



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 106544590 A

(43)申请公布日 2017.03.29

(21)申请号 201610900945.8 G22C 38/08(2006.01)

(22)申请日 2016.10.17 G22C 38/12(2006.01)

(71)申请人 江阴兴澄特种钢铁有限公司 G22C 38/16(2006.01)

地址 214434 江苏省无锡市江阴市滨江东路297号 G22C 38/32(2006.01)

G22C 33/04(2006.01)

(72)发明人 苗丕峰 刘观猷 陈亮 吴小林
李经涛 高助忠

(74)专利代理机构 江阴市同盛专利事务所(普通合伙) 32210

代理人 孙燕波

(51)Int.Cl.

G22C 38/18(2006.01)

G22C 38/02(2006.01)

G22C 38/04(2006.01)

G22C 38/06(2006.01)

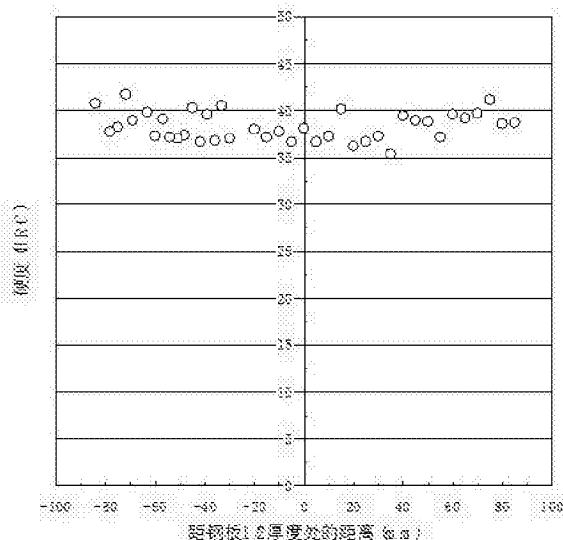
权利要求书1页 说明书5页 附图4页

(54)发明名称

1000MPa级高韧性高性能均匀性易焊接特厚钢板及其制造方法

(57)摘要

本发明涉1000MPa级高韧性高性能均匀性易焊接特厚钢板,钢板以Fe为基础元素且包含如下质量百分比的化学成分:C0.12~0.15%,Si0.15~0.35%,Mn0.95~1.20%,P≤0.010%,S≤0.002%,Cr0.5~0.8%,Mo0.4~0.6%,Ni2.4~3.0%,Cu0.2~0.4%,Al0.06~0.09%,V0.03~0.06%,Nb≤0.04%,N≤0.006%,B0.001~0.002%及杂质元素;碳当量≤0.75%,钢板厚度达180mm厚。本发明针对大型工程设备需要,使用优化的化学成分、高的钢水纯净度、优化的连铸工艺生产的高质量、高纯净度的连铸板坯直接作为坯料,采取控制轧制+淬火+低温回火的方法制造出满足这一要求的特大厚度的钢板。



1. 一种1000MPa级高韧性高性能均匀性易焊接特厚钢板,其特征在于:所述钢板以Fe为基础元素,且还包含如下质量百分比的化学成分:C:0.12~0.15%,Si:0.15~0.35%,Mn:0.95~1.20%,P: \leq 0.010%,S: \leq 0.002%,Cr:0.5~0.8%,Mo:0.4~0.6%,Ni:2.4~3.0%,Cu:0.2~0.4%,Al:0.06~0.09%,V:0.03~0.06%,Nb: \leq 0.04%,N: \leq 0.006%,B:0.001~0.002%,及杂质元素;碳当量CEV($= C + Mn/6 + (Cr + Mo + V)/5 + (Cu + Ni)/15$) \leq 0.75%。

2. 根据权利要求1所述的1000MPa级高韧性高性能均匀性易焊接特厚钢板,其特征在于:所述钢板的厚度达180mm厚。

3. 根据权利要求1所述的1000MPa级高韧性高性能均匀性易焊接特厚钢板,其特征在于:钢板的化学性能满足屈服强度 \geq 1000MPa,抗拉强度 \geq 1100MPa,延伸率 \geq 10%,在钢板1/4和1/2厚度处的纵向夏比冲击功在 -20°C 均大于80J, -40°C 均大于50J,沿钢板厚度方向具有高的性能均匀性。

