DOI:10.16410/j.issn1000-8365.2021.04.005

激光选区烧结覆膜砂后处理工艺的研究

赵锦龙,左　巍,曲宝福
(内蒙古工业大学 工程训练中心,内蒙古 呼和浩特 010051)

摘　要:激光选区快速成型机直接烧结覆膜砂抗拉试样,测试试样在不同后处理保温温度下抗拉强度,利用扫描电镜观察了试样的表面和断口形貌。结果表明,最佳的后处理为保温温度 240 ℃,保温时间 15 min。

关键词:激光选区烧结;覆膜砂;后处理
中图分类号: TG221　　**文献标识码**:A　　**文章编号**:1000-8365(2021)04-0267-03

Research on Post-treatment Process of Selected Laser Sintering Coated Sand

ZHAO Jinlong, ZUO Wei, QU Baofu
(Engineering Training Center, Inner Mongolia University of Technology, Hohhot 010051, China)

Abstract: The tensile strength of coated sand samples was tested at different post-treatment temperatures. The surface and fracture morphology of the samples were observed by scanning electron microscopy (SEM). The results show that the optimal post-treatment temperature is 240 ℃for 15 minutes.

Key words: selected laser sintering; coated sand; post-processing

激光选区技术烧结覆膜砂直接制造铸型(芯)已经广泛应用于小批量零件制造和试生产,特别是应用在新产品研发阶段,可避免试制模具开发,缩短产品开发周期,从而降低企业的研发成本[1-2]。因此,烧结完毕的覆膜砂铸型应该有很高的精度确保浇注完成后铸件的精度,来满足铸件使用功能要求。同时,覆膜砂铸型(芯)也应该有足够的强度确保浇注过程中铸型(芯)完整,不受损坏。激光选区烧结完毕的铸型,内部还存在大量未固化的砂粒,激光光斑以一定的扫描速度扫过覆膜砂时,加热的时间较短,砂粒表面的酚醛树脂没有充分的时间吸收热量,烧结后的铸型(芯)因初始强度太低并不能满足浇注的要求[3]。经过烘干箱的保温后处理,覆膜砂铸型(芯)的强度极大的提高,也可挥发掉铸型(芯)中的水分和气体,避免在浇注时铸件的卷气。

1　试验材料及设备

1.1　试验材料与设备

实验材料选用北京奇想达新材料有限公司生产的“奇想”牌铸钢用 QXG 系列覆膜砂。实验设备选用日本日立公司生产的型号为 S-3400N 的扫描电子显微镜,无锡市三峰仪器设备有限公司的 XQY-Ⅱ智能型砂强度机,北京隆源公司 AFS-320 激光选区烧结成型机。

1.2　实验设计

为得到覆膜砂试样在不同温度下的抗拉强度。利用激光选区烧结成型机烧结几何尺寸为 22.36 mm×11.18 mm 的“8”字形抗拉试样,在不同的保温温度下(150、180、210、240、270、300、330 ℃),选取保温固化时间 15 min 烘干试样。试样冷却后,用 XQY-Ⅱ智能型砂强度机测量其抗拉强度。获得覆膜砂的抗拉强度与保温温度的关系如图 1 所示。利用扫描电子显微镜观察分析经喷金处理后的覆膜砂试样表面、断口。

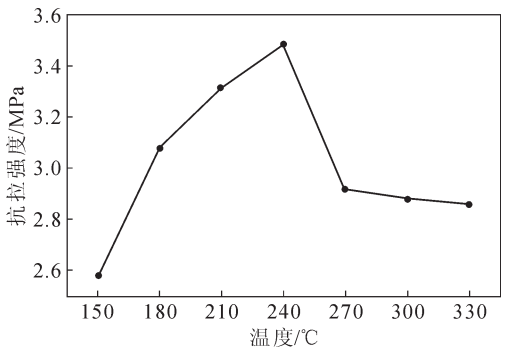


图 1 不同保温温度下试样的抗拉强度
Fig.1 Tensile strength of samples at different holding temperatures

