DOI:10.16410/j.issn1000-8365.2020.08.019

基于 Pro/ENGINEER 设计重力浇注模具

崔黎辉[1],乔伟超[1],谢秀刚[1],杨日龙[1],梁世宽[1,2]

(1. 北京中车长客二七轨道装备有限公司,北京 100068;2. 中车长春客车股份有限公司,吉林 长春 130062)

摘　要:利用 Pro/ENGINEER 强大的装配模块设计重力铸造模具。与传统模具的制造方法相比,参数化的 CAD (计算机辅助设计)软件进行设计,可以缩短模具的制造时间、提高加工精度、节约成本,经济效益显著。

关键词:模具设计;重力铸造;砂芯模

中图分类号:TG241　　**文献标识码**:A　　**文章编号**:1000-8365(2020)08-0779-04

Design Gravity Casting Tooling Using Pro/ENGINEER

CUI Lihui[1], QIAO Weichao[1], XIE Xiugang[1], YANG Rilong[1], LIANG Shikuan[1,2]

(1. Beijing CRRC Changke Erqi Railway Equipment Co., Ltd., Beijing 100086, China; 2. CRRC Changchun Railway Vehicles Co., Ltd., Changchun 130062, China)

Abstract: Design gravity casting molds using Pro/ENGINEER's powerful assembly modules. Compared with the traditional mould manufacturing method, the parametric CAD (computer aided design) software can shorten the mould manufacturing time, improve the machining precision, save the cost and bring remarkable economic benefits.

Key words: mold design; counter-gravity casting; sand core moulding

铜合金在水暖卫浴行业应用极为广泛,一些比较高档的水龙头、阀门,基本上选用铜合金为原料,并通过低压铸造或者重力铸造等工艺制造。低压铸造虽然提高了铸件冷却补缩效果,铸件的组织均匀致密,力学性能较高,但是由于低压铸造过程包含流体的流动、热传质和相变的过程,过程极为复杂。然而重力铸造方式包括(浇注系统、冒口和工艺参数等)具有简单成型,这种方式具有易操作、成型容易、成本低等特性。Pro/ENGINEER(Pro/E)于 1988 年引进国内,具有强大的零件设计模块、产品装配模块、模具开发模块、CNC 加工、钣金设计、逆向工程、应力分析、产品数据库管理等功能[1-6],因此,在城市轨道交通行业(复兴号、磁浮机车、超导车 3D 模型造型)、汽车、航天、家电等行业,有着广泛的应用。众所周知,精美的铜铸件非常提升卫浴间的档次,在机车行业的洗手间一般采用比较简单的单孔冷出水龙头形式,没有给乘客提供一种高端的体验,该类型出水龙头含冷热水混合腔,单手柄控制,手感极佳,适合使用在高端机车如(复兴号、高速磁浮)上。因此,该技术工艺及方法可以应用到高速机车的洗手间、洗漱间等关键部件的设计上。综上,一般常用的 CAD (Pro/E、Core、Pro/CAST) 等软件可以帮助铸造工艺师在铸造工艺设计阶段过程中,对铸件可能出现的各种缺陷及其性能进行预测,极大的提高实际加工精度和缩短制造周期,并创造了良好的经济效益[7,8]。

收稿日期:2020-04-28

作者简介:崔黎辉(1984-),江西九江人,博士,工程师.主要从事碳/碳复合材料、金属材料及铸造模具设计方面的工作.电话:17812080170,E-mail: lihuicui@qq.com

1　铸件的工艺分析和结构分析

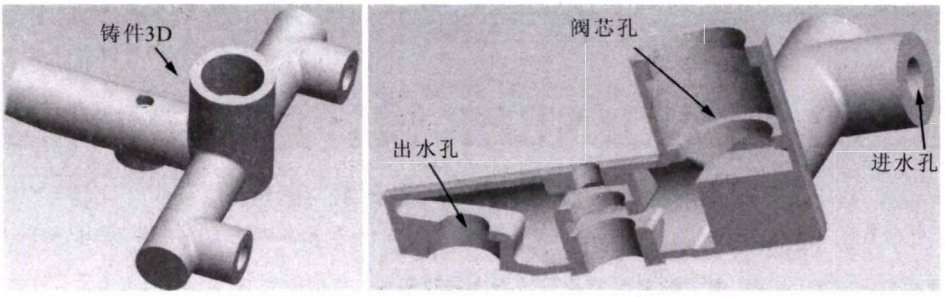
本铸件采用卫浴五金行业标准通用原材料为铜-锌合金 H59-1 (高性能铜合金,抗拉强度大于 420 MPa),液相线为 895 ℃,固相线为 861 ℃;主要的化学成分 w(%)为:58.0~60.0 Cu,0.8~1.9 Pb,≤0.02 P,≤0.2 Al,≤0.5 Fe,Zn 余量;砂芯为石英砂,添加剂为树脂,铸型模具材料选用紫铜方坯。浸石墨水是为了铜液顺利流入型腔及铸件冷却后顺利脱模。此外,进行工业化生产时的浇注的工艺参数列于表 1。

