DOI:10.16410/j.issn1000-8365.2020.12.007

醇基白刚玉/锆英粉复合涂料高温性能的研究

张　林[1],周百能[1],吴协正[2],苟鹏飞[1],肖　毅[1]

(1. 四川东树新材料有限公司 技术质量部,四川 德阳 618000;2. 东方汽轮机有限公司 铸锻事业部,四川 德阳 618000)

摘　要:在铸钢件特别是大型铸钢件的生产中,锆英粉、白刚玉均表现出优良的防粘砂性能,但在某些方面无法获得较为满意的使用效果。研究了不同颗粒尺寸的锆英粉及白刚玉复配涂料在大型铸钢件上的应用。结果表明,325 目锆英粉与 200 目白刚玉粉比例在 20:80 时,烧结抗压强度最大,为 0.931 MPa;该配比下颗粒之间烧结明显,较为紧实,空隙较少;选用该配比的复合骨料生产的涂料波美度适中,悬浮性好,涂层强度高,发气量低,高温抗爆裂性能好。现场应用表明,铸件与涂层易剥离,铸件表面良好。

关键词:锆英粉;白刚玉;高温性能;烧结强度

中图分类号:TG221　　**文献标识码**:A　　**文章编号**:1000-8365(2020)12-1134-05

Study on High Temperature Performance of Alcohol-based White Corundum/Zirconium Powder Composite Coating

ZHANG Lin[1], ZHOU Baineng[1], WU Xiezheng[2], GOU Pengfei[1], XIAO Yi[1]

(1. Technical & quality Department, Sichuan Dongshu New Materials Co., Ltd., Deyang 618000, China; 2. Casting and Forging Division, Dongfang Turbine Co., Ltd., Deyang 618000, China)

Abstract: In the production of large steel castings, both zircon powder and white corundum had excellent anti-sand performance, but in some aspects they cannot get satisfactory results. The application of different particles of zircon powder and white corundum coating on large steel castings was studied. The results show that when the ratio of 325 mesh zirconium powder to 200 mesh white corundum is 20:80, the sintering compressive strength is the highest, 0.931 MPa. Under this ratio, the sintering between particles is obvious, more compact and less void. The coating produced by the compound aggregate of this ratio has moderate bauxite, good suspension, high coating strength, low air capacity and high temperature blowout resistance. The field application shows that the castings and coatings are easy to peel off and the surface of castings is good.

Key words: zircon powder; white corundum; high temperature properties; sintering strength

在大型铸钢件的生产中，清砂会花费较大的人力物力，并且在清理的过程中容易出现铸件表面缺陷。故减少铸件清砂工作量，提高铸件表面质量一直是铸造行业的研究课题。在铸件生产过程中,采用涂料可隔绝钢液与砂型发生反应,避免产生粘砂。

在大型铸钢件的生产中,锆英粉涂料是公认的能够获得较好铸件表面的涂料,尤其是用树脂砂生产厚大铸钢件时，锆英粉涂料具有优良防粘砂效果[1],但是在厚大铸钢件热节处依然易产生粘砂等问题。另外,随着近年锆英粉资源稀缺,价格水涨船高,导致锆英粉涂料价格也居高不下,很多铸造企业很难承受[2]。近几十年来,铸造科技工作者在大型铸钢件涂料方面做了大量的工作，先后开发出了醇基棕刚玉粉涂料、高铝矾土粉涂料、高铬刚玉粉涂料、镁砂粉涂料、镁橄榄石粉涂料、铬铁矿粉涂料等,并进行了大量的试验和应用。这些涂料虽然也取得了较好的应用,但是减轻铸件清砂工作量、提高铸件表面质量的效果并不明显[3]。

白刚玉密度为 3.85~3.90×10^3 g/cm^3,莫氏硬度大于 9 级,熔点在 2 000~2 050 ℃,热导率大,热膨胀小且均匀,高温时体积稳定不容易龟裂;而且白刚玉在高温下呈中性,具有较大的抗酸碱能力;在氧化剂、还原剂或各种金属液的作用下不发生变化，与铝、锰、铁、锡、硅、钴、镍都不发生反应,因此刚玉适用于制作大型铸钢件,特别是合金钢铸件[4,5]。本文通过白刚玉粉及锆英粉的复合,优化颗粒级配,对不同粒度的锆英粉、白刚玉粉进行高温性能研究,以得到用于大型铸钢件的易剥离、易清砂的醇基复合涂料。

