

T/CMEEEA

团 体 标 准

T/CMEEEA XXXX—2026

汽车轻量化散热器材料与制造工艺技术规范

Technical specification for materials and manufacturing processes for automotive
lightweight radiators

(征求意见稿)

2026 - XX - XX 发布

2026 - XX - XX 实施

中国机电设备工程协会 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 材料要求	1
4.1 铝合金材料要求	1
4.2 镁合金材料要求	2
4.3 碳纤维复合材料要求	2
5 制造工艺要求	3
5.1 铝合金散热器制造工艺要求	3
5.2 镁合金散热器制造工艺要求	3
5.3 碳纤维复合材料散热器制造工艺要求	4
6 工艺流程	4
6.1 铝合金散热器工艺流程	4
6.2 镁合金散热器工艺流程	5
6.3 碳纤维复合材料散热器工艺流程	6

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××××提出。

本文件由中国机电设备工程协会归口。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

汽车轻量化散热器材料与制造工艺技术规范

1 范围

本文件规定了汽车轻量化散热器的材料要求、制造工艺要求、工艺流程。

本文件适用于传统燃油车和新能源汽车所用的轻量化散热器，包括铝合金散热器、镁合金散热器、碳纤维复合材料散热器等。

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 3190 变形铝及铝合金化学成分
GB/T10125 人造气氛腐蚀试验 盐雾试验
QC/T 468 汽车散热器

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

钎焊 brazing

采用比母材熔点低的金属材料作钎料，将焊件和钎料加热到高于钎料熔点、低于母材熔点的温度，利用液态钎料润湿母材，填充接头间隙并与母材相互扩散实现连接的焊接方法。

4 材料要求

4.1 铝合金材料要求

4.1.1 化学成分

铝合金材料的化学成分应符合GB/T 3190的规定，常用铝合金牌号及化学成分应符合表1的规定。

表 1 化学成分

牌号	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ti	Al
3003	0.60	0.70	0.05~0.20	1.0~1.5	0.05	0.10	0.10	0.10	余量
6061	0.4~0.8	0.7	0.15~0.40	0.15	0.8~1.2	0.04~0.35	0.25	0.15	余量
1100	0.95	0.95	0.05~0.20	0.15	0.05	-	0.10	0.05	余量

4.1.2 力学性能

铝合金材料的室温力学性能应符合表2的规定，高温力学性能(150℃)应不低于室温力学性能的85%。

表 2 力学性能

牌号	抗拉强度 (MPa)	屈服强度 (MPa)	伸长率 (%)	洛氏硬度 (HRB)
3003	≥140	≥90	≥18	≥40
6061	≥260	≥240	≥10	≥60
1100	≥95	≥35	≥25	≥25

4.1.3 导热性能

铝合金材料的室温导热系数应不低于180 W/(m·K)，高温导热系数（150℃）应不低于室温导热系数的90%。

4.1.4 耐腐蚀性能

铝合金材料经过阳极氧化处理后，按照GB/T 10125进行中性盐雾试验48小时，表面应无明显腐蚀现象。

4.2 镁合金材料要求

4.2.1 化学成分

镁合金材料的镁合金牌号及化学成分应符合表3的规定。

表3 镁合金牌号及化学成分

牌号	Al	Zn	Mn	Si	Fe	Cu	Ni	Mg
AZ31B	2.5~3.5	0.6~1.4	0.2~1.0	≤0.08	≤0.005	≤0.05	≤0.005	余量
AZ91D	8.3~9.7	0.45~0.90	0.17~0.40	≤0.08	≤0.005	≤0.05	≤0.005	余量

4.2.2 力学性能

镁合金材料的室温力学性能应符合表4的规定，高温力学性能（120℃）应不低于室温力学性能的80%。

表4 力学性能

牌号	抗拉强度 (MPa)	屈服强度 (MPa)	伸长率 (%)	布氏硬度 (HB)
AZ31B	≥240	≥170	≥15	≥60
AZ91D	≥230	≥150	≥3	≥70

4.2.3 导热性能

镁合金材料的室温导热系数应不低于150W/(m·K)，高温导热系数（120℃）应不低于室温导热系数的85%。

4.2.4 耐腐蚀性能

镁合金材料经过化学转化膜处理后，按照GB/T 10125进行中性盐雾试验24小时，表面应无明显腐蚀现象。

4.3 碳纤维复合材料要求

4.3.1 原材料要求

4.3.1.1 碳纤维：应选用 T700、T800 级碳纤维等高强度、高模量的碳纤。

4.3.1.2 基体树脂：应选用环氧树脂、酚醛树脂等耐高温、耐腐蚀、导热性能良好的树脂，其玻璃化转变温度应不低于 120℃。

4.3.2 复合材料性能

碳纤维复合材料的性能应符合表5的规定。

表5 复合材料性能

项目	指标要求
拉伸强度 (MPa)	≥1500
拉伸模量 (GPa)	≥100
弯曲强度 (MPa)	≥1200
弯曲模量 (GPa)	≥90
导热系数 (W/(m·K))	≥50
密度 (g/cm³)	≤1.6

