

第 4 篇 防锈封存与包装

主 编 肖开学 (教授级高工 机械工业部洛阳轴承研究所)

编写人 肖开学 (教授级高工 机械工业部洛阳轴承研究所)

谈志鹏 (高工 东方锅炉厂)

主 审 刘毅武 (高工 机械工业部武汉材料保护研究所)

责任编辑 张秀恩 (高工 机械工业出版社)

王兴垣 (高工 机械工业出版社)

第 1 章 金属表面的预处理

金属制品在进行防锈封存包装之前,其表面必须进行预处理,包括除锈、清洗和干燥,预处理质量将影响金属制品防锈的效果。只有当金属表面十分干净并无任何锈蚀隐患时,防锈封存包装才能起到防护效果。

在一般情况下,金属制品无锈时,只需去油、清洗和干燥即可。但如在加工过程中或存放一定时间后,制品产生了锈蚀,则需首先除锈再进行清洗和干燥。金属制品预处理的工艺条件,要根据制品封存包装前的实际情况而定。

1 除锈

如在防锈封存前,金属制品发现有锈或氧化皮,就要先进行除锈,才能收到预期的防锈效果。

1.1 各种金属锈蚀的特征 (见表 4.1-1)

1.2 锈蚀的鉴别

鉴别锈蚀的方法见表 4.1-2。鉴别锈蚀时选用的

表 4.1-1 各种金属锈蚀的特征

金属材料	锈蚀特征	锈蚀产物的颜色
钢及铸铁	开始是金属表面发暗,轻锈呈暗灰色,进一步发展会变为褐色或棕黄色,严重的呈棕色或褐色疤痕甚至锈坑,刮去锈蚀产物后底部呈暗灰色,边缘不规则。钢铁的氧化皮是氧化物的多层组成,最内层为 FeO 最外层为 FeO+Fe ₃ O ₄ , Fe ₃ O ₄ 最外层为 Fe ₂ O ₃	Fe(OH) ₃ 黄色 Fe ₃ O ₄ 黑色 FeO(OH) 棕色 Fe ₂ O ₃ 红色 FeS 黑色 FeCl ₃ 暗褐色 FeCl ₂ 暗绿色
发蓝(氧化)和磷化的钢件	通常呈黄褐色的层锈,也有呈点状、斑状	同上 由于发蓝、磷化后钢铁表面呈黑或灰色,所以锈蚀产物的颜色多加深
铜合金	铜的锈蚀呈绿色,也有呈橘红色或黑色薄层 铝青铜的锈蚀可呈白色、暗绿及黑色薄层,严重时呈斑点或层状突起,除去绿色锈蚀产物后,底部有麻坑铅青铜的锈蚀有时呈白色,黄铜有脱锌腐蚀,锈蚀性破裂(即季裂)等	CuO 黑色 Cu ₂ O 红棕色 CuS 黑色 CuCl ₂ 绿色 Cu(OH) ₂ ·CuCO ₃ 绿色
铝合金	初期呈灰白色斑点,发展后出现白色锈蚀产物,刮去锈蚀产物后底部出现麻孔 硬铝会出现局部腐蚀,剥蚀,晶间腐蚀	Al ₂ O ₃ 白色 Al(OH) ₃ 白色 AlCl ₃ 白色
镁合金	初期呈灰白色斑点,发展后在锈蚀处出现灰白色粉末,除去锈蚀产物后底部有黑坑。镁合金锈蚀一直沿阳极区伸入,呈深孔交错状	MgO 白色 Mg(OH) ₂ 白色 MgCO ₃ 白色
锌、镉、锡及其镀层	初期呈灰白色斑点,发展后生成黑色、灰白色点蚀,并有灰白色锈蚀产物,除去锈蚀产物后有坑。锌、镉在有机气氛下,腐蚀产物如白霜,俗称“长白毛” 锡、锌、镉在应力及湿度作用下会产生“晶须”	ZnO、ZnCO ₃ 、Zn(OH) ₂ 、ZnS、Cd(OH) ₂ 、CdCO ₃ 、Sn(OH) ₂ 、Sn(OH) ₃ 均为白色 CdO、CdS 为黄色 SnS 褐色

(续)

金属材料	锈蚀特征	锈蚀产物的颜色
铅及其镀层	一般呈白色或黑色薄层, 也有呈红褐色或棕色。镀层腐蚀严重时, 会露出基体金属	$Pb(OH)_2$ 、 $PbCO_3$ 、 $PbCl_2$ 均为白色 PbS 黑色、 PbO 黄色 PbO_2 棕、褐色 Pb_3O_4 鲜红色
银及其镀层	在空气中易氧化变暗。常见的锈蚀呈暗灰、黑色, 也有呈黄色或棕褐色 银可通过陶瓷、塑料、云母、玻璃迁移, 并能向铜、金中扩散	Ag_2O 褐色 Ag_2S 灰黑色 $AgCl$ 白色
镍及其镀层	初期呈暗灰斑点, 发展后锈蚀产物为绿色粉末疏松物 镍基高温合金在高温燃气作用后, 在大气条件下也会产生绿色锈点	$Ni(OH)_2$ 、 $NiCl_2$ $NiCO_3$ 均为浅绿色
钴钨合金	锈蚀产物一般呈橘红色	$CoCl_2 \cdot 6H_2O$ 玫瑰红色

表 4.1-2 鉴别锈蚀的方法

鉴别方法	适用范围
肉眼观察(照像或记录)	用肉眼观察锈蚀的进行过程(在可能的情况下)及试样(或实物)的表面状态: 通常锈蚀后其表面有下列共同特征: (1) 失去金属光泽, 并沿锈蚀中心向周围蔓延、膨胀、剥落 (2) 堆积有锈蚀产物, 在锈蚀中心和边沿具有不同的深度和色泽 (3) 锈蚀面积大小、分布、形状不规则。当锈蚀产物脱落后留下粗糙、带坡度的斑点或凹坑, 边缘模糊 锈蚀程度可分以下几类: (1) 初锈(微锈) 金属光泽消失, 仅呈现灰暗迹象 (2) 浮锈(轻锈) 金属呈现黄色或淡红色, 有细粉末状的色泽 (3) 透锈(中锈) 表面呈现红褐色、淡赭色或黄色, 为堆粉末状 (4) 层锈 表面呈现黑色、片状锈层或凸起锈斑 以上可以锈蚀严重、较轻、轻微……等表示之, 视具体要求来确定。此法的优点是简单可行, 缺点是受视觉误差的影响, 仅作定性用
选用合适的试剂对金属阳离子进行化学分析鉴定	常用的鉴别锈蚀用试剂及其使用方法见表 4.1-3。此法的优缺点同上
宏观分析	用放大镜或实体显微镜(见表 4.1-4)来观察, 可以看出腐蚀的特性、陷坑深度及腐蚀产物的分布, 铜件锈蚀在显微镜下呈杂色“乱线状”, 它与机械损伤和疲劳现象不同(可借助典型样品和图谱参照分析)
显微分析	用金相显微镜、X 射线衍射仪、红外线光谱仪等(见表 4.1-4)来检查观察。用金相显微分析可看出腐蚀陷坑的深度和性质, 观察正在腐蚀的过程。能直接查明晶间腐蚀。通常用来区分化学腐蚀类型, 评定合金成分的相对腐蚀, 了解晶型结构变化, 所以是最佳的辅助观察方法。缺点是有时不能定量分析, 仅作定性分析
测定重量变化	分测定失重和测定增重两种情况, 前者适用于腐蚀产物可以除去的情况。后者适用于腐蚀产物不溶解并紧密地附着在样品上时的情况。这种方法通常在腐蚀速度均匀的情况下使用, 优点是简单、定量、直接, 缺点是受样品清洁度误差的影响, 不能用在特殊类型的化学腐蚀(如晶间腐蚀)上。要求多份样品
其他方法	除上述方法外, 还可测定锈蚀后金属物理性质(如硬度、冲击韧性等)的变化; 电阻的变化; 表面对光反射能力的变化来判断其锈蚀情况

