结合 Cimatron 软件编制多次装夹复杂部件的思路

撰文 / 大连工业大学机械工程与自动化学院　赵学庆　王帅

多次装夹部件是数控加工中的难点，本文通过实际应用案例介绍了典型多次装夹部件侧抽型芯的加工方法，重点分析了其从工艺制定到程序编制过程中的难点。运用 Cimatron 软件对其进行多次装夹分析、辅助面建立以及刀轨的生成，为多次装夹部件的加工提供了思路与方法。

一、引言

在压铸模具的核心部件中，加工难度较大的不是型腔类部件，而是侧抽型芯类部件。

型腔形状规矩，扁平类型居多，多数型腔需正、反两次装夹可以完成加工。而侧抽型芯的高宽比相对较大，有配合的滑道部位精度、粗糙度要求高。正常情况下，六个面都需要精加工才能完成。

多次装夹定位不仅对 NC 操作人员的精准度与熟练程度有高要求，更是对 CAM 人员的工艺思路与编程技术的检验。多次定位部件加工的切入点是找到基准坐标系，确认基准面、基准边和基准角。基准坐标要尽量集中在每次翻转都能找到的部位上，并尽可能减少基准坐标系的数量。找到了基准坐标系的位置，就相当于找到了复杂多次翻转部件加工的钥匙。

侧抽型芯编程所用的 CimatronE 是 Cimatron 公司在 Windows 操作系统环境下从产品设计到模具设计以及加工制造的 CAD/CAM 软件。CimatronE 提供了丰富的编程策略：高效的体积铣粗加工、确保高质量表面的螺旋铣精加工、高度安全的自动清根等。本文将结合 CimatronE 在实际加工中的应用，介绍加工侧抽型芯部件的加工策略。

二、技术分析

如图 1 所示的零件为典型侧抽型芯部件，首先分析其工艺思路。

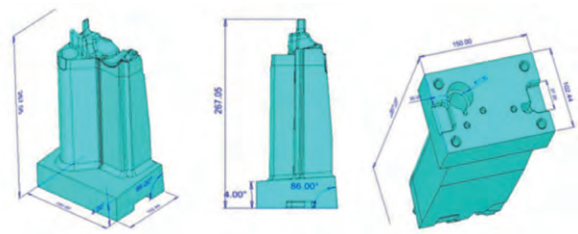


图 1　典型侧抽类部件

这种类型的侧抽部件从形状上可以分为三部分，（如图 2 所示）：成型部分（Molding parts）、滑动配合部分（Slide section）、底座固定部分（Base section）。三个部分各有技术特点，我们针对技术要求来做技术分析。

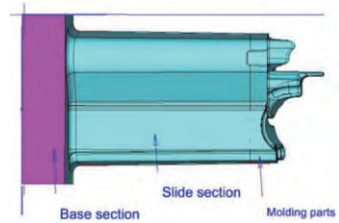


图 2 侧抽部件功能部位分段图

压铸模具成型部位的尺寸要求一般控制在 0 ~ 0.1mm 之间。在数控加工技术的精度控制下，应是很宽的公差范围。对机加工完成不了的成型部位，可以采用电加工的方式完成。

成型部位的加工要点：形状准确控制在“多肉”的范围内，无缺漏损伤部位，为抛光留 0.02mm 以内的余量。

滑动配合部位的技术要求：准确、连续。公差范围在 −0.01 ~ −0.03mm 以内，与成型部位的衔接顺畅，不能出现错位、伤痕等缺陷。因此，滑动配合部位是侧抽部件加工的重要部位。大多数的滑动部位形状简单连续，可以采用简洁的加工方法完成编程加工，把主要的精力投入到精度的控制中去。

底座部位的功能是定位与固定侧抽，因此基准会集中在底座上。底座的形状多为方形，需要磨削保证四面的尺寸精度、平行度及与底面的垂直度。在底座的高度尺寸要求上，也有严格的要求，应控制在 0 ~ 0.02mm 的范围内。

