

关于氮气喷涂技术涂料利用率的探讨

于泽森 李文刚

(中国第一汽车股份有限公司技术中心)

【摘要】传统的空气喷涂技术是以压缩空气作为涂料的载体,而加温氮气喷涂技术则是以纯度 99.5% 的加温氮气作为涂料的载体,利用加温氮气替代传统的压缩空气进行喷涂,可以降低喷涂压力,减少涂料的反弹,有效地提高涂料利用率,节省涂料和溶剂的消耗。本文在深入分析涂料利用率计算公式的基础上,对氮气喷涂技术节省涂料和溶剂的机理进行了探讨,并进行了试验验证。

【关键词】氮气喷涂 涂料利用率 喷涂压力 施工固体份

1 前言

传统的空气喷涂技术是把过滤的压缩空气作为涂料的载体,其弊端是溶剂消耗量大、过喷成本高。新兴的加温氮气喷涂技术则是运用纯度

99.5%的加温氮气作为涂料的喷涂载体。过滤后的压缩空气首先经过氮气生成装置生成 99.5% 纯度的氮气,多余的氮气可以储存在氮气缓冲罐中,然后经过消静电装置生成电离氮气,最终加热后生成加温氮气,加温氮气制备流程见图 1。

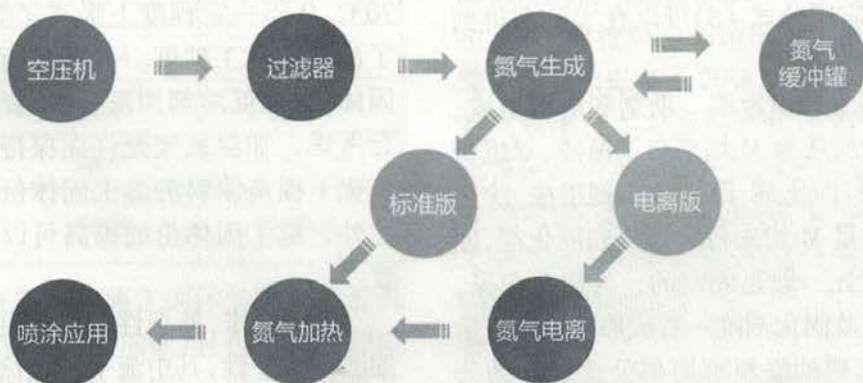


图 1 加温氮气制备流程

目前加温氮气喷涂技术在国外汽车生产线上已经有了比较广泛的应用,奥迪弗吉亚工厂,现代汽车的墨西哥工厂等的保险杠生产线上,无论是旋杯喷涂还是手工喷涂均有应用,此外一些国外生产商也将氮气喷涂技术应用在汽车内饰件或板式家具上。

国外汽车保险杠生产线的统计数据显示,通过加温氮气喷涂技术替代传统的空气喷涂技术可以有效地提高涂料利用率,节省涂料和稀释剂 20% 左右,本文的主要目的就是分析氮气喷涂技术节省涂料和稀释剂的机理并在试验室进行验证。

2 涂料利用率

涂料利用率也可称为涂装效率,涂装效率可

以定义为:

$$\text{涂装效率} = \text{涂着效率} (a/b) \times \text{涂装有效率} (A/B)$$

(1)

它们的相互关系如图 2 所示^[1]。

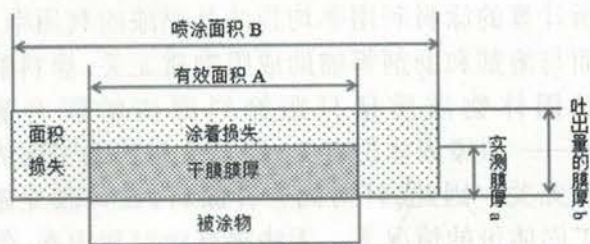


图 2 涂着效率与涂装有效率

其中, A 为涂装有效面积,或称必要面积; B 为外观面积,或称喷涂面积、吐出面积。

a 为实测膜厚(平均膜厚), a 的计算公式为:

$a = \text{干膜重量} / (\text{干膜密度} \times \text{有效面积 } A)$ (2)

b 为吐出量的膜厚, b 的计算公式为:

$b = \text{涂料总的固体物质质量} / (\text{干膜密度} \times \text{喷涂面积 } B) = (\text{涂料用量} \times \text{固体含量}) / (\text{干膜密度} \times \text{喷涂面积 } B)$ (3)

将公式(3)代入到公式(1)中即得到文献^[2]中的涂料利用率计算公式:

$\text{涂料利用率} = (a \times \text{干膜密度} \times A) / (\text{涂料用量} \times \text{固体含量})$ (4)

目前实验室若应用公式(4)精确计算氮气喷涂和空气喷涂涂料利用率时存在以下两方面困难。首先平均膜厚 a 是一个统计数字, 不够准确, 另外还需要所使用涂料的干膜密度的数值。

为了在实验室得到氮气喷涂准确的涂料利用率数据, 需要进一步化简公式(4), 将公式(2)代入到公式(4)中, 可得到:

$\text{涂料利用率} = \text{干膜膜重 } m / \text{涂料总的固体物质质量 } M$ (5)

其中干膜膜重 $m = \text{喷涂前被涂物质量} - \text{烘干后被涂物质量}$, 应用公式(5)可以在实验室得到涂料利用率的准确数值。

单组份涂料主要由原漆、助剂和溶剂组成, 涂料总的固体物质质量 M 均来自于原漆, 双组份涂料主要由原漆、固化剂、助剂和溶剂组成, 涂料总的固体物质质量 M 均来自于原漆和固化剂, 原漆及固化剂的配比一般是固定的, 为简化起见, 下文中可将原漆及固化剂统一看成原漆。单组份涂料和双组份涂料的涂料利用率公式统一为公式(6)。

$\text{涂料利用率} = \text{干膜膜重} / \text{原漆固体物质质量}$ (6)

由于溶剂或助剂等物质会在成膜过程中挥发, 无论是公式(1)、公式(4)还是公式(5)所计算的涂料利用率均指的是原漆的利用率, 而与溶剂和助剂等辅助成膜物质无关。涂料的总固体物质质量只跟涂料原漆的固有属性——原漆固体份有关, 而与涂料的施工固体份无关。因此, 针对同一种涂料, 在只改变施工固体份的情况下, 无法提高涂料利用率, 但提高某一种涂料的施工固体份会增加一次成膜厚度并有效地减少溶剂的用量, 相应地降低 VOC 排放量。

3 氮气喷涂节省涂料和溶剂机理

氮气喷涂技术能够节省涂料和溶剂, 主要是由于两方面原因:

(1) 在同等压力下(1.0 bar), 氮气喷涂的气体流速为 13 米/秒, 而空气喷涂的气体流速仅为 7 米/秒, 因此喷涂中显著降低氮气喷涂的喷涂压力也可达到同样的雾化效果, 喷涂压力的降低可以减少涂料反弹; 且压缩空气中含有氮气、氧气和少量的二氧化碳等, 不同分子的存在会造成湍流现象, 高纯度氮气喷涂中没有空气喷涂的湍流现象, 减少了涂料过喷, 提高了漆膜外观。相比原有空气喷涂, 氮气喷涂技术减小了涂着损失, 提高了公式(1)中涂着效率(a/b)的比值; 此外, 喷涂压力的降低能够减小喷幅, 降低喷涂过程中的“面积损失”, 提高了涂装有效率(A/B)。总之, 喷涂压力的降低达到了节省涂料和稀释剂的效果, 同时降低了 VOC 排放。

(2) 氮气加温过程可使氮气最高加热到 70℃, 从而一定程度上提高了湿漆膜温度, 降低了涂料的施工粘度。另一方面提高涂料的施工固体份, 降低溶剂用量, 可以提高施工粘度。综合考虑, 加温氮气允许在保持施工粘度不变的前提下提高涂料的施工固体份, 降低溶剂用量, 此外, 施工固体份的提高可以增加一次成膜厚度。

总的说来, 外观性能要求良好的雾化效果和湿漆膜流平性, 其中流平性跟涂料的施工粘度有关, 施工粘度受温度和稀释率的影响, 而雾化效果则跟气体流速有关, 气体流速则跟压力和气体种类有关, 而压力影响了涂料的反弹和喷枪的喷幅, 其相互关系见图 3。