试剂见表 4.1-3。

选用的有关工具及适用范围见表 4.1-4。

1.3 除锈方法

无论用哪种方法除锈，都必须注意一方面要除净锈，另一方面要避免损坏没有生锈的部分并尽可能使基体金属不受或少受损害。除锈后仍需进行妥善的防锈

处理，避免再度锈蚀。

1.3.1 物理机械除锈法

(1) 人工研磨除锈法

此法系依靠人力和使用简单工具或研磨材料进行除锈的一种方法。适用于工作量不大的较浅的锈层。对重锈不适用，对坑锈和孔锈也不宜使用。

常用的人工研磨方法如下：

表 4.1-3 常用鉴别金属锈蚀用试剂

材料	鉴 别 试 剂	使 用 说 明
钢铁	1. 盐酸(1.19) 1.5~2mL 亚铁氰化钾 1g 亚砷酸钠 0.5g 蒸馏水 100mL	将试剂滴在预鉴别之处,1min 左右,在锈蚀处便出现白色变蓝色。若无锈蚀,则无此反应,该溶液对基体金属在 10~20min 内不反应,原理: $4\text{Fe}^{+3} + 3[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{-4} \rightarrow \text{Fe}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]_3 \downarrow$ 蓝色 注:当有大量 Cu^{++} 时,此方法不可靠,因为 Cu^{++} 与亚铁氰化钾生成化合物 $\text{Cu}_2\text{Fe}(\text{CN})_6 \downarrow$ (玫瑰色胶体)
	2. 明胶 1g 氯化钠 1g 铁氰化钾 0.1g 酚酞(酒精溶液) 5~6 滴 蒸馏水 100mL	将金属件浸在溶液中,阳极区由于生成滕氏蓝而变成蓝色;在阴极区因为 OH^- 离子含量的升高,而且有酚酞存在,而变成粉红色。但是这种方法有时不准,并且应用有限
铜	硫酸 10%水溶液 硫氰酸钾 5%	将试剂滴在鉴别处,在锈蚀处出现黑色(用新配的溶液) 原理: $\text{Cu}^{++} + 2\text{SCN}^- \rightarrow \text{Cu}(\text{SCN})_2 \downarrow$ (黑色)
镁合金	1N 苛性钠溶液镁试剂 0.1%	MgCO_3 或 MgO 与镁试剂反应生成蓝色沉淀
铝合金	0.1%茜素的酒精溶液	将溶液滴于鉴定处,铝锈 $[\text{Al}(\text{OH})_3]$ 或 $[\text{Al}_2\text{O}_3]$ 与茜素酒精溶液生成难溶解的亮红色化合物 注意铜的干扰,铜盐溶液用氨处理时与茜素作用生成玫瑰红色

表 4.1-4 鉴别锈蚀时用的工具及适用范围

工具或仪器	适 用 范 围
放大镜	放大 5~20 倍观察外形
双筒实体显微镜	放大 20~100 倍后进一步观察腐蚀特征如陷坑、产物等
内腔检查仪	如医用胃镜等,用以检查内腔锈蚀情况。选用光导纤维的检查仪有管细、象清晰等特点,并可拍照,放大
金相显微镜	在低倍(100 倍)放大后,能准确地判断锈蚀的形态、特征。并区别是否材料缺陷,必要时可放大拍照
电子探针	对微量的腐蚀产物做定性分析,其优点是可局部检验,并不需破坏零件
X 射线衍射仪 X 光结构仪	对微量的腐蚀产物做定性分析,并可测出其结构
红外线光谱仪	可对有机化合物作分析,以区别是否锈蚀产物
激光微区分析仪	在难以刮取腐蚀产物或很小腐蚀量的部件处,定性或半定量地利用本仪器进行测量
椭圆仪	可以测量几 μm 或 $1\mu\text{m}$ 以下的氧化膜及其他膜的厚度

1) 刮刀法 用非金属刮刀或金属刮刀除锈。非金属刮刀由木片、竹片、胶木板或塑料板做成。金属刮刀可分硬金属(如钢片)、软金属(如铜、铝片)两种。用非金属刮刀可铲除金属表面的浮锈,对基体金属无损伤,适用于精密面。金属刮刀如钢刮刀有损于金属基体,只适用于粗糙表面除厚锈层。铜、铝刮刀不宜用于精密面(如导轨面、轴承面),它们虽然无损于金属基体,但铜、铝屑会残留在锈坑和缝隙内,会引起以后的电偶腐蚀,故仅适用于一般加工面。在实际工作中,可先将锈蚀表面用汽油(或煤油)清洗一次,使之起疏松的作用,然后用刮刀在锈层上来回刮刮,并不断用煤油冲去铁屑。如锈层较厚时可用金属刮刀刮,再用非金属刮刀刮轻锈。

2) 砂纸(布)法 利用砂纸或砂布砂粒的磨削作用去掉附于表面上的锈层。此法应用较广,粗号砂纸(布)用于非加工金属面;细号砂纸(布)用于非配合加工面。但砂纸(布)一般禁止在导轨面、轴承滚道和滑动面上使用,因砂粒的残留会引起机件运转时的磨损。此外,用砂纸(布)除锈时,还可能会除去一层基体金属,影响尺寸精度,故要选择合宜标号的砂纸(布),砂纸(布)以砂粒的粒度大小作标号。

3) 研磨膏(粉)法 本法适用于除去精密表面上的局部小锈块,基本不影响表面粗糙度和尺寸精度,如可除去机床主轴、轴承面和机床导轨上的锈斑。除锈时,用绒布或帆布先浸沾煤油,再涂上研磨膏,在锈面上来回擦,直至锈斑除净。

