

doi: 10.3969/j.issn.1001-3849.2020.06.008

## 感应软熔工艺参数对K板ATC的影响研究

宋浩<sup>1,2</sup>, 方圆<sup>1,2\*</sup>, 吴志国<sup>1</sup>, 石云光<sup>1</sup>, 王雅晴<sup>1</sup>, 王爱红<sup>3</sup>, 王挺<sup>3</sup>

(1. 首钢集团有限公司技术研究院, 北京 100043; 2. 绿色可循环钢铁流程北京市重点实验室, 北京 100043; 3. 首钢京唐钢铁联合有限责任公司, 河北 唐山 063200)

**摘要:** ATC是评价K板耐蚀性的一项重要指标, 本文研究了感应软熔工艺中软熔温度、软熔高度和淬水温度对K板锡铁合金层及ATC的影响。结果表明: 适当提高软熔温度和软熔高度, 使K板在进入水淬槽之前铁原子充分扩散, 有利于提高合金层的厚度和连续性从而降低ATC。淬水温度通过影响合金锡形貌而影响合金层的致密性。在实际生产中带速通常为150 m/min, 当软熔温度为300 ℃, 软熔高度为6.5 m, 淬水温度为80 ℃时, ATC达到最小值0.060  $\mu\text{A}/\text{cm}^2$ 。

**关键词:** 感应软熔; 合金层; 软熔温度; 软熔高度; 淬水温度

中图分类号: TG174.4

文献标识码: A

## Study on Influence of Induction Reflowing Process on ATC of K-tinplate

SONG Hao<sup>1,2</sup>, FANG Yuan<sup>1,2\*</sup>, WU Zhiguo<sup>1</sup>, SHI Yunguang<sup>1</sup>, WANG Yaqing<sup>1</sup>,  
WANG Aihong<sup>3</sup>, WANG Ting<sup>3</sup>

(1. Shougang Research Institute of Technology, Beijing 100043, China; 2. Beijing Key Laboratory of Green Recyclable Process for Iron &amp; Steel Production Technology, Beijing 100043, China; 3. Shougang Jingtang Iron &amp; Steel United Co. Ltd., Tangshan 063200, China)

**Abstract:** ATC is an important evaluation indicator of K-tinplate corrosion resistance, so the effects of reflowing temperature, reflowing height and quenching temperature on the Sn-Fe alloy layer and ATC of K-plate were studied. The results showed that the reflowing temperature and reflowing height could be increased appropriately, so that the iron atoms could be fully diffused before the K plate entered the water quenching tank, which was beneficial to increase the thickness and continuity of the alloy layer and thus reduce the ATC. The quenching temperature affected the compactness of the alloy layer by affecting the morphology of the alloy. In practical production, the strip speed was usually 150 m/min, when the reflowing temperature was 300 ℃, the reflowing height was 6.5 m, and the quenching temperature was 80 ℃, the ATC reached the minimum value of 0.060  $\mu\text{A}/\text{cm}^2$ .

**Keywords:** induction reflowing; alloy layer; reflowing temperature; reflowing height; quenching temperature

收稿日期: 2019-07-18

修回日期: 2019-11-18

作者简介: 宋浩(1988—), 男, 硕士, 工程师, email: songhao19880405@163.com

通信作者: 方圆, email: fangyuan0905@126.com

合金锡-锡电偶合值(ATC)是通过测试在模拟溶液中脱掉自由锡层的镀锡板与纯锡之间的电流值来评价K板耐蚀性,电流值越小,耐蚀性越好。因为在罐内无氧或氧很少的酸性食品罐头中高锡一侧发生的腐蚀是溶锡型的,随着溶锡的进行锡铁合金层和铁会逐渐暴露,锡铁合金层的析氢过电位远高于铁基体的析氢过电位,容易在铁基体上发生析氢反应,形成铁-锡原电池,从而加速锡层的腐蚀速率,因此ATC直接决定了罐装食品的货架寿命,在实际生产中对控制ATC值的研究非常重要<sup>[1-2]</sup>。合金层是在镀锡板生产过程中软熔工艺段铁原子向熔融的锡扩散形成的 $\text{FeSn}_2$ ,目前镀锡产线软熔方式包括电阻软熔、感应软熔和联合软熔三种,本文重点研究了感应软熔中工艺参数对ATC的影响<sup>[3-5]</sup>。

