



版权声明

本内容均属e-works(e-works数字化企业网、武汉制信科技有限公司)会议论坛上所获取的资料,版权归e-works及演讲人单位及个人所有,严禁任何媒体、网站、个人、或组织以任何形式或出于任何目的在未经本公司书面授权的情况下抄袭、转载、摘编、修改本会议资料内容,另本资料内容禁止上传至百度文库等任何网站。对有违反上述行为而构成的版权侵权行为, e-works将依法追究其法律责任。

如已是e-works授权合作伙伴,应在授权范围内使用。合作伙伴申请: e-mail:lxl@e-works.net.cn tel:02787592219/20/21-115

www.e-works.net.cn

e-works数字化企业网

武汉制信科技有限公司

内 容

- ◇ 产品创新的新纪元
- ◇ 激光烧结3D打印与铣削的集成
- ◇ 激光堆焊3D打印与铣削的集成
- ◇ 超声3D打印与铣削的集成
- ◇ 结束语

智能制造时代的 产品创新变革

2015年11月26日-27日 杭州

金属3D打印 的新进展

上海市科技功臣
全国优秀科技工作者
中国机械工程学会 荣誉理事
同济大学 张曙



金属3D打印 的新进展

产品创新的 新纪元



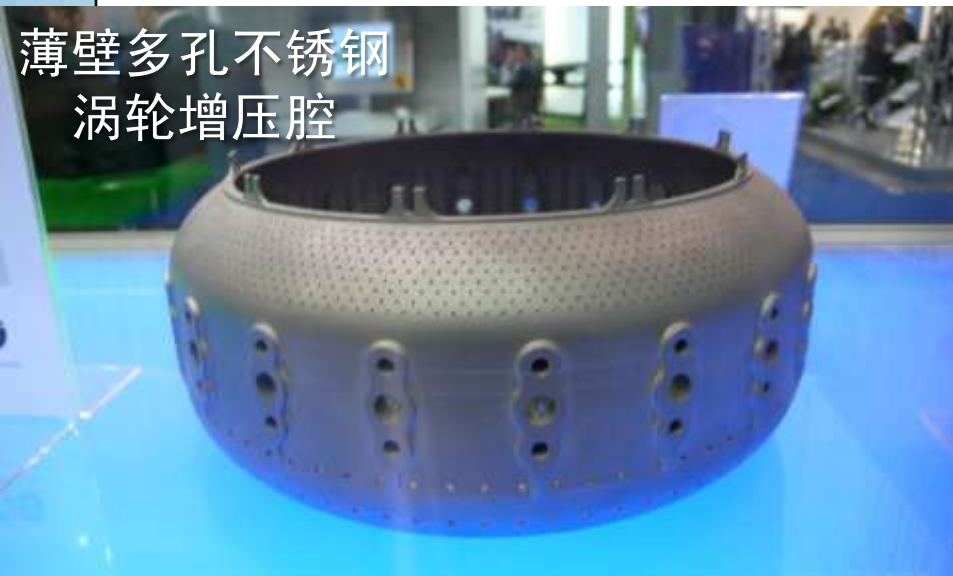
发言席

3D打印：产品创新的新方法

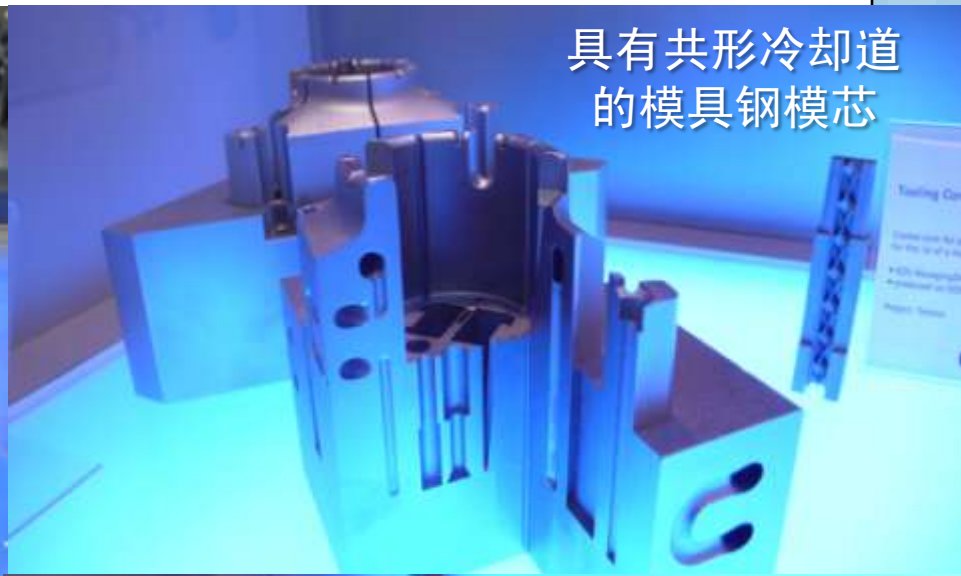
- 3D打印是**直接数字**制造，将产品**CAD**实体模型切成薄片，按轮廓进行加工，再一层层叠加而成，故也称为**叠层制造**，是智能制造的支撑技术。
- 3D打印可构建任意**复杂形状**的产品，最有效地发挥材料特性，为设计师打开了无限的**创新空间**。
- 3D打印的产品是**定制和个性化**的独一无二产品，不仅可**按需**制造，还可以在本企业**就地**制造。
- 汽车、航空航天和模具的重要零件都是金属而非塑料制成的；因此**金属3D打印零件**而非原型制作处于增材制造前沿，堪称产品创新的新纪元。

