国家标准

《增材制造用钨及钨合金粉》

编制说明

**（征求意见稿）**

**国家**标准《**增材制造用钨及钨合金粉**》

编制说明（征求意见稿）

一、工作简况

1. 项目来源

根据《国家标准化管理委员会关于下达第二批推荐性国家标准计划的通知》（国标委发[2019]22号）的要求，由广东省材料与加工研究所、洛阳金鹭硬质合金工具有限公司负责起草《增材制造用钨及钨合金粉》国家标准。项目计划编号为20192050-T-610，按计划要求，本标准应在2021年完成。

2. 产品概况

钨及钨合金因具有高密度、高硬度、热膨胀系数低、良好的抗腐蚀性能和热电子发射能力等一系列优良性能，被广泛应用于国防军工、航空航天、电子信息、能源、化工、冶金、核工业以及电子工业等诸多领域，如轮螺转子、惯性旋转元件、火箭喷管、压铸模具、穿甲弹芯、子母弹、药型罩、触点、光栅、发热体和隔热屏等。

近年来随着国防军工、航空航天等领域的快速发展，对钨及钨合金零部件结构提出了更高的要求，如具有薄壁、曲面、弯曲管道、孔和槽等特征，而传统粉末冶金方法难以实现，因此增材制造技术被广泛用来制备钨及钨合金材料，从而获得满足实际应用需求的产品。

目前，增材制造技术已经从研发转向产业化应用，被称为新一轮工业革命的标志性技术之一。世界各国纷纷将增材制造作为未来产业发展新的增长点重点培育，力争抢占未来科技和产业制高点。我国政府高度重视增材制造产业的发展，将其列入了《中国制造2025》重点发展方向。作为加快制造业转变发展方式和提质增效升级的重要手段，《国家增材制造产业发展推进计划》也已经出台。

对于增材制造技术，金属粉末是关键的原料，要求球形度高、粉末粒径细小、粒度分布较窄、氧含量低、流动性好。目前国内外尚无增材制造用钨及钨合金粉的相关国际标准、国家标准或行业标准可依，没有相应统一的标准要求和检验验收规范，各生产厂家制粉工艺也不完全一致，产品参数不在同一基准上，从而给产品的生产和评价带来不便，阻碍了钨及钨合金增材制造技术的发展和产业化进程，也进一步限制了增材制造钨及钨合金零件在国防军工、航空航天、化工、核工业等领域的实验及推广应用。

本标准的制定能够有效的对增材制造用钨及钨合金粉末的生产、检验、包装等活动进行规范，有利于提高增材制造用钨及钨合金粉末产品质量，推进钨及钨合金粉末的市场应用。针对不同增材制造工艺的要求，对钨及钨合金粉末的化学成分及物理化学性能进行了规定，以解决当前增材制造用钨及钨合金粉末无标准可依、粉末性能参差不齐的问题。

3. 承担单位简况

主承担单位广东省材料与加工研究所是隶属广东省科学院的省属事业单位，由原广州有色金属研究院粉末冶金研究所等单位重新组建而成，是广东省工业领域集技术研究开发、成果集成转化、新兴产业孵化为一体的综合性科研生产单位。依托我所组建有“国家钛及稀有金属粉末冶金工程技术研究中心”，“广东省金属粉体材料工程技术研究中心”，我所长期从事金属合金粉的技术开发和生产应用工作，拥有水气联合雾化、真空雾化、射频等离子球化、等离子旋转电极雾化等金属粉末生产设备，在增材制造金属粉的制备方面拥有多项专利技术并实现了产业化，是金属及合金粉体制备技术重要的产业研发基地，已形成50吨/年3D打印用粉末的中试生产能力，在增材制造用钨及钨合金粉体制备研究方面具有扎实的基础和成熟的经验。目前我所制备的金属粉末的技术水平已达到国际先进水平，与国内外多家知名公司建立了合作关系，金属粉末产品在市场上具有良好的口碑，在行业内具有较高的知名度。迄今我所取得专利授权一百多件，累计有近40项科技成果获得了国家、省、市等政府部门的奖励，制修订国家、行业及企业标准20余项。

主承担单位洛阳金鹭硬质合金工具有限公司是享誉国际的钨粉末、硬质合金及精密刀具制造综合企业。具备年产9000吨/钨粉、碳化钨粉、4000吨合金棒材、1000吨矿用合金、800万支硬质合金整体刀具、4000万支PCB硬质合金微型刀具和1200万片数控切削刀片的综合生产规模。厦门金鹭特种合金有限公司通过不断的自主创新和科技进步，先后自主实施了包括国家科技攻关计划、国家重点火炬计划、国家重点新产品在内的21项国家级科技计划和2项国家重点技改工程，完成省、市及企业级技术课题300多项，研制和开发出一批具有自主知识产权的先进设备、工艺技术和产品，申请专利109项（已获批66项），形成了一系列具有自主知识产权的钨粉、碳化钨粉、硬质合金材及其精密刀具专有制造技术。公司近几年参与国家标准制修订情况：于2011年负责制定了《碳化钨粉安全生产规程》强制性国家标准；于2012～13年负责制定了《硬质合金显微组织金相测定-第1部分 金相照片和描述》国家标准；于2014年负责制定了《硬质合金 孔隙度和非化合碳的金相测定》和《硬质合金横向断裂强度测定方法》两项国家标准；于2015年负责制定了《硬质合金矫顽磁力测定方法》和《微晶硬质合金棒材》两项国家标准；于2016年负责制定了《硬质合金显微组织的金相测定 第二部分:WC晶粒尺寸的测量》；于2017年负责制定了《带圆角圆孔固定的硬质合金可转位刀片尺寸》；于2018年负责制定了《硬质合金圆棒毛坯》。

