

ICS 77.150.99
CCS H 66



中华人民共和国国家标准

GB/T 39859—2021

镓基液态金属

Gallium-based liquid metal

2021-03-09 发布

2021-10-01 实施

国家市场监督管理总局 发布
国家标准化管理委员会

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。

本文件由中国有色金属工业协会提出。

本文件由全国有色金属标准化技术委员会(SAC/TC 243)归口。

本文件起草单位：中国科学院理化技术研究所、云南科威液态金属谷研发有限公司、有色金属技术经济研究院有限责任公司、云南中宣液态金属科技有限公司、云南省科学技术院、清华大学、株洲科能新材料有限责任公司。

本文件主要起草人：邓中山、陈道通、蔡昌礼、白智辉、杨应宝、王应武、周颖、刘静、杨泽俊、徐文志、徐学启、赵科湘。

镓基液态金属

1 范围

本文件规定了镓基液态金属的技术要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输、贮存,以及随行文件与订货单内容。

本文件适用于散热流体工质、导电流体工质、热界面材料、电子浆料、磁流体材料等所使用的镓基液态金属。

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 8170 数值修约规则与极限数值的表示和判定
- GB/T 10247 粘度测量方法
- GB/T 22588 闪光法测量热扩散系数或导热系数
- SY/T 5370 表面及界面张力测定方法
- YS/T 1256 有色金属材料 比热容试验 差示扫描量热法
- YS/T 1257 有色金属材料 熔化和结晶热焓试验 差示扫描量热法
- YS/T 1258 有色金属材料 熔融和结晶温度试验 热分析方法

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

熔融温度 **melting temperature**

T_m

合金从固体状态向不同黏度的液体状态转变的最低温度。

注:单位为摄氏度(℃)。

3.2

镓基液态金属 **gallium-based liquid metal**

以镓为基体金属,熔融温度(T_m)小于 30 ℃的合金。

4 技术要求

4.1 分类

产品根据熔融温度分为 5 类,如表 1 所示。

表 1 产品分类

产品型号	熔融温度(T_m) ℃	典型工艺配比
LMG-1	<9	Ga-25In-13Sn-1Zn
LMG-2	$9\leq T_m <14$	Ga-22In-16Sn, Ga-29In-4Zn
LMG-3	$14\leq T_m <18$	Ga-24.5In
LMG-4	$18\leq T_m <24$	Ga-14Sn
LMG-5	$24\leq T_m <30$	Ga-4Zn

4.2 外观质量

产品为银白色的液体,或浅灰色的膏状固液混合体,或浅灰色的固体。产品表面应洁净有光泽,不应有明显色差,以及灰尘、油污等异物。

4.3 物理性能

4.3.1 产品的熔融温度应符合表 1 的规定,导热系数和电导率应符合表 2 的规定。

表 2 导热系数和电导率

产品型号	导热系数 $W/(m\cdot K)$	电导率 $10^6 S/m$
LMG-1	≥ 20	≥ 3.00
LMG-2	≥ 20	
LMG-3	≥ 25	
LMG-4	≥ 25	
LMG-5	≥ 25	

4.3.2 产品的下列物理性能参数,由供需双方协商确认后,在订货单中注明:

- a) 密度;
- b) 表面张力;
- c) 黏度;
- d) 比热容;
- e) 熔化焓。

5 试验方法

5.1 外观质量

外观质量采用目视检查。

5.2 物理性能

5.2.1 熔融温度的测定应遵守 YS/T 1258 的规定。

- 5.2.2 导热系数的测定应遵守 GB/T 22588 的规定。
- 5.2.3 电导率的测定应遵守附录 A 的规定。
- 5.2.4 密度的测定应遵守附录 B 的规定。
- 5.2.5 表面张力的测定应遵守 SY/T 5370 中悬滴法的规定。
- 5.2.6 黏度的测定应遵守 GB/T 10247 旋转法的规定。
- 5.2.7 比热容的测定应遵守 YS/T 1256 的规定。
- 5.2.8 熔化焓的测定应遵守 YS/T 1257 的规定。

6 检验规则

6.1 检验和验收

- 6.1.1 产品应由供方质量检验部门进行检验,保证产品符合本文件(或订货单)的规定,并填写随行文件。
- 6.1.2 需方可对收到的产品按本文件的规定进行检验,如检验结果与本文件的规定不符时,应单独封存,并在收到产品之日起 30 d 内或销售合同规定的时间内以书面形式向供方提出,由供需双方协商解决。如需仲裁,仲裁取样由供需双方在需方收到的产品中共同进行。

