



# 中华人民共和国国家军用标准

FL 6210

GJB 8506-2015

---

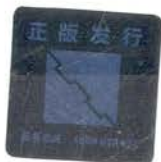
## 航天用铝锂合金锻件规范

Specification for aluminium lithium alloy forgings for aerospace

2015-09-24 发布

2015-12-01 实施

---



中国人民解放军总装备部 批准

## 前 言

本规范的附录 A 为规范性附录。

本规范由中国人民解放军总装备部电子信息基础部提出。

本规范起草单位：西南铝业(集团)有限责任公司、中国有色金属工业标准计量质量研究所、航天 703 所、航天科技集团公司八院八〇五所、航天 708 所、航天 211 厂。

本规范主要起草人：李瑞山、方清万、贺东江、陈永来、张宇玮、曾庆华、王 勇、刘志盈、陈丽芳、鲁定远。

# 航天用铝锂合金锻件规范

## 1 范围

本规范规定了航天用铝锂合金锻件的要求。

本规范适用于铝锂合金模锻件及自由锻件(以下简称锻件)。

## 2 引用文件

下列文件中的有关条款通过引用而成为本规范的条款。凡注日期或版次的引用文件,其后的任何修改单(不包括勘误的内容)或修订版本都不适用于本规范,但提倡使用本规范的各方探讨使用其最新版本的可能性。凡不注日期或版次的引用文件,其最新版本适用于本规范。

GB/T 3190 变形铝及铝合金化学成分

GB/T 3199 铝及铝合金加工产品 包装、标志、运输、贮存

GB/T 3246.1 变形铝及铝合金制品组织检验方法 第1部分:显微组织检验方法

GB/T 3246.2 变形铝及铝合金制品组织检验方法 第2部分:低倍组织检验方法

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 8170 数值修约规则与极限数值的表示和判定

GB/T 8545 铝及铝合金模锻件的尺寸偏差及加工余量

GB/T 16865 变形铝、镁及其合金加工制品拉伸试验用试样及方法

GB/T 17432 变形铝及铝合金化学成分分析取样方法

GB/T 20975(所有部分) 铝及铝合金化学分析方法

YS/T 600 铝及铝合金液态测氢方法 闭路循环法

## 3 要求

### 3.1 牌号、状态

锻件的合金牌号、供应状态应符合表1的规定。

表 1

牌号	状态
5A90	T6

### 3.2 化学成分

5A90 合金锻件的化学成分应符合表2的规定。

表 2

牌号	化学成分(质量分数), %										
	Si	Fe	Cu	Na	Mg	Li	Zr	Ti	其他杂质		Al
									单个	合计	
5A90	≤0.15	≤0.2	≤0.05	≤0.0015	4.5~6.0	1.9~2.3	0.08~0.15	≤0.1	≤0.05	≤0.10	余量

## 3.3 氢含量

锻件的氢含量在每 100 克固体金属中不大于  $89.9\mu\text{g}$  ( $1.0\text{cm}^3$ )。合同中注明用于焊接件的锻件, 其氢含量在每 100 克固体金属中不大于  $35.96\mu\text{g}$  ( $0.4\text{cm}^3$ )。

## 3.4 力学性能

3.4.1 模锻件的室温拉伸力学性能应符合表 3 的规定。

表 3

牌 号	试样状态	取样方向	抗拉强度 $R_m$ , MPa	规定非比例延伸强度 $R_{p0.2}$ , MPa	断后伸长率 $A$ , %
5A90	T6	顺流线方向	$\geq 405$	$\geq 205$	$\geq 7$
		非流线方向(长横向)			

3.4.2 自由锻件的室温拉伸力学性能应符合表 4 的规定。

表 4

牌 号	试样状态	热处理厚度 mm	取样方向	抗拉强度 $R_m$ , MPa	规定非比例延伸强度 $R_{p0.2}$ , MPa	断后伸长率 $A$ , %
5A90	T6	$\leq 100$	纵向	$\geq 405$	$\geq 205$	$\geq 7$
			长横向			
			短横向(高向)	$\geq 350$	$\geq 200$	$\geq 4$

## 3.5 超声检测

锻件应采用接触法 100% 进行超声检测, 超声检测的方向和位置按锻件图规定, 其允许的缺陷当量应符合表 5 的规定。

表 5

单位为毫米

单个缺陷 <sup>a b</sup>	多个缺陷 <sup>b</sup>		长条状缺陷 <sup>b</sup>	
当量平底孔直径	每个缺陷当量平底孔直径	指示中心间距	缺陷任何部位反射当量平底孔直径	指示长度
$\leq 2.5$	$> 1.6$	$> 25$	$\geq 1.6$	$\leq 25$
<sup>a</sup> 单个缺陷的当量平底孔直径不小于 1.6mm 时, 应如实记录。 <sup>b</sup> 对于在成品零件外轮廓线 10mm 以外并超过规定标准的缺陷可不予计算。				

