

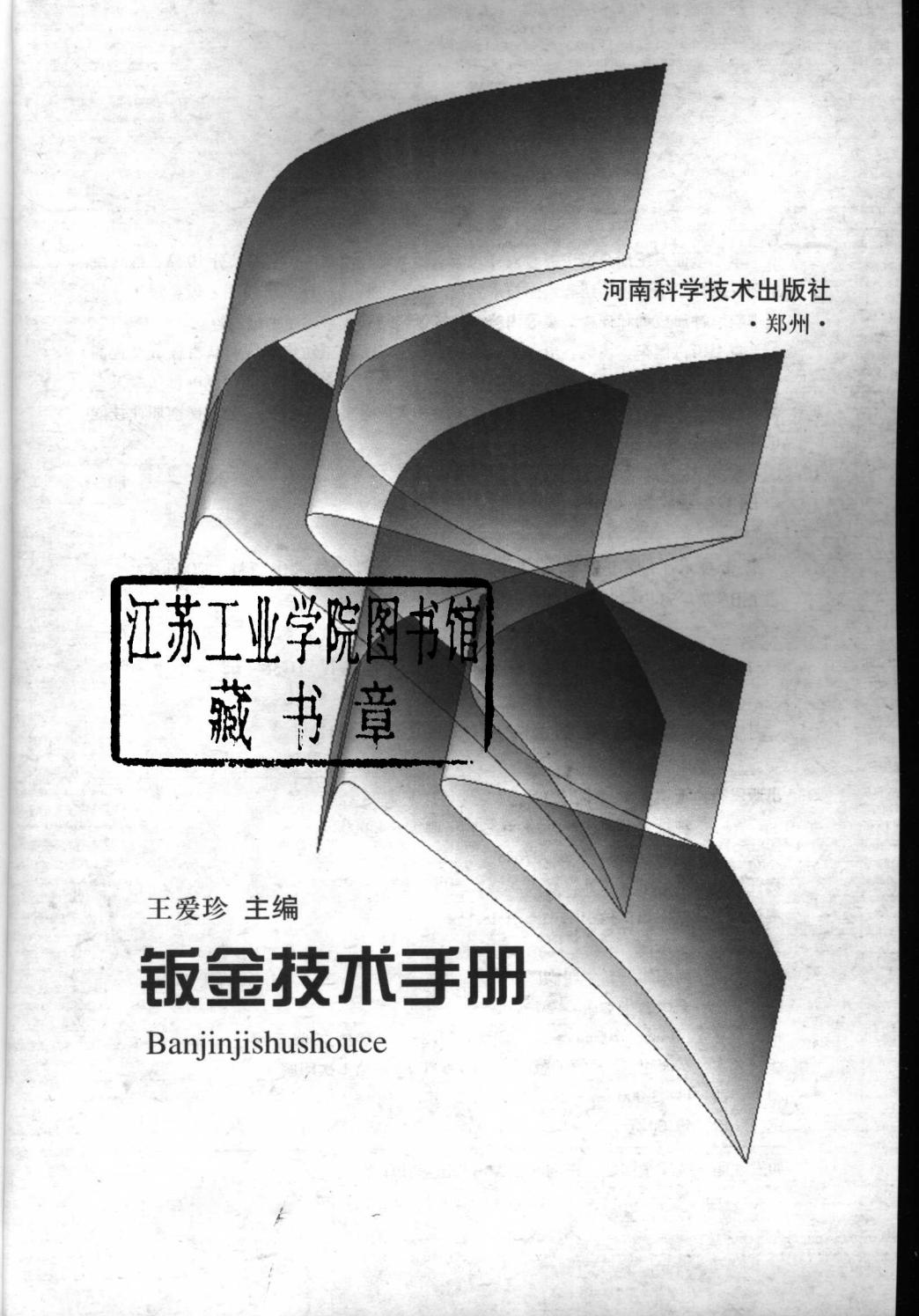
钣金技术手册

河南

科学技术出版社

王爱珍 / 主编

Banjinjishu
shouce



河南科学技术出版社
· 郑州 ·

江苏工业学院图书馆
藏书章

王爱珍 主编

钣金技术手册

Banjinjishushouce

内 容 提 要

本书全面系统地介绍了钣金放样与钣金加工等技术知识。全书共分10章,除传统绘图、放样、展开外,还有绘图技术要求、钣金结构图、计算机绘图、钣金矫正、切割下料、冲压成型和连接组装等内容,并按钣金结构成型顺序编排内容。

