

超声波振动对积屑瘤的抑制作用*

王立江 孙凤池

(吉林工业大学机械工程系, 长春)

超声波振动切削是超声波物理与金属切削原理相结合的边缘技术科学。长期以来, 某些人对于振动的认识有片面性。事实上振动不都是有害的, 可控的振动会带来许多益处和意想不到的作用。近代在日、苏、美、联邦德国和我国兴起的超声波振动切削新技术具有一系列的优点^[1-3]。它彻底地改变了传统的切削加工理论, 使之从宏观的连续切削变成微观的脉冲断续切削; 从常速切削变成多变形态的变速、变加速切削; 从单向切削变成双向往复熨压切削。它的应用前景非常广阔, 对于铝合金、铜合金、有色金属、淬火钢、不锈钢、多种难加工合金以及塑料等新型材料都有明显的加工效果。在金属切削加工中, 尤其是在铝合金等加工中严重的生成积屑瘤, 这对于工件表面的质量、加工精度以及刀具的耐用度都是很不利的。我国现生产中实用的铸造铝硅合金由于生成积屑瘤直接影响到加工表面光洁度而迫使刀具的耐用度很低。有的每磨一次刀只能加工几十个另件, 频繁的换刀又使得生产效率下降。我们结合这个实例研究了在刀具上加超声波振动与积屑瘤生成的关联性问题。

一、SEM 分析

为研究超声波振动与积屑瘤的关系, 我们拍摄了近百张 SEM 照片, 图 1 所示是其中的三张, 都是放大 200 倍的刀尖处三维形貌。图 1(a) 是用牌号 643 (相当于 ISO 标准的 K05-K10) 的硬质合金车刀普通切削铝硅合金 ZL112 时生成的典型积屑瘤形貌。所用切削用量是: 切削速度 $v = 30\text{m/min}$ 、切削深度 $a_p = 0.2\text{mm}$ 、进给量 $f = 0.08\text{mm/r}$ 。所用刀具的几何参



(a) 普通切削 ($A = 0$)

(b) 振动切削 ($A = 8\mu\text{m}$)

(c) 振动切削 ($A = 16\mu\text{m}$)

图 1 刀尖处的积屑瘤形貌

数为前角 $\gamma_0 = 0^\circ$ 、后角 $\alpha_0 = \alpha'_0 = 10^\circ$ 、刃倾角 $\lambda_r = 0^\circ$ 、主偏角 $K_r = 60^\circ$ 、副偏角 $K'_r = 15^\circ$ 、刀尖圆弧半径 $r_s = 0.2\text{mm}$ 。切削时未加切削液。图 1(b) 是在完全相同的条件下加超声波振动后生成的积屑瘤形貌。振动参数为: 频率 $F = 18.57\text{kHz}$ 、振幅 $A = 8\mu\text{m}$ 。图 1(c) 是将振幅加大到 $16\mu\text{m}$ 时的刀尖形貌。由此可见, 在传统的普通切削加工中生成了陡峭的高度 H 约为 $200\mu\text{m}$ 的积屑瘤, 从最高的尖端向后以树枝状延伸约 $400\mu\text{m}$ 左右。这种积屑瘤形貌与切削钢材时生成的通常为鼻型的积屑瘤形貌是不同的。当加上超声波振动后积屑瘤的高度 H 明显减小(在图 1(b) 中约减小一倍, 为 $100\mu\text{m}$ 左右), 从形貌上看仍为树枝状(延伸长度也

本文 1987 年 2 月 16 日收到。

* 国家自然科学基金资助项目。

缩短约一倍,为 $200\mu\text{m}$ 左右),只是不那么陡峭,瘤的尖端处也不那么尖锐,而呈圆顶型,这是高频振动冲击作用^[3]的结果。当振幅加加大到一定程度时,前刀面上的积屑瘤就完全消失(见图 1(c)),说明超声波振动对积屑瘤的生成有很强的抑制甚至于完全消除的功能。

