

述 评 ·

铝合金表面处理技术新进展

周鼎华

(无锡法福表面处理技术有限公司, 江苏 无锡 214145)

摘 要: 简要介绍了铝合金表面处理技术的新进展, 重点介绍了铝合金的阳极氧化、电镀、化学镀和微弧氧化、激光熔覆等工艺。

关键词: 铝合金; 表面处理; 阳极氧化; 电镀; 化学镀; 微弧氧化; 激光熔覆

中图分类号: TG174. 442

文献标识码: A

文章编号: 1673 - 4971(2006)04 - 0010 - 06

Recently Progress on Surface Treatment Technology of Aluminum Alloys

ZHOU Ding-hua

(Wuxi Fafu Techniques Surfaces Treatment Co. , Ltd. , Wuxi Jiangsu 214145 , China)

Abstract : This paper described the recently progress on surface treatment technology of aluminum alloys. Some surface treatment processes of aluminum alloys were introduced. Such as anodizing ,electroplating ,electroless plating ,micro-arc oxidation ,laser clad etc.

Key words : aluminum alloys ; surface treatment ; anodizing ; electroplating ; electroless plating ; micro - arc oxidation ; laser clad.

0 引言

铝是元素周期表中第三周期主族元素,为面心立方晶格,无同素异构转变,延展性好、塑性高,可进行各种机械加工。铝的化学性质活泼,在干燥空气中铝的表面立即形成厚约 1~3 nm 的致密氧化膜,使铝不会进一步氧化并能耐水;铝是两性的,既易溶于强碱,也能溶于稀酸。铝在大气中具有良好的耐腐蚀性。纯铝的强度低,只有通过合金化才能得到可作结构材料使用的各种铝合金。铝合金的突出特点是密度小、强度高。铝中加入 Mn、Mg 形成的 Al-Mn、Al-Mg 合金具有很好的塑性和较高的强度,称为防锈铝合金,如 3A21,5A05。硬铝合金的强度较防锈铝合金高,但防蚀性能有所下降,这类合金有 Al-Cu-Mg 系如 2A11,2A12。Al-Cu-Mg-Zn 系为超硬铝,如 7A04,7A09。新近开发的高强度硬铝,强度进一步提高,而

密度比普通硬铝降低 15%,且能挤压成型,可用作摩托车骨架和轮圈等构件。Al-Li 合金可制作飞机零件和承受载重的高级运动器材。通过在铝中加入 3%~5%(质量分数)的比铝更轻的金属锂,就可以制造出强度比纯铝高 20%~25%,密度仅 2.5 t/m³ 的铝锂合金。这种合金用在大型客机上,可以使飞机的重量减少 5 t 多,而载客人数不减。

然而,铝的腐蚀电位较负,全面腐蚀比较严重。铝及其合金的腐蚀形态常见的有:点腐蚀、电偶腐蚀、缝隙腐蚀、晶间腐蚀、丝状腐蚀和层状腐蚀^[1]。为了克服铝合金表面性能方面的缺点,扩大应用范围,延长使用寿命,表面处理技术是非常重要的一环,用以解决或提高防护性、装饰性和功能性三大方面的问题。下面分述铝合金常用的几种表面处理技术的新进展。

收稿日期:2006-06-20

作者简介:周鼎华(1948-),男,江苏张家港人,高级工程师,主要从事金属材料的表面处理以及热处理工艺的研究开发工作。

1 铝合金阳极氧化^[2]

将铝及其合金置于适当的电解液中作为阳极进行通电处理的过程称为阳极氧化。经过阳极氧化,铝表面能生成厚度为几微米至几百微米的氧化膜。此氧化膜的表面为多孔蜂窝状,较之铝合金的天然氧化膜,其耐蚀性、耐磨性均显著提高。采用不同的电解液和工艺条件,就能得到不同性质的阳极氧化膜。阳极氧化有铬酸阳极氧化、草酸电解液阳极氧化、硫酸阳极氧化。硫酸阳极氧化与草酸和铬酸阳极氧化相比,工作电压更低,电解液更价廉,操作更简单,氧化膜装饰性更强,所以这种工艺很快得以普及。目前95%以上的阳极氧化是在硫酸中进行的。阳极氧化的基本工艺过程如下。

