

有机涂层钢板鲜映性影响因素的研究

卢琳¹, 任玉苓², 温乃盟², 李晓刚¹

(1. 北京科技大学, 北京 100083; 2. 宝山钢铁公司, 上海 201900)

[摘要] 为提高有机涂层钢板的表观装饰性和工艺优化,对涂层表面鲜映性进行了测量评价,并探讨了影响涂层鲜映性的主要因素及其作用规律。研究表明:降低钢板表面粗糙度、减小涂料的粒度和黏度、增加面漆或底漆的厚度和准确控制面漆烘干温度,均可有效提高钢板鲜映性,改善涂层平滑性。

[关键词] 有机涂层; 鲜映性; 光泽; 粗糙度; 涂料; 钢板

[中图分类号] TB333

[文献标识码] A

[文章编号] 1001-3660(2010)02-0014-05

Study on the Factors Influencing the Distinctness of Image of Organic-coated Sheet

LU Lin¹, REN Yu-ling², WEN Nai-meng², LI Xiao-gang¹

(1. University of Science and Technology Beijing, Beijing 100083, China;

2. Baosteel Corporation, Shanghai 200941, China)

[Abstract] To improve the decoration characteristics of organic-coated sheets and optimize the relevant processes, the distinctness of image (DOI) of organic coating was measured and evaluated. The main factors and the principle influencing the DOI of organic-coated sheet were investigated from the aspect of processes. The results showed (1) decreasing the surface roughness of substrates; (2) reducing the particle size and the viscosity of paints; (3) increasing the thickness of the topcoat and the primer; (4) accurately controlling the drying temperature of the topcoat. These measurements can effectively enhance the DOI and improve the coating flatness.

[Key words] organic coating; distinctness of image; gloss; roughness; paint; steel sheets

有机涂层钢板(也叫彩涂板)是一种高科技含量、高附加值的产品,主要应用于建筑、汽车以及家电领域。进入 21 世纪以来,随着彩涂板消费群体的日益扩大和对高品质生活的追求,人们对彩板特别是汽车、家电等高档产品的外观装饰性要求越来越高。

目前,涂装业评价涂层外观装饰性的优劣通常用色调、色差、光泽性和粗糙度等指标来表示。20 世纪 70 年代末期,日本及欧美等工业发达国家汽车制造业开始使用“鲜映性”(Distinctness of Image, DOI)这一术语,作为表征涂膜装饰性相关性能(如光泽、平滑度、丰满度等)的综合指标^[1]。近年来,国外已将鲜映性用于评价汽车、家电用彩板涂膜的外观装饰性能^[2-3]。我国于 20 世纪 80 年代末在汽车产业中引入这一指标并推广应用^[4-6]。而在彩涂板行业尚无对这一技术指标的研究和应用,这对于我国彩涂板在国际市场的竞争极为不利。

本文从有机涂层钢板生产工艺角度,对影响彩涂

板鲜映性的因素及其作用规律进行了探索性研究,为指导彩涂板生产所用涂装材料和工艺优化更新提供具有参考价值的基础数据和科学依据。

1 实验用材料与方法

1.1 试验用材料

1) 彩板基材种类。试验用彩板基板为冷轧板(CR),电镀锌板(EG),热镀锌板(HDR)和热镀铝锌板(HDAlZn)。

2) 彩板样本提取。试验用彩板样本提取分为 2 部分:第 1 部分用“L”表示生产机组所得样本;第 2 部分为试验室样本,用“T”表示。

生产机组采样及相关数据见表 1。试验室样本采用刮棒法手工制作,分别由宝钢和 Parker 公司提供,用“TB”和“TP”表示,表 2 是宝钢彩板样本相关工艺参数。

[收稿日期] 2009-11-19; **[修订日期]** 2010-01-17

[作者简介] 卢琳(1977—),女,山东人,博士生,讲师,主要研究方向为有机涂层钢板的腐蚀机理与表面质量控制等。

表 1 机组彩板样本相关数据
Tab.1 Relevant data of organic-coated
sheets obtained from product line

