汽车零部件加工刀具应用技术浅谈

张世君

山东浩信机械有限公司工艺研究院　山东潍坊 261307

摘要：汽车零部件加工市场竞争日趋激烈，大批量产品寸时必省。怎样提升加工的竞争力，是当下面临的主要课题，对于先进刀具理念的现代汽车零部件加工工艺装备，除了优秀到复合高效的数控机床外，就是高端刀具方案，浅谈刀具高端方案及部分世界刀具发展动态。

关键词：刀具材质选择；复合刀具设计及应用；合理切削参数；失效模式预防及纠正；先进刀具策略

传统能源汽车及新能源汽车的零部件加工，是汽车零部件加工的主流，加工技术含量高、工艺比较复杂，加工方式主要有铣削、钻削、镗削等。为达到高质量的加工水平，要求刀具具备高速、高精度、高效率的特点，刀具的重要性不言而喻。

汽车零部件产品介绍

汽车按照用途分为商用车、乘用车两大类别。

根据汽车功能不同划分为八部分：底盘部分、动力部分、车体部分、制动部分、悬挂部分、传动部分、电器设备、车载内饰及座椅。

刀具选用细节如下：

汽车发动机零部件材质及刀具材质选取见表1。

汽车底盘零部件材质及刀具选取对应，见表2。

新能源铝基汽车零部件及刀具选取对应，见表3。

表1　发动机零部件材质与刀具材质选取对应

序号	名称	工件材质		对应材料组		对应刀具材质1		对应刀具材质2	
		材质01	材质02	材质1	材质2	开粗	精加工	开粗	精加工
1	缸体	灰铁	铸铝	K	N	硬质合金/陶瓷	CBN	硬质合金	PCD
2	缸盖	灰铁	铸铝	K	N	硬质合金/陶瓷	CBN	硬质合金	PCD
3	凸轮轴	铸铁	锻钢	K	P	硬质合金/陶瓷	CBN	硬质合金/陶瓷	CBN

（续）

序号	名称	工件材质		对应材料组		对应刀具材质1		对应刀具材质2	
		材质01	材质02	材质1	材质2	开粗	精加工	开粗	精加工
4	气门	合金钢	高温镍基合金	P	S	硬质合金/陶瓷	CBN	硬质合金/陶瓷	CBN
5	活塞	铝基合金		N		硬质合金	PCD		
6	油底壳	灰铁	铸铝	K	N	硬质合金/陶瓷	CBN	硬质合金	PCD
7	齿轮	合金钢	粉末合金	P	PM	硬质合金/陶瓷	CBN	硬质合金/陶瓷	CBN
8	排气管	铸铁	不锈钢	K	M	硬质合金/陶瓷	CBN	硬质合金	硬质合金
9	齿轮室	铸铁	铸铝	K	N	硬质合金/陶瓷	CBN	硬质合金	PCD
10	连杆	锻钢	铸钢	P	P	硬质合金/陶瓷	CBN	硬质合金/陶瓷	CBN
11	瓦盖	铸铁	铸钢	K	P	硬质合金/陶瓷	CBN	硬质合金/陶瓷	CBN
12	涡轮增压器	铸铁	不锈钢	K	M	硬质合金/陶瓷	CBN	硬质合金	硬质合金
13	飞轮	铸铁	铸钢	K	P	硬质合金/陶瓷	CBN	硬质合金/陶瓷	CBN

注：铸铁类有灰铁及球磨1铸铁为主，加工刀具有差别，球铁随着牌号到提高更趋于钢类价格性能，灰铁不带断屑槽适宜，球铁带断屑槽适宜。

表2　底盘零部件材质对应刀具选取

序号	名称	工件材质 材质1		对应材料组		对应刀具材质1		对应刀具材质2	
				材质2	开粗	精加工	开粗	精加工	
1	制动钳	铸铁		K		硬质合金/陶瓷	CBN		
2	转向节	铸铁		K		硬质合金/陶瓷	CBN		
3	制动鼓	铸铁		K		硬质合金/陶瓷	CBN		
4	制动盘	铸铁		K		硬质合金/陶瓷	CBN		
5	轮毂	铸铁		K		硬质合金	PCD		
6	差速器壳体	铸铁		K		硬质合金/陶瓷	CBN		
7	各种齿轮	合金钢	粉末合金	P	PM	硬质合金/陶瓷	CBN	硬质合金/陶瓷	CBN
8	驱动桥	铸铁	铸铝	K	N	硬质合金/陶瓷	CBN	硬质合金	PCD
9	桥壳	铸铁	铸铝	K	N	硬质合金/陶瓷	CBN	硬质合金	PCD

