

国家标准《增材制造用镍钛合金粉》

编制说明（征求意见稿）

一、工作简况

1.1 任务来源

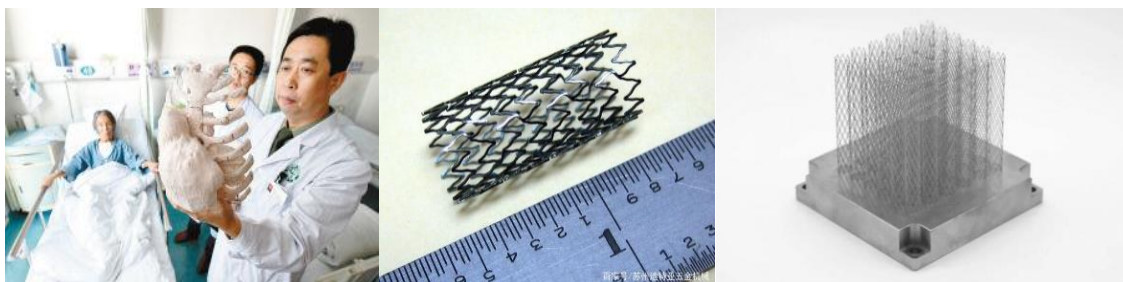
根据《国家标准化管理委员会关于下达2022年第二批推荐性国家标准计划及相关标准外文版计划的通知》（国标委发[2022]22号）文的要求，国家标准《增材制造用镍钛合金粉》由全国有色金属标准化技术委员会（SAC/TC 243）和全国增材制造标准化技术委员会（SAC/TC 562）归口管理，由西安欧中材料科技有限责任公司负责起草。项目计划编号为：20220748-T-610。按计划要求，本标准应在2024年完成。

1.2 产品概况

镍钛合金具有形状记忆性能和良好的超弹性，比强度高、耐磨、耐腐蚀、无磁、生物相容性好、高阻尼等特点。广泛应用于航空航天、汽车工业、医疗器械等领域。在航天航空领域，镍钛合金的应用主要包括飞机上的管接头，还有宇宙飞船天线、紧固件、连接部件、电器连接和机电执行元件等。在汽车工业领域常用于汽车发动机隔热风扇离合器、排气自动调节喷管、柴油机散热器孔自动开关和喷气发动机油过滤器的形状记忆弹簧等。在医疗器械领域已成功应用于口腔牙齿的矫正、外科的矫正和整形及心血管的微创介入治疗。在民用产品应用方面主要包括超弹性眼镜框架、移动电话天线、女性胸衣托架、高弹高韧性钓鱼丝线、耳机头套等。

增材制造技术是国内外重点发展的高新技术领域，我国在“十三五”期间以国家重点研发计划、关键材料进口替代项目等重大国家专项为依托大力发展金属增材制造技术，“十四五”期间，增材制造技术进入应用推广阶段。增材制造为制备形状复杂、孔隙结构可控、大尺寸镍钛合金构件开辟了崭新的途径。

目前，镍钛合金粉主要生产工艺为等离子雾化、气体雾化法。我国在镍钛合金粉末制备及其增材制造技术方面也展开了大量研究，已成功开发出了镍钛合金粉末产品。部分镍钛合金增材制造产品如图1所示。



1.3 承担单位情况

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下属的专业从事金属球形粉末及制件生产与服务的国家级高新技术企业。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超高转速（30000rpm）等离子旋转电极雾化（SS-PREP®）金属球形粉末工业化生产线和高温合金粉末盘“超高转速PREP粉末+热等静压HIP”（SS-PREP Disk®）短流程生产线，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、TC11、TC18、TC21、TA15、Ti2AlNb、Ti-48Al-2Cr-2Nb、Ti17、Ti1023、Ti6242、Ti80、NiTi、EP741NP、Inconel718(GH4169)、Inconel625、GH3536、316L、Co-28Cr-6Mo、AF1410、18Ni300 等 100 多种牌号的金属粉末和丝材以及高温合金粉末盘等，主要应用于航空航天、增材制造（3D 打印）、生物医疗等领域。

