

21 世纪高等院校应用型规划教材

模具制造技术

主 编 涂序斌

副主编 潘桂根 王强 周太平



北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 简 介

本书是以模具制造技术及其工艺方法为主线,阐述了模具机械加工基础、模具基本表面的机械加工方法、模具电火花加工技术、模具成型表面的无屑加工技术、模具光整加工、模具典型零件的加工、模具的装配等。重点介绍了模具机械加工、模具基本表面的机械加工方法和模具典型零件的加工,同时介绍了模具电火花加工技术和模具成型表面的无屑加工技术等。书中的模具典型零件加工实例基本上来源于工程中常用零件的实例。

本书适合高等院校机械制造类专业学生学习使用,同时也可作为模具制造工程技术人员的培训教材和参考书。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

模具制造技术/涂序斌主编. —北京:北京理工大学出版社, 2007. 8

ISBN 978 - 7 - 5640 - 1269 - 4

I. 模… II. 涂… III. 模具—制造—高等学校—教材 IV. TG76

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 130602 号

出版发行 / 北京理工大学出版社

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010)68914775(办公室) 68944990(批销中心) 68911084(读者服务部)

网 址 / [http:// www. bitpress. com. cn](http://www.bitpress.com.cn)

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 保定市中华美凯印刷有限公司

开 本 / 787 毫米×960 毫米 1/16

印 张 / 16

字 数 / 326 千字

版 次 / 2007 年 8 月第 1 版 2007 年 8 月第 1 次印刷

印 数 / 1~4000 册

定 价 / 26.00 元

责任校对 / 陈玉梅

责任印制 / 周瑞红

图书出现印装质量问题,本社负责调换

前 言

本书按照教育部颁布的高等院校模具设计与制造专业《模具制造技术》教学大纲编写，是高等院校模具设计与制造专业、数控专业和机械制造专业的教学用书，也可供有关工程技术人员参考。

本课程的教学时数为 70—80 学时，全书共由七章组成，分别是模具机械加工基础、模具基本表面的机械加工方法、模具电火花加工技术、模具成型表面的无屑加工技术、模具光整加工、模具典型零件的加工、模具的装配。本书内容是编者根据二十多年从事模具设计与制造经验，并结合目前高等院校学生的学习现状以及在本课程教学过程中出现的一些新情况、新特点编写的。

本书编写分工为：涂序斌副教授、潘桂根老师编写第一、二、四、五、六、七章；王强教授、周太平教授编写第三章。

本书以模具制造为主线，对传统的教学内容和课程体系进行了重组和整合，从模具制造工艺实施的生产实际出发，将机械加工工艺和模具制造进行结合，将模具的传统加工方法同模具现代加工方法进行比较介绍。在课程内容上以实际操作为重点，注重培养学生的基本操作技能，以适应培养模具制造生产一线技术应用型人才的需要。

由于编者水平有限，书中难免会有不妥之处，恳切希望广大读者批评指正。

编 者

目 录

第一章 模具机械加工基础	(1)
第一节 基本概念	(1)
一、生产过程	(1)
二、工艺过程及其组成	(1)
三、生产纲领和生产类型	(4)
四、工艺规程	(6)
第二节 零件的工艺分析	(7)
一、零件的技术要求分析	(7)
二、零件结构的工艺分析	(8)
第三节 毛坯的选择	(11)
一、模具材料的类别	(11)
二、模具零件的几何形状特征和尺寸关系	(11)
第四节 定位基准的选择	(13)
一、基准及其分类	(13)
二、工件的安装方式	(14)
三、定位基准的选择	(16)
第五节 工艺路线的拟定	(21)
一、表面加工方法的选择	(21)
二、工艺阶段的划分	(28)
三、工序的划分	(29)
四、加工工序的安排	(30)
第六节 加工余量的确定	(31)
一、加工余量的概念	(31)
二、影响加工余量的因素	(33)
三、确定加工余量的方法	(34)
第七节 工序尺寸及其公差确定	(34)
一、工艺基准与设计基准重合时工序尺寸及其公差确定	(34)
二、工艺基准与设计基准不重合时工序尺寸及其公差确定	(35)

