

[文章编号] 1004- 0609(2000)03- 0388- 07

彩色热镀锌熔液的优化^①

乐启炽, 崔建忠, 侯春红

(东北大学 材料与冶金学院, 沈阳 110006)

[摘 要] 在热镀锌熔液中添加 Mn, Ti 及 Ni, Ce, Cu 等元素, 通过控制镀液温度及冷却条件, 直接在钢板上获得了绿色、紫色、蓝色、黄色等色彩, 这种多元添加获得的彩色镀锌熔液性能优良; 采用百分制方法成功地对彩色镀锌试样的优劣作出了较好的评价, 并通过正交试验优化了合金的含量, 得到两种最优熔液, 即 $Zn-0.1Mn-0.05Ni-0.01Cu$ 和 $Zn-0.15Ti-0.1Mn-0.1Ce-0.05Ni-0.01Cu$ 。实验验证了正交结果的可靠性。

[关键词] 彩色热镀锌; 熔液; 正交试验

[中图分类号] TG174.443

[文献标识码] A

热镀锌钢铁材料因其优良的耐蚀性和低廉的成本而被广泛应用于国民经济的各个领域^[1]。传统镀锌材料为银灰色, 随着人们审美情趣的增强, 这种单一的色调已经阻碍了热镀锌钢铁材料应用领域的进一步开拓。目前使用的彩色钢板是以热镀锌钢板为基材的有机涂层板。它的缺点是生产工艺设备复杂, 生产周期长, 成本高, 且耐久性、耐候性差^[2]。前人对采用热镀锌工艺直接生产彩色钢板的工艺进行了一些研究, 并取得了一定的进展^[3~10]。本文在添加 Mn 和 Ti 的基础上进一步添加 Ni 和 Cu 及稀土元素 Ce, 以期改善彩色热镀锌液的性能, 从而提高钢板的呈色效果, 并采用正交试验的方法对各种合金的含量进行优化。

1 试验方法

试验选择 Ti, Mn, Ni, Ce 和 Cu 为添加元素, 用 $L_{16}(4^5)$ 正交表配制熔液(如表 1 所示)。添加元素 Mn, Ti, Ce, Ni 用中间合金加入, Cu 则直接加入。试样采用 08Al 钢冷轧板, 其尺寸为 $50\text{ mm} \times 70\text{ mm} \times 1.2\text{ mm}$, 预处理与传统热镀锌基本相同: $80\sim 90\text{ }^\circ\text{C}$ 含 6% 脱脂剂溶液下除油 30 min → 清水冲洗 → 10% 盐酸酸洗 30 min → 清水冲洗 → $60\text{ }^\circ\text{C}$ 含 35% $ZnCl_2 \cdot 3NH_4Cl$ 水溶液助镀 60 s 。试样在炉口稍加预热, 然后扒渣, 露出较新鲜的液面, 浸入试样并保持 1 min 左右, 迅速取出, 然后进行后处理。浸镀温度为 $420\sim 650\text{ }^\circ\text{C}$ 。图 1 为整个操作过程中试样的温度变化示意图。

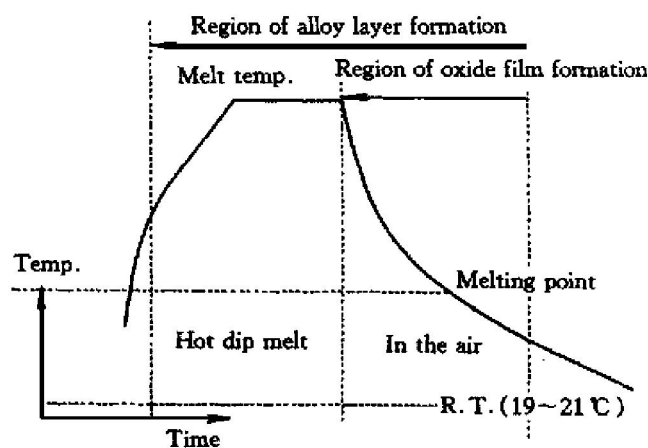


图 1 试样温度变化示意图

Fig. 1 Sketch of variation in temperature of samples

2 实验结果

2.1 各熔液在测试温度范围内的呈色变化

在不同温度的 15 种正交熔液中浸镀的试样在大气中冷却后的最终色彩如表 2 所示。

2.2 对试样外观的综合评价

色彩均匀度、深度及表面粗糙度是彩板外观的最重要指标。对这三项指标作评价时, 所有试样分别以色彩均匀度、色彩深度和表面粗糙度为标准排列并以百分制打分。均匀度越好, 颜色越深和表面粗糙度越低, 所得分数越高。然后计算三者平均值作为试样优劣的评价。三项指标主次顺序为色彩均匀度、颜色深度及表面粗糙度, 用加权办法反映各自的重要性: $(\text{色彩均匀度} \times 2 + \text{色彩深度} \times 1.5 + \text{粗糙度} \times 1) / 3$ 。表 3 为 15 种熔液的评分结果。

