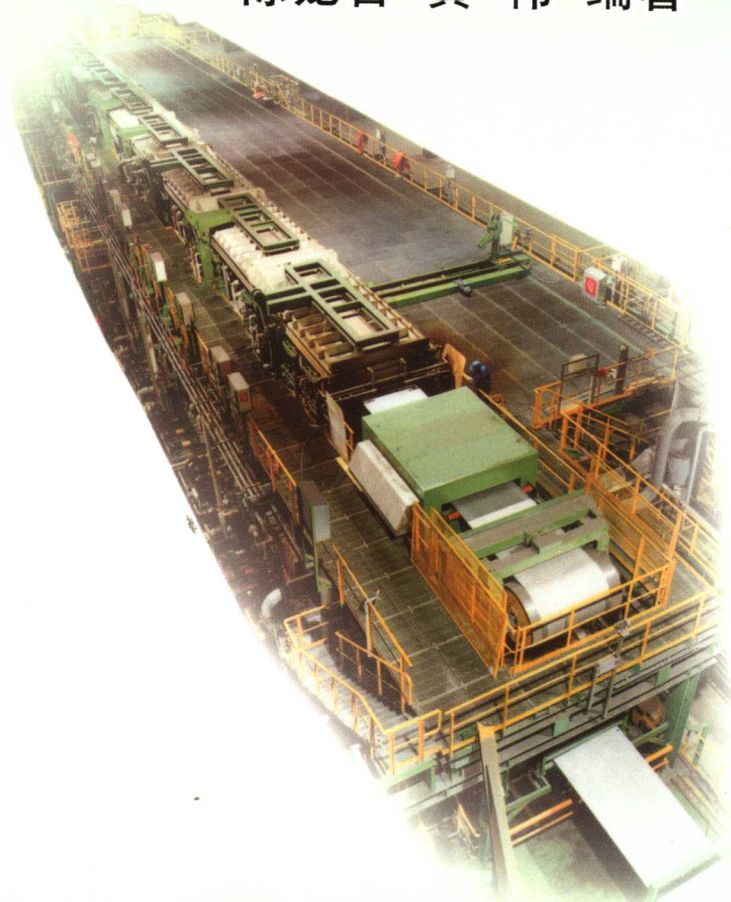


冷轧薄钢板生产技术丛书

冷轧薄钢板酸洗工艺与设备

LENGZHA BAOGANGBAN SUANXI GONGYI YU SHEBEI

陈龙官 黄伟 编著



冶金工业出版社

<http://www.cnmp.com.cn>

冷轧薄钢板生产技术丛书

冷轧薄钢板酸洗 工艺与设备

陈龙官 黄 伟 编著

北 京

冶 金 工 业 出 版 社

2005

内 容 简 介

本书主要介绍了酸洗工艺及设备技术。内容包括酸洗工艺的理论知识、酸洗工艺流程、酸洗设备、酸洗设备制造材料与施工技术、酸洗实际操作技能、酸洗废液的回收与再生等六章。

本书可作为冶金生产企业职工职业教育培训教材,也可供大中专院校轧钢专业师生、冶金企业技术人员阅读。

图书在版编目(CIP)数据

冷轧薄钢板酸洗工艺与设备/陈龙官等编著. —北京:
冶金工业出版社, 2005. 10
(冷轧薄钢板生产技术丛书)

ISBN 7-5024-3837-8

I. 冷… II. 陈… III. 薄板轧制: 冷轧—酸洗
IV. ①TG156.6 ②TG335.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 108896 号

出版人 曹胜利 (北京沙滩嵩祝院北巷 39 号, 邮编 100009)
策划编辑 张 卫 (联系电话: 010-64027930; 电子信箱: bull2820@sina.com)

责任编辑 王雪涛 李培禄 美术编辑 李 心

责任校对 石 静 李文彦 责任印制 牛晓波

北京兴华印刷厂印刷; 冶金工业出版社发行; 各地新华书店经销

2005 年 10 月第 1 版, 2005 年 10 月第 1 次印刷

787mm×1092mm 1/16; 9 印张; 213 千字; 132 页; 1-4000 册

28.00 元

冶金工业出版社发行部 电话: (010)64044283 传真: (010)64027893

冶金书店 地址: 北京东四西大街 46 号(100711) 电话: (010)65289081

(本社图书如有印装质量问题, 本社发行部负责退换)

编 者 的 话

目前,我国国民经济建设飞速发展,取得了令人瞩目的成就,市场(汽车业、家电业等)对冷轧钢板(带)产品的需求很大。虽然近年来我国在冷轧板(带)的生产方面取得了骄人的成绩,然而,我国冷轧板(带)生产与工业发达的国家相比,仍有差距,总的装备水平、产品质量有待提高,板管比、冷轧板(带)比较低,产量和质量等方面还不能满足国内需求,每年还要从国外大量进口。因此,我国在冷轧技术、设备、产品质量、产能等方面还有很大提升空间。

