



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 106086705 B

(45)授权公告日 2017.09.15

(21)申请号 201610683825.7

G22C 38/44(2006.01)

(22)申请日 2016.08.17

G22C 38/02(2006.01)

(65)同一申请的已公布的文献号

B21B 27/03(2006.01)

申请公布号 CN 106086705 A

审查员 申小维

(43)申请公布日 2016.11.09

(73)专利权人 三鑫重工机械有限公司

地址 213152 江苏省常州市武进区嘉泽镇
夏溪北路

(72)发明人 周守行 陆怡

(74)专利代理机构 哈尔滨市阳光惠远知识产权
代理有限公司 23211

代理人 耿晓岳

(51)Int.Cl.

G22C 38/54(2006.01)

G22C 38/46(2006.01)

权利要求书2页 说明书7页 附图4页

(54)发明名称

一种含石墨的高速钢轧辊

(57)摘要

本发明公开了一种含石墨的高速钢轧辊,属于机械铸造领域。本发明在传统高速钢组分中引入了B、N化学元素,工作层基体组织中弥散分布着面积总百分比20-35%的MC型和/或M₂C型的、点状和/或块状的高硬合金碳化物、氮化物、硼化物;并通过先碳、氮、硼化物变质处理,再石墨变质孕育处理这两步,在原组织内析出石墨,从而使得高速钢轧辊除保留了传统高速钢特有的高温抗磨的优点外,同时还解决了原传统高速钢轧辊摩擦系数大的问题,充分发挥高速钢的耐磨性能,起到在轧制中轧辊与工件间的润滑作用,阻止粘钢现象的发生;而且石墨的导热性能、润滑特性,能改善了高速钢轧辊对热冲击、热裂敏感性、易粘钢、易表面毛化的弊端,特别在成品架使用时,轧材表面光亮程度显著改善。

1. 一种含石墨的高速钢轧辊,其特征在于,所述含石墨的高速钢轧辊的工作层的化学成分按质量分数计包括:C 2.0-3.0%、Si 0.8-2.5%、Mn 0.2-1.0%、 $P \leq 0.05\%$ 、 $S \leq 0.02\%$ 、Cr 3-10%、Ni 0.5-3.5%、Mo 2.5-6.0%、V 3-8%、W 0-10%、B 0-0.5%,N 60-500PPM;且工作层含有当量球径在20-50 μm ,面积百分比在0.5-1.5%的点、球状石墨;同时,工作层基体组织中弥散分布着面积总百分比20-35%的MC型和/或 M_2C 型的、点状和/或块状的高合金碳化物、氮化物、硼化物;在外层与辊轴之间还包含一层中间层;

所述含石墨的高速钢轧辊是通过动态离心铸造制备外层筒体、中间层,并且在静态与上下辊颈部分的箱体组合,在外层筒体、中间层处于高温固态下,浇入高温液态的芯部金属液,从而实现离心复合铸造成型;或者是通过动态离心铸造制备外层筒体、中间层,通过热处理热加工及机械冷加工后,与制备好的辊轴通过轴套复合热装方法进行机械过盈装配,得到组合装配的含石墨的高速钢轧辊;

所述通过动态离心铸造制备外层筒体的步骤包括炉料准备,冶炼,出炉碳、氮、硼化物变质处理,石墨变质孕育处理,起包浇注,筒体凝固与石墨析出;

所述出炉碳、氮、硼化物变质处理,是在外层金属液体出炉过程中,添加颗粒变质剂促使液态Cr、Mo、V、W合金元素以高温固态的形态形成微小、弥散的高熔点碳化物、氮化物、硼化物悬浮颗粒并析出;

所述石墨变质孕育处理是在碳、氮、硼化物变质处理的基础上添加颗粒变质剂,使金属液中溶解状态的剩余碳,在随后的浇注凝固阶段以微小点球状析出形成石墨。

2. 根据权利要求1所述的含石墨的高速钢轧辊,其特征在于,铸造外层筒体的金属液按质量分数组成:C 2.0-3.0%、Si 0.8-2.5%、Mn 0.2-1.0%、 $0 < P \leq 0.05\%$ 、 $0 < S \leq 0.02\%$ 、Cr 3-10%、Ni 0.5-3.5%、Mo 2.5-6.0%、V 3-8%、 $0 < W \leq 10\%$ 、 $0 < B \leq 0.5\%$,N 60-500PPM,进行炉料准备;金属液采用中频炉进行冶炼,控制炉前含Si量=成品含Si量-0.35%;控制炉前含V量=成品含V量-0.25%;外层金属液的出炉温度 $T_{出}$ =外层金属液的液相线温度($T_{L外}$)+(240~300)°C。

3. 根据权利要求1所述的含石墨的高速钢轧辊,其特征在于,出炉碳、氮、硼化物变质处理包括以下步骤:随出炉金属流,冲入颗粒度为0.2-1mm的含钒50~80%的钒合金颗粒变质剂,进行碳、氮、硼化物变质处理;钒合金冲入质量=外层金属液出炉质量 $W_{外} \times 0.25\%$ /(钒合金实际含钒质量分数-原始炉内含钒质量分数)/钒合金吸收率%;变质处理过程中,充分搅拌,使钒合金颗粒变质剂充分溶解,并依靠合金液滴的浓度起伏原理进行催化,促使液态Cr、Mo、V、W合金元素以高温固态的形态形成微小、弥散的高熔点碳化物、氮化物、硼化物悬浮颗粒从高温金属液中析出。

4. 根据权利要求1所述的含石墨的高速钢轧辊,其特征在于,石墨变质孕育处理包括以下步骤:当外层金属液温度=外层金属液液相线温度($T_{L外}$)+(120~150)°C,扒除金属液表面残渣,在金属液表面加入颗粒度为0.5-1.5mm的含硅75-80%的硅锆铝孕育合金颗粒,进行石墨的变质孕育处理;硅锆铝孕育合金颗粒加入质量=外层金属液出炉质量 $W_{外} \times 0.35\%$ /硅锆铝孕育合金颗粒实际含硅质量分数/硅锆铝孕育合金颗粒的吸收率%;进行充分搅拌,使硅锆铝孕育合金颗粒充分溶解以微小液滴形式悬浮于金属液之中,并依靠合金微小液滴的浓度起伏原理进行催化,使金属液中以溶解状态的剩余碳,在随后的浇注凝固阶段以微小点球状析出。