① [收稿日期] 1999- 05- 11; [修订日期] 1999- 07- 06

[作者简介] 乐启炽(1968-), 男, 博士。

表 1 正交熔液组成 (质量分数, %)

Table 1 Baths composition during orthogonal test (mass fraction, %)											
No.	Mn	Ti	Ce	Ni	Cu	No.	Mn	Ti	Ce	Ni	Cu
1	0	0	0	0	0	9	0	0.15	0.10	0.20	0.01
2	0.05	0	0.05	0.05	0.01	10	0.05	0.15	0.2	0.1	0
3	0.10	0	0.10	0.10	0.05	11	0.10	0.15	0	0.05	0.50
4	0.30	0	0.20	0.20	0.50	12	0.30	0.15	0.05	0	0.05
5	0	0.05	0.05	0.10	0.50	13	0	0.30	0.20	0.05	0.05
6	0	0.05	0.05	0.20	0.05	14	0.05	0.30	0.10	0	0.50
7	0.10	0.05	0.20	0	0.01	15	0.10	0.30	0.05	0.20	0
8	0.30	0.05	0.10	0.05	0	16	0.30	0.30	0	0.10	0.01

表 2 试样色彩随浸镀熔液的组成和温度的变化

Table 2 Variation of colors on samples with composition and temperature of baths									
No. 2		No. 3		No. 4		No. 5		No. 6	
t/℃	Color	t/℃	Color	t/℃	Color	t/℃	Color	t/℃	Color
607	Pale G with P	614	Y-P	581	Y	635	Y toward G	594	B
592	Pale G with P	605	G	575	Light Y	605	Y toward G	583	B
577	Pale G with P	595	G	565	Light Y	596	Y toward G	572	B
566	Pale P with Y	584	G	553	Pale Y	583	Y P	560	B-P
558	Pale P with pale Y	572	G	540	Pale Y	573	Y-B	548	B-P
550	Light Y	560	G	535	Pale B	561	Y-B	544	P
540	Light Y	547	B-P	530	B toward violet red	548	Y-B	528	Y with P
526	Light Y	535	B-P	520	B toward violet red	537	Light B with Y	515	Local Y
515	Extreme pale B	523	Golden	511	Extreme pale P toward Y	526	Light B	504	Light Y
504	Extreme pale B	511	Pale Y	504	P-Y	512	Light B	499	Light Y
494	Extreme pale B	487	Pale B	496	Light P-Y	508	B-P with Y	492	Light Y
484	Extreme pale P with pale Y	485	B-gray	490	Y toward B	505	Light Y	482	Extreme light Y
472	Extreme pale P with pale Y	474	B-gray	480	Y toward B	501	Pale P-Y	476	Extreme light Y
460	Light Y	466	P-gray	477	Y	495	Pale P-Y	466	Extreme light Y
450	Light Y	456	Lilac P	470	Y	488	P-B with Y		
441	Pale Y	447	Pale Y	465	Y	479	Pale Y		
No. 7		No. 8		No. 9		No. 10		No. 11	
t/℃	Color	t/℃	Color	t/℃	Color	t/℃	Color	t/℃	Color
580	G with P	600	P with G	620	Pale Y	592	Gray-G	620	Pale Y
563	P with Y	592	Y-G	610	Pale Y	580	Gray-G	610	Pale Y toward B
553	P with Y	572	Lilac P with G	600	Pale Y toward B	573	G-P	600	Light B
546	Light Y	582	G with P	590	Light B	565	Gray-G	590	Light B
538	Light Y	561	Violet red with Y	575	B	557	Y-P	575	B
529	Pale B with Y	547	Pale Y toward B	564	Dark B	555	Pale B	564	Dark B
518	B	535	Light B	549	P-B	546	B	549	P-B
507	B-P	527	Light B	540	P	532	B	540	P
495	Pale Y-B	519	B	531	P	517	B	531	P
484	Extreme pale Y	509	P-B	522	P	507	Pale B	522	P
474	Extreme pale Y	501	Y toward P	512	P-Y	497	Dark B	512	P-Y
470	Silvery white toward Y	488	Y	504	Light P-Y	490	Dark B	504	Lilac P-Y
460	Silvery white	478	Y	491	Light Y	478	Pale Y with B	491	Light Y
		469	Y	481	Pale Y	470	Local golden	481	Pale Y
		461	Y	470	Extreme pale Y	466	Local golden	470	Extreme pale Y
No. 12		No. 13		No. 14		No. 15		No. 16	
t/℃	Color	t/℃	Color	t/℃	Color	t/℃	Color	t/℃	Color
608	Dark gray with pale G	593	Dark-G toward B	593	Pale B-gray	618	Dark gray	618	B white with Y
600	Dark gray with pale G	579	Dark-G toward B	585	Pale B-gray	601	Dark gray	609	Pale B white
591	Pale G with P	565	Light B	574	B	589	Dark gray	597	Light B
580	Pale G with P	552	B	563	B	576	Dark gray	584	B
567	Pale G with P-Y	538	Light Y with B	554	B	565	B-gray	570	Dark B
554	Light B with extreme pale Y	526	Light Y	545	Dark B	555	Light B	558	Dark B toward P
542	B with Y	514	Pale Y	535	Light B	545	Light B	546	P toward B
529	Light B with extreme pale Y	497	Pale Y	526	Y with P	533	Pale B	533	P toward B
515	Light B with extreme pale Y	488	Silvery white	514	Light Y	523	Golden with P	521	Light P toward Y
500	Light Y with extreme pale B	479	Silvery white	492	Light Y	513	Golden with P	508	Light P toward Y
480	Light Y with extreme pale B					503	Golden with P	498	Y toward pale P
513	Light Y with extreme pale B					493	Golden with P	485	Y
498	Extreme pale B					483	Light Y	473	Y
485	Extreme pale B					470	Light Y	462	Pale Y

