

# 团 体 标 准

T/CFA 020101014—2024

## 汽车空调用压缩机壳体压铸件

Die casting of compressor shell for automotive air conditioning

(公告稿)

2024-3-10 发布

2024-4-10 实施

中国铸造协会 发布



## 目 次

前 言 .....	III
引 言 .....	IV
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语和定义 .....	1
4 通用要求 .....	2
5 技术要求 .....	2
5.1 化学成分 .....	2
5.2 力学性能 .....	2
5.3 尺寸和形状 .....	2
5.4 加工余量 .....	3
5.5 重量公差 .....	3
5.6 铸件毛坯表面质量 .....	3
5.7 内部质量 .....	4
5.8 加工表面的质量 .....	4
5.9 气密性 .....	5
5.10 清洁度 .....	5
6 试验方法 .....	5
6.1 化学成分检验 .....	5
6.2 力学性能检验 .....	6
6.3 尺寸和形状检验 .....	6
6.4 加工余量检验 .....	6
6.5 质量公差检验 .....	6
6.6 铸件毛坯表面质量检验 .....	6
6.7 内部质量检验 .....	6
6.8 加工表面的质量检验 .....	6
6.9 气密性检验 .....	6
6.10 清洁度检验 .....	6
7 检验规则 .....	6
7.1 组批与抽样 .....	6
7.2 判定规则 .....	7
8 标志、质量证明书、包装、储存与运输 .....	7
8.1 标志 .....	7
8.2 质量证明书 .....	7
8.3 包装、储存与运输 .....	8
附录A（资料性）铝液含渣量检验流程 .....	9

附录B (资料性) 铝液氢含量检验规程.....	11
附录C (资料性) 铝液氢气含量等级及试样密度和断口特征.....	15
图 A.1 K 模浇铸的华夫锭尺寸.....	10
图 A.2 K 模照片.....	10
表 1 汽车空调用压缩机壳体压铸件化学成分.....	2
表 2 A 型试样力学性能(压铸试棒).....	2
表 3 压缩机壳体压铸件锥度公差和角度公差.....	3
表 4 压缩机壳体压铸件平面度公差.....	3
表 5 压缩机壳体铸件表面缺陷的质量控制.....	4
表 6 压缩机壳体压铸件致密度等级要求.....	4
表 7 压缩机壳体压铸件加工后表面气孔缺陷.....	5
表 8 压缩机壳体压铸件气密泄漏试验要求.....	5
表 9 压缩机壳体压铸件清洁度要求.....	5
表 10 压缩机壳体压铸件组批与抽样方法.....	7
表A.1 铝液含渣量检验流程.....	9
表B.1 铝液氢含量检验流程.....	11
表C.1 铝液氢气含量等级及试样密度和断口特征.....	15

## 前 言

本文件依据 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压铸分会提出。

本文件由中国铸造协会归口。

本文件起草单位：重庆顺多利机车有限责任公司、重庆大学、重庆庆铃铸铝有限公司、广东鸿特精密技术肇庆有限公司、湖州安达汽车配件有限公司。

本文件起草人：周继群、邓 力、辜 诚、赵建华、毛臣超、张十中、姚加铭、项绍伟、王亚军、雷阳阳、吕力平、王炎辉、张勇、胡纯、杨帆、牟昱霖。

本文件为首次制定。



## 引 言

汽车空调用压缩机壳体质量对系统的运行性能、噪声、振动、安全和使用寿命等有着直接影响。针对汽车空调用压缩机壳体压铸件，目前市场上无标准可循，致使产品质量良莠不齐，迫切需要制定行业相关标准规范及质量要求，以促进和引导市场的健康发展，提高国内新能源汽车关键零部件的核心竞争力。

本文件针对汽车空调用压缩机壳体压铸件普遍性、特殊性要求做出的规定，是汽车空调用压缩机壳体压铸件的生产、检验、使用、质保服务等方面的重要技术依据，有助于提升汽车压缩机壳体压铸件的质量，保证高质量的压缩机。

