

--- Whitepaper Series ---

3D科学谷白皮书系列

3D打印与金属切削刀具白皮书1.0

White Paper of 3D Printing and Metal Cutting Tools



白皮书下载请加入3D科学谷QQ群：529965687

随时查看白皮书请关注“3D科学谷”微信公众号：cn_3dsciencevalley

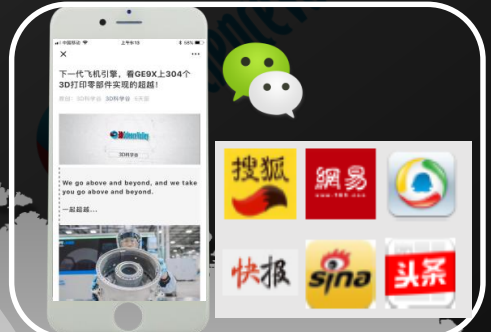


中文

English

2百万+点击量 (年)

3D Science Valley
 市场研究白皮书系列、Insights行业洞见、AME卓越论坛、《3D打印与工业制造》，四大板块之间相互联动，3D科学谷立足上海与德国柏林，全球视野，精准洞察，(www.3dsciencevalley.com)，是国际上最有影响力的3D打印界的智囊平台。



10万+订阅用户; 4百万+阅读量

机械工人出版社发行，京东、当当有售



交汇

升级

能量聚合

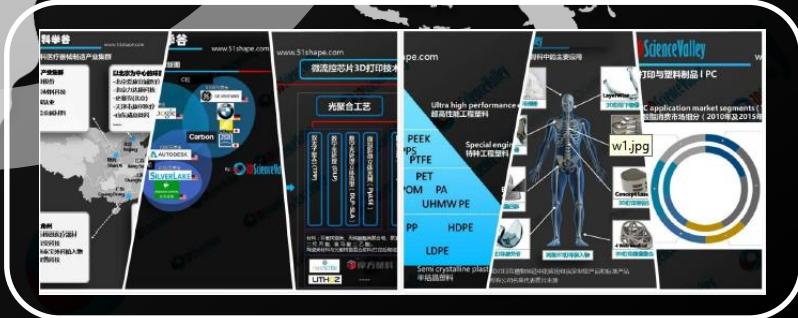
认知贯通

AME卓越论坛聚焦3D打印改变产品的方式



多维

行业应用白皮书提升行业对3D打印的认知水平



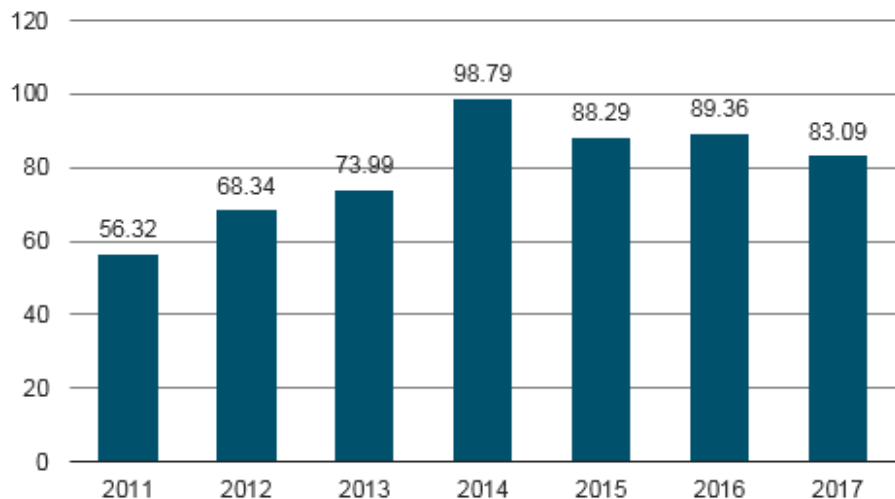
融合

全球

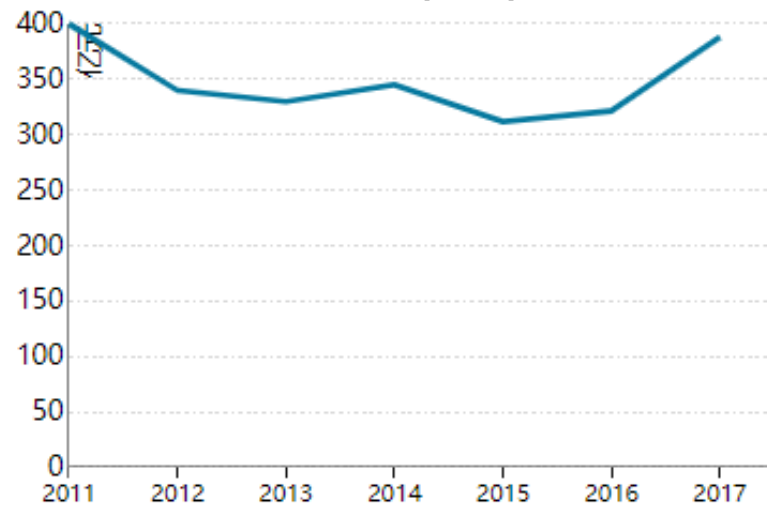
