螺丝的表面处理知识

表面处理种类：

表面处理即是通过一定的方法在工件表面形成覆盖层的过程，其目的是赋以制品表面美观、防腐蚀的效果，进行的表面处理方法都归结于以下几种方法：

1、电镀：将接受电镀的部件浸于含有被沉积金属化合物的水溶液中，以电流通过镀液，使电镀金属析出并沉积在部件上。一般电镀有镀锌、铜、镍、铬、铜镍合金等，有时把煮黑（发蓝）、磷化等也包括其中。

2、热浸镀锌：通过将碳钢部件浸没温度约为 510℃的溶化锌的镀槽内完成。其结果是钢件表面上的铁锌合金渐渐变成产品外表面上的钝化锌。热浸镀铝是一个类似的过程。

3、机械镀：通过镀层金属的微粒来冲击产品表面，并将涂层冷焊到产品的表面上。

一般螺丝多采用电镀方式，但用在电力、高速公路等室外的六角木螺钉等用热浸锌；电镀的成本一般每公斤为 1.2——1.6 元，热浸锌一般为 2——2.5 元/公斤，成本较高。

电镀的效果：

电镀的质量以其耐腐蚀能力为主要衡量标准，其次是外观。耐腐蚀能力即是模仿产品工作环境，设置为试验条件，对其加以腐蚀试验。电镀产品的质量从以下方面加以控制：

1、外观：

制品表面不允许有局部无镀层、烧焦、粗糙、灰暗、起皮、结皮状况和明显条纹，不允许有针孔麻点、黑色镀渣、钝化膜疏松、龟裂、脱落和严重的钝化痕迹。

2、镀层厚度：

紧固件在腐蚀性大气中的作业寿命与它的镀层厚度成正比。一般建议的经济电镀镀层厚度为 0.00015in～0.0005 in(4～12um).

热浸镀锌：标准的平均厚度为 54 um（称呼径≤3/8 为 43 um），最小厚度为 43 um（称呼径≤3/8 为 37 um）。

3、镀层分布：

采用不同的沉积方法，镀层在紧固件表面上的聚集方式也不同。电镀时镀层金属不是均匀地沉积在外周边缘上，转角处获得较厚镀层。在紧固件的螺纹部分，最厚的镀层位于螺纹牙顶，沿着螺纹侧面渐渐变薄，在牙底处沉积最薄，而热浸镀锌正好相反，较厚的镀层沉积在内转角和螺纹底部，机械镀的镀层金属沉积倾向与热浸镀相同，但是更为光滑而且在整个表面上厚度要均匀得多。

4、氢脆：

紧固件在加工和处理过程中，尤其在镀前的酸洗和碱洗以及随后的电镀过程中，表面吸收了氢原子，沉积的金属镀层然后俘获氢。当紧固件拧紧时，氢朝着应力最集中的部分转够，引起压力增高到超过基体金属的强度并产生微小的表面破裂。氢特别活动并很快渗入到新形成的裂隙中去。这种压力-破裂-渗入的循环一直继续到紧固件断裂。通常发生在第一次应力应用后的几个小时之内。

为了消除氢脆的威胁，紧固件要在镀后尽可能快地加热烘焙，以使氢从镀层中渗出，烘焙通常在 375-4000F（176-190℃）进行 3-24 小时。

由于机械镀锌是非电解质的，这实际上消除了氢脆的威胁。

金属的钝化

5.1　钝化现象与阳极钝化

5.1.1　钝化现象

电动序中一些较活泼的金属，在某些特定的环境介质中，变为惰性状态。例如，铁在稀硝酸中腐蚀很快，其腐蚀速度随硝酸浓度的增加而迅速增大，当硝酸浓度增加到 30%～40%时，溶解速度达到最大值。若继续增大硝酸浓度(>40%)，铁的溶解速度却突然急剧下降，直到反应接近停止(图 5-1)。这时金属变得很稳定，即使再放在稀硝酸中也能保持一段时间的稳定。铁在浓硝酸中或经过浓硝酸处理后失去了原来的化学活性，这一异常现象称为钝化。铁在浓硝酸中的钝化现象，早在 19 世纪 30 年代就被发现了。

5.1.2　阳极钝化

由钝化剂引起的金属钝化，通常称为“化学钝化”。阳极极化也可引起金属的钝化。某些金属在一定的介质中(通常不含有 Cl^- 离子)，当外加阳极电流超过某一定数值后，可使金属由活化状态转变为钝态，称为阳极钝化或电化学钝化。

利用控制电位法(恒电位法)可测得具有活化—钝化行为的完整的阳极极化曲线(图 5-2*a*)。若用控制电流法(恒电流法)则不能测定出完整的阳极钝化曲线，如图 5-2*b* 所示，正程测定得 *ABCD* 曲线，反程则得 *DFA* 曲线，都无法得到如图 5-2*a* 所示的曲线。