5. 根据权利要求1所述的含石墨的高速钢轧辊,其特征在於,起包浇注主要包括以下步骤:控制浇注温度=外层金属液液相线温度($T_{L外}$)+(90~120)℃;扒除金属液表面残渣,在金属液表面撒入1mm厚度的脱水硼砂或萤石辅助化渣使高熔点氧化物杂质稀释,并与金属液分离净化;将金属液通过浇注漏斗、经横向流槽浇入高速旋转中的离心铸型中,然后在旋转着的筒状金属液内表面散入3-4mm厚玻璃保护渣,起到内表面保温、防氧化作用。

6. 根据权利要求1所述的含石墨的高速钢轧辊,其特征在於,所述中间层:当高速旋转的外层金属筒体内腔温度达到其固相线温度 $T_{S外}$ -(80~200)℃时,浇入制备好的中间层材质金属液,控制中间层金属液的浇入温度 \geq 外层金属液液相线温度 $T_{L外}$ +(120~150)℃,同时应满足 \geq 中间层材料液相线温度 $T_{L中}$ +(50~200)℃;浇入内腔的中间层金属液,通过对已凝固的外层动态冲刷和溶蚀作用下,将已凝固外层溶蚀10-20mm,并与外层形成冶金结合。

7. 根据权利要求1所述的含石墨的高速钢轧辊,其特征在於,所述浇入高温液态的芯部金属液,是将带有中间层的外层筒体及筒体铸型与预先制备好的下辊颈箱体、上辊颈箱体、中注管进行组箱;然后浇入制备好球墨铸铁金属液;控制球墨铸铁金属液的浇入温度,应满足 \geq 中间层金属液在液相线温度上过热10~50度,即 $T_{L中}$ +(10~50)℃,同时应满足 \geq 芯部金属液在液相线温度上有50~100过热度,即 $T_{L芯}$ +(50~100)℃。

8. 根据权利要求1或4所述的含石墨的高速钢轧辊,其特征在於,在通过动态离心铸造制备外层筒体的过程中,含石墨的高速钢筒体凝固与石墨析出,是监控离心铸型中筒状金属液内表面温度,金属液温度在液相线 $T_{L外}$ 与固相线 $T_{S外}$ 之间,在悬浮于金属液之中极微小的液态变质合金的浓度起伏催化作用下,金属液中以溶解状态的剩余碳,部分以微小点球状石墨形式从液态金属中析出;凝固结束温度=外层金属液的固相线温度 $T_{S外}$ -(80~200)℃。

9. 根据权利要求1所述的含石墨的高速钢轧辊,其特征在於,所述与制备好的辊轴通过轴套复合热装方法进行机械过盈装配,是将制备好的筒体加热至350~450℃,经均温1-3小时,将加热的筒体垂直放置在支架上,然后将芯轴小头朝下,用吊具缓慢放入筒体内装配在一起;控制轴、套过盈量= $\Phi \times 0.7-0.9\%$;将装配好的轧辊的筒体外圆柱面,用石棉布包裹,缓慢降温至室温。

一种含石墨的高速钢轧辊

技术领域

[0001] 本发明涉及一种含石墨的高速钢轧辊,属于机械铸造领域。

背景技术

[0002] 现有的传统高速钢轧辊的外层(工作层)的合金含量通常为C 1.5-2.5、Si 0.2-0.8、Mn 0.4-0.8、 $P \leq 0.05$ 、 $S \leq 0.02$ 、Cr 4-6、Ni 0.6-1.5、Mo 3-5、W 0-3,该外层的金相组织中不含有石墨,而且这些合金元素在轧辊组织中主要以碳化物形式存在,碳化物的比例则通常在10-20%之间。颗粒状的合金碳化物比例相对较低,基体所占面积比例相对偏大。因而,轧辊在使用过程中,特别是用于精轧成品机架、轧制温度偏低、轧制速度偏高的情况下,轧辊基体在低温、高速经过的轧材及夹带在轧材表面的氧化皮鳞片的摩擦作用下,基体优先被磨损并使高硬碳化物支点暴露在轧辊表面,具体表现在轧辊(孔型)表面摩擦系数增大、光亮度下降(出现毛化现象),严重时出现孔型表面粘钢,影响轧材表面质量。致使高速钢特有的抗磨性能、保持辊型能力不能有效发挥,致使提前换辊。

[0003] 此外,现有的传统高速钢轧辊,在用于制备轧材规格偏大、表面质量要求较高的园棒成品机架的过程中,由于孔型偏深、轧辊孔型内槽底与槽帮不同半径方向存在的线速度差,导致同断面的轧材相对固态滑移(流变),巨大的固态滑移对轧辊孔型表面产生的锉力,导致轧辊孔型底部与侧壁间出现滑移褶皱纹理,且槽底磨损加剧,影响轧材精度及表面质量,不能使高速钢应有的耐磨特性得到充分发挥,致使提前换辊。

发明内容

[0004] 本发明要解决的问题是提供一种含石墨的高速钢轧辊。

[0005] 所述含石墨的高速钢轧辊的工作层的组织中含有一定量石墨,以及面积百分比总量为20-35%的MC型和/或M₂C型的高硬合金碳化物、氮化物和硼化物作为支点。

[0006] 具体地,所述含石墨的高速钢轧辊的工作层的化学成分按质量分数计包括:C 2.0-3.0%、Si 0.8-2.5%、Mn 0.2-1.0%、 $P \leq 0.05\%$ 、 $S \leq 0.02\%$ 、Cr 3-10%、Ni 0.5-3.5%、Mo 2.5-6.0%、V 3-8%、W 0-10%、B 0-0.5%,N 60-500PPM;且工作层含有当量球径在20-50 μm ,面积百分比在0.5-1.5%的点、球状石墨;同时,工作层基体组织中弥散分布着面积总百分比20-35%的MC型和/或M₂C型的、点状和/或块状的高硬合金碳化物、氮化物、硼化物。

[0007] 在本发明的一种实施方式中,工作层的化学成分按质量分数计包括:C 2.0-3.0%、Si 0.8-2.5%、Mn 0.2-1.0%、 $0 < P \leq 0.05\%$ 、 $0 < S \leq 0.02\%$ 、Cr 3-10%、Ni 0.5-3.5%、Mo 2.5-6.0%、V 3-8%、 $0 < W \leq 10\%$ 、 $0 < B \leq 0.5\%$,N 60-500PPM。

