

低 铬 酸 镀 铬 新 工 艺

北 京 航 空 学 院

北 京 青 云 仪 器 厂

北 京 市 革 委 会 环 境 保 护 办 公 室 资 料 室 印
北 京 市 技 术 交 流 站

一 九 七 六 年 一 月

前 言

镀铬是电镀生产中主要镀种之一。铬镀层具有许多其它镀层所没有的特性，如外观美丽、硬度高、耐热、耐磨擦、耐腐蚀等，所以镀铬在电镀领域中占有特殊的地位，广泛应用于机械工业、国防工业及民用生产中。但是长期以来镀铬生产中采用的基本镀铬液仍然是高浓度铬酐，它对人的身体健康危害极大，能引起溃疡、鼻癌、肺癌等严重病症。根据国家污水排放标准，六价铬含量不得大于0.5毫克/升，六价铬及三价铬的总含量不得大于2毫克/升。据资料报导^[1]在镀槽中仅有10—20%的铬酐用于析出金属铬，而其余的大量铬酐一般都损耗于洗涤水及抽风系统中。这样不但直接危害镀铬工人的身体健康，废水废气排入江河、大气，对环境造成严重的污染，直接威胁到广大人民群众的健康。

我国是社会主义国家一切从人民的利益出发，在党中央及毛主席的关怀下，一场治理“三废”的人民战争已在我国全面展开。低铬酸镀铬就是为适应这种迫切需要而试验的新工艺，镀铬槽中的含铬酐量可从目前的250克/升降低至50克/升，这就有效地减轻了铬的污染，提高了生产利用率，在正常情况下可节省铬酐六~八倍。不仅如此，在低铬酸溶液中镀铬还具有光亮区范围广、沉积速度快及硬度高等优点。因此研究及推广此新工艺是具有一定的政治意义及经济意义。

国外低铬酸镀铬首先是由日本大阪工业研究所于72年进行研究^[2]，但至今尚未见投产报导，这是由于资本主义国家本质所决定的不可能彻底解决环境污染问题，另一方面可能有些技术措施尚未获得妥善解决。英美等资本主义国家目前对低铬酸镀铬还处在评论阶段，虽然赞许了这种50多年来镀铬的重大的革新，但对能否使用于生产表示怀疑，而且评论中的某些观点也是偏面的甚至是错误的。

随着环境保护科研工作的全面开展，在电镀领域中国内在无氰电镀方面已获得显著的成绩，低铬酸镀铬也引起了广泛的兴趣，目前北京、上海、山西等地相继开始试验，某些厂已投入生产，这充分证明了我国社会主义制度的无比优越性。

低铬酸镀铬科研项目是根据北京青云仪器厂的需要而列为北京航空学院一〇三专业七二届学员毕业综合实践课题。在工厂工人师傅、技术人员的指导下，组成三结合试验小组，通过六个月的试验研究工作，目前已初步摸索到一种较好的工艺，于七五年九月配制500立升低铬酸镀铬槽液投入试生产，实践证明这种新工艺能基本满足生产的要求。

在试验过程中，我们选取目前生产中广泛使用的“标准”高铬酸镀铬液作为对比基础，共试验了下列四类低铬酸溶液（表1—1）：

表1-1

名 称	代 号	溶液成份
标准高铬 酸镀铬	GS	CrO_3 : 250% H_2SO_4 : 25%
低铬酸硅 酸镀铬	DS	CrO_3 : 50% H_2SO_4
低铬酸自 调镀铬	DSR	CrO_3 : 50% SrSO_4
低铬酸氟硅 酸钠镀铬	DSi	CrO_3 : 50% H_2SO_4 Na_2SiF_6
低铬酸氟硼 酸钾镀铬	DBS	CrO_3 : 50% H_2SO_4 KBF_4

在实践中发现 DS、DSR、DSi 三类溶液在一定的条件皆能获得光亮铬镀层，但其共同存在的主要缺点是复盖能力低，从而造成操作困难，必然限制了低铬酸镀铬的应用范围。针对上述问题，我们以提高低铬酸镀铬液的复盖能力为主要研究对象、下定决心、不怕困难，不迷信洋人、敢于走前人没有走过的道路。通过大量的试验工作发现在含硫酸的低铬酸溶液中添加少量的氟硼酸钾（即 DBS 类镀铬液）能够显著地提高复盖能力，在保证镀铬层其它性能条件下目前 DBS 类溶液的复盖能力能与 GS 类溶液相比美。

本报告中我们将以 DBS—1 低铬酸镀铬液重点进行介绍，对其它类型的低铬酸镀铬液仅作扼要叙述。

目 錄

前 言

第一部分 低铬酸镀铬的溶液性能

一、溶液组成及工艺条件对镀层外观的影响.....	1
二、低铬酸镀铬的复盖能力.....	11
三、低铬酸镀铬的电流效率和沉积速度.....	18
四、低铬酸镀铬的槽电压.....	19

第二部分 低铬酸镀铬层的性能

一、低铬酸镀铬层的硬度.....	22
二、DBS—1 镀铬层的裂纹.....	24
三、DBS—1 铬镀层的抗蚀性.....	26

第三部分 镀铬理论的探讨

一、极化曲线测定方法.....	27
二、镀铬的阴极反应.....	27
三、镀铬阴极极化曲线回行程的分析.....	28
四、温度对阴极过程的影响.....	34
五、氟硼酸钾的作用.....	34

第四部分 DBS—1 镀铬工艺

第五部分 溶液的配制及分析

结 论

参考文献

第一部分 低铬酸镀铬的溶液性能

一、溶液组成及工艺条件对镀层外观的影响

所谓低铬酸镀铬，即镀铬液的铬酐含量较目前普遍采用的镀铬液要低。根据资料报导铬酐浓度可在50—37.5克/升范围内变化，实验证明当铬酐浓度降为37.5克/升时获得光亮铬镀层的范围大大缩小，因此我们在实验中一般都选取铬酐浓度为50克/升左右进行研究，研究的主要方向集中于在溶液中添加不同的阴离子、阳离子及三价铬对镀层和溶液性能的影响。

