

大型耐磨蠕墨铸铁的生产实践

范应光, 陈汝霞

(广西机电职业技术学院, 广西南宁 530007)

摘要: 本文针对大型蠕墨铸铁甘蔗压榨辊的工况条件、性能要求, 研制了相应的耐磨蠕墨铸铁合金成分配方, 设计了适应于铸造大型蠕墨铸铁件的蠕化工艺方法、熔炼设备及浇注工艺要求, 论述了大型耐磨蠕墨铸铁件生产技术原理及方法。

关键词: 蠕化剂; 蠕化处理; 大型蠕墨铸铁

Production Practice of Large Wear-resistant Compacted Graphite Cast Iron

FAN Ying-guang, CHEN Ru-xia

(Guangxi technological college of machinery and electricity, Nanning 530007, Guangxi)

Abstract: This needle large sugarcane roller compacted graphite cast iron working conditions, performance requirements, Relative composition formula is developed, Design adapted to the casting of large of creep process method for compacted graphite iron castings, melting equipment and pouring process requirements, Commented on the large principle and method of wear-resistant vermicular iron castings production technology.

Key words: creep agent; creep of processing; large compacted graphite cast iron

甘蔗压榨辊是糖厂的重要关键零部件, 随着糖业生产的集约化, 我国出现了日榨 2 万多吨甘蔗的大型糖厂, 甘蔗压榨辊直径达 1200mm、厚度 320mm, 单件毛坯重达 22 吨, 属大型铸铁件。广西某糖机制造有限公司是以其生产甘蔗压榨辊作为该厂的主导支柱产品, 该厂以前生产的甘蔗压榨辊是用普通灰口铸铁生产, 由于辊齿面磨损大、易崩齿、寿命短面临着逐步失去了市场竞争能力的风险。而耐磨蠕墨铸铁甘蔗压榨辊在甘蔗压榨机中有明显的性能优势, 自从该厂与广西机电职业技术学院有关技术人员联合技术攻关, 多次研究试验后, 生产出大型蠕墨铸铁甘蔗压榨辊, 该厂的糖机设备产品市场竞争能力得到了提高, 夺回了市场销售的份额, 产品远销海内外。

1 磷硼蠕墨铸铁压榨辊的生产工艺

1.1 熔化设备

熔化设备为 10t/h 的燃油热风化铁炉 (两座), 这种大型化铁炉炉子是以重油为燃料, 燃烧室与前炉共为一体, 前炉与炉膛连为一体的结构, 铁水基本上不增碳。化学成分较稳定 (表 1 所示)。由于重油是在储蓄铁水的前炉喷火燃烧的, 有利于铁水过热, 并且前炉燃烧火焰较均匀、稳定, 保证了铁液的迅速升温迅速而有保证, 铁水温度可高达 1450℃。

1.2 化学成分

蠕墨铸铁化学成分见表 1。

表1 蠕墨铸铁化学成分

Table1 Chemical constituents of compacted graphite cast iron (w _B /%)								
名称	C	Si	Mn	S	P	Cu	B	RE _残
原铁水	3.4~	1.8~	1.2~	≤	0.30~	---	---	---
	3.6	2.0	1.6	0.06	0.40			
蠕化处理后的铁水	3.4~	2.0~	0.1~	≤	0.35~	0.60~	0.025~	0.08~
	3.6	2.4	1.5	0.04	0.45	0.80	0.035	0.10

1.3 蠕化处理及孕育处理

蠕化处理及孕育处理采用的是将两种处理工艺同时进行的“二合一”的工艺：将蠕化剂^[1](其成分见表2)及75#硅铁的孕育剂(其加入量为铁水的0.1%)，破碎为约8~10mm的颗粒，当出铁量达到总量的1/3时，把蠕化剂和孕育剂同时均匀撒落在出铁槽中使其随流冲入铁水包中，出够铁水后在铁水表面撒助熔剂(冰晶石粉，化学式Na₃AlF₆)再搅拌，使蠕化剂充分熔化反应，待反应完毕后扒渣，然后覆盖稻草、浇注。

