



中华人民共和国国家标准

GB/T 26956—2011/ISO/TR 16060:2003

金属材料焊缝破坏性试验 宏观和微观检验用侵蚀剂

**Destructive tests on welds in metallic materials—
Etchants for macroscopic and microscopic examination**

(ISO/TR 16060:2003(E), IDT)

2011-09-29 发布

2012-03-01 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

中 华 人 民 共 和 国
国 家 标 准

金属材料焊缝破坏性试验
宏观和微观检验用侵蚀剂

GB/T 26956—2011/ISO/TR 16060:2003

*

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(100013)
北京市西城区三里河北街16号(100045)

网址 www.spc.net.cn

总编室:(010)64275323 发行中心:(010)51780235

读者服务部:(010)68523946

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷
各地新华书店经销

*

开本 880×1230 1/16 印张 1.75 字数 49 千字
2011年12月第一版 2011年12月第一次印刷

*

书号: 155066·1-43879 定价 27.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换
版权专有 侵权必究
举报电话:(010)68510107

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准等同采用 ISO/TR 16060:2003(E)《金属材料焊缝破坏性试验 宏观和微观检验用侵蚀剂》(英文版)。

为了便于使用,本标准做了下列编辑性修改:

——删除国际标准的前言;

——“本国际标准”一词改为“本标准”。

本标准由全国焊接标准化技术委员会(SAC/TC 55)提出并归口。

本标准起草单位:上海材料研究所、哈尔滨焊接研究所、耐博检测技术(上海)有限公司。

本标准主要起草人:杨力、陆慧、王春亮、王滨、章利球、安洪亮。

金属材料焊缝破坏性试验 宏观和微观检验用侵蚀剂

1 范围

本标准规定了依据 ISO 17639:2003(E)金属材料焊缝破坏性试验宏观和微观检验方法对以下材料的焊接接头进行宏观和微观检验常用侵蚀剂。

- 碳钢和低合金钢；
- 不锈钢；
- 镍及镍合金；
- 钛及钛合金；
- 铜及铜合金；
- 铝及铝合金。

本标准适用于金属材料焊缝宏观和微观检验用侵蚀剂。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

ISO 17639:2003(E) 金属材料焊缝破坏性试验 宏观和微观检验方法 (Destructive tests on welds in metallic materials—Macroscopic and microscopic examination of welds)

3 通则

当试剂的浓度或结晶水数没有在附录中规定时,可使用表 1 中的数据,同时这些数据宜得到侵蚀剂供应商的确认。

4 碳钢和低合金钢用侵蚀剂

碳钢和低合金钢用侵蚀剂见附录 A。

5 不锈钢用侵蚀剂

不锈钢用侵蚀剂见附录 B。

6 镍及镍合金用侵蚀剂

镍及镍合金用侵蚀剂见附录 C。

7 钛及钛合金用侵蚀剂

钛及钛合金用侵蚀剂见附录 D。

8 铜及铜合金用侵蚀剂

铜及铜合金用侵蚀剂见附录 E。

9 铝及铝合金用侵蚀剂

铝及铝合金用侵蚀剂见附录 F。

10 表述

对应附录 G, 侵蚀剂按名称或表号进行表述。

表 1 组元的性质

组元	性 质			
	密度 g/cm ³	浓度 %	结晶水数	备注
HCl (盐酸)	1.18 1.16	35~38 31.5~33	—	
HF(氢氟酸)	1.13	40	—	
HNO ₃ (硝酸)	1.42	69	—	
H ₂ SO ₄ (硫酸)	1.84	98	—	
H ₂ O ₂ (过氧化氢)	—	30	—	
H ₃ PO ₄ (磷酸)	1.70	85	—	
CH ₃ COOH(乙酸)	1.05	99.1	—	冰状
HBF ₄ (氟硼酸)	1.23	35	—	
C ₂ H ₂ O ₄ (草酸)	—	—	2	
FeCl ₃ (氯化铁)	—	—	6	
CuCl ₂ (氯化铜)	—	—	2	
MgCl ₂ (氯化镁)	—	—	6	
Fe(NO ₃) ₃ (硝酸铁)	—	—	9	

附录 A

(资料性附录)

碳钢和低合金钢用的侵蚀剂

碳钢和低合金钢用的侵蚀剂见表 A.1~表 A.13。

表 A.1 硝酸酒精溶液

侵蚀剂类型	宏观和微观侵蚀剂
体积组成和混合顺序	99 mL~95 mL 工业酒精*； 1 mL~5 mL 硝酸(HNO ₃)。 * 工业酒精为含少量甲醇的乙醇。 也可以用甲醇或戊醇[(CH ₃) ₂ CH(CH ₂) OH]代替工业酒精
安全放置时间	无限期
试面制备	宏观试样用 P600 或更细的砂纸研磨,用 5%硝酸酒精溶液侵蚀。 微观试样用 3.0 μm 或更细的金刚石粉磨抛,用 2%硝酸酒精溶液侵蚀
侵蚀温度	室温
侵蚀时间	若干秒,目视观察确定
附加预防措施/要求	常规的酸处理和处置预防措施
说明	若显示铁素体晶界,区分铁素体与马氏体,硝酸浓度可大于 15%。 较好的通用侵蚀剂。 对于镀锌钢最好使用戊醇