# 汽车空调用压缩机壳体压铸件

## 1 范围

本文件规定了汽车空调用压缩机壳体压铸件的技术要求、试验方法、检验规则、以及标志、质量证明书、包装、储存和运输。

本文件适用于汽车空调用独立式和非独立式电动驱动、发动机和电机混合驱动的压缩机以及燃油汽车空调压缩机壳体压铸件的生产控制和质量检验。

## 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 1184 形状和位置公差 未注公差值
- GB/T 2828.1 计数抽样检验程序 第 1 部分：按接收质量限（AQL）检索的逐批检验抽样计划
- GB/T 2829 周期检验计数抽样程序及表
- GB/T 5611 铸造术语
- GB/T 6414-2017 铸件 尺寸公差、几何公差与机械加工余量
- GB/T 7999 铝及铝合金光电直读发射光谱分析方法
- GB/T 11351 铸件重量公差
- GB/T 13822 压铸有色合金试样
- GB/T 15056 铸件表面粗糙度评定方法
- GB/T 15114 铝合金压铸件
- GB/T 15115 压铸铝合金
- GB/T 15823 无损检测氦泄漏检测方法
- GB/T 20975 铝及铝合金化学分析方法
- GB/T 22068 汽车空调用电动压缩机总成
- T/CFA 0106012 汽车压铸件孔隙率测定方法

## 3 术语和定义

GB/T 5611、GB/T 22068、T/CFA 0106012 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**压缩机壳体压铸件** die casting of shell compressor

压缩机的密闭壳体，装有用于压缩机运转的前置机械装置和电动设备等，一般由前盖、中盖、后盖三部分压铸件组成。

## 4 通用要求

- 4.1 汽车空调用压缩机壳体铸件（以下简称铸件）应按规定的图样和技术文件制造。  
4.2 有特殊规定时，供方应以合同或协议的规定为准。

## 5 技术要求

### 5.1 化学成分

铸件宜采用 GB/T 15115 -- 2009 中的 YL102、YL112 和 YL113 压铸铝合金，化学成分应符合表 1 要求；当需方有特殊要求时，可由供需双方协商。

表 1 汽车空调用压缩机壳体铸件化学成分

序号	合金代号	化学成分 (%)											
		Si	Cu	Fe	Mn	Mg	Zn	Sn	Ni	Ti	Pb	Cr	Al
1	YL102	10.0~13.0	≤1.0	≤1.0	≤0.35	≤0.10	≤0.40	≤0.15	≤0.5	-	≤0.10	-	其余
2	YL112	7.5~9.5	3.0~4.0	≤1.0	≤0.50	≤0.10	≤2.90	≤0.15	≤0.5	-	≤0.10	-	其余
3	YL113	9.5~11.5	2.0~3.0	≤1.0	≤0.50	≤0.10	≤2.90	-	≤0.30	-	≤0.10	-	其余
4	AC47100	10.5~13.5	0.7~1.2	≤1.3	≤0.55	≤0.35	≤0.55	≤0.10	≤0.30	≤0.2	≤0.2	≤0.1	其余
5	A380	7.5~9.5	3.0~4.0	≤1.3	≤0.50	≤0.10	≤3.0	≤0.35	≤0.50	-	-	-	其余
6	ADC12	9.6~12.0	1.5~3.5	≤1.3	≤0.50	≤0.30	≤1.0	≤0.20	≤0.50	≤0.3	≤0.2	-	其余

### 5.2 力学性能

铸件单铸试样的力学性能应符合表 2 规定。本体试样的取样部位和性能指标等要求，宜由供需双方商定。

表 2 A 型试样力学性能(压铸试棒)

序号	合金代号	抗拉强度 $R_m$ /MPa	断后伸长率 $A$ /%	布氏硬度/HBW
1	YL102, AC47100	≥220	≥2	≥60
2	YL112, A380	≥320	≥3.5	≥85
3	YL113, ADC12	≥230	≥1	≥80