金属3D打印：选择性激光烧结

薄壁多孔不锈钢
涡轮增压腔



具有共形冷却道的
模具钢模芯

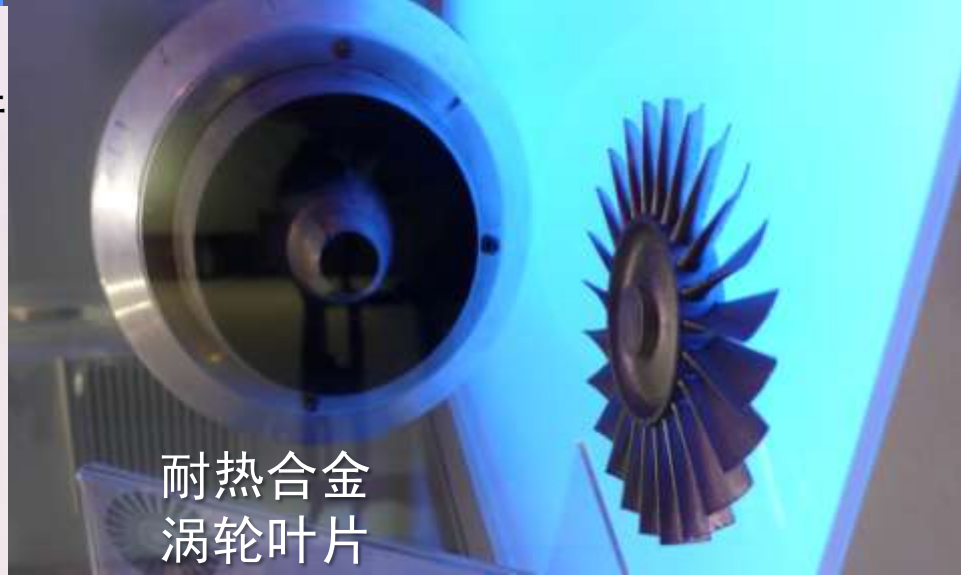


传统设计的
飞机起落架零件



3D打印轻
量化结构

耐热合金
涡轮叶片



3D打印新进展：增材与切削集成

- 增材制造的原理是通过材料的**不断添加**而形成零件，包括粉末激光融化、粉末激光烧结、液态树脂光固化和丝材熔融涂覆等，都是**加法**。
- 切削加工是从毛坯上**切除多余**的材料而形成最终零件，包括车、铣、钻、刨、磨等，与增材制造相反，就材料成形过程而言，都是**减法**。
- 增材制造优势在于在构建结构和形状极其**复杂**的零件的同时节省材料，而传统切削加工却具有**高效率**、**高精度**和**高表面质量**三高的优点，当两者集成在一起，就展现了令人鼓舞的应用前景。

金属3D打印 的新进展

激光烧结3D打印 和铣削的集成

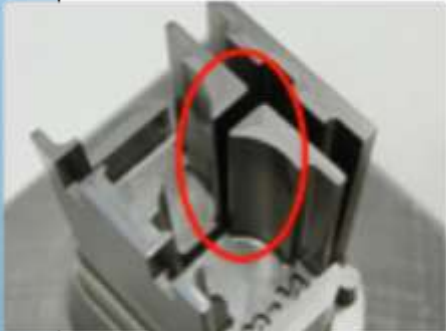


发言席

激光烧结3D打印与铣削的集成

- 选择性**激光烧结**是金属3D打印（增材制造）的主要方法之一，它借助激光束将混有粘结剂的金属粉末烧结成零件，其缺点是**表面质量**较差。
- 将金属3D打印（如选择性激光烧结）与铣削加工中心**集成**为一台增材制造机床，无需电加工就能造出具有深沟、薄壁且结构形状复杂的**高精度**模具，**颠覆**了传统模具制造的概念和工艺方法。
- 激光烧结与铣削集成**交替**进行，发挥各自**优势**，既保持叠层制造的特点（可构建复杂零件）又克服了薄壁、深沟难以加工和工件表面粗糙问题。

Lumex Avance 25 增材制造机床

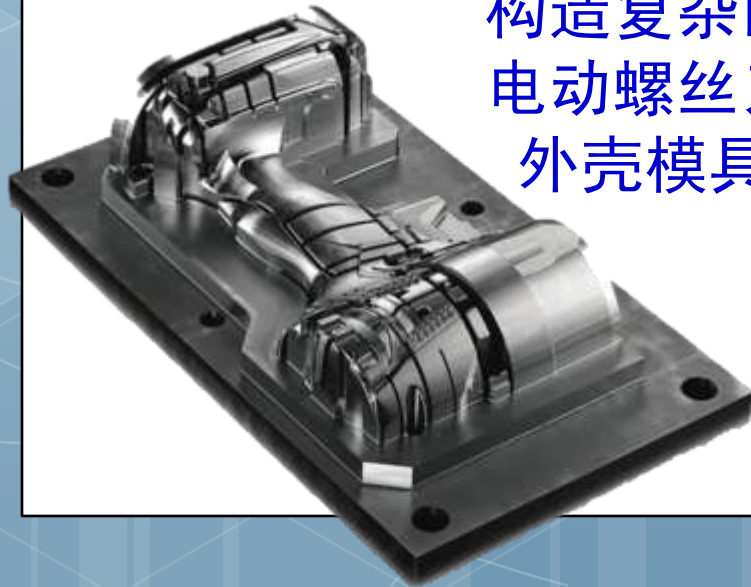


深沟槽 ($L \times D > 17$)



