

前 言

为满足热浸镀铝产品的进出口贸易和对外经济技术交流，特制定此项热浸镀铝国家标准。

本标准的附录 A，附录 B 和附录 C 都是标准的附录；

本标准的附录 D 是提示的附录。

本标准由中国机械工业联合会提出。

本标准由全国金属与非金属覆盖层标准化技术委员会归口。

本标准负责起草单位：武汉材料保护研究所、湖北云梦化工机械厂。

本标准参加起草单位：中国科学院力学研究所。

本标准主要起草人：赵晓勇、吴勇、夏原。

中华人民共和国国家标准

金属覆盖层 钢铁制品热浸镀铝 技术条件

GB/T 18592—2001

Metallic coating—Hot dipped aluminum coatings
on ferrous articles—Specification

1 范围

本标准规定了钢铁热浸镀铝工艺要求和热浸镀铝层质量检验方法。本标准适用于耐热耐腐蚀要求的钢铁结构制品。不适用于连续式生产的热浸镀铝薄板、带材和线材制品。

2 引用标准

下列标准所包含的条文，通过在本标准中引用而构成本标准的条文。本标准出版时，所示版本均为有效。所有标准都会被修订，使用本标准的各方应探讨使用下列标准最新版本的可能性。

GB/T 228—1987 金属拉伸试验法

GB/T 1196—1993 重熔用铝锭

GB/T 4956—1985 磁性金属基体上非磁性覆盖层厚度测量 磁性方法 (eqv ISO 2178:1982)

GB/T 6462—1986 金属与氧化物覆盖层 横断面厚度显微镜测量方法 (eqv ISO 1463:1982)

GB/T 9790—1988 金属覆盖层及其他有关覆盖层 维氏和努氏显微硬度试验
(neq ISO 4516: 1980)

3 定义

本标准采用下列定义。

3.1 热浸镀铝 (热浸铝, 热镀铝, 液体渗铝) hot dipped aluminum

将钢铁工件浸入熔融铝液中并保温一定时间, 使铝 (及其他附加元素) 覆盖并渗入钢铁表面, 获得热浸镀铝层的工艺方法。

3.2 热浸镀铝层 hot dipped aluminum coating

采用热浸镀铝工艺方法在钢件表面形成的铝及铝铁合金层, 分为浸渍型热浸镀铝层和扩散型热浸镀铝层。

3.3 浸渍型热浸镀铝层 as-dipped aluminum coating

直接在铝液中热浸镀后得到的镀层。外层为铝敷盖层, 内层为铝铁合金层。

3.4 扩散型热浸镀铝层 diffused aluminum coating

在铝液中热浸镀后再经扩散处理得到的热浸镀铝层。该层全部由铝铁合金层构成。

3.5 铝覆盖层 aluminum overlay

浸渍型热浸镀铝层的外表层, 其成分基本上与铝液成分相同。

3.6 合金层 alloy layer

主要由铝、铁互扩散形成的铝铁合金构成。

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局 2001-12-17 批准

2002-06-01 实施

3.7 有效浸镀铝区 effective area of hot dipped aluminum

在铝液中，铝液成分和加热温度都能满足热浸镀铝工艺要求的装料区域。

3.8 漏镀 uncoating

浸渍型热浸镀铝制品外观检查存在的局部未浸镀上铝的现象。

3.9 漏渗 undiffusing

扩散型热浸镀铝制品外观检查存在的局部没有形成铝铁合金层的现象。

3.10 热浸镀铝层涂敷量 weight of coating

热浸镀铝后涂敷至工件表面的铝（及其他附加元素）的质量，以单位面积内增加的质量 g/m^2 表示。

4 热浸镀铝层的分类**4.1 按处理方式分类**

- a) 浸渍型热浸镀铝层。
- b) 扩散型热浸镀铝层。

4.2 按覆层材料类别分类

- a) 铝层。
- b) 铝-硅合金层。

5 材料的质量要求**5.1 钢和铁**

热浸镀铝制品基体材料（钢和铁）的质量要求应符合相应的国家标准或行业标准的规定。

5.2 铝锭

热浸镀铝用铝锭含铝量不小于 99.5%，GB/T 1196 中的特一级、特二级或一级铝锭均适用。

6 热浸镀铝工艺流程**6.1 浸渍型热浸镀铝工艺流程**

除油→除锈→助镀→热浸镀铝→校正→清理→检验

6.2 扩散型热浸镀铝工艺流程

除油→除锈→助镀→热浸镀铝→校正→清理→检验→扩散处理→校正→清理→检验

7 热浸镀铝工艺方法**7.1 除油**

必须除尽工件表面油污，可采取低温加热除油或碱液清洗除油或有机溶剂清洗除油等。

7.2 除锈

必须除尽工件表面锈蚀产物。可采取机械除锈或化学除锈方法。

7.3 助镀

经除油除锈并清洗干净的工件在进入铝液之前必须助镀，助镀方法可采取水溶液法，熔盐法或气体法等。

7.4 热浸镀铝**7.4.1 热浸镀铝液**

在有效热浸镀铝区的铝液化学成分原则上应符合表 1 规定。热浸镀铝液一般每使用 8h 后应取样分析并调整。铝液表面浮渣应及时去除，液底熔渣也应定期去除。

表1 热浸镀铝液化学成分

%

覆层材料类别	硅	锌	铁	其他杂质总量	铝
铝	≤2.0	≤0.05	≤2.5	≤0.30	余量
铝-硅	4.0~10.0	≤0.05	≤4.5	≤0.30	余量

