

GB/T 16545—1996

## 前 言

本标准等同采用国际标准 ISO 8407：1991《金属和合金的腐蚀 腐蚀试样上腐蚀产物的清除》。

本标准由中华人民共和国冶金工业部提出。

本标准由全国钢标准化技术委员会归口。

本标准由冶金部钢铁研究总院、有色金属总公司北京有色金属研究总院负责起草。

本标准主要起草人：纪晓春、王云、李慧玲。

## ISO 前 言

ISO(国际标准化组织)是各国标准机构(ISO 成员团体)的世界性联合组织。国际标准的制订工作通过 ISO 技术委员会正规地进行。对某课题感兴趣的每个成员团体均有权参加为该课题建立的技术委员会。与 ISO 协作的国际组织、政府和非政府机构也可参加工作。ISO 在所有电工标准化方面与国际电工委员会(IEC)密切合作。

由技术委员会采用的国际标准草案经成员团体传阅赞成后,由 ISO 委员会采纳为国际标准。按照 ISO 的程序,草案至少需要 75%的成员团体投赞成票方能通过。

国际标准 ISO8407 由 ISO/TC156“金属和合金的腐蚀”技术委员会制订。

本国际标准的附录 A 仅供参考。

# 中华人民共和国国家标准

## 金属和合金的腐蚀 腐蚀试样上腐蚀产物的清除

GB/T 16545—1996  
idt ISO 8407:1991

Corrosion of metals and alloys—Removal of corrosion  
products from corrosion test specimens

### 1 范围

- 1.1 本标准规定了金属及合金的腐蚀试样,在腐蚀性环境中形成腐蚀产物的清除操作方法。在此标准中所用术语“金属”代表金属与合金。
- 1.2 按本标准所规定的方法,可去除所有腐蚀产物,而基本上不损害金属基体,则有可能精确测定金属在腐蚀性环境中产生的质量损失。
- 1.3 某些情况下,这些方法也可用于金属涂层,但必须考虑可能对基体产生的影响。

### 2 方法

#### 2.1 总则

2.1.1 首先,在流水中用软毛刷进行轻微机械清洗,去除附着不牢固或疏松的腐蚀产物。某些情况下,这种方法能足以去除所有腐蚀产物,不需要再作进一步处理。

2.1.2 如果在 2.1.1 中所描述的过程不能去除所有腐蚀产物,那么就需要采用其他处理方法。它们包括三种类型:

- a) 化学法;
- b) 电解法;
- c) 更强烈的机械处理方法;

不管选用哪种方法都需要进行反复清洗,以确保完全去除腐蚀产物。通常用目测来检验清洗结果。对于有凹点的表面,腐蚀产物容易聚集在凹点内,此时宜用低倍显微镜( $\times 7 \sim \times 30$ )帮助检验清洗结果。

2.1.3 理想处理方法应该只去除腐蚀产物而不损伤任何金属基体。通常采用两种方法确定。一种方法是使用对比试样(见 2.1.3.1),另一种方法是对腐蚀试样进行若干次清洗(见 2.1.3.2)。

2.1.3.1 采用与腐蚀试样相同方法清洗未腐蚀的对比试样,该试样在化学成分、冶金状态、几何形状等各方面都应与腐蚀试样类同。对清洗前后的对比试样称重(建议称量到第五位有效数字,即 70 g 的试样应称量到小数点后第三位),可以确定质量损失。据此能反映腐蚀试样在清洗过程中的质量损失偏差。

2.1.3.2 腐蚀试样在去除腐蚀产物后作重复数次清洗。将质量随等同清洗次数的变化以曲线的形式表示出来(见图 1)。很多情况下,去除腐蚀产物后清洗过程中所获得的金属试样的质量与清洗次数呈线性关系。一般可获得  $AB$  和  $BC$  两条直线。直线  $AB$  表示去除腐蚀产物的情况,实际操作中这个线段可能达不到图 1 所示理想状况;直线  $BC$  表示腐蚀产物除掉后试样基体去除情况。把直线  $BC$  外延至纵坐标轴,得到  $D$  点,该点表示试样未清洗时的质量。另一些情况下,这一关系可能是非线性的,应该做最恰当的外延。

