

世界领先的塑料型材制造商

塑料正逐渐替代传统材料，如青铜、不锈钢、铸铁和陶瓷。这些塑料可提升性能，降低成本。塑料能够：

- 减轻重量
- 防止腐蚀
- 提升无润滑条件下的耐磨损性能
- 降低噪声
- 增加部件使用寿命
- 实现隔热和绝缘

工程塑料的典型应用范围广泛，从半导体工艺设备组件到重型设备耐磨块，再到食品加工设备部件。

目前可提供 50 多个等级的可加工塑料型材（板、棒及管），性价比能够与黑色金属、有色金属以及专用陶瓷相比。塑料能够长时间经受高达 300℃ 的温度，短时间可经受 500℃。随着材料选择数量的增加，针对具体应用选择正确的材料也变得较为困难。

目录

冷却剂	5
退火.....	6
切削加工性	9
钻	10
锯	16
铣	19
车削.....	21

以下指导说明用于不太熟悉塑料加工特性的机械师。它仅作为指导准则，而不能代表所有部件最理想的条件状况。本手册中的故障排查快速参考指引应用于在机加工操作过程中对不理想的表面精整或材料响应进行校正。所有跨骏材料均被消除应力，以确保获得最高的加工度和尺寸稳定性。然而，相比于金属，较高的热膨胀系数、较低的刚性和较高的弹性，以及因吸湿而导致的最终膨胀（主要是尼龙）和内部应力消除产生的潜在变形（在机加工过程中及完成后），通常会使机加工过程中及完成后维持精密公差难度加大。对于塑料加工公差，一个经验法则是公称尺寸的 **0.1 - 0.2%**，尽管非常稳定的增强材料可能有更小的公差。

采用普通的金属加工设备（包括木工机床）即可轻松对跨骏工程塑料制品公司的型材进行处理。但是，要获得更好的加工，有几点需要注意。

鉴于热塑性塑料不理想的导热性，以及相对较低的软化和熔化温度，必须将所产生的热控制在最低水平，并避免在塑料件中形成热量。这是为了防止变形、应力、变色，甚至是熔化。

因此：

- 必须始终保持刀具的锋利和顺畅
- 进给速度应当尽可能高
- 刀具必须有足够的间隙，以便刀刃仅与塑料接触
- 必须保证去除刀具上的切屑
- 对于产生较多热量的操作（比如钻孔），应使用冷却剂。

对型材进行加工时，请记住.....

- 对于塑料来说，热膨胀程度是金属的 20 倍之多。
- 塑料的散热比金属慢，因此要避免局部过热。
- 塑料的软化（及熔化）温度大大低于金属。
- 塑料的弹性比金属大得多。

由于这些差异，您可能会希望在固定用具、工具材料、角度、速度及进给速度等方面进行试验，以获得最佳结果。

开始前准备

- 由于工程塑料的刚性不如金属高，因此在机加工过程中对作业提供足够的支承，以防挠曲或变形。
- 高速钢刀具能够用于许多塑料。
- 对于长时间运行，请使用碳化钨、陶瓷或多晶金刚石刀具。
- 在对 Duratron® CU60 PBI 或 Duratron® PAI 进行加工时，多晶金刚石刀具能够提供最佳的表面精度。

冷却剂

- 除了钻孔及分开操作外，冷却剂对于热塑性塑料加工操作来说并非必需的。
- 使切割区域保持冷却通常会增强表面精度及公差。
- 当需要冷却剂时，水溶性冷却剂通常能够起到理想作用。但是它们不能用在非结晶热塑性塑料（比如，PC 1000、RADEL® PPSU 1000、Duratron® U1000 PEI、PSU 1000 及 SEMITRON® ESd 410C）进行加工时。因为这些材料易受环境影响而开裂。对于这些材料来说，最适合的冷却剂是纯水或压缩空气。
- 当非结晶热塑性塑料加工过程中（例如，在大直径及/或深孔钻孔过程中或者在攻丝操作过程中）无法避免使用水溶性冷却剂或通用的油基切削液时，应当在机加工完成后立即用异丙醇仔细清洁，然后再用纯水冲洗，以便降低应力开裂的风险。

