(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
2024 年 12 月 26 日 (26.12.2024)

WIPO | PCT

(10) 国际公布号
WO 2024/260403 A1

(51) 国际专利分类号:
C22C 38/18 (2006.01) *C21D 8/00* (2006.01)
C21D 1/26 (2006.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2024/100303

(22) 国际申请日: 2024 年 6 月 20 日 (20.06.2024)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:
202310734190.9 2023年6月20日 (20.06.2023) 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: 张瀚龙 (**ZHANG, Hanlong**); 中国上海市宝山区富锦路885号, Shanghai 201900 (CN)。陈光 (**CHEN, Guang**); 中国上海市宝山区富锦路885号, Shanghai 201900 (CN)。郑涛 (**ZHENG, Tao**); 中国上海市宝山区富锦路885号, Shanghai 201900 (CN)。张玉龙(**ZHANG, Yulong**); 中国上海市宝山区富锦路885号, Shanghai 201900 (CN)。金鑫焱 (**JIN, Xinyan**); 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**); 中国上海市徐汇区桂平路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, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, 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, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, 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, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ,

(54) **Title:** ULTRAHIGH-STRENGTH STEEL STRIP AND MANUFACTURING METHOD THEREFOR

(54) 发明名称: 一种超高强度钢带及其制造方法

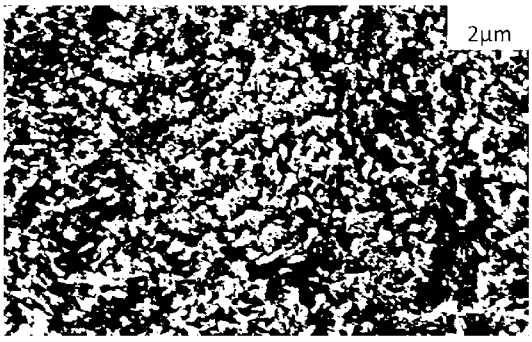


图 1

(57) **Abstract:** Disclosed is an ultrahigh-strength steel strip, containing Fe and unavoidable impurity elements. Furthermore, the ultrahigh-strength steel strip further contains the following chemical elements in percentage by mass: C: 0.13-0.20%; Si: 0.15-0.50%; Mn: 1.4-2.0%; B: 0.001-0.004%; Al: 0.01-0.04%; Cr: 0.1-0.4%; Mo: 0.1-0.4%; and Ti+V+Nb ≤ 0.02%. The microstructure thereof comprises granular bainite uniformly dispersed in a coral pattern. Correspondingly, further disclosed is a manufacturing method for the ultrahigh-strength steel strip. The ultrahigh-strength steel strip of the present invention has low anisotropy and high in-roll mechanical uniformity while achieving a tensile strength of 1000 MPa.

(57) 摘要: 本发明公开了一种超高强度钢带，其含有Fe和不可避免的杂质元素，此外还含有质量百分含量如下的下述各化学元素：C：0.13～0.20%；Si：0.15～0.50%；Mn：1.4～2.0%；B：0.001～0.004%；Al：0.01～0.04%；Cr：0.1～0.4%；Mo：0.1～0.4%；Ti+V+Nb≤0.02%；其微观组织包括呈珊瑚海状的均匀弥散的粒状贝氏体。相应地，本发明还公开了该超高强度钢带的制造方法。本发明所述的超高强度钢带在抗拉强度达到1000MPa的同时，还具有低各向异性且高同卷力学均匀性。

WO 2024/260403 A1

[见续页]

NA, RW, SC, 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, ME, 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)。

本国际公布:

— 包括国际检索报告(条约第21条(3))。

一种超高强度钢带及其制造方法

技术领域

本发明涉及一种高强钢及其制造方法，尤其涉及一种带镀层超高强钢及其制造方法。

背景技术

随着汽车工业的发展，车用零件的设计越发小巧、轻薄、精度高、且要求在双向甚至多个方向上的力学性能尽可能均匀，以确保零件高节拍生产、高精度的装配和高稳定性的服役。这就不仅要求材料具有超高的强度，良好的成形性能，还要有力学性能上较低的各向异性或较高的各向同性，更要有极高的性能均匀性。

现阶段，超高强钢越来越广泛的用于车用零件，同时由于超高强钢目前均采用规模化集成化生产，这就对超高强钢的同卷力学均匀性提出了极高的要求。

然而，在现有技术中，随着高强钢强度的提升达到 1000MPa，要想获得低各向异性且高同卷力学均匀性的钢带难度极大。以公开的《塑性工程学报，2021，28 (7) : 124-130》中的数据为例，抗拉强度为 800MPa 级别的双相钢，其横纵向的强度差异约为 8MPa，但当双相钢的抗拉强度达到 1000MPa 级别时，其横纵向的强度差异可高达约 40MPa。

另外，公开号为 CN104018092A，公开日为 2017 年 3 月 8 日，名称为“一种 750MPa 级别的高强度高力学性能均匀性的钢板及其制造方法”的中国专利文献，其公开的钢种的抗拉强度只有 800MPa 级别，横、纵、45° 三向力学均匀性也只能达到＜20MPa。

又例如，公开号为 CN102397891A，公开日为 2018 年 3 月 23 日，名称为“一种提高钢带性能均匀性的方法”的中国专利文献，虽然其能够使得钢带宽度方向的强度均匀性较高，强度波动只有 5~15MPa， 但是这种钢种抗拉强度也只有约 350MPa~600MPa。

由此可以看出，要想获得低各向异性（或高各向同性）且高同卷力学均匀性，同时强度达到 1000MPa 级别的超高强钢，是具有技术难度的。

发明内容

本发明的目的之一在于提供一种超高强度钢带，其在抗拉强度达到1000MPa 的同时，具有低各向异性且高同卷力学均匀性。

为了实现上述目的，本发明提供了一种超高强度钢带，其含有 Fe 和不可避免的杂质元素，此外还含有质量百分含量如下的下述各化学元素：

C：0.13~0.20%；Si：0.15~0.50%；Mn：1.4~2.0%；B：0.001~0.004%； Al：0.01~0.04%；Cr：0.1~0.4%；Mo：0.1~0.4%；Ti+V+Nb≤0.02%；

其微观组织包括呈珊瑚海状的均匀弥散的粒状贝氏体。

相应地，本发明还提供了一种超高强度钢带，其各化学元素质量百分含量为：

C：0.13~0.20%；Si：0.15~0.50%；Mn：1.4~2.0%；B：0.001~0.004%； Al：0.01~0.04%；Cr：0.1~0.4%；Mo：0.1~0.4%；Ti+V+Nb≤0.02%；余量为 Fe 和不可避免的杂质元素。

进一步地，在本发明所述的超高强度钢带中，各化学元素质量百分含量满足下述各项的至少其中一项：

C：0.14~0.18%；

Ti+V+Nb≤0.01%。

在本发明所述的超高强度钢带中，各化学元素的设计原理如下所述：

C：在本发明所述的超高强钢带中，C 元素不仅控制组织相变，也可以和其他合金元素形成合金碳化物，从而影响钢板的强度、成形性和性能均匀性。在本发明中，当钢中 C 元素含量低于 0.13%，一方面会导致钢的强度达不到目标要求，另一方面也会导致粒状贝氏体形成不足；而若钢中 C 元素含量高于 0.20%时，则容易生成马氏体组织、粗大的渗碳体、其他形态的贝氏体（非粒状贝氏体，如上贝氏体），从而恶化钢带的性能和性能均匀性。基于此，本发明将 C 的质量百分比控制在 0.13~0.20%之间。

Si：在本发明所述的超高强钢带中，Si 元素是炼钢脱氧的必要元素，其具有一定的固溶强化作用，同时也会对多边形铁素体和贝氏体的形成有一定影

响。在本发明中，当钢中 Si 元素含量低于 0.15%时，难以获得充分的脱氧效果；而当钢中 Si 元素含量高于 0.5%时，一方面容易形成氧化铁皮或虎皮纹条状色差，不利于钢板的表面质量，另一方面会影响粒状贝氏体的形成，并导致钢中容易形成多边形铁素体和无碳贝氏体，影响性能均匀性。基于此，本发明将 Si 的质量百分比控制在 0.15~0.5%之间。