三、加工工艺

加工之前，制定侧抽的加工工艺，如图 3 所示。

	侧抽 加 工 工 序 卡						模具编号		修正报告	No:	审核	校核	编制
							制件名称	底抽	制品型号				
							部件名称		部件图号				
							数量：	正品：	备件：	材 质	bMC55	重 量	
序号	工序名称	设备	加工内容	计划工时	接受时间	作业者	备 注			定成时间	实际工时	作业者	确 认
1	下料	锯床	材料bMC55，毛坯				净尺寸150×102.44×267.05，毛坯尺寸：155×108×270						
2	铣六方	铣床	六面铣削				单边加工余量1mm，磨倒余量0.15mm，尺寸为152.3×104.7×269.3						
3	粗磨	平面磨床	六面磨削				磨削后尺寸为：152×104.4×269.， 六面垂直度保证在0.05mm以内						
4	NC粗加工	加工中心	背面、正面加工				单面留余量1.0mm，见程序单						
5	钻孔	钻床	背面、正面加工				Φ16孔钻2处Φ16mm穿丝孔，钻、铰4-M12螺纹，水孔钻孔深度到尺寸，铰丝						
6	热处理	真空炉	淬火				HRC46±1°						
7	磨削	磨床	磨削六面				保证轮廓公差，保证垂直度0.02mm						
8	NC精加工	加工中心	精加工六面				见程序单，保证尺寸精度，光洁度						
9	电加工	电火花	顶端成型部位				保证公差0~+0.03mm						
10	线切割	慢走丝	Φ9与Φ27.65				公差0~+0.03mm						
11	检测	三坐标					全尺寸检测						
12	抛光	钳工					抛除电加工白层，无毛刺，滑动配合面不抛光，注意成型部位与滑动部位连接处轮廓清晰						
13	包装						发泡膜包装，附带检测报告						

图 3 侧抽加工工艺单

四、加工策略

六次装夹的工件，关键环节是基准的确认。装夹次序遵循便于装夹、易于找到基准的原则。便于装夹，争取装夹的部位越稳固越好；易于找到基准，在每次翻转的时候能直接的以原始基准面或基准边作为后续装夹的基准。

在此例中，只有底座的底面及相连的四个面是相互垂直的“规矩”平面，因此基准的选择会集中在此部位，如图 4 所示。粗加工时，由于毛坯横向（*X* 方向）与纵向（*Y* 方向）的余量会有差别，因此选择底座的几何中心作为最原始的基准中心。粗加工需要两次翻转加工，因此采用两边数值取中间值的方式要比单边数值做基准的定位精度高一等级，并可以将余量均匀地分布在四个边。

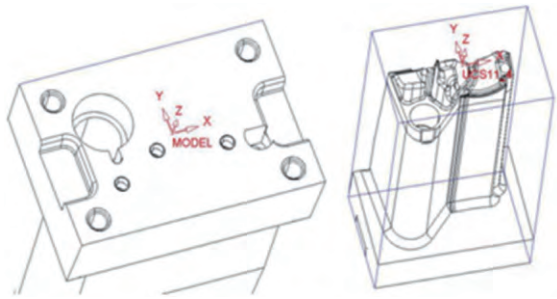


图 4 侧抽型芯粗加工底座加工与正面加工基准选择

1. 粗加工

压铸模具的型腔、侧抽和镶件等核心部件要做真空热处理，淬火硬度大多在 HRC46 ± 2° 间。淬火后硬度高，铣削加工困难度增加，因此在淬火前，模具上的螺纹孔、过孔、水孔和穿丝孔等孔类部位要加工到位，避免遗漏。其余有尺寸公差要求的部位要留相应余量。

淬火前粗加工一定要考虑到淬火后精加工的装夹和加工便利，加工思路要一直延展至精加工结束。加工思路的连续顺畅是多次装夹部件加工工艺安排的重要内容。

对本件而言，由于滑动配合部位与成型部位的长度较长（238mm），底座的高度仅有 38mm，夹持底座加工因滑动配合部位探出部位较长而稳定性下降，直接影响到精加工的尺寸精度与光洁度。在底座部位增加工艺余量，如图 5 所示，可有效提高夹持稳定性，解决装夹找正困难的问题。缺点是精加工时的加工量增大，需要耗费较多的时间。

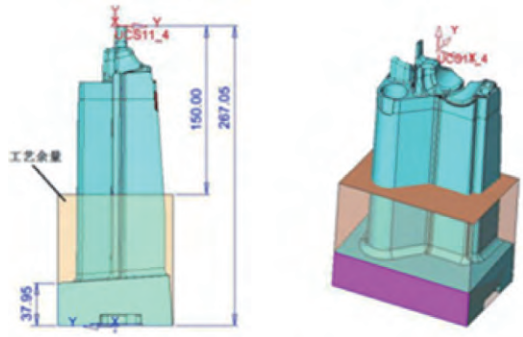


图 5 侧抽型芯底座部位工艺余量设置

工艺夹持部位的长度确定，首先要考虑虎钳钳口能够夹持稳定（虎钳钳口高度标准在 50 ~ 80mm 间），其次考虑淬火后磨削四周时的定位稳定性，最后考虑成型部位的高度对刀具长度的要求。刀具长度过长，同样会影响工件的加