[0008] 在本发明的一种实施方式中,在外层材料内层与辊轴材料之间还包含一层中间层。

[0009] 本发明还提供一种制造所述含石墨的高速钢轧辊的方法,是通过动态离心铸造制备外层筒体、中间层,并且在静态与上下辊颈部分的箱体组合,在外层筒体处于高温固态

下,浇入高温液态的芯部金属液,从而使内外材料实现离心复合铸造成型;或者是通过动态离心铸造制备外层筒体、中间层,通过热处理热加工及机械冷加工后,与制备好的辊轴通过轴套复合热装方法进行机械过盈装配,得到组合装配的含石墨的高速钢轧辊。

[0010] 所述通过动态离心铸造制备外层筒体,是在外层金属液体出炉过程中,变质析出合金的碳、氮、硼化物,以降低液态金属中的合金含量;再进行石墨孕育变质处理,在高速钢外层筒体的基体组织中形成一定量的石墨。

[0011] 所述通过动态离心铸造制备外层筒体,是在外层金属液体出炉过程中,先添加颗粒变质剂促使液态Cr、Mo、V、W等合金元素以高温固态的形态形成微小、弥散的高熔点碳化物、氮化物、硼化物悬浮颗粒并析出,再在此基础上添加颗粒变质剂,使金属液中溶解状态的剩余碳,在随后的浇注凝固阶段部分以微小点球状析出。

[0012] 所述通过动态离心铸造制备外层筒体包括炉料准备,冶炼,出炉碳、氮、硼化物变质处理,石墨变质孕育处理,起包浇注,含石墨的高速钢筒体凝固与石墨析出。

[0013] 所述浇入高温液态的芯部金属液的步骤包括填芯、点冒口、保温、开箱割冒口、开箱毕;或者是将带有中间层的外层筒体及筒体铸型与预先制备好的下辊颈箱体、上辊颈箱体、中注管等进行组箱,然后浇入制备好球墨铸铁金属液;控制球墨铸铁金属液的浇入温度,应满足 \geq 中间层金属液在液相线温度上过热 $10\sim 50$ 度,即 $T_{L中}+(10\sim 50)^\circ\text{C}$,同时应满足 \geq 芯部金属液在液相线温度上有 $50\sim 100$ 过热度,即 $T_{L芯}+(50\sim 100)^\circ\text{C}$ 。

[0014] 所述与制备好的辊轴通过轴套复合热装方法进行机械过盈装配,是将制备好的筒体加热至 $350\sim 450^\circ\text{C}$,经均温 $1\sim 3$ 小时,将加热的筒体垂直放置在支架上,然后将芯轴小头朝下,用吊具缓慢放入筒体内装配在一起;控制轴、套过盈量 $=\Phi\times 0.7\sim 0.9\%$;将装配好的轧辊的筒体外圆柱面,用石棉布包裹,缓慢降温至室温。

[0015] 在本发明的一种实施方式中,铸造外层筒体的金属液按质量分数组成:C $2.0\sim 3.0\%$ 、Si $0.8\sim 2.5\%$ 、Mn $0.2\sim 1.0\%$ 、 $0<P\leq 0.05\%$ 、 $0<S\leq 0.02\%$ 、Cr $3\sim 10\%$ 、Ni $0.5\sim 3.5\%$ 、Mo $2.5\sim 6.0\%$ 、V $3\sim 8\%$ 、 $0<W\leq 10\%$ 、 $0<B\leq 0.5\%$ 、N $60\sim 500\text{PPM}$,进行炉料准备。

[0016] 在本发明的一种实施方式中,金属液采用中频炉进行冶炼,控制炉前含Si量=成品含Si量 -0.35% ;控制炉前含V量=成品含V量 -0.25% ;外层金属液的出炉温度 $T_{出}$ =外层金属液的液相线温度($T_{L外}$) $+(240\sim 300)^\circ\text{C}$ 。

[0017] 在本发明的一种实施方式中,出炉碳、氮、硼化物变质处理包括以下步骤:随出炉金属流,冲入颗粒度为 $0.2\sim 1\text{mm}$ 的含钒 $50\sim 80\%$ 的钒合金颗粒变质剂,进行碳、氮、硼化物变质处理;钒合金冲入质量=外层金属液出炉质量 $W_{外}\times 0.25\%$ /(钒合金实际含钒质量分数-原始炉内含钒质量分数)/钒合金吸收率%;变质处理过程中,充分搅拌,使钒合金颗粒变质剂充分溶解,并依靠合金液滴的浓度起伏原理进行催化,促使液态Cr、Mo、V、W等合金元素以高温固态的形态形成微小、弥散的高熔点碳化物、氮化物、硼化物悬浮颗粒从高温金属液中析出。

[0018] 在本发明的一种实施方式中,石墨变质孕育处理包括以下步骤:当外层金属液温度=外层金属液液相线温度($T_{L外}$) $+(120\sim 150)^\circ\text{C}$,扒除金属液表面残渣,在金属液表面加入颗粒度为 $0.5\sim 1.5\text{mm}$ 的含硅 $75\sim 80\%$ 的硅锆铝孕育合金颗粒,进行石墨的变质孕育处理;硅锆铝孕育合金颗粒加入质量=外层金属液出炉质量 $W_{外}\times 0.35\%$ /硅锆铝孕育合金颗粒实际含硅质量分数/硅锆铝孕育合金颗粒的吸收率%;进行充分搅拌,使硅锆铝孕育合金颗粒

充分溶解以微小液滴形式悬浮于金属液之中,并依靠合金微小液滴的浓度起伏原理进行催化,使金属液中以溶解状态的剩余碳,在随后的浇注凝固阶段以微小点球状析出。

[0019] 在本发明的一种实施方式中,起包浇注主要包括以下步骤:控制浇注温度=外层金属液液相线温度($T_{L外}$)+(90~120)℃;扒除金属液表面残渣,在金属液表面撒入1mm左右厚度的脱水硼砂或萤石辅助化渣使高熔点氧化物杂质稀释,并与金属液分离净化;将金属液通过浇注漏斗、经横向流槽浇入高速旋转中的离心铸型中,然后在旋转着的筒状金属液内表面散入3-4mm厚玻璃保护渣,起到内表面保温、防氧化作用。

[0020] 在本发明的一种实施方式中,含石墨的高速钢筒体凝固与石墨析出,是监控离心铸型中筒状金属液内表面温度,金属液温度在液相线 $T_{L外}$ 与固相线 $T_{S外}$ 之间,在悬浮于金属液之中极微小的液态变质合金的浓度起伏催化作用下,金属液中以溶解状态的剩余碳,部分以微小点球状石墨形式从液态金属中析出;凝固结束温度=外层金属液的固相线温度 $T_{S外}$ -(80~200)℃。