## 3.6 低倍组织

3.6.1 模锻件低倍组织中的流线方向应最大限度地与模锻件的外轮廓接近。

3.6.2 锻件的低倍试样上, 不应有裂纹、初晶和不符合表 6 规定的粗大非金属夹杂物和细线状分层。

表 6

受检面积, $\text{m}^2$	非金属夹杂或化合物的面积, $\text{mm}^2$		细线状分层的长度, mm	
	单个面积	总面积	单个长度	总长度
$< 0.1$	$\leq 2$	$\leq 12$	$\leq 5$	$\leq 30$
$\geq 0.1$	$\leq 2$	$\leq 20$	$\leq 5$	$\leq 50$

3.6.3 锻件的断口组织中不应有裂纹、初晶和不符合表 7 规定的粗大非金属夹杂物和氧化膜。

## 3.7 显微组织

锻件的显微组织不允许有过烧。

表 7

受检面积, m <sup>2</sup>	非金属夹杂或氧化膜的面积, mm <sup>2</sup>	
	单个面积	总面积
<0.1	≤2	≤12
≥0.1	≤2	≤20

### 3.8 尺寸

自由锻件的几何形状、外形尺寸、允许偏差及加工余量应符合供需双方签订的锻件图样规定, 模锻件的几何形状、外形尺寸允许偏差及加工余量应符合供需双方签订的锻件图样及 GB/T 8545 的规定。

### 3.9 外观质量

3.9.1 自由锻件可不蚀洗, 表面上的裂纹和折叠应全部清除。其他缺陷允许检验清理, 确定其深度。清除或不清除缺陷的部位应留有三分之一的名义加工余量。

3.9.2 模锻件需蚀洗, 其表面应光滑、洁净和无腐蚀。

3.9.3 待加工模锻件表面上的裂纹、折叠和腐蚀斑痕应清除。起皮、气泡、碰伤、压入物及其他缺陷允许清理, 确定其深度。清除或不清除缺陷的部位应保证留有二分之一的名义加工余量。

3.9.4 非加工模锻件表面上的裂纹、折叠及影响使用的其他缺陷均应清除。清除缺陷的部位应保证模锻件的单面极限尺寸。

### 3.10 表面状况

模锻件清除部位应圆滑转接。非加工表面的缺陷清除宽度应不小于深度的六倍, 表面粗糙度 ( $R_a$ ) 的最大允许值为  $6.3\mu\text{m}$ 。

### 3.11 产品标志

在验收合格的锻件上, 应逐件打印如下标志(或贴标签):

- a) 供方技术监督部门的检印;
- b) 合金牌号;
- c) 供应状态;
- d) 锻件代号或规格;
- e) 产品批号;
- f) 熔次号、热处理炉次号及锻件的顺序号。

## 4 质量保证规定

### 4.1 检验分类

本规范规定的检验为质量一致性检验。

### 4.2 质量一致性检验

#### 4.2.1 组批

锻件应成批提交验收。每批应由同一牌号、状态、规格、熔次和同一固溶热处理炉次的锻件组成。经需方同意, 一批也可由几个固溶热处理炉次组成。

#### 4.2.2 检验项目及取样

锻件的质量一致性检验项目及取样数量应符合表 8 的规定。取样部位应符合图样规定, 图样无规定时由供方确定。

#### 4.2.3 检验结果的判定

4.2.3.1 化学成分的检验结果不合格时, 判该批锻件不合格。

4.2.3.2 氢含量的检验结果不合格时, 判该批锻件不合格。

4.2.3.3 室温拉伸力学性能的检验结果不合格时, 逐件检验的判该件锻件不合格, 非逐件检验的, 应

另取 2 个锻件进行重复试验。重复试验仍有不合格者时，判该批(或固溶热处理炉次)锻件不合格，但允许供方重新热处理后重新取样检验，重新热处理的次数不允许超过 2 次。

