

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl⁷

B22C 9/28

B22C 9/06



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 200410021595.5

[43] 公开日 2005 年 3 月 23 日

[11] 公开号 CN 1597180A

[22] 申请日 2004.8.2

[21] 申请号 200410021595.5

[71] 申请人 中国科学院金属研究所

地址 110016 辽宁省沈阳市沈河区文化路 72 号

[72] 发明人 李殿中 康秀红 夏立军 柯 伟
李依依

[74] 专利代理机构 沈阳科苑专利商标代理有限公司

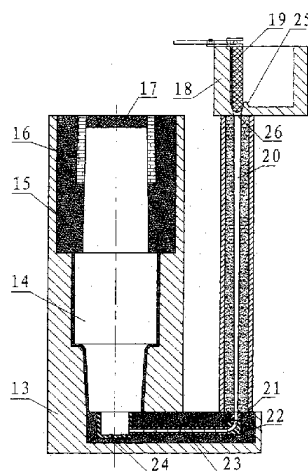
代理人 张志伟

权利要求书 2 页 说明书 7 页 附图 5 页

[54] 发明名称 铸钢支承辊整体铸造方法

[57] 摘要

本发明涉及铸钢支承辊整体铸造过程，具体地说是一种铸钢支承辊的整体铸造方法。本发明采用先进的浇注系统设计原则、铁模覆砂工艺、切线型内浇口旋转充型方法、保温冒口技术；它应用计算机模拟技术合理地设计了金属型模具，并采用铁模覆砂和保温冒口技术实现了铸件的顺序凝固，采用新的浇注系统及切线型内浇口旋转充型防止了卷气和夹杂，通过对关键工艺参数的控制，保证了大型轧辊整体铸造件产品质量，生产出了无缺陷优质铸钢支承辊，它适用于各种型号、规格的铸钢、铸铁支承辊、工作辊的整体铸造过程，使大型铸钢支承辊国产化成为可能。



ISSN 1008-4274

1、钢支承辊整体铸造方法，其特征在于具体步骤如下：

1) 根据平稳充型的原则设计浇口杯及浇注系统，使金属液在浇注系统内时刻处于充满状态，采用切线形内浇口旋转底注式浇注，金属液以切线形式引入，金属液在型腔中旋转上升；

2) 铸造模具：下辊颈、辊身采用铁模，上辊颈、冒口采用砂型，辊身及下辊颈铁模均覆铬铁矿砂，覆砂层的厚度为 10~30mm，不同部位的铁模厚度为 120~500mm，铁模壁厚自下而上逐渐减薄，以实现顺序凝固；

3) 保温冒口应用保温板围成，其根部直径与上辊颈顶端相同，冒口上部向内收，冒口锥度为 1~5%，冒口高径比为 1.4:1~1.7:1；

4) 各部分造型完毕后，统一上窑预热，铸型预热温度为 50~100℃；

5) 铸型预热到温度后，进行组装；

6) 金属液过热度为 50~80℃，浇注速度 8~10 吨/分；

7) 打箱工艺为热打箱工艺，打箱时间按以下公式计算，最短打箱时间(h) $t=D \times 2.8\%-3$ ，最长打箱时间(h) $t=D \times 3.2\%-3$ ，其中 D 是铸钢支承辊直径(mm)。

2、按照权利要求 1 所述钢支承辊整体铸造方法，其特征在于：所述步骤 3) 中，利用计算机模拟技术确定各部位铁模厚度，铁模厚度在 120~500mm 之间。

3、按照权利要求 1 所述钢支承辊整体铸造方法，其特征在于：所述步骤 6) 中，不同部位的金属型靠止口定位，组装在一起。

4、按照权利要求 1 所述钢支承辊整体铸造方法，其特征在于：所述步骤 7) 中，在浇注完成之后，上表面用发热保温覆盖剂覆盖，厚度在 100~300mm 之间。

5、按照权利要求 1 所述钢支承辊整体铸造方法，其特征在于：所述步骤 7) 中，浇注过程中采用计算机模拟充型和凝固过程，根据温度场的模拟结果，断定铸件凝固的先后顺序，补缩通道是否畅通；根据形壳的薄厚情况判定铸件的凝固顺序；根据温度场的模拟结果，选择合适的保温材料及相应的用量；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；根据凝固过程的应力数值模拟观察铸件的应力应变场，并根据应力的模拟结果预测铸件在凝固过程中的热裂倾向。

