

团 体 标 准

T/CFA XXXX—202X

熔模铸造中温模料性能检测方法

Test method for performance of medium temperature pattern material
in investment casting

(征求意见稿)

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

202X-XX-XX 发布

202X-XX-XX 实施

中国铸造协会 发布

目 次

前言.....	II
引言.....	III
1 范围.....	1
2 规范性引用文.....	1
3 术语定义.....	1
4 熔模铸造中温模料性能检测.....	2
4.1 滴熔点的测定.....	2
4.2 环球软化点的检测.....	3
4.3 冻凝点的检测.....	4
4.4 旋转粘度的检测.....	4
4.5 密度的检测.....	4
4.6 表面硬度的检测.....	5
4.7 抗弯强度的检测.....	5
4.8 灰分含量的检测.....	5
4.9 线收缩率的检测.....	6
4.10 热变形量热稳定性的检测.....	6
4.11 填料含量的检测.....	6
4.12 表面凹陷或缩陷的检测.....	8
4.13 抗蠕变形性能的检测.....	8

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精密铸造分会提出。

本文件由中国铸造协会归口。

本文件负责起草单位：

本文件参与起草单位：

本文件为首次发布。

引 言

中温模料也称树脂基模料；包括填充型和非填充型两种。有国家标准 GB/T 42603.1—2023 熔模铸造中温模料 第 1 部分：物理性能试验方法和 GB/T 42603.2—2023 熔模铸造中温模料 第 2 部分：使用性能试验方法。

第 1 部分包括：滴点、冻凝点、线收缩率、软化点、旋转粘度和灰分六种试验方法。

第 2 部分包括：抗弯强度、表面硬度、热变形量和热稳定性、脱水性、表面凹陷或缩陷和抗蠕变性五种试验方法。

本文件在参考国标的前提下，结合中温模料生产商和使用企业的实际情况，对检测方法的内容进行了适当的调整，增加了密度和填料含量的一种检测方法；同时对其文本的结构进行了较大的调整。

本文件分为三部分，即：

第一部分：热物理性能，包括：环球软化点、滴熔点、冻凝点、线收缩率、旋转粘度和灰分六种；

第二部分：力学性能，包括抗弯强度和表面硬度（针入度）两种；

第三部分：工艺性能，包括：脱水性、填料含量、热变形量和热稳定性、表面凹陷或缩陷及密度五种。

同时，本文件又分为两个等级，即：

第一级，是关键、出厂必检项目，且频次较高，是生产厂家出厂必检项目；如：环球软化点、线收缩率、表面硬度、灰分四种；

第二级，是重要但频次较少的项目，如：滴熔点、冻凝点、变形量/热稳定性、密度、抗弯强度、旋转粘度和脱水性七种。生产厂家只有在形式检测时，对上述十三种性能进行全面检测。

检测项目和频次，供需双方可以商定。

本文件能够使生产厂家和使用单位的质量检验人员更加明确，检测中温模料有关性能的方法、注意事项和检验数据处理，有利于供需双方达成共识，有利于保证中温模料的质量，有利于提高铸件的质量，有利于提高企业的竞争力，有利于提高企业的经济效益。

熔模铸造中温模料性能检测方法

1 范围

本文件规定了熔模铸造中温模料环球软化点、滴熔点、冻凝点、线收缩率、旋转粘度、灰分、括抗弯强度、表面硬度、脱水性、填料含量、热变形量热稳定性和表面凹陷或缩陷及密度的检测项目，并规定了每个项目的检测方法、检测仪器、检测流程、操作要求及检测数据处理。

本文件适用于熔模铸造填充型中温模料和非填充型模料的性能检测。

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 42603.1—2023 熔模铸造中温模料 第1部分：物理性能试验方法

