

机械工程手册

第 45 篇 材料保护

(试 用 本)

机械工程手册
电机工程手册

编辑委员会

机械工业出版社

机械工程手册

第 45 篇 材料保护

(试 用 本)

机械工程手册

电机工程手册

编辑委员会



机械工业出版社

本篇对当前较普遍采用的一些材料保护方法、电镀、热喷涂、表面合金化、化学转化膜、防锈、有机覆层和有关的共同性的预处理，均分章作了介绍。

机 械 工 程 手 册

第 45 篇 材 料 保 护

(试 用 本)

武汉材料保护研究所 主编

*

机械工业出版社出版(北京阜成门外百万庄南街一号)

(北京市书刊出版业营业许可证出字第 117 号)

机械工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

*

开本 $787 \times 1092^{1/16}$ ·印张 $5^{1/4}$ ·字数 140 千字

1979 年 4 月北京第一版·1979 年 4 月北京第一次印刷

印数 00,001—54,000·定价 0.43 元

*

统一书号: 15033·4623

编 辑 说 明

(一) 我国自建国以来, 机械工业在毛主席的革命路线指引下, 贯彻“独立自主、自力更生”和“洋为中用”的方针, 取得了巨大的成就。为了总结广大群众在生产和科学研究方面的经验, 同时采用国外先进技术, 加强机械工业科学技术的基础建设, 适应实现“四个现代化”的需要, 我们组织编写了《机械工程手册》和《电机工程手册》。

(二) 这两部手册主要供广大机电工人、工程技术人员和干部在设计、制造和技术革新中查阅使用, 也可供教学及其他有关人员参考。

(三) 这两部手册是综合性技术工具书, 着重介绍各专业的理论基础, 常用计算公式, 数据、资料, 关键问题以及发展趋向。在编写中, 力求做到立足全局, 勾划概貌, 反映共性, 突出重点。在内容和表达方式上, 力求做到深入浅出, 简明扼要, 直观易懂, 归类便查。读者在综合研究和处理技术问题时, 《手册》可起备查、提示和启发的作用。它与各类专业技术手册相辅相成, 构成一套比较完整的技术工具书。《机械工程手册》包括基础理论、机械工程材料、机械设计、机械制造工艺、机械制造过程的机械化与自动化、机械产品六个部分, 共七十九篇; 《电机工程手册》包括基础理论、电工材料、电力系统与电源、电机、输变电设备、工业电气设备、仪器仪表与自动化七个部分, 共五十篇。

(四) 参加这两部手册编写工作的, 有全国许多地区和部门的工厂、科研单位、大专院校等五百多个单位、两千多人。提供资料和参加审定稿件的单位和人员, 更为广泛。许多地区

的科技交流部门，为审定稿件做了大量的工作。各篇在编写、协调、审查、定稿各个环节中，广泛征求意见，发挥了广大群众的智慧和力量。

（五）为了使手册早日与读者见面，广泛征求意见，先分篇出版试用本。由于我们缺乏编辑出版综合性技术工具书的经验，试用本在内容和形式方面，一定会存在不少遗漏、缺点和错误。我们热忱希望读者在试用中进一步审查、验证，提出批评和建议，以便今后出版合订本时加以修订。

（六）本篇是《机械工程手册》第45篇，由武汉材料保护研究所主编，参加编写的有湖南大学、南昌航空工业学校、西北工业大学、广州电器科学研究所、上海机电设计院等单位。许多有关单位对编审工作给予大力支持和帮助，在此一并致谢。

机械工程手册 编辑委员会编辑组
电机工程手册

目 录

编辑说明

引 言	45-1
-----------	------

第1章 金属表面的预处理

1 碱液清洗	45-2
1.1 碱液清洗用的材料及配方	45-2
1.2 碱液清洗方法	45-3
1.3 漂洗	45-4
2 溶剂清洗	45-4
3 化学除锈	45-6
4 机械除锈	45-7
5 滚筒精整及震动精整	45-8

第2章 电 镀

1 常用镀层的特性及应用范围	45-10
2 几种典型的电镀操作过程及顺序	45-12
2.1 低碳钢(含碳量低于0.35%)的 电镀	45-12
2.2 高碳钢的电镀	45-13
2.3 不锈钢的电镀	45-14
2.4 铸铁件的电镀	45-14
3 镀液成分及操作条件	45-15
3.1 镀铜	45-15
3.2 镀锌	45-15
3.3 镀铬	45-16
3.4 镀铁	45-16
3.5 镀镍	45-16
4 电镀件设计的工艺性	45-17
4.1 电镀工艺	45-17
4.2 电镀件设计的工艺性	45-17

第3章 热 喷 涂

1 热喷涂在机械制造中的应用	45-19
2 热喷涂材料	45-21
3 热喷涂前的要求及对工件 的特殊处理	45-25

3.1 保护性热喷涂前对工件的处理	45-25
3.2 功能性热喷涂前的要求	45-25
3.3 修复性热喷涂前的处理	45-26
4 热喷涂工艺过程	45-28
4.1 保护性热喷涂	45-28
4.2 功能性和修复性热喷涂	45-28
5 热喷涂层的质量	45-29

第4章 表面合金化

1 渗铝	45-29
1.1 渗铝方法	45-30
1.2 渗铝层的性能及用途	45-31
2 渗硅	45-31
2.1 渗硅方法	45-31
2.2 渗硅层的特点及用途	45-32
3 渗钒	45-32
4 渗铬	45-33
4.1 渗铬方法	45-33
4.2 渗铬层的性能及应用	45-34
5 渗锌	45-34
5.1 渗锌方法	45-34
5.2 性能和应用	45-35
6 其他渗层	45-36
6.1 四种减摩镀渗方法	45-37
6.2 氟化物熔盐中表面合金化	45-38
6.3 表面多元合金化	45-38