4. 一种制造权利要求1至3中任一权利要求所述1000MPa级高韧性高性能均匀性易焊接特厚钢板的方法,其特征在于:冶炼原料依次经KR铁水预处理、转炉冶炼、LF精炼、RH精炼和直弧形连铸机连铸,连铸时采用 $15\sim 30^{\circ}\text{C}$ 的钢水过热度, $\leq 0.50\text{m}/\text{min}$ 的拉坯速度,并采用与之匹配的轻压下量从而生产出高纯净度钢水和厚度在450mm或以上厚度的具有低的中心偏析和疏松、无裂纹且纯净度高的连铸坯,中心偏析:等于或优于C类0.5级,中心疏松:等于或优于0.5级,无中心裂纹、角裂纹和三角区裂纹;夹杂物:A、B、C类粗系 = 0,D类粗系 \leq 0.5;A类细系 \leq 0.5;B类细系 \leq 0.5;C类细系 = 0;D类细系 \leq 0.5;Ds类 \leq 0.5,经RH处理之后钢水中的H含量须 $\leq 0.0001\%$;

连铸坯加罩缓冷至 $200\pm 50^{\circ}\text{C}$ 出罩,然后对连铸坯表面带温清理;

将连铸板坯加热至 $1250\pm 30^{\circ}\text{C}$ 保温3~4小时,保温完成后,进行高压水除鳞和两阶段轧制;第一阶段轧制为粗轧:开轧温度在 $1100\pm 50^{\circ}\text{C}$,总压缩率 $\geq 45\%$,采用沿钢板纵向的强压下轧制方式,最大单道次压下率 $\geq 17.5\%$;第二阶段轧制为精轧:开轧温度在 $890\pm 20^{\circ}\text{C}$,总压缩率 $\geq 20\%$,轧制完成之后实施空冷和矫直;

矫直后的钢板在 $600\sim 650^{\circ}\text{C}$ 下保温60~80小时后缓慢冷却至 $200\pm 50^{\circ}\text{C}$ 出炉空冷;

将缓冷至室温的钢板进行淬火 + 回火处理即获得成品钢板。

5. 根据权利要求4所述的用连铸坯制造屈服强度1000MPa级高韧性高性能均匀性易焊接特厚钢板的制造方法,其特征在于:所述淬火 + 回火处理的淬火加热使用连续炉进行,淬火加热温度为 $890\sim 910^{\circ}\text{C}$,在炉时间为 $1.7\sim 2.0\text{min}/\text{mm}$,使用淬火机水淬;淬火机辊道速度 $\leq 2.3\text{m}/\text{min}$,水流量 $\geq 8500\text{m}^3/\text{h}$,淬火时须将钢板水淬至表面温度 $\leq \sim 100^{\circ}\text{C}$ 后空冷至室温;回火处理时回火温度: $200\sim 240^{\circ}\text{C}$,在炉时间:钢板到温后按 $(1\sim 1.5\text{min}/\text{mm})\times$ 钢板厚度(mm)计算时间保温,出炉后空冷至室温。

1000MPa级高韧性高性能均匀性易焊接特厚钢板及其制造方法

技术领域

[0001] 本发明属于特种钢板技术领域,具体涉及一种1000MPa级特厚钢板及其制造方法。

背景技术

[0002] 大型工程设备需要高强度、高韧性、高性能均匀性、易焊接的大厚度钢板。专利公开号为CN100494451、CN103014538B、CN102618793B、CN101935810B、CN105189802A、CN101397640A、CN101451221A、CN102234743A的中国发明专利披露了用连铸坯或钢锭作为原料,轧制之后直接淬火(DQ)加回火或离线淬火加回火来制造屈服强度为1000MPa左右的高强度钢板和制造方法。但是,这些发明制造的钢板厚度较小,≤80mm,不能满足一些大型工程设备对高强度钢板厚度超过100mm的要求。专利公开号为CN104480406A的中国发明专利披露了采用连铸板坯焊接复合形成复合坯轧制后经淬火加回火来制造厚度大于100mm的屈服强度在1000MPa左右的高强度高韧性钢板及其制造方法,据此制造的钢板厚度可达160mm(见其实施例)。但是,该发明披露的拉伸和冲击性能没有对钢板厚度方向上的位置加以区分,没有披露厚度截面上这些性能随位置的变化。按照钢板机械性能试样取样和测试的各项标准,该发明披露的数值仅代表钢板1/4厚度处的拉伸和冲击性能,不能代表钢板1/2厚度处的拉伸和冲击性能,更不能代表钢板厚度方向上性能的均匀性。这样,该发明制造的钢板不能用于对钢板1/4厚度和1/2厚度处的拉伸和冲击性能均有要求的设备制造,更不能用于对钢板厚度方向上性能均匀性有较高要求设备的制造,同时也不能用于要求钢板厚度超过160mm的设备制造。此外,现有技术中采用连铸板坯复合方法形成复合坯并据此制造大厚度钢板使得生产工艺复杂,制造成本显著增加。

发明内容

[0003] 本发明的目的在于克服上述不足,提供一种高强度(屈服强度为1000MPa级)、高韧性、高性能均匀性、易焊接的超厚钢板,且生产工艺简便、成本低廉的采用连铸坯制造厚度达180mm的钢板的方法。

