

GJB

中华人民共和国国家军用标准

FL 0180

GJB 1695—93

铸造铝合金热处理规范

Specification for heat treatment of
cast aluminium alloys

1993—09—30 发布

1994—06—01 实施

国防科学技术工业委员会 批准

铸造铝合金热处理规范

GJB 1695—93

Specification for heat treatment of cast aluminium alloys

1 范围

1.1 主题内容

本规范规定了铸造铝合金各种热处理状态、工艺规范、提出了热处理过程中有关设备和工艺的技术要求及质量保证规定。

1.2 适用范围

本规范适用于铸造铝合金热处理。

1.3 分类

1.3.1 铸造铝合金热处理分类、状态代号及用途见表 1。

表 1 铸造铝合金热处理的分类及状态

| 热处理类别 | 热处理状态代号 | 用 途 |
|-----------------------|----------------|--|
| 人 工 时 效 | T ₁ | 对湿砂型、金属型特别是压铸件,由于冷却速度较快有部分固溶效果,人工时效可提高强度、硬度,改善切削加工性能。 |
| 退 火 | T ₂ | 消除铸件在铸造和加工过程中产生的应力,提高尺寸稳定性及合金的塑性。 |
| 固溶热处理 加自然时效 | T ₄ | 通过加热、保温及快速冷却实现固溶强化以提高合金的力学性能,特别是提高合金的塑性及常温抗腐蚀性能。 |
| 固溶热处理加 不完全人 工时效 | T ₅ | 固溶处理后进行不完全人工时效,时效是在较低的温度或较短的时间下进行,进一步提高合金的强度和硬度。 |
| 固溶热处理加 完全人工时效 | T ₆ | 可获得最高的抗拉强度,但塑性有所下降,时效在较高温度或较长时间下进行。 |
| 固溶热处理加 稳定化处理 | T ₇ | 提高铸件组织和尺寸稳定性及合金的抗腐蚀性能,主要用于较高温度下工作的零件,稳定化温度可接近于铸件的工作温度。 |

续表 1

| 热处理类别 | 热处理状态代号 | 用 途 |
|----------------|----------------|-------------------------------------|
| 固溶热处理加 软化处理 | T ₈ | 固溶热处理后采用高于稳定化处理的温度,获得高塑性和尺寸稳定性好的铸件。 |
| 冷热循环处理 | T ₉ | 充分消除铸件内应力及稳定尺寸。用于高精度铸件。 |

1.3.2 铸件热处理的状态应在产品图样中注明。

2 引用文件

- GB 228—87 金属拉伸试验方法
 GB 231—84 金属布氏硬度试验方法
 GB 1173—86 铸造铝合金技术条件
 GJB 509—88 热处理工艺质量控制规范

3 要求

3.1 加热设备

3.1.1 铸造铝合金热处理应采用带风扇的空气循环电阻加热炉,并符合 GJB 509 表 2 中 I 类设备的技术要求。

3.1.2 加热炉的每个加热区应有两个热电偶,一个接温度自动控制仪表和报警装置,宜固定在加热器的附近,另一个接温度指示自动记录仪表,必须安装在炉子的有效工作区。

3.1.3 每台加热炉应定期按 GJB 509 表 2 中 II 类设备的技术要求进行检验,检定周期一般不超过半年。

3.1.4 每台加热炉都应备有检定合格证及日期。

3.2 温度控制设备

3.2.1 现场检测设备的精度应高于被检测设备的精度。

3.2.2 加热炉的自动控温仪表,一般采用精度不低于 0.3 级的指示温度不超过 600℃ 的电子电位计,以及偶丝直径为 0.5~2.5mm 的热端裸露的镍铬—镍硅,镍铬—镍铝热电偶。

