



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102776445 A

(43) 申请公布日 2012. 11. 14

(21) 申请号 201210264050. 1

C22C 38/58 (2006. 01)

(22) 申请日 2012. 07. 27

C21D 8/10 (2006. 01)

C21D 1/18 (2006. 01)

(71) 申请人 攀枝花贝氏体耐磨管道有限公司

地址 617000 四川省攀枝花市仁和区攀枝花
大道南段 356 号

(72) 发明人 刘文利 刘鑫

(74) 专利代理机构 成都信博专利代理有限责任
公司 51200

代理人 舒启龙

(51) Int. Cl.

C22C 38/18 (2006. 01)

C22C 38/38 (2006. 01)

C22C 38/24 (2006. 01)

C22C 38/34 (2006. 01)

C22C 38/40 (2006. 01)

C22C 38/46 (2006. 01)

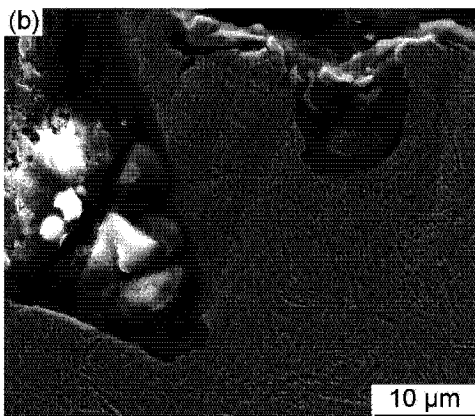
权利要求书 1 页 说明书 6 页 附图 4 页

(54) 发明名称

一种浆体输送用下贝氏体耐磨钢管及其制造
方法

(57) 摘要

本发明公开一种浆体输送用下贝氏体耐磨钢管及其制造方法,其主要成分质量百分比为 :C : 0. 01~0. 50wt%, Mn :1. 2~5. 0wt%, Cr :0. 2~1. 8wt%, 余量为 Fe ;将上述主要成分合金化后,经过转炉-精炼-连铸成圆坯后,在线或离线轧制制管,空冷或加速冷却后得到下贝氏体为主组织,经过低温回火获或自然冷却或控制冷却速度到常温得上述下贝氏体耐磨钢管。采用本发明钢的合金成分和加工工艺,解决了国际国内复合管道 2 层结构的难题,解决了浆体管道长距离输送原来采用 X 系列管线钢不耐磨的问题。



1. 一种浆体输送用下贝氏体耐磨钢管,其特征在于,其主要成分质量百分比为:C:0.01~0.50wt%,Mn:1.2~5.0wt%,Cr:0.2~1.8wt%,余量为Fe。

2. 根据权利要求1所述的浆体输送用下贝氏体耐磨钢管,其特征在于,其主要成分还包括Al:0.001-0.1wt%,Si:0.01-2.0wt%,Ni:0.1-1.0wt%和/或V:0.01-1.0wt%。

3. 根据权利要求1所述的浆体输送用下贝氏体耐磨钢管,其特征在于,其主要成分还包括B:0.001-0.1wt%,Ti:0.01-1.0wt%和/或Nb:0.001-0.1wt%。

4. 根据权利要求1所述的浆体输送用下贝氏体耐磨钢管,其特征在于,其主要成分还包括N:0.001-0.1wt%,Cu:0.01-0.5wt%,B:0.001-0.1wt%和/或Re:0.001-1.0wt%。

5. 根据权利要求1所述的浆体输送用下贝氏体耐磨钢管,其特征在于,其主要成分还包括Ca:0.001-0.1wt%,Mo:0.01-1.0wt%。

6. 根据1-5任一权利要求所述的浆体输送用下贝氏体耐磨钢管,其特征在于,所述下贝氏体耐磨钢管性能硬度HRC20-80,冲击韧性V型缺口大于30J/cm²,抗拉强度500-3500MPa,屈服强度300-2500MPa。

7. 一种权利要求6所述浆体输送用下贝氏体耐磨钢管的制造方法,其特征在于,将上述主要成分合金化后,经过转炉-精炼-连铸成圆坯后,在线或离线轧制制管,空冷或加速冷却后得到下贝氏体为主组织,经过低温回火获或自然冷却或控制冷却速度到常温得上述下贝氏体耐磨钢管。

8. 根据权利要求7所述的浆体输送用下贝氏体耐磨钢管的制造方法,其特征在于,所述低温回火为:经过冶炼、热轧,冷却到150-400℃,保温1~48小时后再自然冷却到常温。

9. 根据权利要求7所述的浆体输送用下贝氏体耐磨钢管的制造方法,其特征在于,所述低温回火为:经过冶炼、热轧,冷却到常温后,再150-400℃保温1~48小时后再自然冷却常温。

10. 一种权利要求7所述浆体输送用下贝氏体耐磨钢管的制造方法,其特征在于,将上述主要成分合金化后,经过转炉-精炼-连铸成圆坯后,将圆坯在1200~1350℃保温均匀化后,在1250~1000℃穿孔连轧,在800~1000℃定径;轧制后直接进行空冷,或控制冷却速度,或者加速冷却;冷却至常温后,在150-400℃进行回火或不回火。