收稿日期:2020-09-01

作者简介:张　林(1985-),四川安县人,硕士,工程师.主要从事高分子及复合材料研究及应用方面的工作.
电话:0838-2686585,E-mail:dy_zlin@163.com

1　试验方法

1.1　试验材料

试验材料主要有:325 目锆英粉,200 目锆英粉,325 目白刚玉粉,200 目白刚玉粉, 酯化松香, 95%乙醇,锂基膨润土,增稠剂,流平剂,助燃剂,防沉剂。

1.2　试验仪器

试验所用的仪器和设备主要有: 自制的直径 10 mm、高 10 mm 的骨料烧结样制备工装,磨口带塞的 100 mL 量筒,101-1A 型恒温干燥箱,室温～1 600 ℃的高温马弗炉,MXD 系列实验室分散搅拌砂磨多用机,波美度仪,SUM 涂料表面强度试验仪,BSM 3200-2 电子天平,SFL-2 智能发气性测定仪,XQY-Ⅱ型智能型砂强度试验机,扫描电镜等。

1.3　骨料烧结

1.3.1　骨料形貌

图 1 为 325 目锆英粉与 325 目白刚玉粉的扫描电镜图。可以看出锆英粉的粒型属于颗粒状,白刚玉的粒型属于不规则的片状。所以在铸造涂料的使用过程中, 锆英粉更加容易形成涂料烧结层,而白刚玉的颗粒形状不利于形成烧结涂层。

1.3.2　烧结条件

实验中将对不同锆英粉及白刚玉的复配比例进行选择,通过实验确定最优烧结温度。采用自制的骨料烧结样制备工装, 用 10%酯化松香含量的 95%乙醇作为粘结剂,将 325 目锆英粉、325 目白刚玉粉按照 70:30 的比例混合好的骨料制备成直径 10 mm、高 10 mm 的样品,放置在 120 ℃的烘箱烘干备用;然后放置在 1 000、1 100、1 200、1 300、1 400 ℃、1 500 ℃的马弗炉中进行烧结实验,烧结时间均为 5 min;完成后取出冷至室温,进行压缩强度的测试。

将 200 目、325 目的锆英粉与 200 目、325 目的白刚玉粉两两相互按照 100:0、80:20、60:40、20:80、0:100 的比例进行混合, 然后按照上述的方法和烧结温度制备样品,并进行压缩强度的测试。

1.4　涂料制备及性能测试

骨料优选完成后, 将优选配比用于涂料的生产制备。按照表 1 所示比例生产涂料,加入酯化松香、95%乙醇、助燃剂、锂基膨润土、增稠剂、流平剂、防死沉降剂后进行搅拌,搅拌速度为 1 200 r/min,搅拌 30 min; 然后加入复合骨料, 在 1 600 r/min 下搅拌 60 min, 即完成涂料的制备。按照行业标准《JB/T 9226-2008 砂型铸造用涂料》对涂料样品进行物化性能及工艺性能测试, 并且将相应的涂料用于生产现场进行实际应用试验。

