(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 103658552 B
(45)授权公告日 2015.10.28

(21)申请号 201310661364.X

(22)申请日 2013.12.06

(73)专利权人 天津重型装备工程研究有限公司
地址 300457 天津市塘沽区经济技术开发区宏达街21号B座11层
专利权人 中国第一重型机械股份公司

(72)发明人 白云龙 王敬华 张亚才 贺昌惠 赵席春 赵文辉

(74)专利代理机构 北京天达知识产权代理事务所(普通合伙) 11386
代理人 马东伟

(51)Int.Cl.
B22C 9/28(2006.01)
B22C 9/08(2006.01)
B22C 9/02(2006.01)
B22C 9/06(2006.01)
B22C 3/00(2006.01)
B21B 29/00(2006.01)

(56)对比文件
CN 101049628 A ,2007.10.10,
CN 1597180 A ,2005.03.23,
CN 1943917 A ,2007.04.11,
JP 昭57-175055 A ,1982.10.27,
白云龙等.Cr4铸钢离心复合支承辊的研究.《铸造》.2010,第59卷(第12期),第1287页.

审查员 程京京

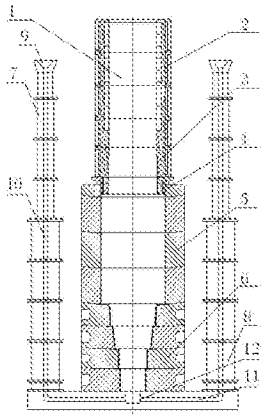
权利要求书2页 说明书6页 附图2页

(54)发明名称

一种大型铸钢支承辊整体铸造模具系统及铸造方法

(57)摘要

本发明是关于一种大型铸钢支承辊整体铸造模具系统及铸造方法,适用于200吨级以上铸钢支承辊的整体铸造。与传统工艺不同,本发明是在利用滑动辊模基础上,通过使用底注双浇注系统、简单易行的保温冒口、长水口补浇技术,使轧辊达到无裂纹、减缓元素偏析、超声波检测穿透能力强、辊身工作层力学性能优良的目的。尤其是采用的长水口补浇技术,成功解决了大型铸钢支承辊上辊颈偏析及裂纹问题。



CN 103658552 B

1. 一种大型铸钢支承辊整体铸造模具系统，其特征在于：包括组合模和浇注系统，

所述组合模包括冒口砂模、上辊颈砂模、辊身铁模和下辊颈铁模，其中所述冒口砂模内表面采用保温砖砌筑，单块保温砖高 400mm，

所述浇注系统，为底注式双浇包系统，包括浇口杯、直浇道、横浇道和内浇口；

所述系统还包括一长水口补浇装置，它包括一长水口和补浇装置搭接支架；所述长水口安装在补浇装置搭接支架上，下部伸向冒口位置；所述补浇装置整体搭接在冒口砂模顶部。

2. 根据权利要求 1 所述的大型铸钢支承辊整体铸造模具系统，其特征在于：所述冒口砂模外层撞制呋喃树脂砂，所述冒口砂模、上辊颈砂模在砂型表面刷有醇基锆英粉涂料；所述辊身铁模内表面涂有水基锆英粉涂料，厚度为 1-2mm；所述下辊颈铁模内表面覆铬铁矿砂，厚度为 30mm；所述上辊颈砂模由呋喃石英砂撞制而成。

3. 根据权利要求 2 所述的大型铸钢支承辊整体铸造模具系统，其特征在于：所述下辊颈铁模，模内是采用劈箱造型法覆铬铁矿砂。

4. 根据权利要求 1 所述的大型铸钢支承辊整体铸造模具系统，其特征在于：所述冒口砂模、上辊颈砂模、辊身铁模、下辊颈铁模依次叠放，通过止口连接成组合模；在所述上辊颈砂模与辊身铁模之间衔接滑动辊颈铁模。

5. 根据权利要求 1 所述的大型铸钢支承辊整体铸造模具系统，其特征在于：所述双浇包浇注系统，采用共用内浇口，所述内浇口与型腔连通，两条横浇道与内浇口采取切线形接口方式连接；直浇道自浇口杯以下 300mm 长度范围内，为渐缩式变径，其余长度为等直径。

6. 一种大型铸钢支承辊整体铸造方法，其特征在于：

1) 基于计算机模拟，制作一包含有冒口砂模、上辊颈砂模、滑动辊颈铁模、辊身铁模、下辊颈铁模组装而成的组合模，实现支承辊整体造型；并采用双包合浇、切线形内浇口旋转底注方法浇注，实现平稳充型、顺序凝固；并采用顶注式长水口补浇方法减缓上辊颈成分偏析并避免裂纹；