一种浆体输送用下贝氏体耐磨钢管及其制造方法

技术领域

[0001] 本发明涉及浆体耐磨钢管材,特别是下贝氏体为主组织的耐磨钢管。同时本发明还涉及上述耐磨钢管材的生产、制造方法。

背景技术

[0002] 输送浆体一般是水和气做动力来带动物料运输,物料大小不一,要求管道必须耐磨和耐压。在国际国内浆体输送行业一般采用复合管道,普通 Q235 钢管做外套,里面衬一层耐磨材料。外层钢管用来承压连接管道长短距离,里面一层用来耐磨。

[0003] 耐磨钢管广泛应用到电力、冶金、矿山、煤炭等行业用以运输沙石,煤粉,灰渣等磨削性颗粒物料;浆体输送属于冲蚀和滑动磨损,滑动和冲蚀对高硬度低韧性材料会造成裂纹,其工作环境要求耐磨钢管具有高硬度、高韧性以获得良好的耐磨性能。但是一般而言,韧性随着硬度的提高而发生恶化,因此目前,一般采用 X 系列管线钢,复合耐磨管道和内壁硬化的方法来制造耐磨钢管,但是这种方法工艺复杂,成本较高,强韧性配合不理想。下贝氏体钢具有较高的强韧性配合。可以应用于耐磨钢管等领域,解决目前浆体管道存在的耐磨技术问题。

发明内容

[0004] 鉴于此,本发明目的在于提供一种既耐压又耐磨的合金管道,以及该管道的制造方法。

[0005] 为解决以上技术问题,本发明提供的技术方案是,提供一种浆体输送用下贝氏体耐磨钢管,其主要成分质量百分比为 :C :0.01~0.50wt%, Mn :1.2~5.0wt%, Cr :0.2~1.8wt%, P :0.001-0.1wt%, S :0.001-0.1wt%。余量为 Fe。不可避免地,在生产过程中会掺入杂质。

[0006] 优选地,其主要成分还包括 Si :0.01-2.0wt%。根据需要,在上述成分中,选择添加 0.01wt%、1wt%、2.0wt% 的 Si。

[0007] 优选地,其主要成分还包括 Ni :0.1-1.0wt%。根据需要,在上述成分中,选择添加 0.1wt%、0.5wt%、1.0wt% 的 Ni。

[0008] 优选地,其主要成分还包括 V :0.01-1.0wt%。根据需要,在上述成分中,选择添加 0.1wt%、0.5wt%、1.0wt% 的 V。

[0009] 优选地,其主要成分还包括 Al :0.001-0.1wt%。根据需要,在上述成分中,选择添加 0.001wt%、0.01wt%、0.1wt% 的 Al。

[0010] 优选地,其主要成分还包括 Ti :0.01-1.0wt%。根据需要,在上述成分中,选择添加 0.1wt%、0.5wt%、1.0wt% 的 Ti。

[0011] 优选地,其主要成分还包括 Nb :0.001-0.1wt%。根据需要,在上述成分中,选择添加 0.001wt%、0.01wt%、0.1wt% 的 Nb。

[0012] 优选地,其主要成分还包括 N :0.001-0.1wt%。根据需要,在上述成分中,选择添加 0.001wt%、0.01wt%、0.1wt% 的 N。

[0013] 优选地,其主要成分还包括 Cu :0.01-0.5wt%。根据需要,在上述成分中,选择添加 0.01wt%、0.25wt%、0.5wt% 的 Cu。

[0014] 优选地,其主要成分还包括 B :0.001-0.1wt%。根据需要,在上述成分中,选择添加 0.001wt%、0.01wt%、0.1wt% 的 B。

[0015] 优选地,其主要成分还包括 Re :0.001-0.1wt%。根据需要,在上述成分中,选择添加 0.001wt%、0.01wt%、0.1wt% 的 Re。

[0016] 优选地,其主要成分还包括 Ca :0.001-0.1wt%。根据需要,在上述成分中,选择添加 0.001wt%、0.01wt%、0.1wt% 的 Ca。

[0017] 优选地,其主要成分还包括 Mo :0.1-1.0wt%。根据需要,在上述成分中,选择添加 0.1wt%、0.5wt%、1.0wt% 的 Mo。

[0018] 进一步地,上述下贝氏体耐磨钢管性能硬度 HRC20-80,冲击韧性 V 型缺口大于 30J/cm²,抗拉强度 500-3500MPa,屈服强度 300-2500MPa。HRC 是采用 150Kg 载荷和金刚石锥压入器求得的硬度,用于硬度很高的材料。其测量方法是,在规定的的外加载荷下,将钢球或金刚石压头垂直压入待试材料的表面,产生凹痕,根据载荷解除后的凹痕深度,利用洛氏硬度计算公式 $HR = (K - H) / C$ 便可以计算出洛氏硬度。洛氏硬度值显示在硬度计的表盘上,可以直接读取。冲击韧性是反映金属材料对外来冲击负荷的抵抗能力。屈服强度是金属材料发生屈服现象时的屈服极限,亦即抵抗微量塑性变形的应力。抗拉强度是材料在拉伸断裂前所能够承受的最大拉应力。