Mn：在本发明所述的超高强钢带中，Mn 是钢中组织相变关键的控制元素之一。当 Mn 元素过低时，一方面会导致钢的强度达不到目标要求，另一方面也会导致粒状贝氏体形成不足；而当 Mn 含量过高时，不仅会恶化耐腐蚀性能和焊接性能，促进马氏体等非粒状贝氏体组织的形成，同时也加剧晶粒粗化的趋势和带状组织或中心偏析形成的趋势，降低钢的成形性、劣化钢带的各相同性和性能均匀性。基于此，本发明将 Mn 的质量百分比控制在 1.4~2.0%之间。

B：在本发明所述的超高强钢带中，B 元素不仅有利于钢中贝氏体的形成，同时其还会对钢板的强度和硬度产生较大影响。若钢中 B 元素含量低于 0.001%，则会导致钢的强度达不到目标要求；而当钢中 B 元素含量高于 0.004%时，则容易生成脆性硼化物，影响钢板的成形性能和性能均匀性。基于此，本发明将 B 的质量百分比控制在 0.001~0.004%之间。

Al：在本发明所述的超高强钢带中，Al 元素仅作为脱氧元素加入钢中，其可以出去钢中的 O 元素，以保证钢的性能和质量。因此，本发明将 Al 的质量百分比控制在 0.01~0.04%之间。虽然在一些现有技术中 Al 元素作为铁素体形成元素和抑制碳化物析出元素而大量（≥0.1%）加入钢中，以期望带来固溶强化，或通过 Al 的添加来改变相变温度（如 A1，A3）、贝氏体形成动力学和碳化物析出动力学来改变钢材的相变，形成残余奥氏体或无碳贝氏体，并最终提高钢材强度，但对提高钢带的性能均匀性和各向同性并无益处，因此无需添加大量 Al 元素，以避免造成成本升高和炼钢制造难度的大幅增加。

Cr 和 Mo：在本发明所述的超高强钢带中，Cr 和 Mo 可以增加钢带的淬透性，使珠光体和铁素体的孕育期增长，抑制珠光体的铁素体的形成，使冷却时易于得到贝氏体组织。因此 Cr 和 Mo 含量过低时，会导致粒状贝氏体形成不足，而当 Cr 和 Mo 含量过高时，则一方面容易形成较多的马氏体、回火马氏体等组织，恶化钢带的成形性能，另一方面容易导致钢带中形成带状组

织形态或中心偏析，从而恶化钢带的各相同性和性能均匀性。因此本发明中控制 Cr：0.1~0.5%，Mo：0.1~0.5%。

Ti、Nb 和 V：在本发明所述的超高强钢带中，Ti、Nb 和 V 并非是作为常见的对钢材性能有益的微合金元素进行有意添加的，而是作为炼钢的残余元素进行控制。因为这些微合金元素从炼钢连铸形成板坯开始，就会形成碳氮化物析出，尤其是 TiN 等尺寸较大的碳氮化物的析出，并贯穿于整个钢带的生产流程中，要想控制这些碳氮化物均匀、稳定、按需析出，难度极大，会对钢带的性能均匀性产生不利影响，因此在本发明中限制 Ti+Nb+V≤0.02%，并进一步优选地限制 Ti+Nb+V≤0.01%。

进一步地，在本发明所述的超高强度钢带中，其各化学元素质量百分含量还满足：2.7≤(Cr+Mo)/C≤3.3，式中的各化学元素代入其质量百分含量百分号以前的数值。

在本发明中，由于 C、Cr、Mo 对贝氏体的相变起到关键作用，可进一步优选地控制 2.7≤(Cr+Mo)/C≤3.3。若(Cr+Mo)/C 过低，则容易导致贝氏体相区过小，钢带淬透性不足，在退火生产时，会由于冷速的不足而生成过多的铁素体、珠光体、上贝氏体等组织，而若(Cr+Mo)/C 过高，则会导致钢带淬透性过高且马氏体转变点温度偏高，导致钢带生成过多的马氏体。

进一步地，在本发明所述的超高强度钢带中，其中不可避免的杂质元素的质量百分含量满足下述各项的至少其中之一：P≤0.012%，S≤0.004%，N≤0.004%。

本发明中的杂质元素只要是 P、S 和 N。在技术条件允许的情况下，希望其含量越低越好。进一步地，可以控制其含量 P≤0.012%，S≤0.004%，N≤0.004%。在一些实施方案中，S≤0.003%。

进一步地，在本发明所述的超高强度钢带中，所述粒状贝氏体的体积相比例≥95.0%。

进一步地，在本发明所述的超高强度钢带中，所述粒状贝氏体的面积≤5 μm^2，长宽比≤2:1 。

进一步地，在本发明所述的超高强度钢带中，在厚度方向上距钢带上下表面各 30 μm 以外的全部区域内的任意一块截面面积≤50^2 μm 的区域内均分布有所述粒状贝氏体。

更进一步地，在本发明所述的超高强度钢带中，在厚度方向上距钢带上下表面各 20μm 以外的全部区域内的任意一块截面面积≤10^2 μm 的区域内均分布有粒状贝氏体。

这表示，在距钢带表面 30μm 以外的中间区域，基本上都分布有粒状贝氏体。

进一步地，在本发明所述的超高强度钢带中，其微观组织还包括铁素体，所述铁素体的体积相比例为 0.1~4.5%。

除了粒状贝氏体和铁素体以外，本发明所述的超高强钢带的微观组织还可以含有残余奥氏体、其他形态的贝氏体（如针状贝氏体）、回火马氏体、碳氮化钛（或碳氮化铌、或碳氮化钒）和马氏体。但这种组织含量较小，体积相比例的总和不超过 0.5%，且相比例的量满足残余奥氏体＞其他形态的贝氏体＞回火马氏体＞碳氮化钛（或碳氮化铌、或碳氮化钒）＞马氏体。

进一步地，本发明所述的超高强度钢带，其抗拉强度≥1000MPa，屈服强度≥780MPa；并且低各向异性满足：钢带上同一位置的横、纵向的屈服强度差≤25MPa、抗拉强度差≤20MPa；同卷力学均匀性满足：对于同一钢卷，沿其长度方向或宽度方向，相同拉伸方向上的不同位置的屈服强度差≤25MPa、抗拉强度差≤20MPa。

更进一步地，本发明所述的超高强度钢带，其抗拉强度≥1000MPa，屈服强度≥780MPa；并且低各向异性满足：钢带上同一位置的横、纵向的屈服强度差≤20MPa、抗拉强度差≤15MPa；同卷力学均匀性满足：对于同一钢卷，沿其长度方向或宽度方向，相同拉伸方向上的不同位置的屈服强度差≤20MPa、抗拉强度差≤15MPa。

在一些实施方案中，本发明所述的超高强度钢带的屈服强度≥800MPa。在一些实施方案中，本发明所述的超高强度钢带的屈服强度≥850MPa。在一些实施方案中，本发明所述的超高强度钢带的屈服强度≥880MPa。

在一些实施方案中，本发明所述的超高强度钢带的抗拉强度为1000~1080MPa，屈服强度为 780~950MPa。

更进一步地，本发明所述的超高强度钢带，其断裂延伸率≥10.0%，并且/或者扩孔率≥50%。

在一些实施方案中，本发明所述的超高强度钢带的断裂延伸率为

10.0~15.0%，并且/或者扩孔率为 50~75%。

本发明的另一目的在于提供一种超高强度钢带的制造方法，采用该方法可以制得抗拉强度达到 1000MPa 同时具有低各向异性且高同卷力学均匀性的钢带。

基于上述目的，本发明还提供了一种超高强度钢带的制造方法，其包括步骤：

冶炼和铸造；

热轧；

轧后冷却与卷取：轧后冷却采用快冷和慢冷交替的方式进行多段冷却，最后对钢带头尾 100 m 以外的区域，以 5~100℃的冷速将钢带主体冷却至主体卷取温度 440℃~520℃进行卷取，对钢带头尾 100 m 以内的区域，以 5~25℃的冷速将钢带头尾冷却至头尾卷取温度 480℃~560℃进行卷取；

酸洗和冷轧；

退火：以加热速率≤50℃/s 的速率加热至 840~900℃并保温；然后以 2~20℃/s 的冷速冷却至 700~780℃并保温；然后以 20~50℃的冷速冷却至 360~430℃并保温；再以 5~30℃/s 的加热速率加热至 440~480℃；然后以 0.1~0.5℃/s 的冷速冷却至 330~400℃；最后以 15~50℃/s 的冷速冷却至室温成卷。

本发明采用上述轧后冷却与卷取工艺是为了获得均匀的钢带断面形状、良好的板型和均匀的前驱组织，以确保在退火阶段能够保证钢带在长度、宽度及厚度方向都获得珊瑚海状的均匀弥散的粒状贝氏体，以确保最终钢带能获得低各向异性和高成卷性能均匀性。

