

泡沫陶瓷过滤片的正确选择和使用

南昌航空工业学院(江西省南昌市 330034) 王薇薇 张绍兴

摘要 介绍了泡沫陶瓷过滤片的材质和规格 指出 铸钢 铸铁和有色合金应选用不同材质的泡沫陶瓷过滤片 过滤片的孔隙度、尺寸及安放位置也应因不同合金的铸件而异 对生产中使用泡沫陶瓷过滤片后的生产成本数据进行了经济效益分析。

关键词：泡沫陶瓷 过滤 铸造合金

Selection and Application of Ceramic Foam Filters

Wang Weivei Zhang Shaoxing

(Nanchang Institute of Aeronautical Technology)

Abstract Descriptions of materials and standards of various ceramic foam filters are made. It is pointed out that the selection of refractory filter materials should be different when castings of steels, irons or light metal alloys are concerned and the filter pore size, filter size and filter placement should also be varied as they are used to different cast alloys. According to production cost, the economic benefit analysis of using ceramic foam filter has also been made.

Key words : Ceramic foam filters Filtration Cast alloys

泡沫陶瓷过滤片自70年代中期在美国问世之后,由于其独具的深床过滤与表面吸附作用,可以使合金熔体达到很高的净化程度而很快受到铸造界的青睐。80年代后期,各国已发展了多种泡沫陶瓷过滤材料,广泛应用于铸钢、铸铁与有色合金。

泡沫陶瓷过滤片的宏观结构如图1所示,系由细密的陶瓷枝干骨架构成的三维连续网状结构,其过滤机理复杂。目前较为流行的看法,认为泡沫陶瓷过滤片在过滤金属熔体时至少有以下三个方面的作用:一是过滤作用,即在过滤片的各个孔洞口处阻挡夹杂物颗粒,有的地方甚至积累形成“滤饼”,而“滤饼”又能阻挡住一些更细小的夹杂物;二是沉淀作用,即金属熔体通过过

滤片时,由于过滤片内部通道曲折多变,熔体微元流速度变化较大,一些很细小夹杂物颗粒即沉淀于过滤片内部的一些角落;三是吸附作用,即由于过滤器骨架具有巨大的表面,这种陶瓷表面不被金属熔体所润湿,对合金中不被金属熔体润湿的固态微细夹杂物有较强的吸附能力。同时,这种陶瓷表面又能被金属熔体中呈液态的夹杂物液滴(熔剂夹杂或低熔点金属化合物)润湿,将夹杂物液滴吸附于其上而滤除。以上三种机制综合作用的结果,使用泡沫陶瓷过滤可以达到极好的效果,不但可以滤掉合金熔体中小至(10~20) μm 的微细夹杂物颗粒,而且能滤掉用一般过滤介质难以滤除的液态熔剂夹杂。

泡沫陶瓷过滤片过滤效果好,对合金无污染,但如果应用方法不当,非但不能取得预期的效果,反而会给生产带来更多的麻烦。泡沫陶瓷过滤片使用时必须注意以下几个方面。

1 所选用的泡沫陶瓷过滤片材质应随过滤合金材料的不同而异

泡沫陶瓷系用陶瓷浆料涂挂网状泡沫塑料,干燥后高温烧结而成。所以,泡沫陶瓷的枝干实际上是壁厚很薄的空心管道。熔融金属通过泡沫陶瓷过滤片时,泡沫陶瓷纤细的枝干处于高温合金液的包围与冲刷之下,这就要求泡沫陶瓷的材质必须有足够的耐高温热

图1 泡沫陶瓷的结构(体视显微镜)×40

Fig. 1 The 3-D structure of a ceramic foam filter, ×40

冲击、高温强度以及高温下不与合金液或熔渣反应的化学稳定性。不同的铸件合金熔化浇注温度、浇注量与化学活性不同,所选用的泡沫陶瓷材质也应不同。

铸钢与高温合金的浇注温度高达1 550~1 600,合金液的比重大,因而对泡沫陶瓷材料的耐高温热冲击与高温强度要求也最高。国外对铸钢与高温合金用泡沫陶瓷材料研制经历了数年的探索,最初曾推荐氧化铝或电熔莫来石质的泡沫陶瓷过滤片,但生产实践证明,这两种泡沫陶瓷过滤片的耐热冲击性与高温强度都还不够高,不能应用于较大的铸钢件。90年代以来,国外开始大力推荐氧化锆-氧化铝质与高纯部分稳定氧化锆质泡沫陶瓷过滤片,这两种泡沫陶瓷过滤片的耐热冲击性与高温强度都比氧化铝与电熔莫来石泡沫陶瓷过滤片好,可应用于80kg以内的铸钢件。