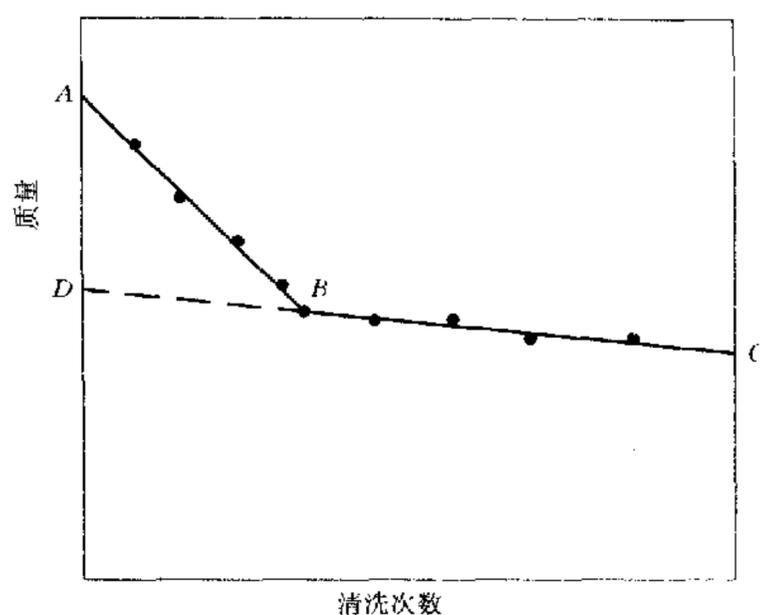


图 1 腐蚀试样经反复清洗后的质量

2.1.3.3 腐蚀试样去除腐蚀产物后的实际质量。因清洗过程中腐蚀产物提供的保护程度不同,将位于B点和D点之间。

2.1.4 优先选用的清洗方法为:

- a) 能有效去除腐蚀产物;
- b) 对未腐蚀对比试样的质量损失很小或为零(见 2.1.3.1);
- c) 可作出质量与清洗次数的变化曲线,当以清洗次数为横坐标绘制曲线时,该曲线趋于水平(见 2.1.3.2)。

2.1.5 采用化学法或电解法进行清洗处理时,使用的化学药品为分析纯,溶液用蒸馏水或去离子水,且现行配制。

2.1.6 清洗后金属试样先用自来水后用蒸馏水进行充分冲洗。然后把试样放入烘干炉内烘干,再放入干燥器内冷却至室温,以供称重。另外也可以把金属试样浸在酒精溶液中,取出后用手动吹风机吹干。

## 2.2 化学法

化学法就是把腐蚀试样浸在特定的化学溶液中,这种溶液能去除腐蚀产物,并对基体的溶解作用很小。附录 A 列出了各种清洗方法(见表 A1)。

2.2.1 化学清洗通常先轻刷试样,以去除附着不牢固的块状腐蚀产物。

2.2.2 将轻刷后试样浸入规定的化学溶液中,一定时间后从溶液中取出轻刷,并重复几次以有助于去除附着牢固的腐蚀产物。

2.2.3 化学清洗后通常再轻刷试样,以去除松动的腐蚀产物。

## 2.3 电解法

电解清洗也可以用于去除腐蚀产物。附录 A 给出了一些腐蚀试样的电解清洗方法(见表 A2)。

电解清洗之前应轻刷试样,以去除附着不牢固的块状腐蚀产物。电解清洗后,再刷去松动的微粒或沉淀物。这有助于减少金属从能还原的腐蚀产物中再沉积,这种再沉积将降低质量损失。

## 2.4 机械方法

机械方法包括:刮削、擦洗、刷洗。超声波法、机械震动和冲击喷丸(喷砂处理、喷水处理)等。通常采用这些方法去除结成硬壳的腐蚀产物。用硬毛刷和含有软磨料的蒸馏水悬浮液擦洗,也可用以去除腐蚀产物。

强烈的机械清除会损伤金属基体,所以操作时应特别小心,这些方法只能在其他方法都不适于去除腐蚀产物时使用。像其他方法一样,需对清除方法造成的金属损失进行校正,清除过程中所用的机械力应尽可能保持恒定。

### 3 试验报告

试验报告应包括以下内容：

- a) 参照标准；
- b) 所用的清除腐蚀产物方法；
- c) 采用化学法时需写明：所用化学药品成分和浓度以及溶液温度和清洗时间；
- d) 采用电解法时需写明：所用化学药品成分和浓度、溶液温度、阳极材料、电流密度以及清洗时间；
- e) 采用机械法时需写明：所用的特定机械方法（硬毛刷擦洗、木板刮等）、所用磨料种类及清洗时间；
- f) 采用多种方法时需写明：每种方法的相应细节和各方法的先后顺序；
- g) 写明所设计的对比试样清洗（见 2.1.3.1）或反复清洗（见 2.1.3.2）结果，以确认清洗过程中金属基体损失；
- h) 腐蚀造成的质量损失（见 2.1.3.3）。