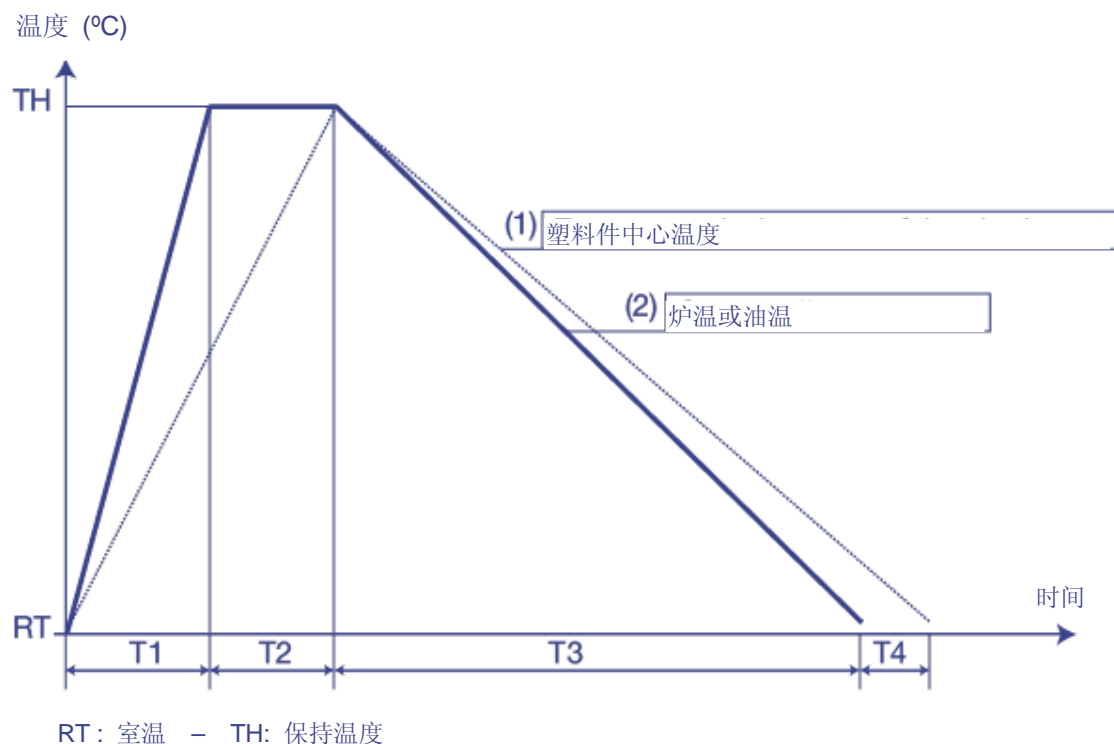
退火

跨骏工程塑料制品公司的型材采用一种专利应力消除周期来进行退火，以便将加工过程中可能出现的任何内应力减至最小水平。

这种退火程序通常可在机加工过程中及完成后，保证获得最佳尺寸稳定性。但是，如果加工件在尺寸稳定性方面（公差、变形、翘曲等）必须达到严格要求，或者加工会引起非对称和/或严重变形，则建议在预加工后或在对部件作精加工之前采用中间退火操作。

可在空气循环炉（最好为氮气循环炉）或者油槽中完成退火。

退火建议



- T1: 加热时间（加热速度：10 – 20°C/ 小时）
T2: 保持时间（取决于壁厚：10 分钟每 mm 部件厚度）
T3: 冷却时间（冷却速度：5 – 10°C/ 小时）
T4: 确立正常室温所需额外时间（取决于壁厚：3 分钟每 mm 部件厚度）

退火建议

- 在预加工时，留下足够尺寸，以便能够在退火后依照最终尺寸进行加工。
- 在整个退火周期期间依照所需形状或平直度进行固定，常常证明是有效的。
- 在部件完成整个退火周期并冷却至可触碰程度之前，不要解除固定。
- 确保温度均匀一致，在退火周期期间整个炉或油槽中的温差始终在 $\pm 3^{\circ}\text{C}$ 范围内。
- 请勿简化程序。

