

[19] 中华人民共和国国家知识产权局



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200710106012.2

[51] Int. Cl.

*C22C 38/12 (2006.01)*

*E21B 17/00 (2006.01)*

*B21B 37/00 (2006.01)*

[43] 公开日 2008年1月23日

[11] 公开号 CN 101109058A

[22] 申请日 2007.5.29

[21] 申请号 200710106012.2

[71] 申请人 河北理工大学

地址 063009 河北省唐山市路南区新华西道  
46号

[72] 发明人 冯运莉

[74] 专利代理机构 石家庄冀科专利商标事务所有限  
公司

代理人 李桂芳 周晓萍

权利要求书1页 说明书4页

[54] 发明名称

一种免热处理超细晶 D 级抽油杆用钢及生产  
方法

[57] 摘要

一种免热处理超细晶 D 级抽油杆用钢及生产方  
法, 属结构钢技术领域。用于解决以超细晶铁素体  
珠光体型抽油杆钢替代现有 D 级抽油杆钢的问题。  
特别之处是, 化学成分按照重量百分比配比如下:  
C: 0.25 ~ 0.35%, Si: 0.60 ~ 0.90%, Mn: 1.15 ~  
1.35%, P:  $\leq$ 0.025%, S:  $\leq$ 0.025%, Nb: 0.020  
~ 0.035%, 余量Fe。或C: 0.27 ~ 0.38%, Si:  
0.60 ~ 0.90%, Mn: 1.35 ~ 1.60%, P:  
 $\leq$ 0.025%, S:  $\leq$ 0.025%, 余量Fe。本发明方法  
合理控制形变工艺参数, 诱发铁素体相变, 得到超  
细铁素体加珠光体组织。检测表明, 本发明各项性  
能指标均优于现有产品。

1. 一种免热处理超细晶 D 级抽油杆用钢, 其特征在于: 化学成分按照重量百分比配比如下: C: 0.25~0.35% , Si: 0.60~0.90% , Mn: 1.15~1.35% , P:  $\leq 0.025\%$  , S:  $\leq 0.025\%$  , Nb: 0.020~0.035% , 余量 Fe。

2. 根据权利要求 1 所述的超细晶 D 级抽油杆用钢, 其特征在于: 所述化学成分配比为: C: 0.27~0.34% , Si: 0.70~0.85% , Mn: 1.20~1.34% , P:  $\leq 0.020\%$  , S:  $\leq 0.020\%$  , Nb: 0.023~0.033% , 余量 Fe。

3. 一种免热处理超细晶 D 级抽油杆用钢, 其特征在于: 化学成分按照重量百分比配比如下: C: 0.27~0.38% , Si: 0.60~0.90% , Mn: 1.35~1.60% , P:  $\leq 0.025\%$  , S:  $\leq 0.025\%$  , 余量 Fe。

4. 根据权利要求 3 所述的超细晶 D 级抽油杆用钢, 其特征在于: 所述化学成分配比为: C: 0.29~0.35% , Si: 0.73~0.85% , Mn: 1.40~1.55% , P:  $\leq 0.020\%$  , S:  $\leq 0.020\%$  , 余量 Fe。

5. 根据权利要求 1 或 2 或 3 或 4 所述的超细晶 D 级抽油杆用钢, 其特征在于: 力学性能技术指标如下:

抗拉强度:  $\sigma_b \geq 800\text{MPa}$ ,

屈服强度:  $\sigma_s \geq 600\text{MPa}$ ,

延伸率:  $\delta_{200} \geq 12$ ,

疲劳强度:  $\sigma_{-1} \geq 340\text{MPa}$ 。

6. 一种如权利要求 1 或 2 或 3 或 4 或 5 所述的免热处理超细晶 D 级抽油杆用钢的生产方法, 它包括炼铁、炼钢、轧制工序, 其特征在于: 所述轧制工序的工艺参数控制如下: 铸坯在加热炉中加热到 1150~1200℃后, 进行粗轧、中轧和精轧, 粗轧区温度控制在 1050~1150℃, 累计压下率大于 50%, 中轧区温度控制在 880~950℃, 中轧出来的中间坯经水冷进入精轧机, 精轧机的开轧温度为 750~800℃, 精轧机的终轧温度为 650~750℃, 累计压下率大于 60%; 轧后冷却速度控制在 0.5~25℃/s。