4.3.3 耐腐蚀性能

碳纤维复合材料在汽车冷却液中浸泡1000小时后，力学性能下降率应不超过10%，表面应无明显腐蚀现象。

5 制造工艺要求

5.1 铝合金散热器制造工艺要求

5.1.1 挤压工艺

5.1.1.1 挤压坯料

应选用符合4.1要求的铝合金铸锭，铸锭表面应无裂纹、气孔、夹杂等缺陷。

5.1.1.2 挤压参数

挤压温度应根据铝合金牌号确定，通常在400℃~500℃之间；挤压速度应控制在1m/min~5m/min之间。

5.1.1.3 挤压型材质量

挤压型材表面应光滑、平整，无划痕、裂纹、气泡等缺陷。

5.1.2 钎焊工艺

5.1.2.1 钎焊材料

应选用与铝合金母材相容性好的钎料，其熔点应低于铝合金母材的熔点。

5.1.2.2 钎焊参数

钎焊温度应控制在580℃~610℃之间，保温时间应根据散热器的结构和尺寸确定，通常在3min~10min之间。

5.1.2.3 钎焊质量

钎焊接头应牢固、致密，无虚焊、漏焊、气孔等缺陷；散热器的密封性能应符合QC/T 468的规定，在1.5倍工作压力下保持5min，应无泄漏现象。

5.1.3 阳极氧化工艺

5.1.3.1 前处理

应去除散热器表面的油污、氧化膜等杂。

5.1.3.2 阳极氧化参数

阳极氧化温度应控制在15℃~25℃之间，电流密度应控制在1.5 A/dm²~2.5 A/dm²之间，氧化时间应根据氧化膜厚度要求确定，通常在20min~40min之间。

5.1.3.3 阳极氧化膜质量

阳极氧化膜的厚度应不低于10 μm，表面应均匀、光滑，无斑点、色差等缺。

5.2 镁合金散热器制造工艺要求

5.2.1 压铸工艺

5.2.1.1 压铸模具

应选用耐高温、耐磨的模具材料，模具表面应进行抛光处理。

5.2.1.2 压铸参数

压铸温度应根据镁合金牌号确定，通常在630℃~680℃之间；压铸压力应控制在50 MPa~100 MPa之间，填充速度应控制在20 m/s~50 m/s之间。

5.2.1.3 压铸质量

压铸件的表面应光滑、平整，无飞边、毛刺、气孔等缺陷；力学性能应符合4.2的要求。

5.2.2 化学转化膜工艺

5.2.2.1 前处理

应去除镁合金散热器表面的油污、氧化膜等杂质。

5.2.2.2 化学转化膜参数

处理温度应控制在20℃~30℃之间，处理时间应根据转化膜厚度要求确定，通常在5 min~15 min之间。

5.2.2.3 化学转化膜质量

化学转化膜的厚度应不低于2 μm，表面应均匀、致密，无斑点、色差等缺陷；耐腐蚀性应符合4.2.4的要求。

5.3 碳纤维复合材料散热器制造工艺要求

5.3.1 成型工艺

5.3.1.1 预浸料制备

将碳纤维与基体树脂按照一定比例浸渍，制备成预浸料，预浸料的树脂含量应控制在35%~45%之间。

5.3.1.2 成型方法

可采用模压成型、热压罐成型等方法。模压成型温度应控制在120℃~160℃之间，压力应控制在3 MPa~10 MPa之间，保温时间应根据散热器的结构和尺寸确定，通常在30 min~60 min之间；热压罐成型温度应控制在130℃~170℃之间，压力应控制在0.5 MPa~2 MPa之间，保温时间应控制在60 min~120 min之间。

