

本书第一版深受广大读者欢迎,鉴于金属清洗技术的发展,国内外文献公布了大量资料及专利,为使这些新的技术能尽快为我国经济建设服务,并应广大读者的要求,对第一版进行了修订,重点补充了一些新内容,如新发展的物理清洗技术,特别是对清洗剂配方部分增加了较大的篇幅。

该书从清洗技术基础理论、金属清洗的现状与发展趋势出发,介绍了金属清洗方法,对金属清洗剂及其配方进行了重点阐述,并用一定篇幅介绍了金属清洗剂研制方法的有关知识,对金属清洗测试方法做了简单的介绍。内容翔实、实用,具有实际指导意义。

该书可供从事金属清洗的工程技术人员参考及相关技术人员培训,也可供金属清洗剂研发、生产的技术人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

金属清洗技术/魏竹波,周继维等编. —2版. —北京:
化学工业出版社, 2007. 6
ISBN 978-7-122-00391-1

I. 金… II. ①魏…②周… III. 金属-清洗-技术
IV. TG17

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 060891 号

责任编辑: 路金辉
责任校对: 郑捷

装帧设计: 郑小红

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: 北京云浩印刷有限责任公司
850mm×1168mm 1/32 印张 14½ 字数 394 千字
2007 年 6 月北京第 2 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: 35.00 元

版权所有 违者必究

第二版前言

本书第一版自出版以来受到各界有关人士关注，作者收到许多来自各方面的信件和电话，对金属清洗技术方面的问题进行探讨，获益匪浅。本书能在金属清洗技术方面起到微薄的作用，作者深感欣慰。

近年来，由于金属清洗技术的发展，在国内外发表、公布了大量资料及专利，为使这些新的技术和资料尽快地为我国经济建设服务，为读者服务，遵照化学工业出版社的意见和广大读者的要求，对本书进行了修订，补充了一些新内容，增添了最近以来的新技术及清洗剂配方供广大读者参考查寻。

本版修订工作主要执笔者有周继维、周泽、魏竹波，此外王峰、张越等同志也参加了修订工作。全书由周继维和周泽统稿。

本书涉及的学科多，应用面广，由于编者水平有限，难免有不妥之处，敬请读者批评指正。

编者

2007年4月于中国日用化学工业研究院

第一版前言

清洗技术不仅对日常生活有着重要意义，而且在工业领域中有着广泛的应用，随着工业的发展，工业清洗技术显得越来越重要。在有关工业清洗技术的书籍中，大多为工业清洗技术的综合性介绍，而单独就金属清洗技术的介绍很少，为此，作者参考国内外最新资料编写了此书。在书中除了介绍金属清洗方法外，着重介绍了金属清洗剂及其配方，并用一定篇幅介绍了金属清洗剂研制方法的有关知识。本书可作为有关工程技术人员的参考书及从事专业清洗的工作人员的培训参考教材。

本书第一章、第四章由魏竹波编写；第二章、第五章由周继维编写；第三章、第六章由姚瑶编写；全书由魏竹波负责整理统稿。由于编者的水平和时间所限，书中难免存在错误和疏漏，恳请读者批评指正。

目 录

第一章 金属清洗概论	1
第一节 金属材料	1
一、碳钢和普通铸铁	1
二、耐蚀铸铁	5
三、低合金钢	5
四、不锈钢	7
五、铜和铜合金	11
六、铝和铝合金	13
七、镁和镁合金	14
八、锌和锌合金	15
九、钛和钛合金	15
十、镍和镍合金	16
十一、铅和铅合金	18
十二、金	19
十三、银	19
十四、锰	20
第二节 污垢	20
一、根据污垢存在的形状分类	21
二、根据化学组成分类	22
三、根据亲水性和亲油性分类	22
四、根据在物体表面存在的形态分类	22
五、混合污垢	24
第三节 表面活性剂基础知识	25
一、表面（界面）张力与表面活性剂	25
二、表面活性剂的两亲结构	27
三、表面活性剂的基本性质和作用	29

