

钼钒铝铬中间合金
行业标准

编

制

说

明

(送审稿)

《钼钒铝铬中间合金》编制组

2024年7月

钼钒铝铬中间合金

行业标准-编制说明

(送审稿)

一、工作简况

1.1 任务来源及计划要求

根据工信厅科函【2022】312号《工业和信息化部办公厅关于印发2022年第三批行业标准制修订和英文版项目计划的通知》要求，由承德天大钒业有限责任公司起草《钼钒铝铬中间合金》行业标准，项目计划编号为2022-1722T-YS,计划完成年限为2024年。

1.2 主要参加单位和工作成员及其所作的工作

本文件起草单位：承德天大钒业有限责任公司、宝鸡钛业股份有限公司、西部超导材料科技股份有限公司、大连融德特种材料有限公司、金堆城铝业股份有限公司、新疆湘润新材料科技有限公司、宝武特冶钛金科技有限公司、湖南湘投金天钛业科技股份有限公司、宁夏中色金航钛业有限公司、中色（宁夏）东方集团有限公司。

承德天大钒业有限责任公司作为标准主编单位，在工作前期，对钼钒铝铬中间合金国内外的技术要求、试验方法、检验规则、包装、运输、贮存等方面现状进行了充分调研和梳理。在标准制定过程中，完成了相关资料的搜集；撰写了标准文件和编制说明，并广泛征求国内同行实验室及相关企业的意见。

标准编写组成员主要进行了资料收集、产品生产和使用情况调研，以此为基础按照标准的最新规范进行标准的编制。

主要工作成员所负责的工作情况，本标准主要起草人及工作职责见表1。

表1 主要起草单位及工作职责

起草单位	工作职责
承德天大钒业有限责任公司	标准工作的整体协调和推进
承德天大钒业有限责任公司、宝鸡钛业股份有限公司、西部超导材料科技股份有限公司、大连融德特种材料有限公司、金堆城铝业股份有限公司、新疆湘润新材料科技有限公司、宝武特冶钛金科技有限公司、湖南湘投金天钛业科技股份有限公司、宁夏中色金航钛业有限公司、中色（宁夏）东方集团有限公司	标准起草前期调研
宝鸡钛业股份有限公司、西部超导材料科技股份有限公司、大连融德特种材料有限公司、金堆城铝业股份有限公司、新疆湘润新材料科技有限公司、宝武特冶钛金科技有限公司、湖南湘投金天钛业科技股份有限公司、宁夏中色金航钛业有限公司、中色（宁夏）东方集团有限公司	标准编写材料的收集
承德天大钒业有限责任公司	标准文稿、编制说明的编写

宝鸡钛业股份有限公司、西部超导材料科技股份有限公司、大连融德特种材料有限公司、金堆城铝业股份有限公司、新疆湘润新材料科技有限公司、宝武特冶钛金科技有限公司、湖南湘投金天钛业科技股份有限公司、宁夏中色金航钛业有限公司、中色（宁夏）东方集团有限公司	对标准文稿提出修改意见
承德天大钒业有限责任公司、宝鸡钛业股份有限公司、西部超导材料科技股份有限公司、大连融德特种材料有限公司、中色（宁夏）东方集团有限公司	对引用方法及附录验证

1.3 主要工作过程

1.3.1 预研阶段

2021年9月，承德天大钒业有限责任公司以电话微信等方式，分别向宝鸡钛业股份有限公司、西部超导材料科技股份有限公司、大连融德特种材料有限公司、金堆城铝业股份有限公司、新疆湘润新材料科技有限公司、宝武特冶钛金科技有限公司、湖南湘投金天钛业科技股份有限公司、宁夏中色金航钛业有限公司、中色（宁夏）东方集团有限公司调研了钼钒铝铬中间合金产品的分类、技术要求、试验方法、检验规则、标志、标签、包装、运输、贮存情况。根据此次调研情况，主编单位整理完成《钼钒铝铬中间合金》行业标准项目建议书、标准草案及标准立项说明。

1.3.2 立项阶段

2022年10月，承德天大钒业有限责任公司向全国有色金属标准化技术委员会提交了《钼钒铝铬中间合金》行业标准项目建议书、标准草案及标准立项说明等材料，经标委会委员讨论后，由秘书处提交申报行标委。

2022年11月，工业和信息化部办公厅下达《工业和信息化部办公厅关于印发2022年第三批行业标准制修订和外文版项目计划的通知》（厅科函【2022】312号）文件通知，《钼钒铝铬中间合金》项目由全国有色金属标准化技术委员会归口，项目计划编号为2022-1722T-YS,项目周期为22个月，计划完成年限2024年。

1.3.3 起草阶段

2023年4月，在武汉市召开了有色金属标准项目讨论会暨标准制修订工作会议，会上对《钼钒铝铬中间合金》的起草任务进行了落实，确定承德天大钒业有限责任公司作为标准的起草单位，宝鸡钛业股份有限公司、西部超导材料科技股份有限公司、大连融德特种材料有限公司、金堆城铝业股份有限公司等为参编单位。

任务落实后标准主起草单位承德天大钒业有限责任公司牵头成立标准编制组，对钼钒铝铬中间合金产品当前和预期关于分类、技术要求、试验方法、检验规则、标志、标签、包装、运输、贮存情况进行调研，并对国内各钼钒铝铬中间合金厂家进行全面了解、研究，形成标

