



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104711481 B

(45)授权公告日 2017.03.15

(21)申请号 201510123187.9

审查员 王冬妮

(22)申请日 2015.03.20

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 104711481 A

(43)申请公布日 2015.06.17

(73)专利权人 苏州纽东精密制造科技有限公司

地址 215000 江苏省苏州市吴中区木渎镇

金枫南路1258号1幢

(72)发明人 冉宏敏

(74)专利代理机构 南京利丰知识产权代理事务

所(特殊普通合伙) 32256

代理人 任立

(51)Int.Cl.

G22C 38/28(2006.01)

G21D 8/02(2006.01)

权利要求书3页 说明书6页

(54)发明名称

一种货架承重高强度钢及其热处理工艺

(57)摘要

本发明是一种货架承重高强度钢,该钢板的成分及质量百分比为:C:0.27-0.32%、Mn:0.21-0.33%、Si:0.05-0.07%、P:0.006-0.008%、S:0.002-0.004%、Nb:0.09-0.11%、V:0.04-0.06%、Ti:0.36-0.39%、Al:0.05-0.07%、N \leq 0.006%、H \leq 0.0002%、Cu:0.17-0.19%、Cr:1.7-1.9%、Mo:0.33-0.35%、钨:0.02-0.04%、铈:0.01-0.02%、镨:0.05-0.07%,余量为Fe和不可避免的杂质;本发明的钢板横向屈服强度 \geq 230 MPa,强度高,且具有优异低温韧性。

1. 一种货架承重高强度钢,其特征在於:该钢板的成分及质量百分比为:C:0.27-0.32%、Mn:0.21-0.33%、Si:0.05-0.07%、P:0.006-0.008%、S:0.002-0.004%、Nb:0.09-0.11%、V:0.04-0.06%、Ti:0.36-0.39%、Al:0.05-0.07%、N \leq 0.006%、H \leq 0.0002%、Cu:0.17-0.19%、Cr:1.7-1.9%、Mo:0.33-0.35%、钨:0.02-0.04%、铈:0.01-0.02%、镨:0.05-0.07%,余量为Fe和不可避免的杂质;

该钢板中第一相为铁素体,第二相为珠光体,在表面至1/4厚度处第二相体积百分数为3.5-3.8%,1/4厚度至中心第二相体积百分数为6.0-6.2%,且无带状组织;

该钢板在表面至1/4厚度处铁素体平均晶粒直径为4.5-4.7 μ m,珠光体团平均直径为5.0-5.2 μ m,1/4厚度至中心处铁素体平均晶粒直径为4.0-4.2 μ m,珠光体团平均直径为6.0-6.2 μ m;

该钢板的横向抗拉强度 \geq 425MPa,横向屈服强度 \geq 230 MPa,横向延伸率 \geq 25%,厚度方向断面收缩率 \geq 65%,-40 $^{\circ}$ C夏比冲击功 \geq 85J。

2. 如权利要求1所述的货架承重高强度钢,其特征在於:该钢板的成分及质量百分比为:C:0.27%、Mn:0.21%、Si:0.05%、P:0.006%、S:0.002%、Nb:0.09%、V:0.04%、Ti:0.36%、Al:0.057%、N \leq 0.006%、H \leq 0.0002%、Cu:0.17%、Cr:1.7%、Mo:0.33%、钨:0.02%、铈:0.01%、镨:0.05%,余量为Fe和不可避免的杂质;

该钢板中第一相为铁素体,第二相为珠光体,在表面至1/4厚度处第二相体积百分数为3.5%,1/4厚度至中心第二相体积百分数为6.0%,且无带状组织;

该钢板在表面至1/4厚度处铁素体平均晶粒直径为4.5 μ m,珠光体团平均直径为5.02 μ m,1/4厚度至中心处铁素体平均晶粒直径为4.0 μ m,珠光体团平均直径为6.0 μ m。