四、表面活性剂的种类	36
五、表面活性剂的化学结构与性质的关系	40
六、使用表面活性剂应注意的问题	44
第四节 金属清洗概况	45
一、金属材料的清洗	45
二、机械部件的清洗	53
第二章 金属清洗的现状与发展趋势	58
第一节 金属清洗的现状	58
一、金属清洗剂的历史回顾及现状	58
二、水基金属清洗剂的技术开发	65
三、除炭剂	70
第二节 金属清洗发展趋势	75
一、向高功能化、高性能化和专用型方向发展	77
二、向研究开发综合化方向发展	83
三、清洗技术在机械制造行业中的应用和展望	83
第三章 金属清洗方法	89
第一节 金属加工各工序及各种金属的清洗	89
一、电镀前的预处理清洗	89
二、涂漆前预处理清洗	98
三、粘接预处理清洗	104
四、氧化铝膜预处理清洗	111
五、钢铁领域中的清洗	114
六、机械领域中的清洗	121
七、搪瓷的预处理清洗	123
八、电子设备领域中的清洗	124
九、热处理操作中的清洗	126
第二节 金属材料及金属制品的清洗	128
一、金属材料的清洗	128
二、食品加工设备和机械的清洗	137

三、厨房设备的清洗	140
四、金属网与辊筒的清洗	140
五、化学工业清洗	141
六、铝材建筑物的清洗	149
七、不锈钢与铜合金的清洗	151
八、大型运输机械清洗	152
第三节 清洗操作方法及设备	160
一、清洗工艺及设备设计的根据与要求	160
二、清洗工艺的分类及特点	161
三、干洗工艺及设备	161
四、超声波清洗	165
五、喷射清洗	174
六、电解清洗	182
七、浸泡清洗	186
八、溶剂蒸气清洗	193
九、高压水射流清洗	196
十、循环清洗工艺及设备	201
十一、刷洗工艺及设备	203
十二、其他清洗工艺及设备	203
第四章 金属清洗剂	206
第一节 金属清洗剂的主要组成	207
一、水	207
二、有机溶剂	215
三、酸剂	228
四、碱剂	235
五、表面活性剂	241
六、防锈缓蚀剂	246
第二节 金属清洗剂研制方法	249
一、水基型金属清洗剂	250
二、水基型油田稠油清洗剂	264

三、多功能金属清洗剂	269
四、新型无磷除油除锈水基金属清洗剂	274
五、去油、除锈、防锈磷化液	277
六、高效节能型清积炭剂	281
第三节 金属清洗过程原理	283

第五章 金属清洗剂配方集锦	287
---------------------	-----

第一节 水基金属清洗剂	288
一、通用型金属清洗剂	288
二、酸性金属清洗剂	300
三、碱性金属清洗剂	300
四、强碱性金属清洗剂	302
五、喷雾型金属清洗剂	302
六、浸渍性金属清洗剂	304
七、重垢金属清洗剂	305
八、低泡金属清洗剂	306

第二节 溶剂型金属清洗剂	307
--------------------	-----

第三节 复合型金属清洗剂	308
--------------------	-----

第四节 各类金属用清洗剂	309
--------------------	-----

一、不锈钢清洗剂	309
二、黑色金属及制件去油清洗剂	313
三、铜金属清洗剂	319
四、铝金属清洗剂	324
五、镁金属清洗剂	335
六、锌金属清洗剂	337
七、银金属清洗剂	338
八、镍金属清洗剂	342
九、铬金属清洗剂	343
十、锡合金清洗剂	344
十一、钛合金清洗液	344
十二、金抛光剂	344

第五节 金属除锈剂、防锈剂	345
一、金属除锈剂	345
二、置换型防锈油	348
三、溶剂稀释型防锈油	351
四、防锈切削乳化液	355
五、常用防锈润滑切削油	359
六、防锈润滑油脂	360
七、防锈脂	365
八、铜件除锈剂	370
第六节 金属除炭垢与除油漆清洗剂	371
一、除炭垢清洗剂	371
二、气溶胶型铬制品清洁抛光剂	372
第七节 汽车用清洗剂	373
第八节 各种设备用清洗剂	391
一、印刷设备用清洗剂	391
二、医疗器械、卫生设备用清洗剂	396
三、电机清洗剂	399
四、反应釜污垢清洗剂及清除法	400
五、农机清洗剂	401
六、锅炉清洗剂	401
七、下水管清除剂	403
第九节 电子仪器、精密零件、家用电器清洗剂	408
一、无线电电子仪器、声光学仪器清洗剂	408
二、武器及大型军事设备清洗剂	413
三、机械零件、精密零件清洗剂	414
四、家用电器清洗剂	417
第十节 食品加工设备清洗剂	420
第六章 金属清洗测试方法	427
第一节 金属材料清洁度的试验方法	427
一、取样方法	427

