

整体硬质合金刀具研究与应用开发

株洲钻石硬质合金切削刀具股份公司

何云博士
2006年4月

主要内容

- 研究与应用背景
- 钻头容屑槽研究
SU, ST, SH系列钻头的开发
- 解决加工方案与铣削技术
HH硬切削系列铣刀的开发
- 结束语

1、研究与应用背景

研发能力概况

总资产约为5个亿，现为我国最大和最先进的高性能精密硬质合金可转位刀片、刀具和整体硬质合金刀具的生产和研发基地。

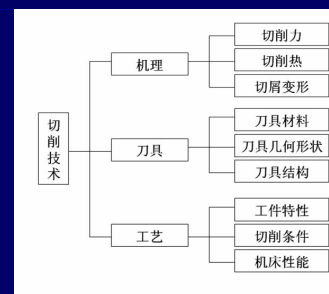
- 1、公司拥有一支较强的科研开发队伍，现有科研人员近80余人，占员工总人数的10%，其中，博士10余人，硕士研究生10余人，本科学历以上人员全部拥有本科以上学历。
- 2、公司目前有两个博士后工作站：
 - 切削技术博士后工作站
 - 金属陶瓷博士后工作站
- 3、公司研发中心：
 - 刀片材质、涂层技术研究部
 - 刀具设计、工具系统研究部
 - 刀具应用技术的研发部



整体刀具的发展过程

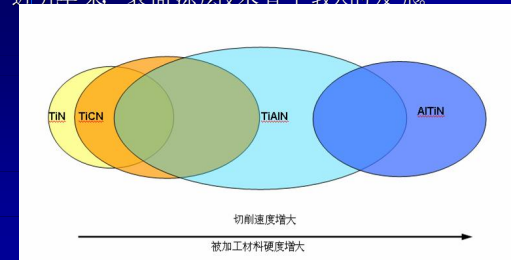
- 第一阶段：1992~1994年，**引进期**
Guehring Automation技术的引进和消化，以4大类产品为基础
- 第二阶段：1995~1997年，**磨合期**
进入技术和市场的磨合期，以摩托车制造行业为依托
- 第三阶段：1998~1999年，**过渡期**
产品和市场向空调压缩机、汽车发动机、航空零件转移和过渡
- 第四阶段：2000~2004年，**发展期**
通过技术和设备的更新，强化和提升了主导产品，实现了高速发展
- 第五阶段：2005年~，**跨越期**
步入生产规模化、产品系列化、研发系统化，逐渐走上自主创新

研究工作涉及的内容



应用背景

近几年来，表面涂层技术有了较大的发展。





nc-TiAlN涂层表面



nc-TiAlN涂层

纳米结构nc-TiAlN 涂层

- ◆ 平滑的涂层表面，减小摩擦，切屑更流畅
- ◆ 独特的纳米结构涂层，韧性和硬度更高，与基体结合力更强
- ◆ 涂层突出的热稳定性和化学稳定性为切削刀具提供了有效的防护

高性能AlTiN涂层

高性能的AlTiN涂层针对不锈钢、高温合金等难加工材料领域进行了优化，在保证纳米结构TiAlN涂层高韧性和光滑表面的同时，提高了涂层的Al含量，具有比TiAlN涂层更高的高温硬度、抗氧化性和热稳定性，体现了优异的抗磨粒磨损和粘着磨损性能。

主要牌号

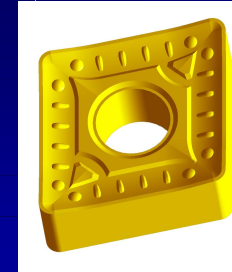
KMG03 耐磨性和韧性良好匹配的超细合金基体与纳米结构的nc-TiAlN涂层组合，主要用于在高的切削速度条件下铣削HRC≤48的碳钢、合金钢、铸铁、不锈钢，在一般切削速度条件的加工Ni基高温合金。

KMG05 高强度、高韧性和高耐磨性好的超细合金基体与AlTiN涂层组合，适宜于不锈钢、钛合金、高温合金、高强度材料的铣削加工，也可用于加工合金钢、铸铁，是淬硬材料HRC48-63在高速铣削条件的理想牌号。

KDG03 强度、韧性和耐磨性好的超细合金基体与针对钻削加工优化设计的纳米结构nc-TiAlN涂层组合，适宜于在高的切削速度下钻削HRC≤40的碳钢、合金钢、铸铁、不锈钢、Ni基高温合金等材料，可用于干式钻削。

