



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102625493 A

(43) 申请公布日 2012.08.01

(21) 申请号 201210076789.X

(22) 申请日 2012.03.22

(71) 申请人 新余市长城铜产品开发有限公司

地址 338000 江西省新余市北湖中路 478 号
一单元 -1101 座

(72) 发明人 周水军 卜文德 王国文

(51) Int. Cl.

H05B 3/03 (2006.01)

H05B 3/62 (2006.01)

B23K 20/12 (2006.01)

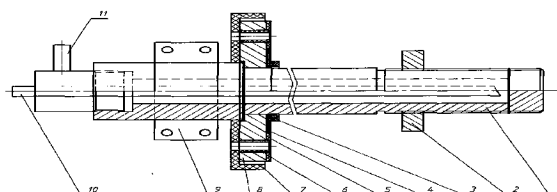
权利要求书 1 页 说明书 5 页 附图 2 页

(54) 发明名称

一种多晶硅真空炉用摩擦焊铜电极及其制造工艺

(57) 摘要

本发明涉及多晶硅真空炉生产设备中使用的铜电极,公开了一种多晶硅真空炉用摩擦焊铜电极及其制造工艺。产品包括铜电极杆,铜法兰,接电板,锁紧螺母,0 型密封圈,绝缘保护组件,连接螺栓,其特征在于:铜电极杆至少设置两段,采用摩擦焊连为一体。制造工艺为:采用连续驱动摩擦焊机制造时,主要工艺参数为:主轴转速 1300~1800r/min,顶锻压力 100~130MPa,保压时间 3~10s;采用惯性摩擦焊机制造时,主要工艺参数为:起始转速 1500~2200r/min,转动惯量 1.2~3.6kg·m²,顶锻压力 100~130MPa,保压时间 3~5s。采用本发明工艺制造简单、焊缝结合牢固,不影响导电性能,产品使用寿命长,并可对损坏的铜电极杆修复使用。



1. 一种多晶硅真空炉用摩擦焊铜电极,包括外径为 32mm ~ 50mm 的铜电极杆,铜法兰,接电板,锁紧螺母,0 型密封圈,绝缘保护组件,连接螺栓,其特征在于:铜电极杆至少设置两段,采用摩擦焊连为一体。

2. 根据权利要求 1 所述的一种多晶硅真空炉用摩擦焊铜电极,其特征在于:所述铜电极杆设置成前中后三段,中、后段选用不同外径的两种规格纯铜管摩擦焊连接,前段选用纯铜棒,与中段摩擦焊连接。

3. 根据权利要求 1 所述的一种多晶硅真空炉用摩擦焊铜电极,其特征在于:所述铜电极杆设置成前中后三段,前、后段选用不同外径的纯铜棒钻孔后与中段的纯铜管摩擦焊连接。

4. 根据权利要求 1 所述的一种多晶硅真空炉用摩擦焊铜电极,其特征在于:所述铜电极杆设置成相同外径的前后两段,前段选用纯铜棒钻孔后与后段的纯铜管摩擦焊连接。

5. 一种专用于生产多晶硅真空炉用摩擦焊铜电极的制造工艺,包括旋转摩擦焊机,其特征在于:外径为 32mm ~ 50mm 的铜电极杆分段设计,采用连续驱动摩擦焊机制造时,铜电极杆摩擦焊的工艺参数为:主轴转速 1300 ~ 1800r/min,摩擦压力 70 ~ 90MPa,摩擦时间 1 ~ 6s,顶锻压力 100 ~ 130MPa,保压时间 3 ~ 10s,工件顶锻变形量 3 ~ 8mm;采用惯性摩擦焊机制造时,铜电极杆摩擦焊的工艺参数为:起始转速 1500 ~ 2200r/min,转动惯量 $1.2 \sim 3.6 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$,摩擦压力 70 ~ 90MPa,摩擦时间 1 ~ 5s,顶锻压力 100 ~ 130MPa,保压时间 3 ~ 5s,工件顶锻变形量 3 ~ 8mm。