[0019] 本发明还提供了上述浆体输送用下贝氏体耐磨钢管的制造方法,其制造步骤是将上述主要成分合金化后,经过转炉-精炼-连铸成圆坯后,在线或离线轧制制管,空冷或加速冷却后得到下贝氏体为主组织,经过低温回火获或自然冷却到常温得上述下贝氏体耐磨钢管。

[0020] 优选地,所述低温回火为:经过冶炼、热轧,冷却到 150-400℃,保温 1~48 小时后再自然冷却到常温。

[0021] 优选地,所述低温回火为:经过冶炼、热轧,冷却到常温后,再 150-400℃保温 1~48 小时后再自然冷却常温。

[0022] 具体地说,上述浆体输送用下贝氏体耐磨钢管的制造方法的制造步骤是将上述主要成分合金化后,经过转炉-精炼-连铸成圆坯后,将圆坯在 1200~1350℃保温均匀化后,在 1250~1000℃穿孔连轧,在 800~1000℃定径;轧制后直接进行空冷,或者加速冷却;冷却至常温后,在 150-400℃进行回火,也可以选择不回火。

[0023] 与现有技术相比,合金成本较低,碳当量(C_{eq}%) 较低。碳有利于改善耐磨钢管的耐磨性能,但是对韧性不利,因此控制在 0.01~0.50wt% 之间;锰由于其溶质拖拽和类拖拽作用,是提高贝氏体淬透性最有效的元素之一,同时成本低廉,因此本发明专利将锰作为主要合金元素;铬和锰相互作用可以促进锰的拖拽和类拖拽效应,促进下贝氏体的形成,但是其对焊接性能不利,因此控制 Cr 在 0.2~1.8wt% 之间。本发明所述浆体输送用下贝氏体耐磨钢管性能硬度 HRC20-80,冲击韧性 V 型缺口大于 30J/cm²,抗拉强 500-3500MPa,屈服强度 300-2500MPa,反应了本发明所述贝氏体耐磨钢管的良好的强韧性以及及耐磨性、耐腐蚀性,并且具备优良焊接性。

[0024] 本发明制造方法使用了低温回火工艺,低温回火温度是保持较高的硬度值,提高

残余奥氏体的稳定性,改善其韧性的重要条件。回火温度的选择是根据性能需求决定的,根据不同的性能需求,选择不同温度的低温回火。在本发明所选择的温度范围内回火不但可以减小相变应力,同时可以增加残余奥氏体的稳定性。研究表明在 150~400℃之间回火,残余奥氏体的稳定性增加,这有利于改善耐磨钢的冲击韧性。

[0025] 本发明采用钢的合金成分和加工工艺,解决了国际国内复合管道 2 层结构的难题,解决了浆体管道长距离输送原来采用 X 系列管线钢不耐磨的问题。

附图说明

[0026] 图 1 贝氏体耐磨钢失稳图,应变量 0.2。

[0027] 图 2 贝氏体耐磨钢失稳图,应变量 0.3。

[0028] 图 3 贝氏体耐磨钢失稳图,应变量 0.6。

[0029] 图 4 贝氏体耐磨钢失稳图,应变量 0.7。

[0030] 图 5 贝氏体耐磨钢的冲击磨损面大的塑性变形图。

具体实施方式

[0031] 因铸造工艺的温度、及回火工艺具有一个可调整的范围,故浆体输送用下贝氏体耐磨钢管的机械性能有一定的误差。

[0032] 实施例 1

本实施例中所描述的浆体输送用下贝氏体耐磨钢管,其主要成分为 C、Mn、Cr 和 Fe。按质量百分比计 :C :0.01wt%,Mn :1.2wt%,Cr :0.5wt%,余量为 Fe。需要说明的是,在生产过程中不可不免地会掺入一些杂质。该浆体输送用下贝氏体耐磨钢管性能硬度 HRC22.5,冲击韧性 V 型缺口大于 100J/cm²,抗拉强 850MPa,屈服强度 550MPa。

[0033] 实施例 2

本实施例中所描述的浆体输送用下贝氏体耐磨钢管,其主要成分为 C、Mn、Cr 和 Fe。按质量百分比计 :C :0.50wt%,Mn :5.0wt%,Cr :1.8wt%,余量为 Fe。需要说明的是,在生产过程中不可不免地会掺入一些杂质。该浆体输送用下贝氏体耐磨钢管性能硬度 HRC70,冲击韧性 V 型缺口大于 30J/cm²,抗拉强 2500MPa,屈服强度 2000MPa。

[0034] 实施例 3

本实施例中所描述的浆体输送用下贝氏体耐磨钢管,其主要成分为 C、Mn、Cr 和 Fe。按质量百分比计 :C :0.05wt%,Mn :3wt%,Cr :1wt%,P :0.001wt%,余量为 Fe。需要说明的是,在生产过程中不可不免地会掺入一些杂质。该浆体输送用下贝氏体耐磨钢管性能硬度 HRC25,冲击韧性 V 型缺口大于 50J/cm²,抗拉强 900MPa,屈服强度 450MPa。

