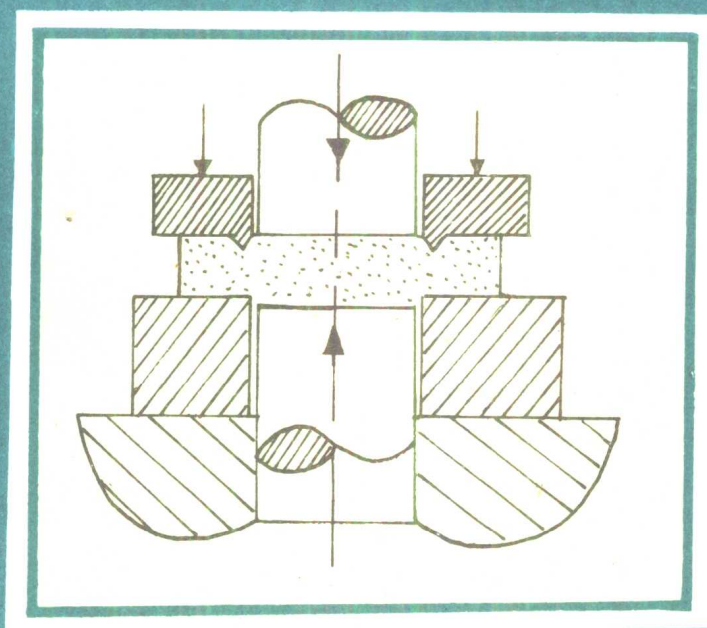


冷冲压模具设计与制造

张 钧 主编



西北工业大学出版社

冷冲压模具设计与制造

张 钧 主编

西北工业大学出版社

1995年4月 西安

(陕)新登字 009 号

【内容简介】 本书主要讲述冷冲压模具设计与制造的基础理论,以及模具结构设计特点和方法等。第一篇为冷冲压模具设计。以冲裁模为代表,对模具设计程序、冲压工艺方案选择及模具设计步骤均作了系统的说明;根据弯曲、拉深成形特点,对模具设计的特殊性作了系统的介绍;对硬质合金模具、精冲模具、多工位级进模具和覆盖件成形模具的结构特点及模具设计的关键问题作了尽可能全面的说明。第二篇为冷冲压模具制造。根据模具生产现状,专门对模具的制造工艺,特别是标准模架制造、仿形加工及电火花加工作了系统的介绍。

本书是为高等院校冲压工艺专业编写的教材,亦可供有关工程技术人员参考。

冷冲压模具设计与制造

张 钧 主 编

责任编辑 胡梦仙

责任校对 樊 力

*

©1995 西北工业大学出版社出版
(西安市友谊西路 127 号 邮编 710072)

陕西省新华书店发行

西北工业大学出版社印刷厂印装

ISBN 7-5612-0451-5/TH·22

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 14.25 印张 343 千字

1993 年 12 月第 1 版 1995 年 4 月第 2 次印刷

印数: 8 001—16 000 册 定价: 10.00 元

前 言

本书是为学过冲压工艺的学生编写的指导性教材。在取材和构思方面,对冷冲压模具设计与制造的基础理论作了系统而全面的阐述。编写内容的参考教学时数为40学时,其中模具设计部分约占70%。

在模具设计部分,着重讲述冲压工艺规程编制应遵守的普遍原则及零件尺寸标注对工艺规程和模具结构设计的影响。书中以冲裁模为代表,对模具设计程序、结构类型选择和设计步骤作了详细的论述。针对弯曲、拉深成形工艺的特点,对弯曲、拉深模具设计的特殊性亦作了较系统的说明。

为将模具设计的基础理论应用于高精度、高寿命和高生产率模具设计,本书以一定篇幅对硬质合金模具、精冲模具、多工位级进模具及与汽车工业密切相关的覆盖件模具的结构特点 and 设计中的关键问题亦作了说明。

根据模具生产现状,本书的第二篇对冷冲压模具的制造工艺和方法,特别是标准模架制造,制造凸、凹模采用的仿形加工及电火花加工作了系统的介绍,对合理地设计模具结构零件起到有益的启发性作用。

本书由张钧同志主编。各章编写人员为:张钧(第一、二、五及十一章)、刘玉芳(第三、四、六章)、董国权(第七至第十章)。

本书由张子公同志主审,对内容与编写提出了许多宝贵意见,在此深表感谢。

限于编者水平,不当之处在所难免,望读者批评指正。

编 者

1993年1月

目 录

第一篇 冷冲压模具设计

第一章 冲压件工艺规程编制.....	1
§ 1-1 零件尺寸标注对工艺规程和模具设计的影响.....	1
§ 1-2 冲压件的工艺性.....	2
§ 1-3 冲压零件工艺规程编制	10
第二章 冲裁模设计	14
§ 2-1 冲裁模的典型结构	14
§ 2-2 冲裁模的设计程序	22
§ 2-3 模具结构类型选择	24
§ 2-4 冲裁模的设计方法	24
§ 2-5 硬质合金冲裁模	57
§ 2-6 精冲模具	60
第三章 弯曲模设计	71
§ 3-1 弯曲模的典型结构	71
§ 3-2 复杂形状弯曲件的工序安排	75
§ 3-3 弯曲模设计中的计算	76
§ 3-4 模具设计中的定位问题	85
§ 3-5 弯曲模工作部分尺寸确定	87
§ 3-6 弯曲模常用材料与热处理要求	90
第四章 拉深模设计	91
§ 4-1 拉深模的典型结构	91
§ 4-2 毛坯尺寸与形状确定	93
§ 4-3 圆筒形件拉深工序的计算	99
§ 4-4 盒形件拉深工序的计算.....	107
§ 4-5 拉深模设计.....	114
§ 4-6 拉深模常用材料及热处理要求.....	121

