

## 不锈钢表面处理:酸洗、钝化与抛光

林百春

(洛阳船舶材料研究所,河南 洛阳 471039)

**摘要:**介绍了近年来开发的部分不锈钢产品的酸洗、钝化及机械抛光、化学抛光、电化学抛光工艺,针对不同的不锈钢牌号及零件规格,给出了相应的表面处理配方及工艺方案。

**关键词:**不锈钢;表面处理;酸洗;钝化;抛光

**中图分类号:**TG178 **文献标识码:**A

不锈钢因其优良的耐腐蚀性和良好的外观而广泛应用。不锈钢在生产过程中,不可避免地要经过退火、正火、淬火、焊接等加工过程,表面时常会产生黑色的氧化皮。氧化皮不仅影响不锈钢的外观质量,也会对产品的后续加工产生不利影响,故在后续加工前必须采用酸洗、抛光等表面处理方法将其除去。不锈钢氧化皮为  $\text{NiO}_2$ 、 $\text{Cr}_2\text{O}_3$ 、 $\text{FeO}\cdot\text{Cr}_2\text{O}_3$ 、 $\text{FeO}\cdot\text{Cr}_2\text{O}_3\cdot 3\text{Fe}_2\text{O}_3$  等致密型氧化物,去除难度因不锈钢牌号及零件规格、制造条件的差异而不同,如果表面处理不当,不仅浪费人力,还可能造成不锈钢点蚀、报废。不锈钢酸洗、钝化目前研究报道较少,笔者就一些在生产中简便可行的不锈钢表面处理方法介绍如下。

### 1 不锈钢酸洗

酸洗的主要目的是除去不锈钢经高温作业(如热处理、焊接、锻造、铸造等)产生的氧化膜,露出不锈钢原始表面。不锈钢零件形状、规格不同,有时需要采用的酸洗方法也不同,如浸洗、擦洗、酸洗膏酸洗等。

不锈钢的酸洗、钝化包括如下步骤<sup>[1-3]</sup>:酸洗前验收—除油—水洗—酸洗—水洗—除挂灰—水洗—钝化—水洗—中和—水洗—干燥—除氢。

#### 1.1 除油

表面油污严重时,应使用有机溶剂如汽油等清洗。油污较少时可以采用化学除油、电化学除油等。

(1)化学除油:氢氧化钠 60~80g/L,磷酸钠 20~40g/L,碳酸钠 20~40g/L,硅酸钠 3~10g/L。总碱度 65~100g/L,温度 70~90℃,时间以油除净为止。

(2)电化学除油:氢氧化钠 30~50g/L,磷酸钠 20~30g/L,碳酸钠 20~30g/L,水玻璃 3~5g/L。总碱度 40~60g/L,温度 60~80℃,电流密度 3~10A/dm<sup>2</sup>,时间:阴极 3~5min,阳极 1~5min,电极材料用钢板或镀镍钢板。

大规格不锈钢产品,如复合板、大型压力容器等,无法放入除油槽中除油,可以用抹布或拖布蘸常温除油剂、洗衣粉等的水溶液,擦拭除油。

批量大、尺寸小而重量轻的零件,用滚筒除油更好。将这些零件放入滚筒内加上适当的磨料和除油剂进行除油,效果好,成本低,操作方便。但不适用于易变形的薄片零件。

除油干净的标准为:除油后水洗,水膜连续 30 秒不裂开。

#### 1.2 酸洗

根据不锈钢的材质选用酸洗液。奥氏体不锈钢采用侵蚀性较强的溶液酸洗效果较好,而马氏体不锈钢采用侵蚀性较弱的溶液酸洗效果较好。不锈钢零件形状、规格不同,有时需要采用的酸洗方法也不同。