《冷轧薄钢板生产技术丛书》是一套从冷轧薄钢板(带)生产工艺流程(即酸洗、冷轧、热处理、平整)、设备(包括酸洗设备、冷轧设备、连续退火设备、罩式退火设备、平整机设备、热镀锌设备、电镀锌设备、电镀锡设备、彩色涂层设备、电解脱脂设备、硅钢片生产设备、不锈钢生产设备及精整设备等)与冷轧薄钢板(带)产品(包括普通冷轧板带、热镀锌钢板、电镀锌钢板、电镀锡钢板、锌-铝合金钢板、彩涂钢板、汽车钢板、不锈钢板(带)以及硅钢片产品等)相结合的角度入手组织编写的丛书。冷轧钢板(带)生产技术含量高,产品附加值高,各钢铁企业十分重视冷轧技术和设备的提高和改进。因此,十分有必要编写出版一套详细介绍冷轧钢板(带)的各工序工艺与设备的技术书籍,以满足钢铁企业中从事冷轧薄钢板生产、工艺研究、设备设计的科技人员进一步深入研究的需要。

本套丛书从钢铁企业实际生产出发,重点介绍国内外生产冷轧薄钢板的先进工艺、技术、操作方法与设备的使用、维护。期望本套丛书能为我国现有冷轧板(带)生产厂的挖潜、改造或新建更具竞争力的冷轧板(带)厂提供借鉴,能为钢铁企业提高冷轧钢板(带)生产技术水平并生产出高质量、高附加值的产品提供参考。

2005年5月

前 言

21 世纪中国钢铁工业已经迈入了一个新台阶，中国的冷轧带钢的生产能力提高很快，但是，仍然满足不了汽车等工业对冷轧材料的需求，尤其是对冷轧钢板的质量提出了更加严格的技术要求。

钢铁制品，特别是冷轧带钢的生产工艺流程及设备精密度非常高，其中酸洗工艺及装备技术尤为重要，酸洗与冷轧产品的质量关系十分密切。为了满足广大读者对酸洗工艺及装备的了解，便于现场应用操作，我们收集了有关酸洗方面的基本理论知识（包括化学方程式）、酸洗工艺流程、酸洗设备（包括国外著名制造厂家）类型的比较、新的工艺技术装备及酸洗设备制造方面的材料与施工技术、酸洗实践操作技能及有关酸洗废液的回收与再生等方面的资料，编写了本书。

本书是由北京神钢联冶金设备配件有限责任公司筹划并组织编写的，在资料收集整理、修改审查以及决定书稿最终素材及出版过程中，都得到了北京神钢联的大力支持及资助，在此谨表诚挚的感谢。

本书可供从事钢铁制品酸洗工作的工程技术人员及操作工人阅读。

限于编者水平，书中不当之处望读者批评指正。

编 者

2005 年 7 月

目 录

1 酸洗基本理论	1
1.1 酸洗意义	1
1.1.1 原料酸洗	1
1.1.2 钢铁制品酸洗	1
1.1.3 酸洗分类	1
1.2 轧材表面的氧化铁皮及其去除方法	2
1.2.1 轧材表面的氧化铁皮	2
1.2.2 氧化铁皮去除方法概述	2
1.3 酸洗酸液的制法、性质及氧化铁皮反应	3
1.3.1 硫酸酸洗液	3
1.3.2 盐酸酸洗液	4
1.3.3 硝酸酸洗液	6
1.3.4 氢氟酸酸洗液	7
1.4 影响酸洗效果的内、外在因素及缓蚀剂	7
1.4.1 影响酸洗效果的外在因素	7
1.4.2 影响酸洗效果的内在因素	9
1.4.3 酸洗酸液对金属基体的影响	9
1.4.4 酸洗缓蚀剂	10
1.5 酸液浓度计算及其相关理论	11
1.5.1 物质的量 (n)	12
1.5.2 摩尔质量 (M)	13
1.5.3 质量分数 (w)	15
1.5.4 物质的量浓度 (c)	16
1.5.5 质量浓度 (ρ)	19
1.5.6 酸溶液的分析	21
2 带钢酸洗机组设备	22
2.1 带钢酸洗机组概述	22
2.1.1 带钢酸洗机组的主要形式	22
2.1.2 典型带钢酸洗机组的组成及其发展	22
2.2 连续卧式盐酸酸洗机组	23

