

砂型和表面涂层对 ZL702A 合金组织和力学性能的影响

毛郭灵¹ 杨晨帆¹ 李宇飞² 李泽华² 王根全¹ 周海涛¹
[1.中国北方发动机研究所(天津); 2.沈阳铸造研究所有限公司]

摘要 利用金相显微镜和室温拉伸试验研究了砂型和表面涂层对 ZL702A 合金组织和力学性能的影响。结果表明,金属型铸型的综合力学性能最好,派普树脂砂铸型的综合力学性能最差,呋喃树脂砂铸型的综合力学性能与铬铁矿砂型的相差不大。考虑到工业化成本,采用呋喃树脂砂。醇基刚玉粉涂料涂层砂铸型的表面粗糙度最高,存在一些夹渣缺陷,醇基锆英粉涂料和醇基石英粉-石墨粉涂料涂层铸型的表面光洁度差别不大,3 种涂层合金的显微组织差异较小。醇基石英粉-石墨粉涂料涂层铸型的综合力学性能最高,醇基刚玉粉涂料涂层铸型的综合力学性能最低。

关键词 ZL702A;砂型;表面涂层;铸造;综合力学性能

中图分类号 TG166.3;TG146.21 **文献标志码** A

DOI:10.15980/j.tzzz.2023.08.027 **开放科学(资源服务)标识码(OSID):**



Effects of Sand Molds and Coatings on Microstructure and Mechanical Properties of ZL702A Alloy

Mao Guoling¹, Yang Chenfan¹, Li Yufei², Li Zehua², Wang Genquan¹, Zhou Haitao¹
[1.China North Engine Research Institute (Tianjin); 2.Shenyang Foundry Research Institute Co., Ltd.]

Abstract: Effects of sand molds and coatings on microstructure and mechanical properties of ZL702A alloy were investigated by metallographic microscope and tensile test at room temperature. The results indicate that the comprehensive mechanical properties of metal mold casting are desirable, while those of the piper resin sand mold casting are the worst, and the comprehensive mechanical properties of the furan resin sand mold casting are similar to those of the chromite sand mold. Therefore, furan resin sand was adopted considering the industrial cost. The surface roughness of sand mold casting with alcohol based corundum powder coating is the worst with slag inclusion defects, and surface roughness of casting with alcohol based zircon powder coating has little difference to those of that with alkyl stone power graphite powder coating. The difference between three kinds of coating alloys can be ignored. The comprehensive mechanical properties of casting with alkyl stone power graphite powder coating are desirable, while those of that with alcohol based corundum powder coating are the lowest.

Key Words: ZL702A, Sand Mold, Coatings, Casting, Comprehensive Mechanical Properties

ZL702A 合金具有优异的铸造性能、高的比强度、低的线膨胀系数等,被广泛应用于汽车制造领域,如内燃机机体、气缸盖等^[1-3]。砂型和涂料是保证铸件合格率的关键因素之一,一直以来受到研究者密切关注^[4-6]。

余洛生等^[7]研究了呋喃树脂加入量和固化剂含量对其收缩性的影响。李健^[8]研究表明,选用铬铁矿砂可解决很多铸造质量问题。张林等^[9]研究了醇基白刚玉/锆英粉复合涂料的高温性能。姜常鸣^[10]研究表明,石墨-石

收稿日期:2022-11-02;**修改稿收到日期:**2023-04-12
第一作者简介:毛郭灵,男,1994 年出生,助理研究员,天津(300400),E-mail:maoguoling@ 163.com
引用格式:毛郭灵,杨晨帆,李宇飞,等. 砂型和表面涂层对 ZL702A 合金组织和力学性能的影响[J]. 特种铸造及有色合金,2023,43(8):1 149-1 152.
MAO G L, YANG C F, LI Y F, et al. Effects of sand molds and coatings on microstructure and mechanical properties of ZL702A alloy[J]. Special Casting & Nonferrous Alloys, 2023, 43(8):1 149-1 152.