##### 1.2.1 浸洗

较小的零件可以浸入酸洗槽中浸洗。奥氏体不锈钢酸洗工艺见表 1。

表 1 奥氏体不锈钢酸洗工艺

配方号	硫酸 /g·L <sup>-1</sup>	硫酸铁 /g·L <sup>-1</sup>	硝酸/ g·L <sup>-1</sup>	硝酸钠 /g·L <sup>-1</sup>	氢氟酸 /g·L <sup>-1</sup>	盐酸	氯化钠 /g·L <sup>-1</sup>	磺化煤 /g·L <sup>-1</sup>	水	温度 /℃	时间 /min
1	150~180			40~50			10~20		余量	60~80	5~8
2 <sup>1)</sup>	80~100		70~80		40~50			1.0~1.5	余量	40~60	15~30
3		300~330			130~140				余量	65~70	20~30
4	5(%)		5(%)			25(%)			余量	30~40	10~15

注:1) 喷砂件时间为 1~3min。

马氏体不锈钢酸洗可以使用以下工艺:

(1) 硝酸 20% ( $\varphi$ ), 氢氟酸 8%~10% ( $\varphi$ ), 水余量, 室温下 3~10min。

(2) 硝酸 140~150g/L, 磷酸 110~120g/L, 水余量, 室温下 5~10min。

### 1.2.2 擦洗

较大规格不锈钢工件, 如复合板、大型压力容器等, 无法放入酸洗槽中酸洗, 可以用耐酸布蘸表 1 溶液, 反复多次擦拭进行酸洗。其焊缝及热影响区, 可以涂上溶液, 用水砂纸擦洗。焊缝中夹杂的焊剂和焊渣可用钢针等工具挑去。

### 1.2.3 酸洗膏酸洗

对于复合板、压力容器等大规格工件, 也可以涂上酸洗膏进行酸洗。常用配方如下:

(1) 硝酸 10%~15% ( $\varphi$ ), 氢氟酸 15%~20% ( $\varphi$ ), 水 60%~70% ( $\varphi$ )。

(2) 硝酸 5% ( $\varphi$ ), 硫酸 10% ( $\varphi$ ), 盐酸 40% ( $\varphi$ ), 水 45% ( $\varphi$ )。

两种溶液中分别加入陶土, 调成糊膏状即可。

### 1.2.4 其他酸洗方法

较大的圆筒, 管子内可以在表面涂少量酸洗液, 使其转动, 进行酸洗。有些大件的局部, 如压力容器的焊缝, 可以用钢丝轮, 砂轮打磨后, 再涂酸洗膏或酸洗液酸洗。

有必要特别提出的是, 酸洗要注意以下几点:

(1) 马氏体不锈钢不能用腐蚀性较强的配方酸洗, 否则会发生局部腐蚀。但奥氏体不锈钢可以用酸洗马氏体不锈钢的工艺进行酸洗。

(2) 表 1 的配方 4 中含有氯离子, 酸洗速度较快, 只用于厚氧化膜的初酸洗。初酸洗后再用其他酸洗工艺进行第二次酸洗。氯离子易引起不锈钢点腐蚀。配制酸洗溶液时尽量用蒸馏水, 防止氯离子的混入。

(3) 擦洗、滚洗、酸洗膏酸洗时, 应使酸洗表面始终保持湿润, 不能干燥, 否则局部酸浓度过高, 将产生云雾状花纹。

(4) 在各种酸洗工艺过程中都必须注意严格

控制酸洗温度、时间等工艺条件, 否则会酸洗不足、过酸洗, 甚至发生工件腐蚀报废。

### 1.3 除挂灰

不锈钢酸洗后表面一般都残留有一层挂灰。除去挂灰的方法有如下两种: (1) 电化学除挂灰。即用电化学除油槽, 进行阳极处理。阳极电流密度 3~5A/dm<sup>2</sup>, 时间 5~10min。 (2) 气/水枪冲洗挂灰。即用压力为 2~5kg/cm<sup>2</sup> 的压缩空气和自来水混合的高速水流冲洗工件。