[0021] 在本发明的一种实施方式中,中间层的浇注:当高速旋转的外层金属筒体内腔温度,达到其固相线温度 $T_{S外}$ -(80~200)℃时,浇入制备好的中间层材质金属液,控制中间层金属液的浇入温度 \geq 外层金属液液相线温度 $T_{L外}$ +(120~150)℃,同时应满足 \geq 中间层材料液相线温度 $T_{L中}$ +(50~200)℃。浇入内腔的中间层金属液,通过对已凝固的外层动态冲刷和溶蚀作用下,将已凝固外层溶蚀10-20mm,并与外层形成良好的冶金结合,少量的外层合金进入中间层,使该层材料起到缓冲外层合金,同时具有良好强韧性的过渡层。

[0022] 本发明相比现有技术,有以下几点显著优点:

[0023] (1) 本发明在传统高速钢组分中引入了B、N化学元素,在原高速钢耐磨合金支点类型由以往单一的碳化物支点,形成了以碳化物、氮化物及硼化物组成的复合类型。得到的轧辊组织,具备了碳化物、硼化物的高耐磨特性,同时具备了氮化物抗事故特性,提高了轧辊组织的综合使用性能。此外,工作层基体组织中弥散分布着面积总百分比20-35%的MC型和/或 M_2C 型的、点状和/或块状的高硬合金碳化物、氮化物、硼化物,含量高、种类多,可减缓基体提前过渡磨损造成的单一碳化物凸起造成摩擦系数提高问题,且降低了辊面毛化的粗糙度级别,从而充分发挥高速钢固有的耐磨特性,起到延长高速钢轧辊在线时间,提高轧材表面质量的有益效果。

[0024] (2) 石墨的密度远小于金属液的密度,无法通过直接添加的方式使之与金属液体均匀混合。本发明通过先碳、氮、硼化物变质处理,再石墨变质孕育处理这两步,在原组织内析出石墨,从而使得高速钢轧辊除保留了传统高速钢特有的高温抗磨的优点外,同时还解决了原传统高速钢轧辊摩擦系数大的问题,充分发挥高速钢的耐磨性能,起到在轧制中轧辊与工件间的润滑作用,阻止粘钢现象的发生;而且石墨的导热性能、润滑特性,能改善高速钢轧辊对热冲击、热裂敏感性、易粘钢、易表面毛化的弊端,特别在成品架使用时,轧材表面光亮程度显著改善。

[0025] (3) 本发明所述含石墨的高速钢轧辊采用外筒体离心铸造、外筒体与芯轴分两次浇注或者过盈装配的复合制造方法,因此使得其芯轴材料具备了可选择性。

[0026] (4) 本发明还可以在外层材料与辊轴材料之间设置一层中间过渡层,使得外层筒体高耐磨基础上,整体强韧性得到提高。由于中间层是在液态离心动态下填入到外层半凝固的筒体内,从而使结合界面质量更容易控制;由于该过渡层的缓冲作用,使芯轴材料在用

液态填芯方法时,外层合金避免了过渡向心部扩散,从而避免了芯轴的合金过高导致的脆性增大,避免了离心复合轧辊的制造和使用过程中断辊事故发生。

[0027] 综上所述,本发明的含石墨的高速钢轧辊,具有轧材质量高、寿命长、耐磨、抗事故、相对成本低、可应用范围广的综合特性,可广泛用于钢铁冶金轧钢领域,要求耐磨性好、轧材质量要求高的型钢、板带、棒线材轧制领域,适用于粗轧、中轧、精轧机架,特别是涉及钢铁冶金领域要求轧材表面质量高的成品机架用含石墨的高速钢轧辊领域,具有产业的广泛利用价值。

附图说明

[0028] 图1、含石墨的高速钢轧辊抛光状态下石墨组织示意图。

[0029] 图2、含石墨的高速钢轧辊抛光腐蚀状态下组织示意图。

[0030] 图3、含石墨的高速钢离心复合轧辊结构示意图,1:外层,2:中间层,3:辊身,4:辊颈。

[0031] 图4、含石墨的高速钢组合镶套复合轧辊结构示意图,5:外层,6:中间层,7:辊身,8:辊颈。

[0032] 图5、含石墨的高速钢外层复合筒体浇注示意图。

[0033] 图6、含石墨的高速钢离心复合填芯浇注示意图;A球墨铸铁芯填芯、B1填芯、B2点冒口、B3保温、B4开箱割冒口、B5开箱毕。

[0034] 图7、含石墨的高速钢轧辊组合热装示意图;A辊轴、B筒体、C装配。

具体实施方式

[0035] 实施例1一种含石墨的离心高速钢轧辊的外层筒体(工作层)制造方法

[0036] 1) 外层化学成分按质量分数组成(%):C 2.0-3.0%、Si 0.8-2.5%、Mn 0.2-1.0%、 $0 < P \leq 0.05\%$ 、 $0 < S \leq 0.02\%$ 、Cr 3-10%、Ni 0.5-3.5%、Mo 2.5-6.0%、V 3-8%、 $0 < W \leq 10\%$ 、 $0 < B \leq 0.5\%$ 、N 60-500PPM,进行炉料准备;

[0037] 2) 采用中频炉进行冶炼;

[0038] 3) 控制炉前含Si量=成品含Si量-0.35%;控制炉前含V量=成品含V量-0.25%;

[0039] 4) 用金属热分析仪测定外层金属液的液、固相线温度(T_L 、 T_S);

[0040] 5) 控制出炉温度 $T_{出} = \text{外层金属液的液相线温度}(T_{L外}) + (240 \sim 300)^\circ\text{C}$;

[0041] 6) 出炉碳、氮、硼化物变质处理:

[0042] 出炉过程随金属流,冲入颗粒度为0.2-1mm的钒合金(含V50~80%)颗粒变质剂,进行碳、氮、硼化物变质处理;钒合金冲入量=外层金属液出炉质量 $W_{外} \times 0.25\%$ / (钒合金实际含V%量-原始炉内含V%量) / V合金吸收率%;

