

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5653020号
(P5653020)

(45) 発行日 平成27年1月14日(2015.1.14)

(24) 登録日 平成26年11月28日(2014.11.28)

(51) Int.Cl.	F I	
C 2 2 C 38/00 (2006.01)	C 2 2 C 38/00	3 0 1 Z
C 2 2 C 38/54 (2006.01)	C 2 2 C 38/54	
F 1 6 F 1/02 (2006.01)	F 1 6 F 1/02	A
C 2 1 D 6/00 (2006.01)	C 2 1 D 6/00	W
C 2 1 D 7/06 (2006.01)	C 2 1 D 7/06	A
請求項の数 12 (全 12 頁) 最終頁に続く		

(21) 出願番号	特願2009-225422 (P2009-225422)	(73) 特許権者	000210986 中央発條株式会社 愛知県名古屋市緑区鳴海町字上汐田68番地
(22) 出願日	平成21年9月29日(2009.9.29)	(74) 代理人	110000110 特許業務法人快友国際特許事務所
(65) 公開番号	特開2011-74429 (P2011-74429A)	(72) 発明者	久野 隆紀 愛知県名古屋市緑区鳴海町字上汐田68番地 中央発條株式会社内
(43) 公開日	平成23年4月14日(2011.4.14)	(72) 発明者	中野 智弘 愛知県名古屋市緑区鳴海町字上汐田68番地 中央発條株式会社内
審査請求日	平成24年7月26日(2012.7.26)	(72) 発明者	榊原 隆之 愛知県名古屋市緑区鳴海町字上汐田68番地 中央発條株式会社内
		最終頁に続く	

(54) 【発明の名称】 腐食疲労強度に優れるばね用鋼及びばね

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

質量%で、C：0.35%以上0.55%以下、Si：1.60%以上3.00%以下、Mn：0.20%以上1.50%以下、Cr：0.10%以上1.50%以下、Ti：0.005%以上0.030%以下、B：0.0015%以上0.0025%以下を含み、

さらに、Ni：0.40%以上3.00%以下、Mo：0.05%以上0.50%以下及びV：0.05%以上0.50%以下からなる群から選択される少なくともNiを含む1種又は2種以上を含み、

残部がFe及び不可避不純物からなるとともに、

以下の式(1)、(2)及び(3)：

$$0.730\% \leq C(\%) + Mn(\%) / 6 + Si(\%) / 24 + Ni(\%) / 40 + Cr(\%) / 5 + Mo(\%) / 4 + V(\%) / 14 \leq 0.780\% \dots \text{式(1)}$$

$$0.630\% \leq C(\%) + Mn(\%) / 6 + Si(\%) / 24 \leq 0.660\% \dots \text{式(2)}$$

$$1.40\% \leq Si(\%) - 0.46C(\%) - 1.08Mn(\%) \dots \text{式(3)}$$

を充足することを特徴とする、ばね用鋼。

【請求項2】

前記下限値が1.45%以上である式(3)を充足する、請求項1に記載のばね用鋼。

【請求項3】

上限値が 1.90% 以下である式(3)を充足する、請求項1又は2に記載のばね用鋼。

【請求項4】

さらに、以下の式(4)及び(5)；

$$159C(\%) - Si(\%) + 8Mn(\%) + 12Cr(\%) \geq 84\% \dots \text{式(4)}$$

$$6.0C(\%) - Si(\%) - 0.3Mn(\%) + 1.4Cr(\%) \geq 1.2\% \dots$$

式(5)

のいずれかを充足することを特徴とする、請求項1～3のいずれかに記載のばね用鋼。

【請求項5】

Cが0.45%以上0.50%以下、Siが2.00%以上2.50%以下、Mnが0.40%以上0.50%以下である、請求項1～4のいずれかに記載のばね用鋼。 10

【請求項6】

Cが0.46%以上0.49%以下である、請求項5に記載のばね用鋼。

【請求項7】

Mo及びVを含有する、請求項1～6のいずれかに記載のばね用鋼。

【請求項8】

Cが0.47%以上0.49%以下、Siが2.10%以上2.40%以下、Mnが0.40%以上0.50%以下、Crが0.20%以上0.30%以下、Niが0.40%以上0.60%以下、Moが0.05%以上0.20%以下、Vが0.05%以上0.20%以下である、請求項6に記載のばね用鋼。 20

