

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局

(43) 国际公布日
2020 年 1 月 30 日 (30.01.2020)



(10) 国际公布号
WO 2020/020066 A1

- (51) 国际专利分类号:
C22C 38/00 (2006.01) C21D 7/06 (2006.01)
C22C 38/24 (2006.01) C21D 9/02 (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2019/096726
- (22) 国际申请日: 2019 年 7 月 19 日 (19.07.2019)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
201810842312.5 2018年7月27日 (27.07.2018) CN
- (71) 申请人: 宝山钢铁股份有限公司(BAOSHAN IRON & STEEL CO., LTD.) [CN/CN]; 中国上海市宝山区富锦路885号, Shanghai 201900 (CN)。
- (72) 发明人: 姚赞(YAO, Zan); 中国上海市宝山区富锦路 885 号, Shanghai 201900 (CN)。 金峰(JIN, Feng); 中国上海市宝山区富锦路885号, Shanghai 201900 (CN)。 万根节(WAN, Genjie); 中国上海市宝山区富锦路885号, Shanghai 201900 (CN)。 齐彦峰(QI, Yanfeng); 中国上海市宝山区富锦路885号, Shanghai 201900 (CN)。 吴振平(WU, Zhenping); 中国上海市宝山区富锦路885号, Shanghai 201900 (CN)。
- (74) 代理人: 上海专利商标事务所有限
公司(SHANGHAI PATENT & TRADEMARK LAW
OFFICE, LLC); 中国上海市桂平路 435 号,
Shanghai 200233 (CN)。
- (81) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的国家
保护): 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, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB,
GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS,
JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK,
LR, LS, 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(除另有指明, 要求每一种可提供的地区
保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ,
NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM,
AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (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)。

(54) Title: SPRING STEEL HAVING SUPERIOR FATIGUE LIFE, AND MANUFACTURING METHOD FOR SAME

(54) 发明名称: 一种疲劳寿命优良的弹簧钢及其制造方法

(57) Abstract: A spring steel having a superior fatigue life, and a manufacturing method for the same. The chemical components thereof are as follows in weight percentage: C: 0.52-0.62%, Si: 1.20-1.45%, Mn: 0.25-0.75%, Cr: 0.30-0.80%, V: 0.01-0.15%, Nb: 0.001-0.05%, N: 0.001-0.009%, O: 0.0005-0.0040%, P: $\leq 0.015\%$, S: $\leq 0.015\%$, and Al: $\leq 0.0045\%$, with the remainder being Fe and incidental impurities, wherein the following condition is also met $0.02 \leq (2Nb+V)/(20N+C) \leq 0.40$. The spring steel of the present invention has a microstructure of tempered troostite + tempered sorbite, a prior austenite grain size less than 80 μm , a size of alloy nitride and carbide precipitates being 5-60 nm, and a maximum width of single-grain inclusions being less than 30 μm . The spring steel has a handling strength greater than 2020 MPa, superior ductility and toughness (the reduction of area $\geq 40\%$), and a fatigue life $\geq 800,000$ times, thereby meeting application requirements of high-stress springs in industries, such as automobiles, machinery, and the like.

(57) 摘要: 一种疲劳寿命优良的弹簧钢及其制造方法, 其化学成分重量百分比为: C: 0.52-0.62%; Si: 1.20-1.45%; Mn: 0.25-0.75%; Cr: 0.30-0.80%; V: 0.01-0.15%; Nb: 0.001-0.05%; N: 0.001-0.009%; O: 0.0005-0.0040%; P: $\leq 0.015\%$; S: $\leq 0.015\%$; Al: $\leq 0.0045\%$; 其余为Fe和不可避免杂质, 且, 同时满足: $0.02 \leq (2Nb+V)/(20N+C) \leq 0.40$ 。本发明所述弹簧钢的显微组织为回火屈氏体+索氏体组织, 原奥氏体晶粒尺寸小于80 μm , 合金氮碳析出物尺寸为5-60nm, 单颗粒夹杂物最大宽度小于30 μm 。所述弹簧钢加工强度达到2020MPa以上, 同时具有良好塑韧性(面缩率 $\geq 40\%$)、疲劳寿命 ≥ 80 万次, 可满足汽车、机械等行业高应力弹簧的应用需求。

本国际公布：

— 包括国际检索报告(条约第21条(3))。

一种疲劳寿命优良的弹簧钢及其制造方法

5 技术领域

本发明涉及弹簧钢及其制造方法，特别涉及一种疲劳寿命优良的弹簧钢及其制造方法，可用于加工强度达到 2020MPa 以上，面缩率 $\geq 40\%$ ，组织细化，钢质纯净度高，同时低成本、疲劳寿命优异的汽车弹簧。