欧中科技在高端新材料、新技术的研发和推广应用方面具有较强的自主创新能力，依托西安市院士专家工作站、特种金属球形粉末工程研究中心和西安市 3D 打印用金属粉末材料工程技术研究中心等创新研发平台，先后承担国家省市级各类科研项目 60 余项。

欧中科技先后被认定为西安市科技小巨人企业、全国科技型中小企业和等，取得医疗器械产品注册证（三类）、通过了国际质量管理体系（ISO9001）、国际宇航质量管理体系（AS9100）、国际医疗器械质量管理体系（ISO13485）体系认证。欧中科技主导及参与国家、行业地方及团体标准 26 项，主导及参与正在起草的国家、行业、团体标准 11 项，拥有丰富的标准制修订经验。

1.4 参编单位及主要起草人工作情况（排名不分先后）

标准起草过程中各参编单位分工如表 1 所示。

表 1 参编单位及分工

序号	参编单位	分工
1		
2		
3		
4		
5		

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

序号	姓名	单位	分工
1			
2			
3			
4			
5			

1.5 主要工作过程

1.5.1 起草阶段

根据《国家标准化管理委员会关于下达 2022 年第二批推荐性国家标准计划及相关标准外文版计划的通知》（国标委发[2022]22 号）文的计划要求，本标准于 2022 年 8 月 16 日在广东省广州市进行了任务落实，西安欧中材料科技有限公司立即成立了标准编制工作组，对目标任务进行分解，明确成员的任务要求，制定工作计划和进度安排。项目运行以来，项目组积极收集国内外增材制造用镍钛合金粉的应用信息，收集增材制造用镍钛合金粉的生产、检验数据，调研国内外增材制造用镍钛合金粉科研单位、生产企业的基本情况，并对各类信息进行分析汇总，于 2022 年 01 月完成标准征求意见稿。

1.5.2 征求意见阶段

2023 年 02 月 28 日，由全国有色金属标准化技术委员会主持，在广东省佛山市召开了本标准的讨论会。来自 XXX、XXX 等 XX 多家单位 XX 余位专家代表参加了会议。与会代表对本标准（征求意见稿）进行了认真、细致的讨论，提出了修改意见及建议。

2023 年 02 月 21 日至 2023 年 XX 月 XX 日，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 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主持，在 XX 省 XX 市召开了本标准的预审会。来自 XXX、XXX 等 XX 多家单位 XX 余位专家代表参加了会议。与会代表对本标准（预审稿）进行了认真、细致的讨论。标准制定工作组根据讨论的意见，形成标准送审稿及编制说明，并提交标委会对标准进行审查。

2023 年 XX 月，编制组单位对收集到的意见进行整理，共收到了 X 条意见，形成了《标准征求意见稿意见汇总处理表》。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 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主持，在 XX 省 XX 市组织召开本标准审定会。来自 XXX、XXX 等 XX 家单位的 XX 余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》。会议对西安欧中材料科技有限公司负责起草的国家标准《增材制造用镍钛合金粉》（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。

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：2024 年 XX 月 XX 日至 2024 年 XX 月 XX 日，由全国有色金属标准化技术委员会粉末冶金分标委会组织，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主要内容的论据

2.1 标准编制原则

1）本标准按照 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》给出的规则起草。

2）本标准内容涉及增材制造用镍钛合金粉的分类、技术要求、试验方法、检验规则及标志、包装、运输、贮存、随行文件和订货单内容，确保技术要求的科学性和合理性。

2.2 确定标准主要内容的论据

2.2.1 化学成分

本标准规定了批量化生产且在增材制造领域使用的镍钛合金粉末。镍钛合金粉末化学成分参考 GB/T 39985《钛镍形状记忆合金板材》中规定的 TiNi-01 的要求，同时根据参编单位产品的实测结果以及增材制造领域对镍钛合金粉末化学成分的要求确定。

