

77.9 QJQ 77.9 QJQ 801 47

全国高校金属切削原理与刀具研究会
Chinese Institution of Metal Cutting and Tools for Colleges

金切论文集



全国高校金属切削原理与刀具
研究会论文编审委员会

前 言

近年来全国各高等院校的科研工作蓬勃开展,取得了不少成果,在金属切削原理和刀具的科研方面也是硕果累累。1981年5月在南京召开的全国高校金属切削原理与刀具研究会第一届学术报告会上,宣读和交流了科研论文101篇。论文内容包括金属切削机理,刀具设计理论和新结构刀具,切削试验方法和试验装置,有理论研究的也有结合生产实际的。不仅论文数量多、内容丰富,而且有不少论文水平很高。为了有利于交流,能相互借鉴和启发,决定选出水平较高的论文编成论文集出版。

本论文集所收论文包括:金属切削理论方面十七篇,刀具设计理论方面九篇,切削试验方法和新试验装置方面五篇,新型刀具方面两篇,加工方法方面三篇,共计三十六篇。其中全文刊登的二十篇,摘要刊登的十六篇。

为使我国的金属切削原理和刀具方面的科研工作更全面深入地开展,取得更大的成果,今后需要加强这方面的学术交流。我们准备继续出版这样的论文集。希望研究会的成员多关心我们的工作,不断提供高水平的论文,逐步开展国际间的学术交流。

本论文集的出版得到甘肃工业大学学报编辑室康庄、孙品一、曾廉、曲衍勋、王忠诚等同志的大力支持,谨表谢意。

编 审 委 员 会

全国高校金属切削原理与刀具研究会 第一届年会论文集

目 录

1. 关于正交切削时刃前区应力分析若干问题的探讨
.....大连工学院 刘培德 胡荣生 吴雪松 (1)
- ✓ 2. 新刀具材料加工淬硬钢的切削性能研究
.....山东工学院 艾兴 葛莘 吴连富 李久立 (11)
3. 切削碳钢时积屑瘤对切削表面上犁沟和鳞刺的影响
.....华南工学院 周泽华 (18)
4. 直角自由切削时切削区温度场的实验研究
.....哈尔滨工业大学 袁哲俊 曹玉良 董申 (27)
- ✓ 5. 氮化硅陶瓷刀具的磨损机理与氮化硅复合陶瓷刀具的研究
.....清华大学 周家宝 连克仁 袁待群 (36)
6. 高强度钢切削加工性的研究
.....北京工业学院 于启勋 王育民 李汉民 杨广勇 (45)
- ✓ 7. 车削镍基高温合金时刀具磨损的试验研究
.....华中工学院 郭玉骅 梁桂莘 左武新 汪乡生 (58)
8. 钛合金切削过程优化的实验研究
.....南京航空学院 吴殿宗 潘良贤 陈幸朝 刘肇发 (69)
- △ 9. 深切缓进给外圆切入磨削中磨削温度的试验研究
.....华中工学院 吴秀英 鲍剑斌 (79)
10. 齿轮滚刀齿侧面铲磨原理的研究
.....大连工学院 姚南珣 汲勇
韶关工具厂 王荣林 (86)
11. 不铲磨齿轮滚刀的齿形设计及误差
.....阜新矿业学院 蒋大有 (95)
12. 可调叠片剃齿刀的结构与性能
.....太原工学院 徐璞 冯肇锡 蔺启恒 刘建勋 汪德煜 (102)

13. 蜗杆的几何特征及其径向装配条件的分析

.....西安交通大学 吴序堂 (110)

14. 用密齿硬质合金端铣刀高速铣蜗杆及螺纹的研究

.....山东工学院 马福昌 王连杰 (119)

15. 锥面刃磨法钻头的后角计算方法

.....东北工学院 田春芳 (126)

16. 小安装后角双圆锥面刀片大进给量精铣端铣刀

.....广西大学 刘冠民 (135)

17. 利用切削力的监控检出加工中的空行程

.....北京航空学院研究生 赵勇 (144)

18. 立式平行八角环式车削和铣削测力仪

.....哈尔滨工业大学 袁哲俊 唐宜胜 冯玉成 薄化川 (152)

19. 测量切削分力时相互干扰的消除—三向干扰补偿器

.....沈阳机电学院 杜信康 姜积俊 苏恩和 王书芳 (159)

20. 双剪切销爆炸式快停装置的研究

.....湖南大学 罗重常 刘牧宇 刘禄祥 黄朱曦 易德明 周光莉 (164)

21. 钛合金车削过程切屑形成的实验研究 (摘要)

.....南京航空学院 潘良贤 吴殿宗 刘肇发 陈章朝 (170)

22. 丝锥粘结磨损的研究 (摘要)

.....哈尔滨工业大学 孔庆复 薄化川
哈尔滨标准件厂 陈世祥 彭连福 (171)

23. 在薄切削下切削条件对鳞刺高度的影响 (摘要)

.....华中工学院 罗正川等 (174)

24. 切断车削中切削力的变化规律 (摘要)

.....河北工学院 陈昌源 (176)

25. 切削力和后刀面磨损关系的探索 (摘要)

.....华中工学院 王隆太等 (177)

26. 可转位重型卧式刀片合理槽型的试验研究 (摘要)

.....哈尔滨科技大学 李振加 黎志仁
哈尔滨汽轮机厂 顾祖慰 闰永兴 (179)

27. 关于高锰钢辙岔铣削加工的研究 (摘要)

