

图5 留有末端区的冒口分布位置

发生冲砂和形成较多的二次氧化夹杂，在铸件上平面上形成大量分散的夹杂，有的夹杂分布还较深，不易加工去除，往往需要进行焊补，铸件合格率较低。采用图2所示的铸型倾斜 $6\sim 7^\circ$ 浇注方案后，铜液从铸型低端引入型腔，在型腔内平稳上升，熔渣和二次氧化夹杂容易上浮进入冒口，显著减少了铸件夹杂缺陷，铸件合格率大幅度提高。若进一步提高铸型倾斜角度，则充型速度显著减慢，浇注时间大大延长，所需的浇注静压头及直浇道和冒口的高度都要大大加高，将显著降低铸件工艺出品率，提高铸件的生产成本。

4. 打箱时间对铸件质量的影响

试验过程中发现，若按传统工艺让铸件在型内冷却，无论采用哪种浇注系统，由于铸型中设置的众多冒口以及浇注系统会对铸件凝固收缩产生极大的阻力，导致铸件形成严重的热裂缺陷而大量报废。采取

前文所述的在浇注后20min左右捣松浇冒口系统周围型砂，提前打箱的工艺措施后，由于显著减小了浇冒口系统对铸件的收缩阻力，有效地消除了铸件的热裂缺陷，同时，由于铸件在空气中冷却速度较快，能迅速建立起强度，加之CuNiTiBe合金具有较高的塑性，铸件在快速冷却时也不会产生冷裂纹。

三、结 论

(1) 采用干型倾斜 $6\sim 7^\circ$ 浇注，开放式浇注系统(带过滤网和集渣冒口)，内浇道设置在铸型纵向低端，铸件上平面均匀分布设置4个补缩集渣冒口，冒口不留末端区，铸件侧面和底部设置外冷铁的铸造工艺，能有效地消除夹渣、夹杂、气孔、缩松等缺陷，获得化学成分、力学性能和铸造质量合格的长板状大型铜合金导电结构件电极支承座。

(2) 研制的CuNiTiBe铜合金具有优良的导电性和力学性能，其在临界温度以下的组织由具有一定饱和度的单相固溶体及少量化合物相组成，固溶体具有良好的高温塑性，可保证铸件快速冷却时不产生冷裂纹，为采用浇注后提早打箱、快速冷却以防止产生热裂纹的铸件冷却工艺提供了保证。

(3) 用CuNiTiBe铜合金铸造的电极支承座已在国内大型钢铁企业的进口全自动宽板闪光焊机上应用，成功地取代了进口件。

(编辑：朱文高)

铁型覆砂铸造工艺及其应用

浙江省机电设计研究院 (杭州 310002)

黄列群 潘东杰

【提要】介绍了铁型覆砂铸造工艺的原理和生产工艺流程，说明铁型覆砂铸造兼具金属型和壳型铸造的特点，并简要阐述了铁型覆砂铸造工艺在曲轴类铸件生产中的应用和存在问题。

关键词：铁型覆砂工艺 曲轴 铸铁

铁型覆砂铸造是在金属型(铁型)内腔覆上一薄层型砂而形成铸型的一种铸造工艺，兼具有金属型和壳型铸造的特点。70年代末在浙江永康拖拉机厂将该工艺用于S195球铁曲轴的铸造生产^[1]。该工艺的主要优点是铸件尺寸精度高、加工余量小、造型材料需要量少、铸件中的应力低、废品率低以及铸件清理工作量小等。近年来该工艺发展较快，全国约有近百家企业应用该工艺进行铸造生产，生产的铸件品种有30余种，年产铸件总量约10万吨。浙江省机电设计

