

团 体 标 准

T/TMAC ×××—2026

汽车发动机缸体缸盖用高性能铝硅合金铸件技术规范

Technical specification for high-performance aluminum-silicon alloy castings for automobile engine cylinder block and cylinder head

(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。

已授权的专利证明材料为专利证书复印件或扉页，已公开但尚未授权的专利申请证明材料为专利公开通知书复印件或扉页，未公开的专利申请的证明材料为专利申请号和申请日期。

××××-××-××发布

××××-××-××实施

中国技术市场协会 发布

中国技术市场协会（TMAC）是科技领域内国家一级社团，以宣传和促进科技创新，推动科技成果转移转化，规范交易行为，维护技术市场运行秩序为使命。为满足市场需要，做大做强科技服务业，依据《中华人民共和国标准化法》《团体标准管理规定》，中国技术市场协会有序开展标准化工作。本团体成员和相关领域组织及个人，均可提出修订 TMAC 标准的建议并参与有关工作。TMAC 标准按《中国技术市场协会团体标准管理办法》《中国技术市场协会团体标准工作程序》制定和管理。TMAC 标准草案经向社会公开征求意见，并得到参加审定会议多数专家、成员的同意，方可予以发布。

在本文件实施过程中，如发现需要修改或补充之处，请将意见和有关资料反馈至中国技术市场协会，以便修订时参考。

本文件著作权归中国技术市场协会所有。除了用于国家法律或事先得到中国技术市场协会正式授权或许可外，不许以任何形式复制本文件。第三方机构依据本文件开展认证、评价业务，须向中国技术市场协会提出申请并取得授权。

中国技术市场协会地址：北京市海淀区复兴路甲 23 号城乡华懋大厦 12 层 1217。

邮政编码：100036 电话：010-68270447 传真：010-68270453

网址：www.ctm.org.cn 电子信箱：136162004@qq.com

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 技术要求 1

 4.1 材料牌号及化学成分 1

 4.2 力学性能 2

 4.3 铸件状态及热处理 2

 4.4 铸造工艺要求 2

 4.5 铸件质量要求 3

5 试验方法 3

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。

本文件由中国技术市场协会提出并归口。

本文件起草单位：内蒙古汇能硅铝新材料科技有限公司、北京中研博采技术服务有限公司。

本文件主要起草人：郭建军、马林、郝军、徐杰、乐志斌、夏卫彬。

汽车发动机缸体缸盖用高性能铝硅合金铸件技术规范

1 范围

本文件规定了汽车发动机缸体/缸盖用高性能铝硅合金铸件的技术要求、试验方法等内容。

本文件适用于采用砂型铸造、金属型铸造、低压铸造及压力铸造生产的汽车发动机缸体/缸盖用铝硅合金铸件。

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 228.1 金属材料 拉伸试验 第1部分：室温试验方法
- GB/T 231.1 金属材料 布氏硬度试验 第1部分：试验方法
- GB/T 1031 产品几何技术规范（GPS） 表面结构 轮廓法 表面粗糙度参数及其数值
- GB/T 1173 铸造铝合金
- GB/T 1423 贵金属及其合金密度的测试方法
- GB/T 6519 变形铝、镁合金产品超声波检验方法
- GB/T 7999 铝及铝合金光电直读发射光谱分析方法
- GB/T 9438 铝合金铸件
- GB/T 9452 热处理炉有效加热区测定方法
- GB/T 11346 铝合金铸件射线照相检测 缺陷分级
- GB/T 15114 铝合金压铸件
- GB/T 18851.1 无损检测 渗透检测 第1部分：总则
- GB/T 20975（所有部分） 铝及铝合金化学分析方法
- GB/T 32183 计算机直接排版印刷版基用铝带材
- GB/T 42124.3 产品几何技术规范（GPS） 模制件的尺寸和几何公差 第3部分：铸件尺寸公差、几何公差与机械加工余量
- JB/T 7946.1 铸造铝合金金相 第1部分：铸造铝硅合金变质

3 术语和定义

GB/T 15114界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

高性能铝硅合金铸件 high-performance aluminum-silicon alloy casting

在常规铝硅合金基础上，通过优化合金成分设计、严格控制熔炼铸造工艺和热处理工艺，使铸件具有优良力学性能和铸造性能的铝硅合金铸件。

4 技术要求

4.1 材料牌号及化学成分

铸件所用铝硅合金的牌号、代号及化学成分应符合表1的规定。

表1 铝硅合金化学成分

元素	YZAlSi11Cu3 (YL113)	ZA1Si9Cu2Mg (ZL111)	ZA1Si7Mg1A (ZL101A)
Si	9.50~11.50	8.00~10.00	6.50~7.50
Cu	2.00~3.00	1.30~1.80	≤0.10
Mg	≤0.10	0.40~0.60	0.45~0.60
Mn	≤0.50	0.10~0.35	≤0.10
Fe	≤1.30	≤0.70	≤0.20
Ni	≤0.30	≤0.30	—
Ti	≤0.10	0.10~0.35	0.10~0.20
Zn	≤0.35	≤0.20	≤0.10
Pb	≤0.05	≤0.05	—
Sn	≤0.05	≤0.05	—
Be	—	—	0.04~0.07
其他杂质单个	≤0.05	≤0.05	≤0.05
其他杂质总和	≤0.50	≤1.20	≤0.75
Al	余量	余量	余量