【請求項9】

焼入れ焼戻し後において、以下の(1)～(3)のいずれかの特性：

(1) 腐食耐久回数が45000回以上

(2) シャルピー衝撃値が80J/cm²以上

(3) 遅れ破壊強度が910MPa以上

を充足する、請求項1～8のいずれかに記載のばね用鋼。

【請求項10】

ロックウェル硬さHRC53以上HRC56以下である、請求項1～9のいずれかに記載のばね用鋼。

【請求項11】

請求項1～10のいずれかに記載のばね用鋼によって製造されるばねであって

ロックウェル硬さHRC53以上HRC56以下である、ばね。 30

【請求項12】

腐食耐久回数が40000回以上である、請求項11に記載のばね。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、ばね用鋼及びばねに関し、より詳しくは腐食疲労強度に優れるばね用鋼及びばねに関する。

【背景技術】

【0002】

近年、各種の要請からより高強度のばね用鋼及びばねが求められるようになってきている。高強度ばねにあって、耐へたり性を確保するために硬度を高めると、耐衝撃性、靱性、腐食疲労強度が低下する傾向にあった。こうした観点から様々な材料が検討されている(特許文献1)

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】国際公開WO2006/022009号パンフレット

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかしながら、上記特許文献に記載される組成であっても、これらの要請を好ましいレベルでしかも低コストで充足することは困難であった。そこで、本明細書の開示は、高強度であっても腐食疲労強度に優れるばね用鋼及びばねを提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0005】

本発明者らは、ばね用鋼の合金組成について種々検討したところ、高い強度を確保しつつ良好な腐食疲労強度を発揮するばね用鋼の合金組成を見出し、本発明を完成した。本発明によれば、以下の手段が提供される。

10

【0006】

本明細書の開示によれば、質量%で、C：0.35%以上0.55%以下、Si：1.60%以上3.00%以下、Mn：0.20%以上1.50%以下、Cr：0.10%以上1.50%以下を含み、さらに、Ni：0.40%以上3.00%以下、Mo：0.05%以上0.50%以下及びV：0.05%以上0.50%以下からなる群から選択される1種又は2種以上の元素を前記濃度で含み、残部がFe及び不可避不純物からなるとともに、

以下の式(1)及び(2)：

$$0.400\% \leq C(\%) + Mn(\%) / 6 + Si(\%) / 24 + Ni(\%) / 40 + Cr(\%) / 5 + Mo(\%) / 4 + V(\%) / 14 \leq 0.800\% \quad \dots \text{式(1)}$$

20

$$0.540\% \leq C(\%) + Mn(\%) / 6 + Si(\%) / 24 \leq 0.670\% \quad \dots \text{式(2)}$$

を充足することを特徴とする、ばね用鋼が提供される。本ばね用鋼は、前記下限値が1.35%である式(3)を充足することが好ましい。

【0007】

本ばね用鋼は、さらに、以下の式(3)；

$$1.20\% \leq Si(\%) - 0.46C(\%) - 1.08Mn(\%) \quad \dots \text{式(3)}$$

を充足していてもよい。また、本ばね用鋼は、さらに、以下の式(4)及び(5)；

$$1.59C(\%) - Si(\%) + 8Mn(\%) + 1.2Cr(\%) \geq 8.4\% \quad \dots \text{式(4)}$$

$$6.0C(\%) - Si(\%) - 0.3Mn(\%) + 1.4Cr(\%) \geq 1.2\% \quad \dots \text{式(5)}$$

30

のいずれかを充足していてもよい。

【0008】

さらに、本ばね用鋼は、Cが0.45%以上0.50%以下、Siが2.00%以上2.50%以下、Mnが0.40%以上0.50%以下であってもよい。さらにまた、本ばね用鋼は、Ni、Mo及びVを含有するものであってもよい。好ましくは、Cが0.46%以上0.49%以下である。

【0009】

また、本ばね用鋼は、焼入れ焼戻し処理後において、以下の(1)～(3)から選択される1種又は2種以上の特性：

(1) 腐食耐久回数が4000回以上(好ましくは、4500回以上)

40

(2) シャルピー衝撃値が70J/cm²以上(好ましくは80J/cm²以上)

(3) 遅れ破壊強度が800MPa以上(好ましくは、910MPa以上)

