



金属 加工过程中的 清洗与防锈

JINSHU JIAGONG GUOCHENG ZHONG DE QINGXI YU FANGXIU

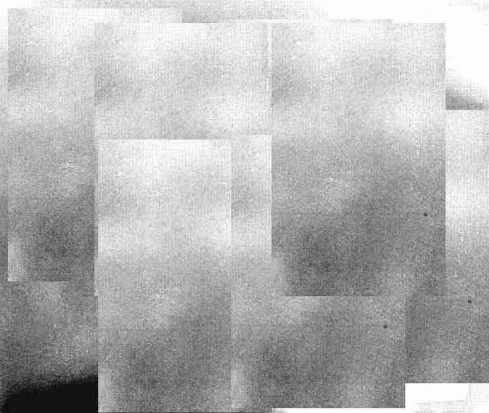
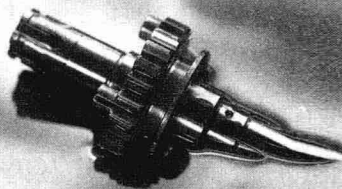
王毓民 王恒 编著



化学工业出版社

金属加工过程中的 清洗与防锈

王毓民 王恒 编著



化学工业出版社

· 北京 ·

本书以金属加工中所需清洗材料与防锈措施为主线,详细介绍了金属清洗剂的种类、性能、清洗方法、清洗设备以及金属防锈切削液的配制、工序间及成品防锈工艺要求等内容。

在金属清洗材料方面,用较多篇幅介绍新近开发和正在有效应用的各种清洗剂,特别是既节约能源、有利于环保而清洗效果又好的水基清洗剂;在防锈方面,重点介绍对产品质量影响较大而工作量又繁重的中间防锈,包括防锈切削液的选用、防锈工艺要点等。

本书可作为企业中从事机械加工、润滑技术人员、大专院校机械加工及相关专业师生的参考书,也可供从事金属清洗剂和防锈材料研发、销售人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

金属加工过程中的清洗与防锈/王毓民,王恒编著.

北京:化学工业出版社,2009.1

ISBN 978-7-122-03980-4

I. 金… II. ①王…②王… III. ①金属-清洗②金属-防锈 IV. TG17

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第164412号

责任编辑:邢 涛

文字编辑:冯国庆

责任校对:郑 捷

装帧设计:关 飞

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印 装:北京市兴顺印刷厂

850mm×1168mm 1/32 印张11½ 字数320千字

2009年1月北京第1版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686)

售后服务:010-64518899

网 址:<http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:36.00元

版权所有 违者必究

前 言

金属的清洗和防锈是现代工业生产的一个重要环节。从金属原料入库和零件加工制造（包括冷、热加工）、产品装配组合及修理行业的分解、机械行业的维修及保养等都离不开清洗工序。同时，合理的清洗工艺可以有效地清除金属表面附着的各种污垢和杂质，从而大大减少金属的锈蚀和磨损。对于高、精、尖的产品，如电子工业、航空航天工业等，都有很高或特殊的清洗要求。清洗工艺选择与清洗工作质量的好坏，不仅涉及能源、技术安全、环境保护等重大问题，而且直接影响到产品的性能与质量。所以，清洗技术在一定程度上反映了一个企业的全面质量管理水平。

据统计，世界上冶炼得到的金属中有 $1/3$ 由于生锈而报废，许多精密仪器、设备也因腐蚀而运转不正常或停止运转。在金属加工过程中，金属材料受到大气中的氧、水分、润滑剂的氧化而生成的酸性成分及操作者手汗等的影响，产生锈蚀而使加工中的零部件报废，已是屡见不鲜的事实；由于受到粉尘、金属屑的影响而产生磨损、划痕也是十分普遍的。

本书详细论述了金属加工工艺中的两个难点——清洗与防锈，重点介绍了新近开发或正在有效应用的清洗剂、清洗方法、防锈剂的选用等内容，以求对企业提高产品质量、实现节能和环保、产品更新换代的攻关提供一些有益的帮助。