3. 如权利要求1所述的货架承重高强度钢,其特征在於:该钢板的成分及质量百分比为:C:0.29%、Mn:0.25%、Si:0.06%、P:0.007%、S:0.003%、Nb:0.10%、V:0.05%、Ti:0.37%、Al:0.06%、N \leq 0.006%、H \leq 0.0002%、Cu:0.18%、Cr:1.7%、Mo:0.34%、钨:0.03%、铈:0.01%、镨:0.06%,余量为Fe和不可避免的杂质;

该钢板中第一相为铁素体,第二相为珠光体,在表面至1/4厚度处第二相体积百分数为3.7%,1/4厚度至中心第二相体积百分数为6.12%,且无带状组织;

该钢板在表面至1/4厚度处铁素体平均晶粒直径为4.6 μ m,珠光体团平均直径为5.1 μ m,1/4厚度至中心处铁素体平均晶粒直径为4.1 μ m,珠光体团平均直径为6.1 μ m。

4. 如权利要求1所述的货架承重高强度钢,其特征在於:该钢板的成分及质量百分比为:C:0.32%、Mn:0.33%、Si:0.07%、P:0.008%、S:0.004%、Nb:0.11%、V:0.06%、Ti:0.39%、Al:0.07%、N \leq 0.006%、H \leq 0.0002%、Cu:0.19%、Cr:1.9%、Mo:0.35%、钨:0.04%、铈:0.02%、镨:0.07%,余量为Fe和不可避免的杂质;

该钢板中第一相为铁素体,第二相为珠光体,在表面至1/4厚度处第二相体积百分数为3.8%,1/4厚度至中心第二相体积百分数为6.2%,且无带状组织;

该钢板在表面至1/4厚度处铁素体平均晶粒直径为4.7 μ m,珠光体团平均直径为5.2 μ m,1/4厚度至中心处铁素体平均晶粒直径为4.2 μ m,珠光体团平均直径为6.2 μ m。

5. 如权利要求1所述的货架承重高强度钢的热处理工艺,其特征在於:包含以下步骤:

将钢板通过回火炉回火加热到1150-1170 $^{\circ}$ C,出炉后通过压缩空气快速冷却到1050-1070 $^{\circ}$ C,在线经第一冷却工序将钢板快速冷却到580-610 $^{\circ}$ C,再通过第二冷却工艺冷却到

常温；

所述第一冷却工序：采用水冷、风冷与气雾冷却结合，先采用水冷以5-6℃/s的冷却速率将钢板水冷至920-950℃，然后采用风冷5-7℃/s的冷却速率将板坯冷至720-740℃，再采用气雾冷却以1-3℃/s的冷却速率将钢板水冷至580-610℃；

所述第二冷却工序：采用压缩空气或雾状淬火液以8-10℃/s的冷却速率将钢板冷至室温；

通过以上热机械控制轧制控制冷却工艺及热处理得到合理两相比的细小铁素体和珠光体，在表面至1/4厚度处第二相体积百分数为3.5-3.8%，1/4厚度至中心第二相体积百分数为6.0-6.2%，且无带状组织。

6. 如权利要求2所述的货架承重高强度钢的热处理工艺，其特征在于：包含以下步骤：

将钢板通过回火炉回火加热到1150℃，出炉后通过压缩空气快速冷却到1050℃，在线经第一冷却工序将钢板快速冷却到580℃，再通过第二冷却工艺冷却到常温；

所述第一冷却工序：采用水冷、风冷与气雾冷却结合，先采用水冷以5℃/s的冷却速率将钢板水冷至950℃，然后采用风冷5-7℃/s的冷却速率将板坯冷至720℃，再采用气雾冷却以1℃/s的冷却速率将钢板水冷至610℃；

所述第二冷却工序：采用压缩空气或雾状淬火液以8℃/s的冷却速率将钢板冷至室温；

通过以上热机械控制轧制控制冷却工艺及热处理得到合理两相比的细小铁素体和珠光体，在表面至1/4厚度处第二相体积百分数为3.5%，1/4厚度至中心第二相体积百分数为6.0%，且无带状组织。