## 一种免热处理超细晶 D 级抽油杆用钢及生产方法

## 技术领域

本发明涉及一种免热处理超细晶 D 级抽油杆用钢及生产方法，属结构钢技术领域。

## 背景技术

抽油杆是油田深井汲油的关键部件。为满足井深增加、产量扩张，对抽油杆用材料日益提高的要求，开发了玻璃钢、不锈钢、碳纤维、贝氏体钢等新型材料。目前，普遍应用的为 D 级抽油杆钢，在 D 级杆 ( $\sigma_s \geq 600\text{MPa}$ ,  $\sigma_b \geq 800\text{MPa}$ ,  $\delta_{200} \geq 12$ ,  $\sigma_{-1} \geq 340\text{MPa}$ ) 的制造过程中，主要使用 20CrMo 热处理钢，经调质处理后制成成品。为满足热处理工艺条件要求，提高淬透性和回火稳定性，该品种含有贵重的合金元素，生产成本低，工艺复杂，热处理过程中容易造成废品，浪费能源。几年前，某钢铁公司曾开发了 30MnSiV 铁素体珠光体型 D 级抽油杆用钢，由于免去了热处理工序，深受抽油杆制造厂家的欢迎，被称为真正材料型用钢。但该钢主要通过合金元素的固溶强化以及 V 的沉淀强化，两种强化机制对疲劳强度贡献不大，因冲击韧性和疲劳强度较低，实际使用中多次发生脱断杆事故，造成巨大的经济损失，现基本已经退出市场。基于现状，油田行业迫切期望新的材料型抽油杆用钢的开发。

## 发明内容

本发明用于克服已有技术的缺陷而提供一种免热处理超细晶 D 级抽油杆用钢及生产方法，该产品通过优化成分及生产方法，获取超细晶铁素体珠光体型组织，提高了钢的强度和韧性，进而替代抽油杆用热处理钢和强韧性匹配不好的非调质钢。

本发明所称问题是以下技术方案解决的：

一种免热处理超细晶 D 级抽油杆用钢，特别之处是，化学成分按照重量百分比配比如下：C: 0.25~0.35%，Si: 0.60~0.90%，Mn: 1.15~1.35%，P:  $\leq 0.025\%$ ，S:  $\leq 0.025\%$ ，Nb: 0.020~0.035%，余量 Fe。

上述免热处理超细晶 D 级抽油杆用钢，所述化学分配比优选如下：C: 0.27~0.34%，Si: 0.70~0.85%，Mn: 1.20~1.34%，P:  $\leq 0.020\%$ ，S:  $\leq 0.020\%$ ，Nb: 0.023~

0.033%，余量 Fe。

一种免热处理超细晶 D 级抽油杆用钢，特别之处是：化学成分按照重量百分比配比如下：C：0.27~0.38%，Si：0.60~0.90%，Mn：1.35~1.60%，P：≤0.025%，S：≤0.025%，余量 Fe。

上述免热处理超细晶 D 级抽油杆用钢，所述化学成分配比优选如下：C：0.29~0.35%，Si：0.73~0.85%，Mn：1.40~1.55%，P：≤0.020%，S：≤0.020%，余量 Fe。

上述免热处理超细晶 D 级抽油杆用钢，力学性能技术指标如下：

抗拉强度： $\sigma_b \geq 800\text{MPa}$ ，

屈服强度： $\sigma_s \geq 600\text{MPa}$ ，

延伸率： $\delta_{200} \geq 12$ ，

疲劳强度： $\sigma_{-1} \geq 340\text{MPa}$ 。

上述免热处理超细晶抽油杆用钢的生产方法，它包括炼铁、炼钢、轧制工序，所述轧制工序的工艺参数控制如下：铸坯在加热炉中加热到 1150~1200℃后，进行粗轧、中轧和精轧，粗轧区温度控制在 1050~1150℃，累计压下率大于 50%，中轧区温度控制在 880~950℃，中轧出来的中间坯经水冷进入精轧机，精轧机的开轧温度为 750~800℃，精轧机的终轧温度为 650~750℃，累计压下率大于 60%，轧后冷却速度控制在 0.5~25℃/s。

本发明的特点之一是提供了优化的免热处理超细晶抽油杆用钢的化学成配方，特点之二是针对热变形过程，采用超细晶技术，通过形变与相变耦合的方法，合理控制形变工艺参数，诱发超细铁素体在形变过程中析出，碳化物在变形过程中改性，最终得到超细铁素体加珠光体组织。性能检测表明，按照本发明化学配比和工艺参数生产的抽油杆钢其力学性能指标完全可达到 D 级抽油杆高强钢的标准要求，各项性能指标均优于现有产品，且产品的韧脆转变温度大大降低。

#### 具体实施方式

本发明提供了的两种制造高强度抽油杆用钢配方，采用中碳、高锰，或添加微量合金元素 Nb。这两种钢的配方中主要合金元素在钢中作用分析如下：

1. Mn：Mn 主要起固溶强化的作用，通常采用降低 C 含量，增加 Mn 含量，以达到提高强度的同时韧性不致下降过快的目的。Mn 还具有降低相变温度的作用，有助于晶粒细

化, 所以 Mn 是不可缺少的元素。但其含量过多时, 会使相变温度下降过多, 组织中将出现贝氏体, 降低韧性。本发明的两个方案中其一: C 0.25~0.35% , Mn 1.15~1.35% , Nb 0.020~0.035%; 其二: C 0.27~0.38% , Mn 1.35~1.60% , 通过合理控制碳、锰含量, 再加上采用超细晶技术进行轧制, 使强度和韧性保持良好的匹配。

