

《增材制造 激光粉末床熔融设备刮刀设计规范》团体 标准编制说明 (征集意见稿)

一、工作简况

1 任务来源

本团体标准《增材制造 激光粉末床熔融设备刮刀设计规范》得到了 2020 年国防科工局 XX 工程“XXXX 增材制造”项目的资助。根据中国机械制造工艺协会《关于印发 2022 年度第二批团体标准立项的通知》（中国工艺协会[2022] 第 12 号）文件要求，由中国机械制造工艺协会标准化委员会提出并归口，负责起草单位：西安增材制造国家研究院有限公司、西安交通大学、北京动力机械研究所、西安铂力特增材技术股份有限公司、重庆大学、华中科技大学、中国航发北京航空材料研究院、中国航发动力股份有限公司、武汉锐科光纤激光技术股份有限公司、西安航天发动机有限公司等。

2 主要工作过程

（一）预研阶段

2021 年 5 月，西安增材制造国家研究院有限公司按照中国机械制造工艺协会团体标准相关要求，联合西安交通大学、北京动力机械研究所、西安铂力特增材技术股份有限公司、华中科技大学、中国航发北京航空材料研究院、中国航发动力股份有限公司等单位，成立了“增材制造 激光粉末床熔融设备刮刀设计规范”团体标准制定起草工作组，开展标准预研工作。

2021年6月~2022年4月期间，工作组对国内外相关标准情况初步分析，在西安增材制造国家研究院有限公司、京动力机械研究所、西安铂力特增材技术股份有限公司、中国航发北京航空材料研究院、中国航发动力股份有限公司、安航天发动机有限公司、无锡市产品质量监督检验院、等典型企业和研究机构进行调研和需求分析，完成标准草稿的编制。

（二）起草（草案、调研）阶段

2022年4月26日计划下达后，根据中国机械加工工艺协会《关于印发2022年度第二批团体标准立项的通知》（中国工艺协会[2022]第12号）文件要求，2022年5月8日，以视频会议形式组织召开了《增材制造 激光粉末床熔融设备刮刀设计规范》团体标准第一次讨论会，西安增材制造国家研究院有限公司、西安交通大学、北京动力机械研究所、西安铂力特增材技术股份有限公司、华中科技大学、中国航发北京航空材料研究院、中国航发动力股份有限公司、武汉锐科光纤激光技术股份有限公司、西安航天发动机有限公司12家单位的18名专家出席了会议。会上，标准起草单位汇报了标准的编制过程和主要内容，各位与会专家就标准的技术内容进行了认真地研讨，形成了讨论意见和建议。起草工作组根据试验数据和第一次讨论会的专家意见和建议，对标准内容进行了调整和认真的修改完善。

2022年6月-12月，分析现有激光粉末床熔融设备刮刀结构、安装和调平方式等的标准、技术等资料，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》要求，结合专家意见，初步形成《增材制造 激光粉末床熔融设备刮刀设计规范》

的标准内容框架。

2023 年 1 月-5 月，以前期资料整理工作为基础，以 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》为编写规则，针对激光粉末床熔融设备刮刀设计要求，划分为七个部分：范围、规范性引用文件、术语和定义、一般要求、刮刀编码和设计要求、刮刀形位公差要求、粗糙度要求，从而确定《团体标准 增材制造 激光粉末床熔融设备刮刀设计规范》标准草案。

2023 年 3 月 29 日，4 月 25 日与 5 月 13 日，工作组分别召开三次标准草案视频研讨会，对标准草案内容进行讨论并完善。工作组根据专家意见及调研的不断深入，对标准草稿进行了持续修改。2023 年 5 月 22 日，工作组通过视频会议方式召开标准讨论会，对标准草案、标准研究报告、标准验证方案进行了讨论和任务分工，会后，工作组对标准内容进行了修改和完善。2023 年 6 月 1 日，在西安组织召开了专题会，会议对标准研制过程中遇到的问题和困难进行了交流，会后形成标准征集意见稿。