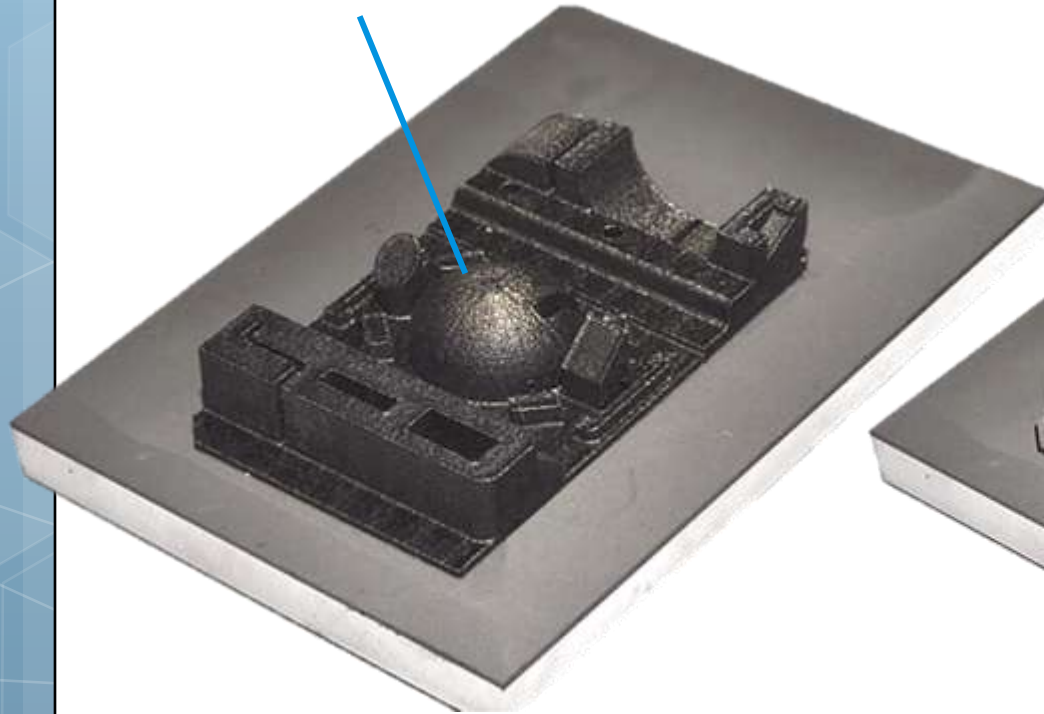
薄壁 ($L \times D > 24$)

