



中华人民共和国国家标准

GB/T 16545—2015/ISO 8407:2009
代替 GB/T 16545—1996

金属和合金的腐蚀 腐蚀试样上腐蚀产物的清除

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

(ISO 8407:2009, IDT)

2015-09-11 发布

2016-06-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局 发布
中国国家标准化管理委员会

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准代替 GB/T 16545—1996《金属和合金的腐蚀 腐蚀试样上腐蚀产物的清除》，与 GB/T 16545—1996 相比，主要技术变化如下：

- 修改了清除腐蚀产物所用的化学和电解清洗方法；
- 增加使用超声清洗的建议；
- 试样质量变化曲线中增加了随时间的变化；
- 试验报告中增加了对腐蚀次数的要求；
- 附录 A 中删除了部分所用化学药品以及清洗温度和时间；
- 附录 A 中增加了部分所用化学药品以及清洗温度、时间和备注。

本标准使用翻译法等同采用 ISO 8407:2009《金属和合金的腐蚀 腐蚀试样上腐蚀产物的清除》。

本标准做了下列编辑性修改：

- 用“本标准”代替“本国际标准”；
- 为符合我国标准编写规则，在结构不变的基础上，增加了第 2 章和第 3 章的章条编号，以便于使用。

本标准由中国钢铁工业协会委员会提出。

本标准由全国钢标准化技术委员会(SAC/TC 183)归口。

本标准起草单位：江苏省船舶金属材料质量监督检验中心、冶金工业信息标准研究院、江阴市南方管件制造有限公司、江阴中南重工股份有限公司、钢铁研究总院、首钢总公司。

本标准主要起草人：谢建平、张强、侯捷、陆筱彬、蒋春龙、陈少忠、丰涵、吴朝晖。

本标准所代替标准的历次版本发布情况为：

- GB/T 16545—1996。

金属和合金的腐蚀 腐蚀试样上腐蚀产物的清除

1 范围

1.1 本标准规定了在腐蚀性环境中金属及合金腐蚀试样上形成的腐蚀产物的清除方法。

注：本标准中所用术语“金属”代表金属和合金。

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，可精确测定金属在腐蚀性环境中产生的质量损失。

1.3 本标准适用于金属和合金，某些情况下也适用于金属涂层，但应考虑可能对基体产生的影响。

2 方法

2.1 总则

2.1.1 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。

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，则可采用其他处理方法，主要包括三种类型：

- a) 化学法；
- b) 电解法；
- c) 更强烈的机械处理方法。

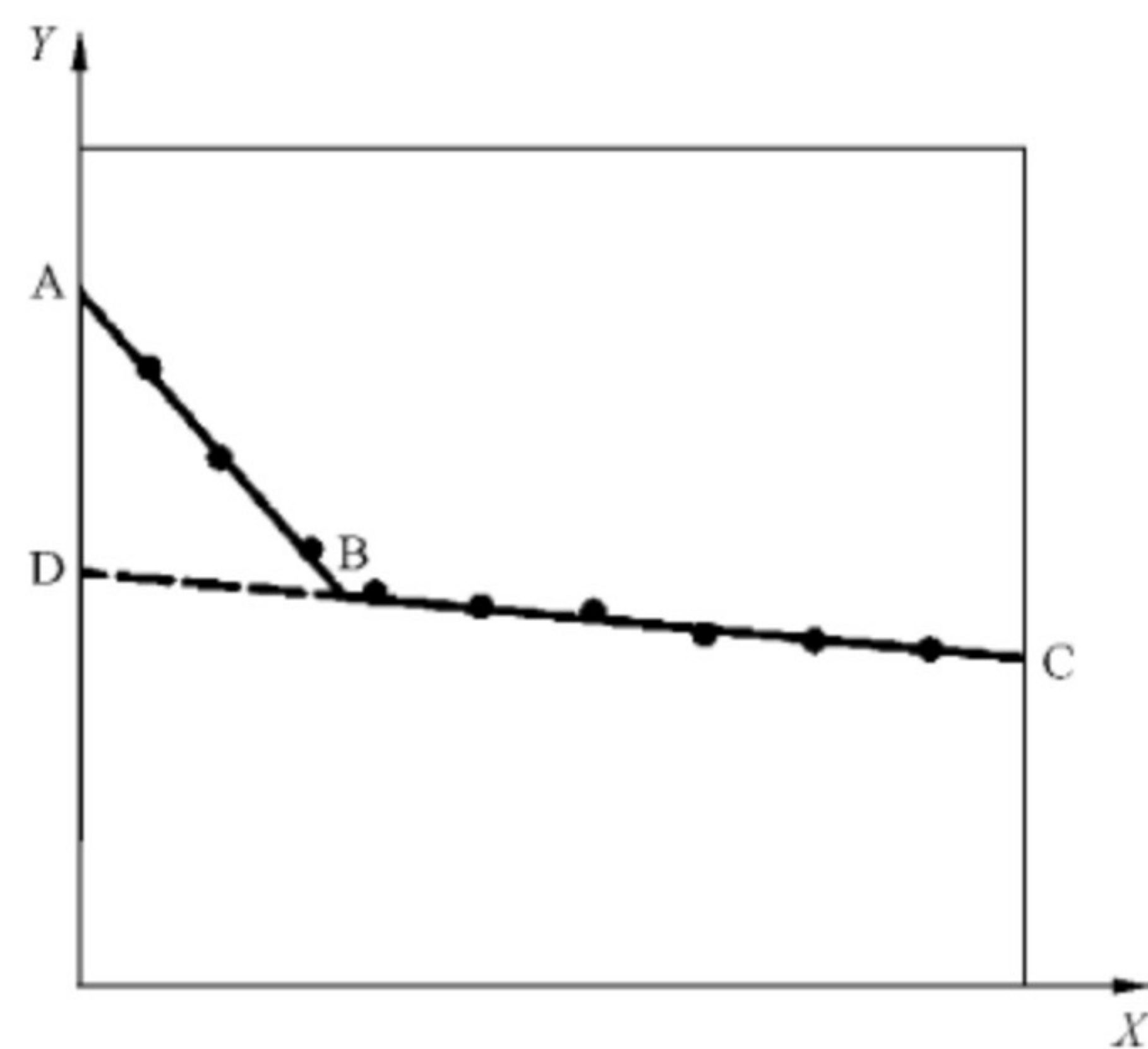
注：这些处理方法也会去除一些金属基体。

2.1.3 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。

2.1.4 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 2.1.4.1)，另一种方法是对腐蚀试样进行若干次清洗(见 2.1.4.2)。