B—Blue, G—Green, Y—Yellow, P—Purple

表 3 经不同熔液浸镀并在空气中冷却的试样评价结果

Table 3 Estimating results of samples dipped in different baths and cooled in air														
No. 2			No. 3			No. 4			No. 5			No. 6		
<i>t</i> /℃	<i>A</i>	<i>W</i>	<i>t</i> /℃	<i>A</i>	<i>W</i>	<i>t</i> /℃	<i>A</i>	<i>W</i>	<i>t</i> /℃	<i>A</i>	<i>W</i>	<i>t</i> /℃	<i>A</i>	<i>W</i>
607	81	122	614	83	130	581	45	72	635	63	91	594	50	75
592	80	122	605	82	121	575	46	74	605	62	91	583	73	110
577	78	118	595	90	133	565	48	74	596	66	91	572	85	130
566	75	110	584	93	138	553	48	79	583	59	88	560	85	129
558	75	110	572	90	130	540	53	79	573	56	86	548	86	135
550	55	83	560	90	130	535	53	85	561	56	86	544	88	133
540	55	83	547	90	130	530	58	88	548	56	86	528	80	85
526	55	83	535	90	130	520	60	87	537	60	88	515	50	70
515	50	70	523	70	110	511	59	88	526	60	88	504	50	70
504	63	88	511	65	100	504	60	90	512	60	88	499	45	70
494	50	75	487	62	85	496	62	90	508	58	87	492	45	70
484	58	90	485	53	79	490	62	89	505	69	95	482	35	55
472	68	105	474	48	75	480	61	85	501	58	86	476	35	55
460	75	113	466	48	75	477	55	83	495	56	84	466	35	55
450	75	113	456	45	70	470	53	83	488	57	85			
441	52	77	447	45	70	465	53							
No. 7			No. 8			No. 9			No. 10			No. 11		
<i>t</i> /℃	<i>A</i>	<i>W</i>	<i>t</i> /℃	<i>A</i>	<i>W</i>	<i>t</i> /℃	<i>A</i>	<i>W</i>	<i>t</i> /℃	<i>A</i>	<i>W</i>	<i>t</i> /℃	<i>A</i>	<i>W</i>
580	47	70	600	65	90	620	50	80	592	55	83	620	50	80
563	50	75	592	68	103	610	60	90	580	55	83	610	60	90
553	50	78	572	63	88	600	65	100	573	57	84	600	65	100
546	55	85	582	65	90	590	70	110	565	57	84	590	70	110
538	55	85	561	66	99	575	77	122	557	60	88	575	77	123
529	63	94	547	60	95	564	87	134	555	65	85	564	87	134
518	63	98	535	65	98	549	87	134	546	55	75	549	87	134
507	65	96	527	67	102	540	86	131	532	58	80	540	86	131
495	63	93	519	70	104	531	83	125	517	63	95	531	83	126
484	45	65	509	65	99	522	83	127	507	67	102	522	83	128
474	45	65	501	74	110	512	73	111	497	69	95	512	73	111
470	35	55	488	69	104	504	75	111	490	60	89	504	75	111
460	28	45	478	70	107	491	58	80	478	50	70	491	58	80
			469	70	106	481	50	70	470	48	68	470	50	70
			461	70	106	470	40	65	466	45	65	458	40	65
			450	60	89				461	45	65	40	65	
No. 12			No. 13			No. 14			No. 15			No. 16		
<i>t</i> /℃	<i>A</i>	<i>W</i>	<i>t</i> /℃	<i>A</i>	<i>W</i>	<i>t</i> /℃	<i>A</i>	<i>W</i>	<i>t</i> /℃	<i>A</i>	<i>W</i>	<i>t</i> /℃	<i>A</i>	<i>W</i>
608	57	88	593	57	85	593	45	65	618	25	40	618	45	90
600	57	85	579	63	85	585	45	65	601	25	45	609	60	100
591	57	85	565	58	88	574	60	80	589	25	45	597	63	110
580	60	91	552	63	85	563	53	79	576	28	50	584	70	115
567	55	80	538	58	80	554	53	79	565	30	55	570	77	123
554	50	75	526	60	93	545	53	79	555	37	78	558	77	123
542	53	79	514	55	75	535	60	89	545	55	80	546	77	123
529	53	75	497	45	68	526	50	70	533	60	89	533	77	123
515	53	75	488	30	50	514	60	80	523	62	95	521	76	122
500	48	68	479	28	45	492	60	80	513	62	95	508	76	110
480	50	70							503	60	93	498	63	98
513	32	55							493	60	93	485	60	93
498	48	68							483	60	93	473	60	93
485	40	65							470	50	70	462	60	93