参与单位星尘科技（广东）有限公司是一家专门从事3D打印、粉末冶金、表面工程等领域用高端球形粉体材料研发、生产和销售的科技型企业。公司坚持以射频等离子体球化制粉技术为导向，提供国际先进的产品及应用解决方案。同时提供射频等离子球化、等离子旋转电极雾化、3D打印、热等静压、注射成型、粉末冶金等技术服务。公司由佛山星尘信息咨询合伙企业（有限合伙）、广东省材料与加工研究所、广东省科学院佛山产业技术研究院有限公司联合成立，拥有实力强大的研发中心和完整的技术支持团队。公司主营产品包括钽粉、钨粉、钼粉、铌粉、钛及钛合金粉、铸造碳化钨粉、碳化钨-钴硬质合金粉等高端稀有难熔金属及化合物球形粉体。

参与单位西安赛隆金属材料有限责任公司成立于2013年，是由西北有色金属研究院发起并控股，依托金属多孔材料国家重点实验室创新平台，以重点实验室在高品质金属粉末和电子束选区熔化成形增材制造相关领域十余年的研发成果为基础成立的科技型企业。公司专业从事商业化粉末床电子束3D打印（SEBM）技术与装备、等离子旋转电极雾化制粉（PREP）技术与装备的研发、生产、销售和技术服务。在高品质球形粉末的生产制备方面，公司研发生产了钛及钛合金、高温合金、难熔金属等不同体系的20余种特殊牌号的粉末材料以满足增材制造技术应用需求。目前公司已经具备年产200吨金属粉末、20台套设备、上万件3D打印件的生产能力。

参与单位北矿新材科技有限公司是由中央直属大型科技企业北京矿冶研究总院以其所属北京钨钼材料厂和金属材料研究所为基础与北京市科委共同出资设立的集研究、开发、生产、经营四位于一体的现代材料科技公司。公司于2011年11月2日在国家工商行政管理局登记注册，注册资本10000万元。近年来承担了3D打印用材料方向省部级项目4项，在3D打印用难熔金属、高温合金粉末和不锈钢粉末领域，经过多年项目研发和市场培育，积累了丰富的研制与生产经验，针对超细、低氧含量合金粉末，已突破了精确控制合金粉末成分、球形度等关键参数的工艺技术。此外在钨、钼粉及预合金粉末冶金方面研究已经有50多年的历史，在球形钼粉、绿色环保稀土钨/钼电极、高温钼制品、钨钼异型件等材料的研制和开发方面具有丰富的经验。公司拥有先进的Tekna生产的80kW和15kW两台等离子等生产设备，以及系列粉末检测设备。而且，近年来公司主持和起草了国家、行业标准20余项，拥有丰富的标准制修订经验。

参与单位江苏威拉里新材料科技有限公司是由徐州矿务集团投资组建的新兴技术企业，注册资本4000万元。公司引进哈尔滨工业大学新材料专业技术团队，采用世界一流的真空气雾化、无坩埚感应熔炼气雾化粉体制备技术，主要从事钛合金、高温镍基合金、铝合金、铜合金、钴铬合金等多种高端金属粉体的研发、生产和销售，并针对客户需求，提供高质量金属粉体个性化定制服务。产品球形度、氧含量、流动性、粒度分布等性能均达到国际先进水平，已广泛应用于航空航天、生物医疗、激光熔覆、3D打印等高端制造领域，以优越的产品品质及技术服务，致力于打造国内顶尖、世界一流高端金属粉体制造企业。

参与单位西安欧中材料科技有限公司（简称欧中科技）是西北有色金属研究院（集团）下属的专业从事金属球形粉末及制件生产与服务的高新技术企业。欧中科技通过“引进消化吸收再创新”，组建了具备国际先进水平的国内首条超高转速（30000rpm）等离子旋转电极雾化SS-PREPTM金属球形粉末工业化生产线，主要致力于钛合金、高温合金及其他金属球形粉末制备，发动机叶片的精深加工服务，粉末冶金制件、增材制造金属丝材的研发、生产及货物的进出口贸易等。产品涵括TC4、TC4-DT等100多种牌号的金属粉末及丝材和高温合金粉末盘等，主要应用于航空航天粉末冶金、增材制造（3D打印）、生物医疗等领域。目前，公司在高品质金属球形粉末制备领域处于国内领先地位。公司通过了航空AS9100（航空航天质量管理体系）、ISO13485（医疗器械质量管理体系）以及GB/T 29490（知识产权管理体系）的认证。承担省、市、国家级科研项目三十余项，获得授权专利十余项，在国内外期刊发表文章二十余篇。目前，公司拥有等离子旋转电极制粉设备、电选生产与实验设备、激光粒度分析仪、数字振筛机、粉体综合特性测试仪等多台套生产检测设备。

参与单位广东银纳科技有限公司是一家致力于增材制造技术领域全产业链的高新技术企业。业务领域涵盖高端金属粉末材料研发，增材制造产业装备研发与制造，职业教育资源综合解决方案提供及3D打印应用服务等四个板块。

参与单位北京康普锡威科技有限公司是北京有色金属研究总院控股子公司，专业从事3D打印、合金焊料、软磁等有色金属特种粉体的研发、生产、销售和服务，是国家级高新技术企业。公司拥有成熟的气体雾化制粉生产线和丰富的产品研发经验，能够批量提供多个合金体系的3D打印用金属粉末，包括铝合金、模具钢、铜合金、钴铬合金、不锈钢等。所提供粉末产品杂质含量低，球形度好，成分均匀，批次稳定，适用于多种3D打印工艺，在航空航天、模具、医疗等行业取得了广泛应用。