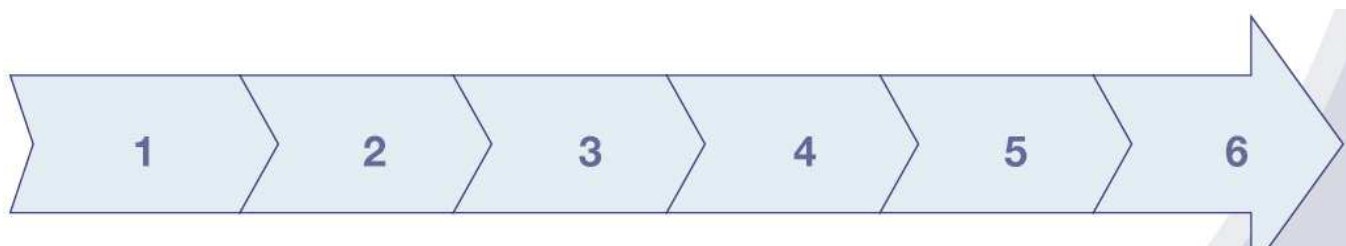
退火指示图表

材料	加热	保持温度	保持时间(T2)	冷却	环境(*)
PA	10-20 ℃/h	150℃	10 分钟/mm	5-10℃/h	空气、氮气或油
POM	10-20 ℃/h	150℃	10 分钟/mm	5-10℃/h	空气、氮气或油
PET	10-20 ℃/h	150℃	10 分钟/mm	5-10℃/h	空气、氮气或油
PE-(U)HMW	10-20 ℃/h	80℃	10 分钟/mm	5-10℃/h	空气、氮气或油
PC	10-20 ℃/h	130℃	10 分钟/mm	5-10℃/h	空气或氮气
PEEK	10-20 ℃/h	250℃	10 分钟/mm	5-10℃/h	空气、氮气或油
PPS	10-20 ℃/h	200℃	10 分钟/mm	5-10℃/h	空气、氮气或油
PPSU	10-20 ℃/h	200℃	10 分钟/mm	5-10℃/h	空气或氮气
PEI	10-20 ℃/h	200℃	10 分钟/mm	5-10℃/h	空气或氮气
PSU	10-20 ℃/h	170℃	10 分钟/mm	5-10℃/h	空气或氮气
PVDF	10-20 ℃/h	140℃	10 分钟/mm	5-10℃/h	空气、氮气或油

(*): 在空气中退火时，外表面可能会出现或多或少的变色（尤其是尼龙） – 较薄的氧化表面-层，但它常常会在进一步加工操作中被去除掉。

切削加工性

相对切削性（1 到 6；1 = 最容易）



1. TIVAR / ERTACETAL

2. ERTALON & NYLATRON 级别 / SYMALIT PVDF 1000 / FLUOROSINT 207 & 500

3. ERTALYTE / ERTALYTE TX / KETRON PEEK-1000 / DURATRON T4203 & 4503 PAI / PC 1000 / RADEL PPSU 1000 / DURATRON U1000 PEI / PSU 1000

4. ERTALON 66-GF30 / TECHTRON HPV PPS / KETRON PEEK-HPV / DURATRON T4301 & 4501 PAI

5. KETRON PEEK-GF30 / KETRON PEEK-CA30 / TORLON 5530 PAI

6. DURATRON CU60 PBI

钻

在钻孔操作过程中，塑料可能会很快形成热，尤其是当孔深在直径两倍以上的情況下。因此通常建议采用冷却液。

- 小孔径（0.5 - 25 mm 直径）

高速钢麻花钻通常是不错的选择。为了热量和切屑的去除，需频繁起拔（啄钻）。一只慢速的螺旋（平螺旋）钻可获得更好的去屑效果。

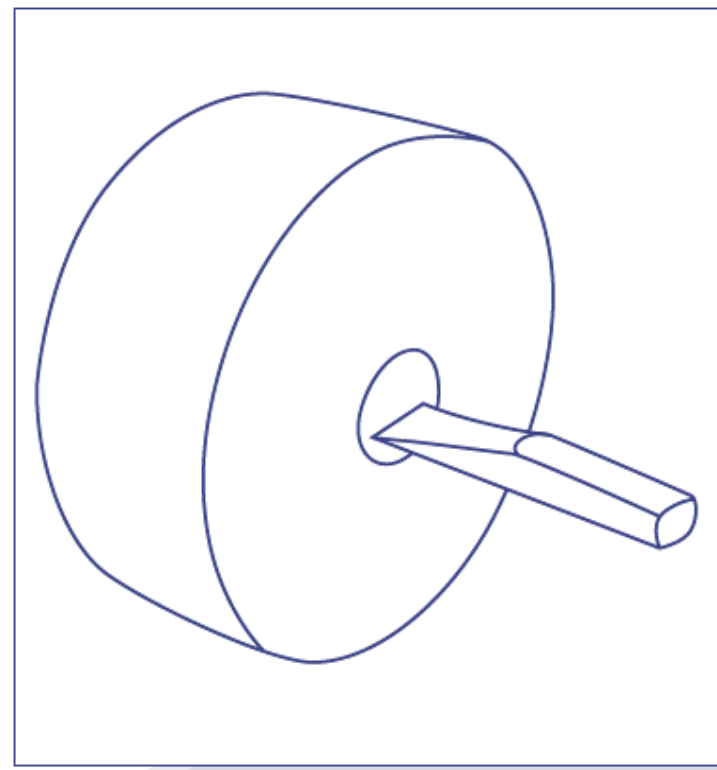
- 较大孔径（25 mm 及更大直径）

建议使用带有薄钻心的钻，以减小摩擦，从而减少热量的产生。逐步钻大孔：比如 50 mm 孔径应采用 Ø 12 mm 和 Ø 25 mm 逐一打钻，然后采用大直径钻或单边镗刀进一步扩孔。