表2 蠕化剂成分及加入量

Table2 Creep agent composition and content (w _B /%)							
名称	Rt	Si	Mn	Ca	Ti	Fe	加入量
FeSiRE33B	35~37	40	4.0	4.0	1.0	余量	1.7~1.9

1.4 硼铁及其加入方式

硼铁：牌号B101， $\omega_B=20\%$ ，粒度：3~5mm，加入量2.0kg/t铁水；

加入方式：出铁槽随流冲入。

1.5 处理铁水温度选定

根据蠕墨铸铁工艺要求，铁水处理温度控制在1400~1420℃，铁水温度过低时铁水不易熔化和吸收蠕化剂及其它铁合金，而易引起合金结块，影响处理效果；铁水温度过高时，稀土烧损过大，金属处于液态时间也会相对过长，会引起蠕化剂衰退，导致蠕化失败。

1.6 蠕铁的炉前检验

铁水经蠕化处理和孕育处理后，应立即浇 $\Phi 25\text{mm} \times 250\text{mm}$ 圆柱试样检验，如试样断口呈银灰色，有明显均匀的小黑斑点，中心有缩松，黑斑，则表明蠕化效果良好；如断口为银白色，无小黑斑点或断口呈灰色，晶粒粗大，表明蠕化不成功。

1.7 铸造工艺

某糖机有限公司生产的压榨辊系列产品：铸件壁厚300~450mm，高1500~2400mm，毛坯重7.0~22t，根据使用要求，压榨辊的圆柱面为重要表面，为保证质量，采用了如下的工艺。

1.7.1 造型工艺方案

采用水平分型多箱造型，阶梯式浇注系统，如图1所示。

铸件上部是圆环大冒口，目的加强对厚大铸件的有效补缩，简化造型操作，金属切削加工时将冒口部位切除。

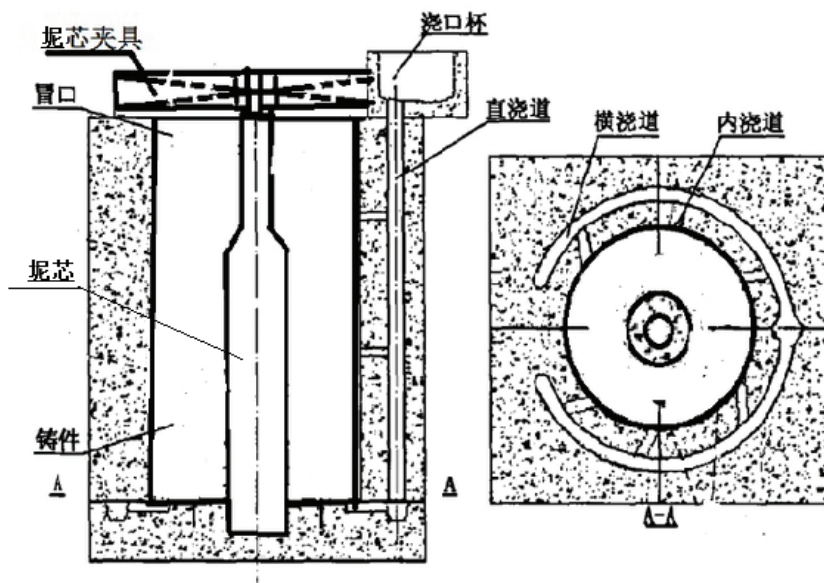


图1 铸造工艺示意图

1.7.2 泥芯工艺及制作

芯骨：为保证泥芯的强度和支撑泥芯使用，采用管径为 $\Phi 200\text{mm}$ 左右，厚度为 10mm，管壁开 $\Phi 12\text{mm}$ 排气孔的多孔的钢管作芯骨^[2]。

芯砂配方：为石英白泥粘土砂，砂子粒度尺寸为 2~3mm，白泥入量一般为砂重的 13%，加木屑为 2%。

芯砂混制工艺：干混 2min，加水混 5min，水分 8.5%，湿压强度 0.05~0.07MPa，干剪强度 $>0.2\text{MPa}$ 。

造芯：半机械化造芯，造芯时，将钢芯管放置到造芯刮板机架上定位装夹，先在管外包一层稻草绳，然后采取水平刮板方法造芯：通过造芯机架旋转水平放置的芯管，每次在包一层稻草绳的芯管表面敷层厚为 50mm 左右的芯砂，用锤子把芯砂打实，旋转泥芯通过水平设置的刮板刮出所需直径尺寸的泥芯。

