**《航空航天用铝合金挤压棒材规范》标准编制说明（征求意见稿）**

1、工作简况

1.1、任务来源

本项目为中国锻压协会2022年所提出的标准制（修）订项目，计划文件号TBJH/CCMI 009-2022，该项目起止时间为2022.11~2023.12。本项目的主要任务是通过标准的修订，增补航空航天锻件用铝合金挤压棒的牌号，并明确的交付状态、试验方法、检验要求及规则等，解决现阶段国标、国军标材料牌号不全、要求不完善等问题，提高铝合金锻件毛坯及最终零件的质量，保证航空航天装备的使用性能和安全可靠性。

1.2 项目背景

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，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 3190、GB/T 3191等，更注重于标准通用性，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、7A55、7A99、7A85等。国家军用标准，如GJB2920、GJB3539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牌号，国内目前执行的均为专用技术条件或协议，因此，为了扩大铝合金挤压棒的应用规模，提高铝合金挤压棒的质量一致性，亟需修订原标准纳入新的合金牌号及要求，以满足新型铝合金挤压棒的订货、生产以及质量控制要求。

2022年10月28日，中国锻压协会经过专家组评审（表1）和标准委员会审议，同意《航空航天用铝合金棒材规范》标准立项，并列入中国锻压协会标准制修订项目计划，计划文件号TBJH/CCMI 009-2022。

2、工作简要过程

2.1工作分工

中国锻压协会为组织单位，负责总体协调以及标准历次稿件的审核，开题会、中期检查会和审查会的具体组织等；

中国航空技术国际控股有限公司和中航重机股份有限公司为主编单位，负责标准编写、征求意见、数据汇总分析，形成讨论稿、征求意见稿；

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有限公司；贵州航宇科技发展有限公司；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；浙江锯力煌工业科技股份有限公司为参与单位，负责提供数据资料、材料生产使用情况，并参与标准历次稿件的研讨、意见反馈、专家评审等。本文件主要起草人有王龙祥、王洋、韩志飞、邹彦博、田研、侯伟、韩何岩、刘珂妮、杨孝荣、曲敬龙、杨亚平、李晓婷、黄玉亭、刘其源、刘美铃、杨家典、胡宝、任乾光、高蕾、杜红强、朱林、韩宾、段忠园、汪敏、兰鹏伟、陈鹏、叶扬、何克准、罗超庆、朱鑫、王雪强、崔云迪、郑栋杰、王飞。

2.2标准研讨会

2023年3月17日在重庆召开了标准研讨会，会议对标准名称及内容进行讨论，根据与会专家及全体参编企业意见，一直认为将标准名称改为《航空航天用铝合金挤压棒材规范》，并对征求意见稿及标准标准编制说明内容进行修改。

2.1 标准化对象简要情况

2.1.1 产品介绍

铝合金是一种较为成熟的轻质高强合金材料，具有比强度高和加工性能优异的突出优点，在航空航天装备中获得广泛应用，是航空航天领域的主干材料之一。由于载荷情况复杂、服役环境多变等特点，需要铝合金材料具有高强、高韧性、优良的耐腐蚀性能和耐损伤性能等特点以满足航空航天严苛的使用条件，现阶段航空航天领域应用较多主要为2000系和7000系的铝合金。

2000系铝合金属于Al-Cu系合金，具有较好的耐损伤性能以及良好的耐高温性能，可在较高温条件下能够保持良好的强度稳定性和工艺性能，一般可在不超过200℃下长时间使用，主要用于航空航天具有耐损伤性能要求以及高温稳定性使用需求的部件，主要牌号有：2A12、2A14、2A50、2A70、2618A 2219、2024、2124、2214、2324、2524、2624等。7000系铝合金的加工性能优异，同时通过热处理状态调整可具有高强、高韧、高耐蚀等优良综合性能，是航空航天的主承力结构的重要主选材料，主要牌号有：7A04、7B04、7A99、7075、7475、7050、7150、7055、7085等。除最为常用的7xxx，2xxx系铝合金外，5A06，6061等铝合金也在航空航天领域获得应用。

2.1.2标准采用现状

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 3190、GB/T 3191等，更注重于标准通用性，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GJB2920、GJB3539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，在使用新型铝合金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、交付状态、 试验方法、 检验规则、粗晶环、晶粒度和氧化膜等，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。

2.2制订原则

2.2.1制订标准的依据或理由

根据立项评审会的精神，编制组查阅了国内外有关标准、资料，并根据我国铝合金加工企业的生产和用户使用情况，在原GJB 3539-1999《锻件用铝合金棒材规范》的基础上，增加了2024，2014，2618A，2A70，2219，6061，7075，7050，7055、7085、7A99、7A55，7A85共13个合金；增加了氢含量以及低倍组织中的粗晶环、氧化膜的要求；修改了超声检验的要求，需要达到A级；增加了挤压棒材力学性能检验随炉试样的尺寸以及试样的取样位置，形成了标准讨论稿。