投稿邮箱 | cadcam@idnovo.com.cn
IMCHINA@idnovo.com.cn

工质量。

工艺部位确定后，侧抽淬火前粗加工的方案就可以确定了，符合典型的凸型件特征。两次装夹：第一次装夹为底面粗加工，第二次装夹为正面的成型部位及滑动部位的粗加工，留加工余量单面 1mm。

2．精加工

侧抽淬火后需要磨削加工，保证底座的五个相连面垂直度 ±0.02mm/200mm，尺寸公差在 ±0.02mm 内，这是为精加工的六次翻转装夹加工做准备。

精加工需要六次装夹，加工次序是加工思想的直接体现，要保证最后一次装夹依然能够精确找到基准，还能够保证夹持的稳定性。

精加工第一次：选取了基准角作为起始基准，如图 6 所示。精加工第二次，如图 7 所示。精加工第三次，如图 8 所示。精加工第四次，如图 9 所示。精加工第五次，如图 10 所示。精加工第六次，如图 11 所示、图 12 所示。

由上各图中所示，精加工的过程中，坐标系定位在基准角，而且位置在变换。仔细分析，其中有原则与规律可循，如图 13 所示。

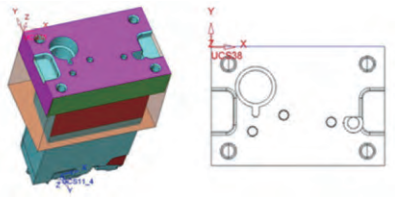


图 6　侧抽芯精加工第一次 - 底面部位精加工

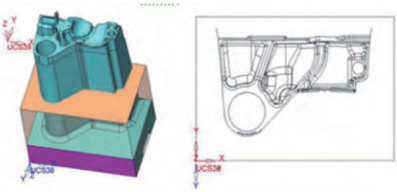


图 7　侧抽芯精加工第二次 - 顶面精加工

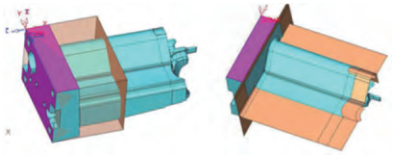


图 8　侧抽芯精加工第三次 - 侧前面精加工辅助面做法

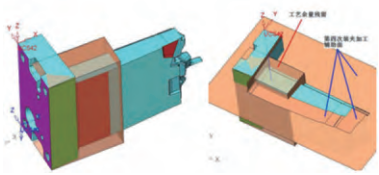


图 9　侧抽芯精加工第四次 - 侧右面精加工

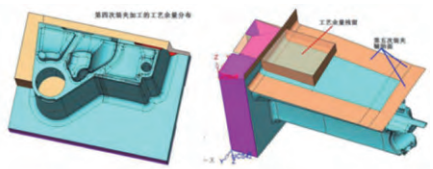


图 10　侧抽芯精加工第五次 - 侧左面精加工

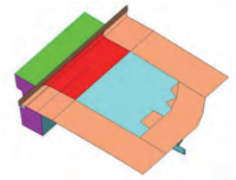


图 11　侧抽芯精加工第六次 - 侧后面辅助面

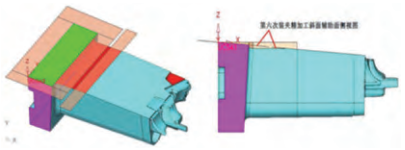


图 12　侧抽芯精加工第六次 - 侧后面斜面辅助面

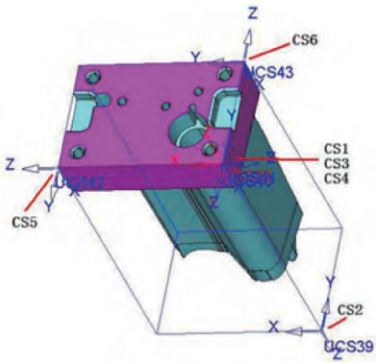


图 13　侧抽芯 - 基准确定原则与规律

图 13 中第一次装夹坐标系（CS1）与第三次装夹坐标系（CS3）、第四次装夹坐标系（CS4）都集中在一个角点上。这个角点相关的三个平面（图 13 中粉红色标注的平面），是翻转加工的最关键的三个基准面。其余三次装夹的坐标系 CS2、CS5 和 CS6，有两个基准面与之相连。在实践中，确定偏置基准面时，一定要以这三个基准面中的一个基准面为基准进行偏置。这样操作，对已经磨削到尺寸精度的精加工部件而言，可以最大限度地减少装夹找寻基准引起的操作误差。

