

团 体 标 准

T/CFA 0106024—2021

铸造铝硅系合金平均晶粒度测定方法

Determination of the average grain size of cast aluminium silicon alloys

(公告稿)

2021 - 12 - 03 发布

2022 - 03 - 03 实施

中国铸造协会

发 布

目 次

前 言.....	II
1 范围.....	1
2 规范性引用文件.....	1
3 术语和定义.....	1
4 取样与试样制备.....	2
5 测定方法.....	3
6 晶粒度报告.....	4
7 精度与偏差.....	5
附 录 A （资料性） 铸造铝硅系合金晶粒度标准评级图	6
参考文献.....	9
图 A.1 铸造铝硅系合金晶粒度标准评级图.....	8
表 1 本文件采用的字母符号汇总表.....	2
表 2 铸造铝硅系合金晶粒度分级说明.....	4

前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国铸造协会标准工作委员会提出。

本文件由中国铸造协会归口。

本文件起草单位：山东吕美熔体技术有限公司、山东大学、山东迈奥晶新材料有限公司、深圳鑫申新材料科技有限公司、威海万丰镁业科技发展有限公司、广州致远新材料科技有限公司、中国重型汽车集团有限公司。

本文件主要起草人：刘相法、武玉英、韩梦霞、孙谦谦、刘桂亮、高通、贾玉波、朱训明、刘旦、张逸智、陈苏坚、杨磊。

本文件 2021 年 12 月 3 日为首次发布。

铸造铝硅系合金平均晶粒度测定方法

1 范围

本文件规定了用于铸造铝硅系合金平均晶粒度测定的取样与试样制备，测定方法，晶粒度报告，精度与偏差。

本文件适用于采用重力铸造、压铸、低压铸造、挤压铸造、半连续铸造等工艺生产的铝硅系合金铸件或铸锭（棒）的平均晶粒度测定，不适用于三维晶粒（即立体晶粒尺寸）的测定。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件。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。

GB/T 6394 金属平均晶粒度测定方法

GB/T 13298 金属显微组织检验方法

GB/T 24177 双重晶粒度表征与测定方法

GB/T 30067 金相学术语

YB/T 4290 金相检测面上最大晶粒尺寸级别（ALA晶粒度）测定方法

3 术语和定义

GB/T 30067、GB/T 6394 及 YB/T 4290 界定的以下术语和定义适用于本文件。

3.1

晶界 grain boundary
不同晶粒之间的界面。

[来源：GB/T 30067，2.2.148及GB/T 56394，3.1，有修改]

3.2

晶粒 grain
晶界所包围的整个区域。

[来源：GB/T 6394，3.2，有修改]

3.3

晶粒度 grain size
晶粒尺寸的度量。

[来源：GB/T 6394，3.3，有修改]

3.4

ALA晶粒 ALA(as large as) grain

在随机分散分布的孤立粗大晶粒中观测到的最大晶粒。这些粗晶晶粒所占面积分数不大于试样检测面面积的5%。试样检测面上这些粗大晶粒与基体晶粒的晶粒度等级差不小于3级。

[来源：YB/T 4290，3.1]

3.5

铸造铝硅系合金 cast aluminium silicon alloys

以硅为主要合金元素的铸造铝合金。

3.6

截线长度 (l) intercept length

测量线段通过晶粒时，与晶界相交的两个交点之间的距离。

[来源：GB/T 6394-2017，3.8]

3.7

字母符号

本文件采用的字母符号汇总见表1。

表 1 本文件采用的字母符号汇总表

符号	单位	名称及说明
G		晶粒度级别
A	mm^2	测量面积
M		放大倍数
N		放大 M 倍时，测量网格内的晶粒数
$N_{\text{内}}$		完全落在测量网格内的晶粒数
$N_{\text{外}}$		被测量网格所切割的晶粒数
N_A		实际检测面上（1 倍）的每平方毫米内晶粒数
L	mm	测量线段的长度
N_L		1 倍时，单位长度（ mm ）试验线穿过晶粒的截线数
P_L		1 倍时，单位长度（ mm ）试验线与晶界相交的截点数
N_i		放大 M 倍时，测量试验线上的截线数
P_i		放大 M 倍时，测量试验线与晶界相交的截点数
$\bar{l}$	mm	平均截线长度