构造复杂的
电动螺丝刀
外壳模具

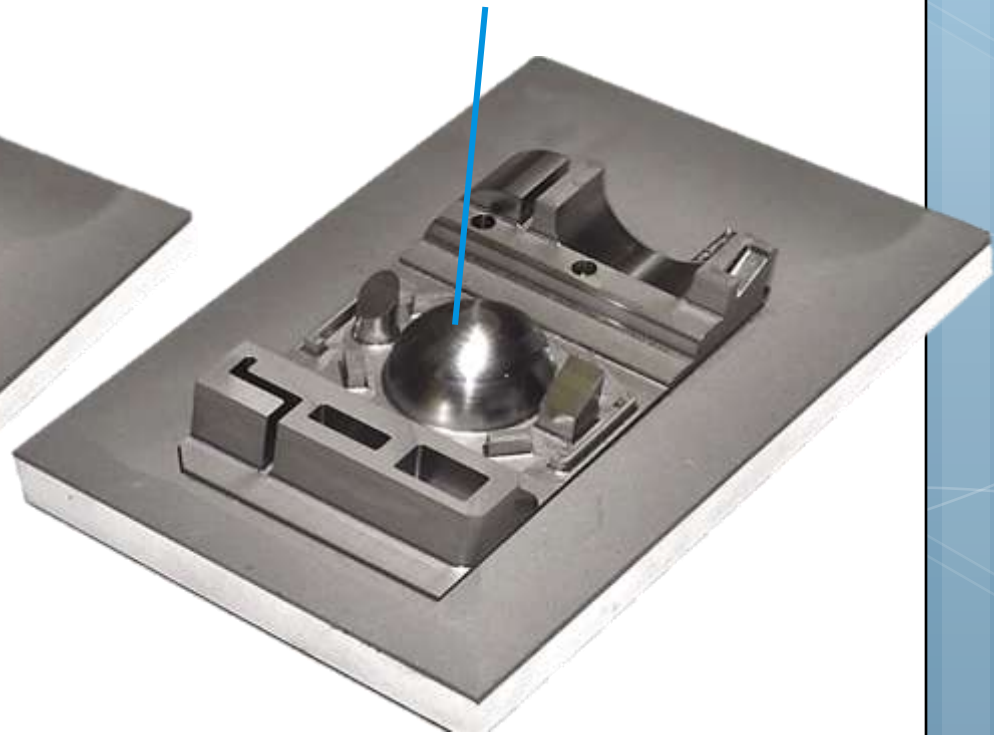


集成增材制造和纯3D打印的比较

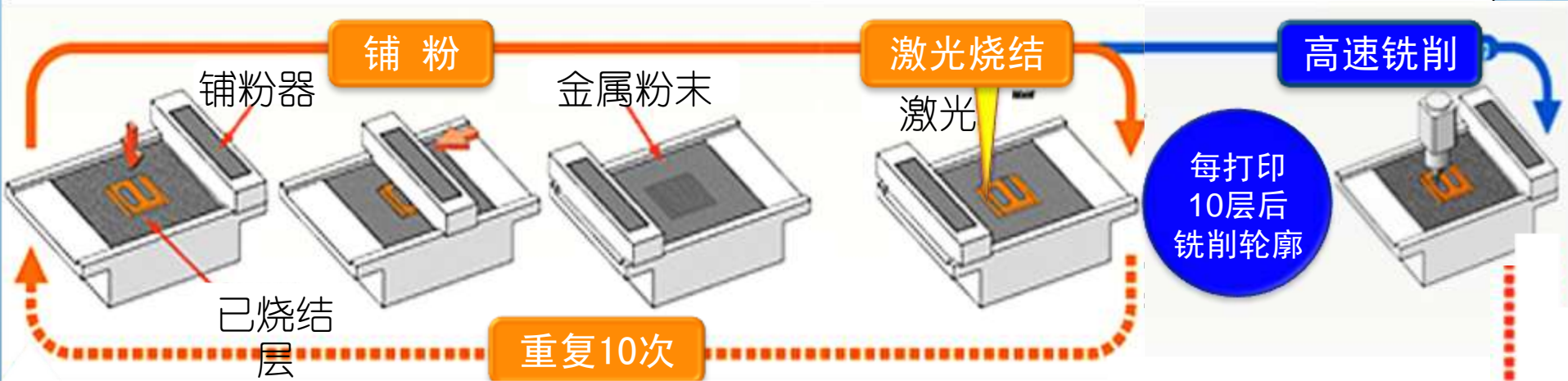
金属3D打印（激光烧结）
的模具表面粗糙度大
需后续精加工才可使用



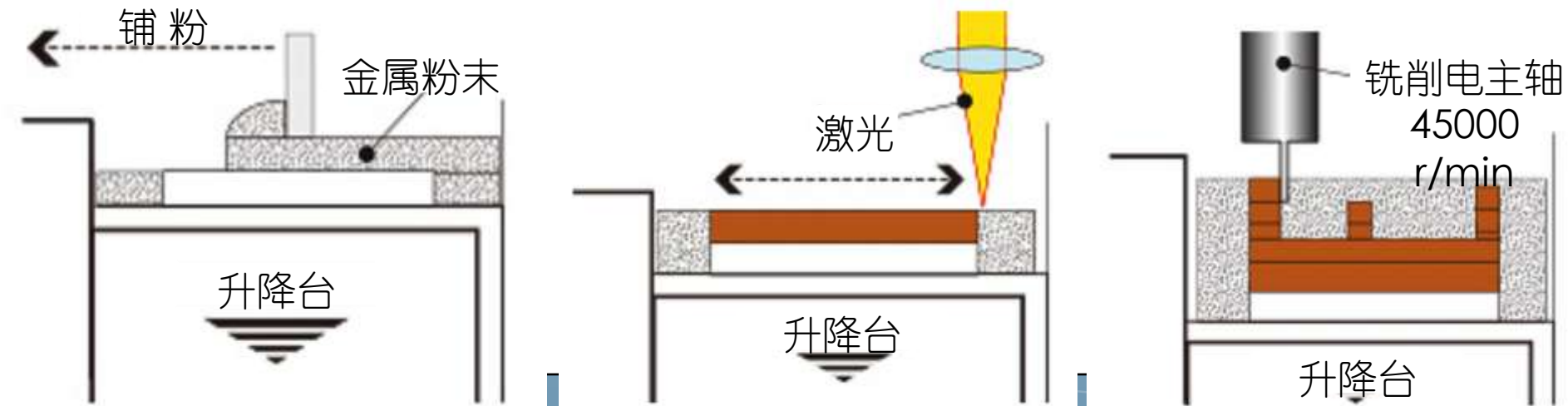
金属3D打印与铣削集成加工
的模具表面粗糙度小
可直接应用



激光烧结与铣削的集成原理

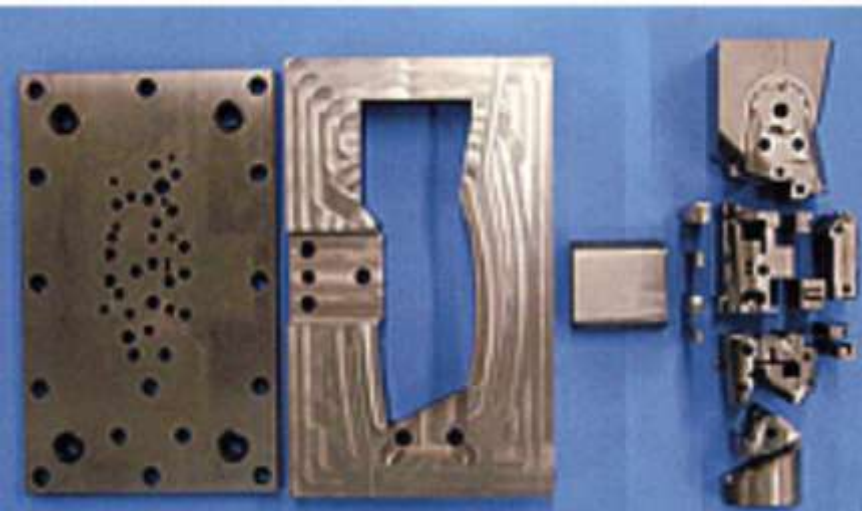


重复金属3D打印和高速铣削过程直至零件加工完毕



优点一：复杂模具无需拼装

- 复杂模具的传统制造方法是，将模具其**分解**为若干组件，制成后加以**拼装**，不仅费时费事，而且不可避免存在一定误差，降低了模具的精度。
- 在激光烧结3D打印和铣削集成的机床上却可将具有深沟、薄壁的复杂模具**一次加工完成**。