A —Average value, *W* —Weighted value

本文目的是获得具有高均匀度和高饱和度色彩及低表面粗糙度的镀层，黄、蓝、紫和绿等色彩均为欲得色彩，故以上评价未考虑颜色种类的区别。所以，以上评分方法是合理的，易于对试样呈色作出数值评价。为减少视觉误差等人为因素的影响，加大了试验数量，对近 1 000 个试样进行了测试，结果完全可反映其规律性。表 3 为在不同温度下各

熔液中浸镀后并空冷的试样评价结果。图 2 为其中几个试样评价结果随浸镀温度变化的回归曲线，曲线形式为多项式：

$$f(t) = a_0 + a_1t + a_2t^2 + a_3t^3 + a_4t^4 + a_5t^5$$

(1)

由图 2 可知，加权值和平均值随浸镀温度变化的规律较接近，即平均值高，加权值亦高。可见，

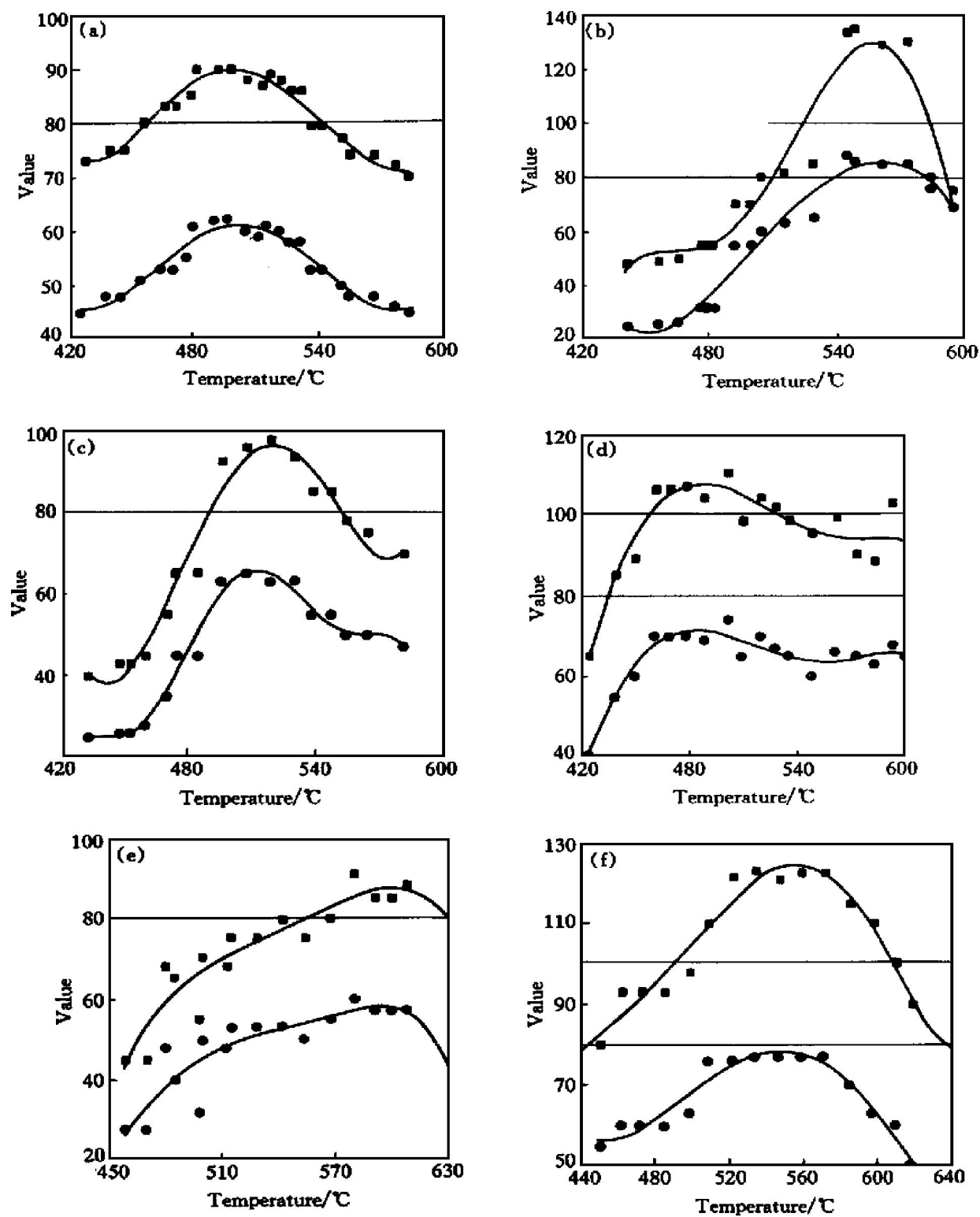


图 2 试样评分值与浸镀温度关系的回归曲线

Fig. 2 Regression curves of estimating value vs immersing temperature of samples
(a) —No. 4; (b) —No. 6; (c) —No. 7; (d) —No. 8; (e) —No. 11; (f) —No. 16;
■ —Weighted value; ● —Average value

色彩均匀度和深度及表面粗糙度是紧密相关的，不可能出现三者评分结果相差悬殊的情况，故只以加权值作为正交标准。

2.3 正交试验结果分析

试样评价价值越高，说明其镀液呈色性能越好；熔液得到高评价价值试样的温度范围越宽，则呈色越