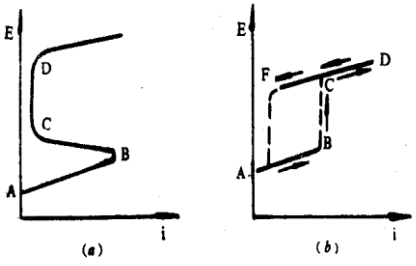


图 5-2　不同方法测得的阳极钝化曲线
(*a*)控制电位法；(*b*)控制电流法

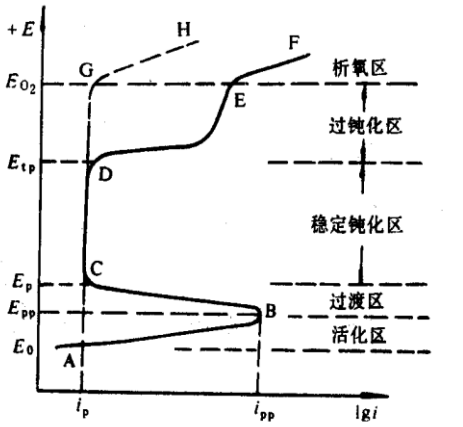


图 5-3　可钝化金属的典型阳极极化曲线示意图

5.2　金属的自钝化

没有任何外加极化的情况下，由于腐蚀介质的氧化剂(去极化剂)的还原引起的金属的钝化，称为金属的自钝化。

要实现金属的自钝化，必须满足下列两个条件。

(1)　氧化剂的氧化—还原平衡电位 $E_{0,C}$ 要高于该金属的致钝电位 E_{PP}，即 $E_{0,C}>E_{PP}$；

(2)　在致钝电位 E_{PP} 下，氧化剂阴极还原反应的电流密度 i_C 必须大于该金属的致钝电流密度 i_{PP}，即在 E_{PP} 下 $i_C>i_{PP}$。

5.3　钝化理论

金属钝化是一种界面现象，它没有改变金属本体的性能，只是使金属表面在介质中的稳定性发生了变化。产生钝化的原因较为复杂，目前对其机理还存在着不同的看法，还没有一个完整的理论可以解释所有的钝化现象。下面扼要介绍目前认为能较满意地解释大部分实验事实的两种理论，即成相膜理论和吸附理论。

5.3.1　成相膜理论

这种理论认为，当金属阳极溶解时，可以在金属表面生成一层致密的、覆盖得很好的固体产物薄膜。这层产物膜构成独立的固相膜层，把金属表面与介质隔离开来，阻碍阳极过程的进行，导致金属溶解速度大大降低，使金属转入钝态。

5.3.2　吸附理论

吸附理论认为：金属钝化是由于表面生成氧或含氧粒子的吸附层，改变了金属／溶液界面的结构，并使阳极反应的活化能显著提高的缘故。即由于这些粒子的吸附，使金属表面的反应能力降低了，因而发生了钝化。

5.3.3　两种理论的比较

这两种钝化理论都能较好地解释大部分实验事实，然而无论哪一种理论都不能较全面、完整地解释各种钝化机理。这两种理论的相同之处是都认为由于在金属表面生成一层极薄的钝化膜阻碍了金属的溶解，至于对成膜的解释，却各不相同。吸附理论认为，只要形成单分子层的二维膜就能导致金属产生钝化，而成相膜理论认为，要使金属得到保护、不溶解，至少要形成几个分子层厚的三维膜，而最初形成的单分子吸附膜只能轻微降低金属的溶解，增厚的成相膜才能达到完全钝化。此外，两个理论的差异，还有吸附键和化学键之争。事实上金属在钝化过程中，在不同的条件下，吸附膜和成相膜可分别起主要作用。有人企图将这两种理论结合起来解释所有的金属钝化现象，认为含氧粒子的吸附是形成良好钝化膜的前提，可能先生成吸附膜，然后发展成成相膜。认为钝化的难易主要取决于吸附膜，而钝化状态的维持主要取决于成相膜。膜的生长也服从对数规律，吸附膜的控制因素是电子隧道效应，而成相膜的控制因素则是离子通过势垒的运动。

