



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 101767218 A

(43) 申请公布日 2010.07.07

(21) 申请号 200810246906.6

(22) 申请日 2008.12.30

(71) 申请人 沈阳黎明航空发动机(集团)有限公司

地址 110043 辽宁省沈阳市大东区东塔街6号

(72) 发明人 赵明 常久青 蔡颖

(74) 专利代理机构 沈阳晨创科技专利代理有限责任公司 21001

代理人 张晨

(51) Int. Cl.

B23C 3/00 (2006.01)

G05B 19/18 (2006.01)

权利要求书 1 页 说明书 7 页 附图 1 页

(54) 发明名称

一种航空发动机机匣五轴插铣加工方法

(57) 摘要

一种航空发动机机匣五轴插铣加工方法,其特征在于:其工艺过程包括零件加工的工艺分析、制定工艺路线、选择刀具、选用切削参数、数控程序编制及加工过程。本发明解决了复杂机匣件五坐标可变轴插铣刀具轨迹生成的关键技术,为机匣加工提供了有效手段,提高了机匣加工效率,降低了加工成本。可以应用于航空发动机机匣类零件数控加工技术领域。

1. 一种航空发动机机匣五轴插铣加工方法,其特征在于:其工艺过程如下:

- 1) 根据零件材料和结构选择合适的插铣刀具;
- 2) 根据选择的插铣刀具确定插铣加工工艺参数;
- 3) 应用 UG 软件多轴铣功能生成具有固定步长的刀具轨迹;
- 4) 将固定步长的刀具轨迹导入 MASTERCAM 软件转化为插铣数据点;
- 5) 将插铣数据点导入 UG 软件,通过 UG 软件孔加工功能,进行插铣刀具路径规划;
- 6) 配置后置处理程序,生成五坐标插铣数控加工程序。

2. 按照权利要求 1 所述一种航空发动机机匣五轴插铣加工方法,其特征在于:所述插铣刀具在粗加工中选用插铣刀。

3. 按照权利 2 要求所述一种航空发动机机匣五轴插铣加工方法,其特征在于:所述插铣加工工艺参数由以下公式确定:插铣宽度=刀片宽度/2。

一种航空发动机机匣五轴插铣加工方法

技术领域

[0001] 本发明涉及铣加工技术,特别提供了一种航空发动机机匣五轴插铣加工方法。该技术属于航空发动机机匣类零件数控加工技术领域,将插铣加工技术应用于复杂机匣零件五轴数控铣加工,解决了复杂机匣五坐标可变轴插铣刀轨生成的技术关键,实现了航空发动机复杂机匣类零件外型面五坐标高效数控铣加工。

背景技术

[0002] 插铣加工技术采用类似钻孔的加工方式去除零件表面大部分余量,具有加工效率高的特点,已经在模具加工行业应用,但只有固定轴插铣功能,不具备五坐标可变轴插铣功能。

发明内容

[0003] 本发明的目的是提高复杂机匣类零件外型面数控铣加工效率。

[0004] 本发明提供了一种航空发动机机匣五轴插铣加工方法,其特征在于:其工艺过程如下:

[0005] 1) 据零件材料和结构选择合适的插铣刀具;

[0006] 2) 根据选择的插铣刀具确定插铣加工工艺参数;

[0007] 3) 应用 UG 软件多轴铣功能生成具有固定步长的刀具轨迹;

[0008] 4) 将固定步长的刀具轨迹导入 MASTERCAM 软件转化为插铣数据点;

[0009] 5) 将插铣数据点导入 UG 软件,通过 UG 软件孔加工功能,进行插铣刀具路径规划;

[0010] 6) 配置后置处理程序,生成五坐标插铣数控加工程序。

[0011] 零件工艺性分析

[0012] 零件工艺性分析是指对零件工程图纸信息进行的分析,根据组成零件的各特征元素(如形状、精度、材料等)为依据,按照高质量、高效率、低成本的原则,选择合适的加工设备、有效的加工刀具,以及安全、可靠的工艺装备,确定合理的工艺参数、优化的工艺路线,从而获得最佳的加工工艺方案,最终满足零件工程图纸和有关技术文件的要求。在数控加工中,从零件的设计图纸到零件成品合格交付,不仅仅要考虑到数控程序的编制,还要考虑到零件加工工艺路线的安排、加工机床的选择、切削刀具选择、零件加工中的定位装夹等一系列因素的影响。