### 5.3 尺寸和形状

#### 5.3.1 尺寸公差

- 5.3.1.1 加工部位的毛坯铸件尺寸公差等级应符合 GB/T 6414-2017 的 DCTG 4 级规定。  
5.3.1.2 铸件定位孔的预留抽芯孔中心位置尺寸公差带应为  $\pm 0.10$  mm。除非另有说明，公差带应相对于基本尺寸对称分布。  
5.3.1.3 其他非机加部位的尺寸公差等级宜符合 GB/T 6414 -- 2017 的 DCTG 6 级规定。

#### 5.3.2 锥度公差和角度公差



铸件锥度公差和角度公差应符合表 3 规定。锥度公差应按锥体母线长度决定，角度公差应按角度短边长度决定，拔模斜度和重要结构的角度尺寸公差应按 1 级，一般结构的角公差可按 2 级执行。

表 3 压缩机壳体压铸件锥度公差和角度公差

精度等级	公称尺寸 mm (锥体母线长度 L)									
	~3	3~6	6~10	10~18	18~30	30~50	50~80	80~120	120~180	180~260
	角度和锥度偏差 $\Delta\alpha$									
1	$\pm 1^\circ 30'$	$\pm 1^\circ 15'$	$\pm 1^\circ 00'$	$\pm 0^\circ 50'$	$\pm 0^\circ 40'$	$\pm 0^\circ 30'$	$\pm 0^\circ 25'$	$\pm 0^\circ 20'$	$\pm 0^\circ 15'$	$\pm 0^\circ 12'$
2	$\pm 2^\circ 30'$	$\pm 2^\circ 00'$	$\pm 1^\circ 30'$	$\pm 1^\circ 15'$	$\pm 1^\circ 00'$	$\pm 0^\circ 50'$	$\pm 0^\circ 40'$	$\pm 0^\circ 30'$	$\pm 0^\circ 25'$	$\pm 0^\circ 20'$

### 5.3.3 形位公差

5.3.3.1 铸件的平面度公差应符合表 4 的规定，其他形位公差应满足 GB/T 1184 的标准。

表 4 压缩机壳体压铸件平面度公差

被测量部位尺寸/mm	公差值/mm
~25	0.05
>25~63	0.10
>63~100	0.15
>100~160	0.20
>160~250	0.25
>250~400	0.30

5.3.3.2 铸件其余位置公差应符合 GB/T 15114 的规定。

### 5.4 加工余量

铸件的机械加工余量应不低于 GB/T 6414 -- 2017 的 C 级。

### 5.5 重量公差

铸件重量公差应符合 GB/T 11351 -- 2017 的 MT5 级。

### 5.6 铸件毛坯表面质量

5.6.1 铸件毛坯表面粗糙度应符合图样规定。

5.6.2 铸件毛坯表面需作抛丸、钝化、阳极氧化、化学氧化处理时，应在图样上注明或与用户商定。

5.6.3 铸件毛坯表面应色泽均匀，无霉斑。

5.6.4 铸件毛坯外表面部位应打磨平整。表面缺陷程度应符合表 5 的规定。

5.6.5 客户有其他要求的，由供需双方商定。

表 5 压缩机壳体压铸件表面缺陷的质量控制

缺陷项目	缺陷程度	每平方米内缺陷数量
拉伤（面积×深）	$< (10 \text{ mm}^2 \times 0.2 \text{ mm})$	$\leq 2$ 处（内外壁都不加工）
	壁一侧有加工，则另一侧毛坯面不允许有拉伤	
凹陷/缺肉（面积×深）	$< (6 \text{ mm}^2 \times 0.5 \text{ mm})$	$\leq 2$ 处
霉斑、锈蚀、油污、花纹	允许有轻微的花纹，其他不允许	
裂纹	不允许	
龟裂纹、毛刺、飞边	外表面允许有 $< 0.25 \text{ mm}$ 的残留高度（包括分型台阶）；内腔不允许有	
推杆痕迹	非加工面允许 $0 \sim 0.5 \text{ mm}$ ；加工面允许 $0 \sim 1.0 \text{ mm}$ ；装饰面不允许	
浇口、溢流口残留高度	待加工表面允许 $0 \sim 1 \text{ mm}$ ；非加工面允许 $0 \sim 0.30 \text{ mm}$	