本书可供汽车、飞机、电子电器、仪表、化工、轻工纺织等行业从事钣金工程的技术人员、高级技工等使用,不仅是广大钣金工作者必备的工具书,也可供从事钣金教学与科研的人员参考,还可作为高等学校相关专业的学生扩大专业或岗前职业技能的培训教程。

图书在版编目(CIP)数据

钣金技术手册/王爱珍主编. —郑州:河南科学技术出版社,2006.12
ISBN 7-5349-2336-0

I. 钣… II. 王… III. 钣金工-技术手册 IV. TG38-62

中国版本图书馆CIP数据核字(2006)第056241号

出版发行:河南科学技术出版社

地址:郑州市经五路66号 邮编:450002

电话:(0371) 65737028

责任编辑:孙 彤 刘 嘉

责任校对:申卫娟 徐小刚 王艳红

封面设计:霍维深

印 刷:河南第一新华印刷厂

经 销:全国新华书店

幅面尺寸:140mm×202mm 印张:25.25 字数:768千字

版 次:2006年12月第1版 2006年12月第1次印刷

印 数:1—3000

定 价:49.00元

如发现印、装质量问题,影响阅读,请与出版社联系。

前 言

随着现代工业技术的突飞猛进、知识日新月异和市场上人才需求的变化,尽管各种类型的工程技术读物及手册相继问世,但机械、汽车、飞机、电器、仪表等行业急需的钣金展开、放样及制作等全面技术的品种甚少,满足不了各层次技术人员的需求。因此,为了适应新时代的需要,提高钣金技术水平,特编写本手册。

全书共分10章,从钣金技术概述、金属材料及选用、钣金矫正及预加工入手,以钣金工程绘图、图解展开与计算展开、放样号料等为基础,以生产中的实用典例、成型方法与制作技术为主线,逐步介绍了钣金构件的制图方法、图解与计算方法、放样号料技术、各种切割与成型技术,以及生产中典型钣金构件的放样与制作全过程。

在编写过程中,既注重实践性、启发性、科学性,做到基本概念清晰、重点突出、简明扼要,对基本理论部分以必要和够用为原则,又注重能力培养,尽量完整地列举大量实例、图表和计算公式,以及典型构件的制作方法。力求由浅入深、通俗易懂、适用广泛,并注意新技术与新方法的介绍。

本书由王爱珍教授担任主编,并统编审校全书内容。参加本书资料查询、汇编整理和绘图工作的还有李刚、李明、段焕林、刘丽、薛永飞、何旭光等,另外吴占超、丁静、刘吉彬、胡春霞、李烁、王世杰、郑冰岩、岳邦士、付绍先、刘伟、赵增亮、罗子龙等也参与了部分整理工作。

本书在编写过程中,征求了有关企业技术部门、科研院所和高校技术人员的意见,获得有关企业提供的大量数据和实例,参考并引用了许多版本同类教材、手册及相关资料和技术标准,在此一并致以衷心的感谢。

本书是从事钣金行业的技术人员、高级技工及其他行业的爱好者等,自学和使用钣金技术的最佳工具书,也可作为刚从事钣金技术人员的培训教材,还可作为高校有关专业师生的教学参考书。由于作者水平有限,书中难免有不适之处,恳请有关同仁、专家和广大读者指正。

编 者

2005年6月

目 录

第一章 钣金技术概述	(1)
1.1 钣金技术基础	(1)
1.1.1 施工图样准备	(1)
1.1.2 加工工艺制定	(4)
1.1.3 加工方式选择	(10)
1.2 钣金技术应用	(20)
1.2.1 技术应用现状	(20)
1.2.2 技术应用特点	(24)
1.2.3 典型钣金结构	(26)
1.3 钣金技术新发展	(30)
1.3.1 柔性制造系统	(30)
1.3.2 钣金 FMS 及控制	(35)
1.3.3 钣金 CAD/CAE 设计	(43)
1.3.4 钣金数控弯曲	(53)
第二章 钣金应用材料	(56)
2.1 钣金材料性能	(56)
2.1.1 力学性能	(56)
2.1.2 物理及化学性能	(61)
2.1.3 工艺性能	(65)
2.2 钣金材料种类	(67)
2.2.1 钣金用钢	(68)
2.2.2 钣金用有色金属	(102)
2.2.3 钣金用非金属材料	(120)
2.3 钣金材料尺寸规格	(123)
2.3.1 板材质量评价	(123)
2.3.2 钢板及钢带	(125)
2.3.3 有色金属板材及带材	(139)

