

船舶机械零件 镀铬工艺

孙昭干 戴文炎 编

人民交通出版社

船舶机械零件 镀铬工艺

孙昭干 戴文炎 · 编

人 民 交 通 出 版 社

1 9 7 7 年 · 北 京

**船舶机械零件
镀铬工艺**

孙昭干 戴文炎 编

人民交通出版社出版
(北京市安定门外和平里)

北京市书刊出版业营业许可证出字第 006 号

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

人民交通出版社印刷厂印

开本: $787 \times 1092 \frac{1}{32}$ 印张: 5.375 插页: 1 字数: 117 千

1977年5月 第1版

1977年5月 第1版 第1次印刷

印数: 0001—5,500册 定价(科三): 0.45 元

DL 51/106

内 容 提 要

本书介绍船舶机械零件镀铬工艺、镀铬用设备以及镀铬电解液净化与含铬废水的处理，其中对船舶主机缸套、活塞环等松孔镀铬工艺及技术标准作了比较系统的叙述。

本书可供修造船厂、船舶主机生产厂以及电镀厂工人、技术人员参考。

毛主席语录

阶级斗争是纲，其余都是目。

中国人民有志气，有能力，一定要在不远的将来，赶上和超过世界先进水平。

在生产斗争和科学实验范围内，人类总是不断发展的，自然界也总是不断发展的，永远不会停止在一个水平上。

前 言

在毛主席无产阶级革命路线的指引下，我国造船、修船工业获得迅速发展。船舶机械零件镀铬的应用也日益广泛，它对提高船舶机械零件使用寿命起着很大作用。

遵照毛主席“打破洋框框，走自己工业发展道路”的教导，我们根据生产实践经验，总结编写了这本《船舶机械零件镀铬工艺》。

本书对船舶机械零件松孔镀铬作了比较详细的叙述。

由于水平有限，编写中难免存在缺点和错误，希望读者批评指正。

编 者

目 录

第一章 电解镀铬层的性能及应用范围	1
第一节 电解镀铬层的性能.....	1
第二节 镀铬在修造船上应用范围.....	6
第二章 电解镀铬	8
第一节 电解镀铬的基本原理和方法.....	8
第二节 防护-装饰性镀铬	10
第三节 镀硬铬及乳白色镀铬.....	12
第四节 镀铬工艺.....	17
第五节 常用材料镀铬操作工艺规范.....	28
第六节 镀铬用阳极.....	30
第七节 铝及铝合金镀铬.....	33
第八节 塑料镀铬.....	35
第九节 镀铬电解液的配制、维护及校正.....	39
第三章 松孔镀铬	43
第一节 松孔镀铬特性.....	43
第二节 松孔镀铬层形成的方法.....	48
第三节 松孔镀铬工艺.....	51
第四节 周期换向松孔镀铬.....	54
第五节 影响松孔镀铬松孔特性的因素.....	57
第六节 机械加工的影响.....	61
第七节 松孔镀铬网纹结构的选择.....	63
第八节 气缸套、活塞环、销轴类零件松孔镀铬技术 标准.....	66
第四章 船舶机械零件镀铬的典型工艺	75
第一节 活塞环镀铬工艺.....	75

第二节	气缸套镀铬工艺	79
第三节	活塞杆镀铬工艺	81
第四节	曲轴镀铬工艺	83
第五节	大功率柴油机曲轴流镀工艺	85
第六节	十字头、活塞销镀铬工艺	87
第七节	凸轮轴、气阀、柱塞以及有过盈配合的轴颈 等镀铬工艺	88
第五章	自动调节电解液与氟离子镀铬电解液	90
第一节	自动调节电解液	90
第二节	氟硅酸镀铬电解液	94
第六章	镀铬层的质量检查	99
第一节	镀铬层常见的缺陷及防止方法	99
第二节	镀铬层退除法	99
第三节	镀铬层质量检查	103
第七章	镀铬设备	110
第一节	镀铬槽	110
第二节	电源与抽风设备	115
第三节	镀铬槽加热与冷却	127
第四节	镀铬的安全技术	133
第八章	镀铬电解液的净化与含铬废水处理	135
第一节	镀铬电解液的净化处理	135
第二节	含铬废水处理	144
第九章	镀铬电解液的分析	149
第一节	铬酐的测定	149
第二节	三价铬的测定	151
第三节	硫酸的测定	154
第四节	铁的测定	157
第五节	氯化物的测定	159