5.3.1.3 成型质量

成型后的散热器应尺寸准确，表面光滑、平整，无分层、气泡、裂纹等缺陷；力学性能应符合4.3的要求。

5.3.2 后处理工艺

5.3.2.1 修整

去除散热器表面的飞边、毛刺等多余材料。

5.3.2.2 表面处理

可采用打磨、喷漆等方法对散热器表面进行处理。

6 工艺流程

6.1 铝合金散热器工艺流程

铝合金散热器工艺流程符合图1的规定。



图1 铝合金散热器工艺流程

6.1.1 坯料准备

6.1.1.1 选用符合 4.1 要求的铝合金铸锭，检查铸锭表面无裂纹、气孔、夹杂等缺陷。

6.1.1.2 对铸锭进行均匀化退火处理，消除内部应力。

6.1.2 挤压成型

6.1.2.1 将铸锭加热至 400 °C~500 °C，根据型材截面选择合适的挤压模具。

6.1.2.2 控制挤压速度在 1m/min~5m/min 之间，挤出符合尺寸要求的型材。

6.1.2.3 对挤压型材进行在线淬火和拉伸矫直处理。

6.1.2.4 检验型材表面质量。

6.1.3 钎焊组装

6.1.3.1 对型材进行切割、冲孔等机械加工，制成散热器芯体部件。

6.1.3.2 选用与铝合金母材相容性好的钎料，涂抹在待焊接部位。

6.1.3.3 将芯体部件组装后放入钎焊炉，在 580 °C~610 °C 温度下保温 3 min~10 min。

6.1.3.4 冷却后检查钎焊接头质量。

6.1.4 阳极氧化处理

6.1.4.1 去除散热器表面的油污、氧化膜等杂质，进行脱脂、酸洗处理。

6.1.4.2 在 15 °C~25 °C 温度下，以 1.5 A/dm²~2.5 A/dm² 电流密度进行阳极氧化 20 min~40 min。

6.1.4.3 对氧化膜进行封孔处理。

6.1.4.4 检验氧化膜厚度不低于 10 μm，表面均匀光滑无缺陷。

6.1.5 成品检验

6.1.5.1 按照 QC/T 468 进行密封性能测试，在 1.5 倍工作压力下保持 5 min 无泄漏。

6.1.5.2 进行力学性能、导热性能和耐腐蚀性能抽检。

6.1.5.3 检查外观质量和尺寸精度。

6.2 镁合金散热器工艺流程

镁合金散热器工艺流程应符合图2的规定。

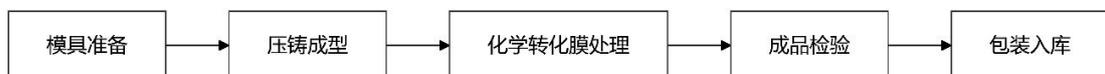


图2 镁合金散热器工艺流程图

6.2.1 模具准备

6.2.1.1 选用耐高温、耐磨的模具材料，对模具表面进行抛光处理。

6.2.1.2 预热模具至 200 °C~300 °C，喷涂脱模剂。

6.2.2 压铸成型

6.2.2.1 将镁合金加热至 630°C~680°C，控制压铸压力在 50MPa~100MPa 之间。

6.2.2.2 以 20m/s~50m/s 的填充速度将熔融镁合金注入模具。

6.2.2.3 压铸完成后立即进行冷却，取出压铸件。

6.2.2.4 去除压铸件飞边、毛刺，检查表面质量和尺寸精度。

6.2.3 化学转化膜处理

- 6.2.3.1 去除镁合金散热器表面的油污、氧化膜等杂质，进行脱脂、酸洗处理。
- 6.2.3.2 在 20℃~30℃ 温度下进行化学转化膜处理 5min~15min。
- 6.2.3.3 清洗后进行干燥处理，检验转化膜厚度不低于 2 μm，表面均匀致密。

6.2.4 成品检验

- 6.2.4.1 进行力学性能测试，符合 4.2 的要求。
- 6.2.4.2 按照 GB/T 10125 进行中性盐雾试验 24 小时，检查耐腐蚀性能。
- 6.2.4.3 进行密封性能测试和外观质量检查。

6.3 碳纤维复合材料散热器工艺流程

碳纤维复合材料散热器工艺流程应符合图3的规定。

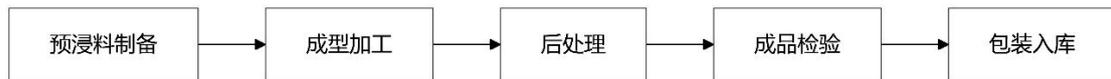


图3 碳纤维复合材料散热器工艺流程图

6.3.1 预浸料制备

- 6.3.1.1 选用 T700、T800 级碳纤维和耐高温基体树脂。
- 6.3.1.2 将碳纤维与基体树脂按照一定比例浸渍，控制树脂含量在 35%~45% 之间。
- 6.3.1.3 对预浸料进行烘干处理，去除溶剂，制成符合要求的预浸料卷材。

6.3.2 成型加工

- 6.3.2.1 根据散热器结构设计制备成型模具，预热模具至 80℃~120℃。
- 6.3.2.2 按照设计铺层要求铺设预浸料，铺层均匀、无褶皱。
- 6.3.2.3 采用模压成型或热压罐成型工艺：
 - a) 模压成型：温度 120℃~160℃，压力 3 MPa~10 MPa，保温 30 min~60 min；
 - b) 热压罐成型：温度 130℃~170℃，压力 0.5 MPa~2 MPa，保温 60 min~120 min；
- 6.3.2.4 冷却后取出成型件，检查表面质量和尺寸精度。

6.3.3 后处理

- 6.3.3.1 去除散热器表面的飞边、毛刺等多余材料，进行修整处理。
- 6.3.3.2 对表面进行打磨、抛光处理，提高表面光洁度。
- 6.3.3.3 根据需要进行喷漆等表面防护处理。

6.3.4 成品检验

- 6.3.4.1 进行力学性能测试，符合 4.3 的要求。
- 6.3.4.2 将散热器浸泡在汽车冷却液中 1000 小时，检查力学性能下降率不超过 10%。
- 6.3.4.3 进行外观质量、尺寸精度和密封性能检查。