

QJ

中华人民共和国航天行业标准

FL 6200

QJ 2046A—2008

代替 QJ 2046—1991

膨胀合金热处理

Heat treatment of expansion alloys

2008—03—17 发布

2008—10—01 实施

国防科学技术工业委员会 发布

前 言

本标准代替QJ 2046—1991《膨胀合金的热处理》。

本标准与QJ 2046—1991相比主要有以下变化：

- a) 增加了4J33、4J34、4J41、4J43、4J46、4J78、4J80和4J82的热处理工艺参数和要求；
- b) 删除了4J48、4J52、4J54、4J58、4J59合金牌号及相应的热处理工艺；
- c) 增加了零件加工需要的去应力退火和中间退火处理；
- d) 增加了质量控制要求。

本标准的附录A为规范性附录。

本标准由中国航天科技集团公司提出。

本标准由中国航天标准化研究所归口。

本标准起草单位：中国航天标准化研究所、上海航天技术研究院第八一二研究所。

本标准主要起草人：刘志盈、赵继安。

本标准于1991年01月首次发布。

膨胀合金热处理

1 范围

本标准规定了膨胀合金热处理所用设备与工装、工艺参数、质量检验和质量控制等要求。
本标准适用于航天产品常用膨胀合金零件的热处理。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单(不包含勘误的内容)或修订版均不适用于本标准，然而，鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本标准。

GB/T 14985 膨胀合金的尺寸、外形、表面质量、试验方法和检验规则的一般规定

GB 15735 金属热处理生产过程安全卫生要求

GJB 509 热处理工艺质量控制要求

QJ 1428—1988 热处理炉温控制与测量

YB/T 5231 定膨胀封接铁镍钴合金

YB/T 5233 无磁定膨胀瓷封镍基合金

YB/T 5235 定膨胀封接铁镍铬、铁镍合金

YB/T 5236 杜美丝芯用铁镍合金 4J43

YB/T 5237 玻封铁镍铜合金 4J41

YB/T 5240 玻封铁铬合金 4J28

YB/T 5241 低膨胀铁镍、铁镍钴合金

3 设备与工装

3.1 设备

3.1.1 热处理设备可选用真空炉、保护气氛炉、盐浴炉、空气电阻炉、电加热恒温烘箱和冷却水槽。

3.1.2 热处理设备的使用温度应满足工艺要求。

3.1.3 真空炉炉内的真空压强应控制在 $1.33 \text{ Pa} \sim 1.33 \times 10^{-3} \text{ Pa}$ 范围内，压升率应不大于 0.665 Pa/h 。

3.1.4 保护气氛炉应优先选用还原性氢气炉，氢气露点应低于 -40°C 。保护气氛允许使用中性、微还原性气氛。

3.1.5 盐浴炉的加热介质应呈中性，使用时应先进行脱氧处理。

3.1.6 热处理过程的测温 and 控温，应采用精度高的自动控温仪表和记录仪表。热处理设备的炉温均匀性应符合 QJ 1428—1988 中 III 类或不低于 III 类炉的要求。

3.1.7 配置适合膨胀合金固溶热处理冷却专用的清水槽。

3.2 工装

膨胀合金热处理使用的工装应采用低碳不锈钢制作。

4 热处理工艺

4.1 热处理种类

热处理种类有去应力退火、中间退火、最终退火、固溶热处理、时效处理和稳定化处理。

4.2 热处理工序安排

4.2.1 去应力退火应在零件机械加工过程中或最终退火之前进行，目的是为了消除加工应力，防止零件变形。

4.2.2 中间退火应在零件冷变形之前（对硬态材料）或在其工序之间进行，目的是为了消除加工硬化、恢复塑性，改善冲压性能。

4.2.3 最终退火一般在零件加工成型之后进行，目的是为了去除杂质和消除应力，使零件获得均匀稳定的奥氏体组织（ γ 相）和线膨胀系数。

4.2.4 固溶热处理应在零件加工之前进行，目的是为了获得单相奥氏体组织，降低线膨胀系数。

4.2.5 时效处理应在固溶热处理或零件成型之后进行，目的是为了消除固溶热处理和加工应力，使零件获得稳定的金相组织和性能。

4.2.6 稳定化处理应在零件精加工之后进行，目的是为了消除应力，使零件获得稳定的金相组织和性能。

4.3 热处理前的准备

4.3.1 按工艺技术文件核对零件的工序名称、合金牌号、技术要求。

4.3.2 检查零件的表面质量，不应有裂纹、损伤等缺陷。

4.3.3 对热处理后需要进行物理性能和金相组织等检验的零件，应采用检测试样，试样应符合 GB/T 14985 的有关规定。试样应与零件同熔炼炉号、同批次、同状态，并与零件同炉热处理。

