

铸钢件缩孔及缩松缺陷的消除

南昌航空工业学院材料科学与工程学院 (江西 330034) 聂小武

【摘要】 通过分析铸钢件缩孔及缩松产生的机理,总结出铸件产生缩孔及缩松缺陷的部位,提出从改进浇注系统、改变铸件结构、适当提高浇注温度及控制浇注速度等几个方面消除铸件中的缩孔及缩松。

缩孔及缩松缺陷是铸钢件生产中的一大难题,长期以来困扰着广大铸造工作者。这两种缺陷多发生在铸件内部,通过机械加工或X射线检查可以发现,要进行挽救比较困难,也有发生在表面上的,通过安放冒口可以消除。这两种缺陷很相似,危害都很大,可以归为一类。由于缩孔及缩松缺陷的消除需要综合考虑浇注系统、浇注温度、铸件结构、冒口及冷铁等工艺因素,在实际生产中难以控制。本文拟对铸钢件生产中出现的缩孔、缩松缺陷的消除作一探讨,供有关人员参考。

一、缩孔及缩松缺陷产生的机理

铁液在铸型内冷凝的过程中,体积要发生三次收缩:第一次是合金液从浇注温度冷却到开始凝固的温度,称为液态收缩;第二次是从开始凝固的温度冷却到金属液全部凝固的温度,称为凝固收缩;第三次是从全部凝固的温度冷却到室温,称为固态收缩。

液态收缩的大小与浇注温度有关,铁液每降低100℃,体积约缩小0.78%~1.2%,因此浇注温度越高,液态收缩越大。一般情况下,在保证流动性的前提下,应尽量降低铁液的浇注温度。液态及凝固收缩受合金成分的影响较大,比如,在其他成分相同的情况下,碳、硅含量越大,收缩就越小;而锰、硫含量越多,则收缩量越大。一般铸钢件在凝固收缩阶段的线收缩率为2.0%~3.5%,因此在砂型铸造中制造模样时,除了加放一定的加工余量外,还要按铸造合金的收缩特性,加上一定量的合金收缩率。

当金属液进入型腔后,靠近型壁的金属液散热快,冷却速度快,而后向铸件中心逐次凝固。铸件在冷却凝固的过程中,一般液态收缩时可以得到浇包中液态金属的补缩,这个阶段的收缩对铸件质量影响不大;固态收

缩对形成缩孔、缩松缺陷的影响也不大,但如果在凝固收缩时得不到补缩,就会在铸件最后凝固的部位(如温度最高的中心处)形成细小或分散的孔洞,即缩孔、缩松缺陷。

二、缩孔及缩松缺陷产生的部位

实际生产中,有时候要区分是缩孔还是气孔或是夹渣缺陷,并不是很容易,需要综合考虑铸件的结构因素来判断。总结起来,缩孔及缩松缺陷在铸件上产生的部位肯定是最后凝固的地方,而导致最后凝固主要有以下两种情况:

(1) 最常见是发生在铸件断面突增或铸件几何热节的部位,因为这些地方金属液的散热最慢,最后凝固而形成缺陷。

(2) 并非是铸件的几何热节,而是因为金属液长时间流经某处,使该处过热,也会产生缩孔及缩松缺陷,通常称之为物理热节。

三、缩孔及缩松缺陷的防止措施

要使铸钢件在凝固过程中不产生缩孔及缩松缺陷,必须将铸件最后凝固的部位引出铸件本体,这就需要在铸件内形成顺序凝固的温度梯度,使金属液从较低温度开始凝固,而最后凝固的部位在冒口中。生产中常用的方法有以下几种。

1. 使用冒口

在浇注一般的小铸钢件或结构简单的小型铸件时,有无冒口影响不大,因为铸钢件自身有一定的补缩能力。而当铸钢件较复杂时,冒口的作用就比较明显。

冒口有明冒口和暗冒口两种。明冒口暴露在空气中,冷却速度快,浇注一段时间后就凝固了,使冒口中的金属液与外界隔离,降低了冒口的补缩效率,对此可

在浇注的最后阶段，将一部分金属液由冒口浇入，以强化冒口的补缩效果。冒口的位置需根据铸件壁厚和冷却的情况而定，应设置在铸件最后凝固的部位。冒口的断面一般为被补缩断面的 1.5~2 倍，冒口的高度应为其直径的 1.5~2.5 倍，才能保证补缩效果。