2) 所用钢液总重量通过公式：(型腔容积 + 浇注系统容积) * 密度，计算得到，所述钢液分为支承辊本体钢液和补浇钢液两种，其中支承辊本体钢液浇注液面高度高于成品件 400-700mm，其余量为补浇钢液；

3) 铸造前先将模具预热组装，然后采取双包合浇方式浇注支承辊本体钢液，浇注温度高于液相线温度 50 ～ 60℃，浇注结束后覆盖 100mm 厚保温覆盖剂；

4) 根据计算机模拟结果并结合温度检测，当冒口温度降至液相线温度以上 20 ～ 30℃时，开始补浇钢液，补浇结束后覆盖 100mm 厚保温覆盖剂；

5) 浇注完成后保温，冒口温度达到 800-900℃后脱模打箱，而后进行热处理、机械加工，最后得到成品轧辊。

7. 根据权利要求 6 所述的大型铸钢支承辊整体铸造方法，其特征在于：模具制作工艺中，所述冒口砂模内表面采用保温砖砌筑，外层撞制呋喃树脂砂；所述辊身铁模在 190-210℃下内表面喷涂水基锆英粉涂料，涂层厚度为 1-2mm；所述下辊颈铁模采用劈箱造型法在内表面覆铬铁矿砂，厚度为 30mm。

8. 根据权利要求 7 所述的大型铸钢支承辊整体铸造方法，其特征在于：所述滑动辊颈铁模支撑在上辊颈砂模与辊身铁模之间，由滑动内模、静止外模以及千斤顶式垫块组合而

成，当浇注支承辊本体钢液时，使垫块支撑在滑动内模、静止外模之间，浇注完成后，取出垫块。

9. 根据权利要求 6 所述的大型铸钢支承辊整体铸造方法，其特征在于：补浇钢液的浇注温度高于支承辊本体钢液浇注温度 30 ～ 40℃，含碳量低于支承辊本体钢液的含碳量，按如下方法确定含量：根据公式 $(mg-F_{阻})*H = mV_t^2/2-mV_0^2/2$，计算出补浇钢液在支承辊本体钢液内下降的最大高度 H，其中，mg 为单位补浇钢液重能，$F_{阻}$ 为单位补浇钢液在本体钢液下降过程中所受黏性阻力，V_t 为补浇钢液最终速度，V_0 为补浇钢液初始速度；然后按补浇钢液与补浇高度区内本体钢液充分混合考虑，计算两种钢液混合后的碳、铬元素含量，目标值为两者含量均处于＜ 0.5％范围。

一种大型铸钢支承辊整体铸造模具系统及铸造方法

技术领域

[0001] 本发明涉及铸钢支承辊的整体铸造技术，特别是关于一种超过 200 吨级的大型铸钢支承辊的整体铸造模具系统设计及铸造方法。

背景技术

[0002] 最近十几年，随着轧机向高速化、自动化方向的发展，板形控制要求越来越优良，轧制条件越来越苛刻，致使提高轧制效率、降低轧制成本、保证产品质量成为突出问题。因此，对轧机上的支承辊使用性能要求也越来越高，选择最优的支承辊生产方法和材质是制造优质支承辊的关键。支承辊的制造方法主要分锻造和铸造两种方法。锻造方法工艺复杂，生产周期长，成本高。而铸钢支承辊以其特有的使用、工艺和经济方面的优越性，在国内外得到了广泛的应用。

[0003] 铸钢支承辊的铸造方法主要有静止复合铸造和整体铸造两种方法。复合铸造支承辊由于辊身外层和芯部的材质不同，可以获得具有较高硬度的辊身外层，同时获得具有较高强度和韧性的芯部和辊颈。这种铸造方法钢水消耗量大，成本高，工艺复杂，外层和芯部材料之间的冶金熔合质量不易控制，而且在使用过程中容易产生剥落缺陷。整体铸造法是普遍使用的一种方法，目前，国外等一些主要轧辊制造厂普遍采用整体铸造结合差温热处理工艺来生产优质大型铸钢支承辊。这种支承辊的质量较为稳定、材料消耗较小、缺陷容易控制，在市场上更具有竞争力。

[0004] 但是整体铸造铸钢支承辊的问题是，1）由于质量大，浇注钢液重量大，铸造成形困难 ；2）支承辊凝固时间长，化学元素偏析难以控制 ；3）支承辊长度过长，在凝固过程中补缩困难，支承辊芯部容易出现缩孔缩松缺陷 ；4）支承辊毛坯轴向收缩量大，易出现收缩裂纹。这些都是制约大型铸钢支承辊质量的关键因素，如果整体铸造方法不得当，就会出现上述这些问题。

