

机械加工指导

1. 机械加工成型相对于模制成型的优点

- 可达到最接近的公差
- 设计更灵活
- 交货更快捷
- 部分模制成型无法做到的零件可藉机械加工取得
- 机械加工的零件内应力较低
- 机械加工的零件保留一致的性能
- 机械加工的零件不会产生焊接线
- 横截面多于 1/4"的零件模制成型不理想

QUADRANT 的所有材料都消除了内应力，确保其最高等级的机械性能和尺寸稳定性。另外，由于塑胶比金属软，在机械加工过程中或之后要保持紧密配合公差非常困难。塑胶零件，即使尺寸非常稳定的、经增强处理的塑胶，如要求更紧的配合，根据经验最好每英寸留 ± 0.001 英寸的公差。

2. QUADRANT 型材机械加工注意事项

- 塑胶的热膨胀率大于金属 10 倍
- 塑胶散热比金属慢，要避免局部过热
- 塑胶的软化（融化）温度比金属低得多
- 塑胶比金属弹性高

鉴于塑胶和金属之间的这些差异，您就会在实践中掌握夹具、刀具材料、角度、速度和进给率，达到最好的机械加工效果。

3. 开始

- 推荐使用四周经研磨倒角的正面刀具。
- 为延长刀具寿命和达到最佳的表面光洁度，建议使用表面经过研磨的硬质合金刀具。加工 Duratron®PI 或 Cealzole® PBI 时，采用钻石或多晶体刀具。
- 合适的切屑厚度，防止粘附。
- 装夹要牢固，保证足够的支撑，以防材料从切割工具中偏移。

4. 冷却液

绝大多数机械加工操作一般不需要冷却液（不包括钻孔和切断）。为了获得最佳的表面光洁度和紧密的公差，建议使用水溶性的冷却液。喷雾和压缩空气冷却对切割面很有效。普通的油基切割液尽管适于很多金属和塑胶，可能造成非晶体塑胶的应力破裂，如 PC1000 聚碳酸酯、PSU1000 聚砜、Ultem*1000PEI 和 PPSU 等。

5. 机械加工

要点

- 钻孔加工过程中，我们强烈建议使用冷却液，特别是切口敏感材料如 Ertalylte® PETP、Torlon* PAI、Duratron* PI、Celazole* PBI 及碳纤或玻纤增强产品。
- 为使局部过热最小，延长工具寿命，一定使用冷却液。适合大多数塑胶的冷却液是 Trim 910CS（Master 化学公司）和 Polycat（Tullco-Savannah,GA）。一般通用的喷雾冷却剂是 Astro-Mist 2001A（Monroe 流体技术公司-希尔顿，纽约）。

5.1 车削

车削操作需要四周研磨倒角的正面刀具，这种刀具减少了切口处的切屑堆积，提高表面光洁度。对于车削操作，细粒度的 C-2 硬质合金刀是最好的。



5.2 钻削

钻削操作时要考虑塑胶的隔热性，特别是孔深大于直径两倍以上的情況。



5.2.1 小孔钻削（直径从 1/32 英寸到 1 英寸）

高速钢绞钻头通常能满足钻小孔要求。建议常常拉起钻头排除钻屑。钻头螺旋角越小，越方便钻屑移开。

5.2.2 大孔钻削（直径 1 英寸以上）

低螺旋钻头建议 1180 点角，90 到 150 刃角。刀刃要磨薄。

通常最好钻一个导口（最大直径 1/2 英寸），转速 600-1000 转/分钟，进给量 0.005--0.015 英寸/每转。不要手压钻头进给，避免钻头抓死导致振颤。然后钻头转速保持在 400-500 转/分钟、每转进给量 0.008--0.020

英寸进行扩孔。

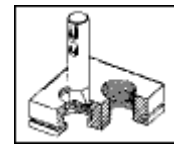
对于切口敏感材料，如 Ertalyte® PET-P 和玻纤增强塑胶，可以采用钻和镗两步加工法，这样减少发热和破裂。