表1 涂料配方 w(%)
Tab.1 Coating formulation

复合骨料	松香	95%乙醇	锂基膨润土	增稠剂	流平剂	助燃剂	防沉剂
63.9	1.8	22.4	2.0	2.2	1.2	6.0	0.5

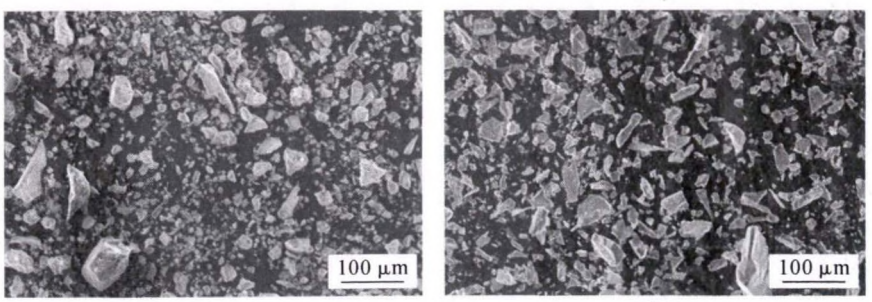
2　结果与分析

2.1　骨料烧结条件确定

从图 2 中可以看出,随着烧结温度的提高,涂料样品的抗压强度缓慢增大, 在 1 400 ℃后抗压强度急剧增大。在 1 000～1 100 ℃样品几乎不烧结,无抗压强度;1 200 ℃出现轻微烧结,抗压强度为 0.05 MPa;1 200 ℃以后烧结强度变化明显。考虑到实验的安全性及实验数据的可靠性, 选择 1 400 ℃作为骨料烧结实验温度,此时涂料样品的抗压强度为 0.522 MPa。

2.2　骨料配比对烧结强度的影响

图 3 为不同骨料配比下涂料样品的抗压强度。可以看出,在 200 目的锆英粉中,随着 200 目白刚玉粉含量的增大,烧结抗压强度缓慢增大;在 200 目锆英粉与 200 目白刚玉粉含量比在 60:40 时, 烧结抗压强度达到最佳,为 0.521/MPa;此后随着 200 目白刚玉的继续增多,抗压强度降低;在 100%为 200 目白刚玉粉时,抗压强度达到最低(0.13 MPa)。高温下两种骨料熔融烧结时, 烧结温度低于两种单纯化合



(a)　　(b)

图 1 325 目锆英粉(左)与 325 目白刚玉粉(右)的扫描电镜图
Fig.1 SEM image of 325 mesh zircon powder(left) and 325 mesh white corundum powder(right)

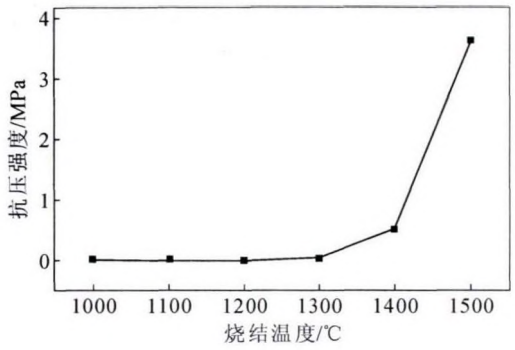


图 2 骨料烧结实验条件
Fig.2 Experimental conditions of aggregate sintering

物的烧结温度，并且比例不同烧结程度不同。在本实验中，200 目锆英粉与 200 目白刚玉粉的含量比例在 60:40 的时候强度最高。

图 4 为 200 目锆英粉与 325 目白刚玉粉的烧结实验图。可以看出，在 200 目锆英粉与 325 目白刚玉粉配比为 80:20 时，抗压强度达到最大(0.736 MPa)；随后随着 325 目白刚玉粉的增多，抗压强度逐渐降低，到 100%为 325 目白刚玉粉时抗压强度为 0.237 MPa。实验表明在 200 目锆英粉与 325 目白刚玉粉比例为 80:20 时，粉料颗粒级配合理，颗粒与颗粒之间衔接紧密，并且 200 目粉料与 325 目粉料烧结更加容易，故 200 目锆英粉与 325 目白刚玉粉配比为 80:20 时抗压强度最高。

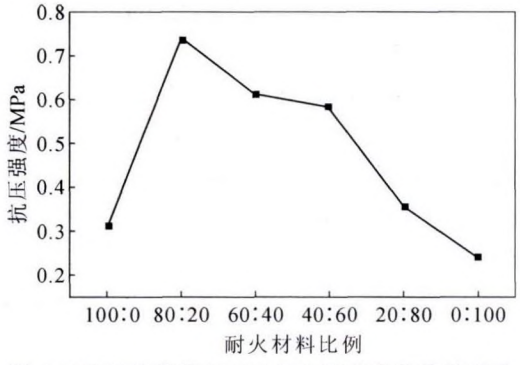


图 4 200 目锆英粉与 325 目白刚玉粉的烧结实验
Fig.4 Sintering experiment of 200 mesh zircon and 325 mesh white corundum

