

ISO
国际标准化组织

ISO/TR 16060: 2003

金属材料焊缝破坏性试验 ——
宏观和微观检验用腐蚀剂

Destructive test on welds in metallic materials ——

Etchants for macroscopic and microscopic examination

(翻译稿)

国际标准化组织 发布

国际标准化组织标准

金属材料焊缝破坏性试验 —— 宏观和微观检验用腐蚀剂

翻译单位：哈尔滨焊接研究所

翻 译：成炳皇

校 对：朴东光

编 辑：朴东光

2006 年 8 月

金属材料焊缝破坏性试验—宏观和微观检验用腐蚀剂

1 范围

本技术报告规定了依据 ISO 17639, 对下列材料类组进行焊缝宏观和微观检验用腐蚀剂的列表说明:

- 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。

2 规范性引用文件

下列标准对于本部分的应用是不可缺少的。凡是注明日期的引用标准,仅引用版本使用。对于不注明日期的引用标准,其最新版本(包括所有修改)适用本部分。

ISO 17639 金属材料焊缝破坏性试验—焊缝宏观和微观检验

3 一般原则

在附录中不能确定试剂浓度和结晶水的详细情况,使用表 1。每种腐蚀剂的具体数值应由腐蚀剂供应商提供。

4 碳钢和低合金钢用的腐蚀剂

附录 A 给出了碳钢和低合金钢用的腐蚀剂。

5 不锈钢用的腐蚀剂

附录 B 给出了不锈钢用的腐蚀剂。

6 镍及镍合金用的腐蚀剂

附录 C 给出了镍及镍合金用的腐蚀剂。

7 钛及钛合金用的腐蚀剂

附录 D 给出了钛及钛合金。

8 铜及铜合金用的腐蚀剂

附录 E 给出了铜及铜合金用的腐蚀剂。

9 铝及铝合金用的腐蚀剂

附录 F 给出了铝及铝合金用的腐蚀剂。

10 说明

按照附录 A 至附录 F 表中腐蚀剂的名称或数量表 1 给出了其规格。

表 1 组元的规格

组元	规格			
	比重 g/cm ³	浓度 %	水合物	备注
HCl	1.18	35 至 38	—	
	1.16	31.5 至 33		
HF	1.13	40	—	
HNO ₃	1.42	69	—	
H ₂ SO ₄	1.84	98	—	
H ₂ O ₂	—	6% W/V ^a	—	通常体积数 20 (例如 20 体积是 O ₂)
H ₃ PO ₄	1.70	85	—	
CH ₃ COOH	1.05	99.1	—	冰状
HBF ₄	1.23	35	—	
C ₂ H ₂ O ₄	—	—	2	
FeCl ₃	—	—	6	
CuCl ₂	—	—	2	
MgCl ₂	—	—	6	
Fe(NO ₃) ₃	—	—	9	

a W/V 表示重量体积比。

附录 A
(资料性附录)
碳钢和低合金钢用的腐蚀剂

见表 A.1 至表 A.13。

表 A. 1—硝酸酒精腐蚀液

腐蚀剂类型: 宏观和微观腐蚀剂
体积组成和混合顺序:
99 ml至 95 ml工业含甲醇酒精 [*]
1 ml至 5 ml硝酸 (HNO ₃)
* 乙醇 (C ₂ H ₅ OH) 中加入甲醇 (CH ₃ OH) 也可以用甲醇或戊醇 [(CH ₃) ₂ CH(CH ₂)OH]
安全放置时间: 无限期
表面制备:
600#砂纸或更细 (宏观腐蚀≈5%硝酸)
3 μ m 金刚石粉或更细 (微观腐蚀≈2%硝酸)
腐蚀温度: 室温
腐蚀时间: 几秒—眼睛观察确定
附加预防措施/要求:
手工处置酸常用预防措施
说明: 在制备好的表面进行宏观腐蚀硝酸含量可大于 15%—显示铁素体晶界—区分铁素体与马氏体。 好的通用腐蚀剂。 对于镀锌钢最好使用戊醇。

表 A. 2—苦味酸酒精溶液 (4%)