配制研磨膏所用的磨料种类和粒度,要根据具体工件材料及表面粗糙度来选择。磨料的种类及用途见表4-1-5。

常用的研磨膏和擦铜油的组成和配制方法如下:

铜研磨膏组成:

氧化铬粉(Cr_2O_3) 74份;油酸(化学纯) 2份;硅酸钠(化学纯) 1.8份;碳酸氢钠 0.2份;硬脂 10份;煤油(工业用) 2份;猪油 10份。

配制方法 按配方所需量将硬脂、硅酸钠、猪油加热熔化,在不断搅拌下加入油酸和碳酸氢钠。另将氧化铬粉用煤油润湿,并慢慢倒入硬脂和猪油中,搅拌即成。

擦铜油组成:

油酸 9kg;磁土粉 25kg;氨水 2kg;氧化铬绿 3kg;硅藻土 36kg;煤油 70kg。

配制方法 将磨料及载体溶入液态成份中,搅拌备用。

擦铜油的擦拭方法与铜研磨膏使用相同,擦完后用清洁干燥的纱头将金属表面擦干净。

表4-1-5 磨料的种类及用途

系列	磨料名称	代号	强度和硬度	用途	
				工件材料	应用范围
氧化铝系	普通钢玉	G	比碳化硅稍软,韧性高能承受很大压力	钢、铸铁、黄铜	初研磨
	白钢玉	GB	切削性能优于普通钢玉而韧性稍低		
	铬钢玉	GG	韧性较高		
	单晶钢玉				
碳化物	黑碳化硅	TH	比刚玉硬,性脆而锋利	铸铁、铜、青铜、黄铜	初研磨
	绿碳化硅	TL	较黑碳化硅稍脆		
	碳化硼	TP	比碳化硅硬	硬质合金、硬铬	初研磨及最后研磨
金刚石系	人造金刚石	JR	最硬	硬质合金	初研磨及最后研磨
	天然金刚石	JT			
	氧化铁 氧化铬		比氧化铬软 较硬	钢	极细的最后研磨

4) 钢丝刷法 用于非加工面的除锈和除去机件加工表面的厚层锅巴锈,刷前可先用煤油润湿锈面使之疏松。长丝刷适用于齿轮等曲折表面,短丝刷适用于平面。

此外,还可用软的丝刷如钢丝刷、尼龙刷刷除,可使钢铁基体不受损失。

(2) 机械除锈法

1) 机械打磨 利用打磨除锈的工具或材料,用机械力驱动以除锈。例如,使砂布、砂纸、研磨膏、金属丝刷等固定于轮盘上,轮盘靠近转动面而转动时就可除锈面上打磨。

生产工厂常根据自己产品的特点(形状、尺寸、精度、表面粗糙度等)设计制造专用的除锈装置,如钢板除锈机和钢管除锈机等。这些装置利用钢丝轮刷除锈层。在钢材除锈后又使工件进入涂油防锈装置中进行防锈处理。

2) 喷砂、喷丸 用高压空气将砂子或金属粒向金属制品表面喷射以除锈或除氧化皮。前者称为喷砂,后者称为喷丸。

① 干喷砂 喷砂可选用河砂、海砂、石英砂等为

喷射材料,可以去除金属表面的热轧氧化皮、锈层。得到的表面是粗糙的,其粗糙程度与砂的粒度及尖锐程度以及喷射角度有关,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。当以较细的磨粒和很小的角度喷射时,可获得精整度很高的表层。喷砂用砂粒的尺寸及空气压力见表4-1-6。

表 4-1-6 喷砂用砂粒的尺寸及空气压力

物 件 种 类	空气压力 0.1MPa (atm)	砂粒尺寸/mm
钢制锻件、大型铸件厚 3mm 以上的钢板冲压件	0.2~0.4 (2.0~4.0)	2.5~3.5
厚度 3mm 以下的板材	0.1~0.2 (1.0~2.0)	1.0~2.0
薄和小的零件	0.05~0.1 (0.5~1.0)	0.5~1.0
有色金属铸件	0.1~0.15 (1.0~1.5)	0.5~1.0
厚度 1mm 以下的板材	0.03~0.05 (0.3~0.5)	0.05~0.15

② 湿式喷砂 是在干喷砂法除锈的基础上加上水,使细砂粒与水混成泥浆状用高压空气喷射,水中添加水溶性缓蚀剂如亚硝酸钠、磷酸盐等对喷砂件还有一定的清洗与防锈作用。本法可避免灰尘飞扬,从而改善操作者的工作条件,因它以水为介质又称水喷砂法。

大件喷砂在露天作业。小件喷砂在封闭喷砂室进行。

③ 喷丸或抛丸 可用玻璃丸、钢丸或其他金属线段、碎块、粒子向金属表面喷射,适用于较精密零件除锈,亦可去除锻件、铸件的氧化皮。喷丸还有强化表面,提高金属疲劳强度的功用。喷丸用于小件。压力约0.5MPa (5kgf/cm²),抛丸适用于大量及大面积工作,但不适用于薄壁件及较脆弱的工件。

(3) 滚光 在滚筒内装磨料与工件,借滚筒转动或振动使内部冲击摩擦以除锈及除氧化皮。常用磨料有:氧化铝、氧化铬、氧化钙、刚玉、碳化硅、木屑及皂荚粉等,也有钢制、瓷制和塑料的磨料,形状有圆形、柱形、三角形、菱形等,依制品的材质与表面粗糙度要求来选用。滚光的功用除了除锈及除氧化皮,去毛刺和尖角外,还可以将金属表面抛光,并降低粗糙度提高光泽。

1.3.2 化学法除锈及除氧化皮

化学法除锈除氧化皮最常使用的是酸洗法。钢铁酸洗除锈一般使用的无机酸有硫酸、盐酸、磷酸、硝酸、氢氟酸和混合酸如盐酸-硫酸、铬酸-磷酸等。

通常金属表面粗糙,形状简单(没有小孔、狭槽、铆接等),尺寸要求不严的部件可在加有缓蚀剂的硫酸或盐酸溶液中除锈;如果部件比较精密,锈蚀程度不大严重时可采用磷酸法除锈;如果部件比较精密,除锈后不允许有明显的尺寸改变时,就需采用混合酸如铬酸-磷酸法除锈。钢铁的氧化物中FeO易溶于酸,但Fe₂O₃和Fe₃O₄不易溶解。

1) 硫酸法 硫酸价格较便宜,钢铁酸洗多用硫酸,硫酸的使用浓度一般为5%~20%,随着酸浓度提高,可缩短酸洗时间,但酸洗的温度以60~80℃为宜。并在酸液中需加入酸洗缓蚀剂。

在酸洗过程中,酸槽要经常检查,并且及时补入新硫酸使浓度控制在10%左右。酸洗形成的硫酸铁会溶解和沉积在溶液中,当溶解铁的浓度高达100g/L时,必须清理槽子,重新配酸。硫酸酸洗后,将制品加热100℃×2h或200℃×0.5h以去氢,消除可能因渗氢而致的影响。

