

中国高校金属切削研究会第三届年会论文选

金属切削

中国高校金属切削研究会
论文评审与学报编辑委员会 编

东北工学院出版社

金 属 切 削

中国高校金属切削研究会 编
论文评审与学报编辑委员会

东北工学院出版社出版发行 东北工学院印刷厂印刷

(沈阳市文化路3号巷11号)

(辽新出许字89084号)

开本:787×1092 1/16 印张:11.75 字数:293千字

1991年9月第1版

1991年9月第1次印刷

责任编辑: 战志民

责任校对: 张德喜

封面设计: 唐敏智

插图: 何建刚

ISBN 7-81006-350-2/TG·12

定价: 28.00元

论文评审与学报编辑委员会

主任委员：刘培德

副主任委员：袁哲俊 周泽华

委 员：（以姓氏笔划为序）

于启勋	艾 兴	乐兑谦	刘培德
陈日曜	周泽华	周家宝	张幼楨
袁哲俊	郭玉骅	喻怀仁	曾宪唐
魏庆同	薛秉源		

第三届年会论文选《金属切削》

主 编：袁哲俊

副 主 编：薄化川 田春芳

前 言

中国高校金属切削研究会第三届学术年会于 1987 年 11 月在长沙召开,会上共宣读论文 105 篇。内容包括金属切削理论、刀具设计理论及新型刀具,切削试验方法及试验装置,新加工方法、新刀具材料、非金属材料加工及磨削等。论文的数量和质量比起 1984 年的第二届年会来都有较大提高,总的特点是,理论研究深入,许多论文密切结合了生产实际并有实际效果,论文作者所在院校的面也比以前广泛得多,青年作者所占比例增大。这些都说明了我国高等学校中科研工作的可喜进步。

本论文选集共收入论文 42 篇,其中金属切削理论方面 14 篇,刀具设计、刀具材料和新刀具方面 15 篇,切削试验方法和试验装置方面 7 篇,磨削 4 篇,非金属材料加工 2 篇。在全部入选的 42 篇论文中,全文刊登 25 篇,摘要刊登 17 篇。

本论文选集由袁哲俊教授任主编,薄化川教授、田春芳教授任副主编。

论文选集在评审、编辑和出版过程中得到很多会员院校和作者们的帮助与支持,并得到东北工学院出版社有关同志的大力帮助和支持,谨在此一并表示感谢。

中国高校金属切削研究会
论文评审与学报编辑委员会

1989 年 12 月

目 录

前 言

I 全文刊登的论文

刀杆型电阻应变式车削测力仪	袁哲俊 姚 平 姚英学(1)
陶瓷刀具切削加工的研究	艾 兴 萧 虹(6)
刀具的氧化磨损	贾春德(12)
磁处理高速钢车刀耐用度的研究	唐宜胜 刘为民 杨志刚(20)
切削过程参数的在线辨识与优化	赵九长(26)
我国新型硬质合金的研制及其应用	于启勋 周育清(35)
金属切削过程中前刀面边界条件的测定	张弘强 胡荣生 刘培德(40)
凹形曲面的金刚石砂轮修形方法的研究	姚南琦 王殿龙 刘 欣(47)
陶瓷 CBN 砂轮磨削钛合金的磨损特性	任敬心 华定安 黄 奇 徐庆中(52)
金属切削优化研究	李云壁(60)
声发射检测刀具破损的实验研究	徐荣葆 张耀辉(66)
用层次分析法优选端铣刀的几何角度	何琼儒(72)
用线面共轭法计算回转刀具廓形及其包络面	蒋大有(77)
快速落刀装置的高速摄影实验分析及理论研究	胡华南 徐大源 张崇高(84)
实体滚切中硬齿面齿轮用超硬高速钢的切削性能研究	金之垣(90)
指状齿轮铣刀螺旋槽制造的计算机辅助分析	姚南琦 康德纯 艾长征(95)
氮化钛涂层高速钢刀具切削性能的试验研究 ...	田春芳 尹建军 郝春水(101)
金属切削刀—屑紧密型和峰点型接触区长度的研究	刘向东 周泽华(106)
切削过程有限元模拟解析	李东波 杨惠民(114)

曲线刃锥面钻尖的数学模型及其计算机辅助分析

.....	李奥军	曹正铨	林 丞(121)
大理石磨削试验研究	刘 忠	殷 玲	吴金平 左武昕(129)
超声波振动车削加工精度和表面质量的研究			高保荣(135)
计算加工螺旋面铣刀截形的通用解法			王德全(143)
圆弧刃车削判定及光洁度数值图解	熊大章		张献平(149)
磨削加工表面层温度分布的测定	刘德忠		高希正(154)