研究院从1974年开始对该工艺进行了系统的研究。笔者期望有更多铸造工作者开展对该工艺的研究，将该工艺推向更高水平。

一、铸造工艺

1. 工艺分析

首先对铁水浇入铁型覆砂铸型以后，铸件—覆砂层—铁型不稳定热交换情况分析如下。为了使问题简化，假设铸件是半无限的，即铸件无横向热流，并假

1998年10月27日收到初稿，1998年11月24日收到修改稿。

设系统中各组元的温度场为直线规律分布的。图 1 表示系统一部分的温度分布，横坐标表示厚度（距离），纵坐标表示温度。通过铸件、覆砂层和铁型的比热流 q 是相同的，根据傅立叶定律，比热流可表示为，

$$q = -\frac{T_1}{x_1} = -\frac{T_2}{x_2} = -\frac{T_3}{x_3} \quad (1)$$

式中 q ——比热流
 T ——温度
 λ ——导热系数

令 $K_1 = \lambda_1 T_1 - \lambda_3 T_3$ ， $K_2 = \lambda_2 T_2 / \lambda_3 T_3$ 分别表示铸件与覆砂层以及铁型与覆砂层之间热交换的两个传热准则^[2]。显然，在铁型覆砂铸造中 $K_1 \ll 1$ ， $K_2 \ll 1$ ，即在铸件—覆砂层—铁型系统中，大部分温度降在覆砂层上，也就是说，铁型覆砂铸造完全可以改变覆砂层的厚度和热物理性质控制铸件的冷却强度。

以上工艺分析结果早已为实践所证实。当四缸曲轴（CT 14）铁型覆砂铸造的覆砂层厚度从 4mm 到 6mm、8mm、10mm 逐渐变化时，曲轴组织中的渗碳体量不断减少，而珠光体和铁素体量不断增加^[3]。铁型覆砂

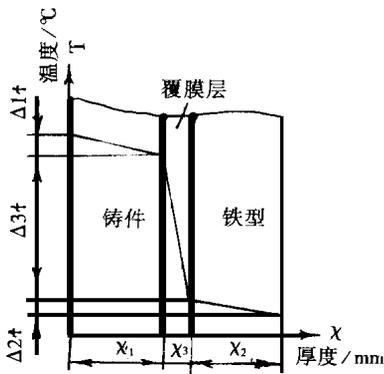


图 1 铸件—覆砂层—铁型的温度分布

铸造中，覆砂层的厚度范围一般为 4mm 至 32mm 之间（常取下限）。因为实验表明，当覆砂层厚度小于 4mm 时，铸件的冷却速度与金属型涂刷厚涂料时相近；当覆砂层大于 32mm 时，则其冷却强度与普通树脂砂型铸造相当。

当用铁型覆砂铸造工艺生产各种不同铸件时，一般是通过试验或经验类比，以确定不同的覆砂层厚度和铁型厚度，达到控制铸件凝固速度的目的。例如在 490 球铁曲轴铁型覆砂铸造工艺设计中，取覆砂层厚为 5~8mm，铁型壁厚为 20~30mm，用此工艺生产出了优质的无冒口球墨铸铁件。说明这种工艺参数的选择，即铁型壁厚和覆砂层厚度能有效地调节铸件的冷却速度，使铸件的冷却凝固速度大于砂型铸造，但又不产生白口。图 2 为球铁在铸型中的冷却曲线。由图 2 可以看出，当铁水浇入覆砂铁型中后，经 8 分钟铸件温度可降至 930 左右，而在普通砂型中，则需要 24 分钟，其冷却速度大约是普通砂型的 3 倍。由于铸件的结晶和冷却速度加快，使铸件晶粒细化，力学性能

《铸造》1999. 2

和使用性能显著提高，能使铸态球铁的牌号由 QT600 提高到 QT800。此外，由于铁型无退让性，但覆砂层却能适当地减少铁型的收缩阻力；铁型的刚性又能有效地转变球铁在凝固过程中的石墨化膨胀方向，由向外膨胀变为向内膨胀，从而实现石墨化膨胀自补缩的无冒口铸造；又由于覆砂层薄，型腔不易变形，铸件的精度比砂型铸造大为提高；覆砂层的存在，也提高了铁型的使用寿命，降低了制造成本。