（三）征求意见阶段

（四）审查阶段：

3 主要参与起草单位和起草人及分工

本标准由西安增材制造国家研究院有限公司、西安交通大学、北京动力机械研究所、西安铂力特增材技术股份有限公司、重庆大学、华中科技大学、中国航发北京航空材料研究院、中国航发动力股份有限公司、武汉锐科光纤激光技术股份有限公司、西安航天发动机有限

公司等共同起草。

主要成员：陈祯、白洁、谢国印、侯颖、张海洲、杨东辉、魏青松、赵海生、施建宏、杨欢庆

所作的工作：陈祯担任起草工作组召集人，全面协调标准起草工作。陈祯、白洁、侯颖、谢国印、杨东辉负责标准资料的收集和标准草案书写工作，张海洲、魏青松、赵海生、施建宏、杨欢庆负责标准的总体校核和指导编写工作，陈祯、侯颖、谢国印、负责收集、分析国内外相关技术文献和资料，结合实际应用经验，对标准内容进行归纳和总结。

本标准牵头单位西安增材制造国家研究院有限公司，西安增材制造国家研究院有限公司是国家增材制造创新中心的依托单位和承载主体。由西安交通大学、北京航空航天大学、西北工业大学、清华大学和华中科技大学 5 所大学及增材制造装备、材料、软件、生产及研发的 13 家重点企业等共同组建。国家增材制造创新中心作为工信部首批布局的国家制造业创新中心，以国家战略目标和制造业创新发展为导向，瞄准重大设备、重要材料、关键工艺、核心软件、核心元器件等前沿共性关键技术，创新技术，转化技术，孵化技术，通过多学科交叉创新和“政产学研金用”协同创新，打造完整创新链、产业链，带动整个制造业的转型升级，服务中国制造强国战略。作为我国高端制造业领域首批筹建的国家级创新中心，积极致力推进产业创新能力建设，推进以增材制造创新技术加快形成发展制造业的新动力，为推动中国制造由大变强提供战略支撑。汇聚了国内外高端人才及国家重

点实验室等科研资源，重点建设研发中试平台、公共测试平台、共性技术服务平台、双创成果转化基地、人才培养基地，形成集技术开发中试、公共测试、制造服务产业孵化、投融资和人才培养于一体的具有支撑行业发展的创新中心。形成面向用户提供工艺技术解决方案、中试验证、检验检测等一站式服务能力。

二、标准编制原则及主要内容

1.标准编制原则

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》的规定起草。在编写标准时，遵循面向市场、服务产业、自主研发、适时推出、不断完善的原则，力求与产品研发、工艺试验、技术进步、产业发展、应用推广相结合，统筹推进。同时，努力使标准技术内容更加科学、实用，文字表达更加简洁、清楚，充分体现标准的经济合理性和市场适应性。

2.标准主要内容

本标准规定了刮刀的一般要求、编码和结构设计要求、形位公差要求及粗糙度要求等内容。

本标准仅适用于激光粉末床熔融设备的刮刀设计。

2.1 关于第一章“范围”

规定了标准文件适用的范围以及标准文件的主要内容。

2.2 关于第二章“规范性引用文件”

列举了标准文件引用的规范性引用文件。

2.3 关于第三章“术语和定义”

规定了在标准文件中使用的术语和定义。

2.4 关于第四章“一般要求”

给出了刮刀的设计原则及依据。

2.5 关于第五章“设计要求”

规定了激光粉末床熔融设备的刮刀设计时计量单位、外观要求、检验要求三个方面的要求及检验与评估方法。规定了激光粉末床熔融设备的刮刀设计时材料、刮刀截面选用、刮刀长度选用的要求及检验与评估方法。