编号	名称	底漆厚度 / μm	面漆厚度 / μm	基板
L31	冬灰样带 1	5	12	CR
L32	冬灰样带 2	5	14	CR
L33	冬灰样带 3	5	15	CR
L34	冬灰样带 4	5	21	CR

表 2 宝钢彩板样本相关工艺参数
Tab.2 Relevant data of organic-coated
sheets produced from Baosteel lab

编号	颜色	底漆膜厚 / μm	面漆膜厚 / μm	面漆 PMT	基板
TB1	冷黑(B)	5	15	232	CR
TB2	冷黑(B)	5	15	241	CR
TB3	冷黑(B)	5	15	249	CR
TB4	冷黑(B)	5	18	232	CR
TB5	冷黑(B)	5	21	232	CR
TB6	冷黑(B)	7	15	232	CR
TB7	冷黑(B)	9	15	232	CR
TB8	冷黑(B)	5	15	232	HDG
TB9	冷黑(B)	5	15	232	EG
TB10	傲白(Z)	5	15	232	CR
TB11	傲白(Z)	5	15	241	CR
TB12	傲白(Z)	5	15	249	CR
TB13	傲白(Z)	5	18	232	CR
TB14	傲白(Z)	5	21	232	CR
TB15	傲白(Z)	7	15	232	CR
TB16	傲白(Z)	9	15	232	CR
TB17	傲白(Z)	5	15	232	HDG
TB18	傲白(Z)	5	15	232	EG

注:(B)和(Z)为涂料厂家代号。

日本 Parker 公司提供的彩板样底漆相同,以考察不同的面漆特性与鲜映性的关系,膜的总厚度为 20 μm 。不同面漆的特性见表 3。

表 3 彩板样本用不同面漆的特性
Tab.3 Characteristics of topcoat of organic-coated sheets produced from Parker lab

编号	TP5	TP6	TP7	TP8	TP9
颜色	白色	白色	白色	白色	白色
细度/ μm	10	20	15	15	15
黏度/s	40	40	40	60	≥ 75
(涂-4 杯)					

注:TP5,TP6,TP7 为氨基聚酯树脂面漆;TP8,TP9 为聚氨酯丙烯酸树脂面漆。

1.2 涂层钢板测试与表征

运用 Cambridge S-360 型扫描电镜观察样本表面形貌;用 Tylysurf5p-120 型表面形貌仪测量基板断面

轮廓曲线,经频谱分析得到波纹度轮廓曲线,采样长度为 4 000 μm 。

采用 MiKrotest IV 型测厚仪测量干涂膜厚度;TR201TIME 粗糙度仪测量涂膜表面粗糙度,采样长度为 40 μm ;XGP 便携式镜向光泽度计测量样本表面光泽;WGB-4816 wave scan DOI 检测仪测量涂膜表面鲜映性^[7]。

2 结果与讨论

2.1 钢板类型与粗糙度对鲜映性的影响

选用编号为 TB10,TB17 和 TB18 3 个样本,分析涂膜鲜映性与基板表面形貌的关系。彩涂板基板包括冷轧板、热镀锌板和电镀锌板 3 种,其表面形貌见图 1。

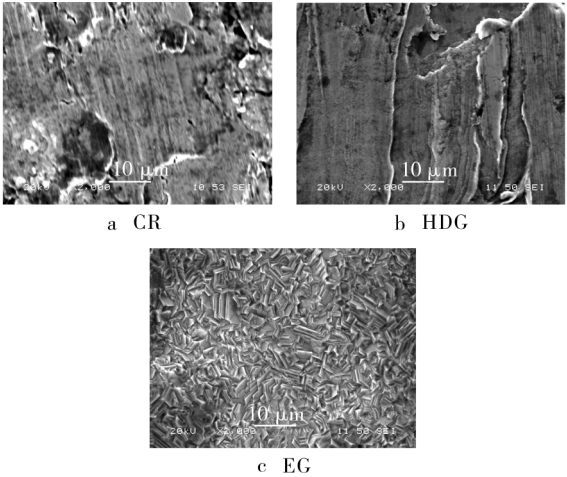


图 1 不同基板表面形貌
Fig. 1 SEM photographs of surface morphology for various substrate sheets

