

国外带钢盐酸酸洗

冶金工业部塔式酸洗试验组 编译

上海科学技术情报研究所

国外带钢盐酸酸洗
冶金工业部塔式酸洗试验组 编译

*

上海科学技术情报研究所出版
新华书店上海发行所发行
上海新华印刷厂印刷

*

开本 787×1092 1/16 印张·3 字数·78,000

1974年5月第1版 1974年5月第1次印刷

印数: 1—4,000

代号: 151634·0175 定价: 0.50元

(只限国内发行)

前 言

近年来,带钢酸洗广泛地采用盐酸酸洗。目前,盐酸酸洗机组主要有三种型式,即半连续式、连续卧式和连续塔式(立式)三种。

和硫酸酸洗相比较,在不增加投资和改造措施的情况下,采用盐酸酸洗,机组生产能力可以提高50~60%;同时,改善了带钢的表面质量。新的盐酸酸洗机组速度可达250~400米/分;另外,从酸洗金属损耗、酸耗、酸洗产生的废料利用和酸洗成本等方面经济效果的提高,都充分表现出盐酸酸洗的优越性。

六十年代初,开始在欧洲、美国、加拿大等地先后建造了几套盐酸塔式酸洗机组。到六十年代中期,日本、苏联、西德也相继建造了不少盐酸酸洗机组。在新建的同时,不少国家还将硫酸酸洗机组改造成为盐酸酸洗机组,并且不少机组都考虑既可采用盐酸,也可使用硫酸。到1972年,美国热轧带钢的酸洗几乎都采用盐酸酸洗。

带钢酸洗由硫酸酸洗过渡到盐酸酸洗,可以认为是酸洗工艺和酸洗技术的重大变化。连续酸洗机组的建立使得在技术上有可能使酸洗的小时生产率和高速冷轧机组的生产率相适应,这就使得将来成套的机械化和自动化的冷轧车间,按照酸洗—轧制联合机组来建造,这样将大大改变了冷轧车间的生产工艺。

遵照伟大领袖毛主席关于“洋为中用”的教导,我们编译《国外带钢盐酸酸洗》资料,供我国的酸洗工作者参考。

在编译过程中,由于水平所限,难免存在一些缺点和错误,希望批评指正。

目 录

前言

第一章 盐酸酸洗过程的特征	1
一、盐酸酸洗的特点	1
二、影响酸洗时间的因素	3
第二章 带钢酸洗工艺及设备	9
一、带钢酸洗	9
1. 半连续酸洗机组	9
2. 连续卧式酸洗机组	12
3. 连续塔式酸洗机组	19
二、酸洗机组的选择	23
三、连续酸洗机组主要参数的确定	24
四、强化酸洗过程的途径	25
五、酸洗-轧制联合机组	26
第三章 废酸处理	29
一、废酸的处理方法	29
二、盐酸的中和处理	29
三、盐酸的回收	30
第四章 技术经济分析	42
一、产品质量	42
二、生产能力	42
三、酸洗时的废料	43
四、铁损和酸耗	43
五、酸洗成本	44
参考文献	46

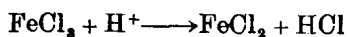
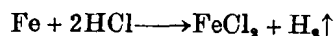
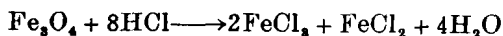
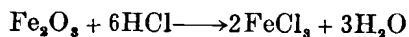
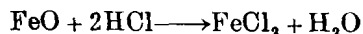
第一章 盐酸酸洗过程的特征

一、盐酸酸洗的特点

盐酸酸洗和硫酸酸洗相比较，它有自己的特点和优点。

首先是盐酸酸洗对氧化铁皮的作用和硫酸酸洗是不相同的。盐酸酸洗主要靠溶解作用去除氧化铁皮；而硫酸酸洗则主要靠氢气的机械剥离作用去除氧化铁皮。按照实验资料，用硫酸酸洗时，约有78%的氧化铁皮是由于机械剥离作用去除的，而盐酸酸洗则只有33%的氧化铁皮是由于机械剥离作用去除的^[1]。盐酸不仅能很好地溶解富氏体(Fe₃O₄溶于FeO中的固溶体)，而且能溶解高价的铁的氧化物，例如，在温度60°C、浓度180克/升的盐酸中，用10分钟可溶解75.2%的粉末状的Fe₂O₃，而在硫酸中Fe₂O₃的溶解度要低好多倍^[2]。

带钢表面氧化铁皮，一般是由三层组成，外层是Fe₂O₃，中间层是Fe₃O₄，内层是FeO + Fe₃O₄(富氏体)；同时，氧化铁皮有很多裂缝和孔隙，而且内层是比较疏松的，因此，当带钢表面被酸液浸湿后，除了外表面的氧化铁皮之外，酸液也通过氧化铁皮中的裂缝、孔隙而与其中的所有三层，以及带钢基体接触而起化学反应，即：



酸洗时，带钢上的氧化铁皮是由于以下三种作用而被除去的：

1. 氧化铁皮与盐酸发生化学作用而被溶解(溶解作用)；

2. 金属铁与盐酸作用生成的氢，机械地剥落氧化铁皮(机械剥离作用)；

3. 生成的氢使铁的氧化物还原成易与酸作用的亚铁的氧化物，然后与酸作用而被除去(还原作用)。

由于Fe₃O₄和Fe₂O₃在盐酸溶液中的溶解速度远大于在硫酸溶液中的溶解速度，因此，带钢在盐酸中的酸洗速度比在硫酸中的酸洗速度大得多。例如，在60°C时，用浓度15%的硫酸溶液，酸洗时间为150秒，而用15%的盐酸溶液，酸洗时间为55秒；在80°C时相应地为70秒和30秒^[2]。

在生产实践中，经常发现热轧带钢表面的边缘有较黑的氧化铁皮区，主要成份是Fe₂O₃。由于硫酸对Fe₂O₃的溶解度低，因而用硫酸酸洗时带钢边缘氧化铁皮往往去除不掉，在下一步冷轧过程中带材表面残留的氧化铁皮破碎后污染了乳化液，使轧辊磨损增加。如果要比较彻底地去除氧化铁皮(包括Fe₂O₃层)，则带钢的其它部份可能产生过酸洗。但是，如果在盐酸溶液中酸洗，由于它能够溶解高价氧化铁，所以氧化铁皮比在硫酸中清除得较完全。