由于刮刀属于设备关键零件，应在零部件表面进行永久性标识，并保证在零部件的全生命周期内清晰、可识别。

确定了刮刀材料宜采用结构钢、高速工具钢，或其他在热处理后硬度能达到 550-620HB(55-58HRC)的其他钢材。

在选用刮刀截面时对于需要保持尖刃的刮刀建议优先选用截面 1，该截面形式的刮刀可在一面磕伤不能使用后，更换另一边使用，提升利用率，降低耗材的使用量。对于需要平面的刮刀建议优先选用截面 4，平面宽度 1mm，可双向使用，同时加工难度低，对安装要求低。

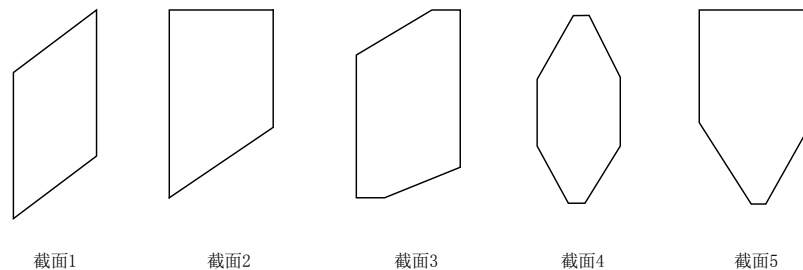


图 1 刮刀结构图

刮刀长度的确定，主要根据刮刀架内刮刀安装尺寸和成形幅面两个参数确定，刮刀长度应符合式 1 所示。

$$L > L_1 + \frac{L_2 - L_1}{2} \quad (\text{式 1})$$

L 刮刀尺寸 (mm) ;L2 刮刀架内刮刀安装尺寸(mm); L1 成形幅面尺寸 (mm)

2.6 关于第六章“刮刀形位公差要求”

规定了激光粉末床熔融设备的刮刀设计时刮刀形位检测标示方法、形位公差选用、刮刀夹持面形位公差的要求及检验与评估方法。

检测标识方法时检测刮刀刃的直线度、平面度的方式可以采用如下检测方法：将测量部位放在大理石台面上，使用塞尺检查其是否满足要求。标示方法选用按机械设计手册（第 1 卷第 2 篇 P2-171）中对直线度、平面度、平行度以及垂直度标示方法及其含义，结合设备所需刮刀的直线度、平面度、平行度以及垂直度要求，进行标示。

形位公差选用时要注意钢刮刀对刮刀刃的直线度、平面度的选用钢刮刀对刮刀刃的平行度、垂直度的选用。考虑检测能力以及设备实际使用需求，直线度或平面度精度等级选用 IT6~IT7 之间，一般采用的加工方式为磨削（IT2~IT7），参考现场所用塞尺能够检测的数值选用具体的直线度或平面度要求。刮刀平行度、垂直度精度等级选用 IT5~IT6 之间，一般采用磨削加工达到，具体数值要求应考虑刮刀刃的直线度、平面度要求给定，需要满足形状公差值小于位置公差值。

刮刀夹持面形位公差的选用检测时要注意在平面度检测中现场夹持面检测刮刀夹持面平面度可以采用如下检测方法，将测量部位放置在大理石台面上，采用塞尺检测。平行度、垂直度检测中现场夹持

面检测刮刀夹持面平行度、垂直度可以采用如下检测方法，将测量部位基准面放置在大理石台面上，用百分表或千分表检查被测面的平行度、垂直度。标示方法选用时要对直线度、平面度、平行度以及垂直度标示方法及其含义，结合设备所需刮刀的直线度、平面度、平行度以及垂直度要求，进行标示。平面度、平行度以及垂直度的选用中要让刮刀夹持面的平面度、平行度为非关键表面，采用普通铣床能够达到的精度即可。达到平面度要求要使精铣能够达到的精度为 IT6~IT9 之间，建议选用 IT7~IT8 之间，参考现场所用塞尺能够检测的数值选用具体的直线度或平面度要求。平行度以及垂直度要求要让铣床能够达到的精度为 IT6~IT11 之间（面对面），建议选用 IT6~IT7 之间，具体数值要求应考虑刮刀刃的平面度、直线度要求给定，需要满足形状公差值小于位置公差值。