由图 1 可以清楚地看到,冷轧板表面晶粒扁,平相对平滑;热镀锌板次之,且表面沿轧制方向有明显的凹凸感,镀锌层厚度分布不均;而电镀锌板表面是由几乎垂直于表面的六角形板状晶体组成,呈现出明显的凹凸不平。它们的平均粗糙度分别为 0.746,0.998,1.595 μm ,经涂装后测得其彩板样本 TB10,TB17,TB18 涂膜鲜映性(DOI)与基板粗糙度的关系见图 2。

从图 2 可以看出,基板粗糙度与其涂敷后的鲜映性值存在减函数的对应关系。一般来说,涂层厚度达 20 μm 可以覆盖由基板微观粗糙度造成的轮廓变化,乃至消除其对鲜映性造成的影响。但从实际效果看,所得到彩板的鲜映性仍有较大差异,这说明 R_a 并不是影响鲜映性的决定因素。根据文献分析^[8],起着更重要作用的是波纹度(W_{ca}),波纹度越小,涂层鲜映性越好。钢板经辊涂后,其表面粗糙度中短波成分将被涂膜覆盖,而较长的波长成分则会保留下来,使表面对

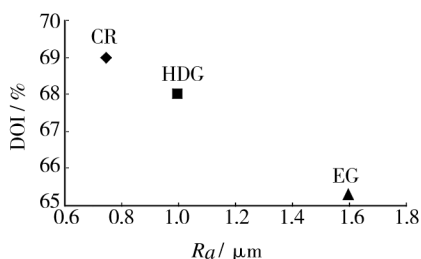


图 2 不同基板对彩板鲜映性的影响

Fig. 2 Effect of substrate type on the DOI of organic-coated sheets

光的不规则反射加剧,进而导致涂膜光泽度、鲜映性下降,见图 3。下面解析 TB10, TB17, TB18 样本表面形貌的结果也印证了上述观点。

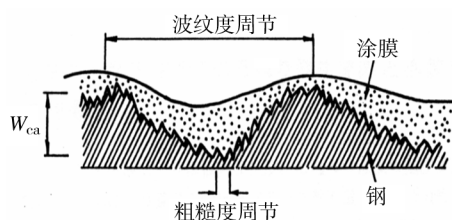


图 3 涂膜对钢板表面覆盖作用

Fig. 3 Schematic diagram of the overlaid effect of top coat on the substrate texture

用 Tylys surf5p-120 型表面形貌仪测量 TB10, TB17, TB18 及其基板断面轮廓曲线,再经低通滤波后,得到其波纹度轮廓曲线,由此得到彩板鲜映性与波纹度之间的关系,见图 4。

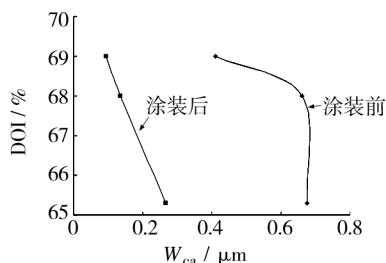


图 4 彩涂板鲜映性与波纹度的关系

Fig. 4 Relationship between the DOI and the waviness of organic-coated sheet

从图 4 可以清楚地看到,涂膜的鲜映性与涂膜波纹度和基板波纹度的变化规律基本一致,即鲜映性越高,波纹度愈小。同时发现,涂膜波纹度随基板波纹度的降低而减小。因此在相同的工艺条件下,要提高彩涂板鲜映性必须控制好涂膜和基板的波纹度,其中以基板波纹度尤为重要。

此外,进一步对样本 TB10, TB17 和 TB18 基板的波纹度与粗糙度之间的关系进行研究。由图 5 可知,基板粗糙度越小,其波纹度亦变小。从而可粗略推论,基板粗糙度越小,其表面涂膜的鲜映性越高。图 6 显