第一章 电镀铬层的性能及应用范围

第一节 电镀铬层的性能

电镀铬是一种银白色的金属,它是依靠低压直流电(6~12伏)通过铬酐水溶液,使铬酐水溶液中铬离子在阴极——被镀零件表面上沉积而形成的一种金属镀层。

这种在一定电解条件下沉积的镀铬层,具有许多其它电镀层所不能获得的特点,例如硬度高、耐磨、耐热以及具有较好的抗腐蚀性能等。

一、电镀铬层的物理性能

原子量	52.01
比 重	6.9~7.1克/厘米 ³
熔 点	1513~1830°C
导热系数 (20°C)	0.165卡/厘米·秒·度
比 热 (20°C)	0.11卡/克·度
线膨胀系数 (20°C)	4.5×10^{-6}
电阻系数	3.85×10^{-8} 欧姆·厘米
电化当量	0.3235克/安培·小时
光的反射系数	70~75%
导磁率	3.29×10^{-6}
标准电位	-0.56伏特
硬 度	维氏HV600~1400 布氏HB530~900 洛氏HRC54~75

二、电解镀铬层化学性能

电解镀铬层具有较高的化学安定性，在大气中很稳定，能长时间保持光泽。虽然铬的标准电极电位比铁负，但由于它的表面很容易钝化（形成氧化膜），具有贵金属的特性。许多酸对它不起作用，例如硝酸、醋酸、柠檬酸以及其它有机酸。同时硫化氢、碱、氨，以及其它许多盐的溶液和有机物质对它也不起作用。但铬能溶于热的浓硫酸中。铬在盐酸中也能很快溶解，特别在热的盐酸中溶解更加激烈。

镀铬层的耐热性也好，一般当温度超过 500°C 时，镀铬层的表面才开始变色。

三、电解镀铬层的机械性能

镀铬层的机械性能除了与镀铬层厚度有关以外，还与镀铬时的电解规范有很大关系，硬铬镀层一般讲比乳白镀铬层以及装饰性镀铬层机械性能要好。这主要由于在不同的电解规范中，镀铬层本身组织和所产生内应力大小不同，以及阴极

乳白色镀铬层与硬铬镀层的机械性能 表1

电 解 规 范 镀 层 厚 度 机 械 性 能 (毫米)	乳 白 色 镀 铬 层 20安培/分米 ² 65~70℃			硬 铬 镀 层 35安培/分米 ² 55~60℃		
	0.1	0.3	0.5	0.1	0.3	0.5
镀铬层的抗拉强度 公斤/毫米 ²	50.5	27.6	13.3	62.5	39.8	30.8
镀铬层的抗剪切强度 公斤/毫米 ²	32.2	26.8	19.1	36.4	18.4	11.7
硬度 (维氏)	600左右			1000左右		
镀铬层与基体金属 撕裂时结合强度	大于镀铬层的抗拉强度					

产生的氢气渗入铬晶格之间多少不同的原故。另外镀铬层厚度增大，内应力随着增大，同时镀铬层的脆性也相应增加。

在一定的电解规范下镀出的乳白色镀铬层与硬铬镀层的主要机械性能数据列于表1。

(一) 电解镀铬层硬度

电解镀铬层因镀层较薄，测定硬度时因为受到基体金属的影响而比较困难，但可用显微硬度计来测定，通常以维氏硬度(HV)作单位，在常用工作条件下，所获得镀铬层硬度为维氏 HV=600~1200左右(HRC≈54~72)。

电解镀铬层硬度大小与电解液的浓度、电解规范有密切关系，在一般情况下，由稀电解液(铬酐150克/升，硫酸1.5克/升)溶液中镀出的镀铬层硬度比标准槽液中(铬酐250克/升，硫酸2.5克/升)镀出的镀铬层硬度要高15%左右。硬度还与电解时电流密度、温度有关，因此可以通过改变电解规范来

不同电解规范电解镀铬层的维氏硬度 表2

电 解 液 成 分	铬酐(Cr_2O_3)250克/升，硫酸(H_2SO_4)2.5克/升						
电 流 密 度 (安培/分米 ²)	电 解 液 温 度 (°C)						
	20	30	40	50	60	70	80
10	900	1050	1100	910	760	450	435
20	695	670	1190	1000	895	570	430
30	670	660	1145	1050	940	755	435
40	670	690	1030	1065	985	755	440
60	695	690	840	1100	990	780	520
80	695	700	725	1190	1010	955	570
120	750	705	700	1190	990	990	630
140	—	795	795	1280	1160	970	—

调整所需的硬度。不同电解规范得到的镀铬层硬度列于表 2。

为了获得较高的硬度，温度最好控制在 $50\sim 60^{\circ}\text{C}$ 左右，在该温度范围内，硬度变化不大，当温度超过 65°C 时硬度就有较大幅度下降。一般机械零件的镀铬层硬度也不宜过高，硬度过高，脆性也跟随增加，脆性增加到一定值时，机械性能就变得很差，在机械上就不能使用了。

