

国家标准《增材制造用铂及铂合金粉》

编制说明（送审稿）

一、工作简况

1.1 任务来源

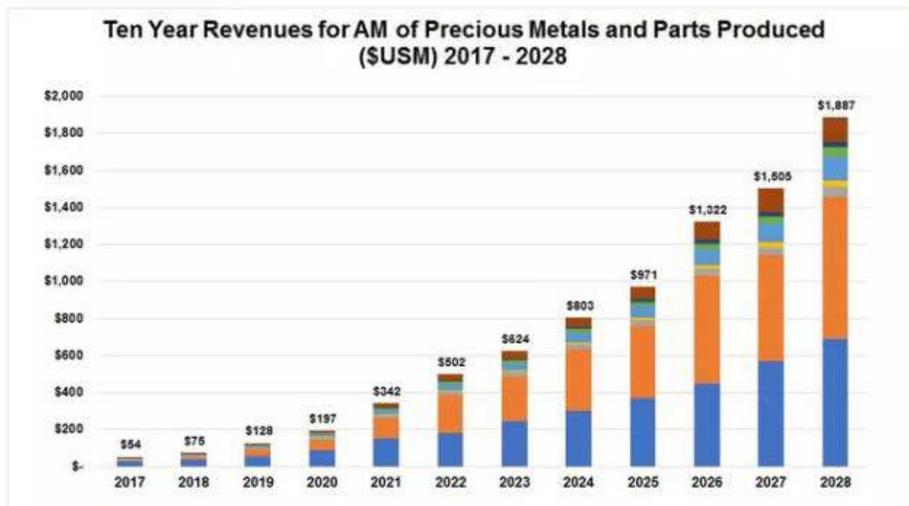
根据《国家标准化管理委员会关于下达推荐性国家标准计划的通知》（国标委发[2021]23号）文的要求，国家标准《增材制造用铂及铂合金粉》由全国有色标准化技术委员(SAC/TC 243)和全国增材制造标准化技术委员会（SAC/TC 562）归口管理，由西北有色金属研究院负责起草，项目计划编号为 20213152-T-610。按计划要求，本标准应在 2023 年 8 月 27 日完成。

1.2 产品概况

众所周知，铂金是一种非常适合制造珠宝首饰的金属材料，因为它不仅十分昂贵，而且强度和耐久性比金更高，还不会对皮肤造成伤害。同时在航空航天领域铂及铂合金也得到了很好的应用，不过，由于硬度同样很高，这种材料的加工也很困难。

金属粉末是金属 3D 打印工艺的原材料，直接用于金属 3D 打印技术各项生产研究，其性能很大程度上决定了最终的成形效果，因此高质量的粉末对于金属 3D 打印技术的发展至关重要。2014 年 6 月颁布的 ASTM F3049-14 标准中规范了金属粉末性能研究的范围和表征方法，包括化学成分、颗粒形状、粒度及其分布、流动性、循环使用性等。如今广泛认可的对于金属粉末性能的基本要求有纯净度高、氧含量低、球形度好、粉末粒径细小、粒径分布窄、具备良好的可塑性和流动性及利于循环利用等特点。

贵金属粉末包括 Ag 粉、Au 粉、Pt 粉等稀有金属，是金属粉末产品中不可被忽视却又容易被忽略的重要组成部分，行业分析公司 SmarTech Publishing 对当前贵金属增材制造市场进行了调查，预测到 2028 年，在珠宝、牙科、航空航天和电子等主要工业领域，贵金属材料大约可达到 2.5 亿美元的全球销量，包括材料在内的产品收入可达到近 20 亿美金。



SmarTech 公司对贵金属增材制造粉末及产品市场预测

目前，国际上很多公司已经将 3D 打印技术应用于贵金属首饰的制作。2017 年，法国 Comité Francéclat 发布了直接 3D 打印的黄金首饰，拉开了商业化的序幕。整个打印过程经过了 12 小时，使用了 3.5 公斤的金粉，当然 3D 打印的首饰并不是一步到位的，后期还包括许多人工处理过程，包括抛光过程。英国贵金属产品供应商 Cooksongold 公司基于 EOS 的 M80 退出的 Precious M 080 的激光烧结设备，在黄金和银 3D 打印材料和工艺方面取得了突破，用于直接 3D 打印贵金属首饰，优势在于充分熔化金属粉末，避免了打印过程中材料的浪费。此外，德国贵金属和金属化学研究所也在贵金属的直接 3D 打印领域取得了进展。他们利用 Concept Laser 公司的 MLab R Laser CUSING3D 打印机，针对每种不同的材料配方，探索不同的打印参数，得到最优的打印参数，如黄金打印，理想的激光速度为 200-450 mm/s，通过热处理使孔隙率由 3-4% 下降到 0.7% 等。



3D 打印的铂金属饰品

直接 3D 打印贵金属的优势，在于可以完成非常复杂的几何形状，实现不能通过传统技术制作的首饰的制作，因此，虽然目前直接 3D 打印贵金属尚存在以上问题，虽然该方法的市场占有率不高，但对于日趋成熟的个性化市场，直接 3D 打印贵金属仍具有很大的潜力前景。

