



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 116445829 A

(43) 申请公布日 2023.07.18

(21) 申请号 202310716733.4 *G22C 38/04* (2006.01)
(22) 申请日 2023.06.16 *G21D 8/06* (2006.01)
(71) 申请人 中国矿业大学(北京) *G22C 33/06* (2006.01)
地址 100083 北京市海淀区学院路丁11号 *B21B 1/16* (2006.01)
B21B 1/18 (2006.01)
(72) 发明人 刘洪涛 周光东 张宇淇 姬越 *B21B 15/00* (2006.01)
张成璐 鲁永祥 胡洪明 贺海成 *B21B 45/02* (2006.01)
钟阳 *E21D 21/00* (2006.01)

(74) 专利代理机构 郑州智方达知识产权代理事
务所(普通合伙) 41228
专利代理师 樊进茹

(51) Int. Cl.
G22C 38/46 (2006.01)
G22C 38/44 (2006.01)
G22C 38/42 (2006.01)
G22C 38/02 (2006.01)

权利要求书2页 说明书7页 附图2页

(54) 发明名称

一种抗腐蚀锚杆及其生产工艺

(57) 摘要

本发明涉及金属制品加工技术领域,具体涉及一种抗腐蚀锚杆及其生产工艺。一种抗腐蚀锚杆,其组成成分及质量百分含量为:C 0.21~0.25%,S 0.021~0.023%,Si 0.39~0.43%,Mn 1.01~1.06%,P 0.026~0.029%,Ni 5.5~8.4%,Cr 5.5~8.5%,Cu 0.15~0.18%,Mo 0.18~0.20%,N 0.18~0.20%,V 0.006~0.008%,Fe 81.76~85.83%,Sn 0.002~0.009%,Sb 0.003~0.008%和As 0.001~0.007%。该抗腐蚀锚杆既达到了防锈蚀的要求,又符合GB/T 35056-2018标准的化学成分以及物理性能要求,解决了现有锚杆在井下严重腐蚀的问题。



1. 一种抗腐蚀锚杆,其特征在于,其组成成分及质量百分含量为:

C 0.21~0.25%,S 0.021~0.023%,Si 0.39~0.43%,Mn 1.01~1.06%,P 0.026~0.029%,Ni 5.5~8.4%,Cr 5.5~8.5%,Cu 0.15~0.18%,Mo 0.18~0.20%,N 0.18~0.20%,V 0.006~0.008%,Fe 81.76~85.83%,Sn 0.002~0.009%,Sb 0.003~0.008%和As 0.001~0.007%。

2. 一种如权利要求1所述的抗腐蚀锚杆的生产工艺,其特征在于,包括以下步骤:

(1) 冶炼钢坯,将废钢、镍和合金冶炼,得到初炼钢水,其中,合金为高碳铬铁和高碳锰铁;将初炼钢水先进行氧化期冶炼,后进行还原期冶炼,还原后加入造渣剂进行造渣,并加入微调成分对目标成分进行微调后出钢,得到精炼钢水,经冷却、搅拌后,切割得到板坯;

(2) 开坯,将板坯加入加热炉中,出炉制成方钢坯;将方钢坯轧制成圆钢I,再用冷水淋浴;

(3) 粗轧,将冷水淋浴后的圆钢I轧制成圆钢II;将圆钢II的头部缺陷和尾部缺陷切除;

(4) 中轧,将切除缺陷的圆钢II轧制成圆钢III,对圆钢III进行矫直,并测量其长度及直径;

(5) 精轧,将矫直后的圆钢III先冷却降温,再除磷,然后,轧制成螺纹钢;

(6) 成品,将螺纹钢进行剪切,并在尾部切斜尖,再冷却至常温;然后,采用压圆机对其头部缩颈制成圆头,再采用滚丝机对圆头部分进行滚丝即得成品。

3. 根据权利要求2所述的抗腐蚀锚杆的生产工艺,其特征在于,步骤(1)中,将废钢、镍和合金加入电炉进行冶炼,冶炼时冶炼的出钢温度为1635~1685°C,待电炉中粗钢水化学成分达到C 0.19~0.30%、S 0.018~0.028%、Si 0.32~0.46%、Mn 0.98~1.09%、P 0.020~0.034%、Ni 5.3~8.8%、Cr 5.2~9.0%、N 0.14~0.23%、V 0.002~0.013%时出钢,得到初炼钢水。