2.2.1	卧式盐酸酸洗机组性能	23
2.2.2	卧式盐酸酸洗机组工艺设备	25
2.2.3	卧式盐酸酸洗机组的工艺特点	27
2.3	连续卧式浅槽酸洗机组	27
2.3.1	浅槽酸洗与深槽酸洗的区别	27
2.3.2	浅槽酸洗机组的组成及工艺特点	28
2.3.3	宝钢 2030mm 连续浅槽酸洗机组	29
2.3.4	攀钢冷轧厂连续盐酸酸洗机组	31
2.4	紊流酸洗机组	32
2.4.1	紊流酸洗概念	32
2.4.2	紊流酸洗工艺	32
2.4.3	唐钢冷轧薄板连续酸洗工艺设备	34
2.5	推式(推拉式)酸洗机组	35
2.5.1	推式酸洗机组概况	35
2.5.2	推式盐酸酸洗机组的组成	35
2.5.3	推式酸洗机组性能结构、用途及发展趋势	37
2.6	中性电解液酸洗装置	42
2.6.1	Ruthner 中性电解液酸洗工艺装置	42
2.6.2	Danieli 中性电解酸洗工艺装置	44
2.7	塔式盐酸酸洗机组	45
2.7.1	塔式盐酸酸洗机组工艺	45
2.7.2	典型塔式盐酸酸洗机组的组成	45
2.8	酸洗-冷轧联合机组	47
2.8.1	概念	47
2.8.2	我国的酸洗-冷轧联合机组	49
2.8.3	退火酸洗工艺生产线	50
3	酸洗设备材料及其施工技术	52
3.1	耐腐蚀材料	52
3.2	几种酸洗槽的构造及施工方法	53
3.2.1	石板槽及木板槽	53
3.2.2	耐酸混凝土槽	53
3.2.3	塑料板槽	54
3.2.4	玻璃钢槽	54
3.2.5	耐腐蚀砖板衬里槽	57
3.2.6	衬橡胶槽	65
4	酸洗工艺操作技能	71
4.1	酸洗工艺技术	71

4.1.1	酸洗工艺技术的发展	71
4.1.2	连续浅槽盐酸酸洗工艺	71
4.1.3	唐钢 140 万 t/a 连续酸洗生产线工艺简介	74
4.1.4	半连续酸洗工艺	75
4.2	Turboflo 酸洗工艺技术	77
4.2.1	Turboflo 酸洗技术的概念	77
4.2.2	单一酸洗线中的 Turboflo 工艺	77
4.2.3	Turboflo 酸洗和镀锌联合生产线	78
4.2.4	Turboflo 酸洗系统的比较	79
4.3	酸洗液的加热方法	80
4.3.1	用蒸汽直接加热	80
4.3.2	块孔式石墨换热器间接加热	81
4.4	酸洗工艺制度	83
4.4.1	推式酸洗工艺制度	83
4.4.2	武钢冷轧厂酸洗工艺制度	84
4.4.3	武汉硅钢厂酸洗工艺制度	85
4.5	酸洗缺陷及防止办法	86
4.5.1	酸洗气泡(氢脆)	86
4.5.2	酸洗中出现的其他缺陷	87
4.6	安全操作	88
4.6.1	安全与防护	88
4.6.2	硫酸、硝酸、盐酸的灼伤及防治	89
4.6.3	氢氟酸的烧伤与防治	90
5	特殊酸洗工艺操作	91
5.1	铬镍合金钢的酸洗	91
5.1.1	低铬及低镍合金钢的酸洗工艺	91
5.1.2	高铬镍合金钢的酸洗工艺	91
5.1.3	不锈钢的酸洗工艺	92
5.1.4	热轧及经过热处理的铬镍不锈钢及耐热钢的酸洗工艺	92
5.2	硅钢的酸洗	93
5.2.1	用加食盐的硫酸溶液酸洗	93
5.2.2	碱-酸复合酸洗法	93
5.3	铸件的酸洗	93
5.4	其他特殊酸洗工艺操作	94
5.4.1	磷酸酸洗	94
5.4.2	用氢氧化钠还原氧化铁皮	94
5.4.3	碱-酸复合酸洗法	94
5.4.4	电解酸洗	95

5.5 中性电解去磷工艺	95
5.5.1 工艺流程	95
5.5.2 去磷原理	96
5.5.3 工艺参数	97
5.5.4 电解槽及其他主要设备	99
6 废酸溶液的回收及再生处理	100
6.1 废酸回收再生的意义	100
6.2 盐酸酸洗废酸液的回收再生处理	100
6.2.1 盐酸酸洗废酸液再生处理工艺	100
6.2.2 废盐酸再生装置的结构形式	100
6.2.3 盐酸酸洗废液的中和处理	105
6.3 废硫酸的回收处理	107
6.3.1 土法制硫酸亚铁	107
6.3.2 蒸汽喷射真空结晶法	107
6.3.3 真空浓缩冷冻结晶法	109
6.3.4 浸没燃烧法	110
6.3.5 隔膜渗析法	111
6.3.6 废硫酸的回收及存在问题	111
6.4 废硝酸、氢氟酸的回收处理	112
6.4.1 减压蒸发法	112
6.4.2 溶媒萃取法	114
6.4.3 中和处理法	116
6.4.4 化学处理法	116
6.4.5 氟化铁钠法	117
6.5 宝钢冷轧废酸溶液再生及其废气处理工艺	118
6.5.1 废酸再生及废气处理技术装备概况	118
6.5.2 废气处理工艺简介	119
6.5.3 废气处理技术设备	119
6.5.4 文丘里除尘器	120
6.5.5 吸收塔和洗涤塔	121
6.6 武钢和攀钢废酸再生及其废气处理工艺装置	123
6.6.1 武钢硅钢片厂的2900L/h盐酸废酸再生机组	123
6.6.2 攀钢4500L/h盐酸废酸再生机组	126
附录 酸洗浓度新旧标准有关事项	130
参考文献	132