第五章 多工位级进模设计	122
§ 5-1 多工位级进模分类.....	122
§ 5-2 多工位级进模的结构特点.....	127
§ 5-3 级进模条料工序排样图.....	139
第六章 覆盖件模具设计	146
§ 6-1 覆盖件拉深成形特点.....	146
§ 6-2 覆盖件的冲压工艺性.....	146
§ 6-3 设计覆盖件拉深模应考虑的工艺因素.....	148
§ 6-4 覆盖件拉深模.....	155
§ 6-5 覆盖件拉深模典型结构.....	160
§ 6-6 覆盖件切边模设计.....	161
§ 6-7 修边模斜楔滑块结构.....	165
§ 6-8 覆盖件模具材料.....	170
 第二篇 冷冲压模具制造 	
第七章 标准模架制造	172
§ 7-1 毛坯准备.....	172
§ 7-2 上、下模底板机械加工	176
§ 7-3 导柱、导套和模柄加工	178
§ 7-4 模架装配.....	179
第八章 冲模零件成形加工	182
§ 8-1 仿形车削.....	182
§ 8-2 仿形刨削.....	184
§ 8-3 仿形铣削.....	185
§ 8-4 成形磨削.....	187
第九章 冲模主要零件选材及热处理	196
§ 9-1 冲模材料选用及热处理要求.....	196
§ 9-2 冲模热处理常见故障及预防措施.....	197
第十章 冲模零件电火花加工	200
§ 10-1 冲模电火花加工	200
§ 10-2 电火花线切割加工	206

第十一章 模具装配.....	212
§ 11-1 模具装配特点与基本要求	212
§ 11-2 模具装配的一般程序	213
§ 11-3 调整间隙的方法	216
§ 11-4 试冲与故障排除	217
主要参考文献.....	220

第一篇 冷冲压模具设计

第一章 冲压件工艺规程编制

§ 1-1 零件尺寸标注对工艺规程和模具设计的影响

产品图纸给出了零件的全部技术信息,尺寸标注说明了零件的结构特点和使用要求。未注公差尺寸,按 IT14 级精度选取公差值。标注公差尺寸,表明对其有特殊要求。采用冷冲压方法制造零件,是通过制定的工艺规程和履行其职能的模具完成的。因此,零件尺寸标注直接关系到工艺规程的工序类型、各工序的安排顺序、模具的结构特点和制造精度。

冲制任何一个零件都可能几种工艺方案,零件尺寸标注对工艺方案的选择往往会起到决定性作用。图 1-1 是最简单的平板件。当它的产量较大需使用模具冲裁时,因外形转角尺寸标注是清角,采用落料模冲裁,显然是不适宜的。虽然清角可用镶拼式凹模冲制,由于角部间隙大,冲出零件毛刺大,角部塌角也很大。若材料较硬或厚度较大,极易使凸模的尖角部位崩刃,且不论镶拼凹模结构复杂,制造费用高,加工周期长等特点。如果条料的剪裁公差能满足制件要求,采用切断模冲切,对落料模极

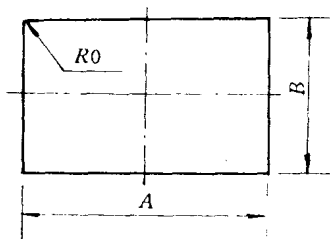


图 1-1 平板零件的尺寸标注

为不利的清角,对切断模却成了工艺性极好的标志。切断模不仅体积小,结构简单,且一次可以冲切两件,生产率将提高一倍。如果这个零件的转角标注不是清角,而是 $R3$,要求圆角与直边光滑过渡,因切断模的刃口冲切面不可能与条料剪裁面重合,再采用切断方案已不适宜,而用落料模冲裁却很容易满足光滑过渡要求。

图 1-2 是两个相同的弯曲件,因尺寸标注不同,工艺规程、模具结构和数量均不同。图(a)标注方式应先冲孔落料,然后压弯;图(b)标注方式需先落料,压弯后冲孔。后者不仅增加一道工序,也增加了一副模具。从冲压工艺观点来说,弯曲件上的各种孔,凡在弯曲时其尺寸和位置精度不受影响的,都应在弯曲前冲出。靠近弯曲变形区的孔,应在压弯后冲制。缩短工艺路线不仅在于减少使用的模具数量,更重要的是可以减轻冲压设备的负荷,安排生产其它产品。

图 1-3 是以拉深成形为主的零件。材料为 H62 软黄铜; $t=1\text{ mm}$ 。值得探讨的是该零件筒底 $\phi 24$ 部位的成形工艺。生产中将此零件视为阶梯形拉深件,采用的成形工艺为:落料首次拉深;二次拉深;整形;切边;拉深筒底阶梯;车底。

成形筒底 $\phi 24$ 部位亦可采用冲孔翻边工艺。因零件的高度公差很大,按翻边成形有关公

式,可取预制孔直径为 $\phi 16.5$,则翻边系数 $K=0.66$,翻边高度可达 5.62 mm 。翻边后零件高度为 44.62 mm ,在规定公差范围内。冲孔翻边工艺方案为:落料首次拉深;二次拉深;整形;切边;冲预制孔;底孔翻边。