7. 如权利要求3所述的货架承重高强度钢的热处理工艺，其特征在于：包含以下步骤：

将钢板通过回火炉回火加热到1160℃，出炉后通过压缩空气快速冷却到1060℃，在线经第一冷却工序将钢板快速冷却到590℃，再通过第二冷却工艺冷却到常温；

所述第一冷却工序：采用水冷、风冷与气雾冷却结合，先采用水冷以5℃/s的冷却速率将钢板水冷至940℃，然后采用风冷6℃/s的冷却速率将板坯冷至730℃，再采用气雾冷却以2℃/s的冷却速率将钢板水冷至590℃；

所述第二冷却工序：采用压缩空气或雾状淬火液以9℃/s的冷却速率将钢板冷至室温；通过以上热机械控制轧制控制冷却工艺及热处理得到合理两相比的细小铁素体和珠光体，在表面至1/4厚度处第二相体积百分数为3.7%，1/4厚度至中心第二相体积百分数为6.12%，且无带状组织；在表面至1/4厚度处铁素体平均晶粒直径为4.6μm，珠光体团平均直径为5.1μm，1/4厚度至中心处铁素体平均晶粒直径为4.1μm，珠光体团平均直径为6.1μm。

8. 如权利要求4所述的货架承重高强度钢的热处理工艺，其特征在于：包含以下步骤：

将钢板通过回火炉回火加热到1170℃，出炉后通过压缩空气快速冷却到1070℃，在线经第一冷却工序将钢板快速冷却到610℃，再通过第二冷却工艺冷却到常温；

所述第一冷却工序：采用水冷、风冷与气雾冷却结合，先采用水冷以6℃/s的冷却速率将钢板水冷至950℃，然后采用风冷7℃/s的冷却速率将板坯冷至740℃，再采用气雾冷却以3℃/s的冷却速率将钢板水冷至610℃；

所述第二冷却工序：采用压缩空气或雾状淬火液以10℃/s的冷却速率将钢板冷至室温；

通过以上热机械控制轧制控制冷却工艺及热处理得到合理两相比的细小铁素体和珠

光体,第二相为珠光体,在表面至1/4厚度处第二相体积百分数为3.8%,1/4厚度至中心第二相体积百分数为6.2%,且无带状组织;在表面至1/4厚度处铁素体平均晶粒直径为4.7 μm ,珠光体团平均直径为5.2 μm ,1/4厚度至中心处铁素体平均晶粒直径为4.2 μm ,珠光体团平均直径为6.2 μm 。

一种货架承重高强度钢及其热处理工艺

技术领域

[0001] 本发明涉及一种钢板及其热处理工艺,具体地说是一种货架承重高强度钢及其热处理工艺。

背景技术

[0002] 储设备是指能够满足储藏和保管物品需要的技术装置和机具,仓储设备是仓储与物流技术水平高低的主要标志,现代仓储设备体现了现代仓储与物流技术的发展。仓储设备中的货架是比较常用的设备,由于特殊物料的存放需要,货架的使用条件和环境越来越苛刻,对钢板的厚度要求越来越厚,相应地对用于仓储设备的钢板的技术要求也不断提高。特别是用于存放一高重量货物时,常常会因为钢板的横向屈服强度不够而导致仓储设备在短时间内就断裂,增加了仓储成本;且在一些寒冷地区,于货架承重的钢板的低温韧性也不高,也常会导致仓储设备在短时间内就断裂。因此如何有效提高用于仓储设备的钢板的横向屈服强度及低温韧性是本领域技术人员一直需要解决的技术问题。

发明内容

[0003] 本发明所要解决的技术问题是,克服现有技术的缺点,提供一种货架承重高强度钢及其热处理工艺,横向屈服强度 ≥ 230 MPa,高塑性,且具有优异低温韧性。

[0004] 本发明解决以上技术问题的技术方案是:一种货架承重高强度钢,该钢板的成分及质量百分比为:C:0.27-0.32%、Mn:0.21-0.33%、Si:0.05-0.07%、P:0.006-0.008%、S:0.002-0.004%、Nb:0.09-0.11%、V:0.04-0.06%、Ti:0.36-0.39%、Al:0.05-0.07%、N \leq 0.006%、H \leq 0.0002%、Cu:0.17-0.19%、Cr:1.7-1.9%、Mo:0.33-0.35%、钼:0.02-0.04%、铈:0.01-0.02%、镨:0.05-0.07%,余量为Fe和不可避免的杂质;