准讨论稿。

2023年9月由全国有色标准化技术委员会主持，在重庆召开了有色金属标准工作会议，来自国标（北京）检验认证有限公司、国合通用测试评价认证股份有限公司、西安汉唐分析检测有限公司、宝钛集团有限公司、宝武特种冶金有限公司、西北有色金属研究院、西部新锆核材料科技有限公司、国核宝钛锆业有限公司等二十余家单位专家对本标准（讨论稿）进行了认真、细致的讨论，准对产品指标、范围、文本部分提出修改意见和建议。标准编制组及时对讨论稿意见进行了汇总整理和完善，形成了《钼钒铝铬中间合金》征求意见稿。

1.3.4 征求意见阶段

编制组通过发函、全国有色金属标准化技术委员会将《钼钒铝铬中间合金》征求意见稿在中国有色金属标准质量信息网上挂网和会议等形式向社会公开征求意见。征求意见的单位包括主要生产、经销、使用、科研、第三方检测机构等单位及大专院校，征求意见单位广泛且具有代表性。

2024年4月由全国有色标准化技术委员会主持，在湖南长沙召开了有色金属标准工作会议，来自中铝沈阳有色金属加工有限公司、宁波江丰电子材料股份有限公司、国核宝钛锆业股份公司、有研资源环境技术研究院（北京）有限公司、上海核工程设计研究院有限公司、西部新锆核材料科技有限公司、国核锆铪理化检测有限公司、西部新锆核材料科技有限公司、西安汉唐分析检测有限公司、西北有色金属研究院等三十余家单位专家代表参加了会议，对本文件的预审稿进行了认真细致的讨论，提出了修改意见和建议。会议上，对标准的文本格式等进行了讨论，建议参编单位名称、主要起草人更改完善，编制说明补充，核对引用文件内容，化学成分增加其他单一与其他总和，硫、氢杂质元素不在单独要求归入其他单一项内、确定各元素的范围要求，确定产品交货粒度以及完善各元素的检测方法等，会后标准编制组及时对预审稿意见进行了汇总整理和完善。

本标准征求意见阶段，共发函18家相关生产单位、科研院所、用户单位，回函单位18家，提出建议单位4家，其余单位均无意见。详见标准征求意见稿意见汇总处理表。征求意见范围广泛且具有代表性，编制组根据各生产企业、用户、相关行业的专家意见，对征求意见稿进行完善，于2024年7月形成了《钼钒铝铬中间合金》送审稿。

1.3.5 审查阶段

2024年8月，由全国有色标准化技术委员会主持，在宁波召开了有色金属标准工作会议，来自中、 、 、 、等 余家单位专家代表参加了会议，对本文件的送审稿进行了认真细致的讨论，提出了修改意见和建议。

1.3.6 报批阶段

二、标准编制原则

2.1 符合性：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》的要求对本部分进行了编写。

2.2 合理性：由于钼钒铝铬合金稳定的质量，优异的性能，绿色低碳的生产工艺，被大量应用到钛合金的熔炼中。随着高端钛合金需求不断增大及对多元合金研究和认识的不断深入，为了满足更广泛和更严苛的要求，会有更多的生产技术被引入到多元合金的制备。多元合金将向着种类更加多样化，成分控制更加精确化，杂质控制更加严苛化的方向发展。因此，亟需制定钼钒铝铬合金行业标准，规范产品的牌号、化学成分等技术指标，进一步规范企业生产和指导用户采购。

2.3 先进性：标准制定过程中充分调研了钼钒铝铬中间合金厂家的情况，充分考虑钼钒铝铬中间合金产品当前和预期的需要，本标准为首次制定，具有引领性。

三、标准主要内容的确定依据

3.1 概况

MoVAlCr 四元专用合金，代替传统使用的二元合金（AlMo、AlV）及金属单质（金属钼）作为熔炼原料，可以改变各合金元素分别加入方式为同时加入，使钛合金的熔炼、精炼、合金化同时完成，有效解决钛合金成分偏析、元素分布不均、气体杂质高、夹杂等冶金缺陷。

由于钼钒铝铬合金稳定的质量，优异的性能，绿色低碳的生产工艺，被大量应用到钛合金的熔炼中。随着高端钛合金需求不断增大及对多元合金研究和认识的不断深入，为了满足更广泛和更严苛的要求，会有更多的生产技术被引入到多元合金的制备。多元合金将向着种类更加多样化，成分控制更加精确化，杂质控制更加严苛化的方向发展。因此，亟需制定钼钒铝铬合金行业标准，规范产品的牌号、化学成分等技术指标，进一步规范企业生产和指导用户采购。

本标准为首次制定。主编单位主要对中间合金的分类、技术要求、试验方法、检验规则、标志、标签、包装、运输、贮存情况进行了研究。向宝鸡钛业股份有限公司、西部超导材料科技股份有限公司、大连融德特种材料有限公司、金堆城钼业股份有限公司、新疆湘润新材料科技有限公司、宝武特冶钛金科技有限公司、湖南湘投金天钛业科技股份有限公司、宁夏中色金航钛业有限公司、中色（宁夏）东方集团有限公司等进行了调研。主编单位对调研结果进行汇总整理。

3.2 钼钒铝铬中间合金牌号的确定

钼钒铝铬中间合金主要应用在 TB2、TB9、TB10、TB15、TB16、TC18 等钛合金中，不同种类的钛合金对钼钒铝铬中间合金的牌号要求各不相同，根据收集的各生产厂家以及用户对四个牌号中各元素的含量要求，确定 MoVAlCr 合金中各主元素的含量及各杂质元素的

种类和上限。

表 2 国内主要厂家及用户钼钒铝铬合金产品的化学成分 (Mo26V25Al20Cr29)