[0035] 实施例 4

本实施例中所描述的浆体输送用下贝氏体耐磨钢管,其主要成分为 C、Mn、Cr 和 Fe。按质量百分比计 :C :0.2wt%,Mn :1.5wt%,Cr :0.8wt%,Si :0.01wt%,余量为 Fe。需要说明的是,在生产过程中不可不免地会掺入一些杂质。该浆体输送用下贝氏体耐磨钢管性能硬度 HRC35,冲击韧性 V 型缺口大于 40J/cm²,抗拉强 1000MPa,屈服强度 750MPa。

[0036] 实施例 5

本实施例中所描述的浆体输送用下贝氏体耐磨钢管,其主要成分为 C、Mn、Cr 和 Fe。按

质量百分比计 :C :0.3wt%, Mn :2wt%, Cr :1.5wt%, Ni :0.1wt%, 余量为 Fe。需要说明的是,在生产过程中不可不等地会掺入一些杂质。该浆体输送用下贝氏体耐磨钢管性能硬度 HRC45, 冲击韧性 V 型缺口大于 30J/cm², 抗拉强 1150MPa, 屈服强度 900MPa。

[0037] 实施例 6

本实施例中所描述的浆体输送用下贝氏体耐磨钢管,其主要成分为 C、Mn、Cr 和 Fe。按质量百分比计 :C :0.01wt%, Mn :5.0wt%, Cr :1.8wt%, V :0.01wt%, 余量为 Fe。需要说明的是,在生产过程中不可不等地会掺入一些杂质。该浆体输送用下贝氏体耐磨钢管性能硬度 HRC25, 冲击韧性 V 型缺口大于 100J/cm², 抗拉强 700MPa, 屈服强度 500MPa。

[0038] 实施例 7

本实施例中所描述的浆体输送用下贝氏体耐磨钢管,其主要成分为 C、Mn、Cr 和 Fe。按质量百分比计 :C :0.50wt%, Mn :1.2wt%, Cr :0.2wt%, Al :0.001wt%, 余量为 Fe。需要说明的是,在生产过程中不可不等地会掺入一些杂质。该浆体输送用下贝氏体耐磨钢管性能硬度 HRC74, 冲击韧性 V 型缺口大于 10J/cm², 抗拉强 2231MPa, 屈服强度 1890MPa。

[0039] 实施例 8

本实施例中所描述的浆体输送用下贝氏体耐磨钢管,其主要成分为 C、Mn、Cr 和 Fe。按质量百分比计 :C :0.50wt%, Mn :5.0wt%, Cr :0.2wt%, Ti :0.01wt%, 余量为 Fe。需要说明的是,在生产过程中不可不等地会掺入一些杂质。该浆体输送用下贝氏体耐磨钢管性能硬度 HRC76, 冲击韧性 V 型缺口大于 10J/cm², 抗拉强 2701MPa, 屈服强度 2000MPa。

[0040] 实施例 9

本实施例中所描述的浆体输送用下贝氏体耐磨钢管,其主要成分为 C、Mn、Cr 和 Fe。按质量百分比计 :C :0.01wt%, Mn :5.0wt%, Cr :0.2wt%, Nb :0.001wt%, 余量为 Fe。需要说明的是,在生产过程中不可不等地会掺入一些杂质。该浆体输送用下贝氏体耐磨钢管性能硬度 HRC25, 冲击韧性 V 型缺口大于 100J/cm², 抗拉强 751MPa, 屈服强度 570MPa。

[0041] 实施例 10

本实施例中所描述的浆体输送用下贝氏体耐磨钢管,其主要成分为 C、Mn、Cr 和 Fe。按质量百分比计 :C :0.50wt%, Mn :5.0wt%, Cr :1.8wt%, N :0.001wt%, 余量为 Fe。需要说明的是,在生产过程中不可不等地会掺入一些杂质。该浆体输送用下贝氏体耐磨钢管性能硬度 HRC71, 冲击韧性 V 型缺口大于 10J/cm², 抗拉强 2250MPa, 屈服强度 1900MPa。

[0042] 实施例 11

本实施例中所描述的浆体输送用下贝氏体耐磨钢管,其主要成分为 C、Mn、Cr 和 Fe。按质量百分比计 :C :0.01wt%, Mn :1.2wt%, Cr :0.2wt%, Cu :0.01wt%, 余量为 Fe。需要说明的是,在生产过程中不可不等地会掺入一些杂质。该浆体输送用下贝氏体耐磨钢管性能硬度 HRC25, 冲击韧性 V 型缺口大于 100J/cm², 抗拉强 750MPa, 屈服强度 500MPa。

[0043] 实施例 12

本实施例中所描述的浆体输送用下贝氏体耐磨钢管,其主要成分为 C、Mn、Cr 和 Fe。按质量百分比计 :C :0.05wt%, Mn :1.5wt%, Cr :1.4wt%, B :0.001wt%, 余量为 Fe。需要说明的是,在生产过程中不可不等地会掺入一些杂质。该浆体输送用下贝氏体耐磨钢管性能硬度 HRC24, 冲击韧性 V 型缺口大于 100J/cm², 抗拉强 1000MPa, 屈服强度 760MPa。