增材制造用镍钛合金粉的 Ni 含量分析按照 GB/T 23614.1 的规定进行；Co、Cu、Cr、Fe、Nb 含量分析按照 GB/T 23614.2 的规定进行；H、C、N、O 含量分析按照 GB/T 4698 的规定进行。

西安欧中材料科技有限公司及参编单位 XXX、XXX、XXX 各批次产品的化学成分分析结果统计如表 3 所示。

表 3 化学成分统计表

牌号	主含量		杂质含量，不大于				
	Ti	Ni	C	H	N+O	其他元素 ^a	
						单一	总和
F-NiTi	余量	54.5-57.0	0.070	0.005	0.070	0.1	0.4
单位 1	余量	55.21	0.003	0.0006	0.027	<0.010	0.047
单位 1	余量	56.46	0.003	0.002	0.037	<0.010	<0.039
单位 1	余量	55.74	0.006	0.001	0.037	<0.010	<0.05
单位 1	余量	56.36	0.009	0.001	0.066	<0.010	<0.58
单位 X							
单位 1：西安欧中材料科技有限公司；单位 X： ；单位 X： ；							

根据表 3 中各参编单位产品化学成分检测结果，本标准确定增材制造用镍钛合金粉末化学成分如表 4 所示。

表 4 化学成分

牌号	主含量		杂质含量，不大于				
	Ti	Ni	C	H	N+O	其他元素 ^a	
						单一	总和
F-NiTi	余量	54.5-57.0	0.070	0.005	0.070	0.1	0.4
^a 其他元素一般包括：Co、Cu、Cr、Fe、Nb。产品出厂时供方可不检验其他元素，如有特殊要求，需方可在订货单中注明。							

2.2.2 粒度

目前镍钛合金粉末增材制造工艺主要是选区激光熔融和电子束熔化，根据增材制造工艺本标准将粉末分为二类，I 类粒度范围为 15~53 μm，适用于选区激光熔融；II 类粒度范围为 45~106 μm，适用于电子束熔化。

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

参编单位产品的筛分粒度组成及粒度分布的测试结果统计如表 5、表 6 所示。从检测数据可以看出 I 类粉末的粒度组成中 >53 μm 的质量百分比介于 1.15%到 4.07%之间；II 类粉末的粒度组成中 ≤45 μm 的质量百分比介于 0.6%到 1.6%之间，>106 μm 的质量百分比介于 0%到 1.9%之间。I 类粉末的 D₁₀ 介于 26.79~30.07 μm 之间，D₅₀ 的介于 38.71~45.19 μm 之间，D₉₀ 的介于 51.52~63.22 μm 之间。故本标准确定了增材制造用镍钛合金粉末粒度组成及粒度分布的指标如表 7 所示。

表 5 筛分粒度组成统计表

类别	粉末规格 (μm)	牌号	要求：>53 μm 不大于 5%
----	--------------	----	------------------

			单位 1-1	单位 1-2	单位 1-3	单位 1-4	单位 1-5	单位 X
I 类	15~53	F-NiTi	1.15%	4.07%	2.06%	3.15%	3.72%	%
类别	粉末规格 (μm)	牌号	要求： $\leq 45\mu\text{m}$ 不大于 5%， $>106\mu\text{m}$ 不大于 5%					
			单位 1-1	单位 1-2	单位 1-3	单位 1-4	单位 X	单位 X
II 类	45~106	F-NiTi	$\leq 45\mu\text{m}$:1.6%, > 106 μm :0%	$\leq 45\mu\text{m}$:3.8%, > 106 μm :0.1%	$\leq 45\mu\text{m}$:0.6%, > 106 μm :0.2%	$\leq 45\mu\text{m}$:0.4%, > 106 μm :1.9%	$\leq 45\mu\text{m}$: %, > 106 μm : %	$\leq 45\mu\text{m}$: %, > 106 μm : %
单位 1: 西安欧中材料科技有限公司单位; 单位 X: ; 单位 X: ; 单位 X: ;								