### 5.6.5 凸纹、网纹及文字和标志

5.6.5.1 铸件凸纹的纹路应平行于脱模方向，网纹的形状应有利于模具制造和铸件脱模。

5.6.5.2 铸件文字和标志的大小及位置应符合产品图样规定，文字和标志突出高度应大于  $(0.5 \pm 0.1) \text{ mm}$ ，笔画线条宽度宜不小于凸出高度的 1.5 倍，线条间距离应大于  $0.3 \text{ mm}$ 。

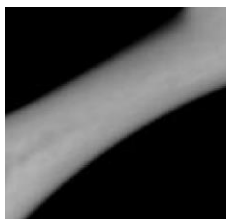
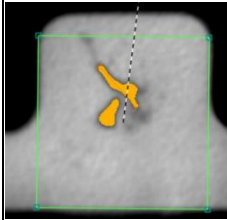
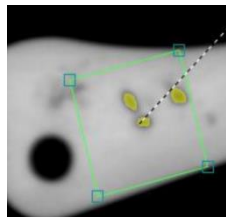
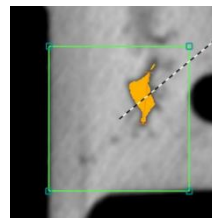
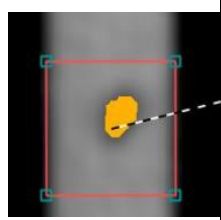
5.6.5.3 铸件脱模斜度应为  $10^\circ \sim 15^\circ$ ，标记和生产时间标记及客户标识，其位置、大小应以尺寸确定，样式、文字内容、图案、线条笔划粗细深浅等应与客户沟通确认并满足用户要求。

### 5.7 内部质量

5.7.1 铸件内部质量应该满足客户图纸和协议要求。

5.7.2 铸件内部气孔缺陷应符合表 6 的规定。铸件的致密度应以指定区域的孔隙面积与指定区域剖面的最大外形面积之比值。

表 6 压缩机壳体压铸件致密度等级要求

等级	1 级	2 级	3 级	4 级	5 级
孔隙率 $p$	$p \leq 1\%$	$1\% < p \leq 2\%$	$2\% < p \leq 3\%$	$3\% < p < 5\%$	$p \geq 5\%$
图例					
判定	合格	合格	合格	合格	不合格

5.7.3 铸件夹渣（K 模）检测及要求见附录 A，检测结果用于生产过程控制，不作为验收依据。

5.7.4 铸件氢气含量的检测和要求见附录 B 和表 C.1 的规定，检测结果用于生产过程控制，不作为验收依据。

### 5.8 加工表面的质量

5.8.1 铸件加工表面的质量宜选用表 7 的规定。

表 7 压缩机壳体压铸件加工后表面气孔缺陷

缺陷项目		铸件加工重要部位 (气孔个数/cm <sup>2</sup> )	铸件的密封部位 (气孔个数/cm <sup>2</sup> )
气孔最大投影平均直径 $\Phi$ , mm	$\Phi \leq 0.3$	$\leq 4$	$\leq 2$
	$0.3 < \Phi \leq 0.5$	$\leq 2$	$\leq 1$
	$0.5 < \Phi \leq 1$	$\leq 1$	不允许
注：允许有不影响使用性能的气孔存在；气孔间距 $\geq 6$ mm，直径 $\leq 0.2$ mm 的非串联性气孔忽略不计			

## 5.9 气密性

铸件经机械加工后，应采用氦气进行泄漏检查，泄漏试验应符合表 8 要求。

表 8 压缩机壳体压铸件气密泄漏试验要求

介质	压力/MPa	保压时间/s	泄漏量/ Pa·m <sup>3</sup> /s
氦气	1.8~2.2	30~35	$\leq 1.0 \times 10^{-6}$