10 背景技术

弹簧作为重要的减震和功能部件在社会生产和人们生活的方方面面均有着广泛应用，广泛应用于交通运输、机械制造、汽车工业、军工以及日常生活中。弹簧在弹性范围内使用，卸载后应回复到原来位置，希望塑性变形越小越好，因此钢丝应具有高的弹性极限，屈服强度和抗拉强度。屈强比越高，弹性极限就越接近抗拉强度，因而越能提高强度利用率，制成的弹簧弹力越强。弹簧依靠弹性变形吸收冲击能量，所以弹簧钢丝不一定要有很高的塑性，但起码要有能承受弹簧成型的塑性，以及足够的能承受冲击能量的韧性。弹簧通常在交变应力作用下长期工作，因此要有很高的疲劳极限，以及良好的抗蠕变和抗松弛性能。

20 随着汽车及机械行业技术进步，对弹簧零件强度及疲劳寿命提出更高要求，开发高强度、良好塑性、抗疲劳可靠性高的弹簧制造用材料成为各国先进钢铁企业关注的重点。

25 目前常规的 Cr-V 系、Cr-Mn 系、Si-Mn 系弹簧钢材料无法满足高强度弹簧生产要求，而强度更高、屈强比更好的常用 Si-Cr 系弹簧钢也已达到强度和疲劳寿命的极限。

中国专利 CN101787493B 公开的高强度弹簧钢合金成分为：0.56%~0.64%C、0.80%~1.10%Si、0.80%~1.20%Mn、 $P \leq 0.035\%$ 、 $S \leq 0.03\%$ 、0.80%~1.20%Cr、0.60%~1.00%Mo、0.20%~0.30%V、0.05%~0.12%Nb，0.01%~

0.060%N、O，0.02%~0.07%RE，余量为Fe。该设计材料Mn、Cr、Mo合金元素添加较多，其中Mo主要用于提高钢的回火稳定性、耐持久蠕变性、耐热性等。

中国专利CN100455691C公开的弹簧钢合金成分为：0.4-0.6%C，
5 1.7-2.5%Si，0.1-0.4Mn，0.5-2.0%Cr，0-0.006%N，0.021-0.07%Al。采用的是高碳高硅低锰合金设计路线，主要考虑的是控制残余奥氏体量和尺寸形状来增强钢的耐氢脆性，对材料淬回火过程要求高，同时合金Al含量高增加冶炼过程中夹杂物控制难度，硬脆的氧化铝极易导致弹簧疲劳寿命降低。

中国专利CN1279204C公开的弹簧钢合金成分设计如下：0.30-0.50%C，
10 0.80-2.0%Si，0.50-1.0%Mn，0.40-1.0%Cr，0.01-0.5%W，0.08-0.30%V，0.005-0.25%的稀土元素，还可以含有0.001-0.10%的B，该合金主要采用低碳设计，提高Si元素含量提升强度，同时采用W元素提高钢的淬透性，提高变形抗力和防止脱碳，但W及稀土元素冶炼、热处理控制难度较高。

中国专利CN1039725C公开了一种用于汽车悬架弹簧的低脱碳、高韧性弹
15 簧钢。这种钢中，在没有减少C含量的情况下提高元素Si含量，0.5—0.7%C，1.0-3.5%Si，0.3-1.5%Mn，0.3-1.0%Cr，0.05-0.5%V和或Nb，少于0.02%的P，少于0.02%的S，0.5-5.0%Ni和其他不可避免的杂质，剩余为Fe。该材料为解决脱碳问题和改善韧性，添加较多Ni元素，合金成本高。

现有合金技术方案中主要通过C、Si、Mn元素的调节来提高材料强度，
20 过低的Si含量将导致材料弹性极限降低，抗弹减性变差，过高的Si含量将会导致材料塑性变差，同时增大脱碳控制难度，影响弹簧疲劳寿命。过高合金元素添加将导致材料成本升高，同时影响析出尺寸，导致材料疲劳性能降低。材料设计强度仍偏低，同时对于弹簧疲劳寿命考虑不多。

汽车轻量化发展及机械行业技术进步，推动弹簧材料强度不断提高，目前
25 常用的Cr-V系、Cr-Mn系、Si-Mn系、Cr-Si系弹簧钢均已达到材料的极限。

发明内容

本发明的目的在于提供一种疲劳寿命优良的弹簧钢及其制造方法，所述弹

簧钢加工强度 $\geq 2020\text{MPa}$ ，同时具有良好塑韧性（面缩率 $\geq 40\%$ ）、疲劳寿命 ≥ 80 万次，可满足汽车、机械等行业高应力弹簧的应用需求。

为达到上述目的，本发明的技术方案是：

一种疲劳寿命优良的弹簧钢，其化学成分重量百分比为：

- 5 C: 0.52-0.62%;
Si: 1.20-1.45%;
Mn: 0.25-0.75%;
Cr: 0.30-0.80%;
V: 0.01-0.15%;
10 Nb: 0.001-0.05%;
N: 0.001-0.009%;
O: 0.0005-0.0040%;
P: $\leq 0.015\%$;
S: $\leq 0.015\%$;
15 Al: $\leq 0.0045\%$;

