

松 孔 鍍 鉻

王 春 林 編 著

江苏工业学院图书馆
藏书章



机 械 工 业 出 版 社

松孔鍍銘是比較新的表面處理工藝，廣泛用來提高零件的耐磨性，因而延長了機器的使用壽命。

本書簡要介紹松孔銘鍍層的形成原理及其應用範圍，松孔銘鍍層的特性和影響松孔性的各項因素，以及松孔銘鍍的工藝過程。還專門敘述了汽缸及活塞環的松孔銘鍍工藝。適合於機器製造及修理廠電鍍車間的工人及技術人員參考。

本書初稿曾經謝榮增同志審核。

松 孔 鍍 銘

王 春 林 編 著

（根據中國工業出版社紙型重印）

*

機械工業出版社出版（北京蘇州胡同 141 號）

（北京市書刊出版業營業許可證出字第 117 號）

機械工業出版社印刷廠印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店經售

*

開本 $787 \times 1092 \frac{1}{32}$ · 印張 $4 \frac{3}{8}$ · 字數 95 千字

（1962 年 11 月北京第一版印 1,381 冊）

1964 年 9 月北京新一版·1964 年 9 月北京第一次印刷

印數 0,001—3,700 · 定價 0.48 元

*

統一書號：15033 · 3445

目 次

第一章 电解镀铬概论	5
§ 1 镀铬工艺的特点	5
§ 2 铬镀层的性质	7
§ 3 松孔镀铬层的制取方法	12
§ 4 松孔镀铬层的形成原理	14
§ 5 松孔镀铬的应用范围	17
第二章 松孔镀铬层的特性	21
§ 6 松孔性及容油量	21
§ 7 硬度及疲劳强度	23
§ 8 耐磨性	26
§ 9 镀铬规范对松孔性的影响	30
§ 10 阳极浸蚀规范对松孔性的影响	36
§ 11 机械加工及其他因素对松孔性的影响	38
第三章 松孔镀铬的工艺	45
§ 12 松孔镀铬的工艺流程	45
§ 13 镀前的准备加工	47
§ 14 镀铬及阳极浸蚀	51
§ 15 镀后处理	57
§ 16 镀铬电解液的配制及校正	59
§ 17 镀铬的挂具及阳极	62
第四章 汽缸及活塞环松孔镀铬工艺	68
§ 18 概述	68
§ 19 松孔镀铬层特性的选择	70
§ 20 汽缸松孔镀铬工艺	77
§ 21 活塞环松孔镀铬工艺	86

§ 22	汽缸及活塞环镀铬的挂具	92
第五章	松孔镀铬的特殊工艺	100
§ 23	铝合金松孔镀铬工艺	100
§ 24	斑点状镀铬及机械滚坑镀铬	104
§ 25	局部松孔镀铬工艺	109
§ 26	预镀铁的修复松孔镀铬工艺	112
§ 27	铬镀层的特殊处理	114
§ 28	松孔镀铬新工艺	117
第六章	松孔铬镀层的质量检查	120
§ 29	松孔镀铬的缺陷	120
§ 30	铬镀层厚度的测定	124
§ 31	铬镀层与基体金属的结合强度	126
§ 32	松孔铬镀层松孔率的测定	127
§ 33	松孔铬镀层容油量的测定	131
第七章	松孔镀铬的设备	133
§ 34	镀槽	133
§ 35	电气及通风设备	136
§ 36	镀铬工作的安全技术	138
参考文献		140

松 孔 鍍 鉻

王 春 林 編 著



机 械 工 业 出 版 社

松孔鍍鉻是比較新的表面處理工藝，廣泛用來提高零件的耐磨性，因而延長了機器的使用壽命。

本書簡要介紹松孔鉻鍍層的形成的原理及其應用範圍，松孔鉻鍍層的特性和影響松孔性的各項因素，以及松孔鍍鉻的工藝過程。還專門敘述了汽缸及活塞環的松孔鍍鉻工藝。適合於機器製造及修理廠電鍍車間的工人及技術人員參考。

