に8分割、すなわち、コイル長手方向に8分割して採取したサンプル、すなわち、サンプル数（n）＝72で引張り試験（TS）、および絞り（RA）を実施した。また引張り強さの標準偏差（TSσ）、及び絞りの標準偏差（RAσ）は全サンプル（n＝

72) から求めた。

[0057] 鋼線材、すなわち、コイルのパーライト面積率、及び粗パーライト面積率は以下のようにして測定した。

[0058] [パーライト面積率]

上記2トンコイルのTOP、MID、およびBOTの各位置で引張強度(TS)が最大のもの、および最小のものを夫々2本ずつ、合計6本をサンプリングした。まず、各サンプルの横断面を埋め込み研磨し、ピクリン酸を用いた化学腐食を実施した。次に図4に示すように横断面の直径 $d \times 1/4$ 位置を光学顕微鏡を用いて倍率400倍で $200\mu m \times 200\mu m$ の領域にて写真を撮影した。該撮影は図示するように互いに90度をなす4箇所において行った。光学顕微鏡写真の画像をプリントアウトして、透明フィルムを重ねた上から白い部分を黒マジックで塗りつぶした後、透明フィルムをスキャナーでパーソナルコンピュータに取り込み、画像解析ソフト(Media Cybernetics社製「Image Pro Plus」)を用いて、画像を2値化した後、パーライト面積率を求めた。なお、光学顕微鏡写真の画像が白い部分をフェライトおよび下部ベイナイトとした。1サンプル当たり4視野のパーライト面積率から平均値を求めた。本発明では全6サンプル(各4箇所)のパーライト面積から平均値を算出した。なお、表層に脱炭層が存在する場合には、JIS G 0058で規定される全脱炭部は測定部位から除外した。面積率について、表3には以下の基準で表記した(表中、「圧延線材組織」欄)。

P : パーライト組織の面積率が95%以上

P + B : パーライト組織の面積率が95%未満、且つベイナイト組織が生成

P + B + M : パーライト組織の面積率が95%未満、且つベイナイト組織とマルテンサイト組織が生成

[0059] [0.9 μm 以上のラメラ間隔を有するパーライト面積率]

上記2トンコイルの各位置(TOP、MID、BOT)で引張強度(TS

）が最小のものを夫々1本ずつ、合計3本をサンプリングした。上記パーライトの面積率と同様、研磨、化学腐食を実施した。次に図4に示すように横断面の直径 $d \times 1/4$ 位置を走査型電子顕微鏡（SEM、倍率：2000倍、 $50 \mu\text{m} \times 40 \mu\text{m}$ の領域）にて撮影した。該撮影は図示するように4箇所において行った。

[0060] 次に各写真のパーライト組織において1箇所でも $0.9 \mu\text{m}$ 以上のラメラ間隔を有するパーライトコロニー（図5）の面積率を求めた。SEM画像をプリントアウトして、透明フィルムを重ねた上から1箇所でも $0.9 \mu\text{m}$ 以上のラメラ間隔を有するパーライトコロニー部分を黒マジックで塗りつぶした後、透明フィルムをスキャナーでパーソナルコンピュータに取り込み、画像解析ソフトを用いて、画像を2値化した後、 $0.9 \mu\text{m}$ 以上のラメラ間隔を有するパーライト面積率を求めた。本発明では全3サンプル（各4箇所）の $0.9 \mu\text{m}$ 以上のラメラ間隔を有するパーライト面積率から平均値を算出した。なお、局所的に初析フェライト組織が存在する場合は予め除外した後、 $0.9 \mu\text{m}$ 以上のラメラ間隔を有する粗パーライト面積率を求めた。なお、ラメラ間隔は該ラメラに直角となるように線分を引き、フェライトを挟むセメンタイトの中心間距離を測定した。

[0061] 各圧延線材のSV処理性、伸線加工性、伸線加工後の曲げ加工性は以下のようにして評価した。

[0062] （皮削り処理性）

皮削り処理性は、コイルのTOP側1トン全量（コイル全体 $\times 1/2$ ）に熱処理を加えることなく皮削り処理を実施し、該皮削り処理での断線の有無で評価した（表中、「SV性」）。