腐蚀剂类型: 微观腐蚀剂
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+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
表面制备:
3 μ m 金刚石粉或更细
腐蚀温度: 室温
腐蚀时间: 几秒—眼睛观察确定
附加预防措施/要求:
手工处置酸常用预防措施
说明: 轻微腐蚀原奥氏体晶界—显示碳化物一对细珠光体、马氏体、回火马氏体和贝氏体组织分辨率高。

表 A. 3—苦味酸溶液

腐蚀剂类型: 微观腐蚀剂
体积组成和混合顺序:
1 L饱和含水苦味酸[C ₆ H ₂ OH(NO ₂) ₃] 10 ml湿润剂(12 烷基苯磺酸钠)(C ₁₈ H ₂₉ NaSO ₄)
安全放置时间: 无限期
表面制备:
3 μ m 金刚石粉或更细
腐蚀温度: 55°C ~ 60°C
腐蚀时间: 几秒—眼睛观察确定
附加预防措施/要求:
手工处置酸常用预防措施。
说明:
显示原晶界和偏析。

表 A. 4—苦味酒精溶液 (15%)

腐蚀剂类型: 微观腐蚀剂
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
表面制备:
2 μ m 金刚石粉或更细
腐蚀温度: 室温
腐蚀时间: 几秒至 1 分—眼睛观察确定
附加预防措施/要求:
手工处置酸常用预防措施。
说明:
通用组织显示剂 为饱和苦味酸溶液。

表 A. 5—盐酸苦味酸酒精溶液

腐蚀剂类型: 微观腐蚀剂
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
表面制备: 3 μ m 金刚石粉或更细
腐蚀温度: 室温
腐蚀时间: 10 s 至几分
附加预防措施/要求: 手工处置酸常用预防措施。
说明: 显示热影响区、焊缝和母材的显微组织特点。 对非常细的组织特别有效。 对于铁素体晶界的效果不如硝酸酒精腐蚀液。

表A. 6—过二硫酸铵溶液

腐蚀剂类型: 微观腐蚀剂
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: 无限期
表面制备: 6 μ m 金刚石粉或更细
腐蚀温度: 室温
腐蚀时间: 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

腐蚀剂类型: 微观腐蚀剂
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
表面制备:
3 μ m 金刚石粉或更细
腐蚀温度: 40°C ~ 50°C
腐蚀时间: 几秒至 1 分
附加预防措施/要求:
手工处置酸常用预防措施。 将HCl加入到C ₂ H ₅ OH中。
说明:
无

表 A. 8—120/10/30 腐蚀剂

腐蚀剂类型: 微观腐蚀剂
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 (III) (FeCl ₃) (60% W/V)
30 ml 盐酸 (HCl)
安全放置时间: 无限期
表面制备:
2 μ m 金刚石粉或更细
腐蚀温度: 室温
腐蚀时间: 浸入几秒—眼睛观察确定
附加预防措施/要求:
手工处置酸常用预防措施。
说明:
好的通用腐蚀剂。

表 A. 9—氯化铜溶液 1

腐蚀剂类型: 宏观腐蚀剂
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 (II) (CuCl ₂)
安全放置时间: 2 h
表面制备:
1000#砂纸或更细
腐蚀温度: 室温
腐蚀时间: 10 s ~ 20 s
附加预防措施/要求:
腐蚀后, 洗干净试样以除去沉积的铜。 手工处置酸常用预防措施。
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

腐蚀剂类型: 微观腐蚀剂
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 (II) (MgCl ₂)
1 g氯化铜 (II) (CuCl ₂)
安全放置时间: 2 h
表面制备:
3 μ m 金刚石粉或更细
腐蚀温度: 室温
腐蚀时间: 60 s
附加预防措施/要求:
应用最少量的热水溶解盐类, 然后用乙醇稀释。 腐蚀后轻微抛光 (1 μ m) 提供最佳的对比。
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—Adler (阿德勒) 腐蚀剂

