



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103194688 B

(45) 授权公告日 2015. 07. 22

(21) 申请号 201310105180. 5

(22) 申请日 2013. 03. 28

(73) 专利权人 宝山钢铁股份有限公司
地址 201900 上海市宝山区富锦路 885 号

(72) 发明人 华蔚 李红斌 杨晓臻 张涛
徐鼎华

(74) 专利代理机构 上海开祺知识产权代理有限
公司 31114

代理人 竺明

(56) 对比文件

WO 2012/133911 A1, 2012. 10. 04,
CN 102653844 A, 2012. 09. 05, 全文 .
CN 101798654 A, 2010. 08. 11, 全文 .
CN 102505093 A, 2012. 06. 20, 全文 .
CN 102517499 A, 2012. 06. 27, 全文 .

审查员 连速

(51) Int. Cl.

C22C 38/50(2006. 01)

C22C 33/04(2006. 01)

C21D 8/02(2006. 01)

C21D 8/10(2006. 01)

B21C 37/08(2006. 01)

F16L 9/02(2006. 01)

权利要求书1页 说明书7页 附图1页

(54) 发明名称

一种耐磨钢管及其制造方法

(57) 摘要

一种耐磨钢管及其制造方法,其化学成分重量百分比为 :C :0. 28-0. 40%、Si :0. 10-0. 50%、Mn :0. 30-0. 80%、P : ≤ 0. 030%、S : ≤ 0. 030%、Cr :0. 60-1. 30%、Mo :0. 10 ~ 0. 60%、Ni :0. 10 ~ 0. 50%、Al :0. 010-0. 080%、Ti :0. 005-0. 040%、Ca : 0. 0010-0. 0050%、N :0. 0030-0. 0100%, 其余为 Fe 和不可避免的杂质。其制造方法包括冶炼、铸造、热轧、制管、焊接、淬火和回火等步骤。本发明在中碳基础上添加适量合金元素,实现硬度高、焊接性能优异等特点,其典型洛氏硬度为 HRC48 ~ 57 ;适用于工程机械中极易磨损设备,如混凝土泵车输送管等。

CN 103194688 B

1. 一种耐磨钢管,其化学成分的重量百分比为:C:0.28-0.40%、Si:0.10-0.50%、Mn:0.30-0.80%、 $P \leq 0.030\%$ 、 $S \leq 0.030\%$ 、Cr:0.60-1.30%、Mo:0.10 ~ 0.60%、Ni:0.10 ~ 0.50%、Al:0.010-0.080%、Ti:0.005-0.040%、Ca:0.0010-0.0050%、N:0.0030-0.0100%,其余为Fe和不可避免的杂质;耐磨钢管典型洛氏硬度为HRC48 ~ 57。

2. 如权利要求1所述的耐磨钢管,其特征是,其化学成分的重量百分比为:C:0.28-0.38%、Si:0.10-0.40%、Mn:0.30-0.80%、 $P \leq 0.015\%$ 、 $S \leq 0.010\%$ 、Cr:0.70-1.30%、Mo:0.10 ~ 0.50%、Ni:0.10 ~ 0.40%、Al:0.010-0.080%、Ti:0.005-0.040%、Ca:0.0010-0.0050%、N:0.0030-0.0100%,其余为Fe和不可避免的杂质。

3. 如权利要求1或2所述的耐磨钢管的制造方法,包括如下步骤;

1) 冶炼、铸造,按上述成分冶炼并铸造成板坯;

2) 轧制

板坯加热温度1100 ~ 1300°C,第一阶段轧制温度1000 ~ 1150°C,压下率大于80%;第二阶段轧制温度870 ~ 980°C,压下率大于60%;

3) 卷取、冷却

卷取温度720 ~ 850°C,卷取后钢板的冷却速度 $\leq 1.0^\circ\text{C}/\text{s}$;获得钢板的显微组织为细小铁素体+珠光体组织,屈服强度为280 ~ 420MPa、抗拉强度为580 ~ 700MPa、延伸率为25 ~ 35%;

4) 制管成型

采用ERW方式焊接,焊后去毛刺并矫直;焊机采用高频焊接,感应加热模式;