元素	厂家 1	厂家 2	用户 1	用户 2	本标准拟制定
Mo	25.0-27.5	24.0-27.0	24.0~28.0	25.0~27.5	24.0~28.0
V	24.0-26.0	23.0~27.0	23.0~27.0	23.5~26.0	23.0~27.0
Cr	28.0-30.5	27.0-30.5	27.0~31.0	27.5~30.5	27.0~31.0
Al	余量	余量	余量	余量	余量
Fe	≤0.15	≤0.15	≤0.15	≤0.15	≤0.15
Si	≤0.10	≤0.10	≤0.15	≤0.15	≤0.15
C	≤0.05	≤0.05	≤0.05	≤0.05	≤0.05
O	≤0.1	≤0.1	≤0.1	≤0.1	≤0.1
N	≤0.04	≤0.04	≤0.04	≤0.04	≤0.04
其他单一	/	/	≤0.1	/	≤0.1
其他总和	/	/	≤0.15	/	≤0.15

表 3 国内主要厂家及用户钼钒铝铬合金产品的化学成分 (Mo26V26Al10Cr38)

元素	厂家 1	厂家 2	用户 1	用户 2	本标准拟制定
Mo	26.0-28.0	25.0-29.0	25.5-29.0	25.0-29.0	25.0~29.0
V	25.0-28.0	25.0-29.0	26.0-29.0	25.0-29.0	25.0~29.0
Cr	36.5-39.5	36.0-40.0	36.0-39.0	37.0-40.0	36.0~40.0
Al	余量	余量	余量	余量	余量
Fe	≤0.15	≤0.15	≤0.15	≤0.15	≤0.15
Si	≤0.15	≤0.15	≤0.15	≤0.15	≤0.15
C	≤0.08	≤0.08	≤0.08	≤0.08	≤0.08
O	≤0.1	≤0.1	≤0.1	≤0.1	≤0.1
N	≤0.04	/	≤0.04	≤0.04	≤0.04
其他单一	/	/	≤0.1	≤0.1	≤0.1
其他总和	/	/	≤0.15	≤0.15	≤0.15

表 4 国内主要厂家及用户钼钒铝铬合金产品的化学成分 (Mo26V26Al10Cr38)

元素	厂家 1	厂家 2	用户 1	用户 2	本标准拟制定
Mo	19.5~22.5	19.0-22.0	19.0~23.0	/	19.0~23.0
V	35.5~38.5	36.0-39.0	35.0~39.0	/	35.0~39.0
Cr	26.5~29.5	27.0-30.0	26.0~30.0	/	26.0~30.0
Al	余量	余量	余量	/	余量
Fe	≤0.15	≤0.15	≤0.15	/	≤0.15
Si	≤0.15	≤0.15	≤0.15	/	≤0.15

C	≤0.08	≤0.08	≤0.08	/	≤0.08
O	≤0.1	≤0.1	≤0.1	/	≤0.1
N	≤0.04	≤0.04	≤0.04	/	≤0.04
其他单一	/	/	≤0.1	/	≤0.1
其他总和	/	/	≤0.15	/	≤0.15

表 5 国内主要厂家及用户钼钒铝铬合金产品的化学成分 (Mo26V33Al12Cr29)

元素	厂家 1	厂家 2	用户 1	用户 2	本标准拟制定
Mo	25.0~28.0	/	24.0~28.0	/	24.0~28.0
V	31.0~33.0	/	31.0~34.0	/	31.0~34.0
Cr	27.0~30.0	/	27.0~31.0	/	27.0~31.0
Al	余量	/	余量	/	余量
Fe	≤0.15	/	≤0.15	/	≤0.15
Si	≤0.10	/	≤0.15	/	≤0.15
C	≤0.1	/	≤0.1	/	≤0.1
O	≤0.1	/	≤0.1	/	≤0.1
N	≤0.04	/	≤0.04	/	≤0.04
其他单一	/	/	≤0.1	/	≤0.1
其他总和	/	/	≤0.15	/	≤0.15

根据生产工艺控制和产品使用的要求, 产品的化学成分应符合表 6 的规定。

表 6 钼钒铝铬中间合金的化学成分

质量分数/%

牌号	主要元素含量				杂质元素含量, 不大于						
	Mo	V	Cr	Al	Fe	Si	C	O	N	其他单一	其他总和
Mo26V25Al20Cr29	24.0~28.0	23.0~27.0	27.0~31.0	余量	0.15	0.15	0.05	0.1	0.04	0.1	0.15
Mo26V26Al10Cr38	25.0~29.0	25.0~29.0	36.0~40.0	余量	0.15	0.15	0.08	0.1	0.04	0.1	0.15
Mo20V36Al17Cr27	19.0~23.0	35.0~39.0	26.0~30.0	余量	0.15	0.15	0.08	0.1	0.04	0.1	0.15
Mo26V33Al12Cr29	24.0~28.0	31.0~34.0	27.0~31.0	余量	0.15	0.15	0.10	0.1	0.04	0.1	0.15

*注: 其他杂质指 H、P、S、Mg、Cu、Ni、Zr、Ta、Mn、Sn、W、B、Y 等元素。

当客户有更高需求时, 生产厂家也可提供高纯级别或其他配比的产品。

3.3 钼钒铝铬中间合金粒度范围的确定

在钛合金生产中, 一小部分合金元素是以纯金属的形式加入钛电极中, 但主要合金成分是以中间合金形式加入的。以中间合金形式加入的合金元素可以更好地调节这些元素在最终合金中的比例。此外, 中间合金的熔点比纯金属熔点低, 这对最终合金中达到较好的均匀度是非常有利的。为了获得化学成份均匀、无偏析及其它冶金缺陷的高质量钛合金铸锭, 人们