本書初稿曾經謝榮增同志審核。

松 孔 鍍 鉻

王 春 林 編 著

（根據中國工業出版社紙型重印）

※

機械工業出版社出版（北京蘇州胡同 141 號）

（北京市書刊出版業營業許可證出字第 117 號）

機械工業出版社印刷廠印刷

新華書店北京發行所發行·各地新華書店經售

※

開本 $787 \times 1092 \frac{1}{32}$ · 印張 $4 \frac{3}{8}$ · 字數 95 千字

（1962 年 11 月北京第一版印 1,381 冊）

1964 年 9 月北京新一版·1964 年 9 月北京第一次印刷

印數 0,001— 3,700 · 定價 0.48 元

※

統一書號：15033 · 3445

目 次

第一章 电解镀铬概论	5
§ 1 镀铬工艺的特点	5
§ 2 铬镀层的性质	7
§ 3 松孔铬镀层的制取方法	12
§ 4 松孔铬镀层的形成原理	14
§ 5 松孔镀铬的应用范围	17
第二章 松孔铬镀层的特性	21
§ 6 松孔性及容油量	21
§ 7 硬度及疲劳强度	23
§ 8 耐磨性	26
§ 9 镀铬规范对松孔性的影响	30
§ 10 阳极浸蚀规范对松孔性的影响	36
§ 11 机械加工及其他因素对松孔性的影响	38
第三章 松孔镀铬的工艺	45
§ 12 松孔镀铬的工艺程序	45
§ 13 镀前的准备加工	47
§ 14 镀铬及阳极浸蚀	51
§ 15 镀后处理	57
§ 16 镀铬电解液的配制及校正	59
§ 17 镀铬的挂具及阳极	62
第四章 汽缸及活塞环松孔镀铬工艺	68
§ 18 概述	68
§ 19 松孔铬镀层特性的选择	70
§ 20 汽缸松孔镀铬工艺	77
§ 21 活塞环松孔镀铬工艺	86

§ 22	汽缸及活塞环镀铬的挂具	92
第五章	松孔镀铬的特殊工艺	100
§ 23	铝合金松孔镀铬工艺	100
§ 24	斑点状镀铬及机械滚坑镀铬	104
§ 25	局部松孔镀铬工艺	109
§ 26	预镀铬的修复松孔镀铬工艺	112
§ 27	镀铬层的特殊处理	114
§ 28	松孔镀铬新工艺	117
第六章	松孔镀铬层的质量检查	120
§ 29	松孔镀铬的缺陷	120
§ 30	镀铬层厚度的测定	124
§ 31	镀铬层与基体金属的结合强度	126
§ 32	松孔镀铬层松孔率的测定	127
§ 33	松孔镀铬层容油量的测定	131
第七章	松孔镀铬的设备	133
§ 34	镀铬槽	133
§ 35	电气及通风设备	136
§ 36	镀铬工作的安全技术	138
参考文献		140

第一章 電解鍍鉻概論

§1 鍍鉻工藝的特點

遠在1854年便已開始鉻的電鍍試驗，由於長期沒有能研究出得到緊密鉻沉澱的電解液，直至1924年才開始在工業上採用裝飾性鍍鉻，在本世紀的三十年代開始應用耐磨鍍鉻。由於鉻鍍層的許多優點，鍍鉻在機械製造業獲得迅速發展。1942年蘇聯工程師切爾凱斯（М. Б. Черкез）和安東諾夫（Н. М. Антонов）等首先提出和試驗成功一種新的耐磨鍍鉻方法——松孔鍍鉻（多孔性鍍鉻），使鉻鍍層的耐磨性能大大提高，並得到廣泛採用。

鍍鉻與其他金屬電鍍在許多地方有很大的不同，它的特點如下：

1. 鍍鉻電解液的主要成分不是鉻鹽而是鉻酸，並且必須有少量外來的陰離子（如硫酸根），還要保持比較嚴格的比例，才能得到令人滿意的鉻鍍層。

2. 鍍鉻時採用比其他電鍍大十多倍到幾十倍的電流密度，因此必須要有導電可靠的掛具及陽極，採用大電流的直流電源。

3. 鍍鉻過程中在陰極上析出大量氫氣，因此鍍鉻的電流效率很低（13~18%）。電解液濃度對電流效率的影響也和其他電鍍相反，一般電解液中增加金屬離子濃度會使電流效率上升；但增加鍍鉻電解液中鉻酞濃度，電流效率反而下降。大多數金屬電鍍時的電流效率隨着電解液溫度上升而增大，

