

doi: 10.12068/j.issn.1005-3026.2025.20230228

刀具前刀面织构倾斜角度对切削 AISI 304 的影响

周亮, 邹平, 杨振宇

(东北大学 机械工程与自动化学院, 辽宁 沈阳 110819)

摘要: 为探索织构方向在改善刀具性能方面产生差异的原因, 首先分析了前刀面织构对切削力的影响以及织构倾斜角对衍生切削的影响机理. 其次采用激光加工方法在前刀面制备了具有不同方向的织构. 从切削力、切削温度、刀具磨损、工件表面粗糙度和切屑形态方面比较了织构刀具切削 AISI 304 的性能. 结果表明, 织构刀具性能由织构减小的刀-屑接触面积和织构造成的衍生切削共同决定. 织构倾斜角度对衍生切削具有较大影响, 具有较小织构倾斜角的织构刀具切削性能最优, 相较于普通刀具, 切削力、切削温度和工件表面粗糙度的最大降幅分别达到了 13.2%, 16.7% 和 3.76%.

关键词: 织构刀具; 织构排列方向; 切削性能; 衍生切削; AISI 304

中图分类号: TH 161 文献标志码: A 文章编号: 1005-3026(2025)01-0110-09

Effect of Tilted Angles of Cutting Tools' Rake Face Textures on Cutting AISI 304

ZHOU Liang, ZOU Ping, YANG Zhen-yu

(School of Mechanical Engineering & Automation, Northeastern University, Shenyang 110819, China. Corresponding author: ZOU Ping, E-mail: pzou@mail.neu.edu.cn)

Abstract: To explore the reasons for the difference in the texture direction in improving the tool performance, firstly, the effect of the texture on the cutting force was analyzed, as well as the mechanism of texture direction on the derivative cutting. Secondly, the textures with different directions were fabricated by laser texturing techniques. The cutting performances of the textured tool were compared in terms of cutting force, cutting temperature, tool wear, workpiece surface roughness, and chip morphology. The results showed that the performance of the textured tool is determined by both the reduced tool-chip contact area and the derivative cutting due to the textures. The texture direction has a large effect on the derivative cutting. The cutting performance of the tool with a smaller textured tilted angle is optimal, with maximum reductions in cutting force, cutting temperature, and workpiece surface roughness of 13.2%, 16.7%, and 3.76%, respectively, compared to the untextured tools.

Key words: textured tool; texture direction; cutting performance; derivative cutting; AISI 304

AISI 304 具有优异的机械性能和良好的耐腐蚀性而被广泛应用于各行各业中. 切屑以相对较高的速度在前刀面上流动, 导致第二变形区的温度和法向应力较高, 剧烈的摩擦会加速刀具磨损与失效, 甚至严重影响工件质量^[1]. 因此, 切削润滑、新型涂层材料、新型刀具材料、优化刀具结构参数和切削参数等方法被用来提高刀具性能; 但这些方法存在一些弊端, 如污染环境、周期长、成本高等. 由于表面织构方法能够改善摩擦副接触

界面的摩擦学性能^[2]而被引入到刀具切削领域中. Obikawa 等^[3]设计了平行织构、垂直织构、凹坑织构刀具进行铝合金切削实验, 结果表明平行织构对刀具的改善效果最好. Wang 等^[4]发现同心圆织构对改善刀具性能没有影响, 但平行于切削刃的织构在切削过程中可以形成较为稳定的润滑膜. Deng 等^[5-6]通过对 45# 钢切削实验发现填充固体润滑的织构能够进一步减小刀具磨损. Hao 等^[7]设计复合亲/疏液润湿性的前刀面织构去

收稿日期: 2023-08-03

作者简介: 周亮(1991—), 男, 河南信阳人, 东北大学博士研究生; 邹平(1963—), 男, 辽宁沈阳人, 东北大学教授, 博士生导师.

研究刀具耐磨性,发现经改善的刀具润滑性更好,并且在降低切削力、减少刀具磨损等方面优于普通刀具.方锐等^[8]将刀具织构与超声振动辅助加工相结合,发现超声振动能够进一步强化织构的作用而减轻刀具磨损.Vasumathy等^[9]通过 AISI 316 切削实验发现织构倾斜角度对刀具性能有较大影响,平行织构的效果最优.Sivaiah等^[10]关于织构倾斜角度对刀具性能的实验研究也认为平行于主切削刃的织构对刀具的改善效果最好.然而,Xing等^[11]通过球磨实验发现滑动方向和织构方向之间的夹角越小,对摩擦性能的影响就越好,这与前述结果不一致,可能是因为实验环境不同.目前,大部分织构倾斜角度对刀具性能的研究是实验得到的,并没有探讨其影响机理.因此本文研究了织构倾斜角度对刀具切削性能的影响机理.利用激光加工方法制备了不同倾斜方向的织构,在 AISI 304 上进行车削实验,分析织构倾斜角度对提高刀具性能和造成衍生切削的影响机理.