注：来源：GB/T 6394-2017。

4 取样与试样制备

4.1 测定晶粒度用试样应在交货状态铸件或铸锭（棒）上切取，取样部位与数量按照产品标准或计数条件规定。如果产品标准或计数条件未规定，则应在铝硅合金铸件本体半径或边长 1/2 处截取。推荐微观试样的截面尺寸为：圆形 $\Phi 10 \text{ mm} \sim \Phi 12 \text{ mm}$ ；正方形 $10 \text{ mm} \times 10 \text{ mm}$ 。若采用比较法，试样的截面尺寸还可为：圆形 $\Phi 80 \text{ mm} \sim \Phi 600 \text{ mm}$ 。

4.2 试样的制备参照 GB/T 13298 规定进行，试样经金相砂纸粗磨、细磨后进行机械抛光，然后进行浸蚀使晶界显示出来，必要时可进行电解抛光。对于 $\Phi 80 \text{ mm} \sim \Phi 600 \text{ mm}$ 的圆形样品，推荐使用车床对检测表面进行机械加工，然后浸蚀使晶界显示出来。

4.3 为保证试样切取和制备过程中晶粒结构不发生改变，切取及制备试样时，不应使用改变晶粒结构的切取试样方法，且应避免因剪切或加热影响的区域。

5 测定方法

5.1 比较法

5.1.1 比较法是通过与标准系列评级图对比来评定晶粒度等级。当晶粒形貌与标准评级图的形貌类似时，评级误差最小。

注：比较法不能用于测量单个晶粒。

5.1.2 用数码显微镜评定铸造铝硅系合金的晶粒度。观测者应正确判断需要选择使用的放大倍数、合适的检验面的尺寸（晶粒数）、试样代表性截面的数量与位置和测定特征或平均晶粒度用的视场，不能凭视觉选择出似乎是平均晶粒度的区域评定。

5.1.3 用数码显微镜检验时，首先通观整个检测平面，晶粒度的评定应在试样截面上随机选取三个或三个以上具有代表性的视场测量平均晶粒度，然后按照大多数视场对应级别图进行评定。

5.1.4 若试样中发现晶粒不均匀现象，经全面观察后，如属偶然或个别现象，可不予计算。如属较为普遍现象，则应计算出不同级别晶粒在视场中各占面积百分比。若占优势晶粒所占的面积不少于视场面积的 90%，则只记录此种晶粒的级别数，否则，应用不同级别数来表示该试样的晶粒度，其中第一个级别数代表占优势的晶粒的级别。如出现双重晶粒度，按 GB/T 24177 评定，出现个别粗大晶粒可按照 YB/T 4290 评定。

5.1.5 使用比较法时，如需复验，可改变放大倍数。

5.1.6 铸造铝硅系合金晶粒度级别 G 分为七级，分级说明见表 2。标准评级图见附录 A。

5.2 面积法

5.2.1 面积法是通过计算给定面积网格内的晶粒数来测定晶粒度。

5.2.2 晶粒数 N 的计算是将面积为 A (mm^2) 的圆形测量网格置于晶粒图形上，选择一个至少能截获 50 个晶粒的放大倍数 M ，然后计算完全落在测量网格内的晶粒数 $N_{\text{内}}$ 和被圆圈所切割的晶粒数 $N_{\text{交}}$ 。则该面积范围内的晶粒数 N 为

$$N = N_{\text{内}} + 0.5 N_{\text{交}} - 1 \quad (1)$$

5.2.3 如果测量圆内的晶粒数 N 降至 50 以下，则使用面积法评估出的晶粒度会有偏差，分散性较大。应选择合适的放大倍数，且随机选择多个视场，使 N 大于或等于 50；同时 N 应小于 100，否则计数时间会变得冗长，增加计数误差。