1.1 前处理

1.1.1 机械处理

机械处理一般可分为抛光(包括磨光、抛光、精抛或者镜面抛光)、喷砂(丸)、刷光、滚光等。

1.1.2 化学清洗

化学清洗剂有溶剂型化学清洗剂、碱性化学清洗剂和酸性化学清洗剂。从上世纪80年代开始,酸性脱脂槽液逐步普及,槽液为 H_2SO_4 或 H_3PO_4 ,加 HF 、 Fe^{3+} 、 H_2O_2 、 NO_2^- 和非离子表面活性剂,室温下操作,时间为3~5 min。这种工艺效率高,不污染后续槽,是较好的脱脂工艺,其应用日益广泛。

1.1.3 碱浸蚀

铝及其合金阳极氧化之前,需要去除致密但不均匀的自然氧化膜。对高硅铝合金,采用 HNO_3 、 HF 混合溶液,在室温下操作,时间为3~5 min,工作时会产生有毒气体,一般不用于其它铝合金。其它铝合金采用以 NaOH 溶液为主的碱性槽液, NaOH 的浓度为30~70 g/L,操作温度为40~80℃,时间为3~10 min。碱腐蚀工艺维护简单,成本低,腐蚀效果好,易于除去铝合金表面的加工条纹,是阳极氧化重要的配套工艺。目前单独使用 NaOH 溶液作碱腐蚀已很少见,往往加入葡萄糖酸钠、柠檬酸钠等络合剂,防止槽液中 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 沉淀,即所谓“长寿碱”。有的加入硫化物,防止重金属在铝合金表面发生置换反应,以消除“流痕”。也有的加入氧化物和硝酸盐,用以产生无光砂面效果。

1.1.4 化学抛光

化学抛光是上世纪40年代后期发明的。当Henley在做磷酸-硫酸型的电解抛光时,在尚未通电的情况下,发现铝的腐蚀有光亮效果,接着他仔细

研究了这个现象,得到了最早的化学抛光工艺:磷酸75%(体积),硫酸25%(体积),操作温度为90~100℃。

后来人们发现在上述工艺中加10%的硝酸,可以得到特别光亮的效果。由是,化学抛光在工业中得到应用,相应的专利陆续公布。光亮阳极氧化稳定地进入市场,替代了部分钢或铜上镀镍-铬的工艺。

化学抛光不需要通电,也不需要专用夹具,操作简单,但需要良好的加热和通风设备。使用高纯铝能得到反射率为100%的效果,普通铝合金也能达到装饰性的光泽度。由于化学抛光比电解抛光成本低,所以大多数光亮阳极氧化是用化学抛光配套的。最通常的化学抛光工艺是:磷酸75%(体积分数),硝酸15%(体积分数),硫酸10%(体积分数),操作温度90~110℃,时间0.5~3 min。有的工艺只用磷酸和硝酸,有些加了醋酸、铬酸或氢氟酸。添加少量的钼盐、镍盐、铜盐可以增加抛光的亮度。化学抛光最大的缺点是会产生 NO_x 有毒气体,黄色的 NO_x 气体是强烈的致癌物质,是化学抛光车间难以消除的“黄龙”。人们采取了许多办法来解决这一技术难题,日本的Tajima,采用“笼形”化合物吸收有毒气体,得到无黄烟化学抛光新工艺;德国对于纯度达99.99%的铝件,采用16%(体积分数)的氟化氢铵,13%(体积分数)硝酸,25 g/L的糊精,操作温度较低,析出气体很少。Kaiser铝和化学品公司发明了类似的工艺(体积分数):2.5%硝酸,0.6%氟化氢铵,0.6%铬酸,0.6%甘油,0.05%硝酸铜。也有在磷酸-硫酸配方中加有机硫化物替代硝酸,得到无黄烟抛光工艺。

