



铝合金轮毂涂装装备与技术的发展趋势

Trend of Coating Equipments and Technology for Finishing Aluminum Hubs

全文朵（滨州盟威 BBS 轮毂有限公司）

摘要：汽车铝合金轮毂越来越多地采用粉末涂料涂装，目前我国铝轮毂行业主要采用透明粉进行面涂。作者讨论了汽车铝合金轮毂的前处理、底涂、色漆中涂和透明粉面涂的整个工艺过程、设备使用等情况，粉末涂料在铝轮毂行业的应用前景光明。

1 前言

汽车铝合金轮毂具备省油、散热性好、舒适、安全、美观等优点而成为越来越多驾车者购车优选的条件之一。铝合金轮毂一般由铝合金经过低压铸造或锻造、机械加工、表面涂装三大主要工序制成。涂装是铝合金轮毂生产的最后工序，该工序的主要功能是增加轮毂在驾驶过程中在各种环境下的抗腐蚀性和外表的美观，可以根据用户的需求进行不同颜色的喷涂。

轮毂涂装工艺各生产企业基本相同，一般流程为：预处理→底涂→色漆→透明层。有些特殊轮毂可能会采用金属底粉和透明层两层喷涂，但该工艺抗腐蚀性一般较差；另外有的轮毂采用抛光后直接喷透明粉涂层的工艺。

尽管各生产厂的工艺流程相同，但涂装完成后的产品质量却不尽相同，这主要取决于涂装选用的原材料以及工艺参数的控制、设备的选用等。作者将从铝合金轮毂涂装技术发展的宏观方向进行阐述。

2 铝合金轮毂的预处理

涂装预处理的目的在于清除轮毂表面机械加工时沾附的油脂、油污、残留杂质以及铸造表面的氧化层等，并赋予被涂表面一定的化学物理特性，达到增加涂层附着力，增强轮毂防腐性的目的。良好的涂装预处理可以极大地提高铝表面与底涂层间的结合力，以及轮毂的抗腐蚀性，否则涂料质量再好也不能发挥其应有的作用。因此预处理是涂装过程中非常重要的步骤，它能保证涂层良好质量的实现。

轮毂的预处理工艺一般为脱脂、水洗、酸洗、水洗、钝化、纯净水洗，其中脱脂、酸洗、钝化为主要工序。

轮毂脱脂一般采用低碱性清洗剂。此种清洗剂由合成洗涤剂和活性剂组成，生命周期较长，性能稳定，易于控制和处理。清洗过程是在轮毂表面有良好湿润性的情况下，通过溶解、皂化、分散和增溶等作用，把附着在轮毂表面的油脂等污物去除。

酸洗的主要作用是利用酸对氧化物溶解以及腐蚀产生氢气的剥离作用达到除锈和除氧化皮，防止轮毂在正常使用中的内表面自身腐蚀。一般采用强酸清洗，酸液多为几种酸的混合液，并配用酸洗缓蚀剂以减少基体金属的溶解，使酸洗发挥更加良好的作用。

钝化的主要作用是在轮毂表面形成一层钝化膜，借以提高漆膜的整体附着力和耐腐蚀性。目前我国比较常用的还是铬盐钝化，其钝化效果非常好，但铬是重金属，对操作人员和周围环境将造成长期危害。目前先进的钝化技术是采用无铬钝化，由于一遍无铬钝化的效果不如有铬钝化，很多预处理药品公司推出了 2 步分解钝化的工艺，即采用两种不同的钝化剂分步处理，同样达到铬化效果。

预处理设备的组成比较简单，主要由化学处理区、烘干区、冷却区、传送料道 4 部分组成。当然最主要的是化学处理区，现在常用喷淋式，一般由药剂槽、喷淋通道、喷淋泵及管路组成，这些组件的材料及布置应该在设备购置前根据拟选用的化学品及处理流程确定。



3 铝合金轮毂的底涂

铝合金轮毂预处理完成后接下来的工序就是底涂。一般采用聚酯/环氧混合灰粉进行喷涂。底涂的主要作用包括两方面，一是对轮毂进行防腐蚀保护；二是遮盖铸造件表面的粗糙，增加轮毂表面的平整度。

轮毂底涂目前主要采用手工喷涂和喷枪固定布置的自动化喷涂两种方式，也有部分厂家采用机器人操纵喷枪的自动化喷涂方式。在这三种方式中，手工喷涂因人员操作的不稳定性容易造成涂层厚度不均匀，因此是一种逐渐被淘汰的生产方式；机器人操纵喷枪自动化喷涂目前推广的主要障碍是成本高，这种喷涂方式主要适用于批量小，品种多，产品结构复杂的轮毂。机器人喷涂的灵活性高，对软件应用人员的要求较高，产量相对较低，目前情况下一般轮毂制造企业还不宜采用；喷枪固定布置的自动化喷涂方式是目前大多数轮毂生产厂采用的生产方式，即根据生产轮毂的结构将喷枪分别布置在不同部位，良好的布枪，可以使轮毂喷涂面的涂层厚度差值控制在 $10\mu\text{m}$ 左右。为了减少喷枪调整的次数，在生产时应根据轮毂的结构进行分类，结构相近的轮毂不必调整喷枪位置，而同时进行上线生产，既保证了产量，又保证了喷涂质量。

