

大型高档数控机床对铸件质量的要求

齐齐哈尔重型铸造有限责任公司 (黑龙江 161005) 柴树繁

一、概述

机床是国家基础装备,特别是数控机床,其制造水平的高低是衡量一个国家综合实力的重要标志。这些年来国外对我国高精数控机床的技术封锁一直非常严重,特别是大型高端数控机床很难进口,即使能进口,价格也非常昂贵。为了打破国外的封锁,发展自己的民族企业,只有依靠自主创新。近几年,我国在数控机床技术研发上有了较大的进步,并已打破国外长期对我国高精机床技术封锁的现状。目前,我国已经能够生产七轴联动重型数控卧式加工中心、五轴横梁移动式高速龙门铣削中心、五轴龙门加工中心、五轴车铣中心、五轴立式叶片加工中心,以及六轴五联动弧齿锥齿轮磨床等产品,打破了国外设备一统天下的局面。

目前,我公司自主研制的DMVT1600×60/400L-NC数控龙门移动双柱立式车床、DMVTM2500×60/550L-NC数控龙门移动式双柱车铣床(见图1),是我国目前最大的16m、25m双柱立车,由于技术含量非常高,在国际上也只有几个发达国家能生产。HTⅢ420×180/400L-NC数控重型卧式车床也是我国目前大型数控重型卧式车床之一。



图1 数控龙门移动式双柱车铣床

由于机床的结构件和许多主要部件都是以铸件为坯料的,因此机床铸件的好坏,对机床的质量、使用寿命、精度保持性都有重要的影响。

大型数控机床对铸件的质量要求如下:

- (1) 较高的抗压强度与抗拉强度。
- (2) 良好的精度保持性。
- (3) 高的弹性模量。
- (4) 良好的耐磨性。
- (5) 较好的减震性。
- (6) 良好的切削性能。
- (7) 良好的铸造性能。
- (8) 较高的尺寸精度,较低的表面粗糙度。

二、大型数控机床对铸件的技术要求

1. 大型数控机床技术指标

DMVTM2500×60/550L-NC数控龙门移动式双柱车铣床是目前亚洲最大的立式车铣床,世界上也只有很少几个国家能生产,其最大车削直径25m、工作台直径10m、最大工件重量550t、最大工件高度6m;HTⅢ420×180/400L-NC数控重型卧式车床(见图2)中心高2.25m、床身上最大工件回转直径4.2m、两顶尖间最大工件长度18m,是我国目前最大的数控高技术立式、卧式机床之一。



图2 数控重型卧式车床

2. 大型数控机床主要铸件及技术要求

(1) 横梁、立柱、床身、滑枕类铸件 该类铸件的导轨部分, 精度要求非常高, 导轨加工后表面粗糙度一般要求为 $R_a=0.8\mu\text{m}$, 因此应使铸件强度高, 耐磨性好, 加工后导轨硬度在180HBW以上, 导轨部位不能有任何铸造缺陷。特别是横梁、立柱类铸件, 其材质牌号一般为HT300、HT350, 载荷 $>11.00\text{kN}$ 、挠度 $f>5.5\text{mm}$ 。横梁、立柱铸件长度一般在8~15m之间, 浇注重量一般在25~70t, 最重的立柱铸件浇注重量为95.3t。目前, 国内生产数控桥式双龙门镗铣床的固定横梁最大的是145t球墨铸铁件, 其材质是QT600—3。

(2) 工作台及其底座、主轴箱体、尾座体类铸件 为了保证铸件精度, 这些铸件的刚度必须好, 而且不能有大的缺陷, 精度要求也比较高。从使用角度上看, 机床铸件的刚度比其强度更重要。计算表明, 即使达到机床最大切削力, 高牌号铸铁件的抗压强度、抗拉强度仍有较大的安全系数, 但却会出现因其刚度差、抗变形能力不够, 从而使强力、高速切削的数控机床失去加工精度。因此, 铸件的刚度指标对现代数控机床很重要, 即弹性模量越大, 材质抗变形能力越大。