2.3.4	非金属板材	(149)
第三章	钣金矫正及预加工	(153)
3.1	钣金矫正	(153)
3.1.1	矫正概述	(153)
3.1.2	机械矫正	(157)
3.1.3	手工矫正	(164)
3.1.4	火焰矫正	(172)
3.2	孔形加工	(176)
3.2.1	钻孔设备及工具	(177)
3.2.2	钻削方法及特点	(182)
3.2.3	螺纹及其加工	(187)
3.3	坡口加工	(198)
3.3.1	坡口形式及要求	(198)
3.3.2	坡口加工方法	(203)
3.3.3	坡口检验及修磨	(204)
第四章	钣金工程绘图	(207)
4.1	平面图形绘制	(207)
4.1.1	几何图形计算公式	(207)
4.1.2	几何作图	(213)
4.1.3	平面图形作图	(225)
4.2	立体投影作图	(228)
4.2.1	立体投影规律	(229)
4.2.2	平面立体投影	(230)
4.2.3	曲面立体投影	(232)
4.2.4	组合立体投影	(233)
4.3	钣金结构绘图	(242)
4.3.1	焊接结构图	(243)
4.3.2	连接结构图	(258)
4.3.3	结构图绘制举例	(262)
4.4	钣金图技术要求	(268)
4.4.1	表面粗糙度	(268)

4.4.2	公差与配合	(272)
4.4.3	形状和位置公差	(281)
4.4.4	加工极限及公差	(285)
4.5	计算机绘图	(296)
4.5.1	AutoCAD 用户界面及操作	(296)
4.5.2	图形的绘制与编辑	(309)
4.5.3	钣金图形绘制	(313)
第五章	钣金构件放样	(331)
5.1	实尺放样	(331)
5.1.1	放样任务及要求	(331)
5.1.2	放样程序及过程	(335)
5.1.3	样板制作及工艺	(344)
5.1.4	样板加工余量及误差	(349)
5.2	画线号料	(354)
5.2.1	号料技术要求	(355)
5.2.2	号料技术方法	(356)
5.2.3	型钢切口计算号料	(360)
5.3	典型构件放样	(365)
5.3.1	板壳类构件放样	(365)
5.3.2	容器类构件放样	(379)
5.3.3	桁架类构件放样	(388)
第六章	钣金展开放样	(393)
6.1	展开基础	(393)
6.1.1	构件线段实长求法	(393)
6.1.2	构件平面实形求法	(400)
6.1.3	构件断面实形求法	(403)
6.1.4	断面实形的应用	(407)
6.1.5	展开结构分析	(410)
6.2	图解展开法	(413)
6.2.1	平行线展开法	(413)
6.2.2	放射线展开法	(428)

6.2.3	三角形展开法	(442)
6.3	计算展开法	(448)
6.3.1	曲面构件的计算展开	(448)
6.3.2	球面构件的计算展开	(461)
6.3.3	平面构件的计算展开	(473)
6.4	中性层展开法	(479)
6.4.1	弯曲板料中性层展开	(479)
6.4.2	简单构件的中性层展开	(489)
6.4.3	相贯构件的中性层展开	(491)
第七章	钣金改性处理	(495)
7.1	金属材料改性基础	(496)
7.1.1	金属材料结晶组织及性能	(496)
7.1.2	金属材料轧制组织及性能	(505)
7.1.3	金属材料许可供应状态	(510)
7.2	金属材料热处理	(512)
7.2.1	钢的热处理	(512)
7.2.2	有色金属的热处理	(517)
7.2.3	热处理工艺方法	(522)
7.2.4	热处理工艺规范	(529)
7.3	金属材料表面处理	(534)
7.3.1	清除预处理	(534)
7.3.2	润滑预处理	(538)
7.3.3	转化膜处理	(542)
7.3.4	镀膜及涂膜处理	(550)
第八章	钣金切割下料	(554)
8.1	机械切割	(554)
8.1.1	板料剪切	(554)
8.1.2	叠料铣切	(562)
8.1.3	型材切割	(565)
8.2	热熔切割	(568)
8.2.1	气体切割	(568)