II 刊登摘要的论文

岩石机械加工研究	王成勇	刘培德	陈培元(161)
涂层硬质合金刀片切削性能的试验研究	汪国梁		侯新志(162)
深孔钻削中心线偏移的研究	潘晓弘	杨惠民	张铁茂(163)
不锈钢和高温合金超声波振动车削试验研究 ...	易德明	熊高荣	高香山(164)
砂带磨削整盘线材的研究	白东哲	郑焕文	单瑞兰(165)
耐热合金钢切削参数优化的试验研究			沈沛如(166)
双包围环面蜗杆传动蜗轮滚刀的研究			程国全(167)
齿轮的齿形精度分析——剃前滚刀造形误差的计算			曹义昌(168)
金属切削实验中快速落刀速度对切屑变形的影响	蔡光仁	檀美德	陈子文 吴惠贞(169)
弧形磁致伸缩换能器及其计算公式的推导	■ 杰	林家荣	朱树新(170)
车削加工中轴向分力 F_z 的探讨	沈明通		郭立夫(172)
锥刃球头模具铣刀的研究	金问涂		华宏星(173)
刀具磨损及刀具耐用度分散性的研究	沈文琪	王育民	于启勋(175)
高速工具钢与氮化钛涂层结合性能的切削试验研究	田春芳	尹建军	郝春水(176)
GH761 切削加工性研究	史重英		姜 晶(177)
金属切削实验设计方法与精度分析			姜培兰(179)
金属切削数据库 NAIMDC 中数据结构的设计及数据检索的实现	吕凌志		叶文华(180)

刀杆型电阻应变式车削测力仪

袁哲俊 姚 平 姚英学
(哈尔滨工业大学)

摘 要

本文介绍了新研制成功的刀杆型电阻应变式车削测力仪。该测力仪采用剪切和拉压测力相配合的新工作原理,解决了刚度和灵敏度之间的矛盾。试验表明,新测力仪是一种高质量的测力仪,自振频率达到 5800Hz 以上,其外形尺寸小,特别适用于车削力的在线检测。

一、新测力仪结构及其力学分析

电阻应变式传感器具有测量灵敏度高,工作稳定,结构简单等优点,被广泛用于切削力的测量。但在较长的一个时期内,由于没有找到一种比较理想的变形元件结构形式,影响了测力仪的刚度和自振频率,限制了这类测力仪在测量动态切削力方面的应用。

本文作者作了大量的研究工作,研制成功具有高刚度、高自振频率和足够灵敏度的刀杆式车削测力仪。本测力仪的外型就是一把机夹不重磨车刀,可直接装在车床的小刀架上使用。测力仪为整体结构,其变形筋采用短槽形直筋,如图 1 所示。对 X 向(进给力方向)是一悬臂梁结

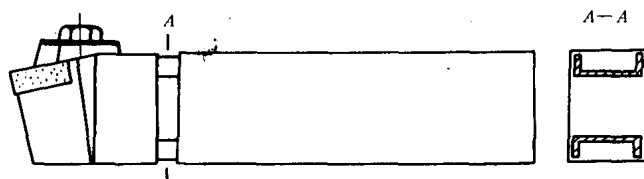


图 1 刀杆式车削测力仪结构原理图

构,对 Z 向(主切削力方向)是桁架结构。

对测主切削力和进给力是采用测量剪切应变的方式,对测径向切削力是采用测压应变的方式,贴电阻应变片,三向分力均用全桥测量。

采用测剪切应变方式的优点在于可以大大缩短变形筋的长度。在垂直于变形筋长度的各截面内,剪切应力的分布是相同的,变形筋的长度只要能贴下应变片的长度即可;而测弯曲应变沿长度方向各截面中应力不等,应变片只能贴在应力最大处,故变形筋的长度至少是应变片长度的 5~10 倍。根据力学分析,变形筋长度愈长,非必要的刚度损失愈大,其刚度和自振频率均降低。测剪切应力时,变形筋长度可以做得很小,使测力仪具有很高的刚度和自振频率。

测进给力 F_x 时,应变片贴在变形筋上下面,截面中剪应力的分布如图 2a 所示。测主切

削力 F_x 时,应变片贴在变形筋的两侧面,截面中剪应力的分布如图 2b 所示。从图中可看到在截面中剪应力的分布呈抛物线形,使最大剪应力附近的一个较大区域内剪应力变化不大,使应变片容易贴。此外测剪应力时,应变片的布片方式简单,在电桥中可用电补偿法消除各分力之间的相互干扰。

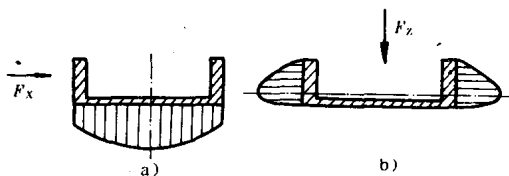


图 2 变形元件上的剪应力分布

在测径向切削力 F_r 方向,采用测压应力的方式。由于在三个切削分力中, F_r 值是较小的分力,且测压应变时灵敏度较低,这将使测 F_r 力的灵敏度过低。刀杆式车削测力仪在测 F_r 分力时采取了应力集中等措施,有效地提高了测量灵敏度。实验证明我们的措施是有效的。本刀杆式车削测力仪测 F_r 分力有足够的灵敏度。