实际上，冒口的计算是一个很复杂的问题，铸造工作者提出了多种不同的方法，各有利弊，需要有一定的实践经验。

2. 选择合适的内浇口位置

内浇口的位置对铸件是否产生缩孔及缩松缺陷的影响很大，因为合适的内浇口位置能够形成顺序凝固，避免缺陷的产生。

(1) 铸件高度较小而水平尺寸较大时，导入位置一般应保证铸件横向的顺序凝固，内浇口应设于铸件厚处，使合金液从厚处导入。

(2) 铸件壁厚较大且均匀时，为了保证铸件整体的同时凝固和避免浇不足，合金液应从铸件四周通过较多内浇口均匀地导入，在铸件各区域的最后凝固处设置冒口，以便补缩。

(3) 铸件有一定高度时，则应首先保证自下而上的顺序凝固，而水平方向上同时凝固，内浇口位置应尽可能使水平方向的温度分布均匀，通常把内浇口设置在铸件的薄壁处，且在厚壁部分放置冷铁。另外，在不破坏铸件顺序凝固的前提下，内浇口数量宜多些且均匀分布，以避免局部过热。

(4) 对于熔模铸造中的小型简单铸钢件，应尽量选择通过内浇口补缩铸件，以提高浇注系统的金属利用率，即将内浇口设置在铸件热节部位，以利于补缩。浇注系统一般采用顶注式或侧注式，如某铸件采用图 1a 方案时，热节 A 处产生缩松，而采用图 1b 方案时，通过内浇口向热节 A 处补缩，消除了缩松。

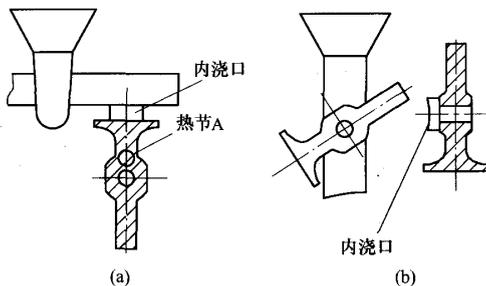


图 1 顶注式和侧注式浇注系统

(5) 对于形状复杂，有多个热节的铸件，一般采用内浇口与冒口相结合的方法来进行补缩，浇注系统设计多采用底注式或侧注式，即将铸件较小热节放置在浇注系统底部或侧面，内浇口设置在热节处，浇注时金属从铸型底部平稳注入，使铸型中气体和杂质容易排出，在铸件顶部较大热节处设置冒口进行补缩。如图 2 所示为某铸件的浇注系统。

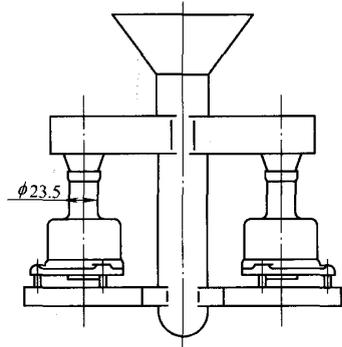


图 2 底注式浇注系统

3. 控制浇注速度

从理论上讲，金属液进入砂型时，热量的散失和金属液与型壁接触的时间长短成正比，且与金属液的表面积和体积的比率成正比。浇注速度影响金属液接触型壁的时间，因此控制浇注速度可改变铸件内的温度差，浇注速度越慢，铸件内的温度差越大。但速度不能太慢，否则容易形成冷隔、浇不满等缺陷。而大平面的铸件不宜慢浇，否则会导致上型由于长时间受热出现落砂缺陷。

4. 修改铸件结构

对于结构比较复杂、铸造工艺性差的铸钢件，仅靠从浇注系统设计方面出发，无法完全消除缩孔与缩松，为了获得高质量的铸件，可与机械加工单位协商，适当改变铸件结构，从而改善铸件的工艺性能。主要方法有以下两种：

(1) 增加工艺补贴 为了保证顺序凝固，有利于冒口补缩，在冒口与热节之间增加工艺补贴，一般在机械加工时被切除。由于工艺补贴的存在，加大了补缩通道，使补缩通道迟于热节部位凝固，使铸件实现顺序凝固。如图 3a 所示，该铸件为均匀厚壁，在工艺试制时，虽采取多种方案，都因冒口无法对铸件中部热节 A 处进行有效补缩，而在此处产生缩孔。后在冒口与热节之间