注：单位质量分数%

4.2 力学性能

铸件的力学性能应符合表2的规定。铸件可采用单铸试样、附铸试样或铸件本体试样进行力学性能检验，附铸试样和铸件本体试样的验收指标按GB/T 9438的规定执行。

表2 力学性能要求

项目	YZAlSi11Cu3 (F态)	ZA1Si9Cu2Mg (T6态)	ZA1Si7Mg1A (T6态)
抗拉强度 R_{m} /MPa	≥230	≥320	≥290
屈服强度 $R_{p0.2}$ /MPa	≥150	≥250	≥230
断后伸长率A/%	≥1.0	≥2.0	≥2.0
布氏硬度HBW	80~100	90~110	85~95

4.3 铸件状态及热处理

铸件的供应状态由需方在图样中规定。铸件可按铸态或热处理状态供应。需经热处理的铸件，热处理工艺参数按表3执行。

表3 热处理工艺参数

合金牌号	热处理状态	固溶处理	淬火介质	时效处理
YZAlSi11Cu3	F (铸态)	—	—	—
ZA1Si9Cu2Mg	T6	500℃±5℃，保温8~12h	60~80℃热水	180℃±5℃，保温5~8h，空冷
ZA1Si7Mg1A	T6	535℃±5℃，保温10~14h	60~80℃热水	160℃±5℃，保温4~8h，空冷

注1：固溶处理后的转移时间不应超过15s。
注2：时效处理后的铸件应空冷至室温。

4.4 铸造工艺要求

- 铸件在铸造过程中应符合以下工艺要求：
- a) 合金熔炼温度应控制在720℃~760℃之间，浇铸温度应根据铸造方法和铸件结构确定，宜控制在680℃~720℃之间；
 - b) 合金液在浇注前应进行除气精炼处理，液态氢含量应不大于0.20 mL/100g Al (即0.20 cm³/100g Al)；
 - c) 模具温度应根据铸造方法和铸件结构确定，金属型模具预热温度宜为150℃~250℃，压铸模具温度宜为180℃~250℃；
 - d) 铸造铝合金用单铸或附铸试样检验力学性能，亦可用同炉铸件上切取的本体试样检验。

4.5 铸件质量要求

4.5.1 铸件分类

铸件按工作条件、用途及铸件损坏所造成的危害程度分为三类，分类定义及检验项目按表4的规定。

表4 铸件分类及检验项目

类别	定义	检验项目
I类	承受重载荷，工作条件复杂，用于关键部位，铸件损坏将危及整机安全运行的重要铸件	外观质量（表面粗糙度、表面缺陷、尺寸精度等）、内在质量（化学成分、力学性能、内部缺陷等）及其他补充要求
II类	承受中等载荷，用于重要部位，铸件损坏将影响部件的正常工作，造成事故	外观质量（表面粗糙度、表面缺陷、尺寸精度等）、内在质量（化学成分、力学性能、内部缺陷等）及其他补充要求
III类	承受轻载荷，用于一般部位	外观质量（表面粗糙度、表面缺陷、尺寸精度等）、内在质量（力学性能或化学成分）

注：铸件类别由需方在图样或有关技术文件中规定；未注明类别的铸件，视为III类铸件

4.5.2 外观质量

铸件的外观质量应符合以下要求：

- a) 铸件非加工表面的粗糙度由需方在图样中规定。无特殊规定时，非加工面表面粗糙度 $Ra \leq 6.3 \mu m$ ，加工面表面粗糙度 $Ra \leq 3.2 \mu m$ ；
- b) 铸件尺寸精度应符合GB/T 42124.3的规定。未注尺寸公差宜按CT7~CT9级执行；
- c) 铸件上不允许有裂纹、冷隔、穿透性缺陷及严重的残缺类缺陷（浇不到、未浇满、机械损伤等）存在；
- d) 铸件待加工表面上允许有经加工可去除的任何缺陷；
- e) 铸件表面应清理干净，浇冒口应清理至与铸件表面齐平；待加工面上的浇冒口残留量应符合表5的规定。