发明内容

[0005] 因此，本发明旨在克服大型铸钢支承辊整体铸造中的难点及生产成本，提供一种适用于 200 吨级及以上的整体铸造大型铸钢支承辊模具系统设计及铸造方法，对其所采取的技术方案是 ：

[0006] 一种大型铸钢支承辊整体铸造模具系统，包括组合模和浇注系统，组合模包括冒口砂模、上辊颈砂模、辊身铁模和下辊颈铁模组成，其中冒口砂模采用保温砖砌筑内层，单块保温砖高 400mm ；浇注系统为底注式双浇包系统，包括浇口杯、直浇道、横浇道和内浇口。

[0007] 进一步讲 ：

[0008] 冒口砂模外层和上辊颈砂模由呋喃石英砂撞制而成，砂型表面还刷有醇基锆英粉涂料。

[0009] 辊身铁模内表面涂有水基锆英粉涂料，厚度为 1-2mm。

[0010] 下辊颈铁模内表面覆铬铁矿砂，厚度为 30mm，采用劈箱造型法砂。

[0011] 冒口砂模、上辊颈砂模、辊身铁模、下辊颈铁模依次叠放，通过止口连接成整体组合模；在上辊颈砂模与辊身铁模之间还衔接有滑动辊颈铁模。

[0012] 双浇包浇注系统，采用共有内浇口，所述内浇口与型腔连通，两条横浇道与内浇口采取切线形接口方式连接；直浇道自浇口杯以下 300mm 长度范围内为渐缩式变径，其余长度为等直径。

[0013] 本模具系统还包括一长水口补浇装置，它包括一长水口和补浇装置搭接支架；长水口安装在补浇装置搭接支架上，下部伸向冒口位置；补浇装置整体搭接在冒口砂模顶部。

[0014] 基于上述模具系统的一种大型铸钢支承辊整体铸造方法，包含：

[0015] 1）基于计算机模拟，制作上述一组组合模具系统，实现整体造型、平稳充型、顺序凝固，以及降低上辊颈成分偏析及裂纹的目的；

[0016] 2）所用钢液总重量通过公式：（型腔容积 + 浇注系统容积）* 密度，计算得到，所述钢液分为支承辊本体钢液和补浇钢液两种，其中支承辊本体钢液重量以浇注液面高度高于成品件 400-700mm 为准，其余量为补浇钢液；

[0017] 3）铸造前先将模具预热组装，然后采取双包合浇方式浇注支承辊本体钢液，浇注温度高于液相线温度 50 ～ 60℃，浇注结束后覆盖 100mm 厚保温覆盖剂；

[0018] 4）根据计算机模拟结果并结合温度检测，当冒口温度降至液相线温度以上 20 ～ 30℃时，开始补浇钢液，补浇结束后覆盖 100mm 厚保温覆盖剂；

[0019] 5）浇注完成后保温，冒口温度达到 800-900℃后脱模打箱，而后进行热处理、机械加工，最后得到成品轧辊。

[0020] 在模具制作工艺中，辊身铁模在 190-210℃下内表面喷涂水基锆英粉涂料，涂层厚度为 1-2mm；下辊颈铁模采用劈箱造型法在内表面覆铬铁矿砂，厚度为 30mm。

[0021] 滑动辊颈铁模支撑在上辊颈砂模与辊身铁模之间，由滑动内模、静止外模以及千斤顶式垫块组合而成，当浇注支承辊本体钢液时，使垫块支撑在滑动内模、静止外模之间，浇注完成后，取出垫块。

[0022] 补浇钢液的浇注温度高于支承辊本体钢液浇注温度 30 ～ 40℃，含碳量低于支承辊本体钢液的含碳量，按如下方法确定含量：根据动能定理（$mg-F_{阻}$）$*H=mV_t^2/2-mV_0^2/2$ 计算出补浇钢液在支承辊本体钢液内下降的最大高度 H，其中，mg 为单位补浇钢液重能，$F_{阻}$ 为单位补浇钢液在本体钢液下降过程中所受黏性阻力，V_t 为补浇钢液最终速度，V_0 为补浇钢液初始速度；然后按补浇钢液与补浇高度区内本体钢液充分混合考虑，计算两种钢液混合后的碳、铬元素含量，目标值为：两者含量均处于＜ 0.5% 范围。