[0013] 中介机匣属于整体环形机匣,毛坯为整体锻件,完全靠机械加工的手段加工成型。材料为高温合金,硬度在(40-45HRC)之间,在加工中存在冷作硬化现象。壁厚较薄,零件容易变形,型腔壁厚为 1.21mm 结构较复杂,安装座较多,形状不规则,需五轴联动加工。

[0014] 零件加工工艺路线的制定

[0015] 通过分析零件设计图,熟悉了零件结构及技术要求,根据零件的工艺特点,确定加工方法,选择加工设备,划分加工工序,编制工艺规程。在数控机床上加工零件,工序可以比较集中,一次装夹应尽可能完成全部工序。与普通机床加工相比,数控加工工序加工工序划

分有其自己的特点,要根据具体零件的结构特点、技术要求等情况综合考虑。工艺路线如下:

[0016] 毛料图表→粗车前端基准→粗车后端→镗定位孔→粗铣外形及凸台→修基准→半精车大端型面→半精车小端型面→精铣外形及凸台→修基准→精车大端型面→精车小端型面→钻各凸台孔→荧光检查→清洗→最终检验

[0017] 零件加工工序解决的加工难点

[0018] 通过工艺分析和加工工艺路线的制定,这个零件的铣加工难点集中在以下几个方面:

[0019] 1) 机匣采用高温合金材料,属于难加工航空材料,材料硬度为 HRC 42,既硬又良,在加工中存在严重的冷作硬化现象,刀具磨损严重,采用常规切削方式,很难加工,再加上此机匣毛坯采用整体锻件结构,加工余量非常之大,更增加了加工的难度。针对以上特点,我们采用了插铣加工方式,虽然数控编程的难度较大,但是加工方法却很有效,加工效率也较高。

[0020] 2) 此机匣属于薄壁机匣,机匣壁厚尺寸仅为 1.2 ± 0.1 ,零件在加工中极易产生变形,造成零件壁厚尺寸超差,因此减小零件变形,保证壁厚尺寸合格是我们面对的一大难题。根据加工高温合金材料,刀具磨损较快的特点,按照零件的结构特点,将零件型面分成 12 个区域,采用对点加工方式进行零件外形面的铣加工,这样可以均匀的去掉零件表面余量,减小零件的变形,又容易保证零件壁厚尺寸合格。

[0021] 刀具和切削参数选择及优化

[0022] 粗加工中应尽量选用端铣刀,针对粗铣时余量较大这一特点,应尽可能选直径较粗的铣刀。要保证一次铣削面积尽可能大,不宜频繁换刀,否则将得不偿失。同时还要考虑到所使用的刀具要尽量靠到刀具商提供的标准刀具系列中去,如果是非标设计,那么由于设计费较高,导致刀具的购入成本提高,使得产品的生产成本提高,刀具的种类也愈少愈好。

[0023] 精铣是外型面加工的最后道工序,应符合设计图纸尺寸,并且要保证零件的光洁度,因此,主要考虑使用带 R 的成型铣刀。此外,精铣有大量的清根程序,使得刀具直径比较小。受上述各种条件制约,精铣中多选用整体硬质合金铣刀。

[0024] 切削速度的选择主要取决于被加工工件的材料硬度和刀具材料构成。进给速度的选择主要取决于被加工工件的材质及铣刀的直径。国内外一些刀具生产厂家的刀具样本附有刀具切削参数选用表,可供参考。每齿进给量 F_z 、切削速度 v_c 是基本参数,与材料特性直接相关,可从刀具厂家提供的刀具手册中查出其范围,但切削参数的选用同时又受机床、刀具系统、被加工工件形状以及装夹方式等多方面因素的影响,应根据实际情况适当调整切削速度和进给速度。再辅以经验选出特定值。

[0025] 切削深度 a_p 的确定: $a_p = \text{刀具半径} * c_1 * c_2$;

[0026] c_1 为材料硬度系数, c_2 为刀具长径比系数;

[0027] 主轴转速的确定: $N = 1000 * v_c / (2 * \text{刀具半径} * \pi)$;

[0028] 进给速度的确定: $V_f = N * \text{齿数} * F_z$;