[0004] 本发明的目的是这样实现的:

一种屈服强度1000MPa级的高韧性高性能均匀性易焊接特厚钢板,所述钢板以Fe为基础元素,且还包含如下化学成分(质量百分比):C:0.12~0.15%,Si:0.15~0.35%,Mn:0.95~1.20%,P:≤0.010%,S:≤0.002%,Cr:0.5~0.8%,Mo:0.4~0.6%,Ni:2.4~3.0%,Cu:0.2~0.4%,Al:0.06~0.09%,V:0.03~0.06%,Nb:≤0.04%,N:≤0.006%,B:0.001~0.002%,及杂质元素。

[0005] 进一步地讲:所述特厚钢板的厚度达180mm,碳当量CEV≤0.75%,采用连铸坯制造。所得屈服强度≥1000MPa,抗拉强度≥1100MPa,延伸率≥10%,在钢板1/4和1/2厚度处的夏比冲击功在-20°C均大于80J,-40°C均大于50J,沿钢板的厚度截面具有高的性能均匀性。

[0006] 以下对本发明中所含组分的作用及用量选择作具体说明:

C:是确保钢板强度所必须的元素,提高钢中的碳含量将会增加它的马氏体转变能力,从而提高它的强度。但过高的C含量对钢的延性、韧性不利,同时也会降低焊接性能。另外,过高的C含量也会导致严重的中心C偏析从而影响钢板的芯部性能,降低钢板的性能均匀性。本发明控制其含量为0.12 ~ 0.15%。

[0007] Si:是钢中的脱氧元素,并以固溶强化形式提高钢的强度。Si含量低于0.10%时,脱氧效果较差,Si含量较高时降低钢板的韧性和焊接性能,也使得钢板轧制后表面红色氧化皮严重降低钢板表面质量。本发明控制Si含量为0.15~0.35%。

[0008] Mn:是提高钢淬透性的元素,并起固溶强化作用以弥补钢中因C含量降低引起的强度损失。当钢中Mn含量低于0.8%时,无法充分发挥强度确保的作用,但当Mn含量过高时则会增加其碳当量从而损坏焊接性能。另外,Mn具有较高的偏析趋向,易在钢板中心产生偏析,降低钢板中心部位的冲击性能,降低钢板的性能均匀性。因此,本发明Mn含量控制为0.95~1.20%。

[0009] Ni:是提高钢板的淬透性并显著改善其低温韧性的元素,对冲击韧性和韧脆转变温度有良好的影响。但Ni含量太高时,钢板表面易生成黏性较高的氧化铁皮,难以去除,影响钢板的表面质量。另外,Ni也是贵金属,含量过高会增加成本。因此,本发明将其含量控制在2.4~3.0%,有利于达到最优的性价比。

[0010] Cr:是提高淬透性、增加回火稳定性而有助于钢的强度提高的元素。在C含量较低的情况下,添加适量的Cr,可以保证钢板达到所需的强度,但若添加过量,则将降低材料的韧性同时也降低材料的焊接性能,因此,本发明将其含量控制在0.5~0.8%。

[0011] Mo:显著提高钢的淬透性以使钢在淬火时易形成马氏体。淬火后的钢在较低温度范围回火时,Mo主要以固溶形式存在于钢中,起到固溶强化效果。在低合金钢中添加一定量的Mo会提高其强度而不会恶化其低温冲击性能,但Mo是贵金属,含量过高会增加成本同时也降低材料的焊接性能。本发明中Mo的含量控制在0.4~0.6%。

[0012] Cu:可提高钢板的淬透性和耐大气腐蚀性能,降低钢的氢致裂纹敏感性。但过高的Cu含量不利于钢板的焊接性能,而且也易产生铜脆现象,恶化钢板的表面性能。因此本发明控制Cu含量为0.2~0.4%。

[0013] V:是细化晶粒的元素,也是使V(C,N)弥散析出而显著提高钢强度的元素。但若添加量过高,则将降低材料的韧性和焊接性能,本发明控制其含量在0.03~0.06%。

[0014] Nb:是一种轧制过程中对晶粒细化起显著作用的元素。在再结晶轧制阶段,Nb通过应变诱导析出阻碍形变奥氏体的回复、再结晶从而细化晶粒,这就为大厚度钢板在淬火加回火处理后仍然具有细小的组织提供了基础,有利于提高其韧性。但受C含量的限制及加热温度的影响,过高的Nb无法固溶,同样发挥不了作用而且增加成本。此外,过高的Nb含量对焊接性能有不利的影响。本发明控制其含量 $\leq 0.04\%$ 。

