

铸铁零件电弧喷涂前的喷砂预处理工艺研究

马跃进, 郝建军, 马爱军, 张建华

(河北农业大学)

摘要: 应用二次旋转组合试验进行试验设计, 建立了喷砂距离、喷砂压力、喷砂角度与涂层和基体间结合强度的数学模型。通过降维分析法分析了双因素组合与结合强度之间的关系。结果表明: 选用优化的预处理工艺进行粗化, 可提高电弧喷涂层与基体铸铁的结合强度, 满足一般使用要求。

关键词: 铸铁; 电弧喷涂; 喷砂; 表面预处理工艺

中图分类号: TG174.44

文献标识码: A

文章编号: 100226819(2002)0420078204

利用等离子喷涂在铸铁基体上制备涂层的技术已在机械制造和修复领域中得到了广泛的应用, 但等离子喷涂设备昂贵, 工艺难以推广。西安公路学院的李玉刚^[4]等曾利用喷砂与喷涂过渡层相结合作为铸铁件的表面预处理方法, 取得了较好的效果, 但是该工艺过程较为复杂。迄今为止, 尚无人对铸铁零件喷砂预处理后, 直接利用电弧喷涂制备涂层进行系统的研究。

1 试验因素及试验目标

热喷涂涂层与基体之间结合状况在很大程度上取决于表面预处理后基体的表面状况, 如表面净化和活化程度、表面粗糙度、表面形貌等^[1-3]。喷砂已成为热喷涂涂层制备前最常用的表面预处理方法之一, 它不仅可以达到粗化和净化待喷涂基体表面的目的, 而且还可以为工件提供表面压应力, 从而提高承受交变载荷工件的疲劳强度。

喷砂处理表面是属于无取向的, 是各向异性表面^[5]。对于特定的工件, 喷砂处理后的表面状况受砂粒特性(包括形状、硬度、质量、成分、种类等)和喷砂工艺规范等因素影响。

在喷砂处理过程中, 喷射到工件表面砂粒的能量主要消耗在 2 个方面: 一是用来切削试样表面材料; 二是用来使试样表面发生塑性变形^[6]。喷砂距离、喷砂角度和喷砂气压的不同搭配将导致砂粒能量以及用于切削的分量和用于使材料发生塑性变形的分量的不同, 导致获得的表面状况存在差异。因而最终必将导致以机械结合为主要结合方式的涂层与基体的结合强度也存在差异。为此, 选喷砂压力、喷

砂角度和喷砂距离为试验因素, 涂层与基体间的结合强度为试验目标参数。试验因素变化范围为: 喷砂压力 (X_1), 0.50~0.60 MPa; 喷砂距离 (X_2), 150~210 mm; 喷砂角度 (X_3), 30°~60°。

2 试验材料、设备及方法

2.1 试验材料

试件材料为灰口铸铁, 喷涂材料为 2 mm 的 3Cr13 马氏体不锈钢丝, 试验用砂粒为 G14 激冷钢砂。

2.2 试验设备

采用 CMD2AS21620 型电弧喷涂设备, W22 067 型空气压缩机及油水分离器, 自制射吸式喷砂系统, WE210B 型液压万能材料试验机, E27 胶粘剂。

2.3 试验方法

采用二次旋转组合试验方法进行试验设计^[7,8], 采用对偶试件按照 GB9796288 测试涂层与基体的结合强度, 经过计算分析建立试验因素参数和试验目标参数间的数学模型, 利用降维分析法寻求各试验因素对目标参数的影响规律。

对 3 个试验因素全部实施回归旋转试验, 经过相应变换和因素编码, 测试结果如表 1 所示。

3 结果分析与讨论

对表 1 的数据进行处理, 求出回归方程各因子系数, 通过对各因子系数和回归方程的显著性检验, 可建立如下的二次回归数学模型:

$$y = 21.933 + 3.488x_1 - 5.266x_2 - 1.175x_1x_2 - 1.672x_1^2 - 2.082x_2^2 - 2.099x_3^2 \quad (1)$$

为了更直观地对因素与指标之间的关系进行分析, 采用降维分析法, 即在数学模型式中, 分别将 x_1 、 x_2 、 x_3 固定在 -1、0、1 水平, 求出喷砂距离和喷