注：铸铁类有灰铁及球墨铸铁为主，加工刀具有差别，球铁随着牌号到提高更趋于钢类价格性能，灰铁不带断屑槽适宜，球铁带断屑槽适宜。

表3　新能源汽车零部件材质对应刀具选取

序号	名称	工件材质		对应材料组		对应刀具材质01		对应刀具材质02	
		材质01	材质02	材质1	材质2	开粗	精加工	开粗	精加工
1	电动机外壳		高压铸造	K				硬质合金	PCD
2	电池外壳		高压铸造	K				硬质合金	PCD
3	电池组框架	热挤压	高压铸造	K		硬质合金	PCD	硬质合金	PCD
4	铝轮毂		高压铸造	K				硬质合金	PCD
5	涡旋式压缩机		高压铸造	K				硬质合金	PCD
6	托架		高压铸造	K				硬质合金	PCD
7	副车架		高低压铸造	P	PM			硬质合金	PCD
8	主减箱		高低压铸造	K	S			硬质合金	PCD
9				K	S			硬质合金	PCD

注：热挤压、高压铸造、低压铸造材质加工性能、物理性能区别较大，辩证到根据实际情况选取刀具、断屑槽、涂层、刀尖角等。

汽车零部件根据产品材质辩证选取刀具技术

汽车零部件材料组切削性能介绍及整合汽车零部件材料组切削性能，见表4。

汽车零部件材质不一，根据材质的切削性能科学选取的刀具材质，是刀具材质选取的关键；见表5。

表4　汽车零部件材料组切削性能

序号	材质概述	切削性能简述	汽车零部件典型产品
P钢	钢可以是非淬硬钢或调质钢（常见硬度达400 HB）。硬度高于约48 HRC且不超过62～65 HRC的钢属于ISO H材料组 钢是一种以铁元素为主要成分的合金（铁基） 非合金钢的碳含量低于0.8%，且完全由铁（Fe）-碳（C）合金组成，不含其他合金元素 合金钢的碳含量低于1.7%，含有镍（Ni）、铬（Cr）、钼（Mo）、钒（V）和钨（W）等合金元素 低合金钢的合金元素含量低于5% 高合金钢的合金元素含量高于5%	钢的切削加工性会因合金元素、热处理和制造工艺（锻造、轧制、铸造等）的不同而不同，通常切屑控制相对容易平顺 低碳钢粘性较大，会产生较长的切屑，因此需要锋利的切削刃 特定切削力kc1：1400～3100 N/mm 根据铸钢到牌号加工需要到切屑力增加	连杆 瓦盖 曲轴 齿轮连杆 凸轮轴 球笼式等速万向节 轮毂 转向齿轮
M不锈钢	一种主要成分是铁（Fe）元素的合金，铬含量高于12%，碳含量通常较低（C≤0.05%），添加镍（Ni）、铬（Cr）、钼（Mo）、铌（Nb）和钛（Ti）等各种合金元素，赋予材料不同的特性，例如耐腐蚀性和高温强度 铬（Cr）与氧（O）结合，在钢表面产生一层氧化铬（Cr_2O_3）保护膜，从而使这种材料具有不锈特性	不锈钢的切削加工性依其合金元素、热处理和制造工艺（锻造、铸造等）的不同而不同。通常，合金含量越高，切削加工性就越差，但所有不锈钢组均包含易切削或切削加工性改进的材料。长切屑材料，切削控制在铁素体/马氏体不锈钢加工中比较容易，但在奥氏体和双相不锈钢加工中则变得更复杂 特定切削力：1800～2850 N/mm 加工时产生高切削力、积屑瘤、高热量和加工硬化表面，添加的硫（S）用于改善切削加工性，高碳含量（> 0.2%）将导致相对较重的后刀面磨损。 钼（Mo）和氮（N）会降低切削加工性。但是，它们能够提供耐酸侵蚀特性并且有助于增加高温强度	涡轮增压器 不锈钢装饰件车LOGO 高端乘用车排气管

