

团 体 标 准

T/CCMI 30—2023

航空航天用铝合金挤压棒材规范

Specification for aluminium alloy extruded rod and bar for aerospace

2023 - 11 - 08 发布

2023 - 11 - 20 实施

中 国 锻 压 协 会 发 布

目 次

前言	II
引言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语与定义	1
4 技术要求	1
5 试验方法	7
6 检验规则	8
7 标志、包装、运输、贮存和质量证明文件	9
表 1 航空航天用铝合金挤压棒材牌号、供应状态及尺寸规格	2
表 2 棒材中氢含量	2
表 3 棒材室温纵向拉伸力学性能	3
表 4 棒材超声波 A 级探伤要求	5
表 5 棒材中点状或针状非金属夹杂、化合物偏析或金属间化合物等缺陷要求	6
表 6 棒材低倍试片上氧化膜	6
表 7 棒材低倍组织中粗晶环	6
表 8 棒材断口氧化膜缺陷要求	6
表 9 部分 7xxx 系铝合金棒材 T6 热处理工艺	7
表 10 棒材取样数量	8
表 11 棒材一致性检验项目	9

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这些专利。

本文件由中国锻压协会提出并归口。

本文件起草单位：中航重机股份有限公司；中国航空技术国际控股有限公司；江西景航航空锻铸有限公司；中航特材工业（西安）有限公司；西南铝业（集团）有限责任公司；陕西宏远航空锻造有限责任公司；贵州安大航空锻造有限责任公司；中国第二重型机械集团德阳万航模锻有限公司；无锡透平叶片有限公司；无锡派克新材料科技股份有限公司；贵州航宇科技发展股份有限公司；四川钢研高纳锻造有限责任公司；山西中工重型锻压有限公司；浙江索特重工科技有限公司；山西金瑞高压环件有限公司；青海中钛青锻装备制造有限公司；广西南南铝加工有限公司；山东南山铝业股份有限公司；湖南卓创精材科技股份有限公司；贵阳安大宇航材料工程有限公司；浙江锯力煌工业科技股份有限公司；中国运载火箭技术研究院北京宇航系统工程研究所。

本文件主要起草人：王龙祥、王洋、韩志飞、邹彦博、田研、侯伟、叶扬、罗超庆、韩何岩、代光华、杨孝荣、曲敬龙、杨亚平、李晓婷、黄玉亭、刘其源、孙传华、刘美铃、杨家典、胡宝、余博、韩宾、任乾光、张桂兰、续建、高蕾、杜红强、朱林、智少勇、胥博文、汪敏、兰鹏伟、任永海、陈鹏、冉红卫、陈伟、王亦欣、叶宁、何克准、刘珂妮、朱鑫、王雪强、崔云迪、郑栋杰、王飞、程昊、郭永辉。

本文件为首次发布。

引 言

目前国内航空航天大量采用铝合金挤压棒材用于制备锻件或直接制备零部件,现阶段铝合金挤压棒材的采购和验收标准,主要采用国家标准和国家军用标准。相关国标,如GB/T 3191等,更侧重于标准通用性,在航空航天领域的专用性不强,部分航空航天大量使用的挤压棒材不在标准之内,如7050、7A99等。国家军用标准,如GJB 2920、GJB 3539等,均是上世纪90年代发布的标准,在粗晶环、晶粒度和氧化膜等方面没有明确要求,2018年发布的GJB 2054A中增加了粗晶环、氧化膜的要求,但对晶粒度以及氧化膜制样表述不太明晰,而且上述这些GJB中同样没有包含部分较新的铝合金,尤其是7000系铝合金,如7050、7A99、7055等。因此,在新型铝合金使用过程中,各航空航天型号为满足使用要求,编制了专用型号标准,但适用性和通用性不强。另外,随着国内装备的发展以及合金冶炼、热加工技术的进步,铝合金棒材的品质较之前获得较大的提升,铝合金挤压棒的牌号和规格也获得大幅拓展。

