**粉末抗压强度测试方法**

**编制说明**

**（送审稿）**

国家标准《粉末抗压强度测试方法》编制说明（送审稿）

一、工作简况

1.1 任务来源

根据国家标准委员会下达《国家标准化管理委员会关于下达2021年第一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[2021]12号）文件精神，由矿冶科技集团有限公司（原北京矿冶研究总院）负责起草《粉末抗压强度测试方法》国家标准，项目编号为：20210825-T-610。计划完成年限为2023年。

1.2 项目概况

一直以来，粉末材料作为重要的材料形态在电子、化工、装备制造、医药、食品、航空航天等诸多行业领域被大量广泛应用。在工业应用中，粉末可以通过堆积压制、注入封装、混合固化、3D打印、喷射喷涂等方式成型，形成特定尺寸的结构件或表层防护涂层。在粉末被存储、运输及成型过程中，粉末的抗压强度会对成型工艺及产品质量产生重要影响。粉末抗压强度是指粉末颗粒在受到一定外界单向压力时被压碎溃散时的强度，同粉末的松装密度、流动性等性能指标类似，是表征粉末物理性能和结构缺陷的重要指标之一。如一些电子原件或医疗电器原件的制造，是采用几十微米的球形粉末经过特定压制工艺成型，在压制工艺控制中，粉末抗压强度极大的影响成型件的性能，若粉末抗压强度不足出现溃散，直接导致成型件内部出现结构缺陷，影响产品的结构强度及最终使用性能；对于燃料推进剂产品，需要将团聚后的球形粉末加入粘结剂体系进行搅拌混合后固化，若粉末颗粒强度不足会导致加入粘结剂体系的粉末比表面积过大，加入量急剧减少，燃烧效能大幅减低；而在航空航天热防护领域，粉末通过送入高能温度区熔化后喷射到防护工件表面，如果粉末颗粒的强度过低，则导致粉末尚未送至温度场中心便发生溃散飘飞，造成直接损失。若粉末强度过高，则会导致粉末熔化困难，无法附着在工件表面。在众多行业，粉末抗压强度数值对产品质量控制有着重要影响。因此近年来，随着粉末冶金及高性能成型工艺技术的高速发展，粉末颗粒强度的重要性日益凸显，各生产企业及用户均对该性能高度关注。

粉末抗压强度测试在国际上已有广泛应用，如日本Fujimi公司和美国Micromeritics等公司均对粉末抗压强度的测试方法有深入研究，但国外对粉末抗压强度的测试方法仅限于企业内部管理，无相关国际标准，仅有针对特定粒度陶瓷粉末颗粒强度的标准（日本JISR 1639-5），该标准仅适用于单一陶瓷粉末品类，粒度范围在10-200μm，不能适应金属粉末、金属陶瓷粉末、复合粉末、有机类粉末的应用需求和技术要求。国内企业虽然近年来广泛重视粉末抗压强度对产品性能的影响，如矿冶科技集团有限公司（原北京矿冶研究总院）、宁波瑞科伟业有限公司等长期专业从事粉末材料的研究及性能检测评价工作，在粉末抗压强度测试方面积累了丰富经验。但目前我国粉末抗压强度测试方法没有相应的国家标准及行业标准，未形成统一的测试标准，给供需双方在生产控制和质量检验中带来许多不便。因此，为了指导粉末材料及其关键产品的生产，保障重要产品质量，规范供需双方贸易过程，大力推广该测试方法在国家各个行业中的应用，制定粉末抗压度测试方法的国家标准显得极为迫切且具有重要的现实意义。

**1.3 承担单位情况**

矿冶科技集团有限公司创建于1956年，先后隶属于国家重工业部、冶金工业部、中国有色金属工业总公司、国家有色金属工业局，1999年转制为中央直属的大型科技企业，现隶属于国务院国有资产监督管理委员会，是我国以矿产资源综合开发利用、材料科学与工程为核心主业，学科齐全、专业配套，集科学研究、工程设计和科技产业三位一体的大型科技型企业和国家与行业的技术开发基地，2008年被批准为首批“创新型企业”。就按拥有国家级检测中心和实验室“国家重有色金属质量监督检测中心”和“国家有色金属商检实验室”和3个国家工程技术研究中心“无污染有色金属提取及节能技术国家工程研究中心”、“国家金属矿产资源综合利用工程技术研究中心”、“国家磁性材料工程技术研究中心”。制定或修订国家及行业标准100余项，其中测试方法类的标准超过50项，在材料领域测试方法研究及制定方面，具有深厚的基础和丰富的经验。

矿冶科技集团有限公司从上世纪七十年代末期便投入大量科研力量从事特种粉体材料的研究开发及产业化应用，材料的类别包括金属、合金、陶瓷、有机物及以上复合物，广泛用于电子、化工、装备制造、医药、食品、航空航天等诸多行业领域，并在粉末材料研发领域承担了国家863计划、科技支撑计划、国际合作项目、重点研发计划等超过50项国家重大项目，对粉体材料的精细质量控制与测试方法有着深入的研究和积累，尤其对特种粉末材料的研究和检测能力在国内处于领先水平。

矿冶科技集团有限公司拥有一支素质高、人才结构合理的科技队伍和一批国内外知名的专家。全集团现有职工3246人，其中中国工程院院士3人，教授级高级工程师190人、高级工程师164人，工程师278人，其中博士59人、硕士376人。拥有国家级有突出贡献的中青年专家9人，享受政府特殊津贴的科技专家97人，国家“百千万人才工程”第一、二层次人选2人，国家“新世纪百千万人才工程”国家级人选7人。在特种粉末材料及检测方向具有有专业的技术人才队伍，长期从事相关科研、开发和生产任务，在粉末检测方法的研究及投入实施方面具有扎实的理论基础和丰富的实践经验；同时，集团在粉末材料分析检测方面已拥有粉末颗粒精密抗压强度试验机、扫描电子显微镜、透射电镜、各类化学成分分析仪器（ICP-AES、ICP-MS、GC、GC-MS、碳硫仪等）、X射线衍射仪、激光粒度仪（马尔文2000）、综合高温热分析仪、热膨胀系数分析仪、电子式万能试验机、高温蠕变试验机、高温摩擦磨损试验机、抗热冲蚀试验机、高温高速可磨耗试验机、表面洛氏硬度计、高温表面洛氏硬度计、显微维氏硬度计、布氏硬度计等专用分析测试仪器设备百余台（套），可充分针对粉末抗压强度进行检测，并针对不同材料和成品的化学成分、显微形貌、热学性能、力学性能进行全面分析，研究不同材料的粉末颗粒强度及其对产品性能影响，为该项目的顺利开展奠定了坚实的基础。

