

如何解决刀具振动问题 (一)

山特维克可乐满中国培训中心 (北京 100004) 李 民

TH/1B

在金属切削加工领域, 刀具振动的解决一直是一个老大难问题。国内的刀具切削振动的研究还停留在理论上, 并且其中很多观念已经过时, 因为越来越多进口机夹刀具进入我们的车间, 许多刀具不允许进行刀片的修磨或刀体的改动。另一方面, 解决刀具振动本来是刀具供应商的责任, 而我们传统的车间哲学喜欢自己组织力量对刀具进行技术攻关, 如果缺乏对现代机夹刀具工作原理的了解, 就会在解决问题的过程中浪费大量的时间和人力, 即便当前的刀具问题解决了, 往往是以牺牲生产效率为代价, 甚至造成了新的隐患。

山特维克可乐满致力于解决刀具振动进行了35年的不断努力, 拥有全面的消振刀具产品可用于镗铣钻削加工, 产品主要应用在模具制造业、工程机械和航空航天工业等诸多领域, 仅2001年其TEENESS避振刀杆在全球的销售额就相当于7 000多万元人民币, 而且形成了一套在实践中行之有效的理论, 感谢《机械工人》杂志社提供这个机会, 将这些理论中侧重实际应用的部分介绍给大家。文章分为四个部分: ①分析刀具振动的原因和消除刀具振动的三原则。②如何降低或抑制切削力从而减轻振动。③如何提高刀具的静态刚性。④如何提高刀具的动态刚性和阻尼刀杆消振的工作原理。

1. 刀具振动的原因和消振三原则

刀具振动实际应该叫“切削振动”, 通常发生在长悬臂刀杆的镗削和铣削, 薄壁件的切削加工, 细长杆的车削等等。当环保做为车间考核的标准时, 高速钻削产生的高频啸叫也和振动噪声一起列为技术公害。切削振动顾名思义只有在刀具进行切削时才产生, 如果振动来自非切削因素如不稳定的机床地基、机床丝杠的间隙、主轴轴承的损坏甚至几百米以外火车的经过而产生的振动我们叫做强迫振动, 这种振动不伴随噪声而非我们讨论的话题。切削振动产生噪声, 但噪声并不是全由切削振动引起发生, 机夹端面铣刀在100m/min以上的切削速度、0.1mm/z以上的进给量、铣削3mm的切深,

即便是铣削灰铸铁也会产生接近90dB的噪声, 而低频切削振动噪声常低于此值。切削振动是自激振动是一种正弦波振动, 除了用专业仪器测量振动频率与波长外, 最明显的是工件被加工表面有振纹。

我们可将振动分为三种, 它们是高频振动、中频振动和低频振动, 相关的描述如下:

声音	加工表面质量	产生条件
高频啸叫类 似哨音 (whistle scream)	类似起皱的丝 绸	小直径细长刀杆或者薄壁工 件进行高转速切削
中频振动类 似汽车笛声 (horn)	类似鱼鳞	中等直径铣刀杆中低转速, 刀杆长径比超过5, 刀杆振动
低频振动类 似蛙鸣 (frog horn)	类似鱼鳞但是 之间的波纹很大 又平缓	大型结构工件产生自振, 比 如人的壳体, 若是刀杆同时振 动, 可能是刀头过重而刀杆 连接部位配合不好, 同时刀杆 总长超长, 转速通常在100 r/min以下

切削振动的物理模型可以按照下面描述, 进而分析消除振动的方法。图1中方块 m 为一个没有弹性的质量块, 而弹簧 S 假设只有弹性没有质量, 质量块 m 通过弹簧悬挂在上梁上并位于静止点 A , m 与 S 构成一个具有一定固有频率的质量体。给 m 一个向下的锤激力 F , 那么 m 将向下运动到 B 点直到弹簧将它拉回到 C 点, 如果没有重力和空气阻力 m 将永远保持这样一个往复窜动。如果我们按照一定的频率重复锤激力 F , 使这个外力频率与 m 的窜动频率发生共振, 从而使这一系统克服了其他力而振动起来。

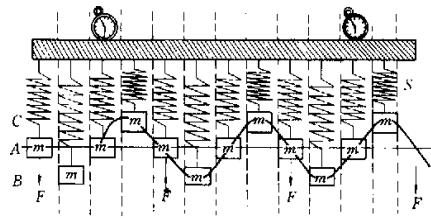


图 1



以内孔车刀杆的振动分析(图2)为例:刀尖切削工件时会产生切削力,这个力使镗刀杆产生弹性变形,当刀尖上的切屑断掉后,刀杆的弹变不恢复了,因为内孔车刀是按照程序以工件每转一转刀尖向前多少毫米匀速前进,所以切屑不断产生