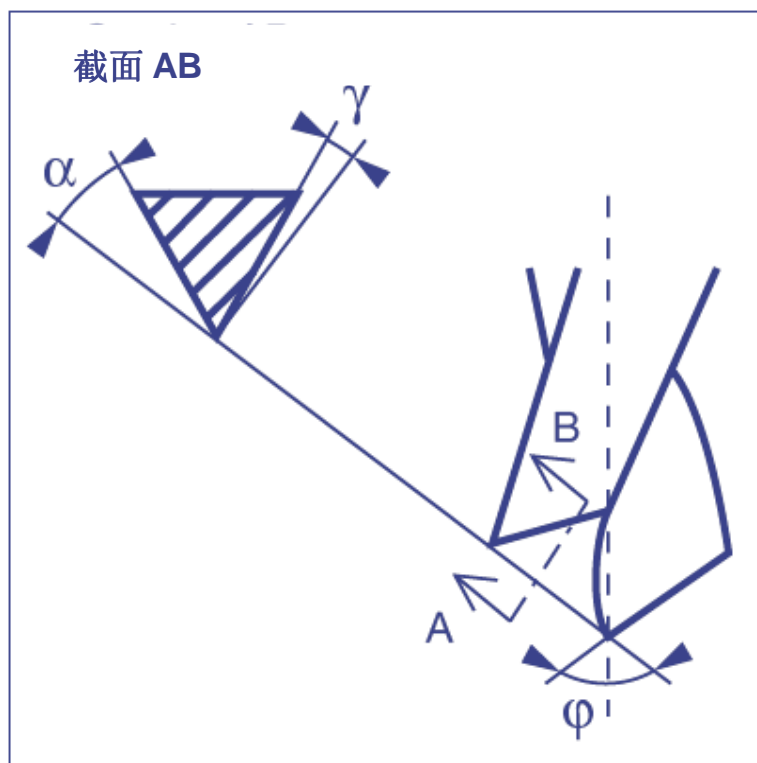
对于以下材料，建议在一台车床上的圆棒中钻孔，采用“镶刃钻头”或一个坚硬、扁平镗刀，刀刃设在中心高度上（见右图）。

- 棒材 > 50 mm 直径：
DURATRON® PBI、DURATRON® PAI、KETRON® PEEK-HPV、KETRON® PEEK-GF30、KETRON® PEEK CA30、TECHTRON® HPV PPS 及 SEMITRON® ESD 410C
- 棒材 > 100 mm 直径：
ERTALON® 66-GF30, ERTALYTE®, ERTALYTE® TX 及 KETRON® PEEK-1000
- 棒材 > 200 mm 直径：
ERTALON® 和 NYLATRON®

注意：对于这些材料，一些机械师更喜欢在钻孔前将型材加热到约 120 - 150℃。



钻



α : 后角 (°)
 γ : 前角 (°)
 φ : 顶角 (°)
 v : 速度 (m/分钟)
 s : 进给 (mm/转)

	α	γ	ϕ	s	v
ERTALON / NYLATRON • TIVAR • SYMALIT PVDF 1000	10-15	3-5	90-120	0.1-0.3	50-100
ERTACETAL • SEMITRON ESd 225	5-10	3-5	90-120	0.1-0.3	50-100
ERTALYTE • TORLON 4203 / 4503 PAI KETRON PEEK-1000	5-10	3-5	90-120	0.1-0.3	50-80
PC 1000 • RADEL PPSU 1000 • DURATRON PEI • PSU 1000	5-10	3-5	90-120	0.1-0.3	50-100
ERTALON 66-GF30 • DURATRON T4301 PAI 4501 / 5530 PAI • KEIRON PEEK-HPV / GF30 / CA30 • TECHTRON HPV PPS • SEMITRON ESd 410C / 520 HR	5-10	3-5	90-120	0.1-0.3	50-80
DURATRON CU60 PBI	5-10	3-5	90-120	0.1-0.3	25-50
FLUOROSINT 207 / 500 • SEMITRON ESd 500 HR	5-10	3-5	90-120	0.1-0.3	50-100

钻——故障排查

问题	锥形孔	烧灼或熔化表面	表面缺陷	震颠声	进刀痕迹或螺旋线（内孔）
常见原因	<div>1. 未进行正确锐化</div> <div>2. 间隙不足</div> <div>3. 进刀过快</div>	<div>1. 钻类型有误</div> <div>2. 未进行正确锐化</div> <div>3. 进刀过重</div> <div>4. 钻心过厚</div>	<div>1. 进刀过重</div> <div>2. 间隙过大</div> <div>3. 前角过大（薄钻心）</div>	<div>1. 间隙过大</div> <div>2. 进刀过轻</div> <div>3. 钻悬挂过长</div> <div>4. 前角过大（薄钻心）</div>	<div>1. 进刀过快</div> <div>2. 钻未居中</div> <div>3. 磨钻偏离中心</div>