高熔点的铂族金属具有高耐热性、耐久性及耐腐蚀性等特点。而作为不具备晶体结构的非晶质金属的金属玻璃，则具有高强度、高硬度、低弹性率、高耐腐蚀性等特点，但同时也存在切削加工及塑性加工等加工性低的难点。田中贵金属的技术使上述材料能够通过 3D 打印机成型，就能够制造以前难以用铂族金属制造的复杂形状的部件、造型品，以及由熔融温度不同的异种材料复合而成的成型品。有望用于要求高耐腐蚀性的医疗材料的多品种少量制造，以及要求高耐热性的汽车及航空航天领域用特殊部件的制造。

本标准中的铂及铂合金粉末是专门针对制作珠宝首饰。其 3D 打印成品可以直接进行打磨抛光等后处理，而不会有传统的铸造铂合金会出现的问题。对于制造商而言，这种直接金属打印意味着时间和成本的大量减少，不需要工具和模具，原型可以在几个小时之内制造出来。对于设计师来说，他们可以突破以往在设计和制造上的极限，可以充分发挥自己的设计天赋。这种可定制化珠宝饰品正好可以满足时下人们对个性的追求。

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。增材制造用铂及铂合金粉的常用制备方法有等离子球化法和等离子旋转电极雾化法。目前，国内外尚无增材制造用铂及铂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，阻碍了铂及铂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铂及铂合金零件在珠宝首饰、医疗器械、航空航天等领域的实验及推广应用。

1.3 承担单位简况

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 110 亿元，仪器设备 5000 多台套，占地 6000 亩，正式职工 6000 余人，其中科技人员千余人，有中国工程院院士 2 人，教授、高工 500 余人，博士、硕士 2500 余人，2022 年全年综合收入近 200 亿元。

西北有色金属研究院经过 50 多年的发展，已成为一个由具有较强综合科技实力的国家级重点研究院、工程研究中心和若干产业化公司组成的大型科技集团，形成了基础研究、工程化和产业化“三位一体”的发展模式。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 40 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 43 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。近年来，研究院取得了一批高水平、具有自主知识产权的研究成果，开发的技术和产品广泛应用于航空航天、汽车、轨道交通、船舶、电子电器、矿山、建筑、电力、冶金等行业，产生了显著的经济和社会效益，在推动行业技术进步、人才培养、学术交流等方面为国家和省市做出了重要贡献。

1.4 参编单位及主要起草人工作情况

本标准的参编单位有：西安瑞鑫科金属材料有限责任公司、有色金属技术经济研究院、山东有研国晶辉新材料有限公司、中船黄冈贵金属有限公司、中国地质大学(武汉)、英特派铂业股份有限公司、北京有色金属与稀土应用研究所、南京市产品质量监督检验院、贵研铂业股份有限公司、西安诺博尔稀贵金属材料有限公司、云南贵金属实验室有限公司等 11 家单位。

西安瑞鑫科金属材料有限责任公司成立于 2013 年，注册资金 3000 万元，注册地位于西安经济技术开发区泾渭新城新材料产业园泾高西路中段，是由西北有色金属研究院发起并控股的科技型企业。公司致力于稀贵金属环保新材料、稀贵金属功能金属材料、稀贵金属综合利用的研发、生产及销售工作。产品广泛应用于航空航天、核工业、电子、电器、汽车、石油化工、煤化工等领域。公司拥有一支优秀的高层次、多学科结合的科技和管理人才队伍，现有职工 45 人，其中教授 4 人、高级工程师 1 人、工程师 7 人，博士 1 人、硕士 8 人，大学本科及以上学历占 50%以上。公司先后参与国家“863”项目、国防“973”项目、国家重点研发计划项目各 1 项，承担省级项目 4 项、市级项目 1 项、区级项目 5 项；申请专利 35 项，授权 12 项；参与制定国标 1 项，行标 2 项。

山东有研国晶辉新材料有限公司成立于 2019 年 3 月，是由有研科技集团有限公司（简称“有研集团”）控股上市公司有研新材料股份有限公司投资建设，旨在建成具有国际先进水平的新材料创新及成果转化基地，重点围绕国家重大战略需求，开发满足国防军工、集成电路、智能制造等领域发展亟需关键材料及产业化制备技术，为我国相关领域发展提供优质可靠的材料和技术支撑。公司产品主要涉及电子信息用超高纯稀有稀

贵金属功能材料、红外晶体材料及器件、医用功能材料三大领域。

中船黄冈贵金属有限公司成立于 2017 年 9 月 9 日，前身是中国船舶重工集团公司第七一二研究所贵金属事业部，其股东和投资人是中国船舶重工集团动力股份有限公司，投资比例为 100%，目前集团公司委托中船重工 712 所管理贵金属公司。黄冈贵金属公司现有南湖生产基地和黄冈生产基地，其中黄冈生产基地定位为打造国内最大银系列产品深加工产业区，目前黄冈生产基地已完成首期建设。公司现已形成硝酸银、银粉、银浆、贵金属盐、催化剂等五大业务板块，是集团公司重点支持的非船经济产业。业务涵盖贵金属的原料、半成品及成品的化学成分分析、物理性能评价、检测技术研发、推广等领域。实验室位于湖北省黄冈市黄州区黄州火车站化工园区，占地面积约 320 平方米，拥有国内外检测设备二十余台，包括激光粒度仪、比表面测试仪、扫描电镜、全自动水分灰分仪，原子吸收光谱仪、离子色谱仪、电位滴定仪、ICP-OES 等，近年来设备总投资超过一千万。实验室具有完备的贵金属材料及粉体（含增材制造用金属粉体）的检测能力，贵金属检测水平达到国内领先。目前硝酸银、银粉、银锭、氯化钯、金属粉末（含）等产品的检测项目通过 CMA、CNAS、DILAC 三合一认可。

