

烘烤条件对彩涂板性能的影响

么云蔚 (宝钢股份 厂, 上海 201900)

摘 要:介绍了彩涂板的生产工艺,并考察了生产过程中烘烤条件对彩涂板各种性能的影响,从而得出一套行之有效的调整彩涂板性能的方法。

关键词:彩涂板; PMT(带钢表面峰值温度); 固化程度

中图分类号: TQ 639 文献标识码: A 文章编号: 1009-1696(2007)07-0017-04

0 概述

彩涂板,即预涂彩色涂层钢板(PCM),是以镀锌(或镀锌铝)钢卷、冷轧钢卷或铝卷为基材,金属表面经预处理后得到化学转化膜,再涂上各种有机涂料的一种新型材料。它是一种复合材料,既有金属的机械强度和易成型性能,又具备有机材料的装饰性和耐腐蚀性等优点,可广泛用于建筑、家电、办公用具、交通运输等行业。

彩色涂层钢板的结构如图 1 所示。包括:精涂层、初涂层、预处理层、镀锌层。其中初涂层和精涂层是涂料涂装后固化形成的,它们的性能优劣是彩涂板性能的主要体现。虽然涂层性能主要取决于涂料本身,但涂覆工艺、烘烤条件也是决定涂层性能的主要因素。

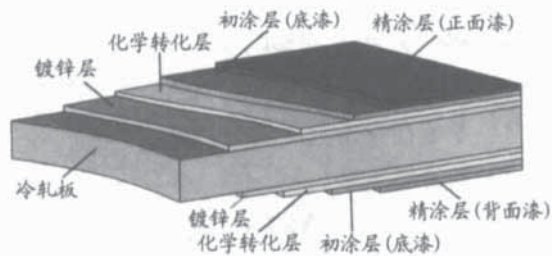


图 1 彩涂板结构图

作为宝钢的高附加值产品,一些特种功能性的彩涂板产品不断面世,呈现多元化发展态势。

作为彩涂机组的关键设备之一的烘烤炉,宝钢

1 号线于 2001 年进行了改造,并投入正常使用。烘烤炉改造后,为发挥新设备的功能,优化烘烤条件,我们进行了不同工况条件下的试验,以寻求最佳的固化条件,满足产品质量的提升。

1 涂料固化成膜

1.1 固化原理

大多数涂料是液体涂料,有一个适合的施工粘度,一般高剪切下粘度在 0.5~1.0 Pa·s 的范围。施工后,液体转化为“干燥”的漆膜,即固体膜。形成涂膜的方法有很多种,最简单的就是将聚合物混合物采用适当的溶剂稀释至施工所规定的粘度,涂覆在底材上,加热使涂料树脂发生交联反应,随着溶剂的挥发,形成大分子的涂层固体膜。下面以环氧树脂为例,简单阐述固化原理。

环氧树脂是指分子中两端含有环氧基团的有机高分子化合物,并含有多个仲羟基,它可以与多种类型的固化剂发生交联反应而生成不溶、不熔的三维网状结构的高聚物。

环氧树脂也可以和许多涂料用的合成树脂并用,经高温烘烤后,交联成为性能优良的涂膜。涂膜具有突出的耐化学品性,良好的机械性能和装饰性。可以和环氧树脂拼用的合成树脂主要有酚醛树脂、聚酯树脂、脲醛树脂、三聚氰胺甲醛树脂和多异氰酸酯树脂等。采用不同的树脂品种和配比,可以得到不同性能的环氧涂料。目前主要有环氧-酚醛漆、环氧-氨基漆和环氧-氨基-醇酸漆,广