[0029] 插铣宽度 = 刀片宽度 / 2。

[0030] Post Builder 后置处理器应用

[0031] 此零件的加工是在五坐标立式加工中心上进行的,控制系统是西门子 840D 系统。生成的操作必须通过专门的后置处理程序进行处理格式和命令转换,才能转变成五坐标加工中心识别并可在其上正确运行的 NC 程序。不同的数控机床,因控制系统不同,对其数控程序要求的代码格式辅助指令等使用不同。因此要针对不同的数控系统生成不同的后置处理生成器,像一个翻译一样,在 CAM 软件和数控机床之间起了不可缺少的桥梁作用。开发出西门子 840D 系统五坐标加工中心的后置处理生成器,是保证高速铣削正确进行的一个非常重要的前提。

[0032] 首先收集必要的数据库,以便能输出正确的语句格式,这些数据库包含机床的各部分结构,机床坐标系,各轴原点设置,各轴最大行程和一些机床参数、数据位长度、圆弧定义方式、刀库命令等。

[0033] 此外由于该机床是一个工作台翻转的五轴加工中心,有一个重要要素即第 4 轴(工作台平面旋转)至第 5 轴(工作台立式翻转)的距离是一个至关重要的参数,它涵盖了零件基准、余量与机床第五轴的旋转中心的高度,如果定义不当将使得含有 5 坐标的加工程序加工位置产生偏差。

[0034] NX-CAM 在零件加工中的应用

[0035] 在 NX 平台进行 CAM 数控程序的编制过程中,数控程序加工路线设计、选择走刀路线、选择合理的刀具和切削参数等等,直接影响到所编制程序的质量,然后把生成的刀位文件进行后置处理,生成相应的加工程序。

[0036] NX 数控程序加工路线设计

[0037] 零件加工工艺路线分为若干加工工序,每道工序由许多加工工步组成, NX CAM 中的操作对应每个加工工步,加工工序中工步顺序的安排,走刀路线的设计,是数控程序设计的重要工作,对零件的加工质量和加工效率起到至关重要的作用,一般来讲,在零件粗加工时,主要考虑提高加工效率,尽量为精加工留较均匀的加工余量,而在精加工时,主要考虑如何保证加工精度,减少零件变形,均匀的加工余量有利于采用高速铣加工方式。为此我们在用 NX 设计数控程序加工路线时,主要分粗铣外形和精铣外形。

[0038] 零件 CAM 模型的建立

[0039] 因用 NX 设计数控程序加工路线时,主要分粗铣外形和精铣外形,为此零件 CAM 模型的建立也必须设计成粗铣 CAM 模型和精铣 CAM 模型。CAM 模型包括:零件几何体 PART_MODL、零件毛坯几何体 PART_BLANK,二者通过装配的方法结合成 CAM 模型。粗铣 CAM 模型见图 1,精铣 CAM 模型见图 2。

[0040] 粗铣外形加工路线设计

[0041] 1、铣 12 面体:使用 OFER 070405N-M16 T25M 机夹刀

[0042] 2、铣进刀槽:使用 XOMX 090308TR-M08 F40M 机夹刀

[0043] 3、插铣腔槽:使用 XOEX 120408R-M07 F40M 插铣刀

[0044] 4、铣岛屿外形:使用使用 $\phi 16$ 和 $\phi 12$ 端铣刀

[0045] 5、铣零件型面:使用使用 $\phi 16$ 和 $\phi 12$ 端铣刀

[0046] 6、清根:使用 $\phi 8$ 和 $\phi 10$ 球刀

[0047] 精铣外形加工路线设计

[0048] 1、精铣凸台端面:使用 $\phi 40$ 的端铣刀一刀成型。

[0049] 2、精铣凸台轮廓:使用 $\phi 10$ 球刀,沿凸台外形分层加工,每层切深 0.3mm。

[0050] 3、精铣零件型面:使用 $\phi 12$ 的端铣刀,分二层加工,每层切深 0.5mm。

[0051] 4、清根:使用 $\phi 8$ 球刀,加工残留余量。

[0052] NX 刀具路径的设计

[0053] 因此机匣零件为曲面零件,用大直径刀具的插铣粗加工或利用曲面轮廓铣的边界驱动、区域铣削、曲面区域驱动等多种驱动方式,加工之后可能在大刀具加工不到的部位存在许多未切削材料,需要利用小直径刀具采用曲面轮廓铣的边界清理这些未切削材料。此外在加工中还根据不同的加工部位采用多种走刀路线相结合的方法,完成该机匣零件的加工。在粗铣加工中,采用了 ZIG, ZIG-ZAG 等切削方法,为直线走刀,走刀路线大大缩短,提高了加工效率。在精铣加工中,采用了 Profile、Follow periphery 等方法,生成了各种不同的加工路线,满足了各种零件设计尺寸及加工精度的要求。