## 附录 A

(供参考)

## 去除腐蚀产物的化学和电解清洗方法

## A1 总则

本标准制定过程中,参考了很多资料。本附录汇总了所选定的化学和电解清洗方法。

## A2 方法

表 A1 和表 A2 汇总了去除腐蚀产物所用的各种化学及电解清洗方法。对某一给定材料,要根据许多因素(包括过去的经验)来选择特定方法。推荐应用本标准作为指南,正确运用表 A1 和表 A2 中所列方法。

对表中所列的所有清洗方法,都要求去除腐蚀产物的表面与液面保持垂直,这样可使清洗过程中在水平面上释放的任何气体极少保留下来,从而使清洗过程变得均匀一致。

注意:用危险物质(例如氰化物、三氧化铬、锌粉)操作时,必须采取必要的安全保护措施。

表 A1 清除腐蚀产物所用的化学清洗方法

代号	材料	化学药品	时间	温度	备注
C. 1.1	铝及铝合金	50 mL 磷酸 ( $\text{H}_3\text{PO}_4$ , $\rho=1.69 \text{ g/mL}$ ) 20 g 三氧化铬( $\text{CrO}_3$ ) 加蒸馏水配制成 1 000 mL 溶液	5 min~10 min	80℃至沸点	如有残余腐蚀产物膜需用下述硝酸法继续处理
C. 1.2		硝酸 ( $\text{HNO}_3$ , $\rho=1.42 \text{ g/mL}$ )	1 min~5 min	20℃~25℃	用此方法去除新形成的沉积物和疏松的腐蚀产物,可避免造成过多的去除金属基体的反应
C. 2.1	铜及铜合金	500 mL 盐酸 ( $\text{HCl}$ , $\rho=1.19 \text{ g/mL}$ ) 加蒸馏水配制成 1 000 mL 溶液	1 min~3 min	20℃~25℃	用纯氮对溶液脱氧,以减少对金属基体的损害
C. 2.2		4.9 g 氰化钠( $\text{NaCN}$ ) 加蒸馏水配制成 1 000 mL 溶液	1 min~3 min	20℃~25℃	用于去除上述盐酸法不能去除的硫化铜腐蚀产物
C. 2.3		100 mL 硫酸 ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ , $\rho=1.84 \text{ g/mL}$ ) 加蒸馏水配制成 1 000 mL 溶液	1 min~3 min	20℃~25℃	处理前,先去除松散的腐蚀产物,以减少铜再沉积到试样表面上
C. 2.4		120 mL 硫酸 ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ , $\rho=1.84 \text{ g/mL}$ ) 30 g 重铬酸钠 ( $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) 加蒸馏水配制成 1 000 mL 溶液	5 s~10 s	20℃~25℃	去除硫酸处理后的再沉积铜
C. 2.5		54 mL 硫酸 ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ , $\rho=1.84 \text{ g/mL}$ ) 加蒸馏水配制成 1 000 mL 溶液	30 min~60 min	40℃~50℃	用纯氮对溶液脱氧,建议刷去试样表面的腐蚀产物,然后重新浸泡 3~4 s

表 A1(续)