腐蚀剂类型: 宏观腐蚀剂
体积组成和混合顺序:
25 ml水 (H ₂ O)
3 g四氯化铜铵 [(NH ₄) ₂ CuCl ₄ • 2H ₂ O]
120 ml乙醇 (C ₂ H ₅ OH) 或甲醇 (CH ₃ OH)
50 ml 盐酸 (HCl)
5 g氯化铁 (III) (FeCl ₃)
安全放置时间: 几个月
表面制备:
1000#砂纸或更细
腐蚀温度: 室温
腐蚀时间: 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 (a)。
把 FeCl ₃ 加到 HCl 中。
两者分别混合后把 (b) 加到 (a) 中。
说明:
无

表 A. 12—Heyn (海恩) 腐蚀剂

腐蚀剂类型: 宏观腐蚀剂
体积组成和混合顺序:
120 ml水 (H ₂ O)
10g四氯化铜铵 [(NH ₄) ₂ CuCl ₄ • 2H ₂ O]
安全放置时间: 几个月
表面制备:
240#砂纸或更细
腐蚀温度: 室温
腐蚀时间: 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

腐蚀剂类型: 宏观腐蚀剂
体积组成和混合顺序: 70 ml水 (H ₂ O) 30ml氯化铁 (III) (FeCl ₃) (60% W/V)
安全放置时间: 无限期
表面制备: 1000#砂纸或更细
腐蚀温度: 室温
腐蚀时间: 几秒
附加预防措施/要求: 手工处置酸常用预防措施。
说明: (1)擦干净表面; (2)用水洗干净; (3)重新擦干净表面; (4)腐蚀后, 用水洗干净, 再用乙醇洗干净, 然后干燥。

附录 B
(资料性附录)
不锈钢用的腐蚀剂

见表 B.1 至表 B.12。

表 B. 1—草酸溶液

腐蚀剂类型: 微观腐蚀剂
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
表面制备:
3 μ m 金刚石粉或更细
腐蚀温度: 室温
腐蚀时间: 几秒—眼睛观察确定
附加预防措施/要求:
手工处置酸常用预防措施。
说明:
电解电压 2V 至 4V。可以显示晶内腐蚀敏感性。
通用组织显示剂。
显示晶界碳化物。

表 B. 2—硫氰酸铵溶液

腐蚀剂类型: 微观腐蚀剂
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
表面制备:
3 μ m 金刚石粉或更细
腐蚀温度: 室温
腐蚀时间: 几秒—眼睛观察确定
附加预防措施/要求:
手工处置酸常用预防措施。
说明:
电解电压 1.5V 至 2.0V。
好的通用腐蚀剂。

表 B. 3—氯化铁盐酸溶液

腐蚀剂类型: 宏观腐蚀剂
体积组成和混合顺序:
480 ml水 (H ₂ O)
120 ml盐酸 (HCl)
30 g氯化铁 (III) (Fe Cl ₃)
安全放置时间: 无限期
表面制备:
600#砂纸或更细
腐蚀温度: 室温
腐蚀时间: 几秒至 1 分—眼睛观察确定
附加预防措施/要求:
手工处置酸常用预防措施。
说明:
对于奥氏体铬镍钢及其它不锈钢是好的通用宏观腐蚀剂。

表 B. 4—改进的 Murakami 腐蚀剂

腐蚀剂类型: 宏观腐蚀剂
体积组成和混合顺序:
600 ml水 (H ₂ O)
30 g[K ₃ Fe(CN) ₃]
30 g 氢氧化钾 (KOH)
安全放置时间: 新鲜溶液
表面制备:
1 μ m 金刚石粉或更细
腐蚀温度: 制备的新鲜溶液温度 (热)
腐蚀时间: 20 s ~ 40 s
附加预防措施/要求:
手工处置酸常用预防措施。
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—氯化铜溶液 2

腐蚀剂类型: 微观腐蚀剂
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 (II) (CuCl ₂)
安全放置时间: 2 h
表面制备:
1 μm 金刚石粉或更细
腐蚀温度: 室温
腐蚀时间: 10 s 至几分
附加预防措施/要求:
腐蚀后, 应洗干净试样以除去沉积的铜。 手工处置酸常用预防措施。
说明:
特别用于铁素体和马氏体不锈钢, 代替电解腐蚀。 对于奥氏体晶界效果较差, 可以用较长的侵蚀时间腐蚀出来。 对碳化物无效。