近年来矿冶集团主持制修订了多项粉末材料测试标准：《铝基氮化硼粉末中氮化硼含量的测定 电感耦合等离子体原子发射光谱法》、《无定形硼粉 总硼含量的测定》、《试验筛网孔尺寸与筛网目数对应关系》等等，参与了多项测试类标准的起草及验证工作，在相关标准的制修订方面，累积了丰富的经验。

**1.4 参编单位及主要起草人工作情况**

整个标准起草过程中各参编单位给予了大力的支持帮助。矿冶科技集团有限公司、北矿新材科技有限公司、北京当升材料科技股份有限公司、北京钢研高纳科技股份有限公司、宁波容百新能源科技股份有限公司、湖南长远锂科股份有限公司、西北有色金属研究院、成都美奢锐新材料有限公司、厦门厦钨新能源材料股份有限公司、江苏威拉里新材料科技有限公司、北京有研粉末新材料研究院有限公司、金弛能源材料有限公司、北京泰丰先行新能源科技有限公司、天津国安盟固利新材料科技股份有限公司、广东省科学院工业分析检测中心、中伟新材料股份有限公司、中南大学粉末冶金研究院、元能科技（厦门）有限公司、钢铁研究总院共20家单位参与了资料收集、提供产品或试验数据的验证工作。

标准主要起草人以及分工见下表。

标准主要起草人及分工

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 姓名 | 单位 | 分工 |
| 庞小肖 | 矿冶科技集团有限公司 | 负责验证数据收集、标准起草 |
| 原慷 | 矿冶科技集团有限公司 | 负责调研、验证、标准起草 |
| 刘海飞 | 矿冶科技集团有限公司 | 负责调研、验证、标准起草 |
| 彭浩然 | 北矿新材科技有限公司 | 负责调研、验证、标准起草 |
| 贾芳 | 北矿新材科技有限公司司 | 负责调研、验证、标准起草 |
| 陈彦彬 | 北京当升材料科技股份有限公司 | 参与标准起草，提供相关产品 |
| 王玉娇 | 北京当升材料科技股份有限公司 | 参与标准起草，提供相关产品，验证 |
| 罗志强 | 北京钢研高纳科技股份有限公司 | 负责调研、资料收集、标准起草 |
| 杨军博 | 宁波容百新能源科技股份有限公司 | 参与标准起草，提供相关产品 |
| 郭忻 | 湖南长远锂科股份有限公司 | 参与标准起草，提供相关产品，验证 |
| 朱健 | 湖南长远锂科股份有限公司 | 参与标准起草，提供相关产品，验证 |
| 谈萍 | 西北有色金属研究院 | 参与标准起草，提供相关验证 |
| 唐跃跃 | 江苏威拉里新材料科技有限公司 | 参与标准起草，提供相关产品 |
| 刘强 | 成都美奢锐新材料有限公司 | 参与标准起草，提供相关产品 |
| 魏丽英 | 厦门厦钨新能源材料股份有限公司 | 参与标准起草，提供相关产品 |
| 杨凡 | 厦门厦钨新能源材料股份有限公司 | 参与标准起草，提供相关产品 |
| 王蕊 | 北京有研粉末新材料研究院有限公司 | 参与标准起草，提供相关产品 |
| 刘玮 | 金弛能源材料有限公司 | 参与标准起草、意见收集 |
| 姜晓瑞 | 北京泰丰先行新能源科技有限公司 | 参与标准起草，提供相关产品 |
| 凌仕刚 | 天津国安盟固利新材料科技股份有限公司 | 参与标准起草，提供相关产品 |
| 伍超群 | 广东省科学院工业分析检测中心 | 参与标准起草，提供相关验证 |
| 田桂英 | 中伟新材料股份有限公司 | 参与标准起草，提供相关产品 |
| 曾洁 | 中南大学粉末冶金研究院 | 参与标准起草，提供相关产品 |
|  | 元能科技（厦门）有限公司 | 参与标准起草，提供相关产品 |
| 董莎莎 | 钢铁研究总院 | 参与标准起草，资料收集 |

1.5主要工作过程

1.5.1 起草阶段

矿冶科技集团有限公司接到《粉末抗压强度测试方法》起草编制工作任务后，成立了标准编制工作组，展开了标准讨论稿、编制说明、参与单位验证工作分配及实施工作计划等事项。本文件在起草过程中，工作组成员查阅了大量行业测试方法相关资料，结合工作组成员自身相关工作多方面的信息，于2022年3月形成了《粉末抗压强度测试方法》征求意见稿及编制说明。

**1.5.2 征求意见阶段**

2022年5月7日，全国有色金属标准化技术委员会组织召开线上工作会议，来自矿冶科技集团有限公司、北矿新材科技有限公司、北京当升材料科技股份有限公司、西北有色金属研究院、西北欧中材料科技有限公司、西安塞隆金属材料有限责任公司、钢铁研究总院、中南大学、北大泰丰先行新能源科技有限公司、深圳市注成科技股份有限公司、成都美奢锐新材料有限公司、宁波容百新能源科技股份有限公司、北京有研粉末新材料研究院有限公司、广东邦普循环科技有限公司、广东省科学院工业分析检测中心等十几家单位参与了此次会议。会议针对《粉末抗压强度测试方法》征求意见稿及编制说明展开了热烈讨论，并提出了宝贵的建议和修改意见。

2022年7月20日至2022年9月26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](http://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。

2022年9月，编制组单位对收集到的意见进行整理，共收到14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，形成标准预审稿。

**1.5.3 审查阶段**

2022年9月28日由全国有色金属标准化技术委员会在北京市组织《粉末抗压强度测试方法》项目预审会，会议采用线上线下相结合的方式开展，来自全国有色金属技术经济研究院、国标（北京）检验认证有限公司、深圳铸成科技有限公司、崇义章源钨业股份有限公司、湖南长远锂科股份有限公司、北矿检测技术有限公司、广东省工业分析检测中心有限公司等单位20余位专家对《粉末抗压强度测试方法》标准预审稿、编制说明进行了仔细、认真的讨论，并提出了宝贵的修改意见和建议。

2022年11月1-5日，全国有色金属标准化技术委员会在福建省厦门市组织召开全国有色标委会暨轻金属、重金属、稀有金属、粉末冶金、贵金属分标委会年会。在粉末冶金分标委会中，有色金属标准化技术委员会、西北有色金属研究院、西安欧中材料科技有限公司、北京当升材料科技股份有限公司、北京钢研高纳科技股份有限公司、宁波容百新能源科技股份有限公司、湖南长远锂科股份有限公司、西北有色金属研究院、江苏威拉里新材料科技有限公司、成都美奢锐新材料有限公司、厦门厦钨新能源材料股份有限公司、北京有研粉末新材料研究院有限公司等二十多家单位的三十多名专家参加了会议，会议对《粉末抗压强度测试方法》（送审稿）进行充分细致的审定并提出了修改意见，见《有色金属标准审定会会议纪要》。标准编制组采纳了修改意见和建议，对标准送审稿进行了修改完善，形成了本标准的报批稿。