4. 根据权利要求3所述的抗腐蚀锚杆的生产工艺,其特征在于,步骤(1)中,将初炼钢水先进行氧化期冶炼,其中氧化期冶炼向精炼炉中以13~20m³/min的速率吹入空气,将磷含量降至0.03%以下,后进行还原期冶炼,其中还原期冶炼向精炼炉中加入质量比为9:1的硅铁和铝,并以6~10m³/min的速率吹入氮气,将硫含量降至0.03%以下,再加入造渣剂进行造渣,并加入微调成分对目标成分进行微调后出钢,得到精炼钢水;其中,造渣剂由质量比为10:3的石灰和萤石组成,微调成分由质量比为8:3的锰和氮化铬铁组成,目标成分为C 0.21~0.25%,Si 0.39~0.43%,Mn 1.01~1.06%,Ni 5.5~8.4%,Cr 5.5~8.5%,Cu 0.15~0.18%,Mo 0.18~0.20%,V 0.006~0.008%。

5. 根据权利要求2所述的抗腐蚀锚杆的生产工艺,其特征在于,步骤(2)中,所述出炉的温度为1010~1090°C;采用轧机将方钢坯轧制15道次,轧成 Φ 45mm的圆钢I,然后,采用冷水淋浴将圆钢I降温至855~875°C。

6. 根据权利要求5所述的抗腐蚀锚杆的生产工艺,其特征在于,步骤(3)中,将冷水淋浴后的圆钢I采用水平粗轧机轧制5次,轧成 Φ 35mm的圆钢II;采用锚杆剪切机将圆钢II的头部缺陷和尾部缺陷均切除200~300mm。

7. 根据权利要求6所述的抗腐蚀锚杆的生产工艺,其特征在于,步骤(4)中,将切除缺陷的圆钢II采用中轧机轧制5次,轧制成 Φ 25mm的圆钢III,所述圆钢III与圆钢II的减径比为0.3~0.5,且中轧后的温度降至850°C以下。

8. 根据权利要求7所述的抗腐蚀锚杆的生产工艺,其特征在于,步骤(5)中,将矫直后的圆钢III置于冷水喷射冷却系统中冷却3秒后移出,圆钢III移出后的温度降低范围为75~85°C;冷水喷射冷却系统的水流喷嘴沿圆钢III的长度方向设置,且与圆钢III相距1cm;所述冷水喷射冷却系统的水流量保持在25~30m³/h,压力为0.3~0.5MPa。

9. 根据权利要求8所述的抗腐蚀锚杆的生产工艺,其特征在于,步骤(5)中,将冷却降温后的圆钢III置于第一架轧机后,通过轧制消除圆钢温度对微张力的影响,然后采用含花纹轧辊的第二架轧机轧制成 ϕ 20mm的螺纹钢。

10. 根据权利要求2所述的抗腐蚀锚杆的生产工艺,其特征在于,步骤(6)中,采用倍尺剪对螺纹钢进行剪切;对螺纹钢的尾部进行切斜尖,冷却至常温,再将螺纹钢的头部采用压圆机进行缩颈,使头部表面无横肋,变成圆头然后,采用滚丝机对螺纹钢头部压圆部分进行滚丝制成成品;检查成品再打包。

一种抗腐蚀锚杆及其生产工艺

技术领域

[0001] 本发明涉及金属制品加工技术领域,具体涉及一种抗腐蚀锚杆及其生产工艺。

背景技术

[0002] 由于煤矿特殊的井下环境,时常会发生岩层水渗入到巷道中的情况,而岩层水含带了一定的盐类和碱性等物质,这些物质会对井下的锚杆、锚索等支护材料进行严重锈蚀,进而破坏支护结构的强度,加大了煤矿安全中存在的隐患,故对煤矿井下支护金属体的防锈蚀研究极其重要。由腐蚀机理分析可知,锚杆发生腐蚀主要是由于和外界介质接触发生电化学腐蚀;此外,在高地应力作用下,强化了腐蚀对锚护材料的影响,会造成锚护材料的服役时间降低甚至提前失效,尤其是对于处于高应力状态下的锚杆,在腐蚀环境下极易发生应力腐蚀导致提前失效。