1 酸洗基本理论

1.1 酸洗意义

1.1.1 原料酸洗

冷轧钢板的原料是热轧钢带，经过热轧的钢带表面会有一层硬而脆的氧化铁皮，这一层二次氧化铁皮是在高温轧制时生成的。热轧钢带作为原料在冷轧前必须将其清除干净，由于不同型号的普通钢带与不同型号的特殊钢带在化学成分、力学性能要求都不一样，因此，在轧制温度、冷却速度及卷取温度等方面都不一样。造成热轧钢带表面的二次氧化铁皮的组织和机构也有区别，低碳钢热轧钢带表面的氧化铁皮，主要是铁的氧化物，最里面的一层是FeO和 Fe_3O_4 的固溶体；再外面的一层是 Fe_3O_4 ；最外面的一层是 Fe_2O_3 ，呈柱状结晶构造。在氧化铁皮中除了铁的氧化物外，还有P、Mn、Si、S、C等元素，这些氧化物对冷轧有害，所以钢板在冷轧前一定要去除氧化铁皮以保证冷轧带钢板的产品质量，如钢板表面的光滑程度、均匀的厚度、平整的板形等。

同时，酸洗与冷轧设备轧辊的辊面损坏程度有关。

1.1.2 钢铁制品酸洗

钢铁制品在进行各种工艺加工前，例如电镀工艺（包括电镀锡、电镀锌）、热镀工艺（包括热镀锌）、彩色涂层钢板工艺（例如唐山钢铁公司连续彩涂生产工艺布置中，就包括有一条连续酸洗生产线）以及涂漆工艺、搪瓷工艺、冲压等工艺在进行前都要进行酸洗，以便将金属制品表面的氧化铁皮、脏物、油污等去除干净，否则将影响钢铁制品的质量。

1.1.3 酸洗分类

1.1.3.1 酸洗定义

酸类按照一定的浓度、温度、速度，用化学的方法除去氧化铁皮，这种方法称为酸洗。

1.1.3.2 酸洗的分类

酸洗分类如下：

(1) 按酸的种类分：有硫酸酸洗、盐酸酸洗、硝酸酸洗、氢氟酸酸洗等。酸洗必须根据钢板的材质采用不同种类的酸，例如，用硫酸、盐酸酸洗碳素钢板；用硝酸加氢氟酸的混合酸来酸洗不锈钢板等。

(2) 按轧制工艺分：有钢坯酸洗（初轧）、线材酸洗、锻材酸洗、板坯酸洗、钢板酸洗、带钢酸洗等。

(3) 按钢材的化学成分分：有碳钢钢材酸洗、硅钢钢材酸洗、合金钢钢材酸洗、不

锈钢钢材酸洗等。

(4) 按酸洗设备类型分：有槽式酸洗、摆动式酸洗、连续式酸洗、半连续式酸洗、塔式酸洗等。

(5) 按酸洗反应性质分：有化学酸洗、酸碱复合酸洗、电解酸洗、中性电解去磷等。

1.2 轧材表面的氧化铁皮及其去除方法

1.2.1 轧材表面的氧化铁皮

各种钢铁制品表面的氧化铁皮的组成及结构都不一样,材质的化学成分(如普通碳钢及特殊钢)、加热温度的高低、冷却速度的快慢以及加工方法(退火、淬火)等因素对氧化铁皮的生成都有明显的影响。一般最常见的碳钢的氧化铁皮在 575℃ 以下生成两层:外层为 Fe_2O_3 , 内层为 Fe_3O_4 。如果在 575℃ 以上则生成三层:外层 Fe_2O_3 , 中层 Fe_3O_4 , 内层 FeO , 如图 1-1 所示。

1	1
2	2
合金元素氧化物	3
	合金元素氧化物

图 1-1 碳钢氧化铁皮在 575℃ 以上的组成

1— Fe_2O_3 ; 2— Fe_3O_4 ; 3— FeO

如果是合金钢,除上述三种氧化层外,还有合金元素的氧化物,如铸铁、硅钢(SiO_2)、不锈钢(Cr_2O_3 、 NiO)等。

1.2.2 氧化铁皮去除方法概述

目前,世界各国对去除钢铁表面的氧化铁皮采取了多种办法,总的可概括为三种类型,即:机械法、化学法、电化学法等。

1.2.2.1 机械法

机械法去除氧化铁皮的做法有:抛光法、滚磨法、高压水冲洗、刷光法、喷(抛)丸法、喷沙法、破鳞法等。

1.2.2.2 化学法

化学法即采用酸、碱等化学物质与钢铁材料表面的铁鳞起化学反应而去掉氧化铁皮。化学物质一般均使用强酸、强碱如硫酸、盐酸、硝酸、氢氟酸等;也有采用氢氧化钠的水溶液,如清洗硅钢表面的白膜(SiO_2);还有采用熔融的氢氧化钠,例如用质量分数为 80% 的氢氧化钠 + 质量分数为 20% 的硝酸钠,在 500℃ 左右的高温下,达到改变钢铁材料的性质,如改变不锈钢表面的氧化铁皮的性质,以达到有利于酸洗的要求。