刀具市场细分

中国作为制造业大国，是各个刀具企业竞争的重要市场。世界著名企业如山特维克公司、肯纳公司、日本京瓷等都已在国内独资办厂。根据国家统计局数据，2017年我国共有规模以上切削刀具制造企业548家，其中能够提供现代高效刀具的企业，主要为一些国有控股的骨干企业，包括国内汉江工具有限责任公司、哈尔滨第一工具制造有限公司、株洲钻石切削刀具股份有限公司等。

我国金属切削工具产量（亿件）



我国刀具市场规模（亿元）



2

全球机械加工刀具品牌

欧洲系

山特维克系



.....

德国品牌



美国系



.....

日本系



其他

以色列、韩国、
中国等品牌



.....

按切削工艺

车削刀具

外圆、内孔、
螺纹、切断、
切槽刀具...



钻削刀具

钻头、铰刀、
丝锥...



镗削刀具

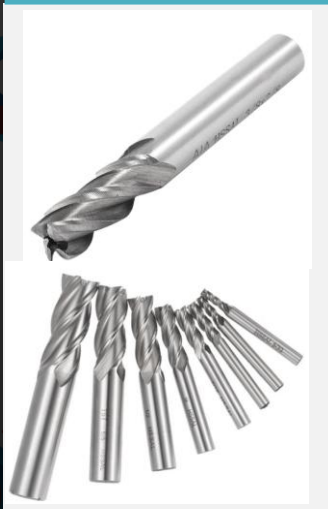


铣削刀具

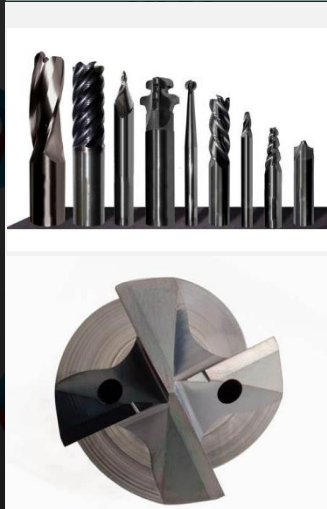


按刀具材料

高速钢刀具



硬质合金刀具



金刚石刀具

PCD 刀片



其他刀具

CBN 刀片



氮化硅陶瓷刀片



5 影响刀具寿命的因素

决定刀具切削性能的根本因素，对于加工效率、加工质量、加工成本以及刀具耐用度影响大。

刀具材质

被加工工件材质

工件材料的导热性、硬度、强度...