研究经历

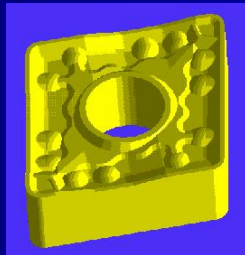
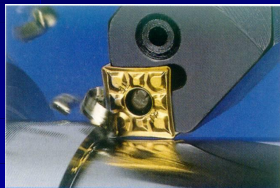
中南大学 第一站博士后
2000年6月 ~ 2002年10月



解决的关键技术有：

- 1、断屑机理和槽型设计的原理
- 2、槽型设计的建模方法
- 3、槽型的CAD/CAM
- 4、表面CVD涂层技术

槽型由复杂的三维曲面构成。设计断屑槽的目的就是使切屑能按预先设定的方式，进行卷曲、流动和折断，从而实现对切屑的有效控制。



研究经历

上海交通大学 第二站博士后
2002年11月 ~ 2005年5月

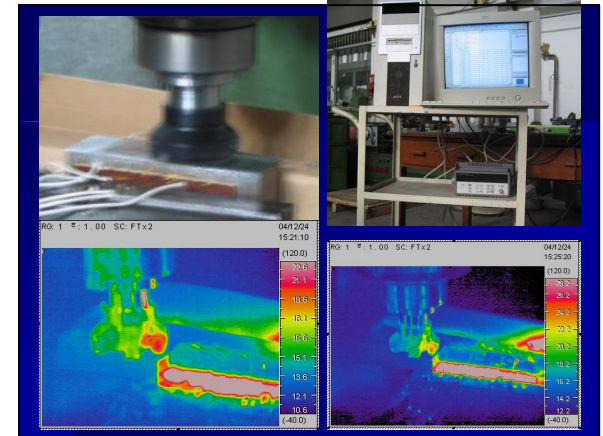


切削热产生示意图

- 切削机理研究—切削热分析与计算

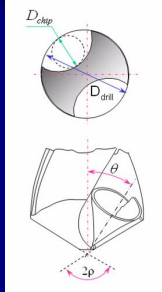
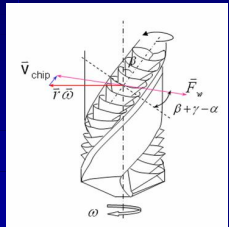
研究意义

研究三维复杂槽型铣刀片在铣削过程中切削热量在工作、刀具和切屑三者间的分配问题，为铣刀片槽型设计和合理使用刀具提供理论依据。



研究经历

美国密执根大学 访问研究
2004年3月 ~ 2004年9月

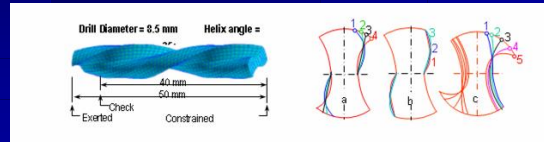


槽型对切屑附加变形的影响与计算

研究经历

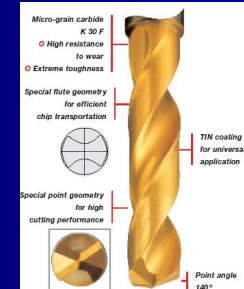
美国密执根大学 访问研究

钻头刚度受槽型结构影响与计算



2 钻头容屑槽研究

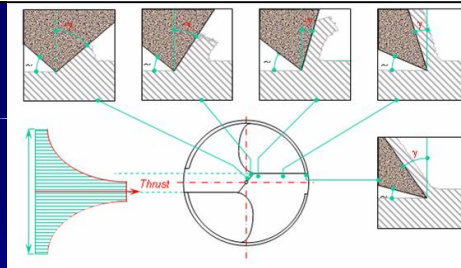
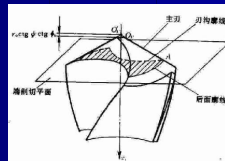
- 材质和表面涂层
- 容屑槽结构
- 钻尖形状