第5章 化学转化膜

1 钢铁上的转化膜	45-40
1.1 磷酸盐膜	45-40
1.2 氧化膜	45-44
1.3 草酸盐膜	45-45
2 铝和铝合金上的转化膜	45-45
2.1 化学转化膜	45-45
2.2 阳极氧化膜	45-46
3 镁合金上的转化膜	45-50

3.1 化学转化膜.....	45-50
3.2 阳极氧化膜.....	45-50

4 锌、镉、铜及其他金属上的 转化膜	45-52
4.1 锌、镉上的转化膜.....	45-52
4.2 铜和铜合金上的转化膜.....	45-53
4.3 银上的转化膜.....	45-53

第6章 有机涂层

1 各种基体金属的涂前处理	45-53
2 涂覆材料及其特征	45-54
2.1 涂料(习称油漆)	45-54
2.2 粉末涂覆层.....	45-58
2.3 常用涂料及其选择.....	45-58
3 涂覆方法	45-63
4 干燥与固化	45-66
5 质量检查	45-67

第7章 防 锈

1 水剂防锈	45-69
2 油料防锈	45-70
2.1 常用的油溶性缓蚀剂.....	45-70
2.2 防锈油料品种.....	45-70
2.3 涂油方法.....	45-71
3 气相防锈	45-71
3.1 气相防锈材料的使用方式.....	45-71
3.2 使用气相防锈材料的注意事项.....	45-71
4 可剥性塑料防锈	45-72
5 干燥空气封存	45-72
6 充氮封存	45-72
7 防锈包装	45-72
7.1 包装材料.....	45-73
7.2 防锈包装方法.....	45-73
7.3 防锈包装中的注意事项.....	45-73
8 典型机械制品的防锈工艺概要	45-73
参考文献.....	45-77

引言

材料保护的对象,主要是机械制造中大量采用的金属材料,其任务为:

1) 防止机械制品在生产、储运和使用过程中,由于大气引起的腐蚀;

2) 改善机械制品工作表面的摩擦性能;

3) 提高某些金属材料的抗强介质(酸、碱、含硫油气等)腐蚀性,抗空蚀性以及高温高速气流中的抗热腐蚀性及抗冲刷性等。

机械制品的失效,部分原因是由于其结构上所采用的金属材料,不具备可以满足其使用条件下的

表面性能的要求,过早地出现了腐蚀和磨损。因此,材料保护的方法,着重强化金属材料的表面性能的各种手段的研究(见下表),既有利于机械制品的质量的提高,又可发挥金属材料的潜力,少用或不用合金元素含量较高的材料。

材料保护是一项综合性的制造工艺。它虽是针对磨损和腐蚀问题的,但还必须与设计、材料、热处理及其他制造工艺、装配、润滑及维修保养等环节密切联系,互为补充,才能收到应有的效果。

材料保护的方法与内容

保护方式	方法及内容
金属覆层保护	1. 电镀^① 2. 化学镀 利用化学反应,在金属及塑料基体上镀出镍、锡、铜、银、金及铂族金属 3. 真空蒸镀 减压下($10^{-4} \sim 10^{-7}$ mmHg),使金属蒸汽凝于冷的工作表面上 4. 离子镀 减压下($10^{-2} \sim 10^{-6}$ mmHg),使金属及合金蒸汽部分离子化,在高能量下对工作进行溅射和沉积,获得结合力极高的镀层 5. 机械镀(锤击镀) 利用锤击作用,对电镀时可能引起氢脆的中小工件(<200 mm),在室温镀镉、锌、锡等 6. 热喷涂金属、合金和金属陶瓷^① 7. 表面合金化^① 8. 热浸 可在钢铁基体上浸铝、锌、铅、锡及铅锡合金(Pb + 10~15% Sn) 9. 衬覆 钢反应器内衬钛、衬银等
非金属覆层保护	1. 热喷涂陶瓷材料^① 2. 化学搪瓷 在钢上搪以热膨胀系数较低的硼硅酸盐基体的玻璃料 3. 衬覆瓷砖或辉绿岩等 获得耐蚀耐磨层 4. 化学转化膜层^① 5. 化学气相沉积 减压下(10^{-5} mmHg),在受热的基体材料的表面上发生转化反应,生成氟化物、碳化物及硅化物等的保护层 6. 真空蒸镀 在光学玻璃上蒸镀氟化镁等
有机覆层保护	1. 涂料涂覆^① 2. 塑料涂覆^① 3. 无线电频率等离子体聚合 在各种材料上形成无针孔的聚合物膜
利用缓蚀剂、钝化剂及干燥剂保护	封存防锈 ^①
电化学保护	1. 阴极保护 利用牺牲阳极或外加电流保护埋在土壤或海水中的金属结构 2. 阳极保护 利用恒电位器自动地维持钢铁及不锈钢在某些工作介质中处于钝化电位,不受腐蚀

① 此方法本篇后面有介绍,本表从略。

第1章 金属表面的预处理

铸件、锻件、冲压件、热处理件和切削加工件等的表面上，往往还存在着残余的切削液、润滑剂、淬火油、抛光膏、作标记用的油漆、锈蚀产物、铸皮、锻皮以及毛刺、飞边、锐角、精整程度不当等情况，不适于进行保护处理。