6、按照权利要求1所述钢支承辊整体铸造方法，其特征在于：所述上辊颈锥度为2%~4%。

7、按照权利要求1所述钢支承辊整体铸造方法，其特征在于：所述步骤1)中，浇注系统包括浇口杯(18)，以及与之相连的直浇道(20)和横浇道(23)，浇口杯(18)为偏心结构，浇口杯(18)出口偏于浇口杯(18)中心的一侧，浇口杯(18)内装有与浇口杯出口相对应的塞杆(19)，直浇道(20)为上大下小的流线型结构，直浇道(20)与横浇道(23)转角处为直浇道与横浇道的过渡圆弧(21)，直浇道(20)与横浇道(23)处圆弧过渡的圆角半径至少为横浇道(23)直径的一倍，横浇道(23)出口为与型腔连通的内浇口，内浇口以切线方式与型腔连接。

8、按照权利要求7所述钢支承辊整体铸造方法，其特征在于：所述浇口杯出口(26)具有突出于浇口杯(18)内底部的凸台(25)。

9、按照权利要求7所述钢支承辊整体铸造方法，其特征在于：当金属液充填到浇口杯1/2~1/3高度时，打开塞杆(19)。

10、按照权利要求7所述钢支承辊整体铸造方法，其特征在于：底座型腔用成型圆桶砖形成，并与横浇道形成切线形内浇口。

铸钢支承辊整体铸造方法

技术领域

本发明涉及铸钢支承辊整体铸造过程，具体地说是一种铸钢支承辊的整体铸造方法。它适用于各种型号、规格的铸钢、铸铁支承辊、工作辊的整体铸造过程。

背景技术

当前冶金行业发展迅猛，各种钢材的需求量与日俱增，我国的钢产量早已位居世界第一位。轧钢过程已实现大型化、高速化、连续化生产。轧钢生产线上最大的消耗品轧辊的质量直接影响着轧钢效率及轧钢成本。国内有多条热轧生产线、冷轧生产线，每年消耗大量工作辊、支承辊。

轧钢生产线现役工作辊、支承辊有锻钢辊，也有铸钢辊。传统材料生产的支承辊难以达到高强度、高耐磨性的使用要求。新开发低合金铬钢，克服了这一困难。如鞍钢的 1780 热轧带钢生产线使用的都是铬钢支承辊。

合金中铬含量的增加，给铸造带来许多困难。大型铸钢支承辊，尤其 Cr 含量在 4%或超过 4%的铸钢支承辊关键技术还没有突破。所以，在线使用的大型铸钢支承辊全部依赖进口，或者以锻代铸。锻造方法生产的支承辊，生产周期长、成本高，增加了许多费用。

英国的 Davy 轧辊有限公司、Sheffield 轧辊厂及美国的 Midland 轧辊厂都采用整体铸造工艺方法生产 40Cr4 大型铸钢支承辊。日本、韩国、德国也开发了相关技术。

在这种情况下，开发铸钢支承辊整体铸造技术无疑会受到生产厂家和使用厂家的欢迎，并且实现大型铸钢支承辊的国产化。

发明内容

本发明的目的在于提供一种可以保证质量、提高铸件性能和寿命的铸钢支承辊整体铸造方法。

本发明是铸钢支承辊整体铸造技术，其主要内容包括：计算机模拟、铁模覆砂、切线形内浇口旋转充型、保温冒口技术；利用新的浇注系统设计原则及顺序凝固原则进行浇注系统设计及铸造模具设计；关键工艺参数的确定原则。

(1) 计算机模拟技术: 实际浇注过程中, 我们难以观察到浇注过程的各个细节。采用计算机模拟充型过程, 可以观察到不同时刻金属液的运动状态。计算机的模拟结果表明采用新型的浇注系统在充型过程中金属液充满浇道, 不产生空隙。采用切线型内浇口底注式浇注, 金属液上升平稳、不产生湍流。模拟软件采用的是 View Cast 软件。

凝固过程的数值模拟可以观察到铸件的温度场、固相分数场等。根据温度场的模拟结果, 可以断定铸件凝固的先后顺序, 补缩通道是否畅通; 根据形壳的薄厚情况也可以判定铸件的收缩顺序。根据温度场的模拟结果, 可以选择合适的保温材料及相应的用量。凝固过程的应力的数值模拟可以观察铸件的应力应变场、铸件的收缩情况等。根据应力的模拟结果可以预测铸件在凝固过程中的热裂倾向。利用这些模拟结果进行工艺设计减少了工作的盲目性。

(2) 切线型内浇口旋转充型: 金属液以切线形式进入型腔, 并在圆柱型腔中不断旋转。由于离心力作用, 密度较轻的夹杂向中心聚集, 并随金属液的上升而上浮。夹杂最后全部浮到冒口中, 保证了铸件中金属液的纯洁。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。