を充足するものであってもよい。また、本ばね用鋼は、焼入れ焼戻し後において、ロックウェル硬さHRC53以上HRC56以下であることが好ましい。

【0010】

本明細書の開示によれば、上記のいずれかのばね用鋼によって製造され、HRC53以上HRC56以下であるばねも提供される。

【発明を実施するための形態】

【0011】

本明細書に開示されるばね用鋼によれば、上記組成並びに上記式(1)及び(2)を充

50

足することで、腐食疲労強度等の良好な耐久性を有するばねを製造することができる。本明細書に開示されるばね用鋼における合金成分組成は、良好な強度及び腐食疲労強度に寄与し、さらに、式(1)は、炭素当量に関する。これらの元素、すなわち、C、Si、Mn、Cr、Mo及びVの含有量が、式(1)を充足することで、焼入れ焼戻しにより、所望の強度、典型的には、HRC53～HRC56程度の強度のばね用鋼を容易に実現することができるようになる。また、式(2)を充足することで、良好な腐食疲労強度等の耐久性を有するばね用鋼を製造することができるようになる。以下、本明細書に開示される実施形態について詳細に説明する。

【0012】

(ばね用鋼)

本発明のばね用鋼は、質量%で、C：0.35%以上0.55%以下、Si：1.60%以上3.00%以下、Mn：0.20%以上1.50%以下、Cr：0.10%以上1.50%以下を含有している。

【0013】

(C：炭素)

Cは、0.35%以上0.55%以下含有することが好ましい。本ばね用鋼において、Cがこの範囲であると、焼入れ焼戻しにより良好な強度のばね用鋼を得ることができる。0.35%未満であると、焼入れ焼戻しにより良好な強度のばね用鋼を得ることができない。また、0.55%を超えると靱性が低下して、水焼入れ時に焼割れが生じる可能性がある。さらに、疲労強度や腐食疲労強度が低下するおそれがある。他の合金成分との関係もあるが、好ましくは、Cは、0.45%以上0.50%以下である。この範囲であると、良好な強度を実現しやすくとともに、他の合金成分との関係でも式(1)～式(5)のうち1又は2以上を適宜充足して腐食疲労強度を初めとする良好な耐久性を得られやすくなる。より好ましくは、上限は、0.49%であり、さらに好ましくは0.48%である。また下限は好ましくは0.46%であり、より好ましくは0.47%である。

【0014】

(Si：ケイ素)

Siは、1.60%以上3.00%以下であることが好ましい。本ばね用鋼において、Siがこの範囲であると、耐へたり性、焼戻し特性及び腐食疲労強度の向上に有効である。この範囲において、Siが多いほど、腐食疲労強度が向上される。1.60%未満では、これらにつき十分な効果が得られにくく、3.00%を超えると、靱性も低下しやすくなり、圧延時及び熱処理(焼入れ)時の脱炭が助長される。本ばね用鋼においては、腐食疲労強度等の観点から、好ましくは、下限は2.00%であり、より好ましくは2.10%である。また、好ましくは、上限は、2.50%である。さらに好ましくは2.40%である。

【0015】

(Mn：マンガン)

Mnは、0.20%以上1.50%以下であることが好ましい。本ばね用鋼において、Mnがこの範囲であると、良好な腐食疲労強度を得ることができる。Mnが1.50%を超えると、腐食疲労強度が低下する傾向にあり、Mnが0.20%未満であると、強度や焼入れ性が不足する傾向があり、圧延時に割れやすくなる傾向がある。本ばね用鋼では、これらの観点から、より好ましくは上限は0.70%であり、さらに好ましくは0.50%以下である。また、より好ましくは、下限は0.40%である。

【0016】

(Cr：クロム)

Crは、0.10%以上1.50%以下であることが好ましい。本ばね用鋼において、Crがこの範囲であると強度確保や焼入れ性向上に有用である。Crが0.10%未満であると、こうした効果が不十分であり、また、1.50%を超えると、焼戻し組織が不均一になり、耐へたり性を阻害するおそれが生じやすくなる。好ましくは、上限は0.30%である。また、好ましくは、下限は0.20%である。

10

20

30

40

50

【0017】

本発明のばね用鋼は、Ni：0.40%以上3.00%以下、Mo：0.05%以上0.50%以下及びV：0.05%以上0.50%以下からなる群から選択される1種又は2種以上の元素を前記濃度で含有していることが好ましい。本ばね用鋼は、好ましくは、全ての元素を前記濃度で含有している。こうすることで、良好な靱性が得られるほか、良好な腐食疲労強度が得られる。

【0018】

(Ni：ニッケル)

Niは0.40%以上3.00%以下であることが好ましい。本ばね用鋼においては、Niがこの範囲であると耐腐食性の向上に効果がある。0.40%未満であると、その効果が不十分であり、3.00%を超えると、耐腐食性向上効果が飽和する傾向がある。より好ましくは、上限は1.00%以下であり、さらに好ましくは、0.60%以下である。本ばね用鋼は、Ni、Mo及びVのうち、少なくともNiを含有していることが好ましい。

10

【0019】

(Mo：モリブデン)