表 6 粒度分布统计表（I 类）

类别	粉末规格 (μ m)	牌号	要求: 20 μ m≤D ₁₀ ≤35 μ m, 35 μ m≤D ₅₀ ≤50 μ m, 55 μ m≤D ₉₀ ≤65 μ m					
			单位 1-1	单位 1-2	单位 1-3	单位 1-4	单位 1-5	单位 X
I 类	15~53	F-NiTi	D ₁₀ : 29.33	D ₁₀ : 26.79	D ₁₀ : 29.99	D ₁₀ : 28.41	D ₁₀ : 30.07	D ₁₀ :
			D ₅₀ : 44.49	D ₅₀ : 38.71	D ₅₀ : 45.08	D ₅₀ : 43.72	D ₅₀ : 45.19	D ₅₀ :
			D ₉₀ : 63.05	D ₉₀ : 51.52	D ₉₀ : 63.12	D ₉₀ : 62.15	D ₉₀ : 63.22	D ₉₀ :
单位 1: 西安欧中材料科技有限公司单位; 单位 X: ; 单位 X: ; 单位 X: ; 单位 X: ;								

表 7 粒度

类别	粉末规格 μm	粒度组成	粒度分布	用途
I 类	15~53	$>53\mu\text{m}$ 不大于 5%	$20\mu\text{m}\leq D_{10}\leq 35\mu\text{m}$, $35\mu\text{m}\leq D_{50}\leq 50\mu\text{m}$, $55\mu\text{m}\leq D_{90}\leq 65\mu\text{m}$	适用于激光粉末床熔融工艺
II 类	45~106	$\leq 45\mu\text{m}$ 不大于 5%, $>106\mu\text{m}$ 不大于 5%	—	适用于电子束粉末床熔融工艺
注：需方对产品粒度有特殊要求时，由供需双方协商确定。				

2.2.3 松装密度

松装密度是粉末自由填充单位容积的质量，增材制造过程粉末相当于自由填充的状态，因此松装密度的大小会影响增材制造制件的致密度。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。

参编单位产品松装密度的实测结果统计如表 8 所示。从检测数据可以看出 I 类 NiTi 合金粉末的松装密度介于 3.64~3.81g/cm³ 之间，II 类 NiTi 合金粉末松装密度介于 3.86~3.93g/cm³ 之间，故本标准确定了镍钛合金粉的松装密度应不小于 3.60g/cm³。

表 8 松装密度统计表

类别	粉末规格 (μm)	牌号	要求：不小于 3.60g/cm ³					
			单位 1-1	单位 1-2	单位 1-3	单位 1-4	单位 1-5	单位 X
I 类	15~53	F-NiTi	3.64	3.75	3.71	3.78	3.81	
类别	粉末规格	牌号	要求：不小于 3.60g/cm ³					

	(μm)		单位 1-1	单位 1-2	单位 1-3	单位 1-4	单位 1-5	单位 X
II 类	45~106	F-NiTi	3.86	3.98	3.92	3.93	3.91	
单位 1: 西安欧中材料科技有限公司单位; 单位 X: ; 单位 X: ; 单位 X: ; 单位 X: ;								

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，振实密度相对于松装密度主要是粉末多种物理性能的综合体现，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。

参编单位产品振实密度的实测结果统计如表 9 所示。从检测数据可以看出 I 类 NiTi 合金的振实密度介于 3.95~4.41g/cm³ 之间，II 类 NiTi 合金粉末振实密度介于 XX~XXg/cm³ 之间，故本标准确定了增材制造用镍钛合金粉末的振实密度应不小于 4.10g/cm³。

