



厚大断面工作台类铸件常见缺陷及解决方法

■ 王蒙

摘要：通过对铸造工艺、熔炼浇注工艺及加工工艺的改进，解决了立式加工中心用厚大断面工作台类铸件的夹砂、夹渣、气孔缺陷及材质问题，为生产同类铸件提供了可借鉴经验。

关键词：厚大断面；夹砂/渣；气孔；材质

本文重点介绍立式加工中心的重要零部件——工作台在铸造过程中常见缺陷及其解决方案。

一、铸件的基本参数

对于不同的立式加工中心的工作台铸件，一般来讲其形状简单规整，仅轮廓尺寸大小差异而已，但共有特点是主体壁厚较大，属于厚大断面铸件。

工作台面加工T形槽用于装夹固定被加工工件，台面的背面有的平面带空刀，有的对应T形槽位置设计加强筋，具体结构如图1所示。

立式加工中心用工作台的基本参数：轮廓尺寸为长2000~500mm、宽1000~400mm、高50~120mm；最大壁厚80~120mm；最小壁厚50mm；重量250~2000kg；材质为FC300。

工作台铸件在机床中外露可见，精度要求高，不允许有任何瑕疵，表面粗糙度 $Ra=0.2\sim0.8\mu m$ ，且工作台面还需经过研磨处理。

二、常见的铸造缺陷

虽然工作台结构简单，但要一次性铸造出无缺陷的工作台也是一件不容易的事情。在本文论述的工作台的铸造过程中，常出现的缺陷如下。

1. 夹砂、夹渣

夹砂夹渣缺陷是所有铸件最为常见且占比最大的缺陷，工作台也不例外。工作台的夹砂/渣缺陷常出现在工件的表面，且最常见表现形式是夹渣或者夹杂缺陷，如图2所示。

2. 气孔

工作台台面处采用直冷冷铁的工艺，若冷铁质量控制不好就会在粗加工或精加工后出现气孔。另外，在工作台边角部位由于涂料的干燥不彻底会产生气孔，如图3所示。

3. 材质问题

由于断面厚大，浇注后冷却、凝固的时间长，最容易出现材质问题，此也是工作台类铸件

最难控制和解决的，也是困扰铸造工作者最大的问题。工作台铸件在铸造过程中的材质问题有：加工后T形槽内缩松、加工面“麻点”、冷铁痕迹等。

(1) T形槽缩 由于铸件加工的T形槽深度一般达到铸件深度的一半，当T形槽处凝固过

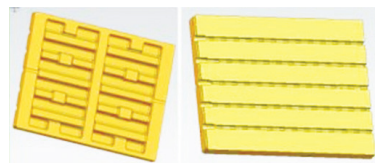


图1 工作台铸件结构示意图

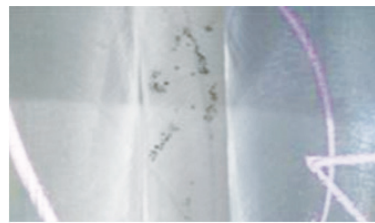


图2 工作台夹砂/渣缺陷示意

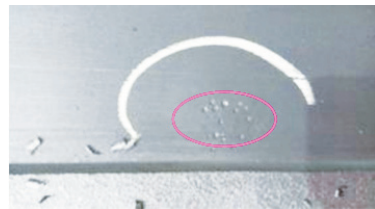


图3 台面气孔缺陷

程中出现的收缩大于补缩与石墨化膨胀之和时,就会出现缩松、缩孔等问题,这也是材质控制的难点之一。在此种情况下,用户加工后出现了如图4所示的缩松缺陷。

(2) 加工面“麻点” 工作台加工面易出现“麻点”缺陷,此缺陷需肉眼在逆光条件下观察,在放大100倍的显微镜下即可清晰地看到孔洞类缺陷,如图5所示。

(3) 冷铁痕迹 为解决工作台厚大断面的激冷,工艺上在工作台面部位设置了冷铁,结果在工作台面上产生了冷铁印记,如图6所示。

三、工作台常见缺陷分析及解决方案

1. 夹砂、夹渣

针对夹砂、夹渣缺陷,纠正预防措施主要从型砂质量、浇注系统、过程操作等方面改进。

(1) 控制型砂质量 在再生砂质量符合标准的前提下,将型砂抗压强度保证在4.0~5.5MPa,将型砂可使用时间控制在6~10min,以保证砂芯有足够的常温强度和高温强度,减少冲砂造成的夹砂缺陷。

(2) 浇注系统 此类工作台原浇注系统均采用封闭式,后逐步统一改为开放式浇注系统加过滤网,控制内浇道流速 $\leq 1\text{m/s}$,目的是充型平稳、挡渣/砂。封闭式浇注系统各横截面比为 $\Sigma F_{\text{直}} : \Sigma F_{\text{横}} : \Sigma F_{\text{内}} = 1.0 : 2.0 : 0.8$,内浇道流速为1.4~2.0m/s。开放式浇注系统各横截面比为 $\Sigma F_{\text{直}}$