[收稿日期] 2007-06-10

泛用于涂饰各种工业产品，但必须经高温烘烤(约 150~200)才能干燥。

经过高温固化后，环氧树脂固体膜的具体形态见图2。

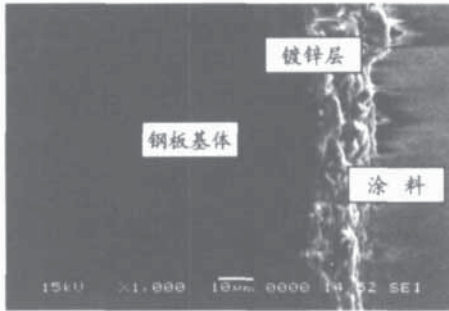


图 2 环氧膜的形态

1.2 固化工艺

在生产过程中，基板最高可以 140 m/min 的速度通过烘烤炉，为保证有足够的固化时间，烘烤炉长度一般为 30~50 m。基板涂漆后两面都是湿的漆膜，为使基板悬空通过炉腔，通常有两种炉型：气浮式和悬垂式。气浮式是利用炉内向上的气流托住基板；悬垂式是利用带钢前后张力辊产生的张力控制带钢在炉内的位置，由于距离较长，基板会产生一定的悬垂度，这种炉腔必须设计成反弓型。

彩涂机组通常采用热风加热，也有采用煤气燃烧尾气加热的方法。炉内温度分为 4~5 个区域进行控制，使炉内的温度曲线能随所用涂料的要求而改变。目前可以采用直线式和曲线式 2 种加热方式进行涂料固化。直线式是指烘烤炉 4~5 个区域的炉温完全一致的固化方式；曲线式是指炉内 4~5 个区域分别采用不同的温度控制涂料固化的方式。如炉长 50 m，机组速度 120 m/min，厚度为 0.5 mm 的带钢可以采用 310、310、310、310、310 5 段一致的炉温进行加热，也可以使用 210、260、330、350、320 5 段不同的曲线炉温进行加热。每一机组对每一种涂料的最佳温度曲线需要通过实践来确定。

1.3 宝钢 1# 彩涂机组烘烤炉的烘烤工艺

宝钢 1# 彩涂机组主要使用焦炉煤气燃烧产生的热量以及烘烤炉废气中空气与涂料中的挥发性

气体燃烧产生的总热量通过 2 级热交换器加热新鲜空气，使之达到 520，热空气通过风机将热风输送到烘烤炉的 5 个区域加热彩涂带钢。在热风加热过程中，每个区域配备一个辅助烧嘴，对每区的温度进行精确调整，保证彩涂带钢在整个烘烤过程中的控制精度。烘烤炉的具体结构见图 3。

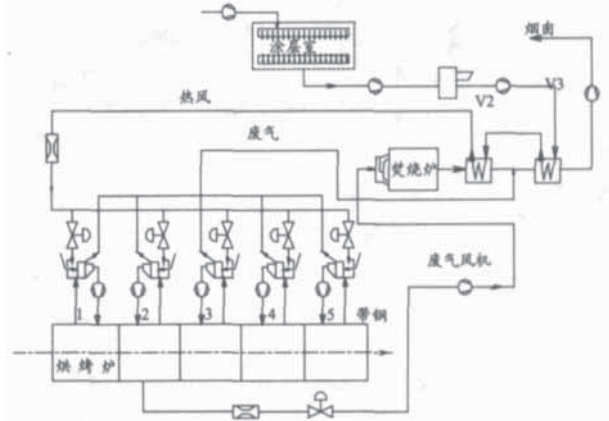


图 3 烘烤炉的具体结构

为控制涂料固化过程中挥发的溶剂气体对环境造成的危害，将烘烤炉排出的尾气，引入焚烧炉内燃烧，转变为无害的水和二氧化碳，燃烧释放出的热量继续用来加热新鲜空气，最终排入大气中尾气的有害物含量小于 5×10^{-5} 。