.....大连铁道学院 刘为民 孙学诚 (181)

28. 磨齿接触区 (摘要)

.....上海业余工业大学 李高敬 (183)

29. 高光洁度磨削时表层残余应力的初步实验 (摘要)

.....武汉工学院 夏平桑 (186)

30. 大刃倾角外圆精车刀的工作原理 (摘要)
 贵州工学院 吴道全等 (187)
31. 镶齿端铣刀刃磨角度矢算法及其电算程序 (摘要)
 吉林工业大学 彭福华 (190)
32. 切削条件对高速滚齿刀力矩的影响 (摘要)
 重庆大学 梁锡昌等
 重庆机床厂 徐昌培 杨沈叶 (192)
33. 弧面蜗轮滚刀铲磨的研究 (摘要)
 北京钢铁学院 杨吉有 方兆彰 (193)
34. 高精度摆线齿轮滚刀齿形设计的新方法——
 空间啮合齿廓法线法 (摘要)
 西安公路学院 庄仲禹 (195)
35. 八角环平面磨削测力仪的有限元分析 (摘要)
 浙江大学 李加种等 (197)
36. 八角环车削测力仪一些问题的探讨 (摘要)
 成都科技大学 杨治国 (199)

关于正交切削时刃前区 应力分析若干问题的探讨

大连工学院 刘培德 胡荣生 吴雪松

提 要

本文在总结前人工作的基础上提出若干新的见解,在极低速切削条件下用图像—塑性法对刃前区应力进行分析验证。得到的结论是:切屑形成过程是由于剪切与弯曲的联合作用。刃口分离点沿滑移线的水静应力可以是拉应力,也可以是压应力。文中提出了计算刃前区应力的切削模型和剪刀面上正应力分布的方法,与实验结果基本相符。

一、前 言

对刃前区应力状态的认识涉及切屑形成过程的根本问题,具有重要的理论意义与实践意义,例如对断屑问题的研究,倘若缺乏对刃前区应力状态的认识,则只能停留在经验的基础上,也无法根据切削条件预测切屑状态。而要知道刃前区的应力状态,必须首先搞清楚切削时金属质点如何流动,如何变形,既它的滑移线场,然后根据滑移线场计算应力。当前普遍采用的Merchant平面剪切面滑移线模型,是一个非常简化的模型,用于粗略地估计变形大小与切削力大小是可以的,但要用它来研究局部的应力分布,则不足为据。P.L.B.Oxley教授根据极低速正交切削时所得的滑移线场,考虑了强化因素,用图像—塑性法[1]计算出沿滑移线的应力分布情况,为解决此问题树立了良好的开端。但由于切削过程的复杂性,尤其是在高速切削时变形速度与切削温度影响着金属材料性能,而在这些条件下的材料性能资料十分缺乏,所以问题的探讨还局限于极低速的切削过程。白井英治教授也对此问题作过探讨[2],取得了有价值的资料。总的说来,由于理论复杂,实验困难,做的工作仍然有限,不够系统。我们的工作就是在这样一个情况下开展的。在总结前人工作的基础上,我们提出下列若干新的见解:

(1)有人认为在刃前区下方存在一个自由表面,那里的水静应力是拉应力[3]。根据我们的观察,情况不一定是这样。一般说来,刀具后刀面也有一段和加工表面紧密接触,而且作用的是压应力。

(2)根据简化的切削模型,一般认为前刀面上的作用力与滑移线上的抵抗合力是共线的。我们认为,二者原则上不是共线的,切屑形成过程是由于剪切与弯曲的联合作用。我们根据实验数据计算出了这个弯矩,有时是相当大的。

(3)Merchant 的切削模型把第一变形区简化为一个平面,这在一般情况为观察剪切角是可以的,但用于分析刃前区的应力,则误差太大。我们对剪切平面的两端作了修正,用曲线取代,并令其下端联接到刀口圆弧上的分离点T上(见图1)。因为T点以上的金属随切屑排除,而其以下部分留在加工表面,所以研究通过分离点的滑移线上之应力状态对判断切屑形态以及断屑情况具有特殊的意义,所以我们把这一条滑移线称之为“特征滑移线”。

下面我们作进一步的说明。

二、特征滑移线

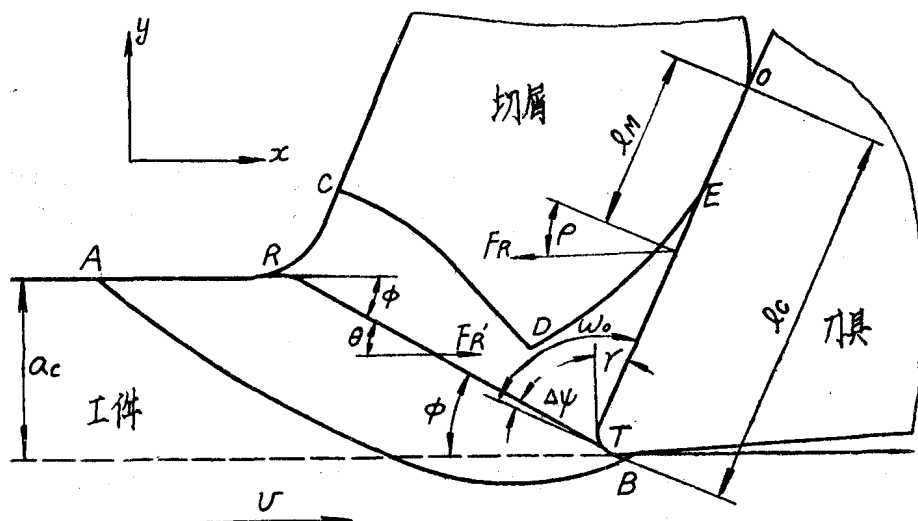


图1 特征滑移线切削模型

图中RT为特征滑移线。直线段与切削速度方向成 ϕ 角。上端以曲线延伸到自由表面,交于R点。下端也以曲线与分离点T相连。令滑移线在T点的切线与前刀面成 ω_0 角,则根据Мартиросьян的推导[5], ω_0 可由下式决定:

$$\left. \begin{aligned} \omega_0 &= \pi/2 - 1/2 \arccos \lambda \\ \lambda &= \tau_{\text{前}} / k_{\text{前}} \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