1.2.2.3 电化学法

电化学法酸洗就是将浸入酸溶液中的钢铁制品(包括热轧钢带)的两边通过电极通上直流电,以加速氧化铁皮的去除。

中性电解去磷是采用无毒无害的中性盐作为电解液,如利用硫酸钠等方法。例如上海

某冷轧带钢厂就是用质量分数为 20% 硫酸钠溶液进行电解去鳞的。

1.3 酸洗酸液的制法、性质及氧化铁皮反应

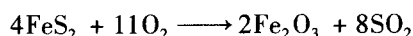
1.3.1 硫酸酸洗液

1.3.1.1 硫酸的工业制法

目前,工业用硫酸的制法基本上采用接触法来制取,其流程图如图 1-2 所示。其化学反应原理是:首先用燃烧硫或金属硫化物来制取二氧化硫;二氧化硫在适当的温度和催化剂的作用下氧化成三氧化硫;三氧化硫与水化合而生成硫酸。其工业生产流程是:

A 二氧化硫的制取和净化

燃烧硫铁矿 (FeS_2) 制取二氧化硫。化学反应式如下:



B 二氧化硫氧化成三氧化硫



C 三氧化硫的吸收和硫酸的生成

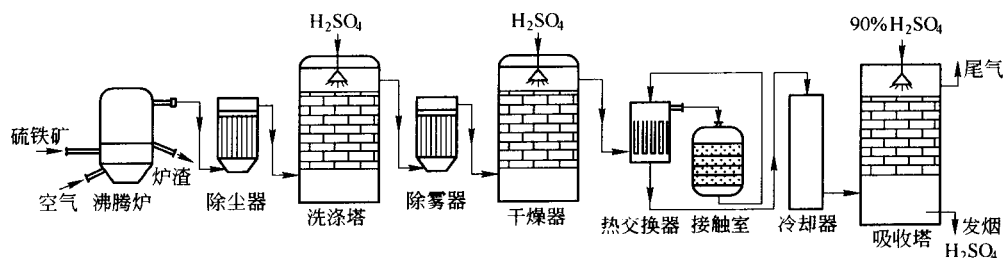
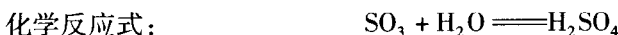


图 1-2 接触法制硫酸的流程图

1.3.1.2 硫酸的性质

硫酸具有以下特性:

(1) 纯净的硫酸是无色、黏稠、透明的油状液体,不易挥发;其密度 (15°C) 为 $1.84\text{kg}/\text{cm}^3$;当温度接近 0°C 时其凝固,在 10.49°C 时其熔化。

(2) 浓硫酸具有强烈的吸水性和氧化性。浓硫酸和钢等金属接触时会使金属表面生成一层致密的氧化膜,氧化膜能够阻止内层金属继续与硫酸起反应,因此,浓硫酸可以用钢铁容器贮存。这样有些企业用于贮存浓硫酸的贮罐以及运输浓硫酸的铁路槽车都是用钢制成的而不怕腐蚀。

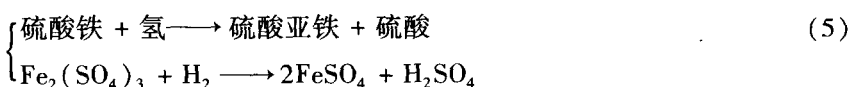
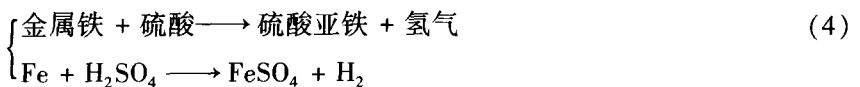
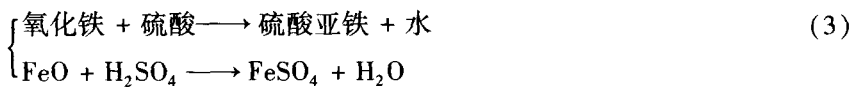
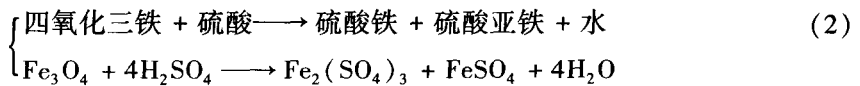
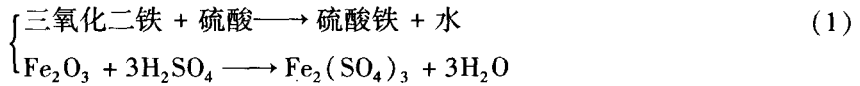
(3) 在连续酸洗中,酸液的质量分数一般为 $15\% \sim 25\%$,酸洗速度与酸液的质量分数、温度有很大的关系,温度升高的影响大于酸液质量分数增加的影响。例如,质量分数为 $25\% \sim 30\%$ 的硫酸在温度 95°C 时,对金属表面酸洗的时间最短,因此铁的损失为最少;但是,当温度提高到 100°C 时,酸洗的时间不会缩短很多。