特别重视炉料尺寸大小对铸锭冶金质量的影响。

通过对钼钽铝铬中间合金生产单位和使用单位进行调研,使用单位根据自己具体工艺情况对钼钽铝铬中间合金有不同的粒度要求,大多数都集中在 0-1.0 mm、0-2 mm、0.15-3 mm、0.15-6.3 mm 或者 0-6.3 mm 这几个范围。生产单位根据客户不同的需求,都可满足要求。因此在本文件中拟规定钼钽铝铬中间合金粒度为不大于 6.3 mm,生产和检测方法均为过筛法。客户如果有不同的粒度需求,采购时在合同(或采购单)中注明即可。

3.4 外观质量

产品表面应洁净,不应有目视可见的氧化变色、气孔疏松料、夹杂物和其他外来物。见下图。

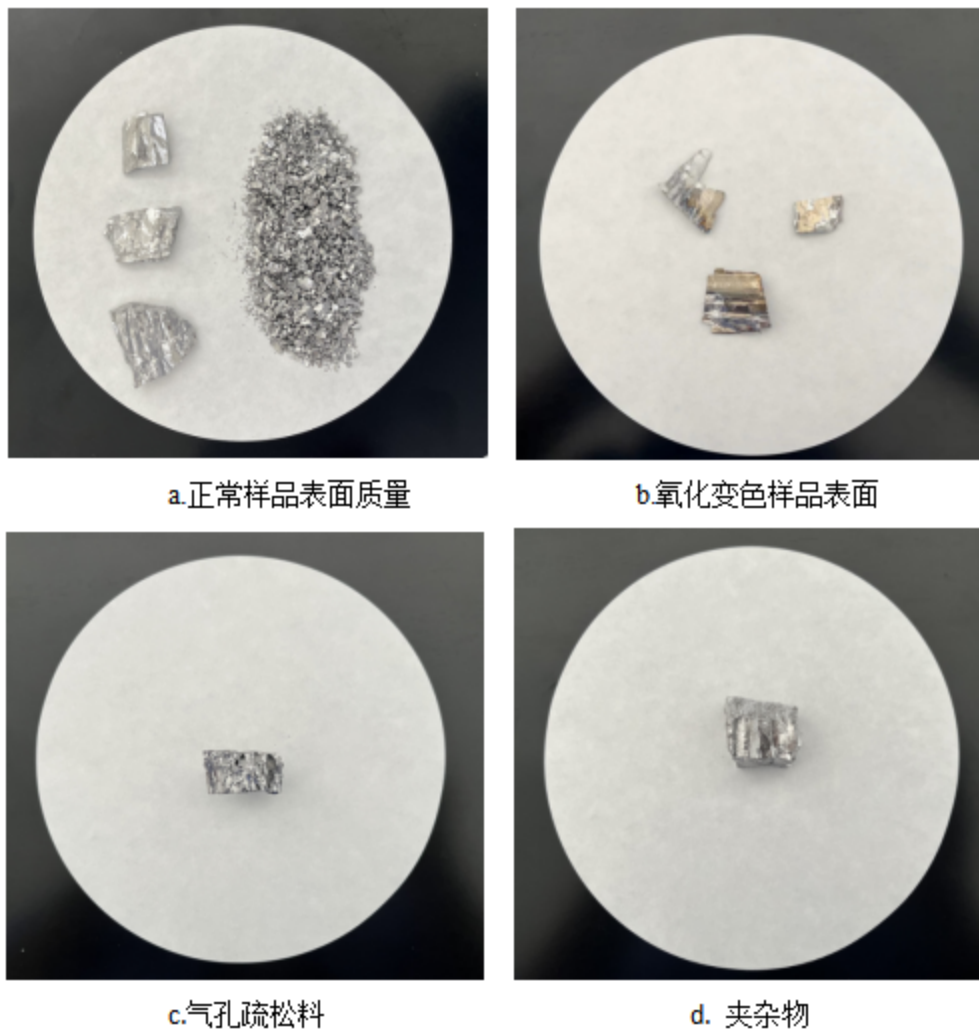


图 1 产品表面质量

3.5 主要试验及验证情况分析

3.5.1 钼、钽、铬元素含量的检测

钼钽铝铬中间合金中钼、钽、铬元素含量较高,目前没有标准可以直接引用,编制组

收集各厂家以及用户单位的检测方法,统一使用电感耦合等离子体发射光谱法测试钼钒铝铬中间合金中钼、钒、铬元素含量。

1、称样量的选择

根据钼钒铝铬中间合金中钼、钒、铬元素含量范围以及实际情况,试样的称样量如下表。

表 7 试料量及定容体积

试料量/g	定容体积/mL	移取体积/mL	二次定容体积/mL
0.10	100	10	100

2、溶样方法的确认

钼钒铝铬中间合金除四种主要组成元素外还含有少量的铁、硅,根据实验验证,考察不同的溶解方式的溶解效果。试验发现,称取 0.10 g 钼钒铝铬中间合金样品,加入 10 mL 王水,使用电热板加热方式不可以将样品消解完全;而加入 10 mL 王水,1 mL 氢氟酸,使用电热板加热方式可以将样品消解完全,通过后续测试发现,在溶样过程中给聚四氟乙烯烧杯加盖的方式溶解,硅含量的测试结果更加稳定,故而本实验采用 10 mL 王水,1 mL 氢氟酸的溶解体系,电热板加热,四氟乙烯烧杯加盖的溶样方式溶解样品。