综上所述,现行标准已满足不了航空航天用铝合金棒材的生产验收要求,因此急需编制统一的《航空航天用铝合金棒材规范》团体标准,明确铝及铝合金挤压棒材的氢含量、粗晶环、晶粒度和氧化膜、交付状态、试验方法、检验规则等,解决现有的国标、国军标技术要求不完善、不协调的问题,将有利于有效控制航空航天用铝合金棒材质量,规范棒材的生产及验收,从而提高铝合金锻件毛坯以及最终零件的质量,保证航空航天装备的使用性能和安全可靠性。

航空航天用铝合金挤压棒材规范

1 范围

本文件规定了航空航天锻件用铝合金挤压圆棒的技术要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输、贮存和质量证明文件。

本文件适用于航空航天锻件用直径在5mm~400mm的铝合金挤压圆棒（以下简称棒材）。

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 3190 变形铝及铝合金化学成分
GB/T 3191 变形铝及铝合金挤压棒材
GB/T 3199 铝及铝合金加工产品的包装、标志、运输、贮存
GB/T 3246.1 变形铝及铝合金制品显微组织检验方法 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低倍组织检验方法 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 16475 变形铝及铝合金状态代号
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
GJB 1694A 变形铝合金热处理要求
GJB 2054A 航空航天用铝合金棒材规范
GJB 5909 固态铝合金中氢的分析方法
YS/T 600 铝及铝合金液态测氢方法 闭路循环法

3 术语与定义

本文件没有需要界定的术语和定义。

4 技术要求

4.1 牌号、状态及规格

棒材的合金牌号、供应状态及规格应符合表1的规定；超出表1范围时，可由供需双方协商。

表1 航空航天用铝合金挤压棒材牌号、供应状态及尺寸规格

牌号	供应状态	直径 mm
2A02、2A11、2A12、2A14、2A16、2A50、2A70(2D70)、 2A80、2014、2024、2618A、2219	H112、O	5.00~400.00
3A21、3003	H112、O	5.00~400.00
5A02、5A03、5A05、5A06、5083、5086	H112、O	5.00~400.00
6A02、6061	H112、O	5.00~400.00
7A04、7A09、7A85、7075、7050、7085	H112、O	5.00~400.00
7A99、7A55、7055	H112、O	5.00~300.00

4.2 化学成分

棒材的化学成分应符合GB/T 3190的规定。

4.3 氢含量

棒材的氢含量应符合表2的规定，需方对氢含量有特殊要求时，应在合同中注明。

表2 棒材中氢含量

牌号	液态氢含量，不大于 mL/100gAl	固态氢含量，不大于 μg/gAl	牌号	液态氢含量，不大于 mL/100gAl	固态氢含量，不大于 μg/gAl
2A02	0.19	0.17	5A05	0.25	0.22
2A11	0.19	0.17	5A06	0.25	0.22
2A12	0.19	0.17	5083	0.25	0.22
2A14	0.19	0.17	5086	0.25	0.22
2A16	0.19	0.17	6A02	0.19	0.17
2A50	0.19	0.17	6061	0.19	0.17
2A70	0.19	0.17	7A04	0.18	0.15
2A80	0.19	0.17	7A09	0.18	0.15
2618A	0.19	0.17	7A55	0.15	0.12
2014	0.19	0.17	7A85	0.15	0.12
2024	0.19	0.17	7A99	0.15	0.12
2219	0.19	0.17	7075	0.18	0.15
3A21	0.19	0.17	7055	0.15	0.12
3003	0.19	0.17	7050	0.15	0.12
5A02	0.25	0.22	7085	0.15	0.12
5A03	0.25	0.22	—	—	—