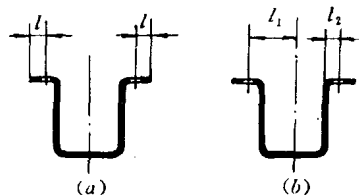


图 1-2 弯曲件的尺寸标注

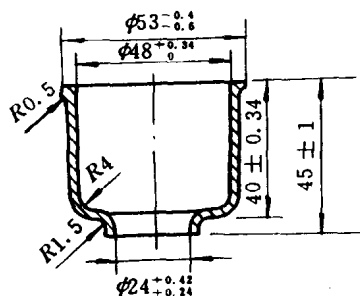


图 1-3 外罩

车底工艺零件的断面质量较高,但生产率低,且费料,并需使用夹具以防损伤零件表面或使筒壁变形,当产量较大或对底部端面要求不高时,不宜采用。冲孔翻边工艺生产率高,且省料,虽然断面质量较差,但能满足使用要求,因此,采用冲孔翻边工艺较为合理。

此外,尺寸标注与基准选择将直接影响模具设计与定位基准选择。尺寸标注应尽可能使设计基准与工艺基准统一,以减小定位误差。

上述实例与基准选择表明,零件尺寸标注对工艺规程编制和模具设计有着重要的影响。

§ 1-2 冲压件的工艺性

冲压件的工艺性定义为零件对冲压加工工艺的适合性。它是从冲压加工角度对产品设计提出的工艺要求。

一、冲裁件的工艺性

普通冲裁冲制的零件,其断面与零件表面并不垂直,并有明显的区域性特征。采用合理使用间隙冲制的零件,光亮带约占断面厚度的 30% ,其余为粗糙的剪裂带。凹模侧有明显的塌角,凸模侧有高度不小于 0.05 mm 的毛刺,外形有一定程度的拱曲。冲裁件的这种特点是普通冲裁加工条件决定的,选用冲裁工艺必须考虑零件的这些特征。

1. 冲裁件的结构工艺性

- (1) 冲裁件的形状应力求简单、规则,使排样时废料最少。
- (2) 零件内、外形转角处应避免清角,如无特殊要求,应允许用 $R > 0.25t$ 的圆角过渡。
- (3) 零件外形需避免有过长的悬臂或过窄的凹槽。软钢、黄铜等材料,应使其宽度 $b \geq 1.5t$ (图 1-4);高碳钢或合金钢等硬质材料应取 $b \geq 2t$ 。
- (4) 冲裁件上孔与孔之间,孔与零件边缘之间的壁厚不能过小,以免影响凹模强度和冲裁质量。壁厚主要与孔的形状和料厚有关。通常取 $c \geq 1.5t$, $c' \geq t$ (图 1-4)。

弯曲件或拉深件上冲孔的位置,应设置在使孔壁位于两交接面圆角区之外的部位,以防冲孔时凸模因受不对称的侧压力作用而啃伤刃口或使小凸模折断。通常取孔壁至零件直壁间的距离 $l \geq R + 0.5t$ (图 1-5)。

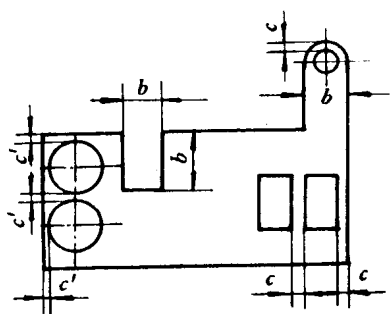


图 1-4 冲裁件的结构工艺性

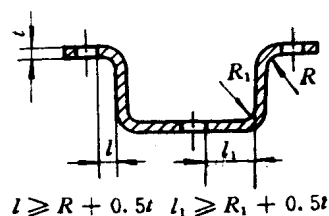
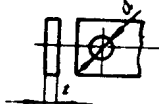
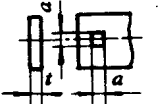
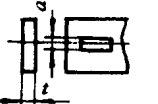


图 1-5 弯曲件的冲孔位置

(5) 零件上冲孔的尺寸不宜过小,否则极易损坏冲孔凸模。冲孔的最小尺寸与孔的形状、材料种类和厚度、冲孔凸模工作时是否有导向装置有关。无导向凸模的最小冲孔尺寸见表 1-1。有导向装置的凸模,因可提高凸模工作时的稳定性,最小冲孔尺寸较前者小,如表 1-2 所示。

表 1-1 无导向凸模冲孔的最小尺寸

(mm)

材 料				
钢 $r > 700 \text{ MPa}$	$d \geq 1.5 t$	$a \geq 1.35 t$	$a \geq 1.1 t$	$a \geq 1.2 t$
钢 $r = 460 \sim 700 \text{ MPa}$	$d \geq 1.3 t$	$a \geq 1.2 t$	$a \geq 0.9 t$	$a \geq t$
钢 $r > 400 \text{ MPa}$	$d \geq t$	$a \geq 0.9 t$	$a \geq 0.7 t$	$a \geq 0.8 t$
黄铜、铜	$d \geq 0.9 t$	$a \geq 0.8 t$	$a \geq 0.6 t$	$a \geq 0.7 t$
铝、锌	$d \geq 0.8 t$	$a \geq 0.7 t$	$a \geq 0.5 t$	$a \geq 0.6 t$
纸胶板、布胶板	$d \geq 0.7 t$	$a \geq 0.6 t$	$a \geq 0.4 t$	$a \geq 0.5 t$
硬纸、纸	$d \geq 0.6 t$	$a \geq 0.5 t$	$a \geq 0.3 t$	$a \geq 0.4 t$