（续）

序号	材质概述	切削性能简述	汽车零部件典型产品
K铸铁	灰口铸铁 (HT) 可锻铸铁 (KT) 球墨铸铁 (QT) 蠕墨铸铁 (RuT)) 铸铁为Fe-C合金，Si含量相对较高（1%～3%）。碳含量超过2%，这是C在奥氏体相中最大的溶解度。Cr (铬)、Mo (钼) 和V (钒) 加入形成碳化物，增加了强度和硬度，但降低了切削加工性。常见的四种铸铁加工性能各异。需要区分对待选择刀具	这是一种在大多数工况下都能实现良好切屑控制的短切屑材料。特定切削力：790～1350 N/mm 以较高的速度加工 (特别是在加工灰铸铁时) 会产生磨粒磨损 球墨铸铁 (QT)、蠕墨铸铁 (RuT)需要特别注意，因为它们与普通的灰口铸铁 (HT) 具有不同的机械性能且基体中存在石墨 铸铁通常使用负前角刀片进行加工，因为这些刀片具有高强度切削刃并可安全使用 硬质合金基体应该比较坚硬，涂层应为厚氧化铝层，以确保良好的抗磨粒磨损性能 铸铁传统上进行干式加工，也适合湿式.	缸体 缸盖 轮毂 刹车盘 制动鼓 制动钳 转向节 排气歧管 差速器壳 轴承盖 涡轮增压器壳体 飞轮
N铝	硬度低于130 HB的软金属，也包括高强度青铜 (>HB250) 其中，硅 (Si) 含量低于12%～13%的铝 (Al) 合金所占的比例最高 MMC：金属基复合材料：Al + SiC (20%～30%) 镁基合金 铜：铜含量为99.95%的电解铜 青铜：含锡 (Sn) (10%～14%) 和/或铝 (3%～10%) 的铜 黄铜：铜 (60%～85%) 与锌 (Zn) (40%～15%) 的混合物	长切屑材料 如果是合金，则切屑控制相对容易 纯铝具有粘性，需要锋利的切削刃和高切削速度 vc，特定切削力：350～700 N/mm 切削力低，从而加工所需的功率也低 加工硅含量低于7%～8%的铝合金，可使用细晶粒无涂层硬质合金材质；加工硅含量高的铝合金，可使用PCD材质 硅含量较高 (> 12%) 的过共晶铝合金具有非常高的磨蚀性	发动机缸体 缸盖 变速箱壳体 壳体 电机外壳 电池外盒 电池托架 副车架
H淬火钢	该组材料包含硬度为45-68 HRC的淬火钢 常见钢材包括渗碳钢 (～60 HRc)、轴承钢 (～60 HRc) 和工具钢 (～68 HRc)。硬铸铁包括白口铸铁 (～50 HRc) 和ADI/Kymenite (～40 HRc)。建筑用钢 (40～45 HRc)、锰钢和不同类型的硬质涂层材料 (如Stellite)。P/M钢和硬质合金也属于该组 典型硬零件车削的硬度范围为55～68 HRC	从加工的角度看，淬硬钢是最小的材料组，精加工是最常见的加工工序。特定切削力：2550～4870 N/mm 。加工工序通常具有合理的切屑控制。切削力和功率要求相当高 切削刀具材料必须具有良好的抗塑性变形能力 (红硬性)、化学稳定性 (在高温下)、机械强度和抗磨粒磨损性能。CBN具有这些特性，并且能够以车削代替磨削 当工件的表面质量要求不太高且硬度对于硬质合金而言过高时，混合陶瓷或晶须增强陶瓷也可用于车削 硬质合金主要用于铣削和钻削应用，并且适用于硬度不超过约60 HRc的材料	各种轴类 气门杆 传动轴 变速齿轮 转向齿轮