A（合格 皮削り処理性が良い）：断線が生じなかったコイル

F（不合格 皮削り処理性が悪い）：断線が生じたコイル

[0063] （伸線加工性）

伸線加工性は、皮削り処理後のコイルを 600°C で3時間の焼鈍処理を施した後、酸洗処理、ボンデ処理を施し、連続伸線機で1パス当たりの減面率

を15～20%として総減面率85%まで伸線し、伸線時の断線の有無で評価した（表中、「伸線加工性」）。なお、表中の「－」は、上記皮削り処理によって断線が生じたため（表中、「SV性」が「F」）、伸線加工を行わなかったことを示す。

A（合格 伸線加工性が良い）：断線の生じなかったコイル

F（不合格 伸線加工性が悪い）：断線が生じたコイル

[0064] （伸線後の曲げ加工性）

伸線後に自径巻きを1000巻き行った際の折損回数（自径巻き折損回数）で評価した（表中、「コイリング性」）。なお、表中の「－」は、上記皮削り処理で断線が生じたか（表中、「F」）、或いは伸線加工によって断線が生じたため（表中、「F」）、伸線後の曲げ加工を行わなかったことを示す。

折損回数0回（コイリング性が良い）：自径巻きで折損が生じなかったコイル

折損回数1回以上（コイリング性が悪い）：自径巻きで折損が生じたコイル

[0065]

[表1]

鋼種	化学成分組成(質量%、残部は鉄、および不可避免不純物)									
	C	Si	Mn	Ni	Cr	V	Nb	Mo	Cu	B
A	0.55	1.56	0.79	0.11	1.32	0.07		0.20		
B	0.58	1.62	0.91	0.10	0.68	0.06	0.05		0.15	
C	0.61	1.90	0.82	0.22	1.99	0.20				
D	0.60	2.31	0.91	0.31	1.79	0.21	0.02			0.0021
E	0.58	1.77	1.11	0.16	1.74	0.12				
F	0.75	2.21	0.98	0.07	0.71	0.10	0.01	0.11		
G	0.66	1.71	0.68	0.33	1.21	0.17		0.38		0.0033
H	0.53	1.82	0.68	0.21	1.14	0.32	0.02		0.26	
I	0.64	2.10	0.95	0.19	1.82	0.16				
J	0.55	2.08	1.09	0.19	1.18	0.28	0.03			
K	0.92	1.71	1.08	0.21	1.33	0.23				0.0025
L	0.66	2.86	0.77	0.29	1.13	0.08		0.21		
M	0.58	2.61	1.68	0.21	1.38	0.21	0.02	0.08		
N	0.71	1.77	0.81	0.61	1.31	0.31			0.10	
O	0.62	1.84	0.82	0.32	2.61	0.18			0.18	
P	0.59	1.98	0.95	0.19	0.92	0.63	0.01			0.0019
Q	0.63	2.11	0.71	0.18	0.21	0.07				
R	0.66	1.85	0.77	0.21	0.18	0.11				
S	0.65	2.05	0.59	0.22	0.25	0.08	0.07			
T	0.71	1.97	0.63	0.16	0.11	0.31				0.0042
U	0.59	2.07	0.73	0.32	0.32	0.18				

Nbは0.01%未満を不純物レベル、Mo:0.05%未満は不純物、Cuは0.05%未満は不純物であり、空欄とした。

[0066]

[表2]