### 1.4 降活

当用含盐酸的溶液酸洗后, 氯离子被不锈钢表面吸附, 尤其是夹杂、发纹等缺陷处, 即使用蒸馏水洗也难洗净。氯离子使不锈钢易受腐蚀, 难以钝化, 所以必须除去氯离子, 这个过程称降活处理。

可以用热的蒸馏水清洗 2~3 次, 再用热的 20%~50% 硫酸钠溶液浸洗。即使作了这些处理, 效果往往还是不太理想, 所以, 对耐蚀性要求高的不锈钢制品, 尽量不用含盐酸的溶液酸洗。

### 1.5 除氢

抗拉强度大于 100kg/mm<sup>2</sup> 的不锈钢, 酸洗后应在空气循环炉内于 180~200℃ 进行除氢处理 2~3h, 防止氢脆。

## 2 钝化

钝化是用一定的溶液对不锈钢表面进行处理, 使不锈钢表面形成耐腐蚀的钝化膜, 溶解表面铁等金属杂质, 以提高耐腐蚀性。不锈钢经过酸洗后, 应按下述工艺进行钝化处理<sup>[3-6]</sup>。

(1) 硝酸 300~500g/L, 室温下 30~60min。

(2) 硝酸 300~500g/L, 重铬酸钠 20~30g/L, 室温下 30~60min。

为避免不锈钢表面有残留的钝化液, 造成以后的腐蚀, 钝化后应在 30~50g/L 的碳酸钠溶液中于室温下中和处理 1min。

## 3 抛光

常用的抛光有机械抛光、化学抛光、电化学抛光 3 种。

### 3.1 机械抛光<sup>[2]</sup>

机械抛光是指用抛光轮、抛光带等进行抛光和成批光饰。成批光饰是借助抛光剂中的磨料对零件表面的抛磨作用,使表面平滑,达到抛光作用。抛光后可以获得  $0.4\mu\text{m}$  以下表面粗糙度的镜面光亮。

形状简单的零件可以用硬抛光轮或抛光带,形状复杂的零件用软抛光轮抛光。批量大的小零件用成批光饰法。成批光饰又有滚筒滚光、振动机振动光饰、离心机离心光饰和旋转光饰等方法。

机械抛光对表面磨削量很小。难以抛光粗糙表面。这时需要预先进行磨光,用磨光轮、磨光带沾磨光膏进行磨削,分粗磨、中磨和精磨。精磨后表面粗糙度可以达到  $0.4\mu\text{m}$ 。

为了达到一些其他要求,如去氧化皮、去毛刺、去焊渣、消光等目的,有时也进行喷砂、喷丸和用钢丝轮刷光等表面处理,用不锈钢丝轮抛光的表面可以较好地避免铁污染。

### 3.2 化学抛光<sup>[7,11]</sup>

化学抛光是把零件浸入适当的溶液中,因溶液对表面凸出部位比凹下部位溶解决,从而使表面整平,达到抛光目的。一般来说,化学抛光的抛光能力较差,只能少量提高光亮度。但比机械抛光省力、省时,且能够对小型零件的内表面进行抛光。近来也有报道采用加入光亮剂的办法可使 18-8 型奥氏体不锈钢表面抛至镜面光亮。化学抛光工艺见表 2,但要注意以下几点。