一种多晶硅真空炉用摩擦焊铜电极及其制造工艺

技术领域

[0001] 本发明涉及一种真空炉用铜电极及其制造工艺,尤其涉及一种多晶硅真空炉用摩擦焊铜电极及其制造工艺。

背景技术

[0002] 在光伏产业,多晶硅铸锭真空炉是用于铸造大型多晶硅锭的设备,它是将硅料高温熔融后通过定向凝固冷结晶,使其形成晶向一致的硅锭,从而达到太阳能电池对硅片品质的要求。铜电极的作用是将强大电流(2000 左右安培)通过铜电极传入石墨电极再加热石墨板,使其发热,通过热辐射而加热硅料。现有的铜电极包括后端带进出冷却水管的铜电极杆,铜法兰,接电板,锁紧螺母,O 型密封圈,绝缘保护组件,连接螺栓等。铜电极杆通常外径 32mm~50mm,内径 15mm~20mm,壁厚 8.0mm~15.0mm,长度 800mm~1000mm,前端封闭,外圆周设有螺纹,用与石墨电极内螺纹连接。外来电流通过铜电极杆导入石墨电极。目前,铜电极杆的制造采用两种方式:一种是选用纯铜管,一端熔焊封闭,由于常规熔化焊方法焊缝处不可避免产生气孔、夹杂、熔渣等缺陷,在急冷急热环境下,前端焊缝处在热应力作用下材料疲劳产生龟裂,容易漏水而报废,使用寿命短,维护工作量大。另一种是选用纯铜棒,采用深孔加工方式,这种加工方式虽然前端不需焊接,解决了前端漏水问题,但由于棒身长,深孔加工排屑困难而加工难度大,材料消耗高。此外,铜电极与石墨电极之间全靠螺纹衔接,并且是线接触,甚至有些地方是点接触,在强大电流流过该处时,由于接触面积较小,电阻过大,在此部位产生大量的热量,使温度急剧升高,使用一段时间后,两电极经常因烧蚀而粘结在一起,影响电流通过,导电率降低,必须停炉进行检修更换,且无法修复,也造成多晶硅生产企业铜电极和石墨电极使用寿命短,生产成本低。综上所述,铜电极前端焊接处漏水及螺纹衔接处强电流起弧侵蚀使其逐步损坏,是造成铜电极使用寿命短的主要原因。目前,国产铜电极使用寿命一般为一年,进口铜电极(采用纯铜棒深孔加工方式制造)使用寿命一般为三年。

[0003] 研究一种使用寿命长,可修复,为多晶硅生产企业大幅度降低生产成本,同时制造简单,完全可以替代进口的多晶硅真空炉用铜电极,是本发明的一项重要课题。

发明内容

[0004] 本课题探讨采用旋转摩擦焊技术,解决现有问题。旋转摩擦焊可分为连续驱动摩擦焊和惯性摩擦焊两种。连续驱动摩擦焊的工作原理是:通常将待焊工件两端分别固定在旋转夹具和移动夹具内,工件被夹紧后,由电动机带动一个工件旋转,同时把另一工件压向旋转工件,使其接触面相互摩擦产生热量和一定塑性变形,然后停止旋转,同时施加顶锻压力完成焊接。焊接质量与转速、摩擦时间、摩擦压力、顶锻压力和工件顶锻变形量有关。惯性摩擦焊的工作原理是:旋转工件与飞轮固定,由电动机驱动飞轮达设定的转速,随后电动机通过离合器与主轴脱开,然后把一个工件压向夹持在飞轮轴上的转动工件,工件间的摩擦阻力使飞轮减速,并将飞轮的动能转换成焊接所需的热能,使端面达到热塑性状态,然后

迅速顶锻,完成焊接。焊接质量与飞轮惯性矩、转速和顶锻力有关。摩擦焊所用的摩擦焊机包括驱动系统(惯性摩擦焊机还包括飞轮)和加压装置。大量文献记载证明,摩擦焊在工厂生产线上已广泛用于发动机燃烧室、排气阀、轴、轴套、杆件、管子与法兰、石油钻杆和钻芯的连接和变截面杆件的连接。

[0005] 本发明的目的是提供一种制造简单、使用寿命长、可修复的多晶硅真空炉用摩擦焊铜电极及其制造工艺。

[0006] 为了解决上述技术问题,本发明所采用的技术方案是:

[0007] 一种多晶硅真空炉用摩擦焊铜电极,包括外径为 32mm ~ 50mm 的铜电极杆,铜法兰,接电板,锁紧螺母, O 型密封圈,绝缘保护组件,连接螺栓,其特征在于:铜电极杆至少设置两段,采用摩擦焊连为一体。