第八节 基本工艺文件	(45)
一、机械加工工艺过程卡片	(45)
二、机械加工工艺卡片	(46)
三、机械加工工序卡片	(47)
第九节 机械加工质量分析	(48)
一、机械加工精度	(49)
二、机械加工的表面质量	(55)
第二章 模具基本表面的机械加工方法	(65)
第一节 切削加工方法及其选择	(65)
一、模具零件的常用加工方法	(65)
二、选择模具表面加工方法的原则	(66)
第二节 圆柱面的加工	(67)
第三节 平面加工	(70)
第四节 孔加工	(73)
一、一般孔的加工方法	(74)
二、深孔加工	(78)
三、精密孔加工	(80)
第五节 孔系加工	(80)
一、单件孔系加工	(80)
二、相关孔系的加工	(82)
思考题	(83)
第三章 模具电火花加工技术	(84)
第一节 概 论	(84)
一、概述	(84)
二、工艺方法分类	(84)
三、发展状况	(85)
第二节 电火花成形加工	(86)
一、电火花成形加工的工作原理	(86)
二、电火花加工工艺特点	(88)
三、电火花加工的基本工艺规律	(89)
四、模具电火花加工工艺	(92)
五、工具电极的设计制造	(94)

六、电火花加工的电规准的选择·····	(100)
七、液体介质的选择·····	(101)
第三节 电火花线切割加工·····	(102)
一、概述·····	(102)
二、线切割加工工艺参数的选择·····	(104)
三、数控线切割编程·····	(107)
四、线切割自动编程简介·····	(116)
第四章 模具成型表面的无屑加工技术·····	(118)
第一节 型腔的冷挤压加工·····	(118)
一、冷挤压方式·····	(118)
二、冷挤压的工艺设备·····	(119)
三、冷挤压时的润滑·····	(122)
第二节 超塑成型工艺·····	(123)
一、超塑性合金 ZnAl22 的性能·····	(123)
二、超塑性成形工艺·····	(124)
第三节 铸造制模技术·····	(126)
一、锌合金模具的制造·····	(126)
二、铍铜合金模具·····	(131)
三、陶瓷型铸造·····	(132)
第四节 合成树脂模具的制造·····	(135)
一、制造模具的树脂·····	(136)
二、树脂模具的制造工艺·····	(136)
思考题·····	(137)
第五章 模具光整加工·····	(138)
第一节 研磨与抛光·····	(138)
一、研磨的机理·····	(138)
二、研磨抛光的分类·····	(140)
三、研磨抛光的加工要素·····	(141)
四、研磨抛光剂·····	(141)
五、研磨抛光工具·····	(143)
六、研磨抛光工艺过程·····	(146)
第二节 电化学抛光·····	(147)

一、电化学抛光的基本原理和特点	(147)
二、影响电化学抛光质量的因素	(147)
三、抛光方式	(148)
第三节 超声波抛光	(149)
一、基本原理	(149)
二、特点	(150)
三、设备简介	(150)
四、抛光工艺	(152)
五、影响抛光效率的因素	(153)
六、影响抛光表面质量的因素	(153)
第四节 挤压研磨抛光	(153)
一、基本原理	(154)
二、特点	(154)
三、黏弹性研磨抛光剂与设备	(154)
四、工艺参数	(155)
第五节 其他光整加工	(156)
一、喷丸抛光	(156)
二、程序控制抛光	(157)
第六节 照相腐蚀	(157)
一、特点	(157)
二、对模具成型零件的要求	(157)
三、照相腐蚀应用实例	(158)
思考题	(159)

第六章 模具典型零件的加工	(160)
第一节 杆类零件的加工	(160)
一、导柱的加工	(160)
二、模杆与顶杆的加工	(163)
第二节 套类零件的加工	(163)
第三节 板类零件的加工	(165)
一、板类零件加工质量的要求	(165)
二、冲压模座的加工	(165)
三、模板孔系的坐标镗削加工	(168)
四、模板零件的坐标磨削	(171)

第四节 滑块加工	(173)
一、滑块加工方案的选择	(173)
二、滑块加工工艺过程	(174)
三、导滑槽的加工	(176)
第五节 凸模的加工	(176)
一、制造凸模、型芯的工艺过程	(176)
二、凸模的刨削加工	(178)
三、凸模、型芯的成型磨削	(179)
四、数控成型磨削	(184)
第六节 凹模的加工	(185)
一、型孔的压印锉修加工	(185)
二、型孔的电火花加工	(187)
三、镶拼型孔的加工	(188)
第七节 塑料模型腔的加工	(193)
一、回转曲面型腔的车削	(193)
二、非回转曲面型腔的铣削	(198)
三、型腔的电化学加工技术	(202)
思考题	(206)