表 A.2 苦味酸酒精溶液(4%)

侵蚀剂类型	微观侵蚀剂
体积组成和混合顺序	100 mL 乙醇(C ₂ H ₅ OH)； 4 g 苦味酸[C ₆ H ₂ OH(NO ₂) ₃][如果需要可加湿润剂(十二烷基苯磺酸钠) (C ₁₈ H ₂₉ NaSO ₄)]
安全放置时间	无限期
试面制备	用 3.0 μm 或更细金刚石粉磨抛
侵蚀温度	室温
侵蚀时间	若干秒,目视观察确定
附加预防措施/要求	常规的酸处理和处置预防措施
说明	轻微侵蚀原奥氏体晶界。 显示碳化物。 对细珠光体、马氏体、回火马氏体和贝氏体组织分辨率高

表 A.3 苦味酸水溶液

侵蚀剂类型	微观侵蚀剂
体积组成和混合顺序	1 L 饱和苦味酸溶液[C ₆ H ₂ OH(NO ₂) ₃]; 10 mL 湿润剂(十二烷基苯磺酸钠)(C ₁₈ H ₂₉ NaSO ₄)
安全放置时间	无限期
试面制备	用 3.0 μm 或更细的金刚石粉磨抛
侵蚀温度	55 °C~60 °C
侵蚀时间	若干秒,目视观察确定
附加预防措施/要求	常规的酸处理和处置预防措施
说明	显示原始晶界和偏析

表 A.4 苦味酸酒精溶液(15%)

侵蚀剂类型	微观侵蚀剂
体积组成和混合顺序	100 mL 乙醇*(C ₂ H ₅ OH); 15 g 苦味酸[C ₆ H ₂ OH(NO ₂) ₃]. * 也可以用甲醇(CH ₃ OH)
安全放置时间	无限期
试面制备	用 2.0 μm 或更细的金刚石粉磨抛
侵蚀温度	室温
侵蚀时间	几秒~1 min,目视观察确定
附加预防措施/要求	常规的酸处理和处置预防措施
说明	可显示一般组织。 为饱和苦味酸溶液

表 A.5 盐酸苦味酸酒精溶液

侵蚀剂类型	微观侵蚀剂
体积组成和混合顺序	100 mL 乙醇(C ₂ H ₅ OH); 1 mL 盐酸(HCl); 4 g 苦味酸[C ₆ H ₂ OH(NO ₂) ₃]
安全放置时间	无限期
试面制备	用 3.0 μm 或更细的金刚石粉磨抛
侵蚀温度	室温
侵蚀时间	10 s~几分钟
附加预防措施/要求	常规的酸处理和处置预防措施
说明	显示热影响区、焊缝和母材的显微组织。 对非常细的组织特别有效。 显示铁素体晶界的效果不如硝酸酒精侵蚀液

表 A.6 过二硫酸铵水溶液

侵蚀剂类型	微观侵蚀剂
体积组成和混合顺序	100 mL 水(H ₂ O); 10 g 过二硫酸铵[(NH ₄) ₂ S ₂ O ₈]
安全放置时间	即配即用
试面制备	用 6.0 μm 或更细的金刚石粉磨抛
侵蚀温度	室温
侵蚀时间	2 min~3 min
附加预防措施/要求	无
说明	显示热影响区范围。 多道焊缝显微组织特征

表 A.7 盐酸酒精溶液

侵蚀剂类型	微观侵蚀剂
体积组成和混合顺序	100 mL 乙醇(C ₂ H ₅ OH); 1 mL~5 mL 盐酸(HCl)
安全放置时间	无限期
试面制备	用 3.0 μm 或更细的金刚石粉磨抛
侵蚀温度	40 °C ~ 50 °C
侵蚀时间	几秒~1 min
附加预防措施/要求	常规的酸处理和处置预防措施。 盐酸加到水中
说明	无

表 A.8 120/10/30 侵蚀剂

侵蚀剂类型	微观侵蚀剂
体积组成和混合顺序	120 mL 乙醇(C ₂ H ₅ OH)或甲醇(CH ₃ OH); 10 mL 氯化铁(FeCl ₃)(60%W/V); 30 mL 盐酸(HCl)
安全放置时间	无限期
试面制备	用 2.0 μm 或更细的金刚石粉磨抛
侵蚀温度	室温
侵蚀时间	浸蚀若干秒,目视观察确定
附加预防措施/要求	常规的酸处理和处置预防措施
说明	好的通用侵蚀剂

表 A.9 1# 氯化铜溶液

侵蚀剂类型	宏观侵蚀剂
体积组成和混合顺序	30 mL 水(H ₂ O); 25 mL 乙醇(C ₂ H ₅ OH); 40 mL 盐酸(HCl); 5 g 氯化铜(CuCl ₂)
安全放置时间	2 h
试面制备	用 P 1 000 或更细的砂纸研磨
侵蚀温度	室温
侵蚀时间	10 s~20 s
附加预防措施/要求	侵蚀后,洗干净试样以除去沉积的铜; 常规的酸处理和处置预防措施
说明	显示冷加工变形线