$K_{\text{前}}$ 是切屑与刀具接触面处的剪切流动应力,它等于塑性变型区终滑移线上的剪切流动应力。 $\tau_{\text{前}}$ 是前刀面上的平均切应力,可用下式计算:

$$\tau_{\text{前}} = F_E / a_w l_C \quad (2)$$

式中 F_E 为切削合力 F_R 沿前刀面方向的切向分量, l_C 为切屑与刀具接触长度, a_w 为切削宽度。

由公式(1)可知,当前刀面上发生粘结时, $\lambda = 1$, $\omega_0 = \pi/2$;当前刀面上摩擦为0时, $\lambda = 0$, $\omega_0 = \pi/4$ 。故 ω_0 在 $\pi/4$ 至 $\pi/2$ 范围内变化。

特征滑移线的大部分为直线段,其水静应力按线性变化。

三、弯 矩 计 算 法

假设沿特征滑移线的剪切流动应力 K_{RT} 为常数。特征滑移线 RT 上的抵抗合力 F_R' 的着力点应由 RT 面上的垂直应力 P_{RT} 的分布确定, 根据我们的实验结果算出, 此点的位置接近于 RT 线直线段的中点。 F_R' 与 F_R 大小相等, 但不共线。

设前刀面上的切削合力 F_R 作用在前刀面上 l_M 处(见图1), 则 F_R 与 F_R' 产生的力偶 M 可计算如下:

$$M = F_R \left[(l_C - l_M) \cos \phi - \frac{a_c \sin \theta}{2 \sin \phi} \right] \quad (3)$$

式中 a_c —切削厚度; ϕ —剪切角; P —前刀面上摩擦角; θ — F_R' 与剪切平面的夹角, 由下式决定:

$$\theta = \cos^{-1} \left[\frac{K_{RT} a_w a_c}{F_R \sin \phi} \right] \quad (4)$$

如果知道公式(3)中的 l_M , 既可求出 M 。

l_M 可根据前刀面上的正应力分布曲线求出(图2)。设正应力分布曲线的方程式为:

$$\sigma_x = a l^n \quad (5)$$

式中 l 为距切屑与刀具分离点 O 的距离, a 和 n 为常数。

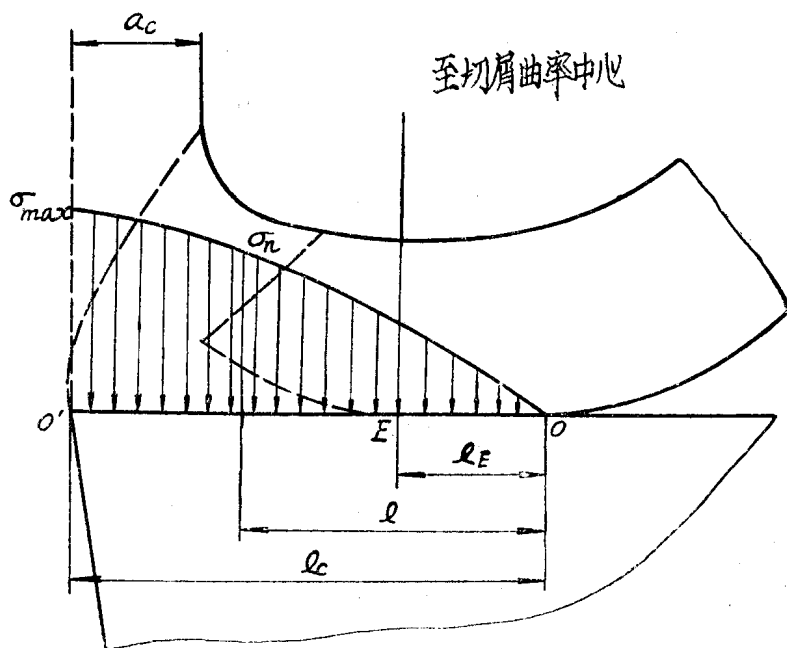


图2 前刀面上正应力分布

前刀面上的法向力 F_N ,

$$F_N = \int_0^{l_c} a_w a l^n dl = \frac{a_w a l_c^{n+1}}{n+1} \quad (6)$$

$$\therefore a = \frac{n+1}{a_w l_c^{n+1}} F_n \quad (7)$$

从切屑的卷曲中心向前刀面引垂线，交于E点，则EO = l_E 一段为弹性接触区，O'E一段为塑性接触区。在弹性接触区产生滑动摩擦，故有 $\tau = \mu \sigma_n$ (8)