参与单位华中科技大学是国家教育部直属重点综合性大学，由原华中理工大学、同济医科大学、武汉城市建设学院于2000年5月26日合并成立，是国家“211工程”重点建设和“985工程”建设高校之一，是首批“双一流”建设高校。华中科技大学按照“应用领先、基础突破、协调发展”的科技发展方略，构建起了覆盖基础研究层、高新技术研究层、技术开发层三个层次的科技创新体系。建设有武汉光电国家研究中心以及国家脉冲强磁场科学中心（筹）、精密重力测量研究设施等国家重大科技基础设施，还拥有1个国家制造业创新中心、4个国家重点实验室、1个国防科技重点实验室、6个国家工程（技术）研究中心、1个国家临床医学研究中心 、1个国家工程实验室、2个国家专业实验室、6个科技部国家国际科技合作基地及一批省部级研究基地。

参与单位西北工业大学坐落于陕西西安，是我国唯一一所以同时发展航空、航天、航海（三航）人才培养和科学研究为特色的多科性、研究型、开放式大学，隶属于工业和信息化部。新中国成立以来，西工大一直是国家重点建设的高校，1960年被国务院确定为全国重点大学，“七五”、“八五”均被国务院列为重点建设的全国15所大学之一，是全国首批设立研究生院的22所高校之一，1995年首批进入“211工程”，2001年进入“985工程”，2017年进入国家“一流大学”建设高校（A类），是“卓越大学联盟”成员高校，先后获得“全国文明单位”、“全国创先争优先进基层党组织”、“全国毕业生就业典型高校”、“全国文明校园”等荣誉称号和表彰奖励。学校充分发挥“三航”特色优势，聚焦国家战略需求和世界科技前沿，为我国国防科技事业发展和国民经济建设作出了重大贡献。近五年，学校科研经费到款累计超过百亿元，位居全国高校前列。其中，2018年科研到款超过30亿元。现建有8个国家级重点实验室，2个国家工程研究中心，4个国家级国际科技合作基地，1个国防科技创新中心，5个国家地方联合创新平台，102个省部级科研平台。在16个国家科技重大专项中，学校重点参与了大飞机、载人航天与探月等10个重大专项的论证及科研攻关，近十年来，获得国家科学技术奖20余项，省部级科技一等奖近50项。

参与单位西北有色金属研究院是我国重要的稀有金属材料研究基地和行业技术开发中心、是稀有金属材料加工国家工程研究中心、金属多孔材料国家重点实验室、超导材料制备国家工程实验室、中国有色金属工业西北质量监督检验中心、层状金属复合材料国家地方联合工程研究中心等的依托单位，地处西安、宝鸡两地五区。研究院现有资产总值104亿元，仪器设备5000多台套，占地3500亩，正式职工3797人，其中科技人员千余人，有中国工程院院士1人，教授、高工430人，博士、硕士902人，2018年全院综合收入114.5亿元。西北有色金属研究院已经建成了一批在国际上有相当影响的材料研究领域，组建了14个研究所及中心，建设了39个国家和省级研究中心及平台，共获得1100余项科研成果奖和1500项专有与专利技术。同时，研究院加强成果转化及工程化工作，积极推进科技产业化进程，开发试制新产品10000多项，发起组建37个控股参股的高新技术企业，形成了国内最大的稀有金属新材料科研、生产基地。近年来，先后荣获"全国五一劳动奖状"、"全国先进基层党组织"、"国家科技计划执行优秀团队"、"国家工程中心重大成就奖"等殊荣。

参与单位广州赛隆增材制造有限责任公司由西北有色金属研究院、西安赛隆金属材料有限责任公司和金属多孔材料国家重点实验室共同发起，技术团队核心成员领办的高新技术企业。公司创业团队由国家万人计划人才、金属多孔材料国家重点实验室主任汤慧萍教授领衔，金属多孔材料国家重点实验室副主任汪强兵等七位博士组成。汤慧萍教授任公司董事长，汪强兵博士任公司总经理，公司研究生学历以上人员占比90%。公司创业团队以3D打印方面的最新研究成果为依托，通过在广州落地转化，高效对接市场和资本，填补粤港澳大湾区在粉床电子束增材制造技术方面的空白，打造金属增材制造国际一流企业和知名品牌。公司主营增材制造制品及原料的设计开发、生产和销售，包括金属3D打印专用球形粉末、3D打印零件及粉末冶金制品。产品已广泛应用于航空航天、医疗、模具等领域

参与单位宁夏东方钽业股份有限公司宁夏东方钽业股份有限公司（以下简称“公司”）是中色（宁夏）东方集团有限公司下属控股子公司，是中国有色矿业集团有限公司成员单位。公司是全球知名的钽﹑铌冶炼及加工生产商,通过了ISO9001质量管理体系、ISO14001环境管理体系、OHSAS18001职业健康安全管理体系认证。自2000年上市以来，公司以科学的管理理念、精良的工艺装备、先进的技术水平、高素质的员工队伍等综合优势，已形成钽、铌、钛金属及其合金材料等主要产业格局，钽、铌及其合金制品等系列产品多次荣获“对外贸易出口名牌”“中国名牌产品”称号。主导产品电容器级钽粉、钽丝在钽电容器行业有良好的质量口碑，产销量多年位居行业前列，与美英德日韩等国的主要钽电容器制造商建立了长期稳定的合作关系。