7.4.2 热浸镀铝温度

热浸镀铝温度原则上应符合表2规定。碳素钢件一般取下限；合金钢、铸铁件一般取上限。热浸镀铝液的有效镀铝区温度偏差±10℃。

表2 热浸镀铝液温度

℃

覆层材料类别	保温温度
铝	700~780
铝-硅	670~740

7.4.3 热浸镀铝时间

推荐碳素钢、低合金钢件的热浸镀铝时间见表3，相同壁厚的中、高合金钢，铸铁件的热浸镀铝时间应增加20%~30%。

表3 碳素钢热浸镀铝时间

工件壁厚 mm	热浸镀铝时间 min	
	浸渍型热浸镀铝层	扩散型热浸镀铝层
1.0~1.5	0.5~1	2~4
1.5~2.5	1~2	4~6
2.5~4.0	2~3	6~8
4.0~6.0	3~4	8~10
>6.0	4~5	10~12

7.4.4 出炉冷却

工件出铝液后，及时采取振动或气吹等方法去除表面多余铝液，空冷至室温，并注意避免高温时急冷。

7.5 校正

热浸镀铝件变形超差时，应进行校正处理。

7.6 表面清理

采用机械方法或化学方法去除热浸镀铝件表面残留熔渣或其他污物。化学方法清理后应清洗干净并干燥。

7.7 扩散处理

7.7.1 一般扩散保温温度850~930℃；保温时间3~5h。若以层厚要求为主，可取扩散保温温度与时间的上限；若以基体金属强度要求为主，可取扩散保温温度与时间的下限。

7.7.2 扩散处理后的冷却方式，应根据所要求的基体金属的机械性能选定炉冷或空冷。

8 热浸镀铝层的宏观检查

8.1 目视检查

8.1.1 基体金属表面形成的热浸镀铝层应连续、完整。

8.1.2 浸渍型热浸镀铝制品表面不允许存在明显影响外观质量的熔渣，色泽暗淡以及漏镀等缺陷。

8.1.3 扩散型热浸镀铝制品表面不允许存在漏渗、裂纹及剥落等缺陷。

8.2 附着力试验

8.2.1 浸渍型热浸镀铝层

使用坚硬的刀尖并施加适当的压力。在平面部位刻划至穿透表面铝覆盖层。在刻划线两侧 2.0mm 以外的铝覆盖层不应起皮或脱落。

8.2.2 扩散型热浸镀铝层

使用坚硬的刀尖并施加适当的压力，在平面部位刻划（或手工锯割）至穿透化合物层，在刻划线（或锯割线）两侧 2.0mm 以外的化合物层不应起皮或脱落。

8.3 变形检验

用直尺、游标卡尺、千分尺等测量热浸镀铝制品的挠曲、伸长、增厚等变形量。

9 热浸镀铝层的涂敷量测定（称重法）

9.1 热浸镀铝层的涂敷量应符合表 4 规定。

表 4 热浸镀铝层的涂敷量 g/m^2

类 型	覆层材料	涂敷量
浸渍型	铝	≥ 160
	铝-硅	≥ 80
扩散型	铝	≥ 240

9.2 涂敷量测量方法

9.2.1 随炉附带试样法

以机械方法从工件上切取试样或选取与工件同一批料的平行试样。试样经除油、去锈后称得热浸镀铝前质量 (W_1 , g, 精度为 0.01g)。试样随工件一起热浸镀铝，再称得热浸镀铝后质量 (W_2 , g, 精度为 0.01g)。用游标卡尺测量（精度为 0.1mm）出试样的热浸镀铝面积 (S , mm^2)。可计算出该批工件热浸镀铝的单位面积涂敷量 (C , g/m^2):

$$C = K \frac{W_2 - W_1}{S} (g/m^2) \quad K = 1 \times 10^6$$

9.2.2 溶解称重法

溶解称重法按本标准附录 A（标准的附录）进行。

10 热浸镀铝层的厚度测量

10.1 热浸镀铝层的厚度应符合表 5 规定。

表 5 热浸镀铝层的厚度 mm

类 型	覆层材料	厚 度
浸渍型	铝	≥ 0.080
	铝-硅	≥ 0.040
扩散型	铝	≥ 0.100

10.2 显微镜测量法

10.2.1 试样制备

测厚试样的制备按照 GB/T 6462 进行。推荐显示热浸镀铝层厚度的浸蚀剂见表 6。

表 6 显示热浸镀铝层厚度的浸蚀剂

编号	浸蚀剂	适用范围
1	硝酸溶液 ($d=1.42$) 4mL 95%乙醇溶液 96mL	各类钢铁的浸渍型热浸镀铝层界面线及组织显示
2	硝酸溶液 ($d=1.42$) 5mL 95%乙醇溶液 85mL 氢氟酸溶液 ($d=1.14$) 10mL	各类钢铁的扩散型热浸镀铝层界面线及组织显示