2) 盐酸法 盐酸也是酸洗中常用的酸,它溶解金属氧化物的能力比硫酸强,10%的盐酸溶解铁的氧化物的速度相当于同浓度硫酸的10倍,因此盐酸除锈比硫酸除锈快,可以省时。盐酸的常用浓度为5%~15%,工作温度为室温,超过40℃会逸出氯化氢,造成酸的损耗,并有害人体健康。由于盐酸也能引起氢脆并溶解基体金属,故必须使用缓蚀剂,酸液中溶解铁量增至100~120g/L时,为保持酸洗能力,需追加酸量。

3) 磷酸法 磷酸对锈的作用比较缓和,对钢铁的腐蚀作用也较弱,故一般可不加缓蚀剂而进行除锈。此外,因作用后在表面形成一层磷酸盐钝化膜,也可起到防锈作用。磷酸用于酸洗时,常用浓度为15%~20%,温度为40~80℃。酸液中铁离子溶解度小,为40~50g/L。到达此限度的酸液已无使用价值,需要更新。

磷酸酸洗作用较慢,一般用于除薄锈,不用于除氧化皮,并由于它的价格较硫酸、盐酸高得多,故虽有不少优点,但酸洗时并不常用,一般只用于要求较高的精密钢铁制件的除锈。

渗氢问题在磷酸酸洗中很小,可不用考虑。

4) 化学除锈膏法 在化学除锈酸液中加入一些惰性填料如白土、硅藻土等配制成半流动状的稠厚膏体,使用于不便浸泡入酸液槽中的大型部件上除锈,或部件的局部除锈。除锈膏中使用的酸亦包括硫酸、盐酸、磷酸或混合酸,亦加入酸洗缓蚀剂等。配成的膏体于常温涂覆在部件上,涂覆厚度约为1~5mm,经一定时间作用后检查,如锈未除尽,将膏体翻动待锈除净。除锈后铲去除锈膏,用清水洗净,再用洗涤剂擦洗(pH9~10)操作要紧凑以免再度生锈。

1.3.3 化学除锈时常用的酸洗缓蚀剂

为了避免化学酸洗除锈时,一些酸对基体金属的腐蚀,和钢铁产生氢脆,在酸液中必须添加酸洗缓蚀

剂。在工业中应用的酸洗缓蚀剂多采用有机工业中的副产品。常用的酸洗缓蚀剂的名称、组成、性状见表4-1-7。

表 4-1-7 酸洗缓蚀剂的名称、组成、性状

名 称	组 成	性 状	备 注
ΠB-5 缓蚀剂	苯胺与六次甲基四胺缩聚物	棕黄色液体	由六次甲基四胺:水:冰醋酸:苯胺=20:4:1:80(重量比),混合均匀后,加热煮沸45min得成品,常用于盐酸酸洗,用量0.4%,在50℃使用,缓蚀效率高
54 牌缓蚀剂	二邻甲苯基硫脲		适用于黑色金属,缓蚀效率在 H_2SO_4 中可达95%,在HCl中可达60%,用量为0.2%~0.4%
若丁	二邻甲苯基硫脲25%,氯化钠15%,糊精20%,皂角粉5%	黄色粉状物	常用于硫酸酸洗除锈,有效用量为0.3%~0.4%
沈1-D 缓蚀剂	苯胺与甲醛的缩聚物	同上	苯胺、甲醛按3:1(重量比)称量,将甲醛缓慢加入苯胺中,反应温度应控制在60℃以下,搅拌0.5h,待反应完毕后,降至40℃,静置1h,除去上面清液即可,此缓蚀剂应随用随配,以免产生树脂
AN 缓蚀剂	十八烷胺与七个分子环氧乙烷的聚合物	淡黄色稠粘半固体, pH 值为7~8,凝固点为1℃,分解温度为300, H·L·B 值为9	十八胺在氢氧化钠作催化剂条件下,与环氧乙烷缩合
页氮	含氮的杂环化合物	黄色粘稠状的液体,带吡啶臭味	页氮是轻柴油(油页岩中产品)经硫酸酸洗、分离出酸渣后再经蒸馏分离出稀酸水(含酸15%~20%、含油30%),将此酸水再用碱(10%氢氧化钠)中和,二次分离出的酸渣即为页氮
1227 表面活性剂	十二烷基二甲基苄基盐酸季胺盐,活性物含量大于40%,其余是水,含量若大于98%的称为洁尔灭	无色至微黄色透明粘稠液体, pH 值为6.7~7.0,稍有芳香味	为盐酸中有效的黑色金属缓蚀剂,缓蚀效率大于95%
LP 表面活性剂	十二烷基二甲基叔胺与三氯异丙醇的反应物	淡黄色透明粘稠液体	
779 缓蚀剂	洁尔灭50%、松香胺与醋酸复合物25%、松香胺环氧乙烷25%	黄至棕色透明粘稠液体	性能优于1227
KC 缓蚀剂	动物蛋白质及其水解产物	黄色粉状物	肉类加工的工业废料经硫酸磺化后的产品,在 H_2SO_4 中除锈用量约为3~5g/L
1017 缓蚀剂	多氧烷基咪唑啉油酸盐	棕黑色粘稠油状物,无刺激性气味	适用于氯化氢-硫化氢-水系统作缓蚀剂
兰-A 缓蚀剂	以植物油酸、苯胺、乌洛托品为原料缩聚而成的聚酰胺	棕褐色膏状物,有点腥味	适用于含酸性气体的盐水与烃系统作缓蚀剂

(续)

名 称	组 成	性 状	备 注
7019 缓蚀剂	蓖麻酰三乙酞四乙稀五胺	深褐色带萤光粘稠物,密度 1.033 略带气味	适用于氯化氢-硫化氢-水系统作缓蚀剂
1901 缓蚀剂	二甲基吡啶,四甲基吡啶等混合物	黑褐色流动性液体,有相当吡啶臭味,密度为 0.96,沸点为 60~180℃	为某些药厂副产品,即四甲基吡啶釜残
乌洛托品	印六次甲基四胺	白色结晶	用 5 份 40% 的甲醛溶液,加到 25% 的工业氨水中,不断搅拌下反应即得 20% 的产物溶液,盐酸和硫酸中用量为 0.5%~3%

1.3.4 化学除锈的工艺和配方

对金属制件化学除锈的工序一般为:除油→热水洗→冷水洗→除锈→中和→流动水洗→钝化→干燥→油封防锈。

在腐蚀的金属制件表面上如有油脂会妨碍酸液在金属表面的浸润,使制件表面与酸接触不好,故一般酸洗前要先除油,在酸洗完成后应立即用清水充分冲洗,再用 3%~5% 的碳酸钠水溶液进行中和,然后用水洗