其余为 Fe 和不可避免杂质，且，同时满足： $0.02 \leq (2\text{Nb} + \text{V}) / (20\text{N} + \text{C}) \leq 0.40$ 。

本发明所述弹簧钢的显微组织为回火屈氏体+索氏体组织，原奥氏体晶粒尺寸 $\leq 80\mu\text{m}$ ，合金氮碳析出物尺寸为 5-60nm，单颗粒夹杂物最大宽度 $\leq 30\mu\text{m}$ 。

在本发明所述弹簧钢成分设计中：

- 20 C 是保证弹簧钢室温强度和淬透性所必需的成分，也是弹簧钢达到高的弹性极限、良好抗弹减性的元素，当 C 含量低于 0.52% 时该合金弹簧钢强度无法保证达到 2020MPa 以上，同时不利于微合金元素碳氮化物的析出，但过高的 C 含量将导致回火过程中碳化物尺寸过大，同时材料塑性恶化，不利于材料在高强度下保持良好的塑韧性，影响材料疲劳寿命，因此 C 元素含量需低于 0.62%。
- 25 Si 是一种非碳化物形成元素，主要固溶在铁素体相中起到强化的作用，提高合金硅含量有利于提高材料弹性极限及抗弹减性，优化弹簧性能，但过高的 Si 含量会导致材料塑性恶化，不利于弹簧成型，对成品弹簧寿命造成影响，同时 Si 含量高将导致材料生产及热处理过程中脱碳倾向增加，导致加工成本增

加，综合考虑本材料中 Si 含量控制范围为 1.2-1.45%。

Mn 是钢中常用添加元素，可有效提高淬透性和强度，并且对钢的塑性影响不大，为保证合金强度及淬透性 Mn 含量不能低于 0.25%。当 Mn 含量添加过高将导致偏析严重，同时会造成晶粒长大，为此需对钢中 Mn 加以控制，允许范围为 0.25-0.75%。

Cr 具有提高弹簧钢淬透性，同时在回火过程中析出合金渗碳体，提高材料强度，Cr 元素还有细化组织的作用，因此在本材料设计中为发挥 Cr 的固溶强化和析出强化作用，同时改善材料组织需控制其含量在 0.30-0.80%。

V、Nb 元素常用做微合金元素添加到钢中，该两类元素具有强的氮化物和碳化物形成倾向，提高回火过程碳氮化物析出形核率，细化组织。V、Nb 的碳氮化物在盘条轧制过程中析出，将有利于降低材料奥氏体晶粒度，提升材料强度和塑性。纳米级的析出物对材料强度提升、塑性改善、疲劳寿命提升均有好处，当合金中 V、Nb 含量添加过多时将会导致析出物尺寸增加，同时考虑两种元素间的相互影响，经多轮次验证，控制 V 添加量为 0.01-0.15%，Nb 含量为 0.001-0.05%，可达到较好的效果。N 含量增加会造成材料脆性增强，同时考虑 N 对合金元素析出的作用，需控制钢中 N：0.001-0.009%，同时为达到细化析出物的目的，钢中 $(2Nb+V)/(20N+C)$ 控制范围为 0.02-0.40，优选在 0.045-0.37 的范围内；在一些实施方案中，钢中 $(2Nb+V)/(20N+C)$ 在 0.15-0.37 的范围内。为达到高强度、良好塑性及成品弹簧高的疲劳寿命，经调质处理后材料原奥氏体晶粒尺寸 $\leq 80\mu m$ ，钢中析出物尺寸控制范围为 5-60nm。

Al 在钢中主要起到脱氧作用，但 Al 脱氧形成的氧化铝为硬脆性相，对弹簧疲劳寿命影响较大，大颗粒脆性夹杂物是导致弹簧异常断裂的主要因素之一。为对钢中氧化铝夹杂物有效控制，钢中 $Al \leq 0.0045\%$ ，氧含量控制范围为 0.0005-0.0040%；为了提升弹簧高强度下的疲劳寿命，钢中单颗粒夹杂物宽度需控制 $\leq 30\mu m$ 。