[0008] 所述铜电极杆设置成前中后三段,中、后段选用不同外径的两种规格纯铜管摩擦焊连接,前段选用纯铜棒,与中段摩擦焊连接。

[0009] 所述铜电极杆设置成前中后三段,前、后段选用不同外径的纯铜棒钻孔后与中段的纯铜管摩擦焊连接。

[0010] 所述铜电极杆设置成相同外径的前后两段,前段选用纯铜棒钻孔后与后段的纯铜管摩擦焊连接。

[0011] 为了加工方便,铜电极杆还可设置三段以上摩擦焊连接。

[0012] 一种专用于生产多晶硅真空炉用摩擦焊铜电极的制造工艺,包括旋转摩擦焊机,其特征在于:外径为 32mm ~ 50mm 的铜电极杆分段设计,采用连续驱动摩擦焊机制造时,铜电极杆摩擦焊的工艺参数为:主轴转速 1300 ~ 1800r/min,摩擦压力 70 ~ 90MPa,摩擦时间 1 ~ 6s(s 为秒,下同),顶锻压力 100 ~ 130MPa,保压时间 3 ~ 10s,工件顶锻变形量 3 ~ 8mm;采用惯性摩擦焊机制造时,铜电极杆摩擦焊的工艺参数为:起始转速 1500 ~ 2200r/min,转动惯量 1.2 ~ 3.6kg · m²,摩擦压力 70 ~ 90MPa,摩擦时间 1 ~ 5s,顶锻压力 100 ~ 130MPa,保压时间 3 ~ 5s,工件顶锻变形量 3 ~ 8mm。

[0013] 铜电极杆选用纯铜棒或纯铜管,设计成两段或两段以上工件,粗加工后,采用上述工艺摩擦焊接,去除内外毛边、飞刺,再精加工,前端外圆周和后端内圆周加工螺纹丝扣,进行 1.5MPa 水压持续 60 秒检测,摩擦焊接处无渗漏即可使用。

[0014] 采用本发明工艺制造的摩擦焊铜电极使用时,在铜电极杆的后端安装进水管和出水管,从前端套装铜法兰用银焊或铜焊固定;依次安装聚四氟乙烯托盘、聚四氟乙烯螺栓套管、聚四氟乙烯套环、聚四氟乙烯垫环等绝缘保护组件,安装 O 型密封圈密封,即可送多晶硅生产厂使用。

[0015] 本发明与现有技术相比,其优点是:

[0016] 1、采用本发明工艺制造的摩擦焊铜电极杆,焊缝处金相检测证明(见图 6),工件间相对运动产生的摩擦热能使接合面加热到锻造温度并在预锻力作用下,通过材料的塑性变形和扩散过程,表面氧化层和污染物被挤出,形成固态连接的焊缝。焊缝处克服了常规熔化焊方法不可避免产生气孔、夹杂、熔渣等缺陷,并且晶粒细化,因而焊缝结合牢固,使用寿命长,达到进口铜电极使用效果。

[0017] 2、采用本发明研发的摩擦焊技术,实现了高质量焊接,铜电极杆分段加工成为可能,降低了工件加工难度,提高了加工精度,减少了材料消耗。铜电极导电率实测结果显示:

选用相同材质 T1 纯铜深孔加工方式导电率 99.9%，摩擦焊加工方式导电率 99.6%，下降甚微，该材质完全满足导电率 98% 以上要求。

[0018] 3、采用本发明研发的摩擦焊技术，对于现有的和今后损坏的铜电极杆仅需少量材料，就可修复，又大幅度降低了使用单位的多晶硅生产成本，实现了物尽其用理念。

[0019] 4、采用本发明研发的摩擦焊技术，焊接所需时间只有几秒至十几秒，质量稳定，生产效率高。

[0020] 5、采用本发明研发的摩擦焊技术，节能低耗，不需要特殊焊接电源，所需能量仅为传统焊接工艺的 20% 左右，也不需要其它消耗材料如焊条、焊剂电极、保护气体等，制造成本低。

