

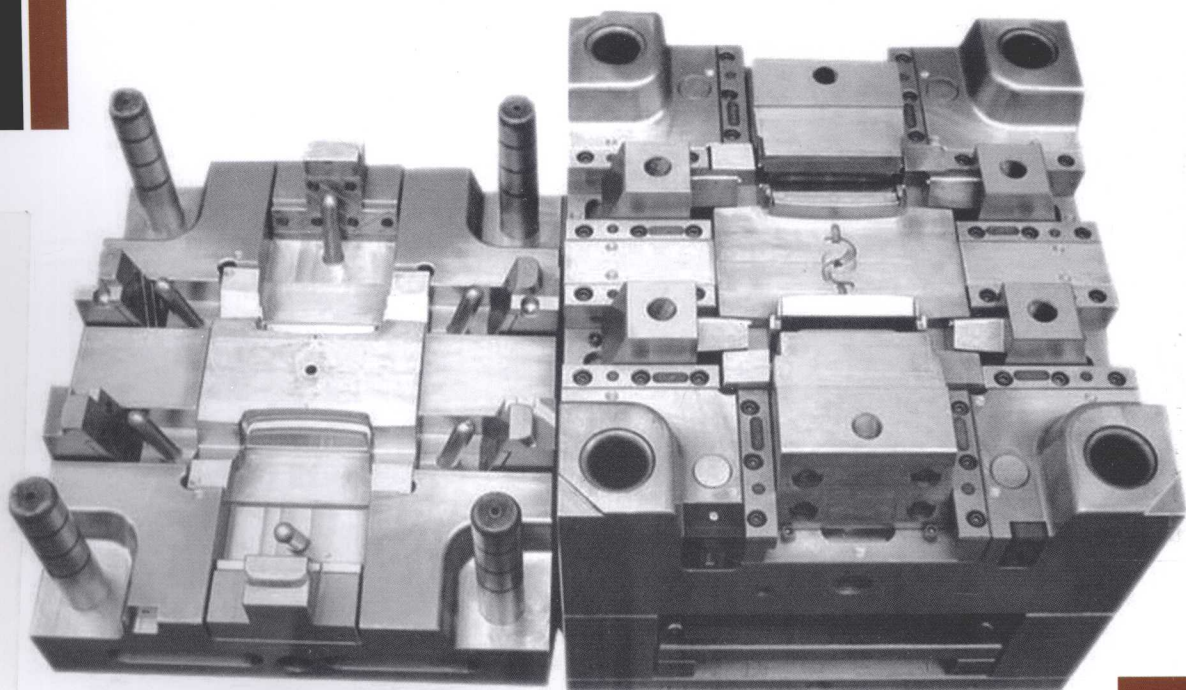
材料成型及控制工程专业本科系列规划教材

CHONGYA YU SULIAO MUJU
SHEJI ZHIDAO

冲压与塑料模具 设计指导



主 编 查五生 彭必友



重庆大学出版社
<http://www.cqup.com.cn>

材料成型及控制工程专业本科系列规划教材

冲压与塑料模具 设计指导



主 编 查五生 彭必友

重庆大学出版社

内容提要

本书内容包括冲压工艺及模具设计、塑料模具设计两大部分,以工艺和模具设计基本过程为主线,介绍了解决设计过程中主要问题的方法和步骤,并以典型实例为设计者提供了参考依据,对于模具设计与制造相关专业的学生及模具初学者具有很强的实用性和指导作用。本书图文并茂,叙述深入浅出,浅显易懂。

本书适用于材料成型或机械类模具设计与制造相关专业(方向)的本科学生,也适用于相关专业的高职高专学生,还可供有关工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

冲压与塑料模具设计指导/查五生,彭必友主编.

—重庆:重庆大学出版社,2016.8

材料成型及控制工程专业本科系列规划教材

ISBN 978-7-5624-9885-8

I. ①冲… II. ①查…②彭… III. ①冲模—设计—
高等学校—教学参考资料②塑料模具—设计—高等学校
—教学参考资料 IV. ①TG385.2②TQ320.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 159927 号

冲压与塑料模具设计指导

主 编 查五生 彭必友

策划编辑:杨粮菊

责任编辑:文 鹏 版式设计:杨粮菊

责任校对:邬小梅 责任印制:赵 晟

*

重庆大学出版社出版发行

出版人:易树平

社址:重庆市沙坪坝区大学城西路 21 号

邮编:401331

电话:(023) 88617190 88617185(中小学)

传真:(023) 88617186 88617166

网址: <http://www.cqup.com.cn>

邮箱: fxk@cqup.com.cn (营销中心)

全国新华书店经销

重庆联谊印务有限公司印刷

*

开本:787mm×1092mm 1/16 印张:17 字数:424千

2016 年 8 月第 1 版 2016 年 8 月第 1 次印刷

印数:1—2 000

ISBN 978-7-5624-9885-8 定价:32.00 元

本书如有印刷、装订等质量问题,本社负责调换

版权所有,请勿擅自翻印和用本书

制作各类出版物及配套用书,违者必究

前言

模具工业是现代工业的基础,在国民经济发展中的作用越来越重要。在整个模具工业中,冲压模具和塑料模具所占比重超过了80%。

本书根据模具设计与制造专业(方向)本科课程设置要求编制,用于学生的毕业设计或课程设计。本书从基本知识入手,以设计基本过程为路线,介绍了工艺与模具设计过程中需要解决的主要问题,以及解决这些问题的方法和步骤,并以典型实例为设计者提供了参考范本,对于模具初学者具有很强的实用性和指导作用。