$: \Sigma F_{\text{横}} : \Sigma F_{\text{内}} = 1.0 : 2.0 : 2.0$,内浇道流速为0.6~1.0m/s。工艺设计实例如图7、图8所示。

(3) 过程操作 紧实操作:采用振动紧实平台随混砂机流砂过程,边流砂边紧实;在冒口部位还需要增加人工紧实。

其他操作方面如冒口刷涂料,以及合型后及时遮盖浇口、冒口等,都必须严格按照工艺操作规范进行,并检查合格后方可进行下一步操作。

2. 气孔

气孔缺陷的解决主要从两方面入手,一方面,提高冷铁的表面质量,确保冷铁表面无气孔、生锈、潮湿等;另一方面,水基涂料刷涂后必须采用烘干窑烘干,醇基涂料刷涂点燃后放置4h以上,采用测湿仪器测量砂芯表面含水率符合要求后方可合型,砂芯表面含水率标准为 $\leq 0.2\%$ 。

3. 材质问题

工作台内部缩松、精加工面麻点及冷铁痕迹等材质问题不应该分割地去看,应整体地将熔炼工序、铸造工艺甚至用户加工工艺综合统一起来,并采取措施来解决。

(1) 熔炼工艺改进 能够稳定地控制厚大断面灰铸铁材质,是衡量电炉熔炼工艺良莠的重要指标,对于以上3种材质问题,均是熔炼浇注过程中出现波动导致的。究其原因就是铁液在孕育前后的过冷倾向偏大,加上直接冷铁的激冷作用会出现冷铁痕迹缺陷,微观显微组织为D型石墨+细片状珠光体,具体如图9、图10所示。同时石墨化膨胀

时自补缩能力下降,也是加工T形槽出现缩松的重要因素。

将存在冷铁痕迹的铸件做金相组织、本体硬度检验,结果见表1。



图4 加工缩松缺陷示意



图5 加工麻点缺陷



图6 加工后冷铁印记缺陷

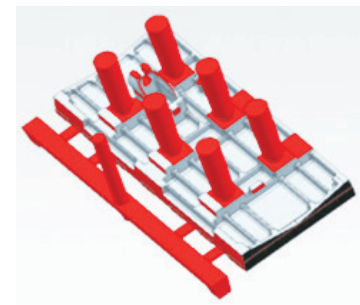


图7 封闭式浇注系统

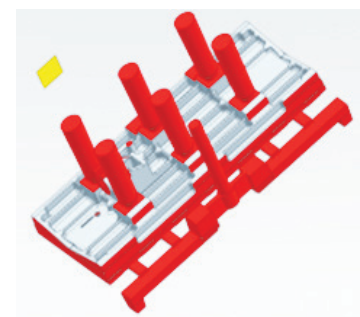


图8 开放式浇注系统

熔化浇注工艺的具体改进措施：①降低浇注温度，减小铁液的液态收缩。②适当降低C含量，增强基体组织，降低石墨粗大的趋势。③强化孕育效果，由于工作台为厚壁铸件，应用BaSi等长效孕育剂。

(2) 铸造工艺改进 原直冷冷铁工艺就是沿长度方向在加工T形槽位置摆放冷铁，目的是通过冷铁激冷效果，减少加工T形槽的缩松缺陷。但此工艺对冷铁质量要求非常严格，否则必会出现上述的渣气孔缺陷。对于几种激冷材质的激冷效果及优缺点进行对比，见表2。

从经济性、操作性考虑，结合感应电炉熔炼浇注工艺的改进，将铸造工艺从直冷冷铁工艺改为隔砂冷铁工艺，如图11、图12所示。仅从摆放冷铁数量上，从每箱外模摆放几十甚至上百块减少到个数，尽管冷铁形状、重量差异，但效率倍增，同时对隔砂冷铁质量的要求可适当放宽。

对于隔砂冷铁工艺还应该注意以下几点：①隔砂层厚度：20~30mm，当隔砂层厚度<20mm时，砂子会带不住，当隔砂层厚度>30mm激冷效果会削弱或消失。②隔砂层的紧实：紧实必须到位，并刮平、施涂。③刮砂面刮平后注意检查直浇道窝、横浇道等部位，清理掉落的散砂。

(3) 加工工艺改进 对于此类厚大断面工作台，经过与用户的加工工艺人员沟通、研究并结合相关的文献资料，对于加工时刀具的进给量、切削速度等参数需要重新审定。从微观角度，灰铸铁组织中存在大量的片状石