本书的第1章～第4章由王恒撰写，第5章～第7章由王毓民撰写，最后由王毓民统稿。

在本书的编写过程中，得到刘晶郁博士、武亚莉博士、仝秋

红博士、王向中博士等很多同志的大力协助，在此表示衷心的感谢。

书中不足之处，由衷地希望广大读者和专家提出宝贵意见。

王毓民

2008年9月

目 录

第 1 章 概述	1
1.1 金属加工工艺简介	1
1.1.1 金属塑性加工	1
1.1.2 金属切削加工	4
1.1.3 金属热处理加工	4
1.2 金属的腐蚀、锈蚀与防锈的基本概念	4
1.2.1 研究金属腐蚀的重要性	4
1.2.2 金属腐蚀	5
1.2.3 防锈技术的现状与发展趋势 (以汽车工业为例)	19
第 2 章 金属清洗剂	23
2.1 金属清洗剂的组成	24
2.1.1 水	24
2.1.2 有机溶剂	31
2.1.3 酸剂	44
2.1.4 碱剂	51
2.1.5 表面活性剂	57
2.1.6 防锈缓蚀剂	62
2.2 金属清洗剂的研制	64
2.2.1 水基型金属清洗剂	65
2.2.2 多功能金属清洗剂	78
2.2.3 新型无磷除油除锈水基金属清洗剂	84
2.2.4 去油、除锈、防锈磷化液	87
2.2.5 汽车节能型清积炭剂	90

第 3 章 污垢的分类与清洗原理	93
3.1 污垢	93
3.1.1 按污垢存在形状分类	94
3.1.2 按化学组成分类	94
3.1.3 按亲水和亲油性分类	95
3.1.4 按在金属表面存在的状态分类	95
3.1.5 按污垢与底物的结合情况分类	97
3.1.6 混合污垢及其他污垢	98
3.2 清洗原理	100
3.2.1 固体污垢的清洗原理	101
3.2.2 液体污垢的清洗原理	108
3.2.3 水介质中污垢的清洗原理	110
第 4 章 金属清洗工艺	112
4.1 金属材料的清洗	112
4.1.1 钢铁和不锈钢的清洗	112
4.1.2 有色金属的清洗	117
4.2 机械部件的清洗	119
4.2.1 脱脂清洗	119
4.2.2 去除指纹	121
4.2.3 去除积炭	121
4.2.4 表面涂层的剥离	122
4.3 金属加工各工序间的清洗	123
4.3.1 电镀前的预处理清洗	123
4.3.2 涂漆前预处理清洗	132
4.3.3 粘接预处理清洗	138
4.3.4 氧化铝膜预处理清洗	145
4.3.5 钢铁领域中的清洗	148
4.3.6 机械加工的中间工序、精加工与组装工序的清洗	154
4.3.7 搪瓷的预处理清洗	155
4.3.8 电子设备领域中的清洗	156
4.3.9 热处理操作中的清洗	159
4.4 清洗操作方法及设备	159

4.4.1	清洗工艺及设备设计的根据与要求	160
4.4.2	清洗工艺的分类及特点	160
4.4.3	干洗工艺及设备	161
4.4.4	超声波清洗	165
4.4.5	喷射清洗	173
4.4.6	电解清洗	180
4.4.7	浸泡清洗	184
4.4.8	溶剂蒸气清洗	188
4.4.9	高压水射流清洗	190
4.4.10	循环清洗工艺及设备	194
第5章	金属清洗剂的配制及应用	197
5.1	金属清洗剂的分类	197
5.2	水基金属清洗剂	198
5.2.1	通用型金属清洗剂	198
5.2.2	酸性金属清洗剂	205
5.2.3	碱性金属清洗剂	206
5.2.4	强碱性金属清洗剂	207
5.2.5	喷雾型金属清洗剂	208
5.2.6	浸渍性金属清洗剂	209
5.2.7	重垢金属清洗剂	210
5.2.8	低泡金属清洗剂	212
5.3	溶剂型金属清洗剂	212
5.3.1	煤油、三乙醇胺型	212
5.3.2	汽油、三乙醇胺型	212
5.3.3	煤油、油酸酯型	213
5.3.4	醚、汽油型	213
5.3.5	斯盘、汽油型	213
5.3.6	铝合金剂清洗	213
5.3.7	甲酯、轻馏分型	213
5.3.8	O/W 型	213
5.3.9	W/O 型	213
5.4	复合型金属清洗剂	214