对于用测剪切应力时能提高测力仪性能的问题,在我们过去发表的论文^[4]中已有较深入的分析,这里只作简要的说明。平时用评价值 Q 来评价应变式测力仪的性能, Q 值越高,则测力仪的性能越好。 Q 值用下式计算:

$$Q = \beta \cdot k$$

式中 β ——测力仪灵敏度,单位力作用时的输出应变值;

k ——测力仪静刚度,单位力作用时变形量的倒数。

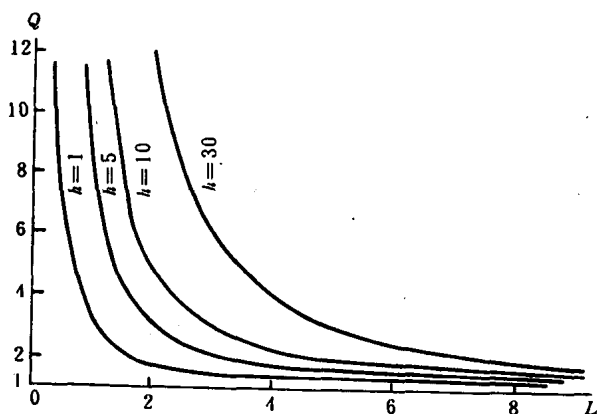


图 3 矩形截面悬臂梁的评价值 Q 的变化曲线

图 3 是不同尺寸情况下,矩形截面悬臂梁的 Q 值的变化曲线。从图 3 看到在梁的长度很小时,评价值 Q 是很大的;随着梁的长度 L 的增大,评价值 Q 急剧减小;在梁的长度相同时,梁的高度 h 越大,则评价值 Q 越大。测弯曲应变时,变形筋长度不能太小(一般在应变片长度 10 倍以上),因此评价值就不能大。测剪切应变时,由于沿长度方向应变值相同,变形筋可以做得很短(可以小到应变片长度的 1.5 倍),因此评价值 Q 可以很高。

二、测力仪的静态特性

1. 本测力仪经过静态标定,分别进行 F_x 、 F_y 、 F_z 三个分力方向的加载,其测量结果为:

$$\varepsilon_x = 1.08 \mu\varepsilon/10\text{N} \quad \varepsilon_y = 1.23 \mu\varepsilon/10\text{N} \quad \varepsilon_z = 2.48 \mu\varepsilon/10\text{N}$$

2. 最大非线性度分别为

$$\delta_x = 1.0\% \quad \delta_y = 1.0\% \quad \delta_z = 0.6\%$$

3. 各方向加载时,各向分力的输出和相互干扰见下表

加 载		输 出					
加 载 方 向	加载力/N	X 方向		Y 方向		Z 方向	
		读 数	干 扰	读 数	干 扰	读 数	干 扰
		$\mu\varepsilon$	%	$\mu\varepsilon$	%	$\mu\varepsilon$	%
X	3 000	+325	—	-5	1.35	+30	3
Y	3 000	+5	1.54	-370	—	-9	0.9
Z	4 000	-8	2.5	-12	3.24	-996	—

4. 实际测出的三个方向上的静刚度为

$$K_x = 200 \text{ N}/\mu\text{m} \quad K_y = 1\,530 \text{ N}/\mu\text{m} \quad K_z = 270 \text{ N}/\mu\text{m}$$

三、测力仪的动态特性

将本测力仪放在柔性基础上,用锤子分别在三个方向上敲击,通过加速度传感器将测力仪的振动输出信号送到 3582A 型频谱分析仪,所记下的频率响应曲线如图 4(X 向),图 5(Y 向),图 6(Z 向)所示。

从实验记录曲线中,可以判定本测力仪各个方向上的自振频率分别为

$$f_{ox} = 5\,800\text{Hz}$$

$$f_{oy} = 15\,800\text{Hz}$$

$$f_{oz} = 6\,600\text{Hz}$$

这项指标明显超过了现有的其它电阻应变式车削测力仪。

CIRP 技术委员会关于测力仪定标的推荐标准(草案)中提出,当相对误差为 5% 时,测力仪的

自振频率 f_0 应是被测力脉动频率 f 的 4~8 倍。在一般的切削条件下,切削力脉动频率在 1.5 以内,本测力仪的动特性 $f_{ox} = 3.87f$; $f_{oy} = 10.5f$; $f_{oz} = 4.4f$, 已经符合 CIRP 草案中的 4~8 倍的要求。

本测力仪各方向均有足够的测量灵敏度和刚度,可以说本测力仪对切削力具有良好的动态响应特性,对动态切削力的各部分(进入和退出切削时的切削力变化部分,稳定切削时的均值和多频多幅的随机交变分量等)均有较好的响应,能快速消除其中的瞬态和稳态测量误差,