表 A.10 氯化镁和氯化铜的盐酸溶液

侵蚀剂类型	微观侵蚀剂
体积组成和混合顺序	100 mL 乙醇(C ₂ H ₅ OH); 20 mL 水(H ₂ O); 1 mL 盐酸(HCl); 4 g 氯化镁(MgCl ₂); 1 g 氯化铜(CuCl ₂)
安全放置时间	2 h
试面制备	用 3.0 μm 或更细的金刚石粉磨抛
侵蚀温度	室温
侵蚀时间	60 s
附加预防措施/要求	用尽可能少的水将氯化镁和氯化铜溶解,然后用乙醇稀释。 侵蚀后用 1.0 μm 的抛光粉轻微抛光可得到最佳的衬度
说明	显示磷及相关的偏析,铜首先全部沉积在磷含量最少的区域

表 A.11 阿德勒(Adler's)侵蚀剂

侵蚀剂类型	宏观侵蚀剂
体积组成和混合顺序	25 mL 水(H ₂ O); 3 g 四氯二水络铜酸铵 [(NH ₄) ₂ CuCl ₄ · 2H ₂ O]; 50 mL 盐酸(HCl); 15 g 氯化铁(FeCl ₃)
安全放置时间	几个月
试面制备	用 P 320 或更细的砂纸研磨
侵蚀温度	室温
侵蚀时间	5 s~10 s
附加预防措施/要求	把[(NH ₄) ₂ CuCl ₄ · 2H ₂ O]加到 H ₂ O 中得到混合液 a。 把 FeCl ₃ 加到 HCl 中得到混合液 b。 把混合液 b 加到混合液 a 中
说明	无

表 A. 12 海恩(Heyn)侵蚀剂

侵蚀剂类型	宏观侵蚀剂
体积组成和混合顺序	120 mL 水(H ₂ O); 10 g 四氯二水络铜酸铵[(NH ₄) ₂ CuCl ₄ · 2H ₂ O]
安全放置时间	几个月
试面制备	用 P 240 或更细的砂纸研磨
侵蚀温度	室温
侵蚀时间	10 s ~ 1 min
附加预防措施/要求	把[(NH ₄) ₂ CuCl ₄ · 2H ₂ O]加到 H ₂ O 中
说明	应清除沉积的铜

表 A. 13 氯化铁水溶液

侵蚀剂类型	宏观侵蚀剂
体积组成和混合顺序	70 mL 水(H ₂ O); 30 mL 氯化铁(FeCl ₃)(60%W/V)
安全放置时间	无限期
试面制备	用 P 1 000 或更细的砂纸研磨
侵蚀温度	室温
侵蚀时间	若干秒
附加预防措施/要求	常规的酸处理和处置预防措施
说明	(1)擦净表面; (2)用水冲洗; (3)重新擦净表面; (4)侵蚀后,用水冲洗,再用乙醇冲洗,然后干燥

附录 B
(资料性附录)
不锈钢用的侵蚀剂

不锈钢用侵蚀剂见表 B.1~表 B.12。

表 B.1 草酸溶液

侵蚀剂类型	微观侵蚀剂
体积组成和混合顺序	100 mL 水(H ₂ O); 10 g 草酸(乙二酸)(C ₂ H ₂ O ₄)
安全放置时间	无限期
试面制备	用 3.0 μm 或更细的金刚石粉磨抛
侵蚀温度	室温
侵蚀时间	若干秒,目视观察确定
附加预防措施/要求	常规的酸处理和处置预防措施
说明	电解电压 2 V~6 V。可以显示晶间腐蚀敏感性。 显示一般组织。 显示晶界碳化物

表 B.2 硫氰酸铵溶液

侵蚀剂类型	微观侵蚀剂
体积组成和混合顺序	80 mL 水(H ₂ O); 20 mL 硫酸(H ₂ SO ₄); 10 g 硫氰酸铵(NH ₄ SCN)
安全放置时间	无限期
试面制备	用 3.0 μm 或更细的金刚石粉磨抛
侵蚀温度	室温
侵蚀时间	若干秒,目视观察确定
附加预防措施/要求	常规的酸处理和处置预防措施
说明	电解电压 1.5 V~2.0 V。 好的通用侵蚀剂

表 B.3 氯化铁盐酸溶液

侵蚀剂类型	宏观侵蚀剂
体积组成和混合顺序	480 mL 水(H ₂ O); 120 mL 盐酸(HCl); 50 g 氯化铁(FeCl ₃)
安全放置时间	无限期
试面制备	用 P 600 或更细的砂纸研磨
侵蚀温度	室温
侵蚀时间	几秒到 1 min, 目视观察确定
附加预防措施/要求	常规的酸处理和处置预防措施
说明	对于奥氏体铬镍钢及其他不锈钢是好的通用宏观侵蚀剂