示的冷轧板涂装后表面鲜映性与钢板粗糙度之间的变化规律就是一个很好的例证。

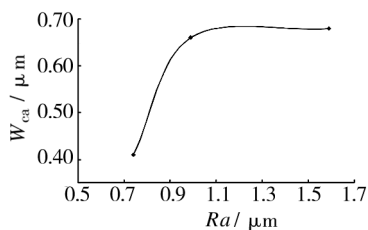


图 5 彩涂用基板波纹度与粗糙度的关系

Fig. 5 Relationship between the waviness and the roughness of substrate sheet

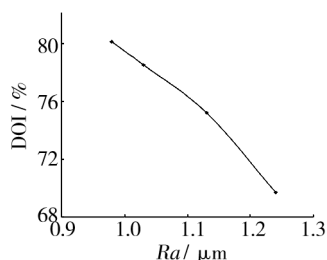


图 6 冷轧钢板粗糙度对涂膜鲜映性的影响

Fig. 6 Effect of the roughness of CR substrate sheet on the DOI of organic coating

2.2 涂料与涂层厚度对鲜映性的影响

面漆涂层是彩板表面的最终装饰,它直接影响彩板的鲜映性,其效果与面漆材料及其特性密切相关,因此选择 15 个样本,其编号为 L31, L32, L33, L34; TB1, TB4, TB5; TB10, TB13, TB14; TP5, TP6, TP7, TP8, TP9。

2.2.1 面漆涂料的特性

根据表 3 和表 4 中所列 TP5, TP6, TP7, TP8, TP9 样本鲜映性数据,得到彩板鲜映性与涂料细度关系和彩板鲜映性与涂料黏度关系图,分别见图 7、图 8。

表 4 Parker 公司彩涂板样本的鲜映性值

Tab. 4 DOI value of the samples obtained from Parker

编号	TP5	TP6	TP7	TP8	TP9
DOI/%	82.6	78.2	81.7	80.7	79.3

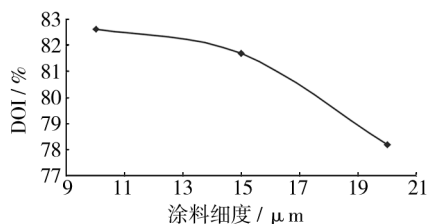


图 7 彩板鲜映性与涂料细度关系

Fig. 7 Relationship between the DOI of organic-coated sheet and the fineness of paint

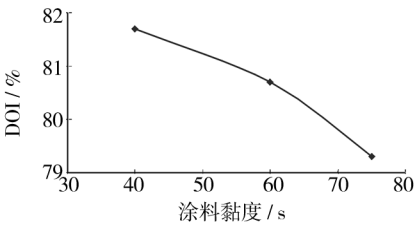


图 8 彩板鲜映性与涂料黏度关系
Fig. 8 Relationship between the DOI of organic-coated sheet and the viscosity of paint

由图 7 可以看出,涂料颗粒越细,彩板鲜映性越高,因为提高了涂料颗粒的细化程度,有利于减少湿膜平整后的波幅,使涂膜表面平整光滑。

从图 8 中可以看到,彩板鲜映性随涂料的施工黏度增大而有所降低。因为黏度低时,涂料流平快,使面

漆表面长短波纹减少,有利于涂膜平滑性和光泽度的改善,进而鲜映性得到提高。

2.2.2 面漆涂层厚度

为了考察面漆涂层厚度对涂膜鲜映性的影响程度,进行了生产机组和试验室试验,所得样本测量结果与其面漆涂层厚度的关系见表 5。

从表 5 中可以看出,无论是彩涂机组生产的还是试验室制备的彩板样本,其鲜映性均随面漆厚度增加而有所改善。因为面漆厚度的增加可提高涂膜的平滑性。另外,相同厚度不同色调的面漆其涂膜鲜映性效果相差也较大,从高到底顺序排列为傲白>冷黑>冬灰。因为傲白彩板表面光泽度高达 93% 以上,这意味着漫反射小,漫反射光占总反射光的比例小,故涂膜反射影像的清晰度就大,鲜映性就高。