[0054] 粗铣外型加工的插铣腔槽刀具路径的设计

[0055] 插铣加工方式又称为钻入式加工方式,插铣加工沿着刀具轴向进给,有利于发挥机床的刚性,可以通过增大每齿切深的方法提高加工效率,因此使用插铣加工方式是提高高强度金属材料粗加工效率的有效方法。目前的具有插铣加工方式的 CAM 软件较少, NX4.0 也只能完成固定轴插铣,不能实现可变轴插铣。针对此零件环形件加工余量大,我们利用点位加工方式,在 NX4.0 平台上实现了可变轴插铣程序的编制。五轴插铣实现过程如下:

[0056] 据零件材料和结构选择合适的插铣刀具;

[0057] 根据零件材料、外形曲面特征选择插铣刀具,加工材料为 INCOL 718 镍基高温合金,此材料即硬又良,加工难度极大,试验表明山高公司的 F40M 插铣刀片较适合该材料的加工,在较宽敞的区域采用 $\phi 40$ 的插铣刀具,相当较窄的区域采用 $\phi 32$ 的插铣刀具。

[0058] 根据选择的插铣刀具确定插铣加工工艺参数;

[0059] F40M 插铣刀片规格为 12×6 ,原则上插铣的宽度不能超过刀片的宽度,一般选定刀片宽度的 $1/2$ 作为插铣加工的宽度,切削速度为 40 米/分,每齿切深为 0.2 毫米。

[0060] 应用 UG 软件多轴铣功能生成具有固定步长的刀具轨迹;

[0061] 在 UG 平台,采用多轴加工方式,使用可变轴曲面驱动方法生成等步长的刀具轨迹,加工几何体选择零件外表面的锥形曲面,检查几何体设置为零件外表面上的凸台,按步长为 3×3 毫米规划刀具路径轨迹,生成格式为 CLS 的刀具路径文件。

[0062] 将固定步长的刀具轨迹导入 MASTERCAM 软件转化为插铣数据点;

[0063] 将 UG 中生成的 CLS 的刀具路径文件导入到 MASTERCAM 软件转化为刀具路径坐标点,在 MASTERCAM 对刀具路径点进行编辑,去除无用的坐标点,再将编辑过的刀具路径点以 Asc II 码文件导出。

[0064] 将插铣数据点导入 UG 软件,通过 UG 软件孔加工功能,进行插铣刀具路径规划;

[0065] 将 MASTERCAM 软件生成的 Asc II 码文件导入 UG 软件生成样条曲线,抽出样条曲线上的节点,产生插铣加工的云点集,选择起始点作为预钻孔点,生成预钻孔加工程序,再依次顺序选择其余云点,采用孔加工方式生成插铣加工程序,加工刀具始终垂直于加工零件表面,实现五轴插铣加工功能。配置后置处理程序,生成五坐标插铣数控加工程序。

[0066] 根据不同的五坐标加工中心机床结构,配置 UG 后置处理文件,直线轴与旋转轴分别运动,经后置处理后生成数控加工程序,即可用于加工零件。精铣岛屿轮廓刀具的路径的

设计

[0067] 此机匣的固定角度凸台加工采用固定轴曲面轮廓铣加工方式,驱动方式采用了多种驱动方式。而变角度凸台加工采用可变轴曲面轮廓铣加工方式,驱动方式为直纹面驱动方式。

[0068] 精铣清根刀具的路径的设计

[0069] 由于加工零件岛屿轮廓与加工零件型面程序采用的是不同的加工刀具,驱动方法也不一样,在它们之间的接刀处,留有残余材料,因此使用尺寸较小的刀具编制了清根程序清除残余材料;此机匣的清根加工采用可变轴曲面轮廓铣加工方式,驱动方式多采用边界驱动来完成。

[0070] 数控程序加工仿真

[0071] 为了保证程序的可加工性,减少实际试制时间,节约费用,我们将生成的加工程序在 NX 软件上进行 3D 动态加工仿真。通过仿真可对程序进行分析,发现在加工中是否过切,特别是刀具轴变化有特殊要求,旋转角度有限制的程序,可通过仿真确保刀轴变化平稳过渡。对于仿真结果不理想的程序,则可返回加工模块对加工方式、参数等进行修改,直至仿真结果符合加工要求。

