

热浸镀铝工艺参数变化对合金层影响的研究

陈 军

陈益飞

(盐城工学院机械工程系, 盐城工学院电气工程系, 盐城, 224003)

摘 要 分析了热浸镀时间(t)、温度(T)、待镀件成分、相结构变化对镀层中合金层形貌、厚度(H)、合金层的重熔产生的影响。实验结果表明,合金层的形貌、厚度、重熔与热浸镀温度有密切关系,钢基成分对合金层形貌、厚度也产生一定的影响,而合金层厚度和形貌对热浸镀时的时间因素不敏感,在合金层达到一定厚度后,就基本上不再随时间的延长而改变。

关键词 热浸镀铝工艺 合金层形貌 合金层厚度 合金层重熔

分类号 TF1

前 言

近年来,表面冶金技术迅速发展,已开始应用于各个领域,并显示出良好的应用前景。热浸镀铝以其工艺简单、镀层厚、性能全面、操作时间短,同时也是最经济的涂覆铝的方法,在我国具有广阔的发展前景。

热浸镀铝可以大大改善钢材的外观,能增强其耐腐蚀性能^[1]。热浸镀形成的合金层与基体之间属于冶金结合,牢固不易脱落;合金层还具有抗高温氧化、耐磨、硬度高、耐工业介质腐蚀等优点^[2],使得合金层的生长规律越来越受到重视。众所周知,只有在钢基表面首先形成适当厚度的合金层,才能保证镀层的表面质量,减少或避免虚镀和漏镀,降低钢基中铁溶入铝液中的速度、延长铝液的使用寿命^[3]。由于合金层的显微硬度受钢基和铝液中添加元素的影响很小^[4],所以合金层的厚度、形貌就成为热浸镀铝件满足不同使用要求的重点考虑因素。本文通过改变镀铝时的工艺参数和钢基成分较详细地分析了它们对合金层的影响。

1 实验方法

试样为 $40\text{mm} \times 25\text{mm} \times 1.5\text{mm}$, 镀液成分为工业纯铝+微量混合稀土。工艺流程为:

待镀件 350°C 除油 $\rightarrow$ $10\%\text{HCl}$ 水溶液清洗 $\rightarrow$ 助镀 $\rightarrow$ 热浸镀。

热浸镀采用干法单件浸镀,试样以一定速度浸入铝液中,轻微振动去除附着在待镀件表面的气泡以防漏镀,热浸镀后取出空冷,使试样表面铝层厚度基本一致。

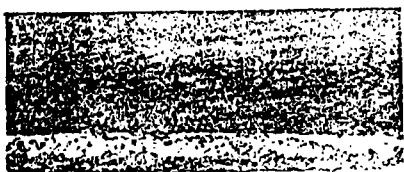
同时为了观察钢基成分和相结构变化对合金层的影响,我们选用 Q195、45# 和 18-8 不锈钢分别在 730°C 、 850°C 、 940°C 下进行热浸镀(在 850°C 时,45# 转变成奥氏体相,Q195 则有一部分发生奥氏体转变,在 940°C 时,45# 和 Q195 转变成奥氏体相),并就热浸镀温度、时间、钢材成分、相结构对热浸镀合金层厚度和形貌等方面的影响进行观察分析。

2 试验结果和分析

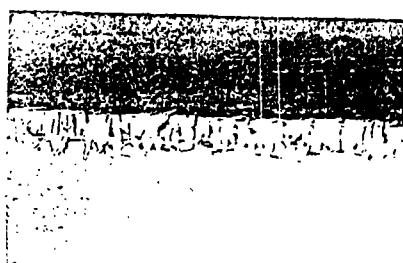
2.1 合金层断面形貌的观察与分析

2.1.1 不同成分钢材热浸镀合金层的形貌

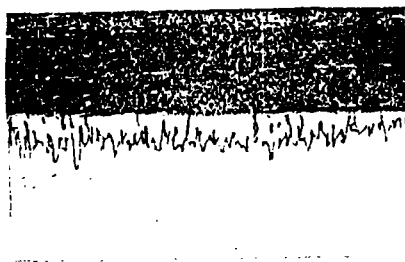
从 730℃ 热浸镀 4 分钟的 18-8 不锈钢、45#、Q195 件断面上(照片 1、2、3)可以看出,不同材料热浸镀后合金层形貌是有区别的。18-8 不锈钢合金层与钢基界面处平整光滑无锯齿;45# 的锯齿凸出程度介于 Q195 和不锈钢之间;Q195 在热浸镀以后有许多突出伸入钢基的锯齿状结构。