英特派铂业股份有限公司（原名无锡英特派金属制品有限公司，以下简称英特派或公司）成立于 2002 年，主要从事高纯度贵金属研究、新材料研究以及现代工业用贵金属装备生产，是一家集科研、制造、服务于一体的科技型企业。是国家高新技术企业、江苏省民营科技企业，同时荣获江苏省名牌产品、江苏省质量标杆等称号。现已成为国内规模较大、品种较全的贵金属产品生产企业，行业排名名列前茅，银行资信等级 AAA 级，纳税等级 A 级。公司主导产品有 TFT 生产用贵金属成套装备、玻璃纤维生产用贵金属成套装备、贵金属热电偶丝、贵金属化合物、高性能贵金属粉末等三百多个品种。其中部分产品技术水平国内领先，产品广泛应用于冶金、化工、光电特种玻璃、电子通讯、航空航天等各个领域。目前，公司增材制造用铂及铂铑合金粉产量合计为 5 吨/月，产量稳定，性能可靠，可满足不同增材制造用户的用粉需求。

贵研铂业股份有限公司（简称：贵研铂业，证券代码：600459）于 2000 年由中国专业从事贵金属多学科领域综合性研究开发机构昆明贵金属研究所（简称：贵研所）发起设立，是集贵金属系列功能材料研究、开发和生产经营于一体的高新技术企业，于 2003 年在上海证券交易所上市。贵研铂业专注于贵金属新材料制造、资源再生、商务贸易，立足于做强产品，做大贸易，拓展资源。产品包括贵金属特种功能材料、环保及

催化功能材料、信息功能材料、再生资源材料等五大类,共计 390 多个品种、4000 多种规格,产品主要用于航空、航天、航海、国防军工、电子、能源、化工、石油、汽车、生物医药、环保能源、钢铁等行业。

西安诺博尔稀贵金属材料有限公司成立于 2010 年 3 月 18 日,是西部金属材料股份有限公司(上市公司,股票代码“002149”)的控股子公司。公司注册资金 6000 万元,占地 100 亩,总资产 1.7 亿元。公司的前身可追溯到西北有色金属研究院贵金属材料研究所和难熔金属材料研究所,历史上承担过多项国家重点项目研制任务,大量产品应用于“神舟”、“嫦娥”、“长征”、“天宫”等重点工程,取得了多项科研成果,形成了一大批具有自主知识产权的产品。公司始终坚持科研、新品开发、规模化生产为一体的发展模式,产品涵盖贵金属(金、银、铂、钯、铑、铱等)、稀有金属(钽、铌、钛、钎等)及高温合金,广泛应用于核电、超导、航天、航空、舰船、电子、照明、化工、医疗器械等领域。

参编单位及分工见表 1。

表 1 参编单位及分工

参编单位	分工
有色金属技术经济研究院	文本标准化审核
西安瑞鑫科金属材料有限责任公司	提供粉末性能数据
山东有研国晶辉新材料有限公司	提供粉末性能数据
中船黄冈贵金属有限公司	提供粉末性能数据
英特派铂业股份有限公司	提供粉末性能数据
北京有色稀土所	提供粉末性能数据
贵研铂业股份有限公司	提供粉末性能数据
南京质检院	提供粉末性能数据
西安诺博尔稀贵金属材料有限公司	提供粉末性能数据
云南贵金属实验室有限公司	提供粉末性能数据
中国地质大学(武汉)	进行粉末性能验证测试

标准主要起草人以及分工见表 2。

表 2 标准主要起草人及分工

姓名	单位	分工
郑晶	西北有色金属研究院	负责调研、验证、标准起草
孟晗琪	西北有色金属研究院	负责标准起草、预审、审定报批工作
操齐高	西北有色金属研究院	负责调研、验证、标准起草

姜婷	西北有色金属研究院	负责全过程的标准审查、协调工作
王建永	西北有色金属研究院	负责全过程的标准审查、协调工作
李进	西安瑞鑫科金属材料有限责任公司	参与标准起草, 提供相关数据
向磊	有色金属技术经济研究院	负责标准审核、协调工作
	山东有研国晶辉新材料有限公司	参与标准起草, 提供相关数据及验证
	中船黄冈贵金属有限公司	参与标准起草, 提供相关数据及验证
	英特派铂业股份有限公司	参与标准起草, 提供相关数据及验证
	贵研铂业股份有限公司	参与标准起草, 提供相关数据
	北京有色稀土所	参与标准起草, 提供相关数据
	南京质检院	参与标准起草, 提供相关数据
	中国地质大学(武汉)	参与标准起草, 提供相关数据及验证
	西安诺博尔稀贵金属材料有限公司	参与标准起草, 提供相关数据
	云南贵金属实验室有限公司	参与标准起草, 提供相关数据