(一) 试验方法

1. 梯形槽试验

由于低铬酸镀铬液铬酐浓度从250克/升降至50克/升，溶液的导电性大幅度下降，电阻剧烈增加，当电流/槽液体积比值较大时必然造成溶液的温度升高。如采用普通梯形槽试验时，当外加电流为15安培电镀时间两分钟，则槽液温度上升30℃左右，这样就难以准确地研究工艺条件对镀层外观的影响，满足不了试验要求。为此，我们采用改良梯形槽，在相同试验条件下温度升高为3—5℃，可基本上适应镀铬试验要求。图1—1为改良梯形槽的外观及尺寸，图1—2为梯形槽试验装置示意图。

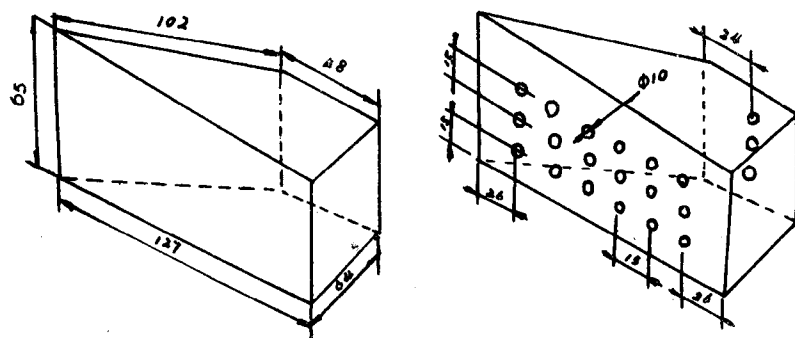
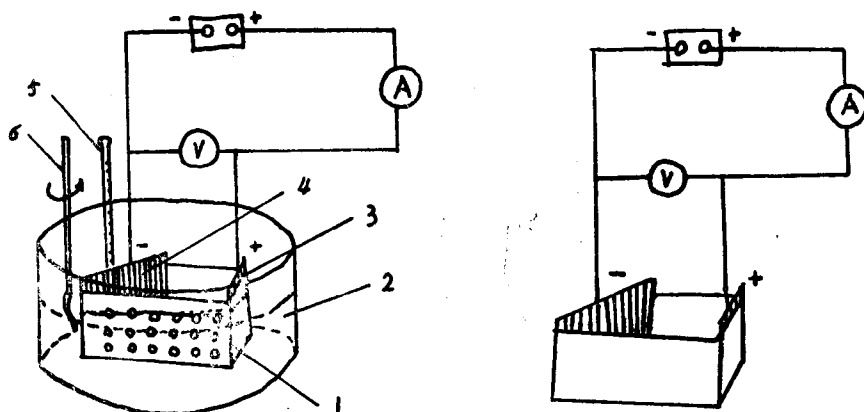


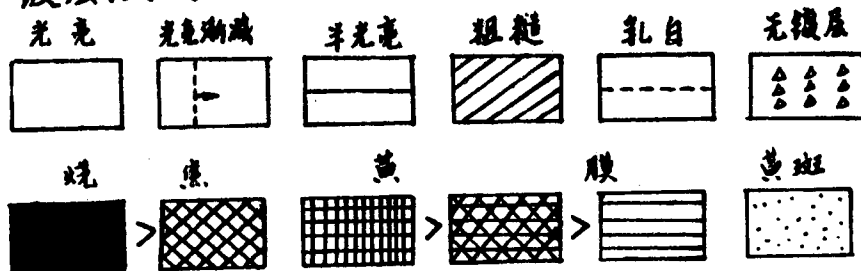
图 1—1



- | | |
|-------------------------------------|--------------------------------------|
| 1. 改良梯形槽； | 2. 高100mm， $\phi 200$ mm玻璃缸； |
| 3. 64×70 (mm)，厚1~2mm的铅锡阳极； | 4. 70×102 (mm)，厚0.5mm的抛光铜板； |
| 5. 100℃的温度计； | 6. 搅棒。 |

图 1—2

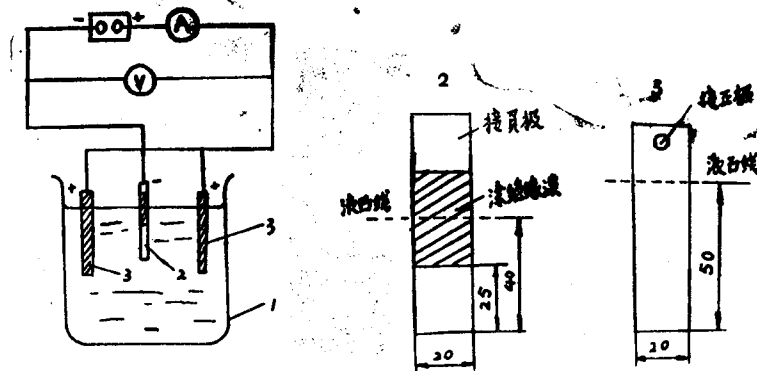
镀层表示方法



试验时先用烧杯将溶液加热到比试验温度稍高几度，然后倒入玻璃缸使溶液量恰好至梯形槽试验的液面线。因铬酸对铜试件有强烈的腐蚀作用应带电下槽。试验中采用总电流为15安培，电镀时间为两分钟，一般温升为3—5℃，报告中不再重复注明。

2. 烧杯试验

梯形槽试验可以在同一试片上用一次试验即可反映出不同电流密度时的镀层状况，试验效率较高，特别适用于优选配方，但不能依靠它来确定优选配方的工艺条件。为了较准确地测定工艺条件对镀层外观的影响，还必须在各种不同温度及不同电流密度下逐个进行试验，为达此目的而采用烧杯试验方法。烧杯试验装置及试件尺寸见图1—3。



1. 一升烧杯； 2. 如图抛光铜试片； 3. 如图尺寸铅锡阳极。

图 1—3

(二) 各类镀铬液比较

1. GS 溶液

“有比较才能鉴别”。在试验中我们是以“标准”高铬酸镀铬液作为对比的依据。图1—4是在不同温度下得到的梯形槽试验结果。

配方 CrO_3 2.50% H_2SO_4 2.5% 代号 GS 溶液

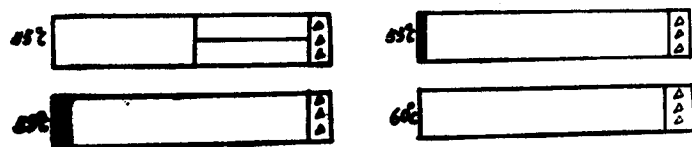


图 1-4

GS 镀铬液中电流密度和温度对镀层外观的影响见图1—5^[3]。

2. DS 溶液

镀铬溶液中，除铬酐外还添加少量的硫酸是目前电镀生产中应用最广泛最简单的溶液。低铬酸镀铬我们仍希望配方尽量简单就能达到工艺要求，因此我们进行了铬酐—硫酸型（DS 溶液）低铬酸试验。图1—6是铬酐含量为 50 克/升情况下不同硫酸含量及工艺条件所获得的梯形槽试验结果。