表 B.4 改进的村上(Murakami)侵蚀剂

侵蚀剂类型	微观侵蚀剂
体积组成和混合顺序	600 mL 水(H ₂ O); 30 g 六氰络铁酸钾[K ₃ Fe(CN) ₆]; 30 g 氢氧化钾(KOH)
安全放置时间	即配即用
试面制备	用 1.0 μm 或更细的金刚石粉磨抛
侵蚀温度	配制溶液温度(热)
侵蚀时间	20 s~40 s
附加预防措施/要求	常规的酸处理和处置预防措施
说明	显示 δ 铁素体中的 σ 相和碳化物。 不显示奥氏体基体

表 B.5 2# 氯化铜溶液

侵蚀剂类型	微观侵蚀剂
体积组成和混合顺序	100 mL 水(H ₂ O); 100 mL 乙醇(C ₂ H ₅ OH); 100 mL 盐酸(HCl); 5 g 氯化铜(CuCl ₂)
安全放置时间	2 h
试面制备	用 1.0 μm 或更细的金刚石粉磨抛
侵蚀温度	室温
侵蚀时间	10 s 至几分钟
附加预防措施/要求	侵蚀后, 应洗干净试样以除去沉积的铜。 常规的酸处理和处置预防措施
说明	特别用于铁素体和马氏体不锈钢, 可替代电解侵蚀。 显示奥氏体晶界效果较差, 侵蚀时间较长。 对碳化物无效

表 B.6 铬酸溶液

侵蚀剂类型	微观侵蚀剂
体积组成和混合顺序	100 mL 水(H ₂ O); 10 g 氧化铬(CrO ₃)
安全放置时间	几天
试面制备	用 1.0 μm 或更细的金刚石粉磨抛
侵蚀温度	室温
侵蚀时间	10 s~1 min
附加预防措施/要求	常规的酸处理和处置预防措施
说明	显示奥氏体晶界。区分 σ 相和碳化物。 常规的侵蚀采用电解侵蚀(3 V)。分析碳化物时电解侵蚀分两步进行:首先采用 1 V,然后采用 3 V

表 B.7 盐酸酒精溶液

侵蚀剂类型	微观侵蚀剂
体积组成和混合顺序	100 mL 乙醇(C ₂ H ₅ OH); 1 mL~5 mL 盐酸(HCl)
安全放置时间	无限期
试面制备	用 3.0 μm 或更细的金刚石粉磨抛
侵蚀温度	40 °C~50 °C
侵蚀时间	几秒到 1 min
附加预防措施/要求	把 HCl 倒入 C ₂ H ₅ OH 中。 常规的酸处理和处置预防措施
说明	无

表 B.8 盐酸硝酸溶液

侵蚀剂类型	微观侵蚀剂
体积组成和混合顺序	39 mL 水(H ₂ O); 52 mL 盐酸(HCl); 9 mL 硝酸(HNO ₃)(浓度 65%)
安全放置时间	无限期
试面制备	用 3.0 μm 或更细的金刚石粉磨抛
侵蚀温度	室温
侵蚀时间	几秒~几分钟
附加预防措施/要求	把 HCl 和 HNO ₃ 倒入 H ₂ O 中。 常规的酸处理和处置预防措施
说明	无

表 B.9 阿德勒(Adler's)侵蚀剂

侵蚀剂类型	宏观侵蚀剂
体积组成和混合顺序	25 mL 水(H ₂ O); 3 g 四氯二水络铜酸铵[(NH ₄) ₂ CuCl ₄ · 2H ₂ O]; 50 mL 盐酸(HCl); 15 g 氯化铁(FeCl ₃)
安全放置时间	几个月
试面制备	用 P 320 或更细的砂纸研磨
侵蚀温度	室温
侵蚀时间	5 s~10 s
附加预防措施/要求	把[(NH ₄) ₂ CuCl ₄ · 2H ₂ O]倒入 H ₂ O 中得到混合液 a。 把 FeCl ₃ 倒入 HCl 中得到混合液 b。 把混合液 b 加到混合液 a 中
说明	无

表 B.10 1# 氢氟酸硝酸溶液

侵蚀剂类型	微观侵蚀剂
体积组成和混合顺序	50 mL 硝酸(HNO ₃); 50 mL 氢氟酸(HF)
安全放置时间	使用后不能储存
试面制备	用 2.0 μm 或更细的金刚石粉磨抛
侵蚀温度	室温
侵蚀时间	浸蚀 5 min~30 min
附加预防措施/要求	警告: 当处理氢氟酸(HF)时,必须戴手套及眼罩。万一身体接触到酸,立即用大量的水冲洗皮肤并去医院就诊。 使用塑料容器配制。 常规的酸处理和处置预防措施
说明	显示一般组织

表 B.11 2# 氢氟酸硝酸溶液

侵蚀剂类型	微观侵蚀剂
体积组成和混合顺序	100 mL 水(H ₂ O); 100 mL 硝酸(HNO ₃); 100 mL 氢氟酸(HF)
安全放置时间	使用后不能储存
试面制备	用 2.0 μm 或更细的金刚石粉磨抛
侵蚀温度	室温
侵蚀时间	浸蚀 1 min~15 min
附加预防措施/要求	警告: 当处理氢氟酸(HF)时,必须戴手套及眼罩。万一身体接触到酸,立即用大量的水冲洗皮肤并去医院就诊。 使用塑料容器配制。 常规的酸处理和处置预防措施
说明	显示境界