二、实验结果与讨论

影响积屑瘤生成的因素很多,在超声波振动切削中最主要的两个因素为振幅 A 和切削速度 V 。图 2 所示不同 A 值条件下的 H - V 曲线是我们所做大量实验研究结果之一(其中 $A=0$ 的实线为普通切削时的 H - V 曲线, $A \neq 0$ 的五条虚线为振动切削时的 H - V 曲线)。实验条件除刀具材料为 YG8、前角 $\gamma_0 = 20^\circ$ 外与前述条件完全相同。实验结果讨论如下:

(1) 在所实验范围内普通切削都生成积屑瘤,而且都比振动切削的大。随着 A 的增加 H 值

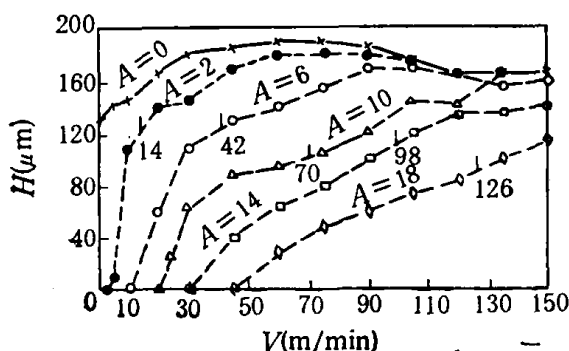


图 2 不同振幅条件下的 H - V 曲线

逐渐减小。这种现象可用摩擦系数降低理论^[4]解释。我们实验进一步证明, A 越大, 动、静态摩擦系数越低, 对积屑瘤的抑制作用越强。

(2) 由图 2 曲线知, 当 $A = 2, 6, 10, 14, 18\mu\text{m}$ 时分别在 $V_0 = 4, 10, 20, 30, 45\text{m/min}$ 以下出现无瘤速度区。超声波振动切削能在中、低速时实现无瘤, 这对生产实际很有意义。理论上超声波振动切削有一个很重要的参量——速度系数 $K(K = V/2\pi FA)$ ^[1]。我们发现无瘤

界限速度 V_0 值虽然很分散, 但转化成 K 值后却集中在 $K = \frac{1}{4} \sim \frac{1}{3}$ 的范围内, 说明 K 值确是能揭示超声波振动切削机理的重要参量。

(3) 隈部淳一郎提出了临界切削速度 $V_c(V_c = 2\pi FA)$ 的概念(文献[1] p.56), 并指出“当切削速度超过 V_c 时, 就从脉冲切削力波形转变成普通切削的切削力波形, 产生普通切削现象。这种特性称为速度特性”(见文献[1] p.59)。该文献还用大量的切削力以及切屑变形的实验结果证实 $V > V_c$, 即 $K > 1$ 以后超声波振动切削确实消失了它的作用。我们在文献[5]中进一步从加工表面光洁度方面证实了这一特性。但是在研究超声波振动切削对积屑瘤的抑制作用时却发现不服从上述速度特性的规律。图 2 中有标记处是 $A = 2, 6, 10, 14, 18\mu\text{m}$ 时的 V_c 值, 分别为 $14, 42, 70, 98, 126\text{m/min}$ 。但在 $V > V_c$ 时超声波振动切削仍继续有效(如 $A = 10, 14, 18\mu\text{m}$ 的 V_c 处超声波振动切削的 H 值与普通切削相比还明显减小近一倍), 一直到 $V \approx 110, 120, 135, > 150, \gg 150\text{m/min}$ 时才分别接近于普通切削的 H 值而告失效。也就是说在 $K > 1$ 的不分离型振动切削的一定区段内虽然刀具的前刀面已不再与切屑底面高频的分离^[3], 超声波振动切削的摩擦系数降低理论仍然成立。

参 考 文 献

- [1] 隈部淳一郎, 振动切削, 实教出版株式会社, 东京, 1977, 34—77.
- [2] Марков А. И., Ультразвуковая обработка материалов, Машиностроение, Москва, 1980, 156—165.
- [3] 王立江, 赵继, 谭庆昌, 超声波振动车削的运动学及其加工表面质量, 兵工学报, 1987, 3:24—31.
- [4] 阮世勋, 工具技术, 1982, 1:1—8.
- [5] 王立江, 超声波振动车削提高光洁度的试验, 机床, 1985, 8:15—17.