参与单位中航迈特粉冶科技（北京）有限公司是一家以先进合金粉末制备、3D打印及热等静压技术为基础，以航空航天金属粉末材料及特种合金零部件制造为目标的国家高新技术企业。2015年底在河北固安工业园区投资建成国内技术水平最高的金属粉末材料研发生产基地，占地面积15000平米。2018年在江苏徐州建立金属粉末生产基地二期工程，并成立中航迈特粉冶科技（徐州）有限公司，占地50000平方米，规划制粉生产线30余条。联合国家增材制造产品质量监督检验中心组建国家增材制造联合检研实验室，组建北京市增材制造和新材料中心、粉末工程化研究中心。团队核心成员先后参与10余项国家、省级科研项目，并在相关领域核心期刊上发表50余篇学术论文，获授权技术专利多项。公司对外开放合作，联合成立了国家增材制造联合检研实验室、北京市开发区增材制造和新材料技术创新中心、河北省增材制造产业技术研究院等科研平台，累计投入研发经费2000余万元，建有完善的科研设施，包括雾化制粉试验平台1套、粉末后处理研发平台1套、选区激光熔化设备2套、激光熔覆设备1套、打印零件后处理生产线1条，配备粉末激光粒度检测仪、粒度筛分仪、氧氮氢分析仪等检测设备20余套。

参与单位上海材料研究所（SRIM）源于1946年成立的“材料性能试验室”，随着新中国工业的崛起和发展而得到同步壮大。至上世纪九十年代，己成为机械工业工程材料技术的核心研发机构。上世纪末，在深化科技体制改革推动下，发展成为上海市新材料高科技企业，同时也是上海市工程材料技术骨干研发机构和公正、权威的第三方材料检测机构。

4. 主要工作过程

根据任务落实会议精神，广东省材料与加工研究所和洛阳金鹭硬质合金工具有限公司接到《增材制造用钨及钨合金粉末》编写任务后，组织相关技术人员，成立了标准编制小组，对目标任务进行分解，明确成员的任务要求，制定了工作计划和进度安排。通过收集和整理国内外增材制造用钨及钨合金粉末的应用信息和技术资料，充分了解了钨及钨合金粉生产工艺状况、产品质量控制等，并对国内相关生产制造和质量水平进行了充分论证，于2020年3月形成国家标准《增材制造用钨及钨合金粉》草案初稿，经过多次内部讨论分析，对草案进行了修改和完善，于2020年5月形成标准征求意见稿。

**5. 参编单位工作情况**

整个标准起草过程中各参与单位给予了大力的支持帮助。

西安赛隆金属材料有限责任公司、星尘科技（广东）有限公司、北矿新材科技有限公司、江苏威拉里新材料科技有限公司、西安欧中材料科技有限公司、广东银纳科技有限公司、北京康普锡威科技有限公司、华中科技大学、西北工业大学、西北有色金属研究院等单位提供了相关产品的测试数据。

广州赛隆增材制造有限责任公司、星尘科技（广东）有限公司、同济大学、宁夏东方钽业股份有限公司、中航迈特有限公司、上海材料研究所提供了技术支持及实验数据的验证等工作。

二、标准编制原则和确定标准主要内容的论据

1. 标准编制原则

本标准的格式严格按照GB/T 1.1-2009《标准化工作导则 第1部分：标准的结构和编写》进行编写，内容规范。标准规定了增材制造用钨及钨合金粉末的要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输、贮存、合同（或订货单）内容等。

本标准在参照国内同类产品生产技术水平的基础上制定的，体现了国防军工、航空航天、核工业等领域以及相关行业对增材制造用钨及钨合金粉末的使用性能要求，使得供需双方对质量检测标准公平受益，能够按现行通用方式进行产品检测，力争做到标准切实可行，具有可操作性，能够被应用单位普遍接受。

2. 确定标准主要内容的论据

2.1 化学成分

本标准选择目前应用较广泛且相对成熟的钨及钨合金粉末，目前批量化生产增材制造用钨及钨合金牌号有W1、W90NiFe、W93NiFe、W95NiFe、W97NiFe。化学成分主要依据YS/T 659《钨及钨合金加工产品牌号和化学成分》，同时参考GB/T 3458《钨粉》，粉末生产过程中，钨及钨合金的主要化学成分不会发生明显变化，只有氧、碳等气体元素会发生轻微波动。为了确保增材制造目标零件的综合性能达到产品的设计要求，相关厂家及研究机构W1、W90NiFe、W93NiFe、W95NiFe、W97NiFe化学成分的统计，见表1和表2。本标准规定增材制造用钨及钨合金粉的化学成分见表3。化学成分检测按GB/T 4324（所有部分）《钨化学分析方法》和YB/T 4395《钢钼、铌和钨含量的测定电感耦合等离子体原子发射光谱法》的规定进行，也可按供需双方认可的其他检测标准执行。

表1 相关厂家产品化学成分统计结果（W1）

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 牌号 | | 化学成分 (质量分数) /%，不大于 | | | | | | | | | | | | | |
| W | Al | K+  Na | N | Fe | Mg | Mo | Ni | Si | Sn | Cu | Ca | C | O |
| W1 | 单位1 | 余量 | 0.004 | 0.002 | 0.002 | 0.004 | - | 0.002 | 0.004 | 0.001 | 0.001 | 0.002 | 0.003 | 0.007 | 0.03 |
| 单位2 | 余量 | 0.002 | 0.001 | 0.001 | - | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.005 | 0.01 |
| 单位3 | 余量 | 0.004 | - | - | 0.01 | - | 0.01 | 0.002 | 0.01 | 0.001 | 0.002 | 0.003 | 0.008 | 0.03 |
| 单位4 | 余量 | 0.001 | 0.002 | 0.001 | 0.0004 | 0.0004 | 0.0022 | 0.0008 | 0.0022 | 0.0007 | 0.001 | 0.001 | 0.0055 | 0.017 |
| 单位5 | 余量 | 0.002 | - | - | 0.005 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.002 | 0.001 | 0.002 | - | 0.005 | 0.03 |
| 注：单位1-广东省材料与加工研究所，单位2-星尘科技（广东）有限公司，单位3-广东银纳科技有限公司，单位4-广东银纳科技有限公司，单位4-西北有色金属研究院 ，单位5-洛阳金鹭硬质合金工具有限公司 | | | | | | | | | | | | | | | |