至中性,最后迅速干燥并油封防锈,如用水剂防锈则不必干燥。

全部工序必须连续进行,中间不得停顿,否则会影响除锈的质量和效果。

一些黑色金属、有色金属及其组合件的除锈液的典型配方见表 4.1-8~表 4.1-12,除锈膏配方见表 4.1-13。

表 4.1-8 黑色金属(钢铁制件)的除锈液

酸类别	配 方	处理温度	处理时间	简 要 说 明
硫酸法	硫酸(密度 1.84g/cm ³) 5% 若丁 0.2%~0.4% 水 余量	70℃	完成除锈为止	用于钢铁制件除锈
	硫酸(工业纯) 18%~20% 食盐 4%~5% 硫酸 0.3%~0.5% 水 余量	65~80℃	20~40min	用于钢铁件大块锈的除锈
	硫酸(工业纯) 65mL 缓蚀剂(五四牌) 3~10g 水 1L	50~80℃	10min 左右	用于形状简单的构件
盐酸法	盐酸(密度 1.19g/cm ³) 10% 缓蚀剂(NE-5) 0.8% 水 余量	室温	5~15min	用于尺寸要求不严的钢铁制件的除锈,除锈后表面较光泽
磷酸法	磷酸(工业纯) 2%~15% 水 余量	60℃	30~60min	处理后表面色泽不均、适于油漆前处理
	磷酸(密度 1.71g/cm ³) 480mL 丁酮或丙酮 500mL 对苯二酚 20g 水 2~2.5mL	室温	数十秒至数分	除锈快,超过 5min 后基体金属受腐蚀变黑
	磷酸(密度 1.71g/cm ³) 550mL 丁醇 50mL 乙醇 50mL 对苯二酚 10g 水 250mL	室温	10s 至 30min	同上

(续)

酸类别	配 方	处理温度	处理时间	简要说明
混 合 酸	盐酸 13%	85℃	完成除锈为止	适用于含铬、镍、钼的合金钢
	硫酸 4%			
	硝酸 9%			
	水 余量			
	硝酸 40%	室温	30~50min	适用于不锈钢
	硫酸 10%			
	氢氟酸 10%			
	水 余量			
铬 酸 — 磷 酸 法	硫酸 10%	70~80℃	完成除锈为止	适用于含钼合金钢
	氢氟酸 10%			
	水 余量			
	磷酸 60~70mL	90~100℃	10min 到数 h	适用于钢制精密件, 对基体金属 腐蚀很小
	铬酐 200~250mL			
	水 余量			
	磷酸 100g	85~95℃	20~25min	适用于钢精密制件, 也可作为钢 制件的除锈
	铬酐 180g			
	乌洛托品 3~5g/L			
	水 余量			

表 4.1-9 铜和铜合金用除锈液

配 方	处理温度	处理时间	简 要 说 明
硫酸 (密度 1.84g/cm ³) 100mL 水 900mL	室温	数分至 30min	对基体金属腐蚀不大, 但除锈后常留有痕迹
草酸 10% 水 90%	室温	8~9min	适用于铍青铜
硫酸 (密度 1.84g/cm ³) 30mL 铬酐 90g 氯化钠 1g 水 1L	室温	1~1.5min	有除锈和钝化作用, 但处理时间过长时能溶解基体金属, 不适用于铍青铜
硫酸 (密度 1.84g/cm ³) 160g 重铬酸钾 50g 水 1L	室温	数分至数十分	对基体金属腐蚀不大, 除锈后表面较净
磷酸 (密度 1.71g/cm ³) 80mL 硫酸 (密度 1.84g/cm ³) 10mL 硝酸 (密度 1.39g/cm ³) 20mL 铬酸 55g 水 200mL	15~30℃	20~60s	适用于精密铜制件的除锈, 对铜基体金属腐蚀不大
硫酸氢钠 100g 水 1L	室温	1~30min	不适用于铍青铜

表 4.1-10 铝与铝合金用除锈液

配 方		处理温度	处理时间	简 要 说 明
铬酐	80g	室温 (10~35℃)	1~10min	1. 不能除重锈, 对基体金属腐蚀不大, 除锈后金属上有灰绿色膜 2. 适用于铝合金
磷酸 (密度 1.71g/cm ³)	200mL			
水	1L			
硝酸 (密度 1.39g/cm ³)	5%	室温	数分至 10min	1. 适用于一般铝制件和含铜量较高, 尺寸不严的铝合金 2. 对基体金属腐蚀
重铬酸钾	1%			
水	余量			
铬酐	65g	60~70℃	0.5~2min	铬酐也可用硝酸氢氟酸代替, 当用氢氟酸时, 可作为含硅、镍的铝合金除锈
硫酸	350g			
水	1L			
磷酸 (85%)	100mL	室温	除净为止	除锈后表面较光泽
丁醇	400mL			
异丙醇	300mL			
水	200mL			
苛性钠	30~50g	10~35℃	1~5min	能除重锈, NaF 能加快铝合金除锈速度和增加表面光泽
氟化钠	5~10g			
水	1L			
铬酐	50~100g	15~30℃	1~5min	用于铝合金精密件, 也能除重锈, 又有氧化作用, 并使金属生成一层灰绿色膜
磷酸 (密度 1.71g/cm ³)	150~200mL			
NaF	4~8g			
水	1L			

表 4.1-11 铜与某些有色金属组合件用除锈液

配 方		处理温度	处理时间	简 要 说 明
磷酸	80~120g	80~90℃	10~30min	适用于表面粗糙度低, 要求精密的铜-铜组合件除锈
铬酐	160~200g			
水	1L			
硝酸	5%	10~35℃	1~1.5min	适用于无深孔的铜-铜组合件除锈。除锈后用 2% 碳酸钠水溶液中和 2min, 再用水冲洗, 擦干即可封存
磷酸	5%			
铬酐	10%			
重铬酸钾	3%			
水	余量			
磷酸	55%	室温	10~30min	适用于铜-铜-铝组合件的除锈
乙醇	15%			
丁醇	5%			
对苯二酚	1%			
水	余量			

表 4.1-12 其他有色金属合金制件用除锈液

合金	配 方	处理温度	处理时间	简 要 说 明
镁合金	铬酐	室温	8~10min	提高温度, 可缩短除锈时间
	水			
	磷酸	15~30℃	15~20min	先用冷水冲洗, 再用热水冲洗
	硅酸钠			
	水			

(续)