5) 淬火

淬火温度为 $(Ac_3 - 50)^\circ\text{C} \sim (Ac_3 + 100)^\circ\text{C}$;保温时间为10-30min,冷却速度 $\geq 15^\circ\text{C}/\text{s}$;

6) 回火

回火温度为100-300°C,保温时间为10-40min,最终获得耐磨钢管的典型洛氏硬度为HRC48 ~ 57。

4. 如权利要求3所述的耐磨钢管的制造方法,其特征是,所述加热温度为1150-1250°C,第一阶段轧制温度1050 ~ 1150°C,压下率大于80%;第二阶段轧制温度920 ~ 980°C,压下率大于60%。

5. 如权利要求3所述的耐磨钢管的制造方法,其特征是,卷取温度为750 ~ 850°C,卷取后钢板的冷却速度0.05 ~ 1.0°C/s。

6. 如权利要求3所述的耐磨钢管的制造方法,其特征是,制管成型 $\phi 100 \sim \phi 150\text{mm}$,采用高频ERW方式,焊后去毛刺并矫直;焊接工艺参数控制:焊接功率200 ~ 250KW、焊接频率100 ~ 250KHz,生产线速度18 ~ 28米/分。

7. 如权利要求3所述的耐磨钢管的制造方法,其特征是,淬火温度为 $(Ac_3 - 20)^\circ\text{C} \sim (Ac_3 + 80)^\circ\text{C}$,冷却速度 $20^\circ\text{C}/\text{s}$ 。

8. 如权利要求3所述的耐磨钢管的制造方法,其特征是,回火温度为100-250°C。

一种耐磨钢管及其制造方法

技术领域

[0001] 本发明涉及耐磨钢,特别是涉及一种耐磨钢管及其制造方法,其典型洛氏硬度为HRC48~57。

背景技术

[0002] 随着国内工程机械的快速发展,对耐磨系列的钢铁材料需求量越来越大,尤其是近年来发展起来的长臂架混凝土泵车输送管用钢需求量就达数十万吨。

[0003] 尽管我国臂架式混凝土泵车和搅拌运输车近年来有了快速发展,但产品的精细化设计、制造质量的控制能力、产品的稳定性和工艺方面与国外先进企业还有一定差距。特别值得关注的是国产臂架管的耐磨性问题,普遍反映,国内生产的臂架管耐磨度低,更换频繁,给混凝土现场捣注造成很大麻烦。国内生产的臂架耐磨管以无缝管为主,有单层普通无缝管、单层优质无缝管和双层复合冷拔淬硬管。单层普通无缝管,材质20钢,单层结构,成本低、磨损快,更换率高、寿命短。单层优质无缝管,材质45Mn2,单层结构,成本高于普通管,耐磨性优于单层普通无缝管,使用寿命可达1.5万立方。双层复合冷拔淬硬管,材质内管为45Mn2耐磨层,外管为20钢抗裂承载层,使用寿命是单层普通无缝管的4~5倍,3.8~4.2万立方。

[0004] 国外生产的臂架高耐磨管,德国走在前列,其使用寿命可达8万立方以上。其成分设计趋势已经向高碳方向发展,目的是保证耐磨钢管的硬度,达到高耐磨性,延长钢管的使用寿命。

[0005] 高的碳含量虽有益于提高钢板的耐磨性,但过高的碳会导致钢的延伸性和韧性下降,且还会加剧焊接难度,严重恶化了钢的焊接性能。

[0006] 中国专利CN200910012360.2公布了一种用热轧卷板制造耐磨钢管的方法、其成分范围为0.10~0.22%C、0.15~0.70%Si、0.70~1.70%Mn、0.05~0.40%Cr、0.010~0.075%Al、0.01~0.40%Ni、0.10~0.40%Mo、0~0.35%Cu、0~0.050%Nb、0~0.030%Ti、0~0.050%V、0.0005~0.0040%B、<0.0080%N、0~0.0005%Zr、<0.010%S、<0.020%P,其余为Fe。由于该专利目的是提供一种硬度为HBW360-HBW450(约HRC39~47)耐磨钢管,其成分设计思路为低碳低合金成分体系,通过低碳保证钢具有一定的淬硬性,通过锰、钼、硼合金保证钢的淬透性,通过镍、钛、锆等微量元素保证钢的晶粒细化,从而保证钢的韧性和焊接性。其主要用途是用于石油行业和煤矿液压支架缸体上。