刀具涂层

涂层技术可在不降低刀具强度的条件下，大幅度地提高刀具表面硬度和寿命。

刀具寿命
Tool Life

切削参数

切削速度、进给量、切削深度...

切削液

3D打印在刀具制造中的应用

■ 3D打印技术

粉末床熔化 (SLM、EBM)

粘结剂喷射 (3DP)

能量定向沉积 (DED)



■ 刀具制造

特殊槽形
复杂内冷孔
非标刀具
或难加工的耐磨材料



表面织构/表面微造型



涂层



金属零件直接制造



■ 机械加工



替代刀具
制造复杂、高附加值零件

■ 金属零件

未来, 更多的替代
进行批量定制生产



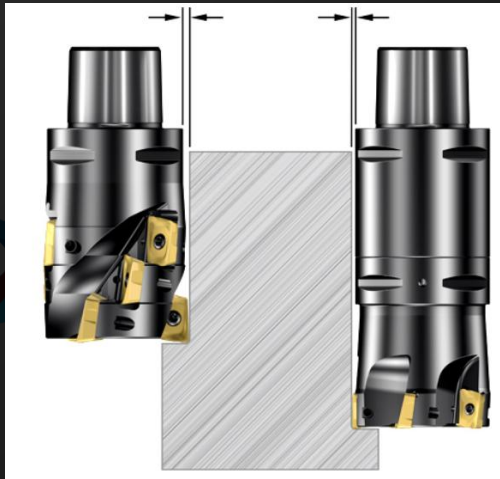
7 钻头制造-更小的直径、复杂内冷孔

德国刀具制造商玛帕(MAPAL)通过Concept Laser 的选区激光熔化设备制造QTD系列可换头钻头。

QTD 钻头之前的直径 ≥ 13 mm，其中一个原因是为了保证冷却液的供给。刀体越小冷却孔就越小，标准中央冷却液供应对刀具性能的不利影响就越大，同时更小的冷却通道减少了进入到可换刀头的冷却液流量。小直径的钻头通常不能带有螺旋内冷孔，但通过增材制造技术，玛帕制造出带有这种内冷孔的小直径钻头，钻头直径在8-12mm之间。

钻头中的可更换部分与通常的圆形形状不同，该结构优化了几何惯性矩和流速，测试发现这种类型的横截面使冷却液流量增加30%。这种类型的结构通过传统制造方式是无法实现的。





刀具制造商山特维克可乐满与山特维克增材制造合作，推出轻量化CoroMill® 390铣刀。这款刀具将金属3D打印的铣刀与减震Silent Tools™刀柄相结合。

应用3D打印技术的主要目标是**减少刀具的重量**，以改善长悬伸时的刀具性能。为了最大化适配器中的阻尼效果并减少振动，山特维克在设计时主要考虑最小化阻尼和切削刃之间的质量，并使切削刃尽可能靠近阻尼器。

他们通过金属3D打印技术和钛金属材料实现了这一设计方案，最大限度地减少了质量和距离，从而提高了金属去除率。

铣刀经过拓扑优化设计减轻了重量，制造材料也由以往使用的工具钢更换为**钛**，从而兼顾轻量化与强度。

德国刀具制造商 Horn 应用选区激光熔化3D打印技术直接制造**特殊刀具和刀柄**。目前 Horn 使用的金属3D打印设备最大构建区域为300 x 300 x 300 mm,使用的金属粉末材料是AlSi10Mg铝合金和1.4404不锈钢。

所有的刀具增材制造工艺都是由Horn自己完成的，因此能够迅速响应客户要求，可以根据客户的需求生产各异的刀具，包括根据客户需求结合增材制造技术的优势和特点，设计特殊的刀具结构，并选择合适的粉末参数；也可按客户的要求生产半成品或成品。