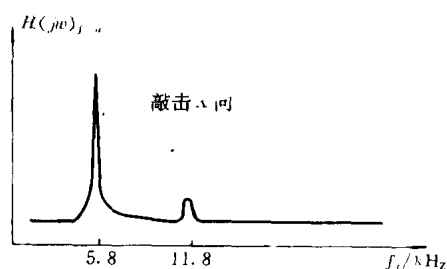


图 4

能减少切残误差(测力仪在切削过程中因弹性变形而对预定切削深度所带来的误差)。

四、结 论

1. 采用测剪应力和拉压应力相结合的测量方案,可以大大提高测力仪的刚度和自振频率,使应变式测力仪的性能有突破性的提高。

2. 尽可能缩短变形筋的长度,这是大幅度提高测力仪的刚度和自振频率的有效方法。

3. 新研制的刀杆式车削测力仪,采用测剪切应变和压应变,是一个成功的新设计,它的大部分静、动态指标均超过国内外同类的车削测力仪。

4. 本测力仪结构简单,外形和普通机夹不重磨车刀相近,使用极为方便。

5. 本测力仪的变形元件离刀尖较近,如何消除切削温度对测量的影响尚待进一步研究。

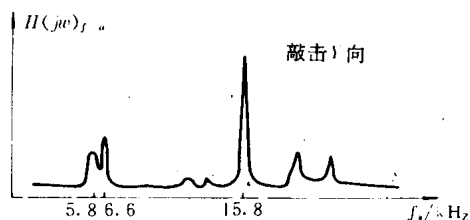


图 5

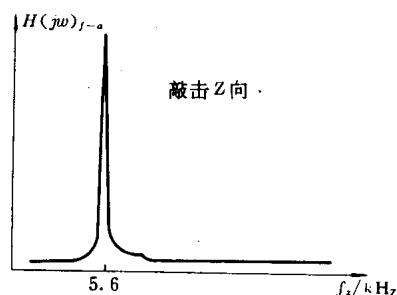


图 6

参考文献

- [1] 袁哲俊, 电阻应变式测力仪设计中几个问题的探讨. 哈尔滨工业大学学报, 1979 (3).
- [2] Recommendation on Calibration and Operation of Machine tool—Dynamometer. CIRP Annals. 1974.
- [3] 阿亨机床与传动实验室报告, 三向测力仪的发展
- [4] 蔡礼君, 袁哲俊. 应变式测力仪的解析与突破. 哈尔滨工业大学学报(增刊), 1985

A New Lathe Dynamometer

Yuan Zhejun Yao Ben Yao Enxiao

(Harbin Institute of Technology)

Abstract

This paper gives a new developed lathe dynamometer with strain-gage transducer in lathe tool form. In this dynamometer force components are measured by strain-gage transducer in measuring shear stress (F_x, F_z) in combination with compressive stress (F_y), so it provides high ratio of sensitivity to stiffness and at the sametime high natural frequency. The static and dynamic charateristics of this

dynamometer :

Sensitivity : $\varepsilon_x = 1.08 \mu\epsilon/10N$; $\varepsilon_y = 1.23 \mu\epsilon/10N$; $\varepsilon_z = 2.48 \mu\epsilon/10N$

Stiffness : $K_x = 200N/\mu m$; $K_y = 1530N/\mu m$; $K_z = 270N/\mu m$,

Natural frequency : $f_{ox} = 5800Hz$; $f_{oy} = 15800Hz$; $f_{oz} = 6800Hz$

The static and dynamic characteristics of this new lathe dynamometer is much better than the lathe dynamometer strain-gage type now used.

陶瓷刀具切削加工的研究*

艾 兴 萧 虹

(山东工业大学)

摘 要

本文概括地阐述和介绍了国内外对陶瓷刀具材料有关强度、断裂性能的改进,以及刀具磨损与破损研究所取得的最新主要成就和尚待研究的问题,以期引起更多人的关心,促进陶瓷刀具的发展与应用。

一、概 述

陶瓷刀具材料的出现和发展,把切削加工技术提高到一个新的水平。现已发展成添加多种碳、氮、氧和硼化物与金属的现代陶瓷刀具材料,已有氧化铝系、氮化硅系和复合氮化硅—氧化铝系三大类几十个牌号。工艺上已从冷压发展为热压、热等静压烧结等。一般硬度达 HRA94~96,抗弯强度达 $800\sim 1200\text{N/mm}^2$,断裂韧性为 $5\sim 7\text{MN/m}^{3/2}$ 。在 $1100\sim 1300^\circ\text{C}$ 下,切削性能仍不改变,可用于钢、铸铁、合金钢、高硬钢以及冷硬铸铁等各种材料的车、铣、扩、铰等的粗、精加工,生产效率相当高。目前在欧洲、日本已占 $7\%\sim 8\%$ 左右。