[0023] 本发明通过采取以上技术方案，解决了上述问题，并能获得以下有益效果：

[0024] 1）通过采取合理的组合模结构：冒口、上辊颈采用砂模；辊身、下辊颈采用铁模，结合底注式，可以实现顺序凝固，解决了钢液量大，成形困难的问题，避免了收缩裂纹、缩孔或缩松的出现。

[0025] 2）采用双包合浇底注式浇注系统，针对大型铸钢支承辊，可以增强浇注能力，缩短浇注时间，同时也保证浇注均匀性，减少温度损耗；加上顶部长水口补浇机制，可以使钢液成束状浇入未凝固区域，利用钢液冲击力与原钢液混合，既能提高冒口补缩效果，又能够避免冒口部位碳元素偏析，进而减少辊颈碳化物数量以避免后序热处理时在辊颈产生裂纹。

[0026] 3）冒口内层采用保温砖，利用保温砖保温效果可提高冒口补缩能力，达到减小冒

口尺寸，提高冒口补缩效率的目的。加之覆盖剂配合保温冒口使用，进一步提高冒口补缩能力。

[0027] 4）利用切线形内浇口旋转充型技术，铸型内液面平稳，夹杂物可顺利上浮到冒口，提高了充芯金属液纯净度，可明显降低铸件夹杂几率。

[0028] 5）辊身铁模内表面采用水基锆英粉涂料，能够保证铸件获得足够深度的表面柱状晶组织，同时可以降低钢液对铁模的热冲击损害，延长辊身铁模使用寿命。

[0029] 6）下辊颈铁模内表面覆砂，既能减小金属液对铁模的热冲击，增加铁模服役寿命，又能保证获得足够深的表面柱状晶组织工作层，尤其增加铸型的退让性，降低铸件的裂纹倾向，减小铁模表面的热疲劳。

附图说明

[0030] 图 1 为大型铸钢支承辊整体铸造模具系统图；

[0031] 其中：1- 铸件；2- 冒口砂模；3- 上辊颈砂模；4- 滑动辊颈铁模；5- 辊身铁模；6- 下辊颈铁模；7- 第一浇注系统；8- 第二浇浇注系统；9- 浇口杯；10- 直浇道；11- 横浇道；12- 内浇口。

[0032] 图 2 为滑动辊颈铁模示意图；

[0033] 其中：41- 滑动内模；42- 静止外模；43- 垫块；3- 上辊颈砂模；5- 辊身铁模。

[0034] 图 3 为补浇过程中应用的长水口装置示意图；

[0035] 其中：21- 补浇装置搭接支架；22- 长水口；2- 冒口砂模。

具体实施方式

[0036] 以下结合具体实施例，示例性说明本发明实质，但实施例具体细节仅是为了说明本发明，并不代表本发明构思下全部技术方案，因此不应理解为对本发明总的技术方案限定，以具有相同或相似技术效果的技术特征简单改变或替换，均属本发明保护范围。

[0037] 先介绍一下本发明提供的模具系统，它包括一组组合模具和一组浇注系统。组合模具结构如图 1 所示，包括冒口砂模 2、上辊颈砂模 3、滑动辊颈铁模 4、辊身铁模 5、下辊颈铁模 6、第一浇注系统 7、第二浇注系统 8 等几部分。铸件 1 成型于由这些模具围成的芯部型腔内。

[0038] 冒口砂模 2 放置在上辊颈砂模 3 上，冒口砂模 2 内壁采用保温砖分层环绕砌筑而成，外层撞制呋喃树脂砂，冒口砂模内壁共设 8 层保温砖，单块保温砖高 400mm。冒口砂模 2 根部内径与上辊颈砂模 3 上端口内径相同。在冒口砂模 2 和上辊颈砂模 3 外边可以加铁模保护。

[0039] 较佳的是，上辊颈砂模 3、辊身铁模 5、下辊颈铁模 6 都由 2-4 节模体组成。这样做的原因是铸型太大、太高，如果整体造型，起模困难，所以设计成分节组装的好处是方便起模。上辊颈砂模 3、辊身铁模 5、下辊颈铁模 6 自身各节模体之间由子母止口定位组装；辊身铁模 5 与下辊颈铁模 6 之间也通过子母止口定位组装。冒口砂模 2、上辊颈砂模 3、滑动辊颈铁模 4、辊身铁模 5、下辊颈铁模 6 装配后，其内腔构成铸件 1 的形状。

[0040] 上辊颈砂模 3 与辊身铁模 5 之间采用滑动辊颈铁模 4 衔接。图 2 为滑动辊颈铁模 4 的结构示意图，滑动辊颈铁模 4 由滑动内模 41、静止外模 42 以及垫块 43 组合而成。滑动