为保证材料的韧性，防止生产过程中发生热脆及冷脆等缺陷，将钢中有害的 P、S 元素含量分别控制在 0.015%和 0.015%以下，提高钢质纯净度。

本发明所述的疲劳寿命优良的弹簧钢的制造方法，包括：冶炼、连铸、粗

轧、高速线材轧制、斯太尔摩控冷、盘条拉拔、调质处理；其中，

所述冶炼采用电炉或转炉，冶炼后进行炉外精炼，炉外精炼采用 LF 炉加 VD 或 RH 脱气处理，LF 精炼过程中调整合成渣组成和碱度，控制钢中 P、S 元素含量低于 0.015%和 0.015%，进行氩气搅拌，使精炼渣与钢液中夹杂物充分反应，实现夹杂物变性及去除，VD 或 RH 真空脱气时间需大于 30 分钟，保证充分去除气体，控制终点 O 含量 0.0005-0.0040%，N 含量 0.0010-0.0090%，H 含量低于 2ppm；精炼结束钢包镇静时间大于 15min，以利于大颗粒夹杂物上浮，从而可将钢液中夹杂物尺寸控制为 $\leq 30\mu\text{m}$ 。

所述高速线材轧制中，加热炉加热控制在 920-1150℃，保温时间为 1.0-3.0h；盘条高速线材轧制过程中控制轧制速度为 15-115m/s；在线温度控制优选方案为：精轧机组进口温度为 880-1050℃，减定径机组进口温度为 840-970℃，吐丝温度为 800-950℃。

优选的，采用连铸机浇注圆坯或方坯，圆、方坯尺寸为 320-500mm，通过调整连铸过程中拉速范围 0.5-0.8m/min 及末端轻压量大于 10mm，达到控制坯料心部碳偏析低于 1.08 的目标；防止钢液浇铸过程中的二次氧化，同时有利于大于 30 μm 夹杂物的上浮去除。

优选的，所述粗轧采用二火成材工艺，将铸坯于 1050-1270℃温度下初轧开坯为 115-170mm 方、圆坯料，轧制总压下量高于 40%。

优选的，所述盘条拉拔时，拉拔速度不高于 3.5m/min。

优选的，所述调质处理中，拉拔钢丝调质处理前加热温度控制在 850-1100℃范围内，淬火介质采用油或水，淬火介质的温度控制在 15-40℃，回火温度控制在 370-550℃，从而将成品钢丝中氮碳析出物的尺寸控制在 5-60nm 的范围内。

优选的，所述斯太尔摩控冷中，斯太尔摩线 14 台风机风量调整范围为：F1-F7 风机风量为 10-100%，F8-F12 风机风量为 0-50%，F13-F14 风机风量为 0-50%。

在本发明所述弹簧钢制造方法中：

所述冶炼采用电炉或转炉，冶炼后进行炉外精炼，炉外精炼采用 LF 炉加

VD 或 RH 脱气处理工艺，电炉或转炉出钢时防止炉渣进入钢包中，LF 精炼过程中调整合成渣组成和碱度，控制钢中 P、S 元素含量低于 0.015% 和 0.015%，进行氩气搅拌，使精炼渣与钢液中夹杂物充分反应，实现夹杂物变性及去除，VD 或 RH 真空脱气时间需大于 30 分钟，保证充分去除气体，控制终点 O 含量 0.0005-0.0040%，N 含量 0.0010-0.0090%，H 含量低于 2ppm。精炼结束钢包镇静时间大于 15min，利于大颗粒夹杂物上浮，控制钢液中夹杂物 $\leq 30\mu\text{m}$ 。

采用连铸机对冶炼合金进行浇注，可浇注圆坯或方坯，圆、方坯尺寸为 320-500mm，通过调整连铸过程中拉速及末端轻压下参数达到控制坯料心部碳偏析低于 1.08 的目标。防止钢液浇铸过程中的二次氧化，同时有利于大于 30 μm 夹杂物的上浮去除。采用二火成材工艺，将连铸坯于 1050-1270℃ 温度下初轧开坯为 115-170mm 方、圆坯料，轧制总压下量需高于 40%，细化组织。

加热炉加热，加热控制在 920-1150℃，保温时间为 1.0-3.0h。盘条高速线材轧制过程中控制轧制速度为 15-115m/s。在线温度控制优选方案为：精轧机组进口温度为 880-1050℃，减定径机组进口温度为 840-970℃，吐丝温度为 800-950℃。通过调整轧制过程温度及吐丝温度，使材料原奥氏体晶粒细化 $\leq 80\mu\text{m}$ ，同时控制析出物尺寸范围为 5-60nm。

轧制盘条尺寸规格为 $\Phi 5-28\text{ mm}$ ，盘条轧制后通过调整斯太尔摩线风机风量控制盘条组织转变。斯太尔摩线 14 台风机风量调整范围为：F1-F7 风机风量为 10-100%，F8-F12 风机风量为 0-50%，F13-F14 风机风量为 0-50%。

热处理前盘条需进行拉拔处理，拉拔时控制拉拔速度不高于 3.5m/min。拉拔钢丝调质处理前加热温度控制在 850-1100℃ 范围内；淬火介质可采用油或水，其温度控制在 15-40℃；回火温度控制在 370-550℃，从而控制成品钢丝中析出物尺寸范围为 5-60nm。