5.2.4 通过测量网格内晶粒数 N 和观察放大倍数 M ，可按式(2)计算出实际检测面上（1 倍）的单位面积内晶粒数 N_A ， N_A 与晶粒度级别 G 的对应关系说明见表 2。

$$N_A = \frac{M^2 N}{A} \quad (2)$$

5.3 截点法

5.3.1 截点法是通过给定长度 L 的测量线段（mm）与晶粒边界相交截数来测定晶粒度。

5.3.2 对于非均匀等轴晶粒应使用截点法。对于非等轴晶粒，截点法既可用于分别测定三个相互垂直方向的晶粒度，也可用于计算总体平均晶粒度。

5.3.3 截点法分直线截点法和圆截点法，推荐使用圆截点法。

5.3.4 对于每个视场的计数，按式(3)或式(4)计算单位长度（mm）上的截线数 N_L 或截点数 P_L ：

$$N_L = \frac{M \cdot N_i}{L} \quad (3)$$

$$P_L = \frac{M \cdot P_i}{L} \quad (4)$$

5.3.5 对于每个视场，按照式(5)计算平均截线长度 $\bar{l}$ ， $\bar{l}$ 与晶粒度级别 G 的对应关系说明见表 2。

$$\bar{l} = \frac{l}{N_L} = \frac{l}{P_L} \quad (5)$$

5.4 铸造铝硅系合金晶粒度分级说明

铸造铝硅系合金晶粒度分级说明见表2。

表 2 铸造铝硅系合金晶粒度分级说明

晶粒度级别 (G)	单位面积晶粒数 个/mm ² (N_A)	单位面积晶粒数 个/cm ² (N_{AO})	平均截线长度 mm ($\bar{l}$)	对应的标准评级图号
1	0.1	10	2.81	图 A.1
2	0.3	30	1.62	图 A.1
3	1.5	≈150	0.72	图 A.1
4	6	≈600	0.36	图 A.1
5	20	≈2000	0.20	图 A.1
6	≈40	≈4000	0.14	图 A.1
7	≈80	≈8000	0.10	图 A.1

6 晶粒度报告

6.1 晶粒度的数值表示

6.1.1 通常以平均截距 $\bar{l}$ 及晶粒度级别数 G 等量来表示。

6.1.2 晶粒度的各种数值表示均由初测量值 N_A 和 P_L 通过对数或倒数关系而算出。如取样数量少，可取该组数值的中位数表示试样的晶粒度。如取样数量多，其测量值服从正态分布，可先求出 N_A 、 N_L 和 P_L 平均值后，再计算出相对误差和平均晶粒度级别。

6.1.3 对于比较法，只报出晶粒度级别数 G 。

6.1.4 对于截点法和面积法，列出被测量视场的数量、放大倍数及视场面积、计数晶粒的数目或计数截线及截点数目，报告出平均测量值、标准偏差、相对误差和晶粒度级别数。

6.1.5 对非等轴晶组织，列出评定方法、检验面、检测取向（如有测量）、每一个检测面或取向上估算的晶粒度、测量面总平均值，计算或者评估的晶粒度级别数。

6.1.6 对于双重晶粒度时，按 GB/T 24177 报告两类有代表性的晶粒度级别评定，对于 ALA 晶粒度，按 YB/T 4290 评定。

6.2 报告内容

铸造铝硅系合金的晶粒度检验报告应至少包括：

- (1) 执行标准号；
- (2) 铝硅合金铸件或铸锭（棒）的牌号和炉号；
- (3) 铸件或铸锭（棒）规格和尺寸；
- (4) 试样的热处理方法；
- (5) 晶粒度显示方法；
- (6) 晶粒度测定方法；
- (7) 晶粒度的数值（见 6.1.3~6.1.6 规定报告相关内容）；
- (8) 检验报告编号和日期；
- (9) 检验者姓名。