在盐酸酸洗中，既酸洗外层氧化铁皮同时也酸洗内层的氧化铁皮，所形成的残渣比硫酸酸洗少得多，而且这些残渣的密度比在硫酸溶液中得到的要小，因此，很容易从带钢表面或酸槽底上清除掉。

残留在带钢表面上的铁盐残渣是有害的，它会使酸洗过的带钢表面很快生锈，同时

带钢表面上的铁盐一般都是亚铁盐，很容易溶于水，在空气中停留时间较长时，就会变成不易溶于水的正铁盐，因此，酸洗之后，必须立即用净水冲洗，以便去除表面上残留的铁盐。

由于盐酸能够有效地溶解氧化铁皮，同时所生成的 FeCl_2 易溶于水，所以残留在带钢表面上的酸洗反应产物很容易用水清洗掉。这就保证了在盐酸溶液中酸洗时，带钢表面质量比较高，一般用盐酸酸洗后，带钢具有清洁、光亮、没有斑点的平滑表面，这对于以后冷轧是很有利的。

目前认为，用盐酸酸洗金属损耗比硫酸酸洗少 20~25%，这是因为在酸洗时间内，盐酸对于纯铁的溶解量比硫酸少的缘故。盐

酸酸洗对带钢基体的腐蚀较小，这就减少了带钢表面的粗糙度和过酸洗的废品率^[3]。

图 1 是铁损与酸洗时间的关系。由图可以看出，即使采用缓蚀剂，硫酸酸洗铁损比盐酸酸洗高 0.1~0.2%，实践证明，在有缓蚀剂的硫酸溶液中，连续酸洗机组一停车就可能引起带钢的过酸洗，因此，应立即将带钢提起来，超过液面。按照美国共和国钢铁公司数据，在有缓蚀剂的盐酸溶液内，带钢在槽内停放 16 小时，质量都没有影响。如果没有缓蚀剂，机组停车一小时，在温度为 79°C 的盐酸溶液中，厚度为 2.3 毫米的低碳沸腾钢带钢，其厚度减少 9%；而在 93°C 的硫酸溶液内，同样的停车时间，厚度要减少 20%^[4]。

盐酸酸洗采用不采用缓蚀剂，目前还没

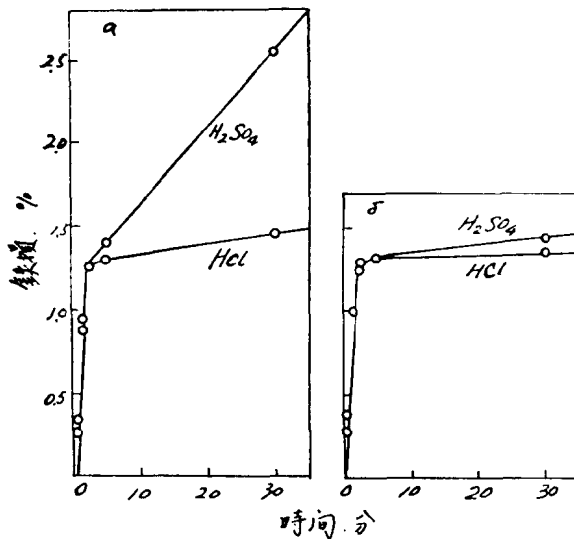


图 1 热轧带钢用硫酸和盐酸酸洗时的铁损
a-无缓蚀剂 b-有缓蚀剂

有统一的意见。这是因为和硫酸酸洗比较，带钢过酸洗的可能性大大减少了。此外，盐酸与铁的相互作用生成氢，这对于加速酸洗过程是有利的，但是，铁这样大量地溶解，不仅使铁损及酸耗增加，同时生成的氢原子，一部份结合成氢分子逸出，另一部份则扩散到带钢基体中去，以致使带钢的机械性能降低，和造成酸洗气泡等缺陷，因此，应当尽量减少

基体铁的溶解。在同样的酸洗温度下，扩散到带钢基体内的氢量，盐酸酸洗比硫酸酸洗要少得多(图 2)。

硫酸酸洗温度一般比盐酸酸洗温度高，氢的渗透随着温度的升高而增加，因此，盐酸酸洗和硫酸酸洗带钢渗氢的程度相差较大，在实际生产中盐酸酸洗没有发现氢脆现象和酸洗气泡缺陷。

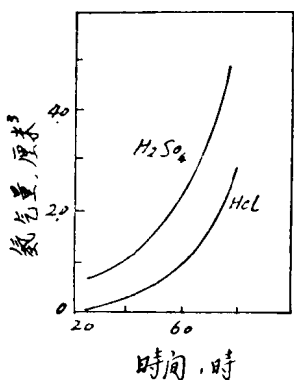


图2 在硫酸和盐酸中不同酸洗时间, 钢所吸收的氢气体积
(H_2SO_4 387 克/升, HCl 297 克/升)

从酸液特性看, 盐酸溶液比硫酸溶液腐蚀性强。如果在酸洗后, 带钢表面残留有盐酸, 则其表面将产生锈蚀。有人证明, 如果在酸洗之后清洗, 在 1000 厘米³ 的水中 Cl^- 的含量小于 20 毫克, 那么锈蚀的危险性较小, 这就要求清洗必须是多级的, 最后一级用水必须尽可能地进行软化, 同时, 含 Cl^- 最低, 有人建议最后一级软化水含氯化物最好小于 10 毫克/升; 另外, 对于需要长时间贮存和长距离运输的带钢, 要求采用苛性钠中和, 同时要测量最后一道清洗水的含酸量和中和液的 pH 值。

由于盐酸的腐蚀性较强, 所以对于材料的耐腐蚀性能要求较高, 目前广泛地采用非金属防腐材料, 如, 聚氯乙烯、玻璃钢(环氧、酚醛、呋喃玻璃钢等)以及化工搪瓷、化工陶瓷、天然橡胶、聚异丁烯橡胶和辉绿岩铸石等非金属防腐材料。

综上所述, 与硫酸酸洗相比较, 盐酸酸洗的优点在于: 它对 Fe_2O_3 、 Fe_3O_4 、 FeO 的溶解速度大, 因此, 酸洗速度快, 在酸洗时间内对带钢基体铁的溶解数量少, 带钢表面上的酸洗反应产物容易清洗干净, 从而保证了用盐酸酸洗时表面质量比较高, 一般用盐酸酸洗后带钢表面光洁, 呈银灰色, 同时酸洗缺陷较少。

尽管如此, 工业上长期以来不采用盐酸酸洗, 主要原因是:

1. 96% 的硫酸比 36% 的盐酸价钱便宜;
2. 盐酸的腐蚀性强, 对材料的耐腐蚀性能有特殊的要求, 同时, 它的贮存和运输不如硫酸方便;
3. 废酸液的处理问题没有解决。

这就使得盐酸酸洗一直没有得到广泛应用。直到 1959 年, 奥地利维也纳鲁兹纳(O. Ruthner) 公司发明了一种盐酸废液回收方法, 并相应发明了带钢盐酸塔式酸洗机组, 以及随着新的耐酸材料的出现和盐酸与硫酸的价格比发生变化, 才使得盐酸酸洗逐渐得到推广。

二、影响酸洗时间的因素

酸洗时间主要取决于氧化铁皮的结构和厚度。硫酸酸洗时间与氧化铁皮的厚度成正比, 而盐酸酸洗时间与厚度的平方成正比^[4], 酸洗时间还同时取决于酸液的特性和酸液与氧化铁皮表面相互作用的条件。

因此, 酸洗过程首先同氧化铁皮的厚度和结构有关, 最适宜的酸洗条件, 是在氧化铁皮含富氏体的数量最多、而且没有 Fe_2O_3 的时候(图3), 当终轧温度比较低时($\sim 850^\circ C$), 这个条件可以保证得到氧化铁皮层最薄, 同时出现 Fe_2O_3 的危险性最小。图 4 表示酸洗时间与终轧温度之间的关系^[5], 在精轧机上

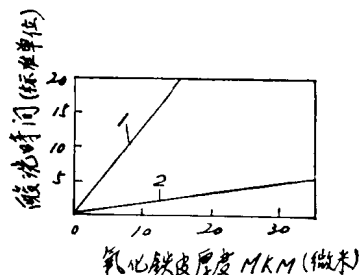


图3 氧化铁皮厚度与不同成分氧化铁皮酸洗时间的关系

1-95% Fe_3O_4 , 5% Fe_2O_3

2-90% FeO , 8% Fe_3O_4 , 2% Fe_2O_3

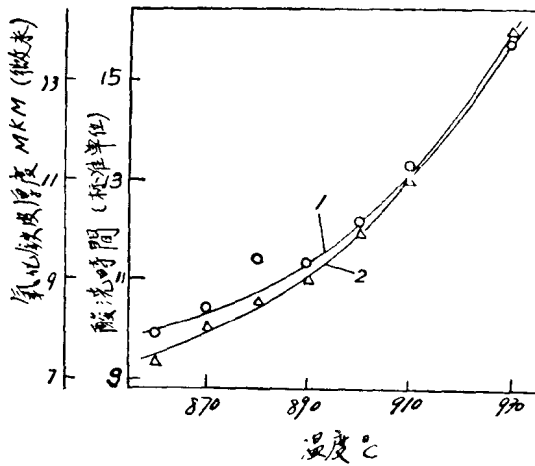


图4 终轧温度与酸洗时间的关系
1-氧化铁皮厚度, 2-酸洗时间

轧制速度决定氧化铁皮的厚度, 因此也决定酸洗时间, 随着速度的增加酸洗时间减少。

降低卷取温度对氧化铁皮的厚度没有什么影响, 但带钢边缘和尾部出现 Fe_2O_3 的危险性减少, 同时由富氏体向 Fe_3O_4 转变的程度减少, 当卷取温度从 $700^{\circ}C$ 降低到 $600^{\circ}C$ 时, 酸洗时间可以缩短 10~15%。为了控制富氏体的分解, 带钢应该在相当低的温度下

($500\sim 550^{\circ}C$) 卷取, 但这将导致卷取之前带钢水冷时间增加, 从而引起氧化铁皮层厚度的不均匀性增加, 因此, 应该寻求最合适的带钢卷取温度, 实验表明, 在 $550\sim 590^{\circ}C$ 卷取时, 带钢上的氧化铁皮层最薄, 其中富氏体层较厚, 富氏体分解最少, 因而酸洗时间能够降低。

不少人比较详细地研究了热轧带钢 (终轧温度 $860^{\circ}C$, 卷取温度 $680^{\circ}C$) 在不同的盐酸酸液成份下酸洗时间的变化, 如图 5 所示^[6], 当盐酸含量增加和温度升高时, 酸洗时间减少; 随着 $FeCl_2$ 含量的增加, 酸洗时间急剧减少到最小, 此时 $FeCl_2$ 的浓度比饱和浓度要低 4~8%, 以后酸洗时间又急剧增加, 一直到饱和区酸洗时间最长。溶液温度越低, 最小值愈明显, 最短的酸洗时间是在 $FeCl_2$ 最佳含量的情况下得到的, 一般是 2.5~12 分钟 (温度 $20^{\circ}C$), 温度 $40^{\circ}C$ 时是 1~2 分钟, 温度 $60^{\circ}C$ 时是 15~50 秒 (温度继续升高酸洗时间还要缩短), 在上述温度下 ($20^{\circ}C$, $40^{\circ}C$, $60^{\circ}C$), 酸洗时间比为 12.5:3:1, 从这个关系中可以看出准确地控制酸液温度是很重要的。

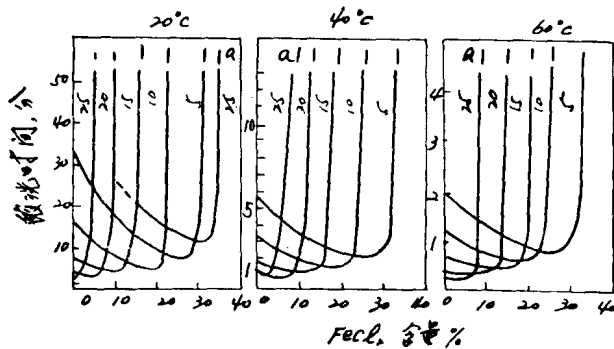


图5 酸洗时间与盐酸含量、 $FeCl_2$ 含量以及温度的关系
(曲线上的数字为盐酸含量%, a-饱和浓度)

酸洗时间与酸液成份的关系 ($20^{\circ}C$ 和 $40^{\circ}C$ 时) 如图 6 所示, $60^{\circ}C$ 时的特性曲线与此相似。酸洗时间曲线接近饱和线, 表示在这个区域里略微改变一下溶液成份, 酸洗时间就发生明显地变化, 即这个过程是很不稳定