采用多段式冷却方案主要是保证卷取后的热卷组织均匀。在轧后冷却阶段，由于冷却水的投入会造成极高效的热量交换和极快速的温度变化，极易造成热卷局部区域组织性能不均匀，而且由于精轧后钢带断面形状和板型的波动，也容易造成热卷局部区域积水，造成局部区域组织性能异常，因此本发明多段式冷却方案的主体思路，就是采用阶梯式快慢冷却交替的方式，减少冷却水的投入对热卷组织性能的影响，冷速逐渐降低，且快冷后一定跟随慢冷以消除冷却水的热交换波动和积水的影响。

在最终的卷取温度上，本发明采用了钢带主体低温卷取，头尾 100 m 以内提高卷取温度的方式，主要是考虑到卷取后环境热交换对热卷组织性能的影

响，并尽可能的在相对稳定的温度范围内形成贝氏体组织：首先，尽可能低的主体的卷取温度极大程度上减轻了环境热交换对热卷组织形成动力学的影响；其次，在头尾≤100 m 略微提高卷取温度，也是考虑到热卷头尾的环境热交换较高，容易产生较大温降。再次，440℃~520℃是贝氏体形成的主体温度范围，若温度过低，容易形成马氏体组织，而温度过高，又容易与环境产生不均匀的热交换，从而形成不均匀的组织（可能在不同的区域形成珠光体、贝氏体或马氏体）。

本发明采用的退火工艺，主要是为了保证钢带在长度、宽度及厚度方向都获得珊瑚海状的均匀弥散的粒状贝氏体。

基于此，首先以加热速率≤50℃/s 的速率加热至 840~900℃并保温，是为了保证钢带获得尽可能均匀的原始奥氏体组织。然后以 2~20℃/s 的冷速冷却至 700~780℃并保温，一方面是为了此时形成一定量的铁素体组织，从而大幅减少后续低温贝氏体转变过程中马氏体形成的可能性，另一方面是为了降低快冷开始的温度，减少快冷区间的温降，以降低快冷时的热交换波动对组织性能的影响；然后通过快冷、加热和缓冷三个在贝氏体相区内的退火工艺设计，才可以形成珊瑚海状的均匀弥散的粒状贝氏体。其中，在快冷阶段，如果温度过低，则容易形成马氏体，如果温度过高，则容易形成上贝氏体，同时冷速的控制也很关键，过快的冷速不利于钢带组织均匀性的控制，而过慢的冷速则容易形成铁素体、珠光体和上贝氏体。再加热阶段和缓冷阶段的设计，是为了使钢带可以在一个较长的时间段内在粒状贝氏体转变区间内发生相变，从而形成珊瑚海状的均匀弥散的粒状贝氏体。

进一步地，在本发明所述的制造方法的热轧步骤中，控制加热温度为 1180~1280℃，精轧终轧温度为 870~970℃。

在该实施方式中，控制加热温度为 1180~1280℃，一方面是为了保证板坯能够加热至各处温度均匀，另一方面较高的加热温度也可以保证后续的精轧终轧温度为 870~970℃。若加热温度过低，会导致板坯加热不均匀，也会导致精轧的终轧温度过低，而若加热温度过高，则会导致板坯表面氧化严重，最终导致退火后板坯表面组织异常。

控制精轧终轧温度为 870~970℃，一方面是为了避免在精轧时发生钢带的奥氏体向铁素体转变，另一方面，较高的精轧终轧温度有利于钢带断面尺寸及

形状控制，若终轧温度过低，则容易出现精轧中或精轧后的铁素体转变，不利于后续退火时的组织控制；若终轧温度过高，在轧后冷却时就需要更多的冷却水冷却钢带，而过多的冷却水投入不利于卷取时热轧组织的均匀控制。

进一步地，在本发明所述的制造方法的热轧步骤中，控制精轧后钢带断面的宽度方向上，中心点厚度与距边部 40cm 以内的厚度差≤50μm。

在该实施方式中，控制精轧后钢带断面的宽度方向上，中心点厚度与距边部 40cm 以内的厚度差≤50μm，主要是与后续的冷轧步骤配合，以控制最终连退时钢带的断面形状和板型良好，以减少最终连退时由于钢带的断面形状和板型的波动所造成的成品卷组织性能不均匀。

进一步地，在本发明所述的制造方法中，在热轧步骤、轧后冷却与卷取步骤的全过程中，控制同一时刻下钢带宽度方向上非中间区域与中间区域的温度差≤30℃，长度方向上的中间区域与非中间区域的温度波动≤15℃。

该实施方式中的工艺是为了通过控制温度的波动，来保证钢带成卷后在宽度和长度方向上的组织性能均匀性。

在一些实施方案中，本文所述的轧后冷却步骤中，快冷的冷速为 50~200℃/s；慢冷的冷速为 5~30℃/s，优选 5~25℃/s。

在一些实施方案中，本文所述的轧后冷却步骤中，先快冷后慢冷，以快冷和慢冷交替的方式进行多段冷却。

在一些实施方案中，首次快冷的停冷温度为 680~760℃。在一些实施方案中，最后一次慢冷的停冷温度为 490~570℃。在一些实施方案中，除首次快冷外，每一次冷却时钢带的温度降低 20~160℃，优选 30~80℃。

进一步地，在本发明所述的制造方法的轧后冷却步骤中，所述采用快冷和慢冷交替的方式进行多段冷却具体包括：第一段以 100~200℃/s 的冷速将钢带冷却至 680~760℃；第二段以 5~30℃/s、优选 5~25℃/s 的冷速将钢带冷却至 600~670℃；第三段以 50~150℃/s 的冷速将钢带冷却至 520~590℃；第四段以 5~30℃/s、优选 5~25℃/s 的冷速将钢带冷却至 490~570℃。

上述这些冷却段阶梯点温度的选择，是设计在钢带的铁素体转变区间，从而使钢带可以在此阶段优先转变出少量的铁素体、珠光体来确保热卷的组织性能均匀性，从而大幅减少了后续低温卷取时形成马氏体的可能性。

进一步地，在本发明所述的制造方法的冷轧步骤中，控制冷轧压下率≥

30%，如 30~75%，并控制钢带目标厚度，使得在钢带断面的宽度方向上，中心点厚度与距边部 40cm 以内的任意位置的厚度差≤30μm。

在该实施方式中，该工艺参数的设置是为了控制冷轧后的钢带的断面形状和板型良好，以减少最终连退时由于钢带的断面形状和板型的波动所造成的成品卷组织性能不均匀。

进一步地，在本发明所述的制造方法的退火步骤中，当进行加热和保温时，当加热温度≥870℃时，保温时间≤2min，而当加热温度＜870℃时保温时间＞2min。

进一步地，在本发明所述的制造方法中，在退火步骤的全过程中，控制同一时刻下钢带宽度方向上非中间区域与中间区域的温度差≤10℃，控制钢带长度方向上的中间区域与非中间区域的温度波动≤5℃。

该实施方式中的工艺同样是为了通过控制温度的波动，来保证钢带成卷后在宽度和长度方向上的组织性能均匀性

进一步地，在本发明所述的制造方法的退火步骤中，以加热速率≤50℃/s、如 10~50℃/s 的速率加热至 840~900℃并保温 1~4min；然后以 2~20℃/s 的冷速冷却至 700~780℃并保温 10-40s；然后以 20~50℃的冷速冷却至 360~430℃保温 2.5~10s。

本发明所述的超高强度钢带及其制造方法具有如下所述的优点以及有益效果：

本发明在保证化学元素成分和工艺相对简洁可控的前提下，通过成分设计、组织调控与制造方法的创新，获得了具有低各向异性和高同卷均匀性的超高强钢。

在一些实施方式中，其抗拉强度≥1000MPa，屈服强度≥780MPa；并且低各向异性满足：钢带上同一位置的横、纵向的屈服强度差≤25MPa、抗拉强度差≤20MPa；同卷力学均匀性满足：对于同一钢卷，沿其长度方向或宽度方向，相同拉伸方向上的不同位置的屈服强度差≤25MPa、抗拉强度差≤20MPa。