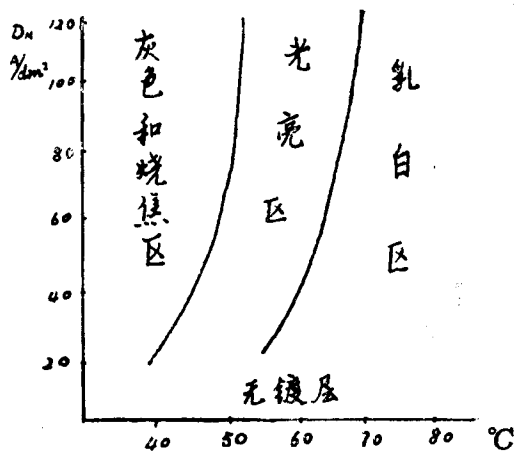


图 1-5

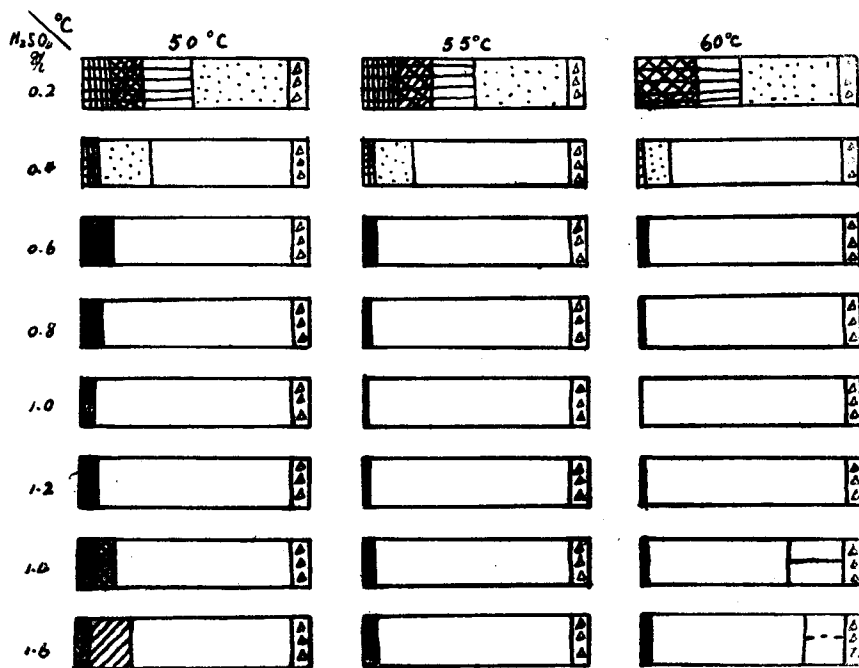


图 1-6

通过这些试件可以看出硫酸少于0.6克/升时在高电流密度区域就会出现黄膜或黄斑, 硫酸含量在0.2—1.0克/升的范围内, 随着硫酸含量的增加镀层的光亮范围逐渐扩大, 超过1.0克/升以后再增高硫酸, 则光亮范围反而缩小。显然最优配方是 CrO_3 : 50克/升; H_2SO_4 : 1.0克/升, 溶液代号为 $DS-1$ 。在低铬酸中镀铬硫酸仍然是一种不可缺少的阴离子, 但重要的并不是硫酸在镀铬电解液内的绝对含量, 而是铬酸和硫酸的浓度之比值, 对于 GS 溶液 CrO_3/H_2SO_4 比值为100/1而 DS 配方的比值约为 50/1 较高铬酸小一倍。

通过烧杯试验 $DS-1$ 溶液的工艺条件对镀层外观的影响规律如图1—7所示。图中可以清楚地看到在 50—60°C 区间, 该溶液能够在较大的电流密度范围内获得光亮镀层。但是与 GS 溶液相比 $DS-1$ 溶液析出铬的电流密度较高, 边缘很容易发毛, 这样势必限制了 $DS-1$ 溶液允许使用的电流密度范围及复盖能力。

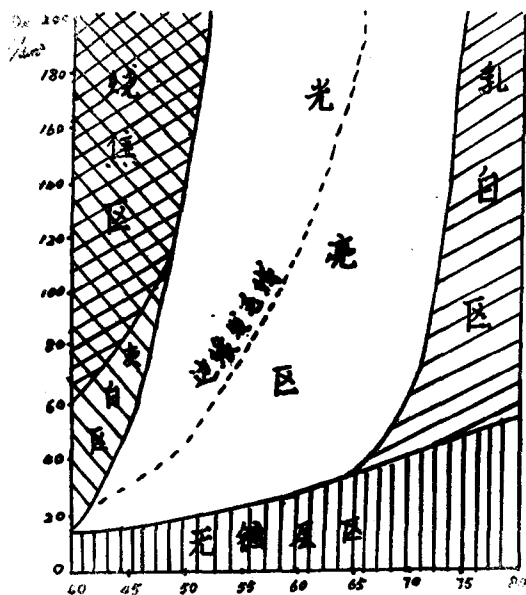


图 1—7

3. DSR 溶液

如上所述严格控制硫酸根与铬酐的相对比值是保证获得合格镀铬层的重要条件。目前在高浓度铬酸镀铬中已成功地实现了添加硫酸锶来达到自调硫酸根含量, 其原理是以较难溶的硫酸锶来取代溶液里的硫酸, 在一定的铬酐浓度下硫酸锶的溶度积为常数。

$$[Sr^{++}][SO_4^{--}] = L_{SrSO_4} = k$$

当槽液中硫酸根增加时, 离子积将大于溶度积, 则产生 $SrSO_4$ 沉淀以保持平衡, 相反当槽液中硫酸根减少时, 平衡又被破坏, 沉淀溶解, 最后仍保持固定的溶度积。由于盐效应的作用硫酸锶的溶解程度也与铬酐的浓度有关, 其规律如图1—8所示, 因此在铬酐含量一定的情况下就能保持 CrO_3/SO_4 的比值近似不变, 这样就能达到自调硫酸根含量之目的。从图1—8可以看到铬酐浓度为 50克/升时, 硫酸根离子的含量约为1.3克/升左右, 从前面 DS 溶