发明内容

[0007] 本发明的目的是提供一种耐磨钢管及其制造方法,其典型洛氏硬度为HRC48~57,具有硬度高、焊接性能优异等特点,适用于工程机械中极易磨损设备,如混凝土泵车输送管等。

[0008] 为实现上述目的,本发明的技术方案是:

[0009] 一种耐磨钢管,其化学成分重量百分比为:C:0.28-0.40%、Si:0.10-0.50%、Mn:

0.30-0.80%、P： \leq 0.030%、S： \leq 0.030%、Cr：0.60-1.30%、Mo：0.10 ~ 0.60%、Ni：0.10 ~ 0.50%、Al：0.010-0.080%、Ti：0.005-0.040%、Ca：0.0010-0.0050%、N：0.0030-0.0100%，其余为 Fe 和不可避免的杂质。

[0010] 优选地，C：0.28-0.38%、Si：0.10-0.40%、Mn：0.30-0.80%、P： \leq 0.015%、S： \leq 0.010%、Cr：0.70-1.30%、Mo：0.10 ~ 0.50%、Ni：0.10 ~ 0.40%、Al：0.010-0.080%、Ti：0.005-0.040%、Ca：0.0010-0.0050%、N：0.0030-0.0100%，其余为 Fe 和不可避免的杂质。

[0011] 在本发明耐磨钢管的化学成分设计中：

[0012] 碳：碳是耐磨钢中最基本、最重要的元素，也是最廉价的合金元素，为了达到高硬度、高耐磨性能，本发明钢中碳含量控制范围在 0.28-0.40wt.%。

[0013] 硅：硅固溶在铁素体和奥氏体中提高它们的硬度和强度，然而硅含量过高会导致钢的韧性急剧下降。同时考虑到硅与氧的亲合力比铁强，焊接时容易产生低熔点的硅酸盐，增加熔渣和熔化金属的流动性，影响焊缝品质，因此含量不易过多，本发明中控制硅为 0.10-0.50wt.%。

[0014] 锰：锰强烈增加钢的淬透性，降低耐磨钢转变温度和钢的临界冷却速度。但锰含量较高时，有使晶粒粗化的倾向，并增加钢的回火脆敏感性，而且容易导致铸坯中出现偏析和裂纹，降低钢板的性能，本发明中控制锰含量为 0.30-0.80wt.%。

[0015] 铬：铬可以降低临界冷却速度、提高钢的淬透性。铬在钢中可以形成 $(Fe, Cr)_3C$ 、 $(Fe, Cr)_7C_3$ 和 $(Fe, Cr)_{23}C_7$ 等多种碳化物，提高强度和硬度。铬在回火时能阻止或减缓碳化物的析出与聚集，可以提高钢的回火稳定性，本发明中控制铬含量为 0.60-1.30wt.%。

[0016] 钼：钼元素可以细化晶粒，提高强度和韧性。钼元素在钢中存在于固溶体相和碳化物相中，因此，含钼钢同时具有固溶强化和碳化物弥散强化的作用。此外，钼元素是减小回火脆性的元素，可以提高回火稳定。本发明中控制钼含量为 0.10-0.60wt.%。

[0017] 镍：镍元素能与铁以任何比例互溶，通过细化铁素体晶粒改善钢的低温韧性，并具有明显降低冷脆转变温度的作用。对于高级别且高低温韧性的耐磨钢，镍是十分有益的添加元素。但含量过高易导致钢板表面氧化皮难以脱落，且成本显著增加。本发明中控制镍含量为 0.10-0.50wt.%。

[0018] 铝：铝和钢中氮能形成细小难溶的 AlN 颗粒，细化钢的晶粒。铝可细化钢的晶粒，固定钢中的氮和氧，减轻钢对缺口的敏感性，减小或消除钢的时效现象，并提高钢的韧性，因此含量控制在 0.010-0.080wt.% 范围内。