钢制件的表面发黑处理，也有被称之为发蓝处理

发黑处理现在常用的方法有传统的碱性加温发黑和出现较晚的常温发黑两种。但常温发黑工艺对于低碳钢的效果不太好。

A3 钢用碱性发黑好一些。

碱性发黑细分出来，又有一次发黑和两次发黑的区别。

发黑液的主要成分是氢氧化钠和亚硝酸钠。

发黑时所需温度的宽容度较大，大概在 135 摄氏度到 155 摄氏度之间都可以得到不错的表面，只是所需时间有些长短而已。

实际操作中，需要注意的是工件发黑前除锈和除油的质量，以及发黑后的钝化浸油。发黑质量的好坏往往因这些工序而变化。

金属"发蓝"药液

采用碱性氧化法或酸性氧化法；使金属表面形成一层氧化膜，以防止金属表面被腐蚀，此处理过程称为"发蓝"。

黑色金属表面经"发蓝"处理后所形成的氧化膜，其外层主要是四氧化三铁，内层为氧化亚铁。

一、碱性氧化法"发蓝"药液

1．配方： 硝酸钠 50～100 克氢氧化钠 600～700 克亚硝酸钠 100～200 克水 1000 克

2．制法：按配方计量后，在搅拌条件下，依次把各料加入其中，溶解，混合均匀即可。

3．说明：

（1）金属表面务必洗净和干燥以后，才能进行"发蓝"处理。

（2）金属器件进行"发蓝"处理条件与金属中的含碳量有关，"发蓝"药液温度及金属器件在其中的处理时间可参考下表。 金属中含碳量%工作温度（℃）处理时间（分）开始终止>0.7135-13714310-300.5-0.7135-14015030-50<0.4142-145153-15540-60 合金钢 142-145153-15560-90

（3）每隔一星期左右按期分析溶液中硝酸钠、亚硝酸钠和氢氧化钠的含量，以便及时补充有关成分。一般使用半年后就应更换全部溶液。

（4）金属"发蓝"处理后，最好用热肥皂水漂洗数分钟，再用冷水冲洗。然后，又用热水冲洗，吹干。

二、酸性氧化法"发蓝"药液

1．配方： 磷酸 3～10 克硝酸钙 80～100 克过氧化锰 10～15 克水 1000 克

2．制法：按配方计量后，在不断搅拌条件下，依次把磷酸、过氧化锰和硝酸钙加入其中，溶解，混合均匀即可。

3．说明：

（1）金属器件先经洗净和干燥后才能进行"发蓝"处理。

（2）此法所得保护膜呈黑色，其主要成分是由磷酸钙和铁的氧化物所组成，其耐腐能力和机械强度均超过碱性氧化法所得的保护膜。

4."发蓝"工作温度为 100℃，处理时间为 40～45 分钟。在处理碳素钢时，药液中磷酸含量控制在 3～5 克／升；处理合金钢或铸钢时，磷酸含量控制在 5～10 克／升。应注意定期分析药液磷酸的含量。

5."发蓝"处理后金属器件的清洗方法同上。

镀锌

（2006-07-22 13:27:24 ）

1、热镀锌是由较古老的热镀方法发展而来的，自从 1836 年法国把热镀锌应用于工业以来，已经有一百四十年的历史了。然而，热镀锌工业是近三十年来伴随冷轧带钢的飞速发展而得到了大规模发展。

热镀锌板的生产工序主要包括：原板准备→镀前处理→热浸镀→镀后处理→成品检验等。按照习惯往往根据镀前处理方法的

不同把热镀锌工艺分为线外退火和线内退火两大类，即：

湿法 （单张钢板热镀锌法）

线外退火 单张钢板热镀锌法

热镀锌 惠林（Wheeling）法（带钢连续热镀锌法）

线内退火 森吉米尔（Sendzimir）法（保护气体法） 改良森吉米尔法

美钢联法（同日本川崎法）

赛拉斯（Selas）法

莎伦（Sharon）法

1． 线外退火：就是热轧或冷轧钢板进入热镀锌作业线之前，首先在抽底式退火炉或罩式退火炉中进行再结晶退火，这样，镀锌线就不存在退火工序了。钢板在热镀锌之前必须保持一个无氧化物和其他脏物存在的洁净的纯铁活性表面。这种方法是先由酸洗的方法把经退火的表面氧化铁皮清除，然后涂上一层由氯化锌或由氯化铵和氯化锌混合组成的溶剂进行保护，从而防止钢板再被氧化。

（1）湿法热镀锌：钢板表面的溶剂不经烘干（即表面还是湿的）就进入起表面覆盖有熔融态溶剂的锌液进行热镀锌。此方法的缺点是：

a.只能在无铅状态下镀锌，镀层的合金层很厚且粘附性很坏。

b.生成的锌渣都积存在锌液和铅液的界面处而不能沉积锅底（因为锌渣的比重大于锌液而小于铅液），这样钢板因穿过锌层污染了表面。因此，该方法已基本被淘汰。

（2）单张钢板：这种方法一般是采用热轧叠轧板作为原料，首先把经过退火的钢板送入酸洗车间,用硫酸或盐酸清除钢板表面的氧热镀锌法化铁皮。酸洗之后的钢板立即进入水箱中浸泡等待镀锌,这样可以防止钢板再氧化。后经过酸洗、水清洗、挤干、烘干、进入锌锅（温度一直保持在 445—465℃）热镀锌，再进行涂油和铬化处理。这种方法生产的热镀锌板比湿法镀锌成品质量有显著提高，只对小规模生产有一定价值。

