

田口方法在蓄能发光陶瓷制造工艺中的应用

Application of Taguchi Methods in the Preparation Techniques of Light-storing Ceramics

葛琦¹, 张俊英¹, 王天民¹, 肖诗唐²

(1 北京航空航天大学 材料物理与化学研究中心,

北京 100083; 2 北京炎坤君技术咨询有限公司, 北京 100078)

GE Qi¹, ZHANG Jun-ying¹, WANG Tian-min¹, XIAO Shi-tang²

(1 Center of Materials Physics and Chemistry, Beihang University, Beijing 100083,

China; 2 Beijing Yankunjun Technology Consulting Co. Ltd., Beijing 100078, China)

摘要: 应用一种先进质量管理理论“田口方法”, 对一种新型建筑装饰材料蓄能发光陶瓷的制造工艺进行优化设计和质量控制, 获得了较高稳定性的制造工艺过程, 其中施釉方式和釉料种类的选取减小了围绕平均值的波动, 其他因素的优化选择则降低了产品成本, 证明了该方法的有效性。

关键词: 田口方法; 蓄光; 质量管理

中图分类号: TB39 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-4381(2009)07-0028-04

Abstract: The advanced quality management theory “Taguchi Methods” was applied to the preparation techniques of light-storing ceramics, a new kind of architectural decorative material, and further to the optimization design and quality control in order to acquire the higher stable process. The fluctuation around the average value was controlled by the ceramics glaze and the manufacture mode of the surface glaze, and at the same time, the appropriate choices for other factors would reduce the cost of product. The effectiveness of the “Taguchi Methods” was tested.

Key words: taguchi method; light-storing; quality management

蓄能发光陶瓷是一种新型环保建筑装饰材料。它颜色多种多样, 品种繁多, 可用于家居卫生间、厨房、客厅、酒吧、咖啡厅等场合的装修镶嵌, 既美化环境, 在夜晚给周围环境带来美丽神奇的发光效果, 增添高雅神秘色彩, 又方便人们的夜间活动, 避免黑暗带来的意外伤害。

在制造蓄能发光陶瓷的工艺中, 我们采用了“田口方法”。“田口方法”, 也称作三次设计(系统设计, 参数设计, 容差设计)^[1], 是在实验设计(DOE)原理的基础上发展起来的, 也是一种统计技术和工程技术相结合的先进质量管理方法, 是企业实施六西格玛管理的核心技术。使用这种方法的优点在于, 它是在不增加成本甚至降低成本的情况下, 缩短新产品研发周期, 突破设计瓶颈或优化过程的一种较迅速、较经济的方法。“田口方法”中, 系统设计是基础, 参数设计是核心, 容差设计是锦上添花^[2], 它实质上是一种“稳健设计”(Robust Design)^[3], 又称健壮设计。美国国防部文件DODI 5000 2 附录中对健壮设计给出了如下定义: “健壮设计是这样一种系统设计方法, 它使所设计的系

统性能对于制造过程中的波动或其工作环境(包括维护、运输和储存)的变化是不敏感的, 而且尽管零部件会漂移或老化, 系统仍能在其寿命内以可以接受的水平维持工作”。因此, “田口方法”对于创新、科研、开发设计、优化过程的科技人员很重要, 我们一旦掌握了这种方法, 则如虎添翼, 从根本上为提高产品质量和优化工艺增加了力量。

本工作应用“田口方法”的优化设计技术, 对蓄能发光陶瓷的制造工艺进行优化设计和质量控制, 获得了较高产品的稳健性制造工艺, 为此类材料的大规模工业生产及应用提供了研究基础。

1 蓄能发光陶瓷制造工艺的系统设计

在采用“田口方法”优化制造工艺之前, 进行了较广泛的理论研究及探索实验^[4,5], 并有望进一步推进生态环境材料的广泛应用^[6,7]。选择合适的体系要具备如下基本条件: 蓄能发光陶瓷要满足基本的发光性能要求; 釉料中不含 Fe, Co, Ni 等使发光粉发光中心