[12] 夏盛来.基于工程应用的有限元网格划分研究[J].飞机设计, 2008, 28(4): 10-13.

[13] 潘宪曾.压铸模设计手册[M].北京:机械工业出版社, 1998.

[14] 周友松,李远超,熊英.镁合金压铸工艺改善[J].金属加工(热加工), 2015, 19(11): 56-58.

[15] BHASKAR M, ANAND G, NALLUSWAMY T, et al. Die life in aluminium high-pressure die casting industries[J]. Journal of The Institution of Engineers, 2022, D103(1): 1-7.

[16] 马文超.压铸模数学模型及测温试验研究[D]. 武汉: 武汉大学, 2016.

[17] 王伟,周研,屈晓阳,等.基于 ProCAST 的 40CrNiMo 金属型铸造微观组织分析[J].铸造, 2019, 68(5): 449-455.

[18] 姜博,姜巍,刘利萍,等.基于数学形态学方法的镁合金 AM50 压铸组织的定量金相分析[J].中国体视学与图像分析, 2016, 21(3): 292-297.

英粉双层涂料能有效防止粘砂。合理应用砂型和涂料能显著提高铸件的合格率,而目前对内燃机气缸盖用 ZL702A 合金铸件砂型和涂料种类的系统研究报道较少,因此本研究考察砂型和表面涂层对 ZL702A 合金组织和力学性能的影响,旨在促进 ZL702A 合金的工业化使用并提高气缸盖铸件的合格率。

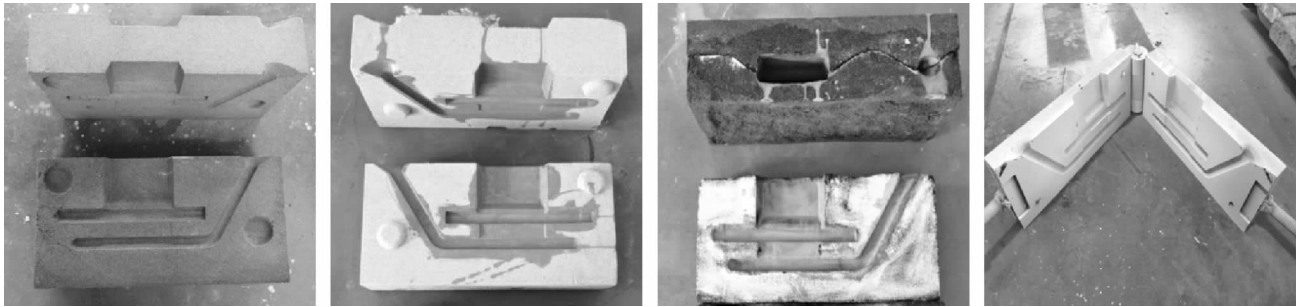
1 试验材料及方法

利用常用的铸造 Al-Si 合金熔炼方法对 ZL702A 合金进行熔炼。采用 5800VDV 型直读光谱仪测定合金的实际成分,见表 1。在不同种类的铸型中浇注试

样,分别为呋喃树脂砂型、派普树脂砂型、铬铁矿砂型和金属型,见图 1。在确定铸型后研究不同的表面涂层对合金组织和力学性能的影响。涂料分别为醇基锆英粉涂料、醇基刚玉粉涂料和醇基石英粉-石墨粉涂料,见图 2。利用 BX53MRF-S 金相显微镜观察合金的组织,试样利用标准金相制样的方法进行制备。合金的拉伸试验根据 GB/T 228-2010 的规定执行。

表 1 ZL702A 合金的化学成分

Tab.1 Chemical composition of ZL702A alloys %						
w _B						
Si	Cu	Mg	Fe	Ti	Mn	Al
7.60	1.50	0.35	0.10	0.12	0.12	余量



