



浅谈球墨铸铁废品的控制

四川工程职业技术学院 (四川德阳 618000) 彭显平

我厂专业生产球墨铸铁已有多年历史,产品品种有曲轴、连杆、十字头体、重型载重汽车零件、阀座、齿轮、蜗轮、蜗杆以及轧辊等关键件,既有珠光体球墨铸铁,也有铁素体球墨铸铁。但是,在近几年生产中,由于使用的生铁、焦炭和球化剂等原材料,其供应来源很难固定,成分波动大,使球墨铸铁的质量不易控制。为了制造出符合要求的球墨铸铁,必须相应地采取多种措施。

通过对废品的观察、分析和总结,基本上掌握了稳定球墨铸铁质量的一些规律。归纳起来,就是在保证熔炼设备的同时,加强炉料管理,精心操作,以获得高温和成分合格的原铁液,并切实掌握如下要点:即一高(浇注温度高);二低(硫低,磷低);三快(出铁快,浇注快,冷却快);四注意(注意炉渣的特性,注意出铁后球化反应持续的时间,注意孕育和浇注时火苗情况;注意观察三角试样的外形和断面)。凡是不合格或球化不良的铁液,就不浇注,从而把球墨铸铁内外废品率控制在7%左右。

1. “一高”

实践表明,尽管原材料变化大,但生产球墨铸铁同灰铸铁一样,只要铁液温度高,不仅有利于去S,而且可减少铁液中Si、Mn的氧化烧损,同时可降低皮下气孔、夹渣、缩松和球化不良等多种铸造缺陷。在生产中,提高浇注温度的主要途径是提高出铁温度。出铁温度高表明炉子工作正常,氧化烧损少,炉内增硫低,铁液成分合格,不仅有利于减少与硫量有密切关系的缺陷,而且有利于采用瞬时孕育、大块孕育或多次孕育,以促进大量细小而圆整的石墨球产生和控制铸态渗碳体的出现,从而提高其综合力学性能。

影响铁液温度的因素很多,大致有送风、焦炭、炉料、操作和炉子结构等5个方面。我们使用熔化率为3t/h的热风、曲线炉膛、两排大间距、主风口倒置和酸性炉衬的冲天炉。采用电子秤电磁盘称料,小批中心加料,开渣口操作,保证炉气达到最高温度的基础上,提高熔化区的位置,扩大过热区的高度,使出铁温度稳定在1440℃以上;同

时修炉、备料、开炉、称量、装入球化剂、孕育剂及覆盖剂和炉前控制等操作均严格按照操作工艺规程执行,这对稳定球墨铸铁质量是极为有效的。

浇注温度高,不但能提高铁液的流动性,有助于浇包内铁液中的气体排出,更主要是带入型腔的热量多,铸件冷凝固壳慢,从而增加了侵入铸件表层的气体在上浮时重新逸出的机会,故气孔减少。

为了提高浇注温度,浇包应充分预热,包衬不宜过厚,目的在于减少包体对铁液吸热降温的影响。另外,在球化处理时,附加物越多,铁液降温也越快,所以当铁液球化不良时,应少用追加球化剂的办来挽救球墨铸铁,或改浇灰铸铁件。这不仅是因为追加球化剂会降温,还会提高残留稀土和残留镁量,势必造成皮下气孔、夹渣、缩松和球化不良等多种铸造缺陷,同时恶化石墨形状,降低球化率及球墨铸铁的力学性能,特别是塑性和韧性。

2. “二低”

(1) 磷低 磷是球墨铸铁中的有害元素,极易偏析,常在晶界上出现磷共晶组织,严重降低球墨铸铁的塑性和韧性,磷高还会使球墨铸铁的缩孔、缩松以及开裂(冷裂)倾向增加。磷主要是从炉料中带来的,而在酸性炉衬冲天炉中,脱磷的效果甚微,磷在熔化过程中基本上不增也不减并全部转入铁液中。因此,降低磷含量主要是通过选用含磷较低的生铁作原材料来实现。

