

文章编号: 1000-2278(2000)03-0151-05

粉末涂层陶瓷材料的切削性能及磨损机理

王宝友 姜军生

(潍坊高等专科学校)

黄传真 艾 兴 赵 军

(山东工业大学)

摘 要

对粉末涂层陶瓷材料 FTC1 和 FTC2 的切削性能进行了实验,并对其磨损机理进行了探讨。实验证明 FTC1 和 FTC2 完全可以作为刀具材料使用,并且在中低速度下切削调质 45 号钢和淬硬 T10A 工具钢时,FTC1 和 FTC2 具有比 YB01 更好的切削性能。在切削淬硬 T10A 工具钢时,YB01 的后刀面有明显的塑性磨损特征,而 FTC1 的后刀面的磨损主要是磨粒磨损和粘结磨损,FTC2 的后刀面挤压磨损特征较明显。

关键词 粉末涂层,陶瓷材料,切削性能,磨损

中图法分类号: 174.1

文献标识码: A

THE CUTTING PERFORMANCE AND WEAR MECHANISMS OF POWDER-COATED-WITH-CERAMIC MATERIALS

Wang Baoyou Jiang Junsheng

(Weifang Advanced Academy)

Huang Chuazhen Ai Xing Zhao Jun

(Shandong University of Technology)

Abstract

The cutting experiments has been carried out to study the cutting performance of powder-coated-with-ceramic materials-FTC1 and FTC2, and the wear mechanisms of Which were analysed in this paper. It was proved by the experiments that FTC1 and FTC2 were suitable as cutting tools, and the wear resistance ability and the cutting performance of FTC1 and FTC2 were better than that of YB01(purchased) in cutting tempered 45 steel and quenched T10A tool steel with low and medium speed. In cutting quenched T10A tool steel, the flank of YB01 has obviously plastic wear characteristics, while the flank wear of FTC1 is grain wear and cohesive wear, and which of FTC2 is extrusive wear.

Keywords coated powder, ceramic materials, cutting performance, mechanisms

1 前 言

在金属机械加工中,切削加工是最基本而又可靠的精密加工手段,在机械、电子等现代产业的各个部门起着重要的作用。切削加工过程中,刀具材料的性能

对切削加工的效率、精度、表面质量有着决定性的影响^[1]。目前切削材料中大约一半是硬质合金,而陶瓷刀具材料则以其优异的耐热性、耐磨性和化学稳定性,在高速切削领域和切削难加工材料方面,有着硬质合金无法比拟的优点。但是,硬质合金和陶瓷分别存在自己的弱点:硬质合金红硬性、耐热性和耐磨性不如

收稿日期: 2000-07-11

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(编号: 59605016)

作者简介: 王宝友, 潍坊高等专科学校机械工程系讲师, 261041

Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>

陶瓷;陶瓷则脆性较大,强度和韧性不如硬质合金。

表面涂层技术结合了基体的高强度、高韧性和涂层的高硬度、高耐磨性的优点,较好的解决了刀具材料存在的强度和韧性之间的矛盾,是近年来发展最快的刀具。陶瓷涂层硬质合金刀具不但比硬质合金刀具具有更好的切削性能,而且也优于普通陶瓷刀具。然而涂层刀具的涂层和基体之间存在宏观界面,界面结合强度低。这使得涂层刀具切削时,陶瓷涂层容易剥落和崩碎;而且涂层过程中还造成硬质合金基体强度和韧性的下降,涂层刀片重磨性差。粉末涂层陶瓷材料从微观方面进行涂层,克服了刀具表面涂层容易剥落和崩碎的缺点。然而作为刀具材料,切削性能是最重要的,粉末涂层刀具材料 FTC1、FTC2 平均抗弯强度分别达到了 800MPa 和 1000MPa,平均硬度达到了 HV1900 和 HV2000 以上,平均断裂韧性也都达到了 5.0MPa $\sqrt{m}$,理论上讲可以作为刀具使用^[2],但粉末涂层

陶瓷材料的切削性能仍须在实验中加以验证。

2 粉末涂层陶瓷材料的切削性能实验

本文使用粉末涂层陶瓷材料 FTC1、FTC2 进行了切削调质 45 号钢和淬硬 T10A 工具钢的实验,并与涂层刀具 YB01(外购,硬质合金表面涂层 Al_2O_3/TiC)进行了对比实验。

2.1 实验条件

机床:C620—1 普通车床改装的无级变速车床

工件:调质 45 号钢,硬度为 HRC21~25;