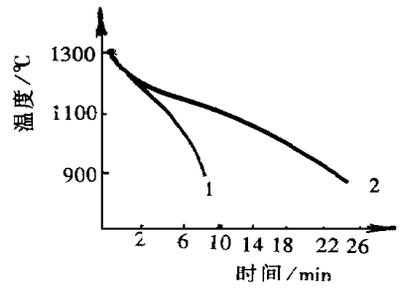


图 2 球铁在铸型中的冷却曲线
 1. 覆砂铁型 2. 砂型

2. 实际生产工艺

(1) 覆砂造型 大批量生产中的铁型覆砂铸造，其覆砂造型方法如图 3 所示。覆砂造型是从铁型背面的一组射砂孔，经铁型和模样合模后形成的间隙（缝隙宽度等于覆砂层厚度）射入流动性较好的型砂，再经固化，起模后即形成铁型覆砂的铸型（即覆砂铁型）。整个造型过程是在专用的覆砂造型机或由射芯机改装的覆砂造型机上完成的^[5]，如图 3a 所示。一般在生产批量较小时，也可用手工覆砂，工艺如图 3b 所示。

(2) 覆砂造型生产线 目前我国铁型覆砂铸造的一般生产流程如图 4 所示，生产线是由若干覆砂造型机、转向机、翻箱机、合箱机、开箱机、铁型清理机以及输送辊道组成的。由一台覆砂造型机组成的铁型覆砂铸造线，可年产 195 曲轴 20 万件。配制不同数量的造型机可以满足不同生产纲领的需要。铁型覆砂铸造工装的设计内容主要包括射砂装置、铁型、型板、温控底座及辅助工装等，覆砂一般采用酚醛树脂砂。

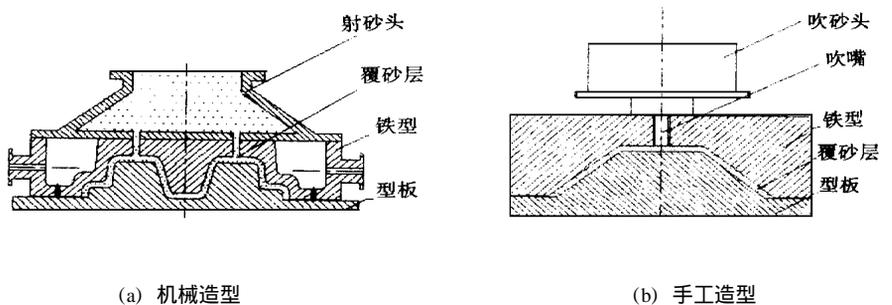


图 3 覆砂造型简图

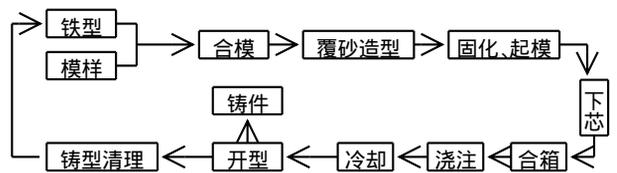


图 4 铁型覆砂铸造生产流程

二、铁型覆砂铸造工艺的应用简况

目前,用铁型覆砂铸造工艺生产的铸件可分为以下几类:各种类型的球铁曲轴,包括发动机、空压机和机车曲轴以及凸轮轴、平衡轴,重量从几 kg 至数吨。从工艺难度和发展过程排序,我国 70 年代解决了单缸曲轴的铁型覆砂铸造工艺和生产问题^[1],80 年代解决了四缸曲轴的铁型覆砂铸造工艺和生产问题,90 年代解决了六缸曲轴和三缸曲轴的铁型覆砂铸造工艺和生产问题^[5,6]。各种类型的阀类铸件。各种缸套^[7]。耐磨齿盘类铸件^[5]。其它一些生产批量大、质量要求高的出口铸件。其中曲轴类是用该工艺生产的主要铸件,其产量约占全部铁型覆砂铸件的 80% 左右。铁型覆砂铸造用于四缸曲轴生产时的典型技术数据是:铸件平均精度为 CT6~7 级,表面粗糙度为 Ra6.3 μ m~Ra12.5 μ m;铸态材质性能可达到 QT800 的性能指标;铸造工艺出品率达 90% 以上。具有代表性的铁型覆砂铸造生产企业有上海汽车铸造总厂球铁厂、沈阳第一曲轴厂、浙江永康拖拉机厂、上虞动力机厂、本溪天缘曲轴厂、望都曲轴连杆厂、泰安振华机械厂、潞城曲轴厂、百矿集团、常州柴油机厂、宜兴机械总厂、保定电影机械厂等。