二、实验室测定洁净度的方法	428
三、清洗现场清洁度的测定方法	429
第二节 金属清洗剂标准	433
一、机械部金属清洗剂标准	433
二、轻工部金属清洗剂标准	435
参考文献	450

第一章 金属清洗概论

金属清洗是现代工业生产中的一个重要环节。从金属原料入库和零备件加工制造（包括冷、热加工工序）、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。对于高、精、尖的产品有高的清洁度要求，如电子工业、航天航空工业等，都有特殊要求的清洗工艺。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。金属清洗应包括去除金属表面的一切外来物，如油污、污垢、旧漆、锈以及高温氧化层等。本章主要讨论金属清洗对象、污垢、表面活性剂的基础知识及金属清洗概况。

第一节 金属材料

通常使用的金属材料主要有钢铁、不锈钢等铁合金以及铝、铜等有色金属，这些金属材料有着不同的表面物理性质和化学性质。

一、碳钢和普通铸铁

碳钢和铸铁是应用最广泛的金属材料。基本上都是铁和碳所组成的。一般含碳量 $0.02\% \sim 2\%$ 的称为钢（本书除特别说明外，所有百分含量和浓度均以质量为准）；大于 2% 的称为铸铁。含碳量对碳钢和铸铁的性质有决定作用。

碳钢和普通铸铁的耐蚀性不良。在大气、土壤、海水和淡水等中性水溶液中，主要发生氧去极化腐蚀。

（1）钢铁在干燥大气中的腐蚀 在干燥的大气中，铁被氧氧化

生成 FeO 、 Fe_2O_3 或 Fe_3O_4 。表 1-1 表明钢铁在空气中的氧化速度随温度的不同而改变。

表 1-1 温度对软钢在空气中的氧化速度的影响

温度/℃	腐蚀率 ^① /[mg/(dm ² ·d)]	温度/℃	腐蚀率 ^① /[mg/(dm ² ·d)]	温度/℃	腐蚀率 ^① /[mg/(dm ² ·d)]
100	0	500	62	900	5710
200	3.3	600	463	1000	13500
300	12.7	700	1190	1100	20800
400	45	800	4490	1200	39900

① 软钢在给定温度下的空气中暴露 24h。

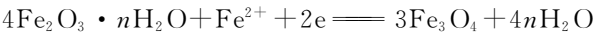
钢铁在 200~300℃ 的空气中，表面开始出现可见的氧化膜。随着温度的升高，氧化速度加大。但在 <570℃ 时，氧化速度还是比较低的。当温度 >600℃ 时，氧化速度显著加快。600℃ 是钢铁可以连续使用的温度上限。在 >600℃ 的大气中，钢铁的氧化和脱皮严重。

在 >570℃ 时，钢铁高温氧化生成的氧化膜的结构比较复杂，是由三种不同价态的氧化物所组成的。从里及表，分别是 $\text{FeO}/\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{Fe}_2\text{O}_3$ 。

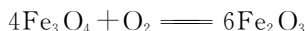
在 <570℃ 的空气中，钢铁所生成的 Fe_2O_3 和 Fe_3O_4 具有一定的保护作用，使进一步的氧化速度变慢。当温度 >570℃ 时，在铁的氧化层中，出现许多有晶格缺陷的 FeO ，使 Fe^{2+} 容易扩散，所以铁的氧化速度明显增大。

空气的组成，对铁的高温氧化有很大影响，尤其是空气中的水蒸气和硫的化合物的含量影响更为显著。

(2) 钢铁在潮湿大气中的腐蚀 钢铁在潮湿大气中最先形成的铁锈的主要成分是 $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ 。当锈层达到一定的厚度时，又处于潮湿环境中，锈层影响氧的扩散。 $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ 作为氧化剂，发生下列反应，生成黑色的磁性 Fe_3O_4 ：



当锈层干燥时，氧气可以透过， Fe_3O_4 又被氧气重新氧化，生成铁红色的 Fe_2O_3 ，发生的反应：



当锈层再受潮时，在接近基体处的 Fe_2O_3 吸水，重新转化为 Fe_3O_4 。由此可见，如果钢铁在干/湿交替的环境中，锈层的存在会加快其腐蚀。

(3) 钢铁在水中的腐蚀 当水中有溶解氧存在时，碳钢和普通铸铁都不耐蚀。当水中的氧的浓度达到某临界值时，钢铁发生钝化，使腐蚀减缓。当水中溶解氧消耗完后，而水中又没有别的氧化剂，水不再腐蚀钢铁。如果水中有氧，又有少量活性离子，如氯离子，钢铁发生严重的局部腐蚀，甚至穿孔。