[0003] 抗腐蚀锚杆是预防井下安全事故的重要发明,目前大多数锚杆受井下的高盐、高湿、高淋水条件影响而严重腐蚀,长时间使用会提前失效。

发明内容

[0004] 本发明的目的之一在于提供一种抗腐蚀锚杆,该抗腐蚀锚杆既达到了防锈蚀的要求,又符合GB/T 35056-2018标准的化学成分以及物理性能要求,解决了现有锚杆在井下严重腐蚀的问题。

[0005] 本发明一种抗腐蚀锚杆的技术方案如下:

一种抗腐蚀锚杆,其组成成分及质量百分含量为:

C 0.21~0.25%,S 0.021~0.023%,Si 0.39~0.43%,Mn 1.01~1.06%,P 0.026~0.029%,Ni 5.5~8.4%,Cr 5.5~8.5%,Cu 0.15~0.18%,Mo 0.18~0.20%,N 0.18~0.20%,V 0.006~0.008%,Fe 81.76~85.83%,Sn 0.002~0.009%,Sb 0.003~0.008%和As 0.001~0.007%。

[0006] 本发明的目的之而在于提供一种抗腐蚀锚杆的生产工艺,对锚杆的生产工艺进行优化,提高了锚杆材料的强度、抗氧化性能、机械加工性能、抗拉强度、稳定性等,同时,该生产工艺可以根据客户需求快速且灵活的生产以满足客户的不同需求。

[0007] 本发明一种抗腐蚀锚杆的生产工艺的技术方案如下:

一种抗腐蚀锚杆的生产工艺,包括以下步骤:

(1) 冶炼钢坯,将废钢、镍和合金冶炼,得到初炼钢水,其中,合金为高碳铬铁和高碳锰铁;将初炼钢水先进行氧化期冶炼,后进行还原期冶炼,还原后加入造渣剂进行造渣,并加入微调成分对目标成分进行微调后出钢,得到精炼钢水,经冷却、搅拌后,切割得到板坯;

(2) 开坯,将板坯加入加热炉中,出炉制成方钢坯;将方钢坯轧制成圆钢I,再用冷水淋浴;

(3) 粗轧,将冷水淋浴后的圆钢I轧制成圆钢II;将圆钢II的头部缺陷和尾部缺陷

切除；

(4) 中轧，将切除缺陷的圆钢II轧制成圆钢III，对圆钢III进行矫直，并测量其长度及直径；

(5) 精轧，将矫直后的圆钢III先冷却降温，再除磷，然后，轧制成螺纹钢；

(6) 成品，将螺纹钢进行剪切，并在尾部切斜尖，再冷却至常温；然后，采用压圆机对其头部缩颈制成圆头，再采用滚丝机对圆头部分进行滚丝即得成品。

[0008] 优选地，步骤(1)中，将废钢、镍和合金加入电炉进行冶炼，冶炼时冶炼的出钢温度为1635~1685℃，待电炉中粗钢水化学成分达到C 0.19~0.30%、S 0.018~0.028%、Si 0.32~0.46%、Mn 0.98~1.09%、P 0.020~0.034%、Ni 5.3~8.8%、Cr 5.2~9.0%、N 0.14~0.23%、V 0.002~0.013%时出钢，得到初炼钢水。