表 B. 6—铬酸溶液

腐蚀剂类型: 微观腐蚀剂
体积组成和混合顺序:
100 ml水 (H ₂ O)
10 g氧化铬 (IV) (CrO ₃)
安全放置时间: 几天
表面制备:
1 μm 金刚石粉或更细
腐蚀温度: 室温
腐蚀时间: 10 s ~ 1 min
附加预防措施/要求:
腐蚀后, 洗干净试样以除去沉积的铜。 手工处置酸常用预防措施。
说明:
奥氏体晶界。区分 σ 相和碳化物。 通常腐蚀采用电解腐蚀 (3 V)。分析碳化物时电解腐蚀分两步进行: 首先采用 1 V, 然后采用 3 V。

表 B. 7—盐酸酒精溶液

腐蚀剂类型: 微观腐蚀剂
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
表面制备:
3 μ m 金刚石粉或更细
腐蚀温度: 40°C ~ 50°C
腐蚀时间: 几秒到 1 分
附加预防措施/要求:
把HCl倒入C ₂ H ₅ OH中。 手工处置酸常用预防措施。
说明:
无

表 B. 8—盐酸硝酸溶液

腐蚀剂类型: 微观腐蚀剂
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
表面制备:
3 μ m 金刚石粉或更细
腐蚀温度: 室温
腐蚀时间: 几秒到几分
附加预防措施/要求:
把HCl和HNO ₃ 倒入H ₂ O中。 手工处置酸常用预防措施。
说明:
无

表 B. 9—Adler (阿德勒) 腐蚀剂

腐蚀剂类型: 宏观腐蚀剂
体积组成和混合顺序:
25 ml水 (H ₂ O)
3 g四氯化铜铵[(NH ₄) ₂ CuCl ₄ · 2H ₂ O]
50 ml 盐酸 (HCl)
15 g氯化铁 (III) (FeCl ₃)
安全放置时间: 几个月
表面制备:
320#砂纸或更细
腐蚀温度: 室温
腐蚀时间: 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(a)。 把FeCl ₃ 倒入HCl中(b)。 两者分别混合后把(b)加到中(a)。
说明:
无

表 B. 10—硝酸氢氟酸溶液 1

腐蚀剂类型: 微观腐蚀剂
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
表面制备:
2 μ m 金刚石粉或更细
腐蚀温度: 室温
腐蚀时间: 几秒到几分
附加预防措施/要求:
警告: 当处理HF时保护好裸露的眼睛和手。一旦身体接触, 立即把皮肤清洗干净并去医院。 使用塑料容器。 手工处置酸常用预防措施。
说明:
通用组织显示剂。

表 B. 11—硝酸氢氟酸水溶液 2

腐蚀剂类型: 微观腐蚀剂
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: 使用后不能存放
表面制备:
2 μ m 金刚石粉或更细
腐蚀温度: 室温
腐蚀时间: 浸入 1 min ~ 15 min
附加预防措施/要求:
警告: 当处理 HF 时保护好裸露的眼睛和手。一旦身体接触, 立即把皮肤清洗干净并去医院。 使用塑料容器。 手工处置酸常用预防措施。
说明:
通用组织显示剂。

表 B. 12—硝酸溶液

腐蚀剂类型: 微观腐蚀剂
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
表面制备:
2 μ m 金刚石粉或更细
腐蚀温度: 室温
腐蚀时间: 几秒
附加预防措施/要求:
手工处置酸常用预防措施。
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)
镍及镍合金用的腐蚀剂

见表 C.1 至表 C.4。

表 C. 1—含过氧化氢盐酸酒精溶液

腐蚀剂类型: 微观腐蚀剂
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) (20 容量)
安全放置时间: 使用后不能存放
表面制备:
2 μm 金刚石粉或更细
腐蚀温度: 室温
腐蚀时间: 几秒—眼睛观察确定
附加预防措施/要求:
要使用前倒入 H_2O_2 。 手工处置酸常用预防措施。
说明:
好的通用腐蚀剂。