第七章 模具装配工艺	(207)
第一节 装配尺寸链	(208)
一、装配尺寸链的概念	(208)
二、用极值法解装配尺寸链	(208)
第二节 装配方法及其应用范围	(209)
一、互换装配法	(209)
二、分组装配法	(210)
三、修配装配法	(211)
四、调整装配法	(212)
第三节 冲裁模的装配	(214)
一、冲裁模装配的技术要求	(214)
二、模架的装配	(216)
三、凹模和凸模的装配	(218)
四、低熔点合金和黏结技术的应用	(219)
五、总装	(224)

六、试模·····	(226)
第四节 弯曲模和拉深模装配的特点·····	(228)
一、弯曲模·····	(228)
二、拉深模·····	(229)
第五节 塑料模的装配·····	(231)
一、型芯的装配·····	(231)
二、型腔的装配·····	(232)
三、浇口套的装配 ·····	(234)
四、导柱和导套的装配 ·····	(234)
五、推杆的装配·····	(235)
六、滑块抽芯机构的装配 ·····	(237)
七、总装 ·····	(239)
八、试模 ·····	(241)
参考文献·····	(244)

第四章

模具成型表面的无屑加工技术

随着模具制造技术的发展和模具新材料的出现,对于凸模、凹模等模具工作零件,除采用切削加工和特种加工方法进行加工外,还可以采用冷挤压、超塑成形、铸造等方法进行加工。这些加工方法各有其特点和适用范围。在应用时可根据模具材料、模具结构特点和生产条件等因素选择。

第一节 型腔的冷挤压加工

冷挤压加工是在常温条件下,将淬硬的工艺凸模压入模坯,使坯料产生塑性变形,以获得与工艺凸模工作表面形状相同的内成形表面。

冷挤压方法适于加工以有色金属、低碳钢、中碳钢、部分有一定塑性的工具钢为材料的塑料模型腔、压铸模型腔、锻模型腔和粉末冶金压模的型腔。型腔冷挤压工艺具有以下特点:

- 1) 可以加工形状复杂的型腔,尤其适合于加工某些难于进行切削加工的形状复杂的型腔。
- 2) 挤压过程简单迅速,生产率高,一个工艺凸模可以多次使用。对于多型腔凹模采用这种方法,生产效率的提高更明显。
- 3) 加工精度高(可达 IT7 或更高),表面粗糙度小($Ra=0.16\ \mu\text{m}$ 左右)。
- 4) 冷挤压的型腔,材料纤维未被切断,金属组织更为紧密,型腔强度高。

一、冷挤压方式

型腔的冷挤压加工分为封闭式冷挤压和敞开式冷挤压。

1. 封闭式冷挤压

封闭式冷挤压是将坯料放在冷挤压模套内进行挤压加工,如图 4-1 所示。在将工艺凸模压入坯料的过程中,由于坯料的变形受到模套的限制,金属只能朝着工艺凸模压入的相反

方向产生塑性流动,迫使变形金属与工艺凸模紧密贴合,提高了型腔的成形精度。由于金属的塑性变形受到限制,所以需要的挤压力较大。对于精度要求较高、深度较大、坯料体积较小的型腔宜采用这种挤压。由于封闭式冷挤压是将工艺凸模和坯料约束在导向套与模套内进行挤压,除使工艺凸模获得良好的导向外,还能防止凸模断裂或坯料开裂飞出。