除酸性化学抛光外,还有碱性化学抛光工艺,但其效果远不及前者,故较少应用。典型的碱性抛光配方含有: NaOH 、 NaNO_2 、 NaNO_3 、 Na_3PO_4 、 $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ 等,碱性化学抛光无有毒气体析出。

1.1.5 电化学抛光

电化学抛光又称电解抛光。1934年在英国和美国,几乎同时发明了电解抛光工艺“Brytal和Alzak”,在碱性(Brytal工艺)或氟硼酸(Alzak工艺)溶液中阳极电解10~20 min,得到较高反射率的表面,并在阳极氧化后继续保持下来。电解抛光是利用电流的作用,使铝合金发生电化学反应,在铝合金表面凹凸不平的部分发生不同程度的溶解,使铝件表面产生光滑的镜面效果。电解抛光的铝件,经过后续的阳极氧化处理仍然保持大部分光泽。电解抛光的铝件有较好的耐蚀性,即使未经阳极氧化处理也能在大气

中很长时间不锈蚀,而保持原有的光泽。二次世界大战期间,铝反光镜的需求大增,这一期间铝的电解抛光技术发展很快。

高纯铝片(99.99%)经过电解抛光,可以得到反射率近 100% 的镜面效果。铝片的纯度越高得到的反射率越高。常用的工艺有:磷酸-铬酸型,磷酸-硫酸-铬酸型[巴特尔(Battelle)工艺],高氯酸-醋酸型,磷酸-硫酸-甘油型,氟硼酸型(Alzak 工艺),碳酸钠-磷酸三钠型(Brytal 工艺),氢氧化钾-铬酸型,硫酸-铬酸型(Aluflex、GIV)等。操作温度为室温至 90℃,电流密度 10~20 A/dm²,有的工艺高达 150 A/dm²。用于铝合金金相显微组织试样的高氯酸电化学抛光工艺对铝合金显微组织的检验起到了重要作用,它对特殊的电化学抛光工艺的研发会有启发^[1]。

电解抛光的主要污染物是六价铬。近年来,随着环保意识的加强,不含铬酸的电解抛光处理液逐步盛行,不含铬酸的电解抛光处理液的主要问题是,对有些合金抛光不够亮。另外,铝合金在这种处理液中抛光后,在不通电的条件下亮度会迅速下降,需要立即从处理液中取出、水洗,这给该工艺的广泛应用带来一定的影响。后来,有人在这种处理液中添加某种添加剂,使这两个问题有所缓解。

电解抛光工艺成熟,污染小,但工作电流大,成本高,目前用于高亮度、高装饰性铝件的加工。

1.2 阳极氧化

1.2.1 硫酸阳极氧化

硫酸阳极氧化有以下特点:

1) 生产成本低 成分简单,操作维护简便,一般只需将硫酸稀释到一定的浓度即可,无需添加其它化学药品。推荐使用化学纯硫酸,杂质较少的工业级硫酸也可采用,所以成本特别低。

2) 膜的透明度高 纯铝的硫酸阳极氧化膜,是无色透明的。对于铝合金,随着合金元素 Si、Fe、Cu、Mn 的增加,透明度会下降,但 Mg 对透明度无影响。最适合于抛光后的光亮阳极氧化处理。

3) 着色性高 硫酸氧化膜透明,多孔层吸附性强,易于染色和着色,着色鲜艳且不易退去,有很强的装饰作用。

4) 硫酸阳极氧化操作条件为:

H ₂ SO ₄ (体积)	10% ~ 30%
温度/	18 ~ 22
Al/g · L ⁻¹	20

电流密度/A · dm ⁻²	0.6 ~ 3
时间/min	10 ~ 60

1.2.2 草酸和铬酸阳极氧化

草酸阳极氧化在日本应用较普遍。草酸氧化膜的特点和硫酸氧化膜相近,孔隙率低于硫酸氧化膜,耐蚀性和硬度高于硫酸氧化膜。草酸阳极氧化的槽液成本和操作电压高于硫酸者,有些合金的草酸氧化膜颜色较深。草酸和硫酸阳极氧化都需要良好的冷却系统配套。

草酸阳极氧化操作条件为:

草酸 (体积分数)	2% ~ 10%
温度/	15 ~ 35
电流密度/A · dm ⁻²	0.5 ~ 3
电压/V	40 ~ 60

铬酸阳极氧化膜特别耐腐蚀,主要应用于飞机制造业。铬酸氧化膜和油漆的附着力强,也用于作油漆的底层。铬酸阳极氧化膜灰色不透明,一般不用于装饰。

铬酸阳极氧化操作条件为:

CrO ₃ /g · L ⁻¹	30 ~ 100
温度/	40 ~ 70
电流密度/A · dm ⁻²	0.1 ~ 3
电压/V	0 ~ 100
时间/min	35 ~ 60

1.2.3 硬质阳极氧化

在二次世界大战后期,为了提高阳极氧化膜的硬度和厚度,把硫酸氧化槽的温度降低至 0℃,电流密度提高至 2.7~4.0 A/dm²,获得了 25~50 μm 的“硬质氧化膜”。用草酸加少量硫酸可以在 5~15 得到硬质氧化膜。有些专利采用优化硫酸的浓度,加有机酸或其他添加剂,如苯羧酸进行硬质阳极氧化。

在苏格兰,Campbell 发明了采用交流-直流叠加电源,电解液高速流动,0℃,电流密度 25~35 A/dm²,获得 100 μm 的硬质阳极氧化膜。

现在,脉冲电流用于硬质阳极氧化时,特别是对一般很难硬质阳极氧化的高铜铝合金,使用脉冲电流可以防止“烧蚀”。还有许多电源可用于硬质阳极氧化,如交流加直流,各种频率的单相或三相脉冲电流、反相电流等。传统的直流硬质阳极氧化,电流密度一般不超过 4.0 A/dm²,单相整流脉冲电源,电流的脉冲峰值可以很大,但保持氧化膜厚度的均匀一致是重要的问题。

由于硬质阳极氧化膜具有独特的硬质和耐磨性,所以正逐步被航空、航天、自动化、汽车、计算机设备、电子和其他工业所采用。目前正在开发采用聚四乙烯、二硫化钼等固体润滑剂封闭,使硬质阳极氧化膜具有自润滑性能,应运前景更加广阔。

1.2.4 阳极氧化膜的厚度控制^[1]

阳极氧化生成的氧化膜厚度从理论上可按由法拉第定律所推导的如下公式进行计算:

$$\delta = kIt$$

式中 δ 为阳极氧化膜厚度(μm); I 为电流密度(A/dm^2); t 为氧化时间(min); k 为系数,理论上取为 $1057/\rho$,实测值一般是 $0.25 \sim 0.35 \text{ m}^3/\text{kg}$; ρ 为氧化膜密度,一般取为 $2500 \sim 3000 \text{ kg}/\text{m}^3$,则 k 为 $0.42 \sim 0.35$ 。用上述公式计算的前提是认为通过的电量全部用于氧化铝析出,同时也把氧化铝及膜的密度视为纯净的氧化铝密集的值。但实际情况并非完全如此。为了使 k 值更切合实际,应将电流效率和在这种工艺条件下所生成膜的密度或孔隙度考虑在内,即:

$$k = 1057 / \eta \rho$$

式中 η 为电流效率(电极上实际析出的物质质量与总电量换算出的析出物质质量之比)。 k 值各国取值大小各异,美国有取 0.328 、 $0.285 \sim 0.355$,日本有取 0.352 、 0.364 、 0.25 ,中国、俄罗斯取 0.25 。各自可以根据实测结果倒推,得到实用的经验控制法。

1.3 铝阳极氧化膜的着色和染色

铝及其合金经过阳极氧化处理而得到的新鲜氧化膜具有强烈的吸附能力,因而可以再经过一定的工艺处理使其着上各种鲜艳的色彩,达到美化和抗腐蚀的双重效果。

根据着色物质和色素在氧化膜中分布的不同,可分为自然发色法、电解着色法和染色法三类^[3]。

1.3.1 自然发色

铝和铝合金在电解液中经阳极氧化处理直接产生有颜色的氧化膜。这种电解液常含有特殊的有机酸和少量的硫酸等化合物。自然发色工艺,需要大约 60 V 的操作电压,它的电解能源消耗和冷冻能源消耗,都远远大于普通的硫酸阳极氧化工艺,槽液中铝盐的不断增多,导致槽液的报废。需要用离子交换装置连续净化电解液,防止槽液中 Al^{3+} 过多增加。因此,自然发色成本较高。