铸铁的浇注温度在1 300~1 400,虽略低于铸钢的浇注温度,但需要采用泡沫陶瓷过滤的铸铁件多在100kg以上,这也要求泡沫陶瓷过滤片具有耐大量高温铁水冲刷的极好的耐热冲击性与高温强度。多年来,国外一直推荐铸铁采用碳化硅泡沫陶瓷过滤片。作者已研制可受100kg以上铁水冲击的高性能碳化硅泡沫陶瓷过滤片,并在南昌柴油机厂进行了成功的应用试验。

镁合金是飞行器中应用很广泛的合金,由于镁元素很活泼,极易氧化,镁合金不但熔炼工艺复杂,而且铸件很难避免氧化夹杂与熔剂夹杂,夹杂缺陷往往导致重要的航空镁合金铸件报废。但镁合金铸件绝不可采用普通的泡沫陶瓷过滤片。这是因为氧化镁的生成自由能很低,易与生成自由能较高的氧化物如氧化硅发生如下反应:



该反应在镁合金的浇注温度720~780℃时进行极快,凡是含氧化硅较多的泡沫陶瓷在此程度的镁合金液中都将迅速溶化,其结果是非但不能净化合金,反而给合金液中带来更多的夹杂物。目前国内研制的铝合金所用泡沫陶瓷过滤片与高温合金所用泡沫陶瓷过滤片都含有10%以上氧化硅,在高温镁合金熔体中都将迅速溶解,不能用于镁合金铸造。某工厂曾将铝合金所用泡沫陶瓷过滤片用于一大型镁合金铸型内过滤,铸件充填时间42s,浇注后泡沫陶瓷过滤片全部溶入铸件,导致铸件因夹杂异常增多而报废。针对镁合金对泡沫陶瓷过滤片材料有特殊的高温化学稳定性要求这一课题,作者研制成了氧化镁泡沫陶瓷过滤片,这种过滤片对镁合金有很好的高温化学稳定性,可在高温镁合

金液中长时间浸泡而不与镁合金发生反应,而且由于氧化镁与镁合金液中的液态熔剂润湿角很小,氧化镁泡沫陶瓷过滤片极易吸附镁合金中的熔剂液滴,从而使镁合金铸件免除了熔剂夹杂缺陷。这是过去在镁合金铸造中使用的冲孔铁片、钢丝绒等过滤介质难以实现的。美Allison公司曾要求我国某航空机轮公司试制一批微型航空发动机镁合金铸件,铸件按美国EIS790荧光探伤标准,铸件I类区单个荧光显示亮点直径不得大于0.8mm,亮点间距不小于3.2mm;II类区单个荧光显示亮点直径不大于1.6mm,亮点间距不小于6.4mm。该公司在试制过程中,先后采用编织钢丝网与钢丝棉过滤,浇注数百件铸件,均因熔剂夹杂无法克服而达不到合格标准。后采用了氧化镁泡沫陶瓷过滤片,合格率达70%。

铝合金与铜合金等有色合金浇注温度分别在680~780℃与1 000~1 180℃,由于浇注温度不高,且不易与陶瓷中的氧化物发生反应,故对泡沫陶瓷过滤片的各方面性能要求也低一些,一般耐火度在1 400℃以上的氧化铝-氧化硅质泡沫陶瓷即可应用。国外则推荐堇青石质泡沫陶瓷过滤片,这是因为堇青石质陶瓷热膨胀系数小,耐热冲击性好,原材料(氧化镁、氧化铝、氧化硅)价格便宜且易烧结,因而成本低。目前国内已有多家工厂生产铝合金等有色合金用泡沫陶瓷过滤片。各种合金适用的泡沫陶瓷过滤片材料及成分见下表。

表 各种合金适用的泡沫陶瓷过滤片材料及成分
Tab Different Cast alloys and the Suitable ceramic foam filter of various types.

合金	泡沫陶瓷过滤片材质	泡沫陶瓷成分
铸钢与高温合金	部分稳定氧化锆	97ZrO ₂ -3%MgO
	氧化锆-氧化铝	65% ZrO ₂ -37% Al ₂ O ₃
	高纯莫来石	3Al ₂ O ₃ •2SiO ₂
	氧化铝	Al ₂ O ₃
铸铁 镁合金	碳化硅	SiC
	氧化镁	MgO
	氧化锆-氧化镁	70% ZrO ₂ -30%MgO
铝合金与铜合金	堇青石	2MgO•2Al ₂ O ₃ •5SiO ₂
	氧化铝-氧化硅	70% Al ₂ O ₃ -30% SiO ₂