4.4 室温纵向拉伸力学性能

棒材的室温纵向拉伸力学性能应符合表3的规定，超出表3中规格要求的棒材的拉伸力学性能由供需双方协商确定或提供实测值。

表3 棒材室温纵向拉伸力学性能

牌号	供应状态	试样状态	直径 mm	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_{50mm}	A_{5D}
						不小于	
2A02	H112	T6	5.00~150.00	430	275	—	10
	O	T6	5.00~150.00	400	245	—	8
2A11	H112	T4	5.00~150.00	375	215	—	12
			>150.00~250.00	340	200	—	8
	O	T4	5.00~150.00	345	185	—	10
			>150.00~250.00	310	170	6	—
2A12	H112	T4	5.00~22.00	390	255	—	12
			>22.00~150.00	420	275	10	—
			>150.00~250.00	380	260	6	—
	O	T4	5.00~22.00	360	225	—	10
			>22.00~150.00	390	245	8	—
			>150.00~250.00	350	230	5	—
2A14	H112	T6	5.00~22.00	440		—	10
			>22.00~150.00	450		10	—
			>150.00~250.00	380		8	—
	O	T6	5.00~22.00	410		—	8
			>22.00~150.00	420		8	—
			>150.00~250.00	350		6	—
2A16	H112	T6	5.00~150.00	355	235		8
	O	T6	5.00~150.00	320	205		6
2A50	H112	T6	5.00~150.00	350			12
			>150.00~250.00	350		8	
	O	T6	5.00~150.00	320			10
			>150.00~250.00	320		6	
2A70 2A80	H112	T6	5.00~150.00	355			12
			>150.00~250.00	345		8	
	O	T6	5.00~150.00	325			10
			>150.00~250.00	315		6	
2014	H112	T4	5.00~150.00	345	240		12
	O	T4	5.00~150.00	315	210		10
2024	H112	T4	5.00~18.00	390	255	—	12
			>18.00~35.00	420	275	10	—
			>35.00~150.00	380	260	6	—
	O	T4	5.00~18.00	360	225	—	10
			>18.00~35.00	390	245	8	—
			>35.00~150.00	350	230	5	—

表3 棒材室温纵向拉伸力学性能（续）

牌号	供应状态	试样状态	直径 mm	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_{50mm}	A_{5D}
						不小于	
2618A	H112	T6	5.00~220.00	410	340	—	6
	O	T6	5.00~220.00	380	315	—	5
2219	H112	T4	5.00~22.00	290	200	—	10
			>22.00~80.00	320	250	7	—
			>80.00~150.00	290	230	6	—
	O	T4	5.00~22.00	260	170	—	9
			>22.00~80.00	290	220	6	—
			>80.00~150.00	260	200	5	—
3A21	H112	H112	≤150.00	90	—	20	—
	O	O	≤150.00	≤165	—	20	—
3003	O	O	5.00~150.00	95~130	35	—	25
	H112	H112	5.00~150.00	90	30	—	25
5A02	H112、O	H112、O	5.00~250.00	≤225	—	—	10
5A03	H112、O	H112、O	5.00~250.00	175	80	—	13
5A05	H112、O	H112、O	5.00~150.00	265	120	—	15
			>150.00~250.00	230	90	10	—
5A06	H112、O	H112、O	5.00~150.00	315	157	—	15
			>150.00~250.00	280	120	10	—
5083	O	O	5.00~200.00	270~350	110	—	12
	H112	H112	5.00~200.00	270	110	—	10
5086	O	O	5.00~200.00	240~315	95	—	12
	H112	H112	5.00~200.00	240	95	—	10
6A02	H112	T6	5.00~150.00	295	—	—	12
			>150.00~250.00	280	—	8	—
	O	T6	5.00~150.00	265	—	—	10
			>150.00~250.00	250	—	6	—
6061	H112	T6	5.00~150.00	260	240	—	10
	O	T6	5.00~150.00	230	210	—	8
7A04 7A09	H112、O	T6	5.00~20.00	490	370	—	7
			>20.00~150.00	530	400	6	—
			>150.00~250.00	500	400	4	—
7A85 7085	H112、O	T6	5.00~22.00	530	470	—	10
			>22.00~150.00	520	480	8	—
			>150.00~250.00	490	430	6	—