注: 一般要求 d 不小于 0.3 mm 。

表 1-2 带护套凸模冲孔的最小尺寸

(mm)

材 料	硬 钢	软钢及黄铜	铝及锌
圆形孔 d	$0.5 t$	$0.35 t$	$0.3 t$
矩形孔宽 a	$0.4 t$	$0.3 t$	$0.28 t$

注: 一般要求 d 不小于 0.3 mm 。

2. 冲裁件的尺寸精度与断面粗糙度

冲裁件的尺寸精度以不高于 IT12 级为宜。如无特殊要求,外形尺寸精度应低于 IT10 级,内形尺寸精度应低于 IT9 级。对精度要求高于 IT10 级的冲裁件,应在模具结构设计方面采取措施,如提高定位精度,采用弹压卸料顶件装置,提高模具制造精度或采用精冲技术等。

冲裁件的断面质量是不高的,材料厚度和硬度的影响尤甚。通常材料厚度 $t < 1 \text{ mm}$ 的零件,断面粗糙度可达 $R_a 3.2 \mu\text{m}$; $t > 1 \text{ mm}$ 的零件,断面粗糙度将高于 $R_a 6.3 \mu\text{m}$ 。

二、精冲件的工艺性

本书探讨的精冲技术指的是齿圈压板精密冲裁。由于实现精冲过程的力学条件不同,采用齿圈压板精密冲裁可获得尺寸精度高、断面光洁、外形平整的零件。

1. 精冲对材料的要求

精冲是以接近简单剪切的变形方式进行的,为防止在剪切变形过程中剪切面发生撕裂现象,用于精冲的材料应具有良好的塑性,较低的屈服极限和抗拉强度,较小的硬化指数 n 。材料的金相组织最好为单一相。生产实践表明,含碳量低于 0.35%, $\sigma_b = 300 \sim 600 \text{ MPa}$ 的碳钢板材,精冲效果最佳;含碳量高于 0.35% 的碳钢和低合金钢,精冲前需进行球化退火处理,使珠光体中的片状渗碳体转化为细小颗粒弥散分布于铁素体中的硬质相,以避免精冲时剪切面撕裂。

铝及抗拉强度低于 250 MPa 的铝合金,含铜量高于 62% 的不含铅的黄铜,均可获得高质量的精冲效果。

2. 精冲件的结构工艺性

(1) 结构形状复杂的零件,应选用断面收缩率高、抗拉强度较低的材料冲制,一般以 $\sigma_b \leq 450 \text{ MPa}$ 为宜。抗拉强度 $\sigma_b \geq 600 \text{ MPa}$ 的材料适于精冲形状简单的零件。

(2) 精冲件的内、外形应避免凸出和凹入的尖角。如果不用圆角过渡或圆角过小,在精冲件尖角处的剪切面上将发生撕裂现象(图 1-6)。此外,由于塌角增大,挤压作用加强,会使凸模角部迅速磨损,甚至崩刃。转角处的圆角半径与尖角的角度、材料厚度和材料的抗拉强度有关。图 1-7 为 $\sigma_b < 450 \text{ MPa}$ 的关系曲线,当 $\sigma_b > 450 \text{ MPa}$ 时,数据应按比例增大。凹入部分的圆角半径可取凸出部分圆角半径的 60%。