代号	材料	化学药品	时间	温度	备注
C. 3.1	铁及钢	1 000 mL 盐酸 (HCl, $\rho=1.19$ g/mL) 20 g 三氧化锑(Sb <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) 50 g 氯化锡(SnCl <sub>2</sub> )	1 min~25 min	20℃~25℃	强烈搅拌溶液或刷洗试样。 某些情况下,需要延长时间
C. 3.2		50 g 氢氧化钠(NaOH) 200 g 锌粒或锌屑 加蒸馏水配制成 1 000 mL 溶液	30 min~40 min	80℃~90℃	锌粉暴露于空气中能自燃, 使用时应特别小心
C. 3.3		200 g 氢氧化钠(NaOH) 20 g 锌粒或锌屑 加蒸馏水配制成 1 000 mL 溶液	30 min~40 min	80℃~90℃	锌粉暴露于空气中能自燃, 使用时应特别小心
C. 3.4		200 g 柠檬酸铵 [(CN <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> HC <sub>6</sub> H <sub>5</sub> O <sub>7</sub> ] 加蒸馏水配制成 1 000 mL 溶液	20 min	75℃~90℃	
C. 3.5		500 mL 盐酸 (HCl, $\rho=1.19$ g/mL) 3.5 g 六次甲基四胺 加蒸馏水配制成 1 000 mL 溶液	10 min	20℃~25℃	某些情况下,需要延长时间
C. 4.1	铅和铅合金	10 mL 乙酸 (CH <sub>3</sub> COOH) 加蒸馏水配制成 1 000 mL 溶液	5 min	沸点	
C. 4.2		50 g 乙酸铵 (CH <sub>3</sub> COONH <sub>4</sub> ) 加蒸馏水配制成 1 000 mL 溶液	10 min	60℃~70℃	
C. 4.3		250 g 乙酸铵 (CH <sub>3</sub> COONH <sub>4</sub> ) 加蒸馏水配制成 1 000 mL 溶液	5 min	60℃~70℃	
C. 5.1	镁及镁合金	100 g 三氧化铬(CrO <sub>3</sub> ) 10 g 铬酸银(Ag <sub>2</sub> CrO <sub>4</sub> ) 加蒸馏水配制成 1 000 mL 溶液	1 min	沸点	使用银盐是为了沉淀氯化物
C. 5.2		200 g 三氧化铬(CrO <sub>3</sub> ) 10 g 硝酸银(AgNO <sub>3</sub> ) 20 g 硝酸钡[Ba(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ] 加蒸馏水配制成 1 000 mL 溶液	1 min	20℃~25℃	使用钡盐是为了沉淀硫化物
C. 6.1	镍及镍合金	150 mL 盐酸 (HCl, $\rho=1.19$ g/mL) 加蒸馏水配制成 1 000 mL 溶液	1 min~3 min	20℃~25℃	
		100 mL 硫酸 (H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , $\rho=1.84$ g/mL) 加蒸馏水配制成 1 000 mL 溶液	1 min~3 min	20℃~25℃	

表 A1(续)

代号	材料	化学药品	时间	温度	备注
C. 7. 1	不锈钢	100 mL 硝酸 ( $\text{HNO}_3$ , $\rho=1.42 \text{ g/mL}$ ) 加蒸馏水配制成 1 000 mL 溶液	20 min	60℃	
C. 7. 2		150 g 柠檬酸铵 [( $\text{NH}_4$ ) <sub>2</sub> $\text{HC}_6\text{H}_5\text{O}_7$ ] 加蒸馏水配制成 1 000 mL 溶液	10 min~60 min	70℃	
C. 7. 3		100 g 柠檬酸( $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$ ) 50 mL 硫酸 ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ , $\rho=1.84 \text{ g/mL}$ ) 2 g 缓蚀剂(二原甲基苯基硫脲或 喹啉乙基碘或 $\beta$ -萘酚喹啉) 加蒸馏水配制成 1 000 mL 溶液	5 min	60℃	
C. 7. 4		200 g 氢氧化钠( $\text{NaOH}$ ) 30 g 高锰酸钾( $\text{KMnO}_4$ ) 100 g 柠檬酸铵 [( $\text{NH}_4$ ) <sub>2</sub> $\text{HC}_6\text{H}_5\text{O}_7$ ] 加蒸馏水配制成 1 000 mL 溶液	5 min	沸点	
C. 7. 5		100 mL 硝酸 ( $\text{HNO}_3$ , $\rho=1.42 \text{ g/mL}$ ) 20 mL 氢氟酸 [ $\text{HF}$ , $\rho=1.155 \text{ g/mL}$ ] (47% $\text{HF}$ ~53% $\text{HF}$ ) 加蒸馏水配制成 1 000 mL 溶液	5 min~20 min	20℃~25℃	
C. 7. 6		200 g 氢氧化钠( $\text{NaOH}$ ) 50 g 锌粉 加蒸馏水配制成 1 000 mL 溶液	20 min	沸点	锌粉暴露于空气中会自燃, 所以使用时应特别小心
C. 8. 1	锡及锡合金	150 g 磷酸钠 ( $\text{Na}_3\text{PO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ ) 加蒸馏水配制成 1 000 mL 溶液	10 min	沸点	
C. 8. 2		50 mL 盐酸 ( $\text{HCl}$ , $\rho=1.19 \text{ g/mL}$ ) 加蒸馏水配制成 1 000 mL 溶液	10 min	20℃	

表 A1(完)