1 织构倾斜角对刀具性能影响分析

1.1 刀具织构降低切削力原因分析

刀具的切削过程为匀速稳定切削,因此可以将切削过程假定为受力平衡状态.织构刀具稳定正交切削示意图如图 1 所示.图中 F_r 为切削合力, F_f, F_z, F_y 分别为前刀面摩擦力、主切削力和径向切削力.在稳定切削过程中,前刀面摩擦力可以由前刀面平均剪切应力 τ_{ave} 和接触面积 A_w 的乘积表示:

$$F_f = \tau_{ave} A_w. \quad (1)$$

根据力的平衡关系,切削合力又可以由前刀面摩擦力来表示:

$$F_r = \frac{F_f}{\cos \beta} = \frac{\tau_{ave} A_w}{\cos \beta}. \quad (2)$$

其中 β 为摩擦角,切削过程中主切削力和径向切削力根据力的平衡关系可表示为

$$F_z = \frac{\tau_{ave} A_w \cos(\beta - \alpha)}{\sin \beta}, \quad (3)$$

$$F_y = \frac{\tau_{ave} A_w \sin(\beta - \alpha)}{\sin \beta}. \quad (4)$$

其中 α 为刀具前角,由于前刀面存在织构,导致刀具前刀面与切屑的实际接触面积减小,实际刀-屑接触面积可表示为

$$A_w = a_w l_f' = a_w (l_f - n w_d). \quad (5)$$

式中: a_w 为切削宽度; l_f' 为实际刀-屑接触长度; l_f 为表征刀-屑接触长度; n 为刀-屑接触区内织构

个数; w_d 为织构宽度.

在稳定切削加工过程中,切削参数不变,刀-屑接触区的平均剪切应力不变,由式(3)~式(5)可知,合理的刀具织构能够通过降低加工过程中刀-屑接触面积来降低切削力,从而改善刀-屑摩擦条件.

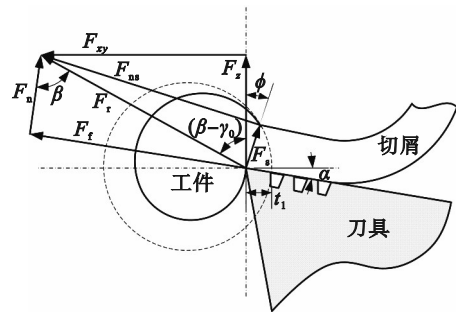


图 1 织构刀具稳定正交切削示意图

Fig. 1 Schematic of stable orthogonal cutting with the textured cutting tools

刀具前刀面织构具有降低刀-屑接触面积的效果,从而改善刀具性能,但是织构的存在也对刀具性能带来一定的负面影响,如织构边缘造成的衍生切削现象.衍生切削即织构边缘对切屑进行二次切削现象,从而增加切削过程中的切削力和切削温度.在切削过程中,前刀面的高温与高应力使切屑材料在织构边缘发生严重的塑性变形并发生衍生切削.衍生切削产生的切屑进入到织构中,当织构被衍生切屑填满后,织构即丧失了减小刀-屑接触面积的能力,并且织构中填充的衍生切屑材料与切屑为同一种材料,亲和性较高,进而会增加刀-屑间的摩擦.

1.2 织构倾斜角度对衍生切削影响分析

织构对刀具性能的影响包括正面影响和负面影响,正面影响即织构减小刀-屑接触面积,从而减小切削力和切削温度,进而改善刀具的摩擦性能;负面影响则是刀具织构可能会导致衍生切削现象,衍生切削使刀具在切削过程中的摩擦环境恶化,从而加速刀具的磨损.适合的织构能够在一定程度上提高刀具的切削性能,不同的织构倾斜角度对提高刀具性能的效果存在较大差异.造成这种差异的主要原因在于不同的织构倾斜角度对衍生切削的影响程度不同.

由于织构边缘发生衍生切削时切削深度很小,可以将衍生切削看作微尺度切削过程.图 2 为衍生切削发生条件示意图.点 S 为发生衍生切削的临界点,当衍生切削深度大于点 S 位置时将发生衍生切削并产生衍生切屑,此时织构会被衍生

切屑填充而丧失其减小刀-屑接触面积的作用;若衍生切削深度小于点 S 的位置,则不会发生衍生切削且不会产生衍生切屑,织构能够通过减小刀-屑接触面积来改善刀具摩擦性能.根据微尺度切削理论, S 点不产生衍生切屑的临界衍生切削深度 t_{dm} 为^[12]

$$t_{dm} = r_c(1 - \cos \theta_s), \quad (6)$$

$$\theta_s = \frac{\pi}{4} - \frac{\beta}{2}. \quad (7)$$

式中: θ_s 为停滞角; r_c 为织构边缘半径.

当切削参数为定值时,临界衍生切削深度也是定值.切削过程中织构导致的实际衍生切削深度 t_d 为^[13]

$$t_d = w_d \sin^2(\eta). \quad (8)$$

式中, η 为切屑流经织构时产生的切屑回流角.织构刀具不发生衍生切削的条件为 $t_d \leq t_{dm}$.