5.4.1	苯磺酸、三氯乙烯型	214
5.4.2	苯磺酸、单乙醇胺型	214
5.4.3	聚氧乙烯醚、二甲苯型	214
5.4.4	聚氧乙烯醚、丁酮型	214
5.4.5	油酸、三乙醇胺型	214
5.4.6	聚氧乙烯醚、煤油型	214
5.4.7	斯盘、汽油型	215
5.5	各类金属用清洗剂	215
5.5.1	不锈钢清洗剂	215
5.5.2	黑色金属及制件去油清洗剂	219
5.5.3	铜金属清洗剂	222
5.5.4	铝金属清洗剂	227
5.5.5	镁金属清洗剂	231
5.5.6	锌金属清洗剂	233
5.5.7	银金属清洗剂	234
5.5.8	镍金属清洗剂	237
5.5.9	铬金属清洗剂	238
5.5.10	锡合金清洗剂	240
第6章	金属加工过程中常用防锈及包装材料	241
6.1	常用防锈材料	241
6.1.1	防锈水及其选用	241
6.1.2	防锈油脂及其选用	245
6.2	防锈包装材料	277
6.2.1	防锈包装材料的分级、分类	277
6.2.2	防锈包装材料的应用	278
第7章	金属加工过程中的防锈	283
7.1	产品设计中的腐蚀控制	283
7.1.1	环境条件	283
7.1.2	防腐蚀结构设计	290
7.1.3	材料选择	294
7.1.4	金属腐蚀与预防	305
7.1.5	表面防护	305

7.1.6 有效的防护包装	307
7.2 工序间防锈	309
7.2.1 工序间产生锈蚀的基本原因	310
7.2.2 预防工序间锈蚀的主要方法	310
7.2.3 工序间防锈一般要求	310
7.2.4 防锈处理的工艺要点	312
7.2.5 汽车生产工序间防锈的具体措施	316
7.2.6 中间库房防锈	321
7.3 机械制品防锈包装工艺技术条件举例之一——轴承	322
7.3.1 轴承防锈、包装工艺概要	322
7.3.2 工序间防锈的要求	323
7.3.3 清洗	324
7.3.4 防锈	324
7.3.5 内包装材料的分类及轴承对内包装的要求	327
7.4 机械制品防锈包装工艺技术条件举例之二——汽车	328
7.4.1 汽车备件防锈包装方法	328
7.4.2 防锈包装失败的原因分析	335
7.5 仓库防锈	336
7.5.1 露天库防锈工艺	336
7.5.2 库房防锈	338
7.6 锈蚀的鉴别与除锈	342
7.6.1 锈蚀的鉴别	342
7.6.2 除锈	345
参考文献	354

第 1 章

概 述

1.1 金属加工工艺简介

1.1.1 金属塑性加工

金属固态塑性成形过程简称金属成形过程，它是指在外力作用下，使金属材料产生预期的塑性变形，以获得所需形状、尺寸和力学性能的毛坯或零件的加工方法。

1.1.1.1 金属塑性加工分类

工业中实现质量不变的金属固态成形的方式多种多样，按金属固态塑性成形的方法分类，可分为轧制、拉拔、锻造、冲压、料板冲压、辊压、高能加工七个大类。通常轧制、挤压、拉拔主要是在各类型材、板材、管材、线材等工业上作为二次加工的原（材）料，其次也用来直接生产毛坯或零件，如热轧钻头、齿轮、齿圈、冷轧丝杆、叶片等。机械制造业中用锻造来生产高强度、高韧度的机械零件毛坯，如重要的轴类、齿轮、连杆类、枪炮管等。板料冲压则广泛用于汽车制造、船舶、电器、仪表、标准件、日用品等工业中。按金属塑性成形时的温度又可分为冷变形和热变形。

(1) 轧制 将金属通过轧机上两个相对回转轧辊之间的空隙，进行压延变形成为型材（如钢板、圆钢、角钢、槽钢等）的加工方法称为轧制，如图 1-1 所示。轧制生产所用坯料主要是金属锭，坯料在轧制过程中靠摩擦力得以连续通过而受压变形，结果坯料的截面减小，轧出的产品截面与孔隙形状和大小相同，但长度增加。