液的梯形槽试验可以看到含硫酸1.3克/升时仍可获得较宽的光亮范围，因此在低铬酸镀铬中实现硫酸根自调是可能的。

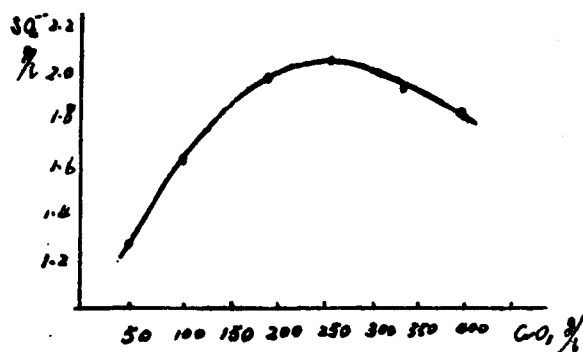


图 1—8

图1—9是不同配方的 DSR 溶液的梯形槽试验结果。

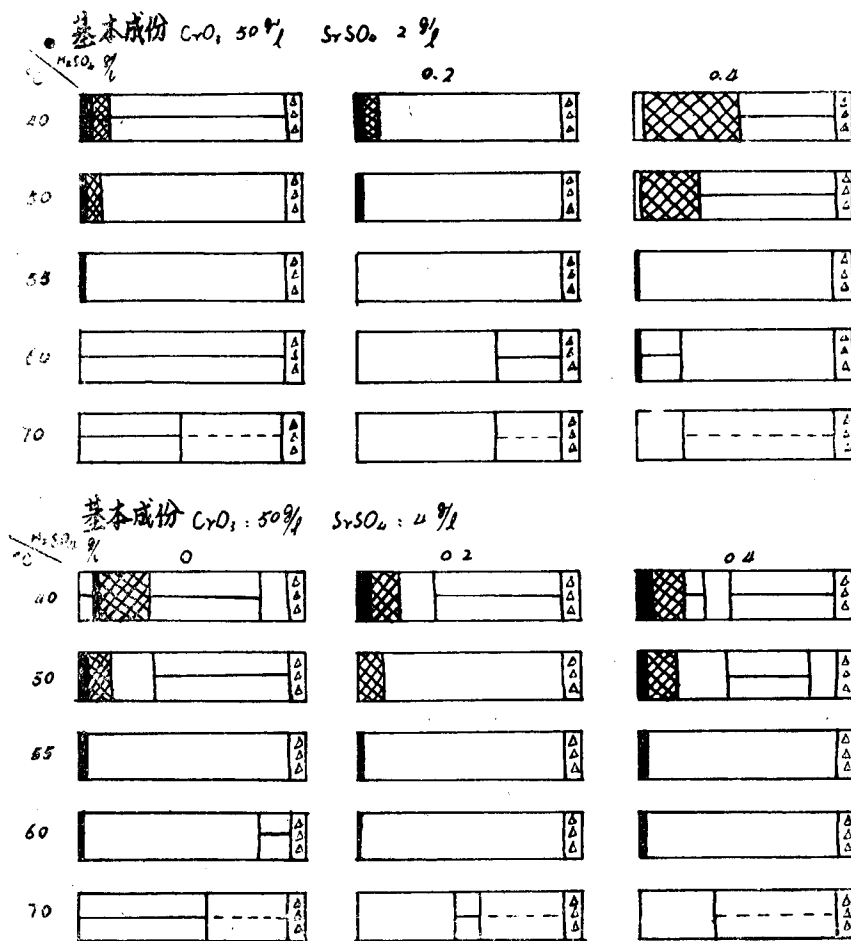


图 1—9

从以上试验结果可以看出,在低铬酸镀铬中是能够实现自调硫酸根,但是与GS和DS-1溶液比较,光亮范围更窄,边缘发毛严重。

4. DSi溶液

这类溶液日本只腰光章等人曾作过大量的研究。遵照毛主席“洋为中用”的教导,我们对此类溶液进行了复验工作,以便与其它类溶液对比,梯形槽试验结果见图1—10。从图中可以看到溶液中含 CrO_3 : 50克/升; H_2SO_4 : 0.5克/升; Na_2SiF_6 : 0.5克/升镀层外观最佳,这与只腰光章等人所推荐的配方试验结果是一致的,此配方的代号为DSi-1。日本人通过烧杯试验还确定了此配方工艺条件对镀层外观的影响,其情况如图1—11所示。

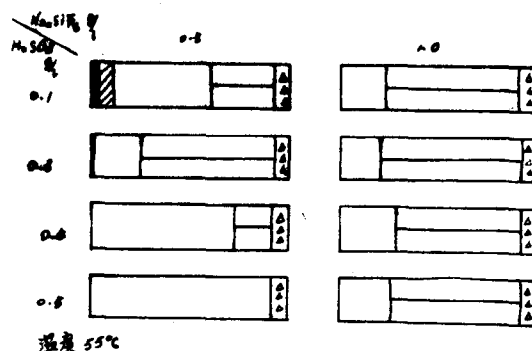


图 1—10

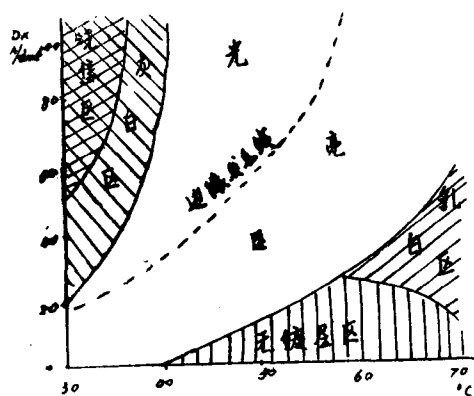


图 1—11

由图可知DSi-1溶液有较宽的光亮范围,边缘发毛并不严重等优点,但在55°C时开始析出铬的电流密度仍较高。

5. DBS溶液

如前所述,低铬酸镀铬的主要问题是复盖能力较差,但在下面的介绍中将看到此类溶液具有较高的复盖能力,因此这类溶液是我们现阶段试验工作中的主要研究对象。溶液配方与工艺条件对镀层外观的影响,可由图1—12梯形槽试验结果看出。