[0009] 进一步优选地，步骤(1)中，将初炼钢水先进行氧化期冶炼，其中氧化期冶炼向精炼炉中以13~20m³/min的速率吹入空气，将磷含量降至0.03%以下，以及使钢液均匀加热升温，后进行还原期冶炼，其中还原期冶炼向精炼炉中加入质量比为9:1的硅铁和铝，并以6~10m³/min的速率吹入氮气，将硫含量降至0.03%以下，再加入造渣剂进行造渣，并加入微调成分对目标成分进行微调后出钢，得到精炼钢水；其中，造渣剂由质量比为10:3的石灰和萤石组成，微调成分由质量比为8:3的锰和氮化铬铁组成，目标成分为C 0.21~0.25%，Si 0.39~0.43%，Mn 1.01~1.06%，Ni 5.5~8.4%，Cr 5.5~8.5%，Cu 0.15~0.18%，Mo 0.18~0.20%，V 0.006~0.008%。

[0010] 优选地，步骤(2)中，所述出炉的温度为1010~1090℃；采用轧机将方钢坯轧制15道次，轧成φ45mm的圆钢I，然后，采用冷水淋浴将圆钢I降温至855~875℃。

[0011] 进一步优选地，步骤(3)中，将冷水淋浴后的圆钢I采用水平粗轧机轧制5次，轧成φ35mm的圆钢II；采用锚杆剪切机将圆钢II的头部缺陷和尾部缺陷均切除200~300mm。

[0012] 更进一步优选地，步骤(4)中，将切除缺陷的圆钢II采用中轧机轧制5次，轧制成φ25mm的圆钢III，所述圆钢III与圆钢II的减径比为0.3~0.5，且中轧后的温度降至850℃以下。其中，减径比的计算公式如下：

减径比=(圆钢II的直径-圆钢III的直径)/圆钢III的直径。

[0013] 更进一步优选地，步骤(5)中，将矫直后的圆钢III置于冷水喷射冷却系统中冷却3秒后移出，圆钢III移出后温度降低范围为75~85℃；冷水喷射冷却系统的水流喷嘴沿圆钢III的长度方向设置，且与圆钢III相距1cm；所述冷水喷射冷却系统的水流量保持在25~30m³/h，压力为0.3~0.5MPa。

[0014] 更进一步优选地，步骤(5)中，将冷却降温后的圆钢III置于第一架轧机后，通过轧制消除圆钢温度对微张力的影响，然后采用含花纹轧辊的第二架轧机轧制成φ20mm的螺纹钢。

[0015] 优选地，步骤(6)中，采用倍尺剪对螺纹钢进行剪切；对螺纹钢的尾部进行切斜尖，冷却至常温，再将螺纹钢的头部采用压圆机进行缩颈，使头部表面无横肋，变成圆头，然后，采用滚丝机对螺纹钢头部压圆部分进行滚丝制成成品；检查成品再打包。

[0016] 元素的作用

Ni：既能提高锚杆的强度，又能保持良好的塑性和韧性。Ni可增强锚杆在酸碱环境中的耐腐蚀能力，增强抗氧化性，实现防锈效果，可以减少Fe素体的形成，并显著降低σ相形

成的倾向。

[0017] Cr:能显著增强锚杆的抗氧化性能和抗腐蚀性能,一定含量的Cr可增强材料的强度和硬度,还可以提高材料的冲击韧性以及耐磨性能,还可增强材料的耐锈性和耐蚀性,Cr促进了材料的钝化并使材料保持稳定钝态的结果。Cr对组织的影响在于Cr是强烈形成并稳定铁体的元素,缩小奥氏体区。

[0018] Cu:可增强锚杆的机械加工性能,可提高材料的抗大气腐蚀性能,还可提高材料中奥氏体的稳定性,强化铁素体,可提高在还原性介质中的耐蚀性。

[0019] Si:能显著的强化铁素体且具有较强的固溶强化效果,它可显著提高钢的抗拉强度,较小地提高钢的屈服强度而塑性韧性有所下降。Si的加入,可在材料表面形成致密的SiO₂保护膜,阻止腐蚀介质对锚杆的进一步腐蚀。硅的加入还可以使材料组织中的基体金属即阳极区域产生钝化,提高电极电位,有效地提高锚杆锚索的抗化学腐蚀和电化学腐蚀能力。

[0020] V:属于过渡族元素,过渡族元素原子与C原子交互作用时既可形成金属键,又可形成共价键,V既是一种脱氧剂又是合金的强化元素,被誉为合金中的维生素,通过添加V就可以提高强度韧性和其他性能。