本发明的有益效果：

采用本发明钢成分和制造方法生产的弹簧钢强度可达 2020MPa 以上，该合金成本较低，通过纳米级析出物强化材料同时具有良好的塑韧性，具有好的弹簧成型性能，防止加工裂纹产生，同过组织细化及夹杂物组成及尺寸控制使成品弹簧具有高的疲劳寿命，可满足汽车轻量化和机械行业高强度长寿命使用

要求，有利于行业技术水平的提升，具有良好的经济效益。

具体实施方式

5 本发明的实施例 A1-10#和三个对比钢种 B1-3#的化学成分如下表 1 中所示，具体制造方法如下：

本发明实施例 A1-5#、对比钢种 B1、B2 合金采用电炉冶炼，实施例 A6-10#、对比钢种 B3 合金采用转炉冶炼，其后进行炉外精炼，其中实施例 A1-3#、A6-8#、B1 合金采用 LF 炉加 VD 精炼，而实施例 A4-5#、A9-10#、B2、B3 合金采用 LF 加 RH 处理，优化合成渣组织和碱度，A1-6#、B1 真空脱气时间 30 分钟，
10 A7-10#、B2、B3 真空脱气时间 35 分钟，控制终点 O 含量 0.0005-0.0040%，N 含量 N：0.001-0.009%，H 含量低于 2ppm。

冶炼结束后，A1-4#、B1 采用圆坯浇铸为 300mm 圆坯，A5-6#浇铸为 450mm 圆坯，A7-9#、B2 浇铸为 320*420mm 方坯，A10#、B3 浇铸为 500 方坯，浇铸过程中采用密封性良好的中间包覆盖剂和结晶器保护渣。A1-5#、B1 连铸坯初
15 轧开坯温度为 1050℃，轧制小方坯端面尺寸为 115mm。A6-7#、B2 方坯加热温度为 1270℃，轧制坯料尺寸 125mm。A8-10#、B3 方坯加热温度为 1100℃，轧制坯料尺寸 170mm。

A1-4#、B1 加热炉炉温控制在 920℃，保温时间为 1.0h，A5-10#、B2、B3 加热炉炉温控制在 1150℃，保温时间为 3.0h。盘条高速线材轧制过程中控制轧
20 制速度为 15-115m/s。在线温度控制方案为：其中 A1-6#、B1 合金精轧机组进口温度为 880-950℃，减定径机组进口温度为 840-950℃，吐丝温度为 800-890℃。A7-10#、B2、B3 合金精轧机组进口温度为 950-1050℃，减定径机组进口温度为 940-970℃，吐丝温度为 870-950℃。

其中，A1-5#、B1、B2 合金轧制盘条尺寸规格分别为 $\Phi 5-15\text{mm}$ ，A6-10#、
25 B3 合金盘条轧制规格为 $\Phi 16-28\text{mm}$ 。A1-5#、B1 合金盘条轧制后斯太尔摩冷却工艺为：F1-F4 风机风量为 40%，F5-F7 风机风量为 10%，F8-F12 风机风量为 5%，F13-F14 风机风量为 40%。A6-10#、B2、B3 合金盘条轧制后斯太尔摩冷却工艺为：F1-F4 风机风量为 50%，F5-F7 风机风量为 20%，F8-F12 风机风

量为 15%，F13-F14 风机风量为 35%。经斯太尔摩冷却后盘条组织为索氏体加极少量铁素体。

热处理前对盘条进行拉拔处理，拉拔钢丝调质处理温度分三组，其中 A1-2#、B1 加热温度为 850℃、回火温度 550℃，A3-7#、B2 加热温度为 980℃、回火温度 470℃，A8-10#、B3 加热温度为 1100℃、回火温度 370℃。

实施例 A1-A10 的高强度弹簧及对比钢种 B1-B3 的力学性能如下表 2 中所示。由表中可以看到合金强度均达到 2020MPa 以上，高于对比例 B1-B3 试样，同时材料面缩率仍可达到 40%以上，具有良好的塑韧性配合。将本发明高强度弹簧与对比合金制成相同型号螺旋弹簧，采用弹簧疲劳试验机，依照 GBT16947-2009 螺旋弹簧疲劳试验规范对螺旋弹簧进行疲劳寿命检测。结果如表 3 所示，在相同条件下，本发明高强度弹簧钢的疲劳寿命优于对比钢种。