从溶液及镀层的综合性能考虑,这类溶液的高佳配方为: CrO_3 : 50克/升; H_2SO_4 : 0.3

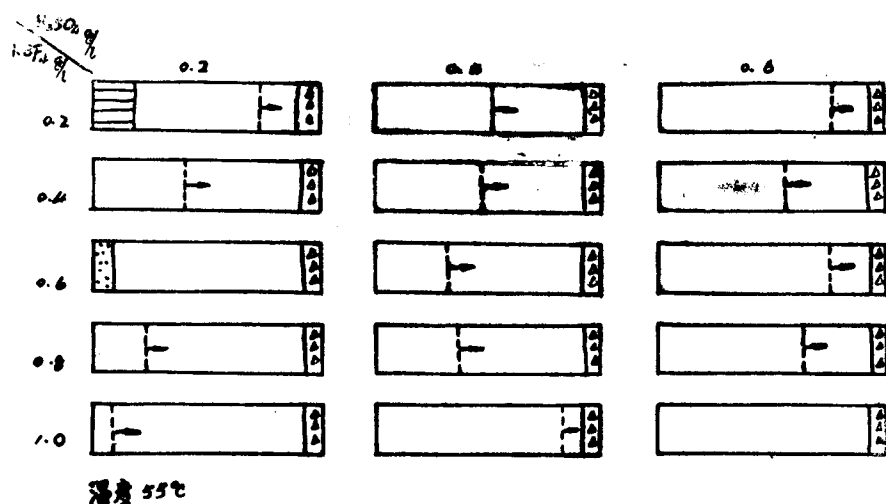


图 1—12

克/升； KBF_4 ：0.4克/升，其代号为DBS—1。烧杯试验结果如图 1—13 所示。由图可以看到DBS—1 溶液中工艺条件对镀层外观的影响有以下特点：

(1) 光亮范围很宽，特别在低温区域尤为显著，但在较小的电流密度下镀层的光亮程度略有下降，经工人师傅评定仍能满足装饰铬的要求。

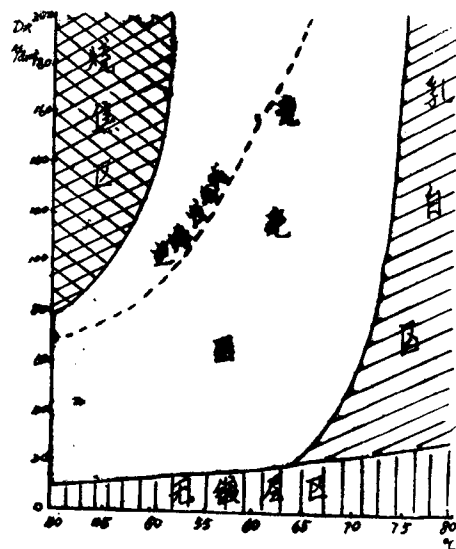


图 1—13

(2) 边缘发毛在较大的电流密度下才出现。

(3) 在一定的条件下开始析出铬的电流密度较其它溶液低。

(三) 添加其它阳离子、阴离子的影响

1. 阳离子的影响

关于与 SO_4^{2-} 离子同时加入到铬酸电解液中的阳离子的影响问题，也具有很大的实际意

义。外加金属离子的放电和同时转入铬的沉积层中，有可能提高电流效率、降低沉积层的孔隙率和内应力，以及改善镀层的物理性能，但是在文献资料中目前还存在着争论，然而对于加入 Li^+ 和 UO_2^{2+} 离子时能提高镀层的光亮程度及改变镀层裂纹的分布性质和镀层结构是肯定无疑。

为了探知阳离子的作用我们曾采用普通梯形槽进行试验，其结果如图1—14所示。

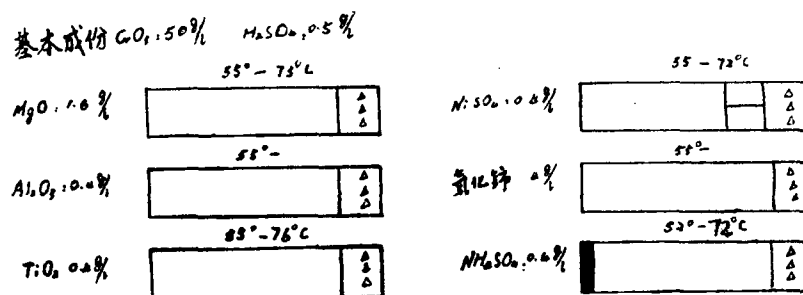


图 1—14

可以看出金属离子以一定量硫酸盐形式加入对镀层外观无显著改善，以金属的氧化物形式加入的阳离子一般能扩大镀层的光亮范围。试验中发现所有加入的阳离子对复盖能力影响不大。

2. 阴离子的影响

众所周知，溶液中存在少量的阴离子，对于铬酸溶液的电沉积过程的影响较阳离子大得多，大量的著作主要是研究 SO_4^{2-} 、 F^- 、 SiF_6^{2-} 或它们的混合液。

这部分试验仍采用普通梯形槽，试验结果如图1—15。从图可以看出阴离子对镀铬的外观影响是很显著的，加入不同阴离子可以获得不同颜色的铬层，可以预计只要选择合宜的阴离子，在低铬酸溶液中完全有可能获得黑铬镀层。同时在试验中还发现有机阴离子的作用较无机阴离子的作用小得多。

