

以高性能低成本EBM技术 服务航空航天领域

EBM Technology With High Performance and Low Cost to Serve Aerospace Industry

曼德卡姆有限公司北京代表处 汉斯·爱瑞克森



汉斯·爱瑞克森

曼德卡姆有限公司创始人,北京幸福曼德智能工程技术有限公司及瑞典远东万德有限公司总经理。在瑞典爱立信等公司从事管理,生产及产品管理工作 20 余年。对国际间生意发展、项目管理及研发有着广泛的经验。

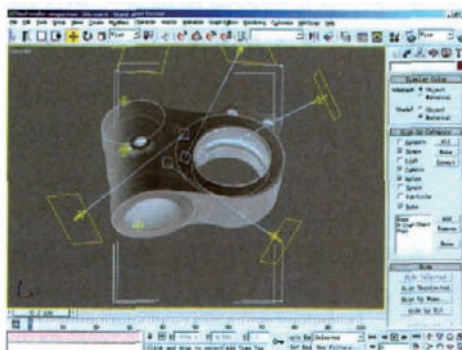
EBM (Electron Beam Melting) 称为电子束熔化快速制造技术,简称为电子束熔融,是一种新兴的先进制造技术,其原理是首先用计算机建立所需要的三维实体模型,然后将数据导入 EBM 设备,在

Arcam 公司借助 EBM 技术及设备以电子束熔融为基础,能够将计算机中建立的 3D CAD 模型从金属粉末直接转化成金属零件,免去了设计和制造模具的生产时间和成本。

EBM 设备的工作舱内平铺一层微细金属粉末薄层,利用高能电子束经偏转聚焦后在焦点所产生的高密度能量使被扫描到的金属粉末层在局部微小区域产生高温,导致金属微粒熔融,电子束连续的覆盖式扫描将会使得一个个微小的金属熔池相互融合并凝固,连接形成线状和面状金属层;待一个层面处理完成后,由一个特定装置在刚刚形成的金属层上再

铺设一层金属粉末薄层,重复上述过程,此时第二层粉末熔化后不仅形成一个新的金属层,同时还将与上一金属层相互熔接,成为一体,就这样一层层地累积起来,即可形成一个完整的金属零件实体。这一技术已由瑞典 Arcam 公司研制成功并申请专利,现已进入商业化运行阶段。

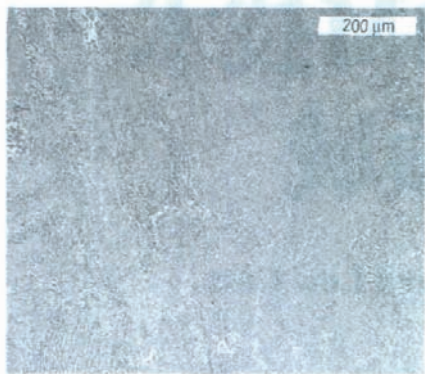
曼德卡姆 (Mindcam) 有限公司是 Arcam 公司在中国的技术与产品



EBM 成形加工过程: 由 CAD 直接快速成形

独家代理商, Arcam 公司亦是曼德卡姆公司的合作伙伴和投资方。

Arcam 公司借助 EBM 技术及设备以电子束熔融为基础, 能够将计算机中建立的 3D CAD 模型从金属



EBM Ti6Al4V 钛合金

束通过一组聚焦和偏转线圈对其产生的控制作用被精确投射到金属粉末层的预定位置点, 该位置点的金属粉末微粒瞬间被高温熔融形成微小熔池, 连续扫描所产生的无数微小熔



铸造 Ti6Al4V 钛合金

EBM Ti6Al4V 和铸造 Ti6Al4V 结构金相图

粉末直接转化成金属零件, 免去了设计和制造模具的生产时间和成本, 此项技术极大地减少了用于设计加工各类复杂金属成品的生产时间, 从而大大地缩短了新产品的上市周期, 满足了制造业日益增长的对缩短从设计到产品上市时间的周期要求。