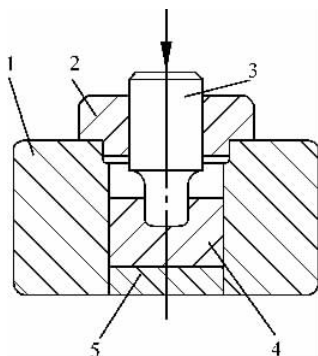


图 4-1 封闭冷挤压

1—模套；2—导向套；3—工艺凸模；
4—模坯；5—垫板

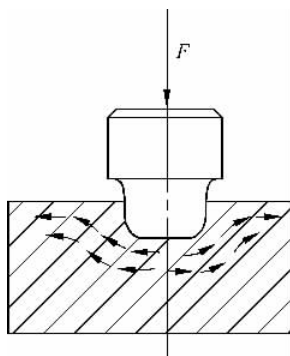


图 4-2 敞开式冷挤压

2. 敞开式冷挤压

敞开式冷挤压在挤压型腔毛坯外面不加模套,如图 4-2 所示。这种方式在挤压前,其工艺准备较封闭式冷挤压简单。被挤压金属的塑性流动,不但沿工艺凸模的轴线方向,也沿半径方向(见图 4-2 中箭头)流动。因此敞开式冷挤压只宜在模坯的端面积与型腔在模坯端面上的投影面积之比较大,及模坯厚度和型腔深度之比较大的情况下采用。否则,坯料将向外胀大或产生很大翘曲,使型腔的精度降低甚至使坯料开裂报废。所以,敞开式冷挤压,只在加工要求不高的浅型腔时采用。

二、冷挤压的工艺设备

1. 冷挤压设备的选择

型腔冷挤压所需的力,与冷挤压方式、模坯材料及其性能、挤压时的润滑情况等许多因素有关,一般采用下列公式计算:

$$F = pA$$

式中 F ——挤压力,单位为 N;

A ——形腔投影面积,单位为 mm^2 ;

p ——单位为 MPa,如表 4-1 所示。

表 4-1 坯料抗拉强度与单位挤压力的关系

坯料抗拉强度 σ /MPa	250~300	300~500	500~700	700~800
单位挤压力 p /MPa	1500~2000	2000~2500	2500~3000	3000~3500

由于型腔冷挤压所需的工作运动简单、行程短、挤压工具和坯料体积小、单位挤压力大、挤压速度低，所以冷挤压一般选用构造不太复杂的小型专用油压机作为挤压设备。要求油压机刚性好、活塞运动时导向准确；工作平稳，能方便观察挤压情况和反映挤入深度；有安全防护装置（防止工艺凸模断裂或坯料崩裂时飞出）。

2. 工艺凸模和模套设计

(1) 工艺凸模

工艺凸模在工作时要承受极大的挤压力，其工作表面和流动金属之间作用着极大的摩擦力。因此，工艺凸模应有足够的强度、硬度和耐磨性。在选择工艺凸模材料及结构时，应满足上述要求。此外，凸模材料还应有良好的切削加工性。表 4-2 列出了根据型腔要求选用工艺凸模材料及所能承受的单位挤压力。其热处理硬度应达到 61~64HRC。

表 4-2 工艺凸模材料的选用

工艺凸模形状	选 用 材 料	能承受的单位挤压力 p /MPa
简单	T8A、T10A、T12A	2000~2500
中等	CrWMn、9CrSi	
复杂	Cr12V、Cr12MoV、CrTiV	2500~3000

工艺凸模的结构如图 4-3 所示。它由以下三个部分组成：

1) 工作部分。图 4-3 中的 L_1 段。工作时这部分要挤入型腔坯料中，因此，这部分的尺寸应和型腔设计尺寸一致，其精度比型腔精度高一级；表面粗糙度 $Ra=0.32\sim0.08\ \mu\text{m}$ 。一般将工作部分长度取为型腔深度的 1.1~1.3 倍。端部圆角半径 r 不应小于 0.2 mm。为了便于脱模，在可能情况下将工作部分作出 1:50 的脱模斜度。

2) 导向部分。图 4-3 中的 L_2 段。用来和导向套的内孔配合，以保证工艺凸模和工作台面垂直，在挤压过程中可防止凸模偏斜，保证正确压入。一般取 $D=1.5d$ ； $L_2=(1\sim1.5)D$ 。外径 D 与导套配合为 H8/h7，表面粗糙度 $Ra=1.25\ \mu\text{m}$ 。端部的螺孔是为了便于将工艺凸模从型腔中脱出而设计的。脱模情况如图 4-4 所示。

3) 过渡部分。是工艺凸模工作端和导向端的连接部分，为减少工艺凸模的应力集中，防止挤压时断裂，过渡部分应采用较大半

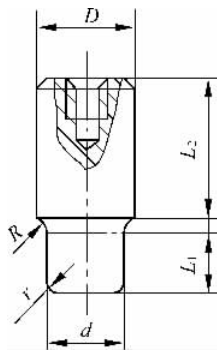


图 4-3 工艺凸模

径的圆弧平滑过渡,一般 $R \geq 5 \text{ mm}$ 。

(2) 模套

在封闭式冷挤压时,将型腔毛坯置于模套中进行挤压。模套的作用是限制模坯金属的径向流动,防止坯料破裂。模套有以下两种:

1) 单层模套。图 4-5 所示为单层模套。实验证明,对于单层模套,比值 γ_2/γ_1 越大则模套强度越大。但当 $r_2/r_1 > 4$ 以后,即使再增加模套的壁厚,强度的增大已不明显,所以实际应用中常取 $r_2 = 4r_1$ 。

2) 双层模套。图 4-6 所示为双层模套。将有一定过盈量的内、外层模套压合成为一个整体,使内层模套在尚未使用前,预先受到外层模套的径向压力而形成一定的预应力。这样就可以比同样尺寸的单层模套承受更大的挤压力。由实践和理论计算证明,双层模套的强度约为单层模套的 1.5 倍。各层模套尺寸分别为 $h = (3.5 \sim 4) r_1$; $r_2 = (1.7 \sim 1.8) r_1$ 。内模套与坯料接触部分的表面粗糙度 $Ra = 1.25 \sim 0.16 \mu\text{m}$ 。

单层模套和内模套的材料一般选用 45 钢、40Cr 等材料制造,热处理硬度 $43 \sim 48\text{HRC}$ 。外层模套材料为 Q235 或 45 钢。

3. 模坯准备

冷挤压加工时,模坯材料的性能、组织以及模坯的形状、尺寸和表面粗糙度等对型腔的加工质量都有直接影响。为了便于进行冷挤压加工,模坯材料应具有低的硬度和高的塑性,型腔成形后其热处理变形应尽可能小。

宜于采用冷挤压加工的材料有:铝及铝合金、铜及铜合金、低碳钢、中碳钢、部分工具钢及合金钢。如 10、20、20Cr、T8A、T10A、3Cr2W8V 等。坯料在冷挤压前必须进行热处理(低碳钢退火至 $100 \sim 160\text{HBS}$,中碳钢球化退火至 $160 \sim 200\text{HBS}$),提高材料的塑性、降低强度以减小挤压时的变形抗力。

在决定模坯的形状尺寸时,应同时考虑模具的设计尺寸要求和工艺要求,模坯的厚度尺寸与型腔的深度,以及模坯的端面积与型腔在端面上投影面积之间的比值要足够大,以防止在冷挤压时模坯产生翘曲或开裂。

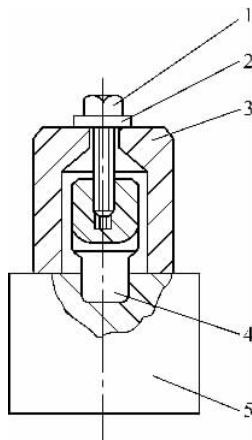


图 4-4 螺钉脱模

1—脱模螺钉; 2—垫圈; 3—脱模套;
4—工艺凸模; 5—模坯

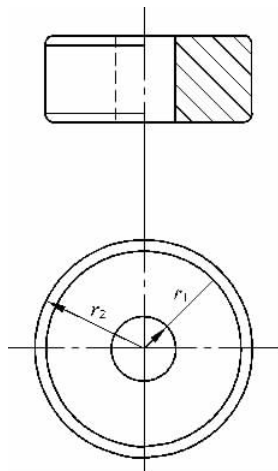


图 4-5 单层模套

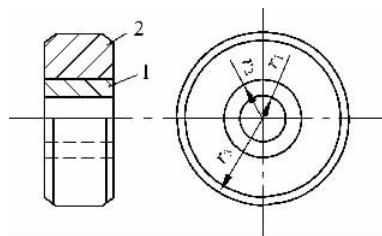


图 4-6 双层模套

1—内模套; 2—外模套

封闭式冷挤压坯料的外形轮廓，一般为圆柱体或圆锥体，其尺寸 [见图 4-7 (a)] 按以下经验公式确定。

$$D = (2 \sim 2.5) d$$

$$h = (2.5 \sim 3) h_1$$

式中 D ——坯料直径，单位为 mm；

d ——型腔直径，单位为 mm；

h ——坯料高度，单位为 mm；

h_1 ——型腔深度，单位为 mm。

有时为了减小挤压力，可在模坯底部加工出减荷穴，如图 4-7 (b) 所示。减荷穴的直径 $d_1 = (0.6 \sim 0.7) d$ ，减荷穴处切除的金属体积约为型腔体积的 60%。但当型腔底面需要同时挤出图案或文字时，坯料不能设置减荷穴。相反应将模坯顶面作成球面，如图 4-8 (a) 所示，或在模坯底面垫一块和图案大小一致的垫块，如图 4-8 (b) 所示。以使图案文字清晰。