淬硬 T10A 工具钢,硬度为 HRC55~61

刀具:FTC1、FTC2、YB01

$k_r = 75^\circ$, $\gamma_0 = -5^\circ$, $\lambda_s = -5^\circ$,

$\beta_0 = 90^\circ$, $\epsilon_r = 90^\circ$,干式切削。

2.2 实验结果

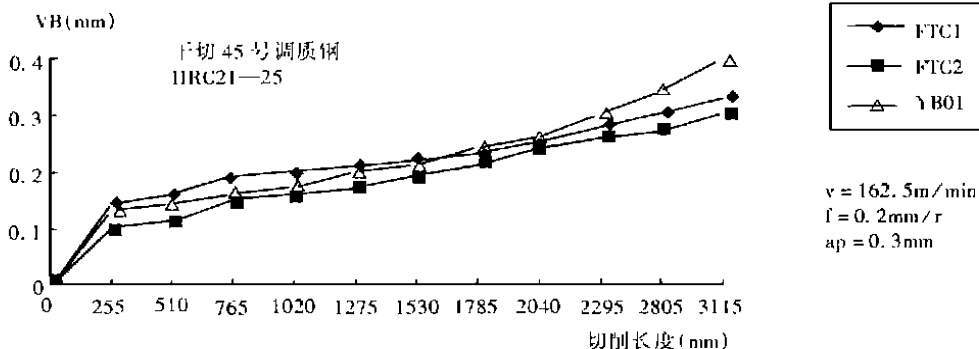


图 1 $V=162.5\text{m/min}$ 切削调质 45 号钢时刀具后刀面的磨损情况

Fig. 1 The flank wear of the tools in cutting tempered 45 steel with $V=162.5\text{m/min}$

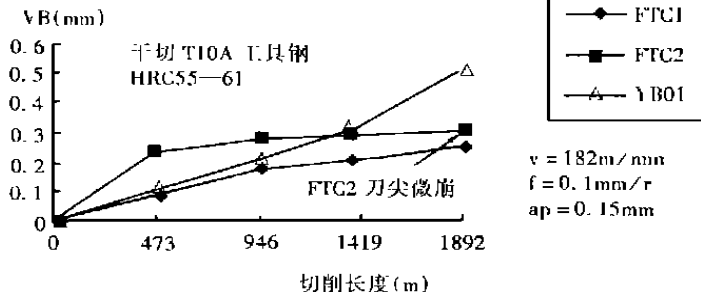


图 2 $V=182\text{m/min}$ 切削淬硬 T10A 工具钢时刀具后刀面的磨损情况

Fig. 2 The flank wear of the tools in cutting quenched T10A tool steel with $V=182\text{m/min}$

图 1 是三种刀具切削调质 45 号钢时的后刀面磨损情况。切削过程中, YB01 和 FTC2 的加工表面粗糙度相差不大, 比 FTC1 稍小; FTC1 的加工表面产生磷刺, 前刀面磨损较 YB01 严重。

图 2 与图 3 是三种刀具在两种不同的切削用量下切削淬硬 T10A 工具钢时后刀面磨损情况。

2.3 结果分析

由图 1 可以看出, 在切削调质 45 号钢时, 三种刀具切削性能相近, 开始三种刀具磨损速度相差不大, 磨损曲线相似, 而且 YB01 的磨损速度也比较平稳, 但随着切削的进行, YB01 的磨损速度成增长趋势, FTC1 和 FTC2 的磨损速度则一直比较平稳。在这样的中等速度下切削调质 45 号钢时, 因为工件硬度较低, YB01 由于表面涂层含 TiC, 工件和刀具之间的摩擦比较小, 磨损主要是机械磨损, 伴随硬质点磨损等。FTC1 和 FTC2 则由于脆性较大, 磨损主要是伴随微小崩刃的机械磨损和粘结磨损, 由于 YB01 基体具有比 FTC1 和 FTC2 高的抗剪强度和抗拉强度, 加之表面较光滑, 具

有较大的抗粘结磨损的能力, 而且由于工件硬度较低, 其硬质点磨损不严重, 这导致在中低速度切削调质 45 号钢时, 三种刀具开始时的切削性能相近, 但随着切削的进行, YB01 表面涂层逐步磨损, 使得其磨损速度成增长趋势。