試験 No	鋼種	圧延		コンベヤ上温度				冷却速度					
		圧延線径 mm	載置 温度 °C	徐冷カバ-入口温度		載置〜徐冷カバ-入口		徐冷カバ-内		徐冷時間 sec			
				コイル密部 °C	コイル疎部 °C	コイル密部 °C	コイル疎部 °C	コイル密部 °C/s	コイル疎部 °C/s				
1	A	8.0	810	640	640	0	3.3	3.3	0.3	0.3	200		
2	B	8.0	820	640	640	0	4.8	4.8	0.2	0.3	150		
3	C	6.4	790	640	630	10	2.9	3.1	0.4	0.5	160		
4	D	5.5	840	630	600	30	5.6	6.4	0.3	0.4	150		
5	E	7.0	870	640	640	0	6.1	6.1	0.2	0.3	150		
6	F	7.0	820	610	600	10	5.7	6.0	0.2	0.3	150		
7	G	8.0	820	640	640	0	4.8	4.8	0.4	0.4	150		
8	H	6.4	810	630	620	10	3.6	3.7	0.2	0.2	200		
9	I	7.0	780	640	640	0	3.7	3.7	0.3	0.4	150		
10	J	7.0	820	630	620	10	5.2	5.4	0.3	0.3	150		
11	I	7.0	920	640	630	10	7.5	7.6	0.4	0.5	150		
12	I	7.0	830	670	650	20	4.2	4.7	0.3	0.4	150		
13	I	7.0	810	610	590	20	4.0	4.3	0.2	0.2	160		
14	I	7.0	840	640	600	40	5.3	6.4	0.3	0.4	120		
15	I	7.0	800	640	620	20	1.8	2.3	0.2	0.2	300		
16	I	7.0	880	630	620	10	9.5	10.3	0.3	0.4	100		
17	I	7.0	820	630	620	10	5.1	5.3	1.1	1.2	150		
18	I	7.0	800	640	620	20	6.3	7.2	0.3	0.4	100		
19	K	8.0	840	630	630	0	5.6	5.6	0.3	0.4	150		
20	L	8.0	840	620	610	10	5.8	5.9	0.3	0.4	150		
21	M	8.0	800	640	630	10	4.2	4.5	0.2	0.2	150		
22	N	7.0	820	630	630	0	5.8	5.9	0.3	0.3	170		
23	O	7.0	810	630	620	10	4.8	5.1	0.2	0.3	150		
24	P	7.0	790	630	620	10	4.2	4.5	0.4	0.4	150		
25	Q	8.0	850	640	640	0	5.4	5.6	0.3	0.4	150		
26	R	7.0	840	630	620	10	5.5	5.7	0.3	0.4	150		
27	S	7.0	830	630	630	0	4.1	4.2	0.2	0.3	200		
28	T	8.0	810	640	630	10	4.6	4.8	0.4	0.4	150		
29	U	8.0	810	640	640	0	4.5	4.6	0.3	0.4	150		

[0067]

[表3]

試験 No	鋼種	圧延線材組織			圧延線材				SV性	伸線加工性	コイルリング性	
		コイル 密部	コイル 疎部	パーライト 面積率	TS		RA				自径巻き 折損回数	
					ave MPa	σ	ave %	σ				
1	A	P	P	4.1	1189	48.5	39	5.1	A	A	0	
2	B	P	P	1.6	1121	42.1	37	4.2	A	A	0	
3	C	P	P	7.8	1134	39.6	41	4.4	A	A	0	
4	D	P	P	6.5	1185	46.1	37	3.9	A	A	0	
5	E	P	P	11.6	1159	38.9	36	4.2	A	A	0	
6	F	P	P	4.8	1206	41.1	42	4.6	A	A	0	
7	G	P	P	9.1	1190	43.7	43	5.1	A	A	0	
8	H	P	P	6.3	1198	36.5	39	5.3	A	A	0	
9	I	P	P	5.9	1168	39.8	41	4.8	A	A	0	
10	J	P	P	6.5	1173	44.2	37	4.8	A	A	0	
11	I	P	P	10.6	1145	41.6	31	4.1	A	F	-	
12	I	P	P	22.5	1144	42.1	37	3.8	A	A	6	
13	I	P	P+B	4.6	1141	51.8	43	5.1	A	F	-	
14	I	P	P	5.8	1214	61.2	44	6.7	A	A	7	
15	I	P	P	23.7	1186	37.3	33	4.1	A	F	-	
16	I	P	P+B	2.6	1133	63.1	42	8.1	A	F	-	
17	I	P	P+B	3.2	1311	44.1	29	3.8	F	-	-	
18	I	P	P+B	6.2	1295	39.5	27	4.3	F	-	-	
19	K	P	P	11.2	1281	43.3	31	5.1	A	F	-	
20	L	P	P	9.8	1279	39.8	29	9.1	F	-	-	
21	M	P+B+M	P+B	5.7	1251	62.2	31	6.3	F	-	-	
22	N	P+B+M	P+B	7.1	1288	61.8	31	8.2	F	-	-	
23	O	P	P	4.2	1229	43.8	41	5.5	A	F	-	
24	P	P	P	6.3	1221	38.9	43	5.9	A	F	-	
25	Q	P	P	4.2	1118	32.5	42	4.2	A	A	0	
26	R	P	P	3.8	1146	22.8	37	5.4	A	A	0	
27	S	P	P	5.1	1138	33.8	48	3.8	A	A	0	
28	T	P	P	6.5	1121	42.1	46	4.4	A	A	0	
29	U	P	P	7.0	1134	40.5	42	4.2	A	A	0	