[0021] Mo:可以有效地提高锚杆锚索在含氯介质中的稳定性,钼能与氯离子反应生成氯化钼(MoO₂Cl₂)钝化膜,提高了抗氯离子的腐蚀能力,同时组织上消除了石墨化,强化了SiO₂保护膜。

有益效果

[0022] 本发明的锚杆的成分及其质量百分含量如下:C 0.21~0.25%,S 0.021~0.023%,Si 0.39~0.43%,Mn 1.01~1.06%,P 0.026~0.029%,Ni 5.5~8.4%,Cr 5.5~8.5%,Cu 0.15~0.18%,Mo 0.18~0.20%,N 0.18~0.20%,V 0.006~0.008%,余量为Fe 81.76~85.83%及Sn 0.002~0.009%、Sb 0.003~0.008%和As 0.001~0.007%。本发明通过对锚杆中的有效成分进行调整,将锚杆中的元素及其含量均进行了改进,并对锚杆的生产加工工艺进行优化,提高了锚杆材料的强度、抗氧化性能、机械加工性能、抗拉强度、稳定性等,在常规锚杆性能的基础上,既达到了防锈蚀要求,又保证了所制备的锚杆符合煤矿巷道锚杆技术规范GB/T 35056-2018标准的化学成分、抗拉强度和延伸率要求,解决了现有锚杆在井下严重腐蚀的问题。

附图说明

[0023] 图1是本发明实施例1中锚杆的示意图;

图2是本发明锚杆加速腐蚀电解试验装置;

图3是本发明实施例1中锚杆腐蚀前后的形貌图,其中,a为本发明实施例1的锚杆电解腐蚀前的形貌图,b为本发明实施例1的锚杆电解腐蚀后的形貌图,c为原矿用锚杆电解腐蚀前的形貌图;d为原矿用锚杆电解腐蚀后的形貌图。

具体实施方式

[0024] 下面详细描述本发明的实施例,所述实施例的示例在附图中示出。下面通过参考

附图描述的实施例是示例性的,旨在用于解释本发明,而不能理解为对本发明的限制。

[0025] 一、本发明的抗腐蚀锚杆的具体实施例如下:

实施例1

[0026] 一种抗腐蚀锚杆,其组成成分及质量百分含量为:

C 0.21~0.25%,S 0.021~0.023%,Si 0.39~0.43%,Mn 1.01~1.06%,P 0.026~0.029%,Ni 5.5~8.4%,Cr 5.5~8.5%,Cu 0.15~0.18%,Mo 0.18~0.20%,N 0.18~0.20%,V 0.006~0.008%,Fe 81.76~85.83%,Sn 0.002~0.009%,Sb 0.003~0.008%和As 0.001~0.007%。

实施例2

[0027] 一种抗腐蚀锚杆,其组成成分及质量百分含量为:C 0.21%,S 0.023%,Si 0.39%,Mn 1.01%,P 0.029%,Ni 6.5%,Cr 6.5%,Cu 0.15%,Mo 0.20%,N 0.18%,V 0.008%,Fe 84.78%,Sn 0.009%,Sb 0.004%和As 0.007%。

实施例3

[0028] 一种抗腐蚀锚杆,其组成成分及质量百分含量为:C 0.25%,S 0.021%,Si 0.43%,Mn 1.06%,P 0.026%,Ni 7.47%,Cr 8.4%,Cu 0.18%,Mo 0.18%,N 0.20%,V 0.006%,Fe 81.76%,Sn 0.002%,Sb 0.008%和As 0.007%。

实施例4

[0029] 一种抗腐蚀锚杆,其组成成分及质量百分含量为:C 0.23%,S 0.023%,Si 0.41%,Mn 1.04%,P 0.028%,Ni 7.3%,Cr 7.6%,Cu 0.16%,Mo 0.19%,N 0.19%,V 0.008%,Fe 82.8%,Sn 0.007%,Sb 0.007%和As 0.007%。

[0030] 二、本发明的抗腐蚀锚杆的生产工艺的具体实施例如下:

实施例4(冷水淋浴至867°C)

一种抗腐蚀锚杆的生产工艺,包括以下步骤:

(1) 冶炼钢坯

电炉冶炼,将废钢和镍和合金(合金为高碳铬铁和高碳锰铁)加入电炉进行冶炼,冶炼时控制冶炼的出钢温度为1635~1685°C,待电炉中粗钢水化学成分达到C 0.19~0.30%、S 0.018~0.028%、Si 0.32~0.46%、Mn 0.98~1.09%、P 0.020~0.034%、Ni 5.3~8.8%、Cr 5.2~9.0%、N 0.14~0.23%、V 0.002~0.013%标准时出钢,得到初炼钢水;

氩氧精炼炉精炼,将初炼钢水先进行氧化期冶炼,其中氧化期冶炼向精炼炉中以13~20m³/min的速率吹入空气,将磷含量降至0.03%以下,以及使钢液均匀加热升温,后进行还原期冶炼,其中还原期冶炼向精炼炉中加入质量比为9:1的硅铁和铝,并以6~10m³/min的速率吹入氮气,将硫含量降至0.03%以下;还原后加入造渣剂进行造渣,并加入微调成分对目标成分进行微调后出钢,得到精炼钢水,经冷却、搅拌后,切割得到板坯;其中,造渣剂由质量比为10:3的石灰和萤石组成,微调成分由质量比为8:3的锰和氮化铬铁组成,目标成分为C 0.21~0.25%,Si 0.39~0.43%,Mn 1.01~1.06%,Ni 5.5~8.4%,Cr 5.5~8.5%,

Cu 0.15~0.18%, Mo 0.18~0.20%, V 0.006~0.008%。

[0031] (2) 开坯, 将板坯倒入推钢式加热炉, 出炉温度为1010~1090°C, 出炉成为方钢坯; 采用轧机将出炉方钢坯轧制15道次, 轧成 ϕ 45mm的圆钢, 由于轧制温度降低较少, 将采用冷水淋浴将圆钢I降温至865°C \pm 10°C。

[0032] (3) 粗轧, 将冷水淋浴后的 ϕ 45mm圆钢I采用水平粗轧机轧制5次, 轧成 ϕ 35mm圆钢II; 采用锚杆剪切机将圆钢II的头部和尾部缺陷切除, 其中, 圆钢II的头部缺陷切除长度为200~300mm, 圆钢II的尾部缺陷切除长度为200~300mm。

[0033] (4) 中轧, 将头部和尾部缺陷切除的 ϕ 35mm圆钢II采用中轧机轧制5次, 中轧机对圆钢II轧圆减轻, 轧成 ϕ 25mm圆钢III, 圆钢III与圆钢II的减径比为0.3~0.5, 此时温度已降到850°C以下; 对圆钢III进行矫直, 并测量圆钢III的长度及直径, 以保证圆钢III的质量;

(5) 精轧, 在成品轧制前设置一道冷水喷射冷却系统, 水流喷嘴沿着锚杆走向布置, 且与锚杆相距1cm, 水流量保持在25~30m³/h, 压力为0.3~0.5MPa; 当 ϕ 25mm圆钢III进入冷水喷射冷却系统后, 在该冷却系统中冷却3秒后迅速移出, 在该冷却系统中冷却可使圆钢III的温度降低75~85°C; 然后, 圆钢III进入除磷箱, 除磷后的圆钢III送入到精轧机组进行轧制, 圆钢III先进入第一架轧机后, 通过轧制消除圆钢III温度对微张力的影响, 再进入第二架轧机后, 第二架轧机含花纹轧辊轧成 ϕ 20mm螺纹钢。

[0034] 成品, 采用倍尺剪根据要求尺寸对螺纹钢进行剪切, 并对螺纹钢尾部进行切斜尖, 冷却至常温; 然后, 采用压圆机将螺纹钢头部缩颈, 使螺纹钢头部表面不再有横肋, 变成圆头; 再采用滚丝机对头部压圆的螺纹钢进行滚丝制得螺纹钢成品, 若螺纹钢横肋未压平, 则易发生跳刀; 最后, 检查螺纹钢成品是否合格, 合格后方可打包包装。