由图 2 可以看出: 在速度较高时切削淬硬 T10A 工具钢, 三种刀具的磨损都很快, 而且 FTC2 发生刀尖微崩破损。由图 3 可以看出: 在速度较低时, YB01 初期磨损较慢, 但正常磨损阶段较 FTC1 和 FTC2 短, 很快进入急剧磨损阶段, 这是由于涂层被磨损的缘故, 切削过程中前刀面有贝壳状剥落。FTC1 和 FTC2 在速度较低时一般不发生破损。当 YB01 后刀面磨损达 0.3mm 后, 由于切削时涂层几乎不再起作用, 工件加工表面很不光滑, 刀刃也很不锋利, 几乎不能再进行切削。此时, FTC1 和 FTC2 的切削寿命至少比 YB01 高一倍。

总体说来, 在中低速度下切削调质 45 号钢和淬硬 T10A 工具钢时, FTC1 和 FTC2 的切削性能均优于 YB01。

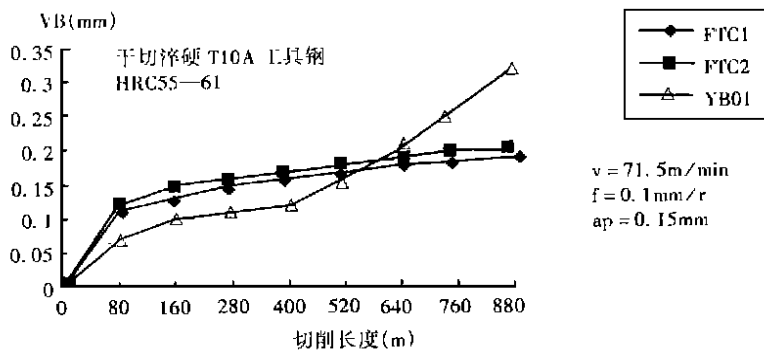


图 3 $V=71.5\text{m/min}$ 切削淬硬 T10A 工具钢时刀具后刀面的磨损情况

Fig. 3 The flank wear of the tools in cutting quenched T10A tool steel with $V=71.5\text{m/min}$

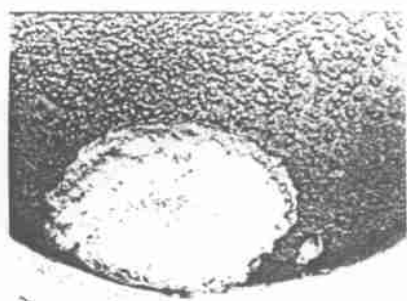
3 粉末涂层刀具材料的磨损机理

3.1 磨损特征

粉末涂层刀具 FTC1 和 FTC2 在切削调质 45 号钢等硬度较低的工件时, 损坏形式主要是磨损, 极少发生破损。在较低的速度下切削淬硬 T10A 工具钢时, FTC1 和 FTC2 的损坏形式也主要是磨损, 磨损过程中伴随微小崩刃。刀具磨损的主要形式为: 后刀面磨损和前刀面月牙洼磨损。FTC2 还存在一定程度的边界

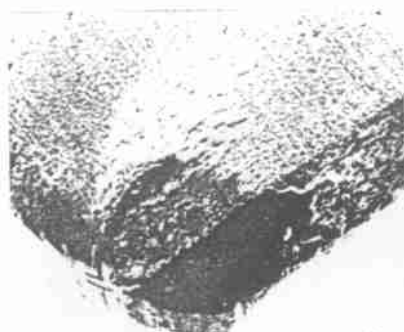
磨损。图 4 是 FTC1 和 YB01 切削淬硬 T10A 工具钢 ($f=0.1\text{mm/r}$, $a_p=0.15\text{mm}$ 及 $v=71.5\text{m/min}$) 时刀具的损坏形貌。由图可以看出, YB01 刀具的涂层剥落, 刀具发生破损, 由破损区可以看到涂层剥落区域大于刀具破损区域, 在破损区边缘及其它部分, 涂层也有剥落, 涂层剥落造成刀具性能急剧下降。粉末涂层刀具 FTC1 在此情况下没有发生破损, 损坏形式主要是磨损, 磨损以前刀面月牙洼磨损为主。