本书内容分冲压工艺及模具设计、塑料模具设计两大部分。冲压工艺及模具设计部分中,首先介绍了冲压工艺方案制定、冲压设计计算等工艺设计知识,其次介绍了冲压模具总体结构设计、模具零件的设计及选用等内容,然后以实例进一步介绍了冲压工艺、冲压模具设计的具体内容、步骤及方法。塑料模具设计部分中,包括注射模具设计的基本步骤及详细设计、模具常用设计资料的选用等内容,并配以典型案例分析,详细介绍了模具设计的步骤及设计方法。

本书作者具有多年从事模具设计本科教学和生产实践的经验,针对模具初学者的实际来提出问题、解决问题,所选用的实例也较简单,达到“入门”的目的。文字叙述简明扼要,并配以大量图片和表格。

本书适合于材料成型或机械类模具设计与制造相关专业(方向)的本科生,也适用于相关专业(方向)的高职高专学生,还可供有关工程技术人员参考。

本书由西华大学查五生教授、彭必友副教授主编,第1章至第3章由查五生教授编写,第4章至第6章由彭必友副教授编写。本书的出版得到了西华大学本科教学质量工程的资助,在此表示感谢。

由于编者学识与水平有限,书中难免存在错误与不妥之处,敬请读者指正。

编 者

2016年3月

目 录

第1部分 冲压工艺及模具设计

第1章 冲压工艺设计	2
1.1 冲压件冲压工艺性分析	2
1.2 冲压工艺方案的确定	8
1.3 冲压工艺计算	19
第2章 冲压模具设计	32
2.1 冲压模具总体结构设计	32
2.2 冲压模具零件分类及常用材料	39
2.3 模具工作零件设计与计算	41
2.4 模具定位和卸料零件的设计与选用	54
2.5 模具结构零件的设计与选用	62
2.6 冲压模具图的绘制	79
第3章 冲压工艺及模具设计实例	82
3.1 实例一	82
3.2 实例二	108

第2部分 注射模具设计

第4章 注射模具设计概述	122
4.1 设计内容和一般步骤	122
4.2 装配图及零件图基本规范	125
4.3 设计说明书编写要求	127
第5章 注射模具设计	129
5.1 模具型腔数量及排列方式	129

5.2	注射机的初步确定	130
5.3	浇注系统的设计	131
5.4	成型零件的设计	139
5.5	脱模推出机构的设计	146
5.6	侧向分型与抽芯机构的设计	151
5.7	标准模架的选择及注射机的校核	154
5.8	合模导向机构的设计	157
5.9	冷却系统的设计	159
第6章	注射模具设计选用资料	163
6.1	常用塑料	163
6.2	塑件的表面粗糙度和尺寸精度	170
6.3	模具常用材料	173
6.4	注射成型机技术参数	177
6.5	标准模架	181
6.6	标准零件	201
6.7	非标模具专用零件的选用	225
6.8	推板导柱分布位置推荐尺寸	234
6.9	螺纹紧固件及连接尺寸	236
6.10	螺钉(螺栓)安装和连接尺寸	240
6.11	弹簧及聚氨酯弹性体	241
6.12	注射模零件技术条件	246
6.13	塑料注射模技术条件	246
第7章	注射模具设计实例	251
7.1	塑件成型工艺分析	251
7.2	初步确定模具结构	252
7.3	成型零件的结构设计、计算及模架的初步选定	253
7.4	注射机型号的确定	256
	参考文献	266

第 **I** 部分

冲压工艺及模具设计

第 1 章

冲压工艺设计

冲压件的生产一般是从原材料剪切下料开始,经过各个冲压工序,最终获得所需形状和尺寸的产品。冲压工艺是否可行、经济,模具结构是否合理、可靠,直接关系到生产的顺利运行和经济效益。

冲压设计的内容主要包括两大部分:(1) 冲压工艺过程设计;(2) 冲压模具的总体结构及零部件设计。本章介绍冲压工艺设计的步骤、方法和原则。

1.1 冲压件冲压工艺性分析

冲压件冲压工艺性分析是根据产品图样,对冲压件的形状、尺寸、精度要求和材料性能进行分析,论证工件采用冲压加工在技术和经济上的可行性。

1.1.1 产品图纸及技术要求

产品图纸及附加的技术要求说明了产品的形状、尺寸、公差及配合要求、材质等结构特点,是冲压工艺设计的依据。因此,冲压工艺设计时,首先必须仔细研读产品图纸,了解产品结构特点,对不明确、不完善之处加以明确、完善。

若是按样件生产,必须先对样件实物进行测量,并绘出冲压件产品图纸。测绘时,要了解冲压件的功用及其装配关系,以确定工件的精度等级及尺寸标注方式。未明确要求时,为降低模具制造成本,工件的精度等级可取 IT11 ~ IT14 级,通常取 IT14 级。然后,根据精度等级、基本尺寸大小,查表 1.1 确定公差数值大小。公差的标注按“入体原则”,即:对被包容尺寸(轴的外径,实体长、宽、高),其最大加工尺寸就是基本尺寸,上偏差为零;对包容尺寸(孔径、槽宽),其最小加工尺寸就是基本尺寸,下偏差为零。材料厚度按实测结果,可不标注公差。