表 B.12 硝酸水溶液

侵蚀剂类型	微观侵蚀剂
体积组成和混合顺序	50 mL 水(H ₂ O); 50 mL 硝酸(HNO ₃)
安全放置时间	无限期
试面制备	用 2.0 μm 或更细的金刚石粉磨抛
侵蚀温度	室温
侵蚀时间	若干秒
附加预防措施/要求	常规的酸处理和处置预防措施
说明	电解电压 3 V ~ 6 V。 在该溶液中漂洗以除去表面存在的膜

附 录 C
(资料性附录)
镍及镍合金用的侵蚀剂

镍及镍合金用侵蚀剂见表 C.1~表 C.4。

表 C.1 含过氧化氢盐酸酒精溶液

侵蚀剂类型	微观侵蚀剂
体积组成和混合顺序	65 mL 乙醇(C_2H_5OH); 35 mL 盐酸(HCl); 4 mL 过氧化氢(H_2O_2 浓度 30%)
安全放置时间	无限期
试面制备	用 $2.0\ \mu m$ 或更细的金刚石粉磨抛
侵蚀温度	室温
侵蚀时间	1 min~15 min
附加预防措施/要求	常规酸处理和处置预防措施
说明	电解电压 $3\ V \sim 6\ V$ 。 在该溶液中漂洗以除去表面存在的膜

表 C.2 硫氰酸铵溶液

侵蚀剂类型	微观侵蚀剂
体积组成和混合顺序	80 mL 水(H_2O); 20 mL 硫酸(H_2SO_4); 10 g 硫氰酸铵(NH_4SCN)
安全放置时间	无限期
试面制备	用 $3.0\ \mu m$ 或更细的金刚石粉磨抛
侵蚀温度	室温
侵蚀时间	若干秒, 目视观察确定
附加预防措施/要求	常规酸处理和处置预防措施
说明	电解电压 $1.5\ V \sim 2.0\ V$ 。 好的通用侵蚀剂

表 C.3 硝酸醋酸溶液

侵蚀剂类型	微观侵蚀剂
体积组成和混合顺序	30 mL 丙酮[(CH ₃) ₂ CO]; 30 mL 硝酸(HNO ₃); 30 mL 醋酸(CH ₃ COOH)
安全放置时间	使用后不能存放
试面制备	用 3.0 μm 或更细的金刚石粉磨抛
侵蚀温度	室温
侵蚀时间	若干秒,目视观察确定
附加预防措施/要求	保持冷的状态。 释放出一氧化二氮。 常规酸处理和处置预防措施
说明	好的通用侵蚀剂

表 C.4 阿德勒(Adler's)侵蚀剂

侵蚀剂类型	宏观侵蚀剂
体积组成和混合顺序	25 mL 水(H ₂ O); 3 g 四氯二水络铜酸铵 [(NH ₄) ₂ CuCl ₄ · 2H ₂ O]; 50 mL 盐酸(HCl); 15 g 氯化铁(FeCl ₃)
安全放置时间	几个月
试面制备	用 P 320 或更细的砂纸研磨
侵蚀温度	室温
侵蚀时间	5 s ~ 10 s
附加预防措施/要求	把[(NH ₄) ₂ CuCl ₄ · 2H ₂ O]倒入 H ₂ O 中得到混合液 a。 把 FeCl ₃ 倒入 HCl 中得到混合液 b。 两者分别混合后把混合液 b 加到混合液 a 中
说明	无

附录 D
(资料性附录)
钛及钛合金用的侵蚀剂

钛及钛合金用侵蚀剂见表 D.1 和表 D.2。

表 D.1 凯勒(Keller's)侵蚀剂

侵蚀剂类型	微观侵蚀剂
体积组成和混合顺序	950 mL 水(H ₂ O); 25 mL 硝酸(HNO ₃); 15 mL 盐酸(HCl); 10 mL 氢氟酸(HF)
安全放置时间	无限期
试面制备	用 3.0 μm 或更细的金刚石粉磨抛
侵蚀温度	室温
侵蚀时间	若干秒,目视观察确定
附加预防措施/要求	警告: 当处理氢氟酸(HF)时,必须戴手套及眼罩。万一身体接触到酸,立即用大量的水冲洗皮肤并去医院就诊。 使用塑料容器。 常规酸处理和处置预防措施
说明	好的通用侵蚀剂

表 D.2 3# 硝酸氢氟酸溶液

侵蚀剂类型	微观侵蚀剂
体积组成和混合顺序	880 mL 水(H ₂ O); 100 mL 硝酸(HNO ₃); 20 mL 氢氟酸(HF)
安全放置时间	无限期
试面制备	用 3.0 μm 或更细的金刚石粉磨抛
侵蚀温度	室温
侵蚀时间	若干秒,目视观察确定
附加预防措施/要求	警告: 当处理氢氟酸(HF)时,必须戴手套及眼罩。万一身体接触到酸,立即用大量的水冲洗皮肤并去医院就诊。 使用塑料容器。 常规酸处理和处置预防措施
说明	好的通用侵蚀剂