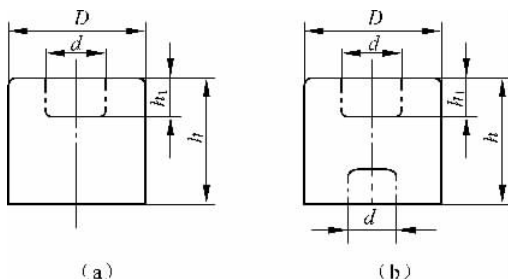


图 4-7 模坯尺寸

(a) 无减荷穴模坯；(b) 有减荷穴模坯

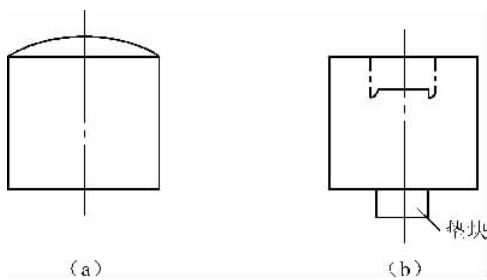


图 4-8 有图案或文字的模坯

三、冷挤压时的润滑

在冷挤压过程中，工艺凸模与坯料通常要承受 2 000~3 500 MPa 的单位挤压力。为了提高型腔的表面质量和便于脱模，以及减小工艺凸模和模坯之间的摩擦力，从而减少工艺凸模破坏的可能性，应当在凸模与坯料之间施以必要的润滑。为保证良好润滑，防止在高压下润滑剂被挤出润滑区，最简便的润滑方法是将经过去油清洗的工艺凸模与坯料，在硫酸铜饱和溶液中浸渍 3~4 s，并涂以凡士林或机油稀释的二硫化铝润滑剂。

另一种较好的润滑方法是将工艺凸模进行镀铜或镀锌处理，而将坯料进行除油清洗后，放入磷酸盐溶液中进行浸渍，使坯料表面产生一层不溶于水的金属磷酸盐薄膜，其厚度一般为 5~15 μm ，这层金属磷酸盐薄膜与基体金属结合十分牢固，能承受高温（其耐热能力可达 600 $^{\circ}\text{C}$ ）、高压，具有多孔性组织，能储存润滑剂。挤压时再用机油稀释的二硫化钼作润滑，涂于工艺凸模和模坯表面，就可以保证高压下坯料与工艺凸模隔开，防止在挤压过程中产生凸模和

坯料黏附的现象。在涂润滑剂时,要避免润滑剂在文字或花纹内堆集,影响文字、图形的清晰。

第二节 超塑成型工艺

某些金属材料在一定条件下具有特别好的塑性,其延伸率可达 $100\% \sim 2000\%$,这种现象称作超塑性。凡伸长率超过 100% 的材料均称为超塑性材料。

用超塑性成型工艺制造型腔,是以超塑性金属为型腔坯料,在超塑性状态下将工艺凸模压入坯料内部,以实现成型加工的一种工艺方法。采用这种方法制造型腔,材料不会因大的塑性变形而断裂,也不硬化,对获得形状复杂的型腔十分有利。

具有超塑性的材料有很多种,用于制造模具的如 T8A、T12A、Cr12MoV、9SiCr、ZnAl122 等。

一、超塑性合金 ZnAl22 的性能

超塑性合金 ZnAl22 的成分和性能如表 4-9 所示。这种材料为锌基中含铝 ($\omega(\text{Al}) = 22\%$),在 275°C 以上时是单相的 α 固溶体,冷却时分解成两相,即 $\alpha(\text{Al}) + \beta(\text{Zn})$ 的层状共析组织(也称为珠光体)。如在单相固溶体时(通常加热到 350°C)快速冷却,可以得到 $5\mu\text{m}$ 以下的粒状两相组织。在获得 $5\mu\text{m}$ 以下的超细晶粒后,当变形温度处于 250°C 时,其延伸率 δ 可达 1000% 以上,即进入超塑性状态。即进入超塑性状态。在这种状态下将工艺凸模压入(挤压速度在 $0.01 \sim 0.1\text{ mm/min}$)合金材料内部,能使合金产生任意的塑性变形,其成形压力远小于一般冷挤压时所需的压力。经超塑性成形后,再对合金进行强化处理获得两相层状共析组织,其强度 σ 可达 $400 \sim 430\text{ MPa}$ 。超塑合金 ZnAl122 的超塑性和强化处理工艺如图 4-9 和图 4-10 所示。