的, 必须准确地控制溶液成份, 但这在实际上比较困难, 因此不希望采用 $FeCl_2$ 的浓度接近饱和状态的酸液。

由图 6 可以求出酸洗时间 (在酸液不更新, 不加浓的情况下)。当盐酸浓度大于 20~

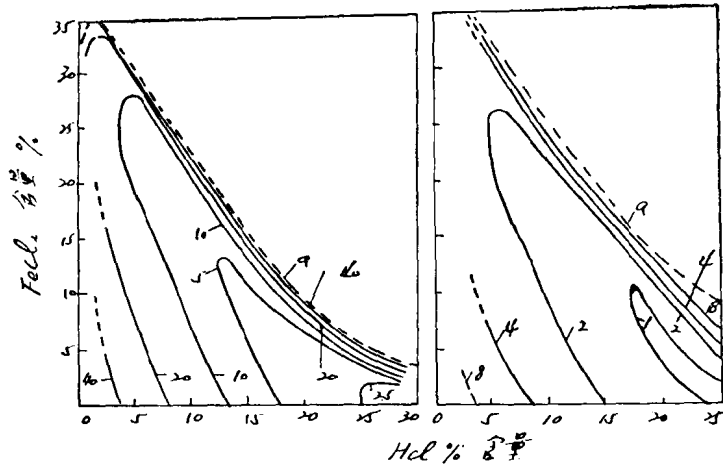


图6 在20°C、40°C时,酸洗时间与酸液成份的关系
(曲线上的数字为时间,分; a-饱和线)

22%时, FeCl_2 很容易达到饱和状态, 酸液浓度愈高, FeCl_2 的浓度就愈低。

氯化氢气蒸发量是酸洗工艺过程中的重要参数之一, 表1列出了在带钢酸洗时, 酸液温度、浓度与液面上 HCl 气含量的关系^[7], 由表1可以找出机组生产能力所要求的酸洗过程参数, 例如, 在盐酸溶液中, 含 FeCl_2 227

克/升(换算成 Fe 100 克/升), 为了保证酸洗时间 20 秒, 在温度为 65°C 时, 要求酸液浓度为 235 克/升, 在 80°C 时, 酸液浓度为 140 克/升, 在 93°C 时, 酸液浓度为 75 克/升, 相应地 HCl 气体量是 4950、247.0 和 38.8 克/米³, 从这里可以看出, 提高温度对盐酸的蒸发量比提高酸的浓度小。

表1 在不同的酸洗时间条件下, HCl 气的含量

FeCl ₂ 含量——227 克/升				酸液无 FeCl ₂			
酸洗时间 秒	酸液浓度 克/升	酸液温度 °C	液面上 HCl 气含量 克/米 ³	酸洗时间 秒	酸液浓度 克/升	酸液温度 °C	液面上 HCl 气含量 克/米 ³
10	235	93	32200	10	250	80	564
20	235	65	4950	10	140	93	13.8
20	140	80	247	20	220	65	56.4
20	75	93	38.8	20	100	80	0.9
30	130	65	56.4	20	54	93	0.4
30	75	80	15.6	30	126	65	1.0
30	45	93	11.0	30	57	80	0.15
40	86	65	8.9	30	30	93	0.13
40	48	80	4.95	40	84	65	0.17
40	29	93	5.3	40	39	80	0.07
				40	20	93	0.08

酸液内 FeCl_2 含量增加, 使得盐酸的挥发加速, 因此, 在槽式酸洗时, 一般希望将 FeCl_2 的成份控制在最低限度内。

浸泡酸洗和喷射酸洗, 在酸液成份和温

度相同的情况下, 这两种酸洗方法的酸洗时间是不同的。

喷射酸洗目前还研究得较少, 采用的也较少, 但根据已经采用的效果看来, 这种方法

一般认为是比较先进的。

酸洗溶液以一定压力喷射在带钢表面上,然后顺着带钢流下。图7为几种酸洗情况的对比,由图7可以看出垂直带钢表面的喷射酸洗和与带钢表面倾斜15°的喷射酸洗比浸泡酸洗时间缩短15~20%^[8],与带钢表面平行的喷射酸洗和浸泡酸洗没有什么区别。

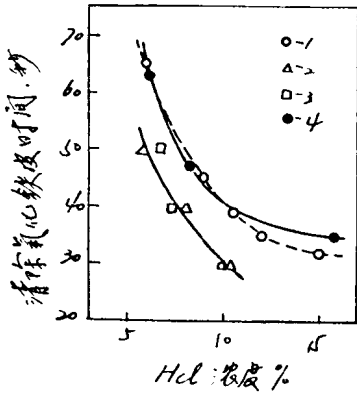


图7 在温度70°C,喷射压力2公斤/厘米²的情况下,清除氧化铁皮的时间与盐酸浓度的关系。

1-浸泡酸洗, 2-垂直带钢表面的喷射酸洗, 3-与带钢表面倾斜15°的喷射酸洗, 4-与带钢表面平行的喷射酸洗

喷射酸洗,在温度升高时,酸洗时间缩短(图8),实践证明,喷射酸洗要比浸泡酸洗时间短一倍,在同样的酸液参数条件下,由于机组设备条件不同,酸洗时间差可从15~20%到100%。

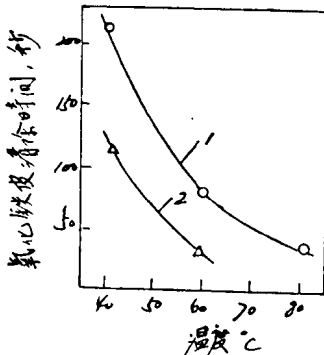


图8 在15%的盐酸溶液中酸洗时间与温度的关系
1-浸泡酸洗, 2-喷射酸洗

酸液可用不同的压力喷射,从喷向带钢所必须的最低压力到每平方米几公斤。喷

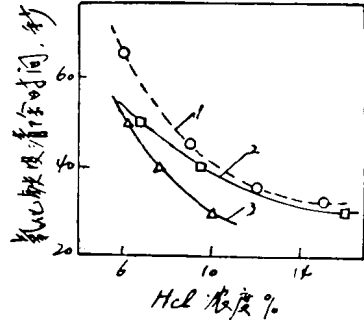


图9 喷射酸洗时间与溶液压力的关系(温度70°C)

1-浸泡酸洗, 2-1公斤/厘米²压力的喷射酸洗, 3-2公斤/厘米²压力的喷射酸洗

射酸洗和浸泡酸洗时间的关系如图9所示,1公斤/厘米²压力的喷射酸洗效果与浸泡酸洗差别不大,而当压力2公斤/厘米²时,酸洗时间减少10~12秒,即减少20~30%。

