

霍尔槽试片上电流分布的研究

张宏祥*

摘 要

本文采用直接测电流法在六种电镀液中,测量了容量250毫升的霍尔槽试片上的电流分布。根据测得的结果,对过去沿用的经验公式中的系数a、b进行了修正。

Abstract

This article adopts the method of directly measuring the distribution of electric current on the test panels of Hull Cell of 250 ml. capacity in six plating solutions. Based on the result of the measuring, the values of the coefficients "a" and "b", used in the empirical formula, are revised.

自1935年Hull发明霍尔槽试验法以来,由于采用此法可以研究镀液各成分和添加剂对镀层外观质量的影响,选择镀液的合理组成,确定适合的工艺条件,如电流密度范围,操作温度和pH值等;帮助分析镀液产生故障的原因,特别是对使用一般化学分析法难以解决的微量杂质或有机添加剂对镀层的影响等,既简便迅速,又经济。因此,霍尔槽在电镀工艺试验和维护正常生产中得到广泛的应用。在Watson发明了用霍尔槽测定分散能力的方法后,由于操作简便也被广泛使用。

关于霍尔槽的理论、试验装置和使用方法,在不少书籍及文献中都有论述。在霍尔槽试验中很重要的一点是确定试片上各点的电流密度。一般的250毫升霍尔槽试片上的电流密度分布按照下列经验公式计算:

$$i = I (5.10 - 5.24 \log L)$$

但在实践中发现,按该公式计算出的最高端*i*与最低端*i*和实际上所能达到的有较大差别,而且公式本身也存在缺点。在国外有不少学者在这方面做了大量工作,并提出了对该公式的修正。本文也在这方面做了一些工作,对霍尔槽试片上电流分布公式的修正做了一点探讨。

霍 尔 槽 的 规 格

一般常用的霍尔槽的容量有250毫升、267毫升、320毫升、534毫升和1000毫升等几种,见图1。由于后二种规格的霍尔槽使用得远不如前三种广泛,而本文的试验中只研究了在250毫升霍尔槽试片上的电流分布,而对534毫升和1000毫升的未做工作,这里就不再叙述它们

*天津大学应用化学系

了。

250毫升、267毫升和320毫升霍尔槽的形状和尺寸是一样的,只是液面的高度不同(见图1)。267毫升霍尔槽在美国广泛使用,因为在267毫升溶液中加入2克药品可配制成1盎斯/美国加仑浓度的溶液。在320毫升溶液中加入2克药品则配制成1盎斯/英国加仑浓度的溶液,所以在英国广泛使用。在德国的DIN50957中规定使用250毫升霍尔槽,日本也采用这一规定,是因为这两个国家使用的是CGS(厘米—克—秒)制单位。

在我国,由于使用的单位制也是CGS,所以大家也都习惯于使用250毫升的霍尔槽。

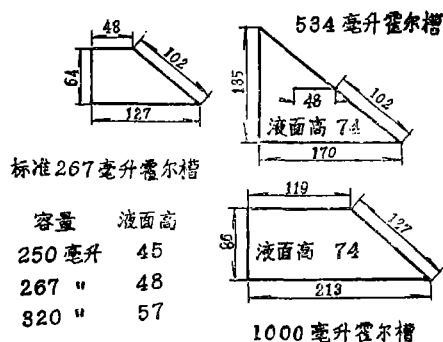


图1、各种霍尔槽的形状和尺寸(毫米)

霍尔槽试片上的电流分布

最初霍尔槽试片上的电流分布是通过常用的四种镀液:酸性镀铜、酸性镀镍、氰化镀铜和氰化镀锌,在不同强度电流下进行试验。首先测出霍尔槽试片上距高电流密度端不同距离上几个点的电极电位,再根据相应镀种的极化曲线求得相应的电流密度,然后绘制出电流与距高电流密度端距离的关系曲线。根据四个镀种所求得平均值得出如下的经验公式:

$$i = I(a - b \log L)$$

式中: i —霍尔槽试片上某一点的电流密度;