[0043] 变质处理过程中,充分搅拌,使钒合金颗粒变质剂充分溶解,并依靠合金液滴的浓度起伏原理进行催化,促使液态Cr、Mo、V、W等合金元素以高温固态的形态形成微小、弥散的高熔点碳化物、氮化物、硼化物悬浮颗粒从高温金属液中析出,同时使得处于溶解状态的Cr、Mo、V、W合金元素浓度得到降低,从而为高速钢下一步石墨化打下基础。

[0044] 7) 石墨变质孕育处理:

[0045] 控制外层金属液温度=外层金属液液相线温度($T_{L外}$) + (120~150) °C,扒除金属液

表面残渣,在金属液表面加入颗粒度为0.5-1.5mm的硅锆铝(SiZrAl其中Si 75-80%)孕育合金颗粒,进行石墨的变质孕育处理;硅锆铝孕育合金颗粒加入量=外层金属液出炉质量 $W_{外} \times 0.35\%$ /SiZrAl合金实际含Si%量/合金Si的吸收率%;

[0046] 进行充分搅拌,使硅锆铝孕育合金颗粒充分溶解以微小液滴形式悬浮于金属液之中,并依靠合金微小液滴的浓度起伏原理进行催化,使金属液中以溶解状态的剩余碳,在随后的浇注凝固阶段部分以微小点球状析出。

[0047] 8)起包浇注:

[0048] 控制浇注温度=外层金属液液相线温度($T_{L外}$)+(90~120)℃。

[0049] 扒除金属液表面残渣,在金属液表面撒入1mm左右厚度的脱水硼砂($Na_2B_4O_7$)或萤石(CaF_2)辅助化渣使高熔点氧化物杂质稀释,并与金属液分离净化;

[0050] 将金属液通过浇注漏斗、经横向流槽浇入高速旋转中的离心铸型中,然后在旋转着的金属液筒状内表面散入3-4mm厚玻璃保护渣,起到内表面保温、防氧化作用;

[0051] 9)含石墨的高速钢筒体凝固与石墨析出

[0052] 监控离心铸型中筒状金属液内表面温度,金属液温度在液相线 $T_{L外}$ 与固相线 $T_{S外}$ 之间,在悬浮于金属液之中极微小的液态变质合金的浓度起伏催化作用下,金属液中以溶解状态的剩余碳,部分以微小点球状石墨形式从液态金属中析出;

[0053] 凝固结束温度=外层金属液的固相线温度 $T_{S外}$ -(80~200)℃,即过冷度80~200℃时,外层筒体离心铸造结束;

[0054] 含石墨的高速钢筒体,经后续铸态保温、脱模、退火、机械加工、淬火+回火后,即可得到含有当量球径在20-50 μm ,面积百分比在0.5-1.5%的点、球状石墨,同时基体组织中还含有弥散分布着面积百分比总量为20-35%的MC、 M_2C 型点、块状(Cr、Mo、V、W)高硬合金碳化物、氮化物、硼化物的高速钢轧辊的外层;

[0055] 10)中间层金属的复合浇注:

[0056] 接步骤9),当高速旋转的外层金属筒体内腔温度,达到其固相线温度负80~200过冷度(即 $T_{S外}$ -(80~200))℃时,浇入制备好的中间层材质金属液,控制中间层金属液的浇入温度 \geq 外层金属液液相线温度120~150度过热度(即 $T_{L外}+120\sim 150$)℃,同时应满足 \geq 中间层材料液相线温度50~200度过热度(即 $T_{L中}+50\sim 200$)℃。浇入内腔的中间层金属液,通过对已凝固的外层动态冲刷和溶蚀作用下,将已凝固外层溶蚀10-20mm,并与外层形成良好的冶金结合,少量的外层合金进入中间层,使该层材料起到缓冲外层合金,同时具有良好强韧性的过渡层。

[0057] 中间层材质:可使用含碳C1.2-2.5%的半钢。

[0058] 中间层金属凝固结束温度=中间层金属固相线温度以下过冷80-120℃,即 $T_{S中}$ -(80~200)℃时,具有中间层的含石墨的高速钢筒体离心制备完成;有中间层的含石墨的高速钢筒体,经后续铸态保温、脱模、退火、机械加工、淬火+回火后,即可得到外层含有当量球径在20-50 μm ,面积百分比在0.5-1.5%的点、球状石墨;同时基体组织中还含有弥散分布着面积百分比总量为20-35%的MC、 M_2C 型点、块状(Cr、Mo、V、W)高硬合金碳化物、氮化物、硼化物的高速钢筒体。

[0059] 实施例2一种含石墨的高速钢离心球墨铸铁芯轴复合轧辊制造方法

[0060] 接上述实施例1的10)步骤,当中间层金属凝固结束温度=中间层金属液在固相线

温度下过冷 $80\sim 200\text{ }^{\circ}\text{C}$,即 $T_{\text{S中}}-(80\sim 200)\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时,离心机停转;将带有中间层的外层筒体及筒体铸型与预先制备好的下辊颈箱体、上辊颈箱体、中注管等进行组箱;然后浇入制备好的含碳 $2.5\sim 3.5\%$ 的高强度球墨铸铁金属液;控制球墨铸铁金属液的浇入温度,应满足 \geq 中间层金属液在液相线温度上过热 $10\sim 50$ 度,即 $T_{\text{L中}}+(10\sim 50)\text{ }^{\circ}\text{C}$,同时应满足 \geq 心部材料在液相线温度上有 $50\sim 100$ 过热度,即 $T_{\text{L芯}}+(50\sim 100)\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

[0061] 浇入的球墨铸铁芯轴金属液,在强大的对流冲击作用下,首先要将已凝固的中间层溶蚀 $5\sim 20\text{mm}$,保证了心部球墨铸铁材料与中间层的充分冶金结合,同时足够的过热温度,借助于冒口的保温作用,实现顺序凝固,得到中心致密无结合层缺陷的含石墨的高速钢离心球墨铸铁芯复合轧辊。

[0062] 填芯金属液由下箱砂型、经中部金属型筒体内腔、上辊颈冒口砂型上表面下 $50\sim 100\text{mm}$,停止浇注,然后冒口表面加入保温剂,填芯结束。含石墨的高速钢离心复合球墨铸铁芯轧辊浇注结束。

[0063] 含石墨的高速钢离心球墨铸铁芯复合轧辊,经后续铸态保温、脱模、退火、机械加工、淬火+回火后,即可得到外层含有当量球径在 $20\sim 50\mu\text{m}$,面积百分比在 $0.5\sim 1.5\%$ 的点、球状石墨;同时基体组织中还含有弥散分布着面积百分比总量为 $20\sim 35\%$ 的 MC 、 M_2C 型点、块状(Cr 、 Mo 、 V 、 W)高硬合金碳化物、氮化物、硼化物的高速钢轧辊。