由底板、外框和模芯拼装而成的模具



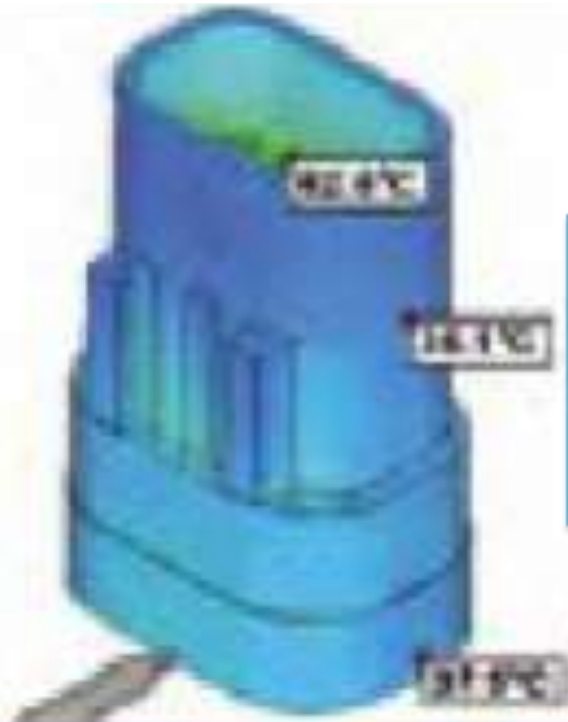
激光烧结和铣削制成的模具

优点二：3D冷却管道效率高

- 注射机将融化的塑料射入注塑模，会产生高温，使冷却时间大于注射成形的时间，冷却管道的设计和加工往往成为注塑模优劣的关键。
- 传统注塑模采用钻孔方法制作直通和交叉的冷却管道，与模具表面形状不等距，热传导不均匀，冷却效果较差。
- 采用激光烧结3D打印，可制作沿模具表面共形的3D冷却管道，发热表面与冷却表面基本等距，明显提高冷却效果，缩短冷却时间，明显提高注射机的生产效率。