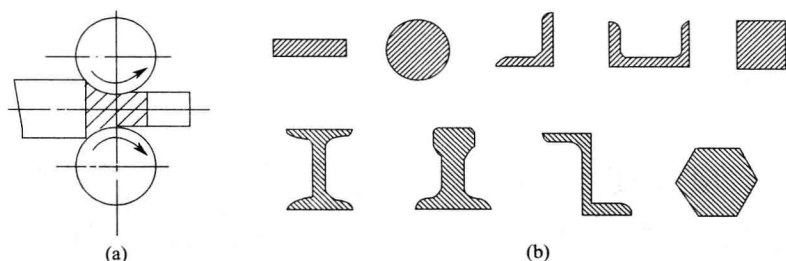


图 1-1 轧制示意图 (a) 和部分产品截面图 (b)

(2) 挤压 将金属置于一个封闭的挤压模内，用强大的挤压力将金属从模孔中挤出成形的方法称为挤压，如图 1-2 所示。挤压过程中金属坯料的截面依照模孔的形状减小，长度增加。挤压可以获得各种复杂截面的型材或零件。

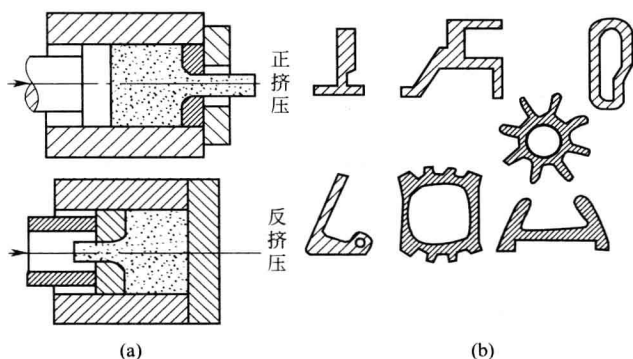


图 1-2 挤压示意图 (a) 和部分挤压产品截面图 (b)

(3) 拉拔 将金属坯料拉过拉拔模模孔，而使金属拔长、断面与模孔相同的加工方法称为拉拔。它主要生产各种细线材、薄壁管和一些特殊截面形状的型材，如图 1-3 所示。

(4) 锻造 锻造是利用锻压机械对金属坯料施加压力，使其产生塑性变形，以获得具有一定力学性能、形状和尺寸的锻件的加工方法。通过锻造能消除金属的铸态疏松、焊合孔洞，锻件的力学性能一般优于同样材料的铸件。机械中要求负载高、工作条件苛刻的

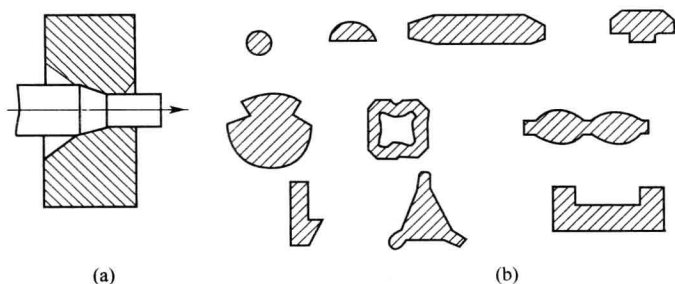


图 1-3 拉拔示意图 (a) 和部分拉拔产品截面图 (b)

重要零件，除形状较简单的可用轧制的板材、型材或焊接件外，多采用锻件。自由锻造是将加热后的金属坯料置于上下砧铁间受冲击力或压力而变形的加工方法，如图 1-4(a) 所示。模锻是将加热后的金属坯料置于具有一定形状的锻模模膛内，受冲击力或压力而变形的加工方法，如图 1-4(b) 所示。