[0064] 实施例3一种含石墨的高速钢离心钢芯复合轧辊制造方法

[0065] 接上实施例1的10)步骤,中间层材质使用含碳 $1.2\sim 2.5\%$ 的半钢。

[0066] 11) 辊轴填芯金属液材质使用含碳 $1.2\sim 2.5\%$ 石墨钢类材料,填芯金属液由下箱半金属型(金属型内腔挂砂,挂砂厚度 $15\sim 20\text{mm}$)、经中部金属型(含已浇注外层筒体)内腔、上辊颈砂型、保温冒口上表面下 $300\sim 600\text{mm}$,停止填芯浇注,然后向冒口内金属液表面加入 $50\sim 100\text{mm}$ 厚的保温剂,停止填芯。

[0067] 更换同炉的高温填芯金属液做点冒口准备,要求确保金属液过热度在填芯金属液液相线上 $80\sim 100\text{ }^{\circ}\text{C}$,即 $T_{\text{L芯}}+(80\sim 100)\text{ }^{\circ}\text{C}$;停止填芯后,静置,随着时间的推移,填入型腔的金属液温度下降、由下方向上的不断凝固,保温冒口内的金属液表面向下收缩,间隔 $10\sim 30$ 分钟填入一次过热金属液——即点冒口,视轧辊重量大小点 $2\sim 5$ 次至保温冒口上沿 $30\sim 50\text{mm}$,停点冒口,控制总点冒口时间在 $30\sim 60$ 分钟。

[0068] 在绝热冒口金属液上表面,从新加入高温发热剂,保温剂,填芯结束。含石墨的高速钢离心钢芯复合轧辊浇注结束。

[0069] 含石墨的高速钢离心钢芯复合轧辊,经后续铸态保温、脱模、退火、机械加工、淬火+回火后,即可得到外层含有当量球径在 $20\sim 50\mu\text{m}$,面积百分比在 $0.5\sim 1.5\%$ 的点、球状石墨;同时基体组织中还含有弥散分布着面积百分比总量为 $20\sim 35\%$ 的 MC 、 M_2C 型点、块状(Cr 、 Mo 、 V 、 W)高硬合金碳化物、氮化物、硼化物的高速钢轧辊。

[0070] 实施例4一种含石墨的高速钢套、轴组合装配轧辊制造方法

[0071] 按照实施例1步骤1)~9)通过动态离心铸造制备外层筒体,按实施例1步骤10)进行中间层金属的复合浇注,并通过相应的热处理热加工及机械冷加工,与事前制备的芯轴材料,采用轴套复合热装方法进行机械过盈装配,得到组合装配轧辊;

[0072] 11) 轴套组合热装用芯轴制备:

[0073] 轴套组合热装用芯轴材质:可采用 $2.5\sim 3.5$ 的高强度球墨铸铁材料按芯轴图纸加

工而成;也可以采用经轧钢使用工作层正常报废的球墨铸铁轧辊(辊轴完好的)加工而成,按装配图纸要求进行半精加工。

[0074] 12)轴、套装配

[0075] 按精加图对芯轴外圆柱装配面进行精加工(光洁度 ∇ 、圆度 \bigcirc 0.005、圆柱度 $\text{A}0.005$ 、同心度 ◎ 0.005);

[0076] 按精加图对筒体内圆柱装配面进行精加工(光洁度 ∇ 、圆度 \bigcirc 0.005、圆柱度 $\text{A}0.005$ 、同心度 ◎ 0.005);

[0077] 控制轴、套过盈量 $=\Phi \times 0.7-0.9\%$,即为装配面直径的千分之0.7-0.9,对硬度控制偏低(应力较小)、带有较好弹塑性中间层的及弹塑性较好的芯轴(如低碳钢芯轴),过盈量取值中上限;对硬度控制较高(应力较大)、无弹塑性中间层的及弹塑性较差的球墨铸铁芯轴,过盈量取值中下限。

[0078] 按上述要求,将制备好的筒体加热至 $350\sim 450^{\circ}\text{C}$,经均温1-3小时(壁厚偏厚者取上限),将加热的筒体垂直放置在专用支架上(带配合止口的筒体大口径端朝上),然后将芯轴小头朝下,用专用吊具缓慢放入筒体内(装配在一起);

[0079] 将装配好的轧辊筒体外圆柱面,用石棉布(或保温棉)包裹,缓慢降温至室温;

[0080] 将装配好的轧辊组合体,按成品精加图,完成最后精细加工。

[0081] 虽然本发明已以较佳实施例公开如上,但其并非用以限定本发明,任何熟悉此技术的人,在不脱离本发明的精神和范围内,都可做各种的改动与修饰,因此本发明的保护范围应该以权利要求书所界定的为准。