3.2.3 加热炉使用的自动控温仪表和热电偶,在开始使用前及使用过程中均应进行检定,并附有标明误差的合格证,其检定周期不超过半年。

3.3 淬火槽

3.3.1 淬火槽应尽量设在紧靠加热炉的位置,以保证加热铸件快速浸入淬火槽。

3.3.2 淬火槽应有足够容量,保证淬火铸件全部浸入淬火介质中的同时迅速冷却。

3.3.3 淬火槽应设加热装置及温度显示装置或感温元件,水槽应有水的流入和泄出的循环装置,以保证水温及其均匀性。

3.3.4 淬火槽应备有槽盖,槽中的水更换周期一般不超过三个月。

3.4 设备鉴定

下述情况之一均应按 GJB 509 表 2 中 I 类的设备要求进行鉴定：

- a. 新购热处理加热炉及控温仪表；
- b. 确认由于设备故障生产出不合格铸件；
- c. 关键设备大修后；
- d. 设备使用有效期已到；

3.5 热处理工艺

3.5.1 热处理前的准备

3.5.1.1 对加热炉、自动控温仪表、热电偶补偿线、吊车、淬火槽等设备的状况进行使用前的检查。

3.5.1.2 所列合金代号的化学成分应符合 GB 1173 或相应标准的规定。

3.5.1.3 清理铸件表面油污及脏物，保持入炉前铸件干净。

3.5.1.4 工艺文件及工装夹具齐全。

3.5.2 装炉

3.5.2.1 按合金代号、铸件几何尺寸和热处理制度分类装炉。

3.5.2.2 铸件要求装在加热炉有效工作区。

3.5.2.3 容易产生翘曲变形的铸件，可设计制造专用热处理夹具或框架。

3.5.2.4 铸件装炉时不应密集堆放，各铸件之间、框架各层之间、铸件与加热的隔热罩之间均应留有适当的距离，以防止变形和获得满意的加热和冷却效果。

3.5.2.5 检查铸件力学性能的单铸或附铸试样，应与同熔炼炉批的铸件同炉热处理。

3.5.3 热处理制度

3.5.3.1 铸造铝合金固溶热处理的温度应按表 2 规定。

3.5.3.2 时效处理的温度及固溶和时效处理保温时间，可根据铸件的力学性能要求、化学成分、铸造方法、铸件壁厚等因素选取，一般含镁或含铜量较高，大截面铸件，可取较长的保温时间和较低的时效温度。

表 2 铸造铝合金热处理制度

| 序号 | 合金代号 状态 | 固 溶 热 处 理 | | | 时 效 | | | |
|----|------------|----------------|-----------|--------------|-------------|----------|-----------|--------|
| | | 温 度 ℃ | 保温时间 h | 冷却介质 及温度℃ | 最长转移 时间s | 温 度 ℃ | 保温时间 h | 冷却介质 |
| 1 | ZL101 | T ₂ | — | — | — | 290~310 | 2~4 | 空气或随炉冷 |
| | | T ₄ | 530~540 | 2~6 | 60~100水 | 室温 | ≥24 | — |
| | | T ₅ | 530~540 | 2~6 | 60~100水 | 145~155 | 3~5 | 空气 |
| | | T ₆ | 530~540 | 2~6 | 60~100水 | 195~205 | 3~5 | 空气 |
| | | T ₇ | 530~540 | 2~6 | 60~100水 | 220~230 | 3~5 | 空气 |
| | | T ₈ | 530~540 | 2~6 | 60~100水 | 245~255 | 3~5 | 空气 |
| 2 | ZL102 | T ₂ | — | — | — | 290~310 | 2~4 | 空气或随炉冷 |
| 3 | ZL104 | T ₁ | — | — | — | 170~180 | 3~17 | 空气 |
| | | T ₆ | 530~540 | 2~6 | 60~100水 | 170~180 | 8~15 | |
| 4 | ZL105 | T ₁ | — | — | — | 175~185 | 5~10 | 空气 |
| | | T ₅ | 520~530 | 3~5 | 60~100水 | 170~180 | 3~10 | |
| | | T ₇ | 520~530 | 3~5 | 60~100水 | 220~230 | 3~10 | |
| 5 | ZL106 | T ₁ | — | — | — | 175~185 | 3~5 | 空气 |
| | | T ₅ | 510~520 | 5~12 | 60~100水 | 145~155 | 3~5 | |
| | | T ₈ | 510~520 | 5~12 | 60~100水 | 170~180 | 3~10 | |

