

铸态铁素体球铁件的生产与质量控制

裴 兵

(神剑科技皖西机械公司, 安徽, 合肥, 230022)

摘 要: 本文根据多年的生产实践, 分析了主要工艺因素对铸态铁素体球铁性能的影响。提出要在铸态条件下稳定获得高韧性球铁件需要根据生产条件, 对原材料的选择, 化学成分的确, 炉前控制, 铸造工艺, 开箱时间以及生产过程等各个环节实施严格管理和监控。

关键词: 铸态, 铁素体球铁, 生产技术, 质量控制

前言

我公司是军工企业, 其下属铸造厂主要进行军民品的铁素体球铁件生产。其产品多是球铁小件, 大部分铸件壁厚 4-30mm, 单件重 0.4-40Kg。过去一直沿用退火处理工艺。自 2001 年后, 采用铸态铁素体球铁生产技术, 取消了热处理工艺, 减少了设备投资, 缩短了生产周期, 节约能耗, 节省工时, 避免了热处理过程中铸件的变形、氧化、脱碳等缺陷。通过多年来的生产实践, 我公司生产的铸态铁素体球铁件品质稳定, 满足了客户要求, 取得了良好的经济效益。

1 生产的基本条件

1.1 熔炼设备

铸态铁素体球铁对原铁水的质量要求是: 化学成分稳定, 符合设计要求; 好的冶金质量, 洁净, 无氧化现象; 高的出铁温度 (一般 1460-1490℃。这就对熔炼提出了要求, 笔者建议选用热风冲天炉, 或冲天炉-电炉双联, 或单独使用电炉。我公司原采用 2.5t/h 二排大间距热风冲天炉, 在使用北京焦, 焦铁比为 1:8 的情况下, 铁水出炉温度稳定在 1440-1480℃。为了进一步提高球铁原铁水的冶金质量, 自 2002 年后改用 3t 中频感应电炉生产。

1.2 造型设备

球墨铸铁凝固时有石墨析出, 膨胀量大, 生产上可利用这一特点, 采用刚性铸型, 避免铸型胀大, 获得致密、无缩孔, 无宏观疏松的铸件。要获得较强的刚性铸型最好采用机器造型, 本公司生产的球铁件是采用一条 145 水平造型线和一条丹麦生产的 DISA 造型线。

2 原材料的选择

原材料的选择对生产铸态铁素体球铁是很重要的, 应该引起重视。

2.1 铸造生铁

生铁应高碳低硅、低磷低硫。选用地方生铁应慎重, 因常规五元素虽符合要求, 但如含有干扰元素, 就导致球化不良。对石墨片粗大、渣气孔较多的生铁也就尽量不用或少用。建议选用本溪生铁或其他地方生产的已被实践证明适用的球铁生铁, 切忌乱采购和盲目使用。本公司根据客户要求, 军品采用本溪低锰低磷生铁, 民品采用山西、邯郸等地 Q10、Q12 低锰生铁。

2.2 回炉铁

回炉铁应用本单位生产的球铁浇冒口和废品铸件, 杜绝使用市场收购的废旧铸铁件

2.3 废钢

废钢主要是用来调整碳量, 或是用于废钢增碳生产球铁的主要原材料, 应是成分明确的无锈碳素钢, 杜绝使用合金钢或来历不明的废钢。

2.4 焦炭

焦炭的优劣直接影响到冲天炉熔炼时的冶金质量和铁水温度。要求固定碳高、强度高、硫量

低、灰分少。如果焦炭的固定碳低，灰分高，铁水出炉温度就不会高，这样给球化处理和浇注带来困难；如果焦炭的含硫量高，焦炭中的硫就会大量进入到铁液中，铁水含硫量就高，势必在球化处理时球化剂要多加，容易导致球形较差，白口增加，薄壁件加工困难，大件缩孔缩松增加，甚至有可能出现球化不良、球化衰退现象，因此，生产中最好选用铸造焦炭，如考虑价格因素，也可选用质量好的冶金焦或其他地方焦，但固定碳要大于 80%，含硫量低于 0.6%。

2.5 球化剂

球化剂要求成分稳定、均匀。它的选用应根据熔炼设备、铁液的含硫量、铁水出炉温度的不同而定。使用冲天炉生产时，因铁水温度相应较低，硫量较高，铁液纯净度较差，因此，要选用含稀土、镁含量较高的球化剂，通常选用 Mg7-9%，Re5%或 7%的球化剂；而电炉生产时，由于铁水温度达到要求，铁水冶金质量好，纯净度高，应选用稀土、镁含量较低的球化剂，一般选用含 Mg7-9%，Re2-4%的球化剂，薄小件选用 Mg5-7%，Re1-3%的球化剂。有生产单位证明低稀土含钡球化剂适用于冲天炉熔炼下生产铸态铁素体球铁。