表 1 铸造工艺参数

Tab.1 Casting technology parameters

初始温度 /℃			定型时间 /s	浸石墨水时间 /s
浇注	铸型	砂芯		
1 005	120~140	35	6~10	2~3

图 1 为典型水龙头壳体,可以看出内部结构比较复杂,孔洞较多,因此需要设计三套模具才能完成复杂结构铸件的成型,内部比较复杂,所以需要设计芯盒、浇注模具。铸件的材料为工业生产常用的黄铜 H59-1,金属型浇注模具的材料为紫铜 (纯度 99.95%),砂芯模的制造材料为铸铁(HT200)。铸件壳



(a)铸件图　(b)剖视图

图 1 典型水龙头壳体结构示意图

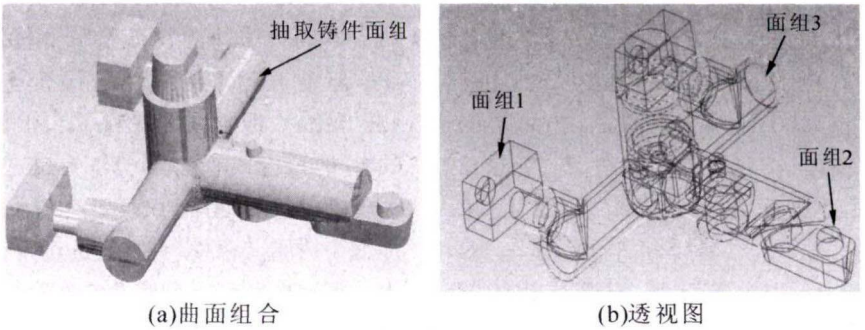
Fig.1 Schematic Structure of sanitary tapware

体有多个部位需要后续精加工，如攻螺纹、平端面、壳体外表面还要抛光工艺，因此在对壳体进行模具设计时候，一般要留机械加工余量，表面一般增厚 0.5 mm，螺纹加工及端面加工部位也必须加厚 1.0 mm。另外，软件中还必须设置铸件的收缩率 0.015，再调用填补破孔、复制曲面、合并曲面等命令设计砂芯定位块，拔模角度的设计等。这些要求都可以在 Pro/ENGINEER 强大的装配模块中进行设计与建模。图 2 是复制铸件内表面组及外表面组，再调用曲面组合并命令，这样就为浇注型腔的切除做了前期准备工作。

2 模具设计

2.1 芯盒(1)设计过程

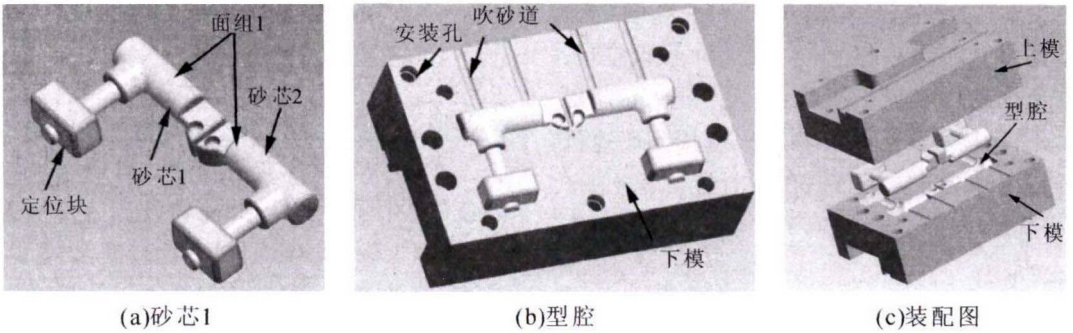
从图 2 中的透视图中，复制曲面组 1，命名为 Core1，调入装配模块，它是一个曲面组，选中整个面组，从编辑菜单中选择【实体化】命令，可以看到 Core1 已经是 3D 实体了，如图 3(a)所示，可以进行操作处理，如拔模、倒圆角等命令，完成后复制整个表面，采用“种子面”+“边界面”操作方式，先选择一个起始面(又叫种子面)，按住【shift】，再选择一个边界面，松开鼠标中键后可看到选中的面组都变红色了，然后再按住【ctrl】键，选中剩余的边界面，即可选中全部面，然后复制、粘贴，这时候就创建了 Surface1(面组 1)，如图 3(a)所示为面组 1(砂芯 1 与砂芯 2 的外表面集合)。采用实体化切除命令来切出型腔，这个方法简单快捷，而且一次成型，型腔内的圆角等创建后，就不需要后续处理，相比较传统手工开模繁琐的操作更简单高效。然后在组件模式下创建元件，选择零件、实体命令，再进行拉伸等操作命令创建上、下模后，选中 Surface1(面组 1)，选择编辑→实体化的切除命令完成型腔的创建，最后再调用【拉