表2 相关厂家产品化学成分统计结果（W90NiFe、W93NiFe、W95NiFe、W97NiFe）

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 牌号 | | 主成分 | | | 化学成分 (质量分数) /%，不大于 | | | | | | | | | | |
| W | Ni | Fe | Al | Si | Cr | Sn | Cu | Mg | Ca | K+Na | Mo | C | O |
| W90NiFe | 单位1 | 余量 | 6.9~7.1 | 2.9~3.1 | 0.002 | 0.002 | 0.001 | 0.001 | 0.002 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.005 | 0.03 |
| 单位2 | 余量 | 6.5-7.5 | 2.5-3.5 | 0.001 | 0.003 | - | 0.001 | 0.002 | 0.001 | 0.002 | 0.001 | 0.001 | 0.005 | 0.04 |
| W93NiFe | 单位1 | 余量 | 4.8~5.0 | 2.0~2.2 | 0.001 | 0.002 | - | 0.001 | 0.002 | 0.002 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.004 | 0.03 |
| W95NiFe | 单位1 | 余量 | 3.4~3.6 | 1.4~1.6 | 0.001 | 0.003 | - | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.003 | 0.03 |
| W97NiFe | 单位1 | 余量 | 2.0~2.2 | 0.8~1.0 | 0.001 | 0.002 | - | 0.001 | 0.002 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.002 | 0.03 |
| 注：单位1-广东省材料与加工研究所，单位2-广东银纳科技有限公司 | | | | | | | | | | | | | | | |

表3产品化学成分要求

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 牌  号 | 化学成分(质量分数)/% | | | | | | | | | | | | |
| W | Ni | Fe | Al  ≤ | Mg  ≤ | Mn  ≤ | Ca  ≤ | C  ≤ | Si  ≤ | O  ≤ | K+Na  ≤ | Cu  ≤ | Mo  ≤ |
| W | 余量 | ≤0.008 | ≤0.008 | 0.005 | 0.005 | 0.005 | 0.005 | 0.008 | 0.005 | 0.06 | 0.005 | 0.005 | 0.005 |
| W90NiFe | 余量 | 6.9～7.1 | 2.9～3.1 | 0.005 | 0.005 | 0.005 | 0.005 | 0.010 | 0.005 | 0.08 | 0.005 | 0.005 | 0.005 |
| W93NiFe | 余量 | 4.8～5.0 | 2.0～2.2 | 0.005 | 0.005 | 0.005 | 0.005 | 0.010 | 0.005 | 0.08 | 0.005 | 0.005 | 0.005 |
| W95NiFe | 余量 | 3.4～3.6 | 1.4～1.6 | 0.005 | 0.005 | 0.005 | 0.005 | 0.010 | 0.005 | 0.08 | 0.005 | 0.005 | 0.005 |
| W97NiFe | 余量 | 2.0～2.2 | 0.8～1.0 | 0.005 | 0.005 | 0.005 | 0.005 | 0.010 | 0.005 | 0.08 | 0.005 | 0.005 | 0.005 |
| 注：产品的化学成分可根据用户的特殊要求进行调整。 | | | | | | | | | | | | | |

2.2. 物理性能

钨及钨合金粉可以通过增材制造工艺实现致密化成形，不同的增材制造工艺对粉末的粒度有不同的要求，粉末的松装密度、振实密度、流动性等工艺参数不仅影响增材制造成形过程，且对制件的最终显微组织、力学性能、尺寸精度、表面质量等产生影响。因此，本标准规定了判定钨及钨合金粉末的关键物理性能和工艺性能参数要求：粒度及分布、松装密度、振实密度、流动性、球形度等。

2.2.1. 粒度

根据增材制造技术领域不同工艺技术要求，钨及钨合金粉粒度可分为三类：不同增材制造工艺对粉末粒度分布有不同的要求。本标准中粉末分为三类，Ⅰ类适用于粉末床激光熔融增材制造领域，粒度范围为0～63 μm；Ⅱ类适用于粉末床电子束熔化增材制造领域，粒度范围为45～150 μm；Ⅲ类适用于定向能量沉积增材制造领域，粒度范围为30～250 μm。针对以上增材制造应用领域对粉末粒度的要求，统计了有关单位及研究机构的粒度分布，如表4所示。本标准规定了粒度分布的指标，如表5所示。另外也可供货双方协商确定。

表4 粒度分布统计表

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 分类 | 粒度  范围/μm | 牌号 | 粒度分布 | |
| 单位1 | 单位2 |
| Ⅰ类 | 0～63 | W1 | +63μm不大于5% | +63μm：2.22% |
| W90NiFe | - | +63μm：2.25% |
| W93NiFe | - | +63μm：1.58% |
| W95NiFe | - | +63μm：1.85% |
| W97NiFe | - | +63μm：1.72% |
| Ⅱ类 | 45～150 | W1 | -45μm≤5%，+150μm≤5% | -45μm：0.98%，+150μm：0.89% |
| W90NiFe | - | -45μm：2.47%，+150μm：1.08% |
| W93NiFe | - | -45μm：1.87%，+150μm：1.10% |
| W95NiFe | - | -45μm：2.13%，+150μm：1.12% |
| W97NiFe | - | -45μm：1.81%，+150μm：2.37% |
| Ⅲ类 | 30-250 | W1 | -30μm≤5%，+250μm≤5% | -30μm：0.75%，+250μm：1.21% |
| W90NiFe | - | -30μm：2.35%，+250μm：1.32% |
| W93NiFe | - | -30μm：1.01%，+250μm：1.03% |
| W95NiFe | - | -30μm：1.97%，+250μm：1.02% |
| W97NiFe | - | -30μm：1.13，+250μm：2.01% |
| 注：单位1-广东省材料与加工研究所，单位2-星尘科技（广东）有限公司 | | | | |