[0005] 该钢板中第一相为铁素体,第二相为珠光体,在表面至1/4厚度处第二相体积百分数为3.5-3.8%,1/4厚度至中心第二相体积百分数为6.0-6.2%,且无带状组织;

[0006] 该钢板在表面至1/4厚度处铁素体平均晶粒直径为4.5-4.7 μ m,珠光体团平均直径为5.0-5.2 μ m,1/4厚度至中心处铁素体平均晶粒直径为4.0-4.2 μ m,珠光体团平均直径为6.0-6.2 μ m。

[0007] 本发明进一步限定的技术方案是:前述的货架承重高强度钢,该钢板的横向抗拉强度 ≥ 425 MPa,横向屈服强度 ≥ 230 MPa,横向延伸率 $\geq 25\%$,厚度方向断面收缩率 $\geq 65\%$, -40°C 夏比冲击功 ≥ 85 J。

[0008] 前述的货架承重高强度钢,该钢板的成分及质量百分比为:C:0.27%、Mn:0.21%、Si:0.05%、P:0.006%、S:0.002%、Nb:0.09%、V:0.04%、Ti:0.36%、Al:0.057%、N \leq 0.006%、H \leq 0.0002%、Cu:0.17%、Cr:1.7%、Mo:0.33%、钼:0.02%、铈:0.01%、镨:0.05%,余量为Fe和不可避免的杂质;

[0009] 该钢板中第一相为铁素体,第二相为珠光体,在表面至1/4厚度处第二相体积百分数为3.5%,1/4厚度至中心第二相体积百分数为6.0%,且无带状组织;

[0010] 该钢板在表面至1/4厚度处铁素体平均晶粒直径为4.5 μm ,珠光体团平均直径为5.02 μm ,1/4厚度至中心处铁素体平均晶粒直径为4.0 μm ,珠光体团平均直径为6.0 μm 。

[0011] 前述的货架承重高强度钢,该钢板的成分及质量百分比为:C:0.29%、Mn:0.25%、Si:0.06%、P:0.007%、S:0.003%、Nb:0.10%、V:0.05%、Ti:0.37%、Al:0.06%、N \leq 0.006%、H \leq 0.0002%、Cu:0.18%、Cr:1.7%、Mo:0.34%、Ni:0.03%、Zn:0.01%、Pb:0.06%,余量为Fe和不可避免的杂质;

[0012] 该钢板中第一相为铁素体,第二相为珠光体,在表面至1/4厚度处第二相体积百分数为3.7%,1/4厚度至中心第二相体积百分数为6.12%,且无带状组织;

[0013] 该钢板在表面至1/4厚度处铁素体平均晶粒直径为4.6 μm ,珠光体团平均直径为5.1 μm ,1/4厚度至中心处铁素体平均晶粒直径为4.1 μm ,珠光体团平均直径为6.1 μm 。

[0014] 进一步的,前述的货架承重高强度钢,该钢板的成分及质量百分比为:C:0.32%、Mn:0.33%、Si:0.07%、P:0.008%、S:0.004%、Nb:0.11%、V:0.06%、Ti:0.39%、Al:0.07%、N \leq 0.006%、H \leq 0.0002%、Cu:0.19%、Cr:1.9%、Mo:0.35%、Ni:0.04%、Zn:0.02%、Pb:0.07%,余量为Fe和不可避免的杂质;

[0015] 该钢板中第一相为铁素体,第二相为珠光体,在表面至1/4厚度处第二相体积百分数为3.8%,1/4厚度至中心第二相体积百分数为6.2%,且无带状组织;

[0016] 该钢板在表面至1/4厚度处铁素体平均晶粒直径为4.7 μm ,珠光体团平均直径为5.2 μm ,1/4厚度至中心处铁素体平均晶粒直径为4.2 μm ,珠光体团平均直径为6.2 μm 。

[0017] 前述的货架承重高强度钢的热处理工艺,包含以下步骤:

[0018] 将钢板通过回火炉回火加热到1150-1170 $^{\circ}\text{C}$,出炉后通过压缩空气快速冷却到1050-1070 $^{\circ}\text{C}$,在线经第一冷却工序将钢板快速冷却到580-610 $^{\circ}\text{C}$,再通过第二冷却工艺冷却到常温;

[0019] 所述第一冷却工序:采用水冷、风冷与气雾冷却结合,先采用水冷以5-6 $^{\circ}\text{C}/\text{s}$ 的冷却速率将钢板水冷至920-950 $^{\circ}\text{C}$,然后采用风冷5-7 $^{\circ}\text{C}/\text{s}$ 的冷却速率将板坯冷至720-740 $^{\circ}\text{C}$,再采用气雾冷却以1-3 $^{\circ}\text{C}/\text{s}$ 的冷却速率将钢板水冷至580-610 $^{\circ}\text{C}$;

[0020] 所述第二冷却工序:采用压缩空气或雾状淬火液以8-10 $^{\circ}\text{C}/\text{s}$ 的冷却速率将钢板冷至室温;

[0021] 通过以上热机械控制轧制控制冷却工艺及热处理得到合理两相比的细小铁素体和珠光体,在表面至1/4厚度处第二相体积百分数为3.5-3.8%,1/4厚度至中心第二相体积百分数为6.0-6.2%,且无带状组织。

[0022] 前述的货架承重高强度钢的热处理工艺,包含以下步骤:

[0023] 将钢板通过回火炉回火加热到1150 $^{\circ}\text{C}$,出炉后通过压缩空气快速冷却到1050 $^{\circ}\text{C}$,在线经第一冷却工序将钢板快速冷却到580 $^{\circ}\text{C}$,再通过第二冷却工艺冷却到常温;

[0024] 所述第一冷却工序:采用水冷、风冷与气雾冷却结合,先采用水冷以5 $^{\circ}\text{C}/\text{s}$ 的冷却速率将钢板水冷至950 $^{\circ}\text{C}$,然后采用风冷5-7 $^{\circ}\text{C}/\text{s}$ 的冷却速率将板坯冷至720 $^{\circ}\text{C}$,再采用气雾冷却以1 $^{\circ}\text{C}/\text{s}$ 的冷却速率将钢板水冷至610 $^{\circ}\text{C}$;

[0025] 所述第二冷却工序:采用压缩空气或雾状淬火液以8 $^{\circ}\text{C}/\text{s}$ 的冷却速率将钢板冷至室温;

[0026] 通过以上热机械控制轧制控制冷却工艺及热处理得到合理两相比的细小铁素体

和珠光体,在表面至1/4厚度处第二相体积百分数为3.5%,1/4厚度至中心第二相体积百分数为6.0%,且无带状组织。

[0027] 前述的货架承重高强度钢的热处理工艺,包含以下步骤:

[0028] 将钢板通过回火炉回火加热到1160℃,出炉后通过压缩空气快速冷却到1060℃,在线经第一冷却工序将钢板快速冷却到590℃,再通过第二冷却工艺冷却到常温;

[0029] 所述第一冷却工序:采用水冷、风冷与气雾冷却结合,先采用水冷以5℃/s的冷却速率将钢板水冷至940℃,然后采用风冷6℃/s的冷却速率将板坯冷至730℃,再采用气雾冷却以2℃/s的冷却速率将钢板水冷至590℃;

[0030] 所述第二冷却工序:采用压缩空气或雾状淬火液以9℃/s的冷却速率将钢板冷至室温;通过以上热机械控制轧制控制冷却工艺及热处理得到合理两相比的细小铁素体和珠光体,在表面至1/4厚度处第二相体积百分数为3.7%,1/4厚度至中心第二相体积百分数为6.12%,且无带状组织;在表面至1/4厚度处铁素体平均晶粒直径为4.6μm,珠光体团平均直径为5.1μm,1/4厚度至中心处铁素体平均晶粒直径为4.1μm,珠光体团平均直径为6.1μm。

[0031] 进一步的,前述的货架承重高强度钢的热处理工艺,包含以下步骤:

[0032] 将钢板通过回火炉回火加热到1170℃,出炉后通过压缩空气快速冷却到1070℃,在线经第一冷却工序将钢板快速冷却到610℃,再通过第二冷却工艺冷却到常温;

[0033] 所述第一冷却工序:采用水冷、风冷与气雾冷却结合,先采用水冷以6℃/s的冷却速率将钢板水冷至950℃,然后采用风冷7℃/s的冷却速率将板坯冷至740℃,再采用气雾冷却以3℃/s的冷却速率将钢板水冷至610℃;

[0034] 所述第二冷却工序:采用压缩空气或雾状淬火液以10℃/s的冷却速率将钢板冷至室温;

[0035] 通过以上热机械控制轧制控制冷却工艺及热处理得到合理两相比的细小铁素体和珠光体,第二相为珠光体,在表面至1/4厚度处第二相体积百分数为3.8%,1/4厚度至中心第二相体积百分数为6.2%,且无带状组织;在表面至1/4厚度处铁素体平均晶粒直径为4.7μm,珠光体团平均直径为5.2μm,1/4厚度至中心处铁素体平均晶粒直径为4.2μm,珠光体团平均直径为6.2μm。

[0036] 本发明的有益效果是:

[0037] 本发明钢成分中各元素含量的控制起到的作用是:本发明钢板含C、Si、Mn元素,添加Al、Nb、V、Ti、Cu、Cr和Mo可细晶强化及析出强化,且成本低廉,添加稀土元素镧、铈和镨,并通过结合热机械控制轧制控制冷却工艺和热处理工艺可以得到铁素体加珠光体组织,钢板中第一相为铁素体,第二相为珠光体,在表面至1/4厚度处第二相体积百分数为3.5-3.8%,1/4厚度至中心第二相体积百分数为6.0-6.2%,且无带状组织,在表面至1/4厚度处铁素体平均晶粒直径为4.5-4.7μm,珠光体团平均直径为5.0-5.2μm,1/4厚度至中心处铁素体平均晶粒直径为4.0-4.2μm,珠光体团平均直径为6.0-6.2μm,从而成功生产出货架承重高强度钢,具有很好的横向屈服强度及高塑性,横向抗拉强度 $\geq 425\text{MPa}$,横向屈服强度 $\geq 230\text{MPa}$,横向延伸率 $\geq 25\%$,厚度方向断面收缩率 $\geq 65\%$, -40°C 夏比冲击功 $\geq 85\text{J}$ 。

[0038] 本发明热机械控制轧制控制冷却工艺和热处理工艺的控制起到的作用是:钢板在轧制过程中钢板厚度方向变形量差异较大,冷却过程中沿板厚度的冷却速度差异较大,从而导致沿厚度截面的铁素体晶粒直径、体积分数变化较大,在中心区域容易形成带状组织;

由于钢板表面变形高于心部,且冷速高于心部,铁素体晶粒直径由表面到中心逐渐增加,珠光体体积分数由表面向心部逐渐增加;本发明通过热机械控制轧制控制冷却工艺和热处理工艺的控制,得到合理的两相比及细小铁素体和弥散分布的珠光体,避免带状组织的形成,无带状组织出现,提高了厚度方向性能及低温韧性且提高了抗酸性能,从而通过微观组织控制有效提高钢板抗酸性能,获得了意想不到的技术效果;抗氢致开裂(HIC)试验裂纹长度率CLR \leq 15%,裂纹厚度率CTR \leq 5%,裂纹敏感率CSR \leq 2%;抗硫化物应力腐蚀开裂(SSC)试验,加载0.9AYS(AYS实际屈服强度),样本的拉应力区通过10倍放大后无裂纹和无表面裂缝。

具体实施方式

[0039] 以下结合具体实施例对本发明的技术方案做进一步详细介绍,但本发明的保护范围并不局限于此。

[0040] 实施例1

[0041] 本实施例是一种货架承重高强度钢,该钢板的成分及质量百分比为:C:0.27%、Mn:0.21%、Si:0.05%、P:0.006%、S:0.002%、Nb:0.09%、V:0.04%、Ti:0.36%、Al:0.057%、N \leq 0.006%、H \leq 0.0002%、Cu:0.17%、Cr:1.7%、Mo:0.33%、钨:0.02%、铈:0.01%、镨:0.05%,余量为Fe和不可避免的杂质;