(3) 铁模覆砂技术: 下辊颈及辊身铁模内表面覆 10~30mm 厚铬铁矿砂。辊身铁模表面覆铬铁矿砂, 既能保证获得足够深度的表面柱状晶组织工作层, 又能减小金属液对铁模的热冲击, 增加铁模的使用寿命。下辊颈表面覆铬铁矿砂, 主要是增加退让性, 减小铸件的裂纹倾向。同时也减小铁模表面的热疲劳。

(4) 保温冒口技术: 保温冒口有较强的补缩作用。具有同样补缩能力的普通冒口, 体积比保温冒口大 20~40%, 大冒口不利于铸件在凝固收缩时的退让。保温冒口可以适当减小体积, 增加补缩能力, 减小铸件产生缩孔、疏松的可能性。冒口上部向内收, 其锥度为 1~5%, 其根部直径与上辊颈顶端相同, 冒口高径比为 1.4:1~1.7:1。冒口用保温板围成, 在浇注完成之后, 上表面用发热保温剂覆盖, 厚度在 100~300mm 之间。

(5) 铁模设计: 铁模壁厚不同, 激冷能力不同。为了保证铸件从下到上的顺序凝固, 要求铁模自下而上逐渐减薄。利用计算机模拟技术确定了各部位铁模厚度在 120mm~500mm 之间, 保证了铸件的顺序凝固。模拟软件可以采用 View Cast 软件。

(6) 关键工艺参数的确定原则:

(I) 浇注温度的确定。大型铸钢件浇注温度的设定均参考合金的液相线温

度,浇注温度过高会使金属液氧化严重;浇注温度过低,金属液中有害杂质不易上浮。所以在设定浇注温度时,一般大件选取的过热度比较小,小件选取的过热度比较大。过热度一般为 $50 \sim 80^{\circ}\text{C}$ 。

(II) 浇注速度的选定。大型铸件的浇注速度太快,有可能产生卷气和夹杂等缺陷,尤其像轧辊这样高大铸件,浇注速度过快,会对型壁产生严重冲刷;而浇注速度太慢,又有浇不足,冷隔等缺陷产生。由于铸钢支承辊的内腔比较高,如果浇注速度太慢,势必造成金属液对型壁长时间的烘烤,尤其铁模上的覆砂,如果经长时间烘烤,会由于粘结剂分解而溃散。所以浇注速度太慢是危险的。综合考虑各方面因素的影响,浇注速度为 $8 \sim 10$ 吨/分。

(III) 铸型温度的控制。铸型的温度在铸件浇注过程中起着很大的作用,温度太高,铸型对金属液起不到激冷作用。尤其在铸钢支承辊的生产过程中,更要控制好型温,因为铸钢支承辊的辊身外层只有形成一定深度柱状晶组织,才能保证经过热处理后获得足够深度的工作层。如果铸型温度过高,激冷能力不够,就会形成过多的粗大等轴晶,使铸件组织恶化,在以后热处理工序中,辊身外层上将不能获得足够厚的淬硬层。如果型温太低,会造成砂型吸潮,浇注时容易产生气体,形成气孔缺陷。有时浇注温度偏低时,由于铸型温度不够高,也可能产生冷隔,浇不足等缺陷。所以保证浇注前铸型有一个适当的型温也是非常重要的。各部分造型完毕后,统一上窑预热,铸型预热温度为 $50 \sim 100^{\circ}\text{C}$,铸型预热到温度后,进行组装;

(IV) 打箱时间。不同的铸件有不同的打箱时间,不同的打箱温度。有的铸件需要高温打箱,有的铸件需要低温打箱。轧辊一般采用高温打箱,其打箱时间可以按公式计算:最短打箱时间(h) $t=D \times 2.8\%-3$,最长打箱时间(h) $t=D \times 3.2\%-3$,其中 D 是铸钢支承辊直径(mm)。

本发明具有如下有益效果:

1、本发明采用先进的浇注系统设计原则、铁模覆砂工艺、切线型内浇口旋转充型方法、保温冒口技术;应用计算机模拟技术,设计了铸造模具,实现了铸件的顺序凝固,合理地确定了关键工艺参数,生产出了无缺陷优质铸钢支承辊,适用于各种型号和规格的铸钢和铸铁轧辊的整体铸造过程,使大型铸钢支承辊国产化成为可能。

2、本发明采用计算机模拟技术,增加了设计的合理性,缩短了铸件的生产周期,提高了生产率。

3、本发明采用先进的浇注系统设计原则,使金属液在浇注系统内时刻处于

充满状态，防止卷气和夹杂等。

4、本发明采用切线形内浇口旋转浇注技术，金属液在型腔中平稳旋转，由于离心作用，夹杂向中心聚集。夹杂既不能粘附于铸件表面，也不能停留在铸件中心，夹杂最后顺利地上浮到冒口中。因此，铸件的表面质量和心部质量都得到了保证。