表3 棒材室温纵向拉伸力学性能（续）

牌号	供应状态	试样状态	直径 mm	抗拉强度 R_m	规定非比例 延伸强度 $R_{p0.2}$	断后伸长率	
				MPa	MPa	%	
不小于							
7075	H112、O	T6	5.00~6.00	540	485	—	7
			>6.00~12.50	560	505	—	7
			>12.50~70.00	560	495	6	—
			>70.00~150.00	540	470	5	—
			>150.00~200.00	470	400	5	—
7050	H112、O	T6	5.00~12.50	530	465		7
			>12.50~150.00	540	470	7	
7A55	H112、O	T6	5.00~12.50	620	580		6
7055			>12.50~100.00	600	570	5	
7A99	H112、O	T6	5.00~22.00	600	560		7
			>22.00~150.00	570	520	6	

4.5 尺寸和外形

直径尺寸在5mm~350mm的棒材的尺寸、外形以及公差精度应符合GJB 2054A的规定，超出上述直径范围的挤压棒材的尺寸及外形宜由供需双方协商，并在合同中注明。

4.6 超声检测

直径大于25mm的棒材应进行超声检测，且应符合GB/T 6519—2013中A级规定，具体如表4所示。若不要求超声检测或需要其他级别的超声检测由供需双方协商，并应在合同中注明。

表4 棒材超声波 A 级探伤要求

等级	单个缺陷当量	多个缺陷当量		长条状缺陷当量	
	当量平底孔直径 mm	每个当量平底孔 直径 mm	间距 mm	当量平底孔直径 mm	指示长度 mm
A	≤2.0	>1.2	>25	≥1.2	≤25

4.7 低倍组织

4.7.1 在检验状态的棒材上取低倍试片，不允许有裂纹、成层、缩尾、气孔以及光亮晶粒存在。全截面晶粒度（不含粗晶环）不超过四级，且单个低倍试片上级差不大于2级。

注：光亮晶粒是指晶粒度超过GB/T 3246.2—2000中七级的粗晶。

4.7.2 棒材低倍试片上的点状或针状非金属夹杂、化合物偏析或金属间化合物应符合表5规定。

表5 棒材中点状或针状非金属夹杂、化合物偏析或金属间化合物等缺陷要求

牌号	对单点直径在下列范围的非金属夹杂物、化合物偏析或金属间化合物的要求		
	≤0.1mm	>0.1mm~0.5mm	>0.5mm
5A05	允许	单点直径>0.1mm~0.4mm时, 允许 单点直径>0.4mm~0.5mm时, ≤5点	不允许
5A06	允许	不允许	不允许
其他合金	不允许	不允许	不允许

4.7.3 棒材低倍试片上的氧化膜应符合表6的规定。

表6 棒材低倍试片上氧化膜

缺陷名称	受检面积	每点缺陷长度在下列范围时 mm		
		≤0.3	>0.3~2.0	>2.0
氧化膜	全断面	允许	≤2点	不允许

4.7.4 棒材低倍组织中允许有局部的或沿整个圆周分布的粗晶环, 当棒材直径不超过120mm时, 其粗晶环深度应符合表7中高精级的规定, 直径大于120mm时, 其粗晶环深度应符合表7中普通级的规定。特殊要求的, 应在订货单(或合同)中注明。

表7 棒材低倍组织中粗晶环

牌号	粗晶环深度 mm	
	普通级	高精级
2A02	≤5	≤3
2A11、2A12、2024、2219、7A04、7A09、7075	≤8	≤3
6A02、6061、2A50、2A14、2A16、2014	≤8	≤5
2A70、2A80、2618A	≤10	≤5
7050、7055、7085、7A55、7A85、7A99	≤4	≤2