[0015] Al:主要起固氮和脱氧作用。Al与N接合形成AlN可以有效地细化晶粒,但含量过高则含Al的夹杂物(例如氧化铝等)增加会损害钢的韧性。因此,本发明控制其含量在0.06~0.09%。

[0016] B:是提高钢的淬透性最为显著的元素,加入微量B可抑制铁素体在奥氏体晶界上的形核而显著提高钢的淬透性,同时对其它性能无明显影响。B作为贵重合金元素的替代品可改善钢板厚度方向显微组织的均匀性从而提高钢板沿厚度方向性能的均匀性。B含量过

低不利于淬透性的提高,过高则会促进脆性颗粒 $\text{Fe}_{23}(\text{C},\text{B})_6$ 或 FeB 的形成,同时也增大焊接裂纹敏感性使得钢板的焊接性能降低。因此,本发明控制其含量为0.0010~0.0020%。

[0017] S、P:为钢中的有害杂质元素,易形成偏析、夹杂等缺陷。作为杂质元素会给钢板的韧性(特别是钢板芯部的韧性)和焊接热影响区的韧性带来不利的影响,应尽量减少其含量。本发明控制 $P \leq 0.010\%$ 、 $S \leq 0.002\%$,且须通过Ca 处理使夹杂物球化和分布均匀,减少对韧性的不利影响。

[0018] 碳当量 $\text{CEV} (= \text{C} + \text{Mn}/6 + (\text{Cr} + \text{Mo} + \text{V})/5 + (\text{Cu} + \text{Ni})/15)$:是评价钢材焊接性能的一个重要指标。CEV低有利于钢材的焊接性能但不利于在淬火时形成高强度的马氏体组织,CEV高虽有利于马氏体组织的形成,但却会恶化钢材的焊接性能,因此,本发明控制 $\text{CEV} \leq 0.75\%$ 。

[0019] 如上所述的一种屈服强度1000MPa级高韧性高性能均匀性易焊接特厚钢板通过连铸坯来制造是这样实现的:

按所述钢板的化学组成配制冶炼原料,依次经KR铁水预处理、转炉冶炼、LF精炼、RH精炼和直弧形连铸机连铸,连铸时采用15~30℃的钢水过热度, $\leq 0.50\text{m}/\text{min}$ 的拉坯速度,并采用与之相匹配的轻压下量从而生产出高纯净度钢水和厚度在450mm或以上厚度的具有低的中心偏析和疏松、无裂纹且纯净度高的连铸坯(中心偏析:等于或优于C类0.5级,中心疏松:等于或优于0.5级,无中心裂纹、角裂纹和三角区裂纹;夹杂物:A、B、C类粗系 = 0,D类粗系 ≤ 0.5 ;A类细系 ≤ 0.5 ;B类细系 ≤ 0.5 ;C类细系 = 0;D类细系 ≤ 0.5 ;Ds类 ≤ 0.5)。经RH处理之后钢水中的H含量须 $\leq 0.0001\%$ 。

[0020] 连铸完成后对连铸坯加罩缓冷至约 $200 \pm 50^\circ\text{C}$ 出罩以进一步降低其中的H含量从而进一步避免钢板的氢致开裂并确保钢板1/2厚度处的性能。缓冷完成后对连铸坯表面带温清理以确保连铸坯的表面质量同时保证在火焰清理过程中连铸坯表面没有裂纹产生。与公开号为CN104480406A的发明专利采用连铸坯焊接复合形成复合坯作为钢板制造坯料的制造方法相比较,本发明直接采用连铸坯作为坯料来制造特大厚度钢板不仅克服了复合坯工艺制造的复杂性而且也避免了复合坯中复合界面的缺陷致使钢板该处性能的劣化,有利于保证大厚度钢板沿厚度截面上性能的均匀性。

[0021] 将上述处理过的连铸板坯加热至 $1250 \pm 30^\circ\text{C}$ 保温3~4小时,使钢中的合金元素充分固溶,发挥其强韧化作用,保证最终产品的成份及性能的均匀性。连铸坯在保温完成并经高压水除鳞后进行两阶段轧制。第一阶段轧制(粗轧)的开轧温度在 $1100 \pm 50^\circ\text{C}$,总压缩率 $\geq 45\%$,采用沿钢板纵向的强压下轧制。与大厚度钢板常规粗轧单道次约10%的最大压下率相比,本发明要求最大单道次压下率 $\geq 17.5\%$,以保证连铸坯芯部缺陷被充分弥合从而使得大厚度钢板在1/2厚度处的性能得到保证。第二阶段轧制(精轧)开轧温度在 $890 \pm 20^\circ\text{C}$,总压缩率 $\geq 20\%$ 。轧制完成之后实施空冷和矫直。