图 5 为 325 目锆英粉与 200 目白刚玉粉的烧结实验图。可以看出，在 325 目锆英粉中，随着 200 目的白刚玉粉用量的增多，烧结抗压强度缓慢提高；当 325 目锆英粉与 200 目白刚玉粉的配比达到 20:80 时，烧结抗压强度达到最大(0.931 MPa)，并且在 200 目白刚玉粉占多数的情况下抗压强度达到所有比例中最高值；此后随着 200 目白刚玉粉的量比进一步增加，烧结抗压强度下降。以上表明，当 325 目锆英粉与 200 目白刚玉粉的配比为 20:80 时，颗粒级配最为合理，颗粒与颗粒之间衔接紧密；

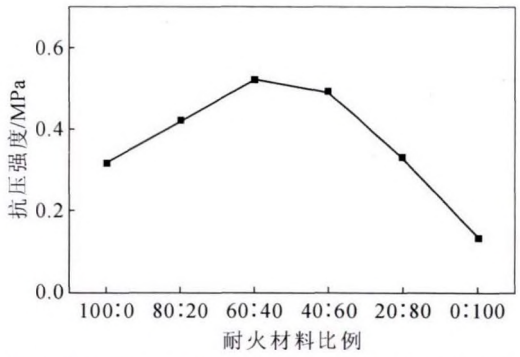


图 3 200 目锆英粉与 200 目白刚玉粉的烧结实验
Fig.3 Sintering experiment of 200 mesh zircon and 200 mesh white corundum

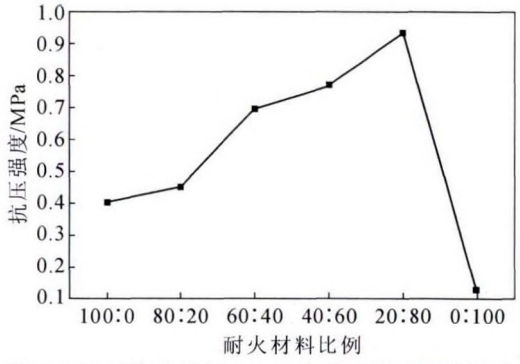


图 5 325 目锆英粉与 200 目白刚玉粉的烧结实验
Fig.5 Sintering experiment of 325 mesh zircon and 200 mesh white corundum

并且在 200 目白刚玉粉占多数的情况下，相当于锆英粉颗粒助烧结白刚玉颗粒效果更加明显，故出现此配比下抗压强度达到最大。

图 6 为 325 目锆英粉与 325 目白刚玉粉的烧结实验图。从图中可以看出，随着 325 目白刚玉粉的用量逐渐增多，烧结抗压强度也随之提高。当 325 目锆英粉与 325 目白刚玉粉的配比达到 40:60 时，烧结抗压强度最大，为 0.624 MPa；后续随着 325 目白刚玉粉的继续增多，烧结抗压强度逐渐降低。分析表明，在锆英粉与白刚玉均为 325 目的相同目数情况下，不能实现颗粒与颗粒之间紧密衔接；但是在 40:60 的配比下，锆英粉与白刚玉的相互助烧结作用能

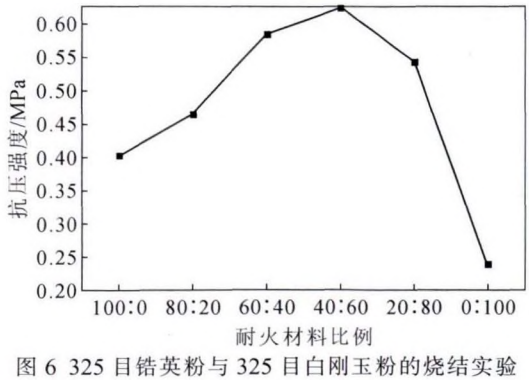


图 6 325 目锆英粉与 325 目白刚玉粉的烧结实验
Fig.6 Sintering experiment of 325 mesh zircon and 325 mesh white corundum