10.2.2 测量视场的确定

按试样横断面长度分成 6 等分, 并以中间的 5 个等分点作为测量视场 (见图 1)。

10.2.3 厚度值的测量

在每个测量视场测出热浸镀铝层最大厚度值与最小厚度值 (见图 2 和图 3)。

10.2.4 结果计算

取 5 个测量视场测得的 10 个测量值 (5 个最大值 δ_{\max} 和 5 个最小值 δ_{\min}) 的算术平均值为热浸镀铝层厚度。

10.3 测厚仪检验法

10.3.1 采用磁性测厚仪按 GB/T 4956 规定测量热浸镀铝层厚度。

10.3.2 测厚时, 在每个检测位置取 5 点读数的平均值作为一次测量值。每个测量件的三次测量值都符合表 5 规定为合格。

10.4 仲裁

对测厚仪检测法测量结果有争议时, 应以显微镜测量法 (GB/T 6462) 测定结果为准。

11 扩散型热浸镀铝层的孔隙级别评定

11.1 扩散型热浸镀铝层的孔隙级别评定方法见附录 B (标准的附录)。

11.2 孔隙合格级别根据产品使用条件确定。一般规定孔隙 1~3 级合格, 4~6 级不合格。

11.3 有孔隙层厚度不得大于热浸镀铝层厚度的四分之三。

12 扩散型热浸镀铝层的裂纹级别评定

12.1 扩散型热浸镀铝层的裂纹级别评定方法见附录 C (标准的附录)。

12.2 碳素钢及低合金钢扩散型热浸镀铝层裂纹级别 (甲系列) 见附录 C, 按表 C1 和图 C1 进行评定; 中、高合金钢扩散型热浸镀铝层裂纹级别 (乙系列) 见附录 C, 按表 C2 和图 C2 进行评定。裂纹合格级别根据产品使用条件确定。一般规定甲系列裂纹 0~3 级合格, 4~6 级不合格; 乙系列裂纹 1~4 级合格, 5~7 级不合格。

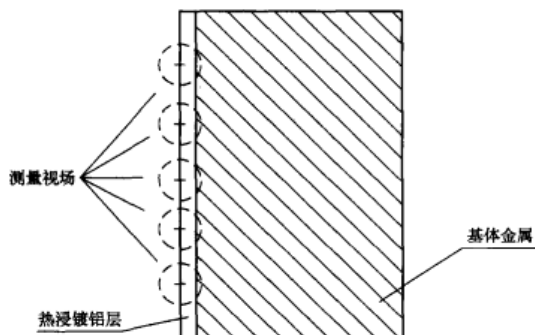


图 1 热浸镀铝试样测量视场确定法

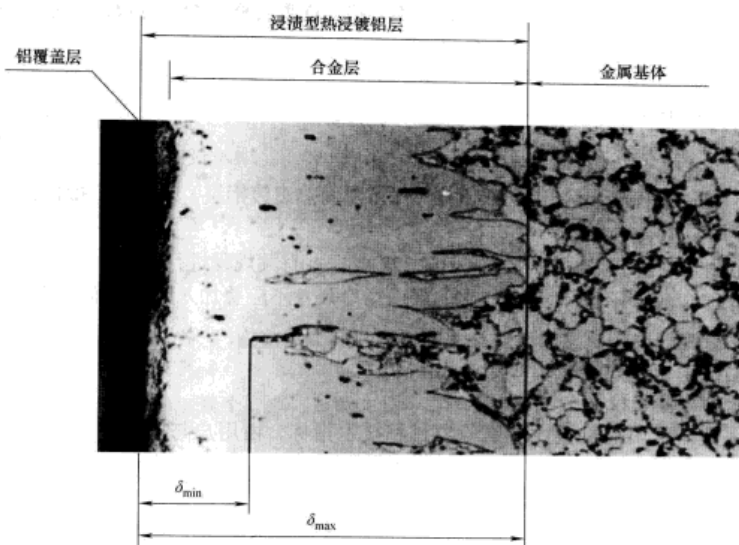


图2 浸渍型热浸镀铝层厚度测量法

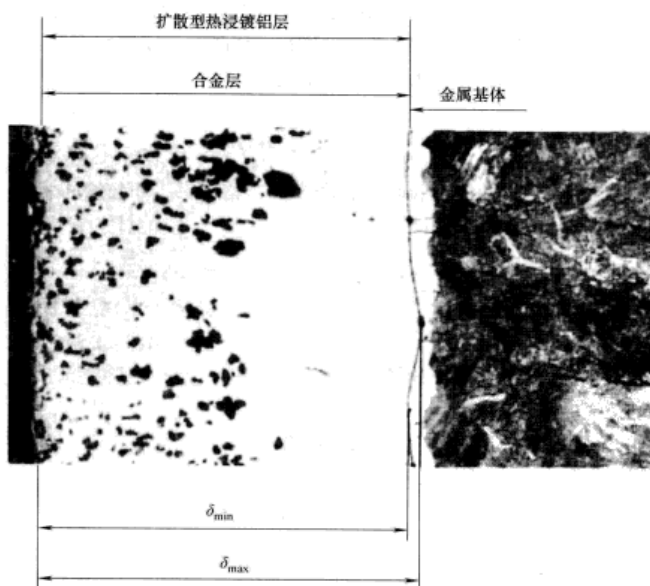


图3 扩散型热浸镀铝层厚度测量法

12.3 裂纹深度不得大于热浸镀铝层厚度的四分之三。

13 扩散型热浸镀铝层与基体金属界面类型评定

13.1 扩散型热浸镀铝层与基体金属界面类型根据热浸镀铝层界面形状分为五种类型，评定方法见附录D（提示的附录）。

13.2 原则上规定 A 型、B 型、C 型合格, E 型不合格, D 型合格与否, 可根据产品使用条件由用户与生产厂商定。

14 热浸镀铝件的力学性能

14.1 拉力试验

14.1.1 以机械方法从热浸镀铝件上切取试样(保留表面热浸镀铝层)或取同一批材料中的试样随同工件按同一热浸镀铝操作条件处理。

14.1.2 试样的制作及拉力试验方法按照 GB/T 228 或根据有关规程进行。

14.1.3 计算强度时, 因热浸镀铝工艺产生的表面增厚尺寸不应叠加入试件截面尺寸。

14.2 显微硬度试验

热浸镀铝层的显微硬度试验按照 GB/T 9790 进行。

14.3 基体性能试验

热浸镀铝件基体金属的机械性能试验项目和技术指标, 由用户与生产厂在产品订货技术条件中商定。

15 抽样与检验项目的确定

15.1 按订货合同一次交货的, 规格尺寸相同的经目视检验合格的一批热浸镀铝件中至少随机抽取三件。

15.2 每件试样都作热浸镀铝层厚度测量、孔隙级别评定、裂纹级别评定和力学性能试验; 也可以根据具体情况与用户协商确定抽样件数、抽取部位与检验项目。允许以热浸镀铝层的涂敷量代替热浸镀铝层厚度的测量; 允许以热浸镀铝层与基体金属界面类型评定代替刻划试验。