猝灭的元素;表面釉层要外观平整;要满足陶瓷基底的施工要求;要有较好的贮存稳定性等。

2 蓄能发光陶瓷制造工艺的参数设计

2 1 蓄能发光陶瓷的质量特性值

本工作选取蓄能发光陶瓷的外观和初始发光亮度两项参数为需要优化的质量特性值。外观根据室内瓷砖外观要求^[8]和实际经验采用综合评分的方法,分为1~ 10分,1分最差,10最好。蓄能发光材料的主要发

光特性指标为初始发光亮度和余辉衰减时间^[9,10],由于余辉衰减时间的测量较为耗时,所以在能够满足日常夜晚余辉衰减的前提下,本工作主要考察陶瓷材料的初始发光亮度,并用亮度计测量。

2 2 可控因素水平表

可控因素水平表见表1,表1中BJ,SC是两种发光粉的编号,FD,WX,ZB是三种陶瓷釉熔块的编号。

2 3 内表设计

选正交表 $L_{18}(2^1 \times 3^7)$ 安排可控因素正交实验,如表2所示。

表 1 可控因素水平表
Table 1 Different control factors and levels

	A	B	C	D	E	F	G	H
Level	Lum ines cent powder	Thick ness of lum ines cent layer/ cm	Ceramic glaze	Proportion between lum inescent powder and glaze in luminescent layer/(m • m ^{- 1})	Manufacture mode of surface glaze	Thick ness of surface glaze/ cm	Calcination temperature/ °C	Calcination time/ min
1	BJ	0 4	FD	2: 3	Piling	1 0	850	80
2	SC	0 8	WX	1: 1	Spraying	1 5	950	100
3		1 2	ZB	3: 2	Silk printing	2 0	1050	120

表 2 可控因素正交实验表头设计
Table 2 Design of table bar for controllable factors and levels

Column number	1	2	3	4	5	6	7	8
Factor	A	B	C	D	E	F	G	H

2 4 误差因素设计

误差因素水平见表3。

表 3 误差因素水平表
Table 3 Error factors and levels

Level	Error factor
	Location of light+ storing ceramic in the furnace
1	Side
2	Side
3	Middle
4	Middle

蓄能发光陶瓷材料在炉中位置不同,煅烧温度略有差异,据此分析蓄能发光陶瓷材料性能的均匀性。

2 5 实验安排

- (1)按内表 $L_{18}(2^1 \times 3^7)$ 制造18种蓄能发光陶瓷;
- (2)对于每种蓄能发光陶瓷都按照表3做实验,即每种样品有4种数据;
- (3)试样全部做完后,第一,对外观综合评分;第

二,测量初始发光亮度,测量数据见表4。

2 6 实验结果

实验结果见表4。

2 7 信噪比(SN比)的计算

样品外观为望大特性,初始发光亮度在满足余辉衰减时间的前提下也为望大特性;因为样品应该同时满足一定条件,方认为样品合格,所以两者对综合SN比具有相同权重,并将两者SN比分别取绝对值。应用“田口方法”对表4数据处理得各方案外观及初始发光亮度信噪比,如表5所示。

2 8 数据的统计分析

根据方差分析结果(见表6和表7),C、E高度显著,显著因素最优水平为: C_1^{**}, E_1^{**} 。

不显著因素的选取主要基于其它理化性能和成本因素的考虑,可选取 $A_1B_2D_2F_1G_2H_2$ 。

最后确定可控因素最佳工艺为: $A_1B_2C_1D_2E_1F_1G_2H_2$,即选用BJ发光粉与FD釉以1:1混合制成0.8mm厚发光层,随后干堆1.0mm厚表面釉层,最后在950℃炉中煅烧100min。