孔尺寸过大	孔尺寸过小	孔不同心	切断处有毛刺	钻快速钝化
<div>1. 磨钻偏离中心</div> <div>2. 钻心过厚</div> <div>3. 间隙不足</div> <div>4. 进刀速度过大</div> <div>5. 顶角过大</div>	<div>1. 钻变钝</div> <div>2. 间隙过大</div> <div>3. 顶角过小</div>	<div>1. 进刀过重</div> <div>2. 轴速过慢</div> <div>3. 钻进入下一个工件过远</div> <div>4. 切断工具留下尖头，从而使钻发生偏转</div> <div>5. 钻心过厚</div> <div>6. 钻速启动过大</div> <div>7. 钻未安装在中心</div> <div>8. 钻未被正确磨锐</div>	<div>1. 切割工具变钝</div> <div>2. 钻未完全穿过工件</div>	<div>1. 进刀过轻</div> <div>2. 轴速过快</div> <div>3. 冷却剂润滑不足</div>

锯

为避免振动并导致切割不够精细或出现开裂，需在工作台上对型材作正确装夹。

带锯、圆锯或往复锯的锯齿应具有较大距，以确保能够理想地去除切屑。它们应当有足够设置，以最大程度减小锯和工件之间的摩擦，并避免刀刃后面的接合，造成过热情况，甚至阻滞刀锯。

重要说明：

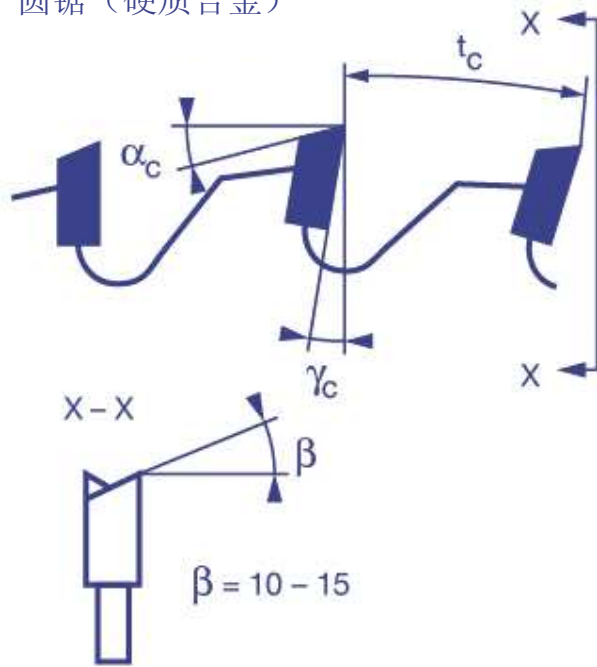
增强材料

ERTALON® 66-GF30、DURATRON® T4301 PAI、DURATRON® T4501 PAI、DURATRON® T5503 PAI、KETRON® PEEK-HPV、KETRON® PEEK-GF30、KETRON® PEEK-CA30、TECHTRON® HPV PPS、SEMITRON® ESd 410C 及 SEMITRON® ESd 520HR，最好采用 4 - 6 mm 齿距(DURATRON® CU60 PBI: 2-3 mm) 的带锯进行切割。请勿使用圆锯，因为这通常会产生裂纹。

建议：

硬质合金锯片使用寿命更长，并提供更好的表面光洁度。特别是 ATB 和 TCG 锯片能加工后产生很细的切割纹，碎屑和毛刺。

圆锯（硬质合金）



c: 圆锯

b: 带锯

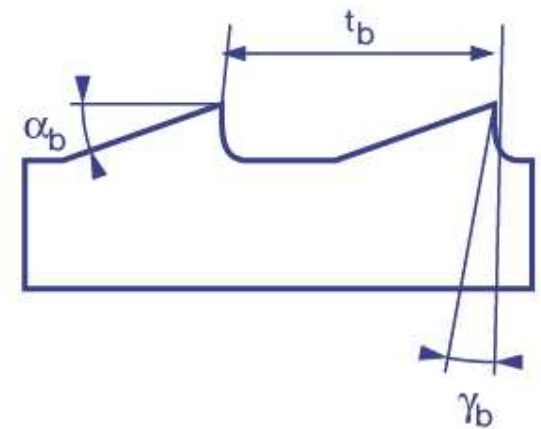
α : 后角 (°)

γ : 前角 (°)

t: 齿距 mm

v: 切割速度 (m/分钟)