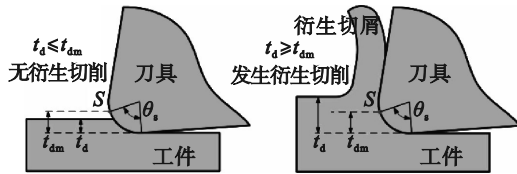


图2 织构衍生切削示意图

Fig. 2 Schematic diagram of derived cutting on texture

织构刀具切削时前刀面织构与流动切屑的关系如图3所示.切屑在前刀面上流动方向可以根据考虑刀具圆角的等效切削刃法确定.织构倾斜角为织构方向与切屑流动方向夹角的余角.当织构倾斜角度 $\psi \neq 0^\circ$, 切屑在前刀面流经织构时,织构实际与切屑接触的宽度 w_d' 会因织构的倾斜角度 ψ 而变化,可表示为

$$w_d' = \frac{w_d}{\cos \psi}. \quad (9)$$

因此,织构发生倾斜时,实际衍生切削深度为

$$t_d = w_d' \sin^2(\eta) = \frac{w_d}{\cos \psi} \sin^2(\eta). \quad (10)$$

织构倾斜导致衍生切削深度增加,根据衍生切削深度发生条件,织构倾斜角的变大使衍生切削深度大于不产生切屑的临界衍生切削深度,进而弱化了织构对刀具性能的正影响.切屑回流角 η 与切屑材料的塑性流动有关^[14],可表示为

$$\eta = \tan^{-1} \left[\frac{\cos \beta_2}{\cos \gamma_0 \sin(\beta_1 + \beta_2 + \gamma_0)} - \cot(\beta_1 + \beta_2 + \gamma_0) \right] + \frac{\tau_{int}}{G} - \gamma_0, \quad (11)$$

$$\beta_1 = \cos^{-1} \left[\frac{\cos \gamma_0 - t_1/l_d}{\sqrt{2} \cos \beta_2} \right] - \left(\frac{\pi}{4} + \beta_2 + \gamma_0 \right), \quad (12)$$

$$\beta_2 = \frac{1}{2} \cos^{-1} \left(\frac{\tau_{int}}{k_c} \right). \quad (13)$$

式中: τ_{int} 为刀具前刀面剪切应力; k_c 为材料剪切流动应力; β_1 与 β_2 为滑移线场角; γ_0 为刀具前角; G 为剪切模量; t_1 为切削深度; l_d 为织构位置到切削刃的距离.

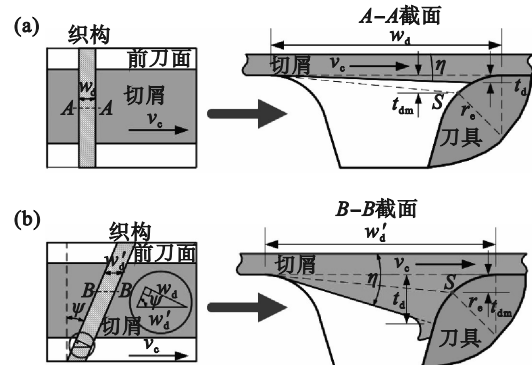


图3 织构倾斜角对衍生切削影响示意图

Fig. 3 Schematic diagram of effect of the textured tilted angle on derivative cutting

(a) — $\psi = 0^\circ$; (b) — $\psi \neq 0^\circ$.

当织构倾斜角 ψ 增大时,一方面,织构发生衍生切削,织构槽中快速填充切屑导致织构失效,且织构中衍生切屑与切屑之间较好的亲和性增加了前刀面平均剪切应力,因此衍生切削导致了切削力增加;另一方面,根据衍生切削发生条件,织构倾斜角的增加导致实际参与切削的织构宽度增加,进而切屑回流角变大,又根据式(11)~式(13)可知,切屑回流角的增加导致了不发生衍生切削时织构位置到切削刃的距离 l_d 的增加,导致前刀面刀-屑接触面积的增加,进而弱化了织构对减小刀-屑接触面积的能力.

2 织构倾斜角度对刀具切削性能实验研究

2.1 刀具织构加工与实验方案

激光加工由于其经济、快速、无污染等优势被选择用来进行刀具织构加工.在织构加工前进行激光正交试验来选择合适的激光参数,经过测试得到的适合刀具织构加工的激光参数如表1所示.为避免激光加工对刀具涂层的破坏,且便于织构加工,本研究选择未涂层且前角为 0° 的平面硬质合金刀片(YG6-CNMA120404)进行织构加工.为了使刀片的加工环境更加接近实际加工状

态,将新刀片的后角进行二次磨削,形成 6° 后角.激光加工后织构宽度、间隔与深度分别为 70, 90, $29\ \mu\text{m}$. 4 种织构刀具分别为平行于主切削刃织构刀具(MTT1), 平行于副切削刃织构刀具(MTT2), 与主切削刃夹角为锐角 45° 织构刀具(MTT3)和与主切削刃夹角为钝角 135° 织构刀具(MTT4), 为了更准确研究织构刀具性能, 将无织构刀具(MTT0)作为参照. 织构刀具示意图与织构三维形貌如图 4 所示. AISI 304 不锈钢材料在生产生活中应用较广, 但该材料不易加工, 因此对加工 AISI 304 的刀具研究是有必要的. 本文选择直径为 75 mm 的 AISI 304 不锈钢作为被加工材料.