收稿日期: 2002201229

基金项目: 河北省科委项目

作者简介: 马跃进, 教授, 保定 河北农业大学机电工程学院, 071001

表 1 试验方案及试验结果
Table 1 Test scheme and results

试验号	X_0	X_1 (喷砂压力)	X_2 (喷砂距离)	X_3 (喷砂角度)	X_1X_2	X_1X_3	X_2X_3	X_1^2	X_2^2	X_3^2	X_1	X_2	X_3	结合强度 MPa
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	D	D	D	12.8
2	1	1	1	-1	1	-1	-1	1	1	1	D	D	D	14.6
3	1	1	-1	1	-1	1	-1	1	1	1	D	D	D	26.7
4	1	1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	1	D	D	D	25.3
5	1	-1	1	1	-1	-1	1	1	1	1	D	D	D	9.2
6	1	-1	1	-1	-1	1	-1	1	1	1	D	D	D	8.5
7	1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	1	1	D	D	D	17.6
8	1	-1	-1	-1	1	1	1	1	1	1	D	D	D	15.3
9	1	A	0	0	0	0	0	C	0	0	E	F	F	22.5
10	1	B	0	0	0	0	0	C	0	0	E	F	F	11.3
11	1	0	A	0	0	0	0	0	C	0	F	E	F	6.2
12	1	0	B	0	0	0	0	0	C	0	F	E	F	25.3
13	1	0	0	A	0	0	0	0	0	C	F	F	E	15.3
14	1	0	0	B	0	0	0	0	0	C	F	F	E	16.1
15	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	F	F	F	22.0
16	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	F	F	F	23.1
17	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	F	F	F	21.8
18	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	F	F	F	21.3
19	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	F	F	F	22.5
20	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	F	F	F	21.3
21	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	F	F	F	22.6
22	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	F	F	F	21.4
23	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	F	F	F	21.8

注: 表中: A = 1.682 B = -1.682 C = 2.828 D = 0.406 E = 2.234 F = -0.594

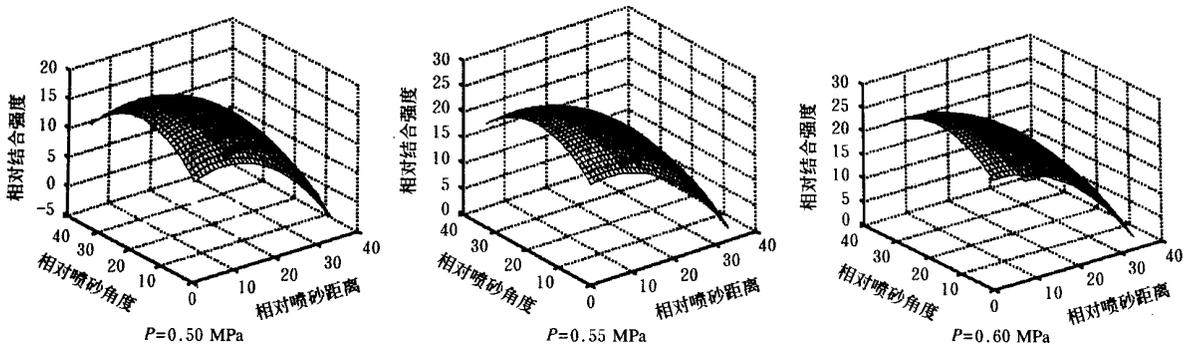


图 1 喷砂距离、喷砂角度二因素组合与结合强度的关系

Fig 1 The relationship among the distance, angle and adhesive strength of grit blasting