2.6 孕育剂

孕育剂是球铁生产环节中的重要铁合金材料，球化处理后加入孕育剂不仅能消除渗碳体，而且还可以提高球化率、细化石墨球、使之圆整、分布均匀。实践证明，孕育效果和孕育剂的成分有很大关系。目前，国内应用最多的是 75 硅铁，有些单位采用含有钡、锶、钙、铝、铋等元素组成的长效复合孕育剂，如硅钡、硅锶、硅钙等。

3 炉前控制

3.1 化学成分的选择

众所周知，球铁的组织与性能与化学成分组成有着密切的关系。所谓球铁的成分设计主要就是碳和硅，其他如锰、磷、硫是靠原材料加以控制。

3.1.1 碳、硅

生产铸态铁素体球铁是采用高碳、低硅，大孕育量的方法。碳、硅元素对球铁性能有较大影响。通常是以碳当量来综合考虑。碳当量的选择主要着眼于改善铸造性能、消除铸造缺陷，获得健全铸件和高的机械性能。我公司铸态铁素体球铁要求铁素体基体组织含量大于 80%（军品要求大于 %），且不允许有渗碳体存在。因此在设计碳当量时应以铸件不出现石墨飘浮，不出现白口，保证球化为准，碳当量控制在 4.3-4.8%，其中碳为 3.3-3.9%，原铁水硅量为 1.2-1.6%，终硅量为 2.8-3.2%。但硅量不宜过高，因为硅强化铁素体基体，使之变脆，塑性韧性下降。

3.1.2 锰

锰是促进珠光体生成的元素，它固溶铁素体中提高强度降低韧性，对生产铸态铁素体球铁是不利的，因此要求锰尽可能的低，控制含锰量低于 0.4%，薄小件低于 0.2%。

3.1.3 磷、硫

磷、硫都是有害元素，磷高易在基体晶界上形成磷共晶，使材质的伸长率下降，脆性增加。硫高会造成球化元素残留量少而导致球化不良，以及铸件产生皮下气孔，夹渣等铸造缺陷。我们控制磷含量 0.06%以下，球化处理前原铁水含硫量 0.05%以下，处理后小于 0.03%。

3.1.4 镁、稀土残留量

铸铁中应有一定的镁和稀土元素的残留量才能保证石墨成球。镁在铁水中主要起球化作用，稀土主要是除气，脱硫和中和干扰元素，起到净化铁水的作用。镁和稀土又是强烈形成碳化物元素，如果残留量过高，恶化石墨形态，增大铸件白口倾向和夹渣、缩孔、皮下气孔等铸造缺陷。因此，在生产铸态铁素体球铁件时，在保证球化良好的情况下，应尽可能降低镁和稀土的残留量，这一点对于薄小件尤为重要。通常残留镁量控制在 0.03-0.05%，残留稀土量控制在 0.02-0.03%。

3.2 球化及孕育处理

3.2.1 球化处理

为保证球化处理成功，须注意以下几点：

1) 铁水包的结构要适应工艺要求,一般铁水包的内腔高度与内径之比值为1.0-1.2,有利于镁和稀土元素的吸收。包底应搪成凹坑或堤坝式。

2) 球化剂破碎成适当大小的粒度。粒度过小,容易浮起,氧化;过大,则溶解速度过慢,延长反应时间,铁水降温大。粒度的大小视每次处理的铁水量而言。球化剂最好当天破碎、当天使用,不要久放或受潮。

3) 球化剂的加入量要根据熔炼工艺、出铁温度和原铁水的含硫量来决定。

4) 采用冲天炉熔炼应注意交界铁水的处理,要勤放渣,前炉内要储存足够的铁水;电炉熔炼时,出铁前也要将渣扒净。

5) 球化处理方法要合理。我们采用冲入法,球化剂放入包坑内,应捣紧,上面覆盖孕育硅铁、稻草灰(或钢板、或钢铁屑)。不要在铁水包红热时放入球化剂,以免氧化,失去球化能力,出铁时,铁水流不能直接冲入球化剂。铁水流不能太大太小,不能断流。出铁量要尽量准确,上下不能有5%的误差。球化反应结束后,要尽快放入草灰、珍珠岩等集渣剂,搅拌扒渣,进行后续孕育处理。