1.5 主要工作过程

1.5.1 起草阶段

2021年11月27日~29日,全国有色金属标准化技术委员会在江苏常州组织召开会议,西北有色金属研究院、有色金属技术经济研究院、中船黄冈贵金属有限公司、北京有色稀土所、山东有研国晶辉新材料有限公司、西安瑞鑫科金属材料有限责任公司、贵研铂业股份有限公司、西安诺博尔稀贵金属材料有限公司、南京质检院、中国地质大学(武汉)等单位参加了会议,会议对本项目进行了任务落实。

西北有色金属研究院在接到项目下达的任务后立即与参编单位成立标准编制工作组,对目标任务进行了分解,明确成员的任务要求,制定工作计划和进度安排。由于该标准为首次制定,项目运行以来,工作组成员查阅了大量的国内外相关文献资料,收集、整理、对比分析了相关企业的技术资料,同时也对研究院内部生产的铂及铂合金粉末相关产品检测分析报告、用户使用状况等进行了相关资料的收集整理;对国内从事铂及铂合金粉末制造、研发以及生产单位进行了调研,了解其工艺、产能、规格及质量控制水平等基本情况,并对相应结果进行汇总、分析。结合调研情况和研究院近年来在铂及铂合金粉末的生产制造经验,以研究院现有相关质量文件为基础,于2022年3月底完成标准讨论稿。本标准讨论稿完成后,在标准编制工作组及公司内部进行了多次交流,广泛征求意见,对本标准讨论稿进行了认真的修改和完善,最后形成了该标准的征求意见稿。

1.5.1 征求意见阶段

2023年2月21日~23日，由中国有色金属标准化技术委员会组织贵金属标准项目讨论会，西北有色金属研究院、有色金属技术经济研究院、中船黄冈贵金属有限公司、英特派铂业股份有限公司、北京有色稀土所、山东有研国晶辉新材料有限公司、西安瑞鑫科金属材料有限责任公司、贵研铂业股份有限公司、西安诺博尔稀贵金属材料有限公司、云南贵金属实验室有限公司、中国地质大学（武汉）等参编单位对标准的征求意见稿和编制说明进行了充分、细致地讨论，提出修改意见并形成了征求意见稿意见汇总处理表。2023年2月完成标准的预审稿和编制说明。

2023年2月至2023年6月，全国有色金属标准化技术委员会将征求意见资料在国家标准化管理委员会的“公共信息服务平台”上挂网，向社会公开征求意见。同时，全国有色金属标准化技术委员会通过工作群、邮件向委员单位征求意见，并将征求意见资料在www.cnsmq.com网站上挂网。征求意见的单位包括主要生产、经销、使用、科研、检验等单位及大专院校，征求意见单位广泛且具有代表性，征求意见时间大于2个月。

2023年6月，西北有色金属研究院、有色金属技术经济研究院、中船黄冈贵金属有限公司、北京有色稀土所、山东有研国晶辉新材料有限公司、西安瑞鑫科金属材料有限责任公司、贵研铂业股份有限公司、西安诺博尔稀贵金属材料有限公司、英特派铂业股份有限公司、南京质检院、云南贵金属实验室有限公司、中国地质大学（武汉）等参编单位对标准的征求意见稿和编制说明进行了充分、细致地讨论，提出修改意见并形成了征求意见稿意见汇总处理表。2023年7月标准制定工作组对征求意见稿进行修改，形成标准送审稿。

1.5.3 审查阶段

2023年7月25日~7月28日，由全国有色金属标准化技术委员会主持，在浙江省宁波市组织召开本标准审定会。来自XX等XX家单位的XX位专家代表参加了会议，见《有色金属审定会参加单位及代表签名》。会议对西北有色金属研究院负责起草的行业标准《增材制造用铂铂合金及粉》（送审稿）进行了认真细致的审定并提出修改意见，见《有色金属标准审定会会议纪要》。标准编制组采纳了审定会意见，对标准送审稿进行了修改完善。

与会专家经过讨论后一致认为：本标准的制定遵循了满足用户需求、技术内容合理、检验方法可行的原则，并且充分考虑了生产企业、使用单位及相关各方的意见和建议。

本标准对我国增材制造用铂及铂合金粉具有较强的规范和指导作用，达到了国内领先水平。建议编制组单位按以上修改意见修改后，形成国家标准报批稿上报。

1.5.4 报批阶段

标准编制组对标准文本和编制说明进行修改完善，形成标准报批稿报送至全国有色金属标准化技术委员会（SAC/TC 243），现上报至国家标准化管理委员会审批、发布。

委员投票情况：2023年XX月XX日至2023年XX月XX日，由全国有色金属标准化技术委员会贵金属分标委会组织，在“全国专业标准化技术委员会工作平台”进行了委员投票，本SC全体委员人数共有XX人，参与投票XX人，投票同意本标准通过审查XX人，其中，起草人员X人。