式中 τ 为滑动区的切应力， μ 为摩擦系数。

令 F_{EO} = 弹性区的切向力，

$$F_{EO} = a_w \int_0^{l_E} \mu_n l^n dl = \frac{a_w \mu a l_E^{n+1}}{n+1}$$

令 $F_{O'E}$ = 塑性区的切向力，

$$F_{O'E} = a_w (l_c - l_E) K_{前}$$

$$K_{前} = \mu_n l_E^n$$

$$\mu = \frac{K_{前}}{a l_E^n}$$

$$\text{前刀面的切向力 } F_E = F_{O'E} + F_{EO} = a_w K_{前} \left(l_c - \frac{n}{n+1} l_E \right)$$

$$\therefore n = \frac{a_w K_{前} l_c - F_E}{F_E - a_w K_{前} (l_c - l_E)} \quad (9)$$

根据前刀面上切削分力 F_N 和 F_E ，以及 $K_{前}$ 、 a_w 、 l_c 和 l_E ，可求出 a 和 n 。现在我们来求 l_M 。

将前刀面上正应力对O取矩，其力矩应等于 $F_N \cdot l_M$ ，即

$$\int_0^{l_c} l \cdot a_w a l^n dl = F_N \cdot l_M$$

$$F_N = \frac{a_w a l_c^{n+2}}{(n+2) l_M} \quad (10)$$

式(10)应与式(6)相等，得

$$l_M = \frac{n+1}{n+2} l_c \quad (11)$$

四、特征滑移线的正应力

我们最感兴趣的是在分离点T处的正应力，它由以下四部分组成：

- (1) 在R点的水静应力 P_R ；
- (2) 由于滑移线下端转角变化产生的水静应力增量 σ_1 ；
- (3) 由于变形强化产生的水静应力增量 σ_2 ；
- (4) 由于弯矩产生的水静应力增量 σ_3 。

$$\text{即 } \sigma = P_R + \sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3 \quad (12)$$

如 σ 为正值，且达到一定极限，则切屑可能断裂，如 σ 为负值，则切屑连续。

各部分应力计算方法如下：

- (1) P_R

在自由表面R点处,以一小段圆弧与滑移线RT的直线段相接,故可认为R点的水静应力较 K_{RT} 又增加了 $2 K^{RT} \eta$, η 即由R点至直线段的转角变化。根据Oxley教授的推导,

$$P_R = K_{RT} \left[1 + 2 \left(\frac{\pi}{4} - \phi \right) \right] \quad (13)$$

$$\text{故 } \eta = \frac{\pi}{4} - \phi$$

由上式可知,当 ϕ 角较小时,R点的压应力较大。

(2) σ_1

σ_1 是由于滑移线下端的转角变化产生的水静应力增量。

$$\text{转角变化 } \Delta\psi = \left[\phi - \left(\frac{\pi}{2} + \gamma - \omega_0 \right) \right]$$

$$\therefore \sigma_1 = + 2 k_{RT} \left(\frac{\pi}{2} + \gamma - \omega_0 - \phi \right) \quad (14)$$

$$P_R + \sigma_1 = k_{RT} \left[1 + 2 \left(\frac{\pi}{4} - \phi \right) \right] + 2 k_{RT} \left(\frac{\pi}{2} + \gamma - \omega_0 - \phi \right) \quad (15)$$

(3) σ_2

因变形强化而产生的水静应力增量 σ_2 ,

$$\sigma_2 = \Sigma \frac{\Delta K}{\Delta S_1} \Delta S_2 \quad (16)$$

式中, ΔS_2 为沿滑移线方向的距离增量,

ΔS_1 为垂直滑移线方向的距离增量,

ΔK 为垂直滑移线方向的剪切流动应力增量。

根据滑移线场,可求得各滑移线的剪切流动应力,从而知道 ΔK 。

在低速切削条件下, σ_2 项为正值,数值愈大,使水静应力向拉应力变化的程度愈甚,也就是说,变形强化是促使产生拉应力的因素。

(4) σ_3

前已推导,前刀面上切削合力使特征滑移线上产生弯矩 M ,

$$\left. \begin{aligned} M &= F_R \left[(l_c - l_m) \cos \rho - \frac{a_c \sin \theta}{2 \sin \phi} \right] \\ \sigma_3 &= M/D \\ D &= \frac{1}{6} \left(\frac{a_c}{\sin \phi} \right)^2 a_w \end{aligned} \right\} \quad (17)$$

如 σ_3 为正值,则产生拉应力增量。

五、实验与结果

对以上分析我们进行了验证。实验所用的方法与P.L.B. Oxley及Hastings[6]所采用的类似。实验是在车床上进行的,用宽刀对试件作正交切削。试件由两半拼成,在其中一块的内侧印制格子线,以便在切削后获得滑移线场图,另一半作金相磨片,两块合拢以避免在切削过程中产生侧流。工件的宽度为8 mm,与切削厚度相比,约为30倍,以保证平面

应变状态。工件材料为A3, $H_B = 108$ 。成份如下: C—0.20%; S—0.021%; Si—0.07%; Mn—0.04%; P—0.025%。格子线尺寸为0.02mm×0.02mm, 其印制方法类似于印刷电路工艺的光刻。

