

PVD 涂层与未涂层硬质合金刀具切削力的对比试验研究

奚维斌¹ 张弘波² 朱英臣³

¹中国科学院等离子物理研究所 ²大连理工大学 ³大连大学

摘要:应用同型号未涂层、TiN 涂层和 TiCN 涂层硬质合金刀具进行切削试验,用 KISTLER 三向测力仪、电荷放大器和 PC 机组成的切削力数据采集系统进行三向切削力采集。试验表明在切削过程中 PVD 涂层硬质合金刀具的切削力随刀具进给量、切削深度、切削速度的变化规律与未涂层硬质合金刀具相同,但涂层硬质合金刀具的切削力明显小于未涂层硬质合金刀具的切削力。

关键词:PVD, 涂层, 硬质合金, 切削力

Experimental Investigation on Contrasting Cutting Forces of Coated-PVD Cemented Carbides Inserts with Non-Coated Cemented Carbides Inserts

Xi Weibin Zhang Hongtao Zhu Yingcheng

Abstract: The cutting experiments were done in which the non-coated, coated-TiN and coated-TiCN cemented carbides inserts were used to turn 42CrMo steel workpieces. The cutting forces were picked up with data acquisition system that was consisted of the KISTLER-a measuring instrument for cutting forces in three distances, a charge amplifier and a computer. The experiment results showed that the change regularity of the coated cutter's cutting force with the cutting depth, cutting speed and feed rate is same as the non-coated'. But the cutting force of the coated cutter is obviously smaller than the non-coated'.

Keywords: PVD, coating, cemented carbides, cutting force

1 引言

硬质合金刀具物理气相沉积涂层技术(PVD)是二十世纪八十年代发展起来的刀具涂层技术。由于 PVD 涂层的硬质合金刀具比化学气相沉积(CVD)涂层硬质合金刀具具有更好的抗耐磨性和更高的刀具耐用度,且不易破损^{[6][7]},因而 PVD 涂层硬质合金刀具技术的发展受到业界的高度重视。国外 PVD 高速钢刀具涂层技术经过十年的发展,已趋完善,并在八十年代中期开始了硬质合金复合涂层技术的研究工作,先后开发了 TiN、TiCN 和 TiAlN 等涂层工艺技术,并研制了自动化水平较高的专用涂层设备,从而保证了产品质量的稳定性和可靠性,使 PVD 涂层硬质合金刀具大量投入了使用,占领市场。近年来,国内汽车、石油、冶金工业的发展以及数控机床性能的

不断提高,对硬质合金刀具尤其是涂层硬质合金刀具的需求日趋增加,因而有必要对涂层硬质合金刀具的切削性能加强研究。目前,国内对涂层硬质合金刀具的研究的主要集中在 CVD 涂层硬质合金刀具上,对 PVD 涂层刀具的研究还少有报道。本文将通过 PVD 涂层硬质合金刀具与未涂层硬质合金刀具切削 42CrMo 钢工件的对比试验进行切削力方面的研究。

2 切削试验

(1) 试验条件

试验所用三种刀具型号均为 DNMG150608-25:一种是自贡硬质合金厂生产的牌号为 ZP25 的硬质合金刀具,另两种是以 ZP25 为基体、分别采用 PVD 方法涂复 TiN 和 TiCN 涂层的硬质合金刀具;刀具几何参数见表 1。工件材料为 42CrMo 钢,调质处理,硬度 HRC34,材料的化学成分和机械性能见表 2、表

收稿日期:2002年12月

机床进行大的改造,可充分利用机床原有的修整装置,应用合理的修整工艺便可获得较满意的整形效果。该方法工艺简单、操作方便,砂轮整形后用绿色 SiC 在工作转速下对砂轮进行修锐后便可用于插齿刀加工。