3、分析谱线的选择

通过实验结合仪器自带谱图,选择待测元素不受基体和其他共存元素峰干扰,结合灵敏度 and 信噪比等参数,选择待测元素合适谱线,见表 8。

表 8 元素推荐分析谱线

元素名称	波长 nm
Mo	202.030/204.598
V	292.402/309.311
Cr	267.716/283.563

4、方法准确度

在三个牌号的钼钒铝铬中间合金中,分别对应加入相应的钼、钒、铬标准溶液,按照实验方法进行加标回收实验,结果见表 9。

表 9 加标回收试验结果

编号	牌号	元素	已知量 /mg	加入量 /mg	回收值 /mg	回收率 /%
1#	Mo26V25	V	24.87	10.00	34.85	99.8

	Al20Cr29				34.79	99.2
					35.06	101.9
					34.95	100.8
					35.00	101.3
3#	Mo20V36 Al17Cr27	Mo	19.69	10.00	29.93	102.4
					29.79	101.0
					29.62	99.3
					29.85	101.6
4#	Mo26V33 Al12Cr29	Cr	28.95	10.00	29.59	99.0
					38.97	100.2
					38.86	99.1
					39.07	101.2
					39.12	101.7
					39.2	102.5

由加标回收试验结果可以看出，钼、钒、铬的回收率在 99.1%~101.9%之间，方法准确度满足要求。

5、方法精密度

对 4 个不同牌号的钼钒铝铬中间合金，1#Mo26V25Al20Cr29，2#Mo26V26Al10Cr38，3#Mo20V36Al17Cr27，4#Mo26V33Al12Cr29，采用本方法分别独立的进行 7 次测定，测定结果见表 10。

表 10 精密度

序号	牌号	元素	测试结果/%							平均值 /%	SD	RSD /%
			1	2	3	4	5	6	7			
1#	Mo26V25 Al20Cr29	Mo	26.64	26.74	26.66	26.83	26.71	26.82	26.70	26.73	0.0736	0.28
		V	24.90	24.92	24.89	24.91	24.76	24.88	24.81	24.87	0.0594	0.24
		Cr	29.05	28.96	29.03	28.95	29.08	29.04	28.99	29.01	0.0486	0.17
2#	Mo26V26 Al10Cr38	Mo	26.91	26.96	26.87	27.06	26.95	26.88	26.95	26.94	0.0638	0.24
		V	26.27	26.15	26.21	26.17	26.19	26.18	26.22	26.20	0.0393	0.15
		Cr	38.87	38.94	39.00	38.84	39.03	38.91	38.90	38.93	0.0682	0.18
3#	Mo20V36 Al17Cr27	Mo	19.68	19.73	19.79	19.67	19.58	19.71	19.64	19.69	0.0670	0.34
		V	35.44	35.61	35.45	35.47	35.61	35.5	35.40	35.50	0.0828	0.23
		Cr	29.32	29.25	29.31	29.19	29.43	29.22	29.48	29.31	0.1075	0.37
4#	Mo26V33 Al12Cr29	Mo	26.56	26.72	26.67	26.63	26.77	26.68	26.69	26.67	0.0665	0.25
		V	32.20	32.18	32.22	32.19	32.35	32.30	32.33	32.25	0.0716	0.22
		Cr	28.94	29.08	28.95	28.83	29.01	28.94	28.93	28.95	0.0768	0.27

由表 10 结果可知,本法的 RSD 在 0.15%~0.34%之间,精密度较好,可以满足分析要求。

各验证单位精密度实验数据见表 11-14。

表 11 宝鸡钛业股份有限公司精密度试验

序号	牌号	元素	测试结果/%							平均值 /%	SD	RSD /%
			1	2	3	4	5	6	7			
1#	Mo26V25 Al20Cr29	Mo	26.45	26.35	26.55	26.59	26.54	26.48	26.36	26.48	0.0929	0.35
		V	25.06	25.05	25.11	24.98	25.09	24.88	25.11	25.04	0.0842	0.34
		Cr	29.20	29.11	29.20	29.15	29.08	29.14	29.19	29.15	0.0464	0.16
2#	Mo26V26 Al10Cr38	Mo	26.86	26.65	26.81	26.51	26.57	26.79	26.81	26.71	0.1385	0.52
		V	25.98	26.07	26.11	25.90	25.86	26.11	26.00	26.01	0.1000	0.38
		Cr	39.06	39.21	39.06	39.13	39.21	39.09	39.05	39.12	0.0706	0.18
3#	Mo20V36 Al17Cr27	Mo	19.92	19.83	19.84	19.74	19.83	19.69	19.86	19.82	0.0771	0.39
		V	35.88	35.90	35.99	35.89	35.97	35.72	35.89	35.89	0.0855	0.24
		Cr	29.31	29.17	29.28	29.35	29.41	29.21	29.29	29.29	0.0809	0.28
4#	Mo26V33 Al12Cr29	Mo	26.52	26.36	26.64	26.38	26.49	26.39	26.22	26.43	0.1358	0.51
		V	32.09	32.16	32.05	32.08	32.03	32.04	32.03	32.07	0.0471	0.15
		Cr	29.24	29.29	29.00	29.21	29.29	29.31	29.26	29.23	0.1076	0.37

表 12 西部超导材料科技股份有限公司精密度试验

序号	牌号	元素	测试结果/%							平均值 /%	SD	RSD /%
			1	2	3	4	5	6	7			
1#	Mo26V25 Al20Cr29	Mo	26.71	26.84	26.57	/	/	/	/	26.71	0.1350	0.51
		V	24.67	24.92	24.95	/	/	/	/	24.85	0.1537	0.62
		Cr	29.16	28.95	29.03	/	/	/	/	29.05	0.1060	0.36
2#	Mo26V26 Al10Cr38	Mo	26.78	26.66	26.84	/	/	/	/	26.76	0.0917	0.34
		V	25.95	25.91	25.96	/	/	/	/	25.94	0.0265	0.10
		Cr	39.07	39.11	38.87	/	/	/	/	39.02	0.1286	0.33
3#	Mo20V36 Al17Cr27	Mo	19.75	19.71	19.80	/	/	/	/	19.75	0.0451	0.23
		V	35.98	35.71	35.86	/	/	/	/	35.85	0.1353	0.38
		Cr	29.65	29.70	29.43	/	/	/	/	29.59	0.1436	0.49
4#	Mo26V33 Al12Cr29	Mo	26.40	26.69	26.56	/	/	/	/	26.55	0.1453	0.55
		V	32.56	32.69	32.42	/	/	/	/	32.56	0.1350	0.41
		Cr	29.07	29.02	29.19	/	/	/	/	29.09	0.0874	0.30

