

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局



(43) 国際公開日  
2005年8月18日 (18.08.2005)

PCT

(10) 国際公開番号  
WO 2005/075695 A1

- (51) 国際特許分類: C22C 38/00, C21D 8/06, 9/52, C22C 38/34, 38/52, F16F 1/02 千6640016 兵庫県伊丹市昆陽北一丁目1番1号住友電工スチールワイヤー株式会社内 Hyogo (JP).
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2005/001703 (74) 代理人: 山野 宏 (YAMANO, Hiroshi); 千5320011 大阪府大阪市淀川区西中島6丁目1番3号アストロ新大阪第2ビル10階 啓明特許事務所 Osaka (JP).
- (22) 国際出願日: 2005年2月4日 (04.02.2005)
- (25) 国際出願の言語: 日本語 (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, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ: 特願2004-027891 2004年2月4日 (04.02.2004) JP (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, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 住友電工スチールワイヤー株式会社 (SUMITOMO (SEI) STEEL WIRE CORP.) [JP/JP]; 千6640016 兵庫県伊丹市昆陽北一丁目1番1号 Hyogo (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 藤野 善郎 (FUJINO, Yoshiro) [JP/JP]; 千6640016 兵庫県伊丹市昆陽北一丁目1番1号住友電気工業株式会社伊丹製作所内 Hyogo (JP). 河部 望 (KAWABE, Nozomu) [JP/JP]; 千6640016 兵庫県伊丹市昆陽北一丁目1番1号住友電気工業株式会社伊丹製作所内 Hyogo (JP). 村井 照幸 (MURAI, Teruyuki) [JP/JP]; 千6640016 兵庫県伊丹市昆陽北一丁目1番1号住友電工スチールワイヤー株式会社内 Hyogo (JP). 山尾 憲人 (YAMAOKA, Norihito) [JP/JP]; 千6640016 兵庫県伊丹市昆陽北一丁目1番1号住友電工スチールワイヤー株式会社内 Hyogo (JP). 塩飽 孝至 (SHIWAKU, Takayuki) [JP/JP];
- 添付公開書類:  
— 国際調査報告書
- 2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

(54) Title: STEEL WIRE FOR SPRING

(54) 発明の名称: ばね用鋼線

(57) Abstract: A steel wire for a spring being produced through quenching and tempering and having a tempered martensite structure, which is produced with a value of reduction of area of 40 % or more, and exhibits a shear yield stress of 1000 MPa or more after the heat treatment at 420 to 480°C for two hours or longer, wherein the steel wire preferably has a chemical composition, in mass %, that C: 0.50 to 0.75 %, Si: 1.80 to 2.70 %, Mn: 0.1 to 0.7 %, Cr: 0.70 to 1.50 %, Co: 0.02 to 1.00%, and the balance: Fe and impurities, or that C: 0.50 to 0.75 %, Si: 1.80 to 2.70 %, Mn: more than 0.7% and 1.5 % or less, Cr: 0.70 to 1.50 %, and the balance: Fe and impurities.

(57) 要約: 本発明ばね用鋼線は、焼入れ焼戻しにより焼戻しマルテンサイト組織を有するばね用鋼線である。この鋼線は、絞り値が40%以上であり、420°C以上480°C以下で2時間以上の熱処理を行った後の鋼線のせん断降伏応力が1000MPa以上である。この鋼線は、質量%で、C: 0.50~0.75%、Si: 1.80~2.70%、Mn: 0.1~0.7%、Cr: 0.70~1.50%、Co: 0.02~1.00%を含有し、残部がFe及び不純物からなるもの、或いは質量%で、C: 0.50~0.75%、Si: 1.80~2.70%、Mn: 0.7超~1.5%、Cr: 0.70~1.50%を含有し、残部がFe及び不純物からなるものが好ましい。



WO 2005/075695 A1

## 明 細 書

### ばね用鋼線

### 技術分野

[0001] 本発明は、焼入れ焼戻しにより焼戻しマルテンサイト組織を有するばね用鋼線、このばね用鋼線の製造に適したばね用鋼線の製造方法、及びこの鋼線により製造したばねに関するものである。特に、自動車のエンジン弁ばねやトランスミッション内部などに用いられるばねに適した高強度で疲労特性に優れる高靱性のばね用鋼線に関するものである。

### 背景技術

[0002] 自動車の低燃費化に対応して、近年、自動車のエンジンやトランスミッションなどの部品の小型軽量化が進められている。それに伴って、エンジンの弁ばねやトランスミッション用ばねなどのばねに負荷される応力は年々厳しくなっており、用いられるばね材料にも一層の疲労特性の向上が求められている。これらのエンジンの弁ばねやトランスミッション用ばねには、従来、シリコンクロム系のオイルテンパー線が用いられており、例えば、特許文献1〜3に記載されるものが知られている。

[0003] 特許文献1:特許第2842579号公報

特許文献2:特開2002-194496号公報

特許文献3:特許第3045795号公報

### 発明の開示

### 発明が解決しようとする課題

[0004] しかし、エンジンの弁ばねやトランスミッション用ばねなどのばねに要求される特性は、近年厳しくなっており、ばね用鋼線及びばねに対して更なる改善が求められている。特に、ばね用鋼線及びばねは、疲労特性と靱性とをよりバランスよく具えることが望まれている。