预处理的目的是，就在于使这样的表面，变得适于进行有效的保护。其主要方法有：碱液清洗、溶剂清洗、化学除锈、机械除锈、滚桶处理和抛光及擦光等。

和保护工艺有关的专用预处理方法，如电镀中的弱侵蚀、活化、闪镀和热喷涂中的拉毛、刻槽以及防锈中的消除指纹等，则在有关章中叙述。

1 碱液清洗

碱液清洗主要用于除油，也可除掉附着在金属

表面上的金属碎屑、浮渣以及混在油脂中的研磨料及炭渣等。

清洗用的碱液，应具有：1) 溶解能力及高的碱度；2) 对固态油污的弥散性；3) 对液态油污的乳化性；4) 要易于被漂洗干净；5) 要有低的表面张力及润湿能力；6) 稳定；7) 进行电解清洗时要有良好的导电性；8) 有效的浓度要低；9) 要无毒，不致引起公害。

1.1 碱液清洗用的材料及配方

1.1.1 材料及其特征 (见表 45-1-1)

1.1.2 配 方

单一材料，很难使清洗液具有必需的综合性。因此，常用多种材料配成，见表 45-1-2。

表45-1-1 碱液清洗用的材料及其特征

材 料	分 子 式	1%溶液的pH值	清 洗 时 的 特 征
苛性钠	NaOH	13.4	高碱度，在使用条件下皂化油类污秽的能力，尚未得到证明。不是好的润湿剂，用水不易洗掉
碳酸钠	Na ₂ CO ₃	11.4	碱性较弱，但是良好的清洁剂，在皂类产生的油乳化物中有作用
硅酸钠类 倍半硅酸钠 正硅酸钠 水玻璃 水玻璃 水玻璃	Na ₆ Si ₂ O ₇ · 11H ₂ O Na ₄ SiO ₃ · 5H ₂ O Na ₂ O · 1.6SiO ₂ Na ₂ O · 2SiO ₂ Na ₂ O · 2.2SiO ₂	12.7 12.0 12.0 11.3 10.2	成分中SiO ₂ :Na ₂ O的比值愈大，反絮凝作用愈好。有良好的润湿性及乳化性。不能用于电解清洗。正硅酸钠适于洗铝及铝合金，但形成硅酸盐膜需经弱侵蚀去掉
磷酸盐类 正磷酸钠 焦磷酸钠 六偏磷酸钠	Na ₃ PO ₄ · 12H ₂ O Na ₄ P ₂ O ₇ Na ₆ P ₆ O ₁₈	12.0 10.1 —	相当好的润湿性及乳化作用，可提高皂类的作用良好的可水洗性有软水性，能阻止钙和镁盐的沉积
硼砂	Na ₂ B ₄ O ₇ · 10H ₂ O	9.2	
皂类及合成润湿剂， 螯合剂等			皂类，在pH为9~11时，最有效果
皂类	高级脂肪酸的钠盐		
阴离子型润湿剂	皂类、磺化醇类、磺化烯 烃、酰胺、烷烃及杂环化合物		合成润湿剂，用于改善润湿性
阳离子型润湿剂	叔胺、季胺及杂环胺类		
非离子型润湿剂	聚乙烯及胺脂脂肪酸的缩合 物、硫醚等		电解时，用非离子型的
螯合剂	氨基乙酸，葡萄糖酸等		螯合剂，可去除自然生成的氧化膜

表45-1-2 碱液清洗配方

被洗材料	清洗液配方(g/l)及工作条件	pH范围	被洗材料	清洗液配方(g/l)及工作条件	pH范围
铁基金属	1. Na_3PO_4 25~35 Na_2CO_3 25~35 合成洗涤剂 0.75 80~100℃清洗	12.0~ 13.5	黄铜、 锌、铅等	Na_2CO_3 50~60 Na_3PO_4 20~30 皂粉 1~2 70~80℃ 浸洗	10.5~ 11.5
	2. Na_2CO_3 8 NaOH 3 Na_3PO_4 4 80℃, 在表压为1.5~2kgf/cm ² 下 喷淋清洗		铝及铝 合金等	Na_3PO_4 40~60 Na_2CO_3 40~50 水玻璃 2~5 海鸥润湿剂 3~5 ml/l 70~90℃ 浸洗	

1.2 碱液清洗方法

根据生产批量, 制品的几何形状和复杂性以及

油污程度和要求的清洁度等, 确定清洗方法、碱液浓度及温度等参数, 见表45-1-3。常用的几种清洗设备, 见图45-1-1~45-1-5。

表45-1-3 各种清洗方法的比较

方法	特 点	注 意 事 项
手工清洗	适于批量小或尺寸很大或形状很复杂的制品 生产效率低, 劳动强度大	选用浓度较低的碱液(约低于30g/l), 操作温度不可过高, 防止碱液伤害皮肤和眼角膜
浸渍清洗	适于中小型工件。浸渍槽可加热使碱液对流, 也可装搅拌器强制循环。钢铁件可在沸腾的高碱度的液中清洗, 生产效率高。非铁件, 清洗液pH要低, 清洗时间则较长	静止液浓度约为30~120g/l; 搅动时, 浓度低些。工件上原来油污如过多, 应在室温下先经溶剂清洗
机械喷洗	适于大批量生产, 可去除中等粘度的矿物油和防锈油。不适于形状很复杂的工件	碱液浓度一般低于8g/l, 温度可较高(每升高11℃, 时间减少一半)。但过高, 会导致工件表面失泽或碱液成分改变
电解清洗	适于各种大小及形状的工件, 可在普通电解槽中进行(电压6~12V、电流密度 $>2\text{A}/\text{dm}^2$), 工件可作为阴极, 也可作为阳极 清洗后, 可获最清洁的有活性的表面	碱液浓度约为30~120g/l, 应有在30~60min可加热到沸腾的设备 铁基金属及合金用阳极清洗, 可避免氢脆; 非铁金属阴极清洗, 可防止被溶解或失泽 采用周期换相清洗, 可加速清洗过程, 并得更好的表面质量
蒸汽喷洗	主要用于大型零件或间歇生产的情况下	可采用 $\text{Na}_3\text{PO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ 3~4g/l, $\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ 10~20g/l 的碱液
液筒清洗	适于大量小的或轻的零件及空心件 有精细螺纹的或表面不可划伤而又有尖角和锐边的零件, 太薄的和可能套合在一起的工件都不适合	采用低浓度4~8g/l的碱液, 要不易产生泡沫 清洗后, 可在转动的液筒中进行水洗
超声清洗	适于有狭缝、盲孔、细螺纹等复杂形状的工件, 包括压铸件及精密加工件 可去除难溶的油污, 如抛光、擦光、研磨及衍磨用的膏剂、钎焊的熔剂、蜡类、指纹及磁性的金属碎屑等 清洗时间, 约15s到1min	需有高频发生器, 将工业频率调到换能器的共振频率(20~40kHz、400~800kHz) 换能器可单独浸入清洗液中或构成清洗槽的一部分, 在伸缩时发生强烈清洗作用, 常用的规格如下:
		换 能 器
		频 率 范 围 kHz 可 用 温 度 ℃
		镍 20~40 770
		钛 40 52
		铝 25 93
		锆 >200
		石 英