增加了 20mm 宽的工艺补贴 (如图 3b 所示), 从而彻底消除了缩孔。

(2) 增加加工余量 在铸件加工表面上留出的、准备切削去除的金属层厚度, 称为机械加工余量。加工余量过大, 将浪费金属和机械加工工时, 增加零件成本。因此, 加工余量应尽可能小, 但为了铸造工艺需要, 有时应适当增加。如图 4 所示某铸件, 在铸件头部存在热节 A, 由于原加工余量设置 ($\phi 16\text{mm}$ 内孔处) 较小, 在 $\phi 22\text{mm}$ 处只能设置两个厚度 3mm 的椭圆形内浇口, 但铸件在磁粉探伤时, 在此处发现裂纹。经打断口检查, 断口处有明显缩松与缩孔, 即使未发现裂纹的铸件, 在 X 射线检查时, 也发现此处有缩孔存在。解决方法是增加此处的加工余量, 并向着浇口方向逐渐加大, 起到工艺补贴的作用, 在头部设置 $\phi 18 \sim \phi 20\text{mm}$ 的内浇口, 加强补缩, 取得了较好效果。

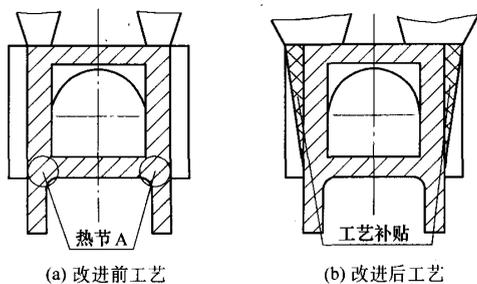


图 3 工艺补贴的应用

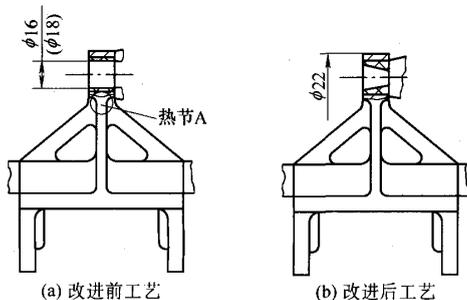


图 4 加工余量的应用

5. 铸件的自补

对于大型厚壁铸钢件, 在浇注系统设计时, 应充分利用铸件的自补。这类铸件多采用顶注式浇注系统, 钢液从铸件上部流到下部要经过较长的流程, 因浇注温度与室温的差异, 当钢液进入下部厚壁处时, 其温度已接近凝固温度, 而铸件上部依然温度较高, 这样就形成了自下而上的顺序凝固, 不会使铸件厚大部位在凝固过程

中因为补缩铸件下部而产生缩孔与缩松。对于壁厚不均匀的铸件, 只要浇注位置选择合适, 浇注系统工艺参数设计合理, 可以实现铸件的自补。

6. 选择合适的浇注温度

提高浇注温度能在一定条件下提高金属液的补缩能力, 但要根据铸件的具体情况分析。对于熔模铸造, 温度的提高 (包括提高浇注温度和型壳焙烧温度), 均可使热节前方的补缩通道推迟凝固, 延长了补缩距离, 因而有利于消除缩孔。但是, 提高浇注温度, 可能会使内浇口处过热而产生缩松, 所以要辩证地看待提高浇注温度。在熔模铸造中减缓铸件的冷却, 也是消除缩孔的一个有效途径, 一般采用填砂造型的方法, 这样可使补缩通道凝固较缓慢, 补缩能力更强。但由于填砂造型后, 金属冷却较慢, 铸件中位于同时结晶的区域较宽, 易在铸件表面形成分散缩松, 故对填砂造型铸件, 应选择合适的浇注系统来避免这种情况。

7. 合理使用冷铁

固体金属吸收热量的性能比型砂或型壳快得多, 因此在铸件的转角及断面突增处常放置冷铁。冷铁使用的方法有两种: 一种放置在铸件外部, 称为外冷铁; 另一种放在铸件的内部与金属液凝结在一起, 称为内冷铁。

对于铸件上的某些局部热节, 为使其早凝固或整个铸件同时凝固, 冷铁放置于热节部位或热节附近。在不宜安放冒口的厚大部位一般均应放冷铁。由于冷铁没有补缩作用, 铸件和热节的补缩仍由冒口供给, 通常冷铁位置的确定应和冒口位置同时考虑, 使铸件凝固时沿着从安放冷铁部位向冒口方向顺序凝固。在断面过于突出, 既不易放外冷铁, 又不能安放冒口的地方, 可以考虑使用内冷铁。内冷铁的大小与铸件质量有很大关系, 太小不起作用, 太大则不能完全与铁液熔合在一起, 影响铸件力学性能。另外, 内冷铁与浇注的金属液材质应相同且应洁净。

四、结语

(1) 铸钢件缩孔与缩松缺陷产生的部位有两种情况, 一是铸件的厚大部位及几何热节得不到补缩; 二是由于铸件某部位长时间过热。

(2) 防止铸钢件产生缩孔、缩松缺陷可从浇注系统、浇注温度、铸件结构等几个方面来完善。



(20060910)