[0068] 試験No. 1～10、25～29は本発明の要件を満足する試験片であり、皮削り処理性（SV性）、伸線加工性、および伸線後の曲げ加工性（コイ

リング性)に優れていた。

- [0069] 試験N o. 11は、載置温度が高かったため、オーステナイト結晶粒が成長した。その結果、絞り(RA)が低くなり、延性が低下したため、伸線減面率約80%で断線し、伸線加工性が悪かった。
- [0070] 試験N o. 12は、コイル密部の徐冷カバー入口温度が高かったため、粗パーライト面積率が高くなった。この試験片では皮削り処理性(SV性)、伸線加工性は良好であった。しかしながら伸線組織中の内部欠陥が多いため、伸線後の曲げ加工性(コイリング性)が悪かった。
- [0071] 試験N o. 13は、コイル疎部の徐冷カバー入口温度が低かった例である。そのためコイル疎部のパーライト面積率が低くなると共に、ベイナイト等の過冷組織が生じた。その結果、延性が低下したため、伸線減面率約75%で断線し、伸線加工性が悪かった。
- [0072] 試験N o. 14は、コイル密部とコイル疎部の徐冷カバー入口温度の差が大きかった例である。この例では引張り強さの標準偏差(TS σ)、及び絞りの標準偏差(RA σ)が大きくなった。この試験片では皮削り処理性(SV性)、伸線加工性は良好であった。しかしながら伸線組織中の内部欠陥が多いため、伸線後の曲げ加工性(コイリング性)が悪かった。
- [0073] 試験N o. 15は、載置から徐冷カバー入口までの平均冷却速度が遅かった例である。そのため、オーステナイト結晶粒の成長が進み、粗パーライト面積率が高くなった。その結果、絞り(RA)が低くなり、延性が低下して、伸線減面率約70%で断線し、伸線加工性が悪かった。
- [0074] 試験N o. 16は、コイル疎部の載置から徐冷カバー入口までの平均冷却速度が速かった例である。そのため、コイル疎部のパーライト面積率が低くなると共に、ベイナイト等の過冷組織が生じた。その結果、延性が低下して、伸線減面率約75%で断線し、伸線加工性が悪かった。
- [0075] 試験N o. 17は、コイル疎部とコイル密部の徐冷カバー内での冷却速度が速すぎた例である。そのため、パーライト変態が終了する前に冷却が進んでしまいコイル疎部のパーライト面積率が低くなると共に、ベイナイト等の

過冷組織が生じた。その結果、延性が低下して、皮削り処理にて断線が生じた。

[0076] 試験N o. 18は、徐冷カバー内での保持時間が短かった例である。そのため、パーライト変態が終了する前に徐冷が終り、冷却速度が速くなってしまい、コイル疎部のパーライト面積率が低くなると共に、ベイナイト等の過冷組織が生じた。その結果、延性が低下して、皮削り処理にて断線が生じた。

[0077] 試験N o. 19は、C含有量が高い例である。そのため引張り強さ（TS）が高く、また絞り（RA）が低くなった。その結果、延性が低下して、伸線減面率約70%で断線し、伸線加工性が悪かった。

[0078] 試験N o. 20は、Si含有量が高い例である。そのため引張り強さ（TS）が高く、また絞り（RA）が低くなると共に、絞りの標準偏差（RA σ ）にばらつきが生じていた。その結果、延性が低下し、皮削り処理にて断線が生じた。

[0079] 試験N o. 21は、Si、およびMn含有量が高い例である。また試験N o. 22はNi含有量が高い例である。これらの例では焼入れ性が過度に高くなってしまい、徐冷カバー内でパーライト変態が終了せずベイナイト組織等の過冷組織が生じてパーライトの面積率が低下した。その結果、引張り強さ（TS）が高く、絞り（RA）が低く更にこれらのばらつき（引張り強さの標準偏差（TS σ ）、及び絞りの標準偏差（RA σ ））も大きくなり、皮削り処理にて断線が生じた。

