

分药器数控加工刀具应用技术

■ 航天三院31所（北京 100074） 孙长胜

摘要：本文根据分药器的数控加工工艺安排和刀具应用技术分析，以日常生活中常见的物品为引导，从深槽铣削、曲面加工、螺纹铣削及薄壁异形等多种加工元素的刀具应用入手，详细说明刀具参数选择的重要性和特点，让人们更具体的了解数控加工与日常生活密不可分的关系。文中有多种典型加工元素的解析和加工参数的展示，通过对比和实际加工经验的总结，找出进口刀具和国产刀具的不同加工特点，从而满足实际生产中不同加工元素的需求。

在“中国制造2025”大环境的带动下，数控加工、智能制造技术将会风起云涌，高速发展，带我们进入一个高度智能化、自动化的世界，而数控刀具应用技术作为一门基础技术，也将迎来高度的发展。目前刀具厂家日益繁多，我们已不再盲目追求进口的刀具品牌，在大量的试验和实际应用案例中，国产刀具已给了我们足够的惊喜和震撼人心的加工效果。

1. 工件特点

分药器（见图1）由上端盖和基座两部分组成，由 $\phi 8\text{mm}$ 圆柱销联接，通过端盖灵活的开合，可以实现将不同大小的药片均匀地一分为二，同时具备将药片碾成粉末的效果，解决了日常生活

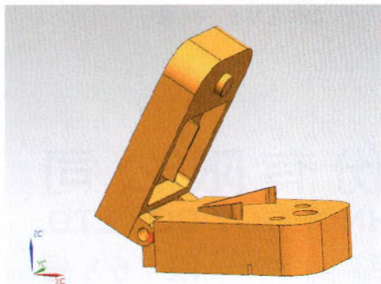


图 1

中因药片过大、不便分割和碾碎成粉末的难题。

2. 加工难点

（1）曲面的加工。常用加工自由曲面的刀具主要有平底立铣刀、球头铣刀、锥柄立铣刀、小刀杆球头铣刀及环底铣刀等，如图2所示。

为了分析方便，根据刀具的特点，可以简单地把加工自由曲面的刀具类型分为两类：平底立铣刀和球头立铣刀（环底铣刀介于二者之间）。

球头立铣刀在曲面的数控加工中应用最普遍，它的底部为球形，切削过程中，切削刃和工件的接触面的法线始终通过刀具的中心，使得刀具的行距计算与避免干涉的计算简单化，因此，球头刀的编程和使用比较方便，并

且球头刀对加工对象的适应能力很强。但球头刀加工也存在不足之处，由于球头刀切削刃上各点的切削情况不一，越接近球头刀的底部切削条件越差，如容屑空间小、底部切削效率低及切削速度不恒定等。正是这些缺陷导致了球头刀具易磨损、加工效率与表面质量难以进步，另外，球头刀加工时的走刀行距一般比相同直径的平底立铣刀加工时的行距小，相比之下加工效率较低。

平底立铣刀是平面铣削的主要刀具。在多轴加工中，可以通过控制刀轴的倾角来对曲面进行加工，获得较大的有效半径。在满足相同残留高度要求的条件下，可以采用较大的行距加工，从而减少走刀次数，提高加工效率。此外，它的切削条件好，

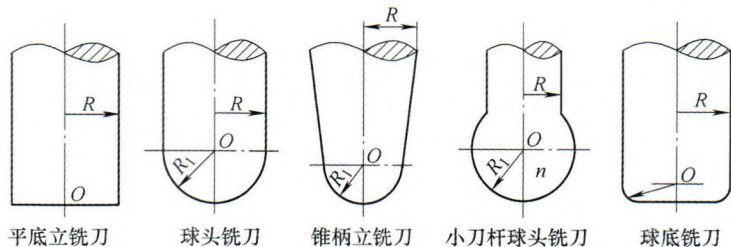


图 2

能够保证切削速度的稳定性和容屑空间。它的缺点是数学模型复杂、刀具轨迹及干涉运算复杂(见图3)。

综上所述,平底立铣刀较球头立铣刀在曲面五轴加工中具有非常大优势,在曲面加工及编程时,应首先考虑使用球头立铣刀。本次加工采用 $\phi 10\text{mm}$ 球头铣刀加工,行距 0.2mm ,转速为 $6\,000\text{r/min}$,进给 $f=1\,500\text{mm/min}$ 。