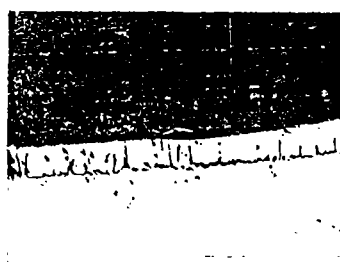
照片 1 镀铝 730℃ 4' 不锈钢(×100)



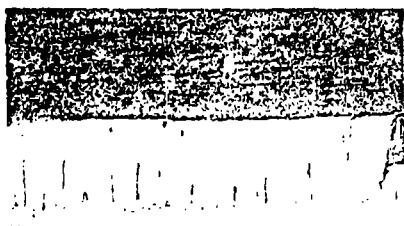
照片 2 镀铝 730℃ 4' 45#(×100)



照片 3 镀铝 730℃ 4' Q195(×100)



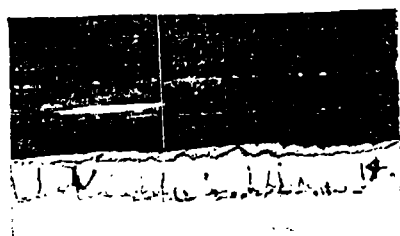
照片 4 镀铝 850℃ 4' 45#(×50)



照片 5 镀铝 850℃ 4' Q195(×100)



照片 6 镀铝 940℃ 4' 45#(×100)



照片 7 镀铝 940℃ 4' Q195(×100)

这是由于:(1)18-8 不锈钢是奥氏体相,铝原子在奥氏体中的扩散速度远小于在铁素体中的扩散速度^[4],所以在扩散形成合金层时,突出生长部分受阻而变得不明显,使合金层显得光滑平整。(2)45# 在 730℃ 时为铁素体和少量的珠光体,当突出生长的合金层到达珠光体前沿时,珠光体中的 Fe_3C 就会阻碍铝原子在这个方向上的迅速扩散,使合金层的生长变得均匀。(3)Q195 合金层呈现明显的锯齿状,则可以解释为铝在铁素体中的速度大,合金层沿着 C 轴方向具有很大的空位浓度,铝原子能够比较容易的沿 C 轴方向进行扩散所致。

有关的研究指出铝会使碳在液固态铁中的溶解度下降^[5]。在扩散形成合金层时,固溶在铁素体和 Fe_3C 中的碳会析出,而碳原子不能穿过合金层,这样碳原子浓度就会在合金层前沿逐渐升高,富集在合金层前沿的碳原子还会和铝生成 Al_4C_3 , AlC_3 , Fe_3AlC_x 化合物^[4],铝原子要在此方向上继续扩散就必须将碳原子向更深层推移,碳原子阻碍合金层生长也会变得越来越明显。据此可推测,随着扩散的进行,合金层前沿将越来越平整,钢基碳原子对合金层生长速度的影响也会逐渐增大。由于 Q195 钢含碳量低,所以在 730℃ 镀件合金层前沿没有观察到碳原子的富集(照片 3)。

2.1.2 不同温度下热浸镀镀件的合金层形貌

从照片 2、4、6 和照片 3、5、7 可以看出,对于同一种钢材,随着热浸镀温度的升高,热浸镀合金层逐渐趋于平整。如 Q195 钢在 730℃、850℃、940℃ 下热浸镀 4min 断面(照片 3、5、7)。730℃ 热浸镀合金层呈锯齿状结构(照片 3),在 850℃ 和 940℃ 热浸镀扩散形成的合金层前沿已经基本在一条直线上;在 850℃ 热浸镀合金层前沿(照片 5)有一稍呈暗色的条状区域,这个现象在 940℃ 热浸镀合金层断面(照片 7)上表现得更加明显;另外,在 45# 热浸镀合金层上呈暗色的条带区域又比相同热浸镀条件下的 Q195 钢明显(照片 6)。因此认为,随扩散的进行,钢基中的碳原子确实在合金层的前沿发生了富集,并被合金层推向镀件基体一侧。