由于海水中有大量的氯离子，即使已钝化的钢铁，钝化膜也容易被破坏，因此钢铁难以发生钝化，其腐蚀远比在淡水中的快。

水的 pH 值对钢铁的腐蚀行为有很大的影响。铁在不同 pH 值的水溶液中的腐蚀行为见图 1-1。由图可见，pH 值在 4 以下时，发生严重的析氢腐蚀。当 pH 值在 4~9 之间，铁的腐蚀速度几乎和 pH 值无关，因为此时主要是溶解氧的腐蚀，腐蚀速度由空气中氧在溶液中的溶解和扩散速度所决定，而氧在溶液中的溶解和扩散速度不随溶液的 pH 值而改变。当溶液呈碱性时，即 pH 值 9~14，铁的腐蚀速度显著下降，因为铁的腐蚀产物牢固覆盖在金属表面，其在碱中的溶解度很小，抑制了铁的进一步腐蚀。当溶液的 pH 值进一步升高后，pH 值 > 14，腐蚀速度又增加。

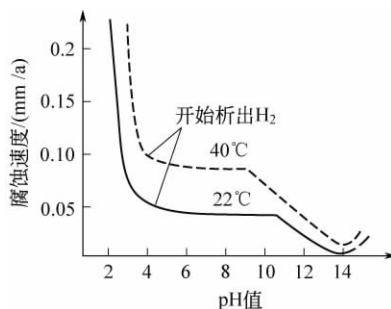
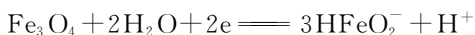


图 1-1 铁在不同 pH 值的水溶液中的腐蚀行为
(用盐酸和氢氧化钠调 pH 值)

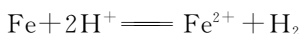
(4) 钢铁在碱性溶液中的腐蚀 在常温的碱或碱性水溶液中，碳钢和铸铁是耐蚀的。因为，当水溶液中 NaOH 含量 $< 30\%$ 时，钢铁的表面生成不溶性的 $\text{Fe}(\text{OH})_2$ 和 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ ，发生钝化，基本上不被腐蚀。

而在浓的碱溶液中，尤其是当温度较高时，碳钢和普通铸铁是不耐蚀的。当 NaOH 浓度 $> 30\%$ 时，碳钢和普通铸铁表面上的腐蚀产物膜的保护作用开始下降，随温度升高，腐蚀加速，因为表面的氧化物膜转变成可溶的 HFeO_2^- 。钢铁中的 Fe 以铁酸盐的形式进入溶液，因此腐蚀继续发展。



(5) 钢铁在盐溶液中的腐蚀 钢铁在盐溶液中的腐蚀速度比在水中的大，因为盐溶液的电阻比较小，促进钢铁的电化学腐蚀。其腐蚀速度与盐的种类、浓度、所含氧化剂及氧含量、温度、溶液的流动状态等有关。

(6) 钢铁在非氧化性酸中的腐蚀 钢铁受到非氧化性酸的腐蚀，发生以氢去极化为主的腐蚀。酸浓度越大，腐蚀越快：



其产物是可溶解于酸的 Fe^{2+} ，在充空气的酸中， Fe^{2+} 进一步氧化为 Fe^{3+} ，不形成铁的锈垢。但是，在 80% 以上的氢氟酸中，钢铁与铸铁是耐蚀的。

(7) 钢铁在氧化性酸中的腐蚀 钢铁在浓硫酸、硝酸等氧化性酸中，常常可能发生钝化。

例如，在硫酸中，当浓度为 $80\% \sim 100\%$ 时，碳钢因发生钝化而耐腐蚀。但是，当浓硫酸吸收水分后，浓度变小，碳钢和铸铁都受到严重腐蚀。

在 $50\% \sim 80\%$ 的硝酸中也发生钝化，但这种钝化受温度等因素的影响，不稳定。因此，一般在硝酸生产中不用碳钢或铸铁制造设备。

碳钢和普通铸铁的腐蚀行为有许多相似之处，又不完全相同。例如，在发烟硫酸中，普通铸铁不耐腐蚀，碳钢却很耐蚀。但是在

许多条件下，普通铸铁比碳钢更耐蚀。这一方面与铸铁表面的“铸造黑皮”有一定保护作用有关；另一方面是因为铸铁的含碳量较高，腐蚀电池的阴极面积大，在氧化剂存在的条件下，有利于钝化。