2.1.4.1 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(建议保留五位有效数字，即 70 g 的试样应保留到小数点后第三位)，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。

2.1.4.2 腐蚀试样在去除腐蚀产物后作重复多次清洗。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。如果在一次清洗操作过程中清洗次数没有使用相等时间间隔，则 X 轴应表示时间单位。



说明：

X 轴——清洗次数或时间单位；

Y 轴——质量。

图 1 腐蚀试样质量与清洗次数曲线图

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

2.1.5 优先选用的清洗方法：

- 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 2.1.4.1)；
- 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 2.1.4.2)。

2.1.6 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,用蒸馏水或去离子水现行配制溶液。

2.1.7 清洗后样品应先用自来水进行充分冲洗,在冲洗过程中用软毛刷轻刷样品以去除清洗过程中残留的任何表面产物,再用蒸馏水或去离子水冲洗,之后在乙醇中彻底冲洗,使用吹风机吹干或在烘箱内烘干,称量前应把样品放在干燥器内冷却至室温。

2.2 化学法

2.2.1 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 A.1)。为了易于清洗,推荐使用超声波清洗处理。

2.2.2 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。

2.2.3 化学清洗前,按 2.1.1 所述方法清洗试样。如有必要,重复几次取出试样称量、轻刷,以去除附着牢固的腐蚀产物。

2.3 电解法

2.3.1 电解清洗也可用于去除腐蚀产物。附录 A 给出了一些腐蚀试样的电解清洗方法(见表 A.2)。为了易于清洗,推荐使用超声波清洗处理。

2.3.2 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

2.4.1 机械方法包括:刮削、擦洗、刷洗、超声法、机械震动和冲击(喷砂、喷水等),通常采用这些方法去

除结成硬壳的腐蚀产物。也可用硬毛刷和含有软磨料的蒸馏水悬浮液擦洗以去除腐蚀产物。

2.4.2 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) 本标准编号;
- b) 所用的清除腐蚀产物方法;
- c) 采用化学法时需写明:在表 A.1 中指定所用化学药品的成分和浓度、溶液温度、每次清洗持续时间及清洗次数;
- d) 采用电解法时需写明:在表 A.2 中指定所用化学药品成分和浓度、溶液温度、阳极材料、电流密度和每次清洗持续时间及清洗次数;
- 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、每次清洗持续时间及清洗次数;
- 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 2.1.4.1)或反复清洗(见 2.1.4.2)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 2.1.4.3)。

附录 A
(资料性附录)