[0044] 实施例 13

本实施例中所述的浆体输送用下贝氏体耐磨钢管,其主要成分为 C、Mn、Cr 和 Fe。按质量百分比计 :C :0.08wt%, Mn :3.5wt%, Cr :0.9wt%, Re :0.001wt%, 余量为 Fe。需要说明的是,在生产过程中不可不免地会掺入一些杂质。该浆体输送用下贝氏体耐磨钢管性能硬度 HRC27,冲击韧性 V 型缺口大于 100J/cm²,抗拉强 1200MPa,屈服强度 700MPa。

[0045] 实施例 14

本实施例中所述的浆体输送用下贝氏体耐磨钢管,其主要成分为 C、Mn、Cr 和 Fe。按质量百分比计 :C :0.01wt%, Mn :1.2wt%, Cr :0.2wt%, Ca :0.001wt%, 余量为 Fe。需要说明的是,在生产过程中不可不免地会掺入一些杂质。该浆体输送用下贝氏体耐磨钢管性能硬度 HRC28,冲击韧性 V 型缺口大于 100J/cm²,抗拉强 800MPa,屈服强度 400MPa。

[0046] 实施例 15

本实施例中所述的浆体输送用下贝氏体耐磨钢管,其主要成分为 C、Mn、Cr 和 Fe。按质量百分比计 :C :0.50wt%, Mn :5.0wt%, Cr :1.8wt%, Mo :0.01wt%, 余量为 Fe。需要说明的是,在生产过程中不可不免地会掺入一些杂质。该浆体输送用下贝氏体耐磨钢管性能硬度 HRC78,冲击韧性 V 型缺口大于 10J/cm²,抗拉强 3000MPa,屈服强度 2470MPa。

[0047] 实施例 16

本实施例中所述的浆体输送用下贝氏体耐磨钢管,其主要成分为 C、Mn、Cr 和 Fe。按质量百分比计 :C :0.50wt%, Mn :1.2wt%, Cr :0.2wt%, S :0.001wt%, 余量为 Fe。需要说明的是,在生产过程中不可不免地会掺入一些杂质。该浆体输送用下贝氏体耐磨钢管性能硬度 HRC76,冲击韧性 V 型缺口大于 10J/cm²,抗拉强 2980MPa,屈服强度 2240MPa。

[0048] 实施例 17

本实施例中所述的浆体输送用下贝氏体耐磨钢管,其主要成分为 C、Mn、Cr 和 Fe。按质量百分比计 :C :0.01wt%, Mn :1.2wt%, Cr :1.8wt%, P :0.001wt%, Si :2.0wt%, Ni :1.0wt%, V :1.0wt%, 余量为 Fe。需要说明的是,在生产过程中不可不免地会掺入一些杂质。该浆体输送用下贝氏体耐磨钢管性能硬度 HRC23,冲击韧性 V 型缺口大于 100J/cm²,抗拉强 908MPa,屈服强度 500MPa。

[0049] 实施例 18

本实施例中所述的浆体输送用下贝氏体耐磨钢管,其主要成分为 C、Mn、Cr 和 Fe。按质量百分比计 :C :0.01wt%, Mn :5.0wt%, Cr :1.8wt%, Al :0.1wt%, Ti :1.0wt%, Nb :0.1wt%, 余量为 Fe。需要说明的是,在生产过程中不可不免地会掺入一些杂质。该浆体输送用下贝氏体耐磨钢管性能硬度 HRC25,冲击韧性 V 型缺口大于 100J/cm²,抗拉强 750MPa,屈服强度 500MPa。

[0050] 实施例 19

本实施例中所述的浆体输送用下贝氏体耐磨钢管,其主要成分为 C、Mn、Cr 和 Fe。按质量百分比计 :C :0.50wt%, Mn :5.0wt%, Cr :1.8wt%, N :0.1wt%, Cu :0.5wt%, B :0.1wt%, Re :1.0wt%, 余量为 Fe。需要说明的是,在生产过程中不可不免地会掺入一些杂质。该浆体输送用下贝氏体耐磨钢管性能硬度 HRC75,冲击韧性 V 型缺口大于 10J/cm²,抗拉强 2340MPa,屈服强度 1900MPa。

[0051] 实施例 20

本实施例描述的是实施例 1 至 19 所述的任一浆体输送用下贝氏体耐磨钢管以及符合

本发明权利要求所要求保护的范围内的任一贝氏体耐磨钢管的制造方法,将主要成分合金化后,经过转炉-精炼-连铸成圆坯后,将圆坯在 1200℃保温均匀化后,在 1250℃穿孔连轧,在 850℃定径;轧制后直接进行空冷,冷却到 250℃左右,保温 5 小时后再自然冷却到常温。

[0052] 实施例 21

本实施例描述的是实施例 1 至 19 所述的任一浆体输送用下贝氏体耐磨钢管以及符合本发明权利要求所要求保护的范围内的任一贝氏体耐磨钢管的制造方法,将主要成分合金化后,经过转炉-精炼-连铸成圆坯后,将圆坯在 1250℃保温均匀化后,在 1100℃穿孔连轧,在 950℃定径;轧制后直接进行空冷,冷却到 280℃左右,保温 4 小时后再自然冷却到常温。