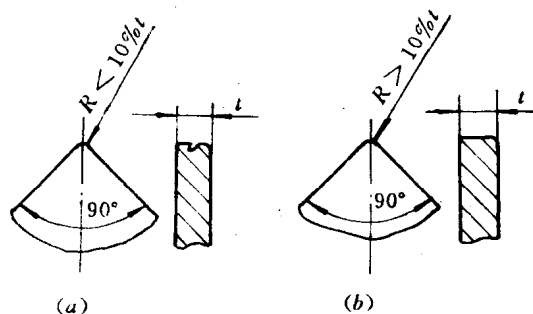


图 1-6 精冲件的圆角半径
(a) 圆角半径太小; (b) 圆角半径合适

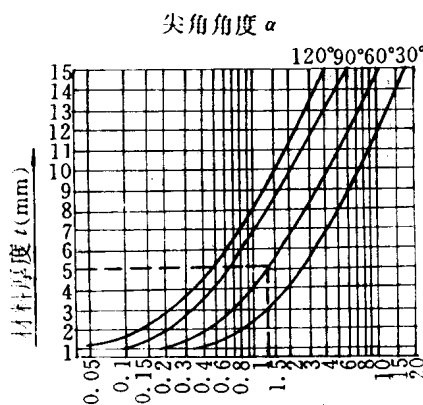


图 1-7 圆角半径 R 值

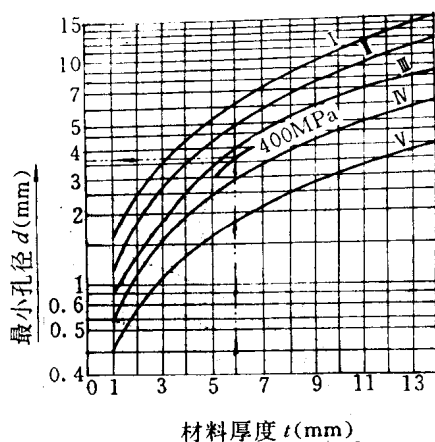


图 1-8 最小孔径

I. $\sigma_s = 750 \text{ MPa}$; II. $\sigma_s = 600 \text{ MPa}$

III. $\sigma_s = 450 \text{ MPa}$; IV. $\sigma_s = 300 \text{ MPa}$; V. $\sigma_s = 150 \text{ MPa}$

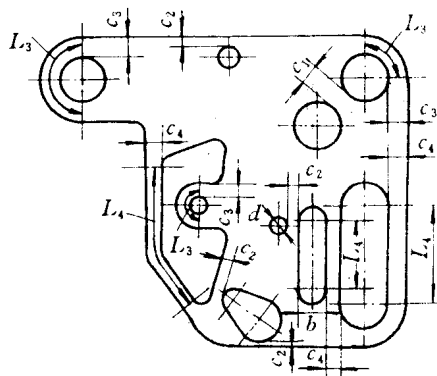


图 1-9 孔径、槽宽和壁厚

(3) 精冲圆孔的最小孔径与材料的抗剪强度和厚度有关,应根据凸模的许用压应力 $[\sigma_c]$,并计及精冲时凸模需承受的反向顶压力进行计算。冲圆孔时,模具钢的许用压应力可取 $[\sigma_c] = 1600 \text{ MPa}$ 。作为估算可按图 1-8 上的曲线查取。

冲窄槽的凸模宽度 b (图 1-9) 与槽的长度 L 有关。长宽比愈大,精冲时凸模受力愈不利。确定冲槽宽度 b 的计算方法与精冲圆孔的计算方法类似,许用应力应取得低些,通常取 $[\sigma_c] = 1200 \text{ MPa}$ 。最小槽宽亦可按图 1-10 上的曲线查出。该图给出了槽宽 b 与料厚、材料抗拉强度和槽长 L 的关系。根据料厚、抗拉强度和槽长 L (例如, $t = 4.5 \text{ mm}$, $\sigma_b = 600 \text{ MPa}$, $L = 50 \text{ mm}$),先从曲线图上查出槽宽换算值 $b' = 3 \text{ mm}$,由换算长宽比 $L/b' = 16.7$,在线性比例图 $L \sim 15b'$ 上找到槽长 50 mm 的点,将此点与 $b' = 3 \text{ mm}$ 点用直线连接,该直线与最小窄槽宽度 b 的线性比例图线的交点 3.7 mm ,即是所求的最小槽宽。

(4) 精冲件上的孔与槽之间,孔、槽与零件外轮廓之间的最小壁厚与孔的形状及其间的相对位置有关。圆孔或圆弧与直壁之间的壁厚 c_2 (图 1-9),可按图 1-10 上的曲线查取。圆弧间的壁厚 c_1 允许取 $c_1 = 0.85c_2$ 。同心圆弧的壁厚 c_3 及直边间的壁厚 c_4 ,应根据长宽比按确定窄槽宽度 b 的方法由图 1-10 查取。

(5) 精冲齿轮或齿条的凸模,工作时齿形部位除受较大的压应力外,还要承受弯曲作用,确定凸模齿形部位的最小截面尺寸时,许用压应力不应超过 1200 MPa 。齿形精冲件一般要求节圆齿宽需大于料厚的 60% ,且齿顶和齿根部位需为圆角。当 $\sigma_b < 450 \text{ MPa}$,材料的精冲性能良好时,节圆齿宽可降至料厚的 $40 \sim 50\%$ 。

3. 精冲件的尺寸精度和断面粗糙度

精冲件的尺寸精度和断面粗糙度与模具的制造精度、凸模和凹模刃口工艺参数选择、齿圈压板和反向压板设置是否合理、材料的精冲性能及料厚密切相关。在正常条件下,精冲件的尺寸精度可达 IT9~6 级;断面粗糙度为 $R_a 1.6 \sim 0.4 \mu\text{m}$ 。