16 产品验收

交货时, 应按本标准进行验收并提供验收报告和产品合格证书, 不符合本标准 8~12、14~15 章中任何一项技术要求时, 应视为验收不通过。

17 产品包装与标记

17.1 包装

热浸镀铝产品应妥善包装, 防止碰伤和锈蚀。

17.2 标记

符合本标准要求的热浸镀铝产品应注上 GB/T 18592 标记以及相应的覆层材料类型, 生产厂名称、生产批号、出厂日期。

附录 A

(标准的附录)

热浸镀铝层涂敷量试验方法 溶解称重法

本附录规定了溶解称重法测量热浸镀铝层涂敷量试验方法和涂敷量的计算方法。

A1 基本原理

采用化学方法将热浸镀铝层溶解,并称得热浸镀铝层溶解前后的质量,通过计算得出的溶解前后单位面积上的质量差即为热浸镀铝层的涂敷量。

A2 取样

A2.1 根据本标准第 15 章规定数量从当批工件中随机抽取试样。工件较大时,可在工件有代表性的部位截取一部分作为试样,具体的部位由供需双方协商。

A2.2 每个试样的热浸镀铝层表面积不得低于 2000mm^2 。

A2.3 用有机溶剂或其他合适的溶剂清洗试样表面,干燥后称得溶解前质量 (W_1 , g, 精度为 0.01g)。

A3 溶解方法

A3.1 溶解液及配制

A3.1.1 $\text{SbCl}_3\text{-HCl}$ 溶液

将 200g 三氯化锑 (SbCl_3) 溶于 1000mL 盐酸 (HCl, 比重 1.19) 中。

A3.1.2 $\text{SbCl}_2\text{-HCl}$ 溶液

将 100g 二氯化锑 ($\text{SbCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) 溶于 1000mL 盐酸(HCl, 比重 1.19)中。

A3.1.3 $\text{SbCl}_3\text{-SbCl}_2\text{-HCl}$ 溶液

将 A3.1.1 和 A3.1.2 中所配制溶液各取 100mL 混合后备用。若所测试的热浸镀铝层厚度很厚或所取试样镀层表面积超过 2000mm^2 , 则应增加溶解液的配制量,但是两种溶液的比例仍应保持 1:1 (体积比)。

A3.2 溶解方法

将试样完全浸入 $\text{SbCl}_3\text{-SbCl}_2\text{-HCl}$ 溶液中溶解去除热浸镀铝层,直到停止产生气泡为止。溶液温度不得超过 38°C 。将试样取出,在自来水中冲洗并用软织物擦拭去除试样表面的反应产物。热风干燥,冷却后称取镀层溶解后试样的质量 (W_2 , g, 精度为 0.01g)。

A4 测量试样热浸镀铝层表面积

用游标卡尺测量试样热浸镀铝层表面积 (S , mm^2)。

A5 热浸镀铝层涂敷量计算

根据以上测量结果,可计算出工件热浸镀铝层涂敷量 (C , g/m^2) 为:

$$C = K \frac{W_1 - W_2}{S} \quad K = 1 \times 10^6$$

附录 B

(标准的附录)

扩散型热浸镀铝层孔隙级别显微镜评定法

B1 仪器

各种类型的金相显微镜。

B2 试样制备

B2.1 以机械方法在冷态切取试样，其横断面应垂直于热浸镀铝层。

B2.2 试样应镶嵌或用夹具夹持，以防倒角。

B2.3 试样研磨后进行抛光。

B3 孔隙级别评定

B3.1 孔隙级别评定在试样抛光面进行。

B3.2 孔隙级别按表 B1 和评级图 B1 进行评定，共分为 6 级。

B3.3 评定结果以试样最大孔隙级别表示。

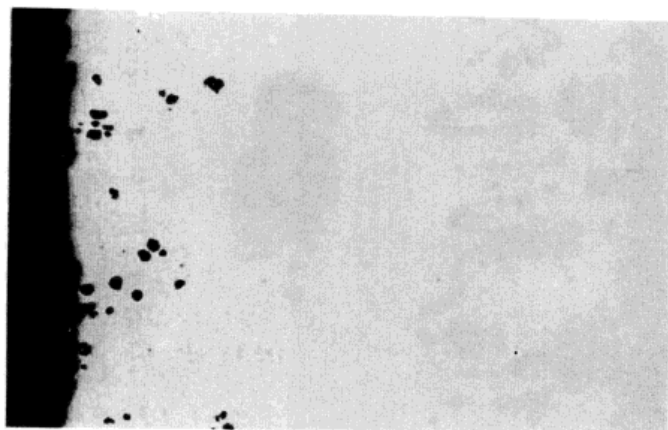
B3.4 放大倍率一般为 200 倍。

表 B1 孔隙级别与特征

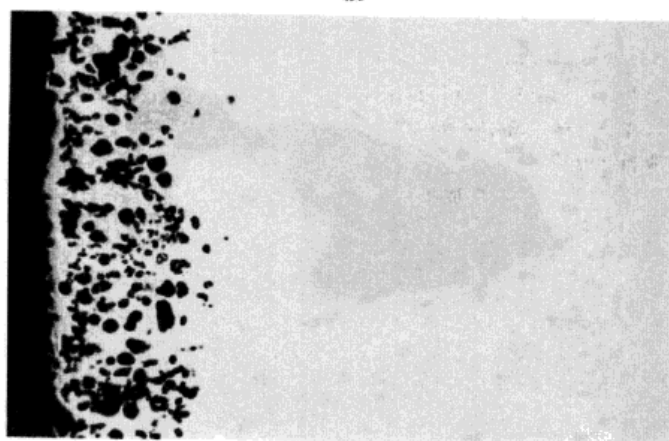
mm

级 别	最 大 孔 径	补 充 说 明
1	≤ 0.015	
2	$> 0.015 \sim 0.030$	
3	$> 0.030 \sim 0.060$	
4	$> 0.060 \sim 0.120$	
5	> 0.120	未构成网络
6	> 0.120	已构成网络