表 8

检验项目	取样数量	要求的章条号	检验方法的章条号
化学成分	按 GB/T 17432 的规定进行，每批(或熔次)1 个试样	3.2	4.3.1
氢含量	每批(或熔次)1 个试样	3.3	4.3.2
力学性能	有试验余料的逐件检验；无试验余料的每批(或固溶热处理炉次)取 1 个锻件，在要求的取样方向上，每个方向取 2 个试样	3.4	4.3.3
超声检测	逐件检验	3.5	4.3.4
低倍组织	每批取 2 个试样，其中 1 个试样检查低倍试片，1 个试样检查断口组织	3.6	4.3.5
显微组织	每批(或固溶热处理炉次)取 1 个试样	3.7	4.3.6
尺寸	逐件检验	3.8	4.3.7
外观质量	逐件检验	3.9	4.3.8
表面状况	逐件检验	3.10	4.3.9

- 4.2.3.4 超声检测的结果不合格时，判该件锻件不合格。
- 4.2.3.5 低倍组织的检验结果不合格时，判该批锻件不合格。
- 4.2.3.6 显微组织的检验结果不合格时，判该批(或固溶热处理炉次)锻件不合格。
- 4.2.3.7 尺寸的检验结果不合格时，判该件锻件不合格。
- 4.2.3.8 外观质量的检验结果不合格时，判该件锻件不合格。允许清除缺陷部分重新检验，合格者交货。
- 4.2.3.9 表面状况的检验结果不合格时，判该件锻件不合格。允许清除缺陷部分重新检验，合格者交货。

### 4.3 检验方法

#### 4.3.1 化学成分

4.3.1.1 化学成分分析方法按 GB/T 20975(所有部分)或 GB/T 7999 的规定进行，仲裁分析按 GB/T 20975(所有部分)规定的方法进行。

4.3.1.2 铝含量按 GB/T 3190 规定的方法计算，计算铝含量时，取常规分析元素与怀疑超量的非常规分析元素分析数值的和值作为“元素含量总和”。

4.3.1.3 分析数值的判定采用修约比较法，数值修约规则按 GB/T 8170 的有关规定进行，修约数位应与表 2 规定的极限数位一致。

#### 4.3.2 氢含量

氢含量可采用在线液态测氢方法或固态测氢方法检测，液态测氢按 YS/T 600 规定的试验方法进行，固态测氢按附录 A 规定的试验方法进行，仲裁时采用附录 A 规定的固态测氢试验方法。

#### 4.3.3 力学性能

锻件的室温拉伸力学性能试样及试验方法按 GB/T 16865 的规定进行。

#### 4.3.4 超声检测

锻件的超声检测按 GB/T 6519 的规定进行。

#### 4.3.5 低倍组织

锻件的低倍组织检验按 GB/T 3246.2 的规定进行。

#### 4.3.6 显微组织

锻件的显微组织检验按 GB/T 3246.1 的规定进行。

#### 4.3.7 尺寸

锻件的尺寸偏差可采用钢板尺、卷尺、卡尺、专用工具、专用样板或划线法测量。

#### 4.3.8 外观质量

外观质量用目视和相应的工具、量具检查。

#### 4.3.9 表面状况

表面状态用目视和相应的工具、量具检查。表面粗糙度用双方认可的标样检验。

### 5 交货准备

#### 5.1 包装、运输和贮存

锻件不涂油、不装箱，裸件交货，其他应符合 GB/T 3199 的规定。

#### 5.2 质量证明文件

每批锻件应附有质量证明文件，其上注明：

- a) 供方名称、地址、电话、传真；
- b) 产品名称；
- c) 合金牌号；
- d) 供应状态；
- e) 熔次号；
- f) 锻件代号(或规格)、制件号；
- g) 产品批号；
- h) 固溶热处理炉次号；
- i) 净重或件数；
- j) 化学成分、力学性能、氢含量的实测数据和其他检验项目的检验结果；
- k) 质量监督部门的印记；
- l) 本规范编号；
- m) 包装日期(或出厂日期)。

### 6 说明事项

#### 6.1 预定用途

本规范规定的锻件预定用于航天结构件等。

#### 6.2 标记示例

产品标记按产品名称、牌号、供应状态、型号(或规格)及本规范编号的顺序表示。标记示例如下：

5A90 牌号、T6 状态、型号为 XXXX 的模锻件，标记为：

模锻件 5A90 T6 XXXX GJB XXXX-XXXX

#### 6.3 订货文件内容

合同或订单中应载明下列内容：

- a) 本规范的编号和名称；
- b) 锻件代号、图号或规格；
- c) 合金牌号；
- d) 供应状态；
- e) 锻件类别；
- f) 数量或重量；
- g) 其他。