[0005] 一方、近年、疲労強度(疲労限)向上の要望に伴い、ばね加工した後にばねに高温(具体的には420〜480℃程度)の熱処理(窒化処理)が行われている。

[0006] 特許文献1に記載の技術では、鋼線のC(炭素)の含有量を0.3-0.5重量%とすること

で韌性の向上を図っている。しかし、炭素の含有量を0.50重量%未満といった低量にすることで耐熱性が低下するため、仮に、この鋼線をばね加工したばねに上記高温の窒化処理を行うとすると、疲労強度が低下して、ばねとして使用した際、内部折損の原因となる。

[0007] 特許文献2に記載の技術では、焼入れ後のオーステナイトの平均結晶粒径を1.0〜7.0  $\mu\text{m}$ といった微細化組織とすることで疲労強度の向上を図っている。しかし、オーステナイト結晶粒径をより小さくするために、焼入れ時の温度を低温にすると、未固溶炭化物が残存して、韌性を低下させる要因となる。また、韌性が低下することで、鋼線のばね加工時に折損が生じ易くなり、ばねの量産性に悪影響を及ぼす。

[0008] 特許文献3に記載の技術では、オイルテンパー時に意図的に鋼線の表面を脱炭させることで表面硬度を低下させてばね加工性の向上を図るものであるが、表面に均一な脱炭層を得ることは困難であり、鋼線やばねの量産に不適當である。また、鋼線の加熱時(オイルテンパー時)に酸素濃度を制御しなければならず、コストの上昇を伴う。

[0009] 更に、いずれの文献に記載の技術も、鋼線のばね加工後に施される窒化処理後において材料(ばね)内部のねじり方向の耐力、即ち、ばねのせん断降伏応力について検討されていない。

[0010] そこで、本発明の主目的は、疲労強度と韌性との双方に優れる高強度のばね鋼線を提供することにある。また、本発明の他の目的は、上記ばね用鋼線により作製されたばね、及び上記ばね用鋼線の製造に適した製造方法を提供することにある。

#### 課題を解決するための手段

[0011] 本発明ばね用鋼線は、焼入れ焼戻し後の鋼線の絞り値と、上記焼入れ焼戻し後に窒化処理相当の熱処理を施した鋼線のせん断降伏応力とを特定の値に規定することで上記の目的を達成する。

[0012] 即ち、本発明は、焼入れ焼戻しにより焼戻しマルテンサイト組織を有するばね用鋼線である。このばね用鋼線は、絞り値が40%以上であり、420°C以上480°C以下で2時間以上の熱処理を行った後の鋼線のせん断降伏応力が1000MPa以上であることを特徴とする。

[0013] 上記ばね用鋼線は、特に以下の1～6のいずれかの化学成分からなることがより好ましい。

1. 質量%でC:0.50～0.75%、Si:1.80～2.70%、Mn:0.1～0.7%、Cr:0.70～1.50%、Co:0.02～1.00%を含有し、残部がFe及び不純物
2. 質量%で、C:0.50～0.75%、Si:1.80～2.70%、Mn:0.7超～1.5%、Cr:0.70～1.50%を含有し、残部がFe及び不純物
3. 質量%でC:0.50～0.75%、Si:1.80～2.70%、Mn:0.7超～1.5%、Cr:0.70～1.50%と、Ni:0.1～1.0%及びCo:0.02～1.00%の少なくとも一方の元素とを含有し、残部がFe及び不純物
4. 質量%でC:0.50～0.75%、Si:1.80～2.70%、Mn:0.1～0.7%、Cr:0.70～1.50%、Co:0.02～1.00%と、質量%でV:0.05～0.50%、Mo:0.05～0.50%、W:0.05～0.15%、Nb:0.05～0.15%、及びTi:0.01～0.20%よりなる5つの元素群から選択される1種以上の元素とを含有し、残部がFe及び不純物
5. 質量%で、C:0.50～0.75%、Si:1.80～2.70%、Mn:0.7超～1.5%、Cr:0.70～1.50%と、質量%でV:0.05～0.50%、Mo:0.05～0.50%、W:0.05～0.15%、Nb:0.05～0.15%、及びTi:0.01～0.20%よりなる5つの元素群から選択される1種以上の元素とを含有し、残部がFe及び不純物
6. 質量%でC:0.50～0.75%、Si:1.80～2.70%、Mn:0.7超～1.5%、Cr:0.70～1.50%と、Ni:0.1～1.0%及びCo:0.02～1.00%の少なくとも一方の元素と、質量%でV:0.05～0.50%、Mo:0.05～0.50%、W:0.05～0.15%、Nb:0.05～0.15%、及びTi:0.01～0.20%よりなる5つの元素群から選択される1種以上の元素とを含有し、残部がFe及び不純物

[0014] また、上記本発明ばね用鋼線の製造に適した製造方法として、以下を提案する。即ち、本発明ばね用鋼線の製造方法は、以下の(A)～(C)のいずれかに記載の化学成分の鋼材をパテニングする工程と、前記パテニングされた鋼材を伸線加工する工程と、前記伸線加工された鋼線に焼入れ焼戻しを施す工程とを具える。上記パテニングは、900～1050℃で60～180秒間加熱するオーステナイト化工程と、前記オーステナイト化工程後に600～750℃で20～100秒間加熱する恒温変態工程とを具

えるものとする。

(A) 質量%でC:0.50～0.75%、Si:1.80～2.70%、Mn:0.1～0.7%、Cr:0.70～1.50%、Co:0.02～1.00%を含有し、残部がFe及び不純物からなる鋼材