表 9 振实密度统计表

类别	粉末规格 (μm)	牌号	要求：不小于 4.10g/cm ³					
			单位 1-2	单位 1-2	单位 4	单位 5	单位 6	单位 8
I 类	15~53	Cu1	4.35	4.37	3.95	4.36	4.41	
类别	粉末规格 (μm)	牌号	要求：不小于 4.10g/cm ³					
			单位 1-1	单位 2-2	单位 X	单位 X	单位 X	单位 X
II 类	45~106	Cu1	4.29	4.06				
单位 1: 西安欧中材料科技有限公司单位; 单位 X: ; 单位 X: ; 单位 X: ; 单位 X: ;								

2.2.5 流动性

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，通常采用霍尔流速漏斗，流动性单位为 s/50g，表征粉末流动的难易程度，数值越小流动性越好。粉末的粒度、湿度、静电以及粉末是否为球形均会影响粉末的流动特性。无论对于粉末床熔融还是定向能量沉积的增材制造工艺，粉末的流动性均会影响增材制造过程和制件性能。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。

参编单位产品流动性的实测结果统计如表 10 所示。从检测数据可以看出 I 类粉末的流动性介于 15.5~17.4s/50g 之间，II 类粉末流动性介于 14.3~15.6s/50g 之间，故本标准确定了 I 类镍钛合金粉末的流动性应不大于 19.0s/50g，II 类粉末的流动性应不大于 17.0s/50g。

表 10 流动性统计表

类别	粉末规格 (μm)	牌号	要求：不大于 19.0s/50g					
			单位 1-1	单位 1-2	单位 1-3	单位 1-4	单位 1-5	单位 X

I 类	15~53	F-NiTi	15.5	15.6	17.3	17.4	16.0	
类别	粉末规格 (μm)	牌号	要求：不大于 17.0s/50g					
			单位 1-1	单位 1-2	单位 1-3	单位 1-4	单位 1-5	单位 X
II 类	45~106	F-NiTi	14.9	14.3	14.6	14.8	15.6	
单位 1：西安欧中材料科技有限公司单位；单位 X： ；单位 X： ；单位 X： ；单位 X： ；								

2.2.6 空心粉率

在雾化制粉过程中，雾化气体可能进入金属液滴中，在冷却过程中气体来不及排出残留在粉末中形成空心粉。空心粉中的气体在增材制造过程中无法完全逸出，会残留在产品中，降低产品的疲劳性能。

空心粉率是表征金属粉末性能的指标之一，目前，空心粉率的检测方法和指标要求还没有统一的标准，如需方对产品的空心粉率有特殊要求时检测方法及指标由供需双方协商确定。

各参编单位 NiTi 合金粉末产品的空心粉率检测数据统计如表 11 所示，从统计数据可以看出 I 类粉末的空心粉率介于 XX~XX%之间，II 类粉末空心粉率介于 XX%~XX%。

空心粉率检测由供需双方商议确定。

空心粉率指标可由供需双方商议确定。

表 11 空心粉率统计表

类别	粉末规格 (μm)	牌号	空心粉率				
			单位 1-1	单位 1-2	单位 1-3	单位 1-4	单位 X
I 类	15~53	F-NiTi	%	%	%	%	%
类别	粉末规格 (μm)	牌号	空心粉率				
			单位 1-1	单位 1-2	单位 3	单位 1-4	单位 X
II 类	45~106	F-NiTi	%	%	%	%	%
单位 1：西安欧中材料科技有限公司单位；单位 X： ；单位 X： ；单位 X： ；单位 X： ；							

2.2.7 球形率

球形率是表征金属粉末外观质量的参数，是衡量金属粉末满足增材制造工艺要求的指标之一。目前，粉末球形率的指标要求还没有统一的标准，如需方对产品的球形率有特殊要求时检测方法及指标由供需双方协商确定。