合金	配 方	处理温度	处理时间	简 要 说 明
镍合金	硫酸 10% 水 90%	15~30℃	1~3min	适用于钢镀镍, 先用冷水冲洗, 再用热水冲洗
	盐酸 50% 水 50%	15~30℃	1~3min	先冷水冲洗后, 再用热水冲洗
	磷酸 45%~60% (体积比) 硝酸 8%~15% 硫酸 15%~25% 水 10%~12%	60~90℃	1~3min	适用于尺寸要求不严制件的光亮处理
锡合金	盐酸 50% 水 50%	15~30℃	8~10min	适用于钠镀锡
	盐酸 50% 硅酸钠 0.5% 水 余量	15~30℃	8~10min	
锌合金	醋酸铵 65% (重量比) 水 35%	80℃	约 10min	适用于锌合金及铁镀锌
	铬酸 20% 水 80%	95℃至沸	2~10min	适用于锌合金及镀锌零件, 除锈后需进行钝化
镉合金	醋酸铵 65% 水 35%	室温	≈10min	适用于镉合金及镀镉零件
	饱和氯化铵	50~60℃	除净为止	适用于铁镀镉

表 4.1-13 化学除锈膏的配方

配 方	处理温度	处理时间	简 要 说 明
盐酸 (1.19g/cm ³) 40% 乌洛托品 2% 水 58% 细锯末 适量 耐火泥 适量	室温	20~60min	适用于黑色金属板材的除锈 1. 配制法: 先将 HCl 加入水中再加其他 2. 膏层涂于锈处, 厚 1~5mm
氧化铝 (抛光粉) 15% 淀粉 30% 草酸 15% 硫脲 1% 乌洛托品 1% 蒸馏水 38%	室温	≈30min	适用于钢-铜组合件的除锈 配制法: 先将氧化铝和淀粉用水混合搅匀, 在 100℃煮成糊后再加其他, 再搅拌 30min, 冷却后备用
磷酸 85% 铬酐 15% 水 76.5% 白土 适量	30℃	20~60min	适用于钢-铜组合件的除锈
盐酸 5% 磷酸 20% 硫酸 40% 乌洛托品 0.80% 三氧化二砷 0.09% 水 35% 白土 适量	室温	20~60min	适于对精密度要求不高的黑色金属的除锈 配制法: 先将酸慢慢加入水中, 再加乌洛托品及其他

(续)

配 方	处理温度	处理时间	简 要 说 明
硝酸 150~200g 重铬酸钾 15~20g 水 1L 硅藻土 适量	15~30℃	除净为止	适用于铝合金的除锈

1.3.5 电化学除锈法

电化学除锈是把被除的金属制件置于电解液中借直流电使之发生电化学作用以除去锈蚀产物的方法。与化学法比较,它具有很多优点。如:电化学法更不易腐蚀基体金属,以及除锈后可得到光泽、牢固的钝化金属表面。电化学法主要用于较大钢制件的除锈,如大型零部件、容器内表面、船舶内表面、船体和大型钢板除锈等。电化学除锈有以下两种方法:

(1) 阳极法除锈

把除锈制件放在电解液中作为阳极,当通上直流电时,金属溶解,在阳极产生的氧气的机械力,促使锈层分离脱落。此时,由于阳极在电解液中被腐蚀。因此当制件上的锈被除去的同时制件基体也难免遭到腐蚀,除非用较大的阳极电流密度使金属建立钝态才可

避免腐蚀,故此法很少采用。

(2) 阴极法除锈

电化学除锈主要用阴极除锈法。将除锈制件作阴极,在酸性或碱性溶液中进行电解处理。在阴极上产生的氢气,可使锈层剥离,阴极金属是不会溶解的,但如果使用酸性溶液除锈时,一旦停止通电金属基体就有被腐蚀的危险。因此要避免在不通电时将制件浸入溶液。最好在酸液中也加入酸洗缓蚀剂。如果使用碱性溶液作电解液,一般不通电时,锈层和基体金属均不会溶解。因此对于大型部件或容器内壁作阴极除锈,均宜采用碱性溶液。但由于阴极除锈时阴极上有氢气产生,为避免氢脆之患,一般仍要使用缓蚀剂。

表 4.1-14 列出几种常用的阴极电化学除锈法的成分和规范。

表 4.1-14 阴极法除锈时使用的配方与规范

配 方	操 作 规 范				简 要 说 明
	温度/℃	电压/V	阴极电流密度/A·dm ⁻²	时间/min	
盐酸 20~35g/L 硫酸 120~160g/L	50~70	5~7	2~10	4~7	以碳棒为阳极零件为阴极、适用于黑色金属精密件除锈
苛性钠 5%~10% 水 95%~90%	室温	6~12	2~10	1~5	以铁块为阳极(外包帆布)零件为阴极,适用于钢铁精密件除锈

(3) 电极法除锈

对一些大型设备的锈蚀,考虑到拆卸后有损精度,就必须采用局部除锈法,即在大型设备的某一锈蚀部位局部除去锈点或锈斑。工作时直流电源(蓄电池)的阴极与试件相连接,阳极接在除锈电极上。除锈电极以普通碳素钢制成,附木柄以便持取,电极外缠棉织物,在其上浸透电解液。除锈时,将缠有棉织物(厚布)的电极移至锈蚀处,在通电情况下在锈面上往复擦拭,对锈面作阴极除锈,直至锈被除去为止。一般电解液配方为:5%的氢氧化钠水溶液。工作规范:电压12V,电流6A/dm²(视电极大小而不同,电解液温度为室温。锈点除去后,应立即将表面附着的氢氧化钠与铁锈残物清洗干净,并进行干燥和防锈。

此法装备简单轻便,除锈效率高,不损伤基体金属,适于大型制品局部除锈,或容器内壁除锈,特别适

于现场除锈。

(4) 联合处理法除锈

联合处理是在同一槽中加入除油剂(乳化剂)、除锈剂(各种酸液)、钝化剂(重铬酸盐、钼酸盐等)以及磷化剂(可溶性磷酸盐)等,同时进行“二合一”(除油-除锈)或“四合一”(除油、除锈、钝化、磷化除锈的工艺)。

上述这一联合表面处理工艺已在机械工业中逐渐推行,因它不但减少了工序,而且也可减少设备,实现机械化与自动化,大大地提高劳动生产率。但由于联合工艺要考虑的因素很多,目前现有的配方,仅适用于轻锈、轻油制件的处理,对于重锈、氧化皮及重油脂的处理效果不好,有待于进一步的研究开发。

现列举“二合一”和“四合一”两个典型例子见表 4.1-15。

1.3.6 各种金属化学除锈方法 (表 4.1-16)。

表 4.1-15 联合(除油、除锈、钝化、防锈)表面处理液

配 方	/g · L ⁻¹	处理温度/℃	处理时间/min	简 要 说 明
硫酸	200~250	60~65	40~90	黑色金属除油-除锈“二合一”处理剂
OP 乳化剂	6~8			
硫脲	3.5			
磷酸(密度 1.66)	110~250	<70	5~15	黑色金属除油-除锈-钝化-磷化“四合一”处理剂
烷基苯磺酸钠	20~40			
氧化锌	30~50			
硝酸锌	150~170			
氯化镁	15~30			
酒石酸	5~10			
重铬酸钾	0.2~0.4			
钼酸铵	0.8~1.2			