（3）惠林法热：该连续镀锌生产线包括碱液脱脂、盐酸酸洗、水冲洗、涂溶剂、烘干等一系列前处理工序，而且原板进入镀锌线镀锌前还需要进行罩式炉退火。这种方法生产工艺复杂，生产成本高，更为主要的是此方法生产的产品常常带有溶剂缺陷，影响镀层的耐蚀性。并且锌锅中的 AL 常常和钢板表面的溶剂发生作用生成三氯化铝而耗掉，镀层的粘附性变坏。因而此方法虽然已问世近三十年，但在世界热镀锌行业中并未得到发展。

2．线内退火：就是由冷轧或热轧车间直接提供带卷作为热镀锌的原板，在热镀锌作业线内进行气体保护再结晶退火。属于这个类行业的热镀锌方法包括：森吉米尔法、改良森吉米尔法、美钢联法（同日本川崎法）；赛拉斯法；莎伦法。

森吉米尔法：它是把退火工艺和热镀锌工艺联合起来，其线内退火主要包括氧化炉，还原炉两部份组成。带钢在氧化炉中煤气火焰直接加热到 450 度左右，把带钢表面残存的轧制油烧掉，净化表面。后再把带钢加热到 700-800 度完成再结晶退火，经冷却段控制进锌锅前温度在 480 度左右，最后在不接触空气的情况下进入锌锅镀锌，因此，森吉米尔法产量高、镀锌质量较好，此法曾得到广泛应用。

美钢联法: 它是森吉米尔法的一个变种，它仅仅是利用一个碱性电解脱脂槽取代了氧化炉的脱脂作用，其余工序与森吉米尔法基本相同。在原板进入作业线后，首先进行电解脱脂，而后水洗、烘干，再通过有保护气体的还原炉进行再结晶退火，最后在密封情况下进入锌锅热镀锌。这种方法因带钢不经过氧化炉加热，所以表面的氧化膜较薄，可适当降低还原炉中保护气体的氢含量。这样，对炉安全和降低生产成本有利。但是，由于带钢得不到预加热就进入还原炉中，这样无疑提高了还原炉的热负荷，影响炉子的寿命。因此这种方法并未得广泛应用。

赛拉斯法: 又称火焰直接加热法；首先带钢经碱洗脱脂，而后用盐酸清除表面的氧化皮，并经水洗、烘干后再进入由煤气火焰直接加热的立式线内退火炉，通过严格控制炉内煤气和空气的焰烧比例，使之在煤气过剩和氧气不足的情况下进行不完全焰烧，从而使炉内造成还原气氛。使其快速加热达到再结晶温度并在低氢保护气氛下冷却带钢，最后在密闭情况下浸入锌液，进行热镀锌。该法设备紧凑，投资费用低，产量高（最高可达 50/小时）。但生产工艺复杂，特别是在机组停止运转时，为了避免烧断带钢，需要采用炉子横移离开钢带的方法，这样操作问题很多，所以，热镀锌工业采用此法很少。

莎伦法：1939 年美国莎伦公司投产一台新型的热镀锌机组，所以也叫莎伦法。该法是在退火炉内向带钢喷射氯化氢气体并使带钢达到再结晶温度，所以也称为气体酸洗法。采用氯化氢气体酸洗，不但能去除带钢表面的氧化皮，而且同时去除了带钢表面的油脂，由于带钢表面被氧化气体腐蚀，形成麻面，所以使用莎伦法所得到的镀层粘附性特别好。但是由于设备腐蚀严重，由此造成很高的设备维修和更新费用。因而此种方法很少被采用。

改良森吉米：它是一种更优越的热镀锌工艺方法；它把森吉米尔法中各自独立的氧化炉和还原炉由一个截面积较小的过道连接起来，这样包括预热炉、还原炉和冷却段在内的整个退火炉构成一个有机整体。实践证明，该法具有许多优点：优质、高产、低耗、安全等优点已逐渐被人们所认识。其发展速度非常快，1965 年以来新建的作业线几乎全部采用了这种方法，近年来老的森吉米尔机组也大都按照此方法进行了改造。