2.7 关于第七章“粗糙度要求”

规定了激光粉末床熔融设备的刮刀设计时刮刀表面粗糙度的要求及检验与评估方法。

刮刀表面粗糙度的确定应根据其形位公差要求和实际使用情况进行粗糙度选择,过高容易造成成本浪费，过低影响形位公差，甚至会有粉末粘连，影响成形。

3.解决主要问题

本标准涉及激光粉末床熔融设备刮刀设计，尤其涉及到激光粉末床熔融设备刮刀设计时刮刀的外观要求、检验要求、刮刀编码、刮刀结构设计要求、刮刀长度选用、刮刀形位检测标示方法、形位公差选

用、刮刀夹持面形位公差、粗糙度要求。激光选区熔化技术采用高功率密度激光束对金属粉末逐点、逐线、逐层熔化，从而获得高性能、接近全致密的金属零件，特别适合内腔复杂、内流道、薄壁等传统加工技术难以实现的复杂薄壁精密构件的制造。在航空航天、武器制造等领域都具有十分广阔的研究前景。

在进行激光粉末床熔融成形时，刮刀铺粉的质量会对打印构件的成形质量产生巨大的影响，而现阶段针对刮刀的材料、结构、公差等许多方面还没有统一的标准。因此本标准的编制解决了激光粉末床熔融设备刮刀设计时缺少统一标准的问题，为促进增材制造行业的技术进步与高质量发展做出巨大贡献。

三、试验验证情况

本标准仅适用于激光粉末床熔融设备的刮刀设计。

本标准起草单位涵盖了激光粉末床熔融设备的制造、使用、检验检测等产业链上的众多单位，结合起草单位的验证数据和资料完成了本标准草案的编写。刮刀的组成和设计以及制造主要根据激光粉末床熔融设备的刮刀制造商的国内龙头企业的实际生产和制造经验编写。刮刀的设计和安全生产防护以及精度检验方面均具有非常丰富的实践经验。

刮刀参数的选择应该遵循以下原则：

①刮刀高度应该略高于粉末层的厚度，以保证粉末层的平整度和均匀性，同时避免刮刀与已打印的零件发生碰撞。

②刮刀角度应该尽可能小，以减少粉末的飞溅和堆积，同时保证

粉末层的密度和厚度。

③刮刀速度应该适中，以保证粉末层的流动性和稳定性，同时避免粉末的氧化和烧结。

④刮刀压力应该适当，以保证粉末层的紧密性和均匀性，同时避免粉末的压实和损坏。

部分指标按下列确定依据如下：

(1) 刮刀材料宜采用结构钢、高速工具钢，或其他在热处理后硬度能达到 550-620HB(55-58HRC)的其他钢材。

(2) 对于设备刮刀长度的确定，首先根据确认的成形幅面，选定刮刀长度或者刮刀架内安装尺寸，对应的另一参数即可确认。因此针对现有设备选定刮刀长度，具体如下：

对于成形幅面（刮刀长度方向）小于 500mm，刮刀长度=成形幅面+（5-10mm）；

对于成形幅面（刮刀长度方向）大于 500mm，刮刀长度=成形幅面+（10-20mm）。

(3) 对于刮刀刃的直线度、平面度要按机械设计手册（第 1 卷第 2 篇 P2-204）中对刮刀直线度以及平面度要求选择，对于刮刀刃的平行度、垂直度要按机械设计手册（第 1 卷第 2 篇 P2-210）中对刮刀平行度、垂直度要求选择。

(4) 在确定刮刀夹持面形位公差时参考机械设计手册（第 1 卷第 2 篇 P2-171）中对直线度、平面度、平行度以及垂直度标示方法及其含义，结合设备所需刮刀的直线度、平面度、平行度以及垂直度要