表 C. 2—硫氰酸铵溶液

腐蚀剂类型: 微观腐蚀剂
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
表面制备:
3 μm 金刚石粉或更细
腐蚀温度: 室温
腐蚀时间: 几秒—眼睛观察确定
附加预防措施/要求:
手工处置酸常用预防措施。
说明:
电解电压 1.5V 至 2.0V。 好的通用腐蚀剂。

表 C. 3—硝酸醋酸溶液

腐蚀剂类型: 微观腐蚀剂
体积组成和混合顺序:
30 ml 水丙酮 [(CH ₃) ₂ CO]
30 ml 硝酸 (HNO ₃)
30 ml 醋酸 (CH ₃ COO H)
安全放置时间: 使用后不能存放
表面制备:
3 μ m 金刚石粉或更细
腐蚀温度: 室温
腐蚀时间: 几秒—眼睛观察确定
附加预防措施/要求:
保持冷的状态。 释放出一氧化二氮。 手工处置酸常用预防措施。
说好的通用腐蚀剂。

表 C. 4—Adler (阿德勒) 腐蚀剂

腐蚀剂类型: 宏观腐蚀剂
体积组成和混合顺序:
25 ml 水 (H ₂ O)
3 g 四氯化铜铵 [(NH ₄) ₂ CuCl ₄ • 2H ₂ O]
50 ml 盐酸 (HCl)
15 g 氯化铁 (III) (FeCl ₃)
安全放置时间: 几个月
表面制备:
320#砂纸或更细
腐蚀温度: 室温
腐蚀时间: 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 (a)。 把 FeCl ₃ 倒入 HCl 中 (b)。 两者分别混合后把 (b) 加到 (a) 中。
说明:
无

附录 D
(资料性附录)
钛及钛合金用的腐蚀剂

见表 D.1 和表 D.2。

表 D. 1—Keller (凯勒) 腐蚀剂

腐蚀剂类型: 微观腐蚀剂
体积组成和混合顺序:
950 ml 水 (H_2O)
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
表面制备:
3 μm 金刚石粉或更细
腐蚀温度: 室温
腐蚀时间: 几秒—眼睛观察确定
附加预防措施/要求:
警告: 当处理 HF 时保护好裸露的眼睛和手。一旦身体接触, 立即把皮肤清洗干净并去医院。 使用塑料容器。 手工处置酸常用预防措施。
说明: 好的通用腐蚀剂。

表 D. 2—硝酸氢氟酸溶液 3

腐蚀剂类型: 微观腐蚀剂
体积组成和混合顺序:
880 ml 水 (H_2O)
100 ml 硝酸 (HNO_3)
20 ml 氢氟酸 (HF)
安全放置时间: 无限期
表面制备:
3 μm 金刚石粉或更细
腐蚀温度: 室温
腐蚀时间: 几秒—眼睛观察确定
附加预防措施/要求:
警告: 当处理 HF 时保护好裸露的眼睛和手。一旦身体接触, 立即把皮肤清洗干净并去医院。 使用塑料容器。 手工处置酸常用预防措施。
说明: 好的通用腐蚀剂。

附录 E
(资料性附录)
铜及铜合金用的腐蚀剂

见表 E.1 至表 E.3。

表 E. 1—氯化铁盐酸酒精溶液

腐蚀剂类型: 微观腐蚀剂
体积组成和混合顺序:
960 ml 工业含甲醇酒精*
20 ml 盐酸 (HCl)
50 g 氯化铁 (III) (FeCl ₃)
* 乙醇 (C ₂ H ₅ OH) 中加入甲醇 (CH ₃ OH)
安全放置时间: 无限期
表面制备:
3 μ m 金刚石粉或更细
腐蚀温度: 室温
腐蚀时间: 几秒—眼睛观察确定
附加预防措施/要求:
手工处置酸常用预防措施。
说明:
好的通用腐蚀剂, 特别适用于含铜量高的铜合金。

表 E. 2—过二硫酸铵溶液

腐蚀剂类型: 微观腐蚀剂
体积组成和混合顺序:
90 ml 水 (H ₂ O)
10 mg 过二硫酸铵 [(NH ₄) ₂ S ₂ O ₈]
10 ml 氢氧化铵 (氨溶液) (NH ₃ 溶于H ₂ O) 比重 0.880 g/cm ³
安全放置时间: 无限期
表面制备:
3 μ m 金刚石粉或更细
腐蚀温度: 室温
腐蚀时间: 几秒—眼睛观察确定
附加预防措施/要求:
手工处置酸常用预防措施。
说明:
好的通用腐蚀剂。