钻头主刃的形成原理

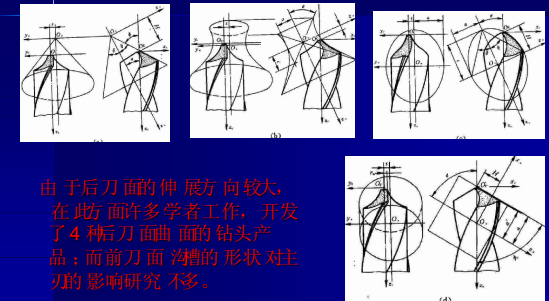


主刃是参与金属切削最核心的部分，它是由前刀面与后刀面相交而成的空间曲线。



由于钻头主刃各点几何参数（前角、后角）不同，切削过程受力也不同（如图所示），同时钻削又是一个半封闭的加工过程，因此容屑槽的设计应当远比车刀槽型复杂的多。

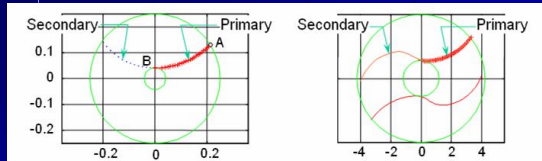
钻头主刃的形成原理



由于后刀面的伸展方向较大，在此方面许多学者工作，开发了4种后刀面曲面的钻头产品；而前刀面沟槽的形状对主刃的影响研究不多。

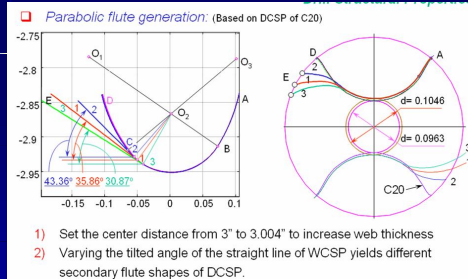
容屑槽作用机理

- 容屑槽可看成由两部分组成，如图所示



- 其中“Primary”部分，与后刀面构成的切削主刃起到参与切削作用，而“Secondary”部分，主要控制切屑的形状和流动，起到排屑的作用。这种理解与车刀片槽型的构成极其相似。

容屑槽的磨削原理及工艺问题



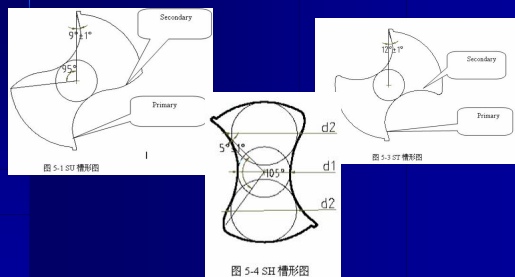
- 1) Set the center distance from 3" to 3.004" to increase web thickness
- 2) Varying the tilted angle of the straight line of WCSP yields different secondary flute shapes of DCSP.

- 砂轮廓形与钻头槽形间的双向求解的算法。一般机床厂家已开发了专用软件来处理。如Gühring机床Prisma软件 和ANC机床Fit软件

SU, ST, SH新系列钻头的开发设计思路

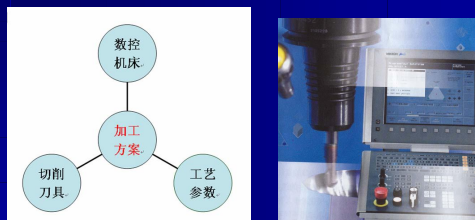
- SU 定位于通用 (适用于P类 N类 K类 多种材料的加工)，适用的工件硬度范围为HRC15-35。
- ST钻头 定位于专用 (适用于M类 S类 低碳钢 (硬度HB<180)) 等多种材料的加工，被加工材料大多塑性，韧性较高。
- SH 定位于专用 (适用于硬材料 HRC可达48)，高强度钢 (抗拉强度 $b \leq 1500\text{N/mm}$ 的加工)。

SU, ST, SH新系列的开发基本槽形



3 解决加工方案与铣削技术

对于现代化生产，工具行业不仅要为客户提供刀具产品，还应为客户提供全过程的技术服务。而解决加工方案是最基本的要求。



客户对解决加工方案的需求

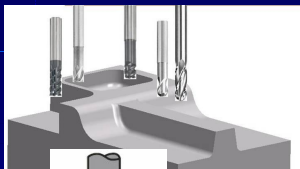
- 数控机床 机床刚性，主轴转速，控制系统，多轴联动
- 工艺参数 工件材料，切削参数，加工轨迹，润滑方式
- 切削刀具 刀具材料，切削角度，表面处理，装夹方式

根据供应链管理理论，现在越来越多的客户需要刀具供应商提供包含解决加工方案的刀具产品。

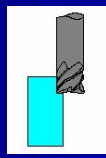
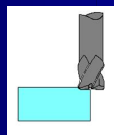
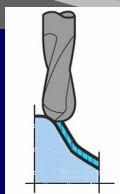
HH 硬切削铣刀系列的开发 设计思路

根据模具加工以及硬材料加工的特点总结出HH系列刀具设计思路

- 从实现对解决模具加工方案入手，设计三种刀型铣刀，并形成系列；
- 考虑切削加工特点，在刀具材质、涂层特别是几何结构参数上进行了优化设计；
- 为保证模具精加工要求，对圆角铣刀提出了精度要求和工艺要求。