2. Nb: Nb 也是微量合金元素, 添加 Nb 是本发明其中一个配方的重要改进。①对显微组织的影响: 铌可以细化晶粒, 提高晶粒粗化温度。未溶解的铌的碳氮化物颗粒分布在奥氏体晶界上, 可阻碍钢在加热时奥氏体晶粒的长大; 在轧制时碳氮化铌析出延迟奥氏体的再结晶, 在轧制的最后阶段, 促进了扁平晶粒的变形, 从而导致非常细的铁素体晶粒; 在  $\gamma \rightarrow \alpha$  相变中发生相间沉淀, 形成非常细小的合金碳化物, 起到沉淀强化作用。②对力学性能的影响: 低合金钢中加入 0.005~0.05% 的铌能提高钢的屈服强度和冲击韧性, 降低其脆性转变温度, 并改善其焊接性能。对锰含量较高的钢效果更为显著。结合控制轧制技术, 使钢的强度和韧性大大提高。

3. Si: 在炼钢时一般作为脱氧剂, 但也可作为合金元素。Si 进入铁素体起固溶强化作用, 可显著提高钢的抗拉强度和较小程度提高屈服强度, 但同时一定程度上降低钢的韧性、塑性, Si 同时增加钢的实效敏感性, 并能提高钢的抗腐蚀能力和抗高温氧化能力。

本发明生产方法的特点体现在轧钢工艺, 其细化晶粒通过奥氏体的再结晶轧制、精轧的临界奥氏体区大形变量轧制及轧后合理控制冷却速度进行的。但主要的细化手段是精轧的临界奥氏体区大形变量轧制。其机理是通过粗轧阶段奥氏体的再结晶首先对高温奥氏体晶粒进行细化; 然后通过精轧的临界奥氏体区大形变量轧制, 形变诱导出超细的铁素体晶粒。由于在应力的作用下, 奥氏体向铁素体转变的温度升高, 所以铁素体的转变量增加。而未转变奥氏体的平均碳含量随铁素体的不断析出而增加, 但铁素体析出时扩散排除的碳的分布并不均匀, 而是高度富集在细小的铁素体界面和未转变奥氏体的界面, 在变形及轧后的冷却过程中, 这些富碳区析出短棒状或颗粒状渗碳体, 使碳化物改性, 最终得到超细铁素体加珠光体组织, 平均晶粒尺寸可控制在  $2\sim 6\ \mu\text{m}$ , 从而达到提高钢的强度和韧性的目的。

以下提供几个实施例:

化学成分按重量百分比配比如下表:

元素 实施例	C	Si	Mn	P	S	Nb	Fe
实施例 1	0.25	0.90	1.30	0.025	0.012	0.035	余量
实施例 2	0.27	0.85	1.35	0.015	0.010	0.020	余量
实施例 3	0.35	0.60	1.20	0.016	0.025	0.028	余量
实施例 4	0.30	0.80	1.15	0.020	0.020	0.033	余量
实施例 5	0.34	0.70	1.34	0.019	0.015	0.023	余量
实施例 6	0.34	0.90	1.40	0.021	0.014		余量
实施例 7	0.38	0.85	1.35	0.017	0.025		余量
实施例 8	0.27	0.83	1.50	0.025	0.019		余量
实施例 9	0.35	0.60	1.55	0.018	0.015		余量
实施例 10	0.29	0.73	1.60	0.015	0.017		余量

本发明所述抽油杆用钢，按照上述化学分配比冶炼，经铁水预处理、转炉冶炼、炉外精炼、连铸保护浇铸等工艺，进入轧制工序。所述轧制工序的工艺参数控制如下：铸坯在加热炉中加热到 1150~1200℃后，进行粗轧、中轧和精轧。粗轧区温度控制在 1050~1150℃，累计压下率大于 50%，以确保粗轧在奥氏体再结晶区轧制；中轧按常规轧制进行，中轧区温度控制在 880~950℃，中轧出来的中间坯经水冷进入精轧机，精轧机的开轧温度为 750~800℃，精轧机的终轧温度为 650~750℃，累计压下率大于 60%，以确保精轧在临界奥氏体区（Ar<sub>3</sub> 附近）进行轧制；轧后冷却速度控制在 0.5~25℃/s。按上述工艺参数进行轧制，最终产品组织为超细铁素体加珠光体，平均晶粒尺寸为 2~6 μm。

其物理性能技术指标为：

抗拉强度： $\sigma_b \geq 800\text{MPa}$ ，

屈服强度： $\sigma_s \geq 600\text{MPa}$ ，

延伸率： $\delta_{200} \geq 12$ ，

疲劳强度： $\sigma_{-1} \geq 340\text{MPa}$ 。