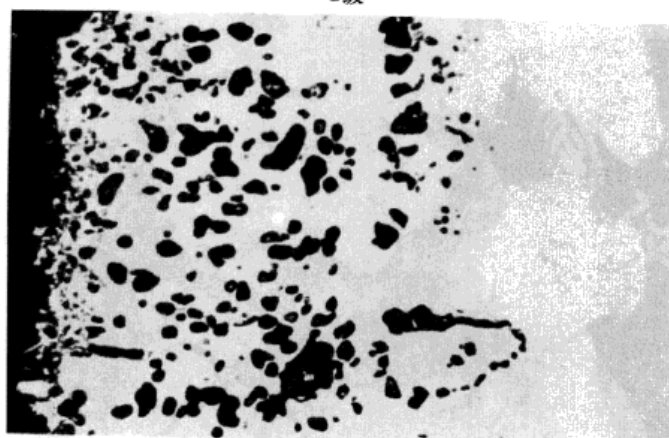
注：椭圆形孔径以其长短轴的算术平均值确定。



1级

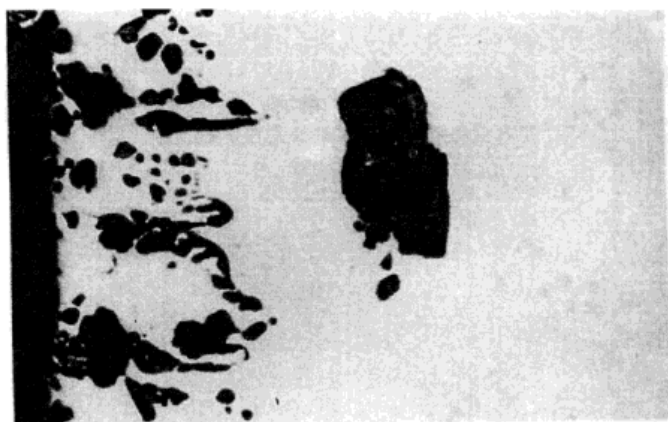


2级

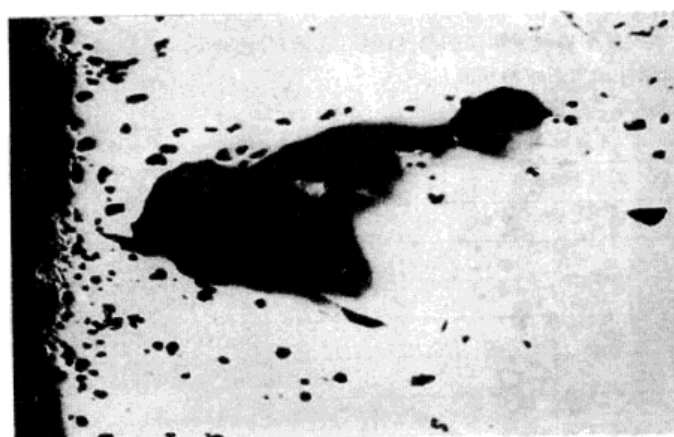


3级

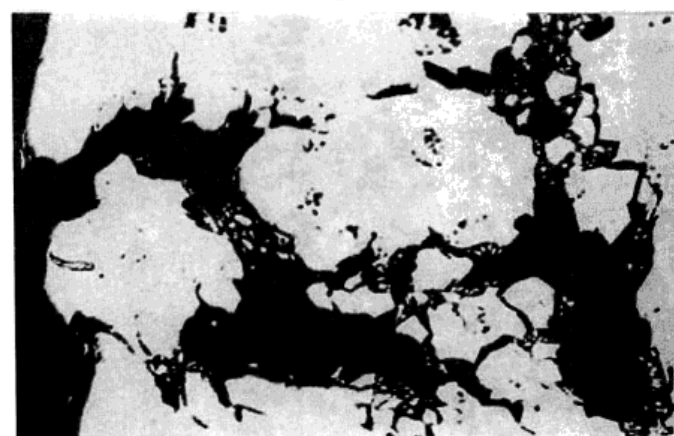
图 B1 孔隙评级图 (×200)



4级



5级



6级

图 B1 (完)

附录 C

(标准的附录)

扩散型热浸镀铝层裂纹级别显微镜评定法

C1 仪器

见附录 B 中的 B1。

C2 试样制备

见附录 B 中的 B2。

C3 裂纹级别评定

C3.1 裂纹级别评定在试样抛光面进行。

C3.2 碳素钢、低合金钢扩散型热浸镀铝层的裂纹级别(甲系列)按表 C1 和评级图 C1 分为 7 级。

C3.3 中、高合金钢扩散型热浸镀铝层的裂纹级别(乙系列)按表 C2 和评级图 C2 分为 7 级。

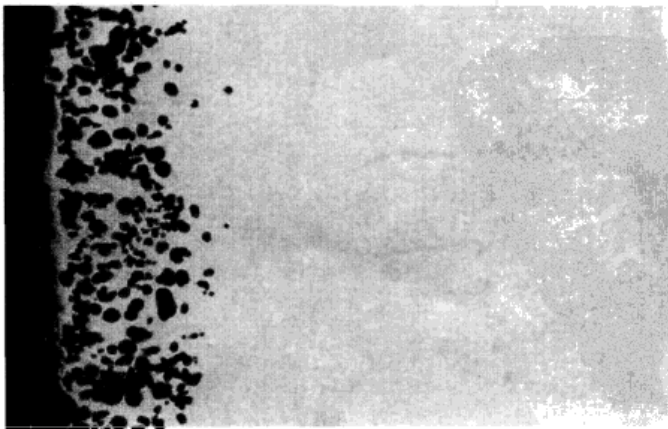
C3.4 评定结果以试样最大裂纹级别表示。

C3.5 放大倍率一般为 200 倍。

表 C1 裂纹级别与特征(甲系列)