在做工件材料的单向压缩试验时, 由于端面摩擦和区域效应, 试件将产生鼓凸现象, 使计算出的平均压应力不是单向压缩的真应力, 而鼓凸现象对同一直径的试样又随长径比不同而变化。为消除这一影响, Cook和Lark[7]提出的外插法是较好的办法。其做法是对四个直径相等而高度不同的圆柱作压缩试验, 取得在不同高度压缩比时的载荷数据, 然后绘制在一定变形 ϵ 时压应力 σ 与直径高度比(d/h)的曲线。将曲线延伸到 d/h 等于零时, 既得到在此变形时的真应力。以变形 ϵ 为横坐标, 真应力 σ 为纵坐标, 作 $\sigma-\epsilon$ 曲线。再根据Mises准则, 令剪切流动应力 $K \approx \sigma$; 剪应变 $\gamma_s = \sqrt{3}\epsilon$, 即得 $K-\gamma_s$ 曲线, 如图3所示。

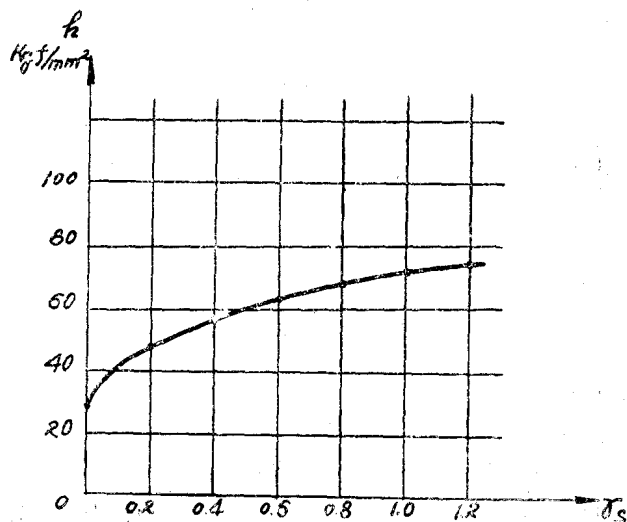


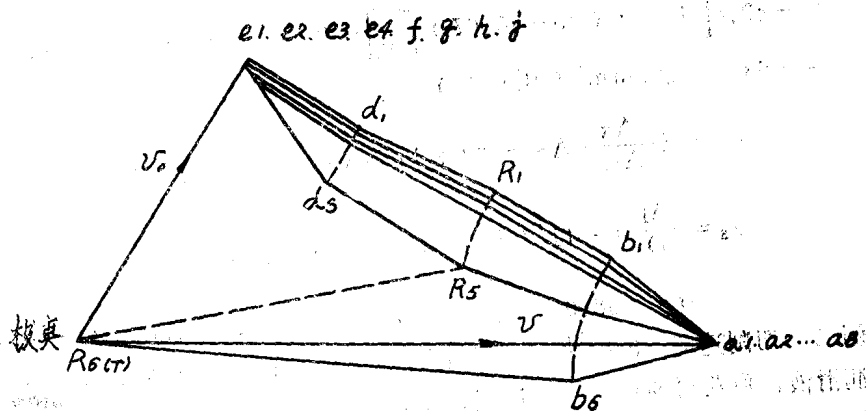
图3 $K-\gamma_s$ 曲线

实验是在极低速的稳态情况下进行的, 兹举二例如下。

例一 切削速度=0.13米/分; 切削厚度=0.24mm; 刀具前角=28°10′。切削时加70%硫化油、30%煤油作润滑剂, 所获得的切屑为连续切屑, 其滑移线场图如图4所示。

由图4可见:

- (1) 在刃口圆弧附近没有裂缝或存在自由表面。
- (2) 作出了通过分离点T的滑移线RT, 其两端为曲线, 如本文Ⅱ节所描述。通过计算可知 $\omega_0 = 84.7^\circ$, $K_{RT} = -42.5 \text{ kgf/mm}^2$ 。
- (3) 根据计算得 $l_M = 0.172 \text{ mm}$, $M = -3.45 \text{ kgf-mm}$, 可见 F_R 与 F'_R 不共线。
- (4) 图中显示了始滑移线AB。按文献[1]的作图法, 可求得在此滑移线上, $K_{AB} = -34.5 \text{ kgf/mm}^2$; $m_0(K-\gamma_s \text{ 曲线在 } K_{AB} \text{ 处的斜率}) = 190.4 \text{ kgf/mm}^2$; $\gamma_s = 0.06$ 。在始滑移线AB上的水静应力与剪切流动应力如图5所示。在A点的水静应力为压应力, 其值最大, 沿滑移线逐渐减少, 到刀刃前方附近变为拉应力, 到B点又变为压应力。
- (5) 图中终滑移线CD只表示出其中一段, 为清晰起见, 由D到刀刃一段略去。根据计算, CD线上的 $K_{CD} = -50.5 \text{ kgf/mm}^2$, 这是由于变形强化的缘故。沿CD线的水静应力为