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，形成标准报批稿送至有色金属标准化技术委员会（SAC/TC 243），现上报至XXXXX审批、发布。

委员投票情况：2022年XX月至2021年XX月，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27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、标准编制原则和主要内容的说明

2.1 标准编制原则

### 2.1.1 符合性

1）适用于微观形貌为球形、类球形或接近球形的不规则粉末，直径范围在5μm~50μm的陶瓷粉末、特种复合粉末、有机物粉末颗粒抗压强度的测试；适宜时，金属粉末、合金粉末颗粒的抗压强度的测试可参照本方法。

2）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》的规定起草。

### 2.1.2 先进性

本文件规定的内容遵循充分满足市场要求、指导生产的原则。通过标准的实施，提高粉末材料的生产技术水平，促进相关技术的进步，为国内相关产业提供技术指导，满足用户的需求，促进粉末材料行业的不断发展。

2.2 标准主要内容说明

### 2.2.1 标准主要内容的依据

粉末抗压强度的测试在国际上已有广泛应用，如日本Fujimi公司和美国Micromeritics等公司均对粉末抗压强度的测试方法有深入研究，但国外对粉末抗压强度的测试方法仅限于企业内部管理，无相关国际标准，仅有针对特定粒度陶瓷粉末颗粒强度的标准（日本JISR 1639-5）可供参考，该标准仅适用于单一陶瓷粉末品类，粒度范围在10μm ~200μm，不能适应金属粉末、金属陶瓷粉末、复合粉末、有机类粉末的应用需求和技术要求。

近年来，国内粉末生产企业广泛粉末抗压强度对产品性能的影响，并且在长期从事粉末材料的研究及性能检测评价方面积累了丰富经验。但并未对测试方法指定相应的国家标准及行业标准，未形成统一的测试标准。

本文在结合日本工业标准JIS R 1639-5 《精细陶瓷颗粒特性的试验方法》中对陶瓷粉末测试方法的基础上并结合多年来金属粉末、金属陶瓷粉末、复合粉末及有机类粉末的生产研究及检测评价经验，制定了《粉末抗压强度测试方法》标准。

### 2.2.2 标准主要内容的说明

本文件正文部分共分为12章，其中第1、2、12章为规范性一般要素，包括范围、规范性引用文件、参考文献，第3、4、5、6、7、8、9章为规范性技术要素。

第1章范围：本文件规定了粉末抗压强度的定义、测试方法及测试设备的要求，适用于在颗粒直径5μm~50μm的陶瓷粉末、特种复合粉末、有机物粉末颗粒抗压强度的测试；适宜时，金属粉末、合金粉末颗粒的抗压强度的测试可参照本方法。

第2、3章分别为规范性引用文件、术语和定义；本文件采用《GB/T 8170 数值修约规则与极限数值的表示和判定》来进行数值的修约，采用《GB/T 19077 粒度分析 激光衍射法》来测粉末的激光粒度，并对本文件中涉及到的术语和定义进行说明，包括压溃力、粉末抗压强度及粒径。

第4章 符号，规定了本文件所使用的符号及其含义。

第5章 方法原理，规定了本文件第9章 试验步骤 章节需要用到的试验方法原理，更便于理解第9章 试验步骤 章节的内容。

第6章 测试条件，规定了第9章 实验步骤 章节中对实验步骤及设备提出的环境要求。

第7章 仪器设备，规定了本文件第7章 试验步骤 章节需要用到的各种仪器设备清单，所述仪器设备按照其在本文件中出现的先后顺序列出，便于前后对照。本章中只规定和列出了潜在影响实际试验效果的关键必备设备及其具体参数的要求，对于试验台、口罩、手套等与试验开展相关且必须的共性或公知要求，不在本章中列出。

第8章 试样，规定了本文件中对试验样品的要求。

第9章 试验步骤，规定了本文件中试验的步骤及测试要求，是本文件中核心章节，本章节按照时间顺序和操作流程的方式进行编排，重点关注试验步骤的科学性、规范性、可操作性，对于可能引起重大分歧不宜给出特别具体的参数要求的步骤条款，本章节以给出范围和规定过程要求的方式进行处理。

第10章 试验结果计算及数据处理，给出了抗压强度平均值的计算方法及测试结果应保留的有效数字，需要用到第9章 试验步骤章节试验过程中涉及到计算方法。

第11章 试验报告，规定了报告所包含的必备要求内容，包括样品名称、批次、检测结果、检测日期、试验人员、本文件没有规定的各种操作、可能影响检测结果的情况及本文件的编号。

第12章 参考文献，列出了本文件的参考文献。

2.3 主要试验验证情况

针对本文件测试方法验证工作，编制组共统计了6家生产提供产品，如下表所示：

表1 各单位提供粉末样品情况

|  |  |
| --- | --- |
| 生产单位 | 产品型号 |
| 新材公司 | 氧化钇稳定氧化锆粉末 |
| 钇钆镱掺杂氧化锆粉末 |
| 矿冶集团 | 钛白粉 |
| 锆酸钆 |
| 膨润土 |
| 江苏威拉里 | GH4169 |
| AlSi10Mg |
| 成都美奢锐 | 铁粉 |
| 钨粉 |
| 西北院 | 钛铝合金粉 |
| 不锈钢粉 |
| 厦门厦钨 | Co3O4 |

其中：氧化钇稳定氧化锆粉末（样品1）、镱钆钇掺杂氧化锆粉末（样品2）及锆酸钆（样品4）属于陶瓷粉末；钛白粉（样品3）、Co3O4（样品12）属于金属氧化物；GH4169（样品6）、AlSi10Mg（样品7）、钛铝合金粉（样品10）及不锈钢粉（样品11）属于合金粉；铁粉（样品8）和钨粉（样品9）属于金属粉末；膨润土（样品5）属于非金属复合物材料。

分别对上述样品进行性能验证，验证单位有：矿冶科技集团（单位1）、北矿新材科技有限公司（单位2）、当升科技集团有限公司（单位3）、宁波容百新能源科技股份有限公司（单位4）、湖南长远锂科股份有限公司（单位5）。具体验证性能如下：