镀铬知识介绍

◆ 铬的性质

(1) 色泽 ： 银白色，略带蓝色
(2) 原子量 ：52
(3) 比重 ：7.14
(4) 熔点 ：1800~1900℃
(5) 硬度 ：800~12OOHV
(6) 线膨胀系数 6.7~8.4×10^-6
(7) 电化当量:0.324g/AH
(8) 标准电位 ： 为-0.71V
(9) 在潮湿大气中很安定，能长久保持颜色
(10)在碱、硝酸、硫化物、碳酸盐及有机酸和大多数气体中很稳定
(11)易溶于盐酸及热浓硫酸
(13)苛性钠溶液中铬阳极易溶解
(14)铬镀层耐热性佳
(15)铬镀层优点为硬度高、耐磨性好、光反射性强
(16)铬镀层缺点为太硬易脆、易脱落
(17)铬的电位比铁负,钢铁镀铬是属于阳极性保护镀层，而铬本身于大气中易形成极薄的钝态膜，所以耐腐蚀
(18)铬镀层具多孔性，所以对钢铁腐蚀性不很理想，所以一般先镀铜，再镀镍最后再镀一层铬才能达到防腐蚀及装饰的目的
(19)铬镀层广泛应用在提高零件的耐腐蚀性、耐磨性、尺寸修补、反射光，及装饰等用途.

◆ 铬电镀的种类

1.防腐装饰性镀铬
a)普通镀铬
b)复合镀铬
c)快速自动调节镀铬
d)微裂纹铬和微孔铬
2.镀硬铬
3.镀乳白铬
4.松孔镀铬
5.镀黑铬
6.滚桶镀铬
7.无裂铬电镀

◆ 镀铬的特性

(1)须严格控制液温、电流密度、极距等操作条件
(2)均一性差，对复杂形状镀件需适当处理
(3)电流效率很低，须较大电流密度
(4)阳极采用不溶解性阳极，铬酸须通过铬酐补充
(5)电镀过程中不许中断

(6)形状不同镀件不宜同槽处理，须用不同的挂具
(7)镀件预热与液温一致，附着性才会好
(8)镀件要彻底活化，有时要带电入槽，附着性才良好
(9)需用冲击电流(大于正常 50-100%) 在开始电镀较复杂形状镀件，约 2-3 分钟而后慢慢降至正常电流密度范围内。

◆ 镀铬的影响因素

(l) CrO3 浓度与导电性关系:在铬酐小于 450g/l 的情况下，铬酐浓度越高，导电性越好
(2) 温度与导电性的关系:温度高，导电性好
(3) CrO3 浓度与电流效率的关系:铬酐浓度高，则电流效率下降
(4) 硫酸浓度的影响:浓度低时，低电流密度下电流效率高，反的电流效率低
(5) 三价铬的影响
1. 三价铬很少时，沉积速率减慢
2. 三价铬很高时，镀层变暗
3. 三价铬增加，则导电度降低，需较大电压
4. 三价铬愈多，光泽范围愈小
(6) 电流密度及温度的影响
1. 镀液温度升高，电流效率降低
2. 电流密度愈高，电流效率愈高
3. 高电流密度，低温则镀层灰暗，硬度高脆性大，结晶粗大
4. 高温而低电流密度，镀层硬度小，呈乳白色，延性好，无网状裂纹，结晶细致，适合装饰性的镀件
5. 中等温度及中等电流密度，镀层硬度高，有密集的网状裂纹，光亮硬质铬镀层。

(7)杂质的影响
1. 铁杂质，电解液不稳定，光泽镀层范围缩小，导电性变差,电压须增高，去除铁杂质比三价铬还困难，要尽量防止铁污染，不要超过 10g/l
2. 铜、锌杂质，含量低时，对镀层影向不大，铜最好不要大于 3g/l
3. 硝酸，是镀铬最有害的杂质，镀液须严禁带入硝酸污染
(8) 阳极及电流分布的影响
1. 阳极较大，电流分布较不均匀使镀层厚度不均勺
2. 阳极面积大，三价铬形成较多。
3.复杂镀件，阳极宜用象形电极或辅助电极，使电流分布均匀。
4.阳极的铅易氧化，形成黑色的氧化铅及黄色的铬酸铅。黄色的铬酸铅导电性不良
5.电流因尖端及边缘效应，造成镀层厚度不均，可采用绝缘物遮盖尖端或边缘。

◆ 镀铬的挂具(Rack)
镀铬其镀液均一性极差，电流效率很低，须使用较高电流密度，所以挂具的设计要求对镀铬品质影响很大。其设计要点如下
(l) 不溶解

(2) 导电好，不发熟，需足够截面积
(3) 与镀件接触良好
(4) 结构以焊接方式，导电钩要弯成直角
(5) 非电镀部份要用绝缘物覆盖，以减少电流消耗
(6) 结构要简单、易制造、轻便
(7) 镀件放置位置要使气体自由逸出容易
(8) 应用辅助电极、双极电极
(9) 依镀件的形状、尺寸、数量及镀层用途等因素决定挂架的设计