[0021] 6、采用本发明研发的摩擦焊技术，焊机工作环境清洁，不会产生烟雾、弧光、高频以及有害气体，对环境友好。

附图说明

[0022] 图 1 是本发明结构示意图

[0023] 图 2 是本发明铜电极杆结构示意图

[0024] 图 3 是本发明铜电极杆另一种结构示意图

[0025] 图 4 是本发明铜电极杆等径结构示意图

[0026] 图 5 是本发明铜电极杆母材金相检测图

[0027] 图 6 是本发明铜电极杆焊缝处金相检测图

具体实施方式

[0028] 为了保证铜电极杆导电率 95% 以上，材料选用 GB/T 19850《导电用无缝圆形铜管》或 YS/T 615《导电用铜棒》标准中的牌号制造。

[0029] 摩擦焊机选用中型摩擦焊机，可编程序控制器 (PLC) 控制。如江苏凯迪欧电器设备有限公司生产的 C-25、C-32、C-32C 型连续驱动摩擦焊机或美国制造技术公司生产 180B、180BX 惯性摩擦焊机。

[0030] 如图 2 所示，外径为 32mm ~ 50mm 的铜电极杆 1 设置成前段 A、中段 B 和后段 C 三段，中段 B 和后段 C 选用不同外径的两种规格纯铜管摩擦焊连接，形成焊缝 bc；前端 A 采用纯铜棒，与中段 B 摩擦焊接，也形成焊缝 ab。这样，三段工件经过摩擦焊连为一体，构成一端封闭的铜电极杆 1。如图 3 所示，外径为 32mm ~ 50mm 的铜电极杆 1 设置成前段 A、中段 B 和后段 C 三段，前段 A 和后段 C 选用不同外径的两种规格纯铜棒，前段 A 盲孔钻，后段 C 通孔钻，为了取消后段 C 与铜法兰银焊或铜焊固定工序，后段 C 也可采用模锻或机加工出带铜法兰的整体。由于棒身短而加工容易。后段 C 也可直接选用纯铜管。中段 B 选用纯铜管，前段 A 和后段 C 加工好后分别与中段 B 的两端摩擦焊连接，形成两个焊缝 ab 和 bc，构成一端封闭的铜电极杆 1。如图 4 所示，外径为 32mm ~ 50mm 的铜电极杆 1 设置成等径的前段 A、后段 B 两段，前段 A 选用纯铜棒与后段 B 的纯铜管摩擦焊连接，形成一个焊缝 ab，构成一端封闭的铜电极杆 1。对于现有的和今后的铜电极杆因螺纹衔接处损坏而报废的铜电极杆 1，采用图 3 或图 4 结构形式修复：将损坏的螺纹连接部分切割，再按图 3 或图 4 中前段 A 选用纯铜棒，盲孔钻加工好，摩擦焊接即可修复。由于本发明保证了高质量焊接，保证铜电极

杆导电率 95% 以上, 基于短材料的使用, 三段以上的工件摩擦焊接, 不影响使用效果。三种结构的铜电极杆 1 制造工艺: 外径为 32mm ~ 50mm 的铜电极杆分段设计, 采用连续驱动摩擦焊机制造时, 铜电极杆摩擦焊的工艺参数为: 主轴转速 1300 ~ 1800r/min, 摩擦压力 70 ~ 90MPa, 摩擦时间 1 ~ 6s, 顶锻压力 100 ~ 130MPa, 先顶后刹, 保压时间 3 ~ 10s, 工件顶锻变形量 3 ~ 8mm; 采用惯性摩擦焊机制造时, 铜电极杆摩擦焊的工艺参数为: 起始转速 1500 ~ 2200r/min, 转动惯量 $1.2 \sim 3.6 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$, 摩擦压力 70 ~ 90MPa, 摩擦时间 1 ~ 5s, 顶锻压力 100 ~ 130MPa, 保压时间 3 ~ 5s, 工件顶锻变形量 3 ~ 8mm。

[0031] 不同规格的摩擦焊铜电极杆采用连续驱动摩擦焊制造工艺实施例见表 1。

[0032] 表 1 不同规格的摩擦焊铜电极杆采用连续驱动摩擦焊制造工艺

[0033]

序号	铜电极杆外径(毛坯), mm			焊接面积, mm^2	主轴转速, r/min	摩擦压力, MPa	摩擦时间, s	顶锻压力, MPa	保压时间, s	顶锻变形量, mm
	后段	中段	前段							
实施例 1	Φ50	Φ40	Φ40	943.58	1300	90	2	130	10	8
实施例 2	Φ48	Φ39	Φ39	881.46	1300	80	6	125	8	6
实施例 3	Φ48	Φ37	Φ37	761.94	1500	75	3	120	5	4
实施例 4	Φ38	Φ38	Φ38	820.91	1500	85	5	110	6	3
实施例 5	Φ34	Φ34	Φ34	654.21	1800	70	1	100	3	5
实施例 6	Φ32	Φ32	Φ32	603.89	1800	90	3	115	4	6