表5　汽车零部件对应刀片的选取考量因素

加工状态	P			M	K		N		H
材质区分	低牌号	中牌号	高牌号	铸造	灰铁	球铁	热挤压	高低压铸造	淬火钢
粗加工R	PM	PM	PR	MR	无	KR	NR	NM	HR
D顶角	D/V	C/D	C/W	C/W	C/W	C/W	D/V	D/V	C/D
顶尖角RE	1.2	0.8	2.0/1.2	2.0/1.2	2.0/1.2	2.0/1.2	1.2/0.4	2.0/1.2	1.2/0.8
中加工M	PM	PM	PM	MM	无	KM	NM	NM	HM
D顶角	D/T	C/D	C/D	C/D	C/W	C/W	D/V	D/V	C/D
顶尖角RE	0.8	1.2/0.8	1.2/0.8	1.2/0.8	1.2/0.8	1.2/0.8	0.8/0.4	1.2/0.4	1.2/0.8
精加工F	PF	PF	PF	MF	无	KF	NF	NF	HF
D顶角	D/V	D/V	C/D	C/D	C/D	C/D	D/V	D/V	D/V
顶尖角RE	0.4	0.4/0.2	0.8/0.4	0.8/0.4	0.8/0.4	0.8/0.4	0.4/0.2	0.8/0.4	0.8/0.4
钝化			是			是	是		

注：薄壁零部件不推荐钝化处理，硬度趋势推荐钝化处理。

镗铣加工工中心刀具选取技术

1.快进给刀具的使用

山特、伊斯卡、肯纳、泰珂洛、京瓷等相继研制出高进给刀具，大进给铣削加工方式实现了极高的金属去除率，尽管其切深很小。由于一次加工就能使工件材料接近我们想要的形状， 半精加工通常会被取消，同时简化了精加工工序；大进给铣削的原理是基于“平均切屑厚度减薄”的效果。切屑厚度减薄取决于铣刀盘的主偏角，带有 90° 主偏角的刀盘不利于切屑厚度减薄，每齿进给是 0.2mm 只能获得相同的切屑厚度 0.2mm。在刀具带有 45° 主偏角的情况 下，每齿进给 0.25mm 会产生 0.178mm 的切屑厚度，这样就可以增加进给，从而减少循环时间。可以在每齿进给 1.27mm 的条件下产生仅 0.178mm 的切屑厚度，并且循环时间一般会减少 50% 或者更多。大进给铣削的另外一个优势是低切削抗力。大进给铣刀切削力几乎是平行的，其极小的主偏角切削力会朝向主轴，这意味着主轴上的压力减小。泰珂洛图样如图1和图2所示。



图1　快进给刀具加工参数前后对比

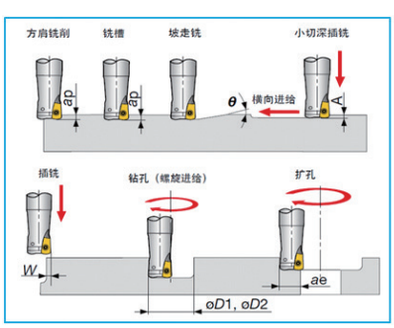


图2　快进给刀具加工场合

2. 复合刀具（非标刀具）是使用及成本控制

当产品订单属于大批量时，需要对成本及刀具费用进行核算，先对复合非标刀具进行询价，再对提升的成本进行核算，整体成本可以在一定幅度范围内降低时（建议10%～20%），就可以导入先进的复合非标刀具，通过复合钻，复合钻攻，复合钻铣，复合镗孔等刀具到引入提质增效降本；

生产流水线分析瓶颈工序，分析节拍，优化瓶颈工序的刀具势在必然，降低了节拍，提升到效率是整条生产线到效率，起到了支点作用，撬杆作用凸显。山特集团图册如图3和图4所示。