带锯

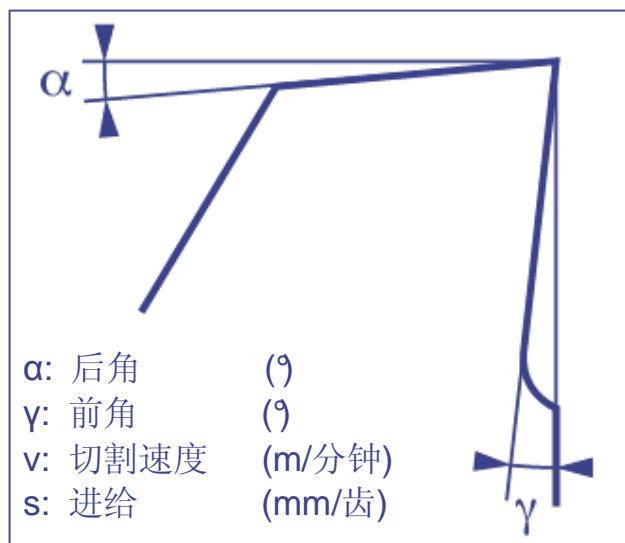


	α_c	γ_c	t_c	v_c	α_b	γ_b	t_b	v_b
ERTALON / NYLATRON • TIVAR • SYMALIT PVDF 1000	10 - 15	0 - 15	8 - 45	1,000-3,000	25 - 40	0 - 8	4 - 10	50 - 500
ERTACETAL • SEMITRON ESd 225	10 - 15	0 - 15	8 - 45	1,000-3,000	25 - 40	0 - 8	4 - 10	50 - 500
ERTALYTE • DURATRON T4203/4503 PAI KETRON PEEK-1000	10 - 15	0 - 15	8 - 25	1,000-3,000	25 - 40	0 - 8	4 - 10	50 - 400
PC 1000 • RADEL PPSU 1000 • DURATRON PEI • PSU 1000	10 - 15	0 - 15	8 - 25	1,000-3,000	25 - 40	0 - 8	4 - 10	50 - 400
ERTALON 66-GF30 • DURATRON T4301 PAI 4501 / 5530 PAI • KETRON PEEK-HPV / GF30 / CA30 • TECHTRON HPV PPS • SEMITRON ESd 410C / 520 HR	10 - 15	0 - 15	8 - 25	1,000-3,000	25 - 40	0 - 8	4 - 6	50 - 200
DURATRON CU60 PBI	10 - 15	0 - 15	8 - 25	1,000-3,000	25 - 40	0 - 8	2 - 3	25 - 100
FLUOROSINT 207 / 500 • SEMITRON ESd 500HR	10 - 15	0 - 15	8 - 25	1,000-3,000	25 - 40	0 - 8	4 - 6	50 - 200

铣

二刃立铣刀，平面铣刀和轴套式铣刀（含刀片），以及高速钢切削刀，均可用于对热塑性塑料的铣削。

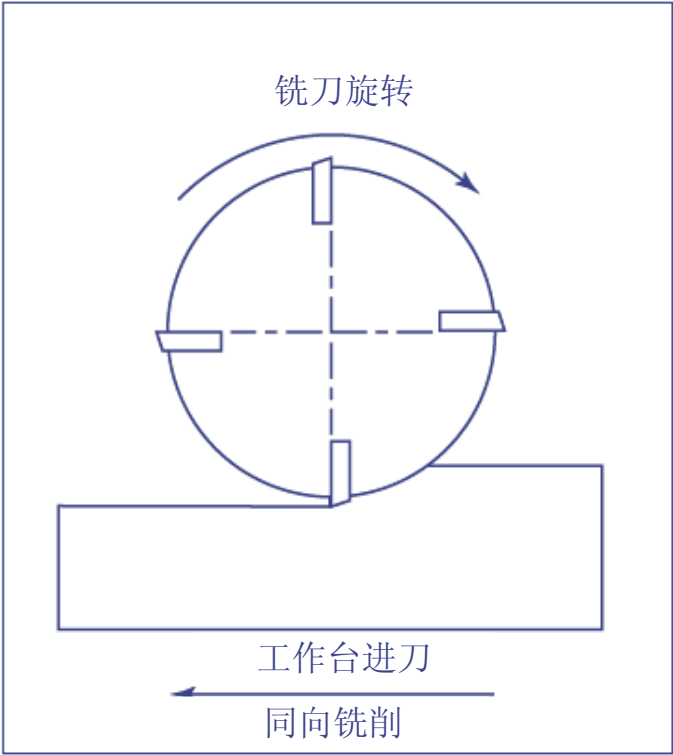
建议采用顺铣方式，以便使热量发散到切屑中，将影响表面精度的熔化及不理想问题降至最低程度。