附录 E
(资料性附录)
铜及铜合金用的侵蚀剂

铜及铜合金用侵蚀剂见表 E.1~表 E.3。

表 E.1 酒精酸性氯化铁溶液

侵蚀剂类型	微观侵蚀剂
体积组成和混合顺序	960 mL 工业酒精*； 20 mL 盐酸(HCl)； 50 g 氯化铁(FeCl_3)。 * 工业酒精为含少量甲醇的乙醇
安全放置时间	无限期
试面制备	用 3.0 μm 或更细的金刚石粉磨抛
侵蚀温度	室温
侵蚀时间	若干秒,目视观察确定
附加预防措施/要求	常规的酸处理和处置预防措施
说明	好的通用侵蚀剂,特别适用于含铜量高的铜合金

表 E.2 过二硫酸铵溶液

侵蚀剂类型	微观侵蚀剂
体积组成和混合顺序	90 mL 水(H_2O)； 10 mg 过二硫酸铵[(NH_4) ₂ S ₂ O ₈]； 10 mL 氨水(NH_3 溶于 H_2O)密度 0.880 g/cm ³
安全放置时间	即配即用,使用后不能存放
试面制备	用 3.0 μm 或更细的金刚石粉磨抛
侵蚀温度	室温
侵蚀时间	若干秒,目视观察确定
附加预防措施/要求	常规的酸处理和处置预防措施
说明	好的通用侵蚀剂

表 E.3 含硝酸铵和硝酸铁的硝酸溶液

侵蚀剂类型	微观侵蚀剂
体积组成和混合顺序	500 mL 水(H ₂ O); 2 mL 硝酸(HNO ₃) 2 g 硝酸铵(NH ₄ NO ₃); 20 g 硝酸铁 [Fe(NO ₃) ₃]
安全放置时间	无限期
试面制备	用 3.0 μm 或更细的金刚石粉磨抛
侵蚀温度	室温
侵蚀时间	若干秒, 目视观察确定
附加预防措施/要求	常规的酸处理和处置预防措施
说明	好的通用侵蚀剂

附录 F
(资料性附录)
铝及铝合金用的侵蚀剂

铝及铝合金用侵蚀剂见表 F.1~表 F.7。

表 F.1 氢氧化钠溶液

侵蚀剂类型	宏观侵蚀剂
体积组成和混合顺序	100 mL 水(H ₂ O); 15 g 氢氧化钠(NaOH)
安全放置时间	无限期
试面制备	用 P600 或更细的砂纸研磨
侵蚀温度	室温
侵蚀时间	若干秒,目视观察确定
附加预防措施/要求	常规的碱性溶液处理和处置的预防措施。 在通风柜中操作
说明	好的通用侵蚀剂。 可以稀释使用

表 F.2 凯勒(Keller's)侵蚀剂

侵蚀剂类型	微观侵蚀剂
体积组成和混合顺序	950 mL 水(H ₂ O); 25 mL 硝酸(HNO ₃); 15 mL 盐酸(HCl); 10 mL 氢氟酸(HF)
安全放置时间	无限期
试面制备	用 3.0 μm 或更细的金刚石粉磨抛
侵蚀温度	室温
侵蚀时间	若干秒,目视观察确定
附加预防措施/要求	警告: 当处理氢氟酸(HF)时,必须戴手套及眼罩。万一身体接触到酸,立即用大量的水冲洗皮肤并去医院就诊。 使用塑料容器配制。 常规的酸处理和处置预防措施
说明	好的通用侵蚀剂。 注意:侵蚀的晶界可能看起来像裂纹

表 F.3 盐酸硝酸氢氟酸水溶液

侵蚀剂类型	微观侵蚀剂
体积组成和混合顺序	350 mL 水(H ₂ O); 300 mL 硝酸(HNO ₃); 300 mL 盐酸(HCl); 50 mL 氢氟酸(HF)
安全放置时间	反应到颜色变为褐绿色同时反应不激烈时为止
试面制备	用 3.0 μm 或更细的金刚石粉磨抛
侵蚀温度	室温
侵蚀时间	开始反应后 30 s ~ 60 s
附加预防措施/要求	警告:当处理氢氟酸(HF)时,必须戴手套及眼罩。万一身体接触到酸,立即用大量的水冲洗皮肤并去医院就诊。 使用塑料容器配制。 常规的酸处理和处置预防措施
说明	注意:侵蚀的晶界可能看起来像裂纹

表 F.4 盐酸硝酸正磷酸水溶液

侵蚀剂类型	微观侵蚀剂
体积组成和混合顺序	480 mL 水(H ₂ O); 200 mL 盐酸(HCl); 200 mL 硝酸(HNO ₃); 120 mL 正磷酸(H ₃ PO ₄)
安全放置时间	反应到颜色变为褐绿色同时反应不激烈时为止
试面制备	用 3.0 μm 或更细的金刚石粉磨抛
侵蚀温度	30 °C ~ 40 °C
侵蚀时间	开始反应后 60 s ~ 120 s
附加预防措施/要求	常规的酸处理和处置预防措施
说明	注意:侵蚀的晶界可能看起来像裂纹