在酸洗时根据钢铁制品的材料性质及金属表面酸洗的要求,对硫酸酸洗液进行调配。

1.3.1.3 硫酸与氧化铁皮的反应

A 硫酸对一般钢的表面化学反应

钢表面氧化铁皮分为三层。外层为 Fe_2O_3 ，中层为 Fe_3O_4 ，内层为 FeO 。由于氧化铁皮具有多孔和裂纹，因此，当钢板浸入酸中后三层同时起反应。硫酸对氧化铁皮的化学反应为：



B 化学反应分析

(1) 溶解：由以上化学反应可以认为式 (1)、(2)、(3) 反应结果是氧化铁皮变成溶于水的硫酸铁及硫酸亚铁，钢的表面氧化铁皮被清除，这一作用通常称为溶解作用。

(2) 剥离：式 (4) 反应的结果是金属铁与酸作用生成氢，而且氢是在氧化铁皮内层生成的。这些氢由于它自由压力把氧化铁皮自钢表面剥落下来。这一作用通常称为剥离作用。使用过的酸洗溶液底部往往积存有未溶解的氧化铁皮就是剥离作用的直接证明。

(3) 还原：式 (5) 反应的结果是氢使难溶于酸中的硫酸铁 $[\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3]$ 还原成易溶于酸中的硫酸亚铁，这一作用通称为还原作用。

这可以从分析使用过的酸液中只含有 FeSO_4 而证实。同时氢还能使 Fe_2O_3 和 Fe_3O_4 还原成易溶于酸中的 FeO ，进而也有利于酸洗过程。

C 分析结论

酸洗时氧化铁皮是由于三种作用而被清除的。第一，氧化铁皮与酸作用而被溶解（溶解作用）；第二，铁与酸作用生成的氢，机械地剥落氧化铁皮（剥离作用）；第三，生成的氢使氧化铁还原或氧化亚铁，之后与酸作用而被除去（还原作用）。

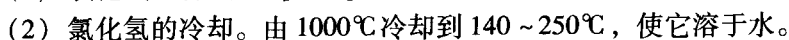
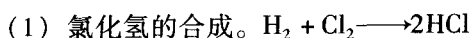
1.3.2 盐酸酸洗液

1.3.2.1 盐酸的工业制法

盐酸的工业制法的流程见图 1-3。

盐酸的分子式 HCl ；氯化氢气体的水溶液就是盐酸。

目前工业用盐酸的制法基本上采用合成法，可分为以下三步：



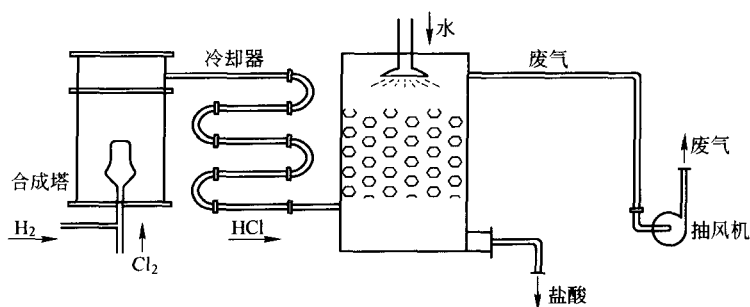


图 1-3 合成法制盐酸流程图

(3) 氯化氢吸收。在吸收塔中用逆流吸收法。

1.3.2.2 盐酸的性质

盐酸具有以下性质：

- (1) 纯净的盐酸是无色、透明的液体，有刺激性气味。
- (2) 用合成法制的盐酸质量分数在 31%，密度为 $1.19\text{kg}/\text{cm}^3$ 。
- (3) 工业用盐酸质量分数约为 37% ~ 38%，因含有氯化铁等杂质而呈淡黄色。盐酸具有酸的一切通性。

1.3.2.3 盐酸酸洗优点

采用盐酸酸洗具有以下优点：

- (1) 盐酸酸洗钢带表面质量好，具有清洁、光亮、没有斑痕、酸洗后呈银白色的平滑表面；
- (2) 盐酸酸洗速度快，其酸洗速度大约是硫酸酸洗速度的两倍多；
- (3) 盐酸酸洗钢带不需要破鳞设备，节约了设备投资；
- (4) 盐酸酸洗槽内和中间储酸罐内没有氧化铁皮积存；
- (5) 盐酸酸洗不侵蚀钢带机体，钢带不太可能发生氢脆现象，酸洗缺陷少；
- (6) 盐酸酸洗比硫酸酸洗金属丧失减少 20% ~ 25%；
- (7) 盐酸酸洗可以完全回收，回收液中提取的高质量 Fe_2O_3 粉末是软磁合金的高档原材料，颗粒大的 Fe_2O_3 作为矿石使用。