测绘的工件图上还必须标明样件材质,没有特别说明时,钢质冲压件的材料可认为是 08、08F、10、10F、Q215、Q235 等常用钢材。

表 1.1 标准公差数值表

基本尺寸(mm)	公差等级																			
	(μm)										(mm)									
	IT01	IT0	IT1	IT2	IT3	IT4	IT5	IT6	IT7	IT8	IT9	IT10	IT11	IT12	IT13	IT14	IT15	IT16	IT17	IT18
≤3	0.3	0.5	0.8	1.2	2	3	4	6	10	14	25	40	60	100	140	0.25	0.40	0.60	1.0	1.4
>3~6	0.4	0.6	1	1.5	2.5	4	5	8	12	18	30	48	75	120	180	0.30	0.48	0.75	1.2	1.6
>6~10	0.4	0.6	1	1.5	2.5	4	6	9	15	22	36	58	90	150	220	0.36	0.58	0.90	1.5	2.2
>10~18	0.5	0.8	1.2	2	3	5	8	11	18	27	43	70	110	180	270	0.43	0.70	1.10	1.8	2.7
>18~30	0.6	1	1.5	2.5	4	6	9	13	21	33	52	84	130	210	330	0.52	0.84	1.30	2.1	3.3
>30~50	0.6	1	1.5	2.5	4	7	11	16	25	39	62	100	160	250	390	0.62	1.00	1.60	2.5	3.9
>50~80	0.8	1.2	2	3	5	8	13	19	30	46	74	120	190	300	460	0.74	1.20	1.90	3.0	4.6
>80~120	1	1.5	2.5	4	6	10	15	22	35	54	87	140	220	350	540	0.87	1.40	2.20	3.5	5.4
>120~180	1.2	2	3.5	5	8	12	18	25	40	63	100	160	250	400	630	1.00	1.60	2.50	4.0	6.3
>180~250	2	3	4.5	7	10	14	20	29	46	72	115	185	290	460	720	1.15	1.85	2.90	4.6	7.2
>250~315	2.5	4	6	8	12	16	23	32	52	81	130	210	320	520	810	1.30	2.10	3.20	5.2	8.1
>315~400	3	5	7	9	13	18	25	36	57	89	140	230	360	570	890	1.40	2.30	3.60	5.7	8.9
>400~500	4	6	8	10	15	20	27	40	63	97	155	250	400	630	970	1.55	2.50	4.00	6.3	9.7
>500~630	4.5	6	9	11	16	22	30	44	70	110	175	280	440	700	1 100	1.75	2.8	4.4	7.0	11.0
>630~800	5	7	10	13	18	25	35	50	80	125	200	320	500	800	1 250	2.0	3.2	5.0	8.0	12.5
>800~1 000	5.5	8	11	15	21	29	40	56	90	140	230	360	530	900	1 400	2.3	3.6	5.6	9.0	14.0
>1 000~1 250	6.5	9	13	18	24	34	46	66	105	165	260	420	660	1 050	1 650	2.6	4.2	6.6	10.5	16.5
>1 250~1 600	8	11	15	21	29	40	54	78	125	195	310	500	780	1 250	1 950	3.1	5.0	7.8	12.5	19.5
>1 600~2 000	9	13	18	25	35	48	65	92	150	230	370	600	920	1 500	2 300	3.7	6.0	9.2	15.0	23.0
>2 000~2 500	11	15	22	30	41	57	77	110	175	280	440	700	1 100	1 750	2 800	4.4	7.0	11.0	17.5	28.0
>2 500~3 150	13	18	26	36	50	69	93	135	210	330	540	860	1 250	2 100	3 300	5.4	8.6	13.5	21.0	33.0

注:1 mm 以下无 IT14~IT18。

1.1.2 分析冲压件结构

冲压加工是塑性加工,依靠固态金属质点的塑性流动来获得所需形状,因此,冲压件的形状不能过于复杂。考虑到模具尺寸及设备能力,冲压件的尺寸不能过大;考虑到加工精度,需要采用微成形技术加工的冲压件,也不能采用普通冲压工艺加工。

冲压件的结构工艺性分析,必须根据该工件所采用的冲压工艺特点和该冲压件的结构特点进行。

(1) 冲裁件结构工艺性

1) 圆角半径

由于模具加工的限制,冲裁件的圆角半径必须大于表 1.2 规定的最小值。但对于少废料或无废料排样冲裁,或模具采用镶拼结构,可不要求冲裁件有圆角。

表 1.2 冲裁件最小圆角半径

工 序	连接角度	黄铜、纯铜、铝	软钢	合金钢
落料	$\geq 90^\circ$	$0.18 t$	$0.25 t$	$0.35 t$
	$< 90^\circ$	$0.35 t$	$0.50 t$	$0.70 t$
冲孔	$\geq 90^\circ$	$0.20 t$	$0.30 t$	$0.45 t$
	$< 90^\circ$	$0.40 t$	$0.60 t$	$0.90 t$