内模 41 衔接在上辊颈砂模 3 的底部，静止外模 42 衔接在辊身铁模 5 的顶部，在浇注前滑动内模 41 与静止外模 42 之间由垫块 43 支撑，垫块 43 在浇注完成后，需要去除，防止滑动辊颈及上辊颈、冒口因摩擦力作用未能及时上浮、无法取出垫块而导致的因垫块阻碍使滑动辊颈无法下滑。否则这样会导致辊身与上辊颈之间产生裂纹倾向。及时去除垫块后，可保证滑动辊颈随辊身部分金属液液态收缩而下滑，减小铸件热裂倾向。

[0041] 本发明的重要特征是支承辊在凝固过程中，采用自下至上的顺序凝固方式，所以下辊颈铁模 6 区域金属液最先凝固完成，辊身铁模 5 次之，之后的凝固顺序是滑动辊颈铁模 4、上辊颈砂模 3、冒口砂模 2。基于上述原因，所以本发明将冒口砂模 2、上辊颈砂模 3 采用砂模，滑动辊颈铁模 4、辊身铁模 5、下辊颈铁模 6 采用铁模，这样的设计是避免各部位冷却速度不合理，最后凝固区域因液态收缩后无法得到金属液补充而出现缩孔或缩松，否则会因收缩受阻产生裂纹。比如辊身铁模 5 的上部区域最后凝固，在滑动辊颈铁模 4 和辊身铁模 5 之间会产生应力致使上辊颈与辊身之间产生裂纹；下辊颈铁模 6 和辊身铁模 5 之间的区域最后凝固，会出现缩孔或缩松。

[0042] 进一步讲，上辊颈砂模 3，也由呋喃石英砂撞制而成。冒口砂模 2、上辊颈砂模 3 在撞砂造型后，表面要刷醇基锆英粉涂料。

[0043] 进一步讲，辊身铁模 5，模内表面采用水基锆英粉涂料喷涂，涂层厚度约为 1-2mm，喷涂时，辊身铁模温度为 190-210℃。

[0044] 进一步讲，滑动辊颈铁模 4 根部与辊身铁模 5 内径相同，模内表面也是喷涂水基锆英粉。

[0045] 进一步讲，下辊颈铁模 6，模内表面覆铬铁矿砂，覆砂厚度为 30mm。采用劈箱造型法覆砂。

[0046] 本发明采用底注式双包合浇形式浇注。第一浇注系统 7 和第二浇注系统 8 布置在由冒口砂模 2、上辊颈砂模 3、滑动辊颈铁模 4、辊身铁模 5、下辊颈铁模 6 组装成的模具两侧。每套浇注系统都由浇口杯 9、直浇道 10、横浇道 11 和内浇口 12 组成。两套系统共用的内浇口 12 在下辊颈铁模 6 底部与型腔贯通。。直浇道 10、横浇道 11、内浇口 12 均用成型耐火砖管组成，直浇道、横浇道直径均为 Φ140mm。横浇道 11 与内浇口 12 采用切线式接入。较佳的是，直浇道、横浇道的连接处采用圆弧过渡。

[0047] 特别地，直浇道自浇口杯以下约 300mm 长度范围内，需要考虑渐缩式变径，其目的是使钢液在流入直浇道后避免卷入气体。其余长度取直即可。

[0048] 本发明浇注系统还设置一长水口补浇装置。如图 3 所示，长水口补浇装置用于在一次浇注完成后安装在铸型中冒口砂模 2 上部，补浇高温低碳钢水，以减缓上辊颈碳元素偏析。其结构如图 3 所示，由补浇装置搭接支架 21 和长水口 22 组成，长水口 22 安装在补浇装置搭接支架 21 上，然后补浇装置整体搭接在冒口砂模 2 顶部，长水口 22 伸向冒口位置，长水口 22 选用高耐火度高强度耐火材料制成。长水口 22 的设计原则是：

[0049] 补浇钢液到达本体钢液液面初始速度为 V_0，其动能为 $mV_0^2/2$，补浇钢液流入原有钢液中，由于受原钢液粘着阻力影响，下降一定高度 H 后动能将消耗殆尽，补浇钢液最终速度 V_t 降为零。根据动能定理 $(mg-F_{阻})*H=mV_t^2/2-mV_0^2/2$ 计算出补浇钢液在支承辊本体钢液内下降的最大高度 H，其中，mg 为单位补浇钢液重能，$F_{阻}$ 为单位补浇钢液在本体钢液下降过程中所受黏性阻力。

[0050] 然后根据补浇钢液重量与补浇作用区(高度H区域)原钢液重量,按两者充分混合考虑,计算两种钢液混合后的碳、铬元素含量,目标值为:两者含量均处于＜0.5%范围。