表 F.5 巴克(Barker's)侵蚀剂

侵蚀剂类型	微观侵蚀剂
体积组成和混合顺序	940 mL 水(H ₂ O); 60 mL 氟硼酸(HBF ₄)
安全放置时间	无限期
试面制备	用 3.0 μm 或更细的金刚石粉磨抛
侵蚀温度	室温
侵蚀时间	40 s ~ 60 s
附加预防措施/要求	见 F.1 中巴克“Barker”的工艺说明
说明	注意:侵蚀的晶界可能看起来像裂纹 对于检验铝及铝合金的晶粒和/或纤维组织,巴克“Barker”用偏振光检验阳极化的试样证明是成功的并且能得到满意的结果

表 F.6 波尔顿(Poulton's)侵蚀剂

侵蚀剂类型	宏观侵蚀剂
体积组成和混合顺序	50 mL 水(H ₂ O); 600 mL 盐酸(HCl); 300 mL 硝酸(HNO ₃); 50 mL 氢氟酸(HF)
安全放置时间	使用后不能存放
试面制备	用 P 1 000 或更细的砂纸研磨
侵蚀温度	室温
侵蚀时间	若干秒,目视观察确定
附加预防措施/要求	警告: 当处理氢氟酸(HF)时,必须戴手套及眼罩。万一身体接触到酸,立即用大量的水冲洗皮肤并去医院就诊。 使用塑料容器配制。 常规的酸处理和处置预防措施
说明	通常显示宏观组织

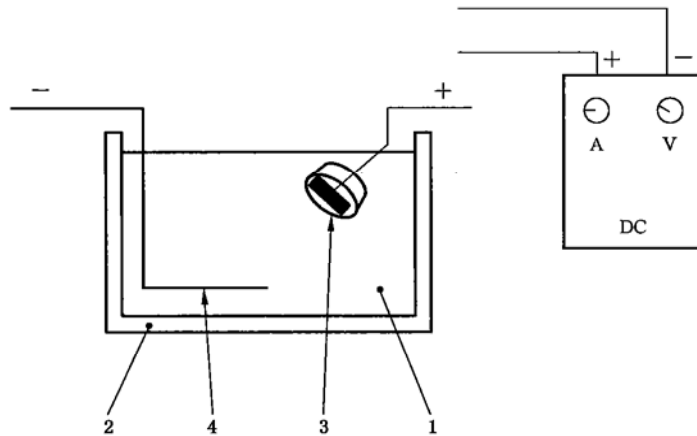
表 F.7 克罗尔(Kroll's)侵蚀剂

侵蚀剂类型	微观侵蚀剂
体积组成和混合顺序	960 mL 水(H ₂ O); 30 mL 硝酸(HNO ₃) 10 mL 氢氟酸(HF)
安全放置时间	无限期
试面制备	用 3.0 μm 或更细的金刚石粉磨抛
侵蚀温度	室温
侵蚀时间	小于 5 s
附加预防措施/要求	警告: 当处理氢氟酸(HF)时,必须戴手套及眼罩。万一身体接触到酸,立即用大量的水冲洗皮肤并去医院就诊。 使用塑料容器配制。 常规的酸处理和处置预防措施
说明	注意:侵蚀的晶界可能看起来像裂纹

F.1 巴克“Barker”工艺说明

F.1.1 一般原则

使用巴克(Barker)阳极氧化工艺(见表 F.5)。图 F.1 给出了这种方法的示意图。



- 1——电解液[在蒸馏水中 HBF_4 的浓度为体积分数 6%(质量分数 35%)];
 2——塑料容器;
 3——阳极(用良导体例如铝线把试样连接到电极上);
 4——阴极(纯铝板)。
 电压:25 V~30 V(D.C);
 时间:40 s~60 s。
 最高温度:环境温度(通过搅动或冷却电解槽)。