2.2.2制订标准的原则

本规范按照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》进行编写。根据国内铝合金加工企业的生产实际和用户的使用需求，追求技术的先进性、指标的合理性和前瞻性。

3、采用国际标准和国外先进标准对比

本规范规定的全部牌号均为我国现阶段航空航天最为常用的铝合金牌号。本规范完全按照国内铝合金加工企业的生产和用户的使用需求进行编制，在原来标准的基础上增加了一些新的铝合金牌号，由于GJB1694A中尚未包含新一些牌号的热处理工艺，因此，引用了美标AMS2772标准。另外，国内目前没有针对变形铝合金产品取样位置、取样数量等进行专门规定的标准，为了明确挤压棒材质量检验的取样位置，引用了美标AMS 2355标准。

4、标准主要内容

4.1 引用文件

增加了GB/T 6519《变形铝、镁合金产品超声波检验方法》、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。本规范增加了铝合金棒材的超声检测、固态氢含量和液态氢含量的要求，因此相应增加试验方法标准。

4.2 牌号和供应状态

本规范共包含2A02、2A11、2A12、2A14、2A16、2A50、2A70、2A80、2618A、2014、2024、2219、3A21、3003、5A02、5A03、5A05、5A06、5083、5086、6A02、6061、7A04、7A09、7A85、7075、7050、7085、7A99、7A55、7055共31个合金，7A85、7A55合金等同于美国牌号7085、7055合金，但是7A85合金以及7A55合金成分范围有所变化。上述合金均采取挤压棒材的形式供货，供应状态有H112、O共2种状态。随着国内装备的发展进步，这些合金挤压棒的规格、冶金质量均有所提高，并且在航空航天领域对这些材料的要求也逐渐提高，因此，本规范上述合金的规范进行了重新编制。

4.3 化学成分

由于上述30种合金的成分均已经纳入GB/T 3190-2020，本规范直接引用该国家标准，即30种合金的化学成分符合GB/T 3190的规定。

4.4 氢含量

氢在铝合金中的溶解度随着温度的升高而增加，当液态铝合金凝固析出的氢来不及扩散、逸出时，在铸锭中形成大量的针孔、气孔等缺陷，导致在后续的加工中，产品的组织疏松，降低了材料的气密性，并使强度和韧性降低，造成严重后果或隐患。因此航空航天用铝合金板材控制氢含量的是非常有必要的。根据生产单位统计的氢含量实测数据，经过数据分析，并征求各家单位意见，本文件中对氢含量进行了规定，如表2所示，其中根据冶金厂检验以及采购方复验方法不同，分别规定了液态氢含量和固态氢含量。

表2 合金中氢含量

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 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 |  |  |  |

4.5 拉伸性能

除保留原有牌号铝合金棒材的拉伸性能外，根据企业的实际生产情况及客户的需求，增加了7050，7055、7085、7A99、7A55，7A85铝合金棒材的拉伸性能，该性能结果是在统计多种规格、多批次挤压棒材的T6状态拉伸性能之后所提出的数据，具体要求见表3。

表3室温纵向拉伸力学性能

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 牌号 | 供应状态 | 样件状态 | 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  % | |
| *A50mm* | *A*4D |
| 7A85  7085 | H112、O | T6 | 5.00~22.00 | 530 | 470 |  | 10 |
| >22.00~150.00 | 550 | 480 | 8 |  |
| >150.00~250.00 | 520 | 430 | 6 |  |
| 7050 | H112、O | T6 | 5.00~12.50 | 530 | 465 |  | 7 |
| >12.50~150.00 | 540 | 470 | 7 |  |
| 7A55  7055 | H112、O | T6 | 5.00~12.50 | 620 | 580 |  | 6 |
| >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 |  |

考虑到合金的淬透性以及国内目前挤压机最大挤压筒直径，仅规定了部分直径规格所需要达到的性能，对于超出规格要求的棒材的拉伸力学性能由供需双方协商确定。

4.6 低倍组织

4.6.1 由于本规范所涉及的铝合金棒材主要用于后续航空航天用锻件的制备，棒材中的粗晶、缩尾等缺陷会“遗传”至锻件中，导致锻件性能恶化，因此，根据实际生产情况以及用户使用要求，对低倍组织进行了要求，经过固溶处理后的棒材低倍试片上，不允许有裂纹、成层、缩尾、气孔以及光亮晶粒（晶粒度超过GB/T 3246.2中二级的粗晶）存在，全截面晶粒度不超过4级，且单个低倍试片上级差不大于2级。