但提高鍍鉻電解液溫度，電流效率卻顯著下降。

4. 鍍鉻電解液的分散能力及復蓋能力均很低，因此要得到厚度均勻的鉻鍍層，必須很好選擇陽極的形狀及保護陰極，陰陽極之間保持均勻的距離。

5. 採用不溶解的鉛或鉛鋅合金作為陽極，而沉澱的金屬鉻則依靠電解液中的鉻酞分解，因此電解液成分會迅速變化，需要經常添加鉻酞，及時校正電解液。

6. 在不同的電解條件下鍍鉻，可得到不同結晶組織及機械性能的鉻鍍層，即由硬而脆的無光澤鉻到比較軟而韌性好的乳白色鉻（圖1）。

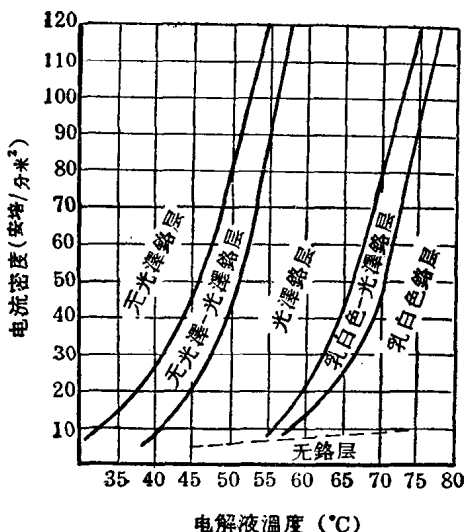


圖1 鉻鍍層結晶組織與電解條件的關係。

以上這些特點雖然給鍍鉻工作帶來了不少困難，但鍍鉻過程也具備許多優點。首先是鍍鉻已經過了長時期的詳細研究，積累了許多寶貴的實際經驗，廢品產生的原因及排除辦

法基本上都搞清楚，电解液組成简单及容易校正，工艺程序亦不复杂。所以只要正确领会镀铬工艺的特点，在规定的电解液成分及工作条件范围内仔细操作，可以得到质量良好的铬镀层。

§ 2 铬镀层的性质

铬的物理化学性质 铬是带浅蓝色光泽的银白色金属，它的主要理化性质数据如下：

原子量	52.01
原子价	2, 3, 6
原子半径	1.28 Å
电化当量	0.3235克/安培·小时
电极电位（标准）	-0.56伏特
比重	6.9~7.1克/厘米 ³
线膨胀系数（20°C）	4.5×10^{-6}
光的反射系数	70~72%
熔点	1830°C
沸点	2480°C
比热（20°C）	0.11卡/克·度
导热率（20°C）	0.165卡/厘米·秒·度
比电阻	13.6微欧·厘米
导磁率	3.29×10^{-6}

铬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来得负，即属于贱金属之列，但由于它的表面很易钝化（形成氧化膜），具有贵金属的特性。铬在热的浓硝酸中极易钝化，所以在不同温度及浓度的硝酸溶液中铬是很稳定的。有机酸对铬不起任何作用。在硫化氢气体中亦稳定。冷硫酸对铬不起作用，但铬能溶于

热的濃硫酸中。在盐酸中很快溶解，鉻与热盐酸作用非常激烈。

虽然鉻鍍层具有很高的化学安定性及較負的电位，但却不能可靠地防护鋼鉄。因为鉻鍍层表面鈍化后电极电位升高，而其孔隙又較多，所以在鉻和鉄构成的电偶中，鉄成为阳极而遭到腐蚀。

鉻鍍层的热稳定性很好，在高温下能保持表面的光澤，直至 $480\sim 500^{\circ}\text{C}$ 才开始变色。低于此溫度的鉻鍍层仍能很好地保持其机械性能。鉻的导热率比生鉄及鋼的导热率約高40%左右，并具有高的熔化溫度，这样促使表面热量迅速散去而不致聚集，大大改善了摩擦表面的工作条件。鉻的綫膨脹系数比鑄鉄、鋼、鋁及銅等都来得小，但由于鉻鍍层与基体金屬具有牢固的結合力，即使零件在受热的情况下，也不会因两种金屬綫膨脹系数之間的显著差別而发生脫落。