Horn 增材
制造的刀具
部件

10 PCD 铣刀生产



3D打印的铣刀



完成焊接后的刀具

德国刀具制造商高迈特 (Komet) 通过3D打印与传统工艺相结合的方式定制化生产非标PCD (多晶金刚石) 旋入式铣刀。雷尼绍的选区激光熔化3D打印设备被用于生产铣刀中拥有**密集出屑槽**的刀体部分, 刀柄仍然是通过机械加工方式大批量制造的, 最后通过激光焊接工艺将刀体和刀柄焊接在一起。

刀体出屑槽的密度、角度是影响刀具性能的主要因素。如果刀体中拥有**密集**的出屑槽则能够提升刀具的进给速度和切屑效率, 高迈特所使用金属3D打印技术不仅能够制造出**更高密度**的出屑槽, 而且使刀体制造效率得到提升。

由于刀体中出屑槽的密度提高了, 刀具在进行材料加工时的效率也得到提升, 特别是在切削铝合金和碳纤维复合材料时可实现更高的材料去除率。在出屑槽的角度方面, 高迈特通过3D打印术将螺旋角从4-5度提高到20度。通过3D打印制造出的刀具内部冷却通道具有复杂的螺旋状几何结构, 提高了冷却液到刀具顶部的流动过程中的热传导能力, 提高**刀具寿命**以及**刀具运转速度**。

参考来源: 雷尼绍

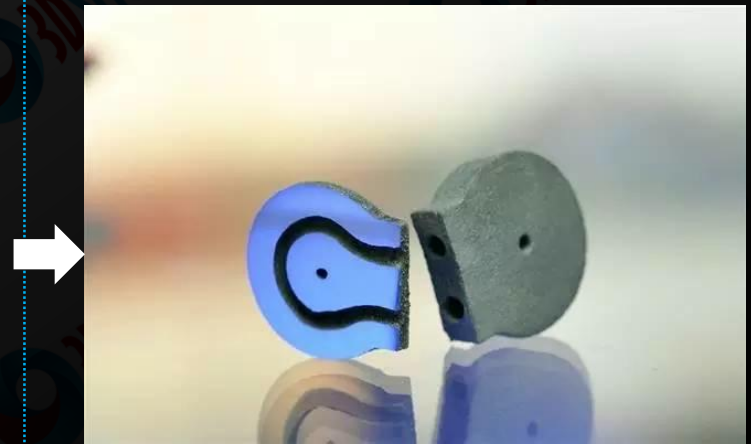
11 硬质合金刀具与刀片

哈尔滨理工大学通过3DP粘合剂喷射3D打印技术解决了现有3D打印技术无法生产硬质合金刀具以及现有技术刀具上制备的微结构存在一些缺陷等问题，进而提出一种基于3D打印技术的微结构硬质合金球头铣刀制备方法：

制备YG8硬质合金球头铣刀粉末原料-制备有机粘结剂-建立球头铣刀的刀—屑接触面-建立微结构硬质合金球头铣刀的三维模型-通过三维模型打印微结构刀具实体-后处理

与目前在硬质合金球头铣刀上制备微结构的方法相比，哈尔滨理工大学除了能够制造出复杂形状的球头铣刀之外，还可以在球头铣刀前刀面刀—屑接触区制备出外形尺寸更精确的凹坑微结构阵列，从而可达到在切削加工时减小刀—屑的接触面积、降低刀—屑接触区的摩擦系数、减少刀具的磨损。

国际上，Fraunhofer 研究所也开发了通过3DP粘合剂喷射技术制造硬质合金的工艺，在这个过程中，陶瓷硬质材料的粉末颗粒，包括碳化钨颗粒通过含钴、镍或铁的粘结材料层层打印粘结起来。这种粘合材料不仅是粉末层之间的粘合剂，还使得产品具有良好的机械性能并能生产完全致密的部件，甚至可以选择性地调整弯曲强度、韧性和硬度。后续的处理包括烧结处理，得到与传统加工方式一致的硬质合金。