在一些实施方式中，本发明所述的超高强度钢带不仅具有上述性能，还具有良好的成形性能，其断裂延伸率≥10%，扩孔率≥50%。

本发明所述的超高强度钢带可用于对零件尺寸精度和服役稳定性等有严苛要求的汽车零部件，如汽车座舱系统中的前排座椅滑轨等汽车结构件，代表

了“高、精、尖”的精细化、稳定化、差异化产品的新设计理念，具有良好的推广前景和应用价值。

附图说明

图 1 为实施例 1 的超高强度钢带放大 3000 倍的微观组织照片。

具体实施方式

下面将结合具体的实施例对本发明所述的超高强度钢带及其制造方法做进一步的解释和说明，然而该解释和说明并不对本发明的技术方案构成不当限定。

实施例 1-7 和对比例 1-2

本发明所述的实施例 1-7 的超高强度钢带和对比例 1-2 的对比钢带均采用以下步骤制得：

（1）按照表 1 所设计的化学成分配比进行冶炼和铸造。

（2）热轧：控制加热温度为 1180~1280℃，精轧终轧温度为 870~970℃。

在一些实施方式中，优选地控制精轧后钢带断面的宽度方向上，中心点厚度与距边部 40cm 以内的厚度差≤50 μm。

（3）轧后冷却与卷取：轧后冷却采用快冷和慢冷交替的方式进行多段冷却，最后对钢带头尾 100 m 以外的区域，以 5~100℃的冷速将钢带主体冷却至主体卷取温度 440℃~520℃进行卷取，对钢带头尾 100 m 以内的区域，以 5~30℃的冷速将钢带头尾冷却至头尾卷取温度 480℃~560℃进行卷取。

在一些实施方式中，上述采用快冷和慢冷交替的方式进行多段冷却具体可以包括：第一段以 100~200℃/s 的冷速将钢带冷却至 680~760℃；第二段以 5~30℃/s 的冷速将钢带冷却至 600~670℃；第三段以 50~150℃/s 的冷速将钢带冷却至 520~590℃；第四段以 5~30℃/s 的冷速将钢带冷却至 490~570℃，并使得第四段末的钢带温度低于第三段末的钢带温度。后续将钢带进一步冷却到卷取温度则为第五段冷却，并使得钢带各处的卷取温度均低于第四段末对应位置的钢带温度。

（4）酸洗和冷轧：控制冷轧压下率≥30%。

在一些实施方式中，控制钢带目标厚度，使得在钢带断面的宽度方向上，

中心点厚度与距边部 40cm 以内的任意位置的厚度差≤30μm。

在一些优选地实施方式中，在热轧步骤、轧后冷却与卷取步骤的全过程中，控制同一时刻下钢带宽度方向上非中间区域与中间区域的温度差≤30℃，长度方向上的中间区域与非中间区域的温度波动≤15℃。

在一些更具体的实施方式中，在热轧步骤、轧后冷却与卷取步骤的全过程中，可以在钢带宽度方向上采用 7 点等间距测温控温，热轧步骤、轧后冷却与卷取步骤中的所有温度为 7 点等间距测温控温的最中间区域的温度，可以控制宽度方向上其他 6 处区域与中间区域的温度差≤30℃。热轧步骤、轧后冷却与卷取步骤中的所有温度都是指钢带在所要求的长度范围内的最中间区域平均温度，在长度范围内的温度波动≤15℃，没有特定说明长度范围时，均指钢带全长范围内。

（5）退火：以加热速率≤50℃/s 的速率加热至 840~900℃并保温 1~4min；然后以 2~20℃/s 的冷速冷却至 700~780℃并保温 10~40s；然后以 20~50℃的冷速冷却至 360~430℃保温 2.5~10s；再以 5~30℃/s 的加热速率加热至 440~480℃；然后以 0.1~0.5℃/s 的冷速冷却至 330~400℃；最后以 15~50℃/s 的冷速冷却至室温成卷。

其中，当加热温度≥870℃时，保温时间≤2min，而当加热温度＜870℃时保温时间＞2min。

在一些实施方式中，在退火步骤的全过程中，控制同一时刻下钢带宽度方向上非中间区域与中间区域的温度差≤10℃，控制钢带长度方向上的中间区域与非中间区域的温度波动≤5℃。

在一些更具体的实施方式中，在退火步骤的全过程中，可以在钢带宽度方向上采用 7 点等间距测温控温，退火步骤中的所有温度为 7 点等间距测温控温的最中间区域的温度，可以控制宽度方向上其他 6 处区域与中间区域的温度差≤10℃。退火步骤中的所有温度都是指钢带在所要求的长度范围内的最中间区域平均温度，在长度范围内的温度波动≤5℃，没有特定说明长度范围时，均指钢带全长范围内。

需要注意的是，实施例 1-7 的超高强度钢带所采用的化学成分设计以及相关制造工艺均满足本发明所设计的规范要求。相应地，对比例 1-2 的对比钢带所采用的化学成分设计以及相关制造工艺中均存在不满足本发明设计要求的

工艺参数。

表 1 列出了实施例 1-7 的超高强度钢带和对比例 1-2 的对比钢带的各化学元素的质量百分配比。

表 1.（wt%，余量为 Fe 和除 P、S、N 以外其他不可避免的杂质）

编号	C	Si	Mn	B	Al	Cr	Mo	P	S	N	Ti	Nb	V	(Cr+Mo)/C
实施例 1	0.16	0.35	1.7	0.0025	0.02	0.3	0.2	0.008	0.002	0.004	0.001	0.002	0.004	3.13
实施例 2	0.14	0.5	2.0	0.004	0.04	0.2	0.25	0.012	0.003	0.0038	0.002	0.001	0.006	3.21
实施例 3	0.15	0.4	1.8	0.003	0.025	0.35	0.1	0.011	0.001	0.0035	0.004	0.003	0.003	3.00
实施例 4	0.19	0.15	1.4	0.001	0.01	0.4	0.15	0.006	0.004	0.0025	0.003	0.004	0.001	2.89
实施例 5	0.20	0.25	1.6	0.002	0.03	0.25	0.35	0.009	0.001	0.0035	0.001	0.002	0.005	3.00
实施例 6	0.13	0.45	1.9	0.0035	0.035	0.1	0.3	0.01	0.001	0.0015	0.006	0.005	0.003	3.08
实施例 7	0.18	0.2	1.5	0.0015	0.015	0.15	0.4	0.005	0.001	0.0018	0.005	0.006	0.002	3.06
对比例 1	*0.21*	0.25	1.6	0.0015	0.02	0.15	0.15	0.008	0.002	0.004	0.001	0.002	0.001	1.43
对比例 2	0.15	0.4	1.8	0.003	0.025	0.35	0.1	0.011	0.001	0.0035	0.004	0.003	0.003	3.00

表 2-1、表 2-2、表 2-3 和表 2-4 列出了实施例 1-7 的超高强度钢带和对比例 1-4 的对比钢带在上述工艺步骤中的具体工艺参数。

表 2-1.

编号	加热温度（℃）	终轧温度（℃）	精轧板中心点厚度与距边部 40cm 内的厚度差最大值（μm）	轧后第一段冷速（℃/s）	轧后第一段温度（℃）	轧后第二段冷速（℃/s）	轧后第二段温度（℃）	轧后第三段冷速（℃/s）	轧后第三段温度（℃）	轧后第四段冷速（℃/s）	轧后第四段温度（℃）
实施例 1	1220	930	40	200	710	15	620	60	580	8	570
实施例 2	1280	960	30	180	760	20	670	50	530	20	500
实施例 3	1200	890	45	190	700	11	650	70	590	30	540
实施例 4	1260	950	25	140	740	30	600	140	520	5	510
实施例 5	1240	910	35	160	680	8	640	100	540	10	520
实施例 6	1180	870	50	120	690	5	660	150	550	25	490
实施例 7	1270	970	20	100	750	25	610	120	570	15	550
对比例 1	1195	890	45	120	710	7	670	70	570	10	555
对比例 2	1180	870	50	*220*	690	*50*	660	*180*	530	5	490

表 2-2.