注: t 为材料厚度,当 $t < 1 \text{ mm}$ 时,均以 $t = 1 \text{ mm}$ 计算。

2) 孔的尺寸

受到凸模强度的限制,冲裁件有孔时,孔的尺寸不能太小。冲孔的最小尺寸与料厚的关系见表 1.3。

表 1.3 冲孔的最小尺寸

材 料	自由凸模冲孔		精密导向凸模冲孔	
	圆形	矩形	圆形	矩形
硬 钢	$1.3 t$	$1.0 t$	$0.5 t$	$0.4 t$
软钢及黄铜	$1.0 t$	$0.7 t$	$0.35 t$	$0.3 t$
铝	$0.8 t$	$0.5 t$	$0.3 t$	$0.28 t$
酚醛层压布(纸)板	$0.4 t$	$0.35 t$	$0.3 t$	$0.25 t$

3) 孔距与孔边距

受模具强度和冲裁件可能产生变形的限制,冲裁件的孔与孔之间、孔与边缘之间的净空尺寸不能太小,一般不小于 2 倍料厚。

4) 突出和凹进部分尺寸

从冲裁件中突出的细长悬臂部分、向冲裁件内凹进的细长凹槽,其宽度尺寸不能太小。冲裁硬钢时,宽度不小于 2 倍料厚;冲裁软钢、铜及其合金、铝及其合金时,宽度不小于 1.5 倍料厚(料厚小于 1 mm 时按 1 mm 计算)。

(2) 弯曲件结构工艺性

1) 弯曲半径

弯曲件的弯曲半径不可小于最小弯曲半径,否则会产生弯裂。当工件所需的弯曲半径小

于允许值时,必须采取相应措施,如二次弯曲(中间退火)、开槽弯曲等。

2) 弯边高度 h

弯曲件的弯边高度 h 不宜过小,否则,弯曲时的弯曲力臂过小,难以产生足够的弯曲力矩。弯边高度 h 的最小值应大于 $r + 2t$,如图 1.1(a)所示。若工件的 $h < r + 2t$ 时,则需先压槽,或增加弯边高度,弯曲后再切掉,如图 1.1(b)所示。

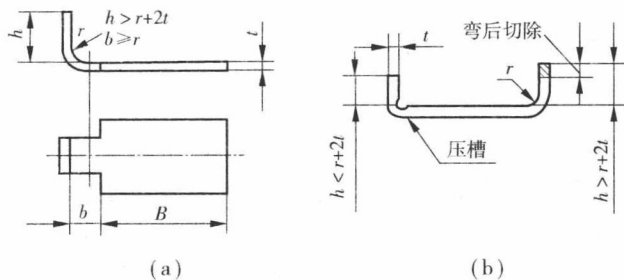


图 1.1 弯曲件的弯边高度

3) 孔边距 L

弯曲有孔的工件时,如果孔位于弯曲变形区内,孔会发生变形,因此,必须使孔处于变形区之外。一般情况下,孔边距 L 根据材料厚度确定。如图 1.2 所示,当 $t < 2 \text{ mm}$ 时, $L \geq t$; 当 $t \geq 2 \text{ mm}$ 时, $L \geq 2t$ 。

如果孔边距 L 过小,可在弯曲之后再冲孔。也可以采取其他措施转移变形区,使其避开已经存在的孔。

(3) 拉深件结构工艺性

1) 圆角半径

为了使拉深顺利进行,拉深件底部与筒壁间的圆角半径应该大于 1 倍料厚,凸缘与筒壁间的圆角半径应该大于 2 倍料厚,盒形件四壁间的圆角半径应该大于 3 倍料厚。对于圆角半径小于规定值的工件,应在拉深后采用整形工序来获得较小的圆角半径。

2) 拉深件的形状

拉深件的形状越复杂,拉深过程中材料的流动也越复杂,起皱、拉裂等失效就越容易发生,因此,应尽量避免拉深形状非常复杂的拉深件。对于凸缘宽($d_{\text{凸}} > 3d$)和深度大($h \geq 2d$)的拉深件,拉深次数多、制造难度大,应尽量避免,可采用组合的方式加工。对半敞开或非对称的空心件,可将两个或多个工件组合后拉深,以改善拉深时的受力状况,拉深后再将其剖切成两个或多个工件。

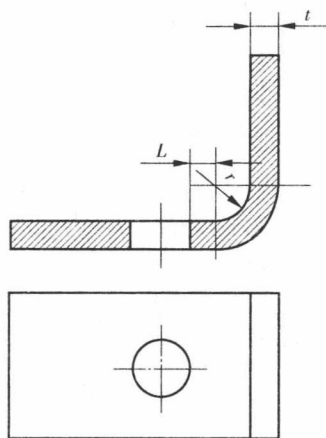


图 1.2 弯曲件的孔边距

1.1.3 分析冲压件精度

普通冲裁件的经济精度一般不高于 IT11 级,最高不超过 IT8 ~ IT10 级,断面粗糙度一般不高于 $R_a 12.5 \mu\text{m}$,最高不超过 $R_a 6.3 \mu\text{m}$ 。

拉深件的尺寸精度一般应在 IT13 级以下,不宜高于 IT11 级。并且,拉深件的壁厚在高度方向是变化的,口部厚于底部,最大增厚量可达板厚的 20% ~ 30%,最大减薄量可达板厚的 10% ~

18%。由于板料塑性的各向异性,圆筒件口部会出现高度差异,导致筒形件高度方向的尺寸精度很低,未切边的精度最高只能达到 IT16 ~ IT17 级,切边后也仅能达到 IT14 级左右。带凸缘的拉深件,高度方向的尺寸与模具的现场调整密切相关,其精度也较低,最高只能达到 IT15 级。