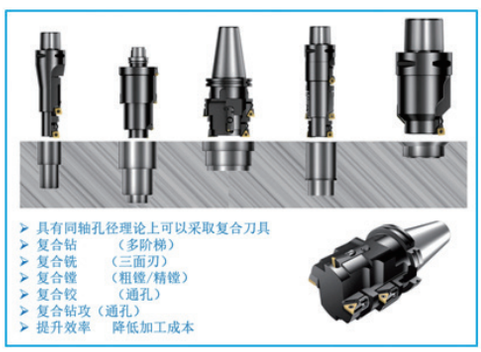


图3　部分复合刀具图册



图4　复合刀具图册

3. 快速加工复合套铣刀

外圆内孔一起加工到刀具，对于大批量产品提效立竿见影；为我们到高速加工提供了思路；为刀具设计提供了高效加工到思路。山特维克图册如图5和图6所示。

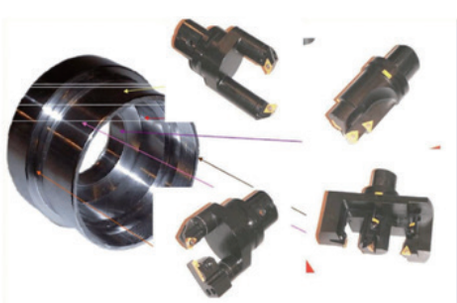


图5　套铣套镗复合刀具图册



图6　复合内外圆镗刀

4. 旋风套扣刀具

铣外螺纹，效率相对外圆铣螺纹提升200%～400%。山特集团图册如图7所示。

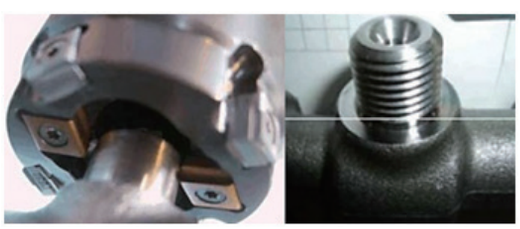


图7　硬质合金旋风铣刀

5. 可换头刀具

在汽车零部件加工生产线加工过程中，对于损坏或刃磨损到刀具需要更换，基本做法是拆下刀柄，更换刀具、刀片。再进行上主轴对刀，重新在数控系统里设置补偿；而各刀具厂针对此劣势，相继推出了可换头刀具，包括整硬铣刀、钻头、铰刀等孔加工刀具，更换刀头时不用对刀，大大降低了辅助时间，提升了加工到OEE,全部更换可更换刀具的生产线，OEE提升2%～5%，特别是那些更换频率很高到的刀具，提效非常明显；如图8所示。



图8　可换头刀具及效率对比

6. 多刃铣刀

摆线铣是最近CAM软件推出的先进的加工方式，效率可以不同程度到提升100%～400%。摆线多刃铣刀成为主要刀具。整体硬质合金立铣刀(SCEM)的直径范围是2～25mm。最多7－8刃，效率大大提升了开粗及精加工到效率，在摆线过程中可以较好排屑，保证刀具热量到散失，提升了刀具效率，提升了刀具寿命，降低刀具成本。伊斯卡图册如图9所示。