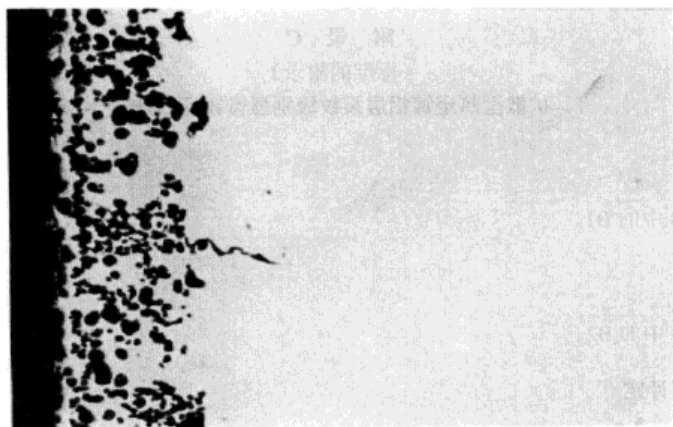
mm

级 别	0.35mm×0.50mm 面积内裂纹总长度
0	0
1	>0~0.10
2	>0.10~0.20
3	>0.20~0.40
4	>0.40 构成半网络
5	>0.40 构成网络
6	>0.40 构成多个网络

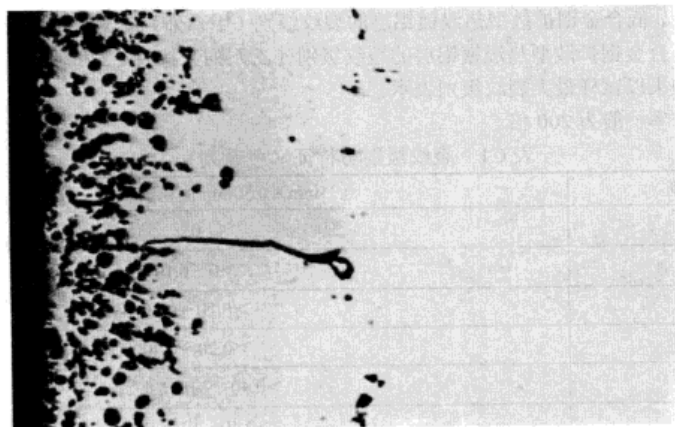


0级

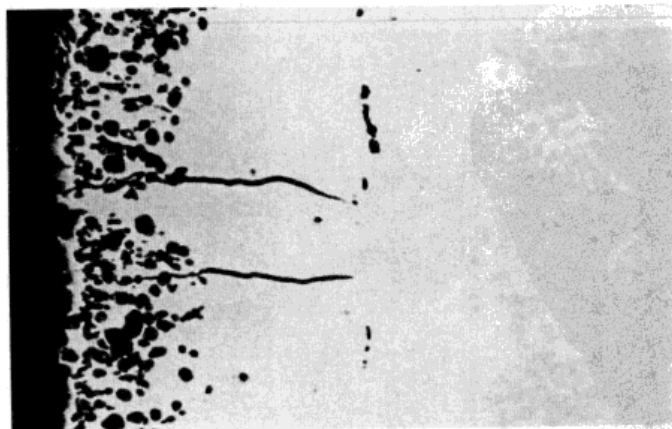
图 C1 甲系列裂纹评级图(×200)



1级

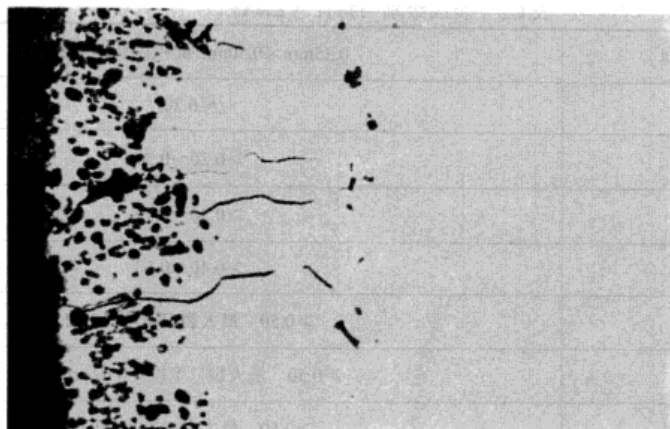


2级



3级

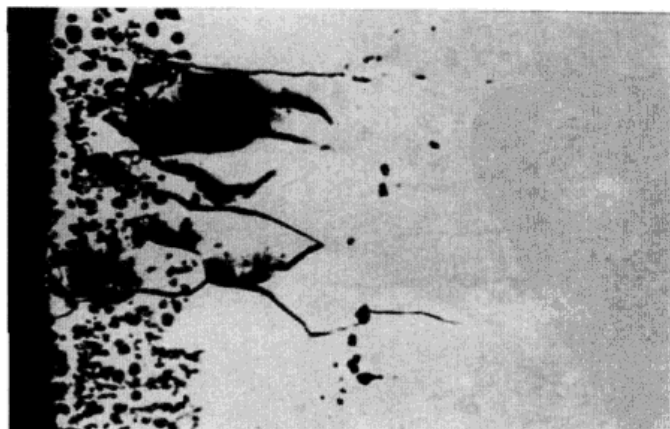
图 C1 (续)