5、本发明采用铁模覆砂技术，在铸型表面覆铬铁矿砂，既能防止铸件出现裂纹，又能获得一定厚度的致密工作层。在调整铸型冷却能力的同时，也增加了铸型的使用寿命，降低了生产成本。

6、本发明充分实现了铸件的顺序凝固，消除了裂纹、疏松等缺陷，提高了铸件的性能和使用寿命。

7、本发明下辊颈、辊身等采用铁模，上辊颈、冒口采用砂型，实现顺序凝固，消除缩孔、疏松、裂纹等缺陷。

附图说明

图1 传统工艺示意图；

其中：1—下辊颈铁模 2—轧辊 3—辊身铁模 4—滑动辊颈垫铁 5—滑动辊颈 6—上辊颈铁模 7—冒口箱 8—电加热冒口箱的接地钢板 9—锥形浇口杯 10—直浇道 11—砂子 12—横浇道

图2 本发明工艺示意图；

其中：13—铁模 14—轧辊 15—砂子 16—保温板 17—发热保温覆盖剂 18—浇口杯 19—塞杆 20—直浇道 21—直浇道与横浇道的过渡圆弧 22—直浇道圆弧砖 23—横浇道 24—圆桶转 25—凸台 26—浇口杯出口

图3 充型过程中流场模拟结果图；

图4 凝固过程中温度场模拟结果图；

图5 缩孔分布模拟结果图；

图6 采用本发明新的浇注系统设计工艺方法铸造的支承辊毛坯照片；

图7 采用本发明生产的机械加工后的铸钢支承辊照片。

具体实施方式

下面结合附图及实施例详述本发明。

如图2所示，本发明铸钢支承辊铸造工艺示意图。其中，浇注系统主要包括浇口杯18，以及与之相连的直浇道20和横浇道23，浇口杯18为偏心结构，即浇口杯18出口偏于浇口杯18中心的一侧，浇口杯18内装有与浇口杯出口25相对应的塞杆19，该出口具有突出于浇口杯18内底部的凸台25，可以保证

塞杆 19 与浇口杯出口 26 的良好配合,当金属液充填到浇口杯 1/2~1/3 高度时,打开塞杆,直浇道 20 为上大下小的流线型结构,直浇道 20 与横浇道 23 转角处为直浇道与横浇道的过渡圆弧 21,直浇道 20 与横浇道 23 处圆弧过渡的圆角半径至少为横浇道 23 直径的一倍,该圆弧由直浇道圆弧砖 22 形成,横浇道 23 出口与型腔连通的圆桶砖 24 以切线方式连接。在浇注过程中,控制充型的平稳性,降低充型速度;使金属液在浇注系统内时刻处于充满状态,防止气体和氧化膜卷入金属液中,造成裂纹和疏松缺陷,根据流量相等原则,设计浇注系统中浇道的尺寸。另外,轧辊 14 上的冒口外侧依次为保温板 16、砂子 15、铁模 13,冒口上部放有常规的发热保温覆盖剂 17。

实施例 1

本实施例的材质为 40Cr4,该材质的液相线温度为 1470℃。浇注温度为 1550℃,浇注金属液重量 50 吨,浇注速度每分钟 10 吨。其铸造工艺如下:

1)根据平稳充型的原则设计浇口杯及浇注系统,采用切线形内浇口旋转浇注。

2)直浇道、横浇道用铬铁矿砂形成,直浇道入口直径为 130mm,出口直径为 75mm,横浇道的直径为 75mm。

3)辊身及下辊颈铁模均覆铬铁矿砂,覆砂层的厚度为 10~30mm。不同部位的铁模厚度为 120~500mm;上辊颈锥度为 2%。

4)保温冒口应用保温板 16 围成,其根部直径为 1050mm,冒口上部向内收,锥度为 1%,冒口的高径比为 1.4:1。

5)各部分造型完毕后,统一上窑预热,预热温度为 100℃。

6)铸型预热到温度后,进行组装。不同部位的金属型靠止口定位,组装在一起。在浇注完成之后,上表面用发热保温覆盖剂覆盖,厚度 100mm。

7)打箱工艺为热打箱工艺,浇注的轧辊的辊身直径为 1435mm,浇铸结束后 42 小时打箱。

第一次浇注顺利成功,所生产的铸钢支承辊经过机械加工后进行超声检测,辊内没有任何缺陷,完全达到了国家有关标准。但是,在实际操作中还有一些事情需要注意。下辊颈铸件表面质量不太好,冒口箱打箱比较困难。