易控制。因此，优良的浸镀液应有高的试样评价价值、宽的高质量呈色区间及良好的工艺操作特性。

表 4 和图 3 分别为极差分析及平均评分与添加元素含量关系图。分析表明，添加元素对综合评分影响的主次顺序为：Ni，Ce，Mn，Cu 和 Ti。三种正交标准得出的最优熔液分别为：Zn-0.1Mn-0.05Ni-

0.01Cu(80 分以上), $Zn-0.1Mn-0.05Ni-0.05Cu$ (100 分以上) 和 $Zn-0.15Ti-0.1Mn-0.1Ce-0.05Ni-0.01Cu$ (最大值)。

加入少量 Cu(0.01%) 可显著提高熔液综合评分, 再增加 Cu 含量(0.01% $\rightarrow$ 0.05%) 无显著影响; 当 Cu 含量达到 0.5% 时, 平均评分降低(尤以 80 分的情况为甚)。这表明, 加入少量 Cu 有利于熔液性能优化, 但加大加入量不能进一步改善性能, 故面积最优熔液应为 $Zn-0.1Mn-0.05Ni-0.01Cu$ 。添加

Ni 与 Cu 有相似的影响规律, 但效果比 Cu 显著。另外, 在 550 ℃(510~ 570 ℃) 下镀锌还可以降低含 Si 钢的 Sandelin 效应, 易于镀层控制^[11]。添加 Ce 对提高极值贡献不大, 而从曲线包含面积看, 它降低了面积差(图 3); 从实验操作看, 也未能很好改善熔液的操作性能; 所以, 添加 Ce 益处不大。加 Ti 可大大提高试样呈色深度, 但熔液粘度明显提高, 流动性变差, 熔液表面氧化速度也大为提高, 这不仅增加了镀层厚度, 从而增加熔液消耗, 也增加了