最初工艺为: $A_1B_2C_1D_2E_2F_2G_1H_3$ 。

表 4 实验结果

Table 4 Result of experiments

Row	Appearance							
	Appearance(y ^A)				Brightness(y ^B) / (mcd • m ⁻²)			
	1	2	3	4	1	2	3	4
1	6	6	6	7	3487	3454	3473	3492
2	5	5	6	5	2943	2997	3081	3026
3	1	1	1	2	1021	1036	1065	1074
4	7	7	8	7	1359	1325	1392	1378
5	2	2	3	2	2052	2007	2116	2064
6	4	5	4	5	3364	3407	3315	3439
7	8	9	9	9	4261	4208	4214	4253
8	4	5	5	4	2340	2313	2308	2335
9	1	1	2	2	1326	1381	1339	1320
10	3	3	4	3	2774	2719	2713	2795
11	7	7	7	8	2116	2147	2183	2207
12	5	5	5	4	2213	2164	2285	2221
13	5	5	5	6	2371	2369	2483	2476
14	6	7	6	7	2465	2438	2547	2598
15	5	4	5	5	2506	2472	2461	2482
16	6	6	7	6	2758	2794	2739	2746
17	4	3	3	4	2413	2421	2494	2467
18	5	6	6	5	1452	1445	1411	1479

表 5 信噪比(SN 比)数据表

Table 5 SN ratio of appearance and Luminescence intensity

Experiment number	Appearance η_1	Brightness η_2	Com positive SN ratio $\eta_y = \eta_1 + \eta_2$
1	15.86	70.82	86.68
2	14.32	69.57	83.90
3	0.90	60.41	61.31
4	17.16	62.69	79.85
5	6.67	66.27	72.94
6	12.90	70.58	83.48
7	18.81	72.53	91.34
8	12.90	67.32	80.23
9	2.04	62.55	64.59
10	10.05	68.79	78.83
11	17.16	66.70	83.86
12	13.41	66.93	80.33
13	14.32	67.69	82.01
14	16.18	67.99	84.17
15	13.41	67.89	81.30
16	15.86	68.82	84.68
17	10.61	67.78	78.39
18	14.70	63.20	77.90

2.9 新工艺设计的质量收益

取 2 个显著因素的最佳工艺条件平均增益为

$$\eta_{\text{opt}} = T + (C - T) + (E_1 - T) = 79.77 + (503.39/6 - 79.77) + (507.45/6 - 79.77) = 88.70$$
(1)

$$\eta_{\text{ini}} = T + (C_2 - T) + (E_2 - T) = 79.77 + (483.49/6 - 79.77) + (490.28/6 - 79.77) = 82.52$$
(2)

采用优化工艺后的增益为:

$$\eta_{\text{opt}} - \eta_{\text{ini}} = 88.70 - 82.52 = 6.18$$
(3)

采用优化工艺后,成本增加较少,而质量损失却可大幅度降低。

$$\frac{L_{\text{opt}}}{L_{\text{ini}}} = \frac{\sigma_{\text{opt}}^2}{\sigma_{\text{ini}}^2} = 10^{-0.618} = \frac{1}{4.15}$$
(4)

3 结论

(1) 经过“田口方法”优化后的蓄能发光陶瓷制造工艺,显著因素是釉料种类和表层釉的施釉方式,择优选取它们,就大大减小了产品的质量波动,即能制造出稳健性产品;其它不显著因素水平的选取则降低了制造成本,因此,本工艺是专业的科学基础理论与质量工程相结合的优良成果。充分说明,“田口方法”是一种产品和工艺开发设计的好方法。

(2) 根据确定的 $A_1 B_2 C_1 D_2 E_1 F_1 G_2 H_2$ 优化工

表 6 SN 比响应表

Table 6 Responsibility for SN ratio

	A	B	C	D	E	F	G	H
T ₁	704 33	474 92	503 39	474 68	507 45	491 13	473 40	477 88
T ₂	731 48	483 76	483 49	488 43	490 28	469 25	497 24	482 52
T ₃		477 13	448 92	472 70	438 08	475 43	465 17	475 40
R	27. 15	8 84	54 48	15 73	69 37	21 88	32 07	7 12
Rank	4	7	2	6	1	5	3	8