(2)分药器上端盖深槽的数控加工及刀具应用技术。分层铣削工件轮廓的深槽时(见图4),要用最短的时间切除工件大部分余量。但当工件 X 、 Y 向或 Z 向有较大余量,受工艺系统刚度和强度限制,刀具不可能一次走刀就切削完成该向余量,应根据工艺系统刚度和强度的实际情况分成多次切削。如当工件表面有硬皮,第一刀铣削时,应吃刀量宜大些以避免硬层。轮廓是否分层切削还取决于工件的表面质量要



图 3

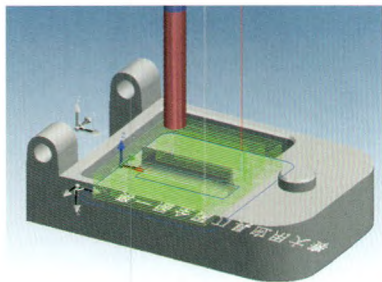


图 4

求。当工件要求的表面粗糙度值 $R_a=6.3\sim 3.2\mu\text{m}$ 时,可分粗、精铣两次加工,粗铣留有 $0.5\sim 1\text{mm}$ 的余量给精加工。当工件要求的表面粗糙度值 $R_a=1.6\sim 0.8\mu\text{m}$ 时,可分粗、半精、精铣三次加工,精加工余量 0.5mm ,半精加工余量 $1.5\sim 2\text{mm}$ 。

本次选用 $\phi 10\text{mm}$ 整体合金硬质铣刀,由于 Z 向余量较大,采用分层加工, Z 向分 2mm 一层,轮廓方向精加工余量 0.2mm ,底面精加工余量 0.2mm ,转速 $4\,500\text{r/min}$,进给 $f=800\text{mm/min}$ 。

(3)分药器底座的 $M30\times 1.5$ 螺纹孔铣削加工及刀具应用技术。当螺纹孔的直径较大时,采用螺纹铣刀加工,获得较好的加工质量和较高的加工效率。螺纹铣刀有单齿刀和螺纹梳刀两种,梳刀相对与单齿有着更高的加工效率。螺纹梳刀又有刀片式和整体式的区别。本次加工采用整体式螺纹梳刀(见图5),这种刀具专门用于内螺纹的加工,最小加工直径 10mm ,也就是说只要螺距不变,这种螺纹铣刀可以加工更大直径的螺纹孔。而且不用考虑退刀槽的影响。

$M30\times 1.5$ 螺纹铣削,西门子828D手工编程铣削螺纹示例:

G01 X0 Y0 Z1.5 F2000

G01 Y=15-R1 F1000

G03 X0 Y0 Z-9 I=0 J=R1-15

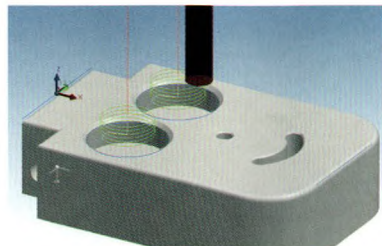


图 5

TURN=6

G01 Y0

G01 Z100...

(R_1 为螺纹梳刀的半径)

3. 工序设计

分药器由底座和端盖两部分组成,材料分别是45钢和2AL12铝,加工时分成两道工序,共九个工步。主要从刀具使用情况和工件配合要求两方面考虑,先安排加工底座,再加工端盖,底座的加工共分为四次装夹,端盖的加工分为五次装夹。

在配合精度较高的部分采用雷尼绍在线测量系统,其测量精度在 0.005mm 以内,保证了配合部分的精度。曲面采用粗精加工分开的工序安排,既保证了较高的生产效率,也得到了较高的表面质量。

4. 刀具选用

在选用过程中,安排了进口品牌的刀具和国产刀具的参数对比,主力刀具还是国产刀具。某国产品牌的 $\phi 10\text{mm}$ 整体合金刀具在 $n=5\,000\text{r/min}$ 、 $f=1\,500\text{mm/min}$ 、 $a_p=8\text{mm}$ 、 $e_p=5\text{mm}$ 的切削参数下,连续切削时间超越某著名进口品牌,而且刀具价格悬殊。国产刀具制造技术和刀具材料技术的提升,为我们降低生产成本带来更多的选择。