表 1 刀具织构激光加工参数
Table 1 Laser processing parameters of cutting tool's textures

激光器 型号	功率 W	速度 $\text{mm}\cdot\text{s}^{-1}$	频率 kHz	扫描次数
CL-FLS-20	10	800	20	15

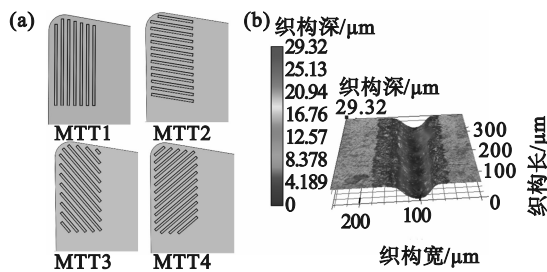


图 4 织构刀具

Fig. 4 Textured tools

(a)—织构刀具示意图; (b)—织构三维形貌.

在 CA6140 车床上对织构刀具进行切削实验. 在车削实验前对棒料进行预车削, 去除 3 mm 厚度来避免工件表面硬化层和圆柱度误差可能对实验结果造成的影响, 并选择夹具 SCLCR2525 M12 装夹车削刀具. 实验切削参数如表 2 所示, 实验切削过程如图 5 所示. 将切削力、切削温度、刀具磨损、工件表面粗糙度和切屑形态作为刀具性能的评判标准. 在实验过程中通过 Kistler 9257B 测力仪测切削力, 红外热像仪 FLIR A40 测切削温度, Alicona (G5) 测工件表面粗糙度, 超景深显微镜 (VHX-1000E) 和扫描电镜 (EVO 18) 观察刀具磨损、切屑黏附状态以及切屑形态, 用 X 射线能谱仪测定刀具上元素分布.

2.2 织构倾斜角度对切削力的影响

为研究织构倾斜角度对刀具切削性能的影响, 采用设计的织构刀具进行切削实验, 切削力结果如图 6 所示. 随着切削速度的增加, 切削力呈

先上升后下降的趋势. 刀具 MTT4 和 MTT2 的切削力相对较小, 在各切削速度下, MTT4 对刀具切削力降幅为 5.3%~13.2%; 而刀具 MTT3 的切削力反而大于无织构的普通刀具 MTT0. 低速切削时, 切削速度的增加导致第二变形区温度与应力增加, 从而产生积屑瘤, 且在低速时材料应变硬化作用较强, 因此切削力随切削速度增加而变大. 而在相对较高的切削速度下, 切削速度增加导致材料切削温度较高, 从而使工件材料的剪切应力降低, 因此切削力降低. 具有较小倾斜角的织构在切削过程中参与切削的实际织构宽度较小, 织构造成的衍生切削深度较小, 不发生或仅发生轻微的衍生切削, 织构对减小刀-屑接触面积的正面作用大于衍生切削产生的负面作用, 从而导致具有较小织构倾斜角的织构刀具的切削力相对较小. 而较大织构倾斜角导致实际参与切削的织构宽度增加, 从而使衍生切削深度增加, 织构被衍生切屑快速填满, 织构失去减小刀-屑接触面积的作用, 且由于严重衍生切削作用增加了刀-屑接触区的平均剪切应力, 进而导致切削力的增加.

表 2 实验切削参数
Table 2 Cutting parameters for cutting tests

刀具	切削速度	进给量	切深
	$\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$	$\text{mm}\cdot\text{r}^{-1}$	mm
MTT0~MTT4	75, 94, 132, 167	0.12	0.1

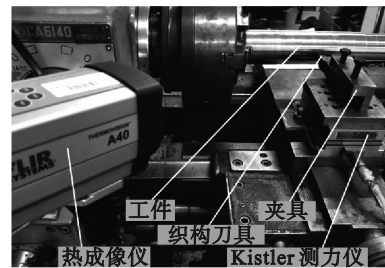
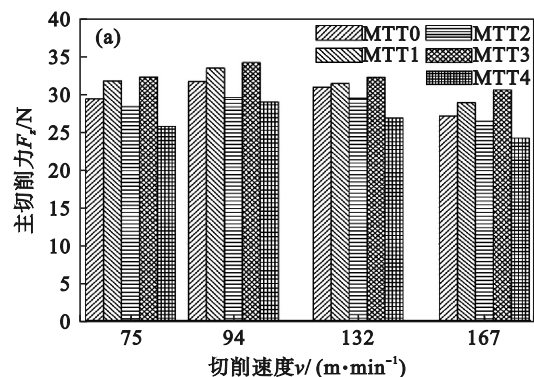


图 5 实验切削过程

Fig. 5 Machining process for tests



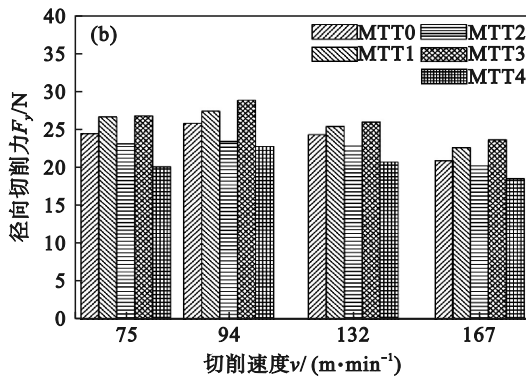


图6 切削力

Fig. 6 Cutting force

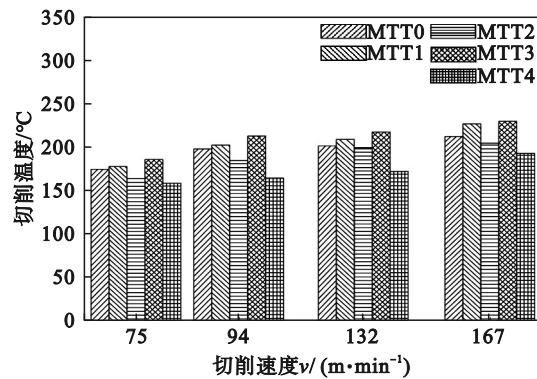
(a) — 主切削力 F_z ; (b) — 径向切削力 F_y .