4.6.2固溶处理后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4规定。

表4铝合金棒材低倍试片上的缺陷要求

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 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 |

4.6.3 大量的分析表明铝合金棒材中的氧化膜会对锻件的组织性能产生较为严重的影响，特别是影响锻件的高向延伸率和疲劳性能，因此，在本规范中严格规定了铝合金棒材的氧化膜，如表5所示

表5 铝合金棒材低倍组织上氧化膜要求

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 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 |

4.6.4 对于不含有Zr元素的铝合金棒材来说，固溶处理后很容易形成粗晶环，过深的粗晶环中粗晶组织很容易遗传至锻件中，从而影响后续的性能。为了控制粗晶的影响，结合不同成分合金的特点以及各单位实际生产的实际统计结果，对铝合金棒材的粗晶深度进行了明确规定，当棒材直径不超过120mm时，其粗晶环深度应符合表6中高精级的规定，直径大于120mm时，其粗晶环深度应符合表5中普通级的规定。如有特殊要求的，应在订货单（或合同）中注明。

表6铝合金棒材的粗晶要求

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 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 |

4.7 断口组织

为了严格要求铝合金棒材的冶金质量，结合变形铝合金板材、锻件中的断口组织观察，提出对铝合金棒材进行断口观察，由于氧化膜的出现和固溶处理密切相关，因此，需要直径不小于50mm的挤压棒材应进行取样固溶时效处理后检查断口组织，断口平行于挤压方向，断口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7规定。

表7铝合金棒材的断口要求

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 断口组织（平行挤压方向） | | |
| 受检面积，cm2 | 单点氧化膜面积，cm2 | 允许数量 |
| 100 | 2 | ≤2 |

4.8 显微组织

由于部分合金棒材会在O态下锻造使用，因此，为了保障O态棒料的质量，要求O态棒材以及检验用状态的试件，其显微组织不允许有过烧。

4.9 超声检测

为了保障锻件的质量，根据用户的实际使用要求，直径大于25mm的棒材应进行超声检测，且应符合GB/T 6519中A级规定。若不要求超声检测或需要其他级别的超声检测应在合同中注明。

4.10 尺寸及外形

在GJB 2054A中对于航空航天用棒材的尺寸和外形进行详细规定，因此，本规范的铝合金棒材尺寸外形应符合GJB 2054A的规定，超出标准中规定直径范围的挤压棒材的尺寸及外形由供需双方协商，并在合同中注明。

4.11 外观质量

在GJB 2054A中对于航空航天用棒材的外观质量进行详细规定，并且已经被众多使用单位接受，因此，本规范的铝合金棒材外观质量应符合GJB 2054A的规定，并引用了GJB2054A中3.10.1-3.10.5中的相关规定。

4.12热处理制度

在GJB1694以及AMS2772中规定了本规范中绝大部分铝合金牌号的热处理工工艺，对于未列入上述两个标准中7A85（7085）、7A99铝合金的热处理工艺如表8所示。

表8推荐热处理制度

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 合金 | 固溶热处理温度/℃ | 人工时效温度/℃ | 人工时效时间/h |
| 7A85（7085） | 470～480 | 115～125 | 20～24 |
| 7A99 | 465～475 | 115～125 | 20～24 |

5、与有关的现行的方针、政策、法律、法规和强制性标准的关系。

本规范是航空航天铝合金棒材的产品标准，属首次编制，在编制过程中综合了国内现有标准的内容，并根据实际使用需求进行了补充完善，本标准比之前的几个标准涵盖内容更多，适用范围更广，更能保障的航空航天铝合金棒材产品质量，满足用户的要求。

本规范在编制时遵守国家各种法律法规及相关国家标准，本标准是在其它几个相关标准的基础上进行了补充和完善。

6、对征求意见及重大分歧意见的处理经过和依据。

本标准在制定过程中未出现重大分歧意见。

7、标准水平建议，预期的社会经济效果。

本规范以满足航空航天领域应用的需要为目的，结合我国科研、生产及使用现状进行了广泛的调研，根据国内生产企业的设备、工艺条件和生产经验以及用户需要进行编制，该规范规定的技术指标合理，均能满足航空航天用铝合金棒材的要求。因此，本规范发布后,望航空航天和有色各单位、部门及各生产厂家积极按该规范组织订货和生产,以推动我国航空航天事业的发展和技术进步。

8、其他应予说明的事项

——对标准名称进行了调整。按照2023年3月17日召开的标准研讨会中专家及参编企业意见，将标准名称改为《航空航天用铝合金挤压棒材规范》。

《航空航天用铝合金挤压棒材规范》标准起草组

2023年8月31日