(1) 配方 2 的抛光速度快,光洁度较低,宜用于预抛光。

(2) 化学抛光后产生活性表面,必须对工件进行钝化处理,以保证耐腐蚀性。

(3) 对于血管支架、螺钉等大批量小型零件,应采取机械搅拌使抛光均匀。

(4) 对不锈钢复合板等产品的大面积表面进行抛光处理时,尤其要注意使被抛光面保持湿润,且应于抛光后进行充分水洗,以防表面亮度不均匀。

表 2 化学抛光工艺

配方号	1	2	3	4	5	6	7
硫酸(98%)/ $\text{ml}\cdot\text{L}^{-1}$	2			300			
盐酸(37%)/ $\text{ml}\cdot\text{L}^{-1}$	5	60(g/L)				120~180	
硝酸(65%)/ $\text{ml}\cdot\text{L}^{-1}$	10	132(g/L)	65(g/L)	100	75	15~35	6.5(%)
磷酸(85%)/ $\text{ml}\cdot\text{L}^{-1}$	10		250(g/L)	600		25~50	25(%)
氢氟酸(40%)/ $\text{ml}\cdot\text{L}^{-1}$		25(g/L)			175		
草酸/ $\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$			40				
聚乙二醇( $M\geq 6000$ )/ $\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$	2					20	
磺基水杨酸/ $\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$	0.3		10				1
六次甲基四胺/ $\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$		2	3				
硫脲/ $\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$						4	2
OP-21/ $\text{ml}\cdot\text{L}^{-1}$							
温度/ $^{\circ}\text{C}$	95	40	80~90	90~110	60~70	24~28	80~90
时间/min	5	3~10	3~5	3~10	2~3	30~36h	3~5
适用材料	奥氏体 不锈钢	奥氏体不锈 钢预抛光	奥氏体 不锈钢	碳钢、马氏体 不锈钢、奥氏 体不锈钢	碳钢、马氏体 不锈钢、奥氏 体不锈钢	奥氏体 不锈钢	奥氏体 不锈钢

### 3.3 电化学抛光<sup>[11~18]</sup>

电化学抛光能提高零件反光性能;提高耐腐蚀性;降低机加工件表面硬度;并因降低表面粗糙度而降低摩擦系数。电化学抛光也可用来除去零件毛刺等。与机械抛光相比,电化学抛光有如下特点。

(1) 机械抛光会产生表面硬化层及磨料夹杂,降低不锈钢的耐腐蚀性,而电化学抛光产生钝化表面,增加不锈钢的耐腐蚀性。

(2) 电化学抛光对基材有一定要求,如金相组织不均匀时会产生不均匀的抛光表面,深的划伤不能被抛光平整。而机械抛光对基材的要求低得多。

(3) 对形状复杂零件、线材、薄板和细小零件,用电化学抛光比机械抛光容易得多。

(4) 电化学抛光比机械抛光生产效率高,但大型工件不能放入抛光槽中,并需要特别大的电流,难以电化学抛光,其工艺见表 3。

(5) 电化学抛光工件表面电流密度必须均匀,必要时需用象形阴极,否则表面亮度不均匀。

(6) 电化学抛光时电流比较大,夹具与工件需有足够大的接触面积并接触良好,否则局部过热会烧毁工件。

(7) 某些用于奥氏体不锈钢的抛光工艺不能用来抛光马氏体不锈钢,容易产生腐蚀。

表 3 不锈钢电化学抛光工艺

配方号	1	2	3	4	5	6	7
磷酸(85%)/g·L <sup>-1</sup>	70~80	50~10	50~60	42	40~45	11	500(mL/L)
硫酸(98%)/g·L <sup>-1</sup>		15~40	20~30		34~37	36	400(mL/L)
铬酐/g·L <sup>-1</sup>					3~4	10	50
甘油/g·L <sup>-1</sup>		12~45		47		25	7~8
水/g	30~20	23~5	15~20	11	20~17	18	余量
密度/g·cm <sup>-3</sup>	-	-	1.64	-	1.65	>1.46	1.76~1.82
温度/℃	35~100	50~70	50~80	90~140	70~80	40~80	55~65
电流密度/A·dm <sup>-2</sup>	35~100	20~100	20~100	20~80	40~70	10~30	20~50
电压/V	-	-	6~8	15~30	-	-	10~20
时间/min	5~10	2~8	10	8~16	5~15	3~10	4~5
适用材料	碳钢、马氏体 不锈钢	碳钢、马氏体 不锈钢	奥氏体 不锈钢	奥氏体 不锈钢	马氏体 不锈钢	奥氏体 不锈钢	奥氏体 不锈钢