表 4 加权值曲线最大值及包含面积的极差分析

Table 4 Extreme difference analysis of maximum value and containing area of weighted value curve								
No.	Ti	Mn	Ce	Ni	Cu	Value 1	Value 2	Max of curve
1	1(0)	1(0)	1(0)	1(0)	1(0)	0	0	0
2	1(0)	2(0.05)	2(0.05)	2(0.05)	2(0.01)	319.9	184.8	129
3	1(0)	3(0.1)	3(0.1)	3(0.1)	3(0.05)	515.2	248.4	137
4	1(0)	4(0.3)	4(0.2)	4(0.2)	4(0.5)	48.0	0	90
5	2(0.05)	1(0)	2(0.05)	3(0.1)	4(0.5)	123.2	0	94
6	2(0.05)	2(0.05)	1(0)	4(0.2)	3(0.05)	244.8	107.8	130
7	2(0.05)	3(0.1)	4(0.2)	1(0)	2(0.01)	64.8	0	97
8	2(0.05)	4(0.3)	3(0.1)	2(0.05)	1(0)	330.5	31.2	107
9	3(0.15)	1(0)	3(0.1)	4(0.2)	2(0.01)	43.3	0	89
10	3(0.15)	2(0.05)	4(0.2)	3(0.1)	1(0)	80.2	0	94
11	3(0.15)	3(0.1)	1(0)	2(0.05)	4(0.5)	443.9	212.9	136
12	3(0.15)	4(0.3)	2(0.05)	1(0)	3(0.05)	33.6	0	87
13	4(0.3)	1(0)	4(0.2)	2(0.05)	3(0.05)	44.4	0	87
14	4(0.3)	2(0.05)	3(0.1)	1(0)	4(0.5)	2.6	0	82
15	4(0.3)	3(0.1)	2(0.05)	4(0.2)	1(0)	77.6	0	97
16	4(0.3)	4(0.3)	1(0)	3(0.1)	2(0.01)	478.1	169.0	125
(I _j + II _j + III _j + IV _j)/4	220.8	52.7	291.7	25.3	122.1	(Area contained by weighted value curve over 80)/10		
(I _j + II _j + III _j + IV _j)/4	190.8	161.9	113.6	284.7	226.5			
(I _j + II _j + III _j + IV _j)/4	150.3	275.4	222.9	274.2	209.5			
(I _j + II _j + III _j + IV _j)/4	150.7	222.6	59.4	103.4	129.4			
(I _j + II _j + III _j + IV _j)/4	108.3	0	122.4	0	7.8	(Area contained by weighted value curve over 100)/10		
(I _j + II _j + III _j + IV _j)/4	34.8	73.2	46.2	107.2	88.5			
(I _j + II _j + III _j + IV _j)/4	53.2	115.3	69.9	104.4	89.1			
(I _j + II _j + III _j + IV _j)/4	42.3	50.1	0	27.0	53.2			
(I _j + II _j + III _j + IV _j)/4	89	68	98	67	75	Maximum of curve		
(I _j + II _j + III _j + IV _j)/4	107	109	102	115	110			
(I _j + II _j + III _j + IV _j)/4	406	117	104	113	110			
(I _j + II _j + III _j + IV _j)/4	391	102	92	102	101			
Extreme different	70.5	222.7	32.3	259.4	104.4			
Extreme different	73.5	115.3	122.4	107.2	81.3	(Area contained by weighted value curve over 100)/10		
Extreme different	317	49	12	48	35	Maximum of curve		

Value 1 —(Area contained by weighted value curve over 80)/10, Value 2 —(Area contained by weighted value curve over 100)/10