表 7 方差分析表

Table 7 F-test values and percentage sum of squares $F_{0.05}(2, 13) = 3. 81, F_{0.01}(2, 13) = 6. 70$

Origin	S	f	V	F	S'	u%
A [△]	40 96	1	40 96			
B [△]	7 05	2	3 53			
C	253 30	2	126 65	7. 62* *	220 04	24 323
D [△]	24 46	2	12 23			
E	435 14	2	217 57	13. 08* *	401 88	44 424
F [△]	42 42	2	21 21			
G [△]	92 48	2	46 24			
H [△]	4 35	2	2 17			
e	216 20	13	16 63		282 73	31 253
T	904 64	17			904 64	100 000

艺进行验证实验,制得的蓄能发光陶瓷综合外观光滑平整,初始发光亮度提高至 5000mcd/m² 左右,余辉衰减时间均达到 14h 以上,产品性能和外观得到了较大提高,产品达到优良,而且产品成本较低,因而工业化生产前景良好。

参考文献

[1] 田口玄一. 实验设计法[M]. 魏熙祿, 王世芳. 北京: 机械工业出版社, 1987.

[2] 王毓芳, 肖诗唐. 质量改进的策划与实施[M]. 北京: 中国经济出版社, 2005.

[3] 陈立周. 稳健设计[M]. 北京: 机械工业出版社, 2000.

[4] 葛琦, 张俊英, 杨春, 等. 长余辉抗菌材料的制备与性能[A]. 2004 年材料科学与工程新进展[C]. 北京: 冶金工业出版社, 2005. 205- 211.

[5] 张俊英, 潘锋, 葛琦, 等. 多功能陶瓷涂层及其制备方法[P]. 中国专利: CN1673190A, 2005.

[6] 张俊英, 葛琦, 潘峰, 等. 蓄能光催化材料[P]. 中国专利: CN1712126A, 2005.

[7] 张俊英, 葛琦, 潘锋, 等. 一种具有净化和美化功能的复合材料[P]. 中国专利: CN1699263 A, 2005.

[8] 中国硅酸盐学会陶瓷分会建筑卫生陶瓷专业委员会. 现代建筑卫生陶瓷工程师手册[M]. 北京: 中国建材工业出版社, 1998. 352.

[9] 肖志国, 罗昔贤. 蓄光型发光材料及其制品[M]. 北京: 化学工业出版社, 2005. 11- 13.

[10] 孙家跃, 杜海燕, 胡文祥. 固体发光材料[M]. 北京: 化学工业出版社, 2003. 565- 569.

基金项目: 教育部新世纪优秀人才计划资助(NCET-06- 0179)

收稿日期: 2008-02-28; 修订日期: 2008- 12-05

作者简介: 葛琦(1977—), 女, 在读博士生, 主要从事发光净化等复合材料的研究. 联系地址: 北京航空航天大学材料物理与化学研究中心(100083), E-mail: geqi@ sina. com. cn

国内首个碳纤维生产基地在吉林建成

我国首个具有自主知识产权的百吨级碳纤维生产基地, 在中国石油吉林石化公司建成并投入生产运行。这标志着我国高性能碳纤维产业化实现新突破。

吉林石化公司为开发我国自主的碳纤维生产技术, 从 20 世纪 80 年代初开始组织技术力量进行研发, 经过 4 次技术攻关, 最终完成了碳纤维的相关技术研发。2002 年, 吉林石化的科技人员在小试研发基础上建成了年产 10 吨的生产装置。2004 年解决了关键生产技术瓶颈, 使得碳纤维的主要性能指标达到了日本 T 300 的碳纤维产品水平。

2008 年 3 月, 吉林石化公司百吨级碳纤维项目正式立项, 6 月开工建设, 用 14 个月的时间完成了全部建设任务。今年 5 月, 百吨级碳纤维装置全面建成投产, 并实现稳定运行, 生产出了合格的高性能碳纤维产品。