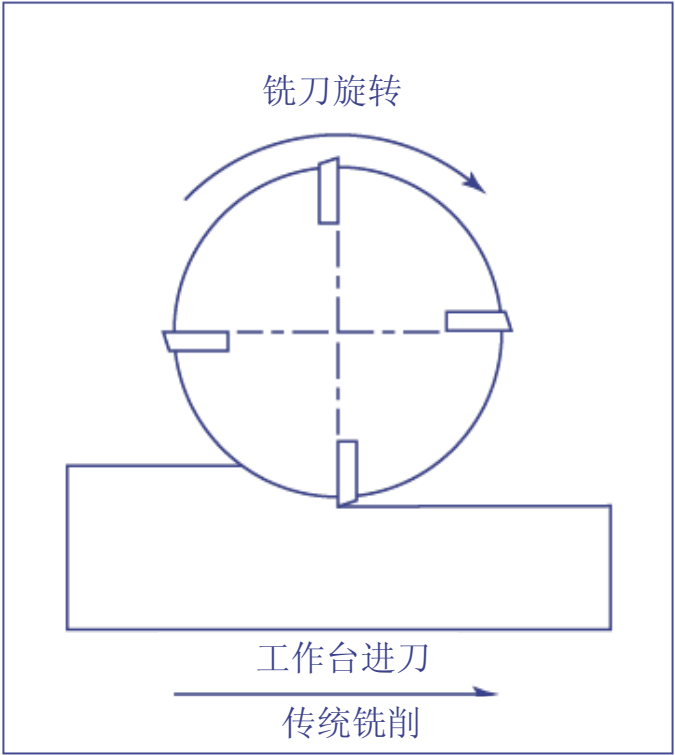
铣削建议

- 较薄的工件常常采用吸板或双面胶带方式来固定到工作台上。

同向铣削与传统铣削

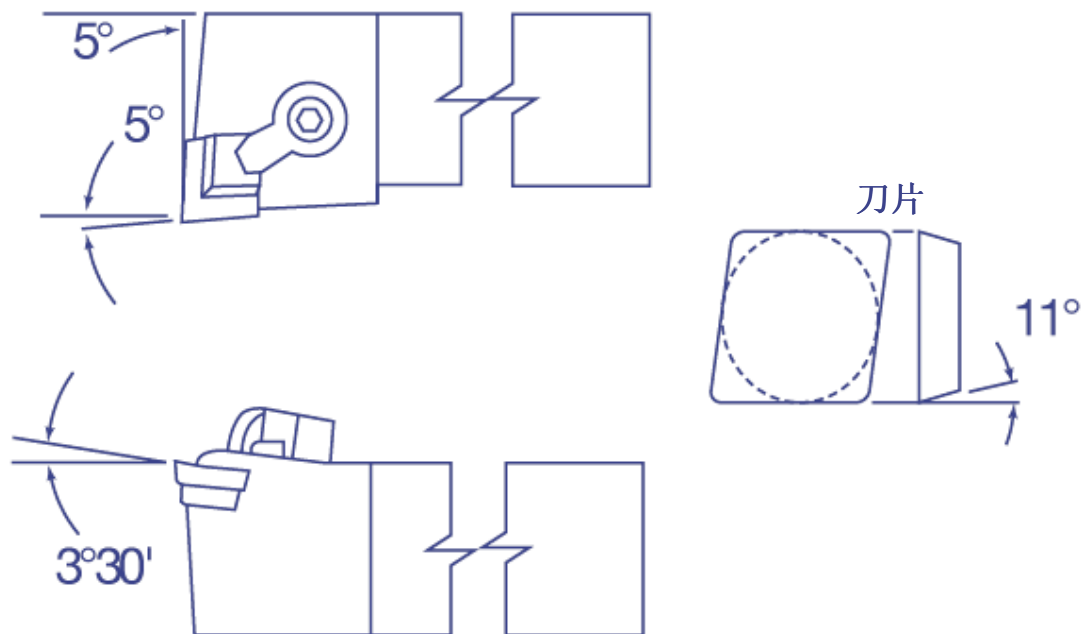


VS.