4.8 断口组织

直径不小于50mm的棒材应进行断口组织检查, 断口试片上不允许有非金属夹杂物, 断口试片中氧化膜缺陷应符合表8规定。

表8 棒材断口氧化膜缺陷要求

断口组织(平行挤压方向)		
受检面积 cm ²	单点氧化膜面积 mm ²	允许最大面积 mm ²
100	2	4

4.9 显微组织

4.9.1 棒材的显微组织不应有过烧。

4.9.2 对显微组织中的晶粒度有特殊要求的棒材, 应供需双方协商, 并在订货单(或合同)中注明。

4.10 外观质量

- 4.10.1 棒材的外观质量应符合 GJB 2054A 规定。
- 4.10.2 棒材表面不允许有裂纹、气泡、腐蚀斑点。
- 4.10.3 棒材表面出现起皮（或剥落）时应进行清除，并保证棒材的最小直径或内切圆直径。
- 4.10.4 棒材表面上的擦伤、划伤、压坑、氧化色、不粗糙的黑白斑点以及矫平矫直产生的环形或螺旋状亮条等缺陷深度应不超过棒材的直径允许偏差，并应保证棒材的最小直径或内切圆直径。
- 4.10.5 棒材表面缺陷（除裂纹缺陷外）允许进行局部打磨，打磨深度与宽度比宜不大于 1:10，且不应使棒材直径超出允许偏差。

4.11 热处理制度

棒材的热处理制度可参照 GJB 1694A 规定执行。7075、7050、7A55（7055）、7A85（7085）、7A99 合金的 T6 状态热处理工艺可参照表 9 执行。

表9 部分 7xxx 系铝合金棒材 T6 热处理工艺

合金	固溶热处理温度 ℃	人工时效温度 ℃	人工时效时间 h
7075	470~482	115~125	20~24
7050	471~482	115~125	20~24
7A55（7055）	466~477	115~125	20~24
7A85（7085）	470~480	115~125	20~24
7A99	465~475	115~125	20~24

4.12 产品标志

- 4.12.1 在已经检验合格的棒材前端应标有如下标记：
- 合金牌号；
 - 供应状态；
 - 产品批号；
 - 供方技术监督部门的检印。
- 4.12.2 对于直径为 5mm~35mm 的棒材，可以挂牌标识。
- 4.12.3 在棒材尾端应打上“W”字样，对于直径不大于 20mm 的棒料，不能打印“W”字样时，应在尾端涂色标识。