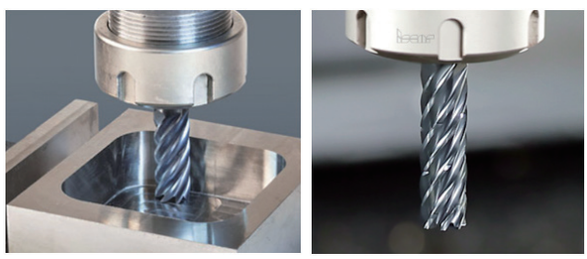


图9　摆线多刃铣刀

7. 复合钻攻、复合钻铣螺纹刀具

（1）钻孔后直接攻丝刀具省去换刀辅助时间，提效明显；如图10所示。



图10　复合钻攻刀具（通孔使用）

降低换刀准备时间，应用刀通孔加工（有色金属）。

（2）钻孔后直接螺纹铣省去换刀辅助时间，提效明显。OSG图册如图11、图12和图13所示。



图11　钻铣螺纹复合刀具

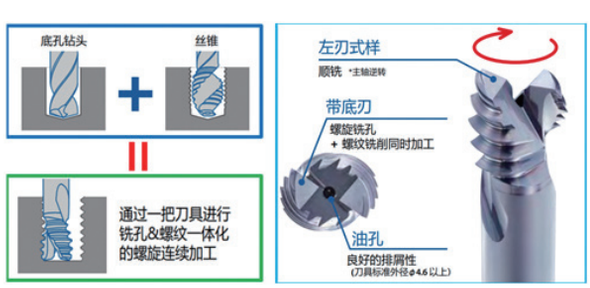


图12　复合钻铣螺纹刀具图示

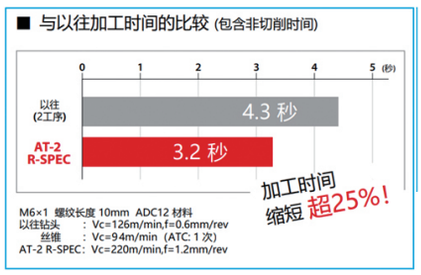


图13 复合钻铣螺纹刀具提效说明书

8. 三面刃铣刀叠加复合

加工两边侧面，铝组件可减轻质量达50%。特别是在底盘内，可显著降低未装弹簧的总成质量。这无论对行驶舒适性还是对行驶动态性都有积极影响。尤其是与安全相关、允许高变形的抗拉强度和韧性高的锻造部件，很难进行切削加工。通过三面刃铣刀叠加使用一个行程两侧一起铣削。

两面铣削既可以提效，两面对称也可以消除振动。瓦尔特图样如图14所示。

两个三面刃铣刀盘使用法兰间隔叠加铣削两边。



图14 三面刃铣刀叠加复合

9.多刃镗刀

缸体缸孔加工，多家推出了高效粗镗刀具；具有多刃镗刀，较前两刃方案提升效率非常显著，200%～300%左右，压缩整个缸体加工节拍5%以上；如图15和图16所示。



横竖相间多刃镗刀（瓦尔特）

图15 横竖相间多刃缸孔镗铣刀



缸孔加工多刃镗铣刀（三菱）

图16 缸孔加工多刃镗铣刀

新能源汽车零部件加工刀具技术

世界各大刀具厂商针对新能源汽车零部件定制到整套方案，包括山特维克可乐满、瓦尔特、山高、伊斯卡、MAPAL等厂商。国内刀具品牌也相继推出了高端刀具方案，PCBN、CBN、PCD整套刀具方案，对提升效率起到立杆见影到作用。

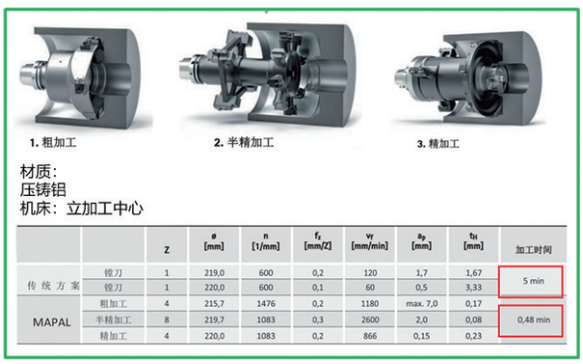
1）断屑槽的CBN、PCD刀具到开发推向市场，排除了因粘结，排屑不良的锻造铝，挤压铝合金失效问题，如今针对铝加工到PCD刀具已经遍布整个车铣刀具应用。钻头、铣刀、铰刀、面铣刀、螺纹铣刀等，效率直接提升200%～500%，因此在大批量产品加工中就是拼的机床与刀具的的效率，操机人员作用相对下降（山特集团图册如图17所示）。