去除腐蚀产物的化学和电解清洗方法

A.1 总则

本附录汇总了所选定的化学和电解清洗方法。
在采用这些清洗方法之前,试验人员应先用对照样品进行测试以确保选择的方法合理有效。

A.2 方法

A.2.1 表 A.1 和表 A.2 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。如果一种金属列出多种化学和电解清洗方法,则清洗方法是按照优先顺序排列的。推荐以本标准作为指南,正确运用表 A.1 和表 A.2 中所列方法。
A.2.2 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。
A.2.3 具体的清洗次数推荐参考正文图 1 的质量损失规律。如果使用的清洗方法是为了其他目的(例如为了用显微镜观察清洗后的表面裂纹),清洗的时间应该更长。

注: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 A.1 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	硝酸 (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.1.2 ^a		50 mL 磷酸 (H_3PO_4 , $\rho = 1.69 \text{ g/mL}$) 20 g 三氧化铬(CrO_3) 加蒸馏水配制成 1 000 mL 溶液	5 min~ 10 min	80	如有残余腐蚀产物膜,需用 C.1.1 中的硝酸法继续处理
C.2.1	铜及铜合金	50 g 氨基磺酸,加蒸馏水配制成 1 000 mL 溶液	5 min~ 10 min	20~25	
C.2.2		500 mL 盐酸(HCl , $\rho = 1.19 \text{ g/mL}$), 加蒸馏水配制成 1 000 mL 溶液	5 min~ 10 min	20~25	用纯氮对溶液脱氧,以减少对金属基底的损害
C.2.3		54 mL 硫酸(H_2SO_4 , $\rho = 1.84 \text{ g/mL}$), 加蒸馏水配制成 1 000 mL 溶液	1 min~ 10 min	20~25	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 s~4 s

表 A.1 (续)

代号	材料	化学药品	时间	温度/℃	备注
C.3.1	铁及钢	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.3.2 ^a		1 000 mL 盐酸(HCl, $\rho=1.19$ g/mL), 20 g 三氧化锑(Sb_2O_3),50 g 氯化锡 (SnCl_2)	1 min~ 25 min	20~25	剧烈搅拌溶液或刷洗试样。某些情况下延长时间
C.3.3		500 mL 盐酸(HCl, $\rho=1.19$ g/mL), 5 g 1,3-二丁基-2-硫脲,加蒸馏水配 制成 1 000 mL 溶液	1 min~ 5 min	20~25	剧烈搅拌溶液或刷洗试样。某些情况下延长时间
C.4.1	铅及铅合金	1 500 g 乙酸铵($\text{CH}_3\text{COONH}_4$),加 蒸馏水配制成 1 000 mL 溶液(饱和 溶液)	5 min	20~25	
C.5.1 ^a	镁及镁合金	200 g 三氧化铬(CrO_3), 10 g 硝酸银(AgNO_3), 20 g 硝酸钡[$\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$],加蒸馏水 配制成 1 000 mL 溶液	1 min	20~25	使用银盐是为了沉淀氯化物;使用钡盐是为了沉淀硫酸盐
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	
C.6.2		100 mL 硫酸(H_2SO_4 , $\rho=1.84$ g/mL), 加蒸馏水配制成 1 000 mL 溶液	1 min~ 3 min	20~25	
C.7.1	不锈钢	100 mL 硝酸(HNO_3 , $\rho=1.42$ g/mL), 加蒸馏水配制成 1 000 mL 溶液	20 min	60	可能不适合低合金不锈钢,如含 13%Cr 的不锈钢会导致基体的质量损失
C.7.2		200 mL 硝酸(HNO_3 , $\rho=1.42$ g/mL), 加蒸馏水配制成 1 000 mL 溶液	60 min	20~25	在室温下开始试验,如有必要可加热到 60 ℃。适用于大部分不锈钢
C.7.3		500 mL 盐酸(HCl, $\rho=1.19$ g/mL), 5 g 1,3-二丁基-2-硫脲,加蒸馏水配 制成 1 000 mL 溶液	20 s~ 30 s	20~25	适用于大部分不锈钢,但比 C.7.2 的基体损失大。质量损失适中
C.7.4		100 g 草酸 900 mL 蒸馏水	120 min	20~25	在室温下开始试验,如有必要可加热到 40 ℃。 牌号为 022Cr22Ni5Mo3N 的不锈钢在室温下暴露 10 h 无质量损失。 由于基体的质量损失,不适合低合金,如含 13%Cr 的不锈钢

表 A.1 (续)