## 1 实验部分

### 1.1 基板及镀锡工艺

本次实验生产K板采用0.19 mm T-5 CA基板,镀锡量 $11.2 \text{ g/m}^2$ ,电镀液为基于MSA镀液为主要溶剂的电镀液体系,电镀介质中 $\text{Sn}^{2+}$ 浓度 $18\sim 25 \text{ g/L}$ ,游离酸 $45\sim 60 \text{ mL/L}$ ,添加剂 $46\sim 60 \text{ mL/L}$ ,抗氧化剂 $20\sim 28 \text{ mL/L}$ ,镀锡阳极可为可溶性锡阳极,带钢运行速度 $150 \text{ m/min}$ ,高锡一侧电镀总电流目标值 $56 \text{ kA}$ 。

### 1.2 软熔工艺

软熔方式采用高频感应软熔方式,带钢通过感应软熔器,根据设定温度匹配相应功率在交变感应磁场的作用下产生热量,迅速使带钢达所需温度,试验温度范围 $285\sim 315^\circ\text{C}$ ,通过调整软熔感应器距离水淬槽水面的高度控制软熔时间,软熔高度调整范围 $5.5\sim 7.0 \text{ m}$ ,水淬温度试验范围 $60\sim 90^\circ\text{C}$ 。

### 1.3 测试方法

锡层、合金层的测量是在盐酸电解液中通过恒定电流使锡层溶解,纯锡层、合金锡、钢基体相对于参比电极的电位不同,记录溶解过程试样电位随时间变化,计算各自完全溶解消耗的电量,根据法拉第电解定律求得纯锡量和合金锡量,具体测试方法参照《GB/T1838-2008 电镀锡钢板镀锡量试验方法》。

自由锡层的去除和ATC的测试方法参照《GB/T22316-2008 电镀锡钢板耐蚀性试验方法》。

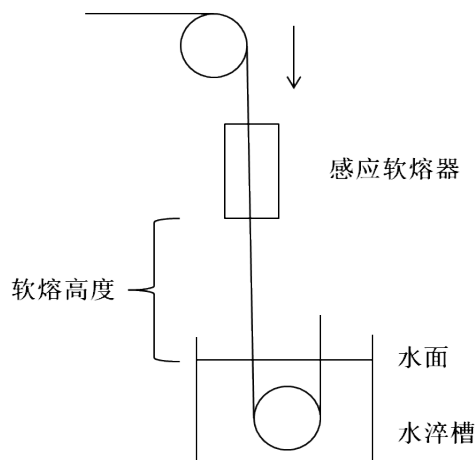


图1 感应软熔装置示意图

Fig.1 Schematic diagram of induction reflow device

## 2 结果与讨论

### 2.1 软熔温度对合金层及ATC的影响

如图2所示,软熔高度为 $5.5 \text{ m}$ 时,随着软熔温度的升高合金锡量逐渐增加,温度每提高 $10^\circ\text{C}$ ,合金锡含量升高约 $0.07 \text{ g/m}^2$ ,软熔温度超过 $300^\circ\text{C}$ 时,合金锡量的增加速率减缓。

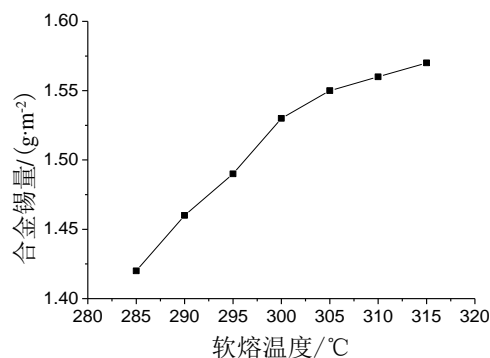


图2 软熔温度对合金锡量的影响

Fig.2 Effect of reflow temperature on the tin content of alloy

如图3所示,ATC值随软熔温度的升高而降低,软熔温度超过 $300^\circ\text{C}$ 时,ATC值趋于稳定,与软熔温度不再呈现明显的线性关系。结合图2可以看出,软熔温度是通过影响合金锡量而影响ATC,合金层含量越高,ATC越小;但当合金锡量增加到一定值时,ATC不再发生明显变化,因此 $300^\circ\text{C}$ 是生产K板的最佳温度。

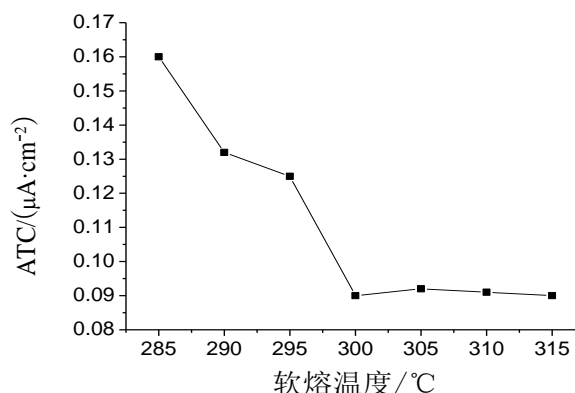


图3 软熔温度对K板ATC的影响

Fig.3 Effect of reflow temperature on ATC of K-plate

## 2.2 软熔高度对合金层及ATC的影响

如图4所示,软熔温度为300℃时,随着软熔高度的升高,合金锡量逐渐增加。高度每提高0.5 m,合金锡含量升高约0.03 g/m²,软熔高度超过6.5 m时,合金锡量的增加速率减缓。