(B) 質量%でC:0.50～0.75%、Si:1.80～2.70%、Mn:0.7超～1.5%、Cr:0.70～1.50%を含有し、残部がFe及び不純物からなる鋼材

(C) 質量%でC:0.50～0.75%、Si:1.80～2.70%、Mn:0.7超～1.5%、Cr:0.70～1.50%と、Ni:0.1～1.0%及びCo:0.02～1.00%の少なくとも一方の元素とを含有し、残部がFe及び不純物からなる鋼材

上記(A)～(C)の化学成分に加えて、鋼材は、更に、質量%でV:0.05～0.50%、Mo:0.05～0.50%、W:0.05～0.15%、Nb:0.05～0.15%、及びTi:0.01～0.20%よりなる5つの元素群から選択される1種以上の元素を含んでいてもよい。

[0015] 以下、本発明をより詳しく説明する。

(疲労特性の向上)

ばねの疲労特性を向上するためには、ばねの疲労破壊を抑制することが望まれる。ばねを繰り返し使用する場合、このばねには、引張方向及び圧縮方向と同時にせん断方向に繰り返し応力が加えられる。このように外的に加えられる繰り返し応力によって、ばねは、局所的、或いは集中的に繰り返しすべり変形(塑性変形)を生じ、ばねの表面近傍に凹凸を生じて亀裂が発生して破壊に至る、即ち、疲労破壊となる。従って、ばねの疲労破壊を抑制するには、上記局所的、或いは集中的な塑性変形を抑制することが効果的である。このような塑性変形を抑制するべく、従来、鋼線をばね加工した後に窒化処理などの熱処理を行ってばねの表面硬度を高めて、疲労限を向上させることが行われている。しかし、ばねに大きな応力が加えられる状態で使用されるようになってきた昨今、単に疲労限を高くしただけでは、ばねがへたって使用できないことがある。これは、上記窒化処理などの熱処理により形成されたばね表層の高硬度の窒化層がへたらなくても、上記大きな応力によりばね内部の強度が低下してへたってしまうためと考えられる。そのため、ばねは、高強度であることに加えて、疲労限だけでなく、ねじり耐力、即ち、せん断降伏応力そのものを向上させることが望まれる。そこで、本発明者らが種々検討したところ、上記窒化処理などの熱処理後にお

いて、材料(ばね)内部が適切なねじり耐力があればよいことがわかった。具体的には、上記窒化処理などの熱処理を行った後にばねのせん断降伏応力が1000MPa以上であれば、ばねの疲労特性を向上できることがわかった。この知見に基づき、本発明ばね用鋼線は、焼入れ焼戻し後に特定の熱処理を行った後の鋼線のせん断降伏応力を1000MPa以上に規定する。

[0016] (高靱性)

鋼線がいかに高強度であっても、靱性が低いとばね加工時に鋼線が折損を引き起こして、ばねの量産性を阻害することになる。また、材料となる鋼線の靱性の低下により、ばねの疲労特性も低下してしまう。そこで、本発明者らが種々検討したところ、焼入れ焼戻し後の鋼線の絞り値を40%以上とすることがばね加工時における鋼線の折損の防止に効果的であり、ばねの量産性に優れるとの知見を得た。この知見に基づき、本発明は、鋼線の絞り値を40%以上に規定する。絞り値が40%未満では、ばね加工時に鋼線の折損を生じ易く、ばねの量産性に支障をきたす恐れがある。なお、絞り値は、焼入れ焼戻し後に鋼線に上記窒化処理相当する420℃以上480℃以下で2時間以上という特定の熱処理を施すことで、若干低下することもある。しかし、上述の通り、絞り値が40%以上であれば、上記熱処理後においても、鋼線は、絞り値を35%以上に維持することができ、この鋼線により得られたばねは、高い疲労特性が得られる。

[0017] このように本発明ばね用鋼線は、絞り値、及びこの鋼線に窒化処理相当の熱処理を施した後のせん断降伏応力を規定することで、本発明鋼線や本発明鋼線により得られるばねの高疲労強度と高靱性との両立を図る。

[0018] 上記疲労特性と靱性との双方に優れる本発明ばね用鋼線及びばねを得るべく、この鋼線の最適な化学成分及び製造条件、特にパテント条件を規定する。

<化学成分>

まず、鋼線をばね加工した後にばねに施される窒化処理などの熱処理により、ばねの表面硬度を向上させることでばねの疲労限を向上させることができる反面、ばねの内部硬度が低下することで、使用時に内部折損が生じることがある。そこで、本発明では、ばねに加工される鋼線の母相の耐熱性を向上するべく、C、Siを所定の範囲(

質量%)含むものとする。また、鋼線に焼戻しを施した時に、鋼線組織中に炭化物を形成させて鋼線の軟化抵抗を高めるためにCrを所定量含む。軟化抵抗の増大には、Crを所定量含むことに加えて、更にMo、V、Nb、W、Tiを所定量含むことも効果的である。そして、本発明鋼線や本発明鋼線により得られるばねのせん断降伏応力の向上には、Co:0.02〜1.00質量%を含有するか、またはMnを多めに含有する(0.7超〜1.5質量%)ことが有効であることを見出した。そこで、Mn、Coの含有量を規定する。詳しい成分範囲及び範囲の限定理由は、後述する。