陶瓷刀具在切削加工应用中,最突出的问题是耐久性和可靠性。它包括合理选择与使用以及刀具损坏机理两大方面。后者主要涉及陶瓷刀具材料的成份、组织结构与性能,以及刀具的磨损与破损机理。它们之间紧密相关而又互相影响,涉及多种学科领域。本文结合我们的研究工作,概括地阐述了上述有关问题的研究成就及尚待研究的问题,以期引起人们的重视,加以发展、推广和使用国内已有的陶瓷刀具。现代陶瓷刀具材料尽管目前使用较少,但它有巨大的潜力和广阔的发展前景。

二、有关改进陶瓷刀具材料断裂韧性的研究

此方面的研究工作及结果可归纳为以下几个方面:

1. 形成两相微观结构,改善陶瓷材料性能

两相脆性材料裂纹扩展模型的研究结果表明,在裂纹前端出现起“阻塞”作用的第二硬质相,可增加陶瓷的强度与韧性。例如在热压纯 Al_2O_3 陶瓷中,添加 $(5\sim 40)\%$ (重量)的 TiC 含量,制成热压组合陶瓷进行试验,结果表明,当添加 30% TiC 时,断裂韧性最大增加 50% ,断裂

* 本课题得到国家自然科学基金的资助。

应力增大 52%，内部临界裂纹尺寸减少到只有原来的 1/15 左右。随 TiC 含量不同，性能变化各异，其断裂韧性 K_{Ic} 与 TiC 含量有如下线性关系^[3]：

$$K_{Ic}^2 = 2[(\Delta E \tau_1 + \Delta \tau E_1) \cdot f_v + E_1 \tau_1]$$

式中 ΔE 和 $\Delta \tau$ ——分别为 Al_2O_3 与 TiC 二者弹性模量 E 和断裂能 τ 之差；

f_v ——TiC 含量 % (体积)；

E_1 和 τ_1 ——分别为 Al_2O_3 的弹性模量和断裂能。

该试验还表明，TiC 颗粒直径不同，对陶瓷的空隙、颗粒间的平均距离和断裂性能也有显著影响。

2. 应力诱导微观裂纹或相变，增加陶瓷材料的断裂韧性

根据裂纹扩展能量耗损机理，陶瓷材料可通过应力诱导微观裂纹或相变增加韧性。这种微观裂纹在机械与热负荷作用下，在不同程度上可吸收断裂能。例如在 Al_2O_3 系的陶瓷中，添加一定的单斜晶系的 ZrO_2 ，可诱导极细微观裂纹，显著提高陶瓷的断裂韧性，但耐磨性将有所降低，但如添加部分稳定的 ZrO_2 (具有 75% 至 80% 稳定度的四方晶格或 ZrO_2 的立方向) 时，造成应力诱导相变，在外力作用下，四方相 ZrO_2 吸收能量，从而提高韧性，而又不降低耐磨性。德国 Widalox-ZR 刀片就是这种高韧性陶瓷刀片。试验表明，在应力诱导微观裂纹或相变中， K_{Ic} 是微观裂纹密度、添加物 (如 ZrO_2) 含量 (体积) 和所造成残留应力的函数，但裂纹密度必须小于临界密度，否则陶瓷基体失稳， K_{Ic} 下降。图 1 为 Al_2O_3 中添加 ZrO_2 后， K_{Ic} 的变化情况。 ZrO_2 弥散于 Al_2O_3 中诱导微观裂纹，吸收断裂能， K_{Ic} 加大，但 ZrO_2 增到一定量后，裂纹密度增加， K_{Ic} 急剧下降。

3. 纤维增强陶瓷材料

最近三四年，SiC 晶须增强陶瓷的成功，使这类刀具材料发展到一个新阶段。由于晶须的弹性模量比陶瓷基体高，添加后可改善其韧性。但更重要的是晶须干扰裂纹扩展路径，它在陶瓷基体中，变成障碍物，阻挡或改变裂纹扩展方向，尤如钢筋混凝土中的钢筋，起强化作用。因此，晶须增强陶瓷显著改善它的断裂韧性、Weibull 模数、热和机械性能。例如美国 WG-300 组合陶瓷刀片，就是在 Al_2O_3 中添加一定数量的 SiC 晶须热压而成的。晶须直径平均为 $0.6\mu m$ ，长度为 $10\sim 80\mu m$ ，弹性模量超过 $700GPa$ ，抗拉强度达 $7GPa$ ， K_{Ic} 为普通瓷刀片的两倍。到目前，只研制成 SiC 晶须，在其它晶须也研制成功之后，陶瓷刀具就可能完全与硬质合金刀具竞争。

4. 陶瓷材料的内部缺陷对其强度的影响

在陶瓷材料中存在夹杂物、空洞、表面刻痕、边缘裂纹以及其它缺陷等。它的强度及其分散性取决于这些缺陷的大小及其分布。常以预制裂纹的方法 (如硬度计压头压痕，加工切口等) 做出各种形状裂纹，然后用“等效裂纹长度” a_e 概念进行断裂性能试验，求出等效裂纹长度与强度或韧性的关系^[6]