加工思路确定以后，在脑海中，部件每次加工的状态会如以上图片展示的一样浮现，伴随着刀具切削的声音、震动、轨迹纹路、毛刺、铁屑状态和温度变化等感觉，混杂着

现场机器的转动噪音，操作者习惯的忙碌身影，细细体会，就能觉察出容易出现失误的某个环节。这是潜在的失误风险在脑海中的预演，是一种数控加工思维的模式与习惯，也是我们常说的“经验”。我们将这种经加工思维框架下的细腻思索汇总出应对措施的过程称为“加工感觉”。

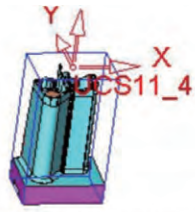
加工感觉的形成，需要较长时间的思维训练与大量的实践验证，是一个逐渐丰富完善的过程。这也是专业技术人员从工作中得到乐趣与成就感的根源。

五、加工方法

经过之前的加工策略分析，每一次装夹的辅助面做好，就将一个复杂的整体模型划分成为简单的具有凸、凹特征的局部模型，之后可以按照凸、凹模型的加工方法进行编程加工。编程方法相同，细节有差异，严谨的工作作风体现在加工过程中的细节上。

粗加工以正面编程方法为例，展示使用简单的编程方法完成复杂模型编程。

正面的形状经辅助面区分以后，是一个典型的凸型件的特征。粗加工以环绕切削为主要方式。半精加工则以层切削为主。粗加工程序单如图 14 所示。



操作	2			操作说明	粗加工2				坐标系	
顺序	程序名	直径	圆角	长度	转速	进给量	切深	步距	深度	偏置余量	时间
1	ALL-2	10	0	15	2500	2000			187		00:00:16
2	D20HT	10	0	15	2500	2000			206.746		00:00:04
3	D5HT	10	0	15	2500	2000			187		00:00:03
4	D35RV110	36.5	5	15	1000	2000	0.4	22	-377.045	0	03:01:32
5	d35rv150	36.5	5	15	1000	1500	0.3		-417.046		00:15:34
6	d35rv150	36.5	5	15	1000	1500	0.3		-417.046		00:28:35
7	d35rv150	36.5	5	15	1000	1500	0.3		-417.046	0	00:52:30

图 14 粗加工程序单

粗加工加工深度 150mm，刀具探出较长，加工时震动较大。将加工深度分成两部分：第一部分深度为 110mm，切削深度为 0.4mm；第二部分为 110mm 至 150mm 之间，切削深度为 0.3mm。加工的效果如图 15 所示。

精加工以侧前面的加工编程为例，同样阐述复杂模型简单化的过程。

精加工侧前面的加工方式代表着以后的四个侧面的加

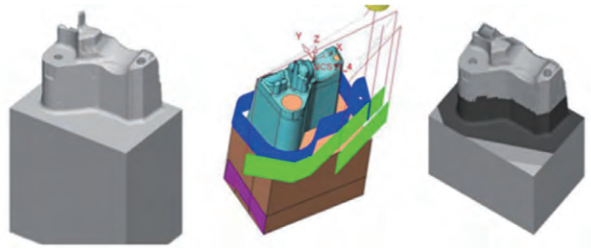
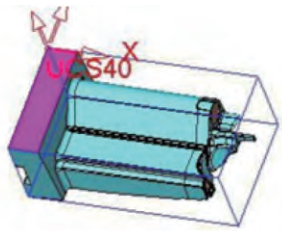


图 15 粗加工 0～110mm 效果图，粗加工 110mm～150mm 加工轨迹与效果

工方式。由图 15 可，辅助面构建的模型是一个三面开放的模型，同样符合凸型件的加工特点，可以使用凸型件相同的加工思路处理侧面的精加工。

首先使用 3D 环绕切削的方式做工艺部位材料的去除；其次使用层切削的方式做两次半精加工；最后使用曲面铣削中的根据角度铣削的方式做斜面部分的精加工；角落部分采用清根功能来实现。加工程序单与效果如图 16 所示。