[0051] 综合来讲,上述模具系统包含以下几方面关键技术:

[0052] 1、辊身铁模喷涂技术:将辊身铁模预热至190-210℃,采用水基锆英粉涂料,在辊身铁模内表面进行热喷涂,涂层厚度为1-2mm,保证各处涂层厚度均匀。辊身铁模内表面喷涂涂料,能够保证铸件获得足够深度的表面柱状晶组织,同时可以降低钢液对铁模的热冲击损害,延长辊身铁模使用寿命。

[0053] 2、下辊颈铁模覆砂技术:在下辊颈铁模内表面覆约30mm厚铬铁矿砂,铁模覆砂,既能减小金属液对铁模的热冲击,增加铁模服役寿命;又能保证获得足够深的表面柱状晶组织工作层。下辊颈铁模覆砂,尤其增加铸型的退让性,降低铸件的裂纹倾向,同时减小铁模表面的热疲劳。

[0054] 3、保温冒口技术:本发明保温冒口技术就是指在冒口砂型内布置一层保温砖,利用保温砖保温效果提高冒口补缩能力,达到减小冒口尺寸,提高冒口补缩效率的目的;并在浇注结束后,在钢液顶部撒入保温覆盖剂配合保温冒口使用,提高冒口补缩能力。

[0055] 4、双包合浇技术:针对大型铸钢支承辊,所需钢液量比较大,采用底注式浇注系统,由2套浇注系统同时浇注,减少温度损耗。

[0056] 5、切线形内浇口旋转充型技术:金属液沿切线方向进入型腔,并在圆柱形型腔内不断旋转上升,由于离心作用,密度较轻的夹杂向中心聚集,并随金属液的上升而上浮,夹杂最后全部上浮到冒口,利用这种内浇口进行浇注,明显降低了铸件产生夹杂的几率。

[0057] 6、长水口补浇技术:长水口浇注法是特别应用在大型铸钢支承辊补浇过程中的浇注技术。在双包合浇结束后,当冒口温度降至液相线温度以上20～30℃时,开始补浇钢液,其目的是:使钢液成束状浇入未凝固区域,利用钢液冲击力与原钢液混合,既能提高冒口补缩效果,又能够减小碳元素偏析现象,进而减少辊颈碳化物数量以避免后序热处理时在辊颈产生裂纹。补浇时使用高温低碳钢水(即温度高于冒口钢液,含碳量低于原钢液含碳量)。

[0058] 7、冒口、上辊颈砂模采用砂模,滑动辊颈、辊身、下辊颈采用铁模技术:本发明采取底注式自下至上的顺序凝固方式,下部下辊颈区域金属液最先凝固完成,辊身次之,之后滑动辊颈铁模、上辊颈砂模、冒口砂模顺序凝固,所以由不同材质构造这样均衡凝固机制,避免收缩裂纹、缩孔或缩松的出现。

[0059] 本发明的铸造工艺方案,可以采用计算机模拟技术,确定铸件的凝固顺序;根据温度场的模拟结果,判定铸件凝固的时间,选择合适的保温材料及用量。

[0060] 浇注过程亦可采用成熟的计算机软件模拟充型和凝固过程。根据温度场的模拟结果,判定铸件的凝固的顺序,补缩通道是否顺畅;根据充型过程的数值模拟,观察金属液在型腔中的运动状态,以及金属液的充型速度和充型时间,确定补浇时机;根据凝固过程的应力数值模拟,观察铸件的应力应变场,预测铸件在凝固过程的热裂倾向。

[0061] 利用上述模具系统,对大型铸钢支承辊整体铸造方法的实例如下:

[0062] 1)基于计算机模拟技术,根据整体造型的原则,通过计算机建模,并根据平稳充型的原则,设计双包合浇、切线形内浇口旋转底注式浇注系统;

[0063] 2)铸钢支承辊采用钢液材质为ZG60Cr3,所用钢液约222吨,通过公式:(型腔容积+浇注系统容积)*密度,计算得到;

[0064] 3)预热组装模具，温度约 60-80℃，首次浇注 187 吨钢液，将钢液均分两包，通过双包底注浇注系统，两包同时合浇，浇注温度为 1526℃；补浇注结束后覆盖 100mm 厚保温覆盖剂；

[0065] 4）首次浇注结束后 3h，在冒口砂模上部放置补浇长水口装置进行补浇，补浇钢液 35 吨，钢液补浇温度 1557℃，补浇时间为 6 分钟；补浇注结束后覆盖 100mm 厚保温覆盖剂；