1.3.2 电解着色^[2]

上世纪60年代,日本开发了“AsadaTM、AnalokTM”

工艺。硫酸阳极氧化膜在镍盐溶液中交流电解,使金属镍沉积到多孔层中得到从浅棕色到黑色的着色,后来Alcan获得在钴盐溶液中电解着色的专利。

Alcan又针对Asada工艺,开发出用许多种金属盐电解着色的专利并在国际上注册。也有一些公司致力于开发基于锡盐溶液的电解着色工艺。其中德国的Gartner和德国的铝业公司(V. A. W)在这一领域非常活跃。市场上有Henkel公司开发的AlmecolorTM工艺,V. A. W.公司开发的MetoxalTM工艺。还有一些国家开发出了许多类似硫酸亚锡加硫酸的工艺,这类锡盐电解着色工艺应用最广泛。还有的电解着色工艺采用锡盐加镍盐电解液。

锡盐电解着色溶液,主要含硫酸亚锡、硫酸、锡盐稳定剂、着色分散剂等,着色美观,重现性好,溶液抗杂质能力强,易于维护管理。

电解着色是金属微粒沉积在阳极氧化膜多孔层的底部,由于随机分布的金属微粒对光线的反射,得到着色。随着沉积金属微粒的增加,颜色由稻草黄到棕色,直至黑色。电解着色工艺具有成本低、颜色耐晒、不易退色等特点,是目前应用最广泛的着色方法。此外还有干涉着色、多色电解着色等。

1.3.3 有机和无机染料染色

染料染色是染料吸附在阳极氧化膜多孔层的最外侧 $1/3$ 或 $1/2$ 处。许多种类的阳极氧化膜都可以被染料染色,但只有硫酸和草酸阳极氧化膜的染色有工业价值,硫酸阳极氧化膜的染色是其中的绝大部分。

有机染料染色,操作简便、染色均匀、几乎可以染出任意颜色。可以采用印刷和多重染色技术,在同一铝合金表面染出多种颜色和花纹,颜色鲜艳装饰性极强。但由于有机染料存在分解退色、耐晒差的问题,所以多用于室内装饰。

无机染色,颜色的稳定性高、不易退色,能经受阳光的长期暴晒。用高锰酸钾溶液可以染出棕色,用铁盐溶液可以染出金黄色。无机染色的颜色种类较少、均匀性较差,目前正逐步被电解着色工艺所替代。

1.4 阳极氧化膜的封闭

1.4.1 热水封闭

新鲜的阳极氧化膜在沸水或接近沸点的热水中处理一定的时间后即失去活性,不再吸附染料,已染上的颜色也不易退去,这一过程就是封闭,也称封闭。用热蒸汽也能封闭,但能耗大,应用不及用热水

广泛。

1.4.2 低温封闭

上世纪 80 年代以来,人们开发出含 Ni、F 溶液的“低温封闭剂”,操作温度 25 ~ 40 ,封闭速度快,几乎是热水封闭的三倍,且不易产生粉霜。有的配方加入少量的钴盐,防止产生绿色,低温封闭的应用非常普遍。

1.4.3 中温封闭

醋酸镍封闭技术的广泛应用,替代了部分热水封闭工艺。醋酸镍封闭在北美洲非常流行,这得益于它具有较高的封闭质量。醋酸镍封闭的原理是:镍离子被阳极氧化膜吸附后,发生水解反应,生成氢氧化镍沉淀,填充在孔隙内,达到封闭的目的。