## 附录 A (规范性附录)

### 铝及铝合金中氢的测定 加热提取 热导法

#### A.1 范围

本附录规定了固态铝及铝合金中氢含量的测定方法。

本附录适用于固态铝及铝合金中氢含量的测定，测定范围： $0.05\mu\text{g/g}\sim 2.0\mu\text{g/g}$ 。

#### A.2 方法提要

试样经加热后，试样中的氢被释放出来，利用载气将释放出来的氢载入检测系统，由于不同气体热导率不同，根据热导池输出电信号的变化量，系统自动计算出试样中的氢含量。

#### A.3 材料

##### A.3.1 铝中氢标准样品

应选用相应的标准样品。原则上标准样品与分析样品的化学组成类似。

##### A.3.2 氢气

纯度应不低于 99.99%。

##### A.3.3 氮气(或氩气)

纯度均应不低于 99.995%。

#### A.4 仪器

高频加热或脉冲加热-热导测氢仪。仪器应满足下列要求：

a) 测量范围： $0.01\mu\text{g/g}\sim 2.0\mu\text{g/g}$ ；

b) 灵敏度：不低于  $0.001\mu\text{g/g}$ 。

#### A.5 试样

##### A.5.1 规格

试样规格应根据仪器的要求和试验条件确定。高频加热法试样质量一般为  $2\text{g}\sim 6\text{g}$ ；脉冲加热法试样质量一般为  $0.5\text{g}\sim 1\text{g}$ 。

##### A.5.2 取样

样品可从铸锭或加工产品上切取，每个样品应加工出不少于五个分析试样。试样应无气孔、无夹渣、无疏松和裂纹。

##### A.5.3 制备

试样应用精密车床加工成圆柱形，并除去试样的所有表皮，加工后试样的具体尺寸应符合测氢仪器的要求。加工车床的刀具、夹具应用分析纯以上的四氯化碳或乙醚认真清洗，以避免样品污染，加工过程应避免样品过热，不允许使用任何冷却剂。试样的最后车削应保持进刀量少、转速快。加工好的试样不允许用手接触，防止污染，表面粗糙度  $R_a$  值应不大于  $1.6\mu\text{m}$ 。

##### A.5.4 保存

加工好的试样应立即进行分析，若需保存，应保存在密闭、干燥的容器中，保存时间应不超过 4h，否则，试样应重新加工。

#### A.6 步骤

##### A.6.1 仪器预热

分析前仪器应按说明书的要求充分预热，使其各项指标达到设定值。

#### A.6.2 仪器检漏

利用仪器检漏程序或其他辅助设备确定仪器无漏气现象。

#### A.6.3 仪器校准

##### A.6.3.1 氢气校准

用氢气(A.3.2)对仪器进行校准，使校准值在仪器规定范围内。

##### A.6.3.2 标准样品校准

用相应的铝中氢标准样品(A.3.1)进行校准，使分析值在允许误差范围内。

#### A.6.4 空白分析

仪器的空白值应稳定，且应不大于  $0.05\mu\text{g/g}$ 。

#### A.6.5 试样测定

A.6.5.1 按 A.5.1 要求称取试样，精确至  $0.001\text{g}$ 。

A.6.5.2 根据仪器优化分析条件，测定试样中的氢含量。仪器自动显示测定结果。

A.6.5.3 每个样品进行两次平行测定，若两次测定结果的差值在表 A.1 中允许误差规定的范围内，取其平均值作为试样的最终测定值；若两次测定结果的差值大于表 A.1 中允许误差规定的范围，应重新进行测定分析。

#### A.7 允许误差

相对允许误差见表 A.1。

表 A.1

氢含量 $\mu\text{g/g}$	相对允许误差 %
$\leq 0.1$	40
$> 0.1 \sim 0.5$	30
$> 0.5 \sim 1.0$	25
$> 1.0 \sim 2.0$	20

#### A.8 试验报告

试验报告应包括下列内容：

- a) 产品的合金牌号、批号；
- b) 试样的检验结果；
- c) 试验人员；
- d) 审核人；
- e) 试验日期。

中 华 人 民 共 和 国  
国 家 军 用 标 准  
航 天 用 铝 锂 合 金 锻 件 规 范  
GJB 8506—2015

\*

总装备部军标出版发行部出版  
(北京东外京顺路7号)  
总装备部军标出版发行部印刷车间印刷  
总装备部军标出版发行部发行  
版权专有 不得翻印

\*

开本 880×1230 1/16 印张 1 字数 21 千字  
2015 年 12 月 第 1 版 2015 年 12 月 第 1 次 印 刷

\*

军标出字第 9963 号 定价 20.00 元