表 13 中色(宁夏)东方集团有限公司精密度试验

序号	牌号	元素	测试结果/%							平均值 /%	SD	RSD /%
			1	2	3	4	5	6	7			
1#	Mo26V25	Mo	26.72	26.34	26.65	26.55	26.46	26.65	26.7	26.58	0.1395	0.52

	Al20Cr29	V	24.88	24.98	25.04	25.16	25	25.17	25.11	25.05	0.1053	0.42
		Cr	29.19	28.75	28.71	28.96	29.17	29.05	29.12	28.99	0.1957	0.67
2#	Mo26V26 Al10Cr38	Mo	26.77	26.79	26.58	26.42	26.8	26.79	26.9	26.72	0.1636	0.61
		V	26.49	26.1	26.28	26.4	25.58	26.2	26.24	26.18	0.2957	1.13
		Cr	39.22	39.04	39.14	39.4	39.02	39.21	38.9	39.13	0.1636	0.42
3#	Mo20V36 Al17Cr27	Mo	19.1	19.33	19.27	19.47	19.61	19.43	19.51	19.39	0.1697	0.88
		V	35.98	35.68	36	35.94	35.88	35.87	35.91	35.89	0.1061	0.30
		Cr	29.04	29.26	29.61	29.78	29.72	29.51	29.4	29.47	0.2625	0.89
4#	Mo26V33 Al12Cr29	Mo	26.53	26.76	26.58	26.4	26.66	26.54	26.81	26.61	0.1422	0.53
		V	32.06	31.94	32.11	32.16	32.25	32.1	32.46	32.15	0.1645	0.51
		Cr	29.06	29.01	28.94	28.89	28.96	29.49	29.06	29.06	0.2003	0.69

表 14 大连融德特种材料有限公司精密度试验

序号	牌号	元素	测试结果/%							平均值 /%	SD	RSD /%
			1	2	3	4	5	6	7			
1#	Mo26V25 Al20Cr29	Mo	26.22	26.58	26.53	26.24	26.71	26.54	26.57	26.48	0.18	0.69
		V	25.00	24.96	25.09	24.91	25.03	24.87	24.82	24.95	0.09	0.37
		Cr	29.30	28.92	29.34	28.90	29.36	29.13	29.03	29.14	0.20	0.67
2#	Mo26V26 Al10Cr38	Mo	26.84	26.83	26.86	26.79	26.76	26.75	26.81	26.81	0.04	0.15
		V	26.22	26.21	26.20	26.23	26.07	26.15	26.18	26.18	0.05	0.21
		Cr	39.20	39.24	39.11	39.23	39.22	39.20	39.21	39.20	0.04	0.11
3#	Mo20V36 Al17Cr27	Mo	19.43	19.43	19.37	19.38	19.45	19.58	19.58	19.46	0.09	0.45
		V	35.57	35.56	35.89	35.87	35.97	35.93	35.97	35.82	0.18	0.50
		Cr	29.64	29.51	29.51	29.51	29.42	29.39	29.39	29.48	0.09	0.30
4#	Mo26V33 Al12Cr29	Mo	26.54	26.66	26.56	26.44	26.38	26.53	26.26	26.48	0.13	0.50
		V	32.42	32.70	32.51	32.34	32.55	32.54	32.62	32.52	0.12	0.37
		Cr	29.08	28.83	28.90	28.91	29.01	29.06	29.16	28.99	0.12	0.40

表 15 各家验证单位精密度验证结果对比

序号	牌号	元素	测试结果/%					平均值 /%	SD	RSD/%
			承德天大	宝鸡钛业	中色东方	西部超导	大连融德			
1#	Mo26V25 Al20Cr29	Mo	26.73	26.48	26.58	26.71	26.48	26.60	0.1204	0.45
		V	24.87	25.04	25.05	24.67	24.95	24.92	0.1561	0.63
		Cr	29.01	29.15	28.99	29.16	29.14	29.09	0.0823	0.28
2#	Mo26V26 Al10Cr38	Mo	26.94	26.71	26.72	26.78	26.81	26.79	0.0914	0.34
		V	26.20	26.01	26.18	25.95	26.18	26.10	0.1160	0.44
		Cr	38.93	39.12	39.13	39.07	39.20	39.09	0.1018	0.26
3#	Mo20V36 Al17Cr27	Mo	19.69	19.82	19.39	19.75	19.46	19.62	0.1857	0.95
		V	35.50	35.89	35.89	35.98	35.82	35.82	0.1868	0.52
		Cr	29.31	29.29	29.47	29.65	29.48	29.41	0.1902	0.65

4#	Mo26V33 Al12Cr29	Mo	26.67	26.43	26.61	26.40	26.48	26.52	0.1183	0.45
		V	32.25	32.07	32.15	32.56	32.52	32.31	0.2213	0.69
		Cr	28.95	29.23	29.06	29.01	28.99	29.05	0.1074	0.37

验证结果表明，各家验证单位测试对比结果的 RSD 在 0.28%-0.95%之间，按照附录 A 提供的实验方法能够满足钼钒铝铬中间合金中主元素钼、钒、铬元素含量的测定。