2). 速矢端迹

比例: $\text{———} 0.013 \text{ 米/分}$

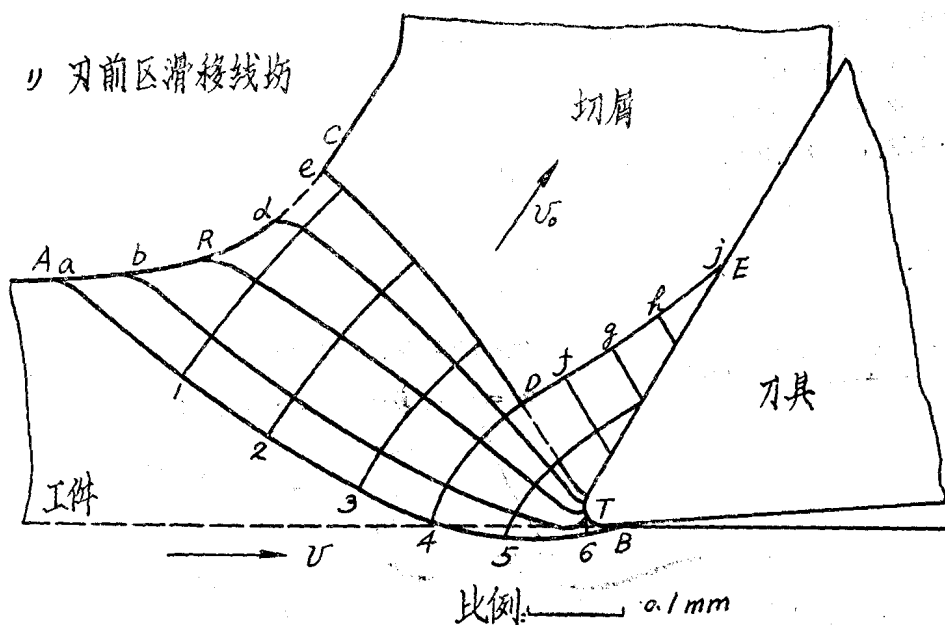


图4 根据实验得到的滑移线场

工件材料 A_3 , 刀具材料 $W18Cr4V$, $\phi = 30^\circ 40'$
 $l_c = 0.32 \text{ mm}$, $l_R = 0.038 \text{ mm}$, $a_w = 8 \text{ mm}$

压应力, 近似地作线性分布。

(6) 特征滑移线上T点的正应力

$$P_R + \sigma_1 = k_{RT} \left[1 + 2 \left(\frac{\pi}{4} - \phi \right) \right] + 2 k_{RT} \left(\frac{\pi}{2} + \gamma - \omega_0 - \phi \right)$$

$$= -42.5 \left[1 + 2(-45 - 30.67) \frac{\pi}{180} \right] - 2 \times 42.5 (90 + 28.17 - 84.7 - 30.67) \times \frac{\pi}{180}$$

$$= -68.0 \text{ kgf/mm}^2 \text{ (压应力)}$$

$$\sigma_2 = \Sigma \frac{\Delta k}{\Delta S_1} \Delta S_2 = 32.8 \text{ kgf/mm}^2 \text{ (拉应力)}$$

$$\sigma_3 = \frac{M}{D} = -11.7 \text{ kgf/mm}^2 \text{ (压应力)}$$

$$\sigma = -68.0 + 32.8 - 11.7 = -46.9 \text{ kgf/mm}^2 \text{ (压应力)}$$

例二 切削速度=0.01米/分；切削厚度=0.10mm；刀具前角=18.47°。切削时不加润滑液，所获得的切屑为不连续切屑。其实验数据与计算结果如下：

$$\phi = 16.01^\circ; \omega_0 = 80.58^\circ; \rho = 33^\circ; \theta = 43.5^\circ;$$

$$l_c = 0.305 \text{ mm}; l_M = 0.172 \text{ mm}; a_w = 4.73 \text{ mm}; F_R = 234.8 \text{ kgf}$$