各参编单位镍钛合金粉末球形率的检测数据统计如表 12 所示，从检测数据可以看出 I 类粉末的球形率介于 XX~XX%之间，II 类粉末球形率介于 XX~XX%。

球形率检测按照 YS/T 1297《钛及钛合金粉末球形率测定方法》的规定执行或由供需双方商议确定。

球形率指标可由供需双方商议确定。

表 12 球形率统计表

类别	粉末规格 (μm)	牌号	球形率					
			单位 1-1	单位 1-2	单位 3	单位 6	单位 7	单位 8
I 类	15~53	F-NiTi	%	%	%	—	—	%
类别	粉末规格 (μm)	牌号	球形率					
			单位 1-1	单位 1-2	单位 3	单位 6	单位 7	单位 8
II 类	45~106	F-NiTi	%	%	%	—	—	%
单位 1: 西安欧中材料科技有限公司单位; 单位 X: ; 单位 X: ; 单位 X: ; 单位 X: ;								

2.2.8 标志、包装、运输、贮存

增材制造用镍钛合金粉在包装、运输和贮存过程中可能会吸附空气中的氧、氮等气体元素而降低品质，且易吸附水汽而受潮导致粉末性能受到影响。此外粉末可能会因碰撞、挤压等原因发生起火、爆炸。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；
- d) 批号；
- e) 粉末规格（类别）；
- f) 净重；
- g) 本文件编号；
- h) “防潮”、“防止吸入”等标识。

2) 包装

产品可采用塑料袋双层真空塑封包装，或以洁净的塑料桶、金属桶为容器单元包装。包装容器应保证其在运输过程中的完整性，且不易破损、受潮或者使产品接触到外来污染物质。包装过程中应严格控制环境，避免污染。建议 I 类产品采用充惰性气体保护封装，II 类产品

在大气环境下进行封装。产品包装重量为 5kg，也可以根据需方要求进行包装。

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。

2.3 主要试验（或验证）情况分析

针对本标准涉及产品，按照本标准规定的试验方法，参编单位对 XX、XX 提供的镍钛合金粉末的主要技术指标进行了验证。验证数据汇总如下。

2.3.1 化学成分

XX、XX、XX 对同一批次产品的化学成分进行了验证，分析检测数据如表 13 所示。从表中可以看出同一批次镍钛合金粉末的化学成分检测结果基本一致，且符合标准中的规定。

表 13 化学成分验证结果统计表

牌号	主含量		杂质含量，不大于				
	Ti	Ni	C	H	N+O	其他元素 ^a	
						单一	总和
F-NiTi	余量	54.5-57.0	0.070	0.005	0.070	0.1	0.4
批次 1							
验证单位 X：；单位 X：；							

2.3.2 粒度

2.3.2.1 粒度组成

XX、XX、XX 对镍钛合金粉末不同规格的各两个批次产品的粒度组成进行了验证，即 15~53 μm 规格的两个批次以及 45~106 μm 规格的两个批次产品。验证单位的验证数据统计如表 14 所示，检测结果基本一致，且符合标准中的规定。

表 14 筛分粒度组成统计表

类别	粉末规格(μm)	牌号	要求：>53 μm 不大于 5%			
			批次 A		批次 B	
			单位 X	单位 X	单位 X	单位 X
I 类	15~53	F-NiTi	%	%	%	%

类别	粉末规格(μ m)	牌号	要求：≤45 μ m 不大于 5%， >106 μ m 不大于 5%			
			批次 C		批次 D	
			单位 X	单位 X	单位 X	单位 X
Ⅱ类	45~106	F-NiTi	≤45 μ m: %	≤45 μ m: %	≤45 μ m: %	≤45 μ m: %
			>106 μ m: %	>106 μ m: %	>106 μ m: %	>106 μ m: %
验证单位 X: ；单位 X: ；						

2.3.2.2 粒度分布

XX、XX、XX 对镍钛合金粉末 15~53 μm 规格的两个批次产品的粒度分布进行了验证。验证数据如表 15 所示，检测结果基本一致，且符合标准中的规定。

表 15 粒度分布统计表（I 类）

类别	粉末规格 (μ m)	牌号	要求：20 μ m≤D10≤35 μ m，35 μ m≤D50≤50 μ m，55 μ m≤D90≤65 μ m			
			批次 A		批次 B	
			单位 X	单位 X	单位 X	单位 X
I 类	15～53	F-NiTi	D10:	D10:	D10:	D10:
			D50:	D50:	D50:	D50:
			D90:	D90:	D90:	D90:
验证单位 X： ；单位 X： ；						