[0019] <製造条件>

本発明ばね用鋼線は、上記化学成分を有する鋼材に溶製→熱間鍛造→熱間圧延→パテンチング→伸線→焼入れ焼戻しを施すことで得られる。

[0020] (パテンチング条件)

本発明では、伸線加工前において特定条件のパテンチングを行うことで、鋼材組織を十分にオーステナイト化して、未固溶炭化物を溶解させると共に、適切な恒温変態により均一的なパーライト組織を得る。オーステナイト化が不十分であると、鋼線の靱性やせん断降伏応力を低下させる要因となる。そこで、十分にオーステナイト化するには、900〜1050℃の温度で60〜180秒間加熱することが適する。加熱温度が900℃未満の場合、または加熱温度が900〜1050℃で加熱時間が60秒未満の場合、十分なオーステナイト化ができず、未固溶炭化物が残存してしまう。また、加熱温度が1050℃より高い場合、または加熱温度が900〜1050℃で加熱時間が180秒より長い場合は、オーステナイト粒が粗大化してしまい、変態時にマルテンサイトが生成されやすくなり、伸線加工時、その伸線性を阻害してしまう。

[0021] オーステナイト化後に行う鋼材の恒温変態は、600〜750℃で20〜100秒間加熱することが適する。加熱温度が750℃より高い場合、または加熱温度が600〜750℃で加熱時間が100秒より長い場合は、鋼材組織においてセメントライトが球状化して、鋼材の伸線性を阻害する要因となる。一方、加熱温度が600℃より低い場合、または加熱温度が600〜750℃で加熱時間が20秒より短い場合、パーライトへの変態が完了せず、マルテンサイトが生成されることで、伸線性を阻害してしまう要因となる。

[0022] (焼入れ、焼戻し)

上記パテningが施された鋼材を伸線して得られた鋼線に焼入れを施す時の温度が低過ぎると、鋼線組織に未固溶炭化物が残存して鋼線の靱性を低下させる。逆に、焼入れ時の温度が高過ぎると、オーステナイト結晶粒が成長して大型化することで、この鋼線やこの鋼線により得られたばねの疲労限を低下させる。従って、焼入れ時の温度は、850℃超1050℃未満とすることが好ましい。

[0023] <組織>

本発明ばね用鋼線は、焼戻しマルテンサイト組織を有するものとする。また、焼入れ焼戻し後の鋼線のオーステナイト結晶粒(旧オーステナイト結晶粒)を微細化すると、この鋼線やこの鋼線により得られたばねは、繰り返し応力が加えられても、局所的、集中的にすべり変形が生じにくくなる。即ち、鋼線やばねのせん断降伏応力を向上させることができるため、結果としてオーステナイト結晶粒(旧オーステナイト結晶粒)を微細化することは、疲労特性の向上に寄与させることができる。

[0024] 具体的には、オーステナイト結晶粒(旧オーステナイト結晶粒)の平均結晶粒径を3.0〜7.0  $\mu\text{m}$ とすることが好ましい。平均結晶粒径は、鋼材に施すパテningの温度を変化させることで変化させることができる。より詳しくは、パテningにおいてオーステナイト化するときの温度を低くすると、結晶粒径は小さくなり、同温度を高くすると結晶粒径は大きくなる傾向にある。平均結晶粒径が3.0  $\mu\text{m}$ 未満では、オーステナイト化の温度が低いため、未固溶炭化物が残存して鋼線の靱性が低下し易い。また、平均結晶粒径が7.0  $\mu\text{m}$ 超では、鋼線や鋼線により得られたばねの疲労限が向上しにくい。なお、平均結晶粒径は、伸線した鋼線に焼入れ焼戻し後に測定した値とする。

[0025] 以下、本発明における構成元素の選定及び成分範囲を限定する理由を述べる。なお、元素の隣に記載される数値の単位は、質量%である。

[0026] C:0.50〜0.75

Cは鋼の強度を決定する重要な元素であり、炭素の含有量が鋼全体に対して0.50質量%未満では十分な強度の鋼線が得られず、0.75質量%を超えると靱性を損なうため、炭素の含有量は、0.50質量%以上0.75質量%以下とする。

[0027] Si:1.80〜2.70

Siは鋼材の溶解精錬時に脱酸剤として使用される。また、Siは、フェライト中に固溶して耐熱性を向上させ、ばね加工後にばねに施される歪取り焼鈍や窒化処理などの熱処理による鋼線(ばね)内部の硬度低下を防ぐ効果がある。耐熱性を保持するためには1.80質量%以上必要であり、2.70質量%を超えると靱性が低下するため、Siの含有量は、1.80質量%以上2.70質量%以下とする。

[0028] Mn:0.1~1.5

MnはSiと同様に溶解精錬時の脱酸剤として使用される。そのため、脱酸剤に必要なMnの含有量として下限を0.1質量%とする。また、Mnは、鋼線の焼入れ性を向上させ、鋼線の強度を高めると共に、鋼線や鋼線により得られたばねのせん断降伏応力を向上させる効果がある。しかし、Mnの含有量が鋼全体に対して1.5質量%超であると、パテンチング時に鋼材にマルテンサイトが生成され易くなり、伸線時に断線の原因となることから、Mnの含有量の上限を1.5質量%とする。特に、鋼に後述するCoを含有する場合、Mnの含有量は0.1~0.7質量%と低めにしているとしてもよく、Coを含有しない場合、0.7超~1.5質量%として、Mnを多めに含有することが好ましい。Mnを多めに含有すると共にCoを含有してもよい。