图7 切削温度

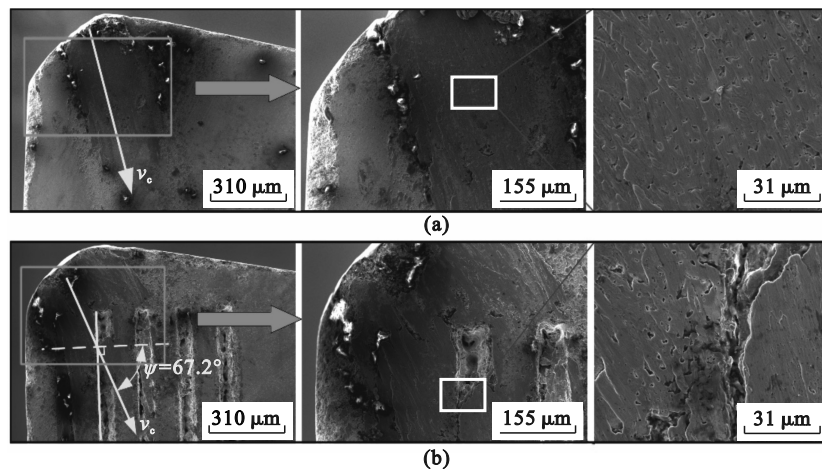
Fig. 7 Cutting temperature

2.3 织构倾斜角度对切削温度的影响

切削温度能够反映出切削状态以及刀具性能,图7为织构刀具切削实验过程中的切削温度.所有刀具的切削温度随切削速度的增加而增加,但不同刀具之间的切削温度差异明显.刀具MTT4在切削过程中的切削温度最低,而刀具MTT3切削温度最高,且高于无织构的普通刀具.在切削速度为94 m/min时,相较于无织构刀具,刀具MTT4最大切削温度降幅达到16.7%.较小的织构倾斜角使得织构在切削过程中仅发生轻微衍生切削,较大程度地减小了刀-屑接触面积,从而降低了切削温度,并且织构的存在增加了刀具与空气的热交换面积,进一步降低切削温度.而具有较大倾斜角的织构刀具在切削过程中,参与切削的实际织构宽度较大,发生严重的衍生切削,织构被衍生切屑填充,导致织构丧失了其降低刀-屑接触面积的作用,并且填充的衍生切屑材料与切屑之间较强的亲和性使得在填满衍生切屑的织构位置的剪切作用代替了滑动作用,从而切削温度增加,且被填充的织构丧失了与空气的热交换能力.

2.4 织构倾斜角度对刀具耐磨性的影响

刀具磨损状态是刀具性能最直接的表征.图8显示了在切削速度为132 m/min、进给量为0.12 mm/r和切深为0.1 mm条件下织构倾斜角变化、前刀面黏结与磨损状态.所有刀具均观察到刀尖处积屑瘤的存在,但其尺寸不同.织构刀具MTT4积屑瘤尺寸最小,且没有因严重摩擦和高温而导致的明显崩刃现象.无织构普通刀具MTT0和具有较大倾斜角的织构刀具MTT1,MTT3上出现明显的积屑瘤和切削刃破损.刀具MTT1和MTT3的织构几乎被衍生切屑完全填充,而MTT2刀具的织构区域没有被完全填充,MTT4的织构中仅发现较少的切屑材料.较大的织构倾斜角使切削时实际织构宽度增大,导致了较大的衍生切削深度,从而发生衍生切削,衍生切屑被挤压进织构中,进而使织构丧失了减小刀-屑接触面积的正面作用.较小的织构倾斜角则降低了衍生切削深度,弱化了衍生切削对刀具性能产生的负面影响,且未被填充的织构直接减小刀-屑接触面积,从而改善了刀-屑接触区的摩擦条件.