4级



5级



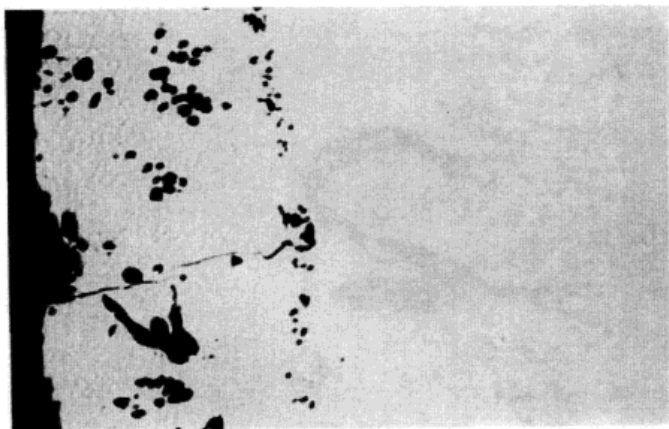
6级

图 C1 (完)

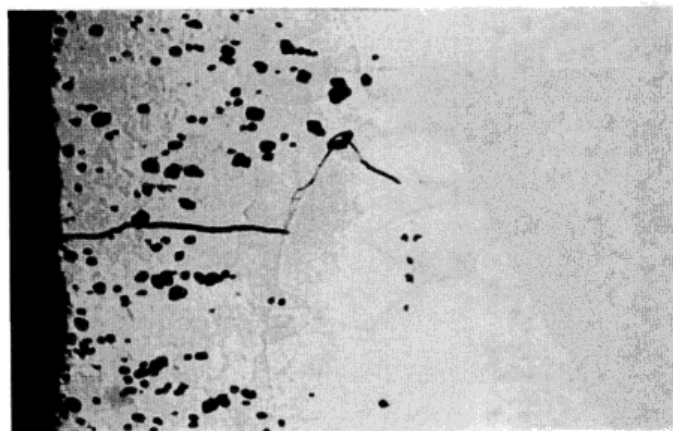
表 C2 裂纹级别与特征 (乙系列)

mm

级 别	0.35mm×0.50mm 面积内裂纹总长度
1	≤ 0.20
2	$> 0.20 \sim 0.30$
3	$> 0.30 \sim 0.40$
4	$> 0.40 \sim 0.50$
5	> 0.50 最大裂口宽度 ≤ 0.02
6	> 0.50 最大裂口宽度 $> 0.02 \sim 0.04$
7	> 0.50 最大裂口宽度 > 0.04

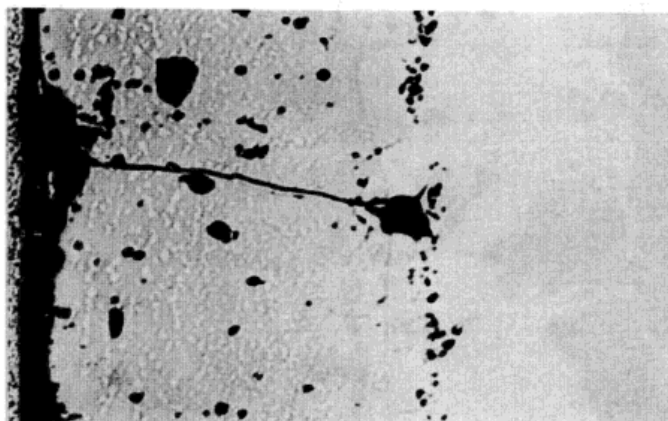


1级

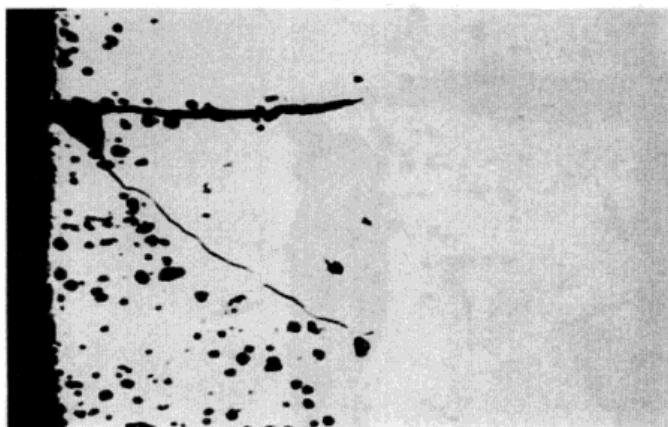


2级

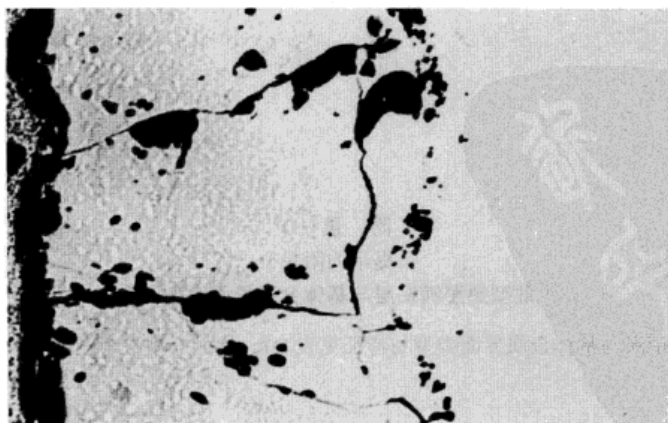
图 C2 乙系列裂纹评级图 (×200)