续表 2

| 序号 | 合金代号 | 热处理状态 | 固溶热处理 | | | | 时效 | | |
|----|--------|----------------|------------------------------|------------|--------------|--------------|---------|-----------|------|
| | | | 温度 ℃ | 保温时间 h | 冷却介质 及温度℃ | 最长转移 时间 s | 温度 ℃ | 保温时间 h | 冷却介质 |
| 5 | ZL106 | T ₇ | 510~520 | 5~12 | 60~100 水 | 25 | 225~235 | 6~8 | 空气 |
| 6 | ZL107 | T ₆ | 510~520 | 8~10 | 60~100 水 | 25 | 160~170 | 6~10 | 空气 |
| 7 | ZL108 | T ₁ | — | — | — | — | 190~210 | 10~14 | — |
| | | T ₆ | 510~520 | 3~8 | 60~100 水 | 25 | 175~185 | 10~16 | 空气 |
| | | T ₇ | 510~520 | 3~8 | 60~100 水 | 25 | 200~210 | 6~10 | — |
| 8 | ZL109 | T ₁ | — | — | — | — | 200~210 | 6~10 | 空气 |
| | | T ₆ | 495~505 | 4~6 | 60~100 水 | 25 | 180~190 | 10~14 | — |
| 9 | ZL111 | T ₆ | 分段加热 500~510 再 515~525 | 4~6 6~8 | 60~100 水 | 25 | 170~180 | 5~8 | 空气 |
| | | T ₅ | 530~540 | 4~6 | — | — | 155~165 | 4~8 | — |
| 10 | ZL114A | T ₆ | 530~540 | 6~10 | 60~100 水 | 25 | 160~170 | 5~10 | — |
| | | T ₄ | 535~545 | 10~12 | — | — | 室温 | ≥24 | 空气 |
| 11 | ZL115 | T ₅ | 535~545 | 10~12 | 600~100 水 | 25 | 145~155 | 3~5 | — |
| | | T ₄ | 530~540 | 8~12 | — | — | 室温 | ≥24 | — |

续表 2

| 序号 | 合金代号 | 热处理状态 | 固溶热处理 | | | | 时效 | | | |
|----|--------|----------------|----------------------|------------|--------------|-------------|---------|-----------|------|--|
| | | | 温度 ℃ | 保温时间 h | 冷却介质 及温度℃ | 最长转移 时间s | 温度 ℃ | 保温时间 h | 冷却介质 | |
| 12 | ZL116 | T ₅ | 530~540 | 8~12 | 60~100水 | 25 | 170~180 | 4~8 | 空气 | |
| 13 | ZL201 | T ₄ | 分段加热 | | | | | | | |
| | | | 525~535 再 535~545 | 5~9 5~9 | 60~100水 | | 室温 | ≥24 | — | |
| 14 | ZL203 | T ₅ | 分段加热 | | | | | | | |
| | | | 525~535 再 535~545 | 5~9 5~9 | 60~100水 | 20 | 170~180 | 3~5 | 空气 | |
| 15 | ZL204A | T ₄ | 510~520 | 10~16 | 60~100水 | 25 | 室温 | ≥24 | 空气 | |
| | | | 510~520 | 10~15 | 60~100水 | 25 | 145~155 | 2~4 | | |
| 16 | ZL205A | T ₆ | 533~543 | 10~18 | 室温~60水 | 20 | 170~180 | 3~5 | | |
| | | | 533~543 | 10~18 | 室温~60水 | 20 | 150~160 | 8~10 | | |
| 17 | ZL207 | T ₇ | 533~543 | 10~18 | 室温~60水 | 20 | 170~180 | 4~6 | 空气 | |
| | | | 533~543 | 10~18 | 室温~60水 | 20 | 185~195 | 2~4 | | |
| | | T ₁ | — | — | — | 195~205 | 5~10 | 空气 | | |