粒度检测按照GB/T 1480《金属粉末粒度组成的测定 干筛分法》和GB/T 19077《粒度分布 激光衍射法》的规定执行。

表5 粒度要求

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 类别 | 粒度范围 | 粒度组成 | 粒度分布 |
| Ⅰ类 | ≤63 μm | ＞63 μm 不大于5% | 25 μm ≤D50≤45 μm |
| Ⅱ类 | 45 μm～150 μm | ≤45 μm 不大于5%，  ＞150 μm 不大于5% | 3 μm ≤D50≤105 μm |
| Ⅲ类 | 30 μm～250 μm | ≤30 μm不大于5%，  ＞250 μm 不大于5% | 53 μm≤D50≤212 μm |

2.2.2. 松装密度

粉末松装密度是粉末在规定条件下自由充满标准容器后所测得的堆积密度，即粉末松散填装时单位体积的质量，是粉末的一种工艺性能。松装密度是粉末多种性能的综合体现，可以反映出粉末的密度、颗粒形状、颗粒表面状态、颗粒的粒度及粒度分布等，对产品生产工艺的稳定性以及产品质量的控制都有重要的影响。通常情况下，粉末颗粒形状越规则、颗粒表面越光滑、颗粒越致密，粉末的松装密度会越大。

不利于增材制造工艺钨及钨合金粉的松装密度一般小于9.0g/cm3，适用于增材制造工艺的粉末松装密度一般要求大于9.0g/cm3。本标准为了确保钨及钨合金粉适用于增材制造快速成型，本标准根据增材制造成形方式不同规定了三类钨及钨合金粉末的松装密度应不小于9.5g/cm3，具体要求见表6。

表6 产品的松装密度要求

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 分类 | 粒度  范围/μm | 牌号 | 松装密度（g/cm3） |
| Ⅰ类 | 0～63 | W1 | ≥9.5 |
| W90NiFe | ≥9.5 |
| W93NiFe | ≥9.5 |
| W95NiFe | ≥9.5 |
| W97NiFe | ≥9.5 |
| Ⅱ类 | 45～150 | W1 | ≥9.5 |
| W90NiFe | ≥9.5 |
| W93NiFe | ≥9.5 |
| W95NiFe | ≥9.5 |
| W97NiFe | ≥9.5 |
| Ⅲ类 | 30-250 | W1 | ≥9.5 |
| W90NiFe | ≥9.5 |
| W93NiFe | ≥9.5 |
| W95NiFe | ≥9.5 |
| W97NiFe | ≥9.5 |

松装密度检测按照GB/T1479.1《金属粉末 松装密度的测定 第1部分：漏斗法》的规定执行。

2.2.3.振实密度

振实密度是粉末在容器中经过机械振动达到较理想排列状态的粉末集体密度，其相对于松装密度增大的百分数是粉末多种物理性能，如粉末粒度及其分布、颗粒形状及其表面粗糙度、比表面积等的综合体现。一般来说，振实密度越大，说明粉末的流动性能越好。结合实际增材制造工艺要求，本标准根据增材制造成形方式不同规定了三类钨及钨合金粉的振实密度应不小于11.5g/cm3，具体要求见表7。

表7 产品的振实密度要求

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 分类 | 粒度范围/μm | 牌号 | 振实密度（g/cm3） |
| Ⅰ类 | 0～63 | W1 | ≥11.5 |
| W90NiFe | ≥11.5 |
| W93NiFe | ≥11.5 |
| W95NiFe | ≥11.5 |
| W97NiFe | ≥11.5 |
| Ⅱ类 | 45～150 | W1 | ≥11.5 |
| W90NiFe | ≥11.5 |
| W93NiFe | ≥11.5 |
| W95NiFe | ≥11.5 |
| W97NiFe | ≥11.5 |
| Ⅲ类 | 30-250 | W1 | ≥11.5 |
| W90NiFe | ≥11.5 |
| W93NiFe | ≥11.5 |
| W95NiFe | ≥11.5 |
| W97NiFe | ≥11.5 |

2.2.4.流动性

粉末流动性是指以一定量粉末流过规定孔径的标准漏斗所需要的时间来表示，通常采用的单位为s/50g，其数值愈小说明该粉末的流动性愈好，它是粉末的一种工艺性能。粉末流动性能与很多因素有关，如粉末颗粒尺寸、形状和粗糙度、比表面等。一般地说，增加颗粒间的摩擦系数会使粉末流动困难。通常球形颗粒的粉末流动性最好，而颗粒形状不规则、尺寸小、表面粗糙的粉末，其流动性差。另外，粉末流动性受颗粒间粘附作用的影响，颗粒表面水分、气体等的吸附会降低粉末的流动性。粉末的流动性对增材制造成形工艺影响很大。本标准规定了用于不同增材制造成形方式的五类球形钨及钨合金粉的流动性能(霍尔流速)不大于6.0s/50g。具体要求见表8。

表8 产品的流动性要求

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 分类 | 粒度范围/μm | 牌号 | 流动性（s/50g） |
| Ⅰ类 | 0～63 | W1 | ≤6.0 |
| W90NiFe | ≤6.0 |
| W93NiFe | ≤6.0 |
| W95NiFe | ≤6.0 |
| W97NiFe | ≤6.0 |
| Ⅱ类 | 45～150 | W1 | ≤6.0 |
| W90NiFe | ≤6.0 |
| W93NiFe | ≤6.0 |
| W95NiFe | ≤6.0 |
| W97NiFe | ≤6.0 |
| Ⅲ类 | 30-250 | W1 | ≤6.0 |
| W90NiFe | ≤6.0 |
| W93NiFe | ≤6.0 |
| W95NiFe | ≤6.0 |
| W97NiFe | ≤6.0 |