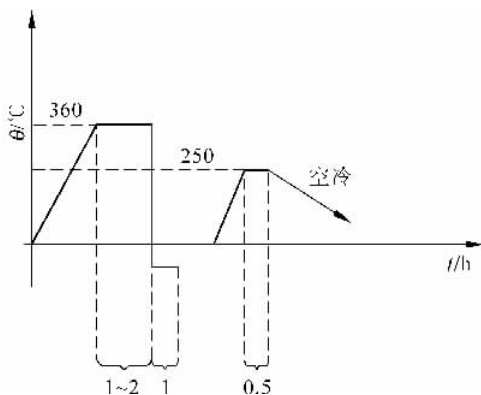


图 4-9 ZnAl22 超塑性处理工艺

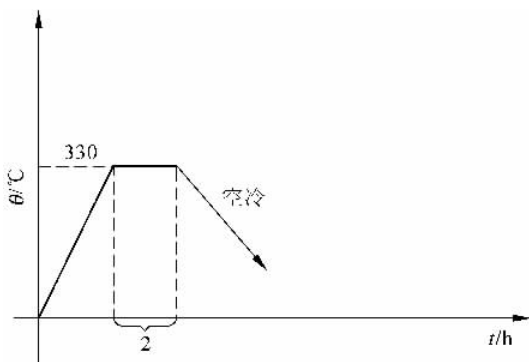


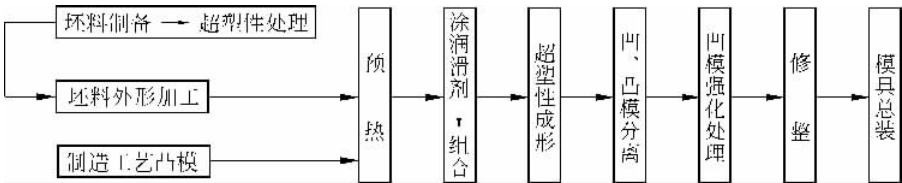
图 4-10 ZnAl22 强化处理工艺

表 4-3 ZnAl22 的主要成分和性能

主要成分			性 能										
$\omega(\text{Al})$	$\omega(\text{Cu})$	$\omega(\text{Mg})$	$\omega(\text{Zn})$	熔点 $t/^\circ\text{C}$	密度 ρ $/\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$	在 250 $^\circ\text{C}$ 时		恢复正常温度时			强化处理后		
						σ_b/MPa	$\sigma\times 100$	σ_b/MPa	$\sigma\times 100$	HBS	σ_b/MPa	$\sigma\times 100$	HBS
20~24	0.4~1	0.001~0.1	余量	420~500	5.4	8.6	1125	300~330	28~33	60~80	400~430	7~11	86~112

二、超塑性成形工艺

用 ZnAl22 制造塑料模型腔的工艺过程如下：



1. 坯料准备

由于以 ZnAl22 为型腔材料的凹模大都作成组合结构。型腔的坯料尺寸可按体积不变原理（即模坯成形前后的体积不变），根据型腔的结构尺寸进行计算。在计算时应考虑适当的切削加工余量（压制成形后的多余材料用切削加工方法去除）。坯料与工艺凸模接触的表面，其粗糙度 $Ra<0.63\text{ }\mu\text{m}$ 。

一般 ZnAl22 合金在出厂时均已经过超塑性处理。因此只需选择适当类型的原材料，切削加工成型腔坯料后即可进行挤压。若材料规格不能满足要求，可将材料经等温锻造成所需形状，在特殊情况下还可用浇铸的方法来获得大规格的坯料，但是，经重新锻造或浇铸的 ZnAl22 已不具有超塑性能，必须进行超塑性处理。