1.4.4 其它封闭

用硅油封闭硬质阳极氧化膜,可以提高阳极氧化膜的电绝缘性。硅脂封闭用于制造无尘表面。脂肪酸和高温油脂封闭用于制造红外线反射器,防止波长为 4 ~ 6 μm 之红外线的吸收损失。此外还开发了许多有机封闭剂,可在特定条件下选用之。

2 铝合金化学氧化^[3]

铝合金化学氧化处理后获得的化学氧化膜厚度一般为 0.3 ~ 4 μm ,质软,抗磨和抗腐蚀性均低于阳极氧化膜。但它有较好的吸附能力,在其表面再涂漆可有效提高铝制品的耐腐蚀性和装饰性。常见的有磷化膜和钝化膜。

2.1 磷化工艺(Alodine 法)

用单纯的磷酸盐处理铝及其合金,所得的膜几乎不能用于防护目的,但用铬酸盐-磷酸盐处理则能够得到耐蚀性十分好的膜。这一方法 1949 年出现于美国,名曰 Alodine 法。

2.2 钝化工艺

铝和铝合金经铬酸盐处理,可以获得一种转化膜,成分为铬的复杂化合物,俗称钝化膜。铝的这种转化处理在工艺方法和膜的性质上独具特色。首先是工艺简单,其次是在膜层具有一定的防护性能的同时,不会对零件尺寸和导电性能产生明显影响。此外,铝表面铝酸盐膜的高频传导性能也相当高。这些特点,使得这种处理方法在电子工业、飞机制造和导弹生产中有着特殊的应用意义。

处理铝合金的铬酸盐溶液有酸性和碱性两种。其基本组分除了六价铬化合物外,在酸性溶液中还有氟化物;对于碱性溶液则还有碱金属碳酸盐。

3 铝合金的电镀和化学镀

3.1 铝合金的电镀工艺

由于铝及其合金本身的化学物理特性,使得在铝件上的电镀比在钢铁基材上施镀要困难得多而必须进行一些特殊的处理。下面是某厂的汽车铝合金轮毂的电镀工艺流程^[4]:

抛光 喷丸(选择性) 超声波除腊 水洗 碱洗除油 水洗 酸蚀(出光) 水洗 浸锌() 水洗 退锌 水洗 浸锌() 水洗 电镀暗镍 水洗 酸性亮铜 水洗 抛光 超声波除腊 水洗 阴极电解除油 水洗 活化 水洗 半光亮镍 高硫镍 光亮镍 镍封 水洗 镀铬 水洗

3.2 铝合金的化学镀工艺

铝合金化学镀镍以其优良的性能越来越为生产厂家所接受。化学镀镍也就是我们通常说的镀镍磷。铝合金表面(电脑散热片、硬盘等)采用如下工艺^[4]:

常温化学脱脂 流水清洗 $\times 2$ 热脱脂 流水清洗 $\times 2$ 碱蚀 流水清洗 $\times 3$ 酸洗 流水清洗 $\times 2$ 一次浸锌 流水清洗 $\times 2$ 20 % 硝酸 流水清洗 $\times 3$ 二次浸锌 流水清洗 $\times 3$ (1 ~ 5 %) 氨水预浸 预镀化学镍 流水清洗 $\times 2$ 纯水洗 中磷光亮化学镍或高磷光亮化学镍 流水清洗 $\times 3$ 钝化 流水清洗 $\times 3$ 吹干 烘干 检验 包装

半导体器件等电子元件表面的铝基体由于焊接的需要,往往要求化学镀镍和化学镀金,其工艺流程如下^[1]:

除油 碱蚀 出光 第一次浸锌 退锌 预处理液 第二次浸锌 化学镀镍 酸洗 预浸 化学镀金 后处理

4 铝合金的微弧氧化和激光熔覆技术

4.1 铝合金的微弧氧化

微弧氧化是普通阳极氧化的技术延伸,是电化学过程与物理放电过程共同作用的结果,是一种新的表面处理技术。西安理工大学研制的铝、镁合金微弧氧化设备已投入产业化运行,其处理成本仅相当于硬质阳极氧化和电镀硬铬的 1/3 ~ 1/4^[5]。