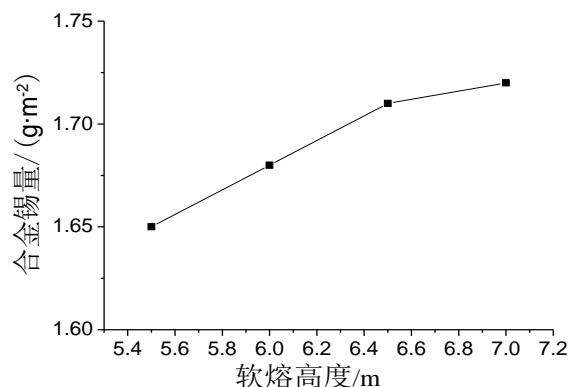


图4 软熔高度对合金锡量的影响

Fig.4 Effect of reflow height on the tin content of alloy

如图5所示,软熔高度6.5 m以内,ATC值随软熔高度的升高而降低,软熔高度超过6.5 m时,ATC值有升高趋势,结合图3可看出,软熔高度也是通过影响合金锡来影响ATC值,因此生产K板时软熔高度6.5 m为最佳。

## 2.3 淬水温度对合金层及ATC的影响

淬水温度对合金锡量的影响不明显,但对ATC值有一定的影响,如图6所示,淬水温度在80℃时,ATC值达到最小值,为0.060 μA/cm²。

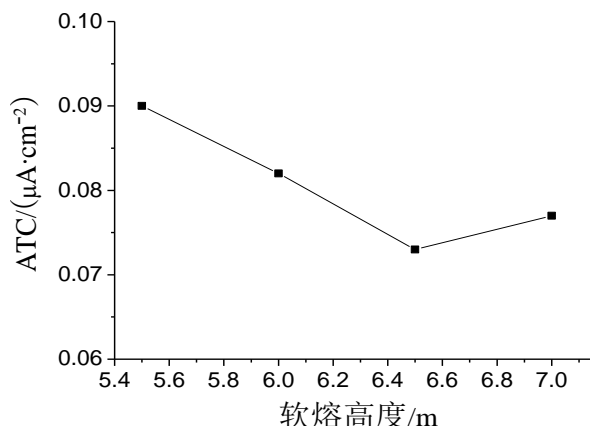


图5 软熔高度对K板ATC的影响

Fig.5 Effect of reflow height on ATC of K-plate

如图7所示,当淬水温度为80℃时,合金锡形貌因颗粒整齐而致密性好,导致ATC值较低,因此可以判断淬水温度与软熔时K板的温度差对合金锡形貌有重要影响。

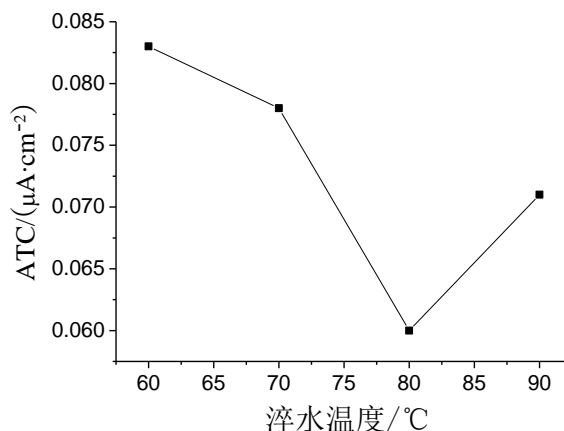


图6 淬水温度对K板ATC的影响

Fig. 6 Effect of quenching temperature on ATC of K-plate

综上所述,合金层的厚度和合金层的形貌对ATC非常重要,适当提高软熔温度和软熔高度使K板在进入水淬槽之前铁原子充分扩散,有利于提高合金层的厚度和连续性,从而降低ATC,淬水温度通过对合金锡形貌的影响而影响合金层的致密性,根据实验结果实际生产中软熔温度300℃,软熔高度6.5 m,淬水温度80℃时,ATC达到最小值0.060 μA/cm²。