收稿日期:2021-02-10
基金项目:内蒙古工业大学科学研究基金(RZ1800007729)
作者简介:赵锦龙(1981—),内蒙古乌兰察布人,硕士,讲师.研究方向:增材制造.电话:18047120040,
Email:346507037@qq.com

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

2 试验结果及分析

2.1 试样抗拉强度分析

通过图 1 分析可得,试样抗拉强度在 240 ℃达到最大值 3.48 MPa,随温度的升高,试样抗拉强度急剧下降。覆膜砂表面覆盖的酚醛树脂是由苯酚和甲醛按一定比例缩合而成的,加入硬化剂乌洛托品补充酚醛树脂分子间连接苯酚的氮原子键或次甲基,可使酚醛树脂在受热时由线性转变为体型结构[4-5]。保温温度小于 240 ℃时,砂粒表面树脂与硬化剂反应不充分,保温温度越低,砂粒表面未固化的树脂越多,体型结构酚醛树脂含量越少,试样抗拉强度较低。当温度大于 240 ℃,部分体型结构酚醛树脂开始发生分解和炭化,试样的抗拉强度急剧下降。酚醛树脂与乌洛托品的反应会生成的反应物一般为黄色,结合图 2 分析可知,随着保温温度逐渐升高,试样外观颜色明显变化,由淡黄色到黄色表明酚醛树脂与乌洛托品的反应也逐渐变的充分[6],深褐色表明酚醛树脂开始发生分解和炭化。因此从外观颜色上也可判断试样在后处理保温温度下固化程度。

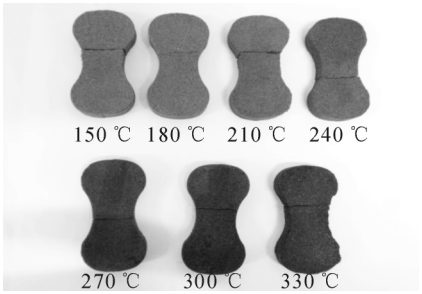


图 2 在不同保温温度下试样颜色变化
Fig.2 Color changes of samples at different holding temperatures

2.2 试样表面扫描分析

从原砂表面扫描电镜图 3(a)可以看出未经过加热的覆膜砂粒的原始状态,砂粒分散分布,表面的白色覆着物为固化剂乌洛托品。在 150 ℃保温温度下,如图 3(b)所示,砂粒的树脂膜少量熔化,部分砂粒通过树脂颈粘结在一起,表面树脂膜未融化的砂粒较多,保持着最初的状态。随着温度逐步升高到 180、210 ℃时,树脂膜大量的熔化,粘结砂粒的树脂颈也

