

变频器在切削力测量实验中的应用

张悦¹, 李启东², 由颖³, 孙泰礼², 郑鹏¹, 张希川²

(1. 沈阳工业大学机械工程学院, 辽宁沈阳 110178; 2. 沈阳工业大学材料科学与工程学院, 辽宁沈阳 110178; 3. 沈阳工业大学基础教育学院, 辽宁沈阳 110023)

摘要: 切削力是金属切削中的重要参数之一, 与切削速度呈驼峰曲线关系。为了使车削中的切削速度不受工件直径变化的影响而得到清晰完整的驼峰曲线, 采用变频器对机床主电机进行无级调速, 从而使主轴转速由主电机工作频率和调速手柄共同决定。实验结果表明无级调速可得到较理想的驼峰曲线。

关键词: 机床; 变频器; 无级调速; 切削力; 驼峰曲线

中图分类号: TG5-33 **文献标志码:** B **文章编号:** 1002-4956(2011)01-0062-03

Application of transducer in the experiment of cutting force measurement

Zhang Yue¹, Li Qidong², You Ying³, Sun Taili², Zheng Peng¹, Zhang Xichuan²

(1. School of Mechanical Engineering, Shenyang University of Technology, Shenyang 110178, China; 2. School of Material Science and Engineering, Shenyang University of Technology, Shenyang 110178, China; 3. Fundamental Education College, Shenyang University of Technology, Shenyang 110178, China)

Abstract: Cutting force is one of the important phenomena. The article presents the relation between the cutting force and the hump curve. However, the cutting speed is effected by workpiece diameter. For obtaining a legible and perfect hump curve, a Delta transducer was applied to carry out stepless speed regulating of the main electromotor of machine tool. Consequently, the main shaft speed was decided by the electromotor working frequency and speed selection handles. The experiment result shows that the legible and perfect hump curve can be achieved under the stepless speed regulating.

Key words: machine tool; transducer; stepless speed regulating; cutting force; hump curve

高校要培养和提高学生的实践能力与创造能力, 进而转化为创造精神与进取精神, 才能让学生应对严峻的就业形势^[1-2]。在教学改革中, 将现代技术引入教学, 有助于精品课建设和教师专业素质提升^[3-4], 最终提高教学质量, 提高学生综合能力。

金属切削原理是研究金属切削加工规律的一门技术性科学。金属切削加工是用硬度高于工件的刀具在工件上切去一部分金属, 从而得到满足要求的形状和尺寸精度及表面质量^[5-6]。研究金属切削规律对于提高产品质量和生产效率至关重要, 故金属切削原理是

高校所有机械类专业基础课的必修内容, 多数体现在机械制造技术基础课程中。

切削层金属(工件上要被切去的金属层)的变形是刀具给予力作用的结果, 这个力就是切削力, 是金属切削过程中重要现象之一^[7-8]。影响切削力的因素有很多, 切削速度对其影响有着较为特殊的规律。传统的实验中, 切削速度受工件直径的影响, 导致实验效果不明显。本文采用变频器实现机床主轴的无级调速, 进而是切削速度也能无级变化, 从而使每次实验都能得到较为理想的实验效果。

1 切削速度对切削力的影响规律

切削脆性金属材料(如灰铸铁、铅黄铜等)时, 切屑呈崩碎状, 塑性变形小, 刀-屑摩擦小, 故切削速度对切削力的影响不大。但切削塑性好的金属材料(如45钢、球墨铸铁等)时, 切削速度对切削力的影响如图1

收稿日期: 2010-03-19

基金项目: 辽宁省高等教育教学改革研究项目(辽教发[2007]140-232); 辽宁省教育厅研究发展计划资助项目(05L301)

作者简介: 张悦(1980—), 男, 山东省宁津县人, 工学博士, 讲师, 研究方向: 机械加工新技术。

E-mail: zhangyue80@yeah.net

所示。一般,切削力分为 x 、 y 、 z 方向的 3 个分力,其中 z 方向的分力为主切削力,用 F_c 表示。由图 1 可看出, F_c 随切削速度 v_c 的升高,呈现“减—增—减”的趋势。 F_c - v_c 的这种关系又称为“驼峰曲线”,这主要是受积屑瘤的影响所致。塑性材料切削中,在 v_c 不高而又能形成连续切屑时,刀具切削刃附近常粘着一块剖面呈三角形的硬块,称为积屑瘤,其高度 H_b 受 v_c 影响, H_b 越高,使得实际前角越大,导致切削力越小。 $v_c < 20$ m/min 时,随 v_c 的升高, H_b 逐渐升高,使 F_c 逐渐减小,在 $v_c = 20$ m/min 左右时, H_b 最高,使 F_c 出现极小值;在 20 m/min $< v_c < 30$ m/min 时,随 v_c 的升高, H_b 逐渐减低,使 F_c 逐渐增大,在 $v_c = 30$ m/min 附近, H_b 逐渐减低至零,即积屑瘤消失,使 F_c 出现极大值;而后在 $v_c > 30$ m/min 时,随 v_c 的升高,再无积屑瘤, F_c 缓慢减小。