## 5.10 清洁度

铸件型腔内不应有油污、锈蚀、霉斑、飞边毛刺及铝屑等杂物。清洁度要求应符合表 9 的规定，且杂质总重量应不大于 10 mg/m<sup>2</sup>。

表 9 压缩机壳体压铸件清洁度要求

项目	颗粒尺寸 ( $\mu\text{m}$ )	数量 (颗)
金属颗粒	$> 600$	0
	400 ~ 600	$\leq 5$
	150 ~ 400	$\leq 10$
	$< 150$	不计
非金属颗粒	$> 600$	0
	400 ~ 600	$\leq 32$
	150 ~ 400	$\leq 300$
	$< 150$	不计

## 6 试验方法

### 6.1 化学成分检验

铸件化学分析应按以下方法进行：

- 取样应按每炉每批次制备试样，做好批次标记，同时应符合 GB/T 15114 的规定；
- 铸件试样的化学成分的检验应按 GB/T 20975 或 GB/T 7999 的规定执行；

- c) 当结果存在争议时，应按 GB/T 20975 的规定进行；
- d) 供需双方可商定其他检测方法。

## 6.2 力学性能检验

制取的试样应符合 GB/T 13822 -- 2017 的 A 型试样规定。铸件单铸试样力学性能的检验应按照 GB/T 228.1 的规定执行。铸件硬度的检验应按照 GB/T 231.1 的规定执行；如本体取样，取样位置和力学性能指标由供需双方商定。

## 6.3 尺寸和形状检验

铸件的尺寸、角度及形位公差的检验可采用 3D 扫描、三坐标检查仪及常规游标卡尺、高度仪等符合精度等级的量具检验，或按供需双方认可的测量方法进行检验。

## 6.4 加工余量检验

铸件的加工余量宜按供需双方认可的方法进行检验。

## 6.5 质量公差检验

铸件毛坯质量公差的检验可采用称量法。

## 6.6 铸件毛坯表面质量检验

6.6.1 铸件可见的铸造缺陷、加工面缺陷及外观质量可采用目测方法检测。

6.6.2 铸件的表面粗糙度检验和评定应按 GB/T 15056 的规定执行，或采用粗糙度轮廓仪进行检测。

## 6.7 内部质量检验

6.7.1 检验部位为泄漏风险高或者客户有特殊要求的区域，可以使用 CT 或者其他探伤方式进行检验。铸件的致密度（孔隙率）检验按 T/CFA 0106012 执行。

6.7.2 铝液含渣量检验应按附录 A 执行。

6.7.3 铝液氢含量检验应按附录 B 执行。

## 6.8 加工表面的质量检验

检验部位为泄漏风险高或者客户有特殊要求的区域，可使用 CT 或者其他探伤方式进行检验。

## 6.9 气密性检验

铸件的气密性检验应按照 GB/T 15823 的规定执行。

## 6.10 清洁度检验

铸件的清洁度检验宜按供需双方认可的方法进行检验。

## 7 检验规则

### 7.1 组批与抽样

7.1.1 铸件组批与抽样方法应按表 10 执行。

表 10 压缩机壳体压铸件组批与抽样方法

检验项目	组批与抽检方法
化学成分	化学成分的检验频率，每班次应取样一组（3个）。如有特殊要求，由供需双方商定。试样应保留6个月，以备复查
力学性能	单铸试样检验时，检验频次和数量可由供需双方商定。本体试样检验时，取样部位、试样尺寸可由供需双方商定
尺寸和形状	检验频次和数量可由供需双方商定。抽检方法应按 GB/T 2828.1、GB/T 2829 的规定进行
重量公差	检验频次和数量可由供需双方商定。抽检方法应按 GB/T 2828.1、GB/T 2829 的规定进行
表面质量	全检
内部质量	检验频次和数量可由供需双方商定，每批次抽取3件进行内部质量检查
气密性	全检
清洁度	检验频次和数量可由供需双方商定，每批次应抽取3件进行清洁度检查