I —通过霍尔槽的电流强度;

a 、 b —系数;

L —该点到高电流密度端的距离。

在通常使用的公式中 $a = 5.1019$, $b = 5.2401$ 。它们的适用范围规定为 $0.6 < L < 8.3$ (厘米)。由于 $b > a$, 当 $L = 9.5$ 厘米时, 计算出的 i 为负值。而在大多数镀种的霍尔槽试片上, 在 $L > 9.5$ 厘米的部位仍镀上了金属。显然, 按此公式计算出的 i 与实际不符。

为此, 国外不少学者通过实验对该公式中的系数 a 、 b 提出了修正, 见表1。

表1 霍尔槽试片上电流密度分布计算公式

发表者	计算公式	L 的范围
Sedusk	$i = I(5.12 - 5.26 \log L)$	$0.6 < L < 8.3$
DIN50957	$i = I(5.10 - 5.24 \log L)$	$0.6 < L < 8.3$
Watson	$i = I(4.08 - 3.96 \log L)$	
Rousslot	$i = I(3.96 - 3.88 \log L)$	
寺门、长坂	$i = I(4.44 - 4.25 \log L)$	$0.5 < L < 8.0$

霍尔槽试片上电流的测量

本试验采用直接测量电流的方法，测出霍尔槽试片上的电流分布。使用的镀液有：氰化镀铜、焦磷酸盐镀铜，普通镀镍，镀光亮镍，碱性锌酸盐镀锌，氨三乙酸—氯化铵镀锌等六种溶液。通过霍尔槽的电流强度为0.5安培和1安培。试片用102×70毫米的敷铜板，用腐蚀法将铜箔分为相互绝缘的10等份，每份宽1厘米，见图2。将各份连入测量线路中，在总电流不变的情况下，分别测出每一份上的电流，并换算成电流密度，以每份宽的中点做为该份到高电流密度端的距离，作出电流密度*i* 相对于距离*L* 的曲线，见图3。

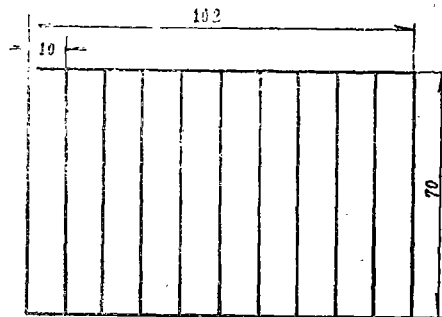


图2、测电流分布用的霍尔槽试片

取这些电流密度的平均值，依照它们与距离*L* 的对数关系求出系数*a* 与*b* 的值。得出*a* = 4.47, *b* = 4.134, 代入经验公式，则得

$$i = I (4.47 - 4.134 \log L)$$

此公式适用的范围是0.5 < *L* < 9.5 (厘米)。

本试验所得的公式中的系数*a* 和*b* 的值与日本寺门龙一，长坂秀雄给出的系数相近。从电流密度*i* 的分布与距离*L* 的关系曲线(图4)可以看出，在高电流密度端，即 *L* = 0.5~1.5 厘米处，两条曲线几乎完全重合，而在*L* = 1.5~9.5厘米的范围内，两条曲线也相差不大，比较符合在霍尔槽中镀出的试片情况。