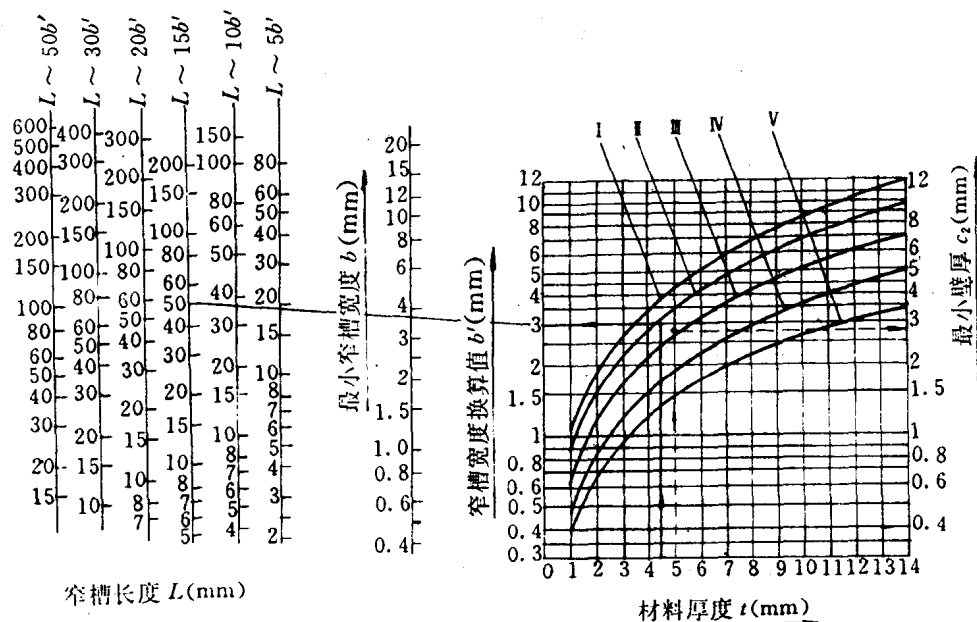


图 1-10 最小槽宽和壁厚

I. $\sigma_s = 750$ MPa; II. $\sigma_s = 600$ MPa; III. $\sigma_s = 450$ MPa; IV. $\sigma_s = 300$ MPa; V. $\sigma_s = 150$ MPa;

三、弯曲件的工艺性

弯曲件的种类繁多,结构形状各异。弯曲线对板料轧向的相对位置、弯曲件上孔的位置及孔壁距弯曲线的距离、相对弯曲半径及弯曲角的大小、选用的材料种类等对弯曲成形的工序安排、毛坯的定位方式、模具结构及材料利用率均有重要的影响。弯曲成型的主要问题是回弹和最小弯曲半径。前者直接影响弯曲件的形状准确度,后者既影响回弹的大小,又可能使弯曲件产生开裂。在满足使用要求的前提下,充分考虑弯曲成型工艺的特点,使零件具有尽可能好的工艺性,不仅可以简化弯曲成型工艺和模具设计,而且可以提高零件的成形质量。

1. 弯曲成型对材料性能的要求

用于弯曲成形的材料,应具有足够大的断面收缩率 φ 和尽可能小的 σ_s/E 值。断面收缩率愈大,材料的塑性变形能力愈强,可以获得较小的相对弯曲半径而不致产生裂纹。 σ_s/E 的比值愈小,材料由纯弹性弯曲进入弹塑性弯曲的临界相对弯曲半径愈大,有利于减小回弹,提高弯曲件的成形质量。

2. 弯曲件的结构工艺性

1) 零件的结构特点

弯曲件的形状最好左、右对称,宽度相同,相应部位的圆角半径应左、右相等(图 1-11),以保证弯曲时毛坯不会产生侧向滑动。窄而长的弯曲件或形状比较复杂的零件,为防止弯曲时产生侧滑,在结构设计上应设置定位工艺孔(图 1-12),使毛坯能准确定位。非对称的小型弯曲件,应采用左、右件成对弯曲工艺,然后切断为两件(图 1-13)。

2) 最小弯曲半径

弯曲件的内圆角半径与材料厚度的比值,通常称为相对弯曲半径,用以代替应变中性层的曲率半径与材料厚度的比值,近似地表示弯曲件成形时的变形程度。相对弯曲半径愈小,弯曲时毛坯外缘纤维的切向拉伸变形愈大。当相对弯曲半径小到一定程度时,毛坯外缘纤维的切向应变将因超过材料的许可变形程度而断裂。因此,弯曲件的内圆角半径要受到外缘纤维成形极限的限制。使弯曲件外缘表面不出现裂纹的内圆角半径的极限值,称为最小弯曲半径。其值的大小与材料种类、弯曲角的大小、板料表面质量、毛坯的边缘状态、毛坯的宽度和厚度,以及板材的轧制方向有关。值得注意的是,板材的厚向异性指数 R 值的大小,对最小弯曲半径亦有重要的影响。弯曲时圆角变形区的材料厚度总是变薄的,变形程度愈大,变薄程度也愈大。 R 值不同的材料,其变薄的程度显然不同。如果材料的许可拉伸变形程度相同或比较接近, R 值小的材料,其最小弯曲半径可以小一些,而 R 值大的材料,必须增大最小弯曲半径才能避免外缘纤维出现裂纹。

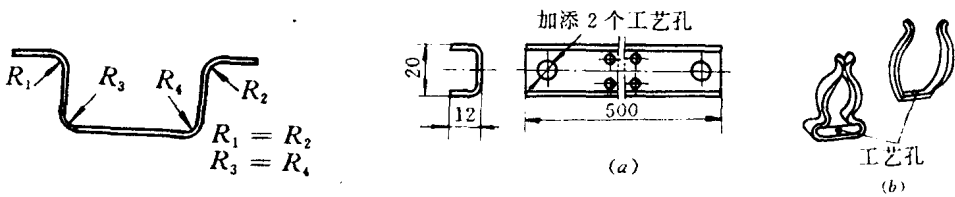


图 1-11 对称形状弯曲件

图 1-12 加添定位工艺孔

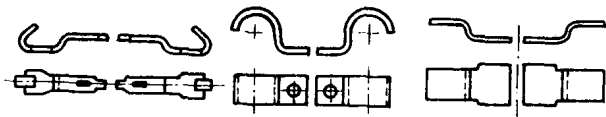


图 1-13 单面几何形状弯曲件的对称弯曲

最小弯曲半径愈小的材料,承受弯曲变形的性能愈好。设计弯曲件时,如无特殊必要,应使零件的内圆角半径大于选用材料的最小弯曲半径。常用材料的最小弯曲半径见表 1-3。

表 1-3 板料最小弯曲半径 (mm)