[0029] Cr:0.70~1.50

Crは鋼の焼入れ性を向上させ、軟化抵抗を増加させるため、ばね加工後、ばねにテンパー処理や窒化処理などの熱処理を施す時のばねの軟化防止に有効である。Crの含有量が鋼全体に対して0.70質量%未満であると軟化防止に十分な効果が得られないため、Crの含有量は0.70質量%以上とし、1.50質量%を超えると、パテンチング時にマルテンサイトが発生し易くなり、伸線時に断線の原因となると共に、パテンチング(オイルテンパー)後の鋼材の靱性を低下させる要因となる。よってCrの含有量は、0.70~1.50%に規定する。

[0030] Co:0.02~1.00

Coは、鋼に少量含有させることにより、鋼線やばねのせん断降伏応力を向上させる。また、Coは、耐熱性を向上させる効果があり、ばね加工後テンパー処理や窒化処理したばねの軟化防止に効果がある。更に、Coの含有が少量である場合、鋼線の靱性を低下させない。Coの含有量が0.02質量%未満では、上記鋼線やばねのせん断

降伏応力の向上や鋼線の耐熱性の向上などといった効果が得られにくく、Coの含有量が1.00質量%超加えても、1.00質量%以下含有させた場合と比較してCoを含有させたことによる効果は変わらず、鋼線製造やばね製造のコスト高となるため、Coの含有量は、0.02質量%以上1.00質量%以下とする。なお、鋼にCoを含有する場合、上述のようにMnの含有量を0.1〜0.7質量%と低めにしてもよい。

[0031] Ni:0.1〜1.0

Niを鋼に含有させることにより、鋼線の耐食性および靱性を向上させる効果がある。Niの含有量が0.1質量%未満では、上記鋼線効果が得られにくく、Niの含有量が1.0質量%を超えても鋼線製造のコスト高となるだけで、鋼線の靱性の更なる向上効果が得られない。そのため、Niの含有量は、0.1質量%以上1.0質量%以下とする。

[0032] Mo、V:0.05〜0.50

W、Nb:0.05〜0.15

これらの元素は、鋼線の焼戻し時に鋼線組織において炭化物を形成し、鋼線の軟化抵抗を増加させる傾向がある。Moの含有量、Vの含有量、Wの含有量、Nbの含有量がそれぞれ鋼全体に対して0.05質量%未満では上記効果が得られにくい。また、Moの含有量が0.50質量%を超える場合、Vの含有量が0.50質量%を超える場合、Wの含有量が0.15質量%を超える場合、Nbの含有量が0.15質量%を超える場合は、いずれも鋼線の靱性を低下させ易い。

[0033] Ti:0.01〜0.20

Tiは、焼戻し時に炭化物を形成し、鋼線の軟化抵抗を増加させる効果がある。Tiの含有量が0.01質量%未満では上記効果が得られず、Tiの含有量が0.20質量%超では鋼線組織において高融点の非金属介在物TiO<sub>2</sub>が形成されて、鋼線の靱性を低下させ易い。よって、Tiの含有量は、0.01質量%以上0.20質量%以下とする。

[0034] 本発明ばね用鋼線の鋼線長手方向(線引き方向)に垂直な横断面の形状は、円形はもちろんのこと、楕円、台形、正方形、長方形といった異形断面の形状でもよい。

[0035] 本発明ばねは、上記ばね用鋼線にコイル加工などのばね加工を施すことにて得ることができる。特に、本発明ばね用鋼線をばね加工した後、得られたばねに窒化処理などの熱処理を施すことで、ばねの表面硬度が向上されて優れた疲労限を有するが

できる。

### 発明を実施するための最良の形態

[0036] 以下、本発明の実施の形態を説明する。

表1に示す化学成分と残部がFe及び不純物からなる鋼材を真空溶解炉で溶製し、熱間鍛造、熱間圧延によりφ6.5mmの線材を作製した。その後、この線材にパテニング(オーステナイト化→恒温変態)、皮剥ぎ、焼鈍、伸線加工を行うことによりφ3.0mmのワイヤを得た。表2にパテニング条件を示す。本例においてφ6.5mmの線材に対して施したパテニングは、表2に示すように線材をオーステナイト化する条件として、線材の加熱時間及び保持時間が異なる複数の条件を用意し、線材をオーステナイト化した後に線材を恒温変態させる条件として、線材の加熱時間及び保持時間が異なる複数の条件を複数用意した。

[0037] [表1]

サンプル	化学成分 (質量%)						
	C	Si	Mn	Cr	Co	Ni	その他
A	0.45	2.2	0.5	0.9	0.3	—	—
B	0.78	2.0	0.6	0.8	—	—	—
C	0.68	1.6	0.5	1.0	—	—	—
D	0.63	2.8	0.6	0.9	—	—	—
E	0.61	2.2	1.7	1.0	—	0.3	—
F	0.60	2.2	0.6	0.5	—	—	—
G	0.64	2.3	0.5	1.7	—	—	—
H	0.62	2.1	0.5	1.1	—	—	—
I	0.64	2.2	0.6	1.2	—	—	V : 0.6
J	0.63	2.1	0.5	1.1	—	—	Ti : 0.3
K	0.55	2.4	0.5	1.3	0.2	—	—
L	0.72	2.3	0.55	1.2	0.5	—	—
M	0.63	1.9	1.2	1.4	—	0.3	—
N	0.62	2.5	0.2	0.9	0.3	—	—
O	0.64	2.3	0.8	1.1	0.4	—	—
P	0.65	2.2	0.9	0.9	0.3	0.5	—
Q	0.65	2.0	0.4	1.0	0.3	—	V : 0.15
R	0.60	2.3	1.0	0.8	—	—	Mo : 0.20
S	0.63	2.1	0.9	1.1	0.4	0.3	Ti : 0.10