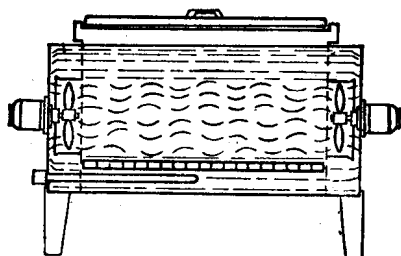


图45-1-1 有推进器的清洗槽

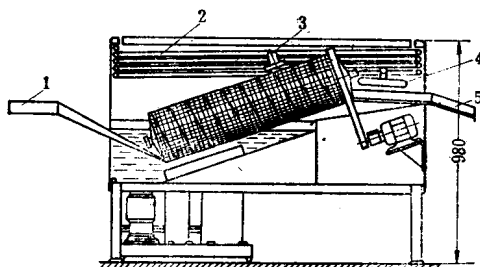
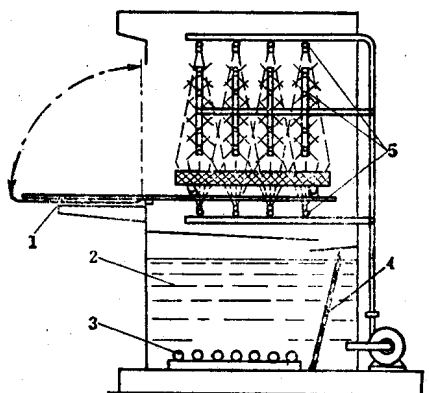
图45-1-4 带有内螺旋自动输料的超声清洗装置
1—进料 2—冷却管 3—喷头 4—红外线加热装置 5—出料

图45-1-2 单室式喷洗装置

1—可启闭并装卸待洗工件 2—碱液 3—加热装置
4—筛网 5—喷嘴

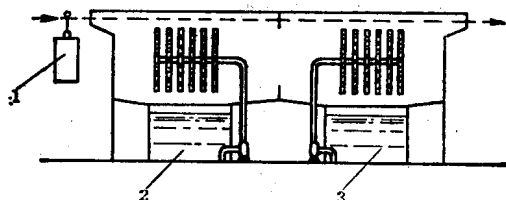


图45-1-3 双室式喷洗装置

1—工件 2—容器Ⅰ 3—容器Ⅱ

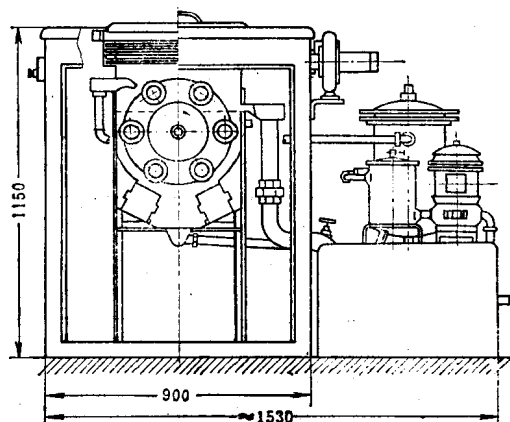


图45-1-5 多滚筒超声清洗装置

1.3 漂洗

经过碱液清洗的制品表面，必须用软水漂洗。洗时，必须用清洁的水以恒定速度流经制品的表面；用喷洗法时，必须有足够的喷嘴，使制品表面的各部分都受到喷淋。

2 溶剂清洗

溶剂清洗的方法，见表45-1-4。图45-1-6为带有超声室的蒸汽-喷淋除油设备。

表45-1-4 各种有机溶剂除油方法

方法	所用溶剂及特点	清洗方式及效果
蒸汽除油	1. 适于各种批量的各类金属零件 2. 不燃的氯化烃类，消耗少，可循环应用，但稍有毒性	1. 批量小油污较少时，用密闭周期式蒸汽清洗装置；批量大采用敞开式蒸汽连续清洗设备 2. 批量大油污多时采用：蒸汽清洗——溶剂喷淋——清洗——蒸汽清洗或热溶剂浸渍——蒸汽清洗或沸溶剂中浸渍——热溶剂中浸渍——蒸汽清洗 3. 对要求较高的可用超声波加强清洗效果 4. 可溶掉较多的脂肪、油类、蜡类、焦油等，冲刷掉附着在油污中的杂质；但对皂类、无机盐类、氧化物及指纹，还不能充分去掉，需结合其他方法处理

(续)