二、标准编制原则和确定标准主要内容的论据

2.1 标准编制原则

本标准的格式严格按照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。

本标准在编制过程中，主要以国内增材制造用铂及铂合金粉的生产和应用研究为基础，遵循满足市场需求、技术内容合理、检测方法可行的原则，既能够反映国内各生产企业技术水平，便于生产，又提高可操作性，便于应用。

2.2 确定标准主要内容的论据

2.2.1 化学成分

国内现有厂家生产的铂及铂合金粉化学成分结果如表3、表4所示，纯铂粉根据杂质元素含量可大致区分低杂质含量PPt999及普通杂质含量PPt990两个牌号。铂合金粉有PPtRh5和PPtAg20两个牌号。

表3 相关厂家铂粉化学成分统计表

牌号		化学成分 (质量分数) %							
		主成分	杂质元素，不大于						
		Pt	Fe	Ni	Al	Pb	Mn	Cr	Mg
PPt999	单位1-1	余量	0.010	0.005	0.005	0.008	0.005	0.005	0.005
	单位1-2	余量	0.008	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
	单位2	余量	0.005	0.010	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
	单位3	余量	0.010	0.010	0.005	0.010	-	-	0.005
	单位4	余量	-	-	-	-	-	-	-

	单位5	余量	0.0011	<0.0005	<0.0005	0.0006	<0.0005	<0.0005	<0.0005
	元素	Pt	Sn	Si	Zn	Bi	C	N	O
	单位1-1	余量	0.010	0.005	0.005	0.005	0.010	0.015	0.050
	单位1-2	余量	0.008	0.005	0.005	0.005	0.008	0.010	0.050
	单位2	余量	0.005	0.010	0.005	0.005	0.008	0.010	0.050
	单位3	余量	0.010	0.010	-	-	-	-	0.050
	单位4	余量	-	-	-	-	-	-	-
	单位5	余量	<0.0005	<0.001	<0.001	<0.0005	0.008	0.010	0.050
PPt990	元素	Pt	Fe	Ni	Al	Pb	Mn	Cr	Mg
	单位1	余量	0.010	0.005	0.010	0.008	0.010	0.005	0.010
	单位2	余量	0.008	0.010	0.005	0.010	0.005	0.010	0.005
	单位3	余量	0.010	0.010	0.005	0.010	-	-	0.005
	单位4	余量	-	-	-	-	-	-	-
	元素	Pt	Sn	Si	Zn	Bi	C	N	O
	单位1	余量	0.010	0.005	0.010	0.008	0.010	0.015	0.050
	单位2	余量	0.008	0.010	0.005	0.010	0.008	0.010	0.050
	单位3	余量	0.010	0.010	-	-	-	-	0.050
	单位4	余量	-	-	-	-	-	-	-
注：单位1-西北有色金属研究院，单位2-西安瑞鑫科金属材料有限责任公司，单位3-山东有研国晶辉新材料有限公司，单位4-中船黄冈贵金属有限公司（检测方法），单位5-英特派铂业股份有限公司。									

表 4 相关厂家铂合金粉化学成分统计表

牌号		化学成分 (质量分数) %									
		主成分			杂质元素，不大于						
元素	Pt	Rh	Ag	Fe	Ni	Al	Pb	Mn	Cr	Mg	
PPtRh5	单位1	余量	4.77	-	0.010	0.008	0.010	0.008	0.010	0.005	0.010
	单位2	余量	5.22	-	0.008	0.010	0.005	0.010	0.005	0.010	0.005
	单位3	余量	-	-	0.0010	<0.0005	<0.0005	0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005
	元素	Pt	Rh	Ag	Sn	Si	Zn	Bi	C	N	O
	单位1	余量	4.77	-	0.010	0.005	0.010	0.008	0.010	0.015	0.050
	单位2	余量	5.22	-	0.008	0.010	0.005	0.010	0.008	0.010	0.050
	单位3	余量	-	-	<	<0.001	<0.001	<	0.008	0.010	0.050

					0.0005			0.0005			
PPtAg20	元素	Pt	Rh	Ag	Fe	Ni	Al	Pb	Mn	Cr	Mg
	单位1	余量	-	19.78	0.010	0.008	0.010	0.005	0.010	0.005	0.010
	单位2	余量	-	20.23	0.008	0.010	0.005	0.010	0.005	0.010	0.005
	元素	Pt	Rh	Ag	Sn	Si	Zn	Bi	C	N	O
	单位1	余量	-	19.78	0.010	0.006	0.010	0.006	0.010	0.015	0.050
	单位2	余量	-	20.23	0.008	0.010	0.005	0.010	0.008	0.010	0.050
注：单位1-西北有色金属研究院，单位2-西安瑞鑫科金属材料有限责任公司，单位3-英特派铂业股份有限公司。											

根据表 3、表 4 中各参编单位产品化学成分检测结果，结合国内外调研的相关资料，综合考虑铂及铂合金的特性和分析手段，将 C、N、O 气体杂质元素的要求保留，作为参考，不做出厂分析。因此，本标准规定的增材制造用铂及铂合金粉末的化学成分要求如表 5 所示。