2.3.3 松装密度

XX、XX、XX 对镍钛合金粉末不同规格的各两个批次产品的松装密度进行了验证，即 15~53 μm 规格的两个批次以及 45~106 μm 规格的两个批次产品。验证数据统计如表 16 所示，检测结果基本一致，且符合标准中的规定。

表 16 松装密度统计表

类别	粉末规格(μm)	牌号	要求：不小于 3.60g/cm ³			
			批次 A		批次 B	
			单位 X	单位 X	单位 X	单位 X
I 类	15~53	F-NiTi				
类别	粉末规格(μm)	牌号	要求：不小于 3.60g/cm ³			
			批次 C		批次 D	
			单位 X	单位 X	单位 X	单位 X
II 类	45~106	F-NiTi				
验证单位 X: ; 单位 X: ;						

2.3.4 振实密度

XX、XX、XX 对镍钛合金粉末不同规格的各两个批次产品的振实密度进行了验证，即 15~

53 μm 规格的两个批次以及 45~106 μm 规格的两个批次产品。验证数据统计如表 17 所示，检测结果基本一致，且符合标准中的规定。

表 17 振实密度统计表

类别	粉末规格 (μm)	牌号	要求：不小于 4.10g/cm ³			
			批次 A		批次 B	
			单位 X	单位 X	单位 X	单位 X
I 类	15~53	F-NiTi				
类别	粉末规格 (μm)	牌号	要求：不小于 4.10g/cm ³			
			批次 A		批次 B	
			单位 X	单位 X	单位 X	单位 X
II 类	45~106	F-NiTi				
验证单位 X： ；单位 X： ；						

2.3.5 流动性

XX、XX、XX 对镍钛合金粉末不同规格的各两个批次产品的流动性进行了验证，即 15~53 μm 规格的两个批次以及 45~106 μm 规格的两个批次产品。验证数据统计如表 18 所示，检测结果基本一致，且符合标准中的规定。

表 18 流动性统计表

类别	粉末规格 (μm)	牌号	要求：不大于 19.0s/50g			
			批次 A		批次 B	
			单位 X	单位 X	单位 X	单位 X
I 类	15~53	F-NiTi				
类别	粉末规格 (μm)	牌号	要求：不大于 17.0s/50g			
			批次 C		批次 D	
			单位 X	单位 X	单位 X	单位 X
II 类	45~106	F-NiTi				
验证单位 X： ；单位 X： ；						

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

经过检索，国外无针对增材制造用镍钛合金粉的标准。

3.2 与国际标准及国外同类标准水平的对比

本标准是国内首次起草的增材制造用镍钛合金粉国家标准，本标准结合当前实际生产水

平和应用需求，以及成熟企业的企业标准和技术要求，对增材制造镍钛合金粉的化学成分、粒度分布、流动性、松装密度、振实密度进行了规定，可以满足我国增材制造用镍钛合金粉产品需求。

综上所述，本标准的主要技术指标均达到国内先进水平。

3.3 与现有标准及制定中的标准协调配套情况

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

经过检索，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、标准作为强制性或推荐性国家（或行业）标准的建议

本标准建议作为推荐性国家标准。

七、贯彻标准的要求和措施建议

本标准建议发布后 6 个月实施。

八、废止现行有关标准的建议

无。

九、其他应予以说明的事项

无。

十、预期效果

本标准实施后，我国增材制造领域将会更加合理规范，能够促进镍钛合金在增材制造领域的应用，并整体提高增材制造镍钛合金制件的品质，达到发达国家的应用水平，满足医疗领域、电子电器、航空航天等关键领域的应用需求。

可积极向生产厂家及国内外用户推荐本标准。

《增材制造用镍钛合金粉》标准编制组

2023 年 02 月