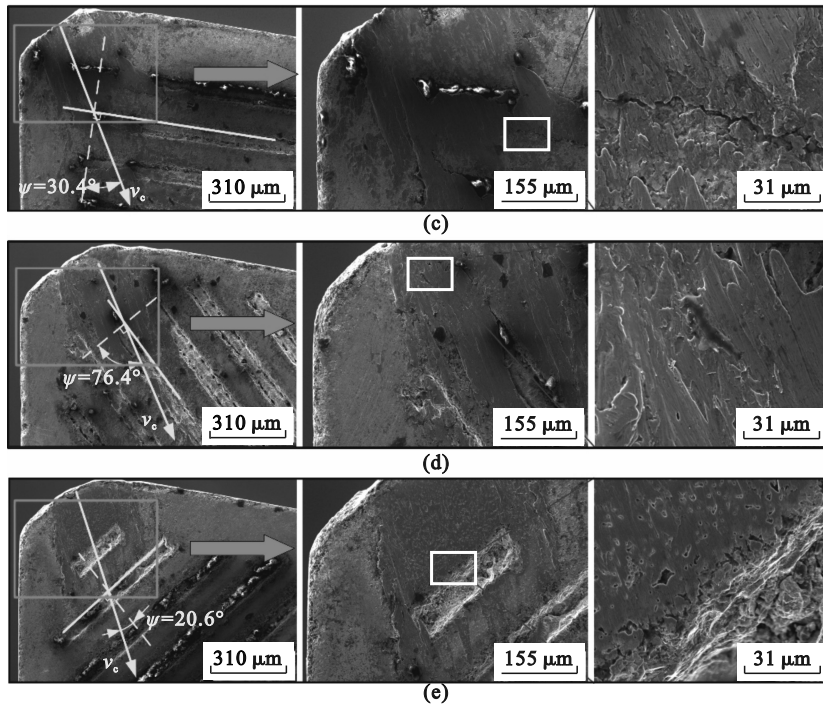


图 8 刀具磨损状态

Fig. 8 Tool wear state

(a)—MTT0; (b)—MTT1; (c)—MTT2; (d)—MTT3; (e)—MTT4.

图 9 显示了具有不同倾斜角的织构刀具和无织构刀具的后刀面磨损状态.从图中可看出,织构刀具 MTT4 在后刀面上的磨损高度最小,织构刀具 MTT2 的后刀面磨损高度次之.无织构刀具 MTT0 的磨损高度为 218.8 μm,明显大于 MTT4 和 MTT2 的磨损高度.根据 Archard 磨损理论^[15],后刀面磨损 Q 与作用在后刀面上的切削力 F_y 、切削速度 v 和切削时间 t 有关,可表示为

$$Q = \left(\frac{Z}{H} \right) F_y^m vt. \quad (14)$$

其中: H 表示工件材料的硬度; Z 是磨损系数; m 是常数.根据前述分析,对于具有较小织构倾斜角的刀具,织构减小刀-屑接触面积产生的正面影响远大于衍生切削产生的负面影响,减小的接触面积则直接减小了切削力,这有助于减小刀具后刀面的磨损,然而,较大织构倾斜角则产生了与之完全相反的作用.

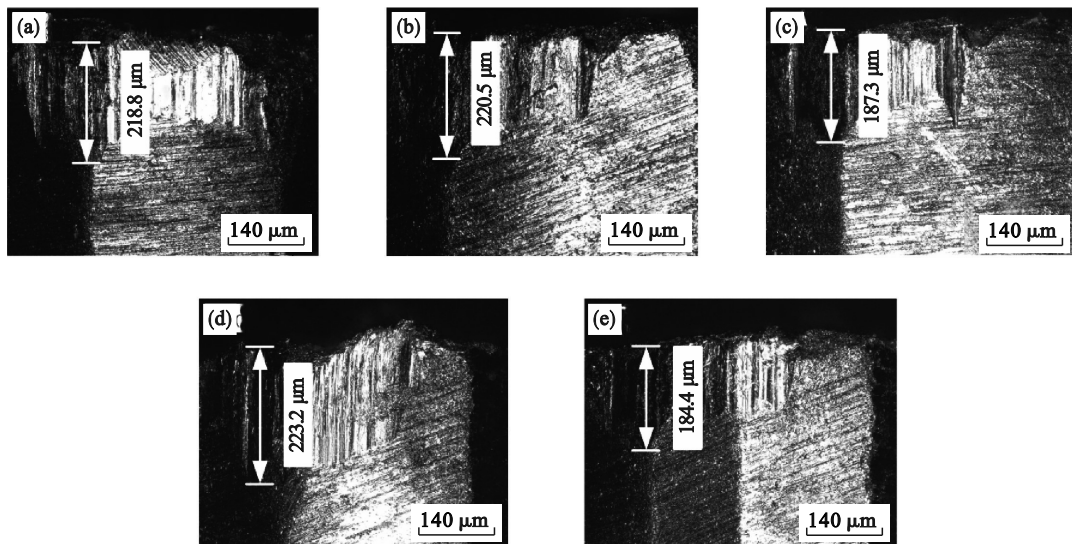


图 9 刀具后刀面磨损

Fig. 9 Flank wear of the cutting tools

(a)—MTT0; (b)—MTT1; (c)—MTT2; (d)—MTT3; (e)—MTT4.