二、耐蚀铸铁

在铸铁中加入某些合金元素得到在某些介质有较高耐蚀性的耐蚀合金铸铁，简称耐蚀铸铁。

(1) 高硅铸铁 含硅 14%~18% 的铸铁为高硅铸铁。因其表面可形成一层二氧化硅保护层，以抑制腐蚀介质的渗入，故对常温下的盐酸、磷酸、浓硝酸、有机酸和热硫酸等有良好的耐蚀性。但是，它对能溶解二氧化硅的氟化物及氢氟酸和卤素、碱、亚硫酸盐等则不耐蚀。

(2) 高镍铸铁 是含镍 14%~36% 以及铬、钼、铜的铸铁。其耐酸性能明显改善，但不甚优越；耐碱性能优良，即使在高温的浓碱或熔融碱中也是耐腐蚀的。在海洋性大气、海水及中性盐溶液中也非常耐蚀。因此，在海洋设备只常用到它。

(3) 铝铸铁 是含铝 4.6%~7% 的铸铁。它具有优良的耐碱性和耐热性。常用于制造长时间工作的碱液泵、旋塞及零件等。

(4) 高铬铸铁 含铬 15%~30% 的铸铁。有优良的抗氧化性和耐磨性。在有摩擦与冲刷作用的氧化性介质中常用到它，例如制造弱腐蚀性的泥浆泵、搅拌桨和管道等。

在铸铁中含有少量 Cu、Sb、Ni 和 Cr 等合金元素，耐蚀性也有明显改善，总称为低合金耐蚀铸铁。

三、低合金钢

含有少量合金元素，其总量一般小于 3% 的碳钢称为普通低合金钢，又称为低合金高强度钢。其特点：合金元素含量少，成本低，强度高，综合性能好，加工性能优良，耐蚀性比普通碳钢强，

有的还可以代替不锈钢使用。

1. 合金元素的影响

(1) 碳 在中性介质中含碳量对耐蚀性无明显影响；在氧化性酸中，含碳量增加，低合金钢的耐蚀性降低；在氧化性酸中，当含碳量 $<0.4\%$ 时，低合金钢处于活化状态，含碳量增加，耐蚀性降低；含碳量 $>0.4\%$ 时，低合金钢开始钝化，含碳量增加，钢的耐蚀性提高。

(2) 铝 有利于保护膜的形成，可提高钢的抗硫化氢、 $\text{NH}_3\text{-CO}_2\text{-H}_2\text{O}$ 体系及弱酸腐蚀和抗高温氧化的能力。

(3) 锰 一般可使钢强化。但是抗腐蚀能力下降。

(4) 硅 有利于钢抗高温氧化，与铝、铜、钼配合，可提高钢抗硫化氢及弱酸腐蚀的能力。

(5) 铬 有利于钢形成致密的氧化膜，提高其抗 NH_3 、 CO_2 、 H_2O 、 H_2S 、氧化性酸（如硝酸）、高温高压氢气、大气等的腐蚀的能力，有利于抑制钢的脱碳。

(6) 钼 提高钢抗 NH_3 、 CO 、 H_2O 、 H_2S 等的腐蚀的能力，在高温高压下抗氢损伤及弱还原性酸等腐蚀的能力。与铜、铬共存，可提高钢抗大气腐蚀的能力。

(7) 镍 使钢强化，提高钢抗酸、碱、海水腐蚀及抗腐蚀疲劳的能力。

(8) 磷 当与铜共存时，能提高钢抗大气腐蚀的能力；在有钒存在的情况下，磷有利于钢抗硫化氢的腐蚀。

(9) 硼 改善钢的抗硫化氢腐蚀的性能。

(10) 氮 有利于提高钢的抗应力腐蚀的能力。

(11) 钨 改善钢的在高温高压下抗氢腐蚀的性能。

(12) 钛 提高钢在高温高压下抗氢、氮、氨的腐蚀的能力。

(13) 铌 与其他元素配合，提高钢在高温高压下抗氢、氮、氨的腐蚀的能力，以及抗大气和海水腐蚀的能力。

(14) 稀土金属 可提高钢抗大气腐蚀的能力。

2. 主要用途

低合金钢主要用于制造抗大气、海水、硫化氢、碳酸氢铵腐蚀等的设备。

四、不锈钢

不锈钢指具有低抗大气、酸、碱、盐的腐蚀作用的合金钢的总称。而把其中能耐酸及其他强腐蚀性介质腐蚀的合金钢称为不锈钢耐酸钢。一般而言，其铬或铬镍含量较高，最低含铬量为 12% ~ 13%；一般不锈钢耐酸钢的含铬量不低于 17%。