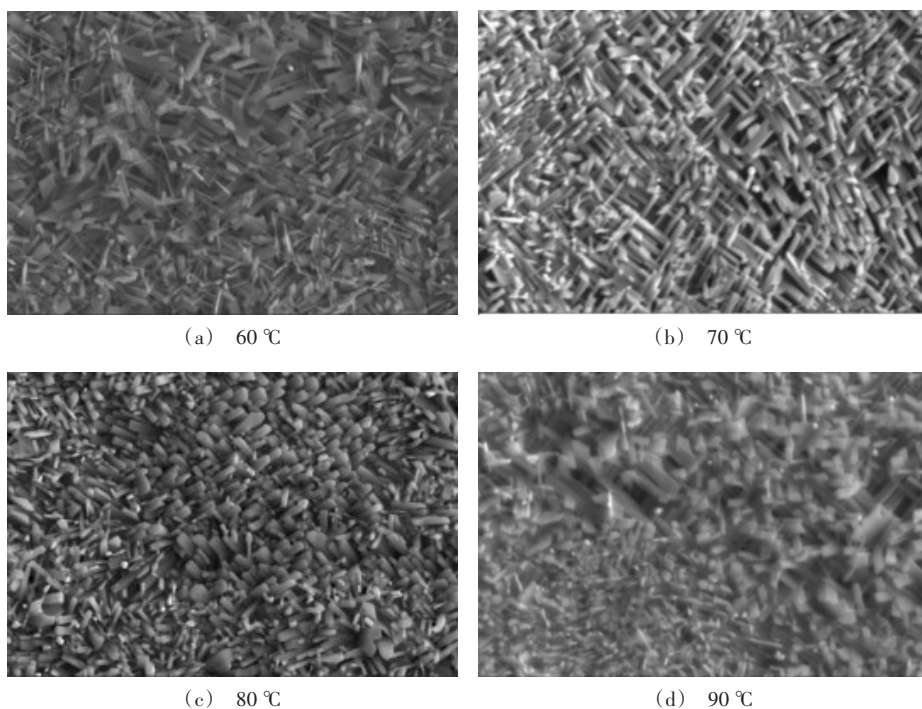


图7 不同淬水温度下合金锡形貌对比

Fig.7 Comparison of alloy tin morphology at different quenching temperatures

### 3 结论

(1)随软熔温度升高,合金锡量增加,温度每提高10℃,合金锡含量增加约0.07 g/m<sup>2</sup>,软熔温度超过300℃时,合金锡量的增加速率减缓。

(2)软熔温度升高,合金层的生长速率增加,在铁基体上覆盖度增加,导致ATC的降低。

(3)软熔高度升高,合金锡量逐渐增加,高度每提高0.5 m,合金锡含量升高约0.03 g/m<sup>2</sup>,软熔高度超过6.5 m时,合金锡量增加速率减缓。

(4)软熔高度的升高增加了合金锡晶粒生长的时间,合金层的晶粒不断生长,导致在铁基体上覆盖度增加,ATC降低。软熔高度超过6.5 m时,ATC变大。

(5)淬水温度影响合金锡的形貌从而影响合金层的致密性。

(6)当软熔温度为300℃,软熔高度为6.5 m,淬水温度为80℃时,能够得到理想的致密晶粒,ATC值达到最小。

### 参考文献

- [1] 黄先球,柳长福,刘海军,等. 二次冷轧镀锡板的合金-锡电偶合研究[J]. 武钢技术,2009,47(6):1-9.  
Huang X Q, Liu C F, Liu H J, et al. studies on the alloy-tin couple for the double reduced tinplate [J]. Wisco Technology, 2009, 47(6): 1-9 (in Chinese).
- [2] 贡雪南,王林,黄邦霖. 镀锡板ATC值与合金层之间的关系[J]. 宝钢技术,1999,(2):31-33.  
Gong X N, Wang L, Huang B L. Relationship between tinplate ATC value and Sn-Fe alloy layer [J]. Baosteel Technology, 1999, (2):31-33 (in Chinese).
- [3] Biber H E, Harter W T. The growth of FeSn<sub>2</sub> layer on specifically oriented iron single crystal [J]. Journal of the Electrochemical Society, 1966, 113(8): 828-834.
- [4] 齐国超,于晓中,安成强,等. 感应软熔工艺对镀锡板耐蚀性的影响[J]. 材料与冶金学报,2005,(3):63-66+82.  
Qi G C, Yu X Z, An C Q, et al. Effects of induction re-fluxing technology on corrosion resistance of electrolytic tinplate [J]. Journal of Materials and Metallurgy. 2005, (3):63-66+82 (in Chinese).
- [5] Fumio Aoki, Makoto Himeno, H, Fumio Kosuni, et al. Tin, lead, tin-lead alloy plating [J]. Metal Finishing, 1998, 96(1): 310-319.