实施例 2

材质 40Cr4,浇注温度为 1520℃,浇注金属液重量 48 吨,浇注速度每分钟 9 吨。其铸造工艺如下:

1)根据平稳充型的原则设计浇口杯和浇注系统,仍然采用切线形内浇口旋

转浇注技术。

2) 直浇道、横浇道都用成型耐火砖形成, 底座型腔也用成型圆桶砖 24 形成, 并与横浇道形成切线形内浇口, 成型圆桶砖 24 直径为 350mm, 其高度为 350mm。直浇道入口直径为 120mm, 出口直径为 70mm, 横浇道的直径为 70mm。

3) 辊身及下辊颈铁模均覆铬铁矿砂, 覆砂层的厚度为 15~30mm。不同部位的铁模厚度为 120~500mm; 上辊颈锥度为 2%。

4) 保温冒口应用保温板围成, 用树脂砂作背砂, 其根部直径为 1000mm, 冒口上部向内收, 其锥度为 3%, 冒口的高径比为 1.5: 1。

5) 各部分造型完毕后, 统一上窑预热, 预热温度为 80℃。

6) 铸型预热接到温度后, 进行组装。不同部位的金属型靠止口定位, 组装在一起。在浇注完成之后, 上表面用发热保温覆盖剂覆盖, 厚度 150mm。

7) 打箱工艺为热打箱工艺, 浇注的轧辊的辊身直径为 1435mm, 浇铸结束后 38 小时打箱。

实施浇注后, 冒口打箱很容易, 下辊颈的表面质量有了明显提高。铸件质量完好。

实施例 3

材质 40Cr4, 浇注温度为 1540℃, 浇注金属液重量 47 吨, 浇注速度每分钟 8 吨。其铸造工艺如下:

1) 根据平稳充型的原则设计浇口杯, 仍然采用切线形内浇口旋转浇注技术。

2) 直浇道、横浇道都用成型耐火砖形成, 底座型腔也用成型圆桶砖 24 形成, 并与横浇道形成切线形内浇口, 成型圆桶砖 24 直径为 350mm, 其高度为 350mm。直浇道入口直径为 120mm, 出口直径为 65mm, 横浇道的直径为 65mm。

3) 辊身及下辊颈铁模均覆铬铁矿砂, 覆砂层的厚度为 15~30mm。不同部位的铁模厚度为 120~500mm。

4) 保温冒口应用保温板围成, 保温冒口用树脂砂作背砂。保温冒口根部直径为 950mm, 冒口上部向内收, 其锥度加大, 由原来的 1%加大到 5%。冒口的高径比为 1.7: 1。

5) 上辊颈锥度加大。由原来的 2%加大到 4%。

6) 各部分造型完毕后, 统一上窑预热, 预热温度为 50℃。

7) 铸型预热接到温度后, 进行组装。不同部位的金属型靠止口定位, 组装在一起。在浇注完成之后, 上表面用发热保温覆盖剂覆盖, 厚度 300mm。

8) 打箱工艺为热打箱工艺, 浇注的轧辊的辊身直径为 1435mm, 浇铸结束

后 40 小时打箱。

实施浇注后，冒口打箱很容易，上辊颈开箱也很容易。上辊颈的质量有了明显提高。铸件表面质量良好（参见图 6）。采用本发明生产的机械加工后的铸钢支承辊（参见图 7）。

本发明工作过程及结果：

应用本发明进行铸钢支承辊的铸造，在浇注过程中，金属液在浇道中始终处于充满状态，没有给气体留下空间，因此不会形成卷气和氧化膜等缺陷。铸件实现了顺序凝固。所以利用本发明生产的大型整体铸造铸钢支承辊，没有产生裂纹和疏松缺陷。利用切线形内浇口浇注，夹杂上浮充分，所以，铸件内部没有夹杂等缺陷。探伤结果完全符合国家标准。

本发明可以采用计算机模拟充型过程，模拟软件采用的是 View Cast 软件。如图 3 所示为充型过程中流场模拟结果图；如图 4 所示为凝固过程中温度场模拟结果图；如图 5 所示为缩孔分布模拟结果图。

比较例

如图 1 所示，是传统的铸钢轧辊 2 整体铸造工艺示意图。锥形浇口杯 9 采用锥形设计，直浇道 10 采用钢管砖，上下直径相同，在直浇道 10 与横浇道 12 交接处采用直角过渡，横浇道 12 两条，直径相等。辊身铁模 3 表面刷涂料。上下辊颈铁模 6、1 覆砂 80~100mm，采用电加热冒口箱 7、电加热冒口箱的接地钢板 8、滑动辊颈垫铁 4、滑动辊颈 5。