够发挥到最大,故在此配比下出现最大烧结强度。

2.3　不同配比下骨料的烧结形貌

将前述实验结果中最优配比的烧结涂料样品在扫描电镜下观察其烧结微观形貌,结果如图 7 所示。从图中可以看出,图(c)烧结情况最为明显,颗粒之间较为紧实,空隙较少,达到了铸造涂料的要求。图(c)中 325 目锆英粉与 200 目白刚玉粉的配比是 20:80,烧结抗压强度为 0.931 MPa。显然,对应图(c)的 325 目锆英粉与 200 目白刚玉粉比例在 20:80 时效果最好, 其原因主要在于颗粒级配最为合理,颗粒之间镶嵌紧密,锆英粉与白刚玉粉之间的相互助烧结作用最大。故在后续涂料的制备过程中选用此比例进行相关实验。

2.4　涂料性能

按照上述实验选择出最佳骨料配比（325 目锆英粉与 200 目白刚玉粉比例为 20:80）制备涂料样品,涂料样品性能如表 2。可以看出,采用上述最优复合型骨料生产的涂料波美度适中,24 h 悬浮性好,涂层强度高,发气量低,高温抗爆裂性能好,具有较好的物化性能。

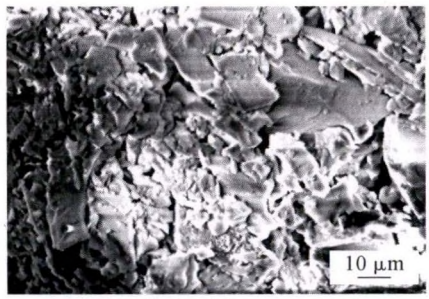
表2 涂料性能表

Tab.2 The performance of coating

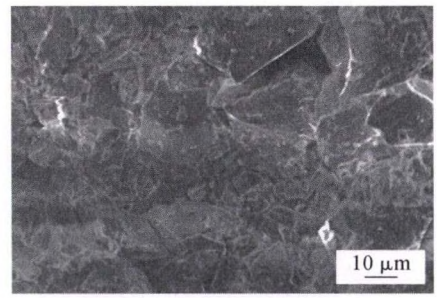
密度 /g·cm^{-3}	波美度 /°Bé	24 h 悬浮性 (%)	涂层强度 /g	发气量 /mL·g^{-1}	高温抗爆裂性
1.927	110	98.0	0.12	14.6	Ⅰ级

2.5　涂料现场应用情况

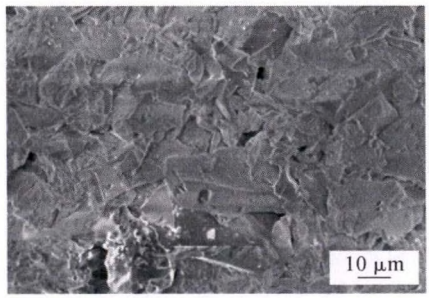
图 8 为采用本文研究的涂料在现场的应用情况。涂料在四川德阳某大型国有企业进行试用,使用石英砂进行造型, 产品为低压气缸, 材质为 ZG06Cr13N14Mo,铸件重量 30.5 t,浇注温度为 1 550 ℃。可以看出铸件表面涂料层容易脱落,无粘砂情况存在; 通过近距离观察可以看见涂料层容易去除, 涂料较好的隔绝了钢液与砂型的反应。通过现场实际应用表明, 涂料中骨料通过合理的配比,实现了铸件与涂层的易剥离,达到了预期目标。