操作	3-1			操作说明		精加工3				坐标系	
顺序	程序名	直径	圆角	长度	转速	进给量	切深	步距	深度	偏置余量	时间
1	D35RV3	35.2	5	15	1500	1300	0.3	22	55.23	0	01:50:18
2	D35RV3	35.2	5	15	1500	1300	0.3	22	116.011	0	00:02:11
3	D26RV3	26.15	0.8	15	1800	1500	0.25		50.985	0	00:48:46
4	D10RV3	10.1	0.5	15	4000	1500	0.3		42.984	0	00:40:04
5	D8RJ3	7.99	0.5	15	4500	1500	0.05		41.911	0	00:21:16
6	D8BJ3	7.99	3.995	15	4500	1500	0.05	0.05	42.231	0	03:50:33
7	D8BJ3	7.99	3.995	15	4500	1500	0.05	0.05	44.469	0	02:34:56

图 16 精加工第三次装夹侧前面加工程序单

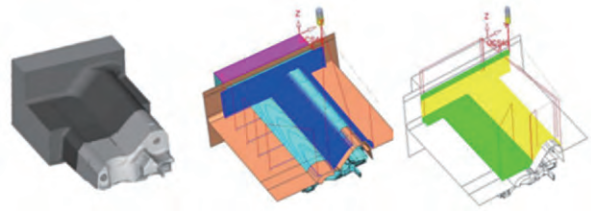


图 17 环切 3D 方式切除工艺余量后的效果、层切削半精加工、根据角度铣削精加工

同理，其它三个侧面的加工依据此例，可以依次完成编程加工。环切 3D 方式切除工艺余量后的效果、层切削半精加工、根据角度铣削精加工，如图 17 所示。

在 Cimatron 的 CAD/CAM 集成环境下，通过编制完美的刀路程序，使得整个工件的编程非常的顺利。加工后的效果如图 18 所示。

投稿邮箱 | cadcam@idnovo.com.cn
IMCHINA@idnovo.com.cn

Creo 软件在加强筋等顶面相切设计中的应用技术

撰文 / 武汉城市职业学院机械工程与电气自动化学院　罗光汉

本文针对安全阀顶盖铸件中的加强筋与支撑臂顶面相切于融接表面的设计问题，分析平行于加强筋侧面的顶面边线截面草图，添加相切表面的截交线等作为参照几何，完成相切于参照几何的截面草图的绘制。通过运用 PTC Creo 可变截面扫描功能，成功实现安全阀顶盖中的加强筋与支撑臂的顶面相切造型。其设计理念清晰，操作方便、快捷，为相似结构的筋板等的设计提供了一定的参考。

一、引言

图 1 所示为全启式安全阀的顶盖铸件，其主要几何结构为 ϕ105mm×219mm、壁厚为 8.5mm 的旋转壳体，ϕ30mm×32mm 圆柱凸耳及宽度为 12mm 的上下分布的 2 个加强筋，2 个对称几何结构的三角形支撑臂。壳体上设计有对称分布的矩形窗口，用于手动起跳安全阀（固定于凸耳轴孔的手动控制柄与矩形窗口的上下表面接触）。其中，2 个加强筋的顶面分别与圆柱凸耳表面相切，且上侧的加强筋顶面还相切于壳体顶部 R15 的过渡圆角表面。2 个对称的支撑臂与上侧的加强筋类似，三角形支撑臂的顶面相切于 Φ40 圆柱表面，以 R8 圆角光滑过渡至壳体底面边线，通过对加强筋等顶面与融接表面的相切设计，有利于其边线的倒圆角

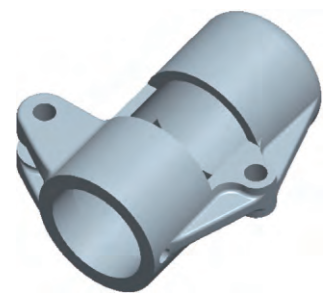


图 1 顶盖铸件

和铸件表面的成型质量。

在完成了顶盖零件的壳体旋转体造型后，运用 PTC Creo 软件中的“轮廓筋”功能显然是难以同时满足加强筋顶面与 2 个融接表面的相切设计。以平行于加强筋侧面的平

图 18 加工效果图

六、结论

加工思想是“本”，加工方法是“末”。可谓：物有本末，事有始终，知其先后，则近道矣。

Cimatron 软件的加工思路清晰流畅，提供的加工手段简洁有效，仿真效果逼真准确，编程人员可以非常清楚地表达自己的加工意图，在编制这种多次装夹的难度较高的模具部件工艺时操作简单，是一种有效的模具 CAM 加工工具。