[0034] 不同规格的摩擦焊铜电极杆采用惯性摩擦焊制造工艺实施例见表 2。

[0035] 表 2 不同规格的摩擦焊铜电极杆采用惯性摩擦焊制造工艺

[0036]

序号	铜电极杆外径(毛坯), mm			焊接面积, mm^2	起始转速, r/min	转动惯量, $\text{kg} \cdot \text{m}^2$	摩擦压力, MPa	摩擦时间, s	顶锻压力, MPa	保压时间, s	顶锻变形量, mm
	后段	中段	前段								
实施例 1	Φ50	Φ40	Φ40	943.58	1500	3.6	90	1	130	5	8
实施例 2	Φ48	Φ39	Φ39	881.46	1500	3.2	80	5	125	4	5
实施例 3	Φ48	Φ37	Φ37	761.94	1800	2.8	75	3	120	3	5
实施例 4	Φ38	Φ38	Φ38	820.91	1800	2.3	85	4	110	4	3
实施例 5	Φ34	Φ34	Φ34	654.21	2200	1.8	70	1	100	5	4
实施例 6	Φ32	Φ32	Φ32	603.89	2200	1.2	90	3	115	3	6

[0037] 下面以美国 GT Solar 国际有限公司 (GT Solar International, Inc.) 生产的 GT-DSS450TM 型号真空炉上使用的 $\Phi 115\text{mm} \times 980\text{mm}$ 规格铜电极为实例, 进一步说明本发明。如图 2 所示, 该铜电极杆 1 前段 A、中段 B 的直径均为 $\Phi 37.5\text{mm}$, 后段 C 的直径为 $\Phi 47.0\text{mm}$, 内径均为 $\Phi 20\text{mm}$ 。铜电极杆 1 毛坯尺寸: 后段 C: 选用纯铜棒, 外径 $\Phi 48\text{mm}$, 长度 110mm, 加工内径 $\Phi 19.5\text{mm}$, 也可直接选用外径 $\Phi 48\text{mm}$, 内径 $\Phi 20\text{mm}$, 长度 110mm 的纯铜管; 中段 B: 选用纯铜管, 外径 $\Phi 39\text{mm}$, 内径 $\Phi 20\text{mm}$, 长度 890mm; 前段 A: 选用纯铜棒, 外径 $\Phi 39\text{mm}$, 长度 60mm。制造工艺采用连续驱动摩擦焊机制造时, 铜电极杆摩擦焊的工艺参数为: 主轴转速 1300r/min, 摩擦压力 80MPa, 摩擦时间 3s, 顶锻压力 120MPa, 保压时间 4s, 工件顶锻变形量 6mm; 采用惯性摩擦焊机制造时, 铜电极杆摩擦焊的工艺参数为: 起始转速 1500r/min, 转动惯量 $3.0 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$, 摩擦压力 80MPa, 摩擦时间 3s, 顶锻压力 125MPa, 保压时间 3s, 工件顶锻变形量 6mm。采用上述工艺摩擦焊接后, 去除内外毛边、飞刺, 再精加工, 前端外圆周和后端内圆周加工螺纹丝扣, 进行 1.5MPa 水压持续 60 秒检测, 摩擦焊接处无渗漏即可

使用。

[0038] 图 5、图 6 是本发明母材、焊缝处金相检测图,从图 5、图 6 比较可以看出,焊缝处经过锻造,晶粒已细化,因而焊缝结合牢固。

[0039] 本发明产品装配使用:如图 1 所示,前端封闭、后端安装有进水管 10 和出水管 11 的铜电极杆 1,通过进水循环冷却铜电极。从铜电极杆 1 的前端套装铜法兰 8,用银焊或铜焊固定(带铜法兰的整体不需此工序);依次安装聚四氟乙烯套环 3、聚四氟乙烯托盘 7、聚四氟乙烯螺栓套管 6、O 型密封圈 4、聚四氟乙烯垫环 5,然后插入真空炉,用螺栓穿过铜法兰 8 上的螺孔,固定在真空炉(未示出)上,安装时要保证铜电极与真空炉绝缘。再安装电极接线板 9,将石墨电极与铜电极杆 1 前部螺纹连接、旋紧,铜螺母 2 锁紧。最后将石墨电极通过碳碳复合螺栓与石墨板(未示出)连接,通水通电即可使用。