GB/T 42603.2—2023 熔模铸造中温模料 第2部分：使用性能试验方法

HB 5350 熔模铸造模料性能试验方法

QJ 1428 热处理炉温控制与测量

ASTM D 3954-15(2022) 蜡滴点的标准实验方法

3 术语定义

下列术语与定义适用于本文件。

3.1

滴熔点 drop melting point

是模料从固态或半固态转化为液态的最低温度。

3.2

冻凝点 solidification point

是模料冷却至停止流动时的最高温度。

3.3

环球软化点 ring and ball softening point

是钢球贯穿模料试样时的最低温度。

3.4

旋转粘度 rotary viscosity

是液态模料的粘性阻力和动力粘度。

3.5

密度 density

是单位体积内模料的质量数。

3.6

T/CFA XXXX—202X

表面硬度 surface hardness

是模料表面抵抗损伤的能力。

3.7

抗弯强度 bending strength

是固态模料抵抗弯曲的能力。

3.8

灰分含量 residual ash content

是模料煅烧后的残留无机物。

3.9

线收缩率 linear shrinkage rate

是模料的压注尺寸与模型尺寸的差值与模料压注尺寸的比值。

3.10

热变形量热稳定性 thermal stability

是模料在温度的影响下的形变能力，也就是模料的耐热性。

3.11

填料含量 filler content

是填充型模料中填充物的含量。

3.12

表面凹陷或缩陷 surface depression or shrinkage

是指铸件或塑料制品在厚断面、热节部位或分型面上，由于局部收缩不均匀而形成的表面下陷现象，有时会在缩陷下方伴随缩孔或缩松。

3.13

抗蠕变性能 creep resistance

是固态模料在长时间受力作用下抵抗变形的能力。

4 中温模料性能检测

4.1 滴熔点的测定

4.1.1 自动仪器测量法

滴熔点的测量应按照GB/T 42603.1 或ASTM D3954 的规定执行。

4.1.2 目视仪器测量法

4.1.2.1 测定仪器

应配置的仪器有：

——玻璃试管，外径 25 mm，长度 150 mm,配软木塞（两侧开槽，便于空气流通）；

——高精度玻璃温度计，量程（0~100）℃，精度 0.2℃；

——烧杯，100 ml；

——试管架；

——滴点测试仪，控温精度±0.5℃；

——电热鼓风干燥箱。

4.1.2.2 检测流程

- 4.1.2.2.1 检查并打开电热鼓风干燥箱，温度设定至 110℃。
- 4.1.2.2.2 取 50 g 模料样品放到烧杯中，连同烧杯一并放到干燥箱中加热 60min 直至完全熔化。
- 4.1.2.2.3 将温度计冷却至 4℃ 左右，擦拭干燥，然后迅速垂直浸没至熔化的模料样品液体中，浸没深度要完全覆盖温度计的球部，取出温度计远离热源垂直放置，待样品颜色变暗后再浸入到常温水中，至少保持 10min。
- 4.1.2.2.4 将温度计取出后擦拭球部使之干燥，然后插到软木塞中，并装配至玻璃试管中，保证温度计球部距离玻璃试管底部约 15 mm，完成第一个样品制作。
- 4.1.2.2.5 按照上述步骤制作第二个样品。
- 4.1.2.2.6 将两个试管插入到水浴槽（ 16 ± 0.5 ℃），并调整试管高度，使温度计上的浸没痕迹与液面平齐，然后固定在试管架上。
- 4.1.2.2.7 检查并打开滴点测试仪，以 2℃/min 的速率加热至 38℃；调整加热速率为 1℃/min 持续进行加热。
- 4.1.2.2.8 仔细观察玻璃温度计球部的样品，分别记录样品熔化滴落的时温度计的温度，取算术平均值作为样品模料的滴熔点。
- 4.1.2.2.9 检测后用清水清洗仪器，并保持干燥。

4.1.2.3 操作要求

- 4.1.2.3.1 如果同一实验中两个试片的温度差值大于 1℃，则重新进行测量。
- 4.1.2.3.2 应至少重复检测 2 次，并且连续检测的误差不应超过 0.5℃。
- 4.1.2.3.3 检测作业过程中要佩戴好防护用品，防止烫伤。