编号	轧后第五段冷速：头部100 米内（℃/s）	轧后第 五段冷速：尾部100 米内（℃/s）	轧后第五段冷速：其他区域（℃/s）	卷取温度：头部100 米内（℃/s）	卷取温度：尾部100 米内（℃/s）	卷取温度：其他区域（℃/s）	各段区域钢带宽度方向温差最大值（℃）	钢带长度方向温差最大值（℃）
实施例 1	5	5	25	560	560	520	17	6
实施例 2	20	20	80	490	490	460	27	12
实施例 3	15	10	50	525	530	490	29	14
实施例 4	25	25	100	500	500	470	30	15
实施例 5	8	8	64	510	510	440	20	8
实施例 6	5	5	5	480	480	480	25	10
实施例 7	10	10	40	540	540	510	15	5
对比例 1	12	12	36	545	545	*525*	20	13
对比例 2	*35*	*35*	*140*	480	480	450	*50*	*24*

表 2-3

编号	冷轧压下率（%）	冷轧板中心点厚度与距边部40cm 内的厚度差最大值（μm）	退火加热速率（℃/s）	退火保温温度（℃）和保温时间（min）	退火缓冷冷速（℃/s）	退火缓冷温度（℃）和保温时间（s）	退火快冷冷速（℃/s）	退火快冷温度（℃）和保温时间（s）
实施例 1	30	24	41	840×4	2.5	740×40	24	380×10
实施例 2	75	18	26	900×1.5	13.3	700×15	48	430×3.75
实施例 3	60	27	28	890×2	8.5	720×20	44	390×5
实施例 4	70	15	20	870×2	8	710×20	40	410×5
实施例 5	35	21	23	860×3.5	2.9	760×35	25.9	420×8.75
实施例 6	40	30	11	865×3	3.2	770×30	36.4	360×7.5
实施例 7	50	12	15	850×2.5	2.8	780×25	43.7	370×6.25
对比例 1	40	27	41	840×4	3.5	700×40	*18.0*	430×10
对比例 2	70	30	26	900×1	13	770×10	*109.3*	360×2.5

表 2-4

编号	退火再加热速率（℃/s）	退火再加热温度（℃）	退火再加热后缓冷冷速（℃/s）	退火再加热后缓冷温度（℃）	退火最终冷速（℃/s）	退火过程中各段区域钢带宽度方向温差最大值（℃）	退火过程中钢带长度方向温差最大值（℃）
实施例 1	13	440	0.1	400	19	5	2
实施例 2	5.3	440	0.4	380	48	10	5
实施例 3	28.0	460	0.35	390	37	9	4
实施例 4	24.0	470	0.5	370	35	8	4
实施例 5	13.7	480	0.4	340	18.29	5	3
实施例 6	25.3	455	0.35	350	22.00	7	3
实施例 7	25.6	450	0.48	330	24.80	6	2
对比例 1	6	460	0.25	360	17.00	8	5

对比例 2	*76*	455	*1.05*	350	*66*	*20*	*12*

将所获得的实施例 1-7 的超高强度钢带分别进行取样，对其微观组织进行观察和检测，将微观组织观察结果列于下述表 3 中。

微观组织检测方法如下：

制备金相试样：采用 4%硝酸酒精，对磨抛后的金相试样进行预侵蚀，侵蚀时间 10s 左右；进一步地，可在此基础上继续采用彩色金相试样制备方法：配方为：偏重亚硫酸钠 1g + 水 100ml；与 苦味酸 4g +乙醇 100ml；两种溶液等比例混合后静置，然后腐蚀 30~40s。

观察：利用光学显微镜或扫描电子显微镜观察微观组织，并拍摄、分析组织照片。

表 3.

编号	珊瑚海状的均匀弥散的粒状贝氏体（%）	铁素体体积分数（%）	其他微观组织种类
实施例 1	97.5	2	残余奥氏体、针状贝氏体、回火马氏体
实施例 2	95.1	4.5	残余奥氏体、上贝氏体
实施例 3	96.0	4.0	无
实施例 4	96.7	3.0	上贝氏体、针状贝氏体
实施例 5	98.8	1.0	上贝氏体、针状贝氏体
实施例 6	96.5	3.4	回火马氏体、马氏体
实施例 7	99.1	0.5	针状贝氏体、回火马氏体、碳氮化钛、碳氮化铌

此外，基于对各实施例的观察，所有实施例的超高强度钢带的粒状贝氏体的面积均≤5 μm^2，长宽比≤2:1 。

实施例 1-7 的所有超高强度钢带，在厚度方向上距钢带上下表面各 30 μm 以外的全部区域内的任意一块截面面积≤50^2 μm 的区域内均分布有所述粒状贝氏体。

实施例 1-7 的所有超高强度钢带，在厚度方向上距钢带上下表面各 20 μm 以外的全部区域内的任意一块截面面积≤10^2 μm 的区域内均分布有所述粒状贝氏体。

此外，图 1 还显示了实施例 1 的超高强度钢带放大 3000 倍的微观组织。从图 1 可以看出，该超高强度钢带具有呈珊瑚海状的均匀弥散的粒状贝氏体。

此外，将所获得的实施例 1-7 的超高强度钢带和对比例 1-2 的对比钢带分别进行取样，对进行力学性能进行检测，以评测其各向异性和同卷均匀性，并在表 4-1 至 4-9 中分别列出了各实施例和对比例的各向异性和同卷均匀性。相关力学性能检测手段如下所述：

拉伸性能测试：采用 GB/T228.1-2021《金属材料拉伸试验第 1 部分:室温试验方法》进行。

钢的扩孔率采用扩孔试验测定，通过使用凸模把中心带孔的试件压入凹模，使试件中心孔扩大，直到板孔边缘出现颈缩或贯穿裂纹为止。由于试件中心原始孔的制备方式及对应的原始孔边部质量对扩孔率测试结果存在较大影响，因此，试验及测试方法按 ISO/DIS 16630 标准中规定的扩孔率测试方法执行，中心原始孔采用冲压孔形式（对应为原始孔边部质量最差的加工方式）。

表 4-1.实施例 1

实施例 1	宽度位置	屈服强度		抗拉强度		延伸率（%）		横向纵向强度差		扩孔率（%）
长度位置		纵向	横向	纵向	横向	纵向	横向	屈服	抗拉	
头	边	880	887	1041	1048	11	11	7	7	65
	中	869	878	1034	1040	11.5	11.5	9	6	65
	边	881	887	1044	1049	11	11	6	5	64
头 100 米	边	884	892	1042	1047	11	11	8	5	62
	中	875	883	1046	1050	11.5	11	8	4	65
	边	885	893	1048	1052	11	11	8	4	60
长度中间	边	876	876	1040	1041	11.5	11.5	0	1	61
	中	873	876	1041	1043	11.5	11.5	3	2	62
	边	878	880	1043	1045	11.5	11	2	2	61
尾 100 米	边	882	894	1046	1055	11	11	12	9	58
	中	878	893	1041	1050	11.5	11	15	9	63
	边	873	885	1042	1048	11.5	11	12	6	66
尾	边	888	895	1049	1055	11	11	7	6	57
	中	873	881	1040	1045	11.5	11	8	5	66
	边	876	884	1041	1049	11.5	11	8	8	64
强度差		19	19	15	15	-	-	-	-	-

表 4-2.实施例 2

实施例 2	宽度位置	屈服强度		抗拉强度		延伸率（%）		横向纵向强度差		扩孔率（%）
长度位置		纵向	横向	纵向	横向	纵向	横向	屈服	抗拉	

头	边	830	836	1023	1034	12	11.5	6	11	55
	中	820	828	1015	1026	12.5	12	8	11	52
	边	833	837	1018	1030	12	11.5	4	12	57
头 100 米	边	836	842	1022	1033	12	11.5	6	11	59
	中	823	833	1028	1037	12.5	12	10	9	55
	边	835	843	1030	1041	12	11.5	8	11	60
长度中间	边	826	825	1022	1030	12	11.5	-1	8	56
	中	821	825	1019	1026	12	11.5	4	7	54
	边	828	830	1017	1032	12	12	2	15	55
尾 100 米	边	832	843	1024	1038	12	11.5	11	14	59
	中	828	843	1020	1039	12	11.5	15	19	53
	边	823	835	1017	1034	12.5	12	12	17	52
尾	边	838	841	1025	1039	12	11.5	3	14	61
	中	826	831	1017	1031	12.5	12	5	14	54
	边	827	834	1023	1036	12	12	7	13	54
强度差		18	18	15	15	-	-	-	-	-