(a) 呋喃树脂砂型 (b) 派普树脂砂型 (c) 铬铁矿砂型 (d) 金属型

图 1 不同种类的铸型

Fig.1 Different types of molds



(a) 醇基锆英粉涂料涂层 (b) 醇基刚玉粉涂料涂层 (c) 醇基石英粉-石墨粉涂料涂层

图 2 不同种类涂料的涂层

Fig.2 Coatings with different coating

2 试验结果与分析

2.1 不同铸型对铸件组织和性能的影响

图 3 为不同铸型重力铸造 ZL702A 合金微观组织。可以看出,ZL702A 合金的组织主要为初生 α -Al 晶粒和共晶 Si。金属型铸造的初生 α -Al 晶粒尺寸比其他铸型细小,且二次枝晶的数量比其他铸型少;金属型铸造的共晶 Si 相比其他 3 种铸型的更致密,尺寸更小。呋喃树脂砂型、派普树脂砂型和铬铁矿砂型铸造的初生 α -Al 晶粒的形貌及尺寸和共晶 Si 的形貌及尺寸相差不大。相比于呋喃树脂砂型、派普树脂砂型和铬铁矿砂型 3 种砂型铸造,金属型铸造的铸型冷却速率快,导致初

生 α -Al 晶粒和共晶 Si 的尺寸更小^[11-13],因此金属型铸造的初生 α -Al 晶粒和共晶 Si 的尺寸小。

图 4 为不同铸型铸造试样的力学性能。由图 4a 可知,金属型试样的抗拉强度最高,为 363.3 MPa,铬铁矿砂型、呋喃树脂砂型次之,为 357.7 MPa 和 352.7 MPa,派普树脂砂型的抗拉强度最低,为 347.7 MPa。金属型试样的屈服强度最高,为 276.3 MPa,呋喃树脂砂型、铬铁矿砂型次之,分别为 275.0 MPa 和 270.0 MPa,派普树脂砂型的屈服强度最低,为 263.0 MPa。由图 4b 可知,金属型试样的伸长率最高,为 7.3%,铬铁矿砂型和呋喃树脂砂型次之,分别为 6.3% 和 5.7%,派普树脂砂型的伸长率最低,为 5.3%。因此,金属型铸造的综合力学性能最好,派普树脂砂型铸造的综合力学性能最差。

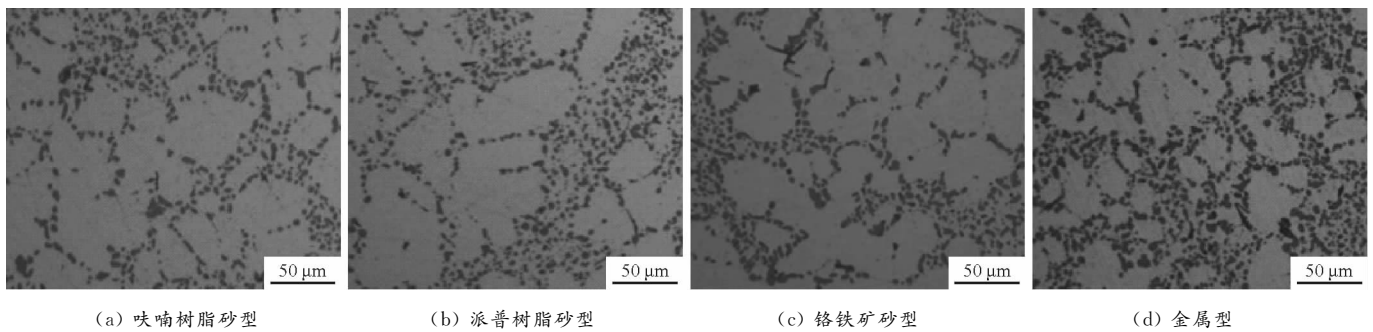


图 3 不同铸型试样的金相照片

Fig.3 Metallographic images of specimens with different mold types

ZL702A 合金常应用于大型复杂结构铸件的制造^[1-3], 如柴油机气缸盖、柴油机机体等, 且这些铸件绝大部分采用砂型铸造。派普树脂砂型铸型的综合力学性能最差, 因此不宜采用。呋喃树脂砂型铸型的综合力学性能与铬铁矿砂型的相差不大, 但铬铁矿砂型制造成本高, 不利于工业化应用, 所以采用呋喃树脂砂型。