续表 2

| 序号 | 合金代号 | 热处理状态 | 固溶热处理 | | | | 时效 | | |
|----|-------|----------------|------------------------------|-------------|------------------|-------------|---------|-----------|------|
| | | | 温度 ℃ | 保温时间 h | 冷却介质 及温度℃ | 最长转移 时间s | 温度 ℃ | 保温时间 h | 冷却介质 |
| 18 | ZL301 | T ₄ | 425~435 | 12~20 | 沸水或 50~ 100℃油 | 25 | 室温 | ≥24 | — |
| 19 | ZL303 | T ₁ | — | — | — | — | 170~180 | 4~6 | — |
| | | T ₄ | 420~430 | 15~20 | 沸水或 50~ 100℃油 | 25 | 室温 | ≥24 | 空气 |
| 20 | ZL305 | T ₄ | 分段加热 430~440 再 485~495 | 8~10 6~8 | 沸水或 50~ 100℃油 | 25 | 室温 | ≥24 | — |
| 21 | ZL401 | T ₁ | — | — | — | — | 195~205 | 5~10 | 空气 |
| 22 | ZL402 | T ₁ | — | — | — | — | 175~185 | 8~10 | 空气 |

注: ZL101A、ZL105A 合金的热处理可参照 ZL101、ZL105 合金规范进行。

- 3.5.3.3 同一热处理炉次中装有不同厚度的铸件时,应按最大厚度确定加热保温时间。
- 3.5.3.4 铸件应在低于处理温度下装炉,其升温速度小于 $200^{\circ}\text{C}/\text{h}$ 或采取阶段加热,减少铸件内外温差。
- 3.5.3.5 淬火冷却介质,一般可采用表 2 的热水,对于形状复杂容易产生变形和裂纹的铸件,可在沸水或热油中淬火。
- 3.5.3.6 为得到满意的固溶热处理效果,应尽量缩短淬火转移时间,要求淬火前充分做好准备工作,铸件从炉门打开到完全浸入淬火介质中的时间一般不超过表 2 规定。
- 3.5.3.7 铸件在淬火介质中停留的浸泡时间,以铸件最大厚度为确定依据,但不应少于 2min。
- 3.5.3.8 铸件冷热循环处理(T_c)。
- 对有较高精度要求的铸件,可将其于固溶热处理或时效处理后进行粗加工,粗加工后单边余量不大于 0.5mm,然后按表 3 的制度 1 进行冷热循环处理后再精加工;
 - 对于要求尺寸稳定性更高的铸件,可将其于固溶热处理或时效处理后进行粗加工,粗加工后单边余量不大于 0.5mm,然后按表 3 的制度 1 进行冷热循环处理后再进行半精加工,半精加工后单边余量不大于 0.2mm,最后按表 3 制度 2 进行冷热循环处理后再精加工;
 - 冷热循环处理制度按表 3。

表 3 冷热循环处理制度

| 制度序号 | 制度名称 | 温 度 $^{\circ}\text{C}$ | 时 间 h | 冷 却 方 式 |
|------|------|------------------------|-------|-------------------------------------|
| 1 | 正温处理 | 135~145 | 4~6 | 空冷 |
| | 负温处理 | ≤ -50 | 2~3 | 在空气中回复到室温 |
| | 正温处理 | 135~145 | 4~6 | 随炉冷至 $\leq 60^{\circ}\text{C}$ 取出空冷 |
| 2 | 正温处理 | 115~125 | 6~8 | 空冷 |
| | 负温处理 | ≤ -50 | 6~8 | 在空气中回复到室温 |
| | 正温处理 | 115~125 | 6~8 | 随炉冷至室温 |