[0019] 钛：钛是强碳化物形成元素之一，与碳形成细微的 TiC 颗粒。TiC 颗粒细小，分布在晶界，达到细化晶粒的效果，较硬的 TiC 颗粒提高钢的耐磨性。钛能形成细小钛化物颗粒细化晶粒，而铝可以保证细小钛化物颗粒的形成，充分发挥钛的细化晶粒作用。含量控制在 0.005-0.040wt.% 范围内。

[0020] 钙：元素对铸钢中夹杂物的变质具有显著作用，铸钢中加入适量 Ca 元素可将铸钢中的长条状硫化物夹杂转变为球状的 CaS 或 $(Ca, Mn)S$ 夹杂，Ca 所形成的氧化物及硫化物夹杂密度小，易于上浮排除。此外，Ca 元素还显著降低硫在晶界的偏聚，这些都有益于提高铸钢的品质，进而提高钢的性能。含量控制在 0.0010-0.0050wt.%。

[0021] 氮：钢中过多的氮对钢的性能尤其是焊接性能是十分不利的，但控制过严会大幅增加生产成本，因此，含氮量一般控制在 0.0030-0.0100wt.%。

[0022] 磷与硫：在耐磨钢中，硫与磷均为有害元素，它们的含量要严格控制，本发明所涉及及钢种中控制磷含量小于 0.030wt.%；硫含量小于 0.030wt.%。

[0023] 本发明的耐磨钢管的制造方法，包括如下步骤；

[0024] 1) 冶炼、铸造，按上述成分冶炼并铸造成板坯；

[0025] 2) 轧制

[0026] 板坯加热温度 1100 ~ 1300℃，第一阶段轧制温度 1000 ~ 1150℃，压下率大于 80%；第二阶段轧制温度 870 ~ 980℃，压下率大于 60%；

[0027] 3) 卷取、冷却

[0028] 卷取温度 720 ~ 850℃，卷取后钢板的冷却速度 $\leq 1.0^{\circ}\text{C}/\text{s}$ ；获得钢板的显微组织为细小铁素体 + 珠光体组织，屈服强度为 280 ~ 420MPa、抗拉强度为 580 ~ 700MPa、延伸率为 25 ~ 35%；

[0029] 4) 制管成型

[0030] 采用 ERW 方式焊接，焊后去毛刺并矫直；焊机采用高频焊接，感应加热模式；

[0031] 5) 淬火

[0032] 淬火温度为 $(Ac_3 - 50)^{\circ}\text{C} \sim (Ac_3 + 100)^{\circ}\text{C}$ ；保温时间为 10-30min，冷却速度 $\geq 15^{\circ}\text{C}/\text{s}$ ；

[0033] 6) 回火

[0034] 回火温度为 100-300℃，保温时间为 10-40min，最终获得耐磨钢管的典型洛氏硬度为 HRC48 ~ 57。

[0035] 优选地，所述加热温度为 1150-1250℃，能够提高生产效率并防奥氏体晶粒过分长大及钢坯表面严重氧化。

[0036] 第一阶段轧制温度 1050 ~ 1150℃，压下率大于 80%；第二阶段轧制温度 920 ~ 980℃，压下率大于 60%。

[0037] 优选地，卷取温度为 750 ~ 850℃，卷取后钢板的冷却速度 $0.05 \sim 1.0^{\circ}\text{C}/\text{s}$ 。

[0038] 优选地，制管成型 $\phi 100 \sim \phi 150\text{mm}$ ，采用高频 ERW 方式，焊后去毛刺并矫直；焊接工艺参数控制：焊接功率 200 ~ 250KW、焊接频率 100 ~ 250KHz，生产线速度 18 ~ 28 米/分。

[0039] 优选地，淬火温度为 $(Ac_3 - 20)^{\circ}\text{C} \sim (Ac_3 + 80)^{\circ}\text{C}$ ，冷却速度 $20^{\circ}\text{C}/\text{s}$ ，出炉后水冷，有利于细化组织，提高力学性能。