3.5.2 铁、硅元素含量的检测

钼钒铝铬中间合金中铁、硅元素含量的检测除溶样方法外，其余均按 YS/T 1075.13 《钒铝、钼铝中间合金化学分析方法 第 13 部分：铁、硅、钼、铬含量的测定 电感耦合等离子体原子发射光谱法》规定进行。溶样方法与检测主元素钼、钒、铬含量的一致。

YS/T 1075.13 《钒铝、钼铝中间合金化学分析方法 第 13 部分：铁、硅、钼、铬含量的测定 电感耦合等离子体原子发射光谱法》中硅推荐分析波长钒铝中间合金推荐波长为 251.611 nm，钼铝中间合金推荐波长为 185.067 nm，因 251.611 nm 处存在钼的干扰，对结果影响较大，故本文件采用的推荐分析波长为 185.067 nm。

对 4 个不同牌号的钼钒铝铬中间合金，1#Mo26V25Al20Cr29，2#Mo26V26Al10Cr38，3#Mo20V36Al17Cr27，4#Mo26V33Al12Cr29，采用 YS/T 1075.13 标准方法分别独立的进行 7 次测定，各公司测定结果汇总见表 16。

表 16 不同实验室铁、硅元素验证测定结果汇总

序号	牌号	元素	测试结果/%					平均值/%	SD	RSD /%
			承德天大	宝鸡钛业	中色东方	西部超导	大连融德			
1#	Mo26V25 Al20Cr29	Fe	0.126	0.130	0.120	0.128	0.124	0.126	0.0037	2.96
		Si	0.056	0.050	0.054	0.054	0.060	0.055	0.0035	6.37
2#	Mo26V26 Al10Cr38	Fe	0.067	0.060	0.062	0.063	0.059	0.062	0.0032	5.16
		Si	0.037	0.042	0.044	0.035	0.038	0.039	0.0038	9.58
3#	Mo20V36 Al17Cr27	Fe	0.132	0.135	0.121	0.131	0.126	0.129	0.0056	4.37
		Si	0.066	0.076	0.073	0.075	0.065	0.071	0.0052	7.29
4#	Mo26V33 Al12Cr29	Fe	0.100	0.114	0.102	0.104	0.091	0.102	0.0081	7.91
		Si	0.067	0.073	0.067	0.067	0.065	0.068	0.0032	4.79

数据表明，方法 RSD 在 2.96-9.58%之间，YS/T 1075.13 《钒铝、钼铝中间合金化学分析方法 第 13 部分：铁、硅、钼、铬含量的测定 电感耦合等离子体原子发射光谱法》满足钼钒铝铬中间合金中铁、硅元素含量的分析要求。

3.5.3 碳、氧、氮元素含量的检测

钼钒铝铬中间合金的碳含量测定按 YS/T 1075.6 《钒铝、钼铝中间合金化学分析方法 第 6 部分：碳量的测定 高频燃烧-红外吸收法》规定进行。

钼钒铝铬中间合金的氧含量测定按 YS/T 1075.7《钒铝、钼铝中间合金化学分析方法 第 7 部分：氧量的测定 惰性熔融-红外法》规定进行。

钼钒铝铬中间合金的氮含量测定按 YS/T 1075.11《钒铝、钼铝中间合金化学分析方法 第 11 部分：氮含量的测定 惰性气体熔融热导法》规定进行。

对 4 个不同牌号的钼钒铝铬中间合金，1#Mo26V25Al20Cr29，2#Mo26V26Al10Cr38，4#Mo26V33Al12Cr29，采用 YS/T 1075.6、YS/T 1075.7、YS/T 1075.13 标准方法分别独立的进行 7 次测定，各公司测定结果汇总见表 17、18。

表 17 不同实验室碳元素的验证结果汇总

序号	牌号	元素	测试结果/%					平均值 /%	SD	RSD /%
			承德天大	宝鸡钛业	中色东方	西部超导	大连融德			
1#	Mo26V25 Al20Cr29	C	0.021	0.022	0.021	0.022	0.024	0.022	0.0016	7.10
2#	Mo26V26 Al10Cr38	C	0.009	0.009	0.008	0.010	0.009	0.009	0.0005	5.87
4#	Mo26V33 Al12Cr29	C	0.062	0.065	0.060	0.060	0.065	0.062	0.0026	4.09

表 18 不同实验室氧、氮元素的验证结果汇总

序号	牌号	元素	测试结果/%					平均值 /%	SD	RSD /%
			承德天大	宝鸡钛业	中色东方	西部超导	大连融德			
1#	Mo26V25 Al20Cr29	O	0.036	0.038	0.039	0.039	0.042	0.039	0.0022	5.77
		N	0.013	0.011	0.011	0.010	0.012	0.011	0.0011	9.62
2#	Mo26V26 Al10Cr38	O	0.045	0.043	0.042	0.041	0.037	0.042	0.0030	7.28
		N	0.013	0.012	0.012	0.011	0.012	0.012	0.0008	7.04
4#	Mo26V33 Al12Cr29	O	0.046	0.055	0.048	0.048	0.048	0.049	0.0036	7.33
		N	0.023	0.020	0.021	0.020	0.019	0.020	0.0017	8.10

数据表明，YS/T 1075.6《钒铝、钼铝中间合金化学分析方法 第 6 部分：碳量的测定 高频燃烧-红外吸收法》方法 RSD 在 4.09-7.10%之间，YS/T 1075.7《钒铝、钼铝中间合金化学分析方法 第 7 部分：氧量的测定 惰性熔融-红外法》方法 RSD 在 5.77-7.33%之间，YS/T 1075.11《钒铝、钼铝中间合金化学分析方法 第 11 部分：氮含量的测定 惰性气体熔融热导法》方法 RSD 在 7.04-9.62%之间，满足钼钒铝铬中间合金中碳、氧、氮元素含量的分析要求。