对于弯曲件,回弹的影响使其尺寸精度低于拉深件,一般应在 IT14 级以下,最高精度不高于 IT12 级,同时,其角度公差也较低。具体的公差数值可查阅相关手册。

1.1.4 分析冲压件的材料和生产批量

需要拉深、弯曲、翻边、胀形等成形工序加工的冲压件,材料必须具有良好的塑性,以承受较大的塑性变形。对于拉深件、翻边件,还要求具有较低的屈强比、较大的板厚方向性系数 r 和较小的塑性各向异性;对于弯曲件,则要求有较小的屈模比(屈服强度与弹性模量的比值)。因此,成形工序加工件通常采用具有较大伸长率的金属材料,主要包括普通碳素结构钢、优质碳素结构钢、合金结构钢、不锈钢、电工硅钢等黑色金属,以及铜及其合金、铝及其合金等有色金属。

对于仅需要分离工序加工的冲压件,对材料塑性的要求较低,除了可以加工上述的金属材料外,还可以加工纸板、胶木板、橡胶板、塑料板、纤维板和皮革等非金属材料。

冲压加工的对象为板料,其厚度尺寸相对于长度和宽度尺寸较小。普通冲压板料的厚度一般为 0.2 ~ 15 mm,以 0.5 ~ 5 mm 居多。

在冲压件生产总成本中,模具制造费用占 10% ~ 30%,生产批量越大,单件成品分摊的模具成本越低,因此,冲压加工适合于大批量生产。冲压中小批量工件时,常采用简易模具以降低模具费用;生产量小的工件,不宜采用冲压方法,需要考虑采用其他加工方法。

冲压件工艺性分析是冲压设计的基础,通过分析冲压工艺性、了解冲压件的基本情况,设计者能够对冲压设计胸中有数。如果发现冲压件工艺性差,必须初步拟定采取的特殊措施,或会同产品设计者修改冲压件产品设计。对于确实不能采用冲压工艺加工的产品,应当给出明确的结论。

冲压件工艺性分析的结果以设计说明书的形式加以叙述和讨论,这也是设计说明书必不可少的内容之一。

例 1.1 图 1.3 所示的焊片,年产量 10 万件,材料为锡磷青铜,厚度 0.3 mm,分析其冲压工艺性。

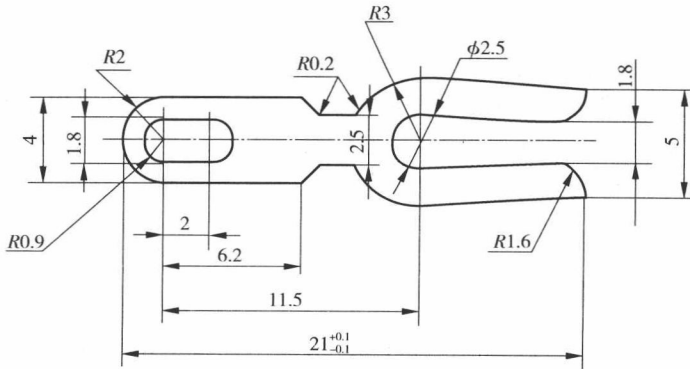


图 1.3 焊片工件图

1) 结构工艺性分析

该工件为冲裁件,形状较简单、对称。零件各部尺寸均较小,需校核右端的槽宽、左端的孔边距及最小圆角。连接处的圆角半径为 0.2 mm ,大于表 1.2 规定的 $0.18t = 0.18\text{ mm}$ 。槽宽为 1.8 mm ,不小于 1.5 倍料厚 (1.5 mm)。左端长圆孔的孔边距为 $2 - 0.9 = 1.1\text{ mm}$,大于 2 倍料厚 (0.6 mm)。因此,该工件各部分结构、尺寸均满足冲裁件工艺性要求。

2) 精度工艺性分析

工件图仅对称标注了总长度的公差,其他尺寸未注公差。工件总长度公差为 0.2 mm ,对比标准公差表 1.1,虽然达到了 IT12 级精度,但仍低于普通冲裁件允许的经济精度 IT11 级。其他尺寸未注公差,可视为 IT14 级。因此,该工件的尺寸精度在冲压件的经济精度范围内。

