

切削过程物理行为建模与智能切削数据库

陈明 教授

上海交通大学

提纲

- 一. 问题的提出
- 二. 研究内容
- 三. 研究方法
- 四. 切削过程物理行为建模
- 五. 国际上公认的研究成果和现状
- 六. 产学研大平台建设
- 七. 研究工作积累

问题的提出-基础科学理论问题

切削过程本质特点:

- ✓ 高速切削过程具有非线性、时变、大应变(大于1)、高应变率(10000/s - 100000/s)、高温(200°C - 1200°C)、高压(2 - 3GPa)、多场耦合(力-热)等特点

切削的基本科学问题尚未解决:

- ✓ 切屑变形机理
- ✓ 高应变率下的切屑变形形态
- ✓ 变形过程与变形度量
- ✓ 变形规律与变形过程模型
- ✓ 高速切削方程式与高速切削临界速度

问题的提出-基础科学理论问题

切削物理模型难以建立

- ✓ 动态切削力模型
- ✓ 切削温度模型
- ✓ 切削振动模型
- ✓ 刀具磨损模型

切削摩擦学机理尚未明了

- ✓ 内外摩擦(stick-slip)
- ✓ 边界摩擦

基础理论研究是技术创新的前提

问题的提出-应用技术问题

加工精度与表面质量的预测与控制

数字化制造支撑平台-切削数据库

难加工材料、难加工典型结构的加工需要核心工艺技术

钛合金、高温合金、大型整体薄壁件

高端制造中瓶颈技术、问题突出

基于力-热耦合作用的加工精度与表面质量控制问题

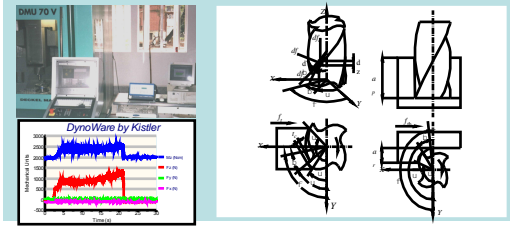
研究内容

加工制造中物理场复合作用机理及其数字仿真
物理约束、几何约束与零件性能约束相容性分析
加工制造过程的工艺优化与精度保证
高精度零件制造的数字化仿真平台
智能切削数据库

◆ 多学科交叉-切削学、摩擦学、动力学、运动学、材料学、传热学

◆ 多项技术融合-切削试验、动态跟踪、理化试验、模拟仿真、数据库、网络

切削力模型



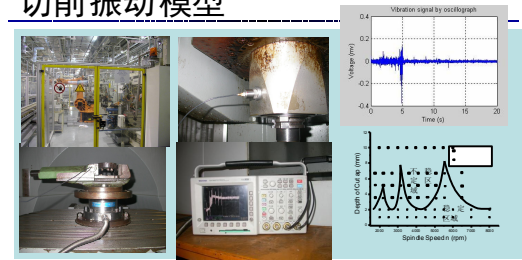
◆ 切削力来源 材料切削加工中 弹塑性变形、切屑对前刀面的摩擦、后刀面对过渡表面和已加工表面的摩擦