Moは、0.05%以上0.50%以下であることが好ましい。本ばね用鋼においては、Moがこの範囲であると、腐食疲労強度を向上させることができる。0.05%未満であると、この効果が不十分であり、0.50%を超えても、効果が飽和する傾向がある。好ましくは、0.20%以下である。より好ましくは0.10%以下である。

20

【0020】

(V：バナジウム)

Vは、0.05%以上0.50%以下であることが好ましい。本ばね用鋼においてVがこの範囲であると、結晶粒の微細化、析出硬化に効果的である。0.05%未満であると、その効果が不十分であり、0.50%を超えると、炭化物が鋼表面において腐食ピットを形成して、亀裂破壊の起点となるおそれがある。また、靱性が低下する。より好ましくは、0.30%以下であり、さらに好ましくは、0.20%以下である。一層好ましくは、0.10%以下である。

【0021】

さらに、本ばね用鋼は、P(リン)を含有することができる。Pは、結晶粒界を脆弱化させる傾向があるため、0.010%以下とすることが好ましく、より好ましくは、0.005%以下である。

30

【0022】

また、本ばね用鋼は、S(イオウ)を含有することができる。SはPと同様、結晶粒界を脆弱化させる傾向があるため、0.010%以下であることが好ましい。より好ましくは0.005%以下である。

【0023】

本ばね用鋼は、Cu(銅)を含むことができる。本ばね用鋼においては、好ましくは、0.20%以下であることが好ましく、より好ましくは、0.05%以下である。

【0024】

本ばね用鋼は、以上説明した合金成分のほか、Ti(チタン)(好ましくは、0.005%以上0.030%以下)を含有することができる。また、B(ホウ素)(好ましくは、0.0015%以上0.0025%以下)を含有することができる。本ばね用鋼は、これら合金成分を含有するほか、残部はFe(鉄)であるとともに、不可避不純物からなる。

40

【0025】

本ばね用鋼は、こうした合金組成を有するほか、以下の式(1)~(5)を適宜充足することができる。

【0026】

(式(1)：0.400% C(%) + Mn(%) / 6 + Si(%) / 24 + Ni(%)

50

$/ 40 + Cr (\%) / 5 + Mo (\%) / 4 + V (\%) / 14 \quad 0.800 (\%)$

式(1)の下限値は、焼入れ焼戻しによって所望の強度を得るための下限値を示し、当該数値未満では、十分な強度を得ることができない。また、式(1)の上限値は、所望の強度を得るための上限値を示し、当該数値を超えては、焼入れ時の残留オーステナイトが増加しマルテンサイトへの変態が不完全となる恐れがあり強度が十分でなくなるおそれがある。また、寸法変化が発生しやすくなるという不都合が生じてしまう。式(1)の範囲は、ロックウェル硬さHRC53以上HRC56以下の範囲を得るのに好ましい。上記下限値は、0.700%であることが好ましく、より好ましくは0.730%である。さらに好ましくは、0.735%であり、一層好ましくは0.740%である。また、上記上限値は、0.800%であることが好ましく、より好ましくは0.780%であり、さら

10

【0027】

本ばね用鋼は、この式(1)とともに、後述する式(2)を少なくとも充足することが好ましい。これら2式を充足することで、高強度で腐食疲労強度に優れるばね用鋼を容易に得ることができる。

【0028】

(式(2) : $0.540 (\%) \quad C (\%) + Mn (\%) / 6 + Si (\%) / 24 \quad 0.670 (\%)$)

式(2)は、特に、炭素当量の式から、C、Mn (Mn/6)及びSi (Si/24)を選択して、炭化物の粒径やその分布をコントロールするための式である。炭化物の大きさ及び分布の状態、強度-靱性のバランスが相違し、遅れ破壊特性(水素感受性)が変化し、腐食疲労に強く関連すると考えられる。式(2)の下限値及び上限値は、腐食疲労強度との関連から決定され、上記下限値未満であれば、腐食疲労強度が低下し、上記上限値を超えても、また、腐食疲労強度が低下する。上記下限値は、好ましくは、0.600%であり、より好ましくは0.620%であり、さらに好ましくは0.630%であり、一層好ましくは0.640%であり、より一層好ましくは0.650%である。上記上限値は、好ましくは0.660%である。なお、式(2)が意図する腐食疲労強度は、後述する実施例記載の試験方法によって得られるものであることが好ましい。

20

【0029】

(式(3) : $1.20 (\%) \quad Si (\%) - 0.46 C (\%) - 1.08 Mn (\%)$)