不论采用何种喷涂方式，设备的组成基本是相同的。仅就喷涂区而言，喷涂单元主要由喷室、供粉系统、喷枪及控制系统和粉回收系统组成。

喷室现在多为不锈钢喷室，喷室的选择依据主要是轮毂的尺寸，生产厂一般根据轮毂公司的要求计算喷室尺寸，进出风量。

供粉系统一般由粉箱和粉泵组成。粉箱中的主要部件是流化板，粉在粉箱中流化得好坏将影响喷枪的出粉量和出粉的均匀程度；粉泵也同样影响这两项性能，因此使用过程中要重点检查。

喷枪及控制系统由喷枪、粉管、高压及压缩空气控制系统组成。轮毂底涂目前一般采用高压静电喷枪，高压静电喷涂中高压静电由高压静电发生器提供。喷枪工作原理以电晕放电理论为主。静电喷枪口的高压放电针与高压发生器输出的负高压相连接，被空气雾化的粉末涂料从枪口喷出。由于放电针端部产生电晕放电使其周围空间存在大量自由电子。当粉末通过该区域时吸收电子而成为带负电荷的粉末颗粒，它在空气推力和电场力作用下奔向带正电的接地轮毂并吸附其表面，通过多把枪的合理布置，可使整个轮毂表面均匀地形成粉末涂层。

4 轮毂的色漆喷涂

色漆喷涂一般是在底粉层固化完成后实施的，色漆喷涂的主要作用是按照客户的颜色需求，对轮毂外表面进行着色装饰，当然也具有一定的防腐蚀功能。

国内的轮毂生产厂基本采用油漆进行喷涂，这种材料对操作人员和环境都有一定的危害，因为油漆中挥发性有机化合物含量比较高。目前欧洲已基本采用水性漆进行着色喷涂，水性漆中挥发性有机化合物含量非常低，基本不会对人员和环境造成伤害。目前人们采用油漆的主要原因是，多数人认为成本低。但是使用水性漆可以减少后处理设备及排放费用的投资，因此成本相比并不会明显增高，同时扩大了产品的出口范围。因此水性漆的应用将是下一步的主要方向。

水性漆的喷涂系统一般由喷室、供漆系统、喷枪及控制系统（包括换色系统）、废漆回收系统等组成。喷室一般与废漆回收系统联合设计制造。喷室内一般采用水帘方式，将喷涂在轮毂外的漆加以回收，回收后的废漆与废漆处理系统相联接，通过加入絮凝剂等材料将废漆回收处理，将净化后的水重新排回系统循环利用，在喷室的设计上利用文丘理原理保证整个喷室内风量的平衡。

色漆的喷枪布置有两种方式，一种是全部采用 HVLP 气枪；另外一种是采用高压旋杯喷枪与 HVLP 气枪混合布置。相比较而言，第二种布置方式比较合理，采用高压旋杯枪喷涂轮毂轮辐面，然后用 HVLP 气枪进行补喷。这样的布置方式涂层厚度均匀，且大大提高了油漆利用率。高压旋杯枪是在静电喷枪的头部装有一个高速旋转的旋杯，利用旋杯高速旋转所产生的离心力把漆雾化。被



雾化形成的漆雾在静电场的环抱效应下聚集成一个钟形的漆雾环，从而保证轮毂的整个外表面被涂上均匀的漆层。

5 轮毂的透明层喷涂

轮毂透明层的主要作用是增强涂层的抗石击性能；增加涂膜的美观效果；彻底解决颜料的可擦落性；提高涂膜的耐候性。

现在轮毂的透明层喷涂一般采用透明粉和透明漆两种方式。油漆存在环保问题、回收问题等，正在被透明粉逐步替代。常用的透明粉有两种：聚酯透明粉和丙烯酸透明粉，丙烯酸透明粉因有较好的光泽度和抗老化性能而越来越受到轮毂生产厂的青睐。

轮毂透明粉的喷涂设备与底粉喷涂设备相同，在此不再赘述。

6 传送与固化炉

轮毂底涂、色漆喷涂、透明层喷涂等每一层喷涂完成后，都需要进行固化成膜，所以每一套喷涂设备连接的都是一套固化炉和相应的冷却炉，炉内温度实际温度曲线可以用 SMT-4 炉温跟踪仪来测试并调整确保温度曲线满足工艺要求。轮毂自喷涂区到固化区的转运自然需要通过传输料道来实现。

固化炉有燃气炉和电炉两种，燃气炉使用成本较低，但有时会对产品质量产生负面影响；电炉对产品质量的负面影响较小，但使用成本较高，因此各轮毂厂应当根据自己的实际情况来选择。

料道的选择取决于喷涂方式，如果是侧喷，一般选择悬挂料道；如果是顶喷，可以选择地链传输；现在的轮毂厂家一般选择顶喷和地链传输，这样可以有效避免链道润滑油滴落对喷涂质量所产生的影响。

一条完整的轮毂生产线是由各个料道同节拍地将预处理、底涂、色漆喷涂、透明层喷涂连接起来的。各个料道之间的轮毂转运可以由机器人或人工搬运实现。

随着汽车工业对产品质量要求的不断提高，轮毂的外观质量要求也越来越严格，因此我们的轮毂公司必须及时跟踪当今的先进生产技术，才能实现市场的最大化。

作者：全文朵 滨州盟威 BBS 轮毂有限公司

地址：山东省滨州市渤海 22 路 888 号

邮编：256631