方法	所用溶剂及特点	清洗方式及效果
冷清洗除油	1. 适于批量小的大型工件 2. 工业汽油(SYB-1024-62)、溶剂汽油(GB-444-64)、灯用煤油(GB-213-64)等, 注意安全 3. 氯化烃类中四氯化碳在工作场所的浓度应小于10ppm ^① , 否则易中毒, 已少用 4. 氯烃加汽油、煤油等获得的共沸点溶剂, 闪点高, 挥发性好, 毒性小, 较稳定	1. 可擦洗、浸洗、喷洗 2. 对油脂类有良好的溶解力
两相清洗	1. 适于小批工件或加热会影响工件及油污时 2. 互不相溶的水及氯烃(三氯乙烯、过氯乙烯或二氯甲烷)	1. 氯化烃类在下层, 水在上层。工件通过水层进入溶剂层后, 可适当搅动, 帮助污物松解, 然后提出经过水层洗涤, 出水层面后, 再用水淋洗干净 2. 适于脱漆、除去油溶性及水溶性的污物
乳液清洗	1. 适于一般工件 2. 水包油型, 如灯油45%(体)石油磺酸盐(水溶性)10%(体)水45%(体) 3. 油包水型, 如灯油50%(体)脂肪酸+氯乙烯加合物(油溶性)5%(体)水45%(体), 不燃, 不伤害皮肤 4. 回收溶剂油料, 需加明矾氯化	1. 可冷热浸洗和喷洗 2. 实质上为一种预先除油过程, 可以除去油、脂及无机尘污。但即在60℃喷洗, 也除不尽已树脂化的油类和渗入金属表面微孔中的润滑油脂, 必须继以热水、压力水或碱液清洗 3. 乳液清洗后, 表面有薄油层, 可对工件起短期保护作用
清洗剂除油	以少量合成清洗剂为主要组分, 如: 1. 664清洗剂2~3%, 水余量, 75℃, 3~4min 2. 聚氯乙烯脂肪醇醚1~1.5%, 水余量, 60~80℃, 5min	1. 均为串洗 2. 664清洗剂可洗掉钢铁件上的硬脂酸、石蜡及凡士林等 3. 聚氯乙烯脂肪醇醚可洗掉铝、铜、锌及其合金上的一般油脂

① ppm是百万分之一。

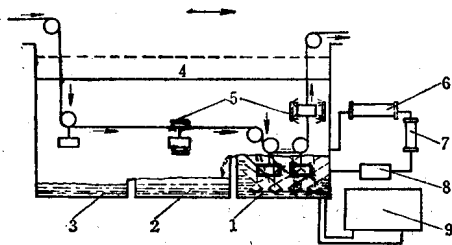


图45-1-6 为带有超声室的蒸汽-喷淋除油设备
 1—超声清洗槽 2—喷淋后溶剂收集槽 3—沸腾溶剂槽 4—蒸汽带 5—溶剂喷淋 6—溶剂冷却器 7—溶剂过滤器 8—泵 9—超声电源

选择蒸汽清洗用的溶剂, 应考虑: 1) 对所除的油污有良好的溶解性; 2) 在操作条件下, 不致燃烧或爆炸; 3) 蒸发潜热要低, 比热要低; 4) 进入空气的扩散率要低, 蒸汽密度要高; 5) 操作条件下要有稳定性或可加稳定剂; 6) 经长期使用和再生后, 均无腐蚀性; 7) 在水中的溶解度低, 无水解倾向; 8) 沸点要适当, 既要便于使溶剂蒸汽凝集在工件表面起溶解及冲刷作用, 并在简单的水冷却情况下能形成蒸汽带; 又要便于回收, 并使工件热到适于下一步处理的温度; 9) 易得而价廉; 10) 比较安全。

常用的几种蒸汽溶剂, 见表 45-1-5。

表45-1-5 几种蒸汽清洗用的溶剂

名称	三氯乙烯	过氯乙烯	二氯甲烷	三氯三氟乙烷	甲基氯仿
分子式	CHClCCl_2	Cl_2CCCl_2	CH_2Cl_2	$\text{CCl}_2\text{FCClF}_2$	CH_3CCl_3
沸点/℃	87	121	40	47.7	74
蒸发潜热沸点时cal/g	57.7	50.1	78.7	35.1	53.2

(续)

名 称	三 氯 乙 烯	过 氯 乙 烯	二 氯 甲 烷	三氯三氯乙烷	甲 基 氯 仿
比热(20°C)cal/g·°C	0.227	0.205	0.280	0.22	0.255
蒸汽密度空气为 1	4.53	5.71	2.96	6.97	4.50
工作环境不致中毒的极限数 ppm	100	100	500	1000	350
热 源	低压蒸汽表压 1.05kgf/cm ²	高压蒸汽表压 3.5~4.2kgf/cm ²	低压蒸汽	低压蒸汽	低压蒸汽
备 注	1.目前用的最多 2.加稳定剂后,有铅屑亦不致发生分解 3.要注意控制水分,并远离高温热源	对清洗高熔点的沥青、蜡类的油污,效果较好	对铸件作封闭后多余的封闭剂及涂料和树脂等的溶解力,比前二种溶剂为佳	1.毒性最低,但较贵 2.目前尚限于较精密的塑料与金属的组合件的清洗或塑料金属化前的清洗等	可去除油脂,但不溶解绝缘漆,故用于某些电器清洗