5 试验方法

5.1 棒材取样

每批次棒材取样数量应符合表 10 的规定。

表10 棒材取样数量

每批，根	抽取数量，根
≤50	2
>50～90	3
>90～150	5
>150～280	8
>280～500	13
>500～1200	20

5.2 化学成分

棒材的化学成分分析取样按GB/T 17432进行。化学成分分析按GB/T 20975或GB/T 7999进行，仲裁分析按GB/T 20975的规定进行。

5.3 氢含量

棒材的氢含量检测可以采用液态测氢或固态测氢。液态测氢试验按照YS/T600的规定进行，固态测氢按照按GJB 5909进行，仲裁时采用固态测氢。

5.4 室温纵向拉伸力学性能

棒材的室温纵向拉伸力学性能试样以及试验方法按GB/T 16865的规定进行。

5.5 外形及尺寸

棒材的直径应采用精度不低于0.02mm的量具进行测量，其他尺寸及外形采用适宜精度的量具进行测量。

5.6 超声检测

棒材的超声检测按照GB/T 6519的规定进行。

5.7 低倍组织

棒材的低倍组织检验按GB/T 3246.2进行。必要时，可采用不大于10倍的放大镜检查。

5.8 断口组织

棒材的断口组织检验按GB/T 3246.2进行。

5.9 显微组织

棒材的显微组织检验按GB/T 3246.1进行。

5.10 外观质量

外观质量采用目视检查，当对缺陷深度不能确定时，可以采用打磨法测量。

6 检验规则

6.1 检验分类

本文件规定的检验为质量一致性检验。

6.2 检验项目

棒材的质量一致性检验项目项目见表11。

表11 棒材一致性检验项目

检验项目	取样部位	取样数量	技术要求	试验方法
化学成分	按 GB/T 17432 的规定	每批（或熔次）1 个	4.2	5.2
氢含量	—	每批（或熔次）1 个	4.3	5.3
室温纵向拉伸力学性能	棒材前端 ^a	每批取样数量按表 10 规定	4.4	5.4
尺寸及外形	—	逐根	4.5	5.5
超声检测	—	逐根	4.6	5.6
低倍组织	挤压棒材尾端 ^b	每批取样数量按表 10 规定	4.7	5.7
断口组织	挤压棒材尾端 ^b	每批取样数量按表 10 规定	4.8	5.8
显微组织	棒材前端 ^c	每批两根棒材，每根 1 个	4.9	5.9
外观质量	—	逐根	4.10	5.10
注：每根棒材只取一个试样。				
^a 对于直径不大于 40mm 的棒材，从圆心处切取拉伸性能试样；对于直径大于 40mm 的圆棒，从距离圆心为 $r/2$ （ r 为棒材半径）处切取拉伸性能试样。				
^b 尾端取 40mm~100mm 厚度的整截面样件处理至检验状态再进行低倍及断口观察。				
^c 可热处理强化合金 H112 状态棒材的试样需要固溶热处理后进行观察。				

6.3 组批规则

棒材应成批提交验收，每批应由同一合金牌号、同一熔炼炉次、同一规格、同一交货状态和同一热处理炉次的棒材组成。每批重量不限。

6.4 判定规则

- 6.4.1 化学成分或氢含量检验不合格时，判该批（或熔次）棒材不合格。
- 6.4.2 室温拉伸性能检验不合格时，应从该批次棒材中取双倍数量的试样（含第一次不合格棒材）进行重复试验，重复试验合格时，判该批次棒材合格。重复试验仍有不合格者，判该批棒材不合格。允许供方逐根检验，合格者交货。
- 6.4.3 尺寸及外形检验结果不合格时，判该批棒材不合格，但允许供方逐根检验，合格者交货。
- 6.4.4 超声检验结果不合格时，判该根棒材不合格。
- 6.4.5 低倍组织的检验结果不合格时，判该批棒材不合格。但低倍组织因缩尾、成层、粗晶环不合格的棒材，允许供方切去一段后进行重复试验，直至合格为止，该批中的其他棒材均应按上述三种缺陷分布的最大长度切尾或逐根检验，合格者交货。
- 6.4.6 断口组织不合格时，判该批不合格。
- 6.4.7 显微组织不合格时，判该批棒材不合格。
- 6.4.8 外观质量的检验结果不合格时，判该根棒材不合格。但允许清除不合格部分后重新检验，合格者交货。

7 标志、包装、运输、贮存和质量证明文件

7.1 标志

7.1.1 产品标志

7.1.1.1 在已经检验合格的棒材前端应标有如下标记：

- a) 合金牌号；
- b) 供应状态；
- c) 产品批号；
- d) 供方技术监督部门的检印。

7.1.1.2 对于直径为 5 mm~35 mm 的棒材，可以挂牌标识。

7.1.1.3 在棒材尾端应打上“W”字样，对于直径不大于 20 mm 的棒料，不能打印“W”字样时，应在尾端涂色标识。

7.2 包装箱标志

产品的包装箱标志应符合GB/T 3199的规定。

7.3 包装

直径小于50mm的棒材，应装入衬有包装材料的包装箱内。直径大于等于50mm的棒材，应单支包套后大捆包装。若需要涂油或有特殊要求时应在合同中注明。

7.4 运输和贮存

棒材的运输和贮存应符合GB/T 3199的规定。

7.5 质量证明文件

每批棒材应附有质量证明文件，其上注明：

- a) 供方名称；
 - b) 需方名称；
 - c) 合同号；
 - d) 产品名称；
 - e) 合金牌号；
 - f) 供应状态；
 - g) 规格；
 - h) 批号、熔次号、热处理炉号、顺序号；
 - i) 净重和件数；
 - j) 各项检验结果（若重复试验，应包括各次检验结果）；
 - k) 供方技术监督部门的印记；
 - l) 包装日期（或出厂日期）；
 - m) 本文件编号。
-

中 国 锻 压 协 会 标 准

标准名称：航空航天用铝合金挤压棒材规范

标准编号：T/CCMI 30—2023

中国锻压协会出版

北京市昌平区北清路中关村生命科学园博雅C座10层

邮编：102206

网址：www.chinaforge.org.cn

标准委员会电话：86-010-53056669

如有印装差错 由中国锻压协会标准委员会调换

版权专有 侵权必究

举报电话：86-010-53056669