[0038] [表2]

## パテニング条件

条件	オーステナイト化		恒温変態	
	加熱温度 (°C)	保持時間 (sec)	加熱温度 (°C)	保持時間 (sec)
I	920	120	630	80
II	980	60	700	30
III	880	120	650	50
IV	950	190	650	50
V	950	50	650	50
VI	1070	60	650	50
VII	920	120	580	50
VIII	920	120	650	15
IX	920	120	650	120
X	920	120	780	50

[0039] 得られたワイヤ(φ 3.0mm)に焼入れ焼戻しを施した。焼入れは、表3に示す条件にて行い、焼戻しは、いずれのワイヤにおいても加熱温度を450～530℃として行った。焼入れ焼戻し後のワイヤにおいて絞り値(RA)及びオーステナイト結晶粒(旧オーステナイト結晶粒)の平均結晶粒径(平均 $\gamma$ 粒径)を測定した。その結果を表3に示す。なお、ワイヤの焼入れ温度を変化させることで、オーステナイト結晶粒(旧オーステナイト結晶粒)の平均結晶粒径を変化させた。オーステナイト結晶粒の平均結晶粒径は、JIS G0522に定められている切断法により算出した。

[0040] また、焼入れ焼戻し後、このワイヤに窒化処理に相当する熱処理(420℃×2時間、または480℃×2時間)を施した鋼線について、せん断降伏応力及び疲労特性(疲労限)を測定した。表3にその結果を示す。上記熱処理を施した鋼線のせん断降伏応力は、サンプル長さ100d(d:サンプル直径)で捻回試験を行い、トルク- $\theta$  曲線から求めた。疲労限は、中村式回転曲げ疲労試験で評価を行った。

[0041] [表3]

No.	サンプル	条件	焼入温度 (°C)	平均 $\gamma$ 粒径 ( $\mu\text{m}$ )	RA (%)	せん断降伏応力 420°C×2hr	せん断降伏応力 480°C×2hr	疲労限 (MPa)
1	A	I	920	4.5	45	985	892	715
2	B	II	930	4.8	35	955	864	705
3	C	I	920	4.3	48	938	821	730
4	D	I	950	5.4	37	941	823	735
5	E	II	—	—	—	—	—	—
6	F	II	940	5.0	42	923	815	720
7	G	II	—	—	—	—	—	—
8	H	I	930	4.4	45	921	810	705
9	H	I	850	2.8	31	928	815	715
10	H	I	1050	8.9	50	925	810	710
11	I	II	920	3.8	29	925	835	695
12	J	I	910	3.5	41	930	830	705
13	K	I	930	4.3	46	1098	1021	850
14	L	II	910	3.2	43	1130	1043	865
15	M	II	940	5.2	48	1178	1098	875
16	N	I	1020	6.5	44	1084	1015	855
17	O	I	980	6.2	45	1195	1078	875
18	P	II	950	5.2	48	1168	1054	880
19	Q	II	930	3.5	45	1121	1038	865
20	R	I	920	3.4	47	1154	1069	870
21	S	I	940	4.4	46	1211	1113	895

[0042] 表3に示すように、絞り値(RA)が40%以上、窒化処理に相当する熱処理後のせん断降伏応力が1000MPa以上である試料No.13～21の鋼線は、いずれも疲労限が高いことがわかる。また、これらの鋼線は、せん断降伏応力が高いことから、へたりにも優れると考えられる。従って、本発明ばね用鋼線は、高い靱性を具えながら、疲労特性に優れることがわかる。

[0043] これに対し、試料No.1～4、6、8は、窒化処理に相当する熱処理後のせん断降伏応力が低く、疲労限が低い結果となった。特に、試料No.2、4は、絞り値も低く、靱性が劣っていた。また、試料No.5、7は、パテンチング時に線材組織にマルテンサイトが発生し、次工程の皮剥ぎにて断線が多発したため実験を中止した。試料No.11は、熱処理後のせん断降伏応力が低い上に、鋼全体に対するVの含有量が多いことから、鋼線の絞りが低下して、疲労限が低くなった。試料No.12は、熱処理後のせん断降伏応力が低い上に、Tiの含有量が多いことからTi系介在物による折損のため疲労限が低

下した。

[0044] 試料No.9は、熱処理後のせん断降伏応力が低い上に、オーステナイト結晶粒(旧オーステナイト結晶粒)の平均粒径が小さかったため、絞りも低くなった。一方、試料No.10は、熱処理後のせん断降伏応力が低い上に、オーステナイト結晶粒(旧オーステナイト結晶粒)の平均粒径が大きかったため疲労限が低下した。