3级

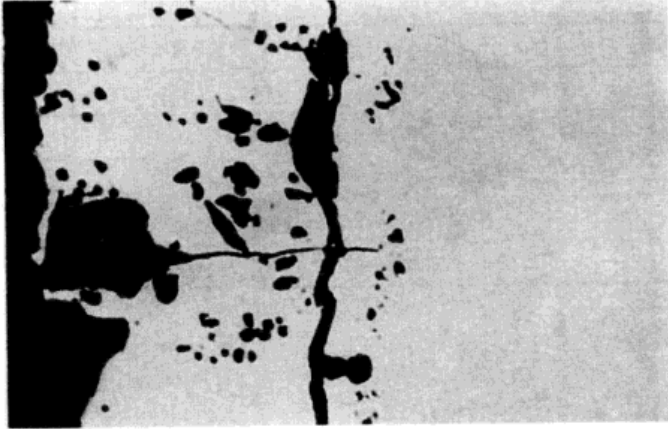


4级

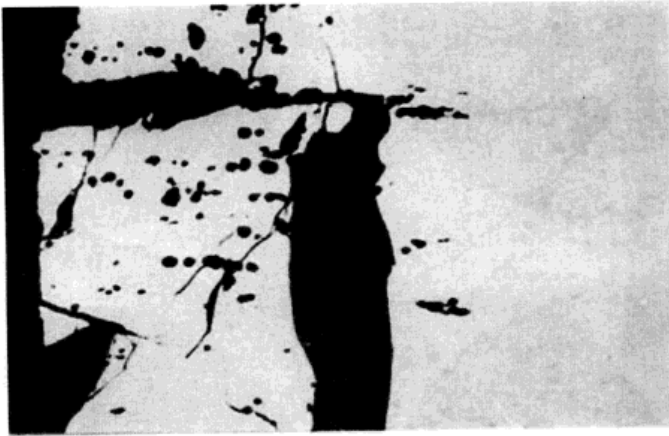


5级

图 C2 (续)



6级



7级

图 C2 (完)

附录 D

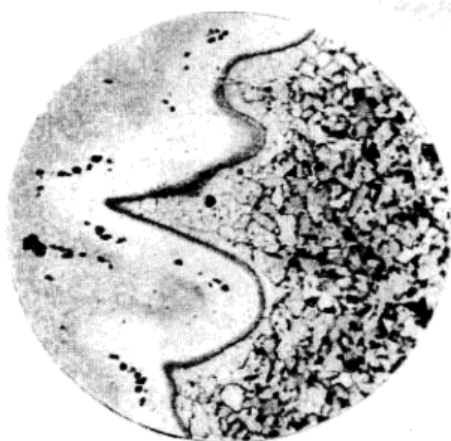
(提示的附录)

扩散型热浸镀铝层与基体金属界面类型评定

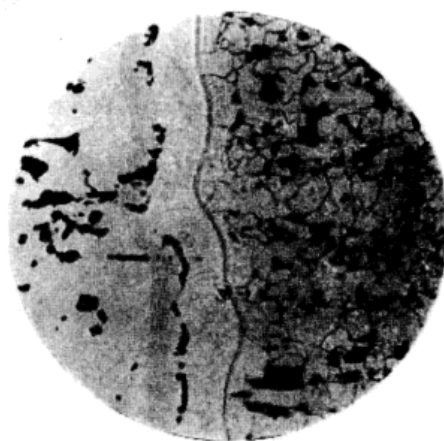
扩散型热浸镀铝层与基体金属界面类型与特征见表 D1。界面类型参考图见图 D1。

表 D1 界面类型与特征

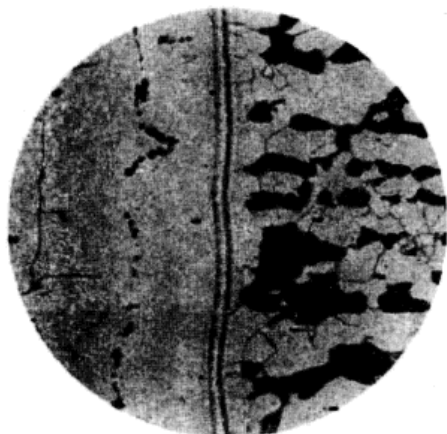
类 型	扩散层界面线特征
A	界面线为曲线，曲度较大
B	界面线为曲线，曲度较小
C	界面线为双线，曲度较小
D	界面线近于直线或近于直线并有柱状晶嵌入
E	界面线为直线



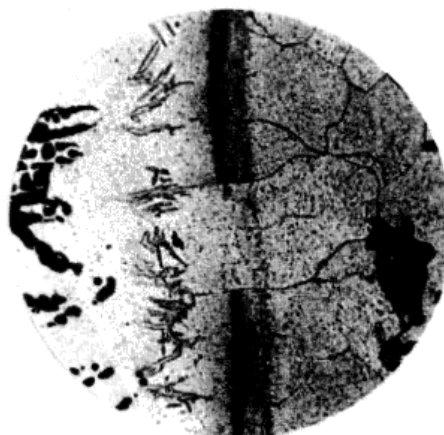
A型



B型

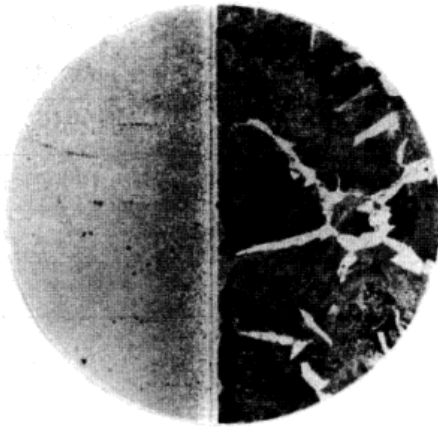


C型



D型

图 D1 界面类型参考图 (×200)



E型

图 D1 (完)