求，进行标示。

(5) 刮刀表面粗糙度的确定应根据其形位公差要求和实际使用情况进行粗糙度选择,过高容易造成成本浪费，过低影响形位公差，甚至会有粉末粘连，影响成形。

刮刀范围应在以下范围

刮刀高度：0.1-0.3 mm；

刮刀角度：10-30°；

刮刀速度：50-200 mm/s；

刮刀压力：0.5-2 N/mm。

上述指标及要求的验证工作与本标准征求意见工作同步进行，由机械工业特种加工机床产品质量监督检测中心负责实施，检测结果将列入标准送审稿、报批稿等编制说明中。

四、标准中涉及专利的情况

本标准未涉及专利

五、预期达到的社会效益、对产业发展的作用等情况

本标准的制定旨在推动激光粉末床熔融设备领域的技术发展，为刮刀设计和制造提供一套明确的规范。这一标准的预期效益涵盖了社会和产业两个层面。标准的实施将提高激光粉末床熔融设备的性能和稳定性。刮刀作为该设备的关键组件，其设计对整个生产过程的稳定性至关重要。通过规范刮刀的设计要求，确保合理的材料选择、结构设计和制造工艺，可有效提高刮刀的耐磨性和抗腐蚀性，从而延长设备的寿命，提高生产效率。标准有助于降低生产成本。规范化刮刀设

计将鼓励制造商在材料和工艺方面做出更加理性和经济的选择，减少资源浪费，提高生产效率，最终降低了制造成本。这将使企业更具竞争力，促进整个产业的可持续发展。标准的实施将推动激光粉末床熔融设备领域的创新。规范提供了一个共同的设计框架，激发了设计师和制造商进行更深入研究和创新的动力。这将推动相关技术的发展，为产业带来新的机遇，使刮刀设计能够更好地适应市场需求的变化。标准有助于加强激光粉末床熔融设备制造业内的技术交流与合作。规范的统一框架使得不同制造商更容易进行技术沟通和合作，共同解决刮刀设计和制造过程中的难题。这有助于形成更加开放、协同的产业生态，推动整个行业的技术水平提升。标准的制定将有助于提高激光粉末床熔融设备的国际竞争力。与国际接轨的设计规范使国内制造商更容易进入国际市场，与国际同行展开竞争。这有望为我国激光粉末床熔融设备制造业的全球影响力提供支持，推动产业的全球化发展。该团体标准的制定将在提高设备性能、降低生产成本、推动技术创新、加强产业合作和提升国际竞争力等方面产生积极效果，为激光粉末床熔融设备制造业的可持续发展提供了有力的支持。

六、与国际、国外同类标准水平的对比情况

无国际、国内同类标准

七、与现行相关法律、法规、规章及相关标准，特别是强制性标准的协调性

本标准与我国的现行法律、法规和强制性国家标准没有冲突。

八、重大分歧意见的处理经过和依据

在标准制定过程中，尚无出现未采纳的重大分歧意见。

九、标准性质的建议说明

本标准为推荐性团体标准。

十、贯彻标准的要求和措施建议

标准发布后通过互联网、发布会等公告标准发布信息，组织开展标准的宣贯，介绍标准的特点、产品要求、试验方法和实施情况等，让用户、企业等深入了解该标准，从而使标准得到更好的贯彻和实施。建议发布后立即实施。

十一、废止现行相关标准的建议

无。

十二、其他

实施标准的要求和措施建议

制定激光粉末床熔融设备刮刀设计规范，是保障激光粉末床熔融成形金属构件性能稳定可控的重要措施。目前国内尚缺乏相关工艺规范，因此该标准颁布、贯彻实施前应及时通过多种媒体渠道在行业内部进行宣传，积极组织相关人员参加行业协会活动，充分了解标准信息，这样利于企业和科研院所在实际生产中研究并贯彻实施标准，推动标准的发展和完善。

标准编制组

2023年12月15日