7 精度与偏差

7.1 晶粒度测量精度及偏差取决于试样的代表性及选择测量的抛光面。如果晶粒度在铸件或铸锭（棒）内有变化，试样及视场的选择应考虑到这种变化。

7.2 铸件或铸锭（棒）晶粒度测量的相对精度随着从铸件或铸锭（棒）中取样数量的增加而提高。每个试样晶粒度测量的相对精度随着抽取的视场数、晶粒数或截线及截点计数的增加而提高。

7.3 如果试样制备不适当，将会产生测量偏差。为了提高测量精度，应真实地显示出晶界。如果未清晰显示的晶界数量增多，会导致偏差增大，精度降低。

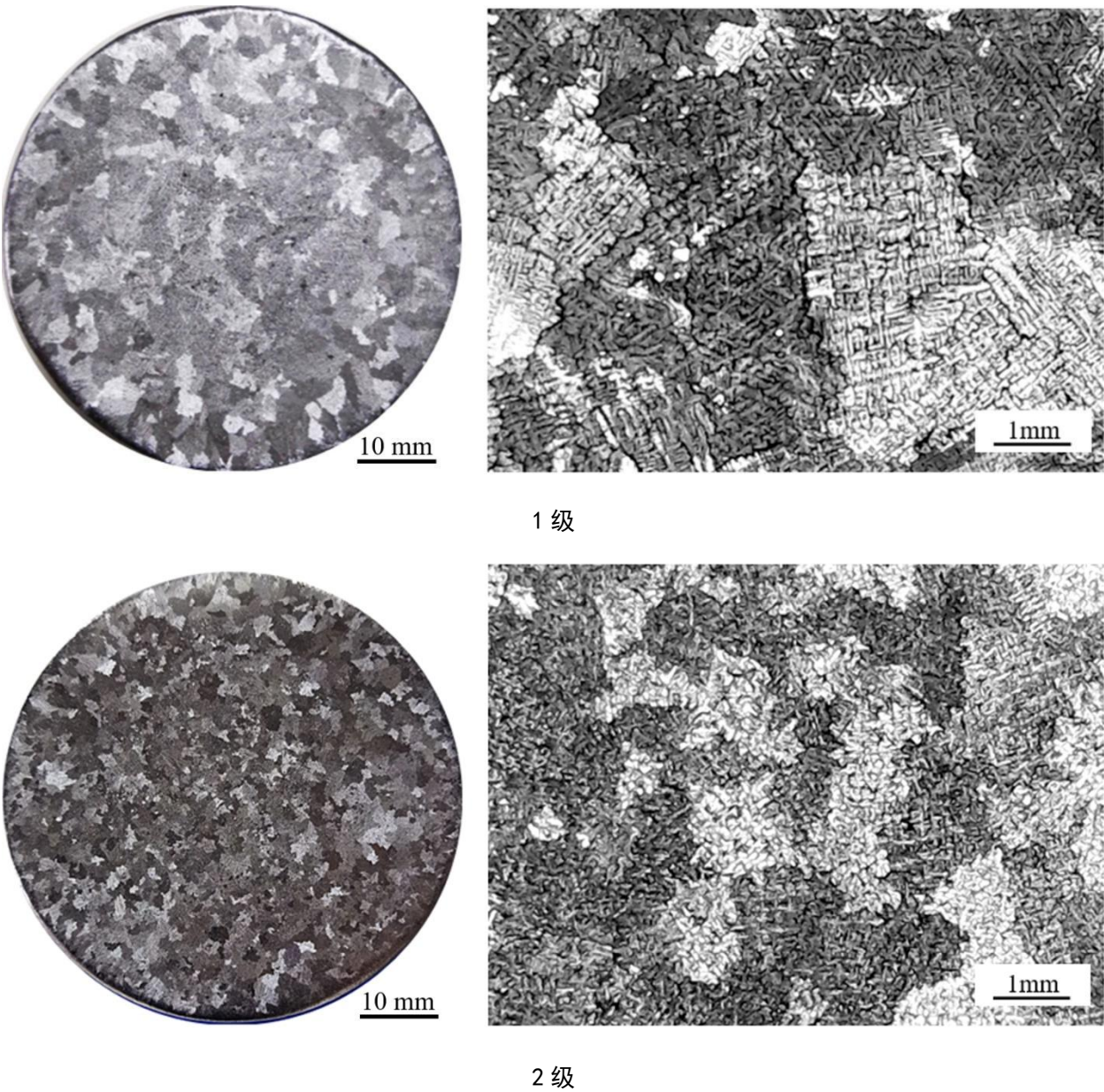
7.4 使用错误放大倍数来观测晶粒组织也会产生偏差。

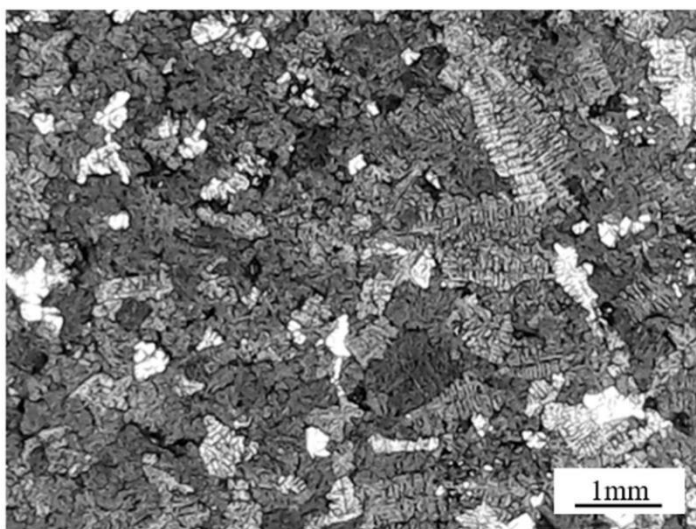
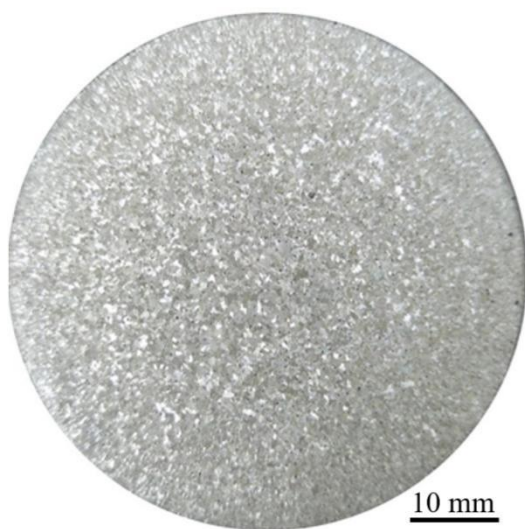
7.5 使用比较法时，为了获得最佳的精度，应选取与晶粒特征及腐蚀方法一致的评级系列图谱。