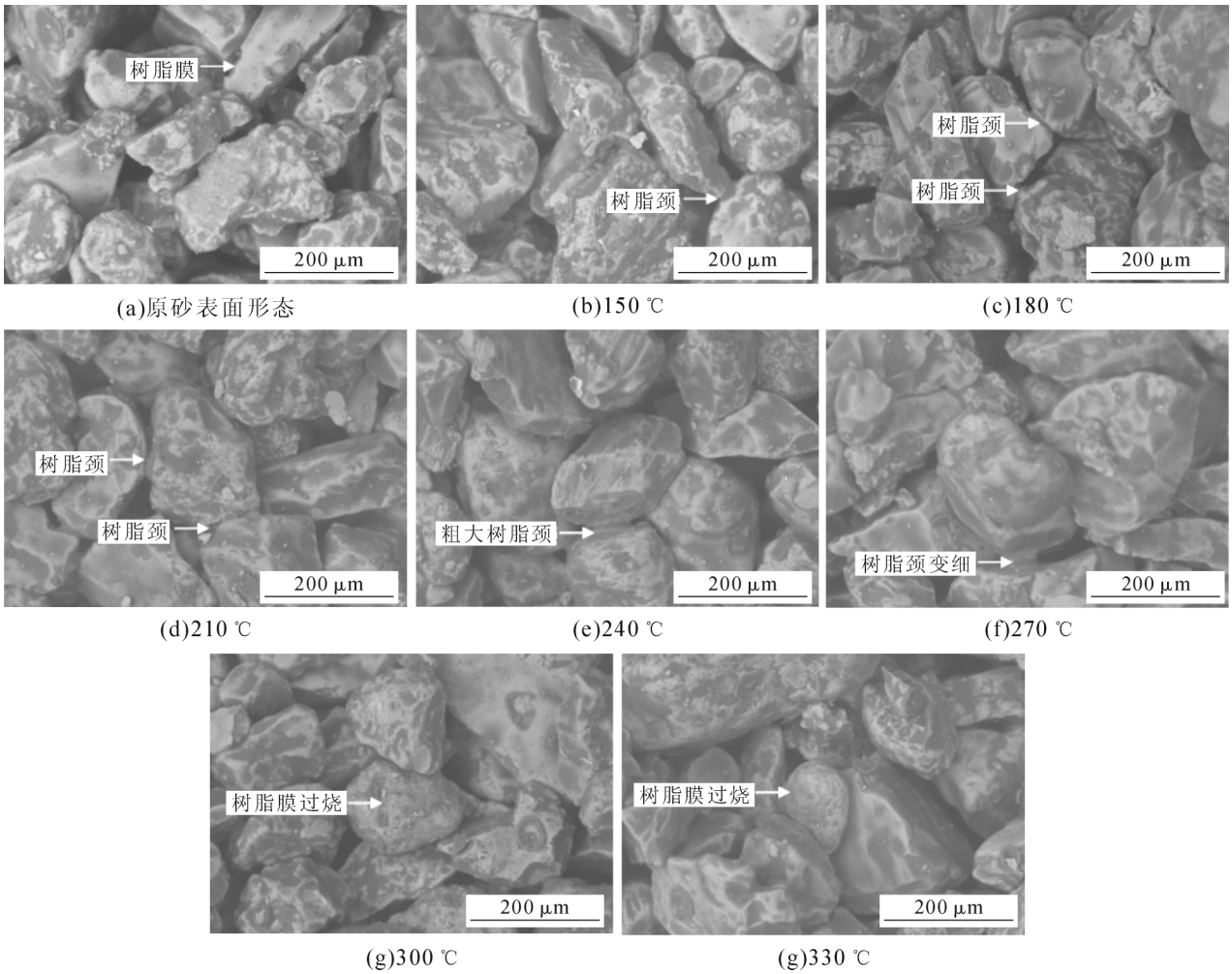


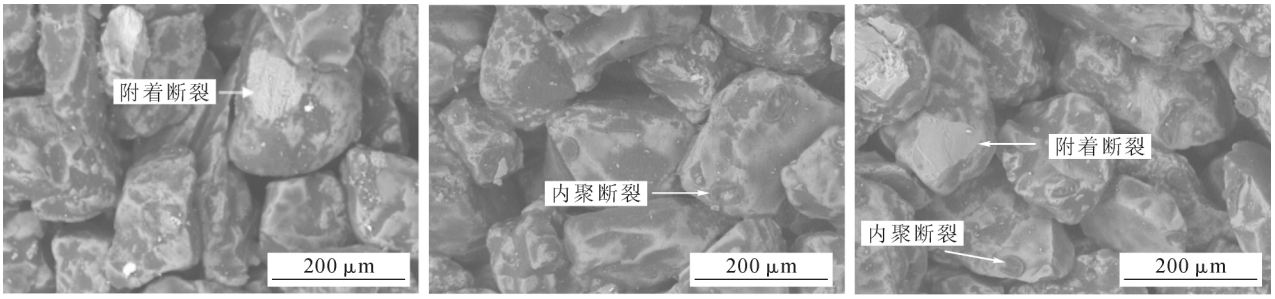
图 3 在不同保温温度下试样表面形态
Fig.3 Surface morphology of samples at different holding temperatures