7.1.2 其他检验项目可协商采用其他手段检验铸件。

## 7.2 判定规则

7.2.1 铸件化学成分第一次检验不合格，允许重新取样，如仍不合格，则判定该炉（批次）合金成分不合格。

7.2.2 铸件力学性能采用压铸试棒进行检验时，试样每组3根。如受检的3根试样中有2根力学性能不合格，则判定该批铸件性能不合格。允许用加倍的试样进行第二次检验，如果第二次检验中有2根试样不合格，但总的平均值合格时，可认为该批铸件力学性能合格。如不合格的试样多于2根，则认为该批铸件力学性能不合格。如该批铸件单铸试样力学性能不合格，从本体取样做力学性能检验，应由供需双方商定。

7.2.3 尺寸公差等的检验结果应符合 GB/T 15114 -- 2009 的 3.3 的规定。

7.2.4 铸件表面质量检验结果应符合 GB/T 15114 -- 2009 的 3.5 的规定。

7.2.5 铸件内部质量的致密度（孔隙率）检验判定应符合附录 C 的规定。

## 8 标志、质量证明书、包装、储存与运输

### 8.1 标志

铸件上应有明显的标志，标志内容应按需包含以下内容：

- a) 制造厂代码或商标；
- b) 产品代码；
- c) 铸件批号。

### 8.2 质量证明书

每批交货的铸件应经制造厂质量部门出厂检验合格后，附有质量证明书。质量证明书应按需包括以下内容：

- a) 制造厂名称；
- b) 需方名称；

- c) 产品图号;
- d) 材料的牌号;
- e) 产品名称;
- f) 检验结果;
- g) 技术质量监督部门标记;
- h) 质量证明书签发日期。

### 8.3 包装、储存与运输

宜由供需双方商定。

附录A  
(资料性)  
铝液含渣量检验流程

## A.1 铝液含渣量检验流程

表A.1 铝液含渣量检验流程

序号	作业步骤	工作内容	关键要素
1	准备工作	1.应准备好取样工具：K 模模具、汤勺、铁锤。 2.应穿戴好劳保用品。 3.应检查模具内外清静，重合两面应擦试干净。 4.模具应放在转运包上预热。	1.K 模模具完好。 2.取样工具齐全、穿戴好劳保。 3.预热到（200~300）℃温度。
2	制取试样	1.将铝液浇注到模具中，浇注时应除去铝液上的氧化物，并稳定倒入。 2.待铝液完全凝固时，才可打开模具。 3.打开模具，检查试样完整性，如不完整应重新制取，做齐之后，应送交检测室进行判定。 4.待试样冷却后，应切掉浇冒口，并用铁锤断成小块，每个试样断开数量为 5 块。 5.仔细检查样品可含有黄褐色氧化渣，黑色或灰色非金属夹杂物，溶剂夹渣，纯白色颗粒，并应用记号笔将渣点圈出。	1.应去除铝液上的氧化物，并匀速浇注。 2.试样应完整。 3.应用 K 模浇样 4 模，共 20 个断面（对试样所用到的断面进行编号）；当 K 值有效控制在 < 0.1 时，检验频率应为 1 次/12 h。 4.光线良好，清点应准确（必要时可用高倍放大镜）。 注：由于含硅量过高，或铝液温度造成样块中间有收缩、疏松不应属渣点范畴。
3	K 值计算	1.含渣数量（有杂质端面个数）用 N 表示，检查的断面数（20 个）用 S 表示，则 K 值计算法为： $K \text{ 值} = N/S$	1.计算应准确。
4	结果判定	1.K 值=0 时，为非常纯净的铝液，结果判定为一级，铝液符合要求。 2.K 值<0.1 时，为纯净的铝液，结果判定为二级，铝液符合要求。 3.K 值 0.1-0.2 时，为比较纯净的铝液,结果判定为三级，铝液符合要求。 4.K 值>0.2 时，铝液纯净度不符合要求。	1.K 值在 0.2（含）以下或符合客户要求为合格品。 2.结果记录。 3.不合格时的反应计划：当铝液 K 值不符合要求时，应在所添加该批次铝液的保温炉抽样检查两个值，当抽样结果符合要求时，判定该批次铝液合格；当不符合要求时，应对保温炉进行除渣处理，并进行再次抽样检查，同时对产品进行成分分析，直至符合要求。