[0040] 优选地，回火温度为 100-250℃，出炉后空冷，有利于提高钢板力学性能。

[0041] 本发明的耐磨钢管与现有技术相比具有如下特点：

[0042] 1、从化学成分上看，本发明的耐磨钢管的合金成分以中碳低合金为主，通过较高的 C 含量 (0.28-0.40%) 保证耐磨钢管具有较高的硬度及耐磨性；控制较低的 Si 和 Mn 含量 (Si :0.10-0.50%、Mn :0.30-0.80%) 来提高钢板的可焊性；通过少量的 Cr、Mo、Ni 等元素来提高钢板淬透性及韧性，保证钢管具有优异的力学性能和耐磨钢性能。另外，本发明不含有 Cu、Nb、V 等合金元素，可以降低合金成本。

[0043] 2、在本发明中，由于碳和合金元素种类和含量合理设计，轧态钢板无需进行退火热处理即可以直接制管，可缩短生产工艺流程，提高生产效率，降低生产成本。

[0044] 3、从产品性能上看，本发明的耐磨钢管硬度较高，可达 HRC48 ~ 57，这主要是较高

的碳含量及适量的合金元素能够提高钢板淬透性,在淬火+回火工艺下得到细化的马氏体组织,进而得到高硬度钢管。另外,回火可以消除淬火态钢管的内应力,使得钢管有较佳的韧性,提高耐磨管的使用性能。

附图说明

[0045] 图 1 为本发明实施例 5 钢板热轧态组织照片;

[0046] 图 2 为本发明实施例 5 钢管淬火+回火态组织照片。

具体实施方式

[0047] 下面用一些实施例对本发明作进一步阐述。这些实施例仅仅是对本发明的一些实施方式的描述,并不对本发明的范围构成任何限制。

[0048] 实施例 1

[0049] 本发明的耐磨钢管的化学成分如表 1 所示。按表 1 所示的化学成分冶炼后将连铸坯或钢锭加热至 1130℃,第一阶段轧制温度 1020℃,压下率 85.5%,第二阶段轧制温度 890℃,压下率 83%,卷取温度 735℃,冷却速度 0.82℃/s,钢板的拉伸性能见表 2 所示。制管、高频 ERW 焊接参数控制:焊接功率 220KW、焊接频率 120~200KHz,生产线速度 25 米/分。

[0050] 焊管淬火温度为 820℃,保温时间为 20min,回火温度为 190℃,保温时间为 25min,回火后空冷,硬度值为 HRC48。

[0051] 实施例 2

[0052] 实施方式同实施例 1,其中连铸坯或钢锭加热温度为 1100℃,第一阶段轧制温度 1000℃,压下率 80%,第二阶段轧制温度 870℃,压下率 71%,卷取温度 720℃,冷却速度 0.70℃/s,钢板的拉伸性能见表 2 所示。制管、高频 ERW 焊接参数控制:焊接功率 220KW、焊接频率 120~200KHz,生产线速度 23 米/分。

[0053] 焊管淬火温度为 835℃,保温时间为 35min,回火温度为 220℃,保温时间为 30min,回火后空冷,硬度值为 HRC49.1。

[0054] 实施例 3

[0055] 实施方式同实施例 1,其中连铸坯或钢锭加热温度为 1160℃,第一阶段轧制温度 1050℃,压下率 85.5%,第二阶段轧制温度 895℃,压下率 88%,卷取温度 750℃,冷却速度 1.0℃/s,钢板的拉伸性能见表 2 所示。制管、高频 ERW 焊接参数控制:焊接功率 235KW、焊接频率 130~230KHz,生产线速度 20 米/分。

[0056] 焊管淬火温度为 855℃,保温时间为 33min,回火温度为 260℃,保温时间为 25min,回火后空冷,硬度值为 HRC50.3。

[0057] 实施例 4

[0058] 实施方式同实施例 1,其中连铸坯或钢锭加热温度为 1200℃,第一阶段轧制温度 1075℃,压下率 86%,第二阶段轧制温度 930℃,压下率 79%,卷取温度 785℃,冷却速度 0.20℃/s,钢板的拉伸性能见表 2 所示。制管、高频 ERW 焊接参数控制:焊接功率 230KW、焊接频率 125~230KHz,生产线速度 20 米/分。