表5 浇冒口残留量

铸件最大尺寸/mm	浇冒口残留量/mm，不大于
<600	5
600~1200	10
>1200	15

4.5.3 内部缺陷

铸件的内部缺陷应采用无损检测方法进行检验，缺陷允许程度应符合表6的规定。

表6 内部缺陷允许程度

缺陷类型	允许程度
气孔/缩松	单个气孔直径 $\leq 1.5mm$ ，且不密集分布；缩松区面积 $\leq$ 受检面积3%
裂纹	不允许存在任何裂纹
夹杂	单个夹杂尺寸 $\leq 1.0mm$ ，密集区面积 $\leq$ 受检面积2%
疏松	II级及以上合格

4.5.4 致密度要求

铸件的致密度应满足以下要求：

- a) 铸件在关键受力区域的密度不低于理论密度的98.5%（理论密度按合金实测成分计算）；
- b) 气密性要求：I类和II类铸件应在0.3MPa气压下保压3min，无渗漏现象。

5 试验方法

汽车发动机缸体/缸盖用高性能铝硅合金铸件技术要求试验方法按表7的规定执行。

表7 试验方法

项目		试验方法	执行标准
材料牌号及化学成分	化学成分	光电直读发射光谱法；仲裁分析采用化学分析方法	GB/T 7999；GB/T 20975（所有部分）
	变质级别	金相组织观察，按标准图谱评定级别	JB/T 7946.1
力学性能	抗拉强度	室温拉伸试验（试样直径 $\Phi 10\text{mm}$ 或 $\Phi 5\text{mm}$ 比例试样）	GB/T 228.1
	屈服强度	室温拉伸试验，测定规定塑性延伸强度	GB/T 228.1
	断后伸长率	室温拉伸试验，断后标距伸长率	GB/T 228.1
	布氏硬度	布氏硬度试验（压头直径 10mm ，试验力 250kgf 或 500kgf ，保持 $10\text{s}\sim 15\text{s}$ ）	GB/T 231.1
铸件状态及热处理	固溶处理温度及保温时间	炉温均匀性测定（ $\pm 5^\circ\text{C}$ ），时间记录仪	GB/T 9452
	淬火介质温度	温度计实测	—
	时效处理温度及保温时间	炉温均匀性测定（ $\pm 5^\circ\text{C}$ ），时间记录仪	GB/T 9452
	固溶处理后转移时间	秒表实测	—
铸造工艺要求	熔炼温度	炉前热电偶或红外测温仪实测，每炉至少3次	—
	浇注温度	浇注过程中快速热电偶测量	—
	液态含氢量	减压凝固法（或氢分析仪快速测定）	GB/T 32183
	金属型模具预热温度	模具表面接触式测温仪测量，每班次至少2次	—
	压铸模具温度	模具表面接触式测温仪测量，每班次至少2次	—
	单铸或附铸试样力学性能	单铸试样：每炉不少于3根，按GB/T 1173制备；附铸试样：每批次不少于1组。试样进行室温拉伸试验和布氏硬度试验。	GB/T 1173； GB/T 9438
铸件分类	铸件分类	核对图样或技术文件标注的类别。I类：关键件（危及安全）；II类：重要件（影响工作）；III类：一般件	目视/文件核对； GB/T 9438
外观质量	表面粗糙度	触针式粗糙度仪测量（取样长度 0.8mm ，评定长度5个取样长度）	GB/T 1031
	尺寸精度	三坐标测量机或常规量具（游标卡尺、千分尺等）测量	GB/T 42124.3
	表面宏观缺陷（裂纹、冷隔等）	目视检查（光照度 $\geq 300\text{ lx}$ ）；必要时着色渗透检测	GB/T 9438；渗透检测参照GB/T 18851.1
	待加工表面缺陷	目视检查，结合加工余量判断	GB/T 9438
	浇冒口残留量	游标卡尺或深度尺测量	GB/T 15114
内部缺陷	气孔/缩松	X射线照相检测（灵敏度 $\leq 2\%$ ，底片黑度 $1.5\sim 3.5$ ），缺陷尺寸及面积测量	GB/T 11346
	裂纹（内部）	X射线检测或超声波检测（直探头频率 $2\text{MHz}\sim 5\text{MHz}$ ，灵敏度 $\Phi 2\text{mm}$ 平底孔）	GB/T 11346； GB/T 6519
	夹杂	X射线照相检测，缺陷测量	GB/T 11346
	疏松	X射线照相检测，按标准图谱评定级别	GB/T 11346
致密度要求	致密度（密度）	排水法（阿基米德原理）测定实际密度；理论密度按合金实测成分计算	GB/T 1423
	气密性	压缩空气加压，浸入水中或喷涂皂液观察气泡	GB/T 9438
注：当检测结果有争议时，化学成分仲裁分析按GB/T 20975（所有部分）执行，力学性能仲裁按GB/T 228.1执行，内部缺陷仲裁按GB/T 11346执行。所有测量和试验用仪器、量具、设备均应经计量检定或校准合格，并在有效期内			