表 5 面漆厚度对彩板鲜映性的影响

Tab.5 Effect of the topcoat thickness on the DOI of organic-coated sheet

编号	L31	L32	L33	L34	TB1	TB4	TB5	TB10	TB13	TB14
颜色	冬灰	冬灰	冬灰	冬灰	冷黑	冷黑	冷黑	傲白	傲白	傲白
厚度/ μm	12	14	15	21	15	18	21	15	18	21
DOI	63.7	63.8	63.9	64.2	66.3	67.2	67.0	69	68.7	69.3
G (60°)	69.8	71.1	76.0	78.7	85.9	85.2	86.6	93.7	94.7	95.0

2.2.3 底漆涂层厚度

底漆的主要功能是改善彩涂用基板的表面平整度,以提高面漆的鲜映性和丰满度,提高整体涂层的装饰性和耐蚀性。从表 2 和表 6 中 TB1, TB6, TB7, TB10, TB15 和 TB16 的鲜映性数据得到底漆厚度对彩板鲜映性的影响,见图 9。

表 6 宝钢(试验室)彩涂板样本鲜映性值

Tab.6 DOI value of the samples from Baosteel lab

编号	TB1	TB6	TB7	TB10	TB15	TB16
DOI/%	66.3	67.1	67.7	69.0	69.5	70.4

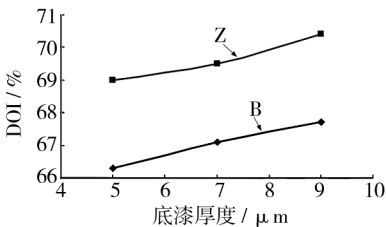


图 9 底漆厚度对彩板鲜映性的影响
Fig. 9 Effect of primer thickness on the DOI of organic-coated sheet

从图 9 中可以看出,在采用同种底漆的情况下,彩板鲜映性随底漆膜厚增加稍有提高。当底漆厚度为 9 μm 时,涂膜鲜映性提高了 1% 以上;从相同厚度底漆对提高彩板鲜映性的效果来看,Z 涂料厂的产品明显

好于 B 涂料厂的产品,这是由于涂料性能差异所致。

2.3 面漆涂层的烘烤温度

精涂的温度直接影响面漆涂层的流平性和鲜映性。从表 2 和表 7 中所列的 TB1, TB2, TB3, TB10, TB11 和 TB12 鲜映性值数据,得到精涂烘干温度对彩涂板的影响,见图 10。

表 7 宝钢生产机组彩板样本鲜映性值

Tab.7 DOI value of the samples from Baosteel product line

编号	TB1	TB2	TB3	TB10	TB11	TB12
DOI/%	66.3	66.8	67.3	69	68.4	67.4

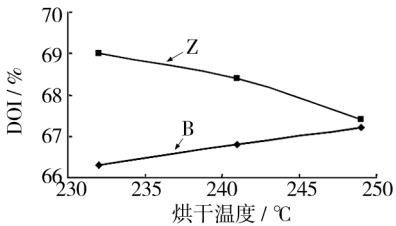


图 10 烘干温度对彩涂板鲜映性的影响
Fig. 10 Effect of the drying temperature of topcoat on the DOI of organic-coated sheet

从图 10 中可以看出,冷黑彩板(B)鲜映性随烘干温度升高而有所改善,傲白彩板(Z)鲜映性却降低。这种差异是由于涂层的流平性不同造成的,可由表 8 列出的不同烘干温度下涂层长(L)短(S)波检测数据得

到佐证。长波反映了涂层的流平性,长波值越小,涂层的流平性越好,鲜映性也高。

表 8 面漆涂层烘干温度对涂膜 L/S 值的影响

Tab.8 Effect of the drying temperature of topcoat
on the L/S wavelength of coatings μm

温度/ $^{\circ}\text{C}$	232	241	249
L/S (B)	8.6/18.3	7.6/24.9	7.4/21.3
L/S (Z)	12.4/30.7	13.5/26.1	13.7/23.2