表 4-3.实施例 3

实施例 3	宽度位置	屈服强度		抗拉强度		延伸率（%）		横向纵向强度		扩孔率（%）
长度位置		纵向	横向	纵向	横向	纵向	横向	屈服	抗拉	
头	边	846	857	1005	1007	12	12	11	2	68
	中	842	853	1000	1002	12.5	12	11	2	68
	边	852	860	1001	1003	12	11.5	8	2	67
头 100 米	边	853	865	1005	1008	12	11.5	12	3	60
	中	844	856	1006	1010	12.5	12	12	4	61
	边	852	865	1009	1012	12	11.5	13	3	69
长度中间	边	845	853	1000	1004	12.5	12	8	4	73
	中	840	851	1001	1003	12.5	12	11	2	72
	边	844	853	1003	1005	12	12	9	2	71
尾 100 米	边	851	862	1010	1012	12	11.5	11	2	70
	中	845	859	1005	1010	12	11.5	14	5	72
	边	839	853	1002	1005	12.5	12	14	3	69
尾	边	853	864	1009	1012	12	11.5	11	3	72
	中	843	855	1004	1005	12.5	12	12	1	70
	边	846	860	1003	1012	12	11.5	14	9	69
强度差		14	14	10	10	-	-	-	-	-

表 4-4.实施例 4

实施例4	宽度位置	屈服强度		抗拉强度		延伸率（%）		横向纵向强度		扩孔率（%）
长度位置		纵向	横向	纵向	横向	纵向	横向	屈服	抗拉	
	边	875	883	1027	1032	11	10.5	8	5	65

头	中	868	877	1020	1025	11	11	9	5	66
	边	878	884	1021	1028	11	11	6	7	65
头 100 米	边	880	889	1034	1038	11	11	9	4	68
	中	869	880	1027	1030	11.5	11	11	3	68
	边	880	890	1033	1039	11	11	10	6	67
长度中间	边	871	874	1025	1029	11	11	3	4	70
	中	868	872	1022	1026	11	11	4	4	69
	边	873	877	1024	1030	11	11	4	6	69
尾 100 米	边	877	889	1025	1036	11	10.5	12	11	66
	中	871	886	1023	1037	11	11	15	14	69
	边	868	882	1020	1032	11	11	14	12	67
尾	边	873	888	1029	1037	11	11	15	8	68
	中	864	878	1022	1030	11.5	11	14	8	68
	边	872	885	1028	1039	11	10.5	13	11	66
强度差		16	18	14	14	-	-	-	-	-

表 4-5.实施例 5

实施例 5	宽度位	屈服强度		抗拉强度		延伸率（%）		横向纵向强度		扩孔率（%）
长度位置	置	纵向	横向	纵向	横向	纵向	横向	屈服	抗拉	
头	边	895	906	1048	1057	11	10.5	11	9	68
	中	887	900	1042	1050	11.5	11	13	8	70
	边	899	911	1051	1059	11	10.5	12	8	67
头 100 米	边	901	909	1050	1054	11	10.5	8	4	62
	中	892	900	1051	1055	11	10.5	8	4	66
	边	893	901	1057	1063	11	10.5	8	6	63
长度中间	边	891	895	1046	1050	11	10.5	4	4	70
	中	890	895	1044	1047	11.5	11	5	3	69
	边	892	898	1045	1050	11	10.5	6	5	68
尾 100 米	边	903	911	1047	1054	11	10.5	8	7	65
	中	900	910	1046	1055	11	10.5	10	9	69
	边	895	905	1042	1050	11.5	11	10	8	70
尾	边	900	911	1054	1062	11	10.5	11	8	64
	中	888	900	1046	1055	11	10.5	12	9	71
	边	889	901	1046	1054	11	10.5	12	8	70
强度差		16	16	15	16	-	-	-	-	-

表 4-6.实施例 6

实施例 6	宽度	屈服强度		抗拉强度		延伸率（%）		横向纵向强度差		扩孔率（%）
长度位置	位置	纵向	横向	纵向	横向	纵向	横向	屈服	抗拉	
	边	860	871	1043	1053	11.5	11	11	10	58

头	中	851	864	1036	1047	11.5	11	13	11	60
	边	863	873	1038	1048	11.5	11	10	10	57
头 100 米	边	865	878	1046	1055	11	10.5	13	9	55
	中	855	869	1048	1057	11.5	11	14	9	60
	边	865	878	1051	1061	11	10.5	13	10	56
长度中间	边	853	863	1042	1052	11.5	11	10	10	59
	中	850	863	1039	1050	11.5	11	13	11	62
	边	855	866	1040	1051	11.5	11	11	11	57
尾 100 米	边	862	876	1046	1058	11	10.5	14	12	59
	中	856	870	1040	1053	11.5	11	14	13	58
	边	852	866	1038	1050	11.5	11	14	12	58
尾	边	865	878	1045	1057	11	10.5	13	12	54
	中	850	865	1036	1050	11.5	11	15	14	61
	边	857	872	1043	1055	11.5	11	15	12	56
强度差		15	15	15	14	-	-	-	-	-

表 4-7.实施例 7

实施例 7	宽度位置	屈服强度		抗拉强度		延伸率（%）		横向纵向强度差		扩孔率（%）
长度位置		纵向	横向	纵向	横向	纵向	横向	屈服	抗拉	
头	边	925	934	1069	1076	10.5	10	9	7	62
	中	916	925	1071	1078	11	10.5	9	7	66
	边	926	935	1076	1083	10.5	10	9	7	63
头 100 米	边	926	935	1067	1074	11	10.5	9	7	65
	中	925	934	1065	1072	10.5	10	9	7	69
	边	919	928	1061	1068	11	10.5	9	7	70
长度中间	边	916	922	1065	1073	11	10.5	6	8	70
	中	915	921	1062	1068	11	10.5	6	6	69
	边	918	926	1064	1070	11	10.5	8	6	68
尾 100 米	边	920	928	1071	1076	10.5	10	8	5	68
	中	914	923	1062	1069	11	10.5	9	7	70
	边	923	932	1064	1071	10.5	10	9	7	67
尾	边	925	935	1069	1080	10.5	10	10	11	64
	中	911	923	1062	1073	11	10.5	12	11	71
	边	914	926	1066	1077	11	10.5	12	11	70
强度差		15	14	15	15	-	-	-	-	-

表 4-8.对比例 1

对比例 1	宽度位置	屈服强度		抗拉强度		延伸率（%）		横向纵向强度差		扩孔率（%）
长度位置		纵向	横向	纵向	横向	纵向	横向	屈服	抗拉	
	边	793	820	998	1020	13	12	27	22	25

头	中	775	801	978	1001	13.5	12	26	23	29
	边	799	827	1001	1024	13	11.5	28	23	21
头 100 米	边	799	826	999	1020	13	11.5	27	21	23
	中	778	803	983	1005	13.5	12	25	22	30
	边	801	827	1004	1026	13	11	26	22	24
长度中间	边	781	808	997	1022	13	12	27	25	24
	中	769	792	978	1001	13.5	12.5	23	23	32
	边	788	814	992	1017	13	12	26	25	23
尾 100 米	边	800	826	995	1016	13	11.5	26	21	22
	中	783	810	1001	1025	13	12	27	24	28
	边	778	805	983	1006	13.5	12	27	23	27
尾	边	800	827	1001	1024	13	11.5	27	23	20
	中	778	804	979	1003	13.5	12	26	24	27
	边	793	815	998	1021	13	12	22	23	26
强度差		32	35	26	25					

表 4-9.对比例 2

对比例 2	宽度	屈服强度		抗拉强度		延伸率（%）		横向纵向强度		扩孔率（%）
长度位置	位置	纵向	横向	纵向	横向	纵向	横向	屈服	抗拉	
头	边	874	888	1033	1042	11	10.5	14	9	57
	中	850	863	1010	1022	11.5	11	13	12	70
	边	881	895	1036	1048	11	10	14	12	50
头 100 米	边	879	892	1029	1041	11	10	13	12	53
	中	848	861	1005	1018	12	11.5	13	13	73
	边	874	888	1022	1037	11.5	10.5	14	15	54
长度中间	边	883	897	1033	1043	11	10.5	14	10	54
	中	854	866	1012	1020	11.5	11	12	8	72
	边	879	891	1033	1042	11	10.5	12	9	54
尾 100 米	边	878	892	1029	1039	11	10.5	14	10	57
	中	852	865	1014	1024	11.5	11	13	10	69
	边	884	895	1036	1047	11	10	11	11	52
尾	边	876	889	1036	1047	11	10	13	11	50
	中	852	866	1010	1022	12	11	14	12	68
	边	883	898	1035	1045	11	10	15	10	51
强度差		36	37	31	30					