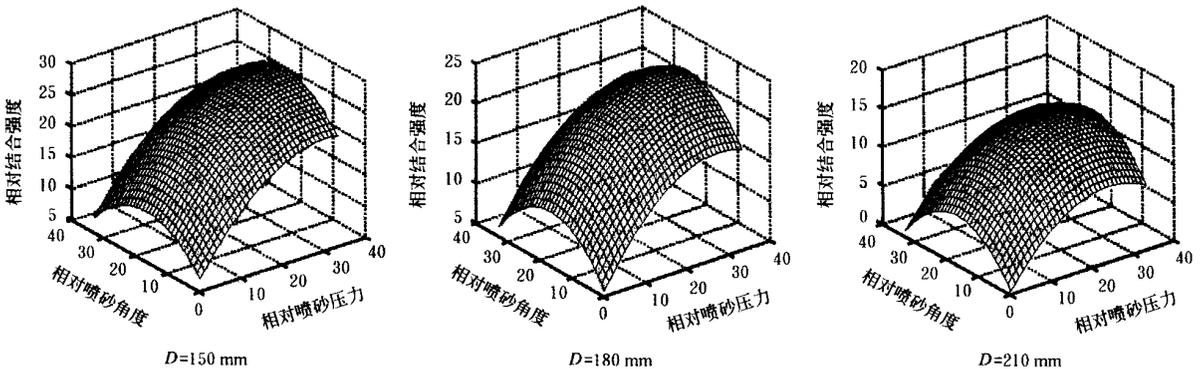


图 2 喷砂压力、喷砂角度二因素组合与结合强度的关系

Fig 1 The relationship among the pressure, angle and adhesive strength of grit blasting

砂角度 2 因素组合、喷砂压力和喷砂角度 2 因素组合、喷砂压力和喷砂距离 2 因素组合与结合强度之间的数学模型, 利用 Matlab5 绘制曲面图, 分别如图 1、图 2、图 3 所示。

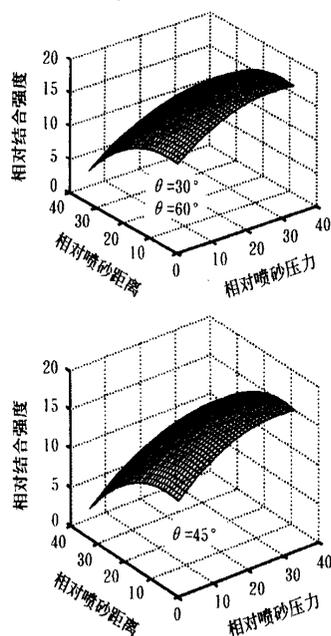


图 3 喷砂压力、喷砂距离二因素组合与结合强度的关系

Fig 1 The relationship among the pressure, angle and adhesive strength of grit blasting

由图 1 可以看出, 在试验参数范围内:

1) 随喷砂角度的变化, 结合强度有一最佳值, 并且该值存在于喷砂角度为零水平点。随喷砂距离的增大, 该最佳值急剧减小, 这说明喷砂距离对结合强度的影响显著;

2) 随喷砂距离的增大, 结合强度的变化趋势是先增大后减小, 在不同的喷砂角度下, 结合强度增大或减小的趋势没有明显的变化, 这说明喷砂角度对结合强度的影响不显著;

3) 在相同的喷砂距离和喷砂角度下, 结合强度随喷砂压力的增大而增大。在大喷砂距离条件下, 结合强度随喷砂压力的升高, 增大的趋势不明显, 而在小喷砂距离下, 这种趋势显著。在相同的喷砂距离下, 结合强度最大值随喷砂压力的不同, 其值有大小之差, 随着喷砂压力的增大, 这种差别越来越不明显, 这说明随着喷砂压力的提高, 喷砂距离对结合强度的影响减弱。

由图 2 可看出, 在试验参数范围内:

1) 无论喷砂压力的大小, 随喷砂角度的变化, 结合强度都有一最大值存在, 并且该值具有以下特点: 存在于喷砂角度为零水平点; 随喷砂距离的不同, 该值有大小之差, 并且总的趋势是随喷砂距离的增大而减小, 但这种差别随着喷砂距离的增大

越来越显著。随喷砂压力的增大先增大而后减小;

2) 无论喷砂角度大小, 随喷砂压力的增大, 结合强度均先增大后减小, 并且增大的速率大, 减小的速率小。这说明: 随着喷砂压力的增大, 喷砂压力对结合强度的影响减弱;

3) 在一定的喷砂压力下, 结合强度随喷砂角度的增大先增大后减小, 但增大和减小的幅度不显著。这说明喷砂角度对结合强度的影响不显著;

4) 在一定的喷砂压力和喷砂角度下, 结合强度随喷砂距离的增大而减小。在不同的喷砂距离条件下, 结合强度随着喷砂压力的变化, 其变化的幅度存在差异。喷砂距离越小, 变化的幅度越大, 喷砂距离越大, 变化的幅度越小。这说明随着喷砂距离的增大, 喷砂压力对结合强度的影响减弱。

从图 3 可以看出:

1) 随着喷砂距离的增大, 结合强度总的变化趋势是先增大后减小, 并且结合强度增大的喷砂距离范围小, 结合强度减小的喷砂距离范围大。在结合强度随喷砂距离增大而减小的喷砂距离范围内, 结合强度随着喷砂距离的增大急剧降低。这是因为: 喷砂距离过小时, 砂粒得不到充分的加速, 对基体的冲刷作用弱, 获得的粗糙度小; 随着喷砂距离的增大, 砂粒到达基体的速度增大, 对基体的冲刷作用增强, 获得的粗糙度增大, 但当喷砂距离达到某一值后继续增大时, 砂粒到达基体时的速度减小, 同时砂粒分散严重, 漏喷明显, 对基体的冲刷作用减弱, 获得的粗糙度减小, 粗糙度的变化而导致结合强度变化。

2) 随着喷砂压力的增大, 结合强度的变化趋势是先增大后减小。结合强度随着喷砂压力增大而增大的范围较大, 且增大的趋势急剧; 结合强度随着喷砂压力的增大而减小的范围较小, 且减小的趋势缓慢。这说明当喷砂压力达到一定的值后, 进一步提高喷砂压力对结合强度的影响效果不明显。

3) 在相同的喷砂距离和喷砂压力下, 结合强度随着喷砂角度的变化有一最大值, 该最大值随着喷砂角度的增大先增大后减小。这说明: 过大或过小的喷砂角度都不利于涂层与基体的良好结合。

4 结 论

1) 建立了喷砂距离、喷砂压力、喷砂角度与结合强度数学模型。

2) 试验结果表明: 在试验因素范围内, 结合强度有最优值, 最大值可达 25 MPa; 在试验设备允许的条件下, 喷砂压力要尽可能接近设备允许的最大值; 喷砂距离和喷砂角度的取值不宜太大或

太小,一般喷砂距离取 180 mm,喷砂角度取 45°。对于铸铁零件,采用喷砂作粗化处理,可以满足电弧喷涂前表面预处理要求,获得的电弧喷涂涂层与铸铁基体间的结合强度可满足一般适用要求。

[参 考 文 献]

- [1] 高荣发 腐蚀与防护全书(热喷涂)[M] 北京:化学工业出版社,1992
- [2] Montavon, Sampath S, Berndt C C, et al Effects of the substrate nature on the splat morphology of vacuum plasma sprayed deposits[A]. Proceedings of International Thermal Spraying Conference [C], Kobe, 1995 365~ 370
- [3] 赵文轸 热喷涂低层处理工艺研究[J] 西安交通大学学报,1997,12: 90~ 95
- [4] 李玉刚,段光远,李全斌 铸铁基材热喷涂前处理的改进[A] 全国热喷涂技术经验交流会论文集[C] 全国热喷涂协作组编,1990 92~ 95
- [5] 朱维翰,赵平顺,陈荣仙编译 金属材料表面强化技术的新进展[M] 北京:兵器工业出版社,1992 109~ 114
- [6] 马世宁,李长青,刘 谦 2 mm 丝材电弧喷涂工艺对结合强度的影响[J] 装甲兵工程学院学报,1999,13(1): 6~ 10
- [7] 高允彦 正交及回归试验设计方法[M] 北京:冶金工业出版社,1988
- [8] 茆诗松,丁 元,周纪芾等 回归分析及其试验设计[M] 上海:华东师范大学出版社,1986

Technology of Grit-Blasting Pretreatment of Iron Cast Parts Before Arc-Spraying

Ma Yuejin, Hao Jianjun, Ma Aijun, Zhang Jianhua

(College of Mechanical and Electrical Engineering, Hebei Agricultural University, Baoding 071001, China)

Abstract: An investigation was carried out on iron cast with quadratic regression rotary combination test. The mathematical model which characterizes the relationship among parameters of grit-blasting, i.e., distance, pressure and angle, and adhesive strength was established. The influence of dual factor combination on adhesive strength was studied by dimension decreasing standard analysis. Results show that, there is an optimum value of adhesive strength on scope of test parameters; the pressure should be as high as possible; it is improper that the distance and angle are too higher or too lower; the technology of grit-blasting could greatly meet the demand of surface pretreatment for arc-spraying.

Key words: iron cast; arc-spraying; grit-blasting; surface pretreatment technology