4.2 环球软化点的检测

4.2.1 测定仪器

应配置的仪器有：

- 电热鼓风干燥箱；
- 软化点试验仪（含搅拌磁头）；
- 带有梯度的黄铜环
- 不锈钢钢球，直径 3/8"，重量（ 3.50 ± 0.05 ）g；
- 钢球定位三角架；
- 玻璃温度计；
- 铜环和温度计支撑架；
- 烧杯，100 ml 和 1000 ml 各一支；
- 玻璃棒；
- 金属单边刮刀；
- 金属平板。

4.2.2 检测流程

- 4.2.2.1 检查并开启电热鼓风干燥箱，温度设定为 110℃。

4.2.2.2 取50 g待测样品放到 100 ml烧杯中，连同黄铜环和金属平板一同放置到电热鼓风干燥箱中预热 60min；样品熔化后用玻璃棒搅拌，使气体逸出并使模料成分均匀。

4.2.2.3 小心取出平板和黄铜环，将平板放到水平面上，再将黄铜环保持小口朝上平放置于平板上。

4.2.2.4 将已熔化的待测样品液体从小孔连续倒入黄铜环中，样品要略高于黄铜环平面，在室温中放置60分钟后用金属单边刮刀干净的去掉高于平面的待测样品，以得到均匀饱满的待测试片。

4.2.2.5 取 900 ml常温蒸馏水置于 1000 ml的烧杯中，同时把搅拌磁头放入到烧杯中；将待测试片和温度计置于支撑架上，将钢球定位三角架置于待测样品上，中心放入小球，要保证小球可以自由上下运动；将支撑架放置于烧杯中。

4.2.2.6 将烧杯放置于软化点试验仪上，检查并打开电源开关，升温速率设定为 2 °C/min，启动加热。

4.2.2.7 分别记录小球落下时的温度，取平均值作为样品模料的软化点。

4.2.2.8 检测后用清水清洗仪器，并保持干燥。

4.2.3 操作要求

4.2.3.1 如果同一实验中两个试片的温度差值大于 1 °C，则重新进行测量。

4.2.3.1 应至少重复检测 2 次，并且连续检测的误差不应超过 0.5 °C。

4.2.3.3 作业过程中要佩戴好防护用品，防止烫伤。

4.3 冻凝点的检测

冻凝点的测定应按GB/T 42603.1 的规定执行。

4.4 旋转粘度

4.4.1 旋转粘度的测定应按GB/T 14235.1 的规定执行。

4.4.2 旋转粘度适用于非填充蜡，填充蜡按照可供双方约定。

4.5 密度的检测

4.5.1 测量仪器

应配置的装置或材料有：

——电子分析天平；

——密度测定装置；

——电热鼓风干燥箱；

——自制标准模具；

——烧杯，100 ml；

——玻璃棒。

4.5.2 检测流程

4.5.2.1 检查并打开电热鼓风干燥箱，设定温度为 110 °C。

4.5.2.2 取 50 g样品放到烧杯中，连同烧杯一并置于干燥箱中加热 60min直至完全熔化。

4.5.2.3 取出烧杯用玻璃棒搅拌模料样品液体，使气体逸出。

4.5.2.4 将熔化的样品缓缓倒入自制的标准模具中，确保浇注的样品无气泡等缺陷。

4.5.2.5 待模具中的标准样品完全冷却后即取出蜡模，放置于室温中再恒温冷却 4h。

- 4.5.2.6 检查并打开电子分析天平，校准天平水平后将整套密度测定装置安装在电子分析天平上，数值稳定后按键去皮操作。
- 4.5.2.7 调节设备选定固体密度测定模式（辅助液体为蒸馏水），并根据当前温度设定测量温度。
- 4.5.2.8 将冷却后的标准样品轻轻的放置到天平托盘上，数值稳定后得到样品在空气中的密度 m 。
- 4.5.2.9 取下待测样品，加入蒸馏水至烧杯中，液位至少要没过吊筛顶部 20 mm，待数值稳定后按键去皮操作。
- 4.5.2.10 将密度大于 1.0 的模料，样品放在吊筛上方；密度小于 1.0 的模料，样品放在吊筛下方，保证液面高于样品 15 mm，待数值稳定后得到样品在液体中的密度 m_1 。
- 4.5.2.11 按照下述公式（式1）计算得出样品的密度。

$$\rho = \frac{m}{m - m_1} \times \rho_1 \dots \dots \dots \text{（式1）}$$

式中：

- ρ ——样品密度，单位为 g/cm^3 ；
- ρ_1 ——辅助液体密度，单位为 g/cm^3 ；
- m ——样品在空气中的重量，单位为 g ；
- m_1 ——样品在液体中的重量，单位 g 。

