

车削超硬材料时机床的动态特性分析

李 艳¹, 郑和伟², 李丙才²

(1. 中国石油渤海物资设备有限公司 兰州石油化工机械厂, 甘肃 兰州 730060;

2. 兰州理工大学 机电工程学院, 甘肃 兰州 730050)

摘要:为研究车削超硬材料对机床的影响,对机床进行了激振试验。阐述了在机床运转状态下进行相对激振试验的方法和原理,这样可以更接近机床的实际加工过程。用此方法测定了CW6140 万能车床的动态特性,分析了机床的薄弱模态及其对机床性能的影响。同时,通过机床运转和静止 2 种不同状态下试验结果的对比分析,得出旋转状态下的动态测试能更准确地揭示影响机床加工性能的动力学本质。

关键词:超硬材料;动态特性;激振试验

中图分类号:TH 16 **文献标志码:**A

Dynamic Analysis of Machine Tool When Turning the Super-hard Materials

LI Yan¹, ZHENG Hewei², LI Bingcai²

(1. China Petroleum Bohai Material and Equipment Co., Ltd, Petroleum and Chemical Machinery Plant of Lanzhou, Lanzhou 730060, China; 2. School of Mechatronics Engineering, Lanzhou University of Technology, Lanzhou 730050, China)

Abstract: In order to study the impact of machine tool when turning the super-hard materials, the machine was made the vibration test under the machine tool operation state. The relative excitation method and its principle under the machine tool operation state were described. This is closer to the actual machine process. And the dynamic characteristic of Universal lathe CW6140 was tested by using this method, and the effect of the fault module was analyzed. At the same time, through different conditions of dynamic and static compared which we can get a conclusion that is the dynamic performance is more accurately.

Key words: Super-hard materials, Dynamic characteristic, Vibration test

镍基、钴基合金因具有较高的抗氧化和抗腐蚀性,良好的热稳定、热疲劳性及断裂韧性等优点,常用于燃汽轮机涡轮盘、涡轮叶片与导向叶片、燃烧室及其他高温承力件与紧固件等的制造。喷涂镍基、钴基合金后,其硬度可达到 65 HRC 左右,其加工属超硬切削。

喷涂层表面喷涂冷却后会产生收缩,组织不均匀,还有可能有微气孔及夹杂等缺陷,表面不平,切削时易引起冲击和振动,对机床也会产生一定的影响。本文通过试验分析测定法来分析评定机床的振动特性。

1 试验方案

激振试验法以柔度频率特性为基本原理,即以车床动柔度的最大负实部作为鉴定车床的动态特性的指标,其值越大,则机床动态性能越差。在适当位置(例如刀具与工件之间)对机床施加外部激振力,并在机床的各有关部位安放测振传感器,通过测试设备同时测定激振信号和响应信号,再经分析设备对测得的 2 种信号进行分析和处理,可求得车床系统的频率分布及动柔度,进而判别车床动态性能。

为了使机床的动态测试试验更接近实际加工过

程,以机床主轴旋转作为试验状态,通过非接触式的电磁激振器在主轴、工件和刀具之间产生激振力来模拟实际切削力。测试系统如图 1 所示。

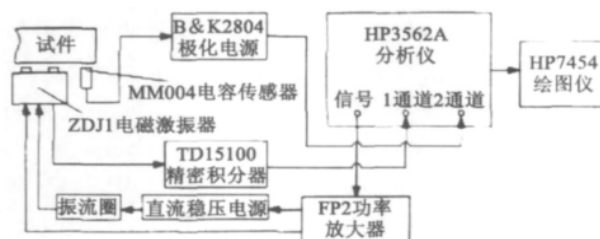


图 1 激振试验测试系统

该测试系统主要包括激振力产生、激振力测量、振动响应测量和数据处理几个部分。ZDJ1 电磁激振器实现激振力的产生和测量,电磁激振器内部放置有 3 套线圈,1 套直流线圈,产生恒定磁场;1 套交流线圈,产生激振力;还有 1 套检测线圈,测量激振力。HP3562A 动态信号仪是数据处理设备,该设备可以根据测量要求对不同物理量进行时域分析及频域分析。

ZDJ1 电磁激振器在输入直流电(电流大小由 FP2 功率放大器控制)建立起恒定磁场的基础上,由 HP3562A 分析仪发出的正弦电压信号,经过 FP2

功率放大器进行放大,给激振器提供与电压信号成正比的电流,使激振器产生符合要求的激振力。产生的激振力由力检测线圈输出,经 TD15100 精密积分器输入 FFT 分析仪;拾振则采用 MM004 电容式位移传感器,并经 B&K2804 极化电源把位移响应信号送到 FFT 分析仪。经过相关性分析、传递函数分析,得到机床的动柔度、幅频、相频特性曲线。