表2 氧化钇稳定氧化锆（样品1）抗压强度测试结果

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 测试单位 | 直径  （μm） | 力值  （mN） | 位移  （μm） | 抗压强度  （MPa） | 平均值  （MPa） | 修约值  （MPa） |
| 单位1 | 32.870 | 296.72 | 1.6037 | 216.798 | 235.1806 | 235 |
| 27.390 | 245.69 | 2.7260 | 258.522 |
| 29.245 | 233.78 | 1.7057 | 215.778 |
| 28.580 | 253.27 | 1.9617 | 244.774 |
| 28.800 | 252.20 | 1.3217 | 240.031 |
| 单位2 | 33.985 | 296.55 | 1.2850 | 202.337 | 236.5268 | 237 |
| 37.980 | 417.43 | 4.9508 | 228.441 |
| 24.135 | 200.51 | 1.1429 | 271.729 |
| 32.575 | 312.16 | 1.9468 | 232.228 |
| 39.015 | 477.00 | 2.4000 | 247.899 |
| 单位3 | 28.1 | 290.78 | 1.7417 | 290.705 | 248.6851 | 249 |
| 31.08 | 315.25 | 1.6367 | 257.631 |
| 29.29 | 248.62 | 1.0104 | 228.77 |
| 29.87 | 283.12 | 3.8616 | 250.496 |
| 29.07 | 231.04 | 8.6361 | 215.823 |
| 单位4 | 23.505 | 180.810 | 1.41 | 258.346 | 237.2172 | 237 |
| 27.225 | 250.730 | 1.34 | 267.039 |
| 27.345 | 197.770 | 1.22 | 208.784 |
| 27.970 | 220.460 | 1.33 | 222.459 |
| 27.990 | 210.730 | 1.33 | 229.458 |
| 单位5 | 25.77 | 167.315 | 1.1623 | 198.888 | 226.3129 | 226 |
| 29.07 | 217.673 | 1.2368 | 203.337 |
| 21.675 | 121.540 | 1.5608 | 204.224 |
| 22.19 | 126.900 | 1.2824 | 203.446 |
| 25.185 | 190.24942 | 1.6527 | 236.777 |  |
| 25.815 | 210.149902 | 2.4244 | 248.935 |
| 22.93 | 180.549 | 1.5153 | 271.076 |
| 18.255 | 102.927 | 0.8497 | 243.820 |

表2为5家测试单位对样品1进行的性能检测，单位1~4提供五个粉末颗粒抗压强度数据，单位5提供8个粉末颗粒抗压强度数据。并对5家单位测得数据进行标准偏差分析。

表3 5家单位对样品1的标准偏差分析

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 编号 | 单位1 | 单位2 | 单位3 | 单位4 | 单位5 |
| 1 | 216.798 | 202.337 | 290.705 | 258.346 | 198.888 |
| 2 | 258.522 | 228.441 | 257.631 | 267.039 | 203.337 |
| 3 | 215.778 | 271.729 | 228.77 | 208.784 | 204.224 |
| 4 | 244.774 | 232.228 | 250.496 | 222.459 | 203.446 |
| 5 | 240.031 | 247.899 | 215.823 | 229.458 | 236.777 |
| 6 | -- | -- | -- | -- | 248.935 |
| 7 | -- | -- | -- | -- | 271.076 |
| 8 | -- | -- | -- | -- | 243.82 |
| 均值 | 235.1806 | 236.5268 | 248.6851 | 237.2172 | 226.3129 |
| 标准偏差 | 18.53889 | 25.59943 | 28.83362 | 24.60804 | 28.49572 |
| 相对标准偏差 RSD | 7.882831 | 10.82306 | 11.59443 | 10.37363 | 12.5913 |
| 最小值 | 215.778 | 202.337 | 215.823 | 208.784 | 198.888 |
| 最大值 | 258.522 | 271.729 | 290.705 | 267.039 | 271.076 |
| G1 | 1.046589 | 1.335569 | 1.139716 | 1.155444 | 0.962421 |
| Gn | 1.259051 | 1.375116 | 1.457322 | 1.211872 | 1.570872 |

通过表3可得到，5家单位对样品1测试结果的标准偏差依次为18.53889、25.59943、28.8336、24.0804、28.49572，用于后续对其进行柯克伦检验。

表4 镱钆钇改性氧化锆（样品2）抗压强度测试结果

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 测试单位 | 直径  （μm） | 力值  （mN） | 位移  （μm） | 抗压强度  （MPa） | 平均值  （MPa） | 修约值  （MPa） |
| 单位1 | 40.130 | 233.49 | 3.6059 | 114.456 | 133.888 | 134 |
| 42.940 | 314.01 | 8.4719 | 134.437 |
| 31.910 | 194.95 | 1.8724 | 151.134 |
| 36.130 | 246.82 | 2.2026 | 149.260 |
| 44.640 | 303.30 | 9.0298 | 120.153 |
| 单位2 | 41.905 | 259.19 | 8.1999 | 116.516 | 120.1728 | 120 |
| 44.200 | 298.14 | 2.5845 | 120.468 |
| 43.975 | 308.79 | 6.3687 | 126.052 |
| 37.460 | 210.04 | 1.7832 | 118.159 |
| 52.195 | 412.99 | 2.0336 | 119.669 |
| 单位3 | 39.575 | 159.56 | 1.8178 | 80.42369 | 94.3894 | 94 |
| 40.59 | 182.98 | 3.063 | 87.6733 |
| 39.355 | 190.95 | 2.6394 | 97.32438 |
| 37.41 | 187.41 | 1.655 | 105.6825 |
| 41.87 | 223.95 | 1.9359 | 100.8433 |
| 单位4 | 36.280 | 172.09 | 2.590 | 103.213 | 104.2440 | 104 |
| 33.975 | 152.66 | 2.167 | 104.402 |
| 37.395 | 185.59 | 2.988 | 104.765 |
| 31.300 | 116.8 | 2.297 | 94.114 |
| 38.500 | 215.42 | 4.316 | 114.726 |
| 单位5 | 27.68 | 115.4609 | 1.3631 | 118.961 |  | 95 |
| 25.9 | 62.23626 | 6.8008 | 73.24 |  |
| 33.395 | 105.2602 | 3.3416 | 74.508 |  |
| 39.555 | 214.9121 | 3.1012 | 108.433 | 95.0572 |
| 34.21 | 162.8499 | 8.18 | 109.846 |  |
| 27.385 | 91.72154 | 7.1188 | 96.549 |  |
| 39.48 | 165.5873 | 6.9038 | 83.864 |  |

表4为5家测试验证单位对样品2进行的性能检测，单位1~4提供五个粉末颗粒抗压强度数据，单位5提供7个粉末颗粒抗压强度数据。并对5家单位测得样品2数据进行标准偏差分析。