式(3)は、本ばね用鋼の合金成分から、C、Si及びMnを選択し、腐食疲労強度をパラメータとして得られた式であり、腐食疲労強度の優れたばね用鋼を得るための式である。上記下限値未満であるとき、十分な腐食疲労強度を得ることができない。好ましくは、上記下限値は1.30%であり、より好ましくは1.35%であり、さらに好ましくは1.40%であり、一層好ましくは1.45%であり、より一層好ましくは、1.50%である。また、式(3)では特に上限は規定していないが、強度及び脱炭抑制を図る観点からは、好ましくは、1.90%であり、より好ましくは、1.70%である。なお、式(3)が意図する腐食疲労強度は、後述する実施例記載の試験方法によって得られるものであることが好ましい。

30

40

【0030】

本ばね用鋼は、式(3)のみを充足することもできるが、好ましくは、式(1)及び式(2)とともに式(3)を充足する。こうすることで、一層腐食疲労強度の優れたばね用鋼を得ることができる。

【0031】

(式(4) : $159 C (\%) - Si (\%) + 8 Mn (\%) + 12 Cr (\%) \quad 84 (\%)$)

式(4)は、本ばね用鋼の合金成分から、C、Si、Mn及びCrを選択し、シャルピー衝撃値をパラメータとして得られた式であり、靱性に関連し、良好なシャルピー衝撃値のばね用鋼を得るための式である。上記上限値を超えると、十分なシャルピー衝撃値(靱性)を得ることができない。上記上限値は、好ましくは82%であり、さらに好ましく

50

は 81% である。式(4)では特に下限を規定していないが、好ましくは、60% であり、より好ましくは 70% である。なお、式(4)が意図するシャルピー衝撃値は、後述する実施例記載の試験方法によって得られるものであることが好ましい。

【0032】

(式(5) : $6.0C(\%) - Si(\%) - 0.3Mn(\%) + 1.4Cr(\%) - 1.2\%$)

式(5)は、本ばね用鋼の合金成分から、C、Si、Mn及びCrを選択し、遅れ破壊強度をパラメータとして得られた式であり、耐久性に関連し、良好な遅れ破壊強度を有するばね用鋼を得るための式である。上記上限値を超えると、十分な遅れ破壊強度を得ることができない。好ましくは、上記上限値は、1.0% であり、より好ましくは、0.95% である。式(5)では特に下限は規定していないが、強度及び脱炭抑制の観点からは、好ましくは、0.65% であり、より好ましくは 0.68% であり、さらに好ましくは 0.70% である。なお、式(5)が意図する遅れ破壊強度は、後述する実施例記載の試験方法によって得られるものであることが好ましい。

10

【0033】

本ばね用鋼は、焼入れ焼戻し処理後において硬さが HRC53 以上 HRC56 以下に調整されていることが好ましい。こうした範囲であると、軽量でかつ高強度なばねを得ることができる。また、本ばね用鋼は、焼入れ焼戻し処理後において、腐食疲労強度、シャルピー衝撃値及び遅れ破壊強度のいずれかが以下の特性を充足していることが好ましい。すなわち、腐食疲労強度に関しては、腐食耐久回数が 40000 回以上であることが好ましい。より好ましくは 45000 回以上である。また、シャルピー衝撃値が 70 J/cm^2 以上であることが好ましい。より好ましくは、 80 J/cm^2 以上であり、さらに好ましくは、 85 J/cm^2 以上である。さらに、遅れ破壊が 800 MPa 以上であることが好ましい。より好ましくは 900 MPa 以上であり、さらに好ましくは 910 MPa 以上であり、一層好ましくは 950 MPa である。

20

【0034】

次に、こうしたばね用鋼を用いてばねを製造する方法について説明する。本明細書に開示されるばね用鋼は、公知の熱間成形法、冷間成形法、温間成形法等を適用して各種ばねを製造できる。例えば、コイルばねを製造するには、以下のようにすることができる。すなわち、本明細書に開示されるばね用鋼を丸鋼、線材又は線あるいは板材等とした後、コイル状に成形し、成形後のコイルに対して温間ショットピーニングを行い、温間ショットピーニング後のコイルに対してホットセッチングを行うことでばねを製造することができる。こうした製法を適用することで、耐へたり性、耐久性に優れた自動車懸架用コイルばねを得ることができる。より具体的な実施形態としては、本明細書に開示されるばね用鋼を用いて、コイル成形、熱処理、ホットセッチング、温間ショットピーニング、冷間ショットピーニング、冷間セッチングの各工程を行うことによって自動車懸架用コイルばねを製造する形態が挙げられる。コイル成形工程は、熱間(線材の再結晶温度以上の温度)で行ってもよいし、温間(線材の再結晶温度未満の温度)又は冷間(室温)で行ってもよい。また、コイル状に成形する方法には、従来公知の種々の方法を用いることができ、例えば、コイルングマシンを用いて成形してもよいし、心金に巻き付ける方法によって成形してもよい。