分析系统传递函数实频图和虚频图,可得到各种转速下车床一刀架系统的模态分布。各阶模态的共振频率和交叉动柔度如表 1 所示。

表 1 共振频率和交叉动柔度

主轴运转状态/ $r \cdot \text{min}^{-1}$	模态	共振频率/Hz	动柔度/ $\mu\text{m} \cdot \text{N}^{-1}$
$n=0$ (静止)	1	149.37	0.922
	2	213.75	0.375
	3	308.75	0.109
$n=200$ (低速挡)	1	147.50	0.725
	2	215.00	0.258
	3	303.12	0.055
$n=800$ (中速挡)	1	147.50	0.649
	2	213.75	0.084
	3	305.62	0.036
$n=3\ 000$ (高速挡)	1	148.75	0.481
	2	215.62	0.202
	3	307.50	0.057

2 试验结果及分析

选择 CW6140 万能车床车削喷涂 Ni60 合金的轴套进行测试。为了分析车床在不同转速下的动态特性,选择了主轴转速 n 分别为 0、220、800、3 000 r/min 4 种试验工况进行分析研究。图 2、图 3 分别是主轴转速 n 为 0、3 000 r/min 时,试件相对于刀架在正弦激振下拾振方向的试验谱图,从上到下依次是系统频响函数幅频图、激振力功率谱图、系统频响函数实频图、系统频响函数虚频图和 Nyquist 图。

从车床工件和刀架之间相对位移响应的幅频特性和交叉动柔度的计算值分析可知,该车床的主要频率响应分布在 500 Hz 以下,共有 3 阶模态,分别是 148 Hz、214 Hz、307 Hz,其中第 1 阶模态 148 Hz 的峰值最大。从 Nyquist 图可以看出,第 1 阶模态具有最大的负实部,它对车床结构的抗振性影响最大,同时又具有最大的矢量幅值,说明它对车床的切削加工精度的影响也是最大的。因此,148 Hz 的模态既影响该车床的切削抗振性,又影响切削加工精度;第 2 模态 214 Hz 具有较大的峰值,同时也具有一定的负实部,对车床的切削抗振性和切削加工精度有一定的影响;第 3 模态 307 Hz 的幅值最小,而且没有负实部,对车床性能影响较小。