材 料	退 火 或 正 火 的		冷 作 硬 化 的	
	弯 曲 线 位 置			
	垂直辗压纹向	平行辗压纹向	垂直辗压纹向	平行辗压纹向
08,10	0.1 <i>t</i>	0.4 <i>t</i>	0.4 <i>t</i>	0.8 <i>t</i>
15,20	0.1 <i>t</i>	0.5 <i>t</i>	0.5 <i>t</i>	1 <i>t</i>
25,30	0.2 <i>t</i>	0.6 <i>t</i>	0.6 <i>t</i>	1.2 <i>t</i>
35,40	0.3 <i>t</i>	0.8 <i>t</i>	0.8 <i>t</i>	1.5 <i>t</i>
45,50	0.5 <i>t</i>	1 <i>t</i>	1 <i>t</i>	1.7 <i>t</i>
55,60	0.7 <i>t</i>	1.3 <i>t</i>	1.3 <i>t</i>	2 <i>t</i>
65Mn, T7	1 <i>t</i>	2 <i>t</i>	2 <i>t</i>	3 <i>t</i>
Cr18Ni9	1 <i>t</i>	2 <i>t</i>	3 <i>t</i>	4 <i>t</i>

续 表

材 料	退 火 或 正 火 的		冷 作 硬 化 的	
	弯 曲 线 位 置			
	垂直辗压纹向	平行辗压纹向	垂直辗压纹向	平行辗压纹向
硬铝(软)	1 t	1.5 t	1.5 t	2.5 t
硬铝(硬)	2 t	3 t	3 t	4 t
磷青铜	—	—	1 t	3 t
黄铜(半硬)	0.1 t	0.35 t	0.5 t	1.2 t
黄铜(软)	0.1 t	0.35 t	0.35 t	0.8 t
紫 铜	0.1 t	0.35 t	1 t	2 t
铝	0.1 t	0.35 t	0.5 t	1 t
镁合金 MB1	加热到 300~400℃		冷作硬化状态	
	2 t	3 t	6 t	8 t
钛合金 BT5	加热到 300~400℃		冷作硬化状态	
	3 t	4 t	5 t	6 t

- 注: 1. 当弯曲线与辗压纹向成一定角度时, 视角度的大小, 可采用居间的数值, 如 45° 时可取中间数值;
 2. 对在冲裁或剪裁时没有退火的窄毛料的弯曲时, 应作为硬化的金属来使用;
 3. 弯曲时通常将冲裁件有圆弧的一面放在弯曲圆弧的外层;
 4. 表列数据适用于弯曲角 $\geq 90^{\circ}$, 断面质量良好状况。

3) 弯曲件的孔边距

弯曲前允许在毛坯上冲制的孔, 应位于弯曲变形区之外。孔壁至弯曲半径中心的距离 L 与材料种类、厚度和弯曲方式等因素有关。通常取: 当 $t < 2\text{ mm}$ 时, $L \geq t$; 当 $t \geq 2\text{ mm}$ 时, $L \geq 2t$ (图 1-14)。如果孔的位置精度要求较高或孔壁距弯曲变形区较近, 则应弯曲后冲制。

4) 最小弯边高度

零件的弯边高度 H 不宜过小, 否则会因弯边高度不足而影响弯曲质量。弯曲直角的最小弯边高度应为 $H_{\min} \geq 2t$ 。若弯边高度小于此值, 应允许在弯角处压槽, 或增大弯边高度, 弯曲后切除 (图 1-15)。

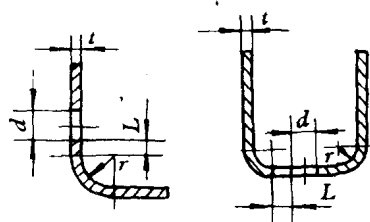


图 1-14 弯曲件的孔边距

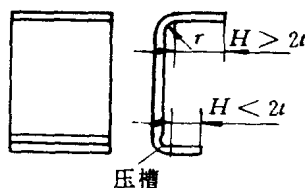


图 1-15 弯曲件直边高度

5) 切口弯曲

弯曲件上的各种切口弯曲工作(图 1-16),可以在冲切口的同时完成。为使成形后的零件便于从凹模内顶出,弯曲部分应设计成梯形。

6) 局部弯曲的工艺结构

零件边缘需进行局部弯曲时,在弯曲部位的交接处应开止裂孔或止裂槽(图 1-17),以避免弯角部位产生裂纹或畸变。

3. 弯曲件的尺寸精度

弯曲件的尺寸精度与板料的厚度公差、材料性能、零件的形状和尺寸、模具结构和定位方式,以及工序的数量和先后顺序等因素有关。生产经验表明,如无特殊要求,弯曲件的尺寸精度以不高于 IT13 级为宜,角度公差应大于 $\pm 15'$ 。如果对弯曲件的尺寸精度有较高要求,在结构设计上应设置定位工艺孔;对角度公差有较高要求时,应允许零件弯曲部位表面有轻微擦伤,或在弯曲工艺方面增加整形工序。