1. 不锈钢的分类法

(1) 按化学组成分

a. 按主要的合金元素分为铬合金（如 Cr13）和铬镍合金（如 Cr18Ni8）。

b. 按主要节约的合金元素分为节镍无镍不锈钢、节铬不锈钢等。如 Cr-Mn-N、Cr-Mn-Ni-N 不锈钢。

c. 按不锈钢的特征组成元素分为高硅不锈钢、高钼不锈钢等。

d. 按不锈钢的碳含量及有害元素分为普通不锈钢、低碳不锈钢、超低碳不锈钢、含铌或含钛的稳定化不锈钢等。如 1Cr18Ni9Ti、0Cr18Ni12Mo2Ti 等。

(2) 按用途分类

a. 按使用的环境介质分为耐硝酸、耐硫酸、耐尿素不锈钢等。

b. 按抗腐蚀的类型分为抗应力腐蚀、抗晶间腐蚀、抗腐蚀的不锈钢等。

c. 按功能特点分为高强度、无磁、易切削、低温、超低温不锈钢等。

(3) 按金相显微组织分为奥氏体、铁素体、马氏体和铁素体-奥氏体双相不锈钢等。

2. 不锈钢的性能特点

(1) 奥氏体不锈钢 包括 18-8 系列不锈钢和在此基础上发展起来的含铬、镍更高的钢，几乎占不锈钢总量的 70%。

奥氏体不锈钢抗氧化性介质的腐蚀，但在某些介质中，尤其是含氯离子的介质中，易产生应力腐蚀和孔蚀。既耐高温又低温，可在 $-196\sim 800^{\circ}\text{C}$ 之间使用。但是不含钛、铌等稳定化元素的奥氏体不锈钢应避免在 $450\sim 850^{\circ}\text{C}$ 之间使用，以免发生晶间腐蚀。其导热性和切削加工性较差，但可焊性较好。

(2) 铁素体不锈钢 一般碳含量 $<0.25\%$ （质量分数，下同），铬含量 $13\%\sim 30\%$ ，不含镍的铬钢是铁素体不锈钢。当含铬量 $15\%\sim 18\%$ 时，只有含碳量低的铬钢才是铁素体不锈钢。由于它不含镍，比奥氏体不锈钢便宜，产生晶间腐蚀的条件不同。在氯化物的溶液中不易发生应力腐蚀。其抗冲击韧性、焊接后的塑性和耐腐蚀性不佳，有各种脆性。这些不足限制了它的应用。

(3) 马氏体不锈钢 含有较多的铬，含量 $>13\%$ ，碳含量 $0.1\%\sim 0.9\%$ ，其强度、硬度、耐磨性等机械性能较好，但耐蚀性较差。一般用于制造对机械性能要求较高，而对耐蚀性要求一般的设备和零部件。

(4) 铁素体-奥氏体双相不锈钢 是在铬含量 $20\%\sim 27\%$ ，镍含量 $4\%\sim 8\%$ 的基础上，根据用途，添加 Mn、N、Cu、Si 等元素，而形成的新型的不锈钢。它兼有奥氏体不锈钢和铁素体不锈钢的双重特点。因为，奥氏体的存在，改善了它的可焊性和韧性，降低了脆性；铁素体的存在，提高了其强度和抗晶间腐蚀与应力腐蚀的能力。

表 1-2 为不锈钢对各种化学药品的耐腐蚀情况。

表 1-2 不锈钢的耐腐蚀性能(常温)

化 学 药 品	SUS21 含铬 13%	SUS24 含铬 18%	SUS27 含铬 18%,镍 8%
乙酸(100%)	++++	++++	++++
乙酸(33%)	+	++	++++
乙酸(10%)	++++	++++	++++
一氯乙酸	+	+	+
氢氟酸	+	++	++++
苹果酸	++	+++	++++
硝酸	++++	++++	++++
磷酸(50%)	++	++	++++