2 合理选择过滤片的孔隙大小与厚度

国际上一般用每英寸长度上的平均孔数(ppi)来表示泡沫陶瓷过滤片孔隙的大小。铸造用泡沫陶瓷过滤片孔隙大于在10~20ppi。孔隙小的泡沫陶瓷过滤片过滤效果固然好,但如果金属熔体中夹杂物较多时,有可能造成过滤片堵塞而使浇注失败。另外,过滤片孔隙越大,相应地其陶瓷枝干也越粗,越能耐金属液流冲刷。铸钢与铸铁金属液流中夹杂含量都较高,一般宜选

《铸造技术》4/1996

用10~ 15ppi的粗孔泡沫陶瓷过滤片 根据前述的泡沫陶瓷过滤的机理,要使泡沫陶瓷过滤片充分发挥作用并且能耐较大高温金属液流冲击,过滤片必须有一定的厚度.一般中小型有色合金铸件可选用12~ 15mm 的厚的泡沫陶瓷过滤片,大型有色合金铸件可用20~ 25mm 厚的泡沫陶瓷过滤片.而铸钢与铸铁等浇注温度高、浇注量大的铸件,所用泡沫陶瓷过滤片厚度宜在25mm 以上.有的技术人员为了避免修改浇注系统而提出用象铁丝网或纤维网一样的泡沫陶瓷网,这是不合适的.

在铸造生产中使用泡沫陶瓷过滤片,其放置方式有多种(图2) 型外过滤,则是在铸型外采取的措施.如将泡沫陶瓷过滤片放在一耐火材料圆筒底部,然后将圆筒放置在浇口上进行浇注(图3),国外文献称为直接浇注(direct pouring).也可根据浇包情况在浇包内或浇包口安放过滤片.

图2 泡沫陶瓷过滤片安放方式

Fig. 2 Suggested locations of ceramic foam filters in different applications

图3 直接浇注方式

Fig. 3 Direct pouring

采用型内过滤时,过滤片一般安放在浇注系统的横浇道上.因为过滤片对合金液流有一定的阻力,为保证正常充填,应注意以下几点:安放泡沫陶瓷过滤片后适当增加浇注压头.铝合金由于液流前端的氧化膜较致密,压头高度小于120mm 时,即使粗孔泡沫陶瓷过滤片(孔径平均尺寸不小于15ppi)也难以完全通过,因此,当泡沫陶瓷过滤片放置处浇注压头低于400mm 时,应考虑在原直浇道上增加110mm 压头.镁合金表面膜张力较小,液流前端阻力小,比较容易进入泡沫陶瓷过滤片,原浇注压头在300mm 以上时,一般不需要

再提高浇注压头.铜合金与黑色合金相对密度较大,且无致密氧化膜,合金液比较容易进入泡沫陶瓷过滤片,一般无需增加压头.但在浇注球墨铸铁大件时,浇注压头应在700~ 800mm.

安放过滤片的浇道处将浇道横截面尺寸适当扩大并将过滤片前后挖成喇叭口状.一般以过滤片面积为所在浇道面积的3~ 5倍就完全不会影响正常充填.

过滤片与铸型连接边缘密封.因为此处如稍有间隙,液流就可能大部分甚至于全部从间隙处流走而不通过过滤片,可采用石棉绳或泥条缠绕在滤片周边进行密封.

泡沫陶瓷过滤片对液流的阻力并非全是消极影响,实际上,泡沫陶瓷过滤片对液流有很强的稳流作用,使铸件充填平稳,减少产生二次夹杂与卷入性气孔的缺陷.

3 泡沫陶瓷过滤片应用的经济效益

目前国内铸造界对此疑问颇多.使用泡沫陶瓷过滤片,生产成本中多一笔购买费用,铸件产量越大,这笔费用越高,但如果产品的合格率有较大幅度提高,所节约的废品消耗高于购买泡沫陶瓷过滤片的费用,则使用泡沫陶瓷过滤片的经济效益就体现出来了.国外资料介绍,某厂生产铸钢件在未使用泡沫陶瓷过滤片时为每500磅铸件废品与返修费用96.00美元,使用泡沫陶瓷过滤片后,这笔费用降低至57.94美元(其中包括泡沫陶瓷过滤片费用).

以某航空机轮公司生产飞机轮汽缸座为例,根据过去的生产经验,如用普通过滤手段,这样高标准的铸件合格率不超过40%,采用泡沫陶瓷过滤后,使合格率提高到95% 以上.根据车间核算,每个报废铸件损耗费用约为1 000元,成品率提高50%,意味着每生产100个合格铸件时少出100个废品.