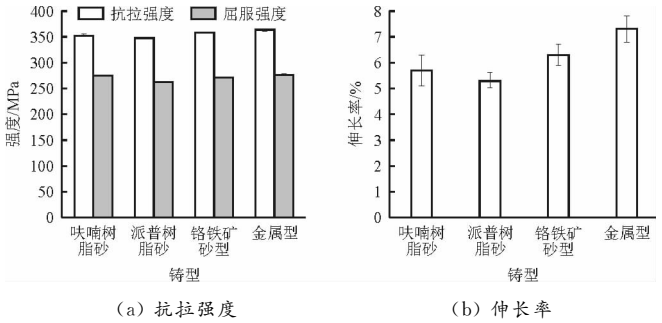


图 4 不同铸型试样的力学性能

Fig.4 Tensile properties of specimens with different mold types

2.2 不同涂层对铸件形貌和性能的影响

图 5 为呋喃树脂砂涂刷不同涂料浇注试棒的表面品质。可以看出, 醇基刚玉粉涂料浇注试样的表面品质最差, 存在一些夹渣缺陷。醇基锆英粉涂料和醇基石英粉-石墨粉涂料的表面粗糙度差别不大, 表面光洁, 无明显缺陷。

图 6 为涂刷不同表面涂料砂型试样的微观组织。可以看出, 涂层的种类对合金的显微组织影响不大。在醇基锆英粉涂料试棒和醇基石英粉-石墨粉涂料试棒中的铸态组织中的 Si 相和 α -Al 枝晶略细于醇基刚玉粉涂料试棒的显微组织。

图 7 为涂刷不同表面涂料砂型试棒的力学性能。由图 7a 可知, 醇基石英粉-石墨粉涂料浇注试样的抗拉强度最高, 为 352.8 MPa, 醇基锆英粉涂料次之, 为 351.5 MPa, 醇基刚玉粉涂料的最低, 为 346.5 MPa。