[0059] 焊管淬火温度为 815℃,保温时间为 40min,回火温度为 150℃,保温时间为 40min,

回火后空冷,硬度值为 HRC52.2。

[0060] 实施例 5

[0061] 实施方式同实施例 1,其中连铸坯或钢锭加热温度为 1180℃,第一阶段轧制温度 1045℃,压下率 80.5%,第二阶段轧制温度 905℃,压下率 85%,卷取温度 800℃,冷却速度 0.50℃/s,钢板的拉伸性能见表 2 所示。制管、高频 ERW 焊接参数控制:焊接功率 250KW、焊接频率 150 ~ 250KHz,生产线速度 18 米/分。

[0062] 焊管淬火温度为 800℃,保温时间为 35min,回火温度为 100℃,保温时间为 35min,回火后空冷,硬度值为 HRC53.9。

[0063] 参见图 1,图 1 为本发明实施例 5 钢板热轧态组织照片,为铁素体+珠光体,可以保证钢板具有较佳的强韧性;

[0064] 参见图 2,图 2 为本发明实施例 5 钢管淬火+回火态组织照片,由图可知,热处理后钢管显微组织为细的马氏体,这保证了钢管具有较高的硬度和优异的耐磨性能。

[0065] 实施例 6

[0066] 实施方式同实施例 1,其中连铸坯或钢锭加热温度为 1210℃,第一阶段轧制温度 1100℃,压下率 85%,第二阶段轧制温度 935℃,压下率 60%,卷取温度 815℃,冷却速度 0.05℃/s,钢板的拉伸性能见表 2 所示。制管、高频 ERW 焊接参数控制:焊接功率 230KW、焊接频率 125 ~ 230KHz,生产线速度 21 米/分。

[0067] 焊管淬火加热温度为 810℃,保温时间为 25min,回火温度为 300℃,保温时间为 15min,回火后空冷,硬度值为 HRC55.3。

[0068] 实施例 7

[0069] 实施方式同实施例 1,其中连铸坯或钢锭加热温度为 1300℃,第一阶段轧制温度 1150℃,压下率 83.5%,第二阶段轧制温度 980℃,压下率 73%,卷取温度 850℃,冷却速度 0.01℃/s,钢板的拉伸性能见表 2 所示。制管、高频 ERW 焊接参数控制:焊接功率 200KW、焊接频率 100 ~ 230KHz,生产线速度 28 米/分。

[0070] 焊管淬火加热温度为 825℃,保温时间为 35min,回火温度为 200℃,保温时间为 40min,回火后空冷,硬度值为 HRC57.0。

[0071] 表 1 单位:重量百分比

[0072]

| | C | Si | Mn | P | S | Cr | Mo | Ni | Al | Ti | Ca | N | 其他元素 |
|-------|------|------|------|-------|-------|------|------|------|-------|-------|--------|--------|-------------------------------------|
| 实施例 1 | 0.28 | 0.50 | 0.72 | 0.015 | 0.011 | 0.98 | 0.45 | 0.23 | 0.080 | 0.028 | 0.0015 | 0.0100 | / |
| 实施例 2 | 0.30 | 0.27 | 0.80 | 0.030 | 0.010 | 1.30 | 0.52 | 0.37 | 0.044 | 0.015 | 0.0023 | 0.0073 | / |
| 实施例 3 | 0.32 | 0.31 | 0.56 | 0.010 | 0.030 | 1.22 | 0.69 | 0.25 | 0.056 | 0.005 | 0.0050 | 0.0045 | / |
| 实施例 4 | 0.34 | 0.35 | 0.30 | 0.016 | 0.009 | 0.77 | 0.33 | 0.36 | 0.037 | 0.033 | 0.0028 | 0.0038 | / |
| 实施例 5 | 0.36 | 0.10 | 0.42 | 0.011 | 0.013 | 0.60 | 0.28 | 0.44 | 0.010 | 0.040 | 0.0010 | 0.0062 | / |
| 实施例 6 | 0.38 | 0.33 | 0.38 | 0.017 | 0.008 | 0.71 | 0.10 | 0.50 | 0.036 | 0.018 | 0.0032 | 0.0030 | / |
| 实施例 7 | 0.40 | 0.26 | 0.36 | 0.015 | 0.005 | 0.83 | 0.22 | 0.42 | 0.029 | 0.023 | 0.0025 | 0.0045 | / |
| 对比例 1 | 0.15 | 0.20 | 1.45 | 0.012 | 0.003 | 0.18 | 0.16 | 0.16 | 0.034 | 0.019 | / | 0.0042 | 0.005V, 0.010Nb, 0.25Cu, 0.0013B |