$$k_{RT} = -71 \text{ kgf/mm}^2$$

$$\rho_R + \sigma_1 = -142.7 - 29.4 = -172.1 \text{ kgf/mm}^2$$

$$\sigma_2 = +180.9 \text{ kgf/mm}^2$$

$$\sigma_3 = +32.8 \text{ kgf/mm}^2$$

$$\sigma = -172.1 + 180.9 + 32.8 = +41.6 \text{ kgf/mm}^2$$

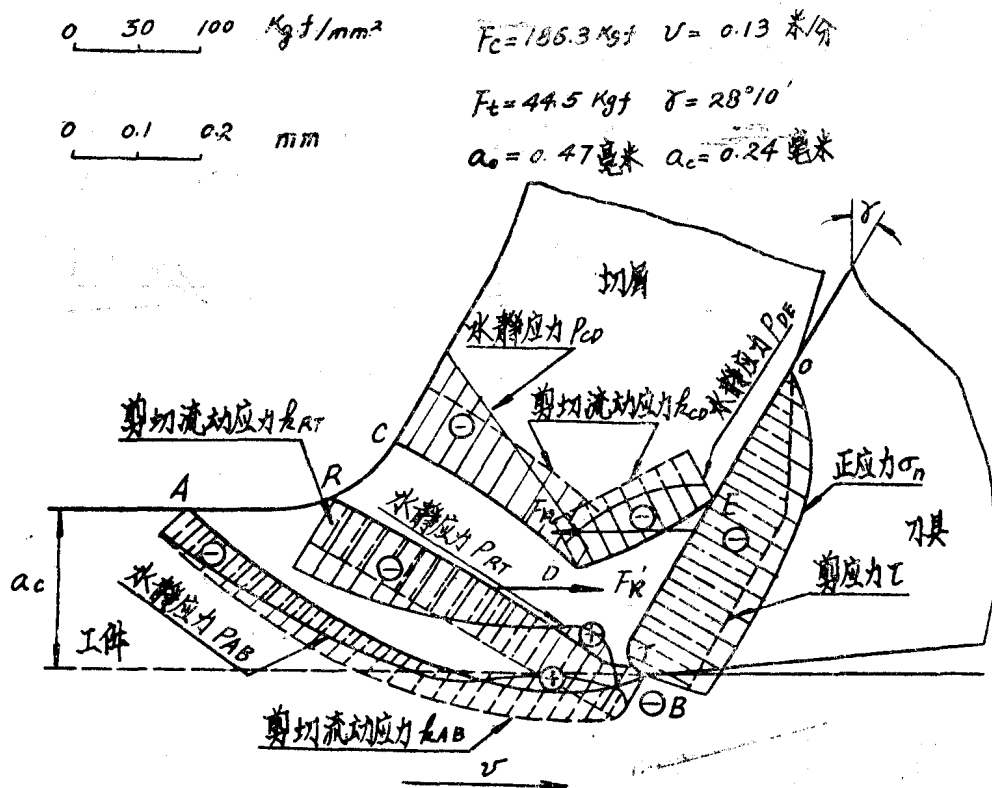


图5 例一的应力分析实验结果

六、结 论

(1)在极低速时,可用图像—塑性法求得切削区的滑移线场及应力分布。沿特征滑移线上的水静应力,在自由表面处为压应力,由于加工强化压应力向刀刃方向逐渐减少,到刃前附近为拉应力,最后在分离点可以为拉应力,也可以为压应力。

(2)特征滑移线对研究切屑的形态以及断裂与否具有重要意义。当分离点的水静应力为压应力或较小的拉应力时,则切屑连续,如为拉应力并达到一定极限,则将产生不连续切屑。

(3)加工强化促使刃前分离点的正应力向拉应力变化。

(4)切屑形成过程除剪切外,同时有弯曲作用。前刀面上的切削合力与剪切面上的抵抗合力并不共线。

(5)本文提出的切削模型,以及计算刃前区正应力和前刀面正应力分布的方法,与实验结果基本相符。

致 谢

本文承日本东京大学白井英治教授审阅,对文中某些计算公式提出宝贵意见,谨此致谢。作者将继续发表对本课题进一步实验研究的结果,欢迎国内外学者同行批评指正。

参 考 文 献

- [1] R.H.Roth, P.L.B.Oxley: "Slip-line Analysis for Orthogonal Machining based upon Experimentas Flow Fields", Journal of Mechanical Engineering Science, Vol.14, 1972
- [2] 白井英治: "切削·研削加工学"(上)。共立出版 株式会社 昭和46年7月15日.
- [3] Palmer and Oxley: "Mechanics of Orthotonal Cutting", Proc.Instrn. Engrs.1959/623
- [4] Зорев. Н. Н.: "Вопросы Механики Процесса Резаниг Металлов", Машгиз, 1956
- [5] Р. Б. Мартироян: "Резание Металлов как Процесс Пластическо и Деформации Сжатия и Сдвига", Армгоиздат, 1963
- [6] Hastings W. F.: "A New Quick-stop Device and Grid Technique for Metal Cutting Research", Annals of the C.I.R.P., 1967
- [7] Cook and Lark, The Journal of the Institufe of Metals, Vol.LXXI, 1945

Some Aspects Regarding The Stress-Analysis of the chip Formation Zone During Orthogonal Machining

P.D.Liu* R.S.Hu** S.S.Wu***

Abstract

This paper presents some new ideas regarding the stress analysis of chip formation zone during orthogonal machining on the basis of reviewing the previous works done in this area, and experiments were carried out to verify its correctness by means of visio-plasticity at very low speed. The following conclusions can be made. The process of the chip formation is one due to the combined action of shear and bending. The character of the hydrostatic stress along the slip line at the point of partition on the tool nose may be tensile, as well as compressive. The cutting model and the methods for calculating the stress in the primary deformation zone and the distribution of normal stress on the rake face presented by this paper are found to be in good agreement with experiments.

*professor, Dalian Institute of Technology, China.

**Associate professor, DIT, China.

***Postgraduate student, DIT, China.

新刀具材料加工淬硬钢的切削性能研究

山东工学院 艾兴 葛革 吴连富 李久立

提 要

本文系统地试验研究了本院研制成功的组合陶瓷刀和国内几种新牌号硬质合金加工淬硬钢的切削性能,包括磨损寿命和破损寿命。提出了它们的合理几何角度和陶瓷刀的磨损量与切削用量之间的关系式,可供推广使用参考。陶瓷刀磨损寿命比新硬质合金刀片高很多,特别在高速切削时更突出,最适合于半精车和精车淬硬钢;但断续切削时破损寿命相差较大。试验表明,本文用破损寿命曲线试验切削性能的方法,比较简单可靠,可作为评定新刀具材料切削性能之用。

在生产中有许多淬硬钢件需进行切削加工。对于这些材料,陶瓷刀具和新牌号硬质合金已是不可少的刀具材料。本院研制成功的 SG-4 型组合陶瓷刀片性能比较稳定。通过试验后,已在生产中试用,适合加工多种淬硬钢。国内加工淬硬钢,很早以前只能用普通硬质合金刀具以低速切削,效率很低。近十年来为适应生产需要,陆续研制成功并推广使用 YW₁, YT05, 643M, 758 等多种新牌号硬质合金。本文试验研究了 SG-4 和这些新刀片加工淬硬钢的切削性能,以便合理选用并不断改进本院的陶瓷刀具性能。

切削加工最常见到的是刀刃磨损和破损。特别是脆性大的陶瓷刀和硬质合金刀具断切时破损更突出。因此,新刀具材料不但应该研究正常的磨损寿命,还必须试验断切时的破损寿命以全面鉴定它的切削性能。