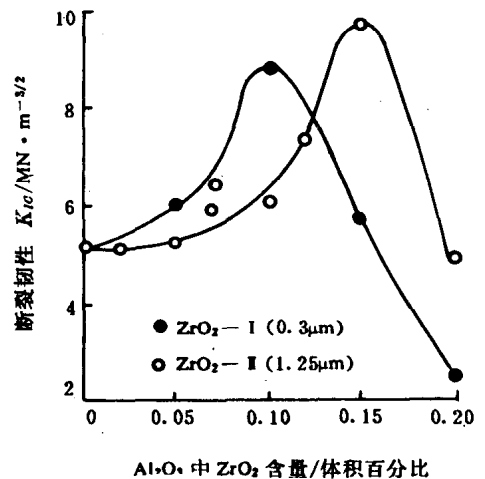


图 1

$$a_e = \frac{1}{\pi} \left(\frac{K_2}{\sigma_c} \right)^2$$

式中 a_e ——等效裂纹长度,其值如图 2 所示;

σ_c ——断裂应力。

对 Al_2O_3 、 Si_3N_4 、 SiC 和赛阿龙 (Sialon) 陶瓷材料的试验表明,随 a_e 增加,它们的 σ_c 减少,但不成线性关系。在 $a_e \leq 0.01\text{mm}$ 时,几种陶瓷的 σ_c 彼此接近,但随 a_e 减少,其强度就有显著差别,陶瓷的颗粒平均直径 d 最小的赛阿龙 ($2\mu\text{m}$) 强度最大,而 d 最大的 Al_2O_3 ($20\mu\text{m}$) 在 $a_e < 0.01\text{mm}$ 时的强度,与 d 小而 $a_e \geq 0.01\text{mm}$ 的其它几种陶瓷的强度几乎相等。因此,存在于陶瓷中的等效裂纹长短与颗粒直径大小对其强度有极重要的影响。

三、陶瓷刀具材料的断裂性能研究

陶瓷材料的裂纹扩展速率为

$$\frac{da}{dN} = A(\Delta K)^n$$

式中 $\Delta K = K_{I\max} - K_{I\min}$ ——应力强度因子幅值;

A, n ——表示裂纹扩展速率的参数;

N ——载荷循环次数。

试验表明^[11],常温下,SG-4 陶瓷材料的裂纹扩展速率如图 3 所示,其参数为 $A = 4.314 \times 10^{-13}$, $n = 8.736$ 。断裂韧性 $K_{IC} = 5.03\text{MN}/\text{m}^{3/2}$ 。热压氮化硅陶瓷在高温下的裂纹扩展速率如图 4 所示^[7],分成两个明显不同的变化区。在低速率区 $B (\geq 1300^\circ\text{C})$ 的直线倾斜较缓,其斜率 n 为常数 ($n = 10 \pm 2$), K_I 随温度增加而减少;在高速度区 $A (< 1300^\circ\text{C})$,直线较陡, K_I 随温度增加而加大。高速效应可能伴随有裂纹钝化,而低速扩展则是由于形成晶界滑动裂纹而加速亚临界裂纹扩展的结果。

图 5 为 $\text{Al}_2\text{O}_3\text{—TiC}$ 陶瓷的 K_{IC} 与温度的关系。在 800°C 内, K_{IC} 基本不变,至 900°C 附近, K_{IC} 急剧增加, 1200°C 开始又有下降趋势。 K_{IC} 随温度上升而增加的主要原因是由于

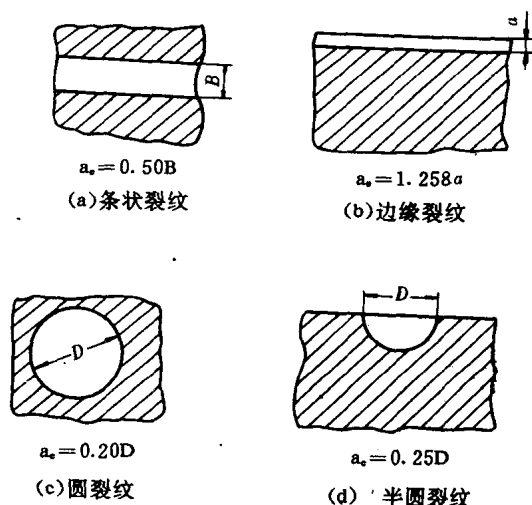


图 2

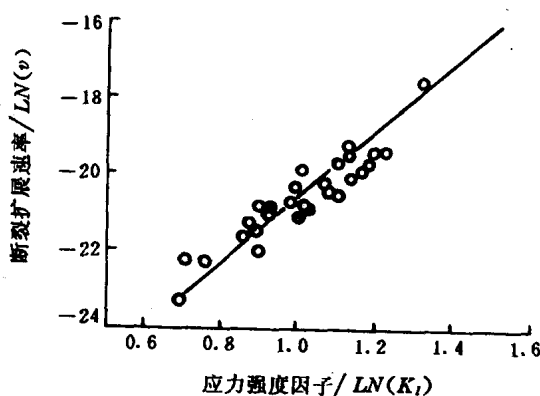


图 3

晶界相的粘性流动,改变裂纹扩展路径,形成枝状裂纹和二次分裂。由上述可知,陶瓷材料随温度上升, K_{IC} 增加,但裂纹扩展速率也有所加快。这些重要性能对刀具破损的影响还有待进一步研究。