(二) 电镀锌层的耐磨性

镀铬层的耐磨性是比较高的，如果能够正确地选择电解规范，零件摩擦面镀上耐磨铬层后，使用寿命可提高 3 倍以上。镀铬层硬度高、摩擦系数低是提高使用寿命的主要原因之一。图 1 表示不同摩擦偶在润滑条件下的滑动摩擦系数。尽管镀铬层与其它材料摩擦时其滑动摩擦系数较低，但普通耐磨镀铬层（硬铬镀层）使用范围尚受到工作面单位面积上所承受负荷和润滑条件的限制。

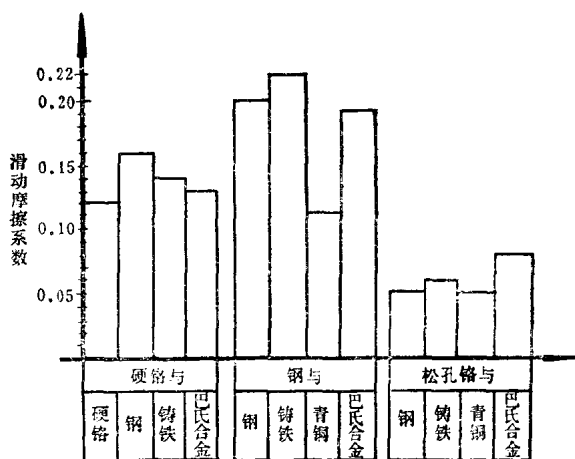


图1 不同摩擦偶在润滑条件下的滑动摩擦系数

当工作面单位面积上所承受负荷在 14.5 公斤/厘米^2 左右，就是在润滑条件较好情况下，由于润滑油与镀铬层的附着

力很小,采用普通的耐磨镀铬已经不大理想了。当润滑条件较差时则会使镀铬层遭到严重破坏,图2、图3为功率较大的内燃机镀硬铬的气缸套、经试车后,气缸套和活塞环产生了严重拉毛及刮伤现象。

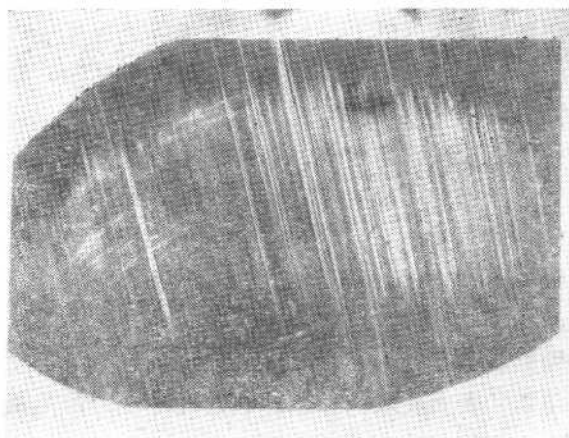


图2 镀硬铬的内燃机气缸套台架试验后发现严重拉毛现象

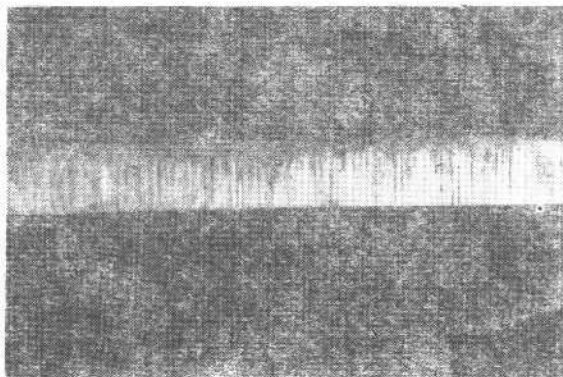


图3 与镀硬铬气缸套配合的活塞环亦产生拉毛、刮伤现象

第二节 镀铬在修造船上应用范围

镀铬层由于具有硬度高、耐磨、耐热以及良好的抗腐蚀性能，因此船舶机械零件表面镀铬后，按不同使用条件相应可提高使用寿命3倍以上，特别由于镀铬是在 $55\sim 65^{\circ}\text{C}$ 低温下操作的，被镀零件不会产生变形、裂开等缺陷，以及镀铬层与基体金属结合力良好等优点，故可以大量用于提高新制机械零件抗腐蚀、耐磨性能、保护装饰各种电气舾装设备零件、修复已磨损的船舶机械零件，因此镀铬在修造船上已获得广泛的应用。