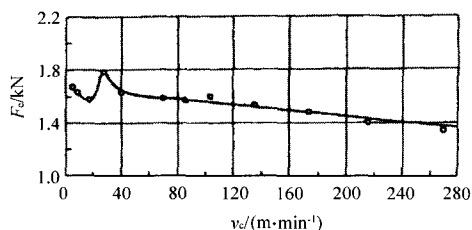


图 1 45 钢切削速度对切削力的影响

2 实验中的问题

一般通过车削实验得到图 1 中的曲线。 v_c 由下式计算:

$$v_c = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} \quad (1)$$

式中: d 为工件直径(mm); n 为主轴转速(r/min)。

由式(1)可知,随着 d 越来越小,使 v_c 受到影响,因此工件直径不能过小,否则会因刚度不足而产生振动。在机床上通过转速手柄调节齿轮传动比可实现一系列转速。例如 CA6140 车床主轴共有 24 级转速。驼峰曲线中的极值点只出现在 $v_c < 40$ m/min 的情况下。图 2 给出了工件直径对切削速度的影响。不难看出,受工件直径影响,齿轮调速时,当 20 m/min $< v_c < 50$ m/min 时,只有 4~5 个数据点,不容易恰好得到“驼峰”中的极值点。故此需要对机床主轴进行无级调速,使切削速度连续变化,从而得到驼峰曲线中的极值点。

3 用变频器实现机床主轴的无级调速

3.1 变频器调速的电气控制

为了使 v_c 连续变化,即主轴无级变速,采用台达

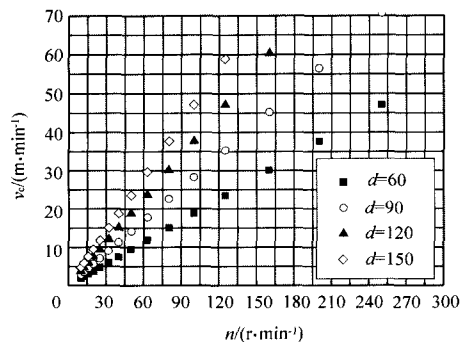


图 2 工件直径对切削速度的影响关系图

VDF075V43A 型变频器,并根据 CA6140 车床特点^[9],对其主电机进行无级调速。图 3 给出了变频器调速的电气控制接线图。需要无级调速时,由按钮 SB_B 闭合接触器 KM_H 和 KM_B (KM_Y 断开);不需无级调速时,由按钮 SB_Y 闭合接触器 KM_Y (KM_H 和 KM_B 断开),这样一机两用。实际使用时,还必须对变频器的参数进行调整^[10]。电机的启动和停止由按钮 SB 控制,运转频率由滑动变阻器 R 给定,设定范围是 0~50 Hz。

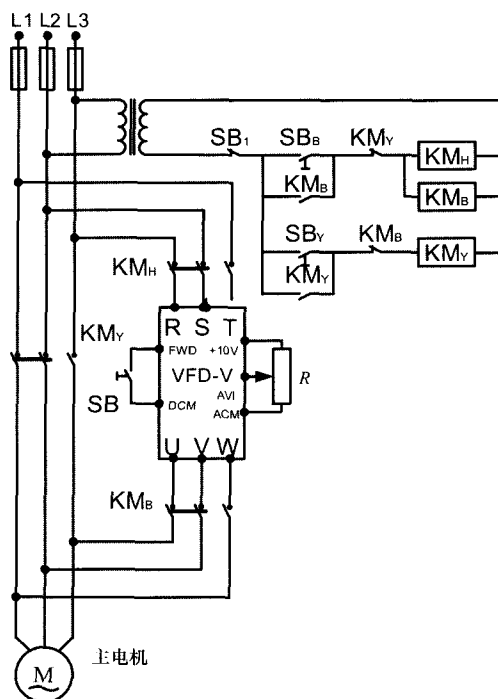


图 3 变频器调速的电气控制接线图

3.2 变频调速后的切削速度

主电机实现了无级调速,主轴转速仍可通过转速手柄改变,故变频调速后,主轴转速由主电机工作频率和转速手柄共同决定。对于 CA6140 车床,可推导出频率与切削速度间的关系式为

$$v_c = \frac{\pi n_1 d}{1000} = \frac{\nu}{50} \cdot \frac{\pi \cdot d \cdot n_0}{1000} \quad (2)$$

式中: n_1 为变频后主轴转速(r/min); ν 为变频器频率, 已设定为 0~50 Hz; n_0 为车床主轴箱转速手柄所指转速(r/min)。

若 $d=100$ mm, $n_0=400$ r/min, 则根据式(2)可知切削速度可在 0~125.6 m/min 的范围内无级变化, 能够满足实验要求。

4 实验系统及效果对比

4.1 实验系统

图 4 给出了变频调速测切削力的实验系统。为了方便观察和操作, 将变频器的数字操作器、按钮及滑动变阻器等安装在配做的控制面板上。用 Kistler9257A 型测力仪、5807A 型电荷放大器及计算机数据采集系统测量切削力。