表 1：本发明实施例 A1-10#和对比钢种 B1-3#的化学成分（wt%）

钢号	C	Si	Mn	Cr	V	Nb	Al	N	O	P	S
A1	0.60	1.40	0.75	0.80	0.15	0.03	0.0030	0.001	0.004	0.015	0.008
A2	0.62	1.45	0.75	0.75	0.15	0.03	0.0027	0.001	0.003	0.010	0.008
A3	0.55	1.30	0.75	0.70	0.15	0.03	0.0030	0.001	0.0015	0.010	0.008
A4	0.58	1.35	0.60	0.60	0.10	0.03	0.0045	0.001	0.0015	0.010	0.008
A5	0.54	1.35	0.55	0.70	0.05	0.05	0.0045	0.001	0.0015	0.010	0.008
A6	0.56	1.35	0.30	0.67	0.02	0.05	0.0010	0.009	0.0015	0.008	0.008
A7	0.55	1.35	0.25	0.70	0.02	0.008	0.0010	0.009	0.0005	0.008	0.008
A8	0.52	1.35	0.60	0.65	0.02	0.05	0.0010	0.009	0.001	0.008	0.015
A9	0.53	1.20	0.60	0.30	0.01	0.05	0.0020	0.005	0.001	0.008	0.004
A10	0.52	1.45	0.60	0.60	0.05	0.001	0.0020	0.005	0.001	0.008	0.004
B1	0.55	1.50	0.70	0.75	0	0	0.0020	0.005	0.001	0.008	0.004
B2	0.65	1.35	0.70	1.05	0.2	0	0.0045	0.001	0.004	0.017	0.001

B3	0.5	1.6	0.55	0.8	0.15	0.08	0.003	0.001	0.006	0.015	0.015
----	-----	-----	------	-----	------	------	-------	-------	-------	-------	-------

表 2：本发明的合金钢组织

钢号	原奥氏体晶粒尺寸 (μm)	氮碳析出物尺寸 (nm)	单颗粒夹杂物最大 宽度 (μm)
A1	75	10-60	28
A2	60	5-55	30
A3	55	30-55	15
A4	54	5-45	19
A5	67	10-55	25
A6	80	7-45	18
A7	60	10-56	30
A8	34	23-60	10
A9	56	12-55	25
A10	77	12-60	30
B1	90	--	45
B2	50	15-100	50
B3	45	25-145	25

表 3：本发明的合金钢实施例及对比钢种性能

钢号	抗拉强度 MPa	面缩率 %	疲劳寿命 次
A1	2080	46	85×10^4
A2	2110	42	90×10^4
A3	2050	43	105×10^4
A4	2090	40	99×10^4
A5	2110	44	90×10^4

A6	2075	41	98×10^4
A7	2095	42	100×10^4
A8	2130	44	110×10^4
A9	2097	40	95×10^4
A10	2089	45	97×10^4
B1	1905	45	70×10^4
B2	2080	37	57×10^4
B3	2055	35	60×10^4

权 利 要 求 书

1. 一种疲劳寿命优良的弹簧钢，其化学成分重量百分比为：

C: 0.52-0.62%;

Si: 1.20-1.45%;

Mn: 0.25-0.75%;

Cr: 0.30-0.80%;

V: 0.01-0.15%;

Nb: 0.001-0.05%;

N: 0.001-0.009%;

O: 0.0005-0.0040%;

P: $\leq 0.015\%$;

S: $\leq 0.015\%$;

Al: $\leq 0.0045\%$;

其余为 Fe 和不可避免杂质，且，同时满足：

$0.02 \leq (2Nb+V)/(20N+C) \leq 0.40$ 。

2. 如权利要求 1 所述的疲劳寿命优良的弹簧钢，其特征在于，所述弹簧钢的显微组织为回火屈氏体+索氏体组织，原奥氏体晶粒尺寸 $\leq 80\mu\text{m}$ ，合金氮碳析出物尺寸为 5-60nm，单颗粒夹杂物最大宽度 $\leq 30\mu\text{m}$ 。
3. 如权利要求 1 或 2 所述的疲劳寿命优良的弹簧钢，其特征在于，所述弹簧钢的加工强度 $\geq 2020\text{MPa}$ ，面缩率 $\geq 40\%$ ，疲劳寿命 ≥ 80 万次。
4. 如权利要求 1 或 2 或 3 所述的疲劳寿命优良的弹簧钢的制造方法，包括：冶炼、连铸、粗轧、高速线材轧制、斯太尔摩控冷、盘条拉拔、调质处理；其特征是，

所述冶炼采用电炉或转炉，冶炼后进行炉外精炼，炉外精炼采用 LF 炉加 VD 或 RH 脱气处理；LF 精炼过程中调整合成渣组成和碱度，控制钢中 P、S 元素含量低于 0.015%和 0.015%，进行氩气搅拌，使精炼渣与钢液中夹杂物充分反应，实现夹杂物变性及去除；VD 或 RH 真空脱气时间大于

30 分钟，控制终点 O 含量 0.0005-0.0040%，N 含量 0.0010-0.0090%，H 含量低于 2ppm；精炼结束钢包镇静时间大于 15min，以利于大颗粒夹杂物上浮，从而控制钢液中夹杂物小于 30um；