3 化学除锈

一般锈迹、铸皮、锻皮、轧皮以及各种腐蚀产物而不影响基体金属的方法,见表 45·1-6。

是利用化学或电化学反应,从工件表面溶解掉

表45·1-6 化学除锈方法示例

基 体 材 料	化 学 除 锈 方 法
碳素钢及低、中合金钢	1.用硫酸除锈,继以中和及水洗 1) 一般浸渍或喷射除锈: H_2SO_4 5~15%, 缓蚀剂(若丁、硫尿等)适量。工作温度65°C或稍高 2) 经过热处理的轴类、齿轮类等,对尺寸变化限制较严的工件的电解除锈: H_2SO_4(1.84) 4.75 g/l, HCl(1.16) 10.3g/l, $NaCl$ 22.5g/l(或 $SnSO_4$ 10g/l)。铅(锡或高硅铸铁)为阳极,工件为阴极,电流密度为7.5A/dm²,温度65~82°C。锈除掉后,新表面上即镀上铅或锡,最后可在温度93°C的($NaOH$ 90g/l Na_3PO_4 30g/l)液中,阳极处理退镀 2.用盐酸除锈,继以中和及水洗 HCl 5~20%(重)温度室温~40°C 3.用磷酸除锈,继以中和及水洗 1) H_3PO_4 10~20%(重) 2) 先在H_2SO_4中除锈,再在H_3PO_4 2~10%(重)中处理 3) H_3PO_4中加少量HNO_3、H_2F_2及CH_3COOH用于处理硅钢 磷酸处理后,表面得钝化膜。磷酸残余,可用阳离子交换树脂回收。处理时需加热 4.碱液电解除锈的工件作阴极,槽作阳极。在$NaOH$液中,可加整合剂如EDTA,适于锈蚀严重的机械修复前的处理 5.膏剂除锈适于大型或固定的装备
不锈钢及耐蚀合金	1.先在HNO_3(1.42) 10%(体) H_2F_2(1.24) 2%(体)液中处理,温度66°C。再在H_2SO_4(1.84) 10%(体)液中处理,温度82~93°C 2.氢化钠溶处理含有NaH 0.75~2.5%的$NaOH$溶,在399°C熔融,工件上的氧化物部分被还原。处理后淬入水中时发生大量蒸汽,使氧化皮撕裂。处理后最好再经H_2SO_4或$HNO_3 + H_2F_2$处理 3.氧化盐溶处理 温度在480~540°C间,处理时间15min,水淬后再进行H_2SO_4或$HNO_3 + H_2F_2$处理(此法对铬不锈钢较有效)
钛合金	氧化盐溶处理,应在510°C内,水淬后,继以酸浸 HNO_3 (1.42) 10% H_2F_2 (1.20) 0.25%, 15 s
锆合金	HNO_3 (1.42) 10%(体), H_2F_2 (1.24) 40%(体)
铸铁	用 H_2F_2 20g/l HCl 20 (40或80)g/l; 表面上有针状石墨存在的,用 H_2SO_4 10%(体) H_2F_2 (1.16) 5~10%(体)

(续)

基 体 材 料	化 学 除 锈 方 法
铜及铜合金	1. 高温氧化皮较重时, 用 H_2SO_4 配成5~10% (体) 液, 在室温浸渍或加热到79°C, 浸1~15min 2. 去除失泽层后, 可在 HNO_3 40% H_3PO_4 30% CH_3COOH 30% $NaCl$ 1.0%的66°C液中, 浸4min
镍及其合金	1. 去除镍上薄的氧化层, 可在 HNO_3 (1.36) 2.25 l H_2SO_4 (1.84) 1.50 l $NaCl$ 30 g 液中浸几秒钟, 继以冷热水洗, 如有残酸, 以氨水中和 2. 较难去除的含Cr20%的镍铬铁合金, 可以 HNO_3 (1.4) 4 份和 H_2F_2 (1.24) 1 份配成混合酸, 再以3 倍的水稀释, 于室温下侵蚀4 h
锌及其合金	用 H_2SO_4 (1.84) 1 份和 HNO_3 (1.41) 1 份配成混合酸, 再以10倍的水稀释, 于室温下处理1 min. 铸件则到气体开始产生为止
铝及其合金	1. 轧制合金在 CrO_3 35g/l H_2SO_4 (1.84) 172g/l H_2F_2 (1.19) 5g/l 的混合酸中, 于65°C去锈1~3min. 经洗净后, 在浓硝酸(1.42)中浸10~15 s 2. 铸造合金在 HNO_3 (1.42)中, 室温下浸10~15 s ——中间洗净——在45g/l的 $NaOH$ 液中, 65~70°C浸10 s ——在 HNO_3 (1.42) 3 份, H_2F_2 (1.19) 1 份混合酸中, 室温下浸3~5 s ——中间洗净——在 HNO_3 (1.42)中, 室温下浸10~15 s 3. 富硅铸造合金在 CrO_3 35g/l H_2SO_4 (1.84) 172g/l 液中, 65°C下浸1~5min ——中间洗净——在 HNO_3 (1.42) 3 份, H_2F_2 (1.19) 1 份混合酸中处理 ——中间洗净——在 CrO_3 35g/l, H_2SO_4 (1.84) 172g/l 混合酸中, 65°C下处理1 min
镁及镁合金	10% HNO_3 处理 先以5 倍水稀释的 HNO_3 (1.42)处理, 继以50倍水稀释的 HNO_3 (1.42)室温处理 锻件也可以28ml/l 醋酸及80g/l 硝酸钠处理 铸件尚可在80% H_3PO_4 的稀释液中处理 压铸件在 CrO_3 , 浓 HNO_3 及 H_2F_2 中除去铸皮

4 机械除锈

主要利用压缩空气流、受压水流或离心力, 使磨粒在工件表面除去锈迹、高温氧化皮、腐蚀产物及旧漆, 也可去掉毛刺和飞边, 并使工件表面产生压应力。当喷射角大于30°时, 主要是锤击作用; 小于30°时, 则为切削和冲刷作用。以较细的磨粒 (如比350目还细些的) 和很小的角度喷射时, 可获得精整度很高的表层。粒度与工件表面精整度的关系, 可从表45·1-7的湿喷结果中看出。机械除锈的表面要求和工件使用的具体情况有关, 如有机覆层时, 凡工件会受到冲击、浸没或化学环境作用