[0080] 試験N o. 23は、Cr含有量が多い例である。そのため、Cr系炭化物の析出が過剰となり、延性が低下した。その結果、延性が低下して、伸線減面率約75%で断線し、伸線加工性が悪かった。

[0081] 試験N o. 24は、V含有量が多い例である。そのため、V系炭化物の析出が過剰となり、延性が低下した。その結果、延性が低下して、伸線減面率約80%で断線し、伸線加工性が悪かった。

請求の範囲

[請求項1] C : 0.5～0.8% (％は「質量％」の意味、化学成分組成について以下同じ)、

Si : 1.5～2.5%、

Mn : 0.5～1.5%、

Ni : 0.05～0.5%、

Cr : 0.05～2.5%、

V : 0.05～0.5%

を夫々含有し、残部が鉄および不可避不純物からなり、

全組織に占めるパーライト組織の面積率が95%以上であり、

引張り強さ(TS)、および絞り(RA)が下記式(1)を満足すると共に、引張り強さの標準偏差(TS σ)、および絞りの標準偏差(RA σ)が下記式(2)を満足し、

且つ鋼線材の直径d×1/4位置における0.9 μ m以上のラメラ間隔を有するパーライト組織の面積率が20%以下であることを特徴とする伸線加工性、および伸線加工後の曲げ加工性に優れた高強度ばね用鋼線材。

$$TS \leq 1250 \text{ MPa}、RA \geq 35\% \quad \cdots (1)$$

$$TS\sigma \leq 55.0、RA\sigma \leq 6.0 \quad \cdots (2)$$

[請求項2] 更に、

Nb : 0%超～0.10%、

Mo : 0%超～0.50%、

Cu : 0%超～0.50%、および

B : 0.0010～0.0100%よりなる群から選択される少なくとも一種を含有する請求項1に記載の高強度ばね用鋼線材。

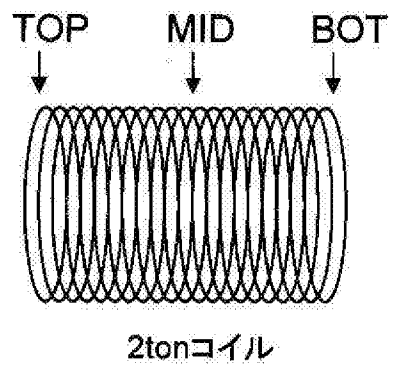
[請求項3] 請求項1または2に記載の高強度ばね用鋼線材から得られた高強度ばね。

[請求項4] 請求項1または2に記載の高強度ばね用鋼線材の製造方法であって

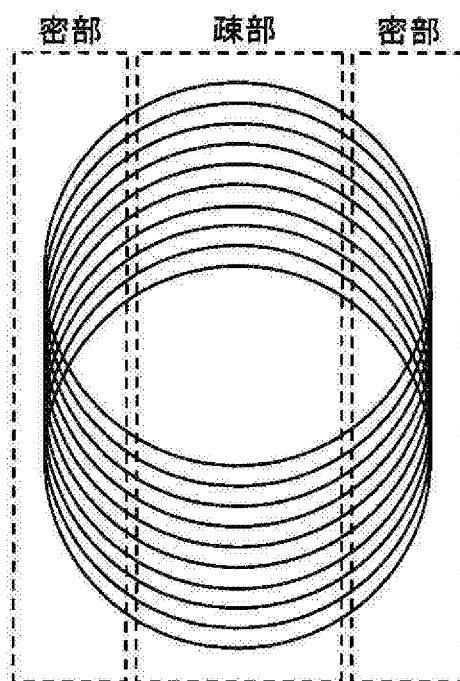
、請求項 1 または 2 に記載の化学成分組成を満足する熱間圧延後の鋼線材を載置温度：750～890℃としてコイル状に巻き取った後、冷却コンベア上にて2.0～10.0℃/秒の平均冷却速度でコイルの密部とコイルの疎部を徐冷の開始温度まで冷却し、引続き1.0℃/秒以下の平均冷却速度で120秒以上徐冷することとし、前記徐冷の開始温度を、コイルの密部とコイルの疎部の温度が、600～650℃の範囲内で、且つ前記コイルの密部と前記コイルの疎部の温度差が30℃以下となるようにすることを特徴とする高強度ばね用鋼線材の製造方法。