12 硬质合金刀具与刀片

瑞典金属粉末材料公司VBN Components 针对**电子束熔融（EBM）增材制造工艺**开发了新一代高强度、含碳化物的高速钢材料。目前已开发出5种不同型号的材料，其中Vibenite 480 含有约65%的碳化物，混合了高速钢和**硬质合金**，具有750°C的长期耐热性、耐腐蚀性，并且具有磁性。该材料应用目标是替代高合金钢，从而提高生产效率和几何复杂性。比如说在金属切削刀具制造领域，这一材料及增材制造工艺可以替代机械加工进行钢棒料加工的方式，制造出复杂的刀具，并用于**更高速度的金属切削**。

- 耐腐蚀、耐磨Vibenite 350 高合金钢
- 高耐磨、高韧性高合金钢 Vibenite 150
- 耐磨、耐热材料 Vibenite 280
- 坚硬材料Vibenite 290
- 新型混合硬质合金 Vibenite 480



液压刀柄的夹持力大，有助于提高加工工艺的精度和可靠性，但很容易存在耐热性差的缺陷，随着金属切削过程中越来越多的工艺涉及到高速加工领域，耐热性成为需要解决的主要问题。

刀具制造商玛帕重新设计了液压刀柄，并通过选区激光熔化3D打印技术和钢基金属粉末来制造这一刀柄，显著提高了热传导的能力。



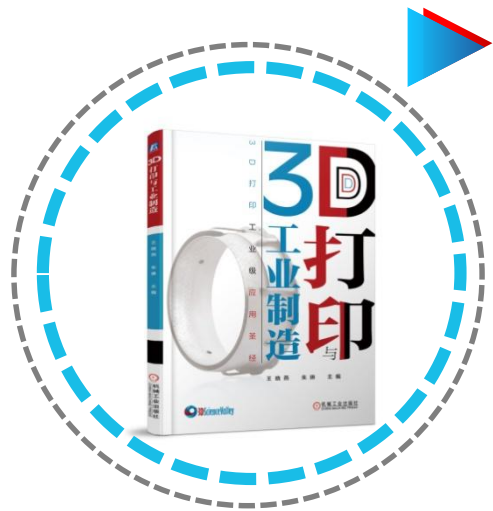
德国Fraunhofer 激光技术研究所开发了一种基于金属丝激光沉积的创新技术（wire-based laser metal deposition, LMD-W）。该技术最初是为提升部件的耐磨性而开发的。金属丝材在被激光熔化之后，层层沉积到部件表面。Fraunhofer 还开发了CAD / CAM软件，用于控制材料的逐层构建过程。

LMD-W 技术的特点是，材料在完全熔化后被分层沉积到部件表面，通过适当的CAM 支持和多轴过程控制，材料能够被构建在现有的组件上。Fraunhofer表示该技术的材料利用率可达100%。



LMD-W 技术在工业领域的其中一项应用是刀具维护。在制造中，刀具会受到磨损、粘附，并承受可能导致损坏的应力。LMD-W 技术可以为刀具添加一层保护层，从而延长刀具寿命。

敬请关注3D科学谷微信公众号，或参考3D科学谷出版物（京东、当当有售）



《3D打印与工业制造》
京东售书链接



3D科学谷官方网站



3D科学谷微信公众号



3D科学谷三千人QQ群



3D科学谷系列白皮书



免责声明

- 本书中包含的数据、部分内容来源于网络或其他公开资料，版权归原作者所有。任何以盈利为目的使用，所产生的后果由使用者自己承担。
- 本书中所有引用的数据都已标明出处，如任何个人或单位认为内容存在侵权之处，请及时与我们联系，3D科学谷将及时给予处理。
- 3D科学谷力求内容的严谨性，但限于时间和人力因素，书中难免有不足之处，如存在失误、失实，敬请您不吝赐教、指正。我们热忱欢迎各界专业人士免费加入3D科学谷交流平台。
- 本书内容仅作交流学习之用，不构成任何投资建议，请读者仅供参考。