(a)曲面组合　(b)透视图

图 2 典型水龙头曲面组合和透视图

Fig.2 Curved surface combination and perspective of typical tap



(a)砂芯1　(b)型腔　(c)装配图

图 3 芯盒(1)的设计过程

Fig.3 Design procedure of core box No. 1

伸】等命令,切除安装孔和吹沙孔完成上、下模的创建,如图 3(b)。最后效果如图 3(c)所示的爆炸 3D 图模型。

2.2　芯盒(2)设计过程

关于芯盒第二套的设计思路与方法与芯盒(1)一样。首先,抽取出水口的封闭腔体内部的表面(如果腔体不封闭要填补缝合它,通过曲面合并完成),然后复制粘贴,创建型腔面后,选择拉伸曲面命令,在这里要选封闭面,创建定位块面组(定位块 1 和定位块 2),然后和型腔面合并曲面,这就创建了面组 2(砂芯 3 的外表面集合),在这里命名为 Surface2(面组 2)如图 4(a)所示。后调入装配模块,同样进行实体化,完成 3D 实体造型,拔模、倒圆角等完成 Core3 的造型后,复制整个外表面,再创建面组特征,为后续加入上下模具的型腔切除 (调用实体化→切除命令)做准备工作,在这里就不在累述了如图 4(b)。开模过程的效果图如图 4(c)所示。

3　浇注的方式及分模设计

本文的壳体材料为黄铜,所以采用金属型模具设计,一般该类模具包括浇注系统设计、型腔设计、和排气系统设计[9,10]。本例为工业实例,浇注时候,液态金属的温度为 1 005 ℃左右, 采用手工浇注方式为前浇,缓慢倒入金属液,模具翻转 90 ℃、冷却定型 10 s 左右便可以开模取出铸件。模具材料为紫铜,紫铜优点材质较软、耐高温性好、易于机械加工成型,一般可以使用两万次以上,当模具型腔出现裂纹后,可以根据 CNC 编程的程序,重新进行降面加工,可以延长模具的使用寿命,一般金属型模具的使用次数大于 2 万次,降低成本,实现可观的经济效益。下面说明如何在 CAD 软件中装配模块进行模具设计,首先将铸件调入装配模块如图 2(a)所示,复制铸件的外表面,方法还是采用“种子面”+“边界面”的选择方法,选中后通过编辑菜单中的复制、粘贴命令创建面组,在这里命名为 Surface3(曲面 3),之后再在组件模式下【创建元件】,选择【零件】→【实体】命令创建下模,同样方法创建上、下模。然后,分别激活上下模,选中面组 Surface3,在编辑菜单中选择实体化命令→切除命令,切出型腔,然后分别通过拉伸命令创建浇注系统和排气系统, 另外对砂芯定位的部分进行倒圆角等精修小细节设计工作。除此以外,这里的倒圆角一般为 $R1.5$,不同于砂芯的圆角 $R3$,为了易于装配进型腔,以上都是一些设计的细节问题, 此处不再深入讨论, 最后调入 Core1(砂芯 1)、Core2(砂芯 2)、core3(砂芯 3)、动态观察总装配图匹配的情况,如图 5(a～d)所示。