2.3.外观质量

钨及钨合金粉的外观质量可以直观反映出粉末品质，以及是否因保存不当导致受潮或其它杂物的污染。本标准规定钨及钨合金粉产品呈银灰色，无目视可见夹杂物。

2.4. 包装、标志、运输和贮存

钨及钨合金粉在包装、运输和贮存过程中，尤其是小于63μm的细粉末会因强烈碰撞、挤压等原因发生起火、爆炸，且该粉末容易吸附空气中的氧、氮等气体元素使粉末性能变差。此外钨及钨合金粉也易吸附水汽而受潮使粉末品质变差。因此本标准规定：

2.5.1. 标志

在包装好的产品桶上应附有标志，其上注明：

1. 供方名称及商标；
2. 产品名称；
3. 牌号；
4. 粒度范围；
5. 生产批号；
6. 净重、毛重；
7. 包装日期；
8. “易燃”、“防火”、“防潮”、“向上”、“禁止翻滚”等标识；
9. 本标准编号。

2.5.2.包装

产品应以洁净的塑料桶、金属瓶等为容器单元，采取充惰性气体保护封装或者真空包装，或采用厚塑料袋抽真空塑封，包装过程中应严格控制环境避免污染。产品包装重量分1kg、2kg、5kg、10kg四种规格，也可以根据需方需要进行包装。包装容器应保证其在运输过程中的完整性，且不应破损、受潮或者使产品接触到外来污染物。

2.5.3.运输

产品应在有遮盖物的环境下进行运输，运输过程中应防止雨淋受潮、严禁剧烈碰撞和机械挤压，搬运过程应轻装轻卸、切勿倒置，严禁接近火种及火源。

2.5.4.贮存

产品应贮存在通风、干燥、阴凉、无腐蚀性侵蚀的环境中，严禁与氧化剂、酸类、碱类一起存放，并避免阳光直晒。

**三、 主要试验（或验证）情况分析**

针对本标准涉及产品，按本标准规定的方法，对主要技术指标进行了验证，验证数据如下。

**3.1 化学成分**

广东省材料与加工研究所及有关厂家、研究机构W1、W90NiFe、W93NiFe、FW95NiFe、W97NiFe化学成分的统计如表9、表10所示。

表9 相关厂家产品化学成分（W1）

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 牌号 | | 化学成分 (质量分数) /%，不大于 | | | | | | | | | | | | | |
| W | Al | K+  Na | N | Fe | Mg | Mo | Ni | Si | Sn | Cu | Ca | C | O |
| W1 | 单位1 | 余量 | 0.003 | 0.001 | 0.002 | 0.003 | 0.001 | 0.001 | 0.002 | 0.001 | 0.001 | 0.002 | 0.002 | 0.004 | 0.03 |
| 单位2 | 余量 | 0.002 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.003 | 0.01 |
| 注：单位1-广东省材料与加工研究所，单位2-星尘科技（广东）有限公司 | | | | | | | | | | | | | | | |

表10 相关厂家产品化学成分（（W90NiFe、W93NiFe、W95NiFe、W97NiFe））

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 牌号 | 单位 | 主成分 | | | 化学成分 (质量分数) /%，不大于 | | | | | | | | | | |
| W | Ni | Fe | Al | Si | Cr | Sn | Cu | Mg | Ca | K | Mo | C | O |
| W90NiFe | 单位1 | 余量 | 6.9~7.1 | 2.9~3.1 | 0.001 | 0.002 | - | 0.001 | 0.002 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.005 | 0.03 |
| 单位2 | 余量 | 6.5-7.5 | 2.5-3.5 | 0.001 | 0.002 | - | 0.001 | 0.002 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.005 | 0.03 |
| W93NiFe | 单位1 | 余量 | 4.8~5.0 | 2.0~2.2 | 0.001 | 0.002 | - | 0.001 | 0.002 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.005 | 0.03 |
| W95NiFe | 单位1 | 余量 | 3.4~3.6 | 1.4~1.6 | 0.001 | 0.002 | - | 0.001 | 0.002 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.005 | 0.03 |
| W97NiFe | 单位1 | 余量 | 2.0~2.2 | 0.8~1.0 | 0.001 | 0.002 | - | 0.001 | 0.002 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.005 | 0.03 |
| 注：单位1-广东省材料与加工研究所，单位2-广东银纳科技有限公司 | | | | | | | | | | | | | | | |

从上表中可以看出，广东省材料与加工研究所及其他生产厂家所生产的粉末的化学成分均可满足标准设定值，标准中规定的化学成分是科学合理的。

3.2.物理性能

3.2.1. 松装密度

广东省材料与加工研究所及有关厂家、研究机构生产的W1、W90NiFe、W93NiFe、FW95NiFe、W97NiFe粉末松装密度的统计如表11所示，均可满足标准设定值。

表11 粉末松装密度统计结果

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 分类 | 粒度  范围/μm | 牌号 | 松装密度（g/cm3） | |
| 单位1 | 单位2 |
| Ⅰ类 | 0～63 | W1 | 10.12 | 10.01 |
| W90NiFe | 9.65 | 9.53 |
| W93NiFe | 9.87 | 9.67 |
| W95NiFe | 9.97 | 9.82 |
| W97NiFe | 10.03 | 9.98 |
| Ⅱ类 | 45～150 | W1 | 10.33 | 10.32 |
| W90NiFe | 9.85 | 9.78 |
| W93NiFe | 9.98 | 9.88 |
| W95NiFe | 10.12 | 9.98 |
| W97NiFe | 10.22 | 10.15 |
| Ⅲ类 | 30-250 | W1 | 10.51 | 10.45 |
| W90NiFe | 9.98 | 10.10 |
| W93NiFe | 10.01 | 10.22 |
| W95NiFe | 10.22 | 10.34 |
| W97NiFe | 10.32 | 10.45 |
| 注：单位1-广东省材料与加工研究所，单位2-星尘科技（广东）有限公司 | | | | |