修整试验证明:(1)若切深和修整棒进给速度一定,则主轴转速较低时修整棒对金刚石砂轮的修整效率较高;(2)修整棒进给速度与修整效率呈非线性关

系;(3)改变砂轮参数对砂轮修整效率的影响很小。

参考文献

- 1 袁哲俊,王先逵.精密和超精密加工技术.机械工业出版社,1999
- 2 李伯民,赵波等.《实用磨削技术》.机械工业出版社,1996
第一作者:况喜梅,在读硕士研究生,北京理工大学机械与车辆学院,100081,北京市

3. 试验在 CA6140 普通车床上进行。

表 1 刀具工作时的几何角度

前角	后角	副后角	主偏角	副偏角	刃倾角	刀尖圆弧半径
γ_0	α_0	α'_0	κ_r	κ'_r	λ_s	r_z
12°	3°	3°	90°	35°	7°	0.8mm

表 2 工件材料的化学成份 (%)

C	Mn	Si	S	P	Cr	Mo
0.45	0.66	0.25	0.012	0.017	1.06	0.18

表 3 工件材料的机械性能

屈服强度 N/mm ²	抗拉强度 N/mm ²	伸长率 %	收缩率 %	硬度 HRC
1050	920	16.0	62	30

(2) 试验方法

试验采用单因素法, 每次切削试验时分别改变切削速度、进给量、切削深度, 用 KISTLER 三向测力仪采集、测量每次试验时的三向切削力 F_x 、 F_y 、 F_z (如图 1); 用 PC386 微机扩展槽中 PCL-818L 板把切削中产生的模拟电压信号采集转化成数字信号输入计算机, 再通过计算机显示、保存、处理, 得到不同切削条件下的切削力数据文件及三向切削力的各个平均值。每一种试验均做三次, 以保证数据的可靠性。在切削过程中, 采用 JCL820074 工具显微镜对刀具的磨损进行观察并分析不同刀具不同的磨损形貌。

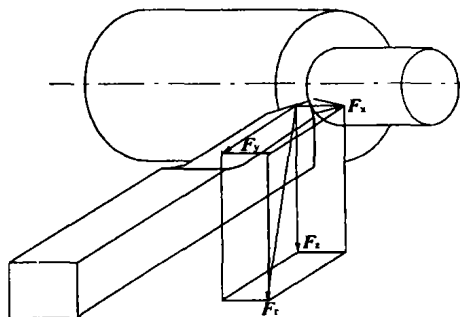


图 1 切削合力和三向切削力方向示意图

3 试验结果与分析

由切削试验可知, 当切削条件为 $a_p = 0.8\text{mm}$ 、 $f = 0.3\text{mm/r}$ 、 $v = 135\text{m/min}$ 时, ZP25、TiCN 涂层和 TiN 涂层三种刀具的主切削力分别为 742.4N、654N、644.7N, 单位切削力分别是 3093.36N/mm^2 、 2726.51N/mm^2 、 2686.41N/mm^2 (单位切削力是指单位面积上的主切削力), 可见涂层硬质合金刀具的切削力明显低于未涂层刀具。国外研究人员的试验结果也得出涂层硬质合金刀具与未涂层硬质合金刀具相比具有较小的切削力^[4]。涂层硬质合金刀具的切削力比硬质合金的切削力小, 主要原因是涂层刀具的涂层材料与工件材料的摩擦系数比硬质合金与工件材料的摩擦系数要小, 这可以从下列推导中得到证明。

根据麦钱特的切削力学模型, 刀具前刀面上作用着摩擦力 F_f 与法向力 F_n , 其合力为 F_r ; 在切削剪切面上作用着剪切力 F_s 及法向力 F_{ns} ; F_s 和 F_{ns} 二力与 F_r 平衡 (如图 2 所示)。由图 2 可得