[0035] 成品的组成成分及质量百分含量如下:

C 0.21~0.25%, S 0.021~0.023%, Si 0.39~0.43%, Mn 1.01~1.06%, P 0.026~0.029%, Ni 5.5~8.4%, Cr 5.5~8.5%, Cu 0.15~0.18%, Mo 0.18~0.20%, N 0.18~0.20%, V 0.006~0.008%, 余量为Fe 81.76~85.83%及Sn 0.002~0.009%、Sb 0.003~0.008%和As 0.001~0.007%。

[0036] 上述实施例1~3中的锚杆也通过实施例4的生产工艺生产。

[0037] 锚杆防腐性能表征与分析

(1) 试验目的

针对某矿区锚杆腐蚀机理与主要腐蚀影响因素的分析可知, 矿井水中氯离子对锚杆的腐蚀最为显著。为检验锚杆材料的抗腐蚀性能, 通过电解试验对锚杆进行测试, 使用在模拟矿井水基础上放大5倍氯离子浓度得到的增强腐蚀溶液作为电解液, 观察锚杆的腐蚀情况, 分析锚杆的抗腐蚀性能。本发明实施例1的锚杆如图1所示。

[0038] (2) 试验装置及原理

本实验采用自制锚杆加速腐蚀电解试验装置, 其主要包括反应槽、电解液(电解液主要为350mg/L的氯离子溶液)、导线、直流电源、装液容器、锚杆试件及石墨电极。通过直流电源给锚杆试件电极和石墨电极通电, 使锚杆试件在电解液中产生电化学反应, 加速锚杆试件的腐蚀速率。组装完成后对电解系统的电阻进行测量, 使各试验组的电阻值保持一致, 保证试验条件的一致性。透明材质的反应槽便于观察电解反应过程和电极变化。锚杆加速

腐蚀电解试验装置如图2所示。

[0039] (3) 试验方案

使用在模拟矿井水基础上放大5倍氯离子浓度得到的增强腐蚀溶液作为电解液，将锚杆制成的电极和石墨电极置于装有电解液的反应槽中，连接好线路，通过直流电源给锚杆试样电极与石墨电极提供稳定的2A电流，电解15h，之后取出试样，观察锚杆的腐蚀情况。

[0040] (4) 锚杆腐蚀形貌分析

锚杆电解结束后，取出试件，在去除附属物后进行除锈烘干，并拍照记录试件的腐蚀情况。试件腐蚀前后的形貌如图3所示。

[0041] 对锚杆试件的腐蚀情况进行观察：

由图3a和3b可知，本发明实施例1的锚杆试件腐蚀后整体颜色较暗，表面平整但有黑色斑点，整体以点蚀为主。各点腐蚀深度浅，多为锈斑，腐蚀坑尺寸较小且数量少。锚杆整体上腐蚀均匀且程度小，杆体直径变化极小，各位置的截面面积损失也均较小。

[0042] 由图3c和3d可知，原矿用锚杆试件腐蚀后整体呈黄褐色，表面粗糙，以局部腐蚀为主，腐蚀坑整体上分布较广且尺寸较大。部分位置腐蚀较为严重，发生了明显的截面面积损失，杆体直径明显减小，尺寸波动不均匀。

[0043] 对比本发明制得的锚杆和原矿用锚杆在氯离子增强电解液下的电解腐蚀情况可知，本发明锚杆的腐蚀程度远小于原矿用锚杆，且局部腐蚀较轻，锚杆杆体直径一致性极好，锚杆截面面积损失较小。

[0044] (5) 质量损失分析与结果

在本发明实施例1的锚杆电解结束后，取出锚杆，去除导线等附属物后，进行除锈和烘干，之后对其进行称重。通过对比试验前后锚杆的质量，可得到锚杆的质量变化情况。锚杆点解腐蚀前后的质量如表1。

[0045] 表1 锚杆电解腐蚀前后的质量对比

类型	腐蚀前质量 (g)	腐蚀后质量 (g)	质量损失 (g)	质量损失率 (%)
本发明锚杆	1010.24	999.75	10.49	1.03
原矿用锚杆	809.54	765.64	43.90	5.42