#### 4 结束语

不锈钢酸洗配方虽然不少,但使用时一定要小心谨慎。对于不同的不锈钢制品要选用各自合适的配方,必要时应在酸洗前进行小样试验,效果好再投产。这样才能保证酸洗质量,避免发生点蚀等缺陷。有耐腐蚀性要求的不锈钢,酸洗后必须仔细钝化、中和,以确保质量。不锈钢机械抛光后,应酸洗、钝化,除去表面杂质,才能保证表面不变色,不产生花纹。化学抛光产生活性表面,也应进行钝化处理。电化学抛光时,工件表面发生氧化,不锈钢为钝化状态,不必再钝化处理。抛光时,要根据对表面质量的要求和现有设备、工装条件,选择合适的抛光方法。

#### 参考文献:

- [1] 柳玉波,等. 表面处理工艺大全[M]. 北京:中国计量出版社,1996.
- [2] 曾华梁,等. 电镀工艺手册[M]. 北京:机械工业出版社,1989.
- [3] 诸震鸣,等. 不锈钢钝化工艺[J]. 电镀与环保,1997,17(5):28~29.
- [4] 王云清,等. 不锈钢丝网表面油污和氧化膜的去除[J]. 电镀与环保,2001,21(4):28~29.
- [5] 齐宝芬,等. 不锈钢钝化工艺的选择[J]. 电镀与环保,1999,19(5):25~26.
- [6] 张俊喜,等. 不锈钢载波钝化着色膜性质的研究[J]. 材料保护,2002,35(1):8~9.
- [7] 方景礼,等. 不锈钢化学抛光的定量研究[J]. 电镀与环保,1995,15(6):15~17.
- [8] 周金宝. 不锈钢化学抛光工艺的发展[J]. 电镀与环保,1998,18(3):3~5.
- [9] 屈战民. 浅谈不锈钢化学抛光添加剂的选择[J]. 材料保护,2003,36(4):73~74.
- [10] 高峰,等. 浅谈大型不锈钢冻干机化学抛光[J]. 电镀与精饰,1999,21(4):18~19,21.
- [11] 白贞遐. 不锈钢电解抛光[J]. 电镀与环保,2000,20(1):35~36.
- [12] 郭贤熔,等. 不锈钢电化学抛光技术研究[J]. 电镀与涂饰,2001,20(5):11~13.
- [13] 马胜利,等. 电化学抛光对 1Cr18Ni9Ti 组织和性能的影响[J]. 材料保护,1998,31(8):26~28.
- [14] 耿强,路云鹤. 不锈钢电化学抛光新工艺的研制[J]. 材料保护,1995,28(9):22~23,16.
- [15] 尚红霞,等. 新型无铬酐电解抛光的研究[J]. 材料保护,2000,33(9):14~16.
- [16] 李异. 电化学抛光技术及应用[J]. 材料保护,2001,34(5):54~55.
- [17] 郝杰芬. 不锈钢电解抛光[J]. 表面技术,2000,30,(1):19~20,24.
- [18] 吴狄,等. 不锈钢精密件电抛光工艺的研究[J]. 表面技术,2000,30,(1):19~20,24.

## Surface Treatment of Stainless Steels: Acid Pickling, Passivation and Polishing

LIN Bai-chun

(Luoyang Ship Material Research Institute, Luoyang 471039, China)

**Abstract:** This paper covers the process of surface treatment of stainless steels such as acid pickling and passivation, mechanical polishing, chemical polishing and electrochemical polishing. Proper methods of surface treatment are recommended for different materials and size of stainless steel products.

**Keywords:** Stainless steels; Surface treatment; Acid pickling; Passivation; Polishing