[0073] 力学性能试验：

[0074] 对本发明实施例 1-7 的高硬度耐磨钢管及对比例 1 (专利 CN101602079) 的力学性

能见表 2。

[0075] 表 2

[0076]

| | 热轧钢板(控轧控冷) | | | | 淬火+回火态 |
|-------|--------------------|-------------------|---------------|------------------------|---------------------|
| | 屈服强度 ReH MPa | 抗拉强度 Rm MPa | 延伸率 A % | 弯曲性能 180°冷弯 d=2a | 钢管硬度 HRC |
| 实施例 1 | 338 | 597 | 32 | 合格 | 48 |
| 实施例 2 | 362 | 606 | 31 | 合格 | 49.1 |
| 实施例 3 | 450 | 657 | 25 | 合格 | 50.3 |
| 实施例 4 | 432 | 679 | 28 | 合格 | 52.2 |
| 实施例 5 | 486 | 700 | 27 | 合格 | 53.9 |
| 实施例 6 | 350 | 620 | 32 | 合格 | 55.3 |
| 实施例 7 | 280 | 590 | 35 | 合格 | 57 |
| 对比例 1 | -- | -- | -- | -- | 400HBW (约 43HRC) |

[0077] 从表 2 可以看出,本发明实施例 1-7 耐磨钢管洛氏硬度为 HRC48-57,明显高于与对比例 1 钢的硬度。

[0078] 综上所述,本发明在中碳基础上添加适量合金元素,实现硬度高、焊接性能优异等特点,其典型洛氏硬度为 HRC48 ~ 57;适用于工程机械中极易磨损设备,适用于工程机械中极易磨损设备,如混凝土泵车输送管等。

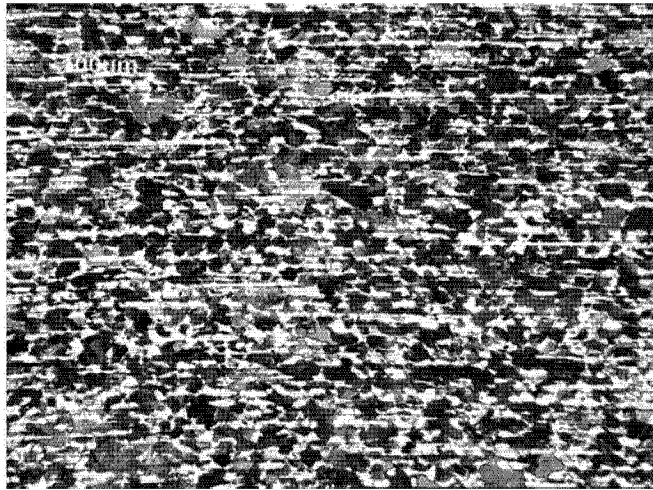


图 1

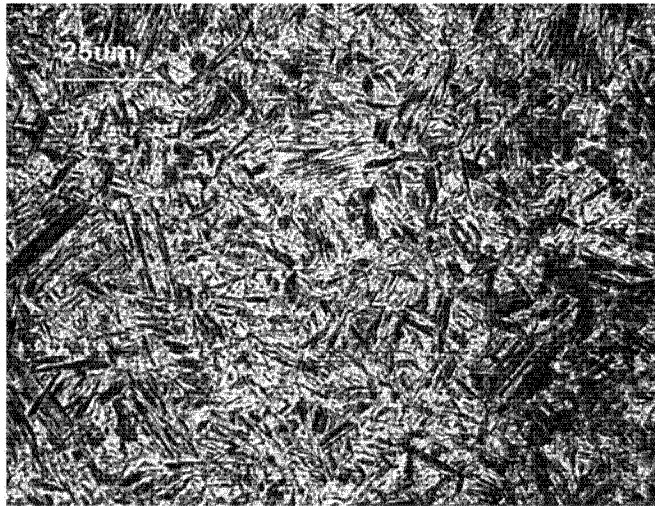


图 2