注：1) K 模浇铸而成的华夫（waffle）锭尺寸大约为 40 mm× 36 mm× 8 mm，见图 A.1；

2) 检验方法：目视；

3) 图 A.2 为 K 模照片。

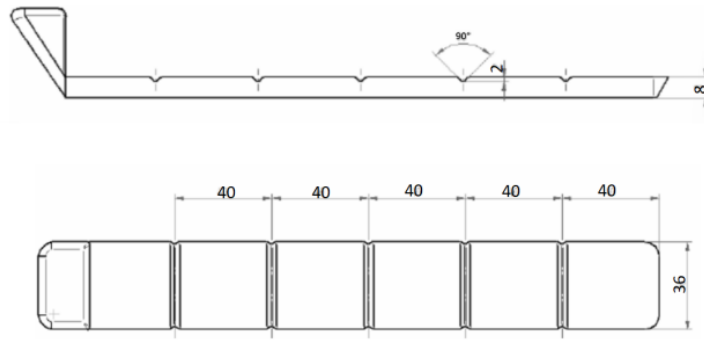


图 A.1 K 模浇铸的华夫锭尺寸










图 A.2 K 模照片










附录B  
(资料性)  
铝液氢含量检验流程

表B.1 铝液氢含量检验流程

设备名称	测氢仪	极限真空度	- 0.097 MPa
测量方法	减压凝固检验法(定性法)	设备单次采样时间	≈ 5 min
序号	操作步骤	图片说明	操作说明
1	清洁真空室底座及真空罩密封圈	 <p>真空罩密封圈 真空室底座</p>	<p>1.1 打开电源开关对机器进行预热, 预热时间<math>\geq 10</math> min;</p> <p>1.2 检查及清洁真空罩密封圈部位以及真空室底座结合部位;</p> <p>1.3 当检查发现真空罩密封圈出现破损、缺口时, 应及时进行更换</p>
2	检查坩埚		<p>2.1 检查镍质坩埚是否完好, 锅口有无缺口及不圆;</p> <p>2.2 用手轻拭坩埚表面查看是否有被覆剂粉末;</p> <p>2.3 若被覆剂不够时应将坩埚放在转运包上 10 cm 范围内预热 10min后刷被覆剂并烘干, 刷一次被覆剂可操作(8~10)次</p>
3	保温炉注水口除渣		<p>3.1 带上隔热手套将除渣勺放置于铝水表面(4~6) cm处用转运包辐射热烘干预热 30s;</p> <p>3.2 用烘干预热好的除渣勺轻轻舀去转运包铝液表面浮渣, 直至转运包表面浮渣清理干净</p>

<p>4</p>	<p>坩埚预热</p>		<p>4.1 用坩埚钳夹紧坩埚边缘部位将坩埚放置于铝水表面（4~6）cm处烘干预热（30~45）s确保坩埚及坩埚钳完全烘干并预热</p>
<p>5</p>	<p>舀取铝水</p>		<p>5.1 握紧坩埚钳左右晃动扫开表面浮渣，再将预热好的坩埚浸入铝水中（3~5）cm深，静置 5s后舀取</p>
<p>6</p>	<p>放置坩埚在真空底座上</p>		<p>6.1 舀取铝水后在15s内将盛有铝水的坩埚放置在真空底座隔热棉上</p>
<p>7</p>	<p>盖上真空罩</p>		<p>7.1 及时盖上清理好的真空罩</p>