$$\frac{F_x}{F_z} = \tan(\beta - \gamma_0) \quad (1)$$

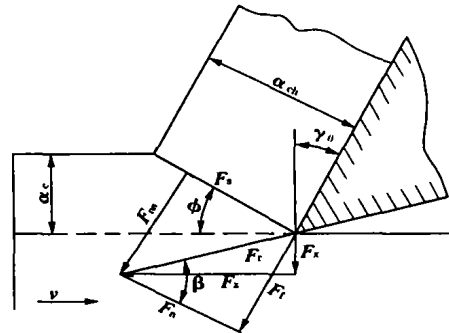


图 2 麦钱特切削力学模型

在本试验中已知刀具前角 γ_0 , 再通过三向测力仪测得 F_x 和 F_z , 则可利用式 (1) 比较三种刀具摩擦角 β 的大小。试验中求得 F_x 和 F_z 比值的平均值: 硬质合金刀具为 0.48、TiCN 涂层刀具为 0.40、TiN 涂层硬质合金刀具为 0.34, 根据式 (1), 三种刀具与工件的摩擦角由大到小依次是硬质合金刀具、TiCN 涂层刀具、TiN 涂层刀具。这与试验中测定的材料摩擦系数是相同的^[3]。由李和谢弗 (Lee and Shaffer) 公式, 有

$$\phi + \beta - \gamma_0 = \frac{\pi}{4} \quad (2)$$

由于式 (2) 中刀具前角 γ_0 是一定值, 由式 (2) 知, 当刀具摩擦角 β 变小时, 剪切角 ϕ 就变大。根据以上讨论, 可以得出三种刀具在切削时的剪切角由大到小依次是: TiN 涂层刀具、TiCN 涂层刀具、硬质合金刀具。对于同一种材料来说, 其剪切强度 τ 是一定值, 因此剪切角大, 剪切面反而小, 所需切削力就小。

采用单因素法进行切削试验并对试验中测得的切削力数据做进一步地处理, 得到采用不同切削参数时刀具切削力的变化曲线 (见图 3、图 4、图 5)。从图 3~图 5 中可以看出: 在切削加工中, 涂层硬质合金刀具的切削力随进给量 f 、切削深度 a_p 及切削速度 v 的变化规律与未涂层硬质合金刀具切削力的变化趋势基本相同, 即随着进给量 f 、切削深度 a_p 的增加, 切削力增大; 随着切削速度的增加, 切削力降低。分析其原因, 是由于当进给量 f 和切削深度 a_p 增加时, 切削面积相应增加, 因此总的切削力增加; 而随着切削速度 v 的增加, 切削温度增高, 摩擦系数减小, 剪切角增大, 由中山一雄切削力理论可推导出

三向切削力减小^[2]。

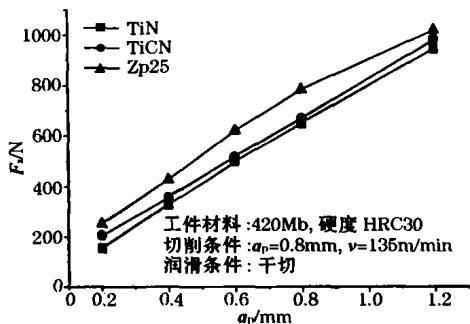


图3 三种刀具的切削力随切削深度变化的对比

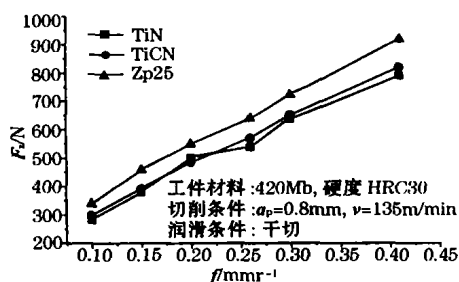


图4 三种刀具的切削力随进给量变化的对比

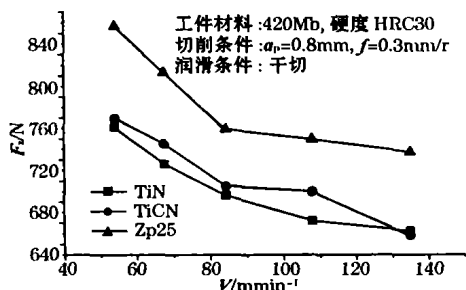


图5 三种刀具的切削力随速度变化的对比

由图3~图5还可以看出,无论在何种切削条件下,涂层硬质合金刀具的切削力都低于未涂层硬质合金刀具的切削力,证明涂层硬质合金刀具在切削中所需切削力比未涂层硬质合金刀具在切削中所需切削力小。