表 5 化学成分要求

牌号	化学成分，%（质量分数）									
	主元素			杂质元素，不大于						
	Pt	Rh	Ag	Fe	Ni	Pb	Al	Mn	Cr	Mg
PPt999	余量	—	—	0.010	0.010	0.010	0.005	0.005	0.005	0.005
PPt990	余量	—	—	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010
PPtRh5	余量	4.50-5.50	—	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010
PPtAg20	余量	—	19.50-20.50	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010
牌号	Pt	Rh	Ag	Sn	Si	Zn	Bi	C	N	O
PPt999	余量	—	—	0.010	0.010	0.005	0.005	0.010	0.015	0.050
PPt990	余量	—	—	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.015	0.050
PPtRh5	余量	4.50-5.50	—	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.015	0.050
PPtAg20	余量	—	19.50-20.50	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.015	0.050
注 1：需方对产品化学成分有特殊要求时，由供需双方协商确定。										
注 2：C、N、O 不做出厂分析。										

2.2.2 粒度

铂及铂合金粉主要采用真空气雾化制粉、等离子旋转电极雾化法等工艺制备，不同

工艺所制备的铂及铂合金粉的粒度区间有差别，一般通过标准筛分进行粒度分级。根据不同的增材制造工艺和应用领域，铂及铂合金粉粒度可分为三类：对于成形精度要求较高的产品（如光栅），适用于以激光为能量源的粉末床熔融增材制造领域，粒度范围为15~53 μm ，为第 I 类；适用于以电子束为能量源的粉末床熔融增材制造、定向能量沉积增材制造领域，粒度范围为45~150 μm ，为第 II 类。

相关厂家筛分粒度统计表、激光粒度统计表如表 6、表 7 所示。从表中可以看出，相关厂家所生产的粉末粒度分布均可满足标准设定值，标准中规定的粒度要求是科学合理的。

表 6 相关厂家筛分粒度统计表

分类	粒度 / μm	牌号	粒度分布			
			单位 1	单位 2	单位 3	单位 4
I 类	15~53	PPt999	+53 μm : 1.93%	+53 μm : 1.65%	+53 μm : 1.83%	+53 μm : 1.78%
		PPt990	+53 μm : 1.2%	+53 μm : 1.9%	+53 μm : 0.93%	+53 μm : 1.35%
		PPtRh5	+53 μm : 1.65%	+53 μm : 1.78%	-	-
		PPtAg20	+53 μm : 0.73%	+53 μm : 0.6%	-	-
II 类	45~150	PPt999	-45 μm : 1.76% +150 μm : 1.21%	-45 μm : 3.5% +106 μm : 1.2%	-45 μm : 2.5% +106 μm : 2.2%	-45 μm : 1.5% +106 μm : 1.9%
		PPt990	-45 μm : 1.56% +150 μm : 1.27%	-45 μm : 2.5% +106 μm : 1.6%	-45 μm : 2.6% +106 μm : 2.7%	-45 μm : 1.8% +106 μm : 2.4%
		PPtRh5	-45 μm : 1.36% +150 μm : 1.47%	-45 μm : 0.91% +106 μm : 1.01%	-	-
		PPtAg20	-45 μm : 1.18% +150 μm : 1.26%	45 μm : 1.92% +106 μm : 1.81%		

注：单位 1-西北有色金属研究院，单位 2-西安瑞鑫科金属材料有限责任公司，单位 3-中国地质大学（武汉），单位 4-贵研铂业股份有限公司。

表 7 相关厂家激光粒度分布统计表

分类	粒度 / μm	牌号	粒度分布 (D_{50})				
			单位 1	单位 2	单位 3	单位 4	单位 5
I 类	15~53	PPt999	D_{50} :27.98	D_{50} :27.54	D_{50} :31.41	D_{50} :35.47	D_{10} :15、 D_{50} :33 D_{90} :45、 D_{100} :77
		PPt990	D_{50} :26.24	D_{50} :23.71	D_{50} :34.55	D_{50} :24.58	-
		PPtRh5	D_{50} :24.96	D_{50} :28.79	-	-	-

		PPtAg20	D ₅₀ :23.66	D ₅₀ :27.73	-	-	-
II类	45~150	PPt999	D ₅₀ :75.2	D ₅₀ :87.82	D ₅₀ :77.72	D ₅₀ :81.33	D ₁₀ :25、D ₅₀ :60 D ₉₀ :112、D ₁₀₀ :128
		PPt990	D ₅₀ :73.02	D ₅₀ :83.76	D ₅₀ :81.82	D ₅₀ :85.34	-
		PPtRh5	D ₅₀ :74.49	D ₅₀ :84.44	-	-	-
		PPtAg20	D ₅₀ :76.46	D ₅₀ :80.36	-	-	-
注：单位 1-西北有色金属研究院，单位 2-西安瑞鑫科金属材料有限责任公司，单位 3-中国地质大学（武汉），单位 4-贵研铂业股份有限公司，单位 5-英特派铂业股份有限公司。							