[0053] 实施例 22

本实施例描述的是实施例 1 至 19 所述的任一浆体输送用下贝氏体耐磨钢管以及符合本发明权利要求所要求保护的范围内的任一贝氏体耐磨钢管的制造方法,将主要成分合金化后,经过转炉-精炼-连铸成圆坯后,将圆坯在 1300℃保温均匀化后,在 1150℃穿孔连轧,在 900℃定径;轧制后加速冷却到 230℃,保温 6 小时后再自然冷却常温。

[0054] 以下结合图 1 至图 4 对本发明进行说明。混晶组织对钢的冲击韧性有不利的影响,为了保证其较高的冲击韧性,需要避免混晶组织的出现。因此申请人通过 gleeble-1500D 建立了发明钢的加工图。同时考虑到轧制过程中的返温效果,每次轧制升温在 100℃左右。根据加工图可知,穿孔成型变形量较大,图 3 和图 4 所示,在温度为 1100~1300℃,应变速率为 $0.001\sim 4s^{-1}$ 的区域内,可发生完全动态再结晶,应变应力较小,有利于穿孔成型。而在连轧过程中变形量较小,参考图 1 和图 2,在温度为 1000~1200℃,应变速率为 $0.001\sim 10s^{-1}$ 的区域内,可实现完全动态再结晶。选择 900~1100℃连轧,同时考虑到返温效果,也能保证完全再结晶的实现。终轧阶段,变形量和应变速率较小,参考图 1 和图 2,在温度为 900~1000℃,应变速率为 $0.001\sim 0.1s^{-1}$ 的区域内都可保证完全再结晶。

[0055] 回火温度的选择是根据性能需求决定的。根据不同的性能需求,选择不同温度的低温回火,这个温度的回火不但减小了相变应力,同时增加了残余奥氏体的稳定性。采用本发明钢的合金成分和加工工艺,下贝氏体组织对磨料有很好的就范性和埋嵌性,表现出很好的塑性流动性,避免了龟裂现象,避免大面积的剥落,见图 5 所示。

[0056] 以上仅是本发明的优选实施方式,应当指出的是,上述优选实施方式不应视为对本发明的限制,本发明的保护范围应当以权利要求所限定的范围为准。对于本技术领域的普通技术人员来说,在不脱离本发明的精神和范围内,还可以做出若干改进和润饰,这些改进和润饰也应视为本发明的保护范围。