[請求項5] 請求項 1 または 2 に記載の高強度ばね用鋼線材に、熱処理することなく皮削り処理を施し、その後、軟化焼鈍若しくは高周波加熱を施してから伸線加工を行った後、焼入れ焼戻し処理を施してばねに成形加工することを特徴とする高強度ばねの製造方法。

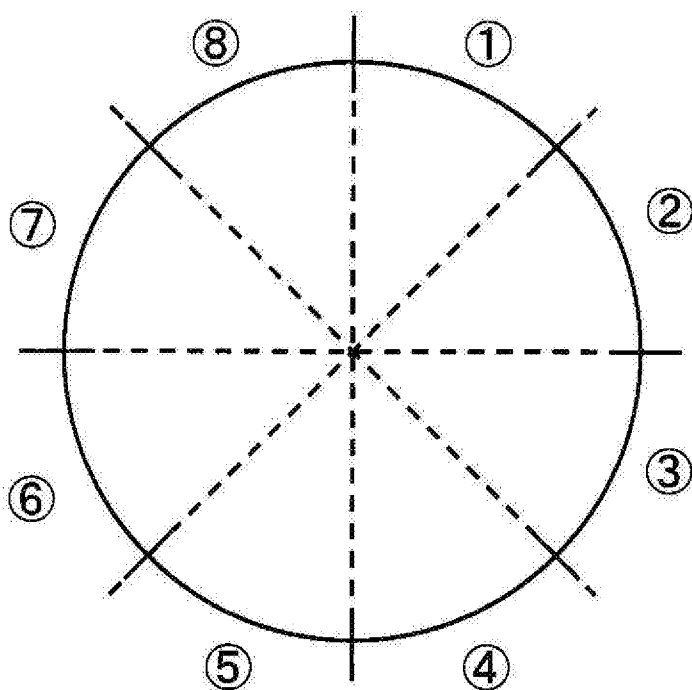
[図1]



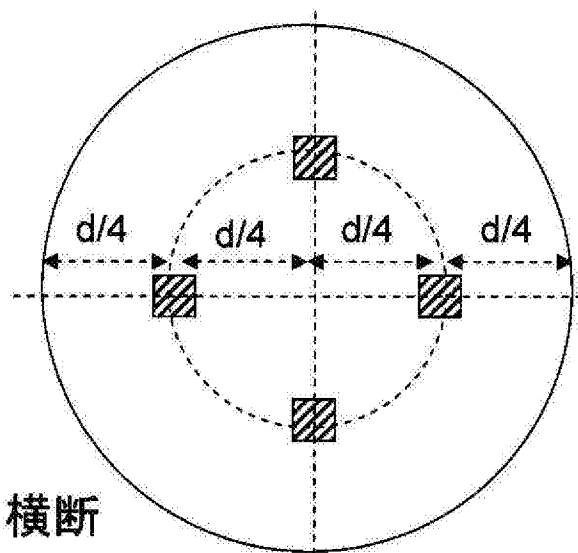
[図2]



[図3]



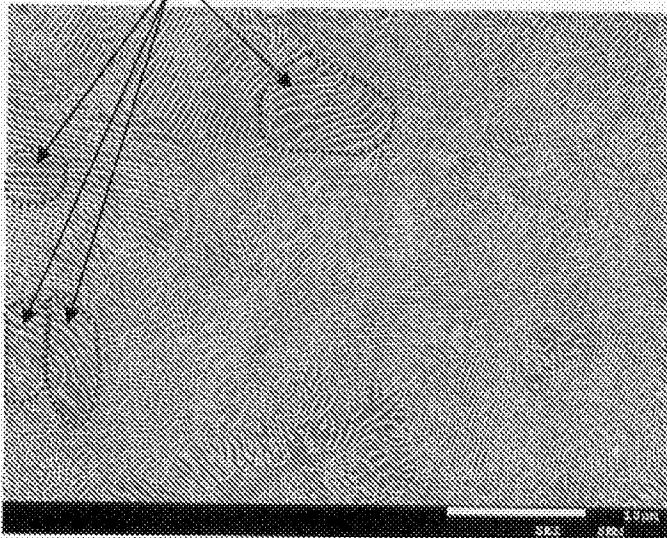
[図4]