第一 钻孔，直径 1 英寸；转速：500-800 转/分钟；每转进给量：
步： 0.005-0.015 英寸。

第二 用倒角 0.015-0.030 英寸的硬质合金镗杆，镗到最后尺寸。转速：
步： 500-1000 转/分钟；每转进给量：0.005--0.010 英寸。

5.3 车螺纹及攻丝

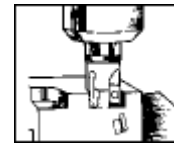
车螺纹要使用硬质合金刀进行单点切削，并且在结尾的 4-5 次走刀时进给 0.001 英寸。建议在车螺纹时使用冷却液。



对于攻丝，采用双排屑槽丝锥，并注意丝锥不要积屑。建议在攻丝时也使用冷却液。

5.4 铣削

工作台进给量大和铣床芯轴转速高的情况下，一定要将塑胶工件装夹牢固。铣削平面时，既要使用正面铣刀还要用到切刀。



5.5 锯

应该根据所切材料的厚度和表面要求选择锯片。带锯比较通用，可以锯直线、连续曲线或不规则线条。桌锯适合直切各种厚度的塑胶，最厚达 4 英寸而且切口较小。

[↑ 目录](#)



要点

- 对于一般锯削为了减少摩擦热，最好使用粗木锯；锯齿倾角为 0°，齿拔 30-100。
- 无齿拔的冷拔圆锯片适合 3/4 英寸厚工件的光滑切削。
- 碳化钨锯片耐磨，切出的断面光洁度最好。

6. 机械加工之后，零件何时进行韧化才能获得最佳性能？

经验表明，机械加工后只有少数的塑胶零件需要韧化处理来满足尺寸或性能要求。

所有 QUADRANT 型材的韧化，采用应力释放工艺来使制造过程中形成的内应力最小。这样，保证机械加工期间和之后材料的尺寸稳定性。

机械加工应力会降低零件性能，导致过早衰退而使零件报废。为防止产生机械加工应力，找

出原因很重要：

- 使用的刀具钝或设计不适当
- 过热 - 由于不适当的速度和进给量
- 去掉大体积材料 - 常常在型材的一端产生应力

为减少潜在的机械加工应力，对于特殊材料的机械加工请参见前章“机械加工指导”。不同类型的材料需要不同的加工方法。

7. 机械加工后韧化处理的优点：

• 提高了耐化学性

聚碳酸酯、聚石风和 Ultem* PEI，与许多非晶体塑胶（透明）一样，可以通过韧化处理最大限度地降低了应力碎裂；Torlon* PAI 也得益于机械加工后的韧化处理。

零件的机械加工量越大，韧化处理越重要。机械加工后进行韧化处理可降低导致零件过早破坏的“机械加工应力”。

• 更好的平面度和更高的公差精度

过盈配合的零件要求精确平面度和无敏感性的轮廓外形，有时在机械加工操作当中需要适当的韧化处理。可以先进行粗加工，然后韧化，再以非常小的进给量进行抛光机加工，就可以提高平面度。在工件中心线两边进行对称机加工，也有助于防止挠曲。

• 提高耐磨性

挤出或模具注射成型的 Torlon PAI 零件，如果再辅以机械加工后的韧化处理，可以达到最高 PV 值或有可能得到最低的磨损系数。这些后处理加工优化了耐磨性；只有 PAI 材料采用这样的处理工艺受益。

表 1: QUADRANT 塑胶加工指导 -- 车加工

材料	相对机械加工性 (1-10, 1=最容易)	车削		
		切深 (英寸)	速度 (英尺/分钟)	进给量 (英寸/转)
Acetron	1	0.150	500-600	.010-015
GPDelrin*Delrin AF	1	0.025	600-700	.004-007
Delrin*AF Blend	1			
尼龙 101	1			
Nylatron®GS, GSM	1			
Nylatron®GSM 兰色	1			
Nylatron®NSM	1			
MC®901、907 尼龙	1			
PC 1000 聚碳酸酯	1			