1.3.2.4 盐酸酸洗缺点

采用盐酸酸洗也存在以下不足：

- (1) 非常容易挥发；
- (2) 腐蚀性强；
- (3) 废盐酸中的 FeCl_2 不好分离，造价高；
- (4) 盐酸价格相对于硫酸价格高。

在酸洗时，可根据钢铁制品的材料性质及金属表面酸洗的要求，对盐酸酸洗液进行调配。

1.3.2.5 盐酸酸洗应用

目前，在钢铁企业几乎所有酸洗生产线都是使用盐酸作为酸洗介质，其原因是：

- (1) 盐酸作为酸洗介质，可快速溶解氧化铁皮，很少浸蚀母材；
- (2) 以盐酸作为酸洗介质，酸洗时间较短；
- (3) 经盐酸酸洗的带钢外观光亮；
- (4) 盐酸易于再生；
- (5) 操作成本低。

1.3.2.6 盐酸与氧化铁皮的反应

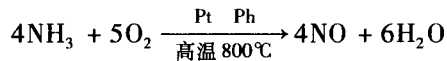
- (1) $\text{Fe}_2\text{O}_3 + 6\text{HCl} \longrightarrow 2\text{FeCl}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$ (氯化铁)
- (2) $\text{Fe}_3\text{O}_4 + 8\text{HCl} \longrightarrow 2\text{FeCl}_3 + \text{FeCl}_2 + 4\text{H}_2\text{O}$ (氯化铁 + 氯化亚铁)
- (3) $\text{FeO} + 2\text{HCl} \longrightarrow \text{FeCl}_2 + \text{H}_2\text{O}$ (氯化亚铁)
- (4) $\text{Fe} + 2\text{HCl} \longrightarrow \text{FeCl}_2 + \text{H}_2 \uparrow$ (氯化亚铁)

1.3.3 硝酸酸洗液

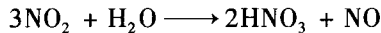
1.3.3.1 硝酸的制法

制造硝酸最重要的方法是氨的催化氧化法，该法分为以下三个步骤：

- (1) 在氧化炉中用铂铑合金网作催化剂，使氨氧化生成一氧化氮



- (2) 一氧化氮氧化生成二氧化氮 $2\text{NO} + \text{O}_2 = 2\text{NO}_2$
- (3) 在吸收塔内二氧化氮被水（或稀硝酸）吸收而生成稀硝酸



- (4) 用上述方法制成的硝酸质量分数只有 50% 左右，如要制浓硝酸可用硝酸镁（或浓硫酸）作为吸水剂，将稀酸蒸馏浓缩，就可得到质量分数为 96% 以上的浓硝酸。

1.3.3.2 硝酸的物理性质

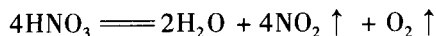
硝酸具有以下物理性质：

- (1) 纯硝酸是无色、易挥发、有刺激气味的液体。
- (2) 密度为 $1.5027\text{g}/\text{cm}^3$ ，沸点 83°C ，凝固点 -42°C ，能以任意比例溶于水。质量分数 98% 以上的硝酸叫做发烟硝酸。

1.3.3.3 硝酸的化学性质

硝酸具有以下化学性质：

- (1) 硝酸的不稳定性。硝酸很不稳定，容易分解。



硝酸越浓越易分解。分解放出的 NO_2 溶于硝酸中，使硝酸呈黄色。

- (2) 硝酸的氧化性。硝酸是一种很强的氧化剂，几乎能与所有的金属（金、铂除外）或非金属发生氧化还原反应。铝在浓硝酸中会发生钝化现象。

在酸洗时，可根据钢铁制品的材料性质及金属表面酸洗的要求，对硝酸酸洗液进行调配。

1.3.3.4 硝酸与氧化铁皮的反应

如果是使用 $\text{HNO}_3 + \text{HF}$ 酸洗不锈钢，因为不锈钢中除了铁以外还含有 Ni、Cr 成分，

则有如下反应：



1.3.4 氢氟酸酸洗液

氢氟酸的分子式为 HF。

1.3.4.1 氢氟酸的制法

用萤石 (CaF_2) 加硫酸在高温下反应生成氟化氢气体, 经过溶于水则制成氢氟酸, 其质量分数为 40% ~ 60%。其化学反应式为:



1.3.4.2 氢氟酸的性质

氢氟酸具有以下性质:

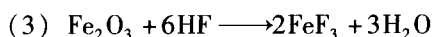
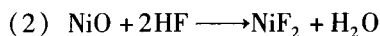
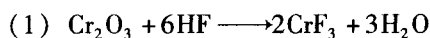
(1) 氢氟酸为无色液体, 20℃时, 质量分数为 50% 氢氟酸的密度为 $1.157\text{g}/\text{cm}^3$ 。氢氟酸能腐蚀玻璃, 因此, 可以用作玻璃刻花、温度计的刻度等加工。

(2) 氢氟酸的腐蚀性很强, 特别容易灼伤。

在酸洗时, 必须根据钢铁制品的材料性质及金属表面酸洗的要求, 对氢氟酸酸洗液进行调配。

1.3.4.3 氢氟酸与氧化铁皮的反应

氢氟酸与钢材表面的氧化铁皮等物质能发生如下反应:



1.4 影响酸洗效果的内、外在因素及缓蚀剂

1.4.1 影响酸洗效果的外在因素

1.4.1.1 各类酸溶液的影响

A 铁的各种氧化物

四氧化三铁及三氧化二铁在盐酸中的溶解速度远远大于硫酸溶液中的溶解速度, 因此钢铁制品在盐酸中的酸洗速度也较在硫酸中大得多。

B 金属铁溶解速度

金属铁在盐酸中的溶解速度比在硫酸中大。但是, 由于盐酸的酸洗速度比硫酸大得多, 因此在完成酸洗任务要求时间内, 盐酸对金属铁的溶解量反而比硫酸时少得多。例如: 钢材在质量分数为 10% 硫酸中酸洗时, 溶解的金属铁约等于在同浓度盐酸中酸洗时的 11.5 倍。

C 较高浓度酸洗液的影响

在盐酸中, 酸洗主要靠溶解作用除去氧化铁皮; 在硫酸中, 酸洗则主要依靠机械剥离作用除去氧化铁皮。用硫酸酸洗时, 约有 78% 的氧化铁皮是由于机械剥离作用除去的;

而用盐酸酸洗时,则只有 33% 的氧化铁皮是由于机械剥离作用除去的。

D 对特殊钢的影响

对特殊钢的酸洗应视不同钢种采用不同的酸洗方法,如不锈钢如果用硫酸或盐酸来酸洗,即使时间再长也达不到去除氧化铁皮的目的。对不锈钢要采取特殊酸洗办法,如可以用硝酸加氢氟酸的混合酸溶液酸洗;用碱熔融化的碱洗或者采用电解酸洗的办法等。

总之,酸的种类对酸洗效果影响很大。

1.4.1.2 酸溶液的浓度及温度对酸洗的影响

酸溶液浓度及温度的变化,直接影响着酸溶液的活性。硫酸的活性仅在一定的浓度范围内,随着浓度的增加,而活性提高。但当浓度增到一定的限度时,活性反而下降。因此,酸溶液的浓度、温度的控制与酸洗工艺有如下关系:

(1) H_2SO_4 质量分数在 25% 时活性最强,即酸洗时间最短。

(2) 酸溶液的温度越高,酸溶液的活性越强,酸洗的时间越短。

(3) 为使酸洗效果显著提高,而且节省酸溶液,不能只提高酸的浓度,还要提高酸溶液的温度。尤其是酸的浓度较低时,提高温度才能有利于酸洗。

(4) 一般情况下,硫酸的酸洗温度控制在 $70 \sim 80^\circ\text{C}$ 之间,或者更高一些。但鉴于酸洗槽的防腐材料的耐温性能以及为了减少冒酸气,保护环境,酸洗温度也不能太高,一般不应超过 95°C 。

(5) 在使用盐酸酸洗时,应该采用增大浓度而不过分提高温度的办法。一般用盐酸酸洗采用质量分数为 20% (或 10% ~ 15%),温度为 $30 \sim 40^\circ\text{C}$ 。

(6) 对于不锈钢,如温度和浓度太高,则酸洗时会有氧化氮的黄烟冒出,这种气体对人体很有害,所以我们在酸洗不锈钢时,应采用合适的配比及温度,例如质量分数为 10% ~ 15% HNO_3 加质量分数为 3% ~ 5% HF ;温度控制在 $50 \sim 55^\circ\text{C}$ 之间。

1.4.1.3 酸溶液中铁盐含量对酸洗的影响

当酸洗酸液中铁盐含量增加后,酸溶液的活性会降低,酸洗时间就要增加。如果铁盐的含量超过了它的溶解度时,铁盐就要结晶出来沉积在制品的表面,因而大大地降低了酸洗速度。而且,在酸洗后金属表面变脏。根据有关资料介绍,当在 89°C 的质量分数为 10% 硫酸溶液中,硫酸亚铁的溶解度为 330g/L。因此,用硫酸酸洗时,铁盐质量浓度绝对不应超过 330g/L。在实际生产中,酸液报废的标准,规定铁盐不应该超过 300g/L。

用硫酸酸洗时,硫酸亚铁含量降低,金属铁的溶解速度减少,钢铁制品会出现过酸洗的危险。据经验介绍,酸液中完全不含硫酸亚铁时,酸洗出来的钢铁制品表面经常会有一层黑色薄膜,而当质量浓度为 10g/L 的硫酸亚铁时,酸洗出来的表面则是正常的。因此,在酸洗重要钢制制品时,最好不用刚配制的新酸,而应该采用洗过一点其他制品质量浓度 10g/L 左右的亚铁酸来进行酸洗的效果比较好。

1.4.1.4 酸溶液搅拌程度对酸洗的影响

搅拌酸溶液对酸洗是有利。因为搅拌可以除去凝结在钢铁制品表面上的蒸汽,以及附在其上的氢气泡,同时使溶液不断循环,成分保持均匀。搅拌也使空气中的氧不断进入酸液中,而在酸液中加入氧气可以加速酸洗过程。酸液的搅拌是用蒸汽或空气通入酸液中,或者可以用机械摆动的酸洗筐进行。