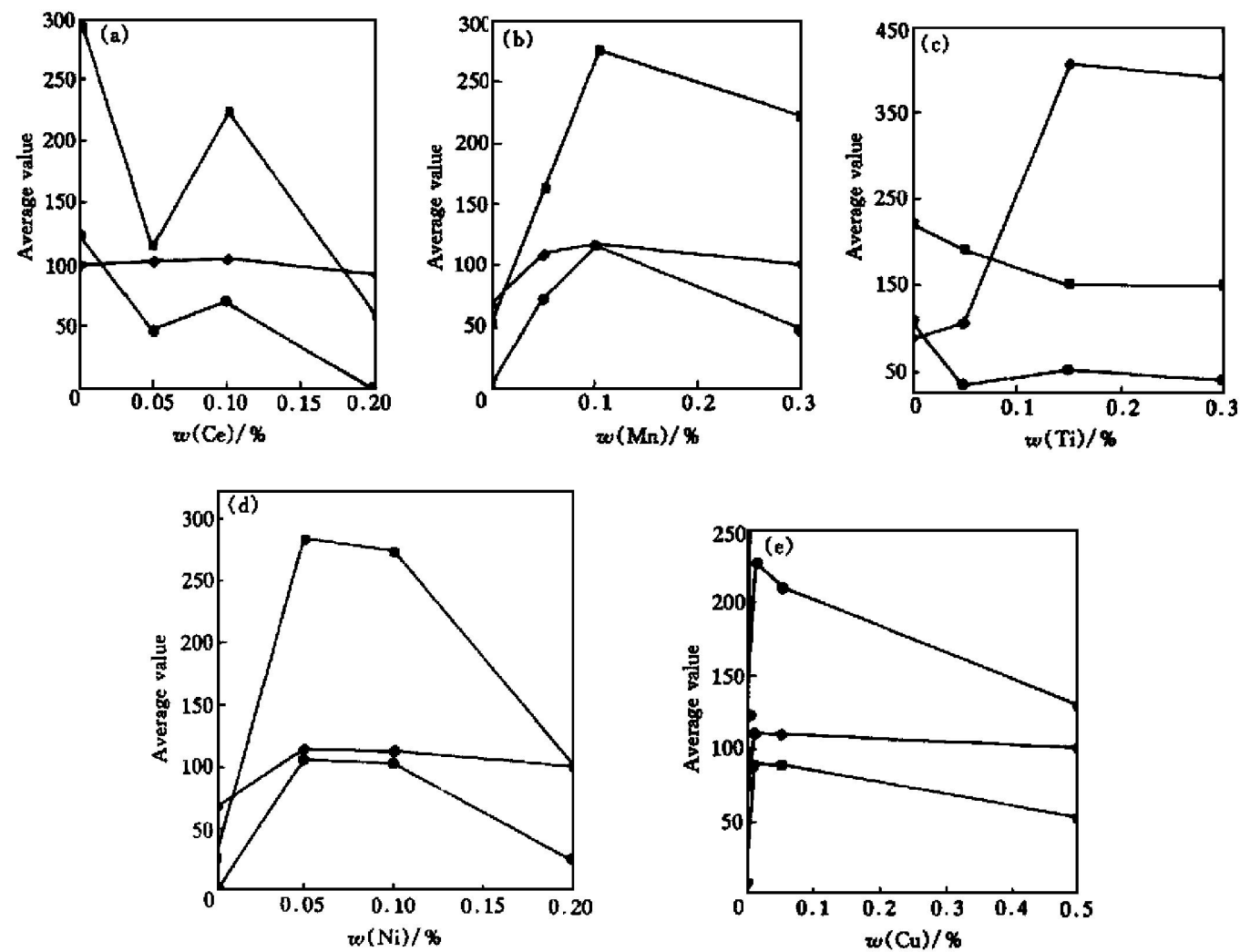


图 3 平均评分与添加元素含量的关系

Fig. 3 Relation between average estimating value and additive content

(a) —Ce; (b) —Mn; (c) —Ti; (d) —Ni; (e) —Cu

■ —Area contained by curves of weighted value over 80; ◆ —Maximum value of curves of weighted value; ● —Area contained by curves of weighted value over 100

工艺操作的难度。Ti, Ce 作为主要呈色元素, 其添加反而降低了评分值有些不可思议, 除可能存在实验误差外, 还可能因为 Ti, Ce 的添加尽管对呈色有利, 但降低了具有高评价值的浸镀温度区间宽度, 以最大值为标准表明, Ti, Ce 提高呈色最高评分值是以降低高评分呈色区间宽度为代价的。

2.4 正交试验结果的验证

为验证正交试验结果, 对面积最优熔液和最大值最优熔液进行比较试验来验证正交结果的可靠性。经两种优化熔液浸镀的试样都获得了比较好的评分结果(表 5)。实验表明, 两者性能优良, 可镀出蓝、绿、黄等色彩的彩色钢板, 但面积最优熔液呈色偏淡。

面积最优熔液对钢板的湿润性特别好, 流动性能也好, 渣不粘, 易于球化和粉化, 氧化不太厉害。

试样表面光亮, 镀层质量好。熔液表面平静、发亮, 不存在表面粘稠层, 湿润性良好, 其高温下的氧化速度稍快, 但不影响操作, 低温时氧化速度不高。

3 结论

在锌液中添加 Mn, Ti, Ce, Ni, Cu 等元素可以直接在热镀锌材料上得到绿、紫、蓝、黄等色彩; 采用多元添加方法, 可获得性能优良的彩色热镀锌熔液; 采用百分制评价可对彩色镀锌试样的优劣作出较好描述; 经过正交优化得到两种最优熔液分别为 $\text{Zn}-0.1\text{Mn}-0.05\text{Ni}-0.01\text{Cu}$ 和 $\text{Zn}-0.15\text{Ti}-0.1\text{Mn}-0.1\text{Ce}-0.05\text{Ni}-0.01\text{Cu}$ 。实验验证了正交结果的可靠性。