四、陶瓷刀具磨损机理研究

陶瓷刀具的磨损形态有前、后刀面磨损和边界磨损。根据不同类型的陶瓷刀具材料和工件材料,其磨损机理也各异。例如 Al_2O_3 系陶瓷刀具 SG-4 和 LT55 加工 35CrMnSiA 与 45 钢时,在一定条件下就发生严重的粘结磨损并伴有微崩刃,但没有发现明显的扩散磨损^[8]。钢铁中含有一些夹杂物与添加剂,如 SiO_2 、CaO 与 MnS 等,切削时因高温作用,容易与陶瓷发生反应,例如 Ca 与 Al_2O_3 陶瓷反应,在刀面上形成一层不稳定的,低熔点的 Ca- Al_2O_3 玻璃附着层,软化刀具表面,显著降低其耐磨性,加速前后刀面磨损;但如切削含 MnS 多的含硫易切钢, MnS 在刀具表面上分解成 MnO,它与 Al_2O_3 反应,形成一层 MnO- Al_2O_3 薄膜,提高刀具抗磨损能力。

氮化硅陶瓷刀具高速车削铸铁和铣削中碳钢时,很少发生化学反应,没有扩散磨损,前刀面也不形成月牙洼。

赛阿龙加工 901 耐热镍铬铁合金^[9],当切削速度 $V < 125m/min$ 和在不同惰性与活

性气体中切削时,主要形成边界磨损,当 $V = 125$ 与 $185m/min$ 时,主要是粘结磨损,在切屑底部观察到被带走的赛阿龙颗粒; $V \geq 185 \sim 310m/min$ 时,在刀-屑接触面的 Ti 和 Cr 浓度增加,化合成氮化钛与氮化铬。Ni 和 Fe 也扩散到刀具内,形成扩散层。前刀面磨损是 Ti, Cr 与刀具材料 β' 晶粒直接反应的结果;当 $V > 310m/min$ 时,刀具主要因塑性变形而破损。

五、陶瓷刀具破损的研究

陶瓷刀具的破损有早期和后期两种。早期破损即未达到正常磨钝标准之前发生的破损。这类刀具的破损形态有崩刃、剥落、碎断、裂纹和塑性变形等。微崩刃是一种早期破损,常伴随正

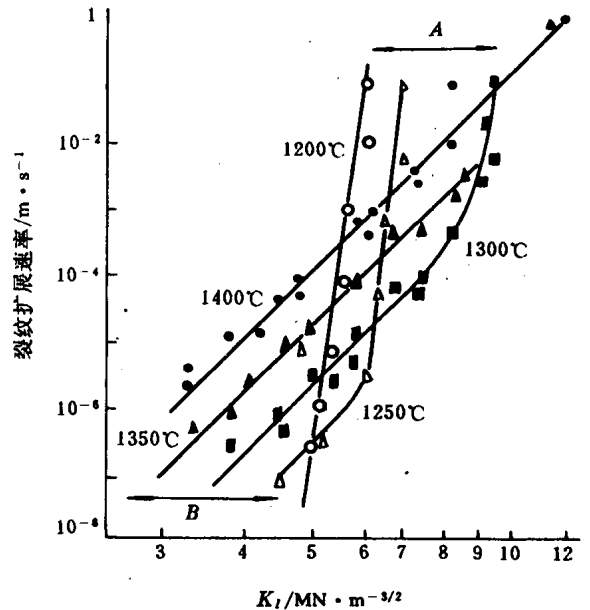


图 4

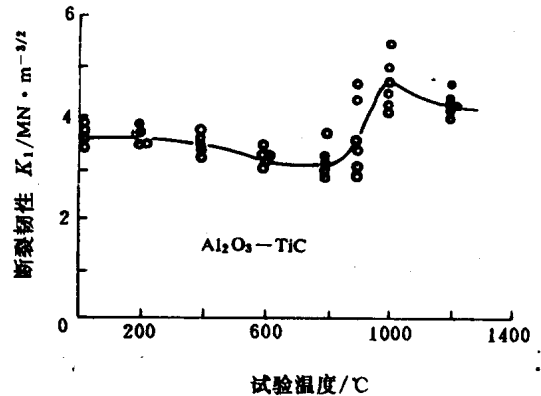


图 5

常磨损同时发生,但在磨损限度内时,刀具仍可继续使用。

陶瓷刀具破损是一种典型的随机现象。试验表明^{[10][11]},它端铣淬硬钢时,刀具破损服从于对数正态分布,而继续车削时,则服从于威布尔分布。陶瓷刀具断续切削时,其损坏的主要形式是破损,因此,不可能按传统的泰勒公式决定其切削时的磨损寿命与切削条件之间的关系,而应按其破损分布规律,确定其破损寿命与切削条件之间的关系。