电解镀铬按镀层性质可以分为以下两大类：

一、防护-装饰性镀铬

这种镀铬层主要用于保护零件的主体金属免于腐蚀，此外还有使零件表面美观的作用，镀层孔隙少，结晶细密，在修造船上主要用于以下几个方面。

(一)照明器材零件——悬架、链、吊环、钩、灯罩、保护网等。

(二)船用家具零件——手柄、铰链、钩子、窗钩、插门、固定帘幕杆及支座、玻璃的支架，厕所龙头、洗脸台的支架、管子、接头等。

(三)小艇设备零件——舵柄滑车组、支柱钩子、船首旗杆、缆柱等。

(四)通风系统的进风和排风零件——套圈、栅、链、气闸框子。

(五)通话系统零件——阀门、话筒、带有哨子的塞子，转动接头等。

(六)其它例如航海仪表零件，小型船舶尾轴接触海水部

分等等。

镀层单面厚度一般选择在 $0.02\sim 0.05$ 毫米左右。

二、耐磨镀铬层

耐磨镀铬层除了可以增加机械零件表面硬度，提高耐磨程度，延长使用寿命外，还可以用来修复已磨损的机械零件。按镀层类型又可分为以下二种。

(一)硬铬镀层-用来增加润滑条件较好和负荷不太大的机械零件的耐磨程度和硬度，并且可以用来进行尺寸修复。这种镀铬层在修造船上应用最为广泛，例如内燃机、蒸气机、压气机、冷藏机等曲轴、油泵芯子、水泵活塞杆、油泵轴、分配器芯子、舵机油泵柱塞、柴油机摇臂轴、发电机与马达轴承档、滚动轴承内外圈、汽轮机叶片修复、中间轴轴颈、尾轴轴承档以及主辅机其它销轴，机械加工所需模具，塞规等。

(二)松孔镀铬层-用来增加负荷较大与润滑条件不良的机械零件的耐磨程度或进行尺寸修复，例如内燃机、压气机、冷藏机的气缸套、活塞销、活塞环、蒸汽主辅机的活塞杆、汽门杆、十字头以及机床的车头轴、磨头轴等。

耐磨镀铬层厚度的选择（不包括加工余量）：新制零件镀层单面厚度一般取 $0.15\sim 0.25$ 毫米；尺寸修复的机械零件，单面镀层厚度一般应控制在 0.50 毫米以下。

第二章 电 解 镀 铬

第一节 电解镀铬的基本原理和方法

镀铬的过程是以电解现象为基础，在镀铬时被镀零件作为阴极，阳极是不溶解的金属。

镀铬时所析出的铬层重量与电流强度和通电的时间成正比，也就是与通过电解液的电量成正比，可用以下形式来表示。

$$G = C \cdot I \cdot t$$

式中：G——电解时分析出来的铬层重量，克；

C——电化当量，克/安培-小时；

I——电流强度，安培；

t——电镀时间，小时。

电解时由于在阴极上除了产生主要反应——析出金属铬之外，通常还产生另外副反应，例如析出氢气和六价铬被还原成三价铬。所以，电极上所析出铬量总是小于所计算出来重量。实际所析出的铬层重量 g 与理论上所计算出来的铬层重量 G 之比称为电流效率。

$$\text{电流效率 } \eta = \frac{g}{G} \times 100\%$$

根据电流效率和所需镀铬层的厚度，镀铬时所需要时间可按下式确定：

$$t = \frac{\delta \cdot d \cdot 100}{\eta \cdot D_k \cdot C} \text{ 小时}$$

式中： δ ——镀铬层单面厚度，厘米；

d ——电解铬的密度，6.9~7.1克/厘米³；

D_K ——电流密度，安培/分米²；

C ——铬的电化当量0.324 克/安培-小时。

但上述测定公式只能用于计算平均厚度，实际上因为电力线分布不均匀，电解液各部分阻力不同以及电极间间距不等等原因，所以在靠近阴极边缘和尖角的部分，镀层厚度比较厚。

采用一般电解液镀铬时，镀铬所需时间也可按下面经验公式计算：

$$t = \frac{\delta}{K D_K} \text{ 小时}$$

式中： δ ——镀铬层单面厚度，厘米；

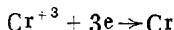
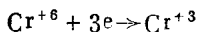
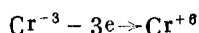
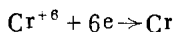
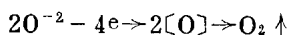
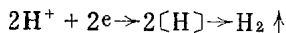
D_K ——电流密度，安培/分米²；

K ——常数，为0.0006。

镀铬的主要方法是吊镀，当电流通过镀铬槽内的电解液时，铬酸开始分解，六价铬放电直接还原成金属铬或先还原成三价铬或二价铬，然后再由三价铬或二价铬还原成金属铬，其阴、阳极反应如下：

阴极的反应过程

阳极的反应过程



由此可见，镀铬时阴极上产生一定数量的氢气，而阳极则产生一定数量的氧气。显然镀铬时用于沉积铬的电流仅仅是一部分，而绝大多数却消耗在氢、氧气的生成以及六价铬