8.2.2	数控切割	(584)
8.2.3	等离子切割	(589)
8.2.4	激光切割	(597)
8.3	冲裁切割	(602)
8.3.1	冲裁切割方法	(602)
8.3.2	冲裁切割工艺	(607)
8.3.3	冲裁件结构设计	(616)
8.3.4	冲模结构原理及应用	(621)
第九章	钣金冲压成型	(632)
9.1	弯曲成型方法	(633)
9.1.1	压弯成型方法	(633)
9.1.2	拉弯成型方法	(650)
9.1.3	滚弯成型方法	(653)
9.2	弯曲工艺及模具	(665)
9.2.1	压弯工艺确定	(665)
9.2.2	压弯件结构设计	(672)
9.2.3	压弯模结构及原理	(677)
9.3	拉深与局部成型	(687)
9.3.1	成型工艺方法	(687)
9.3.2	成型工艺设计	(691)
9.3.3	成型工艺设计举例	(698)
9.3.4	成型件结构及模具	(702)
9.4	冲压成型新工艺	(707)
9.4.1	薄板超塑成型	(707)
9.4.2	柔性成型	(709)
第十章	钣金连接组装	(713)
10.1	焊接成型原理	(713)
10.1.1	熔化焊冶金过程	(713)
10.1.2	焊接接头组织与性能	(717)
10.1.3	焊接应力与变形	(719)
10.1.4	焊接材料及性能	(723)

10.2 焊接成型方法	(729)
10.2.1 常用熔化焊	(729)
10.2.2 熔化焊成型新技术	(737)
10.2.3 常用压力焊及钎焊	(742)
10.3 焊接工艺及结构设计	(748)
10.3.1 焊接工艺拟定	(748)
10.3.2 焊接工艺设计举例	(770)
10.3.3 焊接结构设计	(773)
10.4 咬接与胶接成型	(788)
10.4.1 咬接成型	(788)
10.4.2 胶接成型	(791)
参考文献	(797)

第一章 钣金技术概述

钣金在实际工程中用途非常广泛,无论是家用电器、汽车工业、飞机壳体,还是计算机等电子产品行业,都大量使用钣金零件,且钣金零件与人们的日常生活用品密不可分。在市场上,钣金零件占全部金属制品的90%以上。

1.1 钣金技术基础

钣金技术是指经过绘制零件图、展开图、放样图等施工文件,利用金属的可塑性,将厚度均匀的金属薄板,通过剪床、折床或冲床将二维的薄板加工成为立体形状,再用点焊机、缝焊机、咬边机或利用铆钉、螺钉将其组合成所需的产品。

1.1.1 施工图样准备

在将各种金属板材或型材制成工程所要求的一定形状和尺寸的构件及制品的过程中,由图面的设计到成品的完成,最初的成品设计与制图是最为重要的。笔者通过多年的实践经验并实习和参观了上海、大连、陕西、湖北、河南等地的各大钣金厂,整理出钣金成品流程与加工生产的关系,如图1-1所示。

(一) 钣金结构构形设计

钣金结构设计时,除要保证满足使用性能外,还应具有良好的工艺性能、允许适合的曲面流线形外形,以减少材料的消耗和工序次数,使模具结构简单,生产率高,冲压质量好。

1. 构件外表面的设计

设计构件外形时,不可展曲面不仅绘制不出准确的展开图,而且即使有

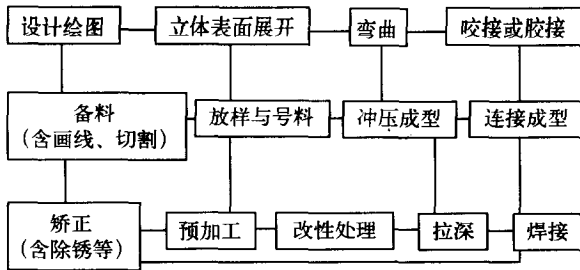


图 1-1 钣金成品流程与加工的关系

合适的展开图，在卷曲和弯制中也必然会产生扭曲，增加制作难度，因此应尽可能选用可展曲面作为构件的表面。

在可展曲面中，由于切线曲面的展开和制作较为复杂，在无特别需要时，最好选用柱面或锥面形状。当构件表面需由几个曲面组成时，或由曲面和平面混合组成时，应使相邻表面间光滑过渡，即要求两曲面在分界处相切，不产生折棱或交线。

2. 构件各结合面的设计

绘制展开图时，两曲面的结合线的作图，不仅繁琐，又易产生误差。所以在条件允许时，应尽量使结合面为平面形状，且平面与平面之间的结合线是平面曲线，以便利用平面曲线的投影有可能是直线这一性质，达到简化作图的目的，从而也提高了作图的精度。