◆ 镀铬常见缺陷及其原因

(l) 镀层粗糙有颗粒
1. 电流太大
2. 阴极保护不当或末装
3. 阴阳极太近
4. 表面前处理不好
5. 镀液有浮悬杂质
6. 硫酸太少
(2)镀层脱落
1. 前处理不良
2. 中途断电
3. 中途加冷水
4. 预热不够
(3) 局部无镀层
1. 电流太小
2. 镀件互相遮盖
3. 装挂不当，气体停滞
(4) 镀层不均匀
1. 挂具接触不良
2. 气体不易逸出
3. 阳极型状不当
(5) 沉积速度慢
1. 电流太小
2. 三价铬太小
3. 二极间距太大
4. 镀件过大
5. 槽内镀件过多
(6) 镀层暗色
1. 温度太低
2. 硫酸此例太少
3. 三价铬太多
(7) 镀层针孔
1. 前处理不佳
2. 气体停滞镀件表面上

3. 镀件被磁化
4. 浮悬杂质
5. 表面活性剂
6. 镀液有磁性粒子

◆ 镀铬的氢脆性

镀铬的电流效率非常低，所以产生大量的氢气，会引起氢脆,尤其是硬化钢、高强度钢更需注意。
去除氢脆方法有 ：
(l) 镀前先做应力消除(stress relieving)：镀铬表面必须没有应力存在，一般镀件经机械加工、研磨，或硬化热处理都有残留应力(residual stress)，可加热 150 至 230℃消除残留应力。
(2) 镀后烘箱去氢 ：根据工件大小和镀层厚度确定温度和时间，通常选择的温度为 150~250℃，时间 0.5~5h。

铬是一种微带天蓝色的银白色金属。电极电位虽然很负，但它有很强的钝化性能，在大气中很快钝化，显示出具有贵金属的性质，所以钢铁零件镀铬层是阴极镀层。铬层在大气中很稳定，能长期保持其光泽，在碱、硝酸、硫化物、碳酸盐以及有机酸等腐蚀介质中非常稳定，但可溶于盐酸等氢卤酸和热的浓硫酸中。

铬层硬度高（HV800～110kg/mm^2），耐磨性好，反光能力强，有较好的耐热性。在 500℃以下光泽和硬度均无明显变化；温度大于 500℃开始氧化变色；大于 700℃时才开始变软。

由于镀铬层的优良性能，广泛用作防护—装饰性镀层体系的外表层和机能镀层。

传统的镀铬工艺，其电镀液以铬酸为基础，以硫酸作催化剂，两者的比例为 100：1。工艺的优点为：镀液稳定，易于操作；无论镀光亮铬还是镀硬铬，镀层质量都比较高，具有光亮、耐磨、稳定等优点，所以一直得到广泛的应用。其缺点为：（1）阴极电流效率非常低，一般只有 8%～16%，这样，镀速相当慢，消耗的能量也相当大；（2）铬酸浓度高，含铬废水和废气污染大，材料浪费严重；（3）镀液温度较高，能量浪费大；（4）镀液的分散和覆盖能力差，形状复杂的零件必须采用象形阳极、防护阴极和辅助阳极才能得到厚度均匀的镀层。因此，国内外电镀界一直致力于改革高铬传统镀铬工艺，为降低铬酸浓度，减少其危害，提高镀铬效率进行着广泛的研究和探索。现已获得一定的成果。

改善传统镀铬工艺一般都采用在铬酸镀液中加添加剂的办法。这些添加剂可分为四类：（1）无机阴离子添加剂（如SO_4^{2-}、F^-、SiF_6^{2-}、SeO_3^{2-}、BO_3^{3-}、ClO_4^-、BrO_3^-、IO_3^-等）；（2）有机阴离子添加剂（如羧酸、磺酸等）；（3）稀土阳离子添加剂（如 La^{3+}、、Ce^{3+}、Nd^{3+}、Pr^{3+}、Sm^{3+}等）；（4）非稀土阳离子添加剂（如 Sr^{2+}、Mg^{2+}等）。

在改善传统镀铬工艺的过程中出现了三种较为突出的工艺：（1）以氟化物为催化剂的镀铬工艺；（2）以氯、溴、碘及稳定的羧酸作催化剂的镀铬工艺；（3）以稀土作添加剂的镀铬工艺。