30

40

【0035】

熱処理工程では、上記の成形工程によってコイル状に成形されたコイルに対して熱処理を行う。この工程で行われる熱処理は、上記の成形工程を熱間で行ったか、温間又は冷間で行ったかによって異なる。すなわち、上記の成形工程を熱間で行った場合には、焼入れと焼戻しを行う。焼入れ焼戻しにより、コイルには強度と靱性が付与される。一方、上記の成形工程を冷間で行った場合には、低温焼鈍を行う。低温焼鈍により、コイル内部及び表面の有害な残留応力(引張りの残留応力)を除去することができる。コイルの焼入れ焼戻し、並びに、コイルの低温焼鈍の方法は、従来知られているいずれの方法によっても行うことができる。

【0036】

50

ホットセッチング工程では、コイルの温度を温間とした状態でセッチングを行う。ホットセッチングにより、コイルに方向性のある圧縮残留応力が付加されて耐久性が向上し、また、コイルに比較的大きな塑性変形が生じることでコイルの耐へたり性が向上する。ここで、ホットセッチングを行う温度は、線材の再結晶温度以下で、かつ、室温より高い温度となる温度範囲内で適宜設定することができる。例えば、コイルの温度を150 以上400 以下程度の範囲で行うことができる。このような温度範囲でセッチングを行うことで、コイルに付与される塑性変形量を大きくでき、耐へたり性を向上することができる。また、セッチングのへたり代 h は、自動車懸架用コイルばねの全長 L (セット時の全長 L_s) に応じて適宜決定することができる。なお、セッチングには、従来知られている種々の方法を用いることができる。

10

【0037】

温間ショットピーニング工程では、上記の熱処理が行われたコイルを温間でショットピーニングする。温間ショットピーニングにより、コイル表面に大きな圧縮残留応力が付与され、コイルの耐久性、耐腐食疲労性が向上する。ここで、ショットピーニングを行う温度は、線材の再結晶温度以下で、かつ、室温より高い温度となる温度範囲内で適宜設定することができる。例えば、コイルの温度を150 以上400 以下程度とすることができる。なお、鋼球のショット方法には、従来知られている種々の方法を用いることができる。

【0038】

冷間ショットピーニング工程では、コイルの温度を常温にした状態でショットピーニングを行う。温間ショットピーニングに加えてさらに冷間ショットピーニングを行うことにより、コイルの耐久性を一層向上させることができる。なお、冷間ショットピーニングで用いる鋼球の径を、温間ショットピーニングで用いる鋼球の径より小さくすることが好ましい。例えば、温間ショットピーニングに使用する鋼球の径を直径1.2 mmとした場合、冷間ショットピーニングに使用する鋼球の径を0.8 mmとする。温間ショットピーニングと冷間ショットピーニングを行うことで、先に行われる温間ショットピーニングでコイルに大きな圧縮残留応力が付与され、後に行われる冷間ショットピーニングでコイルの表面粗さが改善され、コイルの耐久性、耐腐食疲労性が一層向上する。なお、鋼球のショット方法には、従来知られている種々の方法を用いることができる。

20

【0039】

冷間セッチング工程では、コイルの温度を常温にした状態でセッチングを行う。上記ホットセッチングに加えて冷間セッチングを行うことにより、コイルの耐へたり性を一層向上させる。冷間セッチングのへたり代 c は、自動車懸架用コイルばねの全長 L (セット時の全長 L_s) に応じて適宜決定することができる。なお、冷間セッチングのへたり代 c は、温間セッチングのへたり代 h より小さいことが好ましい。

30

【0040】

なお、上記の冷間ショットピーニング、冷間セッチングの各工程を省略し、温間ショットピーニング及びホットセッチングのみを行うこともできる。また、上記の各工程以外の他の工程を含んでいてもよい。例えば、ホットセッチング後に水冷する工程を行うようにしてもよい。

40

【0041】

以上説明したように、本発明によれば、高強度でかつ腐食疲労強度など耐久性に優れるばね用鋼及びばねを得ることができる。こうしたばねは、車両用懸架装置等に使用するコイルばね、板ばね、トーションバー、スタビライザ等に好適に用いられる。