- 4.5.2.11 重复测量密度两次，取其算术平均值作为蜡料的密度。
- 4.5.2.12 用清水清洗检测器具等并保持干燥。

4.5.3 操作要求

- 4.5.3.1 要至少重复检测两次，平行检测结果差值不能超过 0.006 g/cm^3 。
- 4.5.3.2 电子分析天平要定期进行校验。
- 4.5.3.3 检测作业过程中要佩戴好劳保用品，防止高温烫伤。

4.6 表面硬度的检测

表面硬度的测定应按GB/T 14235.2 的规定执行。

4.7 抗弯强度的检测

抗弯强度的测定应按GB/T 14235.2 的规定执行。

4.8 灰分含量的检测

4.8.1 测量仪器

应配置的装置或材料有：

- 分析天平，精度 0.0001 g ；
- 陶瓷坩埚， $35 \text{ ml} \sim 50 \text{ ml}$ ；
- 坩埚钳；
- 坩埚支架；
- 泥三角；
- 马弗炉；
- 抽风橱柜；

- 燃烧器；
- 干燥皿；
- 稀盐酸；
- 硝酸。

4.8.2 检测流程

- 4.8.2.1 用稀盐酸洗涤陶瓷坩埚，若不干净可再用硝酸洗涤，最后用蒸馏水洗净、干燥。在 980 °C±20 °C下灼烧 30min以上，稍冷，置于干燥皿中冷却至室温，称量坩埚，重量精确至 0.0001 g。
- 4.8.2.2 重复灼烧、冷却和称量，直至获得两次连续称量间的差值不大于 0.0004 g，获得坩埚重量m。
- 4.8.2.3 取 20 g有代表性的蜡料样品，样品可以是固体或者液体，精确至 0.0001 g，记为m₁，然后放到灼烧至恒重的陶瓷坩埚中。
- 4.8.2.4 将坩埚连同蜡料样品放在泥三角支架上，一并放到通风橱柜开始燃烧，火焰高度控制在（10~15）cm，直至没有火焰产生为止。
- 4.8.2.5 用坩埚钳把燃烧后的坩埚和蜡料样品移入马弗炉。
- 4.8.2.6 检查并打开马弗炉，温度设定在 980 °C，坩埚连同蜡料样品在马弗炉中至少保持 60min。取出坩埚及蜡料样品残渣稍冷，然后置于干燥皿中冷却至室温，称量坩埚和蜡料样品残渣重量m₂，重量精确至 0.0001 g。
- 4.8.2.7 按照下述公式（式2）计算得到蜡料灰分含量。

$$A = \frac{(m_2 - m)}{m_1} \times 100\% \dots\dots\dots (式2)$$

式中：

- A—蜡料灰分含量，%；
- m—陶瓷坩埚灼烧后的质量，单位为 g；
- m₁—蜡料样品质量，单位为 g；
- m₂—陶瓷坩埚和蜡料样品灼烧后的质量，单位为 g；

- 4.8.2.8 重复检测灰分含量，取其算术平均值为灰分含量的测量结果。
- 4.8.2.9 清洁检测仪器等并应保持干燥。

4.8.3 操作要求

- 4.8.3.1 至少重复检测两次，其平行测定结果的绝对差值不应大于0.002%。
- 4.8.3.2 电子分析天平应定期进行校验。
- 4.8.3.3 马弗炉应按QJ 1428 规定进行维护保养。
- 4.8.3.4 检测作业过程中应佩戴好劳保用品，防止烫伤和腐蚀。