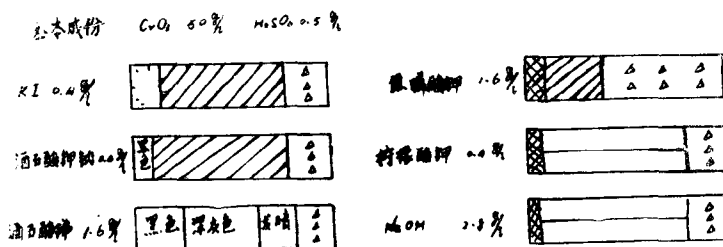


图 1—15

(四) 三价铬的影响

实践证明 GS 溶液由化学纯的铬酸和一定量的硫酸所配成的新电解液，最初是镀不上铬或者铬层的质量极其低劣，因此新配电解液必须先通电处理使溶液中保持一定的三价铬含量，在国外的配方中，有时还规定在溶液中加入少量的某些还原物质如柠檬酸、酒石酸或草酸等以代替电解液的通电处理。但在低铬酸镀铬中发现未经通电处理的镀铬液就能获得优良的

铬镀层，经长期通电处理之后光亮范围还可提高。

这部分通电处理是在两升溶液中进行，阴极 $1dm^2$ 、阳极 $0.1dm^2$ 、电流密度为 5 安培/ dm^2 ，图1—16分别为DS—1溶液及DBS—1溶液经不同的通电时间所得到的梯形槽试验结果。

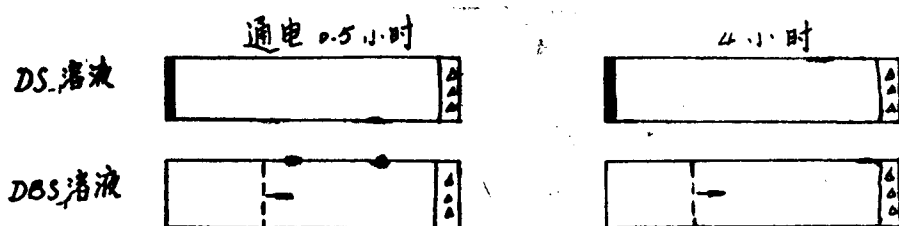


图 1—16

为什么高铬酸中必须含有一定量的三价铬后才能获得良好的铬镀层而低铬酸中镀铬就不是这样呢？这是由镀铬阴极反应的本质及它们的各自特点所决定的。众所周知，镀铬时阴极表面覆盖了一层粘膜，生成膜的条件是必须有三价铬的存在及阴极区达到一定的 pH 值，另一方面这种膜在 SO_4^{2-} 或其它阴离子的作用下又不断的被溶解，这层膜在阴极表面是不连续的而且是交替产生，因此起到调节晶结的大小的作用。从 $Cr^{+++} + 3OH^- \rightleftharpoons Cr(OH)_3$ ， $L[Cr^{+++}][OH^-] = 6 \sim 7 \times 10^{-31}$ 可以看到，在高铬酸中 pH 较小，因此相对低铬酸中而言是难以形成 $Cr(OH)_3$ ，为了满足成膜条件只能提高三价铬的含量。新配的低铬酸溶液虽然 Cr^{+++} 含量很少，但一经电镀，六价铬还原为三价铬的反应首先发生，随之析氢及铬的沉积，这三种反应都能促阴极区 pH 值上升，加之低铬酸镀铬溶液 pH 值本身就较高，上述诸因素皆促使 $Cr(OH)_3$ 膜的形成，所以低铬酸镀铬液中不经预先通电处理只要控制适量的阴离子就可获得光泽镀层。同时可以推断在低铬酸镀铬溶液中三价铬的最高允许含量将比高铬酸镀铬液低。

(五) 彩色膜、黄膜的产生及退除

在以上各种类型的低铬酸溶液中镀铬，如带电出槽在试片及镀件上皆可发现以兰色为主的彩色膜。日本人认为这种膜是铬酸盐，但是通过实践我们觉得这种看法有待商榷，我们认为这层彩色膜有可能就是镀铬过程中阴极表面生成的以 $Cr(OH)_3$ 为主的膜，兰色是三价铬的特征颜色，红色、黄色则是重铬酸根及铬酸根的特征颜色，它们可能是以碱式铬酸盐的形式进入膜。试验及生产中证明当槽液 pH 值上升，如铬酐含量减少，三价铬增加，膜的颜色几乎全是兰色的，这说明三价铬的含量增加。在高铬酸镀铬中这种膜是不易发现，其原因高铬酸镀铬液 pH 值低有利于膜的溶解，当零件从槽液中取出时，零件与槽液的相对运动加速了阴极区溶液的扩散和对流，使阴极区的 pH 迅速下降，这就破坏了膜的生成条件，因而使 $Cr(OH)_3$ 溶解。在低铬酸镀铬溶液中 pH 值较高不利于膜的溶解、因而零件带电出槽时膜仍然存在。这层膜在零件未吹干前往往不易发现，但吹干之后就显现出以兰色为主的彩色膜。

试验及生产证明这种膜是不难除去的，只要断电后零件在槽液中停留30秒钟，使槽液内部溶液和阴极区的溶液充分扩散对流，使消除 $Cr(OH)_3$ 产生的条件。如果零件在吹干之后发现有彩色膜，可在 5% 的硫酸溶液中清洗片刻即可消除。

使用的电流密度较小零件有局部未镀上时，不论是高铬酸还是低铬酸镀铬溶液中，露底的镀层边缘都将有黄膜产生。这种膜可能是铬酸铬，这种黄膜在碱性溶液中可以除去，如在除油槽中浸泡数秒即可消除。

(六) 杂质的影响

低铬酸镀铬的阴极反应在本质上与高铬酸镀铬是一致的，因而杂质对镀层质量的影响是类似的。实验证明硝酸根是最有害的杂质，即使有少量的混入槽液都会影响镀层外观，甚至镀不出来，同时也会破坏镀槽的铅壁。低铬酸镀铬液对氯离子也极敏感，试验情况见图 1—17。