鉻鍍层的机械性能 鉻鍍层的机械性能与鍍鉻时的电解规范有很大关系，根据不同的规范可以得到下列三种类型的鉻鍍层：

1. 无光澤鉻鍍层——在低的电解液溫度及較高的电流密度下得到的鍍层。这种鉻鍍层的特点是脆性很大，硬度高，結晶組織粗大，有稠密的网状裂紋，表面呈暗灰色。

2. 光澤鉻鍍层——在中等电流密度及溫度下得到的鍍层。这种鉻鍍层的特点是机械性能好，脆性低，亦有較高的硬度，結晶組織細致，有网状裂紋，表面光亮。

3. 乳白色鉻鍍层——在較高的溫度及較低的电流密度下得到的鍍层。它的特点是韧性好，能承受較大的变形而鍍层不致剝落，表面为烟雾状的乳白色。

各种类型鉻鍍层的一些主要机械性能数据列于表1。

表 1 鉻鍍層的機械性能

機 械 性 能	乳白色鉻鍍層 20安培/分米 ² 65°C			光澤鉻鍍層 35安培/分米 ² 55°C			無光澤鉻鍍層 40安培/分米 ² 45°C		
	厚度(毫米)			厚度(毫米)			厚度(毫米)		
	0.1	0.3	0.5	0.1	0.3	0.5	0.1	0.3	0.5
正向彈性模數 (公斤/毫米 ²)	—	—	2.1×10^4	—	—	1.8×10^4	—	—	1.7×10^4
比 重 (克/厘米 ³)	—	7.1	—	—	—	7.0	—	—	6.9
鉻鍍層的破裂強度 (公斤/毫米 ²)	50.5	27.6	16.3	62.5	39.8	30.8	60.0	36.6	25.7
鉻鍍層與基體金屬 剪切時的結合強度 (公斤/毫米 ²)	30.0	—	—	30.0	—	—	30.0	—	—
鉻鍍層與基體金屬 撕裂時的結合強度 (公斤/毫米 ²)	大於鉻鍍層的破裂強度								
鉻鍍層抗切斷負荷 的強度 (公斤/毫米 ²)	32.2	26.8	19.1	36.4	18.4	11.7	42.3	20.4	11.7

硬度及摩擦係數 鉻鍍層具有較高耐磨性的主要原因是它的高硬度和低摩擦係數，以及抗氧化的化學穩定性。這樣在抵抗機械磨損的同時，也防止了化學性的破壞。

鉻鍍層具有很高的硬度，並隨着電解規範的變化而在較大的範圍內變動。用冶煉方法得到的金屬鉻的硬度則要低得多。電沉積鉻的硬度：

莫氏硬度

9

維氏硬度

800~1200

測定較薄的鉻鍍層的硬度比較困難，因為受到基體金屬的影響。可以採用顯微硬度計來測定鉻鍍層的硬度，所測定

的硬度以維氏单位来表示。不同电解规范下得到的铬镀层的硬度列于表 2。电解液成分：铬酐 250 克/升，硫酸 2.5 克/升。

表 2 电解铬的維氏硬度

电流密度 (安/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	—
200	810	—	950	—	—	1010	—

铬镀层的摩擦系数大大低于其他金属。以下所列举的一些数据，虽由于试验条件各不相同，很难相互比较，但从中可以明显看出铬与另一金属组成的摩擦偶，和任何其他两种金属的摩擦偶相比较，前者的摩擦系数则是最小的。