横断

▨ : 組織観察位

[図5]

0.9 μm 以上のラメラ間隔を有するパーライトコロニー

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/058191

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

C22C38/00(2006.01)i, C21D9/52(2006.01)i, C22C38/46(2006.01)i, C22C38/54(2006.01)i, F16F1/06(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

C22C38/00, C21D9/52, C22C38/46, C22C38/54, F16F1/06

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2014
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2014	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2014

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	JP 2010-222604 A (Kobe Steel, Ltd.), 07 October 2010 (07.10.2010), claims; paragraphs [0017], [0029], [0034], [0035]; tables 1 to 8, no.3, 5, 14, 25 (Family: none)	1-3, 5 4
X Y	JP 2012-72492 A (Kobe Steel, Ltd.), 12 April 2012 (12.04.2012), claims; paragraphs [0025] to [0028] & US 2013/0127100 A1 & EP 2612941 A1 & WO 2012/029812 A1 & CN 103003461 A & KR 10-2013-0035274 A	1-4 5

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
10 June, 2014 (10.06.14)

Date of mailing of the international search report
24 June, 2014 (24.06.14)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/058191

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	JP 2004-137597 A (Kobe Steel, Ltd.), 13 May 2004 (13.05.2004), claims; paragraphs [0011], [0043] to [0046] & US 2006/0048864 A1 & EP 1577410 A1 & WO 2004/029315 A1 & KR 10-2005-0057267 A & CN 1685072 A	1-3, 5 4
Y A	JP 2008-261028 A (Nippon Steel Corp.), 30 October 2008 (30.10.2008), claims; paragraphs [0008], [0019], [0020] (Family: none)	1-3, 5 4
A	JP 2009-46763 A (Kobe Steel, Ltd.), 05 March 2009 (05.03.2009), entire text & US 2009/0020189 A1 & EP 2374904 A1 & KR 10-2009-0009739 A & CN 101624679 A	1-5
A	US 2012/0227872 A1 (POSCO), 13 September 2012 (13.09.2012), entire text & EP 2519654 A & WO 2011/081360 A2 & KR 10-2011-0075319 A & CN 102686750 A	1-5

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. C22C38/00(2006.01)i, C21D9/52(2006.01)i, C22C38/46(2006.01)i, C22C38/54(2006.01)i, F16F1/06(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. C22C38/00, C21D9/52, C22C38/46, C22C38/54, F16F1/06

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 4 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 4 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 4 年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y A	JP 2010-222604 A（株式会社神戸製鋼所）2010.10.07, 【特許請求の範囲】, 【0017】, 【0029】, 【0034】, 【0035】, 【表1】～【表8】No. 3, 5, 14, 25（ファミリーなし）	1-3, 5 4
X Y	JP 2012-72492 A（株式会社神戸製鋼所）2012.04.12, 【特許請求の範囲】, 【0025】～【0028】 & US 2013/0127100 A1 & EP 2612941 A1 & WO 2012/029812 A1 & CN 103003461 A & KR 10-2013-0035274 A	1-4 5

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

1 0 . 0 6 . 2 0 1 4

国際調査報告の発送日

2 4 . 0 6 . 2 0 1 4

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）
郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

岸 智之

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 4 3 5

4 K

4 4 2 7

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y A	JP 2004-137597 A (株式会社神戸製鋼所) 2004. 05. 13, 【特許請求の範囲】, 【0011】, 【0043】～【0046】 & US 2006/0048864 A1 & EP 1577410 A1 & WO 2004/029315 A1 & KR 10-2005-0057267 A & CN 1685072 A	1-3, 5 4
Y A	JP 2008-261028 A (新日本製鐵株式会社) 2008. 10. 30, 【特許請求の範囲】, 【0008】, 【0019】, 【0020】 (ファミリーなし)	1-3, 5 4
A	JP 2009-46763 A (株式会社神戸製鋼所) 2009. 03. 05, 全文 & US 2009/0020189 A1 & EP 2374904 A1 & KR 10-2009-0009739 A & CN 101624679 A	1-5
A	US 2012/0227872 A1 (POSCO) 2012. 09. 13, 全文 & EP 2519654 A & WO 2011/081360 A2 & KR 10-2011-0075319 A & CN 102686750 A	1-5