的, 就必须喷到金属光泽出现, 至少也要达到只有隐约看见残斑遗迹为止。如果工件只是在一般大气中使用, 则刷去疏松的锈垢即可。表45·1-8为各种机械除锈方法。

表45·1-7 湿喷时粒度对精整度的影响

粒 度 目	表 面 精 整 度
30~50	很 粗
50~120	粗
120~250	光 滑
250~500	很光滑
500~900	很高的光泽度, 只需轻轻抛光, 即可得镜状

表45·1-8 机械除锈方法

方 法	喷 射 的 材 料	应 用 范 围	设 备 及 特 点
干 喷 砂	河砂、石英砂、刚玉砂和玻璃球等 粒度为20~30目	除去轧皮、锈蚀并有清洗、减弱反光及去毛刺的作用	大件在露天喷; 小件在封闭式的喷砂室进行 空压机表压约6 kgf/cm ² , 喷砂室应有旧砂回收装置, 喷距约200mm

(续)

方 法	喷射的材料	应 用 范 围	设 备 及 特 点
喷丸或抛丸	铁基及非铁基金属的 线段、板材碎块、铸钢 丸、马铁丸或白口铁丸 等 粒度为6~50目	去除锻皮、铸皮并可 达到较高的精整度 用丸时,可提高表面 的疲劳强度	喷丸用于小件,压力约6kgf/cm ² 抛丸,适用于大量及大面积工件,但不适于薄壁件及 较脆弱件
湿 喷	石英砂、硅藻土等	大表面上除锈,如船 舶及钢结构	干砂罐工作压力,约5~6kgf/cm ² 水罐的工作压力,约3.5kgf/cm ² 砂、水在离开喷嘴前汇合,形成水罩,防止粉尘飞 扬。喷距,约100mm 砂回收后需烘干,方可重用。水中需加(NH ₄)HPO ₄ 及NaNO ₂ 等缓蚀剂
高压水喷射	矿物质的磨料及水	清理铸件	表称压力大于100kgf/cm ² 的高压水泵

5 滚筒精整及震动精整

处理方法。

是在几乎没有冲击的状况下,利用工件与介质
(或工件与工件)间的摩擦和接触,达到去除毛刺、
圆角(半径可达0.125毫米),提高表面光洁度(可
达▽10)并保证尺寸变化在12.5微米内的一类预

处理方法是。
工件可以是铁基、非铁基或塑料的;也可能是大
批量的小件、能装卡在滚筒里或悬吊在震动器中的
较大件,如柴油机的缸套、连杆和透平机的叶片。
介质,有的起磨粒作用,有的只起抑制工件间的相
互碰撞或抛光和研光作用,其粒度为大于工件上的

表45-1-9 滚筒及震动精整用工作介质

材 料	尺 寸	操作类型	磨 削			滚 抛			研 光		
			钢 铁	非 铁	塑 料	钢 铁	非 铁	塑 料	钢铁	非铁	塑料
成型的刚玉	小于50mm	湿	常用	常用		常用	常用				
粉状刚玉	小于16目	湿或干	常用	常用	可能用	常用	常用	可能用			
陶瓷粒粘结氧化铝	1.5~50mm	湿	常用	常用		常用	常用				
花岗石屑	1.5~30mm	湿	常用	常用		可用	可用				
燧 石	1.5~50mm	湿	常用	常用	偶用	可用	可用				
石灰岩	各种	湿	常用	常用		可用	可用				
大理石	各种	湿	常用	常用		可用	可用				
石灰石屑	1.5~30mm	湿	常用	常用	偶用	常用	常用				
建筑用砂	小于8目	湿或干	常用	常用	偶用	常用	常用	偶用			
轧制锌丸	各种	湿	另加细料磨	另加细料磨		另加细料磨	另加细料磨		常用	常用	
压铸锌丸	各种	湿	另加细料磨	另加细料磨		另加细料磨	另加细料磨		常用	常用	
软钢球及成型的	3~12.5mm	湿	另加细料磨	另加细料磨		另加细料磨	另加细料磨				
木质球及成型的	各种	湿或干	另加细料磨	另加细料磨		另加细料磨	另加细料磨	另加细料磨	常用	常用	常用
坚果壳	大小混合	常用干法			另加细料磨	另加细料磨	另加细料磨	另加细料磨	常用	常用	常用
硬钢球及成型的	0.4~6mm	湿			另加细料磨	另加细料磨	另加细料磨		常用	常用	
玻璃研光球		湿							常用	常用	
碎玉米芯	无尘,大小混合	干							常用	常用	常用
碎 草	各种	湿或干							常用	常用	常用
碎 毡	各种	干							常用	常用	常用
模压铁粉及模料		湿	常用	常用		常用	常用				