优点二：3D冷却管道效率高

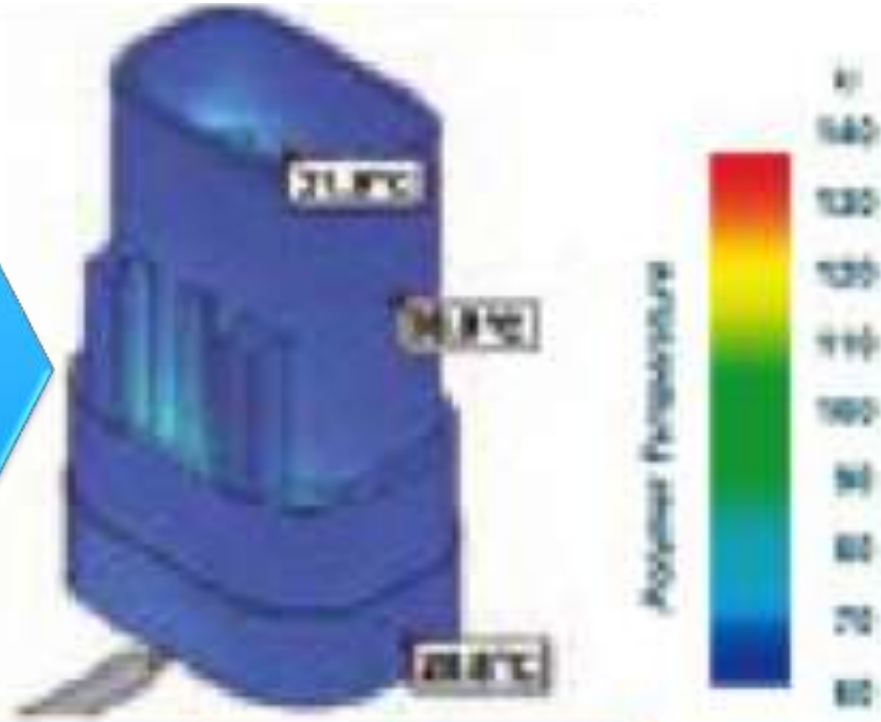
传统冷却管道的效果



冷却时间 18s

冷却周期
缩短
10s

3D冷却管道的效果



冷却时间 8s

注射周期
缩短33%

优点三：缩短模具制造周期

- 模具设计
- 电极设计
- 模具加工数控编程
- 电极加工数控编程
- 切削加工
- 电加工
- 装配
- 调整

传统工作方法



3D打印与铣削混合



- 模具设计
- 电极设计
- 对应的CAM
- 3D打印 (激光烧结)
- 铣削等
- 装配
- 调整

- 设计缩短53%
- 生产周期缩短83%
- 加工时间缩短80%

从设计到制作完成
缩短周期38%

金属3D打印 的新进展

激光堆焊3D打印 和铣削的集成



发言席

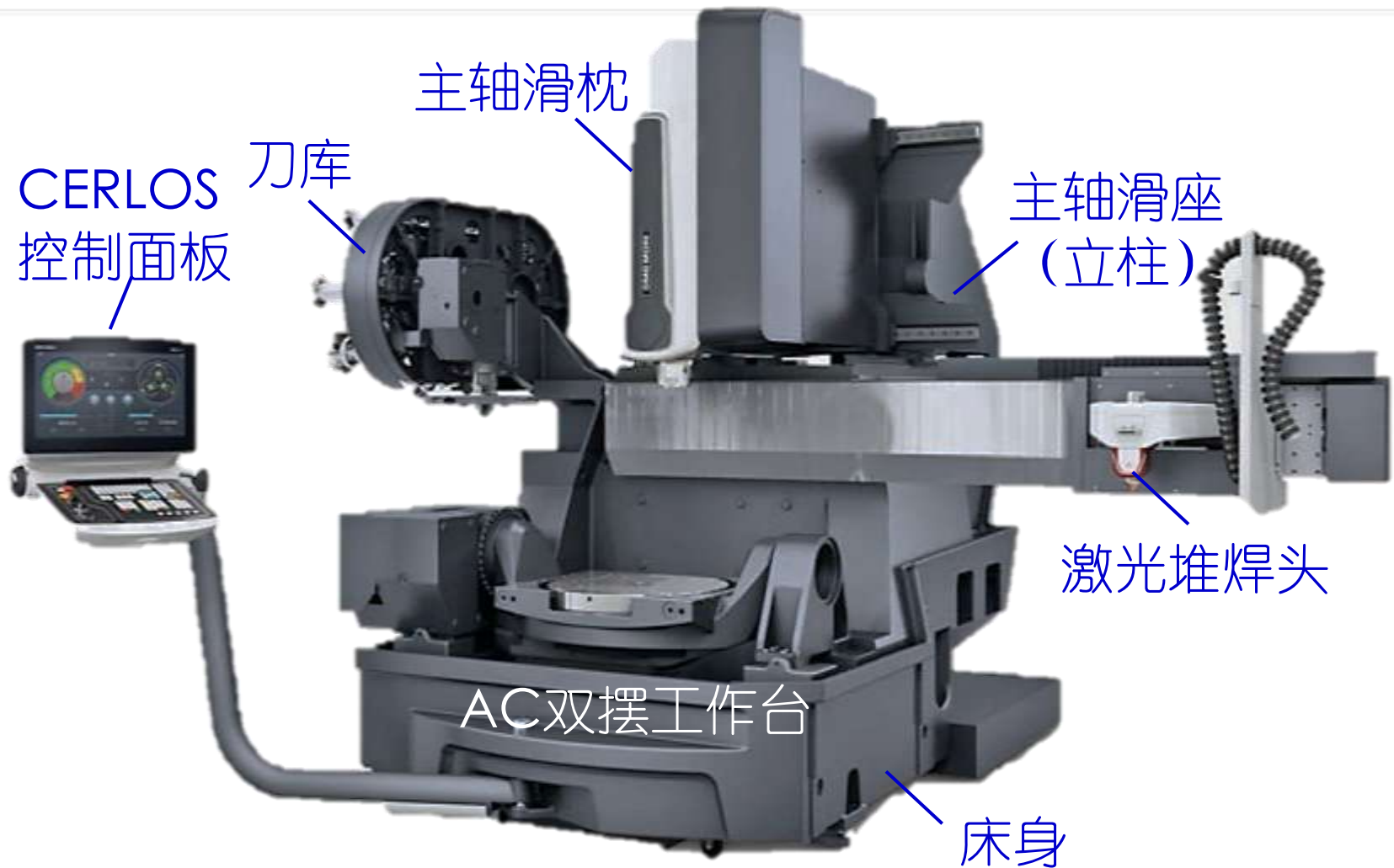
激光堆焊3D打印和铣削的集成

- 随着航空航天、精密模具等领域的发展，零件的形状越来越**复杂**，材料也更**难加工**，在某些情况下，甚至无法用传统切削加工工艺加以完成。
- 激光堆焊是3D打印增材制造工艺之一，其缺点是表面**质量差**，但与五轴铣削加工中心集成在一起，就可以加工出结构复杂、**高质量的**零件。
- 与激光烧结不同，激光堆焊无需专门的**高温**工作室和上下**升降**的粉床工作台，可在切削加工的**同一工作空间**进行，激光堆焊头具有与铣刀柄相同的接口，可像铣刀一样插入机床主轴。

LASERTEC 65 3D 增材加工机床



LASERTEC 65 3D 的结构配置



激光堆焊3D打印的工作原理



涡轮壳体激光堆焊和铣削集成加工



1. 激光堆焊圆柱环



2. 转90° 堆焊法兰



3. 铣削法兰平面



4. 转90° 法兰上钻孔



5. 继续堆焊外圆柱



6. 堆焊过渡区



7. 堆焊锥形管道



8. 堆焊另一端法兰



9. 堆焊12个接头



10. 铣削接头



11. 铣法兰和内表面



12. 铣接头内圆穴



堆焊打印头

- ▶ 美国混合制造技术（Hybrid Manufacturing Technology）公司推出结构紧凑的3D打印堆焊头，具有与铣刀锥柄相同的接口，可安装在加工中心刀库中，像刀具一样进行交换。
- ▶ 当机械手将堆焊头插入主轴后，连接激光光源、供粉和供气管道的接口座随即移至相应位置，插到堆焊头上，接通各种供应，即可开始工作。
- ▶ 该公司推出的堆焊头使用方便，颇受各国机床制造商的欢迎，例如，日本马扎克的 **Integrex i400 AM** 增材制造车铣加工中心就采用这种堆焊头。