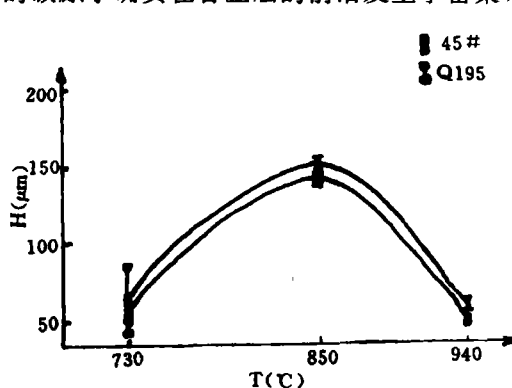


图1 热浸镀 4min 合金层厚度

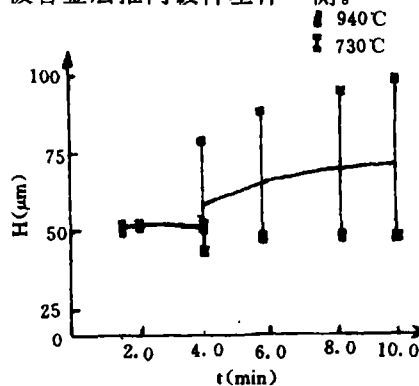


图2 热浸镀 Q195 合金层厚度

2.2 合金层厚度的观察与分析

从图 1 可以看出,在热浸镀时间相同时,随热浸镀温度的提高,合金层厚度猛增,这是因为温度提高使铝原子的扩散速度增大的缘故,但进一步提高温度合金层的厚度反而减小,显然,铝原子的扩散速度并没有降低,造成这种现象的原因是合金层重熔速度的增加超过了合金层生长速度的增加。在 940℃ 热浸镀镀件上,确实看到了合金层的重熔(呈针状伸入表层铝中见照片 7)。而在 850℃ 热浸镀断面上(照片 5)未见到这种现象。因此认为,考虑合金层的重熔,热浸镀的温度不应超过 850℃。从图 2 可以看出,在某一特定温度下热浸镀合金层在增加到一定

厚度以后,就基本上不再随着热浸镀时间的延长而增加了。这主要有两个原因:第一点,由于合金层达到一定厚度以后,铝原子在合金层中的扩散降低到不明显增加合金层厚度的程度;第二点,在此温度下,合金层的重熔速率升高到与因合金层厚度增加而相对降低的生长速率相等,从而使合金层厚度保持不变。

结合热浸镀在不同温度、不同时间下合金层厚度变化规律,认为,在较低温度下,合金层重熔不明显,主要是第一点原因使合金层的厚度保持一特定值;在高温下热浸镀时,合金层生成速度和重熔速度相对于低温时都增大,此时主要是第二点原因使合金层厚度保持某定值。

2.3 合金层重熔的观察与分析

合金层的重熔在这里是通过测量合金层间厚度变化来实现的。合金层间厚度(L)是指镀件两侧合金层外边缘之间的厚度,并假定被熔解的部分全部是热浸镀形成的合金层,即合金层间厚度的减小量就是被熔解量。