该设计的缺点是：

（1）浇注系统不能充满，金属液在浇道中流动有很大剩余空间，很容易造成卷气和夹杂。而卷入的气体或夹杂很容易形成铸件的裂纹源。当铸件在冷却或热处理过程中，在应力作用下，很可能在裂纹源处开裂。

（2）模具设计没有充分考虑顺序凝固问题。铸件在凝固过程中容易在上下辊颈转角热结处形成应力集中，造成裂纹缺陷。

滑动辊颈技术国内外均有人用，但是此项技术需要在浇注过程中适时去掉滑动辊颈垫铁，所以在操作中人为影响因素较大。在实际操作中，有时垫铁取不下来。

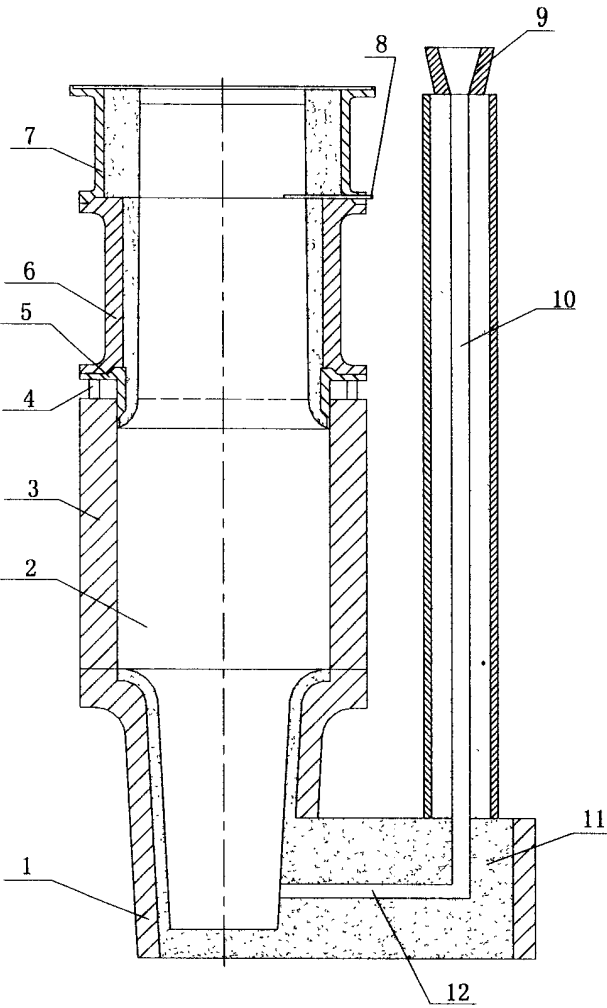


图 1

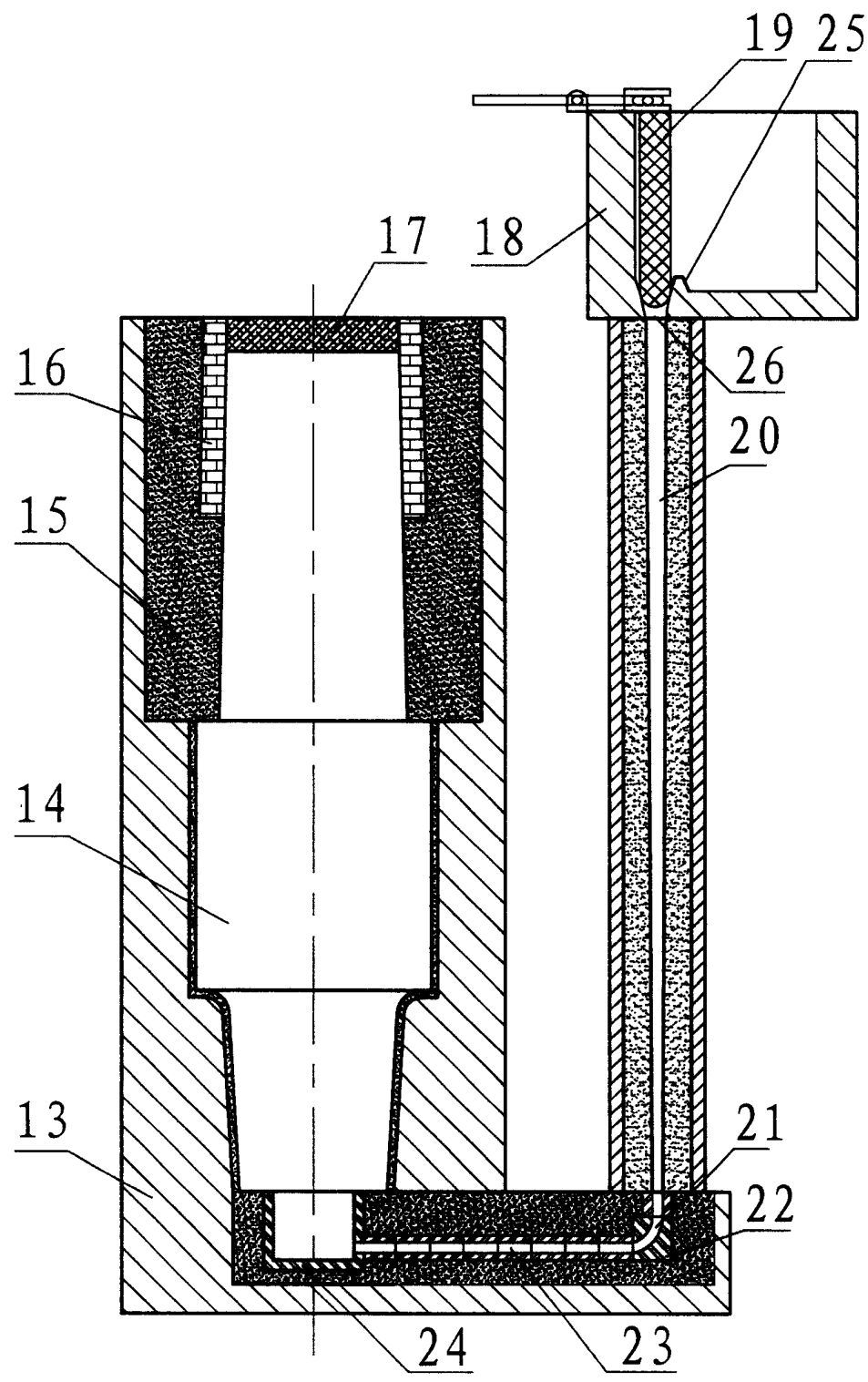


图2

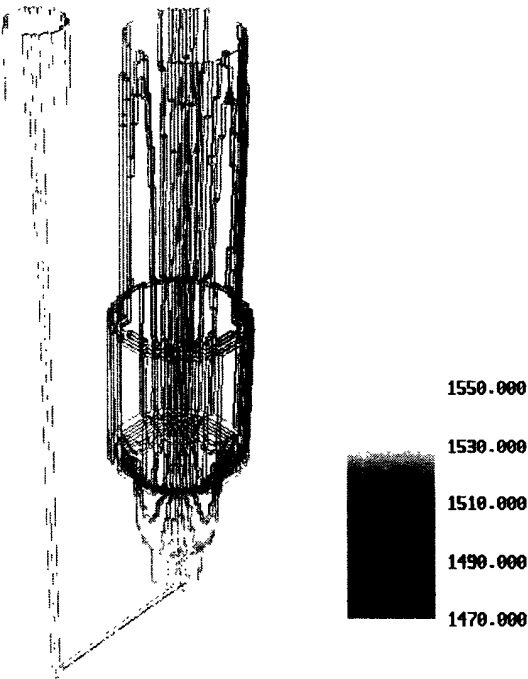


图 3