(2) 硫低 硫是有害元素,硫高必然消耗较多的球化剂,严重影响球化效果,所产生的球化物是球墨铸铁件形成夹杂缺陷的主要原因之一,同时也会引起球化不良或球化衰退及皮下气孔等铸造缺陷。要获得低硫的原铁液,首先应尽量选用低硫量的生铁和焦炭,为此,必须加强炉料管理。

硫主要是从炉料中带来的,因此炉料要分类堆放,标记明确,加强管理。加料时,称量要准确。

生铁:最好选择 $w_{Si} < 2\%$, $w_P < 0.1\%$, $w_S < 0.05\%$ 。其批量不小于50t,以便保持球磨铸铁质量有一个相对稳定期。

球墨铸铁废品及浇冒口:另行堆放并标明化学

成分, 由于 $w_s = 0.02\%$ 左右, 当生铁和焦炭含硫量均高, 球化不稳定时, 可用 90% 回炉料和 10% 废钢的配比, 或 $w_s = 0.05\% \sim 0.07\%$ 的生铁及回炉料各 45% 和废钢 10% 的配比熔制原铁液, 以生产球墨铸铁。

废钢: 锈蚀严重和厚度 $< 2\text{mm}$ 的废钢, 不宜作球墨铸铁炉料, 以减少氧化铁, 有利于去硫。

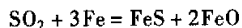
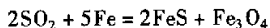
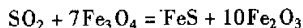
上述炉料块度均应小于 $1/3$ 炉堂内径, 以免棚料和降低平均熔化位置的高度, 影响铁液温度。

对于不合格的自配球化剂, 或合格但粒度小于 5mm 的合金, 应另外放置, 采用 $1.8\% \sim 2\%$ 的加入量去处理铁液, 只浇注砂箱和受力不复杂的球墨铸件。另外, 覆盖用的球墨铸铁铁屑中含有巴氏合金时, 也会引起球化不良, 故铁屑应纯净、无锈蚀。

焦炭是炉料在熔化和过热时增硫的唯一来源。据资料介绍, 焦炭中的硫有 3 种形式存在: 有机物 (主要是 H_2S 、 CS_2), 约占 70%; 硫化物 (CaS 、 FeS 等), 占 25% ~ 30%; 少量的硫酸盐 (CaSO_4 、 FeSO_4 等)。焦炭中的这些硫分, 一部分燃烧和分解成 SO_2 进入炉气; 其他部分 (CaS 、 FeS) 进入炉渣或铁液。

增硫是通过下面两个渠道进行的: 一是 SO_2 在上升过程中, 同铁液及铁料接触, 生成 FeS 进入金属炉料; 二是铁液同焦炭接触时, 焦炭的硫化铁渗入铁液中。熔化区以上, 由于炉料块度较大, 比表面积小, 上述两种增硫方式皆不起明显作用。但是如果焦炭含硫高、炉料锈蚀严重以及表面疏松时, 在预热区增硫还是比较严重的。废钢表面容易氧化, 故比铸铁料吸氧严重。

熔化区及过热区, 铁液流经高温的底焦, 同焦炭接触面剧增, 为上述两种增硫渠道提供了有利的条件, 硫可以直接从焦炭中溶解到铁液里。此外 SO_2 也可氧化铁液, 其反应式如下:



生成 FeS 进入铁液, 这是增硫的主要方式。

在炉缸区, 硫只能通过铁液同焦炭直接接触而渗入铁液内。无前炉时, 铁液浸泡在焦炭里, 接触时间较长, 所以增硫要比有前炉的多 30%。

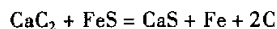
焦炭的含硫量越高, 用量 (层焦用量和底焦用量) 越多, 块度越小, 气孔率越大, 则增硫越多。降低铁液硫量的一个有效方法是使用低硫焦炭 (最好使用 $w_s < 1.0\%$ 的焦炭)。使用高硫焦炭时, 应配合采用低硫生铁, 才可降低铁液硫量。对焦炭的使用原则是: 熔化时, 底焦和层焦块度控制大些 ($100 \sim 200\text{mm}$), 这样既能减少增硫, 又能保持熔化区的高度, 以稳定铁液的温度。