[0066] 5）浇注完成后 200-216h 内，铸件上部红热状态下实施热打箱，而后进行热处理，机械加工，最后得到成品轧辊。

[0067] 上述各参数根据 MAGMA4.0 软件的温度场模拟结果确定的，通过建模、确定物性参数、设定判据、计算等工作完成。打箱时间也是依据 MAGMA4.0 软件的温度场模拟结果确定。

[0068] 总结上述铸造方法如下：

[0069] 1）基于计算机模拟技术，根据整体造型的原则，制作依次由保温冒口砂模、上辊颈砂模、滑动辊颈铁模、辊身铁模、下辊颈铁模组装而成的组合模具，并根据平稳充型、降低上辊颈成分偏析的原则，设计双包合浇、切线形内浇口旋转底注式浇注系统，和顶注式长水口补浇装置；

[0070] 2)所用钢液总重量通过公式：(型腔容积 + 浇注系统容积)* 密度，计算得到，所述钢液分为支承辊本体钢液和补浇钢液两种，其中支承辊本体钢液重量以浇注液面高度高于成品件 400-700mm 为准，其余量为补浇钢液；

[0071] 3）铸造前先将模具组装预热，然后采取双包合浇方式浇注支承辊本体钢液，浇注温度高于液相线温度 50 ～ 60℃，浇注结束后覆盖 100mm 厚保温覆盖剂；

[0072] 4）根据计算机模拟结果并结合温度检测，当冒口温度降至液相线温度以上 20 ～ 30℃时，开始补浇钢液，补浇结束后覆盖 100mm 厚保温覆盖剂；

[0073] 5）浇注完成后保温，冒口温度达到 800-900℃后脱模打箱，而后进行热处理、机械加工，最后得到成品轧辊。

[0074] 当浇注支承辊本体钢液时，使垫块支撑在滑动内模、静止外模之间，浇注完成后，取出垫块。

[0075] 补浇钢液的浇注温度高于支承辊本体钢液浇注温度 30 ～ 40℃，含碳量低于支承辊本体钢液的含碳量，按如下方法确定含量：

[0076] 根据动能定理$(mg-F_{阻})*H=mV_t^2/2-mV_0^2/2$ 计算出补浇钢液在支承辊本体钢液内下降的最大高度 H，其中，mg 为单位补浇钢液重能，$F_{阻}$为单位补浇钢液在本体钢液下降过程中所受黏性阻力，V_t为补浇钢液最终速度，V_0为补浇钢液初始速度；然后按补浇钢液与补浇高度区内本体钢液充分混合考虑，计算两种钢液混合后的碳、铬元素含量，目标值为：两者含量均处于＜ 0.5% 范围。