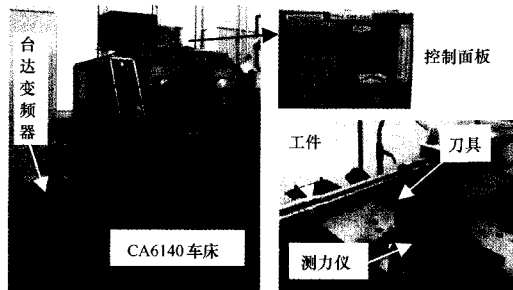


图 4 变频调速测切削力的实验系统图

4.2 实验效果对比

实验工件材料为 45 钢圆棒料(正火, 180HBS), 实验时直径 $d=82$ mm, $n_0=900$ r/min。由式(2)可知, v_c 能在 0~232 m/min 的范围内无级变化。若用转速手柄调节主轴转速, v_c 可得到 2.57~232 m/min 中的 22 点, 但根据式(1)计算可知 20~50 m/min 之间只有 5 点。实验刀具为 YT15 可转位外圆车刀。切削用量为 $a_p=1$ mm, $f=0.1$ mm/r。

先采用转速手柄调节主轴转速, 测得 2.57~232 m/min 中的 22 个切削速度时的主切削力, 经数据处理得到有级调速时的 F_c-v_c 关系曲线; 而后采用变频器无级调速, 使 v_c 从 2.57 m/min 连续升高至 232 m/min, 直接可得到无级调速时的 F_c-v_c 关系曲线。图 5 给出了实验效果对比情况。

由图 5 可知, 驼峰曲线的极小值点 B 出现在 $v_c=30$ m/min 附近, 较明显, 但极大值点 C 并不明显(应在 $v_c=50\sim75$ m/min 之间)。由于实验中选用的刀具和工件材料与教材中给出的很难完全一致, 因此切削力极值点位置可能出现较大偏差。不过实验结果还是清楚地给出了切削力与切削速度的驼峰曲线。

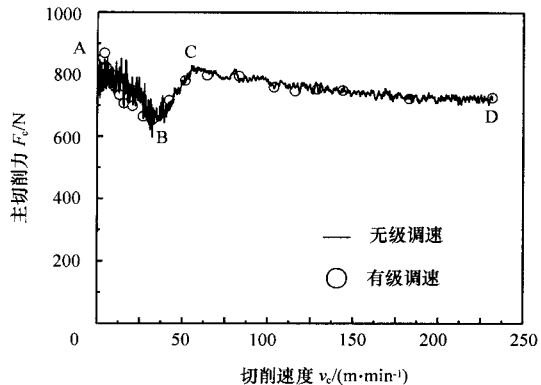


图 5 有级调速与无级调速时的 F_c-v_c 关系曲线对比

另外, 电机和齿轮在低速运转时, 略有振动, 加之积屑瘤周期性的产生和脱落, 导致 AB 段切削力信号波动较大; BC 段, 电机和齿轮运转速度提高, 振动减小, 积屑瘤逐渐消失, 使切削力信号波动减小。

5 结论

(1) 为得到切削速度连续变化时切削力的驼峰曲线, 采用变频器对机床主电机进行无级调速, 设计了附加控制电路, 易于变频器的进入和退出。使用变频器后, 主轴转速由电机工作频率和调速手柄共同决定。

(2) 无级调速可使切削速度不受工件直径变化的影响, 经实验对比, 无级调速时可以清晰完整地得到切削力与切削速度的驼峰曲线。

(3) 采用变频器对机床主电机进行无级调速, 还能在刀具磨损实验中保持切削速度恒定, 扩大了应用范围。

参考文献 (References)

- [1] 王磊, 郑雅良. 高等教育创新人才的培养策略[J]. 沈阳工业大学学报: 社会科学版, 2009(4): 381-384.
- [2] 邓巍, 张娜. 金融危机形势下的大学生职业发展教育[J]. 沈阳工业大学学报: 社会科学版, 2009(3): 282-284.
- [3] 马瑾, 唐功志. 从改善教学质量角度看教师专业素养的提升[J]. 沈阳工业大学学报: 社会科学版, 2009(2): 185-188.
- [4] 曲向荣. 精品课程建设的实践与思考[J]. 沈阳工业大学学报: 社会科学版, 2008(2): 176-179.
- [5] 陈日曜. 金属切削原理[M]. 2 版. 北京: 机械工业出版社, 2002.
- [6] 韩荣第. 金属切削原理与刀具[M]. 3 版. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学出版社, 2007.
- [7] Shaw M C. Metal Cutting Principles[M]. Oxford: Clarendon Press, 1984.
- [8] Trent E M. Metal cutting[M]. 3rd Edition. Oxford: Butterworth Heinemann, 1991.
- [9] 戴署. 金属切削机床[M]. 2 版. 北京: 机械工业出版社, 2009.
- [10] 中达电通股份有限公司. VDF-V 高性能磁束向量控制交流马达驱动器使用手册[Z]. 2003.