表 E. 3—含有硝酸铵和硝酸铁的硝酸溶液

腐蚀剂类型: 微观腐蚀剂
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氯化铁 (III) [Fe(NO ₃) ₃]
安全放置时间: 无限期
表面制备:
3 μ m金刚石或更细
腐蚀温度: 室温
腐蚀时间: 几秒—眼睛观察确定
附加预防措施/要求:
手工处置酸常用预防措施。
说明:
好的通用腐蚀剂。

附录 F

(资料性附录)

铝及铝合金用的腐蚀剂

见表 F.1 至表 F.7。

表 F. 1—氢氧化钠溶液

腐蚀剂类型: 宏观腐蚀剂
体积组成和混合顺序:
100 ml水 (H ₂ O)
10 g 氢氧化钠 (NaOH)
安全放置时间: 使用后不能存放
表面制备:
600#砂纸或更细
腐蚀温度: 室温
腐蚀时间: 几秒—眼睛观察确定
附加预防措施/要求:
手工处置酸常用预防措施。在排烟柜中操作。
说明:
好的通用腐蚀剂。
可以在不同的稀释度下使用。

表 F. 2—Keller (凯勒) 腐蚀剂

腐蚀剂类型: 微观腐蚀剂
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
表面制备:
3 μ m 金刚石粉或更细
腐蚀温度: 室温
腐蚀时间: 几秒—眼睛观察确定
附加预防措施/要求:
警告: 当处理 HF 时保护好裸露的眼睛和手。一旦身体接触, 立即把皮肤清洗干净并去医院。 使用塑料容器。
手工处置酸常用预防措施。
说明:
好的通用腐蚀剂。
注意: 腐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

腐蚀剂类型: 微观腐蚀剂
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: 放置到颜色变为褐绿色同时反应不激烈时为止
表面制备:
3 μ m 金刚石粉或更细
腐蚀温度: 室温
腐蚀时间: 开始反应后 30 s ~ 60 s
附加预防措施/要求:
警告: 当处理 HF 时保护好裸露的眼睛和手。一旦身体接触, 立即把皮肤清洗干净并去医院。使用塑料容器。
手工处置酸常用预防措施。
说明:
注意: 腐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

腐蚀剂类型: 微观腐蚀剂
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)
安全时间: 放置到颜色变为褐绿色同时反应不激烈时为止
表面制备:
3 μ m 金刚石粉或更细
腐蚀温度: 30 °C ~ 40 °C
腐蚀时间: 开始反应后 60 s ~ 120 s
附加预防措施/要求:
手工处置酸常用预防措施。
说明:
注意: 腐蚀的晶界可能看起来像裂纹。

表 F. 5—Barker 腐蚀剂

腐蚀剂类型: 微观腐蚀剂
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: 通常在无限定期间是稳定的
表面制备:
3 μ m 金刚石粉或更细
腐蚀温度: 室温
腐蚀时间: 40 s ~ 60 s
附加预防措施/要求:
见 F. 1 条中 “Barker” 的说明。
说明:
注意: 腐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, “Barker” 用偏振光检验阳极化的试样证明是成功的并且得出希望的结果。

表 F. 6—Poulton 腐蚀剂

腐蚀剂类型: 宏观腐蚀剂
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
表面制备:
1000#砂纸或更细
腐蚀温度: 室温
腐蚀时间: 几秒—眼睛观察确定
附加预防措施/要求:
警告: 当处理 HF 时保护好裸露的眼睛和手。一旦身体接触, 立即把皮肤清洗干净并去医院。 使用塑料容器。 手工处置酸常用预防措施。
说明:
通常显示宏观组织。