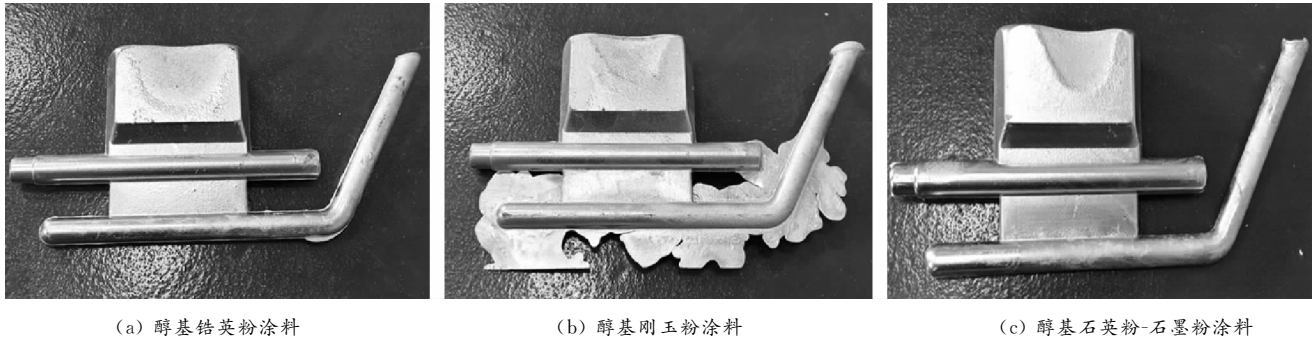


图 5 不同的表面涂层砂型样品的表面质量照片

Fig.5 Surface quality of specimens with different coatings

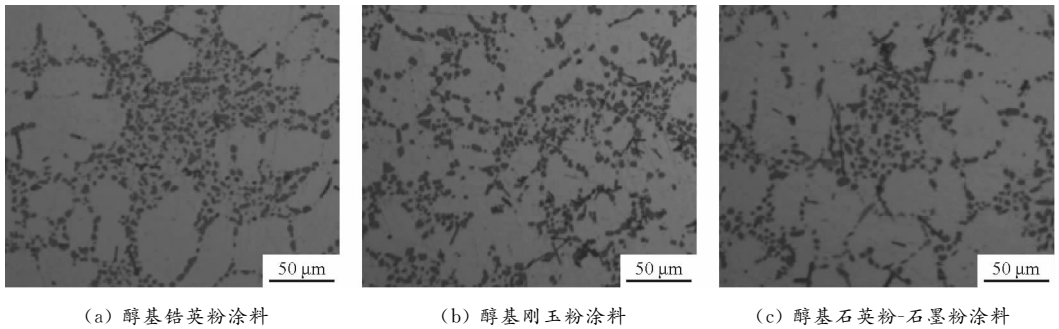


图 6 不同的表面涂层砂型样品的金相显微镜照片

Fig.6 Metallographic images of specimens with different coatings

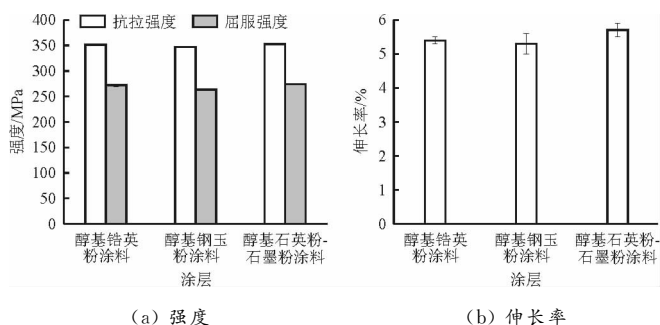


图 7 不同的表面涂层砂型铸型的拉伸性能

Fig.7 Tensile properties of specimens with different coatings

而醇基石英粉-石墨粉涂料浇注试样的屈服强度最高,为 273.8 MPa,醇基锆英粉涂料次之,为 271.5 MPa,醇基刚玉粉涂料的最低,为 263.3 MPa。由图 7b 可知,醇基石英粉-石墨粉涂料浇注试样的伸长率最高,为 5.7%,醇基锆英粉涂料次之,为 5.4%,醇基刚玉粉涂料的最低,为 5.3%。因此,对试棒力学性能的影响方面,醇基石英粉-石墨粉涂料的效果最好,醇基刚玉粉涂料最差。醇基石英粉-石墨粉涂料中石墨具有较好的传热性能,合金在凝固过程中具有较好的传热条件,凝固速度较快,性能较高;醇基锆英粉涂料中锆英粉蓄热系数较大,涂料激冷效果明显,也提高了合金的凝固速度,有利于合金性能的提高;醇基刚玉粉涂料中刚玉粉属于中性材料,激冷效果不如石墨和锆英粉,合金凝固速度较上述两种涂料偏低,合金性能低于上述两种涂层条件下的合金性能。

3 结 论

(1)金属型铸造 ZL702A 合金的综合力学性能最好,派普树脂砂型铸造的综合力学性能最差,呋喃树脂砂型的综合力学性能与铬铁矿砂型的相差不大。考虑到工业化成本,采用呋喃树脂砂。