孔径(凹坑)的3倍,或小到其孔径的1/3。介质有成型的(三角形、椭圆形、星形或球形的),也有不规则的碎屑。常用的品种,见表45·1-9。

时介质与工件比即点数的确定,需综合考虑待精整件材料、形状、精整要求、使用条件、后续处理、单件重量等因素,见表45·1-11。

两种精整方法对比,见表45·1-10。滚筒精整

表45·1-10 两种精整方法的比较

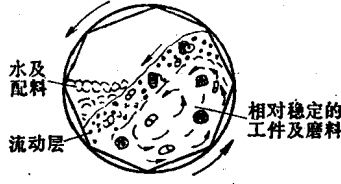
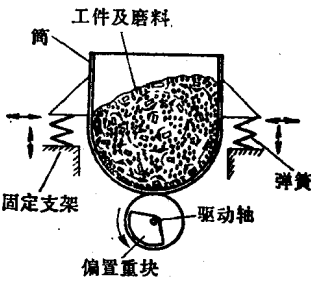
项 目	滚 筒 精 整	震 动 精 整
结 构 简 图		
结 构 特 点	滚筒内断面为六边或八边形,精密件用密闭卧式滚筒,对尺寸要求不太严格件可用倾斜敞口滚筒	震动槽有圆的或半圆的在装有偏置重块的驱动轴的影响下,发生高频率的上下及左右震动
转 速	20~45r/min,以保持待精整的工件很少发生相互撞击作用	容积小于70 l槽为3000r/min,1120 l槽为1200~1800r/min
工 件 及 装 载 量	低于中心线以下时,工件表面较粗 达到中心线时,操作最快一般以达到中心线或两板间距的3/4处为宜	各种小工件,包括脆的、薄的(125μ)工件,球形、棍形和塑料件可不加介质 容量到2/3处为宜
介质与工件比的确定 (即求点数)	求比值(即点数),见表45·1-11 如待精整件为低碳钢、形状较复杂、达到抛光精度、作为结构件、进行功能性电镀,单件重为30~120g,无其他难处理情况 由表查出1+2+3+2+2+1=11 即介质体积约为工件的11倍	所用介质与滚筒精整相同,但介质质量不同,倾向用成型的陶瓷 对形状简单件,可不加介质
操 作 时 间	去氧化皮 约1~2h 去刀痕、毛刺、尖角等约1~5h 抛磨 约5~36h	比滚筒法快4~10倍

表45·1-11 工件各种因素及相应的点数

因 素	相 应 点 数			
	1	2	3	4
材 料	低 碳 钢	铜、 锌	铝	珩 磨
形 状	简 单	较 复 杂	复 杂	
精整要求	去刀痕、毛刺	去氧化皮、尖角	抛光	
工件使用要求	装 饰	结 构 件	预应力	
后续处理(以电镀为例)	保 护 性	功 能 性	装饰性	
单件重 g	30~120	120~240	>200	

注:其他较难处理的情况,可酌加点数。

第2章 电 镀

电镀,在机械制造中,不仅是重要的材料保护手段;也用于修复和制造(如电铸)。

电镀的一般过程是:待镀的工件,经适当预处理及镀前处理后,置于盛有镀液的槽内作为阴极。阳极通常用准备镀出的金属制备(如镀铜时用铜),也有用不溶于电镀液的金属或导电体制备的(如镀铬时用铅作阳极,镀黑镍时用石墨作阳极)。镀液中除溶解有准备镀出的金属的化合物外,往往还含有其他成分(如导电盐、添加剂等),使镀液具有良好的导电性、分散能力、深镀性、稳定性等。当两极间接通直流电源后,如果阳极是可溶的,在一定电位下,它的表面层的原子就离子化并进入镀液,补充镀液中的相同的金属离子,向阴极(工件)移动,在工件上沉积出金属镀层。如果阳极是不溶的,则在阳极所发生的电化学反应,只有阴离子的

放电并带有氧析出,只有镀液中的金属离子在工件上镀出,这样,就需要定期地加入金属盐类、氧化物或氢氧化物来补充镀液中金属离子的消耗,并中和不断增长的镀液酸度。

电镀的适应性很强。不受工件大小和批量的限制,在铁基、非铁基、粉末冶金件、塑料和石墨等基体上都可电镀。镀层有单金属的、合金的和复合的(如镍层中弥散着碳化硅和金刚石等)。对于镀层,则要求分布均匀、厚度一致、连续无孔(锌、镉等钢铁上的阳极性镀层、裂纹铬层和松孔铬层等为例外)、附着力好,并且还不可在沉积过程中引起基体材料的氢脆。

1 常用镀层的特性及应用范围

应用范围见表45-2-1。

表45-2-1 常用镀层的特性及应用范围

镀层	基体材料	抗磨失性	抗蚀性	结合力	外观	厚度 μ	基本特性及应用范围
铜	多数铁基、非铁基金属及某些塑料	差	在大气中易失光泽	良好	抛后良好	5~25 可以更厚	高导电性及导热性;作底层时可提高镍、铬等的结合力及保护性,或防止氢脆;防渗碳和防氮化的屏蔽层;挤压、绕制弹簧、不锈钢冷微时作润滑剂,防止钢及不锈钢制螺纹偶件在高温工作时互相粘结;改善大型柴油机曲轴的跑合性;电铸
铜锌合金(黄铜)	铁、钢、铝、锌、某些塑料镀镍层上	差	在大气中易失光泽	良好	亮黄色	2.5~25	镀在钢上,可促进与橡胶的结合力;内部的装饰镀层
铜锡合金(青铜)	钢、铜、黄铜及某些塑料镀镍层上	好	不宜用于室外	良好	光亮浅红到微红色	12.5	作为镀镍及铬的底层;在选择氮化时,在钢件上作为遮蔽层;低锡的(Sn10~15%)有减摩性;高锡的(Sn40~50%)作室内装饰保护层
银	多数铁基、非铁基金属及某些塑料	好	在空气中易失光泽,但能抗某些化学腐蚀,如酚	好	亮白	2.5(有底层时)~25	抛磨并适当保护下,外观很好,可作装饰性层;导热、导电性良好,可作触头材料;有高的承载能力,可作轴承;在细螺纹偶件上防止高温工作时相互粘结;用于密封环上防紧固后粘结咬合;在有机化工制造设备中防蚀、抗污染;用于高频元件及波导管上