三、生产中的质量控制

1. 化学成分控制

保证大型数控机床的精度要求铸件的硬度, 加工性能的稳定。实践证明, 保持铸件化学成分的稳定是保证铸件硬度、加工性能稳定的重要措施。对于熔炼的铁液, Si、Mn含量(质量分数)波动均不应超过 $\pm 0.1\%$, C的波动范围为 $\pm 0.05\%$ 。

另外, 带导轨的机床铸件则加入Cu、Cr, 含量为 $w_{\text{Cu}}=0.6\%$ 、 $w_{\text{Cr}}=0.3\%$ 。

2. 强度与碳当量控制

目前, 数控机床铸件大多数采用HT350、HT300高强度灰铸铁, 但是在提高铸件强度的同时往往伴随着碳当量的降低, 收缩的增大, 流动性的降低, 以及铸造性能的恶化。因此在保证同一强度下有较高的碳当量, 或在同一碳当量下有较高的强度是生产的关键。目前采取的技术是在配料中增加废钢的同时, 采用熔炼高温优质铁液配以强有力的

孕育措施等, 则可在较高的碳当量下获得高的机械强度。又如在一定的碳当量下, 将Si/C从0.4~0.5提高到0.7~0.8, 不仅可以提高机械强度还可增加弹性模量, 是控制化学成分尤其是碳当量、保持强度的同时具有优良铸造性能的重要指标, 也是避免废品率上升及能源浪费的一项重要技术。

3. 力学性能的控制

目前, 我国机床主要铸件(如床身、工作台、立柱、横梁等)一般采用HT200、HT250、HT300、HT350四个牌号。为了保证铸件刚度, 就要控制好灰铸铁的弹性模量, 提高材质抗变形能力。因为铸铁弹性模量在强力切削下对数控机床保持精度稳定性的作用越来越重要, 弹性模量与强度有着密切的关系, 即强度越高, 弹性模量也越高(如附表所示)。

灰铸铁弹性模量与强度的关系

抗拉强度 σ_b/MPa	155	185	215	265	310	355	400
弹性模量 E_p/GPa	103.5	111.7	120.0	129.7	137.9	141.4	144.8

但实际生产中, 不能以强度的测试来代替弹性模量的测试。因为即使是同样的强度, 弹性模数也有高低之分。例如配料中的废钢量, 渗碳的机制, 高温熔炼, 孕育强化及化学成分中的Si/C比, 以及金相组织中的石墨数量、大小等都是影响弹性模量的重要因素。

铸件在受力时抗拉强度越高, 弹性模量下降的幅值越小, 这也是高刚度机床要求铸铁更高强度的原因。通常机床铸件在使用中, 其使用应力很少超过抗拉强度的1/4, 铸件设计者往往用应力为1/4抗拉强度时的弹性模量来代替牌号的弹性模量。

4. 尺寸精度

生产大型数控机床铸件一般采用树脂砂造型, 其铸件尺寸精度要求CT8~CT10, 任意600mm内平面度 $<1.5\text{mm}$ 。我国机床铸造厂绝大部分控制在CT9~CT10范围内, 600mm内平面度 $<2\text{mm}$, 少部分达到CT9, 稳定达到CT8的极少数, 国外机床铸件普遍达到CT8, 任意600mm内平面度 $<1\text{mm}$ 。

(下转第18页)