喷射酸洗所需要的酸量,按下式确定:

$$Q = \frac{P \cdot d \cdot K \cdot t}{S}$$

式中 Q ——酸洗1米²带钢表面所需要的盐酸量,公斤/米²;

P ——喷射量,1.0×10³厘米³/分;

d ——盐酸溶液密度,公斤/厘米³(由表2查得);

K ——酸液浓度,%;

t ——酸洗时间,分;

S ——被酸洗的带钢表面积,米²。

表2 在15°C时,盐酸密度与浓度的关系

密度,克/厘米 ³	酸 含 量	
	% (按重量)	克/升
1.000	0.16	1.6
1.005	1.15	11.6
1.010	2.14	21.6
1.015	3.12	31.7
1.020	4.13	42.1
1.025	5.14	52.7
1.030	6.15	63.3
1.035	7.16	74.1
1.040	8.16	84.9
1.045	9.17	95.8
1.050	10.17	106.8

续上表

密度, 克/厘米 ³	酸 含 量	
	% (按重量)	克/升
1.055	11.18	118.0
1.060	12.19	129.2
1.065	13.19	140.4
1.070	14.17	151.6
1.075	15.16	163.0
1.080	16.15	174.4
1.085	17.13	185.9
1.090	18.11	197.4
1.095	19.06	208.8
1.100	20.01	220.1
1.105	20.97	231.7
1.110	21.92	243.3
1.115	22.96	255.1
1.120	23.82	266.8
1.125	24.78	278.9
1.130	25.75	291.0
1.135	26.70	303.2
1.140	27.66	315.4
1.145	28.61	327.7
1.150	29.57	340.1
1.155	30.55	352.9
1.160	31.52	365.6
1.165	32.49	378.5
1.170	33.46	391.5
1.175	34.42	404.4
1.180	35.38	417.5
1.185	36.31	430.3

表 2 给出了在 15°C 时酸的密度与浓度间的关系, 在较高温度下, 用修正值的方法确定酸的密度, 每升高 1°C 为:

密度 d , (克/厘米 ³)	修 正 值
1.000~1.040	0.0002
1.041~1.085	0.0003
1.086~1.120	0.0004
1.121~1.155	0.0005
1.156~1.200	0.0006

当酸的密度用波美度(°Be')表示时, 可按下式进行换算:

$$d = \frac{145}{145 - ^\circ\text{Be}'}, \text{克/厘米}^3.$$

表 3 给出了热轧低碳钢带钢采用喷射酸洗时, 需要的盐酸量。

在压力不变, 温度 60~70°C 时, 单位面积酸耗几乎与酸液浓度和酸洗时间没有关系。在温度为 80°C 时, 酸液浓度升高和缩短酸洗时间的情况下, 酸耗有少量的增加; 在压力降低、供酸量减少(同样温度)、酸洗时间缩

表 3 在喷射酸洗时, 清除氧化铁皮所需要的盐酸量⁽⁸⁾

带钢位置	温度 °C	压力 公斤/厘米 ²	供酸量 升/分	酸液浓度 %	密度 克/厘米 ³	酸洗时间 秒	需要酸量 公斤/米 ²
15°	60	2.0	13.0	18.6	1.091	30	2.42
				15.1	1.077	40	2.49
				11.7	1.056	50	2.46
	70	2.0	13.0	10.1	1.056	30	1.27
				7.37	1.035	40	1.28
				6.63	1.033	50	1.36
	80	2.0	13.0	15.1	1.071	25	1.61
				8.93	1.045	35	1.30
				5.48	1.028	47	1.06
垂 直	70	2.0	13.0	10.3	1.052	30	1.30
				7.84	1.037	40	1.26
				5.74	1.029	50	1.18
水 平	70	2.0	13.0	15.8	1.076	35	2.37
				8.21	1.041	47	1.60
				6.21	1.032	63	1.61
15°	70	1.0	8.2	15.9	1.076	30	3.72
				9.45	1.043	40	2.86
				6.72	1.033	50	2.52

短的情况下,酸耗量明显地增加。提高温度,可以缩短酸洗时间,温度从60°C升高到70°C而压力和供酸量不变的情况下,酸的单位面积消耗量可以减少。

与带钢垂直喷射或倾斜喷射,酸洗时间和酸耗量几乎是一样的,而平行带钢喷射时,酸洗时间要长些,酸耗量要多一些。

参考文献〔9〕、〔10〕研究了不同速度、不同压力、喷射角45°~90°的喷射酸洗时的机械作用。在20°~25°C时流速大于20~23米/秒,盐酸酸洗效率急剧升高,当喷射角90°时,喷射酸洗的效率大约为浸泡酸洗的两倍。

由于酸液的机械作用和临界层的不断更新,喷射酸洗创造了比较有利的酸洗条件。

当用破鳞机和平整机预先对带钢表面进行机械处理时,带钢的酸洗时间可以减少,采用破鳞机可以减少10~50%,这取决于氧化铁皮的厚度、结构以及破鳞机的弯曲辊径。采用平整机平整的和没有经过平整的带钢,在温度79°C的盐酸溶液中酸洗时,酸洗时间相应地为23秒和26秒;在93°C时,为17秒和18秒,酸洗时间减少不多。在硫酸中酸洗时,93°C时的酸洗时间相应地为18秒和36秒,相差一倍^{〔11〕},表4的数据表明在硫酸和盐酸溶液中酸洗时,采用和不采用平整对各种钢酸洗时间的影响。可以看出,对于盐酸酸洗,采用平整破鳞对于减少带钢的酸洗时间作用不大。

表4 在硫酸和盐酸溶液中,热轧带钢的酸洗时间

钢 种	93°C 硫酸		79°C 盐酸		93°C 盐酸	
	无平整	平 整	无平整	平 整	无平整	平 整
低碳沸腾钢	35	10	25	15	15	10
含磷0.13%的低碳钢	30	15	15	15	10	10
卷取温度655°C的低碳沸腾钢	35	15	20	15	15	15
卷取温度577°C的低碳沸腾钢	35	10	15	15	10	10
含铜0.3%的低碳钢	50	30	40	40	30	20
含磷、硅、铜、镍、铬的低合金钢	15	15	20	20	15	15
低合金高强度锰钢和铜钢	55	30	25	20	20	15
低合金高强度锰钢	40	20	25	20	20	20