然而，当构件制造精度不高时，也可考虑采用可展性差但制作简便的曲面。

(二) 钣金零件结构分析

钣金加工的首要任务是放样前必须画好、识读、看懂零件视图，才能进行放样号料。零件图是设计人员为表达清楚所设计的钣金构件或部件上某一零件的结构和装配关系而单独画出的零件视图，零件图是钣金加工和产品检验的依据，是生产中的重要技术文件。

在进行单件或少量钣金制作时，看懂构件按正投影原理画出的零件视图，尤其显得特别重要。因为只有在看懂零件图的基础上，才能进一步的分析构件的形状、组成部分、尺寸、用途和有关技术要求，继而弄清各部分的投影关系和尺寸要求，并确定可变动与不可变动的部位及尺寸，从而判断

零件有否规定不明确及需变动部位的形状及尺寸、材料是否适于冷冲压、尺寸和加工基准是否需换算、精度和质量要求能否保证、产品技术条件是否明确需补充等，以便为后续工序奠定良好的基础。

(三) 展开图及放样图的绘制

展开与放样过程是钣金加工整个工作过程的核心，始终围绕着号料与制作，一般要经过绘制放样图、展开图、号料、样杆、样板制作及校核等环节，整个环节在生产过程中起着极其重要的作用。

1. 放样图绘制

放样下料是整个钣金生产的第一道工序，无论是不能依据计算直接求出料长的桁架类构件，还是必须展开的复杂形状壳体类构件，均须按照视图所规定的形状和尺寸，用1:1的比例按正投影原理投影，并进行结构工艺性处理、必要的计算及展开，然后将构件全部或部分图样准确绘制到纸板或钢板上，即绘制出放样图，以便为获得产品制造过程所需要的数据、样杆及样板草图等。

最终依据放样图，在板料或型钢上画出零件真实的轮廓和真实的孔口形状，以及与之连接构件的位置线、加工线等，然后再按所画出的形状量出用料尺寸或制作样杆及样板，以便后续进行大批量切割下料。

2. 展开图绘制

壳体类复杂构件展开作图是放样过程中最为关键的一步，也是全过程的难关。正确绘制展开图，不仅是放样号料的依据、保证构件质量的关键，同时也对降低材料消耗、提高劳动生产率起着不可忽视的作用。

展开作图有图解法和计算法两种，图解法是根据展开原理得到的，具有作图简捷、直观等优点，是目前广泛采用的方法。计算法是将图解法的作图方法改为解析式表示，计算出点、线的位置和形状，然后绘出图形或直接下料的方法。这种方法具有准确度高的优点，且随着计算机技术的发展，有被广泛采用的趋势。

在展开作图过程中，由于工程中构件形状千变万化、大小不同、画法不一，经验不足者必须掌握一些展开放样的规律和方法，才能逐步攻克这一难关。本书后续除详细介绍了图解法作图原理和具体步骤、计算法作图原理及具体方法外，还叙述了实形图、展开图和中性层展开作图原理及方法。

1.1.2 加工工艺制定

(一) 钣金件冲压工艺性分析

钣金件的冲压工艺性分析是制定合理冲压工艺的前提,也是保证钣金零件或结构件成型质量的关键。

1. 钣金结构成型性分析

在分析钣金件的冲压成型性时,应根据钣金件的结构形状、展开放样图的尺寸大小、精度要求、材料工艺性能等,既要分析钣金件冲压加工的难易程度,又要审查钣金图的冲压工艺性,并找出难成型和可冲压成型部位的形状及尺寸,从而明确该零件是否适合冲压加工的工艺特点、经济合理性及存在的技术难题。

同时,还要考虑尽量减少材料的消耗和工序次数,提高生产效率和冲压质量,以及冲压后机加工部位的形状、尺寸及加工工序等。

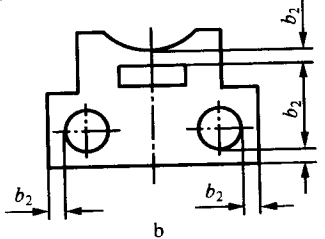
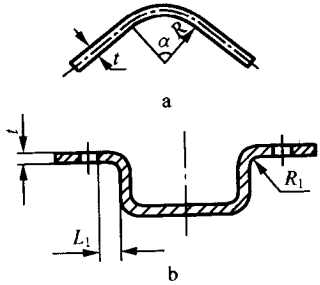
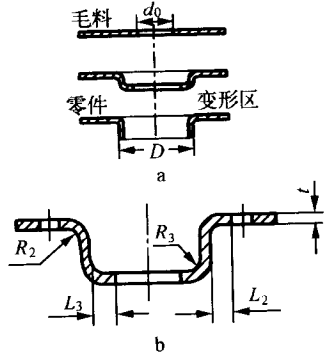
2. 钣金件成型极限分析