高产值铸件使用泡沫陶瓷过滤片的经济效益固然比较明显,大中型铸钢件在应用泡沫陶瓷过滤片方面其经济效益也并不很低.如某柴油机厂生产的X6105曲轴,铸件产值为600元,每件废品消耗的工时与能源费用不低于200元,所使用的 $\varnothing 100 \times 25$ 泡沫陶瓷过滤片价格为8元,放置泡沫陶瓷过滤片后,成品率只要提高10%,每百箱铸件即可少损失2 000元,去除购买泡沫陶瓷过滤片费用800元,则每百箱铸件生产费用可节约1 200元,且多创产值6 000元.总的说来,如果铸件的产值在500元以上,生产中铸件因夹杂报废而使合格率低于70% 时,可以在铸造工艺中考虑采用泡沫陶瓷过滤.

镁和稀土在奥氏体铸铁中的球化作用

沈阳铸造研究所(辽宁省沈阳市 110021) 申泽骥 姜炳焕

摘要 研究了镁、稀土及不同比例的稀土镁合金对Ni20%的奥氏体铸铁显微组织的影响,对比了镁和稀土的球化、蠕化能力,提出了适合我国生产条件的奥氏体铸铁的球化剂类型。

关键词 奥氏体铸铁 球化剂 镁 稀土

Nodulizing Effects of Mg and RE in Austenitic Cast Iron

Shen Zeji Jinag Binghuan

(Shenyang Research Institute of Foundry)

Abstract The influences of Mg, RE and Mg-RE alloys with different RE/Mg ratios on microstructure of austenitic cast iron containing 20% Ni were investigated. Nodulizing and vermiculizing effects of Mg and RE were compared. Suitable nodulizing agents for austenitic cast iron were recommended according to the conditions in China.

Key words Austenitic cast iron Nodulizing agents Magnesium Rare-earth

奥氏体球铁具有良好的耐腐蚀和力学性能,在国外被广泛用于制造海水泵、阀等。近些年来,随着核电和海洋工程的发展,国际市场上对奥氏体球铁的需求越来越大。奥氏体球铁生产受到我国企业界的广泛关注。国外生产奥氏体球铁多用Ni-Mg合金、Ni-Si-Mg合金或纯镁,认为稀土在奥氏体球铁中是有害的,奥氏体铸件中含有0.003%的铈就可以使石墨球显著衰退^[1]。我国生产球铁一般都用稀土镁合金作为球化剂。研究在我国条件下如何选用生产奥氏体球铁用的球化剂,具有重要的现实意义。

1 试验条件

奥氏体铸铁的实验是用本溪生铁Z15、碳钢料头、1号电解镍、电解铜和铁合金配制的,在实验室中频感应炉熔炼,每炉熔化10或30kg。有部分试样是在工厂条件下用0.5t中频炉熔化、铸造的。球化处理采用包底冲入法,出炉温度1450~1480℃。孕育处理是用1%的75FeSi合金,随球化剂一起放在包底。除断面敏感性

试样外,力学性能和金相试样均取自30mm×175mm基尔试块。金相试样中石墨球化程度按GB9441-88评级。拉伸试验采用直径10mm试样。

2 试验结果

2.1 Mg和RE对奥氏体铸铁石墨形态的影响

本组试验是用镍硅镁合金、稀土硅铁和不同RE/Mg比例的稀土镁合金来处理ISO标准中的S-NiCr202奥氏体球铁铁水并考查试样显微组织。所用球化剂列于表1。试样石墨形态与合金加入量的关系见图1。这组试验结果表明,用5种球化剂分别处理铁水,当加入量较少时得到铸铁的石墨是蠕虫球和蠕虫状加少量枝晶片状或球状,当加入量较多时可得到以球墨为主的铸铁,只是球化程度不同而已。1号球化剂球铁的球化程度都在3级以上,最易得到1、2级球墨,并且白口倾向也小。2、4号球化剂易于得到2、3级球铁,也能制取1级球铁,其中4号球化剂球铁白口倾向大,1级球铁碳化物量已近20%。3、5号球化剂的球铁球化程度只

参考文献

- 1 王薇薇、曹达富. 铸造技术, 1990(6), 3~6
- 2 王薇薇等. 铸造技术, 1991(6), 15~18
- 3 王薇薇等. 铸造技术, 1994(4), 21~24
- 4 黄伯杰、王薇薇等. 特种铸造及有色合金, 1995(2), 19~22
- 5 F. R. Mollard, N. Davidson. AFS Trans., 1980
- 6 L. S. Aubrey. AFS Trans., 1993
- 7 J. R. Schmah. AFS Trans., 1993
- 8 A. Friesel. AFS Trans., 1992
- 9 Robert P. Pischel. Foundry M & T, 1993(6)
- 10 Abdrew D Shaw. The Foundryman, 1993(3)
- 11 Wallaced. Huskonen. Foundry M & T, 1987(5)