表 4.1-16 各种金属化学除锈方法

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、硫脲等)适量。工作温度 65℃ 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零件的电解除锈: H_2SO_4 (1.84) 4.75g/L, HCl (1.19) 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 65~80℃。锈除掉后, 新表面上即镀上铅或锡, 最后可在温度 93℃ 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℃ 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. 碱液电解除锈的零件作阴极, 槽作阳极, 在 NaOH 液中, 可加螯合剂, 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 82~93℃ 2. 氢氧化钠浴处理, 含有 NaOH 75%~2.5% 的 NaOH 浴, 在 399℃ 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 $\text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{F}_2$ 处理 3. 氧化盐浴处理, 温度在 480~540℃ 间, 处理时间 15min, 淬后再进行 H_2SO_4 或 $\text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{F}_2$ 处理 (此法对铝、不锈钢较有效)
钛合金	氧化盐浴处理, 应在 510℃ 内, 淬后, 继以酸浸 HNO_3 (1.42) 10%, H_2F_2 (1.20) 0.25%、1.5s
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)
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℃, 浸 1~15min 2. 去除失泽层后, 可在 HNO_3 40%、H_3PO_4 30%、CH_3COONa 20%、NaCl 1.0% 的 66℃ 液中, 浸 4min
镍及其合金	去除镍上薄的氧化层, 可在 HNO_3 (1.36) 2.25L、 H_2SO_4 (1.84) 1.50L、 NaCl 30g 液中浸几秒钟, 继以热水洗, 如有残酸, 以氨水中和
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 1min, 铸件则到气体开始产生为止

(续)

基体材料	化学除锈方法
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, 65℃去锈 1~3min, 经洗净后, 在浓硝酸 (1.42) 中浸 10~15min 2. 铸造合金在 HNO_3 (1.42) 中, 室温下浸 10~15s → 中间洗净 → 在 45g/L 的 NaOH 液中, 60~70℃浸 10s → 在 HNO_3 (1.42) 3 份、H_2F_2 (1.19) 1 份混合酸中, 室温下浸 3~5s → 中间洗净 → 在 HNO_3 (1.42) 中, 室温下浸 10~15s 3. 富硅铸造铝合金在 CrO_3 35g/L、H_2SO_4 (1.84) 172g/L 液中, 65℃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℃下处理 1min
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。铸件也可以 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, 压铸件在铬酸浓 HNO_3 及 H_2F_2 中除去铸皮

2 清洗

2.1 概述

金属制品在制造加工过程中, 工序间, 热处理后, 抛光后和装配过程中以及进行封存包装前, 除了不允许有锈蚀外, 均需进行仔细的清洗。若制品表面附着各类污物便进行油封包装或其他封存, 由于潜伏了生锈的因素, 即或使用高质量的防锈材料和包装材料, 仍免不了会生锈。

金属表面的附着污物大体分水溶性和非水溶性两大类。水溶性污物包括热处理残盐、焊药、手汗等, 非水溶性污物如机械油、润滑脂、皂类及各种工艺用油脂等。另外还有切屑、磨料、灰尘以及铁锈、氧化皮等难溶物质。

因此, 清洗要按其表面附着的污物的性质和种类, 以及对清洗质量的要求不同, 分别采用不同的清洗材料和清洗方法。

通常使用的清洗材料可分为石油系溶剂(汽油、煤油、柴油等)、卤代烃溶剂(三氯乙烯、四氯化碳等)、强碱性和弱碱性清洗用水溶液和非离子型表面活性剂清洗用水溶液(乳化液)等几类。

清洗工艺包括采用机械的或手工操作的浸洗、刷洗或擦洗(批量小的用手工, 数量多批量大的宜用机械化、自动化, 加温清洗), 高压喷洗、超声波清洗(利用超声波振荡作用使污物从金属表面除去)、蒸气清洗(用溶剂如三氯乙烯蒸气在金属表面上冷凝成液体, 液体流淌时带下污物)、电解清洗(利用金属表面电化学反应生成气体, 气体自表面逸出时, 使污物从表面剥

离)等。

通常为了清洗油脂一类的油溶性污物可采用溶剂、乳剂以及加有表面活性剂的碱性化学水溶液或卤代烃溶剂进行浸洗或喷洗。要清洗磨料、切屑、灰尘一类固体污物时, 则主要依靠喷洗、刷洗或超声波等方法来除去。要清除铁锈、氧化皮一类附在表面的难溶物质时, 可采取酸洗除锈或喷砂、喷丸、滚桶、抛光等(如上节除锈所述)。水溶性污物则宜选用水溶液来清洗。对那些带磁性的钢件, 在清洗前还应在退磁机上退去磁性, 否则它沾附的磨屑很难被洗下来。

金属表面往往几种类型的污物共存在一起, 如灰尘常与油脂粘在一起, 盐浴处理后用油淬火, 残盐与油共存。另外有些研磨膏、老化了的油脂、沥青、硫化油等粘附在金属表面上, 必须使用几种清洗复合, 或作多次清洗才能去除。通常油溶性和水溶性污物共存时, 可第一步先洗净油脂, 第二步再洗掉其他污物。清洗后的产品应因地制宜地选用适当的干燥方法进行干燥后再防锈。

2.2 清洗方法分类法

目前清洗方法的种类及其适用要点见(表 4.1-17)。

2.3 清洗材料分类法

2.3.1 石油溶剂清洗法

石油溶剂清洗的材料、配方、性能、用途及使用条件见表 4.1-18。

2.3.2 氯化碳氢溶剂清洗法(见表 4.1-19)