[0046] 由表1可知，通过对比本发明锚杆和原矿用锚杆的质量损失情况发现，本发明锚杆的质量损失率显著降低，从5.42%降到了1.03%，如增加试验时间，降幅将会进一步增大。

[0047] 综合对比本发明锚杆和原矿用锚杆的外观变化和质量损失情况可知，本发明锚杆的腐蚀程度较原矿用锚杆明显较轻。综上，本发明锚杆耐腐蚀性能突出，优势明显。

[0048] 采用上述工艺制得的直径20mm锚杆的抗拉强度至少12t，且延伸率不低于15%，本发明的锚杆符合煤矿巷道锚杆技术规范GB/T 35056-2018的化学成分、抗拉强度和延伸率要求。

[0049] 从上述技术方案可以看出，本发明的抗腐蚀锚杆及其生产工艺，与现有技术生产

工艺和产品相比,起到了抗腐蚀的作用,并且能够降低井下安全事故的发生概率,同时可以根据客户需求,快速灵活的生产出满足不同客户需求的锚杆。

[0050] 在本发明中,术语“一个实施例”、“一些实施例”、“示例”、“具体示例”、或“一些示例”等意指结合该实施例或示例描述的具体特征、结构、材料或者特点包含于本发明的至少一个实施例或示例中。在本说明书中,对上述术语的示意性表述不必须针对的是相同的实施例或示例。而且,描述的具体特征、结构、材料或者特点可以在任一个或多个实施例或示例中以合适的方式结合。此外,在不相互矛盾的情况下,本领域的技术人员可以将本说明书中描述的不同实施例或示例以及不同实施例或示例的特征进行结合和组合。

[0051] 尽管上面已经示出和描述了本发明的实施例,可以理解的是,上述实施例是示例性的,不能理解为对本发明的限制,本领域的普通技术人员在本发明的范围内可以对上述实施例进行变化、修改、替换和变型。



图 1



图 2

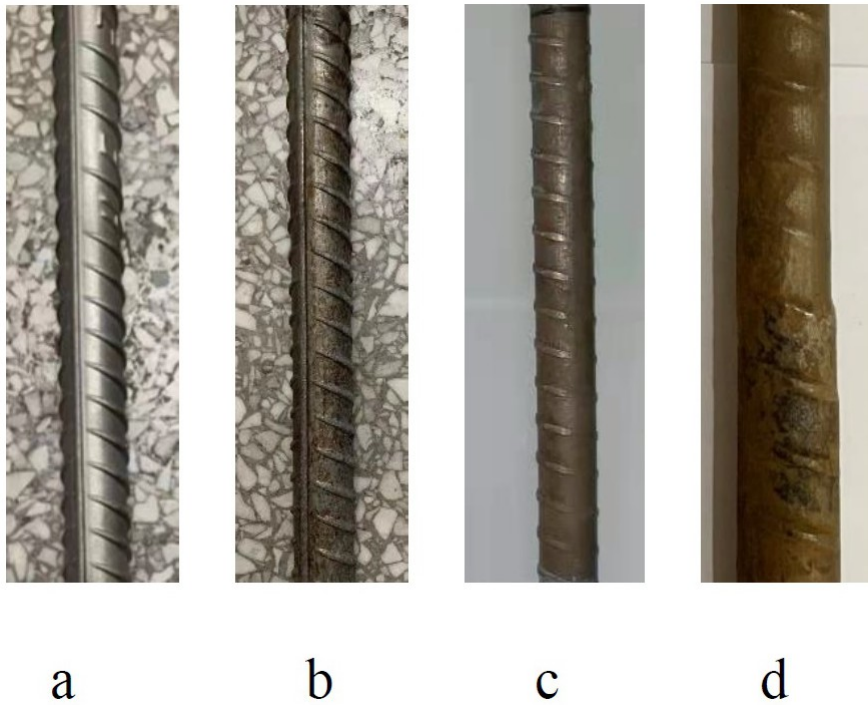


图 3