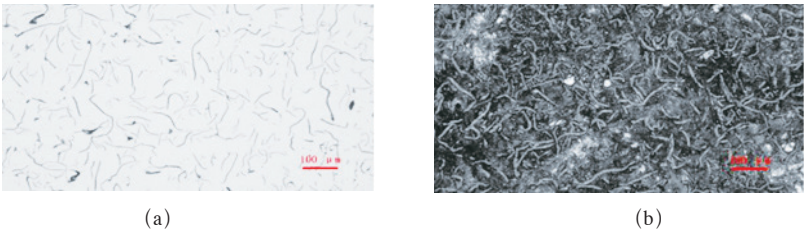


图9 正常处

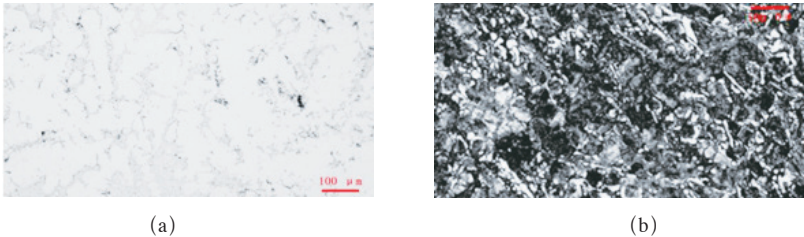


图10 冷铁痕迹处



图11 直冷冷铁（钢制）工艺



图12 隔砂冷铁工艺

表1 铸件本体硬度、组织对比

项目	正常处	冷铁痕迹处
实体硬度HBW	174	191
基体组织	石墨形态：A型 石墨长度：4 基体组织：95%P	石墨形态：D型 石墨长度：— 基体组织：95%P

表2 几种冷铁激冷效果及优缺点对比

方案	优点	缺点	激冷效果排名
铸铁冷铁	成本低；易于回收	质量不易控制，经常有气孔等缺陷	2
钢制冷铁	冷铁质量可控，无孔洞类缺陷；易于回收	摆冷铁操作效率低	3
石墨冷铁	激冷效果最优；不会造成铸件孔洞类缺陷	流砂时易跑偏；不易回收，也易磨损导致形状不良；成本高	1
隔砂冷铁	冷铁质量要求不严格；可以重复使用；成本低	操作相对复杂，效率低	4

稀土元素对水轮机用04Cr13Ni5Mo不锈钢铸件组织及性能的影响研究

■ 郭伟, 孙红, 田秀兰

摘要: 炼钢过程中加入稀土元素, 对铸钢的组织 and 力学性能有重要影响, 结合水轮机铸钢产品生产工艺, 在冶炼后期钢包中加入稀土硅铁合金, 并对所取试板进行热处理, 观察加工后试样的金相组织及进行拉伸试验。结果表明: 钢中加入稀土硅铁合金并经过热处理后, 钢的金相组织及晶粒度变化不明显, 但钢的断后伸长率、断面收缩率及强度均优于未加入炉次。

关键词: 铸钢; 稀土硅; 金相; 力学性能

稀土元素作为国家重要的战略资源, 对材料领域的技术突破有重要意义, 而钢铁材料作为应用最广泛的基础材料, 稀土元素在钢铁生产中的应用问题也一直是研究重点方向, 国内外生产实践表明, 部分钢种冶炼过程中加入一定量稀土元素有利于钢铁材料性能的提高。稀土在钢中的作用机理主要包括: 净化作用; 对夹杂物的变质作用; 改善铸态组织, 减小成分偏析及微合金化的作用^[1-2]。钢液的纯净度, 夹

杂物的形态和分布, 铸态组织和结构, 以及合金成分等方面均影响铸件产品性能好坏, 而这几方面恰好对稀土敏感^[3]。大型水轮机用不锈钢铸钢产品性能要求严格, 高于常规铸钢产品, 因此加强这方面研究对提高铸件质量有重要的意义。

一、试验方法

1. 主要工艺流程

针对大型水轮机叶片铸钢产

品, 采用EAF+LF+VOD工艺进行冶炼生产。每炉钢加入20~25kg稀土硅铁合金, 加入量在钢液中占比为0.1%, 加入方式为出钢后大包投入法, 为了对比分析稀土元素对钢种组织和性能的影响, 排除钢种其他元素的干扰, 整个冶炼过程采用窄成分控制, 控制主要合金元素含量在小范围内波动。

2. 取样方法及样品处理

出钢后采用叶片同炉试板取

墨, 石墨在基体组织中可以看作是“孔洞”, 若刀具进给量大、切削速度快就会将由许多“孔洞”包围的铁带掉, 在宏观上就表现为小凹坑、麻点。

因此, 为解决工作台加工面“麻点”缺陷, 在最后的精加工工序中, 适当降低刀具的进给量及切削速度是解决问题的方向, 刀具进给量从0.1mm降低到0.05mm, 切削转速从1000r/min降低到800r/min, 加工后效果明

显改善。

四、结语

通过对立式加工中心用厚大断面工作台铸件的质量问题改进, 总结归纳了生产此类铸件时遇到的夹砂/渣、气孔缺陷及材质问题的解决方案, 主要是对铸造工艺、熔炼浇注工艺甚至加工工艺进行改进, 提出了有效的改进措施, 改进效果好, 使得厚大断面工作台铸件的综合废品率控

制在3%以下。

参考文献

- [1] 陆文华. 铸造合金及其熔炼[M]. 北京: 机械工业出版社, 2013: 35-36.

作者简介: 王蒙, 工程师, 共享装备股份有限公司, 主要从事铸铁熔炼和铸件生产工艺编制及过程控制等方面的工作。

MW 20170328