代号	材料	化学药品	时间	温度/℃	备注
C.7.5	不锈钢	100 g 草酸 900 mL 蒸馏水	60 min	40	牌号为 022Cr22Ni5Mo3N 的不锈钢在 40 ℃下暴露 1 h 无质量损失。 由于基体的质量损失,不适合低合金,如含 13%Cr 的不锈钢
C.7.6		500 mL 磷酸(H_3PO_4 , $\rho=1.70$ g/mL), 加蒸馏水配制成 1 000 mL 溶液	60 min	20~25	由于基体的质量损失,不适合低合金,如含 13%Cr 的不锈钢
C.7.7		150 g 柠檬酸铵 $[(\text{NH}_4)_2\text{HC}_6\text{H}_5\text{O}_7]$, 加蒸馏水配制成 1 000 mL 溶液	10 min~ 60 min	70	
C.7.8 ^b		100 mL 硝酸(HNO_3 , $\rho=1.42$ g/mL), 200 mL 氢氟酸 $[\text{HF}, \rho=1.155$ g/mL (47%~53% HF)]加蒸馏水配制成 1 000 mL 溶液	1 min~ 20 min	20~25	此溶液可能会引起基体损失,特别是对于低合金不锈钢。鉴于玻璃设备在氢氟酸溶液中易腐蚀,应使用塑料设备
C.7.9		100 g 柠檬酸($\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$),50 mL 硫酸 (H_2SO_4 , $\rho=1.84$ g/mL), 2 g 缓蚀剂 (二原甲基苯基硫脲或喹啉乙基碘或 β - 萘酚喹啉),加蒸馏水配制成 1 000 mL 溶液	5 min	60	
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(HCl , $\rho=1.19$ g/mL),加 蒸馏水配制成 1 000 mL 溶液	10 min	20	
C.9.1	锌及锌 合金	250 g 乙酸铵($\text{NH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$),加蒸 馏水配制成 1 000 mL 溶液(饱和溶 液)	1 min~ 10 min	20~25	
C.9.2		100 g 氯化铵(NH_4Cl),加蒸馏水配制 成 1 000 mL 溶液	2 min~ 5 min	70	
C.9.3 ^a		200 g 三氧化铬(CrO_3),加蒸馏水配制 成 1 000 mL 溶液	1 min	80	为防止盐酸腐蚀基体,对于含氯 的样品,每 1 000 mL 溶液中加入 10 g 硝酸银(AgNO_3)
C.9.4		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	
^a 酸溶液对环境具有负面影响应该谨慎处理。					
^b 注意——氢氟酸(HF)的使用必须要小心,因为这种酸如果接触到皮肤或眼睛会造成严重的危害。操作前要阅读安全手册。					

表 A.2 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/min	温度/℃	备注
E.1.1	铁、铸铁、 钢	75 g 氢氧化钠(NaOH) 25 g 硫酸钠(Na ₂ SO ₄) 75 g 碳酸钠(Na ₂ CO ₃) 加蒸馏水配制成 1 000 mL 溶液	20~30	20~25	阴极电流密度为: 100 A/m ² ~200 A/m ² , 使用石墨、铂或不锈钢阳极
E.1.2		28 mL 硫酸(H ₂ SO ₄ , ρ=1.84 g/mL), 0.5 g 缓蚀剂(二原甲基苯基硫脲或喹啉 乙基碘或 β-萘酚喹啉),加蒸馏水配制成 1 000 mL 溶液	3	75	阴极电流密度为:2 000 A/m ² , 使用石墨、铂或铅阳极
E.1.3		100 g 柠檬酸铵[(NH ₄) ₂ HC ₆ H ₅ O ₇], 加蒸馏水配制成 1 000 mL 溶液	5	20~25	阴极电流密度为:100 A/m ² ,使 用石墨或铂阳极
E.2.1	铅及铅 合金	28 mL 硫酸(H ₂ SO ₄ , ρ=1.84 g/mL), 0.5 g 缓蚀剂(二原甲基苯基硫脲或喹啉 乙基碘或 β-萘酚喹啉),加蒸馏水配制成 1 000 mL 溶液	3	75	阴极电流密度为:2 000 A/m ² , 使用石墨、铂或铅阳极
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	1~3	20~25	阴极电流密度为:100 A/m ² ,使 用石墨或铂阳极
E.4.1	锌及镉	50 g 磷酸氢钠(Na ₂ HPO ₄),加蒸馏水 配制成 1 000 mL 溶液	5	70	阴极电流密度为:110 A/m ² 。 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	1~2	20~25	阴极电流密度为:100 A/m ² 。 试样在浸入溶液前应先通电流, 使用石墨、铂或不锈钢阳极

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—2015/ISO 8407:2009

*

中国标准出版社出版发行
北京市朝阳区和平里西街甲2号(100029)
北京市西城区三里河北街16号(100045)

网址: www.gbl68.cn

服务热线: 400-168-0010

010-68522006

2015年11月第一版

*

书号: 155066 • 1-52900

版权专有 侵权必究



GB/T 16545-2015