酸液成份: H₂SO₄ 280克/升, Fe 10克/升
HCl 100克/升, Fe 100克/升

第二章 带钢酸洗工艺及设备

一、带钢酸洗

带钢酸洗目前有三种设备型式，即半连续酸洗机组，连续卧式酸洗机组和连续塔式酸洗机组。

1. 半连续酸洗机组

由于半连续酸洗机组酸洗带钢的品种较多，而且设备费用相当低，因此得到很大的推广，图 10 为半连续机组的示意图，表 5 是它的性能参数^[12]。

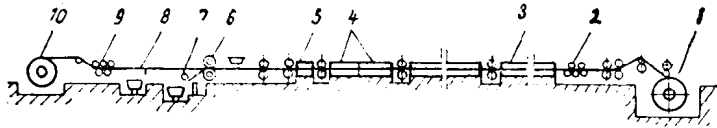


图 10 半连续酸洗机组示意图

1-开卷机，2-矫直机，3-酸洗槽，4-清洗槽，5-烘干装置，6-圆盘剪，7-碎边剪，8-侧刀式剪断机，9-张紧装置，10-卷取机

表 5 半连续盐酸酸洗机组性能参数

国家，公司，厂	带钢宽度 毫米	带钢厚度 毫米	槽内带钢数 条	速度 米/分	回收设备的 生产能力 升/时
西德，吕泽尔·丁斯拉肯钢铁公司，机组№1	30~120	0.8~5	6	10	1500*
同上 机组№2	40~120	1~5	6	4~20	
西班牙，帕菲尔和福瑞阿公司，帕穆普龙那厂	600~1050	1.2~4	1	7.5~30	800
奥地利，奥地利阿尔平-蒙太公司，多那维茨厂	150~650	4~6.5	2	5~30	900
同上 克瑞格拉赫厂	150~410	1~6.35	4	5~30	1800
西德，埃式维尔矿冶公司，奥厄厂	20~200	0.8~6	6	5~30	680
英国，康赛特钢铁公司，加路厂	20~250	1.2~4.5	3	3~18	800
捷克	120~550	1.25~4.5	2	7~40	700

*两个酸洗机组共用一套回收装置

板卷开卷后，随之送进酸洗槽，然后再送进清洗槽，半连续机组用来酸洗一条宽带钢、几条同样宽度或不同宽度的窄带钢。为了同时处理几条带钢，机组上安装有相应数量的开卷机和卷取机。由于采用盐酸，同时酸洗槽的长度相当长，所以在半连续机组中不采用除磷机。对于宽带钢的酸洗，在机组中安装 1~2 个弯曲辊，用来校正板卷的弯曲。矫直机

安装在机组的头部，以保证矫直带钢的头部和带钢顺利地通过机组。如果同时通过几根带钢，那么每根带钢安装单独的矫直机，或者是两根一个矫直机，单独的带钢运行系统可以酸洗不同重量的板卷和不同长度的带钢。

机组通常有 1~2 个长度为 15~20 米的酸洗槽，槽子(图 11)是用塑料做的，它安装在水泥支架或金属支架上面。塑料梁垂直于带

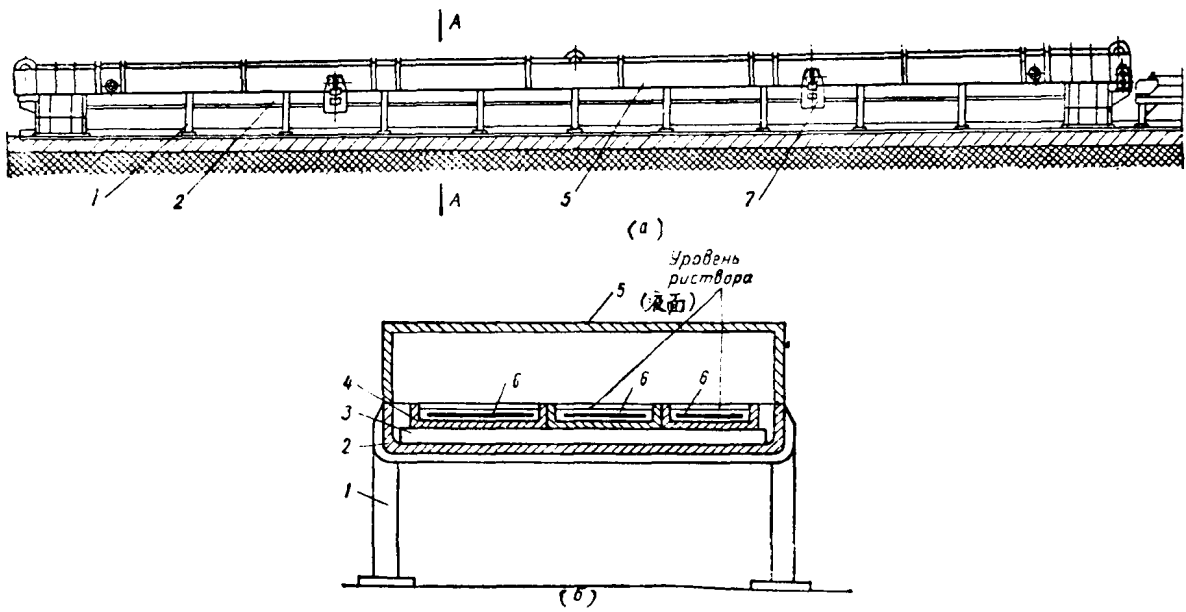


图 11 半连续机组酸洗槽的侧视图(a)和横断面(b)

1-支撑结构, 2-槽体, 3-梁, 4-导向装置, 5-槽盖, 6-带钢, 7-拉料辊

钢运动方向,在多头的机组里,横梁上有导向槽(没有端墙),在导向槽两端,底部有托带机构,中间有孔。在每个酸槽内和它们之间安装有传动的拉料辊,导向槽位于辊子之间,拉料辊的辊缝可调,以便带钢端头比较准确地引入拉料辊。带钢前端沿导向槽底移动。带钢在辊子之间拉紧,同时在以后运动时,不碰到导向槽底。

酸槽密封是用可拆卸分段式的盖子(图12),周围用橡胶圈密封。带钢入口和出口处的盖子用法兰接通风道。槽盖应该容易取下来,因为带钢的前端有时会跑到盖子里边去并卡住,带钢形成活套会把盖子顶起来。最近鲁兹纳机组改进了导向槽的结构,同时带钢也很少造成活套,当出现活套时就停车或倒车,事故处理完毕然后再开车。但是,可拆卸的分段式槽盖存在着酸气跑到车间里去的问题。