4.3.4 零件、试样和工夹具应用汽油、酒精清洗干净，干燥后入炉。

4.4 热处理制度

4.4.1 膨胀合金的热处理工艺参数见表 1。

表 1 膨胀合金的热处理工艺参数

合金 牌号	热处理 种类	加热 介质	热处理工艺参数					出炉温 度 ℃
			入炉温度 ℃	升温 方式	加热温度 ℃	保温时间	冷却方式	
4J28	最终 退火	真空 或 氢气	≤ 150	随 炉 升 温	1100 ± 10	(120min~180min) $+\Delta t_2$	以 200℃/h ~400℃/h 冷却	≤ 150
4J29 4J44					$900^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$ ，保温 60min，再随炉升温至 $1100^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$ ，保温 (60min~120min) $+\Delta t_2$			
4J33 4J34					900 ± 10	(120min~180min) $+\Delta t_4$	以 200℃/h ~300℃/h 冷却	
4J46					880 ± 10	(60min~90min) $+\Delta t_4$		

表 1 (续)

合金 牌号	热处理种类	加热介质	热处理工艺参数										
			入炉温度 ℃	升温 方式	加热温度 ℃	保温时间	冷却方式	出炉温 度℃					
4J32	固溶热处理	中性盐浴	≤840	—	840±10	(30 min~60min)+ Δt_1	水冷	—					
		保护气氛				60min+ Δt_2							
		空气											
4J36	时效处理	真空或保 护气氛	≤150	随炉 升温	315±10	180min~240min	炉冷	—					
4J38													
4J40	稳定化处理	—	≤100	—	90~120	6h~8h ^a	空冷或炉冷	≤100					
	最终退火	真空或氢 气	≤150	随炉 升温	850~900	(120min~180min) + Δt_4	以 200℃/h~ 300℃/h 冷却	≤150					
4J41	退火	真 空 或 氢 气	≤150	随 炉 升 温	850±10	(120min~180min) + Δt_4	以 250℃/h~ 300℃/h 冷却	≤150					
4J6					1 100±10	(120min~180min) + Δt_2							
4J47						900±10			(120min~180min) + Δt_2				
4J49					1 030±10				(120min~180min) + Δt_3				
4J42						880±10			(120min~180min) + Δt_3				
4J45					280~480				120min~240min	炉冷			
4J50						中间退火			真空或氢 气	≤150	随 炉 升 温	650~850	(120min~180min) + Δt_3
4J43					4J78							4J82	
4J80	去应力退火	真空、氢 气或空气	280~480	120min~240min	炉冷								
适用 所有 牌号	中间退火	真空或氢 气	650~850	(120min~180min) + Δt_3	以 200℃/h~ 400℃/h 冷却								

注: Δt_1 、 Δt_2 、 Δt_3 、 Δt_4 是指零件有效厚度每毫米需分别增加的保温时间为 0.5min、1min、1.5min、2min。

^a 对线膨胀系数稳定性要求高的精密零件,可采用加热温度 95℃~100℃,保温 48h。

4.4.2 中间退火温度应在 650℃~850℃之间合理选择,注意防止晶粒长大。

4.4.3 采用 1 100℃进行真空退火时,应注意防止零件叠放时产生真空粘结。

4.4.4 热处理的保温时间应根据使用的设备、零件的有效厚度、装炉量和放置方式进行调整。采用真空炉处理时,保温时间应取上限。

5 质量检验

5.1 检查生产操作过程和执行工艺规范的正确性。

5.2 外观质量检查要求如下:

- 零件表面应无裂纹、变形超差、碰伤和粘结现象;
- 经真空炉或氢气炉最终退火的零件,表面应无氧化;
- 热处理后与玻璃或陶瓷烧结的零件,表面允许有光泽的氧化膜;

QJ 2046A—2008

d) 经去应力退火、中间退火和固溶热处理后需要加工的零件，表面允许有氧化色。

5.3 当设计或工艺技术文件有明确规定时，应进行物理性能和金相组织检验。检验结果应符合附录 A 或工艺技术文件规定的技术要求。检验方法按 GB/T 14985 的规定进行。