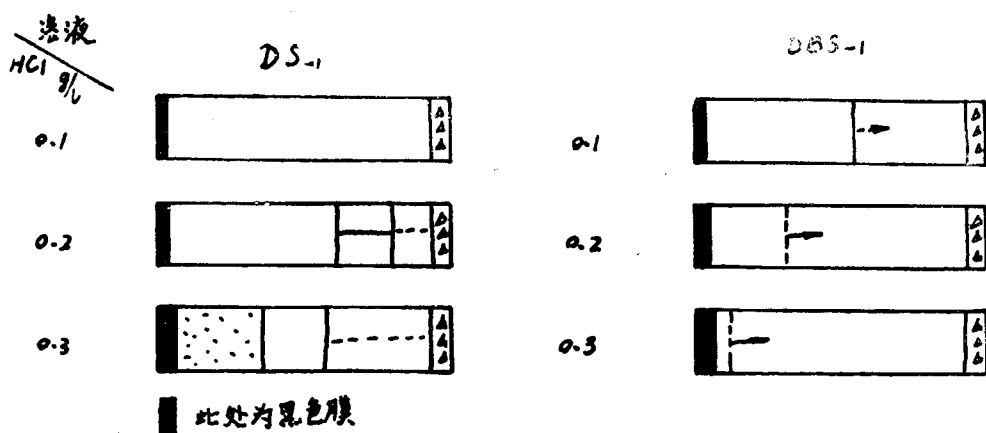


图 1—17

从梯形槽试验可以看出溶液中如 HCl 的含量超过 0.1 克/升镀层质量就开始变坏，因此要求前处理盐酸腐蚀完毕一定要仔细清洗干净才能进入镀槽。

铜、铁杂质的影响由图 1—18 所示。

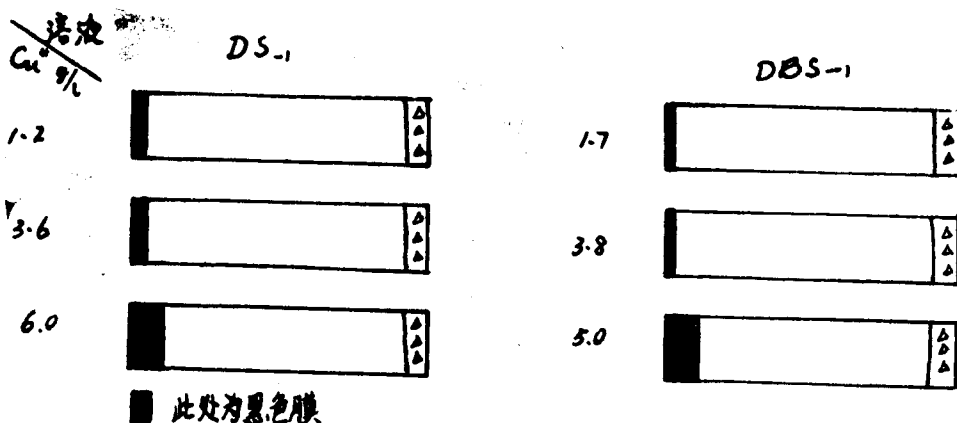


图 1—18

可以看出在含铜量达 4 克/升时高电流密度区出现黑膜，此黑膜是铜的氢氧化物。因为铜、铁的氢氧化物的溶度积较 $Cr(OH)_3$ 的溶度积大得多，所以当铜、铁的含量一定时 pH 值必须较高时才能形成它们的氢氧化物。由于高电流密度处 pH 迅速上升，因此产生黑膜，并随着铜、铁含量的增加黑膜区扩大。如三价铬的影响分析那样，可以预计在低铬酸镀铬液

中铜、铁杂质的最高允许含量将比高铬酸镀铬液少。

二、低铬酸镀铬的复盖能力

众所周知，镀铬中存在主要问题之一，就是其复盖能力较其它任何镀种都差，较复杂的零件就必须采用象形阳极和保护阴极才能获得满意的镀层，这就造成镀铬生产操作困难，因此复盖能力的问题在低铬酸镀铬研究中占有重要的地位。

电镀过程中影响复盖能力的因素有如下几方面：(1) 阴极过程的极化度；(2) 溶液的电导；(3) 开始析出铬时的电流密度值（相对应的表现为初始析出电位值）。在高铬酸镀铬中因铬酐含量高电导较好，如仅从电导方面考虑则可以肯定低铬酸镀铬液的复盖能力是较差。在铬酸—硫酸型的镀铬液中因其电沉积过程机理是相似的，在正常生产的电流密度范围下其极化值极小，而且铬的初始析出电流密度都较高，这就导致镀铬液的复盖能力必然是差的。根据以上分析在低铬酸溶液中提高复盖能力比在高铬酸溶液中更困难一些。在毛主席“**实践第一**”的思想指导下，我们通过不同的途径经过反复试验证明在低铬酸镀铬中添加合适的第二阴离子就能显著的改善复盖能力。

(一) 试验方法

本试验采用弯曲阴极和平行阴极两种方法来测定镀铬溶液的复盖能力。

1. 弯曲阴极法

试验装置及试片尺寸如图 1—19 所示，试片背面用丙烯酸白磁漆绝缘，以试片工作面总面积上沉积铬的面积百分数表示复盖能力的大小。一般情况下试验规范为：电流密度 $40 A/dm^2$ 、温度 $55^\circ C$ 、电镀时间为 2 分钟。

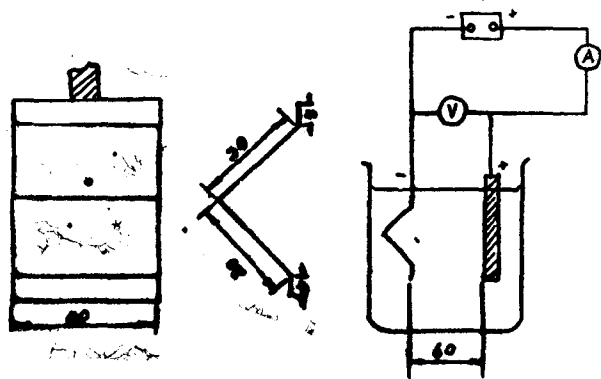


图 1—19

2. 平行阴极法

平行阴极试验装置及试片尺寸如图 1—20 所示。试验槽采用容量为一升的烧杯，试验规范为：电流密度为 $40 A/dm^2$ ，在 $55^\circ C$ 下电镀 2 分钟，以下实验中不再注明，特殊情况例外。试片外侧面不绝缘。复盖能力的大小以阴极内侧面上沉积铬的面积百分数来表示。

由于铜在铬酸中极易腐蚀，所以被镀试样需要带电下槽，以免影响试验的准确性。

通过试验证明以上两种方法都是可行的，测得的数据基本上是对应的。但由于平行阴极制作方便、外形容易控制，只要试验时严格控制试验条件其重现性较弯曲阴极好，因此我们在实验中选用平行阴极法。