酸液中 HCl 和 FeCl₂ 浓度应在规定范围内。连续向每个导向槽中供酸,通常酸液的流动方向和带钢的前进方向相反,经过导向槽底上的孔洞流到酸槽内,槽底向中间倾

斜,废酸液(含 Fe 100 克/升)从这里沿管道放出,收集到循环槽内。再用泵将酸液送到过滤器,再送到换热器加热到 70~85°C,然后酸液再沿管道送入导向槽,槽内酸液不断更新以保证酸洗速度和质量。

为了处理废酸液,机组安有回收装置,废酸液由循环槽流入其内,在表 5 中所列举的酸洗机组,都有 R.-N.-A. (Ruthner-Nordac-Aman) 结构型式的回收装置,单独地安装在靠近酸洗跨,其位置比较高些(见第三章)。

在半连续机组中,带钢通过酸洗槽之后,就在槽内进行清洗和中和处理(假如带钢送往其他厂),同样,清洗水是在槽内连续更新,它的回收和酸液回收相同。

带钢用热空气烘干之后,就进行涂油,并在卷取机上卷取成卷,同时卷取时带有张力,机组头部没有铡刀式切断机,因为热轧带钢的前端“舌头”通过机组没有问题。

在某些多线机组中,在其中一条线上安装圆盘剪,这是为了酸洗带钢在卷取机之前进行剪边。在半连续多线式机组中,当同时

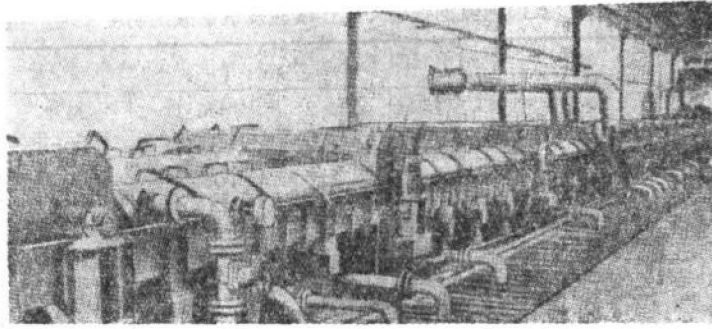


图 12 多头半连续酸洗机组的一般型式

通过 6 条带钢(宽 15~120 毫米, 厚 1~6 毫米)时, 其生产能力为 3~4 吨/时, 当同时酸洗 3~4 条 400 毫米的带钢时, 其生产能力为 10~15 吨/时。奥地利某厂的一个半连续机组, 同时酸洗 4 条宽 150~420 毫米的带钢, 速度为 5~30 米/分, 机组全负荷(7200 小时/年)三班制, 年产量为 10 万吨。当两班制时,

年产量为 7.2 万吨。当采用回收装置时, 每吨带钢的盐酸消耗为 2~3 公斤。

宽带钢半连续酸洗机组其结构与此相似, 但只有一条带钢通过机组。这种机组在美国、西班牙、巴西和其他国家都有。其中最大的宽带钢半连续盐酸酸洗机组安装在美国国家钢铁公司捷特罗依特厂(图 13), 机组长

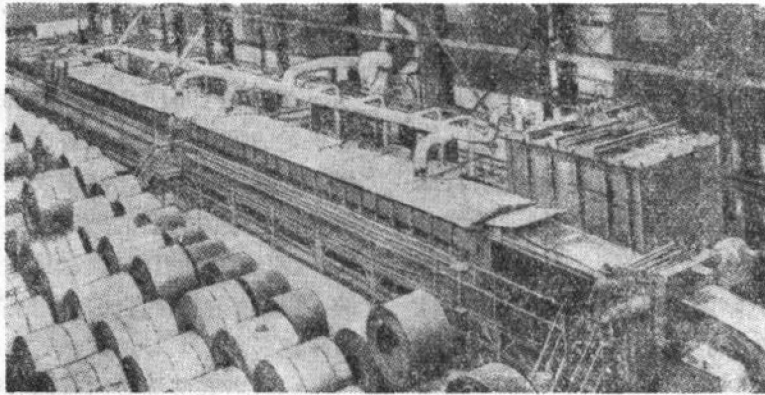


图 13 宽带钢半连续酸洗机组的一般型式

76 米, 用来酸洗厚 1.4~9.5 毫米、宽 1370 毫米的带钢, 带钢通过速度一般为 82 米/分, 可以提高到 98 米/分。

机组包括双锥开卷机、五辊矫直机、二个酸洗槽、喷淋式酸洗装置、烘干装置、铡刀式剪切机和圆盘剪、卷取机。每个酸槽深 200 毫米, 长 20 米, 供酸为 570 升/分。靠近每个槽边各安一个 15.1 米³ 容积的玻璃钢贮酸槽, 目的是为了酸液的循环和贮存。同样, 清洗水中和槽, 直接安装在靠近机组, 用过的酸洗液不回收, 因此, 从第一个槽中放走之前酸含

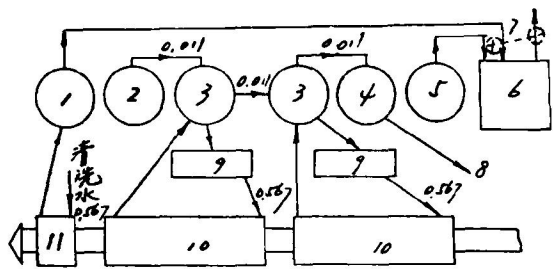


图 14 半连续酸洗机组工艺图

1-清洗水贮液槽, 2-贮酸槽, 3-酸液循环槽, 4-酸槽, 5-氢氧化钠溶液槽, 6-清洗水中和槽, 7-中和过程自动调节系统 (PH-检测仪), 8-放出或利用, 9-换热器, 10-酸槽, 11-清洗槽

数字表示所给溶液和水的数量, 米³/分

表 6 美国国家钢铁公司半连续酸洗机组酸洗制度

酸洗时间 秒	槽内溶液温度 °C		溶液中 HCl 含量克/升		溶液中 Fe 含量 克/升		带钢最大通过速度 米/分
	№ 1	№ 2	№ 1	№ 2	№ 1	№ 2	
89	60	82	5	162	20	37	27
77	66	82	5	175	20	37	31
65	71	82	5	162	20	37	37
56	77	82	5	162	20	37	43
52	82	82	5	162	20	37	46
49	88	88	5	162	20	46	49
25	90	93	5	153	20	46	85
21	93	93	5	162	20	46	99

量取 $<0.3\%$,图 14 为酸洗机组的示意图。在机组的使用过程中,采用提高溶液温度的方法来强化酸洗过程,在此机组中,不同温度的酸洗制度列于表 6 中,温度不希望再高,主要是因为溶液蒸发增加,酸耗为 90 克/分,该机组的特点是厂内有固定酸槽,机组结构和工作特点是酸洗制度可以调节以适应每个板卷的酸洗。