4　拔模检查

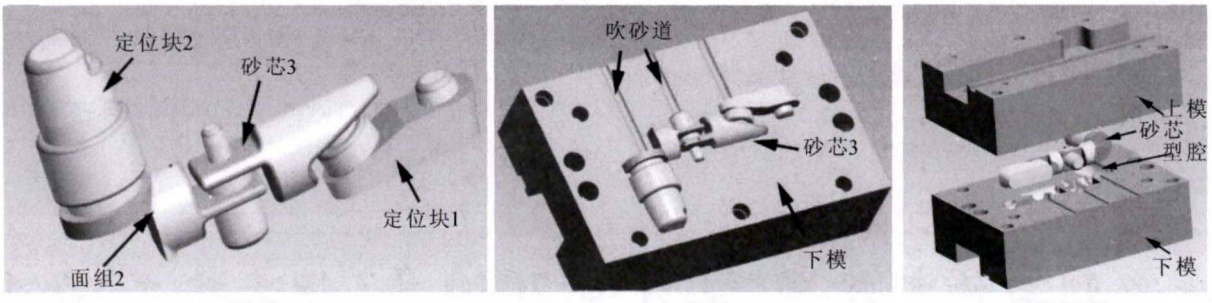
在模具设计中,拔模检测是必须经过的环节,可以检查模具是否能顺利脱模,在复杂零件中,如手机模具中经常要设计滑块、倒扣等特征,所以这里介绍下如何检查拔模角[11]。首先,复制下模所有表面,采用种子面加边界面的方法,选中后复制、粘贴创建一个面组,在这里我们命名为 Surface4,然后选中刚创建的面组。其次,选择分析→几何→拔模命令,会弹出对话框, 要求定义开模方向, 因此选择分型面即可,最后再选择 Surface4,效果图如图 5(f)所示。基本就可以判断拔模角度 θ 的情况了, 可以判断能否顺利脱模。最后,上模拔模检测同上方法。

5　讨论与结论

(1)用 Pro/ENGINEER 中的装配模块设计模具简单实用,同时设计效率高,相比传统模具制造方法更方便、更快速、更经济。

(2)由于模具使用寿命的原因,一旦模具损坏,还可以根据上、下模的 3D 图(参数化设计) 重新进行 CNC 的编程,对损坏的模具重新加工,翻新模具的型腔,提高模具的使用效率,从而降低模具的制造成本。