三种刀型铣刀构成系列，可完成任何曲面的加工。

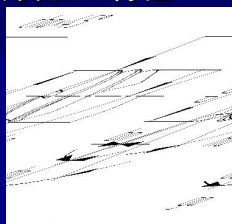
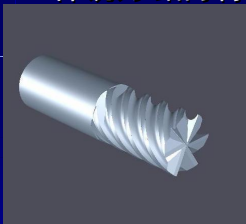


对解决加工方案的理解



- 对于数控加工工序的可转位铣刀，有5种刀具可用于完成任何型面的加工：一把三面铣（R331）、两把面铣刀（R245和R200）、一把方扁铣刀（R290）和一把立铣刀（R390）。

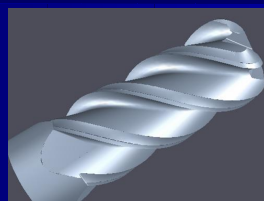
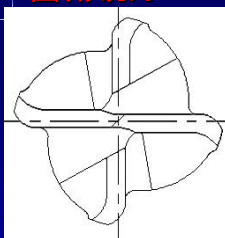
3种铣刀结构特点及加工特性



圆角立铣刀采用了 55° 大螺旋角以及 -15° 大的负前角的设计，保证了刀具刃口的强度。同时由于螺旋角大，因此刀具的实际工作前角增大所以也具有一定的锋利性。在铣削方式上，圆角立铣刀侧重于以侧铣加工为主。

3种铣刀结构特点及加工特性

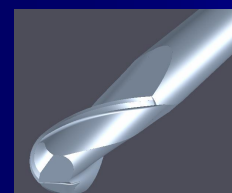
圆角铣刀



采用端齿过中心（图示）以及带缩颈的设计方法，可以轴向和径向进刀，因此可以用来进行轮廓铣以及一些仿型铣削，替代一部分球头铣刀的使用。

3种铣刀结构特点及加工特性

球头铣刀



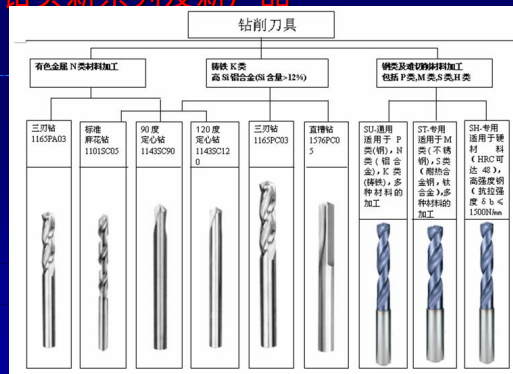
- 用在仿形铣或加工空间复杂曲面，通常用于精加工。由于球头铣刀端刃过中心，因此球头铣刀既可轴向进刀也可以径向进刀。

- 球头铣刀中心切削速度为0，在切削过程中挤压工件。球头中心是球头立铣刀最容易磨损的部位，因此在切削时尽量采用倾斜一定角度来避免中心切削。

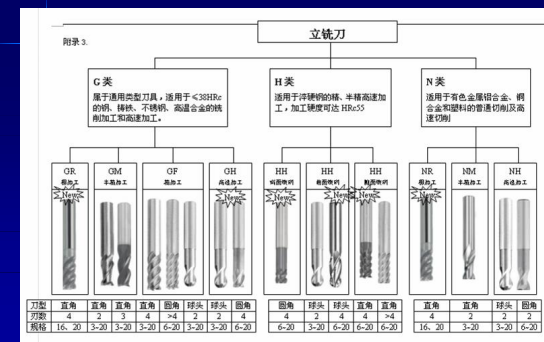
结束语

- 公司在92年引进德国 Gühring 技术基础上, 经过十几年的努力, 目前已成为国内最大规模的整体硬质合金刀具生产、研发基地; 近两年来, 结合刀片槽型和涂层的研究成果, 开发了新型钻头系列, 逐渐走上自主创新的道路。
- 公司研发设计理念已有了转变, 即对于现代化生产, 工具行业不仅要为客户设计刀具产品, 还应为客户提供解决加工方案的技术服务。

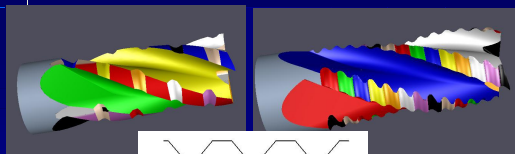
钻头新系列及新产品



铣刀新系列及新产品



其他非标、异型刀具的开发



玉米铣刀周刃刃口轮廓



后波刃铣刀周刃刃口轮廓

致谢

感谢来自全国各地的专家、学者对我们工作的支持和指导!

谢谢!