阿尔哈罗夫 (В. И. Архаров) 等的试验结果：

铬与铸铁	0.06	淬火钢与铸铁	0.22
铬与青铜	0.05	淬火钢与青铜	0.11
铬与巴比特	0.08	淬火钢与巴比特	0.19

切依杰里曼 (Д. И. Тейтельман) 所测定的摩擦系数如下：

铬与铬	0.12	钢与钢	0.20
巴比特与铬	0.13	钢与巴比特	0.20
钢与铬	0.16	巴比特与巴比特	0.19

按照沃洛尼茨 (Н. С. Вороницын) 的资料：

鑄鐵与鑄鐵	0.095
光滑鉻与鑄鐵	0.079
松孔鉻与鑄鐵	0.059

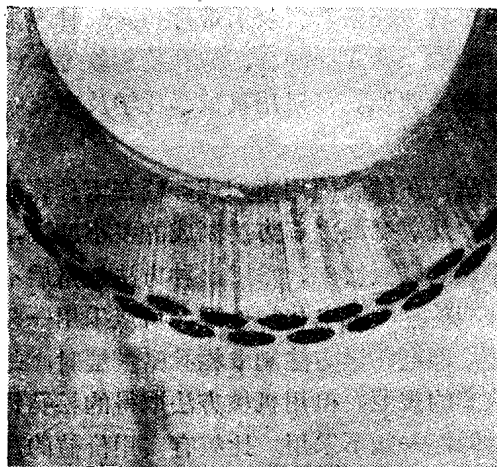


图 2 鍍鉻汽缸套的磨損情况。

虽然鉻鍍层具备了以上所述的良好性质：高的硬度及低的摩擦系数，使得鉻鍍层的耐磨性大大提高。但使用的經驗証明，只有在潤滑良好的条件下，一般鉻鍍层才能正常地工作；否則非但不能提高零件的耐磨性，相反的有时鉻鍍层遭到严重破坏。例如內燃机汽缸內表面鍍鉻，短時間运轉后就出現許多刮痕及划道（图 2），活塞环表面亦被磨坏，以致不可能繼續工作，这是由于鉻鍍层的潤湿性和磨合性不好所引起的。在鍍鉻表面上粘不住液体，潤滑油在上面不是迅速分布形成油膜而只聚成油滴，当潤滑不足而零件偶磨合性能不良，尤其是单位压力很大，工作表面溫度升高时，就处于半干摩擦的条件下而产生卡滯現象，将严重损坏零件表面。

松孔鍍鉻的采用解决了这一問題，扩大了鍍鉻的使用範圍。

§ 3 松孔鉻鍍層的制取方法

松孔鍍鉻就是在鉻鍍層表面进行特殊的补充加工，制成能貯存潤滑油的松孔（如凹坑、深孔及沟紋等），改善鉻鍍層的潤湿性及磨合性能。可以用机械、化学及电化学方法制取松孔。

机械方法是在鍍鉻前用車刀或砂輪在零件表面上划成沟道，或以噴砂及噴金屬丸等方法制成許多小凹坑，鍍鉻后亦就保留了原来的表面状态。采用这种方法鍍鉻后不需要对鉻鍍層进行补充的化学或电化学处理，可以采用一般耐磨鍍鉻的电解条件，而电化学方法制取松孔鉻鍍層时，却要求严格遵守相当狹窄的規範。但用机械方法取得的松孔鉻鍍層的潤滑油容量很低，一般不采用。比較有实用价值的是机械滾压法，以特制的滾坑輪在零件表面上滾出許多較深的小坑，然后进行鍍鉻，工作时就依靠大量均匀分布的小坑来潤滑。

化学方法制取松孔是在零件鍍鉻后进行短時間浸蝕，浸蝕溶液一般采用稀釋的盐酸（1:1）。化学浸蝕方法会使鉻鍍層表面变得疏松，因而降低其耐磨性，同时所得松孔亦不深，鉻鍍層表面的潤滑油容量很低，因此不能得到滿意的結果。

目前应用得最广泛的是电化学方法。只須將已鍍鉻的零件在电解液中进行短時間的阳极处理，这时鉻鍍層的原始裂紋就加深加寬，表面呈現清晰的网状裂紋，称为沟状松孔鉻鍍層（图 3）。由于鍍鉻电解条件不同将会得到另一类型的松孔鉻鍍層，具有大量形状不規則的深孔，称为点状松孔鉻鍍層（图 4）。这些沟紋或深孔均能很好地貯存潤滑油，在工作过程中保証良好的潤滑，大大降低零件表面的磨損。