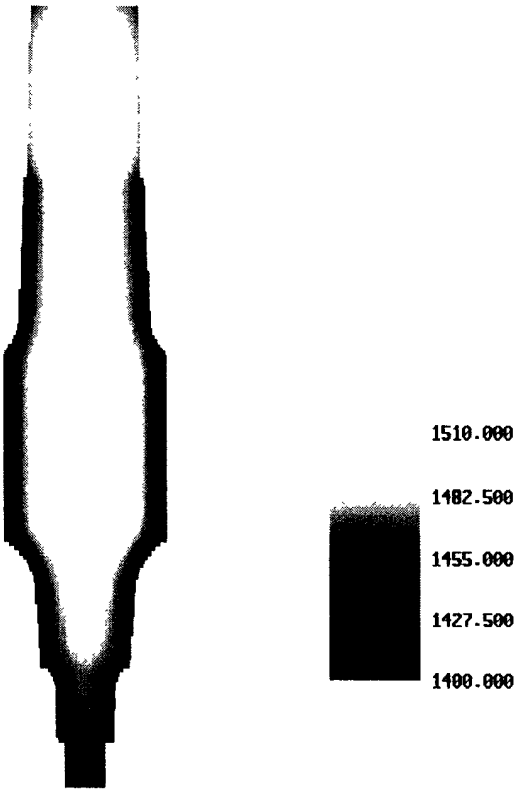


图 4

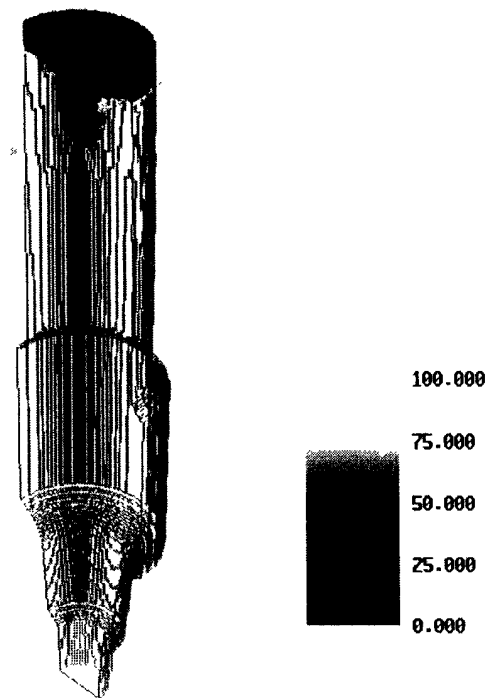


图 5

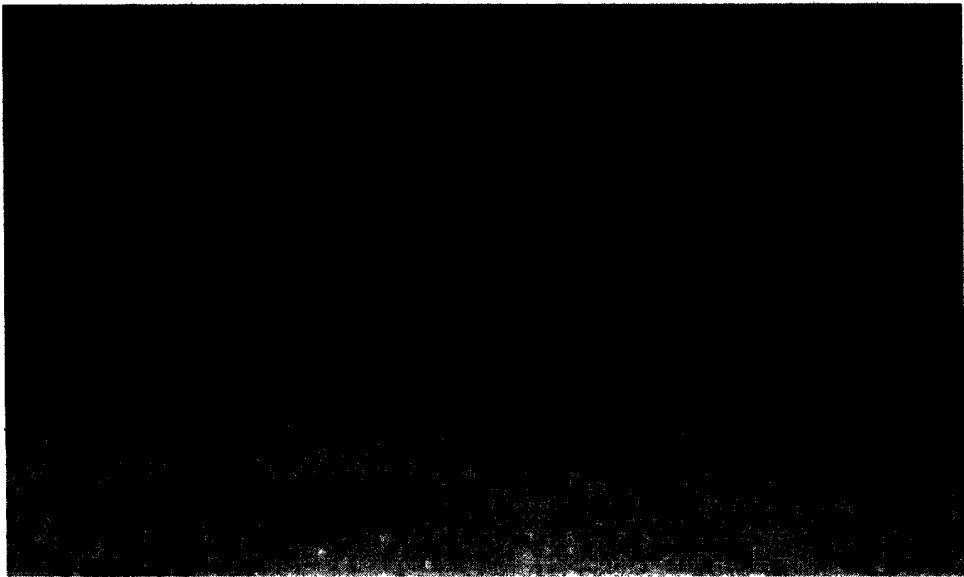


图 6

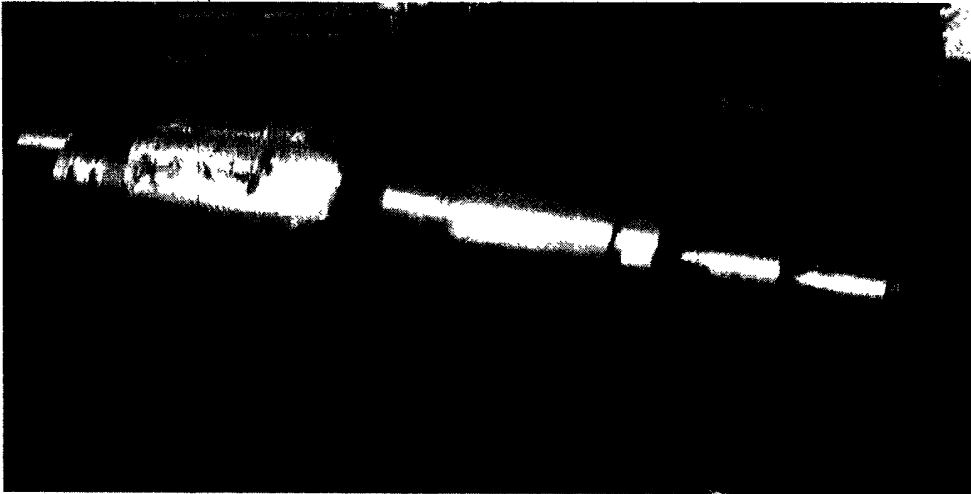


图 7