加工过程共需要13把刀具,如附表所示。其中,最小的刀具直径只有 1.8mm 。

5. 加工过程

(1)底座的加工共需要4次装夹,具体步骤如下:

工步1(见图6):①采用

加工所需刀具规格表（单位：mm）

名称	规格	名称	规格
硬质合金立铣刀	φ10	刻字刀	φ4
麻花钻	φ7.8	两齿端面铣刀	φ25
铰刀	φ8	硬质合金立铣刀	φ16
硬质合金立铣刀	φ1.8	整体螺纹梳刀	φ10
硬质合金立铣刀	φ2	硬质合金立铣刀	φ6
硬质合金球刀	φ10	硬质合金立钻头	φ6
NC点钻	φ10		

φ10mm整体硬质合金铣刀加工外形上的2个R20mm圆弧。②采用φ16mm端面铣刀加工M30螺纹孔底孔。③采用φ10mm整体硬质合金螺纹梳刀加工2个M30螺纹。④采用φ6mm整体硬质合金铣刀加工φ6mm孔和90° 夹角圆弧槽。⑤采用φ1.8mm整体硬质合金铣刀加工宽2mm、深6mm通槽。⑥采用φ10mm整体硬质合金球头铣刀加工30° 斜面。⑦采用φ10mm NC点钻加工各倒角。

工步2（见图7）：①采用φ16mm端面铣刀加工2个15mm宽度。②采用φ10mm NC点钻加工各倒角。

工步3（见图8）：①采用φ7.8mm钻头打通两个底孔。②采用φ10mm NC点钻加工各倒角。③采用φ8mm铰刀，一次铰通两个孔。

工步4（见图9）：①采用

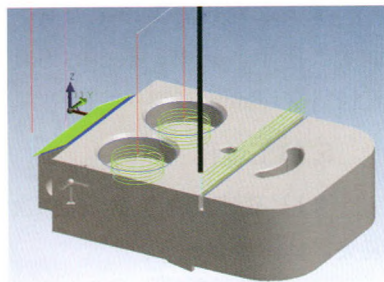


图 6

φ16mm端面铣刀去除粗加工余量。②采用φ6mm整体硬质合金螺纹梳铣刀，加工两个2mm后立板外轮廓。③采用φ10mm整体硬质合金铣刀加工2个φ10mm孔和φ10mm孔。④采用φ10mm整体硬质合金球头铣刀加工立板斜面。⑤采用φ10mm NC点钻加工各倒角。

（2）上端盖的加工共需要5次装夹，具体步骤如下。

工步1（见图10）：采用φ16mm整体硬质合金铣刀加工外轮廓。

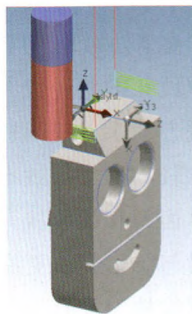


图 7

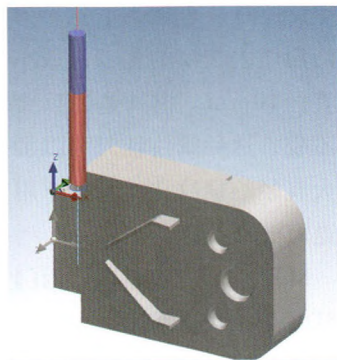


图 8

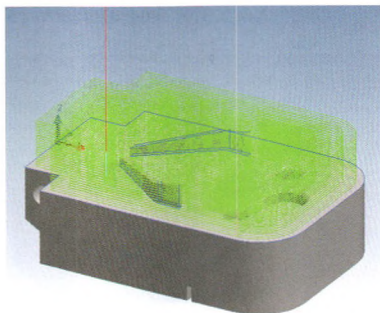


图 9

工步2（见图11）：①采用φ25mm端面铣刀去除上表面余量，并粗加工φ15mm圆柱凸台。②采用φ10mm整体硬质合金铣刀精加工φ15mm圆柱凸台，并加工60mm×70mm方槽，加工两连接孔处R7mm圆弧面。③采用φ10mm整体硬质合金球头铣刀加工刃口斜面。④采用φ10mm NC点钻加工各倒角。