[0045] 表1のサンプルKの化学成分を有する鋼材について、上記と同様にφ6.5mmの線材を作製し、上記と同様にしてφ3.0mmのワイヤを用意した。このとき、パテンチングの条件を表2に示すように変化させた。得られたワイヤに焼入れ焼戻しを施し(焼入れ:940°C、焼戻し:450~530°C)、得られたワイヤの絞り値(RA)及びオーステナイト結晶粒(旧オーステナイト結晶粒)の平均粒径を測定した。その結果を表4に示す。また、ワイヤに焼入れ焼戻しを施した後、窒化処理に相当する熱処理(420°C×2時間、または480°C×2時間)を施した鋼線について、せん断降伏応力、疲労特性(疲労限)を測定した。その結果も合わせて表4に示す。各物性の測定は、上記と同様にして行った。

[0046] [表4]

No.	サンプル	条件	焼入温度(°C)	平均γ粒径(μm)	RA(%)	せん断降伏応力420°C×2hr	せん断降伏応力480°C×2hr	疲労限(MPa)
22	K	I	940	4.5	45	1098	1021	865
23	K	II	940	4.5	46	1083	1015	860
24	K	III	940	4.4	37	930	824	730
25	K	IV	—	—	—	—	—	—
26	K	V	940	4.3	36	934	829	728
27	K	VI	—	—	—	—	—	—
28	K	VII	—	—	—	—	—	—
29	K	VIII	—	—	—	—	—	—
30	K	IX	940	4.6	35	932	823	731
31	K	X	940	4.7	36	925	815	734

[0047] 表4に示すように、特定条件(オーステナイト化:900~1050°Cで60~180秒間、恒温変態:600~750°Cで20~100秒間)でパテンチングを行った試料No.22、23はいずれも、疲労限が高いことがわかる。

[0048] これに対し、試料No.25、27~29はいずれも、パテンチングした時に線材組織にマ

ルテンサイトが発生し、伸線工程で断線が多発したため、実験を中止した。試料 No.24、26は、未固溶炭化物が残存したために、ワイヤの絞りが低下し疲労限が低下した。また、試料No.24、26は、せん断降伏応力も低かった。試料No.30、31は、線材組織においてセメンタイトが球状化したため、未固溶炭化物が残存することとなり、絞りが低下すると共に、鋼線のせん断降伏応力も小さかった。

#### 産業上の利用可能性

[0049] 本発明ばね用鋼線は、疲労特性及び靱性に優れることから、疲労強度が要求される部位に使用されるばねの材料に最適である。

## 請求の範囲

- [1] 焼入れ焼戻しにより焼戻しマルテンサイト組織を有するばね用鋼線であって、  
絞り値が40%以上であり、  
420°C以上480°C以下で2時間以上の熱処理を行った後の鋼線のせん断降伏応力が1000MPa以上であることを特徴とするばね用鋼線。
- [2] 鋼線は、質量%で、C:0.50～0.75%、Si:1.80～2.70%、Mn:0.1～0.7%、Cr:0.70～1.50%、Co:0.02～1.00%を含有し、残部がFe及び不純物からなることを特徴とする特徴とする請求の範囲第1項に記載のばね用鋼線。
- [3] 鋼線は、質量%で、C:0.50～0.75%、Si:1.80～2.70%、Mn:0.7超～1.5%、Cr:0.70～1.50%を含有し、残部がFe及び不純物からなることを特徴とする特徴とする請求の範囲第1項に記載のばね用鋼線。
- [4] 鋼線は、  
質量%で、C:0.50～0.75%、Si:1.80～2.70%、Mn:0.7超～1.5%、Cr:0.70～1.50%と、  
質量%でNi:0.1～1.0%及びCo:0.02～1.00%の少なくとも一方の元素とを含有し、  
残部がFe及び不純物からなることを特徴とする特徴とする請求の範囲第1項に記載のばね用鋼線。
- [5] 鋼線は、  
質量%で、C:0.50～0.75%、Si:1.80～2.70%、Mn:0.1～0.7%、Cr:0.70～1.50%、Co:0.02～1.00%と、  
質量%でV:0.05～0.50%、Mo:0.05～0.50%、W:0.05～0.15%、Nb:0.05～0.15%、及びTi:0.01～0.20%よりなる5つの元素群から選択される1種以上の元素とを含有し、  
残部がFe及び不純物からなることを特徴とする特徴とする請求の範囲第1項に記載のばね用鋼線。
- [6] 鋼線は、質量%で、C:0.50～0.75%、Si:1.80～2.70%、Mn:0.7超～1.5%、Cr:0.70～1.50%と、  
質量%でV:0.05～0.50%、Mo:0.05～0.50%、W:0.05～0.15%、Nb:0.05～0.15