[0042] 该钢板中第一相为铁素体,第二相为珠光体,在表面至1/4厚度处第二相体积百分数为3.5%,1/4厚度至中心第二相体积百分数为6.0%,且无带状组织;

[0043] 该钢板在表面至1/4厚度处铁素体平均晶粒直径为4.5 μ m,珠光体团平均直径为5.02 μ m,1/4厚度至中心处铁素体平均晶粒直径为4.0 μ m,珠光体团平均直径为6.0 μ m。

[0044] 本实施例的货架承重高强度钢的加工工艺,包含以下步骤:

[0045] 将钢板通过回火炉回火加热到1150 $^{\circ}$ C,出炉后通过压缩空气快速冷却到1050 $^{\circ}$ C,在线经第一冷却工序将钢板快速冷却到580 $^{\circ}$ C,再通过第二冷却工艺冷却到常温;

[0046] 所述第一冷却工序:采用水冷、风冷与气雾冷却结合,先采用水冷以5 $^{\circ}$ C/s的冷却速率将钢板水冷至950 $^{\circ}$ C,然后采用风冷5-7 $^{\circ}$ C/s的冷却速率将板坯冷至720 $^{\circ}$ C,再采用气雾冷却以1 $^{\circ}$ C/s的冷却速率将钢板水冷至610 $^{\circ}$ C;

[0047] 所述第二冷却工序:采用压缩空气或雾状淬火液以8 $^{\circ}$ C/s的冷却速率将钢板冷至室温;

[0048] 通过以上热机械控制轧制控制冷却工艺及热处理得到合理两相比的细小铁素体和珠光体,在表面至1/4厚度处第二相体积百分数为3.5%,1/4厚度至中心第二相体积百分数为6.0%,且无带状组织。

[0049] 实施例2

[0050] 本实施例是一种货架承重高强度钢,该钢板的成分及质量百分比为:C:0.29%、Mn:0.25%、Si:0.06%、P:0.007%、S:0.003%、Nb:0.10%、V:0.05%、Ti:0.37%、Al:0.06%、N \leq 0.006%、H \leq 0.0002%、Cu:0.18%、Cr:1.7%、Mo:0.34%、钨:0.03%、铈:0.01%、镨:0.06%,余量为Fe和不可避免的杂质;

[0051] 该钢板中第一相为铁素体,第二相为珠光体,在表面至1/4厚度处第二相体积百分数为3.7%,1/4厚度至中心第二相体积百分数为6.12%,且无带状组织;

[0052] 该钢板在表面至1/4厚度处铁素体平均晶粒直径为4.6 μ m,珠光体团平均直径为

5.1 μm ,1/4厚度至中心处铁素体平均晶粒直径为4.1 μm ,珠光体团平均直径为6.1 μm 。

[0053] 本实施例的货架承重高强度钢的加工工艺,包含以下步骤:

[0054] 将钢板通过回火炉回火加热到1160 $^{\circ}\text{C}$,出炉后通过压缩空气快速冷却到1060 $^{\circ}\text{C}$,在线经第一冷却工序将钢板快速冷却到590 $^{\circ}\text{C}$,再通过第二冷却工艺冷却到常温;

[0055] 所述第一冷却工序:采用水冷、风冷与气雾冷却结合,先采用水冷以5 $^{\circ}\text{C}/\text{s}$ 的冷却速率将钢板水冷至940 $^{\circ}\text{C}$,然后采用风冷6 $^{\circ}\text{C}/\text{s}$ 的冷却速率将板坯冷至730 $^{\circ}\text{C}$,再采用气雾冷却以2 $^{\circ}\text{C}/\text{s}$ 的冷却速率将钢板水冷至590 $^{\circ}\text{C}$;