工步3（见图12）：①采用φ25mm端面铣刀去除两连接孔。②采用φ10mm整体硬质合金铣刀精加工中间部位的余量。

工步4（见图13）：①采用φ7.8mm钻头钻通两个底孔。②



图 10

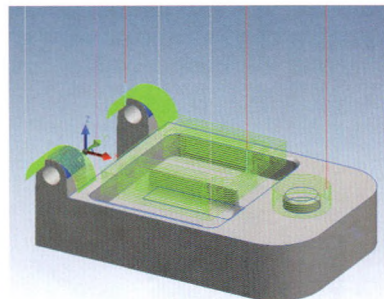


图 11

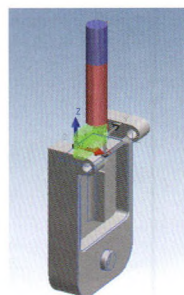


图 12

花键硬拉削技术在汽车零件中的应用

■ 江苏太平洋精锻科技股份有限公司（姜堰 225500） 黄泽培

摘要：普通软拉削加工能够以较高的精度和效率，将加工对象加工成复杂的形状，为了进一步提高经过上述拉削加工的加工零件性能，需对其实施热处理，但在热处理时会发生热处理变形，不同截面热处理变形差异较大。随着超高硬拉刀和高硬拉床的开发，对上述热处理变形的去除加工也成为可能，可以有效减少热处理变形产生的椭圆和锥度，实现更高精度的花键要求，因此能够实现零件的高精度化和稳定化。

随着我国汽车工业的飞速发展，与之相应的汽车零部件尤其是差速器锥齿轮等带内花键零件的加工工艺、制造水平也在不断提高。原有采用拉削工艺的内花键因热处理变形的制约，精度水平不能满足越来越高的花键传动性能要求，随着高精度硬拉设备的研制及硬拉刀制造工艺及质量提高，通过硬拉削工艺实现内花键各项指标的明显提升，在汽车

行业采用硬拉削工艺的零件种类明显增加。

在内花键的传统加工方案中，即使是复杂不规则的形状，只要是沿轴线方向相同，通过拉削工艺非常容易加工，无需熟练的加工技能，在实际生产中应用广泛。内花键拉刀根据《JB/T 7969—2011拉刀术语》标准，按花键槽形可分为矩形花键、直齿渐开线花键、锯齿形花键、棘齿

形花键、多边形花键及异形花键等。

1. 渐开线花键相关标准的应用

目前，硬拉工艺应用较多的是直齿渐开线花键，国内外花键常用现行有效标准具体如下：

(1) 国际标准ISO 4156.1~3—2005圆柱直齿渐开线花键（压力角为 30° 、 37.5° 、 45° ）精度等级为4~7级（中国GB/

采用 $\phi 8\text{mm}$ 铰刀，一次铰通两个孔，保证两处宽15mm的尺寸。

工步5（见图14）：①采用 $\phi 10\text{mm}$ 整体硬质合金球头铣刀加工圆弧面。②采用 $\phi 4\text{mm}$ 刻字刀刻字。

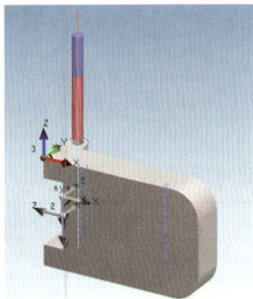


图 13

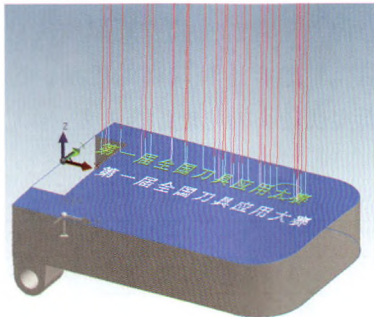


图 14

6. 结语

以“中国制造2025”为契机，以国家的战略需求和国民经济的市场需求为导向，以提高我国制造装备业综合竞争能力和产

业化水平为目标，重点解决数控刀具的材料应用，提高生产效率及加工质量，赢得市场。最后衷心希望我国数控技术和刀具材料等技术的发展不断完善，不断提高，更加有效合理地适应实际生产的需求，更高效地提高生产率。

参考文献：

- [1] 王三民，常自让，尚蓉，等. 高效加工与刀具应用技术研究[J]. 工具技术，2013，47（6）：47-48.

MW（收稿日期：20161224）