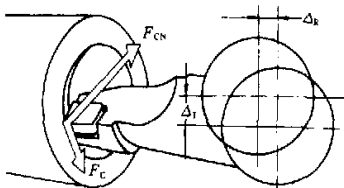


图 2

再断掉,那么径向切削力随着切屑的生成和断裂由大到小不断变化,形成正弦波动镗削力 F , F 是动态的,不仅是力的大小而且方向也是一直有规律的变化,如果切削力的变化频率等于或在刀具固有弹变频率范围之内,镗削振动就产生了。细长的刀杆就是一个 m 与 S 的结合体,是一个具有一定固有频率的质量体,只不过其与外交变力 F 产生共振的固有频率同粗壮的镗杆相比要低,而且刀杆的长径比值越大其固有频率越低(机加工中内孔车削也是镗削)。

任何强壮的刀杆都不能确保切削时刀杆不会产生弹变,实际上刀片在切削时都是颤动的,但是只有弹变足够大时颤动才变为振动。

我们可以得到这样的结论:刀具在切削工件时发生振动需要有下面三个条件同时存在:第一是包括刀具在内的工艺系统刚性不足导致其固有频率低。第二是切削产生了一个足够大的外激力。第三是这个外激力的频率与工艺系统的固有频率相同随即产生共振。

常见的机夹刀片车镗刀具与铣刀的切削振动条件如下:

机加工描述	产生振动的极限条件
外圆车削	被定义为细长轴的零件外圆车削,通常由尾部顶尖支撑但是没有跟刀架
内孔车削、 镗削	通用的 40HRC 以上的合金钢刀杆,刀杆夹持悬深与刀杆直径比大于 4;同时刀杆夹紧采用螺栓侧压,定位采用 V 形铁或孔柱间隙配合;刀尖偏离孔中心线 0.1mm 以上
内螺纹车削	通用的 40HRC 以上的合金钢刀杆,刀杆夹持悬深与刀杆直径比大于 3 刀片牙型与螺纹牙型不一致 刀杆夹紧采用螺栓侧压,定位采用 V 形铁或孔柱间隙配合

(续)

机加工描述	产生振动的极限条件
内孔槽的车削或镗削	通用的 40HRC 以上的合金钢刀杆,刀杆夹持悬深与刀杆直径比大于 2 刀杆夹紧采用螺栓侧压,定位采用 V 形铁或孔柱间隙配合
铣削	通用的 40HRC 以上的合金钢刀杆,刀杆从主轴端部向外悬深与刀杆直径比大于 3~4 模块化刀杆的模块接口磨损影响定位或者接口类型不适合铣削加工 刀杆的模块化接口之间拉紧力不够

那么消除刀具振动的方法不外乎根据下面三个原理:

第一是减小切削力至最小。

第二是尽量增强刀具系统或者夹具与工件的静态刚性。

第三则是在刀杆内部再制造一个振动去打乱外激切削力的振频,从而消除刀具振动。

(待续) (收稿日期:20021205)

信息

“汽车冲模标准汇编”出版

“汽车冲模标准汇编”一书(上、下册),由中国模协汽车车身模具及装备委员会秘书处组织全国主要汽车模具制造和标准件制造企业编制而成,通过有关部门进行标准审查并组织印刷出版。

“汇编”编入汽车冲模(也适用其他机械冲模)中常用的 15 类零件、合件、机构件合计 744 项,含模架端头、模架、模座、导向装置、安装装置、起重装置、限位装置、冲切装置、成翻装置、定位装置、压退料装置、进出料装置、气动装置、侧冲(斜楔)装置、定位装置、压退料装置、进出料装置、气动装置、侧冲(斜楔)装置、弹性装置及紧固元件等,其中大多数经过生产实践验证、性能可靠。“汇编”采用施工图形式,以便自制与外购的标准统一。

本“汇编”为 1993 年版本的修订版,除部分修订外,增加了汽车覆盖件冲模的模架及模架端头、补充快速凸模品种、气动顶出应用标准及氮气弹簧供货标准,扩大了冲模标准化程度,是汽车覆盖件模具设计人员与制造工艺人员必备的工具书,也是汽车车身制造重要的工具书,也可作为汽车车身设计与制造大专院校冲模专业师生的参考书。

“汽车冲模标准汇编”2002 版本(蓝皮书)出版的同时即宣布 1993 年版(绿皮书)停止使用,望众知。

欲订购本“汇编”者请与中国模协汽车车身模具及装备委员会秘书处联系。

电话:022-24712012 联系人:荆梦林