PSU 1000 聚石风 1000&2300 PEI	3 3			
Fluorosint®500 Fluorosint®207	1 1	0.150 0.025	350-500 500-600	.010-015 .003-008
PEEK PEEK30% GF PEEK 30%CF PEEK HPV	5 7 7	0.150 0.025	600-1000 600-700	.010-016 .004-007
Ertalyte®PET-P Ertalyte®TX	2	0.150 0.025	500-600 600-700	.010-015 .005-010
Techtron®PPS Techtron®HPV Ryton* PPS Ryton* BG PPS	3 6 5	0.150 0.025	100-300 250-500	.010-020 005-.010
Torlon* 4203 PAI Torlon* 4301 PAI Torlon* 4501 PAI Torlon* 4503 PAI Torlon* 4540 PAI Torlon* 5530 PAI	5 5 6 6 6 8	0.025	300-800	.004-025
Duratron®PI Celazole*PBI	6 10	0.150 0.025	100-150 150-225	.005-010 .002-006

表 2: QUADRANT 塑胶加工指导 -- 钻加工

材料	相对机械加工性 (1~10, 1=最容易)	钻	
		速度 (英尺/分钟)	进给量 (英寸/转)
Acetron	1	1/16	.007-015
GPDelrin*Delrin AF	1	1/8	"
Delrin*AF Blend	1	1/4	"
尼龙 101	1	1/2	.015-025
Nylatron®GS, GSM	1	3/4	"
Nylatron®GSM 兰色	1	1.5	.020-.050
Nylatron®NSM	1	>=2	"
MC®901、907 尼龙	1		"
PC 1000 聚碳酸酯	1		
PSU 1000 聚石风	3		
1000&2300 PEI	3		

Fluorosint®500	1	1/16	.007-015
Fluorosint®207	1	1/8	"
		1/4	"
		1/2	.015-025
		3/4	"
		1	.020-.050
		1.5	"
		>=2	"
PEEK	5	1/16	.002-005
PEEK30% GF	7	1/8	"
PEEK 30%CF	7	1/4	"
PEEK HPV		1/2	.004-008
		3/4	"
		1	008-012
		1.5	"
		>=2	"
Ertalyte®PET-P	2	1/16	.002-005
Ertalyte®TX		1/8	"
		1/4	"
		1/2	.015-025
		3/4	"
		1	.020-050
		1.5	"
		>=2	"
Techtron®PPS	3	1/16	.007-015
Techtron®HPV	6	1/8	"
Ryton* PPS	5	1/4	"
Ryton* BG PPS		1/2	.015-025
		3/4	"
		1	.020-050
		1.5	"
		>=2	"
Torlon* 4203 PAI	5	1/16	.007-015
Torlon* 4301	5	1/8	"
PAI Torlon* 4501	6	1/4	"
PAI Torlon* 4503	6	1/2	.015-025
PAI Torlon* 4540	6	3/4	"
PAI Torlon* 5530 PAI	8	1	.020-050
		1.5	"
		>=2	"
Duratron®PI	6	1/16"- 1/4"	.005-015
Celazole*PBI	10	>= 1/2	.015-025