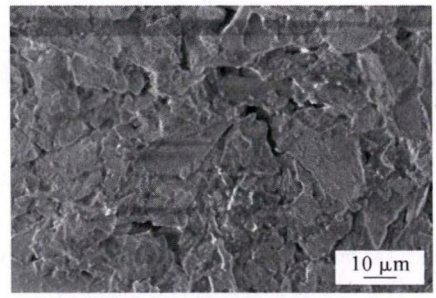
(a)200目锆英粉与200目白刚玉



(b)200目锆英粉与325目白刚玉



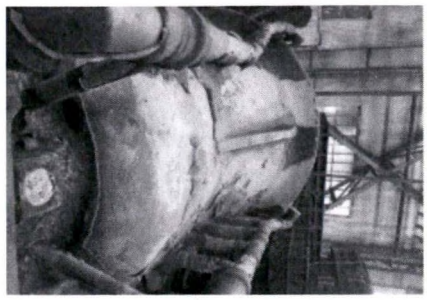
(c)325目锆英粉与200目白刚玉



(d)325目锆英粉与325目白刚玉

图 7　不同配比骨料的烧结微观形貌

Fig.7　SEM image of aggregate sintering with different ratio



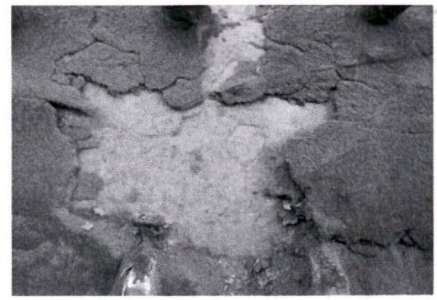


图 8　铸件外观

Fig.8　Appearance of casting

3 结论

(1)325 目锆英粉与 325 目白刚玉粉配比为 70:30，烧结温度 1 400 ℃时，骨料烧结抗压强度为 0.522 MPa。

(2)325 目锆英粉与 200 目白刚玉粉配比在 20:80 时，烧结情况最为明显，颗粒之间较为紧实，空隙较少，烧结抗压强度为 0.931 MPa，达到了铸造涂料的要求。

(3)325 目锆英粉与 200 目白刚玉粉配比在 20:80 时制备的涂料波美度适中，24 h 悬浮性好，涂层强度高，发气量低，高温抗爆裂性能好，具有较好物化性能。生产实践表明铸件与涂层容易剥离，效果良好。

参考文献：

[1] 王桂华. 铸钢件用醇基复合涂料的研究 [J]. 铸造，2000(49)：279-281.

[2] 屈银虎，高义民，邢建东，等. 膏状锆英粉涂料的研制及其在厚大铸钢件上的应用[J]. 热加工工艺，2002(4)：51-52.

[3] 刘旭麟，刘顺华，温斌，等. 新型自剥落醇基浅色铸铁涂料的研究[J]. 铸造，2010(59)：891-894.

[4] 李世平，刘冬梅，牡向才，等. 新型纳米分散剂提高醇基涂料悬浮稳定性的研究[J]. 铸造，2002(51)：167-169.

[5] 杨哲，汪磊. 铸钢用水基消失模铸造涂料研究 [J]. 铸造，2018(67)：1076-1079.

招贤纳士

襄阳聚力新材料科技有限公司

一、招聘销售工程师

任职要求：

1. 本科及以上学历，铸造、耐火材料、冶金、有色金属专业，熟悉二维、三维绘图软件者优先考虑。
2. 2 年以上铸造行业耐火材料销售或铸造涂料销售经验者。
3. 2 年以上铸造行业用中频炉或压铸行业工业炉销售经验者。
4. 2 年以上铸造行业铁合金生产或销售经验者。
5. 2 年以上耐火材料技术研发或产品应用经验者。
6. 2 年以上铸造涂料技术研发或产品应用经验者。
7. 2 年以上有在铸造厂工作经验，对中频炉熔炼或造型工艺熟悉者。
8. 在压铸厂或铝厂工作 2 年以上，对有色金属铜铝熔炼工艺流程熟悉者。

二、招聘销售经理

任职要求：

1. 大专及以上学历，铸造、耐火材料、冶金、有色金属专业，熟练掌握办公软件，懂产品市场宣传，营销策划者优先考虑。
2. 5 年以上铸造行业耐火材料销售、铸造涂料或类似工业品销售经验者。
3. 5 年以上铸造行业用中频炉或压铸行业工业炉销售经验者。
4. 性格外向，诚信可靠，乐观向上，抗压力强。
5. 逻辑思维清晰，做事干净利落，工作效率高。
6. 善于多部门或多层次沟通协调。

三、销售助理

任职要求：

1. 男性，30 岁以下，本科学历，身体健康，适合经常出差。
2. 性格外向，诚信可靠，乐观向上，抗压力强。
3. 逻辑思维清晰，做事干净利落，工作效率高。
4. 善于多部门或多层次沟通协调。

有意向者请将简历发送至邮箱 wuhaiyan@xyjllc.com