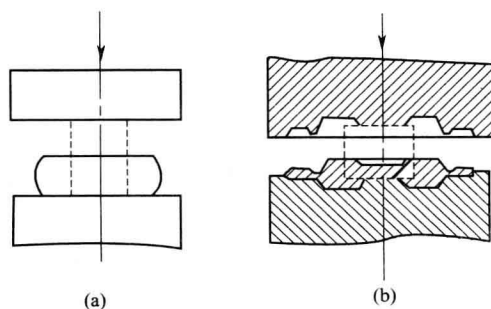


图 1-4 自由锻造 (a) 和模锻 (b) 示意图

(5) 板料冲压 使金属板料在冲压模之间受压产生分离或变形而形成产品的加工方法称为板料冲压，如图 1-5 所示。

1.1.1.2 金属塑性加工特点

塑性加工可以得到精度高、形状特殊、互换性好和重量轻、刚度好的零件。在大批量生产中，生产效率极高，成本可降到最低水平，因此在工业产品中大量采用塑性加工工件。

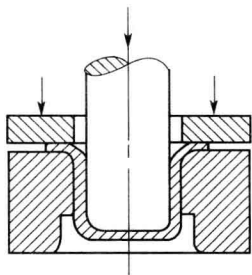


图 1-5 板料冲压

要实现金属材料的固态成形，必须要有两个基本成形条件，即：

- (1) 被成形的金属材料具备一定的塑性；
- (2) 要有外力作用于固态金属材料上。

1.1.2 金属切削加工

切削加工是机械制造中最主要的加工方法。切削加工是用切削工具，把坯料或工件上多余的材料层切去，使工件获得规定的几何形状、尺寸和表面质量的加工方法。任何切削加工都必须具备三个基本条件：切削工具、工件和切削运动。切削工具应有刃口，其材质必须比工件坚硬。不同的刀具结构和切削运动形式，构成不同的切削方法。

1.1.3 金属热处理加工

金属热处理是机械制造中的重要工艺之一，与其他加工工艺相比，热处理一般不改变工件的形状和整体的化学成分，而是通过改变工件内部的显微组织，或改变工件表面的化学成分，赋予或改善工件的使用性能。为使金属工件具有所需要的力学性能、物理性能和化学性能，除合理选用材料和各种成形工艺外，热处理工艺往往是必不可少的。钢铁是机械工业中应用最广的材料，钢铁显微组织复杂，可以通过热处理予以控制，所以钢铁的热处理是金属热处理的主要内容。另外，铝、铜、镁、钛等及其合金也都可以通过热处理改变其力学性能、物理性能和化学性能，以获得不同的使用性能。

1.2 金属的腐蚀、锈蚀与防锈的基本概念

1.2.1 研究金属腐蚀的重要性

金属材料是现代社会中使用最广泛的工程材料，在人类的文明

与发展方面起着十分重要的作用。人们不仅在工农业生产、科学研究方面用到金属材料，金属材料在日常生活中随处可见，无时无刻不在使用它。然而这些金属材料都会被损坏，其损坏的形式是多种多样的，最常见的是断裂、磨损和腐蚀三种形式。

腐蚀给人类社会带来的直接损失是巨大的。20 世纪 70 年代前后，许多工业发达国家相继进行了比较系统的腐蚀调查工作，并发表了调查报告。结果显示，腐蚀的损失占全国 GNP 的 1%~5%。这次调查使各国政府关注腐蚀的危害，也对腐蚀科学的发展起了重要的推动作用。在此后的 30 年间，人们在不同程度上进行了金属的保护工作。

在我国，金属腐蚀情况也是很严重的，特别是我国对金属的保护工作与发达国家相比还有一段距离。据 2003 年出版的《中国腐蚀调查报告》分析，中国石油工业的金属腐蚀损失约为 300 亿元人民币，这些数字都属于直接损失。如该报告中调查的山西某火电厂锅炉酸腐蚀脆爆的实例，累计损失达 15 亿千瓦·时的电量，折合人民币 3 亿元，而由于缺少供电量所带来的间接损失还没有计算在内。所以说，金属腐蚀的损失是很可观的，必须予以高度的重视。

1.2.2 金属腐蚀

1.2.2.1 金属腐蚀的分类及一般术语

“腐蚀”起源于拉丁文“Corrodere”，其含义是损坏或腐烂。金属及其所处的环境中，由于发生化学或电化学作用引起的破坏和变质称为金属腐蚀，其中也包括在力学因素作用下的腐蚀。

金属腐蚀分类见表 1-1。防锈、防腐蚀中一般术语见表 1-2。

表 1-1 金属腐蚀分类

按机理分	化学腐蚀	金属表面与环境发生化学作用而引起的,服从多相反应化学动力学的基本规律。如金属在高温干燥气体中或非电解质溶液中的腐蚀
	电化学腐蚀	金属表面与环境发生电化学作用而引起的,服从电化学动力学的基本规律。如金属在大气、土壤、电解质中的腐蚀