EBM 加工的特点

使用 EBM 技术加工时, 通过一被加热到 2500℃ 以上的电极丝释放出大量电子形成高能电子束; 电子



采用 EBM 方法为 NASA 生产的火箭连接尾管

池相互连接融和成预定形状的金属薄层, 若干层的金属层累积融和成金属零件实体; 需要指出的是所有这些过程都是在高真空环境下完成的, 这样就有效地排除了非预期的外界化学元素杂质对材料可能产生的污染和侵害; 同时由于加工过程中熔池在凝固后依旧保持着适当的时效温度环境, 这就给产品提供了良好的形状稳定性和低残余应力特性。

Arcam 的电子束熔融设备真正实现了自由形态制造技术 (Free Form Fabrication, FFF) 的理念, 以 3D 模型直接制造诸如钛基、钴基合金等难加工金属产品, 为各类难加工金属的加工提供了独特的实现空间几何形体的可能。所谓的自由形态制造可以不受任何模具和零件的外部几何形状以及内部复杂腔体的限制, 便捷地自由成形任何复杂零件。EBM 使自由形态制造技术以及设计人员的想象力得到最大限度的发挥。

10 多年前, 从 3D 模型直接产生实物细节的模型已经成为可能, 此类技术已逐渐成为用于验证设计构思、制造展示原型和用于快速制造样件模型等领域有效的工业工具。以往

的技术主要用于塑料和纸制材料的快速成形。而现在自由形态制造已经可以使用金属材料, 这给工业产品的高速高效发展提供了全新的机会。在现代工业中, 快速生产原型、完成产品功能性细节直至提供完整的最终目标产品的能力非常重要, 以真实的目标产品最终形态“输出”3D CAD 设计结果对制造业产生了巨大的震撼和冲击。

自由形态制造大大减少了用于注塑模具和铸造模具的生产时间, 满足了制造业对缩短从设计到产品上市时间的要求。另外, 电子束熔融技术亦克服了以烧结方法为基础的成形技术的不足, 不必顾虑烧结方法对金属粉末中粘合剂的要求, 在材料选择的自由度和材料的性能方面具有更高的水准。



采用 EBM 技术生产的冷却环零件

在产品的设计研发过程中, 从 3D CAD 数据直接制造所需的零件, 其精妙之处在于生产出的成形产品和 3D CAD 的设计是完全一致的。生产金属零件时, 各种异型截面的通孔、盲孔、各种空间走向的内部管道和复杂腔体结构、可见的或目力所无法看到的实体结构、任意平面和复杂曲面结构都可在一次加工中同时完成。

电子束融熔方法在快速制造的同时可提供与理想目标材料完全一致的材料性能。

采用 EBM 技术成形的零件具有优异的物理属性: 100% 的致密度、理想的微观结构、优于普通铸造的力

学性能;采用EBM技术生产零件,进入市场的时间,降低材料和生产成本,材料的利用率远远高于普通的金属材料,克服生产瓶颈,具有极大的发展潜力,这是因为电子束把用作制

加工方法。

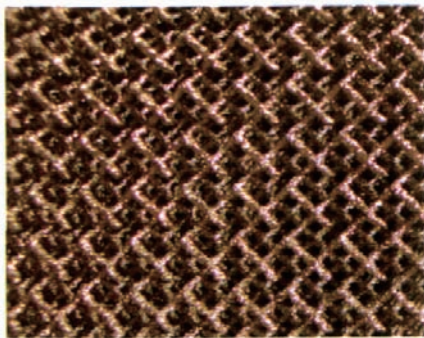
目前,在表面粗糙度、可制作零件的尺寸范围等方面,EBM技术仍在不断改进完善,以便能更好、更广泛地应用于航空航天领域。