2.5 织构倾斜角度对工件表面粗糙度的影响

生产过程中保证工件质量是至关重要的,表面粗糙度作为表征工件质量的重要参数,由于其易于直接观察和测量,通常被直接用于评估工件表面质量.图 10 为不同织构刀具切削实验后工件表面粗糙度对比.由 MTT0, MTT1, MTT2, MTT3 和 MTT4 刀具加工后工件表面平均粗糙度分别为 2.099, 2.200, 2.074, 2.236 和 2.020 μm . 相较于无织构刀具 MTT0, MTT4 刀具对工件表面粗糙度降幅为 3.76%. 对于织构倾斜角 ψ 较大的刀具 MTT1 和 MTT3, 在切削过程中由于实际的织构宽度较大, 导致严重的衍生切削现象, 衍生切屑快速填满织构, 织构无法再减小接触面积, 并且织构中填满的衍生切屑与切屑间较好的亲和性使得切削力和切削温度增加, 加剧了刀具磨损, 从而导致更大的表面粗糙度. 此外, 后刀面的磨损面积越大, 工件表面与后刀面之间的接触面积越大, 这可能会导致严重的切削振动和系统刚度的降低. 而具有较小织构倾斜角的刀具在切削过程中通过降低刀-屑接触面积来减小切削温度与切削力, 并且织构能够捕获切削碎屑, 进一步弱化其对刀具的磨粒磨损, 从而减慢刀具磨损速度, 进而使工件获得了较好的表面粗糙度.

2.6 织构倾斜角度对切屑形貌的影响

刀具对工件切削层上施加力的作用使其在

加工过程中与工件分离并在前刀面上流动, 形成切屑. 作用在切屑自由表面上的约束力较小, 导致其在切削过程中处于自由状态. 切屑的后表面被刀具紧紧挤压, 刀-屑界面上法向应力和摩擦力导致切屑后表面发生剪切变形. 由于作用在自由表面上的力较小, 切屑的自由表面产生较大的剪切滑移而形成褶皱. 图 11 为织构刀具加工后切屑自由表面显微形貌. 所有刀具切削产生的切屑自由表面均出现褶皱结构, 但褶皱频率不同. 刀具上具有较小倾斜角的织构通过减少刀-屑接触面积来减小在刀-屑界面产生的切削力. 切削力的减小有助于减轻切屑后表面的剪切滑移, 因此 MTT4 产生的切屑具有最低频率的褶皱结构.

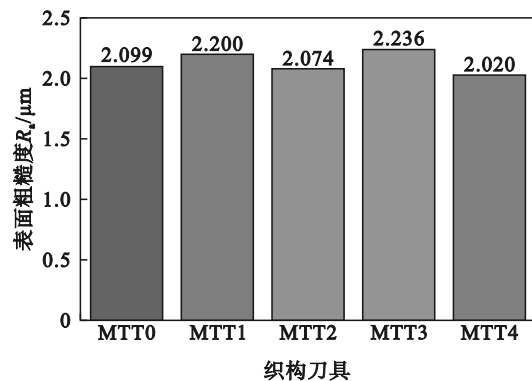


图 10 工件表面粗糙度

Fig. 10 Roughness of the finished workpiece surface

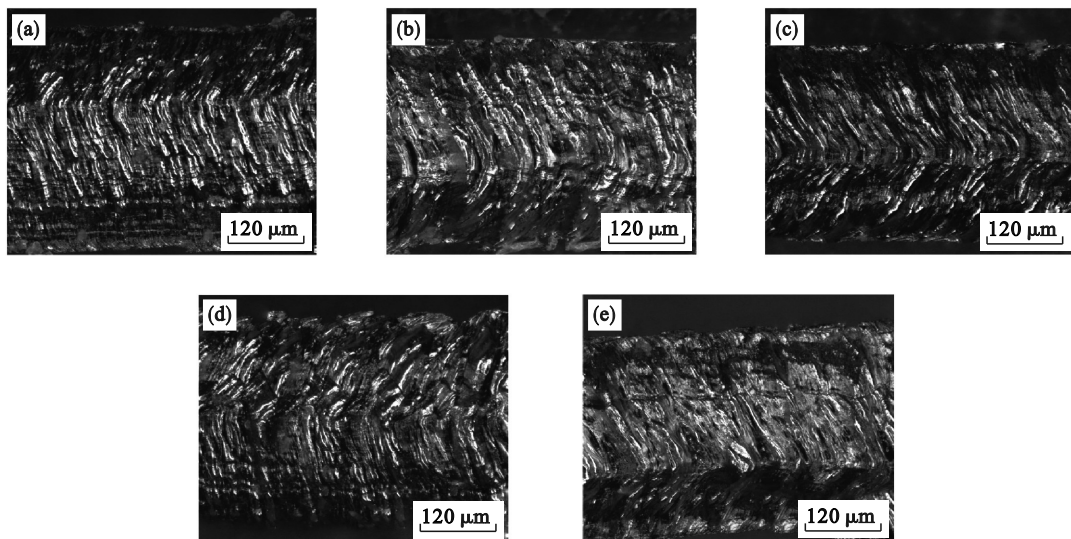


图 11 切屑自由表面显微形貌

Fig. 11 Chip micro-morphology on the free surface

(a)—MTT0; (b)—MTT1; (c)—MTT2; (d)—MTT3; (e)—MTT4.