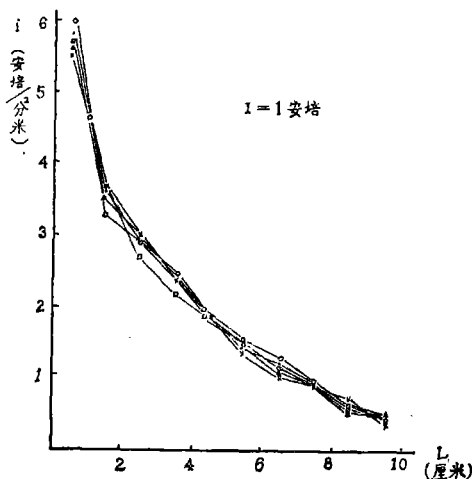


图3 霍尔槽试片上的电流分布

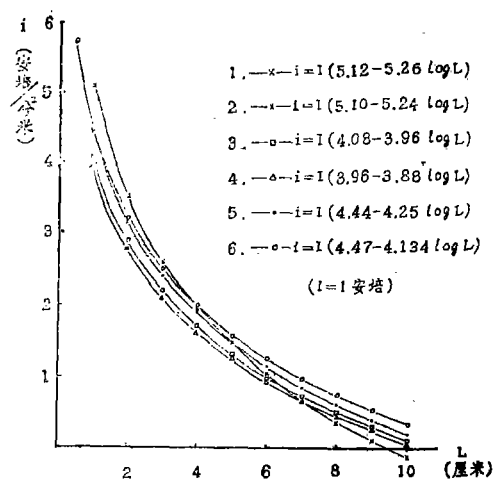


图4 按公式计算出的霍尔槽试片上的电流密度分布

结 论

采用直接测量电流分布的方法,可以更准确一些测得在霍尔槽试片上的电流密度分布。由此求得的经验公式中的系数 a 与 b 在实际应用中计算出的电流密度更接近实际情况。

由于时间关系,运用所求得的系数 a 与 b 的值,在霍尔槽的其它试验中(如测分散能力等)进行计算验证的工作未来得及做,各点上的电位也未及测量,这是不足之处。本试验中的不当之处,希望大家提出意见,共同讨论。

参 考 资 料

1. “电镀工艺学”(上册),天津大学电化学教研室,1978年。
2. 小西三朗 ハルセルにかかるめつきのへなへろな性質の測定法上きの問題点(上) 実務表面技術, 1978.7.P.28~31。
3. R.H.Rousselot, Corrent Distribution Problems, Metal Finishing, 57, P.56 (1959)。
4. S.A.Watson, J.Edwards, An Investigation of Mechanism of Leveling in Electrodeposition, Trans. Inst. Metal Finishing 34, P.167 (1957)。
5. K.Muller, E.Raub, Einebnung von Oberflächenprofilen einfachergeometrischer Form durch galvanische überzüge, Metall Oberflächen 15 P.357 (1961)。
6. 寺门龙一, 长坂秀雄 “ハルセルの电流分布に対する一考察” 金属表面技術, 27P.676 (1976)。



读者来信

编辑同志:

《用双氧水降低镀铬槽中三价铬含量》一文以经验交流形式在八三年第六期登载。作为笔者,尚有进一步说明之必要。

一、用双氧水处理三价铬的看法早有他人述及:如潘儒硕著《另件的修复镀铬》、上海医疗器械中心试验室编印的《镀铬》等等都提到过这种处理方法。故双氧水处理三价铬就不是什么经验而只是文载或刊载过的一种现存的处理方法了。对于这种方法,早有不少争议,我们不过是谈谈自己的体会并希望借此引起人们探讨的兴趣,若不申明,必有剽窃之嫌。

二、原稿中提到的不同争议及本方法在

不同镀铬槽中的使用都可给读者以参考。若作“讨论”亦尚有刊出之必要。否则,将使读者有似是而非之感。

三、文中有“将电解液温度控制在 $50\sim 60^{\circ}\text{C}$ 之间……”一语,应为“将电解液温度控制在 45°C 左右”,此亦本方法的使用要点,须特别申明并加以更正。

四、这种处理方法,我曾几度在电镀学习班上向学员介绍,许多学员按此法处理效果明显,但理论上却无法阐明。这是我投稿贵刊的初衷。应该补充提出:有的编著者将这种现象解释为游离氧作用的结果。“阳极上析氧,氧又进一步将阳极扩散层中的三价铬氧化成六价铬”从而推导双氧水具有同种功用等等。

妥否,乞赐教!

陈俊

84.元.6日