对含硫量偏高的土焦或生铁, 必须采取炉内脱硫的方法: 要适当增加石灰石和氟石用量, 前者增加渣中 CaO 含量, 提高炉渣的碱度; 后者稀释渣的粘度, 促使铁液中的硫向渣中扩散转移。其脱硫过程是铁液下落时与具有一定碱度的炉渣相遇, 穿过炉渣进入炉缸, 在界面上与炉渣接触, 此时铁液中的硫向炉渣扩散至平衡。通过改变炉渣的碱度, 促进渣相的离子反应, 提高硫在渣中的含量, 达到脱硫的目的。此外, 在炉内加入 $1.5\% \sim 2\%$ 的电石, 脱硫效果更好, 它和氧有如下反应:



电石的燃烧发热, 使氧化带内增添了热量来源, 因而可提高炉气最高温度, 从而可以在降低焦耗的同时, 提高铁液温度; 反应生成的 CaO 还提高了炉渣的碱度, 起一定的脱硫作用。据有关资料介绍, 酸性冷风冲天炉内加入占金属料 2% 的电石, 可降低焦耗 30%, 同时可提高铁液温度 40°C , 降低铁液含硫量 25% 左右。

炉外脱硫, 可用占铁液量 $0.3\% \sim 0.6\%$ 的电石粉 (粒度为 $65 \sim 200$ 目) 覆盖在球化剂上, 然后盖同牌号的干净球墨铸铁屑 (如果球化剂的爆发性强, 反应激烈) 及保温聚渣材料, 其反应如下:



从合金开始反应至孕育前扒渣的这段时间里 (约 $4 \sim 5\text{min}$), 由于铁液的翻腾作用, 电石和铁液间有如摇包脱硫时发生的物理-化学作用而脱硫。孕育后, 在铁液表面再覆盖一层电石粉, 以防止返硫而引起球化衰退的过早出现。当铁液温度足够高时, 用电石脱硫可将铁液含硫量降至 0.01% (质量分数) 以下。

3. “三快”

(1) 出铁快 出铁快不仅能缩短出铁至浇注的时间, 使包内铁液降温小, 从而减少皮下气孔, 更



重要的是延长了出铁后球化反应持续的时间,提高铁液对镁的吸收率,减少球化不良的倾向。

影响出铁快的因素有:出铁口大小和打开出铁口的速度。出铁口的大小对球化不良有很大影响,出铁口过小,增加了出铁的时间,相对增加了出铁后合金反应持续的时间,使 $w_{Mg残} \leq 0.03\%$,并易出现球化不良或球化衰退。将出铁口做成 $\phi 30 \sim \phi 35\text{mm}$ 为宜,开炉前必须用样棒检查尺寸。

出铁口要利索地一次捅开。如果出铁口半开,细股合金液会直接冲在球化剂和保温聚渣材料上,引起合金液过早大爆发,降低残留镁量,造成球化不良或球化衰退。

(2) 浇注快 是指一包铁液从球化到浇完所停留的时间,最好不超过 20min。由于浇注快,就可争取在高温下多浇铸件,提高型腔内的热量,有利于进入铸件表层的气体重新逸出,故能减少皮下气孔,防止浇不足、球化衰退及孕育衰退等缺陷的出现。采用大包处理,分包浇注;浇注时抓紧时间;小件采用一箱多铸,乃是一些具体的措施。

(3) 冷却快 冷却快对防止皮下气孔和白口不利。但对于防止石墨聚集,改善力学性能及减少高磷的有害影响有积极作用。对于厚大件采用金属型铸造,冷却快,可使石墨圆整,晶粒细化,提高力学性能;对于壁厚不均匀的铸件采用冷铁,以加速冷却,造成顺序凝固,消除热节处缩孔或缩松。也可用全部冷铁加砂型代替金属型铸造,提高厚大球墨铸铁件的力学性能。

4. “四注意”