表5 经两种优化熔液处理的试样评价值及色彩

Table 5 Estimating values and colors of samples after treated in two kinds of baths

Area optimum bath				Max optimum bath			
<i>t</i> /℃	<i>A</i>	<i>W</i>	Color	<i>t</i> /℃	<i>A</i>	<i>W</i>	Color
593	67	100	Blue purple with yellow	611	80	125	Gray pale yellow-green
579	67	100	Blue purple with yellow	595	80	123	Gray pale yellow-green
566	67	102	Blue purple with yellow	580	80	123	Light gray-green
553	68	102	Light yellow	569	75	114	Light gray-green
534	73	110	Light yellow	554	84	119	Gray-green
524	75	112	Light yellow	542	68	103	Gray blue-purple
514	82	123	Pale yellow	531	86	131	Blue
502	82	123	Pale yellow	519	90	138	Dark blue
488	87	132	Pale blue	507	85	130	Dark blue
480	78	120	Pale blue	504	87	132	Blue-purple
476	82	124	Blue-gray	491	87	132	Green
470	80	124	Blue-gray	475	85	129	green
462	77	117	Pale yellow	463	84	129	Light yellow
460	63	90	Pale yellow	452	80	123	Light yellow

t—Dipping temperature, *A*—Average value, *W*—Weighted value

[REFERENCES]

- [1] GU Guo-cheng(顾国成), WANG Zhen-hai(王振海) and FAN Gui-rong(范桂荣). The Application & Production of Surface Treatment Steel(表面处理钢材的生产与应用) [M]. Beijing: Sci & Tech Press, 1989. 23

- 25.
- [2] LE Qi-chi(乐启炽) and CUI Jian-zhong(崔建忠). 彩色镀锌钢板的生产研究 [J]. The Chinese Journal of Non-ferrous Metals(中国有色金属学报), 1998, 8 (Suppl. 2): 98–102.
- [3] Cominco Ltd. Process for the Production of Coloured Coatings [P]. GB 1195904, 1970.
- [4] Robert W S and Gerald P L. Process for the Production of Colored Coatings [P]. US 3530013, 1970.
- [5] Robert W S and Gerald P L. Process for the Production of Colored Coatings [P]. US 3630792, 1971.
- [6] Cominco Ltd. Process for the Production of Colored Coatings [P]. GB 1243562, 1967.
- [7] Booker and Richard Z. Coating Process [P]. US 3778315, 1973.
- [8] Tomita M and Yamamoto S. Colored Zinc Coating [P]. US 5160552, 1992.
- [9] Tomita M and Yamamoto S. Colored Zinc Coating [P]. US 5141782, 1992.
- [10] LU Jin-tang(卢锦堂), CHEN Jin-hong(陈锦虹), XU Qiao-yu(许乔瑜), et al. 彩色热镀锌工艺及呈色机理研究 [J]. Mater Prot(材料保护), 1996, 29(7): 4–7.
- [11] LU Jin-tang(卢锦堂), CHEN Jin-hong(陈锦虹), XU Qiao-yu(许乔瑜), et al. 热镀锌浴加镍抑制圣德林效应的探讨 [J]. Mater Prot(材料保护), 1995, 28(3): 9–12.

Optimization of coloring galvanization baths

LE Qi-chi, CUI Jian-zhong, HOU Chun-hong

(School of Materials and Metallurgy,

Northeastern University, Shenyang 110006, P. R. China)

[Abstract] Through controlling the immersing temperature of baths and its contents of Mn, Ti, Ni, Ce and Cu, the green, purple, blue and yellow colors were achieved directly on the steel sheets. This kind of coloring zinc baths, obtained by multiple additives, has good properties. Percentage method was used successfully to estimate the coloration of samples, and the composition of bath was optimized by orthogonal analysis; and the optimum baths are gained as Zn-0.1Mn-0.05Ni-0.01Cu and Zn-0.15Ti-0.1Mn-0.1Ce-0.05Ni-0.01Cu which were verified by experiments.

[Key words] coloring; hot dip galvanization; baths; orthogonal tests

(编辑 袁赛前)