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

在逐渐的增多。当温度达到 240 ℃时，如图 3(e)所示，砂粒表面的树脂膜大量融化，与砂粒很好的浸润在一起，砂粒之间通过粗大树脂颈牢固结合，覆膜砂试样抗拉强度最高。保温温度升高到 270、300 ℃时，如图 3f、图 3g 所示，酚醛树脂因过高的温度分解、炭化，导致粘结砂粒的树脂颈变细。粘结砂粒的部分酚醛树脂由体型结构转变为线性结构，试样抗拉强度降低。保温温度继续升高 330 ℃，如图 3(h)所示，粘结砂粒树脂颈过烧炭化程度加重，导致抗拉强度急剧降低。

2.3　试样断口扫描分析

断裂方式主要以内聚断裂、附着断裂、复合断裂（指内聚断裂和附着断裂的两种形式的复合）为主[7]。通过对试样的断口扫描电镜图分析，可知断裂方式主要是以复合断裂方式为主。在不同的保温温度下，内聚断裂和附着断裂所占的比例有明显差别。通过保温温度的控制可以调整附着断裂或内聚断裂所占比例。当试样在较低的保温温度 150、180、210 ℃下，线性结构酚醛树脂未充分向体型结构转变，断裂发生在砂粒和树脂的覆膜处，即附着断裂。分析试样断口扫描电镜图 4(a)，试样断裂时表面覆盖树脂膜呈现撕裂状态，部分砂粒树脂膜从表面撕落，试样的强度较低。保温温度升高到 240 ℃时，酚醛树脂充分的熔化，与砂粒表面牢固粘合，酚醛树脂与添加剂的反应充分，体型结构酚醛树脂比例较多，断裂多发生在粗大的树脂颈处，断裂方式为典型内聚断裂，图 4(b)所示，试样抗拉强度有显著提高。保温温度升高到 270 ℃，由于树脂膜严重的过烧和炭化，局部出现附着断裂，图 4(c)所示。保温温度继续升高到 300、330 ℃粘结砂粒的树脂颈消失，抗拉强度急剧的下降。



(a)150 ℃　(b)180 ℃　(c)210 ℃

图 4　试样的断口形态

Fig.4　Fracture morphology of sample

3　结论

通过保温后处理，覆膜砂铸型(芯)强度可以极大的提高，最佳的后处理保温温度是 240 ℃，保温时间 15 min，为防止覆膜砂铸型(芯)铸型(芯)炭化，后处理温度不宜超过 270 ℃。

参考文献：

[1] Meet Upadhyay, Tharmalingam Sivarupan, Mohamed El Mansori. 3D printing for rapid sand castingA review[J]. Journal of Manufacturing Processes, Society of Manufacturing Engineers, 2017, 29, pp.211- 220.

[2] G Casalino, L A C De Filippis, A Ludovico. A technical note on the mechanical and physical characterization of selective laser sintered sand for rapid casting [J]. Journal of Materials Processing Technology Volume 166, Issue 1, 15 July 2005, Pages 1-8.

[3] 樊自田，黄乃瑜，宋象军. 提高 SLS 覆膜砂铸型(芯)强度的措施[J]. 特种铸造及有色合金，1999(2)：3-6.

[4] 张伟民. 热塑性酚醛树脂覆膜砂的研究进展[J].高分子学报，2004(3)：99-105.

[5] 樊自田，黄乃瑜. 选择性激光烧结覆膜砂铸型(芯)的固化机理[J]. 华中科技大学学报，2001，29(4)：60-62.

[6] 杨力. 覆膜砂选择性激光烧结材料及成形工艺的研究[D]. 武汉：华中科技大学硕士学位论文，2006.

[7] 张浩然. 覆膜砂用树脂的性能检测和提高覆膜砂强度的研究[D]. 武汉：华中科技大学硕士学位论文，2004.

杭州文特机电有限公司

热处理炉、加热炉、工业自动化工程、环保节能工程、机电设备的设计、制造、加工、安装、技术开发、技术咨询、技术服务。工业自动化设备、仪器仪表、工业炉窑配件、计算机等的生产、批发、零售。



地址：杭州市西湖区万塘路 262 号 6 号楼 5-65 室
厂址：长兴县林城镇午山岗开发区
联系人：丁为兵
电话：15088362822
传真：0572-6087688
邮箱：dwb150@163.com

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net