代号	材料	化学药品	时间	温度	备注
C. 9.1	锌及锌合金	第一步:150 mL 氢氧化铵 ( $\text{NH}_4\text{OH}$ , $\rho=0.90 \text{ g/mL}$ ) 加蒸馏水配制成 1 000 mL 溶液 第二步:50 g 三氧化铬( $\text{CrO}_3$ ) 10 g 硝酸银( $\text{AgNO}_3$ ) 加蒸馏水配制成 1 000 mL 溶液	5 min	20°C~25°C	应把硝酸银溶解在水中,添加到沸腾的铬酸里,以防止铬酸银的过度晶化。铬酸必须不含硫酸盐,以避免侵蚀锌基金属
C. 9.2		100 g 氯化铵( $\text{NH}_4\text{Cl}$ ) 加蒸馏水配制成 1 000 mL 溶液	2 min~5 min	70°C	
C. 9.3		200 g 三氧化铬( $\text{CrO}_3$ ) 加蒸馏水配制成 1 000 mL 溶液	1 min	80°C	应避免在含盐的环境中形成的腐蚀产物带来铬酸的氯化物污染,以防止浸蚀锌基金属
C. 9.4		85 mL 氢碘酸 ( $\text{HI}$ , $\rho=1.5 \text{ g/mL}$ ) 加蒸馏水配制成 1 000 mL 溶液	15 s	20°C~25°C	有可能去除一些锌基金属。应使用对比试样(见 2.1.3)
C. 9.5		100 g 过硫酸铵[( $\text{NH}_4$ ) <sub>2</sub> $\text{S}_2\text{O}_8$ ] 加蒸馏水配制成 1 000 mL 溶液	5 min	20°C~25°C	特别推荐用于镀锌钢
C. 9.6		100 g 乙酸铵( $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ ) 加蒸馏水配制成 1 000 mL 溶液	2 min~5 min	70°C	

表 A2 清除腐蚀产物所用的电解清洗方法

代号	材料	化学药品	时间	温度	备注
E. 1.1	铁、铸铁、钢	75 g 氢氧化钠( $\text{NaOH}$ ) 25 g 硫酸钠( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ) 75 g 碳酸钠( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) 加蒸馏水配制成 1 000 mL 溶液	20 min~30 min	20°C~25°C	阴极电流密度为 100 A/m <sup>2</sup> ~200 A/m <sup>2</sup> 。使用石墨、铂或不锈钢阳极
E. 1.2		28 mL 硫酸 ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ , $\rho=1.84 \text{ g/mL}$ ) 0.5 g 缓蚀剂(二原甲基硫脲或喹啉乙基碘或 $\beta$ -萘酚喹啉) 加蒸馏水配制成 1 000 mL 溶液	3 min	75°C	阴极电流密度为 2 000 A/m <sup>2</sup> 。使用石墨铂或铂阳极
E. 1.3		100 g 柠檬酸铵 [( $\text{NH}_4$ ) <sub>2</sub> $\text{HC}_6\text{H}_7\text{O}_7$ ] 加蒸馏水配制成 1 000 mL 溶液	5 min	20°C~25°C	阴极电流密度为 100 A/m <sup>2</sup> 。使用石墨或铂阳极
E. 2.1	铅及铅合金	28 mL 硫酸 ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ , $\rho=1.84 \text{ g/mL}$ ) 0.5 g 缓蚀剂(二原甲基硫脲或喹啉乙基碘或 $\beta$ -萘酚喹啉) 加蒸馏水配制成 1 000 mL 溶液	3 min	75°C	阴极电流密度为 2 000 A/m <sup>2</sup> 。使用石墨铂或铂阳极

表 A2(完)

代号	材料	化学药品	时间	温度	备注
E. 3.1	铜及铜合金	7.5 g 氯化钾(KCl) 加蒸馏水配制成 1 000 mL 溶液	1 min~3 min	20℃~25℃	阴极电流密度为 100 A/m <sup>2</sup> 。使用石墨或 铂阳极
E. 4.1	锌及镉	50 g 磷酸氢钠 (Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> ) 加蒸馏水配制成 1 000 mL 溶液	5 min	70℃	阴极电流密度为 110 A/m <sup>2</sup> 。试样在浸入 溶液前应先通电流。使用 石墨、铂或不锈钢阳极
E. 4.2		100 g 氢氧化钠 (NaOH) 加蒸馏水配制成 1 000 mL 溶液	1 min~2 min	20℃~25℃	阴极电流密度为 100 A/m <sup>2</sup> 。试样在浸入 溶液前应先通电流。使用 石墨、铂或不锈钢阳极