泥芯烘干：由于泥芯大型采用地坑木炭烘干。泥芯呈卧式放置，烘干过程要转动泥芯，使泥芯均匀烘干。

1.7.3 外型工艺及制作

型砂配方^[2]：石英粘土砂，砂子粒度尺寸为 2~3mm，新砂 20%、旧砂 80%、粘土 4%。

型砂混制工艺：干混 2min，加水混 5min，水分 8%，湿压强度 0.05~0.07MPa，干剪强度 0.15MPa。

造型：水平分型，多箱造型，用压缩空气捣鼓机舂实型砂，手工操作。

外型烘干：由于外型较大，采用地坑木炭吊篮烘干。多箱砂型呈叠式放置，烘干过程注意控制吊篮中的木炭火候，使外型均匀烘干。

涂料

外型、泥芯均用鳞片石墨 40%+粉状石墨 45%+白泥 10%+糖浆 5%，适量水均匀搅拌的石墨涂料^[3]。

2 蠕墨铸铁与灰口铸铁金相组织及其力学性能对比情况

用表 1 成分进行对比试验：原铁水即为灰铁铁水、蠕化处理铁水即铜磷硼蠕墨铸铁铁水。灰铁金相如图 2 所示，从金相可看出，其基体为以铁素体为主的铁素体+珠光体基体，石墨为片状石墨，所得的硬度 HBW 为 201（试验条件：10mm 的钢球，在 1000kgf 的载荷作用下保持 30s 后所测得的布氏硬度值），抗拉强度 250Mpa。

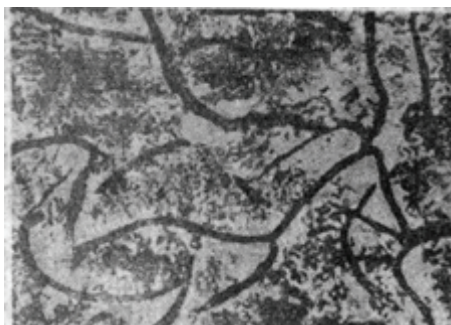


图2 原铁水的金相（片状石墨）

铜磷硼蠕墨铸铁金相如图3、图4所示，其组织主要是在珠光基体上分布着蠕虫状石墨、磷共晶，含硼碳化物的质点，硬度 HBW 达到 269（试验条件：10mm 的钢球，在 1000kgf 的载荷作用下保持 30s 后所测得的布氏硬度值），抗拉强度为 360~450MPa。



图3 磷硼蠕墨铸铁蠕虫状石墨（×100倍）



图4 磷硼蠕墨铸铁，4%硝酸处理（×100倍）

实践证明：蠕铁的铸造性能接近灰铁而优于球铁，由于压榨辊壁厚，所以要考虑液态金属的收缩量和补缩效果，冒口比普通铸铁高出 300mm 左右，加工后没有发现缩松、缩孔。铸件实物见图5。