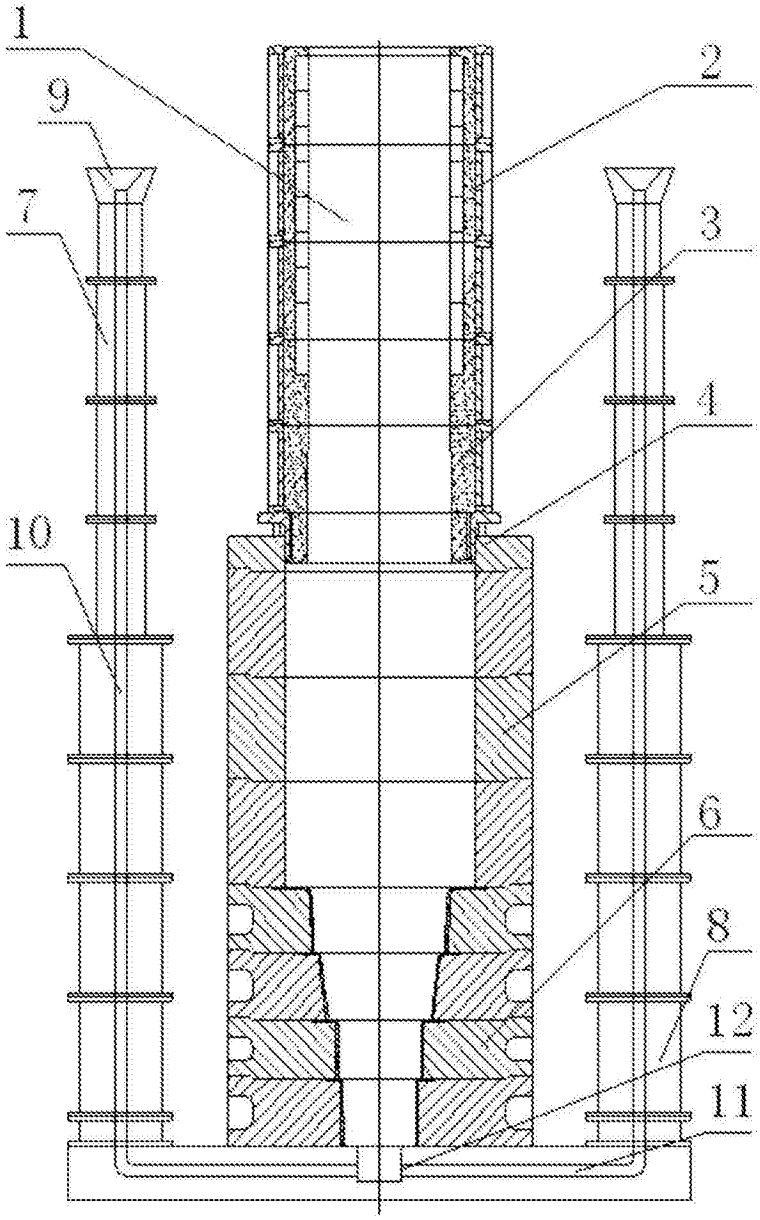


图 1

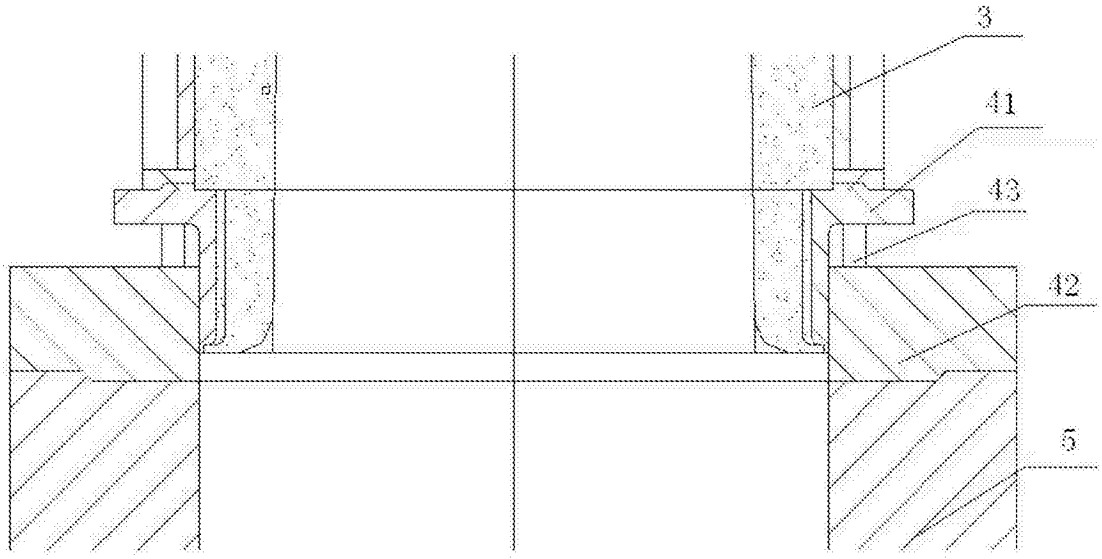


图 2

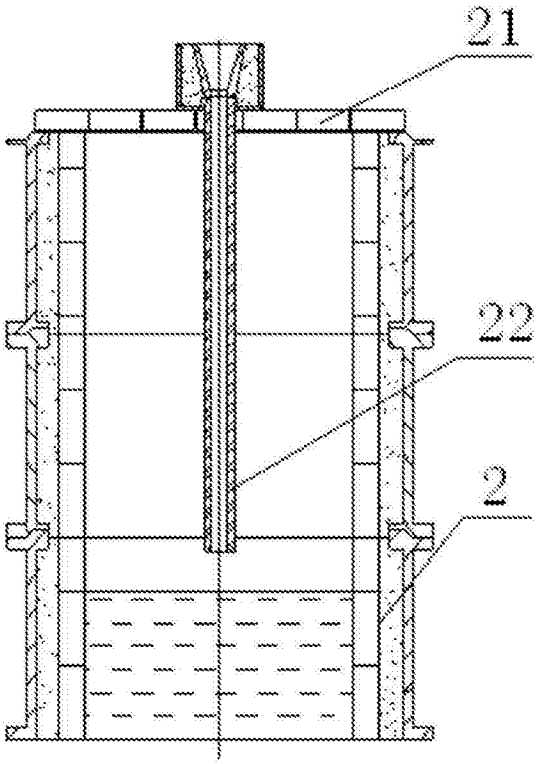


图 3