[0056] 所述第二冷却工序:采用压缩空气或雾状淬火液以9 $^{\circ}\text{C}/\text{s}$ 的冷却速率将钢板冷至室温;通过以上热机械控制轧制控制冷却工艺及热处理得到合理两相比的细小铁素体和珠光体,在表面至1/4厚度处第二相体积百分数为3.7%,1/4厚度至中心第二相体积百分数为6.12%,且无带状组织;在表面至1/4厚度处铁素体平均晶粒直径为4.6 μm ,珠光体团平均直径为5.1 μm ,1/4厚度至中心处铁素体平均晶粒直径为4.1 μm ,珠光体团平均直径为6.1 μm 。

[0057] 实施例3

[0058] 本实施例是一种货架承重高强度钢,该钢板的成分及质量百分比为:C:0.32%、Mn:0.33%、Si:0.07%、P:0.008%、S:0.004%、Nb:0.11%、V:0.06%、Ti:0.39%、Al:0.07%、N \leq 0.006%、H \leq 0.0002%、Cu:0.19%、Cr:1.9%、Mo:0.35%、钨:0.04%、铈:0.02%、锆:0.07%,余量为Fe和不可避免的杂质;

[0059] 该钢板中第一相为铁素体,第二相为珠光体,在表面至1/4厚度处第二相体积百分数为3.8%,1/4厚度至中心第二相体积百分数为6.2%,且无带状组织;

[0060] 该钢板在表面至1/4厚度处铁素体平均晶粒直径为4.7 μm ,珠光体团平均直径为5.2 μm ,1/4厚度至中心处铁素体平均晶粒直径为4.2 μm ,珠光体团平均直径为6.2 μm 。

[0061] 本实施例的货架承重高强度钢的加工工艺,包含以下步骤:

[0062] 将钢板通过回火炉回火加热到1170 $^{\circ}\text{C}$,出炉后通过压缩空气快速冷却到1070 $^{\circ}\text{C}$,在线经第一冷却工序将钢板快速冷却到610 $^{\circ}\text{C}$,再通过第二冷却工艺冷却到常温;

[0063] 所述第一冷却工序:采用水冷、风冷与气雾冷却结合,先采用水冷以6 $^{\circ}\text{C}/\text{s}$ 的冷却速率将钢板水冷至950 $^{\circ}\text{C}$,然后采用风冷7 $^{\circ}\text{C}/\text{s}$ 的冷却速率将板坯冷至740 $^{\circ}\text{C}$,再采用气雾冷却以3 $^{\circ}\text{C}/\text{s}$ 的冷却速率将钢板水冷至610 $^{\circ}\text{C}$;

[0064] 所述第二冷却工序:采用压缩空气或雾状淬火液以10 $^{\circ}\text{C}/\text{s}$ 的冷却速率将钢板冷至室温;

[0065] 通过以上热机械控制轧制控制冷却工艺及热处理得到合理两相比的细小铁素体和珠光体,第二相为珠光体,在表面至1/4厚度处第二相体积百分数为3.8%,1/4厚度至中心第二相体积百分数为6.2%,且无带状组织;在表面至1/4厚度处铁素体平均晶粒直径为4.7 μm ,珠光体团平均直径为5.2 μm ,1/4厚度至中心处铁素体平均晶粒直径为4.2 μm ,珠光体团平均直径为6.2 μm 。

[0066] 各实施例钢板的性能如表1所示。

[0067] 表1 各实施例钢板的性能

[0068]

实施例	抗拉强度,MPa	屈服强度,MPa	延伸率,%	厚度方向断面收缩率,%	-20 $^{\circ}\text{C}$ 夏比冲击功,J	CLR,%	CTR,%	CSR,%	SSC
实施例1	440	305	35	60.0	125	0	0	0	无裂纹
实施例2	435	259	26	60.7	106	0	0	0	无裂纹
实施例3	472	325	37.5	70.0	132	0	0	0	无裂纹

[0069] 由上表可见,本发明钢种钢质纯净,有良好的强度、塑性及低温韧性、抗HIC性能和抗SSC性能。

[0070] 除上述实施例外,本发明还可以有其他实施方式。凡采用等同替换或等效变换形成的技术方案,均落在本发明要求的保护范围。