2 不同烘烤条件对彩涂板性能的影响

2.1 烘烤条件对色差的影响

涂层色差一般采用色差仪测量，用 E 值表示，当色差值在一定范围内为合格。

E 的计算方法为：

$$E = [(L)^2 + (a)^2 + (b)^2]^{1/2}$$

L——色差体系中亮、暗方向的测量值；

a——色差体系中红、绿方向的测量值；

b——色差体系中黄、蓝方向的测量值。

为研究烘烤条件对色差的影响，我们把涂料分成 2 类：浅色系和深色系。浅色系以白灰色涂料为例；深色系以海蓝色涂料为例，试验结果见图 4、图 5。

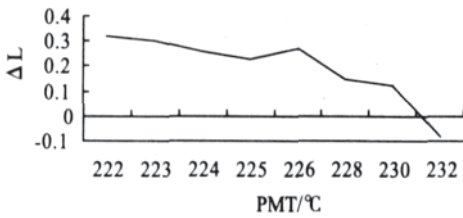


图 4 温度与浅色涂料色差的关系

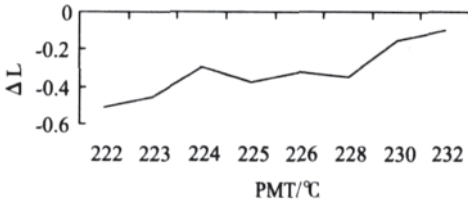


图 5 温度与深色涂料色差的关系

根据图4、图5可知：对于浅色彩涂产品，如白灰、象牙、阳光白等，随着表面精涂PMT(Peak Metal Temperature, 指带钢表面峰值温度)的上升，色差控制体系中的 L 会向负向发展，即温度升高，颜色会偏暗；对于深色涂料而言，如茶色、黑色、海蓝，随着精涂烘烤PMT的上升，色差控制体系中的 L 会向正向发展，即温度越低，颜色越暗。

试验同时表明：温度对色差控制体系中的 a、 b 影响不大，这两个方向的颜色控制主要由面漆的干膜厚度控制。

因为目视对浅色彩涂产品的颜色变化比较敏感，所以对于相同的色差变化而言，浅色相对于深色更容易识别，因此我们通过调整PMT来调整深浅系列彩涂产品的 L 值，以获得更稳定的色差变化。

当浅色彩涂产品 L 值偏正向时，升五段温，提高PMT；反之，当浅色彩涂产品 L 值偏负向时，降五段温，降低PMT。

当深色彩涂产品 L 值偏正向时，降五段温，降低PMT；反之，当深色彩涂产品 L 值偏负向时，升五段温，提高PMT。

通过该方法的实施，彩涂产品的色差得到了明显的改善，用户对色差问题的抱怨明显减少。

2.2 烘烤条件对光泽的影响

虽然彩涂产品的表面光泽度主要取决于涂料本身，但烘烤工艺、涂料的使用粘度、膜厚以及基材的粗糙度也是决定涂层表面光泽的主要因素。

试验结果表明：PMT 与涂层光泽度有负相关的关系，温度越高，光泽度越低，但烘烤参数对产品光泽度的影响程度较轻(图6)。

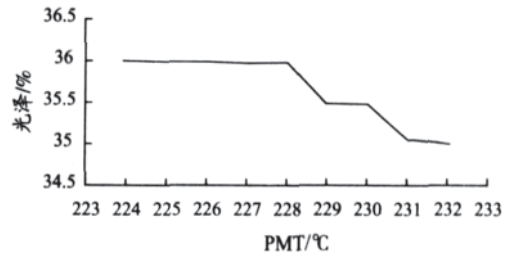


图 6 温度与涂层光泽度的关系

2.3 烘烤条件对固化程度的影响

固化程度是决定涂层使用性能的因素之一。它从一定程度上可以判断产品经过卷取机卷取后是否会粘连、涂层是否会脱落、用户在加工过程中是否会产生划痕以及涂层的耐磨性等。目前这项指标最简单的办法是通过涂层的耐溶剂性来表述，但无法完全、真实地表示出涂层具体的固化程度。

我们对烘烤炉排气流量、烘烤曲线2个工艺参数的变化进行了交叉试验，研究不同烘烤条件对产品固化性能的影响，试验结果见表1。

表 1 不同烘烤条件下产品的固化性能

规格	速度 / (m · min ⁻¹)	颜色	烘烤炉排气流量 / (m ³ · min ⁻¹)	烘烤曲线	膜厚 / μm	T 弯曲	铅笔硬度	炉温 /	PMT /	耐磨失重 / mg
0.6 × 1000	110	象牙	35000	直线	22	3	2H	313	226	51.9
0.6 × 1000	110	象牙	37000	曲线	22	3	2H	300~345	226	44.7
0.6 × 1000	110	白灰	35000	直线	22	3	2H	315	225	33.7
0.6 × 1000	110	白灰	38000	曲线	22	3	2H	295~340	225	33.4
0.6 × 1200	110	白灰	30000	直线	22	2	2H	310	224	38.6
0.6 × 1000	110	砖红	35000	直线	22	2	2H	312	226	42.4
0.6 × 1000	110	砖红	39000	直线	22	2	2H	315	226	47.4
0.6 × 1000	110	砖红	40000	曲线	22	2	2H	275~325	227	48.8