注：表 4-1 至表 4-9 中的“强度差”指的是钢带全长度方向以及钢带全宽度方向上纵向拉伸或者横向拉伸所有检测点的最大最小差值。

从上述表 4-1 至 4-9 可以看出，本发明所有实施例都满足抗拉强度≥1000MPa，屈服强度≥780MPa，断裂延伸率≥10%，扩孔率≥50%；同时各向

异性满足：钢带上同一位置的横、纵向的屈服强度差≤25MPa、抗拉强度差≤20MPa；同卷力学均匀性满足：对于同一钢卷，沿其长度方向或宽度方向，相同拉伸方向上的不同位置的屈服强度差≤25MPa、抗拉强度差≤20MPa。

而对比例 1 不仅 C 含量超出了设计要求的上限，而且不满足 2.7≤(Cr+Mo)/C≤3.3，(Cr+Mo)/C 仅为 1.43，此时成分对冷速的要求极高，而在实际制造工艺中，在退火快冷段的冷速不满足要求，最终导致产品性能异常，不仅屈服强度和抗拉强度过低、扩孔率不足，同时各向异性较高，同卷均匀性较低。

对比例 2 虽然成分设计满足本发明要求，但是在制造工艺中，冷速过大不满足本发明要求，虽然产品力学性能满足要求，但同卷均匀性差，不同位置之间的强度差异过大。

需要说明的是，本案中各技术特征的组合方式并不限本案权利要求中所记载的组合方式或是具体实施例所记载的组合方式，本案记载的所有技术特征可以以任何方式进行自由组合或结合，除非相互之间产生矛盾。

还需要注意的是，以上所列举的实施例仅为本发明的具体实施例。显然本发明不局限于以上实施例，随之做出的类似变化或变形是本领域技术人员能从本发明公开的内容直接得出或者很容易便联想到的，均应属于本发明的保护范围。

权 利 要 求 书

1. 一种超高强度钢带，其含有 Fe 和不可避免的杂质元素，其特征在于，还含有质量百分含量如下的下述各化学元素：

C：0.13~0.20%；Si：0.15~0.50%；Mn：1.4~2.0%；B：0.001~0.004%；Al：0.01~0.04%；Cr：0.1~0.4%；Mo：0.1~0.4%；Ti+V+Nb≤0.02%；

其微观组织包括呈珊瑚海状的均匀弥散的粒状贝氏体。

2. 如权利要求 1 所述的超高强度钢带，其特征在于，其各化学元素质量百分含量为：

C：0.13~0.20%；Si：0.15~0.50%；Mn：1.4~2.0%；B：0.001~0.004%；Al：0.01~0.04%；Cr：0.1~0.4%；Mo：0.1~0.4%；Ti+V+Nb≤0.02%；余量为 Fe 和不可避免的杂质元素。

3. 如权利要求 1 或 2 所述的超高强度钢带，其特征在于，其各化学元素质量百分含量满足下述各项的至少其中一项：

C：0.14~0.18%；

Ti+V+Nb≤0.01%。

4. 如权利要求 1 或 2 所述的超高强度钢带，其特征在于，其 Cr、Mo 和 C 的质量百分含量还满足：2.7≤(Cr+Mo)/C≤3.3。

5. 如权利要求 1 或 2 所述的超高强度钢带，其特征在于，其中不可避免的杂质元素的质量百分含量满足下述各项的至少其中之一：P≤0.012%，S≤0.004%，N≤0.004%。

6. 如权利要求 1 或 2 所述的超高强度钢带，其特征在于，所述粒状贝氏体的体积相比例≥95%；优选地，所述粒状贝氏体的面积≤5μm²，长宽比≤2:1；优选地，其微观组织还包括铁素体，所述铁素体的体积相比例为0.1~4.5%。

7. 如权利要求 1 所述的超高强度钢带，其特征在于，在厚度方向上距钢带上下表面各 30 μm 以外的全部区域内的任意一块截面面积≤50^2 μm 的区域内均分布有所述粒状贝氏体；优选地，在厚度方向上距钢带上下表面各 20 μm 以外的全部区域内的任意一块截面面积≤10^2 μm 的区域内均分布有所述粒状贝氏体。

8. 如权利要求 1 或 2 所述的超高强度钢带，其特征在于，其抗拉强度≥

1000MPa，屈服强度≥780MPa、优选≥800MPa、更优选≥850MPa、进一步优选≥880MPa；并且低各向异性满足：钢带上同一位置的横、纵向的屈服强度差≤25MPa、抗拉强度差≤20MPa；同卷力学均匀性满足：对于同一钢卷，沿其长度方向或宽度方向，相同拉伸方向上的不同位置的屈服强度差≤25MPa、抗拉强度差≤20MPa；优选地，其断裂延伸率≥10%，并且/或者扩孔率≥50%。

9. 如权利要求 1-8 中任意一项所述的超高强度钢带的制造方法，其特征在于，包括步骤：

冶炼和铸造；

热轧；

轧后冷却与卷取：轧后冷却采用快冷和慢冷交替的方式进行多段冷却，最后对钢带头尾 100 m 以外的区域，以 5~100℃的冷速将钢带主体冷却至主体卷取温度 440℃~520℃进行卷取，对钢带头尾 100 m 以内的区域，以 5~25℃的冷速将钢带头尾冷却至头尾卷取温度 480℃~560℃进行卷取；

酸洗和冷轧；

退火：以加热速率≤50℃/s 的速率加热至 840~900℃并保温；然后以 2~20℃/s 的冷速冷却至 700~780℃并保温；然后以 20~50℃的冷速冷却至 360~430℃并保温；再以 5~30℃/s 的加热速率加热至 440~480℃；然后以 0.1~0.5℃/s 的冷速冷却至 330~400℃；最后以 15~50℃/s 的冷速冷却至室温成卷。

10. 如权利要求 9 所述的制造方法，其特征在于，所述热轧步骤，控制加热温度为 1180~1280℃，精轧终轧温度为 870~970℃；和/或，控制精轧后钢带断面的宽度方向上，中心点厚度与距边部 40cm 以内的厚度差≤50 μm。

11. 如权利要求 9 所述的制造方法，其特征在于，在热轧步骤、轧后冷却与卷取步骤的全过程中，控制同一时刻下钢带宽度方向上非中间区域与中间区域的温度差≤30℃，长度方向上的中间区域与非中间区域的温度波动≤15℃；和/或，在退火步骤的全过程中，控制同一时刻下钢带宽度方向上非中间区域与中间区域的温度差≤10℃，控制钢带长度方向上的中间区域

与非中间区域的温度波动≤5℃。

12. 如权利要求 9 所述的制造方法，其特征在于，在轧后冷却步骤中，快冷的冷速为 50~200℃/s，慢冷的冷速为 5~30℃/s、优选 5~25℃/s；优选地，首次快冷的停冷温度为 680~760℃，最后一次慢冷的停冷温度为 490~570℃；优选地，除首次快冷外，每一次冷却时钢带的温度降低 20~160℃，优选 30~80℃；进一步优选地，所述采用快冷和慢冷交替的方式进行多段冷却具体包括：第一段以 100~200℃/s 的冷速将钢带冷却至 680~760℃；第二段以 5~30℃/s、优选 5~25℃/s 的冷速将钢带冷却至 600~670℃；第三段以 50~150℃/s 的冷速将钢带冷却至 520~590℃；第四段以 5~30℃/s、优选 5~25℃/s 的冷速将钢带冷却至 490~570℃。

13. 如权利要求 9 所述的制造方法，其特征在于，在冷轧步骤中，控制冷轧压下率≥30%，并控制钢带目标厚度，使得在钢带断面的宽度方向上，中心点厚度与距边部 40cm 以内的任意位置的厚度差≤30μm。

14. 如权利要求 9 所述的制造方法，其特征在于，在退火步骤中，当加热温度≥870℃时，保温时间≤2min，而当加热温度＜870℃时，保温时间＞2min。

15. 如权利要求 9 所述的制造方法，其特征在于，在退火步骤中，以加热速率≤50℃/s 的速率加热至 840~900℃并保温 1~4min；然后以 2~20℃/s 的冷速冷却至 700~780℃并保温 10-40s；然后以 20~50℃的冷速冷却至 360~430℃保温 2.5~10s。