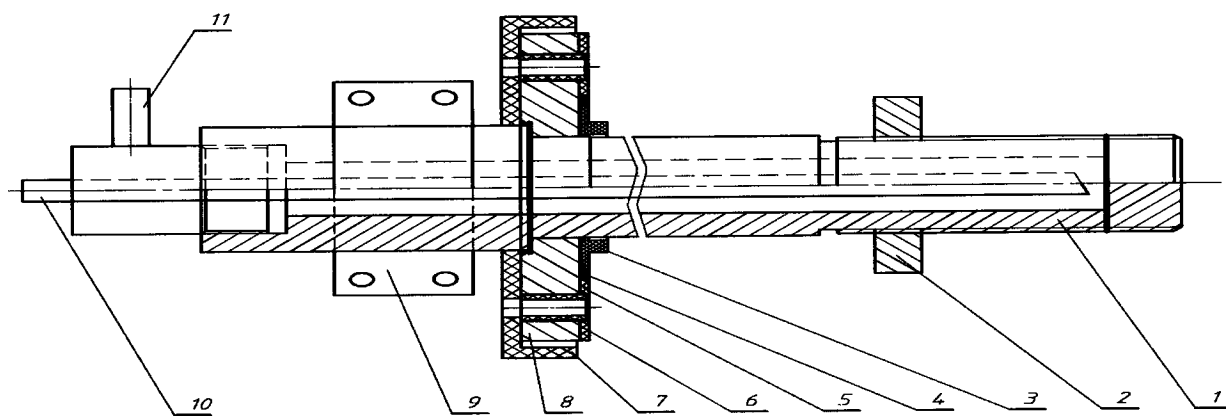


图 1

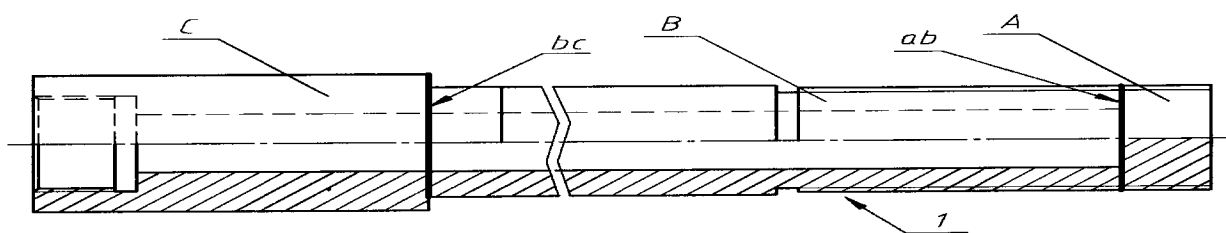


图 2

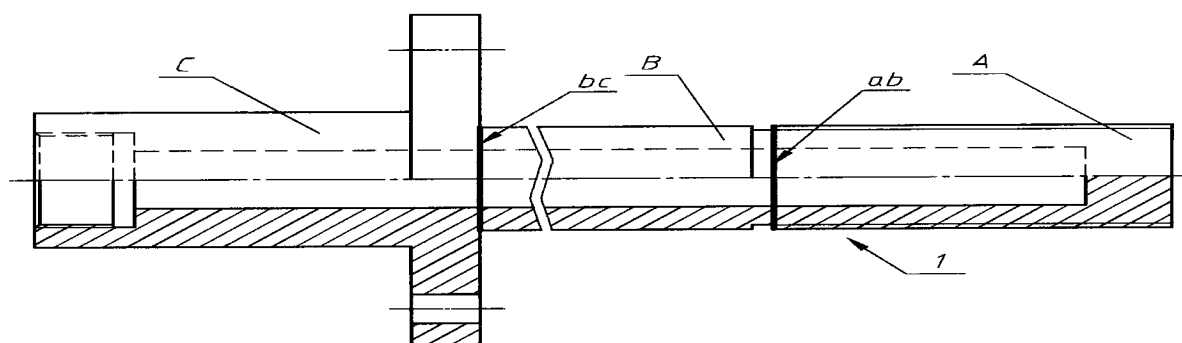


图 3