表1 不同加工方法的比较

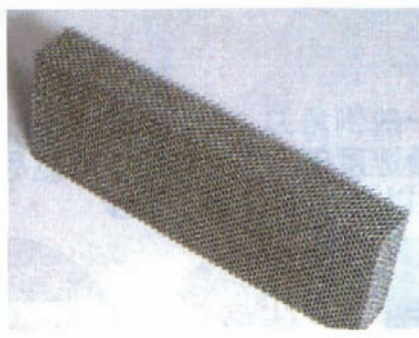
特性	铸件	锻件	机械加工	电子束熔融
微观结构	大颗粒度	小颗粒度	小颗粒度	小颗粒度
模具成本	最初成本高	最初成本高	最初成本较低	无消费
开模时间	长	长	中等	无需开模
生产强度及时间消耗	多种操作,非常劳动密集型	中等操作,快速生产	适度处理时间,最少劳动力	适度处理时间,最少劳动力
产品表面光洁度	良好的橙皮组织,以便研磨	光滑表面	中等机加工表面	波纹漆表面
多孔(泡沫)敷层应用	需后期加工,保留适当强度	需后期加工,失去高性能,有些被覆盖	需后期加工,失去高性能,有些被覆盖	不需后期加工,保持适当强度

件的部分粉末融熔,其余粉末的回收再利用率可达95%,原材料损耗仅为5%;而如果采用普通的去除材料的金属加工的方法,需要把多余的部分全部切除丢弃,材料的利用率之

用EBM技术制造的Ti6Al4V钛合金产品在金属微观结构方面要远远好于铸造的Ti6Al4V钛合金产品,它有着更为理想的 $\alpha + \beta$ 组织,这完全得益于电子束熔融制造中的



采用EBM技术生产的网格结构



低就可想而知了。电子束融熔方法加工过程同时拥有高生产效率、快速反应的制造速度、产品形状结构的最大自由度、材料消耗低和粉末可再利用等优点。

EBM与传统加工方式的比较

与铸造、锻造和机械加工方法相比,EBM成形在产品微观结构、原材料、模具成本、工艺性等方面具有明显的优势(如表1所示)。不难发现,采用EBM技术,不需要模具,可以大大节省开模费用,能够缩短产品

时效状态过程。

在制作薄壁零件时,Arcam公司采用在适当位置设置细小支撑的方法以稳定加工过程中的产品形态,待加工结束后,将这些支撑去除即可保证零件形状。

激光熔融加工也是一种与EBM类似的方法,但由于某些金属元素对于激光有着较强的反射率,这就使得激光在加工材料的选择上有一定的局限性;而电子束熔融技术不存在此类问题,能量利用效率比激光加工高出数倍,其力学性能也远优于激光

EBM技术在航空航天领域的应用前景

电子束熔融设备的真空环境保证了材料的化学成分,为化学性质活泼的材料(如钛合金)提供了出色的加工条件。EBM技术所采用的专门的操作系统及程序软件,可方便地将各种3D CAD设计输出结果转换成自身可以读取识别的数据,这样就为不同的用户提供了极大的方便。由此可见,EBM能将材料最优性能、快捷制造速度和复杂形状完美结合起来,这些优势将可广泛应用于航空航天、汽车工业等多种行业。

此外,EBM技术还可将具有卓越特性的致密金属体与网格结构完美结合,生成中空的格栅结构等高强度轻量化的结构,可用于航空航天装备,具有明显的减重和减振作用,这是用其他加工方法难以做到的。这一结构还可用于制造特种冷热交换器。

最近,有消息称美国国家航空航天局在其提出的一个长期计划中要在月球基地放置一台Arcam公司的EBM设备,准备利用此项技术对其月球基地空间站的设备进行可能的修复,因为EBM设备除了电源供应和一些相应的原材料外,并不需其他更多额外的装备,其优势是显而易见的。

对Arcam公司的电子束熔融技术来说,目前已经成功使用的材料有Ti6Al4V、Ti6Al4V ELI、CoCrMo和ASTM F75,特别适用于加工航空航天装备中外观复杂、小批量、高附加值的难加工零件,在航空航天、汽车制造等领域具有广泛的市场前景。(责编 金卯)