图 12 展示了不同织构刀具加工后切屑后表面的显微形貌. 切削过程中切屑后表面被刀具前

刀面挤压, 随着切屑的流动, 切屑发生轻微剪切滑移, 因此切屑后表面比自由表面更光滑. 所有

类型的织构刀具产生的切屑后表面都可以看到一些明显划痕.较大的法向应力、切削温度和黏着摩擦导致切屑材料扩散到刀具上并形成积屑瘤.积屑瘤脱落时会造成磨粒磨损,并被挤压到切屑后表面.与无织构刀具相比,MTT4织构刀具后表面相对光滑且只有较少的黏着碎屑.而具有较大织构倾斜角的刀具 MTT1, MTT3 和无织构刀具 MTT0 上可以观察较多的划痕,且切屑后表

面上有较多的黏着碎屑.这是因为较小的织构倾斜角在切削时发生轻微的衍生切削,织构不会被衍生切屑填充,因此织构可以主动捕获切削过程中产生的切削碎屑,减轻了刀具的磨粒磨损.而具有较大倾斜角的织构刀具在切削过程中发生较为严重的衍生切削,织构被衍生切屑填满,此时织构无法捕获切削碎屑.

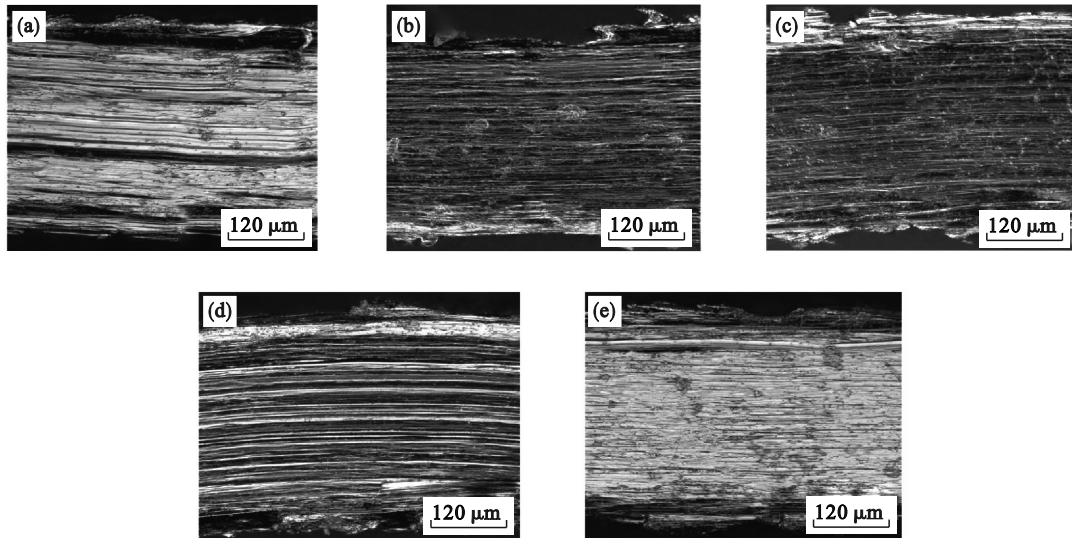


图 12 切屑后表面显微形貌

Fig. 12 Chip micro-morphology on the back surface

(a)—MTT0; (b)—MTT1; (c)—MTT2; (d)—MTT3; (e)—MTT4.

3 结 论

1) 本文分析了前刀面织构对刀具切削力的影响,以及织构倾斜角度对衍生切削的影响机理.较小的织构倾斜角度对提高刀具性能效果最优.

2) 具有较小织构倾斜角的刀具 MTT4 的切削力相较于无织构刀具降低 5.3%~13.2%,切削温度最大降幅达到 16.7%;而具有较大织构倾斜角的织构刀具切削力和切削温度相较于无织构刀具反而增大.

3) 织构刀具 MTT4 将工件表面粗糙度降低 3.76%,而 MTT3 却增加了工件表面粗糙度.

4) 织构对刀具切削性能的正面影响主要是织构能够减小刀-屑接触面积,而织构带来的负面影响主要是织构造成衍生切削.织构倾斜角度对刀具的衍生切削影响较大.

参考文献:

[1] Ma J F, Duong N H, Lei S T. Finite element investigation of

friction and wear of microgrooved cutting tool in dry machining of AISI 1045 steel [J]. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part J: Journal of Engineering Tribology*, 2015, 229(4): 449-464.

[2] Chen Z D, Wu Z B, Sun J F, et al. Improved load-bearing capacity and tribological properties of PTFE coatings induced by surface texturing and the addition of GO [J]. *Tribology Letters*, 2021, 69(2): 47.

[3] Obikawa T, Kamio A, Takaoka H, et al. Micro-texture at the coated tool face for high performance cutting [J]. *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 2011, 51(12): 966-972.

[4] Wang Q W, Yang Y, Yao P, et al. Friction and cutting characteristics of micro-textured diamond tools fabricated with femtosecond laser [J]. *Tribology International*, 2021, 154: 106720.

[5] Deng J X, Wu Z, Lian Y S, et al. Performance of carbide tools with textured rake-face filled with solid lubricants in dry cutting processes [J]. *International Journal of Refractory Metals and Hard Materials*, 2012, 30(1): 164-172.

[6] Deng J X, Song W L, Zhang H. Design, fabrication and properties of a self-lubricated tool in dry cutting [J]. *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 2009, 49(1): 66-72.

[7] Hao X Q, Cui W, Li L, et al. Cutting performance of textured polycrystalline diamond tools with composite lyophilic/lyophobic wettabilities [J]. *Journal of Materials Processing Technology*, 2018, 260: 1-8.