几种卤代烃清洗剂的质量要求见表 4.1-20。

表 4.1-17 清洗方法的种类和要求

代号	方法名称	适用要点
X-1	任意方法	只要不损伤产品,用下面规定以外的任意方法,由供需双方协定,只要能达到使产品清洁干净即可
X-2	石油溶剂清洗	(1) 在室温下,将产品全浸或半浸,或在溶剂中振动、刷洗或擦洗,也可用压力喷射溶剂清洗,溶剂采用符合 GB1922-88“溶剂油”或 GB1789-88“航空洗涤汽油” (2) 当不采用干净的溶剂作压力喷射时,一般用两槽以上的清洗,最后一槽必须是干净溶剂 (3) 溶剂清洗主要用于除去矿物性油脂,洗涤时要注意安全,要防火,并防止金属表面凝露
X-3	溶剂蒸气清洗	将产品或零件置于溶剂蒸气的作用下,直至不再有溶剂冷凝产生为止。常用的溶剂有三氯乙烯、四氯乙烯、二氯甲烷、三氯三氟乙烷、甲基氯仿等 本法适用于除去油脂状污物,不适用于除去无机盐和清洗时与溶剂蒸气反应的制品和复杂的精密制品
X-4	除手印和汗渍的溶剂清洗	产品或零件经石油溶剂清洗后再用能通过 SH0367-92“置换型防锈油”人汗洗净性能试验方法的溶剂或洗净油清洗,也可在 X-2 清洗溶剂中添加 5%~20%符合 SH0367-92 的置换型防锈油进行浸洗、摆洗或刷洗
X-5	水蒸气清洗	将材料或产品置于加有缓蚀剂的水溶液的蒸气气流中,靠气流的作用进行清洗,所用的水蒸气不能对被清洗的材料引起腐蚀。本方法仅适用于简单、大型的产品或材料
X-6	水剂清洗	将产品或材料置于以表面活性剂为主的水基清洗液中,这种清洗对去除矿物油污的性能较好,但对于高精度、精密产品要慎重
X-7	碱液清洗	碱液清洗实质上也是水剂清洗剂清洗的一种,是使用较早,较经济的清洗方法。不含或只含少量表面活性剂,以大量无机盐和碱为主,它的碱性偏高,主要作用是使动、植物油皂化,从而除去油污起到清洗效果。清洗时将产品置于碱性清洗液中浸洗或压力喷射,洗后在 70~80℃ 清洁水中充分漂洗
X-8	乳剂清洗	将产品置于由溶剂、表面活性剂和水组成的乳剂清洗液中,靠乳化作用进行浸洗或喷淋冲洗
X-9	电化学清洗	将产品浸入电解水溶液中作为电极,在电化学作用下除去附着的污物,然后在 60~80℃ 以上的净水中充分漂洗
X-10	脱水剂清洗	将产品置于脱水剂中,所用脱水剂一般是用溶剂稀释 12~14 倍的脱水防锈油,以置换产品表面的油污、汗渍和水膜,达到产品清洁的目的。主要用于薄油膜存在的产品在 X-5、X-6、X-7、X-8、X-9 清洗方法后
X-11	喷砂清洗	将产品置于高速研磨剂喷射下,达到清洗的目的
X-12	液体研磨	用加有细小磨料和缓蚀剂的水,高速喷射清洗
X-13	超声波清洗	将产品浸渍于水剂清洗液或溶剂中,使用超声波进行清洗,适用于精密中、小件的清洗

2.3.3 碱性清洗液清洗法 (表 4.1-21)

2.3.4 含表面活性剂的清洗液清洗

表面活性剂是一种有机化合物,当它添加到液体中就能降低液体的表面张力,因而使液体产生润湿、渗透、乳化、去污、发泡等一系列的表面活性。通常把表面活性剂分成阳离子型、阴离子型、非离子型、两性离子型四类。

(1) 阴离子型

1) 羧酸皂类; 2) 烷基硫酸盐; 3) 烷基磺酸盐; 4) 烷基苯磺酸盐。此类表面活性剂溶于水可发生电离,起表面活性作用的是其阴离子部分。

(2) 阳离子型

1) 伯、仲和叔胺的盐类; 2) 季胺盐类; 3) 其他含氮化合物。在水中电离后,阳离子起表面活性作用。

表 4.1-18 石油溶剂清洗法

材料及配方	性能及主要用途	清 洗 工 艺
汽油(常用为 200 号工业汽油,也有使用 120 号或 160 号汽油) 含铅燃料汽油不能用作清洗剂	汽油易挥发,易燃,去除油脂的能力强,是最常用的清洗材料,用于钢、铁及有色金属产品的清洗。清洗后工件表面由于汽油挥发而吸收热量,工件表面温度下降,湿度大的天气会发生凝露,引起锈蚀。防止方法可在最后一次清洗用汽油中加入少量(2%~3%)的置换型防锈油,提高其防锈能力。清洗后的脏汽油应及时过滤和更换,操作前可涂上一层“液体手套”以保护皮肤	一般用浸洗、擦洗方法。大批生产用 200 号汽油在清洗机中自动喷洗。清洗次数由 1~2 次到 3~4 次按情况和要求而定 精密产品清洗可采用以下工艺: 1) 用含 2% 的 201 防锈油的汽油浸洗; 2) 汽油清洗; 3) 无水乙醇洗; 4) 汽油清洗(装前清洗和成品清洗)
煤油或轻柴油	易燃,挥发性没有汽油大,挥发后,常留有微量油迹,用于一般产品清洗	可用浸洗、喷洗等方法
含添加剂的汽油: 石油磺酸钠 1% 司本-80 1% 十二烷基醇酰胺 1% 1% 苯骈三氮唑酒精溶液 1% 蒸馏水 2% 200 号溶剂汽油 余量	易燃,比汽油清洗能力强,对于汗、无机盐、油脂能去除。无需再加置换油,即对钢、铜合金等有短期防锈作用。主要用于精密产品的超声波清洗	精密产品超声波清洗,使用超声波清洗机。主要工艺如下: 1) 先用 200 号汽油浸洗一遍 2) 再用 200 号汽油在超声波机上清洗一次 3) 最后用 200 号汽油清洗一次(装前清洗用)

表 4.1-19 氯化碳氢溶剂清洗

材料及配方	性能及主要用途	清 洗 工 艺
三氯乙烯(工业用加入 0.1%~0.2% 稳定剂如二乙胺、三乙胺、吡啶、四氢呋喃等)	沸点低,易挥发,无燃烧性,不与空气形成可燃性混合气体,但有一定的毒性,须通风(大气中允许浓度为 50mg/m ³),除油脱脂能力极强,适用于钢铁除油脱脂。如钢材启封除油、忌油产品清洗,是经济的清洗方法	多利用三氯乙烯清洗机进行清洗。清洗机分单槽式,两槽式及三槽式等。一般钢铁零件在清洗机的气相区清洗 5~8min,直至溶剂的蒸气不在零件表面进一步凝缩为止即可去除油脂。多槽式用浸或喷 1~2min,后再经气相清洗 5~8min。三氯乙烯可蒸馏回收继续使用
四氯化碳	有强脱脂能力,常用于数量不多的零件除油,如忌油产品的零件	冷浸洗、擦洗。清洗后立即擦干,防止凝露影响表面质量

表 4.1-20 几种卤代烃清洗剂的质量要求

名 称		三氯乙烯 CHClCCl ₂	四氯乙烯 Cl ₂ CCCl ₂	二氯甲烷 CH ₂ Cl ₂	三氯三氟乙烷 CCl ₂ FCClF ₂	甲基氯仿 CH ₃ CCl ₃	四氯化碳 CCl ₄
物 理 特 性	沸点/℃	87	121	40	47.7	74	76.8
	蒸发潜热	57.7	50.1	78.7	35.1	53.2	46.5
	比热容 (20℃) /J·(kg·K) ⁻¹	0.227	0.205	0.280	0.22	0.255	
	蒸气密度 (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 10 ⁻⁶		100	100	500	1000	350	10