激光堆焊和铣削的集成



HYBRID MANUFACTURING TECHNOLOGIES

堆焊打印头

堆焊打印头

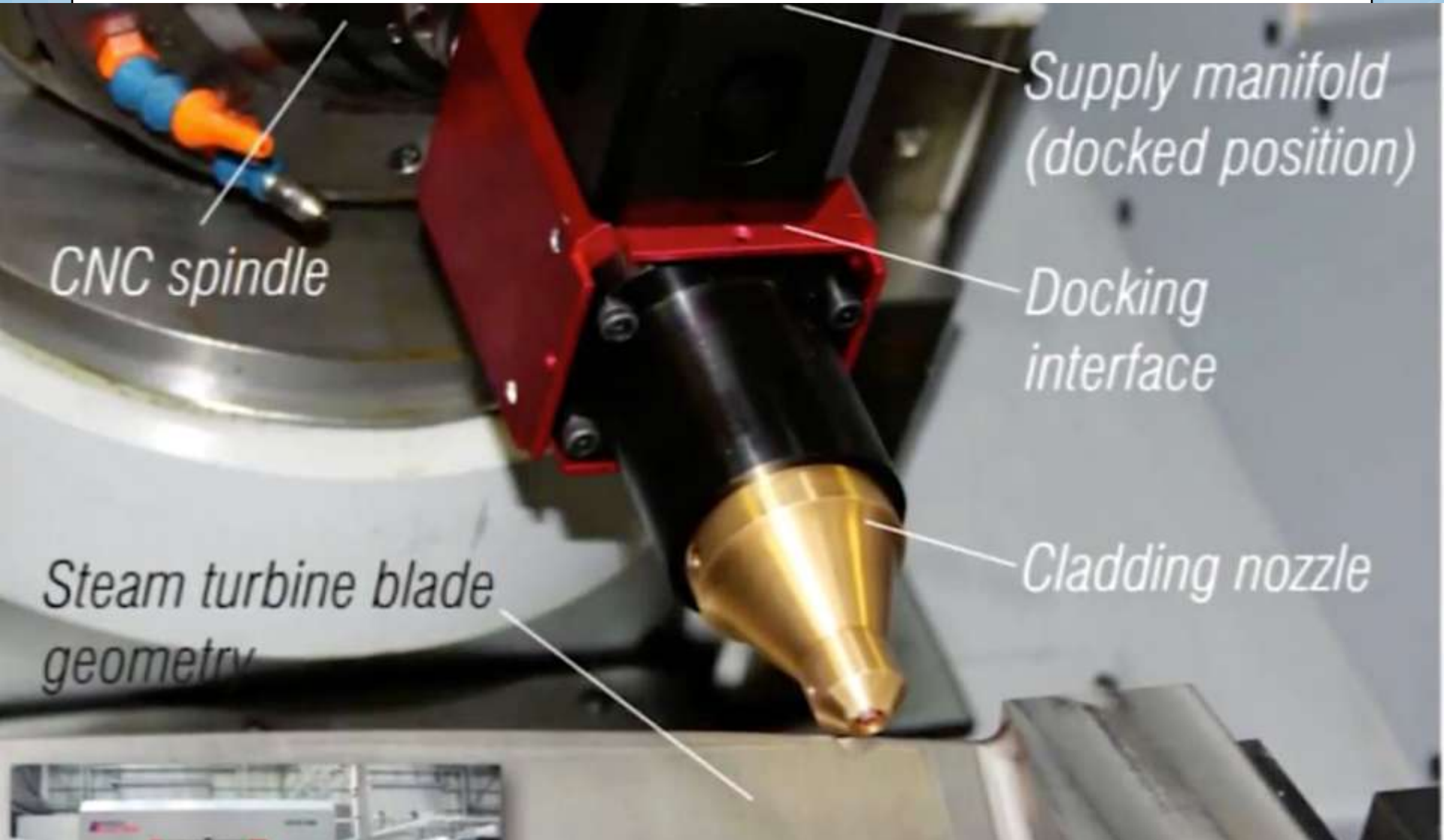
HYBRID MANUFACTURING TECHNOLOGIES





HYBRID MANUFACTURING TECHNOLOGIES

堆焊打印头



CNC spindle

Supply manifold
(docked position)

Docking
interface

Cladding nozzle

Steam turbine blade
geometry

Hybrid堆焊打印头应用案例



金属3D打印 的新进展

超声3D打印和 铣削的集成



发言席

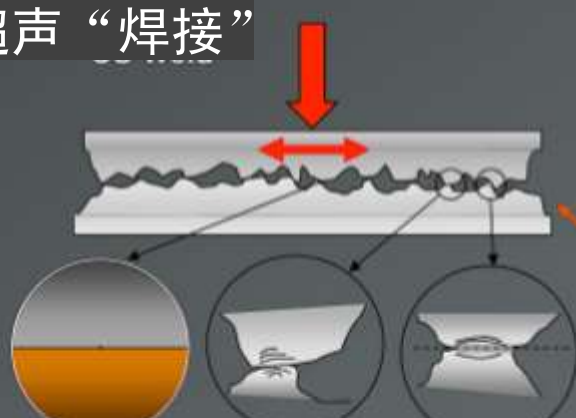
超声3D打印和铣削的集成

- 产品设计创新不仅导致零件的结构和形状复杂，往往还要求一个零件是由不同材料构成，以获得更佳的物理性能，例如表面材料要硬，里面的材料要软，有时还要将电子器件密封嵌入零件里。
- 超声3D打印是借助产生超声振动的滚压轮将金属薄带“摩擦焊”在一起，然后用铣削方法加工出轮廓，周而复始，一层层叠加成零件。
- 超声3D打印的过程没有高温，两层金属箔在相变以前粘合在一起，不会导致金相结构的变化、物理性能的改变和零件的热变形。