分析结果：

(1) 热风流量与耐磨性成曲线相关,关系如图7所示:0.6×1000规格带钢,热风流量为35 000~37 000 m³/min时,耐磨性最好。

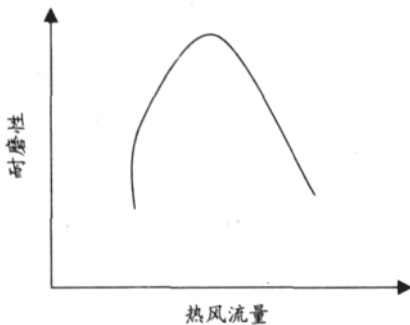


图7 热风流量与耐磨性的关系

(2) 烘烤5段炉温中,曲线烘烤,有利于涂料的固化,提高产品的耐磨性。

2.4 不同颜色彩涂产品PMT与炉温的对应关系

首先分析炉温与PMT的相关性,实验数据见图8。

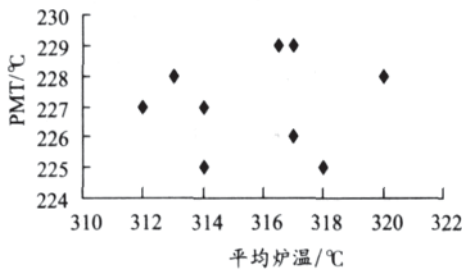


图8 炉温与PMT的关系

图8数据显示:当炉温接近(312~320)的情况下,板温(PMT)数据比较集中(225~229),波动不大且无规律,同时考虑IRCON温度测试的精确度为0.05%,测量范围为:150~550,因此,系统误差为±2,以上数据基本准确。

在此基础上,我们进行了第2组试验,研究不同颜色彩涂产品PMT与炉温的对应关系,试验数据如表2所示。

表2数据显示:绝大多数色漆(包括氟碳涂料)在生产过程中,炉温与板温对应关系良好,测量数据在误差允许范围内,数据基本准确。唯一发现银

色涂料由于颜料主要由银粉组成,反射率较高,造成较大的测量误差(6左右),在生产过程中需要调整IRCON仪的发射系数进行修正,才能保证涂层的固化性能,防止彩涂板生产过程中表面小气泡的产生。机组使用修正后的烘烤条件,很好地控制了银色产品气泡缺陷的发生。

表2 不同颜色产品PMT与炉温的对应关系

卷号	颜色	规格	机组速度/ (m·min ⁻¹)	炉温/	PMT/
1724148	绯红	0.6×1000	110	315	227
1724115	浅青绿	0.6×1000	110	312	227
1723975	土灰	0.5×1000	120	300	231
1724027	海蓝	0.5×1000	120	303	228
1723559	锻灰	0.5×1100	70	280	240
1723556	炭黑	0.5×1100	70	265	233
1723804	银色	0.6×1200	70	300	234
1723805	马蛟白	0.6×1200	70	288	233

3 结语

通过以上试验,可以作出以下结论:

(1) 通过控制带钢PMT,可以控制产品L值,减少产品色差,提高机组对色差的控制精度,减少用户对色差问题的抱怨。

(2) 摸清了烘烤条件对光泽度的影响,可以用作调整其他性能(如T弯曲、色差、铅笔硬度)时的参考依据,避免2个以上性能参数同时调整时,顾此失彼。

(3) 规范了炉温与PMT的关系,提高了涂层的固化程度以及耐磨性。

(4) 通过个别产品对带钢温度测量的影响,制订了相应的措施,控制了银色产品表面气泡缺陷。



参考文献

- 肖佑国,祝福君.预涂金属卷材及涂料[M].北京:化学工业出版社,2003
- Zeni W. 威克斯, Faank N. 琼斯, S. Peter 柏巴斯.有机涂料科学和技术[M].北京:化学工业出版社,2002