早期破损的原因主要是切削时,机械冲击引起的应力超过了陶瓷材料许可的强度极限。因此,最大拉应力理论可用于早期破损的强度判据,即陶瓷刀具中引起的最大拉应力达到该材料的单轴拉伸极限时,刀具发生破损。当然,还必须考虑陶瓷材料内存在有不同形状的缺陷对其强度的影响。

后期破损主要是机械和热负荷引起的疲劳所造成。在断续切削时的循环载荷作用下,陶瓷材料内的最弱缺陷萌生成的裂纹因失稳而扩展直至破断。试验表明^[11],断裂力学—统计特性陶瓷刀具破损强度判据理论适用于这种疲劳破损,它可作为预报陶瓷刀具破损寿命的基础,但还需考虑切削时温度对陶瓷材料断裂性能的影响以及热应力的作用。

应当指出,陶瓷刀具损坏包括磨损与破损两个方面,二者在不同加工方法中,虽各占其主要形式,但二者互相影响,因而对陶瓷刀具寿命还应综合加以研究。至于陶瓷刀具的损坏与其机械物理性能和断裂性能及微观结构参数(如晶粒直径、平均自由程)等的关系尚待进一步研究。

六、结 论

1. 在机械制造技术的发展和进步的总趋势中,具有很大优越性的现代陶瓷刀具材料,是促进切削加工技术进步的一支重要生力军。在未来的刀具材料中,它有可能完全与硬质合金竞争,应予大力推广和使用,可获得很大的经济效益。

2. 在改善和提高陶瓷刀具材料的强度和韧性方面,进行了大量研究,已取得重大成就。但综合使用细化晶粒改变晶界状况、组织转变和应力诱导微观裂纹或相变增韧以及纤维增强陶瓷材料的措施,提高它的强度与韧性,发展新品种,还有巨大的潜力,特别是把陶瓷材料性能(包括高温)与显微结构参数和切削时刀具的损坏结合起来进行深入研究,将有可能把这种材料的发展推到一个新水平。

3. 陶瓷刀具的磨损和破损的研究已取得重要的成就,当前迫切任务之一是更深入研究陶瓷刀具的可靠性问题,以解决它一直不能广泛应用的主要障碍。还有必要建立陶瓷刀具材料的机械物理性能、断裂性能和切削性能的试验标准,其目标是建立数据库,用以设计、选择和合理使用刀具。

参考文献

- [1] 艾 兴, 萧 虹. 陶瓷刀具切削加工. 机械工业出版社, 1988.
- [2] 潘敏元. 氧化铝—碳化物系组合陶瓷刀具材料的研究. 山东工学院学报, 1982 (4)
- [3] Wahi R P et. al. Fracture Behaviour of Composites Based on Al_2O_3-TiC . Journal of Materials Science, 1980, 15

- [4] 吴元昌编译. SiC 晶须增强的组合陶瓷. 工具技术, 1986 (11)
- [5] Kreher W, et. al. Increased Fracture Toughness of Ceramics by Energy—dissipative Mechanism. *Journal of Materials Science*, 1981, 16
- [6] Usami S, et. al. Strength of Ceramic Materials Containing Small Flaws. *Engineering Fracture Mechanics*, 1984, 23 (4)
- [7] Evans A G, et. al. Crack Propagation and Failure Prediction in Silicon Nitride at Elevated Temperature. *Journal of Materials Science*, 1974, 9
- [8] Ai Shing, Hsiao Hung. Study on the Wear Mechanism of Composite Ceramic Tools in Turning Steels. *Proceedings of 4th ICPC in the Metal—Working Industry*, Belgrade, 1986. 5
- [9] Bhattacharyya S K, et. al. Tool Life and Wear Mechanism of Syalon Ceramic Tools When Machining Nickel Based Materials. *Proceedings of the 5th ICPE, Tokyo*, 1984. 7
- [10] Hsiao Hung, Ai Shing. Study on Fracture of Ceramic Tools in Face Milling Hardened Steels. *Proceedings of the 5th ICPE, Tokyo*, 1984. 7
- [11] Ai Xing, Xia Chuan—bao. Study on the Criterion for Ceramic Tool Fracture in Intermittent Turning Steel. *Proceedings of the 3rd Int. Conf. in Metal Cutting, Non—Conventional Machining and their Automation*, Nanjing, Vol. 1, 1987. 5

Study on Machining with Ceramic Tools

Ai Xing Xiao Hong

(Shandong University of Technology)

Abstract

Modern ceramic tool materials should be paid great attention and popularized widely in production because of their most superior performance. Based on our work, the recent achievements at home and abroad in research for improving the strength and fracture properties of ceramic tool materials as well as tool wear and fracture while machining are summarized in the paper. Also, the subjects to be studied continuously for ceramic tools are outlined. It is expected that more interests for many in the development and application of ceramic tools would be excited from the paper.