由表 6 和表 7 可以看出：第 I 类粉末粒度范围为 15 μm~53 μm 时，粒度组成满足：>53 μm 不大于 5%，粒度分布满足：25 μm≤D₅₀≤53 μm；第 II 类粉末粒度范围为 45 μm~150 μm 时，粒度组成满足：≤45 μm 不大于 5%，>150 μm 不大于 5%，粒度分布满足：53 μm≤D₅₀≤120 μm。符合本标准规定的粒度分布指标，如表 8 所示。另外也可以根据供货双方协商确定。

表 8 产品粒度要求

类别	粉末规格 (μm)	粒度组成	粒度分布	用途
I 类	15~53	>53 μm 不大于 5%	25 μm≤D ₅₀ ≤53 μm	适用于粉末床熔融（选区激光熔融）增材制造领域
II 类	45~150	≤45 μm 不大于 5%， >150 μm 不大于 5%	53 μm≤D ₅₀ ≤120 μm	适用于粉末床熔融（电子束熔化）增材制造、定向能量沉积增材制造领域
注：当需方对粒度有特殊需求时，可由供需双方协商确定。				

2.2.3 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，即粉末松散填充时单位体积的质量，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。较高的粉末松装密度有利于增材制造工艺的设置和优化，并确保增材制造最终产品致密度达到目标产品要求。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。

本标准为了确保铂及铂合金粉能够进行稳定的增材制造快速成型，规定了铂及铂合

金粉的松装密度，具体要求见表 9。

表 9 产品松装密度要求

牌号	分类	
	I 类	II 类
PPt999/PPt990	≥10.3	≥10.8
PPtRh5	≥10.0	≥10.5
PPtAg20	≥9.1	≥9.6

相关单位增材制造用铂及铂合金粉松装密度统计如表 10 所示。

表 10 松装密度统计结果

类别	粒度范围/ μm	牌号	松装密度/(g/cm^3)			
			单位 1	单位 2	单位 3	单位 4
I 类	15~53	PPt999/PPt990	10.53	10.35	10.42	-
		PPtRh5	10.15	10.23	-	-
		PPtAg20	9.36	9.22	-	-
II 类	45~150	PPt999/PPt990	10.98	10.89	10.88	10.96
		PPtRh5	10.54	10.69	-	-
		PPtAg20	9.83	9.68	-	-

注：单位 1-西北有色金属研究院，单位 2-西安瑞鑫科金属材料有限责任公司，单位 3-中国地质大学（武汉），单位 4-英特派铂业股份有限公司。

从上表可以看出，本标准规定的松装密度是科学合理的。

2.2.4 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，其相对于松装密度主要是粉末多种物理性和工艺性能的综合体现，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。振实密度检测按照 GB/T 5162《金属粉末 振实密度的测定》的规定执行。

本标准规定了铂及铂合金粉的振实密度，具体要求见表 11。

表 11 产品振实密度要求

牌号	分类	
	I 类	II 类
PPt999/PPt990	≥11.8	≥12.3
PPtRh5	≥11.6	≥12.1
PPtAg20	≥10.6	≥11.1

相关单位增材制造用铂及铂合金粉流动性统计结果如表 12 所示。

表 12 振实密度统计结果

类别	粒度/ μm	牌号	振实密度/(g/cm^3)			
			单位 1	单位 2	单位 3	单位 4
I 类	15~53	PPt999/PPt990	11.86	11.89	11.94	-
		PPtRh5	11.68	16.64	-	-
		PPtAg20	10.68	10.79	-	-
II 类	45~150	PPt999/PPt990	12.37	12.43	12.49	12.45
		PPtRh5	12.19	12.14	-	-
		PPtAg20	11.25	11.11	-	-

注：单位 1-西北有色金属研究院，单位 2-西安瑞鑫科金属材料有限责任公司，单位 3-中国地质大学（武汉），单位 4-英特派铂业股份有限公司。

从上表可以看出，本标准规定的振实密度是科学合理的

2.2.5 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。产品流动性检测按照 GB/T 1482 《金属粉末流动性的测定 标准漏斗法(霍尔流速计)》的规定执行。

本标准规定了增材制造用铂及铂合金粉的流动性能(霍尔流速)，具体要求见表 13。

表 13 产品流动性要求

牌号	分类	
	I 类	II 类
PPt999/PPt990	≤25	≤22
PPtRh5	≤24	≤21
PPtAg20	≤23	≤20

相关单位增材制造用铂及铂合金粉流动性统计结果如表 14 所示。

表 14 流动性统计结果

类别	粒度/ μm	牌号	流动性/(50g/s)			
			单位 1	单位 2	单位 3	单位 4
I 类	15~53	PPt999/PPt990	25.1	25.3	25.2	
		PPtRh5	24.3	24.1	-	
		PPtAg20	23.5	23.2	-	
II 类	45~150	PPt999/PPt990	22.2	22.1	22.3	
		PPtRh5	21.3	21.4	-	
		PPtAg20	20.1	20.2	-	