[0022] 矫直后的钢板在 $600 \sim 650^\circ\text{C}$ 下保温60~80小时后缓慢冷却至 $200 \pm 50^\circ\text{C}$ 出炉空冷至室温以充分降低钢板中的H含量从而保证成品钢板1/2厚度处的性能。

[0023] 将缓冷完成的钢板进行淬火 + 回火处理即获得成品钢板。淬火加热使用连续炉进行,淬火加热温度为 $890 \sim 910^\circ\text{C}$,在炉时间为1.7~2.0min/mm,使用淬压机水淬;淬压机的辊道速度 $\leq 2.3\text{m}/\text{min}$,水流量 $\geq 8500\text{m}^3/\text{h}$,淬火时须将钢板水淬至表面温度 $\leq \sim 100^\circ\text{C}$ 后空冷至室温。回火处理的工艺为:回火温度:200~240℃,在炉时间:钢板到温后按(1~

1.5min/mm) × 钢板厚度(mm)计算的时间保温,出炉后空冷至室温。

[0024] 本发明针对大型工程设备需要高强度、高韧性、高性能均匀性、易焊接的特大厚度钢板的需求,使用优化的化学成分、高的钢水纯净度、优化的连铸工艺生产的高质量(低的中心偏析和疏松、无裂纹)、高纯净度的连铸板坯直接作为坯料,采取控制轧制 + 淬火 + 低温回火的方法制造出满足这一要求的特大厚度的钢板。该钢板的最大厚度为180mm。

[0025] 与现有技术相比,本发明的主要优点在于:

本发明制造的高韧性高性能均匀性易焊接钢板厚度达180mm。所得钢板的屈服强度 $\geq 1000\text{MPa}$,抗拉强度 $\geq 1100\text{MPa}$,延伸率 $\geq 10\%$,在钢板1/4和1/2厚度处的夏比冲击功在 -20°C 均大于80J, -40°C 均大于50J,沿钢板的厚度方向,具有高的性能均匀性。

[0026] 本发明制造的屈服强度1000MPa级的高韧性高性能均匀性易焊接特厚钢板使用连铸坯且不经任何其它加工(例如:将多张板坯经过复合加工形成复合坯)作为坯料来制造,省去了使用模铸钢锭作为坯料在轧制过程中的开坯过程,即省去了开坯加热、开坯轧制和中间坯切割与清理过程,同时,也省去了用复合坯进行制造的板坯复合加工过程,简化了生产工艺,降低了钢板的制造成本,克服了现有技术的不足,在工业化生产时具有明显的优势。

附图说明

[0027] 图1为本发明实施例制造的厚度为180mm钢板沿厚度截面上洛氏硬度的变化;

图2 为实施例制造的厚度为180mm钢板近表面的显微组织;

图3 为实施例制造的厚度为180mm钢板1/4厚度处的显微组织;

图4 为实施例制造的厚度为180mm钢板1/2厚度处的显微组织。

具体实施方式

[0028] 以下结合本发明的较佳实施例对本发明的技术方案作更详细的描述。但应当理解为实施例仅仅是对本发明较佳实施方式的描述,而不能对本发明的保护范围产生任何限制。

[0029] 本实施例涉及的屈服强度1000MPa级高韧性高性能均匀性易焊接特厚钢板厚度为180mm,所包含的成分及质量百分数为:C:0.13%,Si:0.27%,Mn:1.09%,P:0.003%,S:0.0013%,Cr:0.70%,Mo:0.50%,Ni:2.52%,Cu:0.24%,Al:0.078%,V:0.038%,Nb:0.022%,N:0.0035%,B:0.0017%,余量为铁及不可避免的杂质元素,碳当量CEV ($= C + Mn/6 + (Cr + Mo + V)/5 + (Cu + Ni)/15$) = 0.74%,经RH处理后钢水中的H = 0.0009%。

[0030] 该高韧性高性能均匀性易焊接钢板的生产工艺如下:

按上述化学组成配置冶炼原料依次进行KR铁水预处理 - 转炉冶炼 - LF 精炼 - RH 精炼 - 直弧形连铸机连铸(连铸坯厚度:450mm,钢水过热度:17~26°C,拉坯速度:0.43 ~ 0.45m/min,轻压下) - 连铸坯加罩缓冷 - 连铸坯清理 - 加热(保温处理) - 高压水除鳞 - 控轧 - 矫直 - 控制条件下的缓慢冷却 - 淬火 - 回火。

[0031] 进一步地讲,上述加热、控轧、冷却阶段的具体工艺为:将生产的连铸坯(中心偏析:C类0.5级,中心疏松:0.5级,无中心裂纹、角裂纹和三角区裂纹,夹杂物:A、B、C、D类粗系 = 0;A、B、D类细系 = 0.5;C类细系 = 0,Ds类 = 0)加热至1260°C保温3.5小时,出炉后