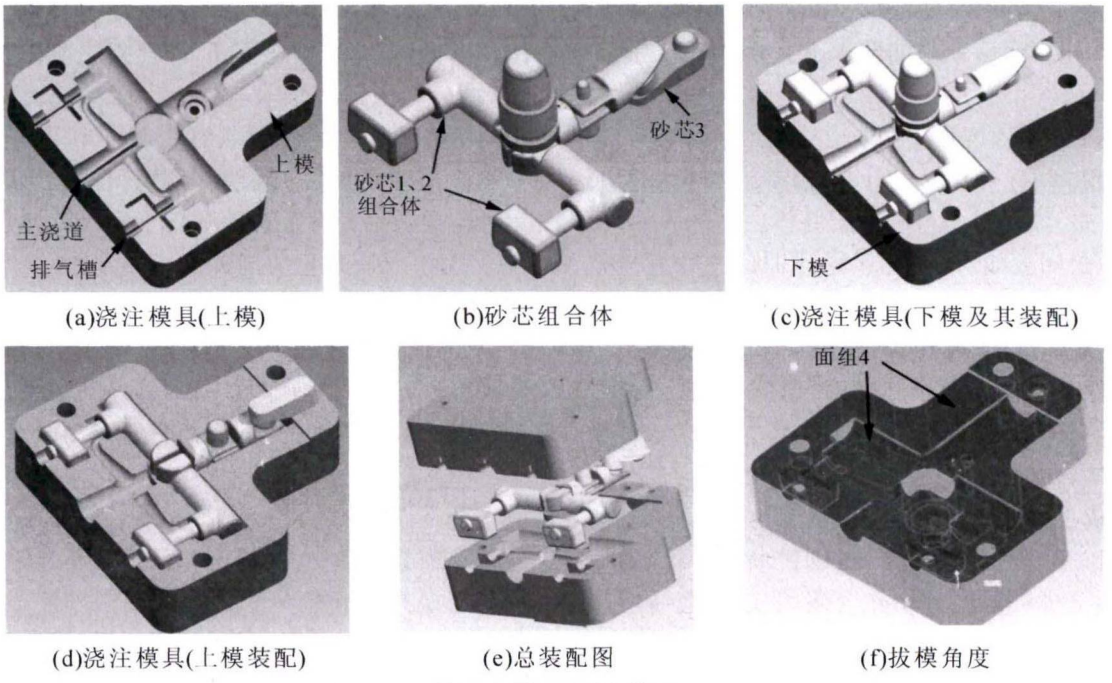
(3)采用金属型模具浇注,具有成型快,过冷度



(a)砂芯1　　(b)型腔　　(c)装配图

图 4 芯盒(2)的设计过程

Fig.4 Design procedure of core box No. 2

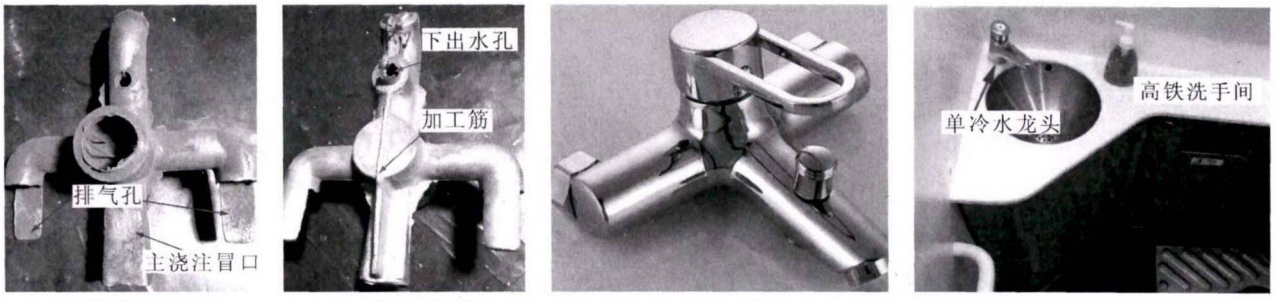


(a)浇注模具(上模)　(b)砂芯组合体　(c)浇注模具(下模及其装配)

(d)浇注模具(上模装配)　(e)总装配图　(f)拔模角度

图 5 金属型及砂芯装配

Fig.5 Permanent mold and core assembling for pouring



(a)带浇注冒口　(b)带浇注筋　(c)成品件　(d)机车用出水龙头

图 6 铸件成品展示

Fig.6 The casting products

大,组织致密,表面砂孔缺陷较少,单件模具可以重复使用 2～3 万次,从而降低模具制造成本等优点。

(4)为机车行业的传统的单孔出水龙头提供了一种新的设计思路及应用参考。

参考文献:

[1] 林清安. Pro/ENGINEER Wildfire 模具设计[M]. 北京:北京大学出版社,2004.

[2] 林清安. Pro/ENGINEER Wildfire 零件组装与产品设计 [M]. 北京:北京大学出版社,2004.

[3] 甘登岱. Pro/ENGINEER 2000i2 模具与三维模型设计 [M]. 北京:清华大学出版社,2002.

[4] 赵德永. Pro/ENGINEER 数控加工[M]. 北京:清华大学出版社,2002.

[5] 刘彦召. Pro/ENGINEER 野火版 3.0 模具设计与加工[M]. 北京:电子工业出版社,2007.

[6] 范英俊,姜不居,甘智勇,等. 铸造手册:特种铸造[M]. 北京:机械工业出版社,2003.

[7] Mi G F, Liu X Y, Wang K F, et al. Numerical simulation of low pressure die casting aluminum wheel [J]. China foundry, 2009, 10 (1):48-52.

[8] 苏君. 基于 UG 怠速阀压铸模具设计 [J]. 热加工工艺,2012,41 (9):225-226.

[9] 潘增源. 低压铸造[M]. 北京:机械工业出版社,1974.

[10] 赵健华, 曾礼, 马薇. 铝合计汽车缸盖低压铸造内浇道设计[J]. 铸造,2011, 60(2): 158-161.

[11] 李日. 铸造工艺仿真 Procast 从入门到精通 [M]. 北京: 中国水利水电出版社,2010.

欢迎到当地邮政局(所)订阅 2020 年《铸造技术》杂志

国内邮发代号:52-64　国外发行号:M855　国内定价:25 元/本　海外定价:25 美元/本