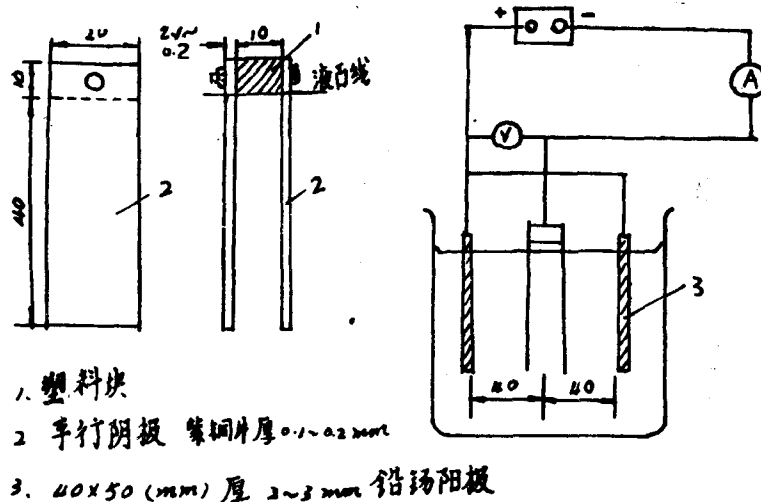


图 1-20

(二) 硫酸对复盖能力的影响

测定硫酸对复盖能力的影响时, 配方中的其它成份及工艺条件都不变, 仅改变镀液中硫酸的含量。DSR、DS-1、DSi、DBS-1 溶液中硫酸对复盖能力的影响如表1-2和图1-21所示。

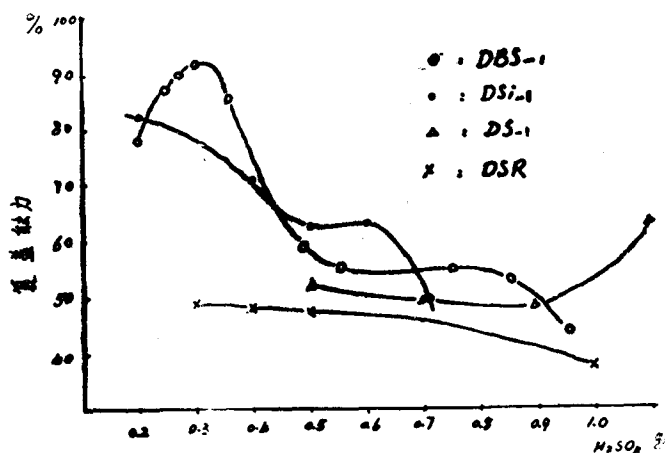


图 1-21

表 1-2

硫酸 液 %	0.2	0.25	0.275	0.3	0.4	0.425	0.5	0.55	0.6	0.7	0.75	0.85	0.9	1.0	1.1	0.35
DBS-1	78	87	89	91.5		58		55			55.5	52.5				30.5
DSi-1	82.5				71		60.5		62.5	69						
DSR				48.5			47.5			47				48.5		
DS-1							52			49.5			47.5		63	

从以上试验数据可以看出, 硫酸对复盖能力的影响是很大的, 在这四种溶液中的复盖能力都是随着硫酸含量的增加而降低, 而 $DBS-1$ 溶液中硫酸的影响尤为显著。因此 $DBS-1$ 溶液如需要保持较高的复盖能力, 则硫酸的允许范围就不能太宽。

(三) BF_4^- 和 SiF_6^{2-} 离子对复盖能力的影响

这部分试验在 $DBS-1$ 和 DSi 溶液中进行, 仅改变 BF_4^- 和 SiF_6^{2-} 的含量, 其它条件不变。 BF_4^- 和 SiF_6^{2-} 离子对 $DBS-1$ 及 DSi 溶液的复盖能力的影响如表1—3和图1—22所示。

表 1-3

溶液 \ SiF_6^{2-} %	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
DSi			67.5		63.5			60		58
$DBS-1$	90	92	89	92	90	85	65	75.5	52	40.5

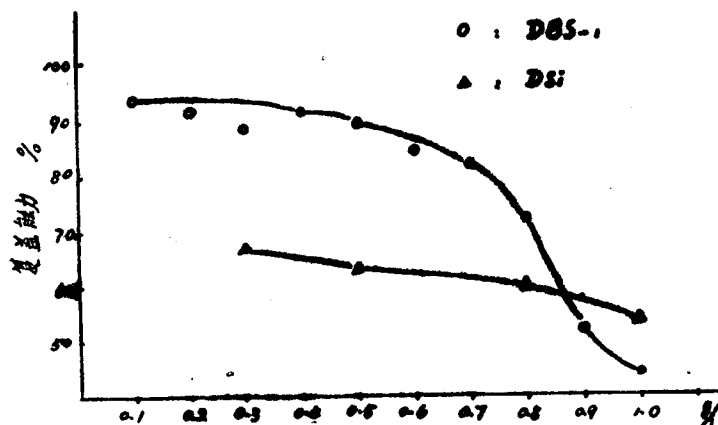


图 1—22

从试验结果可以看出, 复盖能力是随着 KBF_4 和 Na_2SiF_6 的增加而下降的, 但其变化率较硫酸的影响小, 就复盖能力而言在 DBS 溶液中 KBF_4 的含量可在较宽的范围内变化。

(四) 温度对复盖能力的影响

这部分试验是在四种溶液中进行, 试验结果见表1—4及图1—23。

可以看出, 温度对复盖能力的影响很大, 随着温度的提高复盖能力下降。其原因与不同温度时开始析出路的电流密度有关, 从前面介绍的光亮区范围中可以看到温度越高, 析出路的最低电流密度也上升, 这种现象和温度上升使得复盖能力下降一致的。另外还可以看到 $DBS-1$ 溶液不但复盖能力较其它溶液复盖能力高而且变盖能力对温度的敏感性较小。

(五) 电流密度对复盖能力的影响

此试验仅在 $DS-1$ 和 DSR 溶液中进行, 因为在 $40A/dm^2$ 条件下 $DBS-1$ 溶液的复盖能力已经在90%以上, 如再提高电流密度就会达到100%。