一、淬硬钢加工特点和试验条件

淬硬钢的主要特点是硬度高、强度大、相对延伸率减少、冲击韧性降低。本试验用的工件材料为 45[#]、T10A、5CrMnMo、GCr15 和钢结硬质合金等淬硬钢,平均硬度为 HRC50~62。因为硬度影响切削性能很大,每批试件应保证硬度在相同范围。

试验表明,加工淬硬钢,不论在低速或高速范围,切屑都成为带状,但比较脆,容易折断。在较高速切削时,切屑脆化。特别陶瓷刀高速切削,由于它的导热系数低(约为硬质合金的 $\frac{1}{2} \sim \frac{1}{3}$),大量切削热被切屑带走,切屑红而酥化,成为假带状,可以捏碎而不刺手。手摸工件不热。所以切削淬硬钢,工件表面不象磨削那样易发生烧伤。又因切削不易粘刀,一般不形成积屑瘤,加工光洁度较好。因此,陶瓷刀加工淬硬钢的表面质量可与磨削竞争。

试验还说明，加工淬硬钢时，不但切削力比未淬硬钢大，而且 F_x 、 F_y 、 F_z 间比例关系很不相同。其中 F_y 接近或大于 F_x ， F_x 也相应增加。选择刀具几何参数和切削用量应注意这些特点。

表 1 试验刀片的性能

牌 号	比 重 (克/厘米 ³)	硬 度 (HRA)	抗弯强度 (公斤/厘米 ²)
SG-4	6.48	94.7~95.3	≥30
YT05	12.5~12.9	≥92.5	≥120
643M	13.7	≥93	≥150
YW ₁	12.6~13.5	≥91.5	≥125
758	13.0~13.5	≥91.5	≥150

本试验用的刀片及其性能如表 1。每批试验刀片经过外观检查和选片试验挑选。试验是在 C620 车床（无级调速）上进行的。刀片后刀面磨损量用 56 倍工具显微镜测量。

二、刀具合理几何参数试验和选择

对 SG-4、YW₁ 和 643M 三种刀片进行了合理几何参数选择试验。切削试验用相同的淬硬钢，变更不同几何参数，测量其破损和磨损量（图 1）。

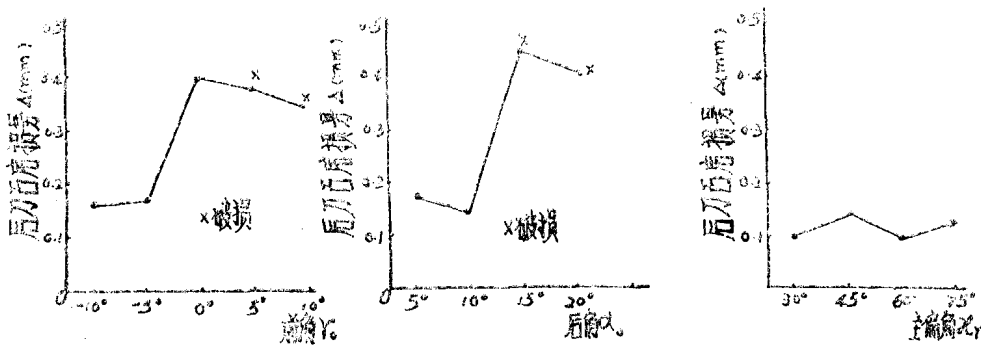


图 1 刀具合理几何参数选择试验

刀具：SG-4，工件：T10A、HRC55~62， $V = 70 \sim 80 \text{ m/min}$ ， $a_p = 0.5 \text{ mm}$ 、 $f = 0.082 \text{ mm/rev}$

SG-4 刀片的试验结果见图 1，在前角 $\gamma_0 = -5^\circ \sim -10^\circ$ 范围内磨损大致相同。大于 -5° 以后，磨损剧烈增加。大于 $+5^\circ \sim +10^\circ$ 以后，发生崩刃。后角 $\alpha_0 = 10^\circ$ ，磨损最小。主偏角 x_r 在 $30^\circ \sim 75^\circ$ 内，磨损量在一定范围内变化。由于 SG-4 很脆，为保证刀刃强度，加工淬硬钢时以 $\gamma_0 \approx 10^\circ$ ， $\alpha_0 \approx 10^\circ$ ， $x_r = 45^\circ \sim 60^\circ$ 为宜。根据对负倒棱 br_1 ，负倒棱角 γ_{01} 和刀尖半径 r_ϵ 的试验表明：陶瓷刀必须有负倒棱和刀尖半径以加强刀刃。取 $br_1 = 0.2 \sim 0.3$ 毫米（随走刀量而不同）， $\gamma_{01} = -30^\circ$ ， $\gamma_\epsilon = 0.2 \sim 0.3$ 毫米较合适。YW₁ 刀片几何参数对刀具寿命的影响与 SG-4 大致相同，但 $\gamma_0 = -5^\circ$ 的磨损量比 -10° 时小一些，取 $\gamma_0 = -5^\circ \sim -10^\circ$ ， $\alpha_0 \approx 10^\circ$ ， $\gamma_{01} = -20^\circ \sim -30^\circ$ 为宜。643M 刀片的几何参数有些不同。 $\gamma_0 = -5^\circ \sim 0^\circ$ 时磨损最小。 $\alpha_0 = 5^\circ$ 时磨损严重， 10° 时最小， 15° 时也比较小，直到 20° 时急剧增大。 $x_r > 60^\circ$ 后磨损明显增加。因此，由于它的强度比 SG-4 大很多，取 $\gamma_0 = -5^\circ$ ， $\alpha_0 = 10^\circ \sim 15^\circ$ 为宜。