工件未提出特殊的断面粗糙度要求,可视为普通冲裁就能满足。

3) 材料和生产批量分析

工件所采用的是锡磷青铜,料厚 0.3 mm ,满足普通冲裁要求; 10 万件产量,生产批量较大,符合冲压生产大批量的原则。

综上所述,该工件满足冲裁件工艺性要求,可以采用冲压方法生产。但材料较薄,冲裁间隙小,模具零件刚度较差,模具设计时要予以充分考虑。

例 1.2 图 1.4 所示壳体零件,材料为 08 钢,厚度 1.5 mm ,年产量 5 万件,分析其冲压工艺性。

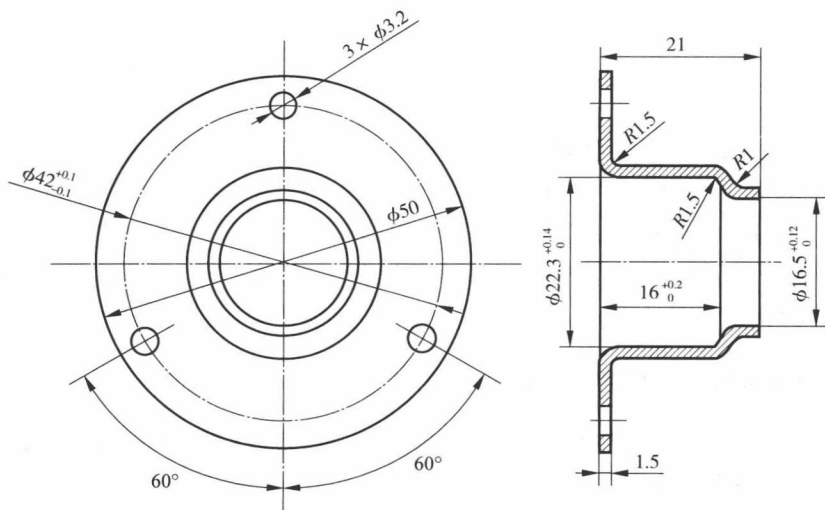


图 1.4 壳体工件图

1) 结构工艺性分析

该工件外形不复杂,整体上属于带凸缘的筒形件。凸缘直径 $d_{\text{凸}}$ 与筒形中心线直径 d 的比值为 $50/23.8 = 2.1 < 3$; 相对高度 $h/d = 16/23.8 = 0.67 < 2$,适合拉深成形。但是,拉深件底部与筒壁间的圆角半径为 1.5 mm ,不大于 1 倍料厚 (1.5 mm); 凸缘与筒壁间的圆角半径也为 1.5 mm ,小于 2 倍料厚 (3.0 mm),需要增加整形工序。

3 个直径为 $\phi 3.2\text{ mm}$ 的小孔的孔边距仅为 2.4 mm ,小于规定的 2 倍料厚,不采用冲孔与切边复合的工序。冲孔与切边分别单独进行,应该能够满足要求。

2) 精度工艺性分析

内腔的 $\phi 22.3^{+0.14}_0$ mm、 $\phi 16.5^{+0.12}_0$ mm、 $16^{+0.2}_0$ mm 三个尺寸,精度等级分别达到了 IT11 级、IT11 级和 IT12 级,高于拉深件的经济精度等级 IT13 级,接近拉深件的最高精度等级 IT11 级,采用整形工序能够达到这一要求。

3 个小孔的位置尺寸 $\phi 42 \pm 0.1$ mm,精度等级达到了 IT11 级,定位精度要求较高,可以采用导正销配合整形后的内腔实现精确定位,3 个孔同时冲出,以保证精度。

未注公差的凸缘直径 $\phi 50$ mm,精度等级可视为 IT14 级,采用切边工序能够获得这一精度;未注公差的高度 21 mm,精度最高只能达到 IT15 级,在没有特定的配合要求条件下,能够满足要求。

3) 材料和生产批量分析

工件所采用的材料是 08 钢,伸长率达到了 32%,具有良好的塑性,能够承受较大的塑性变形。料厚为 1.5 mm,满足普通冲裁要求。年产量 5 万件,生产批量较大,符合冲压生产大批量的原则。

综上所述,从结构、尺寸大小及其精度、材料性能等方面看,该带凸缘圆筒形件的冲压工艺性都比较好,可以采用拉深工艺生产。但拉深件的尺寸精度较高,圆角半径较小,需要辅以整形工序。

1.2 冲压工艺方案的确定

冲压工艺方案的制订是编制冲压工艺规程的基础,而冲压工艺规程是指导冷冲压件生产过程的重要技术文件,对于提高零件产品质量和劳动生产率,降低零件成本,减轻劳动强度和保证安全生产都有重要影响。制订冲压工艺方案以初步的工艺计算为基础,列出所需的全部单工序,经过冲压工序的顺序安排和组合,拟订出几种可能的工艺方案,在对各种工艺方案进行周密的综合分析比较之后,选出一种技术上可行、经济上合理的最佳工艺方案。

1.2.1 列出冲压工艺所需的全部单工序

首先根据产品的形状特征,判断它的主要属性,如冲裁件、弯曲件、拉深件或翻边件等。然后,根据产品属性初步判定它的工序类型,如落料、冲孔、弯曲、拉深、翻边等。确定基本工序时,常常需要进行相应的初步计算,根据各种冲压工序的成形极限,如弯曲件的最小弯曲半径、极限拉深系数、极限翻边系数、起伏最大变形程度、凸肚极限胀形系数、极限缩口系数等,计算出该工序所能加工的极限尺寸,对比、判断采用该工序的可行性。

(1) 冲裁件的工序

对尺寸大、精度低、形状规则的毛坯,可以采用剪床剪切下料。除此以外,各种形状的毛坯批量生产时通常采用落料工序落料。因此,大多数冲压件,落料工序都是必需的。

冲裁件上的每一个孔,对应一个冲孔工序。对形状特别复杂的孔,有可能采用组合冲裁,此时,一个孔需要多个相应的冲孔工序。

对平直度要求较高的零件,冲裁后常需增加校平工序。

图 1.5 所示的平板冲裁件,基本工序只有 3 个:1 个落料工序和 2 个冲孔工序。

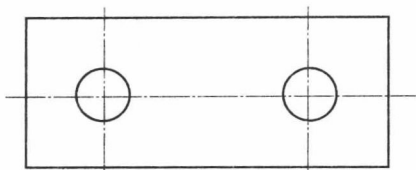


图 1.5 冲裁件

(2) 弯曲件的工序

对批量较大的各种弯曲件,通常采用弯曲模压弯工艺成形。对形状简单的 V 形、U 形、Z 形弯曲件,可一次弯曲成形。四角弯曲件可两次弯曲成形,也可一次弯曲成形。大直径圆形件可分别采用三次弯曲法、两次弯曲法和一次弯曲法;小直径圆形件可分别采用两次弯曲法和一次弯曲法。形状复杂的弯曲件,可能需要两次弯曲、三次弯曲或多次弯曲成形。