8	启动真空泵		<p>8.1 按下绿色启动按钮启动真空泵及时间继电器；</p> <p>(★真空负压压力表压力(-0.08~-0.1) MPa，真空保压时间(3.5~5) min)</p>
9	减压凝固		<p>9.1 真空泵处于工作状态时绿色应启动灯亮，时间继电器开始计时；</p> <p>9.2 坩埚试样内氢原子结合开始析出氢气，试样进入减压凝固阶段，此阶段真空室内应处于相对真空状态</p>
10	关闭机器		<p>10.1 保压时间达到预定时间后真空泵应停止工作，“停止”指示灯亮，机器正上方报警灯闪烁(1次/s)</p> <p>10.2 轻按“停止”按钮关掉机器，报警灯停止闪烁，计时器清零</p>
11	移开试样		<p>11.1 揭开真空罩、用坩埚钳及时移开坩埚及试样至安全位置</p> <p>※：为防止真空室及真空罩部位过热，应及时移走坩埚及试样可以缩短机器连续操作间隔时间</p>
12	冷却、取出试样		<p>12.1 待试样冷却(1.5~2) min后应用坩埚钳夹持坩埚倒出试样</p>

13	测量试样密度		<p>13.1 取出的试样应在常温下冷却或放在水中冷却，严禁将试样与坩埚一起放在水中冷却；</p> <p>13.2 将冷却后的试样编号并应用专用天平测试试样密度</p>
14	解剖试样		<p>14.1 应将试样解剖后与标准进行对比以确定含氢量并作好记录</p>

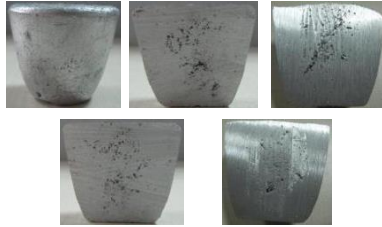
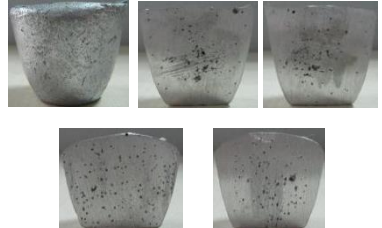
注：1. 密度测量使用 YP601N 专用电子天平测量试样实际重量  $W_1$  和在水中重量  $W_2$ ，则简化后的密度测量公式为

$$\rho = W_1 / (W_1 - W_2);$$

2. 密度标准及解剖后试样氢气含量标准参见本文件附录 C；
3. 机器不适合长时间连续运作，(10~30)°C 两次操作机器应休息 10 min，30 °C~ 40 °C 试验间隔应不大于 15 min；
4. 设备关键技术要求：
  - ①使用环境：海拔高度 ≤ 1500 m，环境温度在 (0~40) °C 之间；
  - ②真空度控制精度：± 0.2 kPa；
  - ③检测密度指数值的精度：< 0.02；
  - ④测量结果显示精度：0.01；
  - ⑤测量重复精度：±0.001 g；
  - ⑥测量响应时间：≤2s。

附录C  
(资料性)  
铝液氢气含量等级及试样密度和断口特征

表C.1 铝液氢气含量等级及试样密度和断口特征

等级	密度	等级判定及反应措施	断口特征	参照图
1 级	$\rho \geq 2.65 \text{ g/cm}^3$	正常	试样呈凹陷状态，试样解剖后无气孔；允许有(1~5)个缩孔；	
2 级	$2.60 \leq \rho < 2.65$	正常	试样平整或轻微凹陷，解剖后气孔在 $\phi 3 \text{ mm}$ 以下；允许有 $\phi 4.5 \text{ mm}$ 以下的缩孔；气缩孔主要集中在中间区域	
3 级	$\rho < 2.60$	不符合要求，再次进行除气。二次除气还不符合要求时，则判定不合格	试样轻微凸起、试样解剖后整个表面都分布有大小不等的气孔或者缩孔	

注：以上氢气含量检测比对方案为YL113/ADC12 的要求。