[0072] 数控程序验证

[0073] 数控程序加工仿真能够验证刀具轨迹运动的正确性,检查刀具、刀柄与夹具、机床之间是否存在干涉,能否发生碰撞;选择刀具是否合理,能否满足加工要求,是否存在过切现象;但是实际加工中发生的让刀、零件变形等现象,还需通过零件试切验证,以确定切削用量是否合理,程序中的主轴转速、进给速度和切削深度等给定数值能否满足加工要求。

[0074] 结论

[0075] 在此机匣数控铣加工程序优化过程中,我们应用了先进的 UG NX 软件,建立了精确的数学模型,设计了合理的加工路线,编制了五轴联动数控加工程序,将高速铣的加工理念和插铣加工方法应用到机匣的加工过程中,通过铣削加工中走刀路线的改进、刀具的合理选择、切削参数的优化,零件的加工效率和加工质量得到了大幅度的提高。

[0076] 本发明的优点:本发明解决了复杂机匣件五坐标可变轴插铣刀具轨迹生成的关键技术,为机匣加工提供了有效手段,提高了机匣加工效率,降低了加工成本。

附图说明

[0077] 图 1 为插铣云点;

[0078] 图 2 为插铣路径;

[0079] 图 3 为精铣岛屿轮廓刀具的路径的设计;

[0080] 图 4 为精铣清根刀具的路径的设计。

具体实施方式

[0081] 实施例 1

[0082] 1 据零件材料和结构选择合适的插铣刀具;

[0083] 根据零件材料、外形曲面特征选择插铣刀具,加工材料为 INCOL 718 镍基高温合金,此材料即硬又良,加工难度极大,试验表明 F40M 插铣刀片较适合该材料的加工,在较宽

敞的区域采用 $\phi 40$ 的插铣刀具,相当较窄的区域采用 $\phi 32$ 的插铣刀具。

[0084] 根据选择的插铣刀具确定插铣加工工艺参数;

[0085] F40M 插铣刀片规格为 12×6 ,原则上插铣的宽度不能超过刀片的宽度,一般选定刀片宽度的 $1/2$ 作为插铣加工的宽度,切削速度为 40 米 / 分,每齿切深为 0.2 毫米。

[0086] 2 应用 UG 软件多轴铣功能生成具有固定步长的刀具轨迹;

[0087] 在 UG 平台,采用多轴加工方式,使用可变轴曲面驱动方法生成等步长的刀具轨迹,加工几何体选择零件外表面的锥形曲面,检查几何体设置为零件外表面上的凸台,按步长为 3×3 毫米规划刀具路径轨迹,生成格式为 CLS 的刀具路径文件。

[0088] 3 将固定步长的刀具轨迹导入 MASTERCAM 软件转化为插铣数据点;

[0089] 将 UG 中生成的 CLS 的刀具路径文件导入到 MASTERCAM 软件转化为刀具路径坐标点,在 MASTERCAM 对刀具路径点进行编辑,去除无用的坐标点,再将编辑过的刀具路径点以 Asc II 码文件导出。

[0090] 4 将插铣数据点导入 UG 软件,通过 UG 软件孔加工功能,进行插铣刀具路径规划;

[0091] 5 将 MASTERCAM 软件生成的 Asc II 码文件导入 UG 软件生成样条曲线,抽出样条曲线上的节点,产生插铣加工的云点集,选择起始点作为预钻孔点,生成预钻孔加工程序,再依次顺序选择其余云点,采用孔加工方式生成插铣加工程序,加工刀具始终垂直于加工零件表面,实现五轴插铣加工功能。

[0092] 6 配置后置处理程序,生成五坐标插铣数控加工程序。

[0093] 根据不同的五坐标加工中心机床结构,配置 UG 后置处理文件,直线轴与旋转轴分别运动,经后置处理后生成数控加工程序,即可用于加工零件。精铣岛屿轮廓刀具的路径的设计。

[0094] 此机匣的固定角度凸台加工采用固定轴曲面轮廓铣加工方式,驱动方式采用了多种驱动方式。而变角度凸台加工采用可变轴曲面轮廓铣加工方式,驱动方式为直纹面驱动方式。程序设计、走刀路径见图 3。

[0095] 精铣清根刀具的路径的设计:

[0096] 由于加工零件岛屿轮廓与加工零件型面程序采用的是不同的加工刀具,驱动方法也不一样,在它们之间的接刀处,留有残余材料,因此使用尺寸较小的刀具编制了清根程序清除残余材料;此机匣的清根加工采用可变轴曲面轮廓铣加工方式,驱动方式多采用边界驱动来完成。程序设计、走刀路径见图 4。

[0097] 数控程序加工仿真

[0098] 为了保证程序的可加工性,减少实际试制时间,节约费用,我们将生成的加工程序在 NX 软件上进行 3D 动态加工仿真。通过仿真可对程序进行分析,发现在加工中是否过切,特别是刀具轴变化有特殊要求,旋转角度有限制的程序,可通过仿真确保刀轴变化平稳过渡。对于仿真结果不理想的程序,则可返回加工模块对加工方式、参数等进行修改,直至仿真结果符合加工要求。

[0099] 数控程序验证

[0100] 数控程序加工仿真能够验证刀具轨迹运动的正确性,检查刀具、刀柄与夹具、机床之间是否存在干涉,能否发生碰撞;选择刀具是否合理,能否满足加工要求,是否存在过切现象;但是实际加工中发生的让刀、零件变形等现象,还需通过零件试切验证,以确定切削

用量是否合理,程序中的主轴转速、进给速度和切削深度等给定数值能否满足加工要求。

[0101] 结论

[0102] 在此机匣数控铣加工程序优化过程中,我们应用了先进的UG NX软件,建立了精确的数学模型,设计了合理的加工路线,编制了五轴联动数控加工程序,将高速铣的加工理念和插铣加工方法应用到机匣的加工过程中,通过铣削加工中走刀路线的改进、刀具的合理选择、切削参数的优化,零件的加工效率和加工质量得到了大幅度的提高。

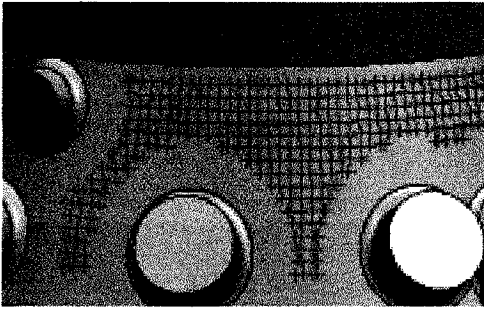


图 1

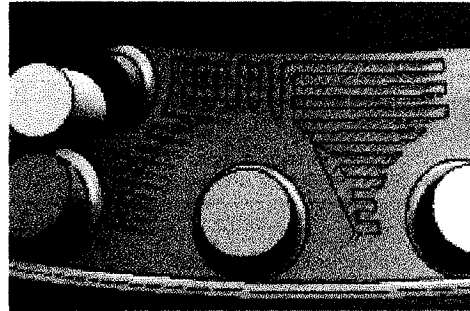


图 2

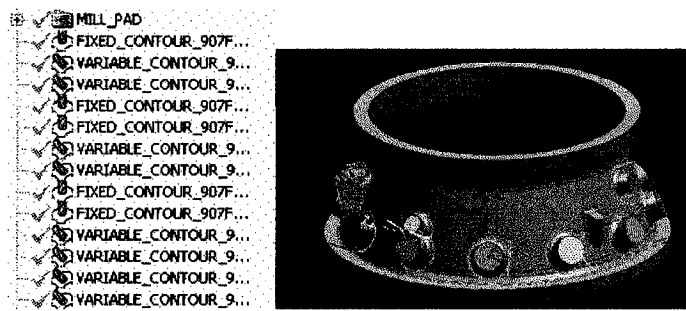


图 3

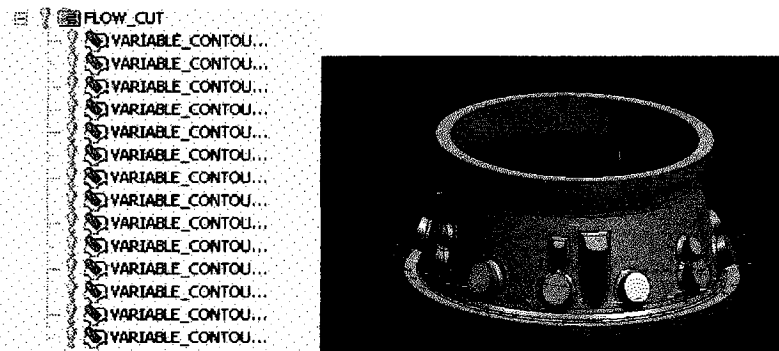


图 4