当弯曲件的圆角半径小于板料的最小相对弯曲半径时,为防止弯裂,可采用两次弯曲工艺,第一次弯曲成较大的半径,退火后再按要求弯曲成小半径工件。

为防止弯曲过程中毛坯的偏移,形状复杂或多次弯曲件常在不变形部位设置定位工艺孔;为避免角部畸变和产生裂纹,有些弯曲件需增设工艺孔或切槽,此时存在冲孔工序或切槽工序。

当弯曲件有增设的工艺余料时,弯曲后需采用冲裁工序切除多余的部分。

对于尺寸精度要求较高的工件,常常需要增设整形工序。

图 1.6 所示的弯曲件,其基本工序有 4 个:1 个落料工序、2 个冲孔工序和 1 个弯曲工序。

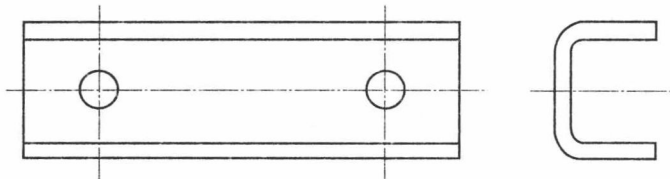


图 1.6 弯曲件

(3) 拉深件的工序

各类空心件常采用拉深工艺进行一次或多次拉深成形。需要多次拉深成形的工件,每次拉深都是一个单工序,基本工序需要计算才能确定。

图 1.7 所示的圆筒形件是最典型的拉深件,其工序计算是在毛坯尺寸计算的基础上确定拉深次数。必须注意,在进行这些计算时,采用的尺寸是应变中性层位置的尺寸。为简化计算,常采用拉深件的中间位置尺寸,如图 1.7 所示的 d 、 h 和 r 。

拉深件毛坯形状与尺寸根据相似原理和体积不变原理来确定。圆筒形件的毛坯形状是圆形,确定尺寸的最常用方法是等面积法。

由于材料塑性的各向异性,拉深件常会出现口部不平整,拉深后需要采用切边工序修边。为了满足修边的要求,拉深件必须在制件高度方向上增加一个叫做修边余量的尺寸 Δh ,这样,实际拉深件的总高度 H 就等于 $h + \Delta h$ 。毛坯直径计算为:

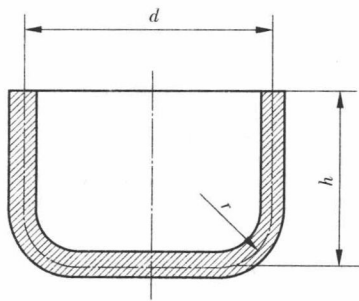


图 1.7 圆筒形拉深件

$$D = \sqrt{d^2 + 4dH - 1.72rd - 0.56r^2}$$

将直径为 D 的毛坯拉深成直径为 d 的成品,总拉深系数为 $m_{\text{总}} = d/D$ 。对比实际所需的总拉深系数 $m_{\text{总}}$ 和首次拉深允许的极限拉深系数 m_{min1} ,可判断工件能否一次拉成:若 $m_{\text{总}} \geq m_{\text{min1}}$,说明该工件的实际变形程度比第一次允许的极限变形程度小,工件可一次拉成;若 $m_{\text{总}} < m_{\text{min1}}$,则工件不能一次拉成,需多次拉深。

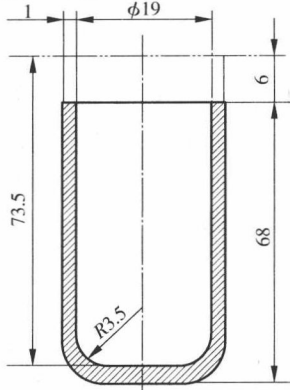


图 1.8 圆筒形件

确定多次拉深的拉深次数时,常采用推算法。推算法是根据各次拉深的极限拉深系数 m_{min} ,计算出各次拉深最小直径,并与工件直径 d 比较,直至 $d_n \leq d$,此时的 n 即为所求的次数。

各次拉深最小直径计算:

$$d_1 = m_{\text{min1}} \times D$$

$$d_2 = m_{\text{min2}} \times d_1$$

.....

$$d_n = m_{\text{minn}} \times d_{n-1}$$

例 1.3 如图 1.8 所示的圆筒形件,材料为 08 钢,料厚 $t = 1 \text{ mm}$,计算其毛坯直径及拉深次数。

解 1) 确定圆筒形件的计算尺寸

圆筒形件工艺计算按中线计算,直径 $d = 20 \text{ mm}$, $h = 67.5 \text{ mm}$, $r = 4 \text{ mm}$ 。

2) 确定修边余量 Δh

$h/d = 67.5/20 \approx 3.4$, $h = 67.5 \text{ mm}$,据此,取 $\Delta h = 6 \text{ mm}$ 。