7.6 晶粒度测量的相对误差随晶粒或截线的计数增多而变小。在计数相同时，截点法测量晶粒度的相对精度比面积法高。

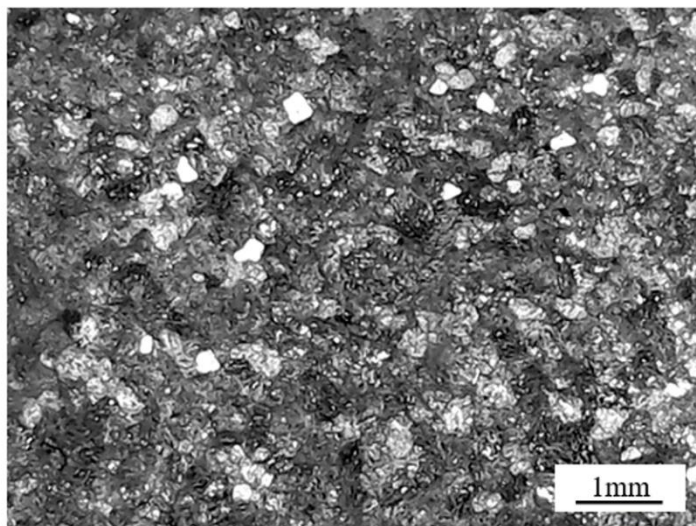
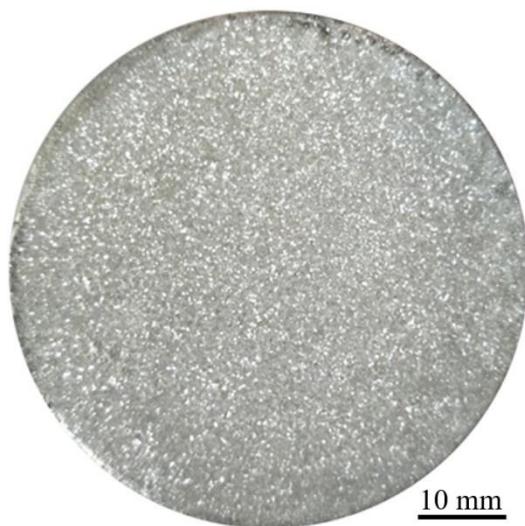
附 录 A
(资料性)
铸造铝硅系合金晶粒度标准评级图

铸造铝硅系合金晶粒度标准评级图见图A.1。

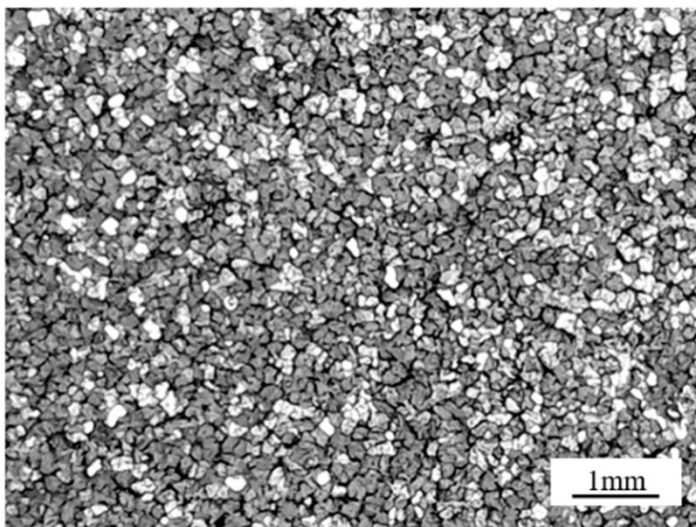
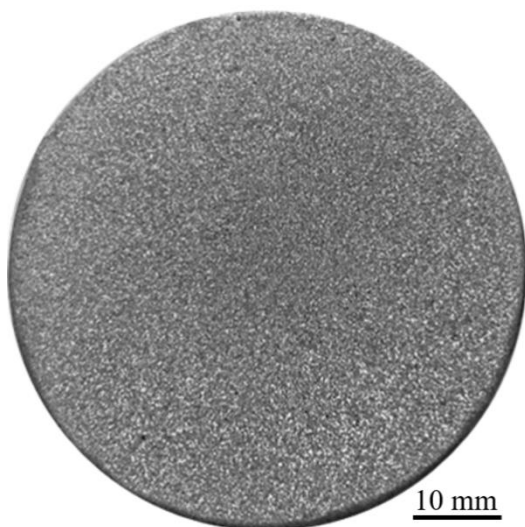