表 3: QUADRANT 塑胶加工指导 -- 端面磨/切削

材料	端面磨/切削			
	高速钢 (M2,M7)	切深 (英寸)	速度 (英尺/分)	进给量 (英寸/齿)
Acetron®Acetal® Acetal	1/4"	0.250	270-450	0.002
Delrin* 150	1/2"	"	"	0.003
Acetal	3/4"	"	"	0.005
DelrinAF Blend	1",2"	"	"	0.008
Nylon 101,	1/4"	0.050	300-500	0.001
Nylation®GS 尼龙、	1/2"	"	"	0.002
Nylatron®GSM、 GSM 兰色	3/4"	"	"	0.004
Nylaton®NSM				
MCR901、MCR907 尼龙				
PC 1000 聚碳酸酯	1/4"	0.250	270-450	0.002
PSU 1000 聚石风	1/2"	"	"	0.003
Ultem*1000 PEI	3/4"	"	"	0.005
Ultem* 2300 PEI	1",2"	"	"	0.008
	1/4"	0.050	300-500	0.001
	1/2"	"	"	0.002
	3/4"	"	"	0.004
Ketron®PEEK	1/4"	0.250	270-450	0.002
Ketron®PEEK HPV	1/2"	"	"	0.003
	3/4"	"	"	0.005
	1",2"	"	"	0.008
	1/4"	0.050	300-500	0.001
	1/2"	"	"	0.002
	3/4"	"	"	0.004
Fluorosint®500	1/4"	0.250	270-450	0.002
Fluorosint®207	1/2"	"	"	0.003
	3/4"	"	"	0.005
	1",2"	"	"	0.008
	1/4"	0.050	300-500	0.001
	1/2"	"	"	0.002
	3/4"	"	"	0.004
Techtron®PPS	1/4"	0.250	270-450	0.002
Techtron®HPV	1/2"	"	"	0.003
Ryton*PPS	3/4"	"	"	0.005
	1",2"	"	"	0.008

	1/4"	0.050	300-500	0.001
	1/2"	"	"	0.002
	3/4"	"	"	0.004
Torlon* PAI	1/4"	0.500	270-450	0.002
	1/2"	"	"	0.003
	3/4"	"	"	0.005
	1",2"	"	"	0.008
	1/4"	0.050	300-500	0.001
	1/2"	"	"	0.002
	3/4"	"	"	0.004
Ertalylte®PET-P Ertalylte®TX	1/4"	0.500	270-450	0.002
	1/2"	"	"	0.003
	3/4"	"	"	0.005
	1",2"	"	"	0.008
	1/4"	0.050	300-500	0.001
	1/2"	"	"	0.002
	3/4"	"	"	0.004
Duratron®PI Celazole®PBI	1/4"	0.500	450-650	0.005
	1/2"	"	"	
	3/4"	"	"	0.002
	1",2"	"	"	
	1/4"	0.050	250-350	
	1/2"	"	"	
	3/4"	"	"	

表 4: QUADRANT 塑胶加工指导 -- 面磨(C-2) 硬质合金刀

[↑目录](#)

材料	面磨(C-2) 硬质合金刀		
	切深 (英寸)	速度 (英尺/分)	进给量 (英寸/齿)
Acetron®Acetal® Acetal	0.150	1300-1500	0.020
Delrin* 150 Acetal DelrinAF Blend Nylon 101, Nylation®GS 尼龙、 Nylatron®GSM、 GSM 兰色 Nylaton®NSM MCR901、MCR907 尼龙	0.060	1500-2000	0.005
PC 1000 聚碳酸酯	0.150	1300-1500	0.020
PSU 1000 聚石风	0.060	1500-2000	0.005

Ultem*1000 PEI Ultem* 2300 PEI			
Ketron®PEEK Ketron®PEEK HPV	0.150 0.060	500-750 "	0.020 0.005
Fluorosint®500 Fluorosint®207	0.150 0.060	500-700 550-750	0.010 0.005
Techtron®PPS Techtron®HPV Ryton*PPS	0.150 0.060	1300-1500 1500-2000	0.020 0.005
Torlon* PAI	0.035	500-800	.060 - .035
Ertalyte®PET-P Ertalyte®TX	0.150 0.060	1300-1500 1500-2000	0.020 0.005
Duratron®PI Celazole*PBI	0.050 0.015	450-650 250-350	0.020 0.005

表 5: QUADRANT 塑胶加工指导 -- 锯

[↑ 目录](#)