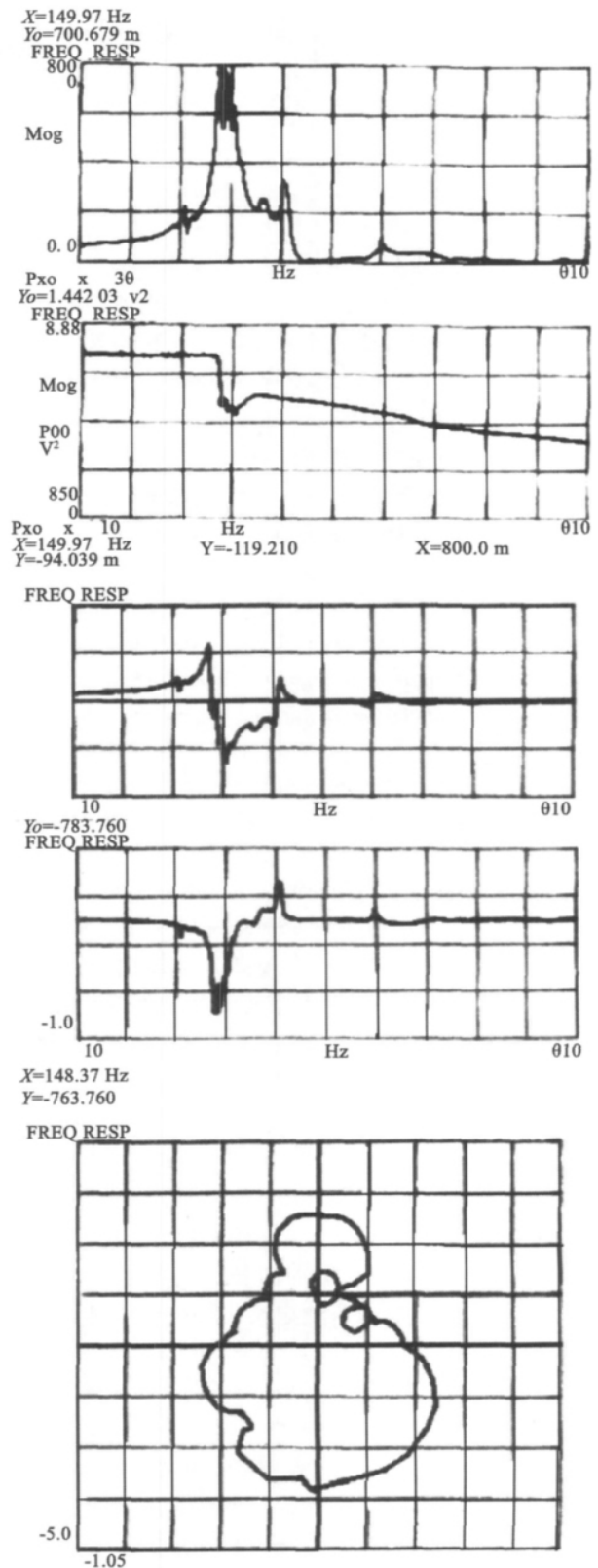


图 2 $n=0$ r/min 时试件相对于刀架在正弦激振下拾振方向的试验谱图

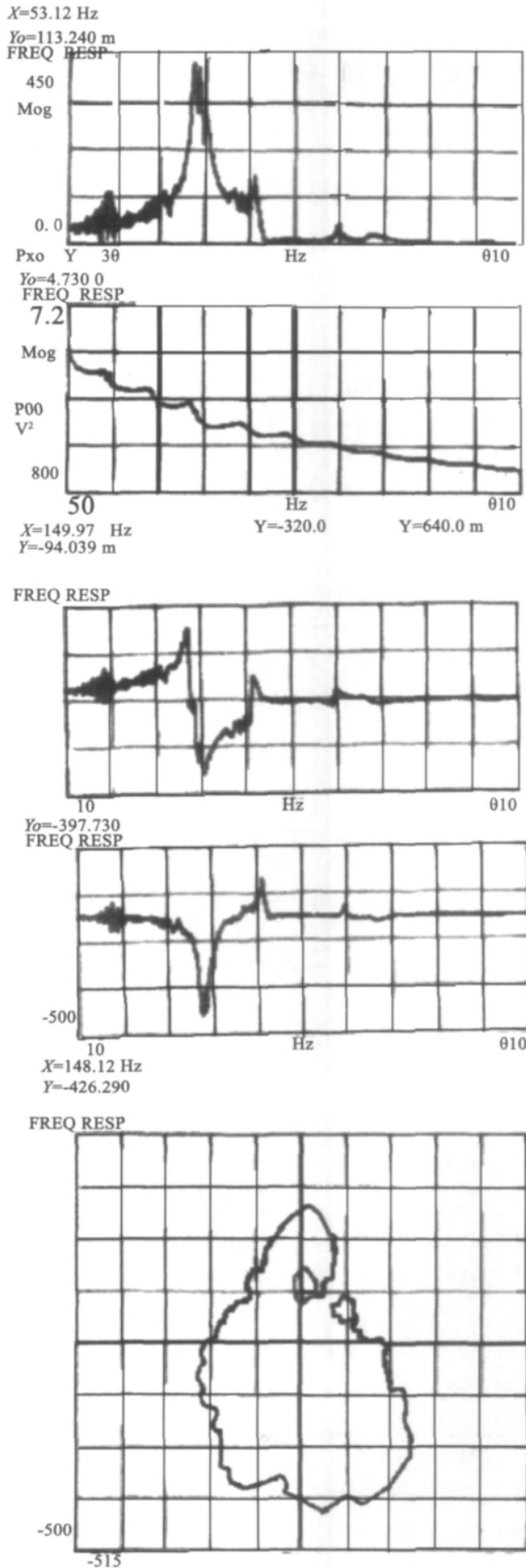


图3 $n=3\ 000\ \text{r/min}$ 时试件相对于刀架在正弦激振下拾振方向的试验谱图

3 结语

根据试验结果及分析可以得出如下结论。

1) 相对激振能够激起与加工性能有关的基础振动模态。

2) 机床旋转状态下的动态测试更接近机床的真实加工过程,也更准确地及时影响机床加工性能的动力学本质。

3) 在加工过程中,应尽力避开共振频率。

结合模态试验的结果,对 CW6140 万能车床提出修改前床脚结构的建议。由于前床脚刚度低,因此主电动机的振动将引进前床脚更大的振动,从而影响到整机的振动。主轴系统相对位移较大,需提高动平衡精度和装配质量。

参考文献

- [1] 杨榭,唐恒龄,廖伯瑜. 机床动力学(I) [M]. 北京:机械工业出版社,1983.
- [2] 张策,高斯脱. 机床试验的原理和方法[M]. 北京:机械工业出版社,1986.
- [3] 秦树人,张明洪,罗德扬. 机械工程测试原理与技术[M]. 重庆:重庆大学出版社,2002.
- [4] 王飞月. 机床的动态特性分析[J]. 河北工业科技,2001,18(4):11-14,27.
- [5] 周红桥. 微机车床动态验收系统的设计研究[D]. 武汉:武汉大学,2005.

作者简介:李艳(1966-),女,工程师,主要研究方向为电液执行机构的设计和加工。

收稿日期:2011年9月2日

责任编辑 王亚昆