4 氮气喷涂与空气喷涂涂料利用率比较

实验室中先后以空气和加温氮气为介质喷涂云南白面漆各 50 块, 并进行统计, 然后根据上文的公式(6)计算涂料利用率, 并根据涂料利用率计算相同干膜膜重(250g)下的涂料消耗量, 结果见表 1。施工条件如下:

1. 试验样板采用电泳漆样板;
2. 环境温度 27℃, 环境湿度 60%;
3. 湿碰湿喷涂两道, 中间闪干 3min;
4. 烘烤条件: 140℃×30 min;

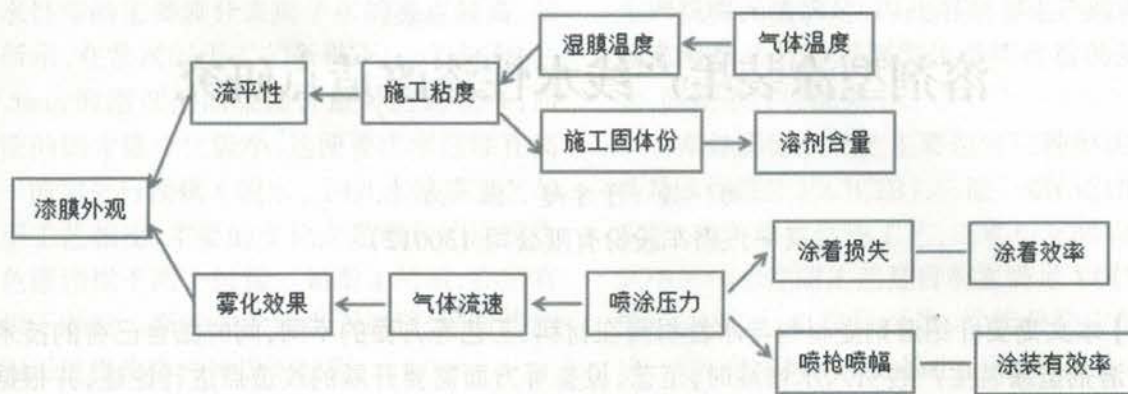


图3 漆膜外观和涂料利用率之间的关系

5. 气体流速: 均为 215 L/min。

6. 加温氮气温度: (35-40) °C。

表 1

	压缩空气	加温氮气
施工固体份(%)	59.57	59.57
施工粘度 T-4(s)	26	26
喷涂压力 (MPa)	0.5	0.35
涂料消耗量(g)	1446.2	1395.7
干膜膜重(g)	230.5	267.5
涂料利用率(%)	26.8	32.2
250g 干膜膜重下的涂料消耗量(g)	1565.9	1303.3

计算可知,在相同的施工固体份条件下加温氮气喷涂相比压缩空气喷涂涂料(包括原漆和溶剂)的节省率约为 16.8%,事实上,可以通过提高氮气的温度,相应地提高加温氮气喷涂下的施工固体份,可以进一步地降低溶剂的使用量。

5 结论

加温氮气喷涂技术以纯度 99.5% 的加温氮气

替代传统的压缩空气作为涂料的喷涂介质,不仅可以降低喷涂压力来减少涂料的反弹,而且消除了传统空气喷涂中的湍流现象,减少了过喷,有效地减少涂着损失;此外压力的降低可以缩小喷枪的喷幅,避免过多的“面积损失”,提高了涂装有效率。最后,加温氮气的应用可在保持施工粘度不变的前提下提高涂料的施工固体份,降低溶剂使用量,降低了 VOC 的排放。在实验室中,手工喷枪喷涂的情况下,涂料利用率相比压缩空气喷涂提高了 20%,涂料消耗降低了 16.8%。氮气喷涂技术对涂料利用率的生产线验证目前正在青岛卡车厂塑料件涂装线上进行,目前的统计结果是,涂料消耗量约降低了 15%。如果将手工喷涂改为机器人喷涂,氮气喷涂的涂料节省比例预计在 20% 以上。

参考文献

- [1] 王锡春,李文刚. 涂装、涂料行业 VOC 剖析及其减排技术题名[J]. 中国涂料. 2016,31(2):10-16.
- [2] 和军强,杨报军. 浅谈涂料利用率的影响因素[J]. 涂装管理. 2015,18(11):17-19.