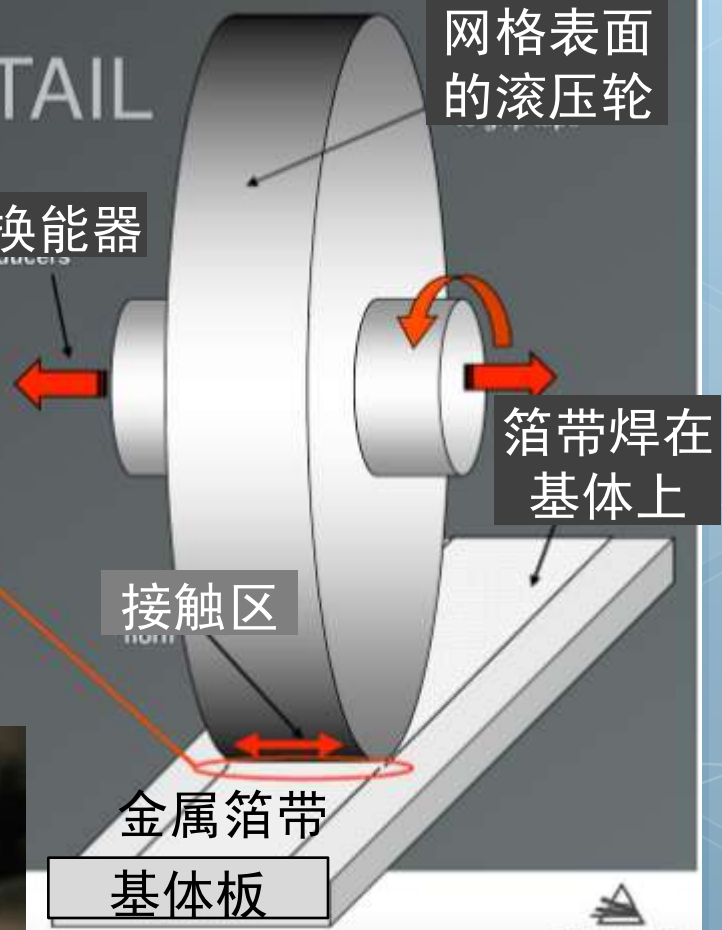
超声3D打印和铣削的集成

A BIT MORE DETAIL

超声“焊接”



超声换能器



铜箔带

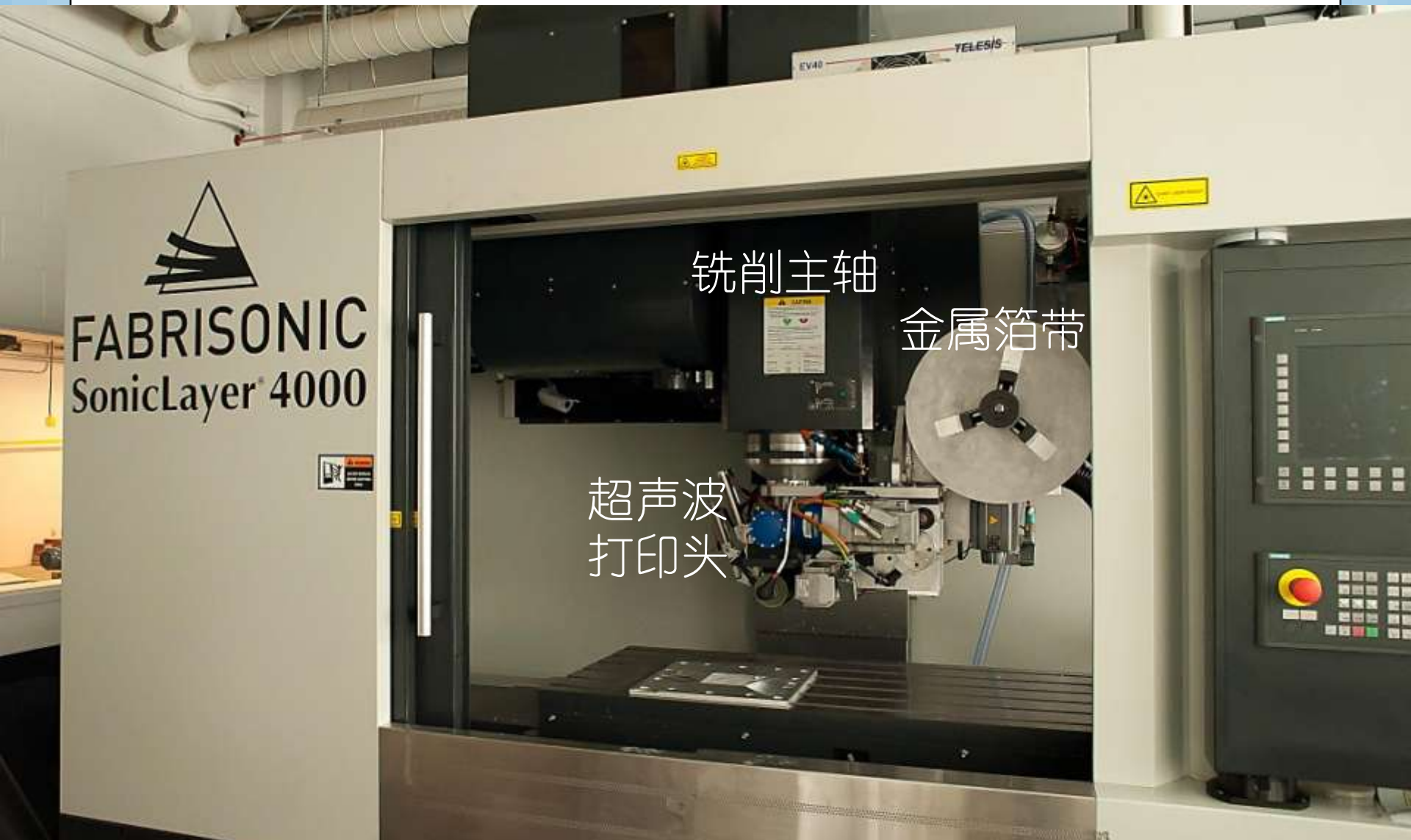
铝箔带

超声3D打印后

超声3D打印前



超声3D打印和铣削的集成



铣削主轴

金属箔带

超声波
打印头

FABRISONIC
SonicLayer 4000

金属3D打印 的新进展

结束语



发言席

结束语

- 金属3D打印是数字化**直接**制造、**按需**制造和**就地**制造，是智能制造的主要支撑技术
- 金属3D打印的**发展趋势**是：
 - ① 从快速原型制作到金属零件制造；
 - ② 从增材制造到增材和切削加工的集成；
 - ③ 从单一材料结构到多种材料和嵌入结构。
- 金属3D打印新进展为产品设计**创新**开辟了广阔空间，设计师的精力**聚焦于**产品的功能和性能开发，**无需**考虑如何去制造。

金属3D打印 的新进展

谢谢大家！



发言席