切削温度模型



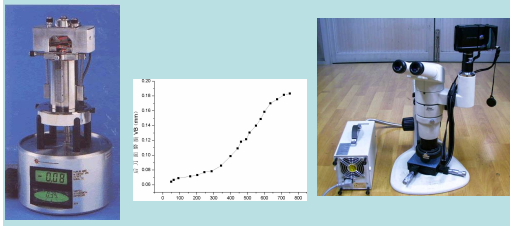
◆ 切削热来源 弹塑性变形 和摩擦 产生热

切削振动模型



◆ 来源 切削加工 系统动态切削力

刀具磨损模型



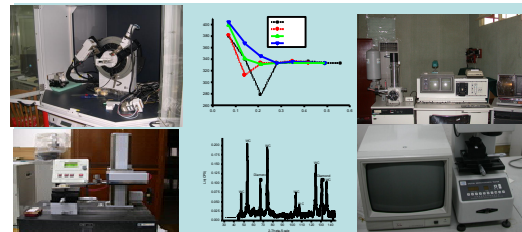
◆ 刀具磨损原因: 硬质点磨损、粘结磨损、扩散磨损、化学磨损、相变磨损

切屑形成机理模型试验验证



◆ 切屑分类 带状切屑、挤裂切屑、单元切屑、崩碎切屑

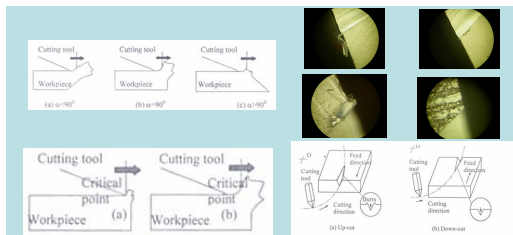
表面质量模型



◆ 概念 表面粗糙度、表面层残余应力、表面硬度、表面层金相组织

◆ 创成 切削力、切削热、切削振动 复合作用结果

毛刺形成机理模型与主动控制



- ◆ 用途 国防、生物医学、化学、民用—雷达馈电面板、航天发动机尾喷管、不锈钢管内壁、阀门
- ◆ 重要性：加工制造瓶颈

2

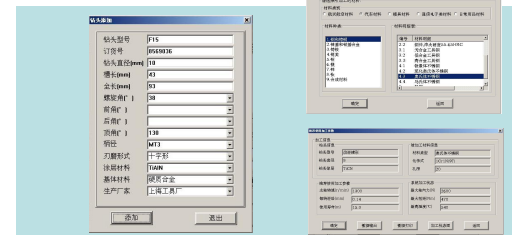
智能切削数据库与刀具数据库



- ◆ 数字化制造基本支撑平台：刀具应用企业、材料开发企业、刀具制造企业

13

智能切削数据库与刀具数据库



- ◆ 数字化制造基本支撑平台：工艺过程优化、制造精度控制、加工表面质量控制

14

数字化制造过程优化实施路线图

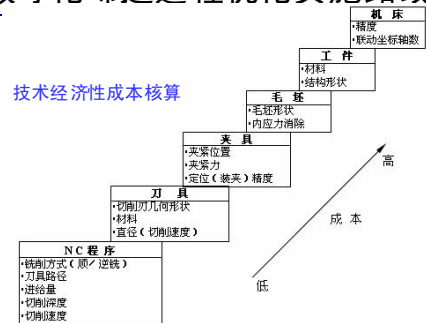


图 4 数控铣削加工工艺的优化途径

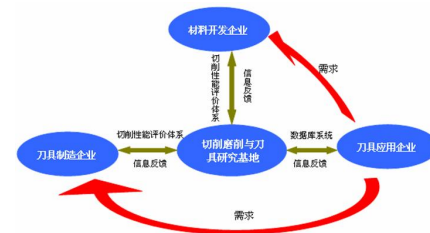
15

研究基地建设—产学研相结合



16

产学研大平台—良性互动



17

已有研究基础—已切削工件材料

难加工材料、有色金属、黑色金属、复合材料、陶瓷材料；

✓ 切削材料48种，重达数吨。

1. 高温合金：6种镍基高温合金1种铁基高温合金
(GH738 GH4033, GH3033, GH3044, GH4169, GH6A) 和 (GH696);
2. 钛合金：T G、T 0、T Q1;
3. 不锈钢 奥氏体0 Cr18Ni9Ti、马氏体2 Cr13和铁素体1 Cr17;
4. 模具钢 淬硬模具钢KD11
5. 结构钢 40 Cr、45、高 Cr 钢
6. 铸铁 灰铸铁HT250和球墨铸铁QT500;
7. 铝合金：防锈铝合金(热处理强化2A12)、硬铝合金、硅铝合金(体积百分比 8% Si/Al、12% Si/Al、20% Si/Al) ;
8. 复合材料：铝基复合材料(Si C与Si体积百分比变化：02vol% Si C/Al、(8ol% Si C+50vol% Si)/Al、(12vol% Si C+50vol% Si)/Al、65vol% Si/Al、(4vol% Si C+5 8ol% Si)/Al)、纤维增强复合材料(凯夫拉)
9. 易切削钢 1213、1215、1110等12种
10. 防护橡胶
11. 陶瓷

18

已有研究基础—已应用切削刀具

刀具材料：

- ✓ 高速钢 硬质合金、金刚石、立方氮化硼、陶瓷

刀具表面处理：

- ✓ 氧化处理、TiN涂层、TiAlN涂层、TiCN涂层、TiN+Al₂O₃+TiCN涂层、金刚石涂层、类金刚石(DLC)涂层

刀具种类

- ✓ 铣刀、钻头、车刀、丝锥、组合刀具、砂轮等。

19

研究工作积累

切削形成机理的仿真与验证

- ✓ 材料覆盖面广、加工方式全面(车、端铣、槽铣、钻、攻丝)、综合考虑刀具材料与结构影响(涂层、螺旋槽、齿数、参数变化范围大(高、低))

临界切削速度问题的探索

- ✓ 铝合金、钛合金、高温合金、铸铁

刀具磨损机理与先进刀具应用

- ✓ 切削性能评价体系、高效不锈钢钻头、硬质合金丝锥和钛合金铣刀、富钨涂层刀具、金刚石涂层刀具

切削过程物理建模与数值仿真

- ✓ 钛合金、铝合金高速切削力、温度、振动模型、应力应变模型

切削加工表面质量建模

- ✓ 表面粗糙度模型、残余应力预测模型、表面白层控制模型、表面缺陷控制、毛刺主动控制技术(车、端铣、槽铣、钻、攻丝)

切削数据库

- ✓ 基于切削过程物理建模与数值仿真的智能切削刀具数据库

20

20年代校门及校园鸟瞰(徐汇)



21

现在校门及校园鸟瞰(徐汇)



22

现在校门及校园鸟瞰(闵行)



23

谢谢各位!

- 欢迎您到上海交通大学 参观指导工作!

24