经高压水除磷处理后进行两阶段全纵向轧制。第一阶段轧制(即粗轧)开轧温度为1130°C,中间坯厚235mm,总压缩率 = 47.8%,最大单道次压下率 = 18.1%;第二阶段轧制(即精轧)开轧温度为890°C,最终板厚180mm,总压缩率 = 23.4%。轧后矫直,然后进行控制条件下的缓慢冷却(将钢板加热至620°C保温72小时后炉冷至~200°C,然后出炉空冷至室温)。

[0032] 缓冷后的钢板进入连续炉淬火加热,加热温度:900°C,在炉时间:1.8min/mm,在辊道速度为1.9m/min、水流量为9000m³/h情况下使用淬压机水淬钢板至表面温度约70°C后空冷至室温。淬火处理后的钢板进行低温回火处理,回火加热温度:220°C,在炉时间:钢板到温后按1.5min/mm × 钢板厚度(mm)计算的时间保温,出炉后空冷至室温。

[0033] 经由上述工艺制造的成品钢板的拉伸和冲击性能如表1所示。它具有高的强度、良好的塑性、高的低温韧性和高的性能均匀性。在1/4和1/2钢板厚度处的屈服强度、抗拉强度、延伸率以及平均冲击功差值小,屈服强度之差为0.67%,抗拉强度之差为1.04%,延伸率之差为29.66%,-20°C平均冲击功之差为11.6%,-40°C平均冲击功之差为9.21%,这表明据此制造的钢板具有高的拉伸和冲击性能均匀性。

[0034]

表 1 实施例制造的厚度为180mm钢板的拉伸和冲击性能

取样位置	屈服强度 (MPa)	抗拉强度 (MPa)	延伸率 (%)	夏比冲击功 (J)				
				温度(°C)	试样 1	试样 2	试样 3	平均
1/4 板厚	1059	1159	14.5	-20	109	102	107	106
				-40	78	86	64	76
1/2 板厚	1066	1147	10.2	-20	97	84	100	93.7
				-40	67	65	75	69

为进一步评估该钢板沿厚度截面上性能的均匀性,也测试和分析了该钢板的洛氏硬度和显微组织在厚度截面上的分布。图1为钢板洛氏硬度的测量结果,可见,在实验误差允许的范围内该特大厚度钢板的洛氏硬度在整个厚度截面上几乎恒定不变,即据此制造的180mm厚钢板具有高的性能均匀性。与此相对照,图2、图3和图4表明在该钢板不同厚度位置处(近表面、1/4和1/2厚度)的显微组织相同,均为回火马氏体,保证了沿厚度截面方向上钢板性能的均匀性。