续表

按环境分	自然环境腐蚀	包括大气腐蚀、土壤腐蚀、微生物腐蚀、天然水(海水、湖水、河水)中的腐蚀
	工业环境腐蚀	通常包括金属在酸、碱、盐溶液中的腐蚀和各类工业水中的腐蚀
按腐蚀形态分	全面腐蚀	腐蚀分布于整个金属表面,致使金属由于腐蚀而在大范围内减薄
	局部腐蚀	腐蚀分布于局部区域内,即有选择的破坏现象,常见有电偶腐蚀、点腐蚀、缝隙腐蚀、晶间腐蚀、选择性腐蚀、丝状腐蚀
	在力学和环境共同作用下的腐蚀	这类腐蚀包括应力腐蚀断裂、氢损伤、腐蚀疲劳、磨损腐蚀

表 1-2 防锈、防腐蚀中一般术语 [摘自 JIS Z0103—1996 (2002 年确认)]

术 语	意 义	对应英文
腐蚀	金属与其周围环境物质发生化学或电化学侵蚀而使其材质劣化的现象	corrosion
锈	一般讲,锈是在铁的表面生成氢氧化物或氧化物为主体的化合物。广义上讲,将在金属表面的腐蚀生成物称为锈。参照腐蚀产物项	rust
耐蚀性	金属耐腐蚀的性质	corrosion resistance
防腐蚀	防止金属腐蚀	corrosion prevention corrosion protection
防锈	防止金属生锈	rust prevention
止锈	和防锈是同义语	rust prevention
暂时防锈	在作业、保管、运输等过程时的短期防锈	temporary rust prevention
阳极	电流从电极流向电解质,进行氧化反应的电极,称为阳极	anode
阴极	电流从电解质流向电极,进行还原反应的电极,称为阴极	cathode
标准电位序	将金属的标准电极电位按大小顺序排列。金属的离子化倾向及一部分非金属元素电化学的氧化反应倾向按大小顺序排列,也称电化学序	electromotive force series

续表

术 语	意 义	对应英文
腐蚀电位	被腐蚀的金属相对于参比电极的电位。自然状态下的腐蚀电位也称自然电位,将其按大小顺序排列称为腐蚀电位序	corrosion potential
防腐蚀电位	在电气防腐蚀中,为防止腐蚀所必需的电位值	protective potential
极化	金属和电解质溶液之间的电流引起金属电位发生变化的现象	polarization
参比电极	电极电位恒定的电极,金属的电位是用该极的电位与金属电位差表示 有氢电极、甘汞电极、氯化银电极和硫酸铜电极等,也叫基准电极	reference electrode
局部电池	由于金属方面或环境方面的不均匀性,在金属表面局部形成的腐蚀电池	local cell
宏观腐蚀电池	具有阴极和阳极明显区别程序的大小且位置固定的腐蚀电池、异种金属接触电池、浓差电池等均属于这类电池	macro-galvanic cell
浓差腐蚀	由于溶解氧浓度差异产生的电池所引起的腐蚀	differential aeration corrosion
活性态	金属与环境物质自由反应时溶解的状态	active state
不活性态	在金属电位十分小的场合,不产生腐蚀的状态	immunity inactive state
湿腐蚀	由于液态水的存在引起金属的腐蚀	wet corrosion
干腐蚀	不受液态水的作用,而与腐蚀性气体反应产生的金属腐蚀	dry corrosion
孔腐蚀	向金属内部任何方向进行的孔状局部腐蚀	pitting, corrosion
腐蚀速率	一定时间内产生在单位面积上的腐蚀量与时间相除求得的值	corrosion margin
腐蚀裕量	对金属制品,设想其在使用中由于腐蚀而造成损失的量而预先将其增厚的量	corrosion margin
大气腐蚀	在大气中引起的金属腐蚀	atmospheric corrosion
土壤腐蚀	在土壤中引起的金属腐蚀	soil corrosion
均匀腐蚀	在整个金属表面产生的均等腐蚀,也称全面腐蚀	uniform corrosion