图17 阶梯PCD复合铰刀/镗刀

2）CBN刀具使用在灰铁精加工，从原来的260～400m/min，提升到600～1000m/min，效率翻倍，大大提升了加工效率。

3）PCBN及陶瓷刀片，对球墨铸铁到提效事半功倍，促进了球墨铸铁加工效率(瓦尔特图册如图18所示）。



		z	ø [mm]	n [1/mm]	f_z [mm/Z]	Vf [mm/min]	a_p [mm]	t_{hi} [mm]	加工时间
传统方案	镗刀	1	219,0	600	0,2	120	1,7	1,67	5 min
	镗刀	1	220,0	600	0,1	60	0,5	3,33	
MAPAL	粗加工	4	215,7	1476	0,2	1180	max. 7,0	0,17	0,48 min
	半精加工	8	219,7	1083	0,3	2600	2,0	0,08	
	精加工	4	220,0	1083	0,2	866	0,15	0,23	

图18　复合刀具提效说明表

一次完成粗精加工面铣刀

每个刀片包含一条粗加工切削刃（位于外径上）和一条精加工切削刃（位于端面上）。粗加工区域发挥传统铣刀的作用，所有粗加工切削刃的直径和高度都相同。精加工区域发挥铣刀的作用，包含多条径向和轴向阶梯式切削刃。这种定位可确保无毛刺铣削和出色的表面质量。专用于加工薄壁铝合金零件，无需调整，并且能够实现高进给率而不产生切削振动（山特维克可乐满图册如图19所示）。

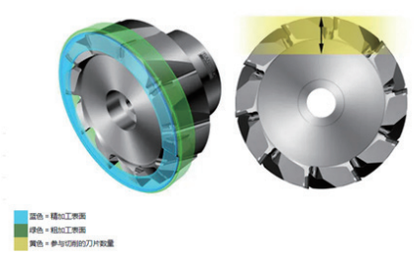


图19　铝件面粗铣精复合盘刀

虽然专为铝件的薄壁铣削工序设计，但也能适用于大切宽的场合。可使用一把刀具完成粗加工和精加工，直接完成精加工，实现出色表面质量，适合加工汽车铝合金零件，而不会产生划痕、毛刺或崩缺。

2.鼠笼式套外圆加工刀具

（Mapal图样）在外侧，该元件设有螺旋形圆周槽。 在插入外壳体中后，冷却剂流经该凹槽。因此定子支承座也称之为“冷却套 管”。MAPAL公司在米兰的EMO（欧洲机床展览会）上将展示新的外径加工刀具。其属于较特殊的刀具之一。粗加工后，钟形刀具负责整个外部的精加工。专门设计的轻型刀具配有刀片和导向条，并在正确的位置具有开口，以尽可能减少重量并通过大开口排出切屑。精加工刀具保证高圆度和精度。如图20所示。



图20　复合冷套管刀

失效模式预防及纠正

1.强制换刀及刀具失效预防

通过对刀具的失效记录，识别失效并分析纠正，是汽车零部件加工过程中重点，收集失效模式，针对性地查找原因，迅速制定纠正措施，是生产线的运行高OEE的必须。

确认容易失效的刀具刀体，备用替补刀具；杜绝因刀具发生停产情况。

假设是瓶颈刀具，需要寻找高端制造商提报制定更高端刀具方案。

例如：加工铸件容易发生崩刃（遇到夹渣气孔时），尽量少用或不用U钻魔术钻，多用整体合金钻头。

在严重断续切削时，少用或不用PCD/CBN刀具，降低风险。

需要对刀具进行全面到刀具TPM(全面设备维护)及时对刀具进行监控保养维护，到了发生失效再去补救，估计会造成刀具报废及工件报废的情况。

大批量生产线强制换刀是在充分地进行SPC统计基础上对刀具在线监测到必须，找出失效发生点，磨损失效点，批量检测监控统计基础上科学强制换刀。

强制换下来到刀具可以在小批量中发挥剩余价值，可以降低较大刀具成本。

2.主轴负载监控、有效功率监控

基于主轴负载、电流、扭矩（切削力传感器）、有效功率监控，切削循环的动态数据，保护数据，缓冲数据等等；对异常、刀具破损、缺刀、过载、刀具

磨损等的报警、停机等有效手段。

为了在机床上进行碰撞探测，一个切削力传感器集成在主轴与旋转器接口之间或刀柄与滑块之间。在发生碰撞或过程退化的情况下，切削力会产生冲击。如果该信号超过可调监控过载极限，则系统将做出反应，直接数字输出能够使机床尽可能快地停机。为了在加工中心上进行碰撞探测，可在主轴上使用振动传感器。