图5 铸件实物

3 铜磷硼蠕墨铸铁优越性能分析

普通灰口铸铁金相组织是在铁素体、珠光体或铁素体和珠光体基体上分布着片状石墨，由于基体组织特别是铁素体基体的硬度、强度较低，使得灰口铸铁压榨辊由于硬度低而造成辊面磨损大。再则，灰口铸铁中的石墨区域可以认为是没有强度的，人们常把它看成是基体上的裂缝和空洞。它对基体的强度、塑性、韧性等都起着不利的削弱。其等状石墨的两端易产生应力集中。由于灰口铸铁的冲击韧度与抗疲劳强度低^[4]，在甘蔗压榨机的工况条件下，压榨辊在应力作用下，极易产生了微裂纹或在压榨甘蔗的过程中碰到硬物时受到冲击而发生崩齿。所以，要减少压榨辊磨损、崩齿的问题，提高压榨辊使用寿命，就应该改变片状石墨的组织形态，提高基体组织的硬度和冲击韧性。铜磷硼蠕墨铸铁恰好适应这种基体组织性能上的要求。加铜可使基体组织产生固溶强化，可获得稳定的珠光体基体组织，提高铸铁的强度与冲击韧度，一般铜的加入量为 0.60%~0.80%为宜；加磷可使磷和铁生成的磷共晶硬质点，提高了组织的硬度^[5]，一般磷加入量为 0.30%~0.40%为宜。加入量过高，磷共晶呈连续网状分布，不仅使蠕墨铸铁强度降低，脆性增大，而且硬脆的磷共晶极易剥落，造成磨粒磨损，反而对榨棍的耐磨性不利。加硼于蠕墨铸铁的组织中，它是以固溶体或具有复杂点阵结构的含硼碳化物的硬质小点存在，有时则是以 Fe_2B 存在，一般硼的含量小于 0.035%。当硼含量过高时，生成片状连续的网状含硼析出物（即“硼相”），“硼相”会出现“硼脆”，使冲击韧性偏低。加蠕化剂，使片状石墨变成了蠕虫状石墨，减少了应力集中；进行孕育处理，细化了石墨，使成分更均匀，减少白口倾向，提高了压榨辊的抗疲劳强度和冲击韧性以及耐磨性，提高了使用寿命。

4 机加工及使用情况

所设计研制大型耐磨蠕墨铸铁甘蔗压榨辊如图 6 所示，并在近年取得成功后，开始大量投产。

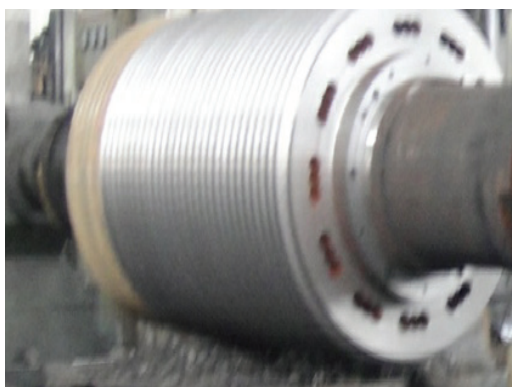


图6 经机加工的甘蔗榨辊零部件照片

目前，该耐磨铸铁月产量达 800t，所有生产的压榨辊产品经机加工后全部投入市场。从机加工情况看，材质硬度比普通铸铁高，但仍可以机加工。从使用情况看，铜磷硼蠕墨铸铁压榨辊持蔗能力优良，强度高，压榨辊齿面崩齿少。磨损的情况是：由于压榨辊在使用时，每座榨机均由“品”字形排列的顶辊、前辊和后辊构成，三辊转速相同，工作时的受力分布为， $F_{\text{顶辊}} > F_{\text{后辊}} > F_{\text{前辊}}$ 。由于顶辊受力最大，并与前、后辊配合压榨，所以，磨损最大，后辊受力比前辊大，磨损也比前辊多。对每一条压榨辊的磨损分布情况是：中部磨损大，两端磨损小（因中部的蔗层比两旁的蔗层厚）；齿顶磨损大，齿根磨损小。从检测情况看，万吨甘蔗压榨辊直径磨损量：最大为 0.40mm，最小为 0.30mm，平均磨损量为 0.35mm。磨损量比普通灰口铸铁压榨辊减少了 35%左右，大大提高了产品的使用寿命，取得了较好的经济效益。

参考文献:

- [1] 赵建康. 铸铁铸钢及其熔炼[M]. 北京:机械工业出版社, 1991.
- [2] 联合编写组.砂型铸造工艺及工装设计[M]. 北京:北京出版社, 1980.
- [3] 上海市铸造协会. 简明铸工手册[M].北京:机械工业出版社, 1991.
- [4] 房世荣. 工程材料与金属工艺学[M].北京:机械工业出版社, 1994.
- [5] 于晗, 孙刚, 金属材料及热处理[M].北京:冶金工业出版社, 2009.