表 F. 7—Kroll 腐蚀剂

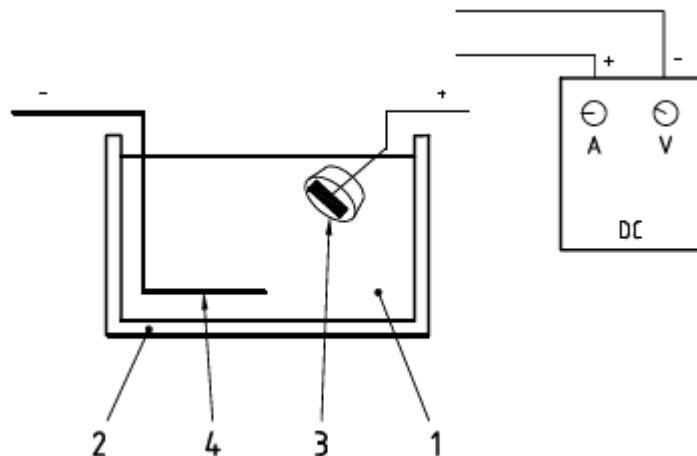
腐蚀剂类型: 微观腐蚀剂
体积组成和混合顺序:
960 ml水 (H_2O)
30 ml硝酸 (HNO_3)
10 ml 氢氟酸 (HF)
安全放置时间: 无限期
表面制备:
3 μm 金刚石粉或更细
腐蚀温度: 室温
腐蚀时间: < 5 s
附加预防措施/要求:
警告: 当处理 HF 时保护好裸露的眼睛和手。一旦身体接触, 立即把皮肤清洗干净并去医院。 使用塑料容器。 手工处置酸常用预防措施。
说明:
注意: 腐蚀的晶界可能看起来像裂纹。

F. 1 “Barker” 工艺说明

F. 1. 1 一般原则

使用 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 “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)
腐蚀剂列表

见表 G.1 至表 G.2。

表 G. 1 按材料分组腐蚀剂分类列表

名称	表序号	检验类型	材料
Adler' s etchant <u>Adler</u> 腐蚀剂	A.11		碳钢和低合金钢
Alcoholic hydrochloric solution 盐酸酒精溶液	A.7		
Ammonium peroxodisulfate solution 过二硫酸铵溶液	A.6	微观检验	
Cuprochloroc solution 1 氯化铜溶液 1	A.9		
Ferric chloride solution 氯化铁腐蚀剂	A.13	宏观检验	
Heyn' s etchant <u>Heyn</u> 腐蚀剂	A.12		
Hydrochloric picric solution 盐酸苦味酸溶液	A.5	微观检验	
Magneso cuprochloroc solution 氯化镁和氯化铜的盐酸溶液	A.10		
Nital 硝酸酒精腐蚀液	A.1	宏观检验和 微观检验	
Picral (4%) 苦味酸酒精溶液 (4%)	A.2		
Picral (15%) 苦味酒精溶液 (15%)	A.4	微观检验	
Picric acid solution 苦味酸溶液	A.3		
120/10/30 etchant 120/10/30 腐蚀剂	A.8		
Acidified ferric chloric solution 氯化铁盐酸溶液	B.3	宏观检验	不锈钢
Adler' s etchant <u>Adler</u> 腐蚀剂	B.9		
Alcoholic hydrochloric solution 盐酸酒精溶液	B.7		
Chromic acid solution 铬酸溶液	B.6	微观检验	
Cuprochloroc solution 2 氯化铜溶液 2	B.5		

表 G. 1 (续)