在生产中,即使不具备炉前快速金相检查条件,凭借“四注意”也能在浇注前及时、准确地判断出球化质量的好坏。

(1) 注意炉渣的特性 炉渣的特性(颜色、状况)能直接反映出炉况的正常与否,因此根据炉渣的特性可判断并控制铁液的质量。开炉看渣,就是通过炉渣的特性来判断炉温高低及炉内 C、Si、Mn、P、S 等元素的变化情况,以了解前炉中铁液的硫量和出铁温度。例如,若炉渣为黄绿色或淡绿色呈玻璃状,则炉温高,诸元素氧化烧损少,炉内脱硫好,出铁温度高;若炉渣为淡咖啡色(淡棕色)呈玻璃状,则炉温高,锰氧化偏严重,脱硫较好,出铁温度高;若炉渣为黑色呈石头状或发泡状,说明熔化极不正常,炉温低,铁液氧化严重,

炉内脱硫差,出铁温度不高,这时铁液中含硫剧增,因镁和稀土脱氧去硫消耗过多,有可能出现球化不良或球化衰退较快,此时最好不处理球墨铸铁。若已出铁,应减少出铁量,并注意观察球化反应的持续时间,如反应持续时间长,则不易出现球化不良,否则球化处理可能失败。每次出铁前炉渣应放尽,以避免发生错误判断。

(2) 注意控制出铁后球化反应持续的时间 这是决定每包铁液球化好坏的关键。球化反应持续的时间与镁的利用率有密切的关系,持续时间越长,说明镁被铁液吸收越多,利用率高,球墨铸铁中残留镁和稀土量也高,说明球化良好。反之,则可能球化不良。

在生产中,影响球化反应持续时间的因素有:
① 如前所述,要控制好出铁口的尺寸和打开出铁口要快。
② 控制球化剂的粒度,以 $5 \sim 25\text{mm}$ 为宜。粒度太大则爆发过早,合金上浮;若粒度太小,出铁温度又偏低,则合金易结死在包底,出现不爆发或爆发过晚,造成不球化。
③ 注意球化剂的装入及捣实:浇包采用细而高较好,即修好的包高为其内径的 1.2 倍以上,这能增加镁气通过铁液的路程,以提高球化剂的利用率。包底修成堤坝式,球化剂的加入量为处理铁液量的 $1.4\% \sim 1.5\%$,并捣实,然后均匀盖上保温聚渣材料。如果球化剂的爆发性强,反应激烈,则应在球化剂与保温聚渣材料上覆盖同牌号的干净球墨铸铁屑并拍平捣实。

当遇到球化剂爆发过早时,要视火苗情况适当减少出铁量和相应改变孕育量。

(3) 注意孕育和浇注时铁液中的火苗情况 火苗越多、越高,说明残留镁量多,球化可靠。

分两次出铁:先出 $2/3$ 包铁液,反应完后再出够铁液。出铁后期,在铁液超过 $2/3$ 包时,合金大爆发刚停止,可看到包内激起高达 $40 \sim 50\text{mm}$ 的黄色火苗,随着铁液即将出够,火苗数量减少,高度降至 20mm 左右,这种现象表示球化合格。

扒渣后,盖上保温聚渣材料,加入剩余 $1/3$ 包铁液的同时并在出铁槽随流冲入孕育硅铁,并搅拌,拨开铁液表面观察,若无火苗,应注意检查三角试样后再决定浇注。

此外,在浇注中,当大包铁液转入小包或浇勺时的瞬间,在小包的铁液表面有火苗出现,说明残留镁量仍高,不会出现球化衰退。

锯末在铸钢件水玻璃芯砂中的应用

山东益都阀门厂 (青州 262500) 张怀嵩

由于水玻璃砂的退让性差,高温残留强度高,加之阀门铸钢件壁厚、结构复杂,不利于铸件的自由收缩,使铸钢件在凝固收缩过程中因收缩阻力大而出现裂纹,同时也使铸件内腔的清理十分困难,严重影响铸件质量。