3 结论

1) 有机涂层钢板用基板粗糙度越小,鲜映性越高;在相同的涂装工艺条件下,冷轧板涂层的鲜映性要高于电镀锌板的,而光整热镀锌板居其中。

2) 彩板涂层越厚,其平整度越好,则粗糙度越小,鲜映性越高;有机涂层钢板面漆或底漆厚度增加,有利于改善涂层的平整,使其表面粗糙度减小,鲜映性提高。

3) 彩板涂层及其基板粗糙度参数中的波纹度成分对涂层的鲜映性有着直接的重要作用,波纹度愈小,鲜映性越高。

4) 精涂烘干温度对彩板涂膜鲜映性的影响效果因面漆不同而异,随着烘干温度升高,冷黑(B)彩板鲜

映性有所提高,而傲白(Z)彩板鲜映性却降低。

[参 考 文 献]

- [1] 刘振作. 涂膜鲜映性技术及其应用[J]. 化工科技市场, 2000,(11):67-68.
- [2] 森田 操. 涂膜的鲜映性评价法[J]. Tetsu-to-Hagane, 1991,77(7):218-225.
- [3] ASTM D 5767-95, Standard Test Methods for Instrumental Measurement of Distinctness of Image Gloss of Coating Surfaces[S].
- [4] 闫志成,刘金玉. 提高汽车面漆涂装质量的探讨[J]. 表面技术,2000,29(2):29-30.
- [5] 李永霞,吉学刚,马兰彪. 客车涂层表面质量的测量评估及工艺优化[J]. 客车技术与研究,2005,(5):33-35.
- [6] 虞莹莹. 涂料工业用检验方法及仪器大全[M]. 北京:化学工业出版社,2007.
- [7] 许朋辉,王海燕. 桔皮鲜映性仪用于面漆的外观改善[J]. 客车技术与研究,2008,(6):32-36.
- [8] Kusuo F, Kozo T, Makoto I, et al. Development of High Image Clarity Steel Sheet Lasermirror [J]. Kawasaki Steel Giho, 1988, 20(3):203-209.

《表面技术》“隐身材料热点专题”栏目征稿启事

为促进广大隐身材料研究者之间的相互交流,推动国内隐身材料技术的发展,《表面技术》拟于2010年5或6期(10月或12月)特辟1个专栏,对当前国内隐身材料(包括涂料涂层、多元材料、遮障材料等)领域研究的热点技术进行专题报道,欢迎广大大专院校、科研院所和企事业单位的科研工作者、技术人员等踊跃投稿,我刊将择优采用。

征稿内容:

- 1) 隐身机理及材料结构设计。
- 2) 吸收剂、黏结剂等新型功能填料的研制。
- 3) 隐身材料应用技术,包括迷彩图案设计、涂装工艺和成型工艺等。
- 4) 智能隐身材料技术。

征稿要求:

- 1) 来稿不宜太长,一般不超过6000字,综述不超过8000字。
- 2) 研究类文章应具备摘要、引言、试验方法、结果和讨论、结论。摘要用第三人称形式表达文章的核心内容,应包含本研究的目的、方法、结果和结论;引言只阐述本技术目前在国内外所处的地位、所用方法及所解决的问题,应言简意赅;试验部分包含设备、工艺、条件、参数及配方等;结论简明扼要,不重复正文中的内容。
- 3) 应用性文章应具备:问题的提出、方法的应用(含技术、设备、工艺条件、参数、配方等)、应用的效果。
- 4) 文题简洁,论点清楚(通常指用以说明论题的观点),论据确凿(指试验、测试数据、图、表等准确无误),论证充分(指讨论、结果分析和机理探讨详而不累),结论完整。

投稿方法:登陆我刊网站 www.bmj2007.com,进入投稿系统后按要求提交稿件,投稿时“投稿分类”请选择为“隐身材料热点专题”。

编辑部电话:023-68792193 传真:023-68792396 联系人:奚愚生、李继红

《表面技术》编辑部