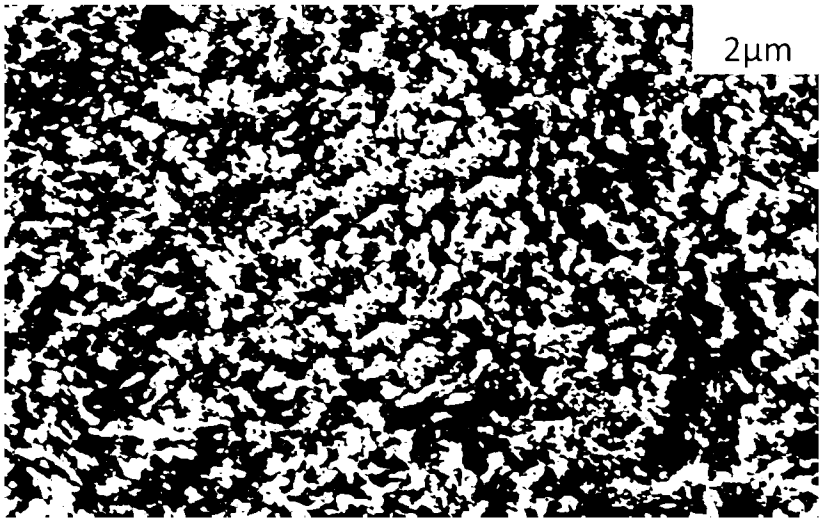


图 1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2024/100303

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

C22C 38/18(2006.01)i; C21D 1/26(2006.01)i; C21D 8/00(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)

IPC: C22C 38, C21D 1, C21D 8

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)

DWPI, JPABS, CNABS, CNKI: 钢, 碳, 硅, 锰, 铬, 钼, 铝, 硼, 贝氏体, 铁素体, 粒状, 轧制, 退火, steel, C, Si, Mn, Cr, Mo, Al, B, bainite, ferrite, granular, roll+, anneal+

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	KR 20230059193 A (POSCO CO., LTD.) 03 May 2023 (2023-05-03) claims 1, 2 and 7, description, paragraphs 54, 57 and 106, and table 1	1-5
A	KR 20230059193 A (POSCO CO., LTD.) 03 May 2023 (2023-05-03) entire document	6-15
A	CN 108474057 A (ARCELORMITTAL S.A.) 31 August 2018 (2018-08-31) entire document	1-15
A	CN 109930071 A (NANYANG HANYE SPECIAL STEEL CO., LTD.) 25 June 2019 (2019-06-25) entire document	1-15
A	CN 114086069 A (NORTHEASTERN UNIVERSITY) 25 February 2022 (2022-02-25) entire document	1-15
A	US 2003217795 A1 (ASAHI, H. et al.) 27 November 2003 (2003-11-27) entire document	1-15

☐ 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
"D" document cited by the applicant in the international application
"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	Date of mailing of the international search report
20 August 2024	**23 August 2024**

Name and mailing address of the ISA/CN	Authorized officer
China National Intellectual Property Administration (ISA/CN) **China No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao, Haidian District, Beijing 100088**	Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2024/100303

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
KR 20230059193 A	03 May 2023	None	
CN 108474057 A	31 August 2018	JP 2019505690 A	28 February 2019
		JP 6815414 B2	20 January 2021
		CA 3008062 A1	29 June 2017
		CA 3008062 C	23 January 2024
		MA 54718 A	17 November 2021
		HUE 050424 T2	28 December 2020
		MA 49657 A	12 May 2021
		MA 49657 B1	29 October 2021
		PL 3656880 T3	27 December 2021
		MX 2018007646 A	21 September 2018
		ES 2803220 T3	25 January 2021
		EP 3394300 A1	31 October 2018
		EP 3394300 B1	13 May 2020
		KR 20180095540 A	27 August 2018
		KR 102618088 B1	26 December 2023
		EP 3910084 A1	17 November 2021
		WO 2017108866 A1	29 June 2017
		HUE 056456 T2	28 February 2022
		MA 44120 B1	31 August 2020
		WO 2017109540 A1	29 June 2017
		US 2019003008 A1	03 January 2019
		PL 3394300 T3	16 November 2020
		ES 2889754 T3	13 January 2022
		EP 3656880 A1	27 May 2020
		EP 3656880 B1	18 August 2021
		RU 2018122386 A	25 December 2019
		RU 2018122386 A3	26 March 2020
		RU 2728369 C2	29 July 2020
		ZA 201803916 B	31 March 2021
		BR 112018012133 A2	27 November 2018
		BR 112018012133 B1	23 November 2021
CN 109930071 A	25 June 2019	None	
CN 114086069 A	25 February 2022	None	
US 2003217795 A1	27 November 2003	EP 1354973 A1	22 October 2003
		EP 1354973 B1	14 September 2005
		JP 2003293089 A	15 October 2003
		JP 3869747 B2	17 January 2007
		US 8070887 B2	06 December 2011
		DE 60301588 D1	20 October 2005
		DE 60301588 T2	22 June 2006
		KR 20030081050 A	17 October 2003
		KR 100558429 B1	10 March 2006
		CA 2424491 A1	09 October 2003
		CA 2424491 C	23 September 2008

国际检索报告

国际申请号
PCT/CN2024/100303

A. 主题的分类

C22C 38/18(2006.01)i；C21D 1/26(2006.01)i；C21D 8/00(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)

IPC：C22C 38，C21D 1，C21D 8

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））

DWPI，JPABS，CNABS，CNKI：钢，碳，硅，锰，铬，钼，铝，硼，贝氏体，铁素体，粒状，轧制，退火，steel，C，Si，Mn，Cr，Mo，Al，B，bainite，ferrite，granular，roll+，anneal+

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	KR 20230059193 A (POSCO CO LTD) 2023年5月3日 (2023 - 05 - 03) 权利要求1、2和7，说明书第54、57和106段，表1	1-5
A	KR 20230059193 A (POSCO CO LTD) 2023年5月3日 (2023 - 05 - 03) 全文	6-15
A	CN 108474057 A (安赛乐米塔尔公司) 2018年8月31日 (2018 - 08 - 31) 全文	1-15
A	CN 109930071 A (南阳汉冶特钢有限公司) 2019年6月25日 (2019 - 06 - 25) 全文	1-15
A	CN 114086069 A (东北大学) 2022年2月25日 (2022 - 02 - 25) 全文	1-15
A	US 2003217795 A1 (ASAHI HITOSHI 等) 2003年11月27日 (2003 - 11 - 27) 全文	1-15

☐ 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

“D” 申请人在国际申请中引证的文件

“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	国际检索报告邮寄日期
2024年8月20日	2024年8月23日
ISA/CN的名称和邮寄地址 中国国家知识产权局 中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088	受权官员 彭敏 电话号码 (+86) 010-62084744

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号
PCT/CN2024/100303

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)
KR	20230059193	A	2023年5月3日	无			
CN	108474057	A	2018年8月31日	JP	2019505690	A	2019年2月28日
				JP	6815414	B2	2021年1月20日
				CA	3008062	A1	2017年6月29日
				CA	3008062	C	2024年1月23日
				MA	54718	A	2021年11月17日
				HUE	050424	T2	2020年12月28日
				MA	49657	A	2021年5月12日
				MA	49657	B1	2021年10月29日
				PL	3656880	T3	2021年12月27日
				MX	2018007646	A	2018年9月21日
				ES	2803220	T3	2021年1月25日
				EP	3394300	A1	2018年10月31日
				EP	3394300	B1	2020年5月13日
				KR	20180095540	A	2018年8月27日
				KR	102618088	B1	2023年12月26日
				EP	3910084	A1	2021年11月17日
				WO	2017108866	A1	2017年6月29日
				HUE	056456	T2	2022年2月28日
				MA	44120	B1	2020年8月31日
				WO	2017109540	A1	2017年6月29日
				US	2019003008	A1	2019年1月3日
				PL	3394300	T3	2020年11月16日
				ES	2889754	T3	2022年1月13日
				EP	3656880	A1	2020年5月27日
				EP	3656880	B1	2021年8月18日
				RU	2018122386	A	2019年12月25日
				RU	2018122386	A3	2020年3月26日
				RU	2728369	C2	2020年7月29日
				ZA	201803916	B	2021年3月31日
				BR	112018012133	A2	2018年11月27日
				BR	112018012133	B1	2021年11月23日
CN	109930071	A	2019年6月25日	无			
CN	114086069	A	2022年2月25日	无			
US	2003217795	A1	2003年11月27日	EP	1354973	A1	2003年10月22日
				EP	1354973	B1	2005年9月14日
				JP	2003293089	A	2003年10月15日
				JP	3869747	B2	2007年1月17日
				US	8070887	B2	2011年12月6日
				DE	60301588	D1	2005年10月20日
				DE	60301588	T2	2006年6月22日
				KR	20030081050	A	2003年10月17日
				KR	100558429	B1	2006年3月10日
				CA	2424491	A1	2003年10月9日
				CA	2424491	C	2008年9月23日