6.2 组批

产品应成批提交验收。每批应由同一炉次、同一型号的产品组成。每批总量应不超过 200 kg。

6.3 取样

随机抽取每批产品瓶数的 5%(不少于 5 瓶,批量少于 5 瓶时全数抽取),每瓶任取 5 g~25 g,混合均匀。

6.4 检验项目

每批产品均应按第 4 章的要求及第 5 章的试验方法进行外观质量和物理性能检验。

6.5 检验结果判定

- 6.5.1 外观质量检验不合格时,判该批产品不合格。
- 6.5.2 熔融温度、导热系数、电导率检验不合格时,应从该批产品另取双倍数量的试样进行重复试验。若重复试验结果中仍有试样检验不合格,则判该批产品不合格。
- 6.5.3 密度、表面张力、黏度、比热容、熔化焓的合格判定由供需双方协商,并在订货单中注明。

7 标志、包装、运输、贮存及随行文件

7.1 标志

7.1.1 内包装标志

应在检验合格的产品内包装上打印下列标记(或贴标签):

- a) 产品名称;
- b) 供方名称;
- c) 产品型号;
- d) 净重;

- e) 金属腐蚀物警示标签；
- f) 批号；
- g) 保质期；
- h) 生产日期；
- i) 本文件编号(GB/T 39859)。

7.1.2 外包装标志

应在检验合格的产品外包装上打印下列标记：

- a) 产品名称；
- b) 供方名称；
- c) 批号；
- d) 数量；
- e) 外箱尺寸；
- f) 生产日期；
- g) 防压、防倾倒标志。

7.2 包装

7.2.1 内包装

产品采用单件包装。产品熔化后装入聚丙烯等塑料瓶中，每瓶净重应不大于 1 kg，充惰性气体或抽真空密封。如需方有特殊要求，由供需双方协商确认后在订货单中注明。

7.2.2 外包装

产品外包装应牢固，并符合防压、防震和防潮要求。

7.3 运输

产品运输时，应避免挤压、倒置、日晒、雨淋和磕碰。

7.4 贮存

产品应贮存在通风良好、干燥、环境温度 0℃～40℃、相对湿度不大于 70% 的贮存室中。室内应无酸、碱等腐蚀性气体。包装箱应垫高，离地面至少 20 cm，距离墙壁、取暖设备或空调设备至少 50 cm。

7.5 随行文件

每批产品应附有随行文件，其中除应包括供方信息、产品信息、本文件编号(GB/T 39859)、出厂日期或包装日期外，还宜包括：

- a) 产品质量保证书：
 - 产品的主要性能及技术参数；
 - 产品特点(包括制造工艺及原材料的特点)；
 - 对产品质量所负的责任；
 - 产品获得的质量认证及带供方技术监督部门检印的各项分析检验结果。
- b) 产品合格证：
 - 检验项目及其结果或检验结论；
 - 批量或批号；

- 检验日期；
- 检验员签名或盖章。
- c) 产品质量控制过程中的检验报告及成品检验报告；
- d) 产品使用说明：正确搬运、使用、贮存方法等；
- e) 其他。

8 订货单内容

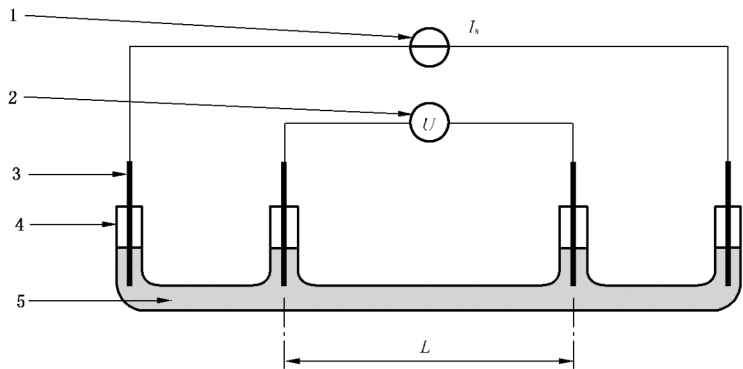
订购本文件所列产品的订货单应包含下列内容：

- a) 产品名称；
- b) 产品型号；
- c) 数量；
- d) 包装方式；
- e) 本文件中规定的应由供需双方协商的特殊要求；
- f) 本文件编号(GB/T 39859)。