【実施例】

【0042】

以下、本発明を具現化した実施例について説明する。なお、以下の実施例は、本発明を説明するための具体例であって、本発明を限定するものではない。

【0043】

以下の表1に示す化学組成を有する参照例、実施例試料及び比較例の鋼を、以下の2種

50

類の製法でそれぞれ製造した。すなわち、腐食疲労試験にて用いる参照例1, 2、実施例試料3～5及び比較例1～7で使用する鋼は下記(2)で製造し、比較例8で使用する鋼は下記(1)で製造した。さらにシャルピー衝撃値及び遅れ破壊試験で使用する鋼は、下記(2)で製造した。

(1) 鋼を高炉又は電炉で量産相当で溶製して得た鋼塊を、分塊圧延し、その後、線材圧延した。

(2) 鋼を真空溶解炉で2トン溶解後、分塊圧延し、その後線材圧延した。

【0044】

【表1】

(質量%)

	C	Si	Mn	Cr	P	S	Ni	Cu	Mo	V	Ti	B
参照例1	0.46	2.19	0.70	0.19	0.004	0.005	0.30	0.18	0.18	0	0.023	0.0020
参照例2	0.46	2.17	0.69	0.19	0.005	0.007	0.27	0.01	0.08	0.09	0.024	0.0021
試料3	0.47	2.18	0.44	0.29	0.004	0.004	0.53	0.01	0.09	0.10	0.023	0.0021
試料4	0.48	2.40	0.45	0.28	0.004	0.004	0.53	0.01	0.09	0.10	0.024	0.0020
試料5	0.47	2.38	0.45	0.29	0.004	0.004	0.55	0.01	0.18	0.10	0.024	0.0020
比較例1	0.46	2.18	0.99	0.17	0.005	0.004	0.31	0.02	0.18	0	0.023	0.0020
比較例2	0.45	2.19	0.69	0.47	0.005	0.005	0.26	0.02	0.18	0	0.022	0.0020
比較例3	0.48	1.80	0.70	0.19	0.006	0.004	0.27	0.01	0.10	0.08	0.018	0.0017
比較例4	0.49	1.80	0.69	0.18	0.005	0.004	0.26	0.18	0.09	0.09	0.021	0.0020
比較例5	0.48	1.80	0.95	0.19	0.006	0.004	0.26	0.01	0.08	0.08	0.022	0.0021
比較例6	0.49	1.98	0.72	0.17	0.007	0.006	0.51	0.01	0	0.19	0.021	0.0022
比較例7	0.48	1.94	0.70	0.16	0.007	0.005	0.53	0.01	0.20	0.19	0.020	0.0023
比較例8	0.47	2.18	0.77	0.36	0.010	0.002	0.97	0.26	0	0.20	0	0.0020

【0045】

これらの鋼につき、以下の方法で各種項目の試験を行った。

1. 腐食疲労試験

(1) 試験片の調製

試験片は、各鋼の線材を、表面研削後、焼入れ加熱し、その後熱間成形し、焼入れ(油冷)し、焼戻しすることにより、コイルばねとした。なお、焼入れ加熱条件は、高周波誘導加熱990とし、ばね硬さ(焼戻し後硬さ)は、HRC55に調整した。得られたコイルばねの概要を以下の表に示す。

【0046】

【表2】

ばね形状	線径 (mm)	コイル平均径 (mm)	自由長 (mm)	有効巻数(巻)	ばね定数 (N/mm)
円筒型	φ12.4	φ110.9	323	4.05	39.1

【0047】

(2) 試験方法

得られたばねに人工的にピットを付与し、腐食環境中で疲労試験(JASOC604)を実施した。ピットは、主応力振幅が最大となる箇所(コイル端末から3.1巻)におけるばねの外側表面に小さな穴のあいたマスキングをし、電解研磨により直径600μm、深さ300μmの半球状の穴(人工ピット)を付与した。このピットによるねじり負荷における垂直応力(主応力)の応力集中係数は、有限要素法解析によると2.2である。電解液としては、塩化アンモニウム水溶液を用いた。腐食環境は、腐食液として5%NaCl水溶液を用いて、噴霧装置にて人工ピット部のみを16時間腐食させた後、5%NaCl水溶液を含ませた脱脂

10

20

30

40

50

綿で人工ピット部周辺を覆い、その周りをエチレンラップで包んで乾燥を防いだ状態とした。この状態で疲労試験を実施し、折損までの繰返し回数を評価した。疲労試験は、繰返し速度2Hzとし、フラットな座を使用して平行圧縮で加振した。試験高さは人工ピット付与位置における人工ピットがない状態での主応力条件が $507 \pm 196\text{MPa}$ となる条件（最大荷重（4031N）時高さ220mm、最小荷重（2079N）時高さ270mm）とした。結果を表3に併せて示す。また、表3には、化学組成に基づく式（1）～（5）の数値及び各式に対する充足性を併せて示す。