从上表中可以看出，广东省材料与加工研究所及其他生产厂家所生产的粉末松装密度均可满足标准设定值，标准中规定的松装密度是科学合理的。

3.2.3. 振实密度

广东省材料与加工研究所及有关厂家、研究机构W1、W90NiFe、W93NiFe、FW95NiFe、W97NiFe合金粉末振实密度的统计如表12所示，均可满足标准要求。

表12 粉末振实密度统计结果

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 分类 | 粒度  范围/μm | 牌号 | 振实密度（g/cm3） | |
| 单位1 | 单位2 |
| Ⅰ类 | 0～63 | W1 | 11.91 | 11.98 |
| W90NiFe | 11.54 | 11.61 |
| W93NiFe | 11.78 | 11.81 |
| W95NiFe | 11.85 | 11.98 |
| W97NiFe | 12.03 | 11.95 |
| Ⅱ类 | 45～150 | W1 | 12.23 | 12.26 |
| W90NiFe | 11.83 | 11.75 |
| W93NiFe | 11.98 | 11.97 |
| W95NiFe | 12.15 | 12.05 |
| W97NiFe | 12.21 | 12.18 |
| Ⅲ类 | 30-250 | W1 | 12.53 | 12.61 |
| W90NiFe | 12.12 | 12.21 |
| W93NiFe | 12.23 | 12.28 |
| W95NiFe | 12.35 | 12.31 |
| W97NiFe | 12.44 | 12.41 |
| 注：单位1-广东省材料与加工研究所，单位2-星尘科技（广东）有限公司 | | | | |

从上表中可以看出，广东省材料与加工研究所及其他生产厂家所生产的粉末振实密度均可满足标准设定值，标准中规定的振实密度是科学合理的。

3.2.4.流动性

广东省材料与加工研究所及有关厂家、研究机构W1、W90NiFe、W93NiFe、FW95NiFe、W97NiFe合金粉末流动性的统计如表13所示，均可满足标准设定值。

表13 粉末流动性能统计结果

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 分类 | 粒度  范围/μm | 牌号 | 流动性（s/50g） | |
| 单位1 | 单位2 |
| Ⅰ类 | 0～63 | W1 | 5.54 | 5.21 |
| W90NiFe | - | 5.65 |
| W93NiFe | - | 5.45 |
| W95NiFe | - | 5.32 |
| W97NiFe | - | 5.21 |
| Ⅱ类 | 45～150 | W1 | 5.01 | 4.99 |
| W90NiFe | - | 5.47 |
| W93NiFe | - | 5.34 |
| W95NiFe | - | 5.21 |
| W97NiFe | - | 5.12 |
| Ⅲ类 | 30-250 | W1 | 4.85 | 4.72 |
| W90NiFe | - | 4.95 |
| W93NiFe | - | 4.89 |
| W95NiFe | - | 4.82 |
| W97NiFe | - | 4.85 |
| 注：单位1-广东省材料与加工研究所，单位2-星尘科技（广东）有限公司 | | | | |

从上表中可以看出，广东省材料与加工研究所及其他生产厂家所生产的粉末流动性均可满足标准设定值，标准中规定的流动性是科学合理的。

四、 标准水平分析

4.1.采用国际标准和国外先进标准的程度

经查，国外无类似产品标准，因此本标准不采用其它国际或国外标准。

4.2.国际、国外同类标准水平的对比分析

本标准是国内首次起草的增材制造用钨及钨合金粉专用国家标准，本标准结合当前实际生产水平、应用需求以及成熟企业的企业标准和技术要求，对增材制造钨及钨合金粉末的化学成分、粒度分布、流动性、松装密度、振实密度、球形率等相关指标进行了规定，可以完全满足我国增材制造用钨及钨合金粉的产品需求。

综上所述，本标准的主要技术指标均达到国际先进水平。

4.3.与现有标准及制定中标准协调配套的情况

经查，本标准的制订与现有的标准及制订中的标准协调配套，无重复交叉现象。

4.4.涉及国内外专利及处置情况

经查，本标准不涉及国内外专利。

五、与有关的现行法律、法规和强制性国家标准的关系

本标准与有关的现行法律、法规和强制性国家标准没有冲突。

六、重大分歧意见的处理经过和依据

无重大分歧意见。

七、标准作为强制性标准或推荐性标准的建议

鉴于国内目前没有关于增材制造用钨及钨合金粉的专用国家标准，因此建议该标准作为推荐性国家标准。

八、贯彻标准的要求和措施建议

无。

九、废止现行有关标准的建议

无。

十、其他应予说明的事项

无。

十一、预期效果

本标准实施后，对我国增材制造工业领域所需钨及钨合金粉的要求更加合理规范，这有利于提升增材制造钨及钨合金材料的各项性能指标，使我国钨及钨合金材料的增材制备技术和整体性能达到国际先进水平，满足国防军工、航空航天、核工业等关键领域的应用需求，并推进高性能钨及钨合金材料的发展和应用起到积极的促进作用。

可积极向生产厂家及国内外用户推荐本标准。

广东省材料与加工研究所

洛阳金鹭硬质合金工具有限公司

《增材制造用钨及钨合粉》标准编制小组

2020年8月31日