在切削淬硬 T10A 工具钢等硬度较高的工件时, FTC1 和 FTC2 有时产生破损, 在切削用量较大, 特别是



980121 20KV X120 250um

(a) YB01 刀具损坏形貌



980123 20KV X120 250um

(b) FTC1 刀具损坏形貌

图 4 YB01、FTC1 刀具损坏形貌
Fig. 4 The damage morphology of the tools



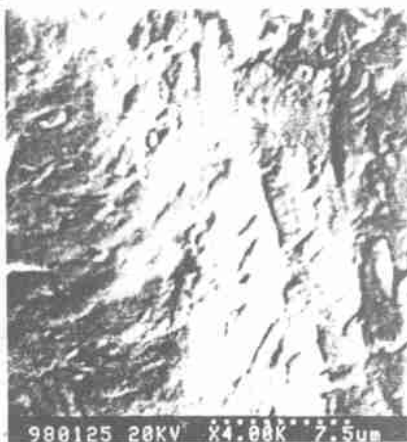
980122 20KV X4.00K 7.5um

(a) YB01 刀具后刀面磨损形貌



980124 20KV X4.00K 7.5um

(b) FTC1 刀具后刀面磨损形貌



980125 20KV X4.00K 7.5um

(c) FTC2 刀具后刀面磨损形貌

图 5 刀具后刀面磨损的 SEM 照片

Fig. 5 The flank wear morphology of the tools

切削速度、背吃刀量大时,粉末涂层刀具易发生崩尖、前刀面贝壳状剥落等破损形式。在切削用量较小时,粉末涂层刀具的损坏形式先是磨损,但磨损过程中伴随着微崩,随着切削的进行,刀具边界磨损和月牙洼磨损较为严重,特别是月牙洼磨损到一定程度后,月牙洼和后刀面之间的部分越来越薄,越来越高,在切削时由于前刀面上拉应力的存在会导致月牙洼和后刀面之间切削刃部分崩落。

3.2 磨损机理分析

由图 4 可以看出,FTC1 刀具在 $f=0.1\text{mm/r}$, $a_p=0.15\text{mm}$ 及 $v=71.5\text{m/min}$ 的切削用量下切削淬硬 T10A 工具钢时,刀具的磨损以前刀面月牙洼磨损为主,可以看到沿切屑流出方向的磨损痕迹,是粘结磨损和磨粒磨损的特征。这是因为在 $v=71.5\text{m/min}$ 的切削速度下,由于工件较硬,切削过程产生大量的切削热,切削变形较大,刀~屑接触区承受高压、高温的作用,增加了前刀面和切屑之间的粘结作用,使前刀面形成月牙洼磨损。由于机械应力和热应力的综合作用,以及因工件材质不均产生的冲击,不可避免的造成刀刃和刀尖微崩^[3]。

图 5 是三种刀具在 $f=0.1\text{mm/r}$, $a_p=0.15\text{mm}$ 及 $v=71.5\text{m/min}$ 的切削用量下切淬硬 T10A 工具钢时刀具后刀面磨损形貌。

由图 5(a)可以看出,YB01 后刀面的磨损具有粘结磨损、挤压磨损和塑性磨损的特征。涂层中的部分硬质材料由于工件的摩擦和粘结被带走,后刀面在工件的挤压作用下产生塑性变形,形成条纹状的塑性变形区。

由图 5(b)可以看出,FTC1 后刀面的磨损主要是磨粒磨损和粘结磨损。后刀面在工件的硬质点的划擦作

用下,形成“犁沟”而造成硬质点磨损,同时由于工件的挤压和高温作用,后刀面产生粘结磨损。

由图 5(c)可以看出,FTC2 后刀面的磨损主要是挤压磨损和塑性磨损。后刀面在工件挤压作用下,产生“塌陷”变形,形成挤压磨损。

4 结 论

(1)FTC1 和 FTC2 完全可以作为刀具材料使用,并且在中低速度下切削调质 45 号钢和淬硬 T10A 工具钢时,FTC1 和 FTC2 具有比 YB01 更好的切削性能。

(2)FTC1、FTC2 在切削硬度较低的工件时,其损坏形式主要是磨损。在切削淬硬 T10A 工具钢等硬度较高的工件时,其损坏形式初期为磨损,但随着切削的进行,刀具会发生破损。

(3)FTC1 在切削淬硬 T10A 工具钢时,磨损以前刀面月牙洼磨损为主,主要磨损机理为粘结磨损和磨粒磨损;后刀面磨损机理为粘结磨损、磨粒磨损和挤压造成的塑性磨损。FTC2 在切削淬硬 T10A 工具钢时,磨损形式为刀具后刀面磨损及边界磨损,主要磨损机理为粘结、塑性及磨粒磨损。

参 考 文 献

- 1 肖诗纲. 刀具材料及其选择. 北京:机械工业出版社(第二版), 1990. 4
- 2 王宝友, 黄传真, 艾兴等. 硬质合金粉末表面涂层陶瓷的材料. 陶瓷学报, 1999. 21(3)
- 3 黄传真. 新型复相陶瓷刀具材料的研制及切削可靠性研究. (博士论文). 山东工业大学, 1994. 5