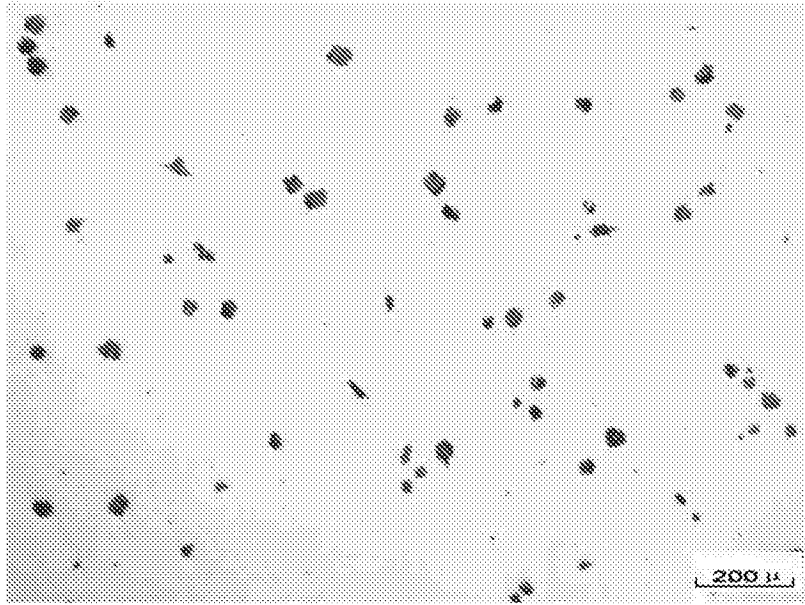


图1

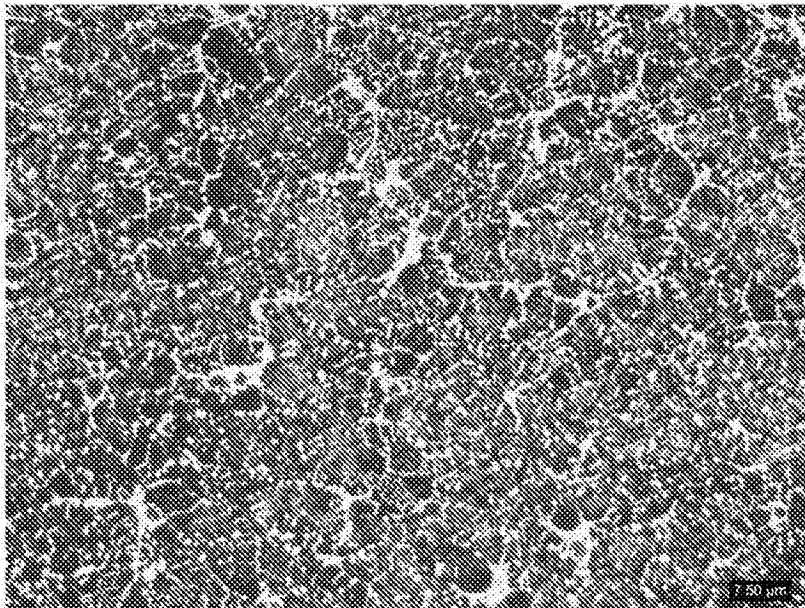


图2

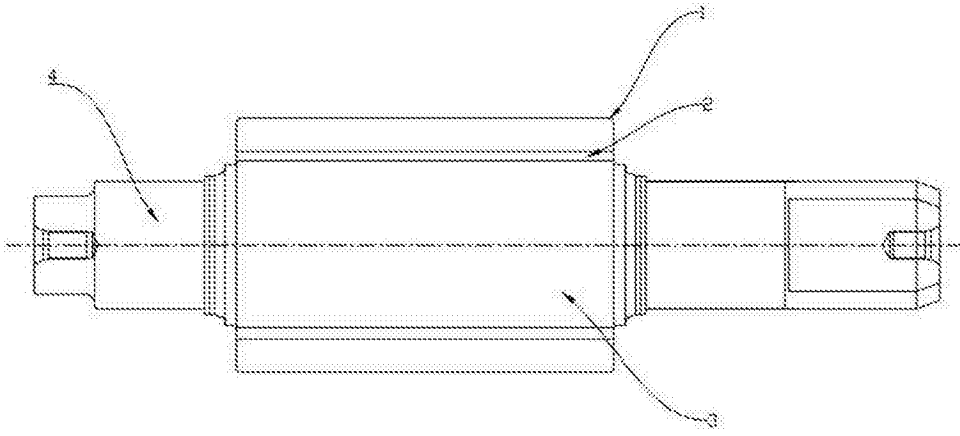


图3

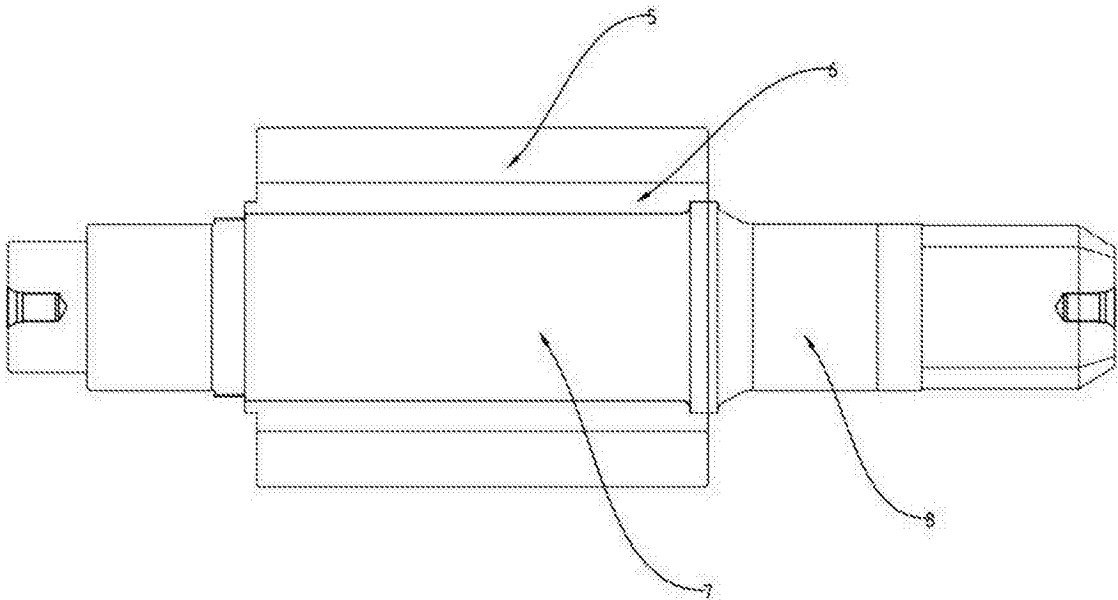


图4