3.6 检验规则

合适的检查验收方法，可以使进货检验工作及时、准确、规范的进行，有力的保障双方的生产需求的及时供应。首先产品由供方或第三方进行检验，保证产品质量符合订货单的规

定。需方可对收到的产品按规定进行复验，如检验结果与本文件或订货单的规定不符时，应以书面形式提出，由供需双方协商解决。属于外观质量及粒度偏差的异议，应在收到产品之日起 15 日内提出，属于其他成分的异议，应在收到产品之日起 30 日内提出。如需仲裁，应由供需双方在需方共同取样或协商确定。

3.7 取样原则

产品的各项检验是各厂用以控制产品质量的重要手段，而试样选取的位置与数量对试验结果有直接关系。试样的选取必须具有充分的代表性，否则将会得出错误的结论，不能反映产品的实际质量水平和有效地控制产品质量。为了反映产品质量的实际水平，确保使用单位复验合格率，对于产品的常规检验取样部位及数量在本文件中做了明确的规定。

自每批产品中随机选取不低于 25 % 的包装件，如选取的包装件少于 3 件，应在剩余的包装件中随机选取补足 3 件。在选取的每一个包装件中心和约 2/3 半径处均匀分布的 3 个点上各取大致相等的样品，组成份样，将全部份样合并为大样。如供货的包装件少于 3 件，首先在每一个包装件中抽取份样，再随机在任意包装件中抽取份样，补足 3 个份样，再将全部份样合并为大样，大样总量不低于 1000 g。每批产品粒度检测试样，应在该批产品包装件中随机抽取三桶，每桶抽取不少于 2 kg 混合后筛分。每批产品外观检查试样，应在该批产品包装件中随机抽取三桶，每桶抽取不少于 2 kg 混均后测定。

3.8 检验结果的判定

监督抽检按产品标准对其质量合格与否做出判定。对全部项目均符合标准规定的，判定为合格。产品的化学成分检测结果如有一项不合格，应从该批产品中加倍取样对该不合格项进行重复检验，若重复检验结果仍不合格的，则判该批产品不合格；粒度及外观质量检验不合格时，判该批产品不合格。

四、标准中涉及专利情况

本文件不涉及专利问题

五、预期达到的社会效益等情况

5.1 标准的必要性

钼钒铝铬合金质量稳定，成分均匀性好、气体杂质含量低，其熔点、密度和粒度与基体 Ti 接近，代替传统配料可熔炼 TB15 等钛合金，能够有效改善钛合金成分偏析、元素分布不均、气体杂质高、夹杂等冶金缺陷，同时对钛合金的多种物理性能指标有较大改善。为持续保持钼钒铝铬合金产品质量的稳定性，对各生产企业的标准进行统一标准化。

钛材作为高熔点的轻金属，在航空航天领域具有先天优势。在我国钛材消费中，航空航天领域也是少数持续增长的领域，根据我国《新时代的中国国防》白皮书，我国将致力于国防现代化，实施积极防御的军事战略，加大老旧装备的淘汰，形成以高新技术装备的骨干的武器装备系统。可以预见，未来随着航空航天和军事装备等工业的迅猛发展，对钛合金的品种和用量需求都在不断增加，对钛合金的质量要求也在逐步提高，真对钼钒铝铬合金的需

求也会成倍增长。为了更好的满足对高品质钛合金不断提升的要求，越来越多从事钛合金方面相关工作的科研院所、高校和企业开始关注多元合金，其推广和应用对我国高端钛工业有着极其重要且长远的意义，这也是多元合金未来发展的必然趋势。

5.2 标准的预期作用

本文件充分考虑了国内钼钒铝铬中间合金生产及使用企业和用户单位的检测设备和技术水平。本文件颁布执行后，将进一步规范内钼钒铝铬中间合金的分类、技术要求、试验方法、检验规则、标志、标签、包装、运输、贮存工作，有利于供需双方采用统一的方法开展工作，有利于市场公平交易环境的形成，具有较大的社会效益。

六、采用国际标准和国外先进标准的情况

6.1 采用国际标准和国外先进标准的情况

经查，国外无相同类型的国际标准

6.2 国际、国外同类标准水平的对比分析

经查，国外无相同类型的国际标准

6.3 与测试的国外样品、样机的有关数据对比情况

无

七、与现行法律、法规、强制性国家标准及相关标准协调配套情况

本标准的制定与现行标准没有冲突，且符合我国目前法律、法规的规定。

本文件与现行标准及制定中的标准无重复交叉情况。

八、重大分歧意见的处理经过和依据

编制组严格按既定编制原则进行编写，本文件起草过程中未发生重大的分歧意见。

九、标准作为强制性或推荐性国家（或行业）标准的建议

建议该标准为推荐性行业标准，供相关组织参考采用。

十、贯彻标准的要求和措施建议

本文件规范了钼钒铝铬中间合金产品的分类、技术要求、试验方法、检验规则、标志、标签、包装、运输、贮存情况，为产品生产、检验、验收、使用、维护和洽谈贸易的技术依据，对于保证和提高产品质量，提高生产和使用的经济效益，具有重要意义。建议标准发布实施后，组织对国内钼钒铝铬中间合金生产厂家进行宣贯推广，大力推荐标准的技术要求，扩大标准的知悉范围。

十一、废止现行有关标准的建议

本文件为新制定文件，无废止其他标准的建议。

十二、其他应予说明的事项

无。

《钼钒铝铬中间合金》
行业标准编制小组

2024年7月