三、存在问题

1. 优化工艺设计问题

由于铁型覆砂铸造的工装造价较高,且修改比较困难,因此该工艺工装的设计、制造要求一次成功。而目前一些生产企业由于工艺工装设计不当,致使铸件废品率居高不下的情况时有发生。近年来,我院完成了铁型覆砂铸造球铁件凝固过程计算机模拟课题,能够进行多种工艺方案的对比优化。但由于准确的热物性参数难以获得以及模拟中采取了一些简化处理,目前要达到真正意义上的优化设计还有一定的距离。

2. 工装的通用性问题

铁型覆砂铸造要求每种铸件都用专门的铁型和模样进行生产,因此用砂量很少,生产成本很低。但是对于铸件品种很多的铸造车间,则铁型的管理和保存都很麻烦,且工装成本也较高。如果能解决好铁型的专用和通用的问题,则该工艺将能更广泛地推广应用。目前铁型覆砂铸造的机械化和自动化水平尚不高,生产线水平低,尤其是缸套的铁型覆砂铸造更为突出,这些都有待于进一步地研究和解决。

参 考 文 献

- 1 浙江省机电设计研究院等. 铁型覆砂铸造 S195 球铁曲轴小结. 浙江机械, 1977 (22)
- 2 李庆春等. 铸件成形理论基础. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学出版社, 1980
- 3 吴武文等. 485 曲轴铁型覆砂铸造工艺研究. 现代铸铁, 1992 (3)
- 4 薛存球等. 铁型覆砂铸造 N385 球铁曲轴. 铸造, 1996 (5)
- 5 潘东杰等. 铁型覆砂铸造六缸曲轴. 铸造技术, 1998 (4)
- 6 何芝梅等. 铁型覆砂铸造球铁磨盘. 铸造, 1996 (3)
- 7 吴元福等. 铁型覆砂造型技术的研究. 铸造设备研究, 1996 (6)

(编辑: 田秀全)

原砂粒度对树脂砂强度影响的理论分析

武汉水利电力大学(宜昌 443002) 游 敏 郑小玲

【提要】通过对原砂粒度与树脂砂断裂强度的理论计算分析表明,对于假想为理想球体的单一粒度石英砂,当粘结剂加入量一定时,虽然从形式上看粒度的变化与型砂强度无关,但是因树脂膜厚度的变化会引起粘结桥真实强度的变化,致使实际上原砂粒度与型砂强度有关;而当树脂种类、原砂种类及粒度一定时,影响树脂砂强度的主要因素是树脂膜厚度及内应力。

关键词: 原砂粒度 型砂强度 树脂膜厚度

在铸造生产中,原砂的粒度对树脂砂的强度有较大的影响,它直接关系到配砂时所需树脂加入量的大小。粒度细化可以使单位体积型砂中的粘结桥数量增加,有利提高强度;同时又因原砂比表面积增加而使粘结膜厚度下降,导致粘结桥有效粘结面积降低,又会使强度下降,其间的关系扑朔迷离。笔者拟对此问

题进行分析探讨,寻找原砂粒度与树脂砂强度之间的内在本质联系。

一、理论计算模型的建立

当假设树脂砂试样的破坏为静拉力作用下粘结膜的内聚破坏,砂粒均为同一直径 D 的圆球,粘结剂

1998 年 8 月 31 日收到初稿,1998 年 12 月 25 日收到修改稿。