在生产实践中我们推广了在水玻璃芯砂中加入适量锯末的方法,取得了良好的效果。具体做法是在水玻璃芯砂中按重量百分比加入 3.5% 的锯末。混碾工艺是:先加干砂与 6%~8% 的水玻璃湿混 8~10min,混碾均匀后再加入 3%~5% 的锯末混 3~5min。

锯末芯砂的使用有着严格的要求,不能按普通水玻璃芯砂随意使用。首先砂芯的表面层不能使用锯末芯砂,而必须用在砂芯的中间,面砂仍是水玻璃芯砂,中间则是锯末芯砂。砂芯表面层使用锯末芯砂的危害在于:①锯末降低了表面层的耐火度和强度,容易造成冲砂、夹砂等铸造缺陷;②锯末增大了表面层的发气量,而这些气体很容易进入钢液

中形成气孔缺陷。当然,砂芯的面砂层也不能太厚,否则中间的锯末砂就不起作用。一般要求砂芯表面层厚度为 20~60mm,最大不超过 80mm。其次,使用锯末砂的砂芯的芯骨制作应特别注意,应使芯骨“吃”在砂芯的表面层中,而不能只“吃”在锯末砂中,否则由于锯末砂强度低,吊运时极易造成砂芯的开裂和折断。再次,使用锯末砂的砂芯更应注意烘烤和通气孔的扎制及通气道的开设,否则由于其发气量大,极易形成铸件气孔缺陷。最后,锯末砂芯一般只用于阀体等重要受压件,而对于阀盖、闸板、支架等铸件的砂芯一般不必使用锯末砂。

使用锯末砂后,铸件因收缩受阻而产生裂放的现象基本上消除了,尤其是使用在止回阀阀体、球阀阀体等结构形式不易收缩的铸件更显著。砂芯的溃散性极好,铸件清理工作量大大减少,降低了劳动强度,经济效益明显。

(20030718)

(4) 注意观察三角试样的外形和断面 三角试样是炉前快速和可靠判断球化好坏及能否浇注的手段。一般每包铁液检查 3 个三角试样,即孕育后、浇注中期和末期分别浇注一个。三角试样的尺寸一般为 50mm×25mm×150mm,周围的吃砂量不能小于 20mm,最好使用干型立浇。

球化良好的三角试样上表面及侧面明显缩陷,边缘呈圆角;断面呈银白色,组织细密,中心有缩松,尖角可见白点;敲击声清脆似钢声,音频较高;遇水有 H₂S 气味。球化不良的三角试样表面及侧面无缩陷,边缘棱角清晰;断面呈暗灰粗晶粒或银白色断面分布有细小黑点,中心无缩松,尖角无白口;敲击声低哑;遇水无臭味。

一般来说,在熔化、加入球化剂及孕育量均正常的情况下,两侧面凹陷越大,白口也越大,表明铁液中残留镁和稀土量足够,球化越好。

为了获得三角试样的可靠性,立浇时铁液应从铸型的顶端浇入,待铁液凝固后,空冷至暗红色(约 600℃)时,从铸型中取出,用铁钳夹持试样

端部(切忌夹持中间击断处),先将三角试样底边(不是尖部)以缓慢的速度垂直入水冷却。三角试样浸水时的下沉速度应视冷却程度来定。若水沸微小且有吱吱声,则说明下水速度适当;若水沸剧烈,则说明下水速度太快,待入水部分变黑后再继续下沉。当三角试样冷却到在水内无激冷声发出时,取出来擦净,在试样 1/2 处击断进行观察。

三角试样与皮下气孔间也有联系,三角试样断面边缘有时出现气孔,而第一个浇的三角试样出现气孔的机会又比最后浇的少得多。同时,三角试样气孔越多,铸件上出现气孔的机率相应也越多。因此,为了保证铸件质量,尽量不用三角试样上有气孔的原铁液去浇注易出现气孔的铸件。

5. 结语

我们根据生产实践,总结了保证球墨铸铁质量的操作要点:即“一高、二低、三快、四注意”。并通过对这些操作要点的应用和掌握,能够生产出合格的球墨铸铁件,使废品率得到了有效控制。

(20030808)