4.9 线收缩率的检测

线收缩率的测定应按GB/T 42603.1 的规定执行。

4.10 热变形量热稳定性的检测

热稳定性的测定应按GB/T 14235.2 的规定执行。

4.11 填料含量的检测

4.11.1 测量仪器

应配置的装置或材料有：

- 通风橱柜；
- 分析天平，精度 0.0001 g；
- 滤纸；
- 布氏漏斗；
- 电加热板；
- 烧杯，500 ml；
- 电热恒温鼓风干燥箱；
- 抽滤瓶，500 ml；
- 橡胶密封圈；
- 橡胶真空管；
- 不锈钢盘；
- 温度计；
- 循环水式多用真空泵；
- 正庚烷或石油醚。

4.11.2 检测流程

- 4.11.2.1 检查并打开干燥箱，温度设定为 (88 ± 2) ℃。
- 4.11.2.2 将布氏漏斗和滤纸置于干燥箱中加热至少 30min，直至恒重。
- 4.11.2.3 用电子分析天平称取 20 g 蜡料样品，精确至 0.01 g，然后置于 500 ml 的烧杯中，蜡料样品重量记为 m 。
- 4.11.2.4 向烧杯中加入 300 ml 的三氯乙烯，然后放到加热板上加热至样品完全溶解。
- 4.11.2.5 向另一个烧杯中加入 300 ml 的三氯乙烯，并加热至合适温度，避免沸腾。
- 4.11.2.6 将布氏漏斗和滤纸从干燥箱中取出，置于不锈钢盘中，用电子分析天平称取不锈钢盘以及布氏漏斗和滤纸的重量，记为 m_1 。
- 4.11.2.7 搭建组装真空过滤装置。
- 4.11.2.8 检查并开启真空泵，往布氏漏斗中倒入少量热的三氯乙烯润湿滤纸，使滤纸将布氏漏斗完全密封。
- 4.11.2.9 将烧杯中溶解的样品缓慢的浇入到布氏漏斗中，当烧杯中的样品被完全倾倒后，使用热的三氯乙烯少量多次淋洗烧杯，并过滤淋洗液，以确保样品完全被漏斗过滤，然后用三氯乙烯淋洗滤纸直至滤液澄清无色。
- 4.11.2.10 用少量热的丙酮清洗滤纸，使填料快速干燥。
- 4.11.2.11 将真空管与抽滤瓶断开，关掉真空泵，将布氏漏斗从抽滤瓶中移出，并放置到不锈钢盘中。
- 4.11.2.12 将不锈钢盘连同布氏漏斗和滤纸一并置于干燥箱中，在 110℃ 的温度下加热至少 30min，直至恒重。
- 4.11.2.13 称取不锈钢盘、布氏漏斗和滤纸及过滤物的重量，记为 m_2 ，按照下述公式（式3）计算得知蜡料填料含量。

$$F = \frac{m_2 - m_1}{m} \times 100\% \dots \dots \dots \text{（式3）}$$

式中：

F—蜡料填料含量，%；

T/CFA XXXX—202X

m —蜡料样品重量，单位为 g；

m_1 —不锈钢盘、布氏漏斗和滤纸的重量，单位为 g；

m_2 —不锈钢盘、布氏漏斗和滤纸以及过滤物的重量，单位为 g。

4.11.2.14 重复测量蜡料填料含量，取其算术平均值作为蜡料填料含量的测量结果。

4.11.2.15 清洁检测所需的仪器并保持干燥。

4.11.3 操作要求

4.11.3.1 至少重复检测两次，其平行检测结果的绝对差值不能超过 0.5 %。

4.11.3.2 电子分析天平要定期进行校验。

4.11.3.3 试样检测作业时佩戴好劳保用品，防止烫伤和腐蚀。

4.12 表面凹陷或缩陷的检测

表面凹陷或缩陷的测定应按GB/T 42603.2 的规定执行。

4.13 抗蠕变性能的检测

抗蠕变性能的测定应按GB/T 42603.2 的规定执行。