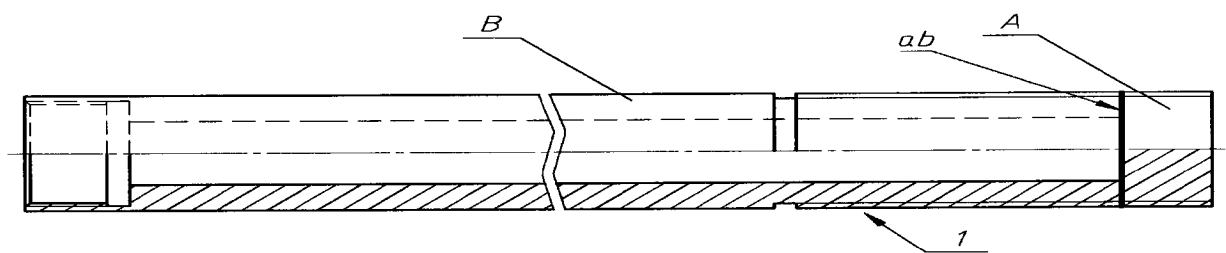


图 4

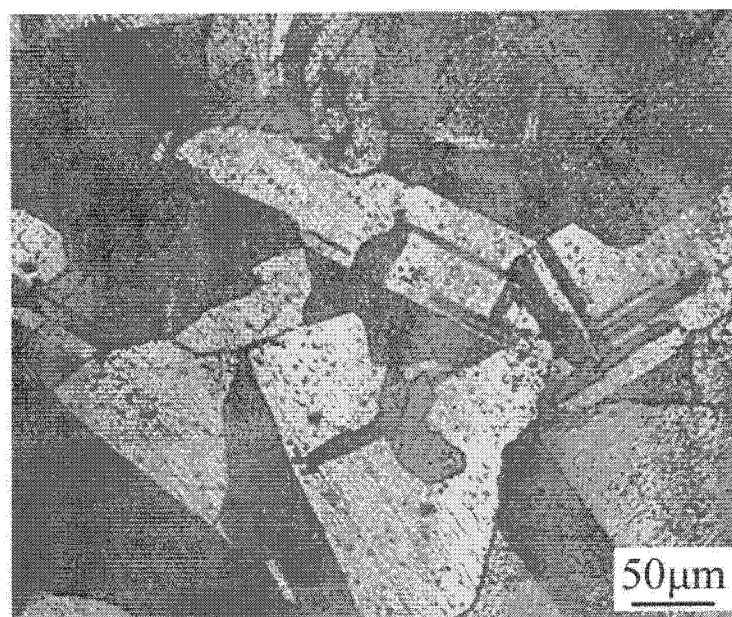


图 5

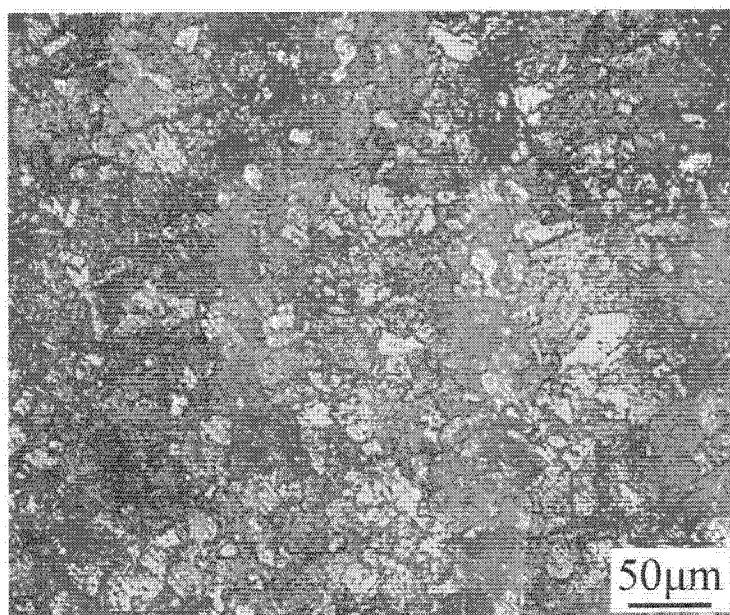


图 6