车削

带有碳化钨硬质合金刀片的典型车刀



车削建议

- 对许多热塑性塑料进行车削和钻孔时所产生的连续切屑流动，可采用一种压缩气动吸入系统来进行处理（对容器上的切屑直接作废弃处置）。这样可避免在钻轧头、刀具或工件周围产生切屑。

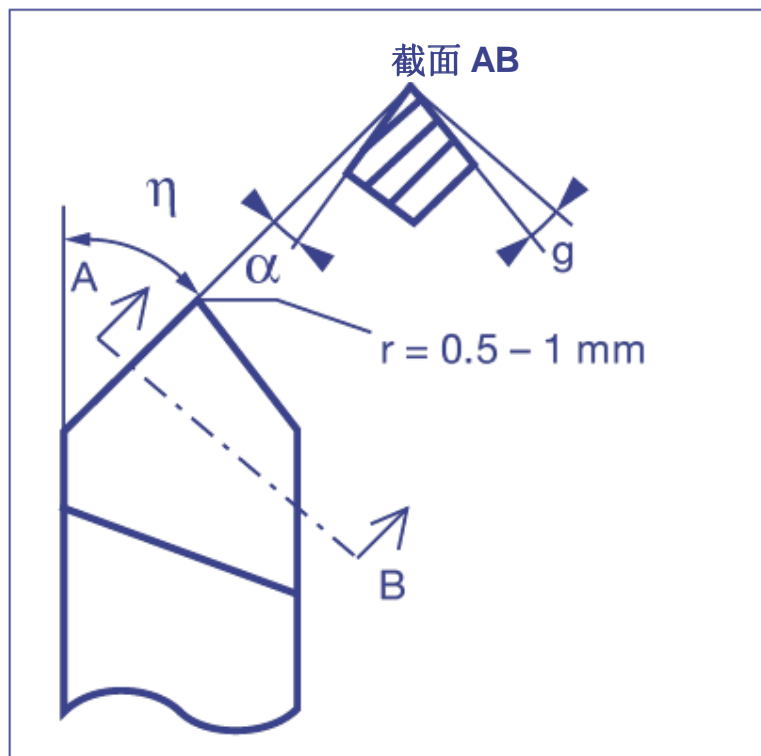
车削&钻孔故障排查

问题	表面熔化	表面粗糙	切割边处有毛刺	角出现开裂或碎屑	震动
常见原因	<div>1. 刀具变钝或底部磨耗</div> <div>2. 侧隙不足</div> <div>3. 进刀速度过慢</div> <div>4. 轴速过快</div>	<div>1. 进刀过重</div> <div>2. 隙角不正确</div> <div>3. 刀具上尖端（需要稍有一些刀尖圆弧）</div> <div>4. 刀具未安装在中心</div>	<div>1. 尖角处未提供倒角</div> <div>2. 刀具变钝</div> <div>3. 侧隙不足</div> <div>4. 刀具上未提供导程角（刀具应逐渐而非突然放开）</div>	<div>1. 刀具上正前角过大</div> <div>2. 刀具未逐渐进入（突然撞击到工件）</div> <div>3. 刀具变钝</div> <div>4. 刀具的安装偏离中心</div>	<div>1. 刀尖圆弧过大</div> <div>2. 刀具未安装牢靠</div> <div>3. 材料未获得正确支承</div> <div>4. 切削量过大</div>

车削&钻孔故障排查

问题	表面熔化	表面粗糙	螺旋痕	凹面或凸面	切割点处有尖边或毛刺	外径上有烧灼
常见原因	1. 刀具变钝 2. 侧隙不足 3. 冷却剂供应不足	1. 进刀过重 2. 刀具未获得正确锐化	1. 刀具在退刀过程中有摩擦 2. 刀具点上有毛刺	1. 顶角不够大 2. 刀具与轴不垂直 3. 刀具偏转 4. 进刀过重 5. 刀具安装在中心上方或下方	1. 顶角不够大 2. 刀具变钝 3. 进刀过重	1. 切割前未采用倒角 2. 刀具变钝

车削&钻孔故障排查



$r = 0.5 - 1 \text{ mm}$

α : 侧后角 (°)
 γ : 前角 (°)
 η : 侧刃口角 (°)
 v : 切割速度 (m/分钟)
 s : 进给 (mm/转)

	α	γ	η	s	v
ERTALON / NYLATRON • TIVAR • SYMALIT PVDF 1000	5-15	0-10	0-45	0.05-0.5	200-500
ERTACETAL • SEMITRON ESd 225	5-15	0-10	0-45	0.05-.05	200-500
ERTALYTE • DURATRON T4203/4503 PAI KETRON PEEK-100	5-15	0-10	0-45	0.05-0.5	200-400
PC 1000 • RADEL PPSU 1000 • DURATRON PEI • PSU 1000	5-15	0-10	0-45	0.05-0.4	200-400
ERTALON 66-GF30 • DURATRON T4301 PAI 4501 / 5530 PAI • KETRON PEEK-HPV / GF30 / CA30 • TECHTRON HPV PPS • SEMITRON ESd 410C / 520 HR	5-15	0-10	0-45	0.05-0.3	100-200
DURATRON CU60 PBI	5-10	3-5	0-45	0.05-0.2	25-100
FLUOROSINT 207 / 500 • SEMITRON ESd 500 HR	8-12	0-5	0-45	0.08-0.4	150-400