故,拉深件总高度 $H = 67.5 + 6 = 73.5 \text{ mm}$ 。

3) 计算毛坯直径 D

将圆筒形件中线尺寸及总高度 H 代入毛坯计算公式:

$$\begin{aligned} D &= \sqrt{d^2 + 4dH - 1.72rd - 0.56r^2} \\ &= \sqrt{20^2 + 4 \times 20 \times 73.5 - 1.72 \times 4 \times 20 - 0.56 \times 4^2} \\ &\approx 78 (\text{mm}) \end{aligned}$$

4) 确定拉深次数

①选取该工件拉深的各道次极限拉深系数

毛坯相对厚度 $t/D = 1/78 = 1.28\%$,材料为 08 钢,带压边圈拉深,选取的各道次极限拉深系数为:

$$m_{\text{min1}} = 0.50, m_{\text{min2}} = 0.75, m_{\text{min3}} = 0.78, m_{\text{min4}} = 0.80, m_{\text{min5}} = 0.82, \dots$$

②判断能否一次拉成

零件所要求的总拉深系数:

$$m_{\text{总}} = d/D = 20/78 = 0.256$$

可见, $m_{\text{总}} = 0.256 \leq 0.50 = m_{\text{min1}}$,因此,该工件不能一次拉成,需多次拉深。

③确定拉深次数

采用推算法,根据选取的各道次极限拉深系数,推算出各次拉深最小直径:

$$d_1 = m_{\text{min1}} \times D = 0.50 \times 78 = 39 (\text{mm}), \text{大于 } 20 \text{ mm}, \text{一次不能拉成};$$

$$d_2 = m_{\text{min2}} \times d_1 = 0.75 \times 39 = 29.3 (\text{mm}), \text{大于 } 20 \text{ mm}, \text{二次不能拉成};$$

$d_3 = m_{\min 3} \times d_2 = 0.78 \times 29.3 = 22.8(\text{mm})$, 大于 20 mm, 三次不能拉成;

$d_4 = m_{\min 4} \times d_3 = 0.80 \times 22.8 = 18.3(\text{mm})$, 小于 20 mm, 四次能够拉成;

因此, 该工件的拉深次数确定为 4 次。

实际中, 常常需要设计带有宽凸缘圆筒形件的冲压工艺, 带凸缘圆筒形件的工序计算相对较复杂。在计算出毛坯尺寸、总拉深系数和相对高度的基础上, 首先判断能否一次拉成。同时满足条件: ①工件的拉深系数大于带凸缘筒形件首次拉深的极限拉深系数; ②工件的相对高度小于首次拉深最大相对高度, 则该带凸缘筒形件可一次拉成, 其拉深工序只有一个。不满足条件①、②, 或只满足条件①、②中的一个, 则该带凸缘筒形件不能一次拉成, 需要多次拉深。拉深次数的计算采用逼近法计算, 首先确定第一次拉深工件尺寸, 再根据其筒形直径按一般筒形件多次拉深的方法推算出后续的拉深次数。计算过程可参考例 1.5。

其他形状的拉深件, 如盒形件、阶梯件、锥形件等, 也需要根据各自的成形特点, 确定其拉深工艺和拉深次数。

拉深件的每道次拉深对应一个工序, 除此以外, 通常还有落料工序和切边工序。特别是, 筒形件需采用模具结构较复杂的水平切边工序, 以切除凸耳。由于切边精度较低, 必要时还可以辅以机械加工工序。对于圆角半径特别小、不能满足拉深件结构工艺性要求的拉深件, 需要增加整形工序, 拉深后进一步整形, 得到所需的小圆角。

很多拉深件的形状并不规整, 需要辅助以翻边、起伏等局部成形工序才能成形, 而采用这些工序能否达到特定的要求, 也需要计算才能确定。

(4) 翻边件的工序

带凸缘的无底空心件, 当直壁口部的平直度及高度尺寸要求不严时, 可采用翻边工序达到高度要求。但是否能够翻边成形, 需要根据极限翻边高度来确定。

如图 1.9 所示的平板毛坯翻边, 一次翻边的极限高度 $H_{\max}$ 为:

$$H_{\max} = \frac{D}{2}(1 - K_{\min}) + 0.43r + 0.72t$$

其中, $K_{\min}$ 为极限翻边系数。

若工件的实际高度 H 不大于 $H_{\max}$, 可以一次翻边成形。此时, 预制孔的尺寸为:

$$d_0 = D - 2(H - 0.43r - 0.72t)$$

若工件的实际高度 H 大于 $H_{\max}$, 不能一次翻边成形, 可采用拉深、冲底孔、翻边的多工序成形, 如图 1.10 所示。此时, 应先确定翻边所能达到的最大高度 $h_{\max}$, 然后根据 $h_{\max}$ 及工件高度 H 来确定拉深高度 h' 。

$$h_{\max} = \frac{D}{2}(1 - K_{\min}) + 0.57\left(r + \frac{t}{2}\right)$$

$$h' = H - h_{\max} + r + t$$

$$d_0 = D + 1.14\left(r + \frac{t}{2}\right) - 2h_{\max}$$

无底空心件加工也可以采用无翻边工序的工艺路线, 即直接拉深到所需高度, 再沿直壁内侧将底部整个冲除, 或采用车削等机械加工方式切除底部, 以得到所需工件。采用这一路线, 可省去翻边工序, 但是, 会增加拉深高度, 进而增加毛坯尺寸, 降低材料利用率。并且, 沿底部圆弧区冲除底部时, 会使毛刺更加尖锐和不平整。采用车削切除底部, 生产效率低下。