表5 5家单位对样品2的标准偏差分析

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 编号 | 单位1 | 单位2 | 单位3 | 单位4 | 单位5 |
| 1 | 114.456 | 116.516 | 80.424 | 103.213 | 118.961 |
| 2 | 134.437 | 120.468 | 83.506 | 104.402 | 73.24 |
| 3 | 151.134 | 126.052 | 97.326 | 104.765 | 74.508 |
| 4 | 149.26 | 118.159 | 105.682 | 94.114 | 108.433 |
| 5 | 120.153 | 119.669 | 87.808 | 114.726 | 109.846 |
| 6 | -- | -- | -- | -- | 96.549 |
| 7 | -- | -- | -- | -- | 83.864 |
| 均值 | 133.888 | 120.1728 | 90.9492 | 104.244 | 95.05729 |
| 标准偏差 | 16.58521 | 3.617096 | 10.41354 | 7.311781 | 18.2336 |
| 相对标准偏差 RSD | 12.38738 | 3.009912 | 11.44984 | 7.014103 | 19.1817 |
| 最小值 | 114.456 | 116.516 | 80.424 | 94.114 | 73.24 |
| 最大值 | 151.134 | 126.052 | 105.682 | 114.726 | 118.961 |
| G1 | 1.171646 | 1.010977 | 1.010723 | 1.385435 | 1.196543 |
| Gn | 1.039842 | 1.625392 | 1.414774 | 1.433577 | 1.310971 |

通过表5可得到，5家单位对样品2测试结果的标准偏差依次为16.58521、3.617096、10.41354、7.311781、18.2336，用于后续对其进行柯克伦检验。

表6 钛白粉（样品3）抗压强度测试结果

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 测试单位 | 直径  （μm） | 力值  （mN） | 位移  （μm） | 抗压强度  （MPa） | 平均值  （MPa） | 修约值  （MPa） |
| 单位1 | 26.605 | 3.59 | 1.9882 | 4.003 | 3.0767 | 3 |
| 30.17 | 4.01 | 1.017 | 3.477 |
| 30.685 | 3.88 | 0.7689 | 3.252 |
| 35.545 | 3.13 | 0.5181 | 1.955 |
| 32.165 | 3.53 | 0.9096 | 2.693 |
| 单位2 | 25.245 | 2.32 | 0.2165 | 2.873 | 2.8289 | 3 |
| 35.275 | 3.06 | 1.8334 | 1.941 |
| 35.755 | 3.63 | 3.5818 | 2.241 |
| 28.205 | 3.83 | 2.5496 | 3.801 |
| 31.755 | 4.2 | 2.9732 | 3.287 |
| 单位3 | 34.955 | 5.12 | 2.7709 | 3.305 | 2.8463 | 3 |
| 31.975 | 3.19 | 3.6776 | 2.462 |
| 39.43 | 3.94 | 4.5376 | 1.999 |
| 27.425 | 4.48 | 4.6867 | 4.701 |
| 41.74 | 3.88 | 3.8594 | 1.758 |
| 单位4 | 25.170 | 2.950 | 2.8003 | 3.673 | 2.7889 | 3 |
| 25.780 | 1.990 | 1.7298 | 2.368 |
| 30.280 | 3.590 | 12.4308 | 3.092 |
| 25.735 | 2.260 | 1.2111 | 2.691 |
| 25.085 | 1.690 | 1.6955 | 2.119 |
| 单位5 | 26.715 | 1.909377 | 1.6533 | 2.111948 | 2.8097 | 3 |
| 31.315 | 5.032289 | 1.8318 | 4.051003 |
| 24.49 | 1.643186 | 1.2285 | 2.162773 |
| 19.15 | 1.453314 | 1.2172 | 3.12841 |
| 37.55 | 4.633667 | 2.1962 | 2.59422 |

表6为5家测试验证单位对样品3进行的性能检测，各提供五个粉末颗粒抗压强度数据。并对5家单位测得样品3数据进行标准偏差分析。

表7 5家单位对样品3的标准偏差分析

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 编号 | 单位1 | 单位2 | 单位3 | 单位4 | 单位5 |
| 1 | 4.003776 | 2.873684 | 3.307906 | 3.675847 | 2.59422 |
| 2 | 3.477728 | 1.941285 | 2.46304 | 2.363682 | 2.111948 |
| 3 | 3.252979 | 2.24148 | 2.000527 | 3.090897 | 4.051003 |
| 4 | 1.955641 | 3.800567 | 4.702043 | 2.693779 | 2.162773 |
| 5 | 2.693453 | 3.287963 | 1.75804 | 2.120119 | 3.12841 |
| 均值 | 3.076715 | 2.828996 | 2.846311 | 2.788865 | 2.809671 |
| 标准偏差 | 0.783425 | 0.756605 | 1.194089 | 0.615427 | 0.805328 |
| 相对标准偏差 RSD | 25.46303 | 26.74465 | 41.95215 | 22.0673 | 28.66272 |
| 最小值 | 1.955641 | 1.941285 | 1.75804 | 2.120119 | 2.111948 |
| 最大值 | 4.003776 | 3.800567 | 4.702043 | 3.675847 | 4.051003 |
| G1 | 1.430991 | 1.173282 | 0.911382 | 1.086636 | 0.866384 |
| Gn | 1.183343 | 1.28412 | 1.554099 | 1.441246 | 1.541399 |

通过表7可得到，5家单位对样品3测试结果的标准偏差依次为0.783425、0.756605、1.194089、0.615427、0.805328，用于下一步对该样品进行柯克伦检验。

表8 5家单位对样品1-3的科克伦检验分析

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 验证单位 | 样品1 | 样品2 | 样品3 |
| 单位1 | 18.5389 | 16.5852 | 0.7834 |
| 单位2 | 25.5994 | 3.6171 | 0.7566 |
| 单位3 | 28.8336 | 10.4135 | 1.1941 |
| 单位4 | 24.6080 | 7.3118 | 0.6154 |
| 单位5 | 28.4957 | 18.2336 | 0.8053 |
| Smax | 28.8336 | 18.2336 | 1.1941 |
| Smax平方 | 831.377914 | 332.464219 | 1.425848 |
| 偏差平方综合 | 3247.961123 | 782.5208291 | 3.6393576 |
| C值 | 0.256 | 0.425 | 0.392 |
| 歧离值（Y/N），与5%临界值比较，大于为Y，小于为N | N | N | Y |
| 离群值（Y/N），与1%临界值比较 | N | N | N |
|  | n=5 p=5，科克伦检验5%临界值为:0.5441，1%临界值为0.6329。 | n=5 p=5，科克伦检验5%临界值为:0.5441，1%临界值为0.6329。 | n=5 p=5，科克伦检验5%临界值为:5441，1%临界值为0.6329。 |