(2)醇基刚玉粉涂料涂层砂型铸造的表面最差,存在夹渣缺陷。醇基锆英粉涂料和醇基石英粉-石墨粉涂料涂层铸型的表面差别不大。3 种涂层合金的显微组织差异较小。

(3)醇基石英粉-石墨粉涂料浇注试样的综合力学性能最高,醇基刚玉粉涂料涂层铸型的综合力学性能最低。

参 考 文 献

- [1] SJÖLANDER E, SEIFEDDINE S. Artificial ageing of Al-Si-Cu-Mg casting alloys[J]. Materials Science and Engineering, 2011, A528 (24): 7 402-7 409.
- [2] 刘梦鸽,马志军,刘建国,等.稳定化处理对铝硅合金力学及热膨胀性能的影响[J].西安工业大学学报, 2021, 41(1): 67-73.
- [3] AGUILERA-LUNA I, CASTRO-ROMÁN M J, ESCOBEDO-BO-

CARDO J C, et al. Effect of cooling rate and Mg content on the Al-Si eutectic for Al-Si-Cu-Mg alloys[J]. Materials Characterization, 2014, 95: 211-218.

- [4] 黄天佑.我国砂型铸造工艺与造型材料技术发展回顾[J].铸造, 2002, 51(5): 257-261.
- [5] 樊自田,吴和保,李继强,等.镁合金真空低压消失模铸造的技术特征与实践[J].特种铸造及有色合金, 2006, 26(1): 39-42.
- [6] 宋春梅,吉善利,遇培伟.树脂砂型(芯)涂料的研究[J].铸造技术, 1998(1): 43-45.
- [7] 余洛生,刘丰,刘丽敏,等.3D 打印呋喃树脂砂型收缩性能研究[J].铸造, 2022, 71(5): 614-618.
- [8] 李健.铬铁矿砂在铸件生产中的应用[J].金属加工(热加工), 2016 (9): 6-7.
- [9] 张林,周百能,吴协正,等.醇基白刚玉/锆英粉复合涂料高温性能的研究[J].铸造技术, 2020, 41(12): 1 134-1 138.
- [10] 姜常鸣.用石墨-石英粉双层涂料防止特大球铁件粘砂[J].铸造技术, 1984(5): 17.
- [11] 江峻,黄诗鑫,王连登,等.冷却速率对 Al-20Si 合金 Si 相形貌及性能的影响[J].材料研究学报, 2019, 33(4): 291-298.
- [12] 余海洋,刘畅,杨宏韬,等.冷速和热处理对 Al-Si-Cu-Mg-Ni 合金组织和性能的影响[J].特种铸造及有色合金, 2014, 34(5): 545-549.
- [13] 席晓,王慧萍,张敏,等.不同冷却条件和 B 含量对近共晶 Al-13Si 合金凝固组织的影响[J].铸造, 2007, 56(8): 789-793.

(编辑:栗万仲)

《特种铸造及有色合金》征稿启事

《特种铸造及有色合金》杂志是中国科学技术协会主管,中国机械工程学会铸造分会和武汉机械工艺研究所共同主办的全国性科技期刊,是对国内外公开发行的中文核心期刊,中国科技论文统计与分析用刊,SA、CA、MA、AJ、Scopus 等国内外权威数据库及检索系统收录期刊,并获得全国优秀科技期刊一等奖、国家期刊奖、新中国 60 年有影响力的期刊、湖北省十大有影响力的自然学术期刊等。

本刊面向国内外广大科技工作者征稿,征稿内容包括:各种(黑色和有色合金)特种铸造方法、各种有色合金及复合材料的成形理论、工艺、设备、材料、测试与控制、计算机应用等方面的科技成果、生产技术和现场经验,此外还包括各相关学科和交叉学科,如挤压铸造(液态模锻)、半固态加工、新能源材料、电子封装、高熵合金、非晶合金(金属玻璃)、焊合、粉末冶金、合金化、热处理、表面处理等方面的学术和技术研究成果等。

特种铸造及有色合金杂志社(武汉)有限公司

地址:武汉市江岸区九万方路 26 号

邮编:430019

电话:027-85358206,85486024

传真:027-85358127

投稿网址:www.special-cast.com

邮箱:tzzz@special-cast.com