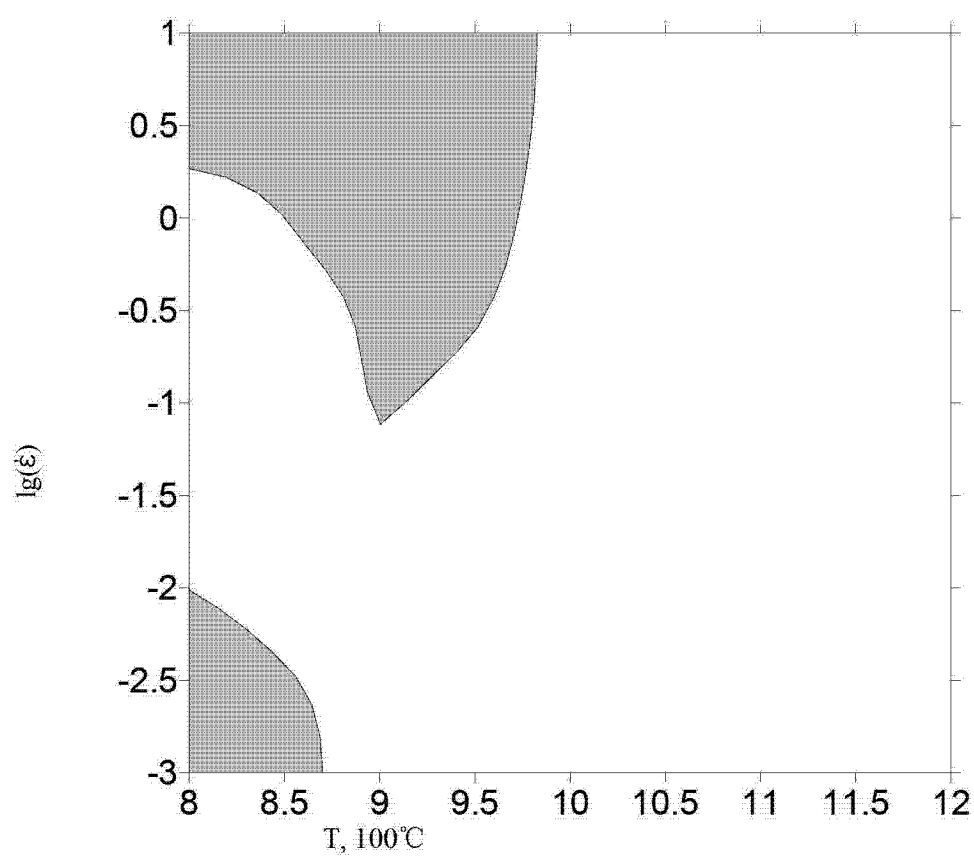


图 1

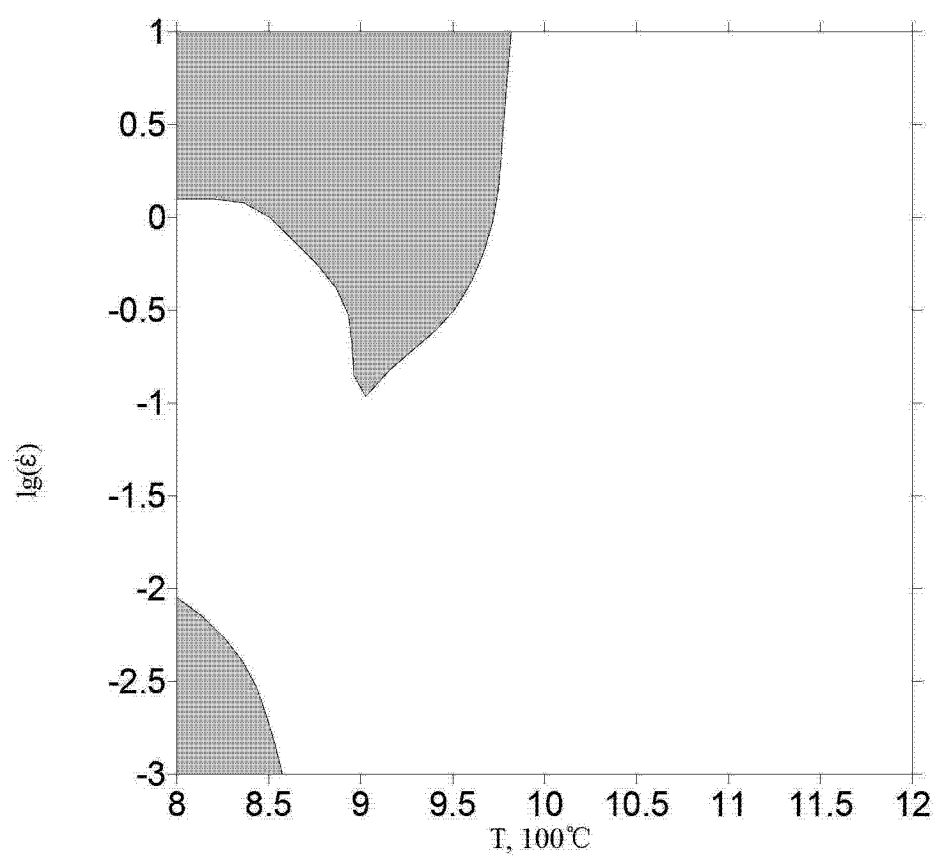


图 2

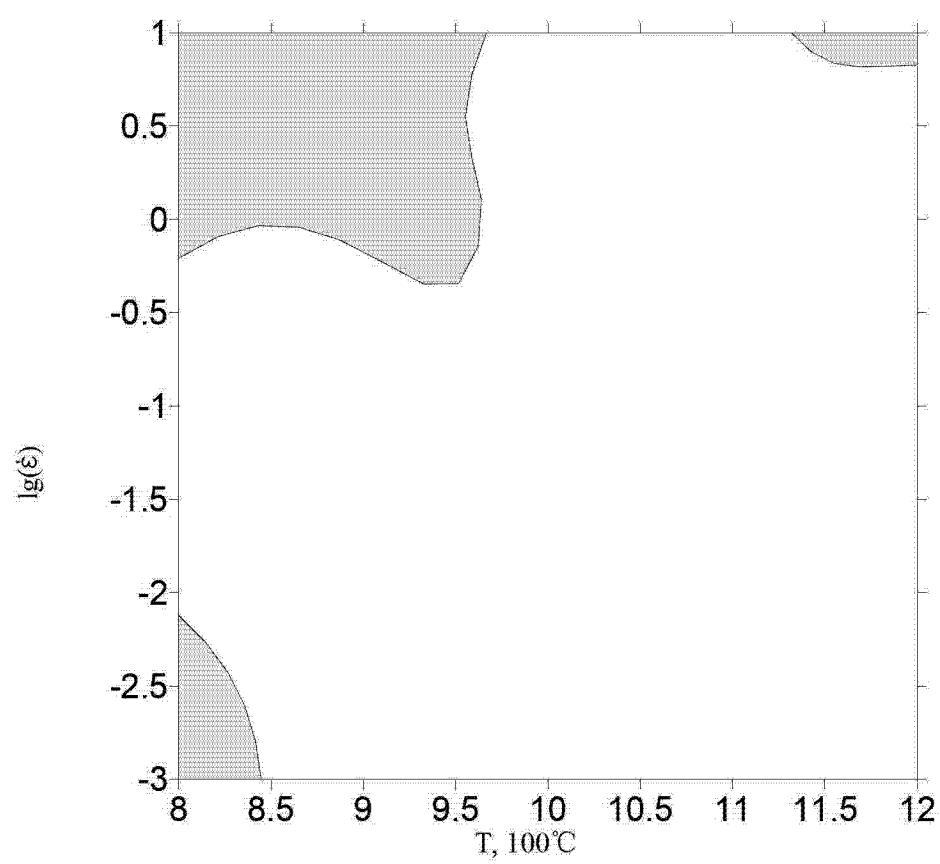