【0048】

2. シャルピー衝撃値

（1）試験片の調製

各参照例、実施例試料及び比較例につき、ハーフサイズ試験片（ $5 \times 10\text{mm}$ 断面、長さ55mm角柱の中央部に2mm（幅） \times 2mm（深さ） \times R1（U状底部）のUノッチを形成したもの）とした。

（2）焼入れ加熱条件：

参照例1、2及び比較例1、2については、900 \times 30分とし、比較例5については高周波誘導加熱960 とし、実施例試料3、4については高周波誘導加熱990 とした。

（3）試験片硬さ

焼戻し後の硬さは、HRC55に調整した。

（4）試験方法

試験温度は、常温とし、JIS Z 2242に基づき試験を実施した。結果を表3に示す。

【0049】

3. 遅れ破壊試験

（試料3、4、比較例5及び8）

試験片は、引張試験片（深さ1mm環状切欠き付き）を用いた。また、試験方法は、定荷重負荷-水素チャージ法を用いた。具体的には、pH3の H_2SO_4 溶液中で電流密度 $1.0\text{mA}/\text{cm}^2$ で試験片に水素をチャージしながら定荷重で負荷を与え破断するまでの時間をカウントした。200時間以上破断しない最大負荷応力を遅れ破壊強度として評価した。

上記試験片に対する焼入れ加熱条件は以下のとおりとした。すなわち、実施例試料3、4については高周波誘導加熱990 とし、比較例5については高周波誘導加熱960 とした。比較例8については900 \times 30分とした。結果を表3に併せて示す。

【0050】

10

20

30

【表 3】

	式1		式2		式3		式4		式5		腐食耐久回数	シャルピー衝撃値	遅れ破壊強度
	0.400~0.800		0.540~0.670		1.2以上		84以下		1.2以下		回	J/cm ²	MPa
参照例1	0.758	○	0.668	○	1.222	○	78.83	○	0.63	○	42518	82	
参照例2	0.737	○	0.665	○	1.213	○	78.77	○	0.65	○	41307	74	
試料3	0.735	○	0.634	○	1.489	○	79.55	○	0.91	○	49493	86	1020
試料4	0.754	○	0.655	○	1.693	○	80.88	○	0.74	○	59021	86	980
試料5	0.771	○	0.644	○	1.678	○	79.43	○	0.71	○	50595		
比較例1	0.803	×	0.716	×	0.899	×	80.92	○	0.52	○	28682	81	
比較例2	0.802	×	0.656	○	1.238	○	80.52	○	0.96	○	32491	78	
比較例3	0.747	○	0.672	×	0.823	×	82.40	○	1.14	○	26538		
比較例4	0.751	○	0.680	×	0.829	×	83.79	○	1.19	○	30777		
比較例5	0.784	○	0.713	×	0.553	×	84.40	×	1.06	○	27821	75	900
比較例6	0.753	○	0.693	×	0.977	×	83.73	○	0.98	○	35813		
比較例7	0.786	○	0.678	×	0.963	×	81.90	○	0.95	○	25920		
比較例8	0.800	○	0.689	×	1.132	×	83.03	○	0.91	○	31636		766

10

【0051】

表3に示すように、参照例1、2、本発明の実施例である試料3~5は、いずれも良好な腐食耐久回数を有していることがわかった。これらはいずれも式(1)~(5)を充足していた。特に、式(3)の数値が1.35%以上となる試料3~5は、高い腐食耐久回数を備えていた。また、シャルピー衝撃値に関しても、式(1)~(5)を充足する参照例1、2、試料3、4が良好であった。このことから、他の試料5も同様に良好なシャルピー衝撃値を呈することがわかる。さらに、遅れ破壊強度に関しては、同様に式(1)~(5)を充足する試料3、4が良好であった。このことから、他の参照例1、2及び試料5も同様に良好な遅れ破壊を呈することがわかる。

20

フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I
C 2 1 D 9/02 (2006.01) C 2 1 D 9/02 A

(72)発明者 脇田 将見
愛知県名古屋市緑区鳴海町字上汐田68番地 中央発條株式会社内

審査官 佐藤 陽一

(56)参考文献 特開平07-179985(JP,A)
特開平05-195153(JP,A)
特開2005-029870(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
C 2 2 C 3 8 / 0 0 - 3 8 / 6 0