%、及びTi:0.01～0.20%よりなる5つの元素群から選択される1種以上の元素とを含有し、

残部がFe及び不純物からなることを特徴とする特徴とする請求の範囲第1項に記載のばね用鋼線。

- [7] 鋼線は、質量%で、C:0.50～0.75%、Si:1.80～2.70%、Mn:0.7超～1.5%、Cr:0.70～1.50%と、質量%でNi:0.1～1.0%及びCo:0.02～1.00%の少なくとも一方の元素と、質量%でV:0.05～0.50%、Mo:0.05～0.50%、W:0.05～0.15%、Nb:0.05～0.15%、及びTi:0.01～0.20%よりなる5つの元素群から選択される1種以上の元素とを含有し、残部がFe及び不純物からなることを特徴とする特徴とする請求の範囲第1項に記載のばね用鋼線。
- [8] 鋼線のオーステナイト結晶粒(旧オーステナイト結晶粒)の平均結晶粒径が3.0～7.0  $\mu\text{m}$ であることを特徴とする請求の範囲第1項～第7項のいずれかに記載のばね用鋼線。
- [9] 請求の範囲第1項～第7項のいずれかに記載のばね用鋼線を用いて作製したことを特徴とするばね。
- [10] 請求の範囲第8項に記載のばね用鋼線を用いて作製したことを特徴とするばね。
- [11] 以下の化学成分の鋼材をパテningする工程と、  
前記パテningされた鋼材を伸線加工する工程と、  
前記伸線加工された鋼線に焼入れ焼戻しを施す工程とを具備、  
前記パテningは、  
900～1050℃で60～180秒間加熱するオーステナイト化工程と、  
前記オーステナイト化工程後に600～750℃で20～100秒間加熱する恒温変態工程とを具備することを特徴とするばね用鋼線の製造方法。  
(化学成分)  
質量%でC:0.50～0.75%、Si:1.80～2.70%、Mn:0.1～0.7%、Cr:0.70～1.50%、Co:0.02～1.00%を含有し、残部がFe及び不純物からなる鋼材
- [12] 以下の化学成分の鋼材をパテningする工程と、  
前記パテningされた鋼材を伸線加工する工程と、

前記伸線加工された鋼線に焼入れ焼戻しを施す工程とを具備し、  
前記パテningは、

900～1050℃で60～180秒間加熱するオーステナイト化工程と、

前記オーステナイト化工程後に600～750℃で20～100秒間加熱する恒温変態工程とを具備することを特徴とするばね用鋼線の製造方法。

(化学成分)

質量%でC:0.50～0.75%、Si:1.80～2.70%、Mn:0.7超～1.5%、Cr:0.70～1.50%を含有し、残部がFe及び不純物からなる鋼材

[13] 以下の化学成分の鋼材をパテningする工程と、

前記パテningされた鋼材を伸線加工する工程と、

前記伸線加工された鋼線に焼入れ焼戻しを施す工程とを具備し、

前記パテningは、

900～1050℃で60～180秒間加熱するオーステナイト化工程と、

前記オーステナイト化工程後に600～750℃で20～100秒間加熱する恒温変態工程とを具備することを特徴とするばね用鋼線の製造方法。

(化学成分)

質量%でC:0.50～0.75%、Si:1.80～2.70%、Mn:0.7超～1.5%、Cr:0.70～1.50%と、Ni:0.1～1.0%及びCo:0.02～1.00%の少なくとも一方の元素とを含有し、残部がFe及び不純物からなる鋼材

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2005/001703

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl<sup>7</sup> C22C38/00, C21D8/06, 9/52, C22C38/34, 38/52, F16F1/02

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)

Int.Cl<sup>7</sup> C22C38/00, C21D8/06, 9/52, C22C38/34, 38/52, F16F1/02

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	1996-2005
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2005	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2005

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

WPI

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2004-2994 A (Kobe Steel, Ltd.), 08 January, 2004 (08.01.04), Full text & EP 1491647 A1 & WO 03/83151 A1	1-13
A	JP 2000-17388 A (Sumitomo Electric Industries, Ltd.), 18 January, 2000 (18.01.00), Full text (Family: none)	1-13
A	JP 2003-306747 A (Sumitomo Denko Steel Wire Kabushiki Kaisha), 31 October, 2003 (31.10.03), Full text (Family: none)	1-13

 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

"&amp;" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

25 April, 2005 (25.04.05)

Date of mailing of the international search report

17 May, 2005 (17.05.05)

Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2005/001703

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2783145 B2 (Kobe Steel, Ltd.), 06 August, 1998 (06.08.98), Full text (Family: none)	1-13
A	JP 11-246943 A (Chuo Hatsujo Kabushiki Kaisha), 14 September, 1999 (14.09.99), Full text & US 6224686 B1                      & DE 19908407 A1	1-13

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))  
 Int.Cl.<sup>7</sup> C22C38/00, C21D8/06, 9/52, C22C38/34, 38/52, F16F1/02

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 (IPC))  
 Int.Cl.<sup>7</sup> C22C38/00, C21D8/06, 9/52, C22C38/34, 38/52, F16F1/02

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	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2005年
日本国実用新案登録公報	1996-2005年
日本国登録実用新案公報	1994-2005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)

WPI

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 請求の範囲の番号
A	JP 2004-2994 A (株式会社神戸製鋼所) 2004.01.08, 全文 & EP 1491647 A1 & WO 03/83151 A1	1-13
A	JP 2000-17388 A (住友電気工業株式会社) 2000.01.18, 全文 (ファミリーなし)	1-13

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	の日の後に公表された文献
「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	「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
「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	「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
「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)	「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
「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献	「&」 同一パテントファミリー文献
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願	

国際調査を完了した日  
 25.04.2005

国際調査報告の発送日  
 17.5.2005

国際調査機関の名称及びあて先  
 日本国特許庁 (ISA/J P)  
 郵便番号 100-8915  
 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)  
 蛭田 敦  
 電話番号 03-3581-1101 内線 3435

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 請求の範囲の番号
A	JP 2003-306747 A (住友電工スチールワイヤー株式会社) 2003.10.31, 全文 (ファミリーなし)	1-13
A	JP 2783145 B2 (株式会社神戸製鋼所) 1998.08.06, 全文 (ファミリーなし)	1-13
A	JP 11-246943 A (中央発條株式会社) 1999.09.14, 全文 & US 6224686 B1 & DE 19908407 A.1	1-13