微弧氧化突破了传统阳极氧化的电压局限,利用高压放电所产生的等离子体的强化作用,在基体表面获得硬度可达 3000 HV、最大厚度 200 ~ 300 μm 、绝缘电阻 > 100 M Ω 、与基体冶金结合的陶瓷层。微

弧氧化技术处理工艺简单,对环境无污染,处理工件能力强,而且大幅度提高了铝及其合金的性能,达到了第二代工程材料(金属)和第三代工程材料(陶瓷)的完美结合,是一项很有发展前途的轻合金表面处理技术^[6]。

我国的研究人员对材料为 ZL108 的小型发动机缸体进行微弧氧化处理,时间 30 min。铝合金缸体内表面经微弧氧化处理后形成的陶瓷层主要由 Al_2O_3 和 $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ 相组成,显微硬度 $>1000\text{ HV}$,陶瓷材质的特性决定了其优良的抗腐蚀性和耐磨性。缸体在油润滑条件下磨损 50 h 后,铝合金微弧氧化陶瓷层的磨损失重低于电镀硬铬层和磷钒铜铸铁^[7]。

4.2 铝合金的激光熔覆技术^[8]

激光熔覆是通过在基材表面添加熔覆材料,并利用高能密度的激光束使之与基材表面一起熔凝,从而在基材表面获得与之形成冶金结合的熔覆层的方法。

激光熔覆按熔覆材料的供给方式可分为两大类,即:预置涂层法和同步送粉法。影响铝合金激光熔覆的工艺参数主要包括:激光功率、扫描速度、光斑直径、涂层厚度(预置法)或送粉速率(同步法)。目前,用于铝合金激光熔覆处理的粉末类型主要有 Ni 基、Cu 基、陶瓷粉末等。

在我国,铝合金表面激光熔覆技术目前已成为极其活跃的研究领域,且在某些方面取得了一定的进展并进入实际应用阶段。我国的航天航空和汽车工业正处于发展阶段,尤其是汽车有着广阔的市场。因此,铝合金表面激光熔覆技术的开发和应用在我国有着巨大的潜力。

5 结语

随着我国经济的高速发展,铝合金表面处理技术正在与世界同步前进。在传统工艺技术方面,与国际水平已没有什么差距,只是在不同地区、不同企业因工艺装备、人员素质、管理水平的差异,在技术和质量上存在一些不平衡。不过,对于一些先进的工艺技术的推广应用,目前还缺乏力度。由于存在传统技术方面的惰性,有些企业对推广新技术的积极性不高。因此,有必要大力宣传一些先进企业的成功经验,以起到示范性效果。

参 考 文 献

- [1] 朱祖芳. 铝合金阳极氧化与表面处理技术[M]. 北京:化学工业出版社, 2004, 7.
- [2] 李鑫庆,余静琴,谢蕴丹. 铝及其合金阳极氧化的最新发展[J].《机械工人热加工》2005, (9): 19 - 23.
- [3] 张士林,任颂赞. 简明铝合金手册[M]. 上海:上海科学技术文献出版社, 2001, 2.
- [4] 秦宝兴,等. 我国电镀技术的现状与展望[J].《无锡电镀与涂装》2004, (1): 2 - 4.
- [5] 蒋百灵,张先锋,朱静. 铝、镁合金微弧氧化技术研究现状和产业化前景[J].《金属热处理》2004, 29, (1): 23 - 28.
- [6] 顾伟超,沈德久,王玉林,何大川. 铝及其合金微弧氧化技术的研究与进展[J].《金属热处理》2004, 29, (1): 53 - 57.
- [7] 李均明,蒋百灵,等. 铝合金发动机缸体微弧氧化层的特性[J].《金属热处理》2005, 30, (1): 64 - 66.
- [8] 吕伟鑫,孙荣禄. 铝合金表面激光熔覆研究现状[J].《金属热处理》2006, 31, (5): 24 - 27.

找检测仪器请上 QC 检测仪器网(www.qctester.com)

量仪量具 无损探伤 力学测试 材料试验 物理测试 光学仪器
表面处理 环境监测 设备诊断 化学分析 供求信息 展会期刊