主轴监控主要针对碰撞探测器是一种可靠的解决方案，将帮助您避免碰撞或在发生碰撞时最大限度地减少机床和工件损坏。该解决方案安装在机床内并连接至PLC (可编程逻辑控制器)，用于探测碰撞并在5ms内做出反应以使机床停止运行。在加工车间中安装过程监控可增强对加工过程的控制。制造过程中的难控制因素和人为错误可能导致零件、机床主轴或切削刀具损坏。小错误往往会导致大问题，如严重的机床停机及延迟输出和交货。在加工车间中安装过程监控可增强对加工过程的控制。如发生特定问题，将根据已编程协议采取相应措施 (如停止机床或更换磨损刀具)。

1）碰撞检测在平稳安全加工时以记忆切削负责动态图，根据此图进行监控可以设定整个程序环为100%，建立一个缓冲区，在此缓冲区进行保护，一旦负载超出缓冲区负载，马上停机。如图21所示。

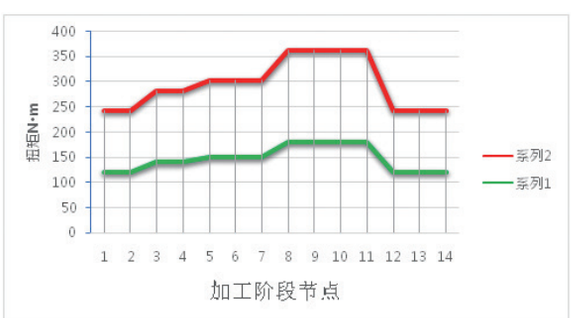


图21　扭矩防护缓冲保护示意

刀具破损检测：刀具破裂也是扭矩发生瞬间变化，软件给与信号，停机报警。

刀具磨损检测：磨损一般是负载逐步增加，超过扭矩缓冲区报警处理，更换刀具（刀片）。

接触监测：接触主要是突然发生干涉撞刀，突破跳出缓冲区，机理与单刀具破损相同，缓冲区突然被突破，停机报警检查。

主要优点：减少机床意外停机时间；降低单个零件成本；加工出的零件质量稳定；降低总经营成本。

根据目前实施方案到公司统计，在OEE、质量合格率、主轴严重损失上有较为明显到改善。如图22所示。

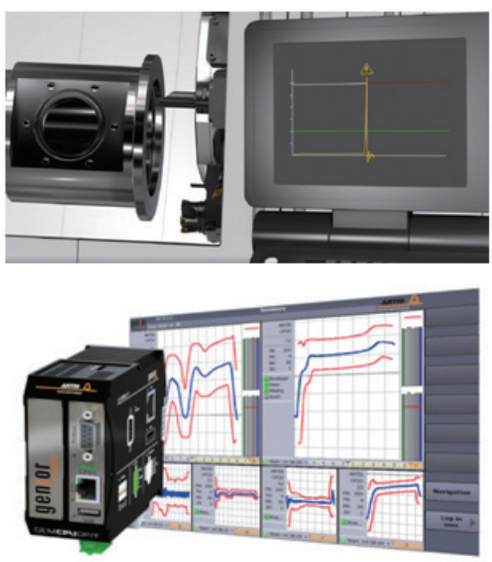


图22　山特及马波斯公司刀具切削监控

结语

科学选取刀具，基于理论结合应用实践，合适的选取切削参数，定制复合非标刀具的合理应用。可以发挥高端机床及生产线潜力，全面提升加工效率与质量，才可以在竞争中立于不败之地。