6 质量控制

6.1 热处理质量控制应符合 GJB 509 的有关规定。

6.2 膨胀合金制作的零件，其材料质量应符合 YB/T 5231、YB/T 5233、YB/T 5235、YB/T 5236、YB/T 5237、YB/T 5240、YB/T 5241 等有关标准的规定。

6.3 需返修的零件，固溶热处理或最终退火允许重复二次。

6.4 热处理过程应做好记录。零件应妥善保管，防止损伤和腐蚀。

6.5 按本标准首次选用膨胀合金热处理制度，应进行工艺试验，并经有关部门审核和确认。

7 技术安全

7.1 热处理工作环境和生产过程应严格执行 GB 15735 的有关规定。

7.2 使用氢气作保护气氛，应有防火和防爆措施。

附录 A

(规范性附录)

膨胀合金热处理后的物理性能和金相组织

膨胀合金热处理后的物理性能和金相组织应符合表 A.1 的规定。

表 A.1 膨胀合金热处理后的物理性能和金相组织

合金牌号	平均线膨胀系数 $\bar{\alpha}$ $\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$							金相组织		说明	
	20℃~100℃	20℃~300℃	20℃~400℃	20℃~450℃	20℃~500℃	20℃~530℃	20℃~600℃	晶粒度 ^a	相结构		
4J28	—	—	—	—	—	10.8~11.4	—	6级~7级	无马氏体	—	
4J29	—	—	4.6~5.2	5.1~5.5	—	—	—	7级~8级	γ 相 ^b		
4J44	—	4.3~5.1	4.6~5.2	—	—	—	—	—	—		
4J33	—	—	6.0~6.8	—	6.6~7.4	—	—	7级~8级	—		
4J34	—	—	6.3~7.1	—	—	—	7.8~8.5	—	γ 相 ^b		
4J46	—	5.5~6.5	5.6~6.6	—	7.0~8.0	—	—	—	—		
4J32	$\leq 1.0^{\text{c}}$	—	—	—	—	—	—	6级~7级	γ 相 ^d		
4J36 4J38	$\leq 1.5^{\text{c}}$	—	—	—	—	—	—	6级~7级	—		
4J40	—	≤ 2.0	—	—	—	—	—	6级~7级	γ 相 ^d		
4J41	—	8.4~9.5	8.5~9.6	—	—	—	—	—	—		
4J6	—	7.6~8.3	9.5~10.2	—	—	—	—	—	—		
4J47	—	—	8.1~8.7	—	—	—	—	—	—		
4J49	—	8.6~9.3	9.4~10.1	—	—	—	—	—	—		
4J42	—	4.0~5.0	—	6.5~7.5	—	—	—	—	—		
4J45	—	6.5~7.2	6.5~7.2	—	—	—	—	—	—		
4J50	—	9.2~10.0	9.2~9.9	—	—	—	—	—	—		
4J43	—	—	6.3~7.2	—	—	—	—	—	—		
4J78	—	—	—	—	12.1~12.7	—	12.4~13.0	—	—		磁导率 μ_{1600} $\leq 1.263 \mu \text{H/m}$
4J80	—	—	—	—	12.7~13.3	—	13.0~13.6	—	—		
4J82	—	—	—	—	12.5~13.1	—	13.0~13.6	—	—		

^a 晶粒度为参考值。

^b 4J29 和 4J34 在温度低于 -78.5°C ，保温时间不小于 4h 条件下，用金相法检查试样，不应有 γ 相向 α 相转移。

^c 是指经固溶热处理和时效处理后的平均线膨胀系数数据。4J32 最终退火后的平均线膨胀系数应不大于 $1.5 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ ；4J36、4J38 最终退火后的平均线膨胀系数应不大于 $1.8 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 。

^d 4J32 和 4J40 在温度低于 -60°C ，保温时间不小于 2h 的条件下，用金相法检查试样，不应有 γ 相向 α 相转移。

中华人民共和国航天行业标准

膨胀合金热处理

QJ 2046A—2008

*

中国航天标准化研究所出版

北京西城区月坛北小街2号

邮政编码：100830

中国航天标准化研究所

印务发行部印刷、发行

版权专有 不得翻印

*

2008年10月出版

定价：11.00元