一、镀铬的一般特性

（一）镀铬特点

1.镀铬用含氧酸做主盐，铬和氧亲和力强，电析困难，电流效率低；

2.铬为变价金属，又有含氧酸根，故阴极还原过程很复杂；

3.镀铬虽然极化值很大,但极化度很小,故镀液的分散能力和覆盖能力很差,往往要采用辅助阳极和保护阴极；

4.镀铬需用大电流密度，而电流效率很低，大量析出氢气，导致镀液欧姆电压降大，故镀铬的电压要比较高；

5.镀铬不能用铬阳极，通常采用纯铅、铅锡合金、铅锑合金等不溶性阳极。

（二）镀铬过程的特异现象

镀铬与其它金属电沉积相比，有如下特异现象：

（1）随主盐铬酐浓度升高而电流效率下降；

（2）随电流密度升高而电流效率提高；

（3）随镀液温度提高而电流效率降低；

（4）随镀液搅拌加强而电流效率降低，甚至不能镀铬。

上述特异现象均与镀铬阴极还原的特殊性有关。

二、镀铬层的种类和标记

（一）防护—装饰性镀铬

防护—装饰性镀铬,俗称装饰铬。它具有防腐蚀和外观装饰的双重作用。为达此目的在锌基或钢铁基体上必须先镀足够厚度的中间层,然后在光亮的中间镀层上镀以 0.25～0.5μ m 的薄层铬。例如钢基上镀铜、镍层再镀铬、低锡青铜上镀铬、多层镍上镀铬、镍铁合金镀层上镀铬等等。

在现代电镀中，在多层镍上镀取微孔或微裂纹铬是降低镀层总厚度，又可获得高耐蚀性的防护—装饰体系，是电镀工艺发展的方向。

在黄铜上喷砂处理或在缎面镍上镀铬，可获得无光的缎面铬，是用作消光的防护—装饰镀铬。

装饰性镀铬是镀铬工艺中应用最多的。装饰镀铬的特点是:（1）要求镀层光亮;（2）镀液的覆盖能力要好，零件的主要表面上应覆盖上铬;（3）镀层厚度薄，通常在 0.25～0.5μ m 之间，国内多用 0.3μ m。为此装饰镀铬常用 300～400g/L 的高浓度，近些年来加入稀土等添加剂，浓度可降至 150～200g/L，覆盖能力、电流效率明显提高，是研究开发和工业生产应用的发展方向。

防护—装饰镀铬广泛用于汽车、自行车、日用五金制品、家用电器、仪器仪表、机械、船舶舱内的外露零件等。经抛光的铬层有很高的反射系数，可作反光镜。

按照国际 ISO 标准，防护—装饰性镀铬标记方法如下：

分类标记构成：

Fe——基体金属钢铁的化学符号。

Cu——铜的化学符号，数字表示铜镀层最低厚度（μ m）;

Ni——镍的化学符号，数字表示镍镀层最低厚度（μ m）。

表示镍镀层类型的符号：

b——光亮镍镀层;

p——暗镍或半光亮镍镀层，欲得到全光亮镀层需抛光;

d——双层或三层镍镀层;

Cr——铬的化学符号。

表示铬镀层类型及其最低厚度的字符：

r——普通（标准）铬；

f——无裂纹铬；

mc——微裂纹铬；

mp——微孔铬。

分类标记示例：钢铁上由 20μ m（最低）铜、25μ m（最低）光亮镍和 0.3μ m（最低）微裂纹铬构成的镀层的分类标记可写成：Fe/Cu20/Ni25b Cr mc0.3

几个术语的解释：

最低厚度——零件主要表面上能被直径 20mm 的球接触到的任何一处镀层厚度必须达到的最小值。

主要表面——指零件上的某些表面，该表面上的镀层对于零件的外观和使用性能起主要作用。

无裂纹铬（Cr f）——按 ISO 规定的试验方法检查时不出现裂纹。

微裂纹铬（Cr mc）——按 ISO 规定的试验方法检查时，有效面所有方向上每 1cm 长度可有 250 条以上的裂纹，裂纹呈网孔状结构。

微孔铬（Cr mp）——按 ISO 规定的试验方法检查时，微孔密度至少为 10000 孔/cm^2 以上。

（二）硬铬（耐磨铬、工业镀铬）

在一定条件下沉积的铬镀层具有很高硬度和耐磨损性能，硬铬的维氏硬度达到 900～1200kg/mm^2，铬是常用镀层中硬度最高的镀层，可提高零件的耐磨性，延长使用寿命。如工、模、量、卡具；机床、挖掘机、汽车、拖拉机主轴；切削刀具等镀硬铬。镀硬铬可用于修复被磨损零件的尺寸公差。严格控制镀铬工艺，准确地按规定尺寸镀铬，镀后不需再进行机械加工的则称为尺寸镀铬法。