[0035] 除上述实施例外,本发明还包括有其他实施方式,凡采用等同变换或者等效替换方式形成的技术方案,均应落入本发明权利要求的保护范围之内。

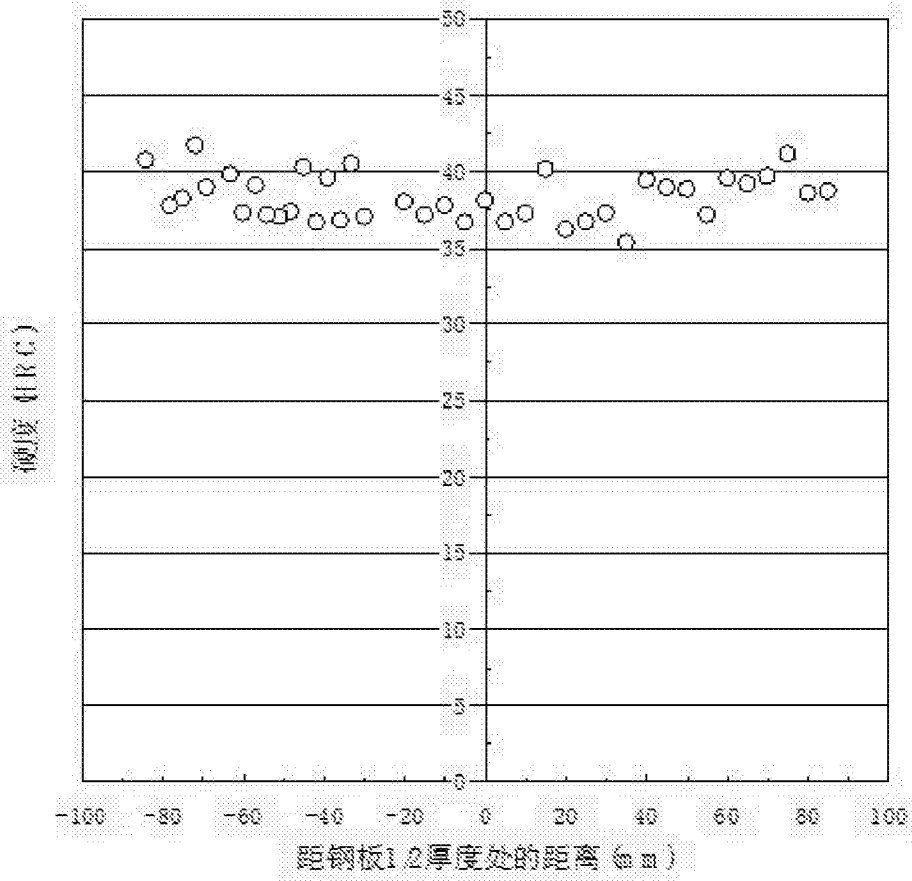


图1