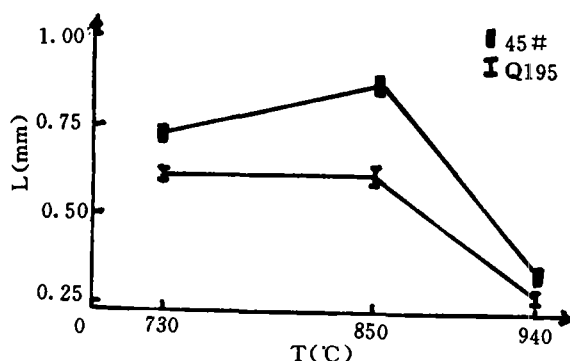


图3 热浸镀 4min 合金层间厚度

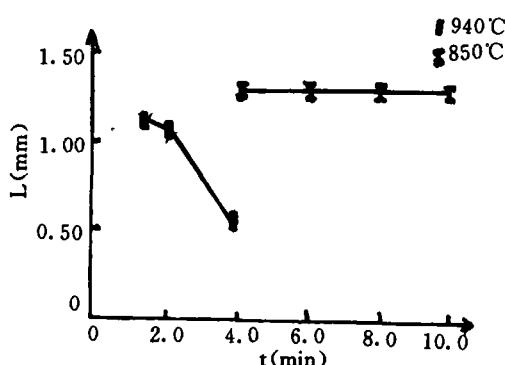


图4 热浸镀 Q195 合金层间厚度

从图3可以看出,在热浸镀时间相同时,随着热浸镀温度提高,合金层间厚度并非单纯增加或减小。45#热浸镀的结果表明,在热浸镀温度为850℃时,合金层间厚度大于730℃和940℃的,这可能是由于镀件表面生成的合金层体积比消耗的铁素体体积大的缘故。因为此时合金层的厚度达130μm(图1),而在此条件下合金层重熔的影响又非常小(见850℃,热浸4min和10min件的合金层间厚度变化,图4)。在热浸镀温度为940℃时,Q195和45#的合金层间厚度都迅速降低。如Q195钢940℃热浸镀1.5min到4min时合金层间厚度从1.1mm降低到0.6mm左右。表明此时合金层重熔速度有很大增加,并和合金层生长速度在更高值上达到了平衡,直观表现为合金层间厚度迅速减小,但合金层厚度不随热浸镀时间延长而改变。

3 结论

1. 钢基中的碳原子在合金层前沿富集,抑制合金层的生长,并使合金层前沿趋于平整。
2. 合金层厚度、形貌与热浸镀温度有密切关系,厚度随温度的升高先增大后减小,形貌逐渐趋于平整。
3. 合金层厚度、形貌对热浸镀时间不敏感,达到某定值后不随热浸镀时间延长而改变。
4. 热浸镀温度在850℃以上时,合金层的重熔明显加快。

所以在进行热浸镀时,宜通过改变热浸镀温度而不是热浸镀时间来改变合金层形貌和厚度,使镀件满足不同使用要求。

(下转第29页)

3 样品分析

准确称取样品 0.1000g, 置于 200ml 高型烧杯中, 加 20% 酒石酸溶液 10ml, 1+1 硝酸 10ml, 加热溶解, 若有沉淀可逐滴加入 1+2 盐酸至沉淀恰好溶解(盐酸不多加), 煮沸 1min, 使氮氧化物分解, 冷却, 移至 100ml 容量瓶中, 定容, 摇匀。

吸取上述制备溶液 10.00ml(含铅(I) 2mg 以下), 于 50ml 容量瓶中, 以下按实验方法进行。

样品中含铅量的计算

$$\text{Pb}\% = \frac{C \times (4.00 - KV_x) \times 0.2072}{G \times \frac{10}{100}} \times 100$$

式中: C 为 EDTA 标准溶液的量浓度(mol/L); K 为每毫升 $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ 标准溶液相当于 EDTA 标准溶液的毫升数; V_x 为滴定终点时耗用 $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ 标准溶液的体积(ml); G 为试样重(g); 4.00 为已加入 EDTA 标准溶液的体积(ml)。

对锡基合金 1#、2#、3# 样中含铅量进行了测定, 并与标准值相对照, 结果见表 2。由表 2 看出, 本法测定结果与标准值是相符的。

表 2 样品分析结果(%)

样品号	标准值	本法测定值		平均值	标准偏差
1#	18.20	18.30	18.15	18.22	0.062
		18.22	18.20		
2#	12.40	12.42	12.36	12.39	0.026
		12.40	12.38		
3#	10.65	10.60	10.65	10.64	0.026
		10.66	10.64		

参考文献

- 1 徐盘明等. 实用金属材料分析方法. 合肥: 中国科学技术出版社. 1990. 616~619
- 2 钟洪辉等. 电化学分析方法. 重庆: 重庆大学出版社. 1991. 82~83
- 3 黄德培等. 离子选择性电极的原理与应用. 北京: 新时代出版社.
- 4 汤永铭. 用铅电极测定水泥中三氧化硫. 水泥. 1994(11). 30~32

(上接第 15 页)

参考文献

- 1 李国喜. 钢材热浸镀工艺的研究与应用. 材料保护. 1993, 9
- 2 张翠兰. 我国熔剂法热浸镀工艺发展概况. 金属热处理. 1995, 1
- 3 吴元康. 钢铁材料热浸镀工艺的改进及发展. 材料保护. 1994, 1
- 4 刘邦津. 热浸镀. 化学工业出版社 1987
- 5 马臣. 稀土对喷焊层耐腐蚀性的影响机制. 中国稀土学报. 1994, 6