2. 工艺凸模

工艺凸模可以采用中碳钢、低碳钢、工具钢、HPb59-1 等材料制造，工艺凸模一般可不进行热处理。在确定工艺凸模的尺寸时，要考虑模具材料及塑料制件的收缩率，其计算公式如下：

$$d=D\left[1-\alpha_{11}t_1+\alpha_{12}\left(t_1-t_2\right)+\alpha_{13}t_2\right]$$

式中 d ——工艺凸模的尺寸，单位为 mm；

D ——塑料制件尺寸，单位为 mm；

α_{11} ——凸模的线（膨）胀系数，单位为 $^\circ\text{C}^{-1}$ ；

α_{12} ——ZnAl22 的线（膨）胀系数，单位为 $^\circ\text{C}^{-1}$ ；

α_{13} ——塑料的线（膨）胀系数，单位为 $^\circ\text{C}^{-1}$ ；

t_1 ——挤压温度，单位为 $^\circ\text{C}$ ；

t_2 ——塑料注射温度, $^{\circ}\text{C}$ 。

α_{12} 可在 $0.003\text{ }^{\circ}\text{C}^{-1} \sim 0.006\text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$ 的范围内选取, α_{11} 、 α_{13} 可按照工艺凸模及塑料类别从有关手册查得。

3. 护套

ZnAl122 在超塑性状态, 屈服极限低、伸长率高, 工艺凸模压入毛坯时, 金属因受力会发生自由的塑性流动而影响成形精度。因此, 应按图 4-11 所示使型腔的成形过程在防护套内进行。由于防护套的作用, 变形金属的塑性流动方向与工艺凸模的压入方向相反, 使变形金属与凸模表面紧密贴合, 从而提高了型腔的成形精度。防护套的内部尺寸由型腔的外部形状尺寸决定, 可比坯料尺寸大 $0.1 \sim 0.2\text{ mm}$, 内壁粗糙度 $Ra < 0.63\text{ }\mu\text{m}$, 并加工成 $1:50$ 的锥度, 以保证易于脱模, 防护套可采用普通结构钢制造, 壁厚不小于 25 mm 。护套高度应略高于模坯高度。护套的热处理硬度为 42HRC 以上。

4. 挤压设备及挤压力的计算

对 ZnAl122 的挤压, 可以在液压机上进行, 根据合金材料的特性和工艺要求, 压制型腔的液压机必须设置加热装置, 以便将 ZnAl122 加热到 250°C 后保持恒温, 并以一定的压力实现超塑性成形。挤压力与挤压速度、型腔复杂程度等因素有关。可采用下列经验公式进行计算:

$$F = pA\eta$$

式中 F ——挤压力, 单位为 N;

p ——单位挤压力, 单位为 MPa, 一般在 $20 \sim 100\text{ MPa}$;

A ——型腔的投影面积, 单位为 mm^2 ;

$\eta = \eta_1 \eta_2 \eta_3$ ——修正系数。

η_1 根据型腔的形状复杂程度在 $1 \sim 1.2$ 的范围内选取; η_2 根据型腔的尺寸大小在 $1 \sim 1.3$ 的范围内选取; η_3 根据挤压速度在 $1 \sim 1.6$ 的范围内选取。

5. 润滑

合理的润滑可以减小 ZnAl122 流动时与工艺凸模之间的摩擦阻力, 降低单位挤压力, 同时可以防止金属黏附, 易于脱模, 以获得理想的型腔尺寸和表面粗糙度。所用润滑剂应能耐高温, 常用的有 295 硅脂、201 甲基硅油、硬脂酸锌等。但使用对其用量不能过多, 并应涂抹均匀, 否则在润滑剂堆积部位不能被 ZnAl122 充满, 影响型腔精度。图 4-12 (a) 是用 ZnAl122 注射模制作的尼龙齿轮。制造尼龙齿轮注塑模型腔的加工过程如图 4-12 (b) 所示。

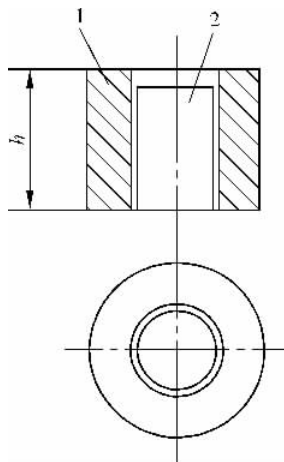


图 4-11 防护套

1—护套; 2—坯料