4 结论

切削试验证明:在切削加工过程中,应用物理气相沉积涂层技术(PVD)的硬质合金刀具的切削力随进给量 f 、切削深度 a_p 、切削速度 v 的变化规律与未涂层硬质合金刀具切削力的变化规律是相同的,但涂层硬质合金刀具的切削力明显小于未涂层硬质合金刀具的切削力;根据切削试验的结果,牌号为 ZP25 的硬质合金刀具和以 ZP25 为基体、分别采用 PVD 方法涂复 TiN 和 TiCN 涂层的硬质合金刀具的三向切削力按大小排序依次为: $F_{Zp25} > F_{TiCN} > F_{TiN}$,其主要原因在于这三种刀具材料与工件材料之间的

摩擦系数不同。

参考文献

- 1 刘培德等.切削力新篇.大连理工大学出版社,1991
- 2 中山一雄著.金属切削加工理论.机械工业出版社,1985
- 3 李鹏兴,林行方主编.表面工程.上海交通大学出版社,1989
- 4 J Audy, K N Strafford, C Subramanian. The efficiency of uncoated and coated tool systems in the machining of low carbon steel assessed through cutting force measurements. Surface and Coatings Technology, 1995(76~77):706~711
- 5 J Kopac. Influence of cutting material and coating on tool quality and tool life. Journal of Materials processing Technology, 78 (1998)95~103
- 6 V C Venkatesh, C T Ye. Performance Studies of Uncoated, CVD-Coated and PVD-Coated Carbides in Turning and Milling. Annals of the CIRP, 1991(1):545~550
- 7 Pang Siqin. Failure mechanism of CVD coated Carbide tools. Journal of Beijing Institute of Technology, 1997, (1):67~71
第一作者:奚维斌,中国科学院等离子物理研究所,230031 合肥市 1126 号信箱超导电工中心

我国汽车产业迅速崛起

国家统计局日前发布的最新统计报告显示,今年第一季度,汽车制造业的销售收入超过纺织业和电气机械及器材制造业,位居通讯设备、计算机及其它电子设备制造业、电力、黑色冶金和化工行业之后,首次成为我国工业第五大支柱产业。

报告显示,汽车产业对经济增长的贡献明显提高。从1999年开始,汽车工业的增长速度一直高于整个工业增长速度,2002年的增长率更是超过工业增长26个百分点。今年一季度,国家统计局公布的我国工业增长率为17.2%,而汽车业增长率已经攀到了54.7%。

2000年,汽车制造业销售收入占工业的比重为3.9%,之后两年提升迅速,到今年一季度已经达到6.2%。从行业利润总额来看,汽车制造业利润总额占工业利润总额的比重上升趋势十分明显:2000年底是3.9%,去年达到7.8%,最近几个月,所占的比重更是创纪录地突破了10%。汽车制造业无疑是近几年工业行业中利润增长最快的行业。

我国汽车制造业的迅速崛起,不仅使自身在国民经济发展中完成了从“配角”到“主角”的转变,同时也为中国确立了世界汽车制造大国的地位。从全球汽车产量排名表看,2000年的世界10大产车国分别是美国、日本、德国、法国、韩国、西班牙、加拿大、意大利、巴西和墨西哥,中国在第11位。在后来的两年中,我国汽车产量超过意大利、巴西、墨西哥、韩国、西班牙和加拿大等6个国家,一举跃居世界第5,预计今年更将超过法国,成为世界上第4大汽车生产国。国家统计局还大胆预测:到2005年,中国汽车产量将超过德国,成为全球第3大汽车制造国。