图 3

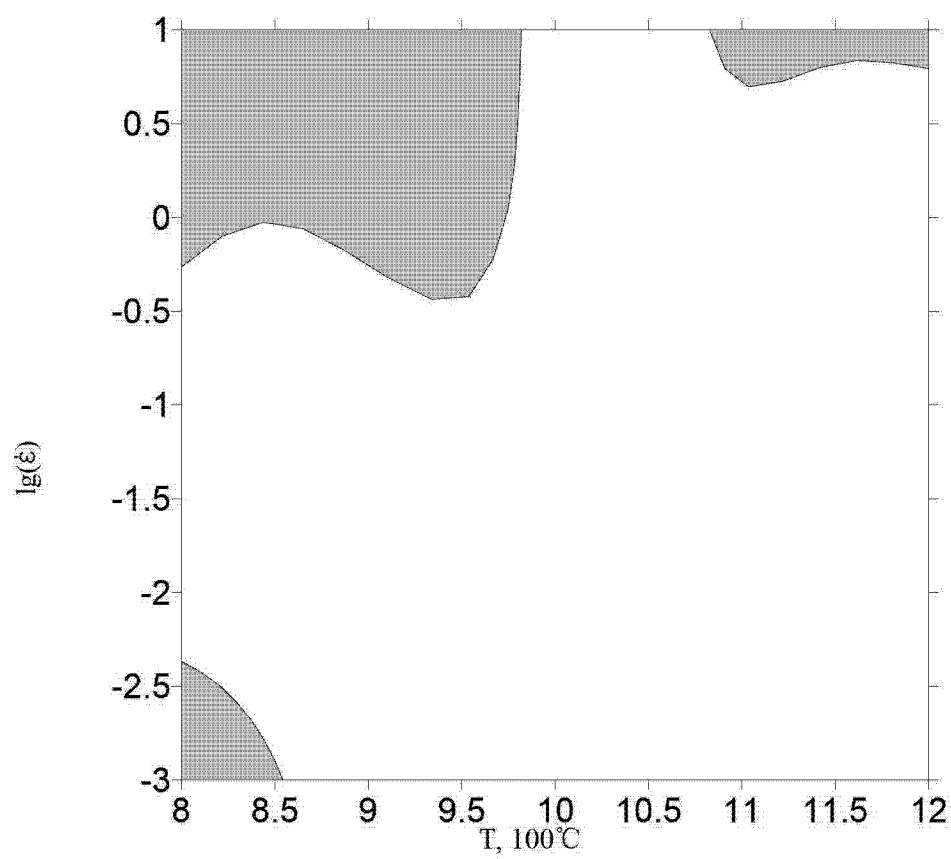


图 4

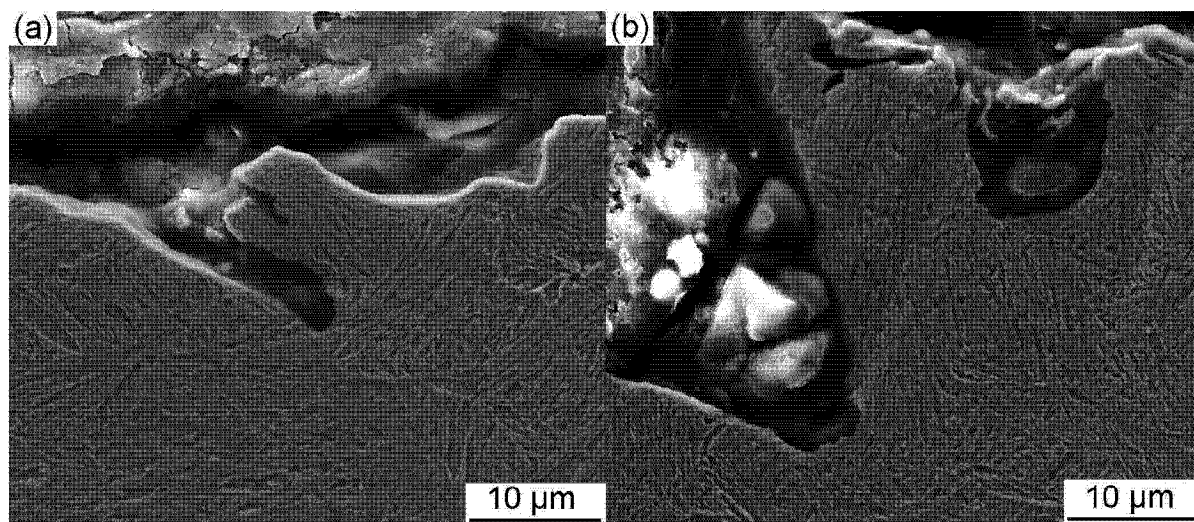


图 5