所述高速线材轧制中，加热炉加热控制在 920-1150℃，保温时间为 1.0-3.0h；盘条高速线材轧制过程中控制轧制速度为 15-115m/s；在线温度控制方案为：精轧机组进口温度为 880-1050℃，减定径机组进口温度为 840-970℃，吐丝温度为 800-950℃。

5. 如权利要求 4 所述的疲劳寿命优良的弹簧钢的制造方法，其特征是，采用连铸机浇注圆坯或方坯，圆、方坯尺寸为 320-500mm，通过调整连铸过程中拉速范围 0.5-0.8m/min 及末端轻压量大于 10mm，达到控制坯料心部碳偏析低于 1.08 的目标。
6. 如权利要求 4 所述的疲劳寿命优良的弹簧钢的制造方法，其特征是，所述粗轧采用二火成材工艺，将铸坯于 1050-1270℃ 温度下初轧开坯为 115-170mm 的方坯料或圆坯料，轧制总压下量高于 40%。
7. 如权利要求 4 所述的疲劳寿命优良的弹簧钢的制造方法，其特征是，所述盘条拉拔时，拉拔速度不高于 3.5m/min。
8. 如权利要求 4 所述的疲劳寿命优良的弹簧钢的制造方法，其特征是，所述调质处理中，拉拔钢丝调质处理前加热温度控制在 850-1100℃ 范围内，淬火介质采用油或水，淬火介质的温度控制在 15-40℃，回火温度控制在 370-550℃，从而控制成品钢丝中氮碳析出物尺寸范围为 5-60nm。
9. 如权利要求 4 所述的疲劳寿命优良的弹簧钢的制造方法，其特征是，所述斯太尔摩控冷中，斯太尔摩线 14 台风机风量调整范围为：F1-F7 风机风量为 10-100%，F8-F12 风机风量为 0-50%，F13-F14 风机风量为 0-50%。

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2019/096726

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

C22C 38/00(2006.01)i; C22C 38/24(2006.01)i; C21D 7/06(2006.01)i; C21D 9/02(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)

C22C; C21D

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

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

CNABS, CNKI, EPODOC, VEN: 碳, 硅, 锰, 铬, 钒, 铌, 弹簧, 钢, 精炼, 连铸, 轧, C, carbon, Si, silicon, Mn, manganese, Cr, chromium, V, vanadium, Nb, niobium, spring, steel, refinement, continuous, casting, rolling

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	CN 101397629 A (NANJING IVECO AUTOMOBILE CO.) 01 April 2009 (2009-04-01) claims 1-4d, and description, embodiment 15	1-9
X	CN 108239726 A (POSCO CORPORATION) 03 July 2018 (2018-07-03) claims 1-8	1-9
X	CN 1118611 A (POHANG IRON & STEEL CO., LTD. ET AL.) 13 March 1996 (1996-03-13) claims 1-4	1-9
X	US 4711675 A (AICHI STEEL WORKS LTD. ET AL.) 08 December 1987 (1987-12-08) claim 1	1-9
A	CN 1764733 A (KOBE STEEL LTD.) 26 April 2006 (2006-04-26) entire document	1-9
A	EP 1985721 A1 (KOBE STEEL LTD.) 29 October 2008 (2008-10-29) entire document	1-9

☐ 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

09 October 2019

Date of mailing of the international search report

18 October 2019

Name and mailing address of the ISA/CN

**China National Intellectual Property Administration (ISA/
CN)**
**No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao, Haidian District, Beijing
100088**
China

Facsimile No. (86-10)62019451

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2019/096726

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	101397629	A	01 April 2009	CN	101397629	B	08 September 2010
CN	108239726	A	03 July 2018	KR	20180074008	A	03 July 2018
CN	1118611	A	13 March 1996	WO	9518243	A1	06 July 1995
				JP	H08506623	A	16 July 1996
				KR	950018545	A	22 July 1995
				KR	960005230	B1	23 April 1996
				CN	1039725	C	09 September 1998
				US	5575973	A	19 November 1996
				DE	4480344	T1	22 February 1996
US	4711675	A	08 December 1987	None			
CN	1764733	A	26 April 2006	EP	1612287	A1	04 January 2006
				WO	2004087977	A1	14 October 2004
				US	7615186	B2	10 November 2009
				EP	1612287	A4	21 November 2007
				KR	20050103981	A	01 November 2005
				US	2007163680	A1	19 July 2007
				EP	1612287	B1	01 June 2016
EP	1985721	A1	29 October 2008	US	2010224287	A1	09 September 2010
				CA	2632407	C	03 April 2012
				US	8038934	B2	18 October 2011
				BR	PI0706549	A2	29 March 2011
				KR	101029431	B1	14 April 2011
				KR	20080080210	A	02 September 2008
				WO	2007083808	A1	26 July 2007
				CA	2632407	A1	26 July 2007
				EP	1985721	B1	27 October 2010
				DE	602007010102	D1	09 December 2010
				ES	2352856	T3	23 February 2011
				BR	PI0706549	B1	08 September 2015
				CN	101365820	B	27 March 2013
				AT	486147	T	15 November 2010
				JP	4027956	B2	26 December 2007
				CN	101365820	A	11 February 2009
				EP	1985721	A4	24 March 2010
				JP	2007191776	A	02 August 2007