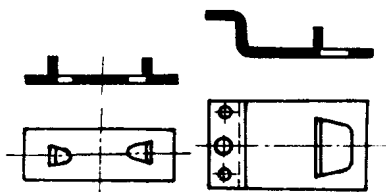


图 1-16 带夹爪和翘脚工件

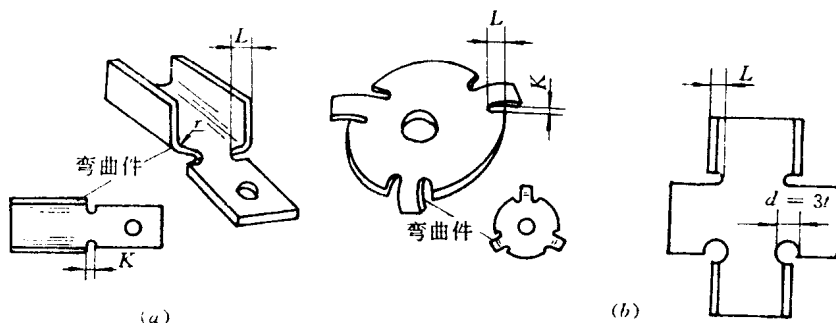


图 1-17 预冲工艺槽和工艺孔的弯曲件

$$\text{槽深 } L \geq t + r + \frac{K}{2}; \quad \text{槽宽 } K \geq t$$

四、拉深件的工艺性

拉深成形是板料毛坯在模具作用下,经材料塑性流动由平面形状转变为立体有底空心件的成形工艺。成形时的主要问题是,位于凸缘部分的材料因切向压缩极易起皱;处于凸模圆角区的材料因受到径向强烈拉伸而严重变薄,甚至断裂。选用的材料种类,零件的结构形状,模具结构及工作部分的表面质量对拉深成形能否顺利进行都有极重要的影响。

1. 拉深成形对材料性能的要求

用于拉深成形的材料应具有良好的塑性,较大的冷作硬化指数 n 或较小的屈服比 σ_s/σ_b 。

强化效应大的材料,在以拉伸为主的凸模圆角区不易产生局部集中变形,有助于延缓危险断面过度变薄或发生破裂。

通常认为板料的厚向异性指数 R 值愈大,愈有利于提高拉深件危险断面的承载能力,因而材料的拉深性能愈好。然而,拉深成形主要变形区是毛坯凸缘。凸缘材料在切向压缩变形时愈易变厚,拉深成形才愈易顺利进行。 R 值大的材料,因不易变厚,故降低了板料抗压失稳的能力。当毛坯的相对厚度较小时,与各向同性材料相比,必须增大单位面积上的压边力,才能有效地防止凸缘起皱。此外, R 值大的板料,其板面内的各向异性也是十分显著的。拉深筒形件时,面内异性显著的材料,凸缘变形并非沿切向均匀收缩,而是由圆形毛坯逐渐变成矩形,最后在筒口边缘形成四个明显的凸耳。并且在同一筒壁高度,筒壁厚度沿周向亦不相同,凸缘的凹谷处较厚,凸耳部位较薄。出现明显凸耳不仅加大了修边余量,降低了材料利用率,也为确定毛坯展开料的形状和尺寸带来许多不便。从拉深工艺观点来说,过分强调板材厚向异性指数大对拉深成形性的作用,显然并不适宜。适于拉深成形的板料,应是 R 值接近或略大于 1 的材料。

2. 拉深件的结构工艺性

1) 拉深件的形状

拉深件的结构形状应简单、对称,尽量避免急剧的外形变化。标注尺寸时,根据使用要求只能标注内形或外形尺寸。材料厚度不宜标注在筒壁或凸缘上。设计拉深件时应考虑到筒壁及凸缘厚度的非均匀性及其变化规律。凸模圆角区变薄显著,最大变薄率约为材料厚度的 10~18%;而筒口或凸缘边部,材料显著增厚,最大增厚率约为材料厚度的 20~30%。

多次拉深件的筒壁和凸缘的内、外表面应允许出现压痕。

2) 拉深件的高度

拉深件的高度 h 对拉深成形的次数和成形质量均有重要的影响。常见零件一次成形的拉深高度为:

无凸缘筒形件 $h \leq (0.5 \sim 0.7)d$ (d 为拉深件壁厚中径);

带凸缘筒形件 当 $D_0/d \leq 1.5$ 时, $h \leq (0.4 \sim 0.6)d$ (D_0 为拉深件凸缘直径);

矩形件 当 $r = (0.05 \sim 0.20)B$ 时, $h \leq (0.3 \sim 0.8)B$ (r 为矩形件长、短边间的圆角半径, B 为矩形件的短边长度)。

3) 拉深件的圆角半径

拉深件凸缘与筒壁间的圆角半径应取 $r_a \geq 2t$, 为便于拉深工作顺利进行,通常取 $r_a \geq (4 \sim 8)t$ 。当 $r_a \leq 2t$ 时,需增加整形工序。

拉深件底与筒壁间的圆角半径应取 $r_i \geq t$, 为使拉深工作顺利进行,通常取 $r_i \geq (3 \sim 5)t$ 。当零件要求 $r_i < t$ 时,需增加整形工序。

矩形件筒壁间圆角半径应取 $r \geq 3t$, 为减少拉深次数,尽可能使 $r \geq 0.2h$ 。

3. 拉深件的尺寸精度

拉深件的径向尺寸精度一般不高于 IT13 级。如果要求尺寸精度高于 IT13 级,则需增加校形工序。

§ 1-3 冲压零件工艺规程编制

工艺规程是指导产品零件生产过程的指令性文件,是模具设计和生产准备工作的重要依