注：单位 1-西北有色金属研究院，单位 2-西安瑞鑫科金属材料有限责任公司，单位 3-中国地质大学（武汉），单位 4-。

从上表可以看出，本标准规定的流动性是科学合理的。

2.2.6 外观质量

铂及铂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。本标准规定铂及铂合金粉产品呈银灰色或银色，无目视可见夹杂物。

2.2.7 标志、包装、运输和贮存

增材制造用铂及铂合金粉在包装、运输和贮存过程中，尤其是小于 $53\mu\text{m}$ 的细粉末容易吸附空气中的氧、氮等气体元素使粉末性能变差。此外铂及铂合金粉也易吸附水汽而受潮使粉末品质变差。因此本标准对产品的标志、包装、运输、贮存做出如下规定：

1) 标志

产品每个最小包装单位上应有标识，注明：

- a) 供方名称；
- b) 产品名称；

- c) 牌号和分类;
- d) 粒度范围;
- e) 生产批号;
- f) 净重、毛重;
- g) 包装日期;
- h) 本文件编号;
- i) “防潮”、“防止吸入”等标识。

2) 包装

产品应采用塑料袋双层真空塑封包装,或以洁净的塑料桶、金属桶为容器单元,采取充惰性气体保护封装或者真空包装,包装过程中应严格控制环境避免污染。产品包装质量分为 100g、200g、500g、1000g 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质。

3) 运输

产品应在有遮盖物的环境下进行运输,运输过程应防止雨淋受潮、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。

4) 贮存

产品应密封存放于通风干燥处,远离火源,严禁与氧化剂、酸类、碱类等腐蚀性物质一起存放,并避免阳光直晒。

三、 标准水平分析

3.1.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。

3.2.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铂及铂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,对增材制造铂及铂合金粉末的化学成分、粒度分布、流动性、松装密度、振实密度指标进行了规定,可以满足我国增材制造用铂及铂合金粉的产品需求。

综上所述,本标准的主要技术指标均达到国内领先水平。

3.3.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。

3.4. 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。

四、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具有一致性，无冲突之处。

五、重大分歧意见的处理经过和依据

无。

六、标准作为强制性标准或推荐性标准的建议

建议本标准作为推荐性国家标准。

七、贯彻标准的要求和措施建议

本标准发布后 6 个月实施。

八、废止现行有关标准的建议

无。

九、其他应予说明的事项

无。

十、预期效果

本标准实施后，我国增材制造铂及铂合金领域将会更加合理规范，有利于提升增材制造铂及铂合金材料的各项性能指标，使我国铂及铂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、医疗器械等关键领域的应用需求，对推进高性能铂及铂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。

《增材制造用铂及铂合粉》标准编制小组

2023 年 7 月

标准征求意见稿意见汇总处理表

标准名称：增材制造用铂及铂合金粉

共 1 页 第 1 页

联系人：郑晶

标准负责起草单位：西北有色金属研究院

2023 年 7 月 20 日填写

序号	标准章 条编号	意见内容	提出单位	处理 意见	备 注
1	2	增加 GB/T19077 标准的引用	西安欧中材料科技有限公司	采纳	
2	4	增加第四章分类和标记	广州赛隆增材制造有限责任公司	采纳	
3	5.1	按贵金属命名规则规范产品牌号的书写	北京国首珠宝首饰检测有限公司	采纳	
4	5.1	化学成分有效位数保持一直	星尘科技(广东)有限公司	采纳	
5	5.6	明确产品的颜色	西安赛隆金属材料有限责任公司	采纳	
6	7.1.2	“由供需双方协商解决”改为“由供需双方在需方进行共同取样进行复验”	昆明贵金属研究所	采纳	
7	7.2	“同一粒度范围”改为“同一类型”	深圳市中金岭南有色金属股份有限公司	采纳	
8	8.1	“易燃”、“防火”、“防潮”、“向上”、“禁止翻滚”改为“防潮”、“防止吸入”	广东省科学院材料与加工研究所	采纳	
9	-	回函无意见	中国航发北京航空材料研究院	-	
10	-	回函无意见	西安增材制造国家研究院有限公司	-	
11	-	回函无意见	郑州大学	-	
12	-	回函无意见	西北工业大学	-	
13	-	回函无意见	西安交通大学	-	
14	-	回函无意见	西安理工大学	-	
15	-	回函无意见	国标（北京）检验认证有限公司		
16	-	回函无意见	荆门市格林美新材料有限公司		
17	-	回函无意见	山东恒邦冶炼股份有限公司		
18	-	回函无意见	陕西瑞科新材料股份有限公司		
19	-	回函无意见	西安凯立新材料股份有限公司		
20	-	回函无意见	西安宏星电子浆料科技股份有限公司		
21	-	回函无意见	西部金属材料股份有限公司		
22	-	回函无意见	有研粉末新材料（合肥）有限公司		
23	-	回函无意见	有研亿金新材料有限公司		
24	-	回函无意见	浙江微通催化新材料有限公司		
25	-	回函无意见	紫金矿业集团股份有限公司		

说明：（1）发送《征求意见稿》的单位数：25 个；

（2）收到《征求意见稿》后，回函的单位数：25 个；

（3）收到《征求意见稿》后，回函并有建议或意见的单位数：8 个；

（4）没有回函的单位数：0 个。