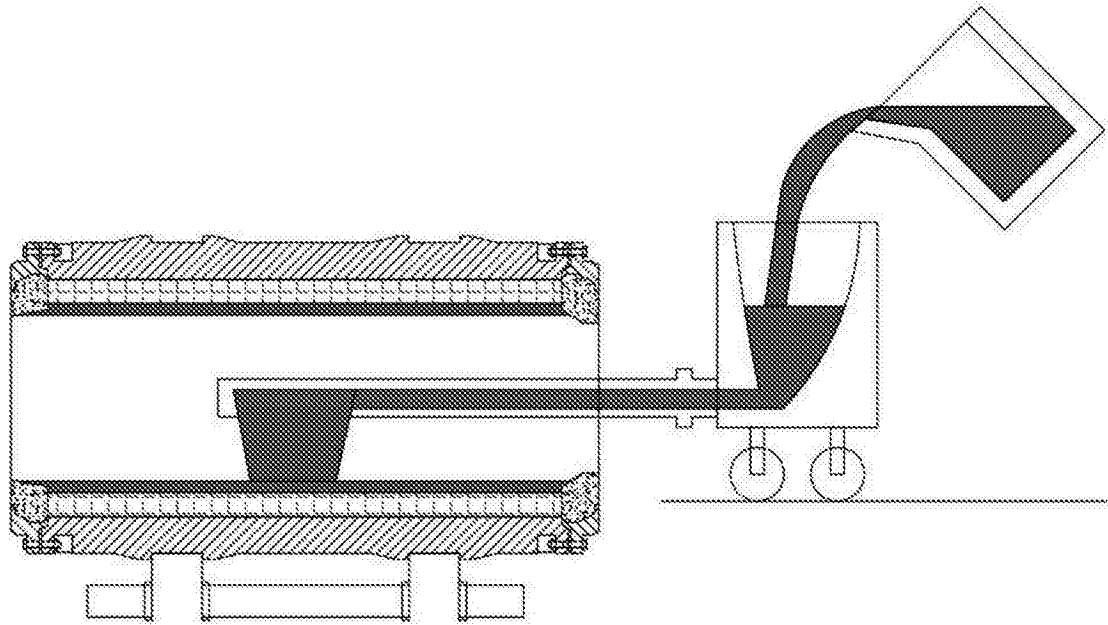
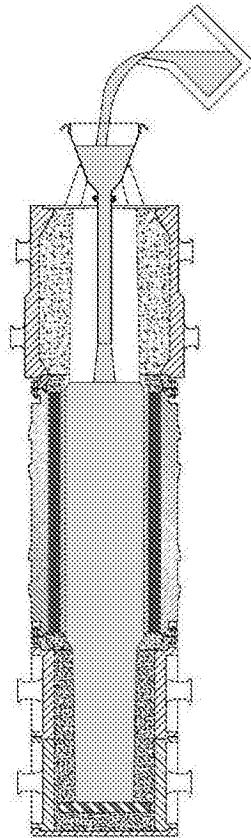


图5



A

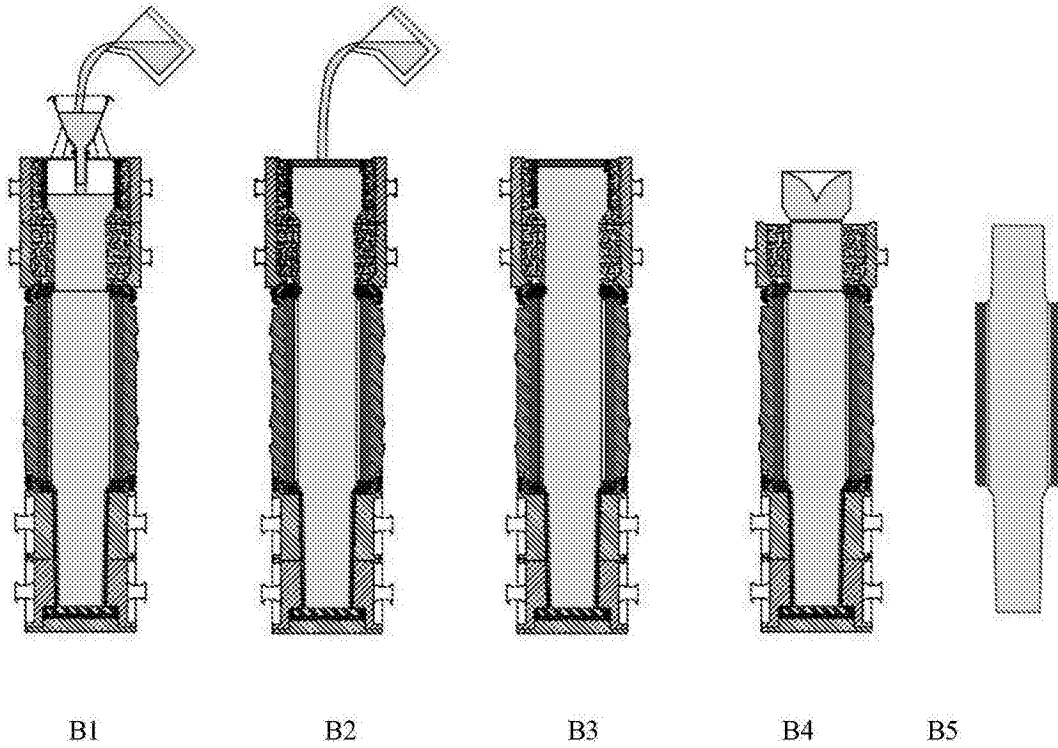


图6

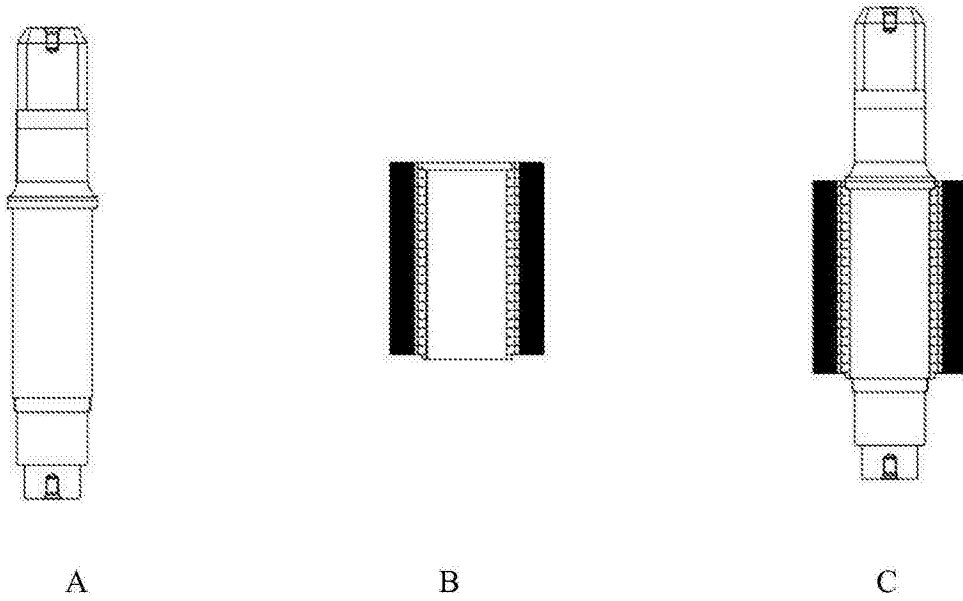


图7