同连续机组比较,这种机组的优点是价钱比较便宜,这是因为它没有剪机、焊机、活套坑等,减少了运输辊道和拉料辊的数目,从而大大减少了机组安装面积,机械设备缩减到最低限度,它的价钱与带钢的厚度有关。所处理的带钢最大厚度可以厚一些,在连续机组中,一般不超过 6~6.5 毫米,而在半连续机组中可达 9.5 毫米,甚至可以提高到 10~12 毫米。半连续机组和连续机组比较,除了一定数量的设备和操作简化外,每班操作人员从 10~12 人减少到 4~5 人,对于窄带钢,采用多线机组可以缩短机组长度,提高生产率。

半连续酸洗机组的主要缺点是不能併卷,因此,对于采用小卷重板卷的冷轧车间不推荐。最近几年兴建的热轧带钢轧机,所生产的热轧板卷重量为 15~30 吨,所以,冷轧之前不需要併卷,在此条件下,当冷轧车间的生产能力不大或中等时,可以采用半连续酸洗机组。

2. 连续卧式酸洗机组

当从硫酸酸洗过渡到盐酸酸洗的优越性比较肯定之后,首先就是改造原有的卧式机组,同时卧式机组还具有采用两种酸的可能性,因而得到广泛的推广^[43]。

在美国,几乎所有高生产率的卧式酸洗机组,都考虑了采用两种酸的可能性,都安有平整机。而在单用盐酸酸洗时,平整机可以不要。

美国在 1964~1970 年期间安装的这些新机组的另一特点是没有废酸液和清洗水的回收装置,但考虑了将来安装这些设备的可能性。这是因为新的酸洗机组(包括回收装置)与原有的机组相比较,技术经济指标将降低,用盐酸酸洗回收的费用占酸洗成本的 16~18%。

同时塔式酸洗必须有回收装置是由于酸液浓度较高,如果不回收,酸耗必然大幅度增加,因此,塔式酸洗采用回收装置是比较合理的。

在日本,由于受地震的限制和美国的影响,除建设一条塔式盐酸酸洗机组外,其他均采用卧式酸洗机组,其中绝大部分采用盐酸。统计新日铁公司 12 条酸洗机组(表 7)^[26],其中 11 条为卧式盐酸酸洗,仅一条为卧式硫酸酸洗。

在美国,1966~1968 年期间工作的约 70 套连续酸洗机组,在 1966 年改造了 20 套,后两年又改造了 15 套,1968 年以后又改造了 35

表7 新日本制铁公司主要酸洗机组性能

厂名 机组	年产量 万吨	带钢厚度 毫米	带钢宽度 毫米	酸液种类	酸洗速度 米/分	酸洗槽数 个	投产年月
八幡 №1	63.6	1.6~4.7	~1270	盐酸	180	4	1949. 9
八幡 №2	36	1.6~3.2	~ 945	硫酸	150	4	1954. 9
八幡 №3	59.2	1.2~6.0	~1880	盐酸	110	4	1959. 3
八幡 №4	90	1.5~3.0	~1320	盐酸	200	5	1962. 5
户畑 №1	50	1.3~1.8	~1372	盐酸	150	3	1958.11
户畑 №2	36	2.0~5.5	~1905	盐酸	50	2	1954. 1
名古屋 №1	57.6	1.2~3.2	~1372	盐酸	160	4	1961.10
名古屋 №2	30	1.2~5.0	~1170	盐酸	160	4	1967.12
名古屋 №3	108	1.2~6.0	~1650	盐酸	275	4	1971. 1
名古屋 №4	76.8	1.2~3.2	~2150	盐酸	300	6	
君津 №1	120	1.0~6.5	~2080	盐酸	350	5	1968. 9
君津 №2	108	1.0~6.5	~2150	盐酸	400	5	1971. 3

表8 欧州三国几条卧式酸洗机组性能

国家, 厂名	投产年份	带钢厚度 毫米	机组宽度 毫米	酸液种类	酸洗速度 米/分	年产量 万吨
西德 蒂森	1970	1.5~5.0	2030	硫酸	250	120
西德 霍什 №1	1961	1.8~2.5	1450	硫酸	180	98
西德 霍什 №2	1972	~2.5		盐酸	360	120
西德 克鲁伯	1972	1.0~6.0	1850	盐酸	210	I期 84 II期 120
西德 拉色斯坦	1960	~2	1050	硫酸	240	60
荷兰 霍格文斯	1971	1.5~6.3	1450	盐酸	300	150
罗马尼亚 加拉茨	1970	1.5~6.0	1680	硫酸	240	120

套^[14],至此,连续酸洗机组全部改造为盐酸酸洗。而在1965年以后新建的卧式机组都考虑了用硫酸和盐酸的可能性。

我国冶金考察团于1972年底至1973年初,先后考察了西德、罗马尼亚、荷兰等国,也证明了采用盐酸酸洗的趋势。表8为考察过的酸洗机组的主要特性^[27]。

之所以这样大量采用盐酸酸洗,有以下几个原因:一是随着新建或改建的冷轧机组生产能力的提高,酸洗机组成为薄弱环节,使用盐酸酸洗可以在不增加很多投资和停产的情况下,提高酸洗机组的生产能力,如某厂改造了四条连续酸洗机组,仅用了八个月的时间,就使生产率由原来的月产量11.5万吨/月,增加到19万吨/月;二是采用盐酸酸洗可以提高酸洗带钢的表面质量,从而提高了冷

轧后镀层板的表面质量,在这种产品销路很广的美国,由于剧烈的竞争和机组生产能力过剩,这具有特殊的意义;三是1965~1966年之后,酸的价格开始变化,原来一公斤盐酸比硫酸贵两倍,之后几乎一样了。

改造酸洗机组有以下五个主要措施:

(1)拆换送气、水、酸及废液的管道及管道附件,同时将衬胶辊衬胶层的材料,相应地改为适应于盐酸酸洗的天然橡胶或塑料。在带有回收装置的酸洗机组工作时,应该避免用蒸气直接加热酸液,在酸槽底部安装蒸汽管道或另外安装石墨热交换器,这样可以减少溶液的稀释,但槽内蒸汽管的防腐蚀比较困难。

(2)改变酸槽内衬,提高它的密实性及酸槽金属的耐腐蚀性。美国共和国钢铁公司改