通过表8可知，样品1-3的C值一次为0.256、0.425、0.392，均小于1%临界值0.6329，符合柯克伦检验要求。

表9锆酸钆（样品4）抗压强度测试结果

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 测试单位 | 直径  （μm） | 力值  （mN） | 位移  （μm） | 抗压强度  （MPa） | 平均值  （MPa） | 修约值  （MPa） |
| 单位1 | 47.010 | 61.61 | 4.0339 | 22.382 | 23.023 | 23 |
| 35.390 | 36.69 | 5.4793 | 23.123 |
| 36.575 | 35.73 | 6.0604 | 21.088 |
| 52.195 | 65.10 | 4.1432 | 18.863 |
| 47.905 | 86.22 | 4.7980 | 29.659 |
| 单位2 | 42.645 | 62.36 | 3.7281 | 27.070 | 26.1194 | 26 |
| 53.970 | 86.06 | 4.5836 | 23.325 |
| 49.750 | 63.69 | 4.6777 | 20.401 |
| 39.980 | 71.97 | 4.3314 | 35.512 |
| 38.570 | 45.77 | 4.5836 | 24.289 |
| 单位3 | 37.115 | 34.7 | 6.431 | 19.885 | 21.7434 | 22 |
| 32.645 | 27.01 | 4.7788 | 20.007 |
| 31.005 | 32.88 | 2.8801 | 27.00 |
| 32.42 | 26.94 | 4.0611 | 20.234 |
| 34.36 | 32.29 | 3.1989 | 21.591 |
| 单位5 | 42.23 | 47.55267 | 3.9333 | 21.049 | 21.7886 | 22 |
| 38.665 | 39.89907 | 3.0825 | 21.068 |
| 36.585 | 38.62539 | 5.4448 | 22.781 |
| 41.185 | 48.44615 | 5.1532 | 22.547 |
| 32.285 | 30.4948 | 5.2461 | 23.095 |
| 40.74 | 42.45276 | 3.2423 | 20.191 |

表9为4家测试验证单位（单位1-3和单位5）对样品4进行的性能检测单位1-单位3各提供五个粉末颗粒抗压强度数据，单位5提供六个粉末颗粒抗压强度数据。并对4家单位测得样品4数据进行标准偏差分析，见下表。

表10 4家单位对样品4的标准偏差分析

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 编号 | 单位1 | 单位2 | 单位3 | 单位5 |
| 1 | 22.382 | 27.07 | 19.885 | 21.049 |
| 2 | 23.123 | 23.325 | 20.007 | 21.068 |
| 3 | 21.088 | 20.401 | 27.00 | 22.781 |
| 4 | 18.863 | 35.512 | 20.234 | 22.547 |
| 5 | 29.659 | 24.289 | 21.591 | 23.095 |
| 6 | -- | -- | -- | 20.191 |
| 均值 | 23.023 | 26.1194 | 21.7434 | 21.7886 |
| 标准偏差 | 4.046826 | 5.765928 | 3.016814 | 1.173352 |
| 相对标准偏差 RSD | 17.57732 | 22.07527 | 13.87457 | 5.38516 |
| 最小值 | 18.863 | 20.401 | 19.88531 | 20.19137 |
| 最大值 | 29.659 | 35.512 | 27.0004 | 23.09543 |
| G1 | 1.027966 | 0.991757 | 0.615936 | 1.361268 |
| Gn | 1.639804 | 1.628983 | 1.742541 | 1.113745 |

通过表10可得到，4家单位对样品4测试结果的标准偏差依次为4.046826、5.765928、3.016814、1.173352，用于下一步对该样品进行柯克伦检验。

表11 4家单位对样品4的科克伦检验分析

|  |  |
| --- | --- |
| 测试单位 | 样品4 |
| 单位1 | 4.0468 |
| 单位2 | 5.7659 |
| 单位3 | 3.0168 |
| 单位5 | 1.1733 |
| Smax | 5.7659 |
| Smax平方 | 33.2459273 |
| 偏差平方综合 | 60.10064726 |
| C值 | 0.553170869 |
| 歧离值（Y/N），与5%临界值比较，大于为Y，小于为N | N |
| 离群值（Y/N），与1%临界值比较 | N |
|  | n=4 p=5，科克伦检验5%临界值为:0.5981，1%临界值为0.6957。 |

通过表11可知，样品4的C值一次为0.553170869，小于1%临界值0.6957，符合柯克伦检验要求。

表12 膨润土（样品5）抗压强度测试结果

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 测试单位 | 直径  （μm） | 力值  （mN） | 位移  （μm） | 抗压强度  （MPa） | 平均值  （MPa） | 修约值  （MPa） |
| 单位1 | 60.340 | 377.70 | 4.7140 | 81.890 | 79.8666 | 80 |
| 56.565 | 281.56 | 9.6848 | 59.466 |
| 47.310 | 218.12 | 15.5534 | 79.930 |
| 55.900 | 315.61 | 6.0195 | 79.732 |
| 32.280 | 163.93 | 3.7971 | 98.315 |
| 单位2 | 48.565 | 304.26 | 4.9582 | 101.837 | 96.5662 | 97 |
| 55.160 | 334.51 | 3.6971 | 86.788 |
| 60.335 | 407.38 | 3.7088 | 87.020 |
| 49.675 | 276.26 | 2.2268 | 88.378 |
| 52.710 | 326.64 | 2.9165 | 98.808 |

表12为2家测试验证单位（单位1和单位2）对样品5进行的性能检测，两家测试单位各提供五个粉末颗粒抗压强度数据。并对2家单位测得样品5数据进行标准偏差分析，见下表。

表13 2家单位对样品5的标准偏差分析

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 编号 | 单位1 | 单位2 |
| 1 | 81.89 | 101.837 |
| 2 | 59.466 | 86.788 |
| 3 | 79.93 | 87.02 |
| 4 | 79.732 | 88.378 |
| 5 | 98.315 | 98.808 |
| 均值 | 79.8666 | 92.5662 |
| 标准偏差 | 13.78989 | 7.186737 |
| 相对标准偏差 RSD | 17.26615 | 7.763889 |
| 最小值 | 59.466 | 86.788 |
| 最大值 | 98.315 | 101.837 |
| G1 | 1.479388 | 0.804009 |
| Gn | 1.337821 | 1.289987 |

通过表13可得到，2家单位对样品5测试结果的标准偏差依次为13.78989、7.186737，用于下一步对该样品进行柯克伦检验。

表14 2家单位对样品5的科克伦检验分析

|  |  |
| --- | --- |
| 测试单位 | 样品5 |
| 单位1 | 13.78989 |
| 单位2 | 7.186737 |
| Smax | 13.78989 |
| Smax平方 | 190.1611 |
| 偏差平方综合 | 241.8102 |
| C值 | 0.786406 |
| 歧离值（Y/N），与5%临界值比较，大于为Y，小于为N | N |
| 离群值（Y/N），与1%临界值比较 | N |
|  | n=2 p=5，科克伦检验5%临界值为:0.8412，1%临界值为0.9279。 |