材料	锯		
	材料厚度	齿形	节距 (齿/英寸)
Acetron®Acetal® Acetal Delrin* 150 Acetal DelrinAF Blend Nylon 101, Nylation®GS 尼龙、 Nylatron®GSM、 GSM 兰色 Nylaton®NSM MCR901、MCR907 尼龙	<1/2" 1/2"~1" 1"~3" 3"	精确锯齿 " " "	10-14 6 4 "
PC 1000 聚碳酸酯 PSU 1000 聚石风 Ultem*1000 PEI Ultem* 2300 PEI	<1/2" 1/2"~1" 1"~3" 3"	精确锯齿 " " "	10-14 6 3 "
Ketron®PEEK Ketron®PEEK HPV	<1/2" 1/2"~1" 1"~3" 3"	精确锯齿 " " "	8-14 6-8 3 "
Fluorosint®500 Fluorosint®207	<1/2" 1/2"~1"	精确锯齿 "	8-14 6-8

	1"~3" 3"	" "	3 "
Techtron®PPS Techtron®HPV Ryton*PPS	<1/2" 1/2"~1" 1"~3" 3"	精确锯齿 " " "	8-14 6-8 3 "
Torlon* PAI	<1/2" 1/2"~1" 1"~3" 3"	精确锯齿 " " "	8-14 6-8 3 "
Ertalylte®PET-P Ertalylte®TX	<1/2" 1/2"~1" 1"~3" 3"	精确锯齿 " " "	10-14 6 3 "
Duratron®PI Celazole*PBI	3.8"~1" 1"~2"	精确锯齿 " " "	10 10

表 6: 机加故障快速查询表

钻孔	
难点	一般原因
孔呈现锥形	1. 钻头磨削方法不正确. 2. 间隙不恰当. 3. 进给量太大.
表面燃烧或熔化	1. 钻的型号错误. 2. 错误的磨钻方法. 3. 钻得太轻 4. 钝钻. 5. 安装太厚.
表面缺口	1. 进给量太大. 2. 间隙过大. 3. 倾角过大.
震动	1. 间隙过大. 2. 进给量太小. 3. 钻头悬臂过大. 4. 倾角过大.
内径出现进给痕?或螺线	1. 进给量过大. 2. 钻头不对中. 3. 钻头磨的不对中.
孔径过大	1. 钻头磨的不对中. 2. 板太厚. 3. 间隙不足. 4. 进给量过大. 5. 钻头开口角太大.
孔径过小	1. 钻头钝. 2. 间隙过大. 3. 钻头开口角太小.
钻孔不对中	1. 进给量过大. 2. 芯轴转速过低. 3. 钻头进入下面的件太深. 4. 切断时刀尖断在板内. 5. 板太厚. 6. 开始时钻速过高. 7. 钻头安装不对中. 8. 钻头磨的方法不正确.
毛边	1. 切断刀具钝. 2. 钻头未完全通过工件.
钻头很快钝化	1. 进给量过小. 2. 芯轴速度过快. 3. 润滑油使用不当.

切断	
难点	一般原因
表面熔化	1. 刀具钝化. 2. 间隙不足. 3. 冷却液不足.
表面粗糙	1. 进给量太大. 2. 刀具磨削不恰当. 3. 切割边缘未刮磨.
螺旋纹	1. 刀具边缘刮碰. 2. 刀刃出现毛边.
表面凹凸不平	1. 刀具顶角过大. 2. 刀具与芯轴不垂直. 3. 刀具使用负倾角。 4. 进给量过大.
切点瑕疵或砂眼	1. 刀具顶角不够. 2. 刀具钝. 3. 进给量过大.
外径毛边	1. 切割前刀具未倒棱. 2. 刀具钝.
车削 / 镗加工	
表面熔化	1. 刀具过钝或刀刃磨损. 2. 侧面间隙不足. 3. 进给速度太小. 4. 芯轴速度太快.
表面粗糙	1. 进给量过大. 2. 间隙角度不正确. 3. 刀具上有锐角. 4. 刀具安装不对中.
切边毛刺	1. 刀具毛刺未磨. 2. 刀具钝. 3. 侧面间隙不合理. 4. 进刀方向不正确.
拐角裂化或破损	1. 刀具正倾角过大. 2. 刀具突然接触工件. 3. 刀具钝. 4. 刀具上有锐角.