3 级



4 级



5 级

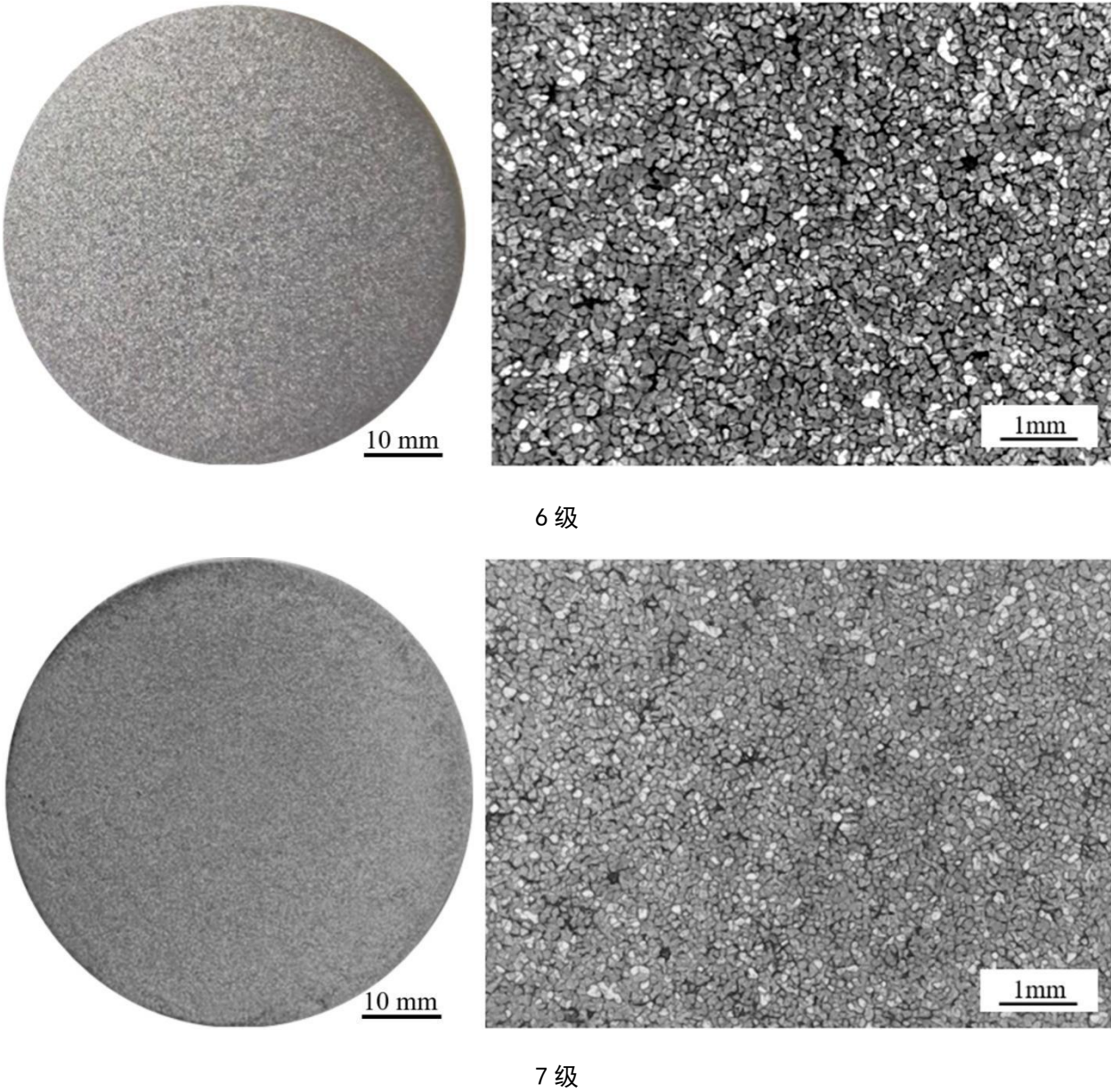


图 A.1 铸造铝硅系合金晶粒度标准评级图

参考文献

- [1] ASTM B85/B85m—2018, Standard Specification for Aluminum—Alloy Die Castings [S].
- [2] ASTM B108/B108m—2019, Standard Specification For Aluminum—Alloy Permanent Mold Castings [S].
- [3] EN 1706—2020, Aluminium and aluminium alloys—Castings—Chemical composition and mechanical properties [S].
- [4] JIS H 5302—2006, アルミニウム合金ダイカスト [S].