（三）乳白铬镀层

在较高温度（65～75℃）和较低电流密度下（20±5A/dm^2）获得的乳白色的无光泽的铬称为乳白铬。镀层韧性好，硬度较低，孔隙少，裂纹少，色泽柔和，消光性能好，常用于量具、分度盘、仪器面板等镀铬。

在乳白铬上加镀光亮耐磨铬，称为双层镀铬。在飞机、船舶零件以及枪炮内腔上得到广泛应用。

（四）松孔镀铬

通常在镀硬铬之后，用化学或电化学方法将铬层的粗裂纹进一步扩宽加深，以便吸藏更多的润滑油脂，提高其耐磨性，这就叫松孔铬。松孔镀铬层应用于受重压的滑动摩擦件及耐热、抗蚀、耐磨零件，如内燃机汽缸内腔、活塞环等。

（五）黑铬

在不含硫酸根而含有催化剂的镀铬中，可镀取纯黑色的铬层，以氧化铬为主成分，故耐蚀性和消光性能优良，应用于航空、光学仪器、太阳能吸收板及日用品之防护—装饰。

三、镀铬液的种类和特性

（一）普通镀铬溶液

这是应用量大、面广的一种镀液，基本组分是铬酐和硫酸，按铬酐浓度可分为低、中、高浓度三种。

低浓度通常系指铬酐含量为 120g/L 以下的镀液。具有减少污染、降低成本、电流效率比较高（18%～20%）、镀层光亮度好、光亮电流密度范围宽等优点。缺点是需槽电压较高，镀液覆盖能力较差，适合于零件形状较简单的场合。

中浓度通常系指铬酐含量为 180～250g/L 的镀液。铬酐 250g/L，硫酸根 2.5g/L 的镀液称为标准镀铬液，多用于镀硬铬。在这类镀液中加入镀铬添加剂，特别是混合稀土金属盐添加剂，镀液性能则有很大改善：①可将铬酐浓度降低到 150～180g/L 以内，镀液的覆盖能力明显提高，超过高浓度液；②可降低析铬的临界电流密度值，可采用较低电流密度（如 8～10A/dm^2），而电流效率却能达到 20%以上，槽电压低于 10V，故有明显的节电效果；③可实现常温电镀，在 15～50℃之间均可施镀，有利于节约能源，提高工效。综合经济和环境效益好。这是现代电镀铬工艺的发展方向。

高浓度系指铬酐浓度为 300～400g/L 的镀液。具有较高分散能力和覆盖能力，主要用于装饰性镀铬。这种镀液带出损失多、对环境污染较严重。电流效率低（8%～13%）。随着稀土等镀铬添加剂的开发和应用，这类镀液已逐渐缩减。

标准的普通螺纹可容纳的镀层厚度取决于螺距和螺纹公差带的位置

一、镀前为 6g 级外螺纹、6H 级内螺纹

1、6g 级外螺纹基本偏差可容纳的最大镀层厚度

螺距	粗牙螺纹	基本偏差/μ m	最大镀层厚度/μ m	
			短规格	长规格
0.35	M1.6	-19	3	3
0.4	M2			
0.45	M2.5	-20		
0.5	M3		5	
0.6	M3.5	-21		
0.7	M4	-22		
0.8	M5	-24	5	5
1	M6/M7	-26		
1.25	M8	-28		
1.5	M10	-32	8	
1.75	M12	-34		
2	M14/M16	-38	10	8
2.5	M18/M20/M22	-42		

二、镀前为 6f 或 6e 级外螺纹和 6G 级内螺纹基本偏差可容纳的最大镀层厚度。

螺距	粗牙	公差带位置 f			公差带位置 e			公差带位置 G		
		基本偏差	最大镀层厚度		基本偏差	最大镀层厚度		基本偏差	最大镀层厚度	
			短规格	长规格		短规格	长规格		短规格	长规格
0.5	M3	-36	8	5	-50	12	10	20	5	
0.6	M3.5				-53			21		
0.7	M4	-38			-56			22		
0.8	M5				-60			24		
1.0	M6/M7	-40	10	8	-60			25		
1.25	M8	-42			-63	15	12	28	8	
1.5	M10	-45			-67			32		
1.75	M12	-48	12		-71			34	10	
2	M14/M16	-52		10	-71			38		
2.5	M18/M20/M22	-58			-80	20	15	42		

- 单个螺纹连接件上的镀层厚度是不均匀的，两端比中部厚，长度与直径比越大，厚度差别也越大。表中短规格是指长度小于 5 倍直径的螺纹；长规格是指长度大于 5 倍直径，但小于 10 倍直径的螺纹。
- 细牙螺纹基本偏差可容纳的最大镀层厚度按螺距选取。

2、6H 级内螺纹需要电镀时，该螺纹在电镀后的实际轮廓也必须不超过以公差带位置 H 确定的最大实体牙型。