通过表14可知，样品5的C值一次为0.786406，小于1%临界值0.9279，符合柯克伦检验要求。

表15 GH4169（样品6）抗压强度测试结果

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 测试单位 | 直径  （μm） | 力值  （mN） | 位移  （μm） | 抗压强度  （MPa） | 平均值  （MPa） | 修约值  （MPa） |
| 单位1 | 48.125 | 501.63 | 2.9687 | ------- | ------- | ------- |
| 44.195 | 500.56 | 2.2479 | ------- |
| 48.195 | 500.70 | 3.0821 | ------- |
| 45.530 | 500.73 | 2.4975 | ------- |
| 63.005 | 501.42 | 3.4443 | ------- |
| 单位2 | 60.855 | 501.64 | 2.7779 | ------- | ------- | ------- |
| 59.305 | 501.34 | 0.4253 | ------- |
| 41.980 | 501.21 | 2.0315 | ------- |
| 45.270 | 500.87 | 3.2191 | ------- |
| 52.113 | 500.56 | 0.8732 | ------- |

注：单位一及单位二设备最大力值为500毫牛，样品6超过设备测量范围。无具体测量数值，无需进行数据分析。

表16 AlSi10Mg（样品7）抗压强度测试结果

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 测试单位 | 直径  （μm） | 力值  （mN） | 位移  （μm） | 抗压强度  （MPa） | 平均值  （MPa） | 修约值  （MPa） |
| 单位1 | 29.910 | 130.67 | 3.0080 | 115.300 | 122.4044 | 122 |
| 36.200 | 167.73 | 3.6299 | 100.862 |
| 52.490 | 380.98 | 5.2543 | 109.156 |
| 42.200 | 272.74 | 2.6473 | 120.900 |
| 48.270 | 489.38 | 4.8290 | 165.804 |
| 单位2 | 28.650 | 102.70 | 2.8768 | 98.773 | 129.3926 | 129 |
| 28.825 | 187.35 | 2.8451 | 184.859 |
| 40.125 | 218.57 | 4.0290 | 107.106 |
| 44.637 | 303.45 | 4.2143 | 121.436 |
| 42.941 | 314.78 | 2.8734 | 134.789 |
| 单位5 | 32.355 | 198.928 | 23.0927 | 150.009 | 132.9961 | 133 |
| 41.705 | 240.451 | 5.8632 | 109.132 |
| 20.26 | 78.233 | 3.3175 | 150.457 |
| 27.755 | 123.879 | 3.9569 | 126.945 |
| 19.89 | 73.289 | 3.2307 | 146.241 |
| 24.785 | 96.687 | 3.4802 | 124.249 |
| 27.68 | 120.293 | 3.4172 | 123.94 |

表16为3家测试验证单位（单位1、单位2和单位5）对样品7进行的性能检测，前两家家测试单位各提供五个粉末颗粒抗压强度数据，单位五提供七个粉末颗粒抗压强度数据。并对3家单位测得样品数据进行标准偏差分析，见下表。

表17 3家单位对样品7的标准偏差分析

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 编号 | 单位1 | 单位2 | 单位5 |
| 1 | 115.3 | 98.773 | 150.009 |
| 2 | 100.862 | 184.859 | 109.132 |
| 3 | 109.156 | 107.106 | 150.457 |
| 4 | 120.9 | 121.436 | 126.945 |
| 5 | 165.804 | 134.789 | 146.241 |
| 6 | -- | -- | 124.249 |
| 7 | -- | -- | 123.94 |
| 均值 | 122.4044 | 129.3926 | 132.9961 |
| 标准偏差 | 25.37645 | 33.92345 | 15.99159 |
| 相对标准偏差 RSD | 20.73165 | 26.21746 | 12.0241 |
| 最小值 | 100.862 | 98.773 | 109.132 |
| 最大值 | 165.804 | 184.859 | 150.457 |
| G1 | 0.848913 | 0.902609 | 1.492294 |
| Gn | 1.710232 | 1.635046 | 1.091878 |

通过表17可得到，3家单位对样品7测试结果的标准偏差依次为25.37645、33.92345、15.99159，用于下一步对该样品进行柯克伦检验。

表18 3家单位对样品7的科克伦检验分析

|  |  |
| --- | --- |
| 实验室 | 样品7 |
| 单位1 | 25.37644626 |
| 单位2 | 33.92345276 |
| 单位5 | 15.9915861 |
| Smax | 33.92345276 |
| Smax平方 | 1150.800647 |
| 偏差平方综合 | 2050.495498 |
| C值 | 0.561230516 |
| 歧离值（Y/N），与5%临界值比较，大于为Y，小于为N | N |
| 离群值（Y/N），与1%临界值比较 | N |
|  | n=3 p=5，科克伦检验5%临界值为:0.6838，1%临界值为0.7885。 |

通过表18可知，样品7的C值一次为0.561230516，小于1%临界值0.7885，符合柯克伦检验要求。

表19 铁粉（样品8）抗压强度测试结果

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 测试单位 | 直径  （μm） | 力值  （mN） | 位移  （μm） | 抗压强度  （MPa） | 平均值  （MPa） | 修约值  （MPa） |
| 单位1 | 49.975 | 500.72 | 2.8151 | ------- | ------- | ------- |
| 58.120 | 501.20 | 0.7219 | ------- |
| 35.540 | 500.97 | 3.3567 | ------- |
| 48.779 | 501.34 | 2.9421 | ------- |
| 42.685 | 500.63 | 2.2103 | ------- |
| 单位2 | 38.796 | 501.59 | 0.7865 | ------- | ------- | ------- |
| 43.905 | 500.97 | 1.5465 | ------- |
| 54.265 | 501.61 | 3.3558 | ------- |
| 44.731 | 500.67 | 2.5976 | ------- |
| 48.356 | 500.49 | 2.2215 | ------- |