名称	表序号	检验类型	材料	
Fluonitric acid solution 1 硝酸氢氟酸溶液 1	B.10	微观检验	不锈钢	
Fluonitric acid solution 2 硝酸氢氟酸溶液 2	B.11			
Hydrochloric nitric acid solution 盐酸硝酸溶液	B.8			
Modified Murakami' s etchant 改进的 Murakami 腐蚀剂	B.4			
Nitric acid solution 硝酸溶液	B.12	微观检验	镍及镍合金	
Oxalic acid solution 草酸溶液	B.1			
Thiocyanate solution 硫氰酸铵溶液	B.2			
Adler' s etchant Adler 腐蚀剂	C.4	宏观检验	钛及钛合金	
Alcoholic hydrochloric acid solution with hydrogen peroxide 含过氧化氢盐酸酒精溶液	C.1	微观检验		
Nitric acetic acid solution 硝酸醋酸溶液	C.3			
Thiocyanate solution 硫氰酸铵溶液	C.2			
Keller' s etchant Keller 腐蚀剂	D.1	微观检验	铜及铜合金	
Fluonitric acid solution 3 硝酸氢氟酸水溶液 3	D.2			
Alcoholic acidified ferric chloride solution 盐酸氯化铁酒精溶液表	E.1			
Ammonium peroxodisulfate solution 过二硫酸铵溶液	E.2			
Nitric acid with ammonium and ferric nitrate solution 含硝酸铵和硝酸铁硝酸溶液	E.3	微观检验	铝及铝合金	
Barkert' s etchant Barkert 腐蚀剂	F.5			
Hydrochloric nitric hydrofluoric acid solution 盐酸硝酸氢氟酸水溶液	F.3			
Hydrochloric nitric orthophosphoric acid solution 盐酸硝酸正磷酸水溶液	F.4			

表 G. 1 (续)

名称	表序号	检验类型	材料
Keller' s etchant Keller 腐蚀剂	F.2	微观检验	铝及铝合金
Kroll' s etchant Keller 腐蚀剂	F.7		
Poulton' s etchant Poulton 腐蚀剂	F.6		
Sodium hydroxide solution 氢氧化钠水溶液	F.1	宏观检验	

表 G. 2 按英文字母顺序腐蚀剂列表

名称	表序号	检验类型 ^a	材料
Acidified ferric chloric solution	B.3	A	不锈钢
Adler' s etchant	A.11		碳钢和低合金钢
	B.9		不锈钢
	C.4		镍及镍合金
Alcoholic acidified ferric chloride solution	E.1	I	铜及铜合金
Alcoholic hydrochloric acid solution with hydrogen peroxide	C.1		镍及镍合金
Alcoholic hydrochloric solution	A.7		碳钢和低合金钢
Alcoholic hydrochloric solution	B.7		不锈钢
Ammonium peroxodisulfate solution	E.2		铜及铜合金
	A.6		碳钢和低合金钢
Barkert' s etchant	F.5		铝及铝合金
Chromic acid solution	B.6	A	不锈钢
Cuprochloroc solution 1	A.9		碳钢和低合金钢
Cuprochloroc solution 2	B.5		不锈钢
Ferric chloride solution	A.13		碳钢和低合金钢
Fluonitric acid solution 1	B.10	I	不锈钢
Fluonitric acid solution 2	B.11		钛及钛合金
Fluonitric acid solution 3	D.2		钛及钛合金
Heyn' s etchant	A.12	A	碳钢和低合金钢
Hydrochloric nitric acid solution	B.8	I	不锈钢
Hydrochloric nitric hydrofluoric acid solution	F.3		铝及铝合金
Hydrochloric nitric orthophosphoric acid solution	F.4		碳钢和低合金钢
Hydrochloric picric solution	A.5		钛及钛合金
Keller' s etchant	D.1		铝及铝合金
	F.2		
Kroll' s etchant	F.7		

^a 根据 ISO 17639 国际标准 A = 宏观检验; I = 微观检验。

表 G. 2 (续)

名称	表序号	检验类型 ^a	材料
Magneso cuprochloroc solution	A.10	I	碳钢和低合金钢
Modified Murakami' s etchant	B.4	A	不锈钢
Nital	A.1	A 和 I	碳钢和低合金钢
Nitric acetic acid solution	C.3	I	镍及镍合金
Nitric acid with ammonium and ferric nitrate solution	E.3		铜及铜合金
Nitric acid solution	B.12		不锈钢
Oxalic acid solution	B.1		碳钢和低合金钢
Picral (4%)	A.2	A	铝及铝合金
Picral (15%)	A.4		不锈钢
Picric acid solution	A.3		镍及镍合金
Poulton' s etchant	F.6		碳钢和低合金钢
Sodium hydroxide solution	F.1		
Thiocyanate solution	B.2	I	不锈钢
	C.2		镍及镍合金
120/10/30 etchant	A.8		

a 根据 ISO 17639 国际标准 A = 宏观检验; I = 微观检验。