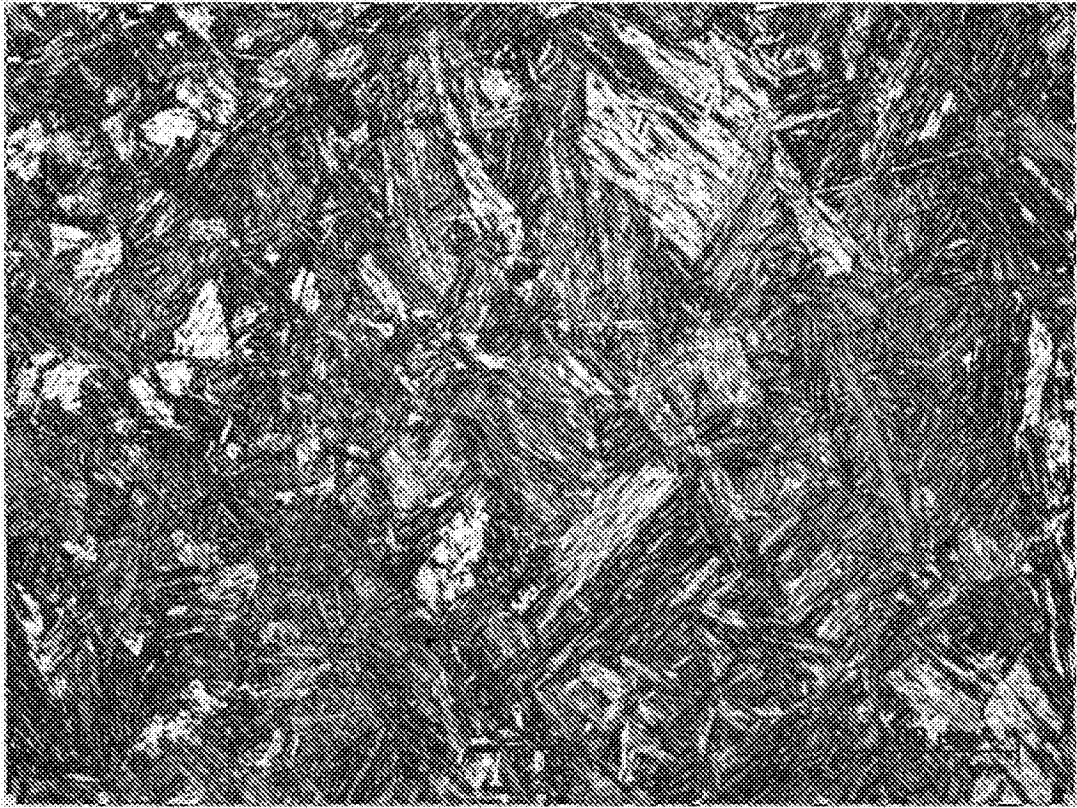


图2

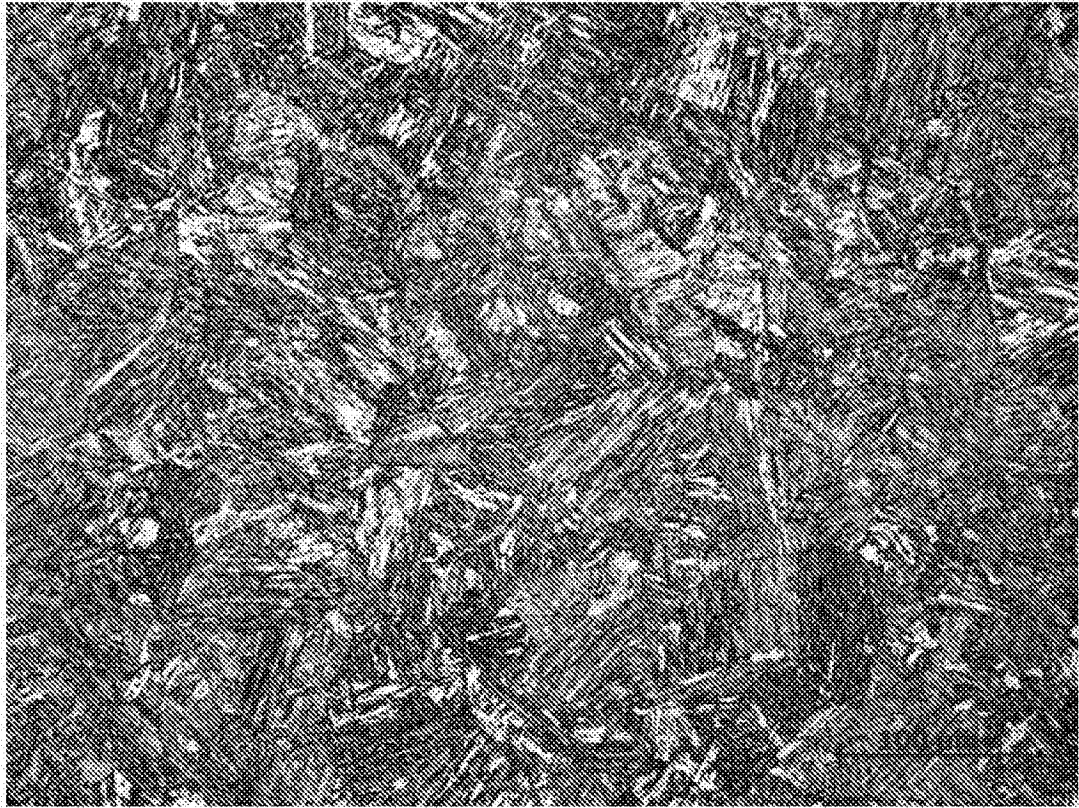


图3

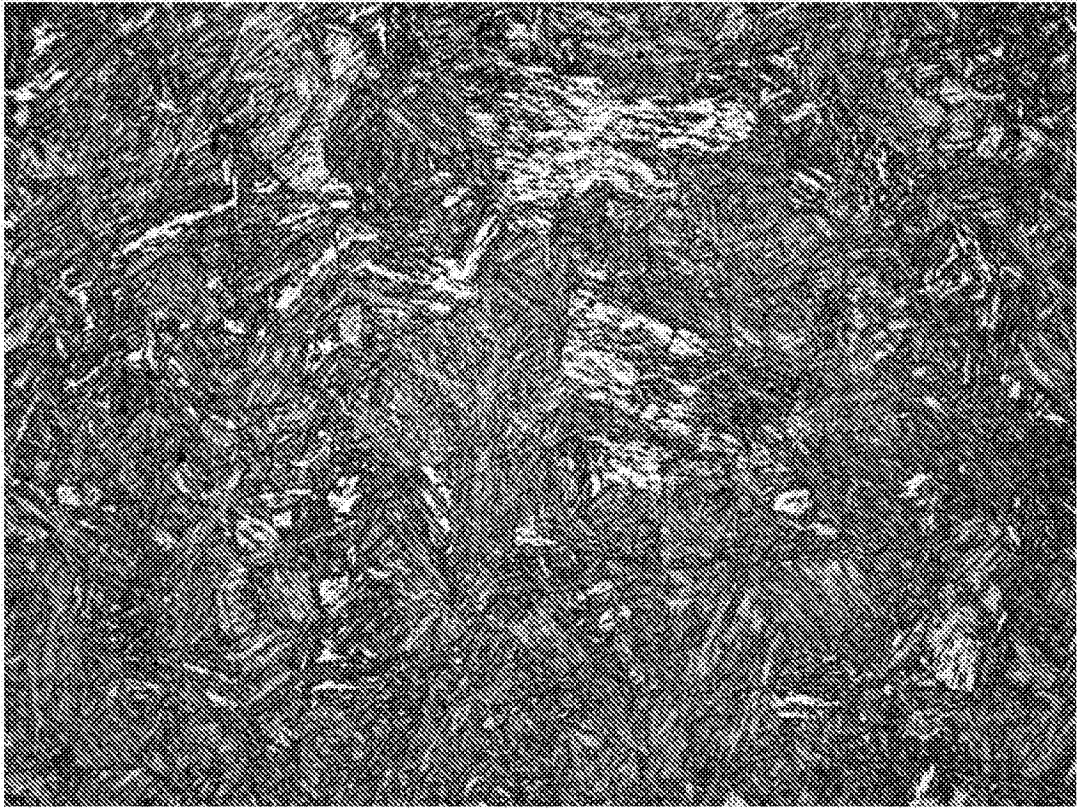


图4