注：单位一及单位二设备最大力值为500毫牛，样品8超过设备测量范围。无具体测量数值，无需进行数据分析。

表20 钨粉（样品9）抗压强度测试结果

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 测试单位 | 直径  （μm） | 力值  （mN） | 位移  （μm） | 抗压强度  （MPa） | 平均值  （MPa） | 修约值  （MPa） |
| 单位1 | 28.355 | 334.52 | 6.8900 | 328.446 | 353.4674 | 353.47 |
| 23.545 | 303.37 | 4.5419 | 431.987 |
| 14.065 | 85.67 | 1.4165 | 341.864 |
| 23.921 | 184.51 | 17.7477 | 254.782 |
| 30.355 | 478.90 | 18.2344 | 410.258 |
| 单位2 | 14.140 | 82.36 | 1.4257 | 325.168 | ------- | ------- |
| 27.985 | 293.89 | 2.8100 | 296.236 |
| 29.025 | 442.38 | 2.9096 | 414.528 |
| 30.205 | 390.85 | 3.0404 | 338.186 |
| 35.485 | 501.04 | 0.4287 | ------ |

注：单位一及单位二设备最大力值为500毫牛，样品9部分测量值超过设备测量范围。无具体测量数值，无需进行数据分析。

表21钛铝合金粉（样品10）抗压强度测试结果

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 测试单位 | 直径  （μm） | 力值  （mN） | 位移  （μm） | 抗压强度  （MPa） | 平均值  （MPa） | 修约值  （MPa） |
| 单位1 | 29.025 | 346.11 | 3.5278 | 324.319 | ------- | ------- |
| 28.725 | 500.23 | 1.5949 | ------- |
| 30.280 | 345.22 | 3.0292 | 297.224 |
| 34.425 | 500.40 | 1.8100 | ------- |
| 38.420 | 500.19 | 2.3664 | ------- |
| 单位2 | 29.540 | 500.12 | 1.6417 | ------- | ------- | ------- |
| 32.205 | 500.59 | 1.6711 | ------- |
| 31.390 | 114.95 | 7.7387 | 92.094 |
| 27.320 | 501.50 | 1.8650 | ------- |
| 35.980 | 501.28 | 2.5491 | ------- |

注：单位一及单位二设备最大力值为500毫牛，样品10部分测量值超过设备测量范围。无具体测量数值，无需进行数据分析。

表22 不锈钢粉（样品11）抗压强度测试结果

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 测试单位 | 直径  （μm） | 力值  （mN） | 位移  （μm） | 抗压强度  （MPa） | 平均值  （MPa） | 修约值  （MPa） |
| 单位1 | 22.505 | 175.60 | 2.2677 | 273.702 | 423.9542 | 423.95 |
| 22.505 | 179.84 | 2.2601 | 280.299 |
| 21.175 | 476.94 | 3.5635 | 839.678 |
| 21.175 | 229.26 | 3.6157 | 403.632 |
| 21.175 | 183.16 | 2.1274 | 322.460 |
| 单位2 | 36.130 | 400.94 | 3.6217 | 242.263 | ------- | ------- |
| 43.535 | 455.73 | 4.3696 | 189.817 |
| 26.875 | 438.71 | 2.6963 | 479.496 |
| 35.165 | 501.55 | 0.8525 | ------- |
| 24.730 | 500.46 | 1.0473 | ------- |

注：单位一及单位二设备最大力值为500毫牛，样品11部分测量值超过设备测量范围。无具体测量数值，无需进行数据分析。

表22 Co3O4（样品12）抗压强度测试结果

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 测试单位 | 直径  （μm） | 力值  （mN） | 位移  （μm） | 抗压强度  （MPa） | 平均值  （MPa） | 修约值  （MPa） |
| 单位3 | 10.88 | 14.73 | 0.8265 | 98.227 | 92.4836 | 92 |
| 11.85 | 16.27 | 0.4301 | 91.447 |
| 11.63 | 16.99 | 0.9712 | 99.187 |
| 11.775 | 13.99 | 0.4881 | 79.655 |
| 11.48 | 15.68 | 0.8228 | 93.902 |
| 单位5 | 10.985 | 17.082 | 0.573 | 111.749 | 86.5994 | 87 |
| 13.36 | 12.892 | 2.6249 | 57.018 |
| 11.505 | 18.693 | 4.2092 | 111.483 |
| 10.76 | 13.342 | 2.7481 | 90.971 |
| 11.06 | 9.573 | 3.4158 | 61.776 |

表22为2家测试验证单位（单位3和单位5）对样品12进行的性能检测，两家测试单位各提供五个粉末颗粒抗压强度数据。并对2家单位测得样品数据进行标准偏差分析，见下表。

表23 2家单位对样品12的标准偏差分析

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 编号 | 单位3 | 单位5 |
| 1 | 98.227 | 111.749 |
| 2 | 91.447 | 57.018 |
| 3 | 99.187 | 111.483 |
| 4 | 79.655 | 90.971 |
| 5 | 93.902 | 61.776 |
| 均值 | 92.4836 | 86.5994 |
| 标准偏差 | 7.835522 | 26.27768649 |
| 相对标准偏差 RSD | 8.472336 | 30.34395907 |
| 最小值 | 79.655 | 57.018 |
| 最大值 | 99.187 | 111.749 |
| G1 | 1.637236 | 1.12572315 |
| Gn | 0.855514 | 0.957070555 |

通过表23可得到，2家单位对样品12测试结果的标准偏差依次为7.835522、26.27768649，用于下一步对该样品进行柯克伦检验。

表24 2家单位对样品12的科克伦检验分析

|  |  |
| --- | --- |
| 实验室 | 样品12 |
| 单位3 | 7.835522 |
| 单位5 | 26.27769 |
| Smax | 26.27769 |
| Smax平方 | 690.5168 |
| 偏差平方综合 | 751.9122 |
| C值 | 0.918348 |
| 歧离值（Y/N），与5%临界值比较，大于为Y，小于为N | N |
| 离群值（Y/N），与1%临界值比较 | N |
|  | n=2 p=5，科克伦检验5%临界值为:0.8412，1%临界值为0.9279。 |

通过表24可知，样品7的C值一次为0.918348，小于1%临界值0.9279，符合柯克伦检验要求。

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

本标准为我国首次制定，适合我国国情，标准简练、操作性强。

3.2 国际、国外同类标准水平的对比分析

本文件达到了国内先进水平。

3.3 与现有标准及制定中标准协调配套的情况

本标准与现有标准及制定中的标准无重复交叉情况。

四、与有关的现行法律、法规和强制性国家标准的关系

与有关的现行法律、法规和强制性国家标准没有冲突。

五、重大分歧意见的处理经过和依据

无重大分歧。

六、标准作为强制性标准或推荐性标准的建议

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

无。

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

本标准充分考虑了我国在金属、合金、陶瓷、有机物及其复合物粉末颗粒领域的实际生产和使用需求，本标准的编制有利于提高粉末材料的生产技术水平，促进相关技术的进步。因此，本标准实施以后，矿冶科技集团有限公司将积极向国内生产厂家及国内外用户推荐采用本标准。

《粉末抗压强度测试方法》标准编制组

2022.10.22