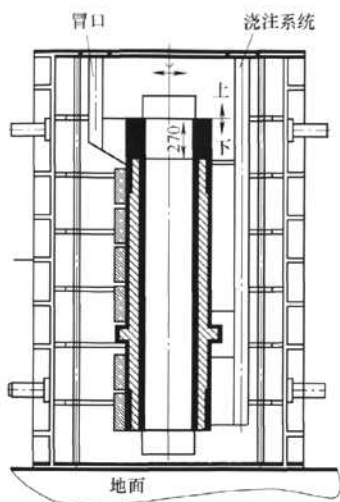


图3 浇注位置

象。缝隙浇道如图4所示，内浇道厚度为10mm，直浇道直径为100mm。

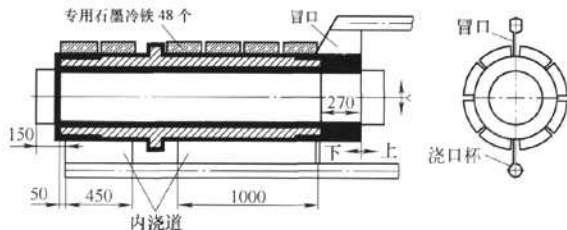


图4 铸造工艺示意

(4) 冒口的设计 由于主轴是立浇，上部需要进行加高，满足在凝固过程中铸件的上部对下部进行补缩的要求，工艺上将主轴上部加工量加大到270mm，目的就在于此。同时，该铸件的冒口与缝隙浇道相类似，与铸型相连的部分为薄片状，然后是梯形补缩冒口部分，一直通到砂箱的外面，保证了铸件的排气、集渣和补缩功能的实现。

(5) 冷铁的设计 铸件材质为QT600—3，为保证铸件的质量，我们设计了石墨冷铁（见图4），放置在主轴外侧面，使铁液在型腔内能尽快

冷却凝固，缩短球形石墨的衰退过程。

二、熔炼工艺

(1) 熔炼设备 一台5t中频感应电炉，一个5t球化处理专用堤坝包，一台炉前光谱分析仪，以及数字温度计和快速热电偶。

(2) 化学成分 $w_C = 3.2\% \sim 3.6\%$ 、 $w_{Si} = 0.6\% \sim 0.9\%$ 、 $w_{Mn} = 0.5\% \sim 0.8\%$ 、 $w_P < 0.07\%$ 、 $w_S < 0.02\%$ 、 $w_{RE} = 0.04\% \sim 0.06\%$ 、 $w_{Mg} = 0.04\% \sim 0.07\%$ 。

(3) 球化剂的选择 使用Y—Mg系球化剂。当此球化剂稀土含量为 $w_{RE} = 0.04\% \sim 0.06\%$ 时，加入量约为1.6%。

(4) 孕育处理 为细化组织，改善金属的性能，我们采取了4种孕育措施：包内孕育，75SiFe加入量0.3%；随流孕育，75SiFe加入量0.5%；浮硅孕育，75SiFe加入量0.2%；瞬时孕育，SiBa加入量0.1%。

(5) 浇注温度 $(1320 \pm 10)^\circ\text{C}$ 。

三、生产效果

我公司一共生产了6件毛坯，加工后均能满足设计要求。

采用此工艺方案进行主轴生产，取得了很好的效果，铸件未出现黑斑、石墨漂浮等铸造缺陷，由于是立起来进行浇注，且圆周外圈放置了专用石墨冷铁，未出现缩孔、缩松等缺陷，同时满足了加工要求。

生产实践证明，对于结构简单、精度要求高的主轴类铸件，可以采用平做立浇工艺方法，不但操作简单，又能保证零件的精度，适合在生产中进行推广应用。**MW** (20110308)

（上接第13页）

5. 铸件的时效处理

大型数控机床铸件高强度HT350、HT300已占机床铸件主体，铸件的残余应力值也随强度增大而升高，因此铸件的时效处理相当重要。目前，机床铸件的时效处理主要有3种方法：一是热时效；二是振动时效；三是不热时效的低应力铸铁。

四、结语

在当前全球市场竞争日益激烈的环境下，打破国外对我国精密、大型高端数控机床的封锁，只有不断提高我国高端装备制造的技术水平，加大科技投入，切实推动科技自主创新，加强人才的培养，增加产品的技术含量和市场价值，才能使我国从制造大国迈进制造强国。**MW** (20110316)