附录 A
(规范性)
电导率的测定

A.1 方法原理

如图 A.1 所示,直流四探针法测定电导率原理以欧姆定律为基础,在恒定电流下,测定已知长度和截面积的石英管中液态金属的电压降,得到液态金属的电阻率,据此计算求出电导率。



- 标引序号说明:
- 1 —— 恒流电源;
 - 2 —— 数字电压表;
 - 3 —— 探针;
 - 4 —— 电导池;
 - 5 —— 试样;
 - L —— 电压探针间样品的长度。

图 A.1 直流四探针法测定电导率原理示意图

A.2 仪器设备

A.2.1 恒流电源

能提供 1 mA~1 000 mA 的直流电流,测量时其值已知且波动幅度不超过恒定电流的 0.5%。

A.2.2 数字电压表

能测量 0.01 mV~100 mV 电压,测量误差小于±0.5%。仪表的输入阻抗应大于试样电阻的 3 个数量级以上。

A.2.3 探针

不在试样中发生溶解或反应。可选用石墨、钨、钼等制成。

A.2.4 电导池

符合图 A.1 结构,电压探针间石英容器截面积与样品长度之比不大于 0.2 mm。

A.2.5 恒温浴

水浴或油浴,恒温时温度误差不超过±0.5℃。

A.2.6 其他

适用于电导池、探针的固定夹具和吊具。

A.3 试验温度

在 25℃~30℃ 的范围内,不低于试样的熔融温度,并在试验报告中注明。

A.4 试验步骤

A.4.1 设置恒温浴温度至试验温度,将电导池固定于恒温浴中。

A.4.2 将液态金属试样装入电导池,按图 A.1 将连接到恒流电源和数字电压表上的四根探针固定于预设位置。试样液面高度应保证探针末端浸入样品中不少于 0.5 cm。

A.4.3 启动恒流电源向试样中通过恒定直流电流,待电压表的示值稳定后读数,记录两个电压探针之间的电压。

A.5 试验数据处理

A.5.1 电阻率的计算

A.5.1.1 试样的电阻率按公式(A.1)进行计算:

$$\rho = \frac{S \cdot \Delta U}{L \cdot I} \dots\dots\dots (A.1)$$

式中:

- ρ —— 电阻率,单位为欧姆米(Ω·m);
- S —— 电压探针间样品的截面积,单位为平方米(m²);
- ΔU —— 电压探针间的电压,单位为伏特(V);
- L —— 电压探针间样品的长度,单位为米(m);
- I —— 电流探针间通过的恒定电流,单位为安培(A)。

计算结果保留三位有效数字,数值的修约按 GB/T 8170 的规定进行。

A.5.1.2 试样的电阻率也可按公式(A.2)进行计算:

$$\rho = C \frac{\Delta U}{I} \dots\dots\dots (A.2)$$

C——使用标准样品标定的电导池常数,单位为米(m)。

计算结果保留三位有效数字,数值的修约按 GB/T 8170 的规定进行。

A.5.2 电导率的计算

试样的电导率按公式(A.3)进行计算:

$$\sigma = \frac{1}{\rho} \dots\dots\dots (A.3)$$

式中:

σ——试样的电导率,单位为西门子每米(S/m)。

计算结果保留三位有效数字,数值的修约按 GB/T 8170 的规定进行。

附 录 B
(规范性)
密度的测定

B.1 方法原理

根据阿基米德原理,采用流体静力称衡法,在空气中用天平测定试样的重量,通过在纯水中称量液态金属试样测定其体积,以计算出试样的密度。

B.2 仪器设备

B.2.1 天平

分度值为 0.000 1 g。

B.2.2 样品杯

宜采用石英制成的敞口容器。

B.2.3 温度计

宜采用最小分度值为 0.1 °C,量程能满足测量要求的玻璃水银温度计。

B.2.4 纯水制备装置

可制出实验室二级水。

B.2.5 吊具

适合于对不同质量的试样进行水中称量。

B.2.6 其他

适用于天平的支架和盛水杯、干燥器。

B.3 样品

样品应不少于 2 mL,不与水发生反应。

B.4 试验温度

在 20 °C~30 °C 的范围内,不低于试样的熔融温度,并在试验报告中注明。

B.5 试验步骤

B.5.1 将试样、纯水和试验仪器设备在试验温度下静置不少于 1 h。

B.5.2 在空气中称量空样品杯的质量(m)。

B.5.3 将空样品杯放到水中吊具上并被水完全浸没,称量质量(m_1)。

B.5.4 将样品杯完全干燥后,将液态金属试样装入样品杯中,在空气中称量质量(M)。

B.5.5 将装有液态金属试样的样品杯置于水中吊具上,使水完全浸没液态金属试样,称量质量(M_1)。

B.5.6 水温可取水中称量前后两次测量温度的平均值。

B.6 试验数据处理

试样的密度按公式(B.1)进行计算：

$$\rho = (M - m) \rho_t / [(M - m) - (M_1 - m_1)] \dots\dots\dots (B.1)$$

式中：

- ρ —— 试样的密度，单位为克每立方厘米(g/cm³)；
- M —— 试样和样品杯在空气中称量的质量，单位为克(g)；
- m —— 样品杯在空气中称量的质量，单位为克(g)；
- ρ_t —— 水在温度 t 时的密度，单位为克每立方厘米(g/cm³)，可于表 B.1 中查到；
- M_1 —— 试样和样品杯在水中吊具上称量的质量，单位为克(g)；
- m_1 —— 样品杯在水中吊具上称量的质量，单位为克(g)。

计算结果保留三位有效数字，数值的修约按 GB/T 8170 的规定进行。

表 B.1 纯水密度

单位为克每立方厘米

温度	0.0 ℃	0.1 ℃	0.2 ℃	0.3 ℃	0.4 ℃	0.5 ℃	0.6 ℃	0.7 ℃	0.8 ℃	0.9 ℃
20 ℃	0.998 203	0.998 182	0.998 162	0.998 141	0.998 120	0.998 099	0.998 077	0.998 056	0.998 035	0.998 013
21 ℃	0.997 991	0.997 970	0.997 948	0.997 926	0.997 904	0.997 882	0.997 859	0.997 837	0.997 815	0.997 792
22 ℃	0.997 769	0.997 747	0.997 724	0.997 701	0.997 678	0.997 655	0.997 631	0.997 608	0.997 584	0.997 561
23 ℃	0.997 537	0.997 513	0.997 490	0.997 466	0.997 442	0.997 417	0.997 393	0.997 396	0.997 344	0.997 320
24 ℃	0.997 295	0.997 270	0.997 246	0.997 221	0.997 195	0.997 170	0.997 145	0.997 120	0.997 094	0.997 069
25 ℃	0.997 043	0.997 018	0.996 992	0.996 966	0.996 940	0.996 914	0.996 888	0.996 861	0.996 835	0.996 809
26 ℃	0.996 782	0.996 755	0.996 729	0.996 702	0.996 675	0.996 648	0.996 621	0.996 594	0.996 566	0.996 539
27 ℃	0.996 511	0.996 484	0.996 456	0.996 428	0.996 401	0.996 373	0.996 344	0.996 316	0.996 288	0.996 260
28 ℃	0.996 231	0.996 203	0.996 174	0.996 146	0.996 117	0.996 088	0.996 059	0.996 030	0.996 001	0.995 972
29 ℃	0.995 943	0.995 913	0.995 884	0.995 854	0.995 825	0.995 795	0.995 765	0.995 753	0.995 705	0.995 675
30 ℃	0.995 645	0.995 615	0.995 584	0.995 554	0.995 523	0.995 493	0.995 462	0.995 431	0.995 401	0.995 370

中 华 人 民 共 和 国
国 家 标 准
镓 基 液 态 金 属
GB/T 39859—2021

*

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.spc.org.cn

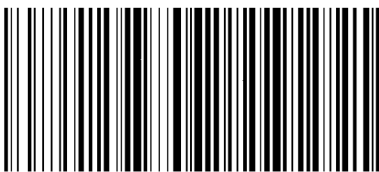
服务热线: 400-168-0010

2021年3月第一版

*

书号: 155066 • 1-66974

版权专有 侵权必究



GB/T 39859—2021



码上扫一扫 正版服务到