3.5.4 重复热处理

- 3.5.4.1 当铸件热处理后力学性能不合格时,可进行重复热处理,重复热处理的保温时间可酌情减少,固溶热处理重复次数一般不超过二次。
- 3.5.4.2 固溶热处理时由于客观原因中断保温,在短时间内不能恢复工作时,应将铸件出炉淬火,再次装炉热处理时的保温时间应与第一次的保温时间累计计算,其总的保温时间可稍延长,时效处理发生上述类似情况时,则有效保温时间可等于或稍长于原规定保温时间。
- 3.6 热处理工、仪表工、检验工必须按 GJB 509 规定进行培训。

4 质量保证规定

4.1 检验职责

- 4.1.1 除另有规定外,质量保证部门应负责保证本规范的要求得到满足。

4.1.2 有关质量检验技术文件,必须经质量保证部门会签。

4.2 检验和试验项目

4.2.1 铸件热处理前的检查:确认铸件热处理前的所有工序全部按工艺要求进行完毕。

4.2.2 设备检查:设备应按本规范 3.1 及 3.2 条的要求进行检查和鉴定并备有合格标记。

4.2.3 工艺过程中的检查:工艺过程中应对加热温度、保温时间、淬火的转移时间等进行工序巡回检查。

4.2.4 铸件热处理后的检查

a. 外观检查:检查热处理后铸件出现裂纹、表面起泡、氧化变黑、翘曲变形。

b. 荧光检查:检查目视发现不了的表面裂纹。

c. 力学性能检查:检查单铸、附铸或从铸件上切取试样的力学性能。

d. 金相检查:检查热处理过烧及固溶不完全等。

4.3 试验方法

4.3.1 拉伸试验方法按 GB 228 进行。

4.3.2 布氏硬度试验方法按 GB 231 进行。

4.3.3 荧光检查按相应试验方法进行。

4.4 验收规则

4.4.1 采用单铸或从铸件上切取试样检查力学性能时,其试样规格应符合 GB 1173 或相应标准的规定。

4.4.2 力学性能试样的送检数量及验收规则按 GB 1173 或相应标准的规定。

4.4.3 铸件热处理的检验项目应在热处理工艺文件中明确。

4.4.4 确认由于热处理工艺或设备导致铸件热处理质量出现偏差时应立即停产,直到偏差得到纠正。对于生产的可疑铸件要及时隔离并进行检验,分成合格品及不合格品并进行处理。

4.5 人员要求

按规定培训的热处理工、仪表工、检验工必须经过考核取得合格证后方可上岗。

4.6 原始记录

4.6.1 每台加热炉应备有专门记录:炉子编号和类型,使用温度范围,温度均匀性检查周期及结果,热电偶的编号及位置以及大修后的状况等。

4.6.2 在完成热处理工艺及检验后,操作工及检验员应在工艺路线卡上填写数量、日期并签名,意外情况必须注明。

4.6.3 应填写热处理生产记录卡,该卡应记录加工主要参数、炉号、数量、检验结果、加工中的故障、排除措施、日期及工人和检验员签字。

4.6.4 热处理温度记录表纸上,应填写铸件图号、批号、数量及日期,工人及检验员签字。

4.6.5 上述原始记录随铸件一同交检,最后由热处理检验员汇总归档。

4.6.6 归档原始记录保存期为四年。

附加说明：

本标准由航空航天工业部提出。

本标准由航空航天部材料工艺标准化技术归口单位归口。

本标准由五一厂、七二五所、六二一所、四〇七厂起草。

本标准主要起草人：熊仪、陈祖秀、袁成祺、宋芳珍。

计划项目代号：90036