图 F.1 “巴克”(“Barker”)工艺示意图

F.1.2 处理

阳极氧化后,用流动水清洗试样,然后用酒精除去水,最后在热空气中干燥。
 不能使用超声处理。

F.1.3 检验

在光学显微镜下用偏振光观察氧化表面。

附录 G
(资料性附录)
侵蚀剂列表

按材料组分类的侵蚀剂列表见表 G.1 和表 G.2。

表 G.1 按材料组分类的侵蚀剂列表

材料	名称	表序号	检验类型	
碳钢和 低合金钢	阿德勒(Adler's)侵蚀剂	A. 11	宏观检验	
	1#氯化铜溶液	A. 9		
	氯化铁水溶液	A. 13		
	海恩(Heyn's)侵蚀剂	A. 12		
		硝酸酒精侵蚀液	A. 1	宏观检验和 微观检验
		盐酸酒精溶液	A. 7	微观检验
		过二硫酸铵水溶液	A. 6	
		盐酸苦味酸酒精溶液	A. 5	
		氯化镁和氯化铜的盐酸溶液	A. 10	
		苦味酸酒精溶液(4%)	A. 2	
		苦味酸酒精溶液(15%)	A. 4	
		苦味酸水溶液	A. 3	
	120/10/30 侵蚀剂	A. 8		
不锈钢	氯化铁盐酸溶液	B. 3	宏观检验	
	阿德勒(Adler's)侵蚀剂	B. 9		
		盐酸酒精溶液	B. 7	微观检验
		铬酸溶液	B. 6	
		2#氯化铜溶液	B. 5	
		1#氢氟酸硝酸溶液	B. 10	
		2#氢氟酸硝酸溶液	B. 11	
		盐酸硝酸溶液	B. 8	微观检验
		改进的村上(Murakami)侵蚀剂	B. 4	
		硝酸水溶液	B. 12	微观检验
		草酸溶液	B. 1	
		硫氰酸铵溶液	B. 2	

表 G.1 (续)

材料	名称	表序号	检验类型
镍及镍合金	阿德勒(Adler's)侵蚀剂	C.4	宏观检验
	含过氧化氢盐酸酒精溶液	C.1	微观检验
	硝酸醋酸溶液	C.3	
	硫氰酸铵溶液	C.2	
钛及钛合金	凯勒(Keller's)侵蚀剂	D.1	微观检验
	3# 氢氟酸硝酸溶液	D.2	
铜及铜合金	盐酸氯化铁酒精溶液	E.1	微观检验
	过二硫酸铵氨水溶液	E.2	
	含硝酸铵和硝酸铁硝酸溶液	E.3	
铝及铝合金	巴克(Barkert's)侵蚀剂	F.5	微观检验
	盐酸硝酸氢氟酸水溶液	F.3	
	盐酸硝酸正磷酸水溶液	F.4	
	凯勒(Keller's)侵蚀剂	F.2	
	克罗尔(Kroll's)侵蚀剂	F.7	
	波尔顿(Poulton's)侵蚀剂	F.6	
	氢氧化钠水溶液	F.1	宏观检验

表 G.2 按汉语拼音顺序排列的侵蚀剂列表

名称	表号	检验类型*	材料
1# 氯化铜溶液	A.9	A	碳钢和低合金钢
1# 氢氟酸硝酸溶液	B.10	I	不锈钢
120/10/30 侵蚀剂	A.8		碳钢和低合金钢
2# 氯化铜溶液	B.5		不锈钢
2# 氢氟酸硝酸溶液	B.11		不锈钢
3# 氢氟酸硝酸溶液	D.2		钛及钛合金
阿德勒(Adler's)侵蚀剂	A.11		A
	B.9	不锈钢	
	C.4	镍及镍合金	
巴克(Barker's)侵蚀剂	F.5	I	铝及铝合金
波尔顿(Poulton's)侵蚀剂	F.6	A	铝及铝合金
草酸溶液	B.1	I	不锈钢
改进的村上(Murakami's)侵蚀剂	B.4		不锈钢
铬酸溶液	B.6		不锈钢
过二硫酸铵水溶液	E.2		铜及铜合金
	A.6		碳钢和低合金钢

表 G.2 (续)

名 称	表号	检验类型 ^a	材 料	
海恩(Heyn's)侵蚀剂	A.12	A	碳钢和低合金钢	
含过氧化氢盐酸酒精溶液	C.1	I	镍及镍合金	
含硝酸铵和硝酸铁硝酸溶液	E.3		铜及铜合金	
凯勒(Keller's)侵蚀剂	D.1		钛及钛合金	
	F.2		铝及铝合金	
克罗尔(Kroll's)侵蚀剂	F.7		铝及铝合金	
苦味酸酒精溶液(15%)	A.4		碳钢和低合金钢	
苦味酸酒精溶液(4%)	A.2		碳钢和低合金钢	
苦味酸水溶液	A.3		碳钢和低合金钢	
硫氰酸铵溶液	B.2		不锈钢	
硫氰酸铵溶液	C.2		镍及镍合金	
氯化镁和氯化铜的盐酸溶液	A.10		I	碳钢和低合金钢
氯化铁水溶液	A.13		A	碳钢和低合金钢
氯化铁盐酸溶液	B.3	不锈钢		
氢氧化钠水溶液	F.1	铝及铝合金		
硝酸醋酸溶液	C.3	I	镍及镍合金	
硝酸酒精侵蚀液	A.1	A和I	碳钢和低合金钢	
硝酸溶液	B.12	I	不锈钢	
盐酸酒精溶液	A.7		碳钢和低合金钢	
	B.7		不锈钢	
盐酸苦味酸溶液	A.5		碳钢和低合金钢	
盐酸氯化铁酒精溶液	E.1		铜及铜合金	
盐酸硝酸氢氟酸水溶液	F.3		铝及铝合金	
盐酸硝酸溶液	B.8		不锈钢	
盐酸硝酸正磷酸水溶液	F.4		铝及铝合金	

^a 根据 GB/T 26955, A 为宏观检验; I 为微观检验。



GB/T 26956-2011

版权专有 侵权必究

*

书号:155066·1-43879

定价: 27.00 元