3·2·2 孕育处理

孕育处理的作用主要是消除球化元素造成的白口倾向,促进石墨析出,提高球化率、细化石墨球,使之分布均匀。不同的孕育剂,不同的加入量,不同的孕育处理方法和不同的孕育处理时间对球铁机械性能都有较大影响。目前国内各企业采用孕育剂和孕育方法不尽相同,但都强调要采用瞬时孕育工艺,强化孕育效果,保证铁水在较长时间直至浇注完毕处在良好的孕育状态。我公司采用的是包内孕育(一次)+铁水包浮硅孕育(二次)+转包孕育(三次),实践表明是可行的,孕育效果良好。

3·2·3 球化判断(炉前检验)

炉前球化情况判断可用火苗观察法、炉前三角试块法、炉前快速金相法、热分析法等智能化仪器测定法。

1) 火苗观察法。当补加铁水时,铁水表面逸出镁光及白黄色火焰则表示球化良好。处理后铁液表面形成氧化膜亦表示正常。

2) 三角试块法。普遍采用的一种方法,三角试块尺寸12.5(底面)×50(高)×120(长)或25×50×120mm,立浇或卧浇。待试样表面呈暗红色时取出,底部向下淬入水中,打断观察断口。如断口底部及两侧有缩凹,中心有缩松,断口崎岖不平、呈锯齿状、银灰色(银白色)、致密、晶粒细小,尖部无白口或<1-2mm白口,敲击有钢声,嗅有电石味,表明球化孕育良好。如断口有小黑点,球化不太好。如断口乌黑、晶粒粗大或有许多黑点,呈麻脸状,敲击闷声,则为不球化。

3) 炉前快速金相法。试样为Φ20×30mm(视铸件大小、厚薄定)。金相观察,球化级别要在2级以上,表明球化良好。低于2级表明球化不太好。

4) 炉前采用热分析法等智能化仪器,快速测定球墨铸件的化学成分,金相组织及性能。

我公司炉前检验采用的是:三角试块法+炉前快速金相法+炉前采用热分析智能化仪器

4 铸造工艺

铸态铁素体球铁件的铸造工艺设计要有利于促进铁素体基体的形成和有利于获得健全的铸件。因此,在浇注系统设计时,应充分考虑球铁凝固时的固有特性。

1) 球铁在球化处理后,有很多的稠渣,浇注系统要考虑撇渣、挡渣装置和工艺措施;

2) 球铁容易氧化,浇注时如果出现紊流、飞溅,则产生二次氧化渣,因此,浇注系统设计时要考虑铁水平稳进入型腔;

3) 球铁凝固时有石墨析出,膨胀量大。铸型要有足够的刚性,以获得无缩孔的铸件。工艺设计上亦可考虑实现无冒口铸造;

4) 球铁具有粥状凝固的特点,冒口的有效补缩距离短,可多设置冒口,或冒口与冷铁相配合等措施来消除缩孔、缩松。

鉴于上述特点,在设计铸态铁素体球铁件铸造工艺时应根据铸件的形状、壁厚来选择顺序凝固、同时凝固、还是均衡凝固,浇注系统一般采用半封闭式或开放式。需要设置冒口时,不要采用气割冒口。对于厚壁处尽可能不采用冷铁;对薄壁处可设置溢流冒。

5 开箱时间

不同的铸件在铸型中的冷却速度是不同的。不同的开箱时间将得到不同的基体组织。要在铸态下获得以铁素体基体为主的组织,除铸型要有足够的吃砂量外,铸件在铸型中要有足够的保温和缓冷时间,至少要使铸件在型内冷却到 650℃ 以下方可开箱取出。

6 结论

铸态铁素体球铁件是不经过热处理工艺工序来达到所要求的性能。目前大多数用在生产 QT450-10、QT400-15 两个牌号上,用在生产 QT400-18 上的较少。就其稳定性。特别是在冲天炉熔炼条件和原材料质量不大稳定的情况下,要稳定达到牌号要求还是有相当大的难度。因此,必须重视和加强各个环节、各道工序的管理,严格操作规程和工艺纪律,加强质量监督,方能保证稳定地获得品质合格的铸态铁素体球铁件。本公司的军民品铸态铁素体球铁件抗拉强度达到 500Mpa 以上,伸长率达到 18% 以上。

参考文献

- [1]徐佩芬等 铸态铁素体球铁件的生产技术,铸造工程·造型材料,1998 (1-2): 36-38
- [2]张建华 铸态球铁的生产控制,现代铸铁,1999 (4): 58-59

作者简介

裴兵: 副总经理,高工,从事铸造技术开发应用和管理工作。通讯地址: 安徽省合肥市金寨路 287 号, 邮编: 230022, 电话: 0551-3526800 (568), 手机: 13955167542