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2019/096726

A. 主题的分类

C22C 38/00(2006.01)i; C22C 38/24(2006.01)i; C21D 7/06(2006.01)i; C21D 9/02(2006.01)i

按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类

B. 检索领域

检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)

C22C; C21D

包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献

在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用))

CNABS, CNKI, EPDOC, VEN: 碳, 硅, 锰, 铬, 钒, 铌, 弹簧, 钢, 精炼, 连铸, 轧, C, carbon, Si, silicon, Mn, manganese, Cr, chromium, V, vanadium, Nb, niobium, spring, steel, refinement, continuous, casting, rolling

C. 相关文件

类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
X	CN 101397629 A (南京依维柯汽车有限公司) 2009年 4月 1日 (2009 - 04 - 01) 权利要求1-4d, 说明书实施例15	1-9
X	CN 108239726 A (株式会社POSCO) 2018年 7月 3日 (2018 - 07 - 03) 权利要求1-8	1-9
X	CN 1118611 A (浦项综合制铁株式会社 等) 1996年 3月 13日 (1996 - 03 - 13) 权利要求1-4	1-9
X	US 4711675 A (AICHI STEEL WORKS LTD等) 1987年 12月 8日 (1987 - 12 - 08) 权利要求1	1-9
A	CN 1764733 A (株式会社神户制钢所) 2006年 4月 26日 (2006 - 04 - 26) 全文	1-9
A	EP 1985721 A1 (KOBELITE LTD) 2008年 10月 29日 (2008 - 10 - 29) 全文	1-9

☐ 其余文件在C栏的续页中列出。☒ 见同族专利附件。

* 引用文件的具体类型:

“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件

“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利

“L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件 (如具体说明的)

“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件

“P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件

“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件

“X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性

“Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性

“&” 同族专利的文件

国际检索实际完成的日期

2019年 10月 9日

国际检索报告邮寄日期

2019年 10月 18日

ISA/CN的名称和邮寄地址

中国国家知识产权局 (ISA/CN)
中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088

传真号 (86-10)62019451

受权官员

陈大洲

电话号码 62084752

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2019/096726

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利			公布日 (年/月/日)
CN	101397629	A	2009年 4月 1日	CN	101397629	B	2010年 9月 8日
CN	108239726	A	2018年 7月 3日	KR	20180074008	A	2018年 7月 3日
CN	1118611	A	1996年 3月 13日	WO	9518243	A1	1995年 7月 6日
				JP	H08506623	A	1996年 7月 16日
				KR	950018545	A	1995年 7月 22日
				KR	960005230	B1	1996年 4月 23日
				CN	1039725	C	1998年 9月 9日
				US	5575973	A	1996年 11月 19日
				DE	4480344	T1	1996年 2月 22日
US	4711675	A	1987年 12月 8日	无			
CN	1764733	A	2006年 4月 26日	EP	1612287	A1	2006年 1月 4日
				WO	2004087977	A1	2004年 10月 14日
				US	7615186	B2	2009年 11月 10日
				EP	1612287	A4	2007年 11月 21日
				KR	20050103981	A	2005年 11月 1日
				US	2007163680	A1	2007年 7月 19日
				EP	1612287	B1	2016年 6月 1日
EP	1985721	A1	2008年 10月 29日	US	2010224287	A1	2010年 9月 9日
				CA	2632407	C	2012年 4月 3日
				US	8038934	B2	2011年 10月 18日
				BR	PI0706549	A2	2011年 3月 29日
				KR	101029431	B1	2011年 4月 14日
				KR	20080080210	A	2008年 9月 2日
				WO	2007083808	A1	2007年 7月 26日
				CA	2632407	A1	2007年 7月 26日
				EP	1985721	B1	2010年 10月 27日
				DE	602007010102	D1	2010年 12月 9日
				ES	2352856	T3	2011年 2月 23日
				BR	PI0706549	B1	2015年 9月 8日
				CN	101365820	B	2013年 3月 27日
				AT	486147	T	2010年 11月 15日
				JP	4027956	B2	2007年 12月 26日
				CN	101365820	A	2009年 2月 11日
				EP	1985721	A4	2010年 3月 24日
				JP	2007191776	A	2007年 8月 2日

表 PCT/ISA/210 (同族专利附件) (2015年1月)