在分析钣金件冲压工艺性时,应明确区分其不同变形性质的部分,并以钣金件的最小冲孔尺寸、最小冲裁槽宽、最小孔边距和孔间距、最小弯曲系数(相对弯曲半径)、最小拉深系数及最小翻边系数等成型极限尺寸来衡量,如表1-1所示。

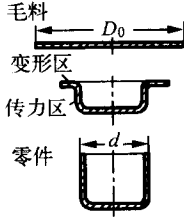
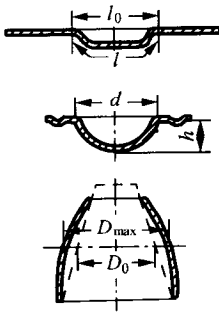
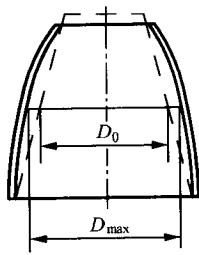
表1-1 钣金零件的变形方式及极限 (t 为板厚)

变形方式	简图	变形极限
冲裁	<p style="text-align: center;">a</p>	冲裁极限尺寸: $孔_{min} \geq 0.4 \sim 1.5t$ $孔边距 b_{1min} \geq 1.5t$ $b_{2min} \geq t$

续表

变形方式	简图	变形极限
冲裁		<p>冲裁极限尺寸： 孔 $\min \geq 0.4 \sim 1.5t$ 孔边距 $b_{1\min} \geq 1.5t$ $b_{2\min} \geq t$</p>
弯曲		<p>相对弯曲半径 $r_{\min} = \frac{R}{t}$ $L_1 \geq R_1 + 0.5t$</p>
翻边		<p>翻边系数 $K_{\min} = \frac{d_0}{D}$ $L_2 \geq R_2 + 0.5t$ $L_3 \geq R_3 + 0.5t$</p>

续表

变形方式	简图	变形极限
拉深	 <p>毛料 D_0</p> <p>变形区</p> <p>传力区</p> <p>零件 d</p>	拉深系数 $m = \frac{D_0}{d}$
局部成型	 <p>l_0</p> <p>d</p> <p>h</p> <p>D_{max}</p> <p>D_0</p>	<p>平均延伸率 $\delta = \frac{l - l_0}{l_0}$</p> <p>相对高度 $= \frac{h}{d}$</p>
胀形	 <p>D_0</p> <p>D_{max}</p>	胀形系数 $K_2 = \frac{D_{max}}{D_0}$

钣金极限尺寸决定零件一次成型的可能性、冲压定位方式、模具结构和制造精度，一般精度要求零件的加工余量为15~20mm，装配间隙为1mm±0.5mm，焊缝收缩量为1~1.5mm。

3. 钣金件成型质量分析

钣金件外形准确度与厚度的变化是否超差等成型质量，又取决于材料的力学性能、成型工艺性能、使用性能，以及产生回弹、翘曲、歪扭、松弛等弊病的可能性。金属在塑性变形过程中存在弹性变形，如回弹存在会影响零件成型的准确度，须采取相应的工艺措施消除回弹；而且因材料塑性变形后体积不变，还会引起材料厚度的不一致。

(二) 冲压工艺方案确定

1. 工艺计算

工艺计算是指计算毛坯展开尺寸、凸模与凹模刃口尺寸、冲模闭合高度与压力中心、弹性零件的压缩量、工序间的半成品尺寸（即拉深直径及高度、翻边预冲孔尺寸等），以及冲裁力、拉深力、压边力、卸料力等冲压工艺力，还有压力机的吨位和电动机功率等。

2. 各种工艺方案比较

对冲压件的落料或冲孔等工序性质与数量、冲压顺序安排、工序复合方式等综合分析比较，其中冲压顺序的安排取决于各工序的变形特点和尺寸要求，既要保证质量稳定，又要保证经济合理。冲压工序性质与数量取决于工件的复杂程度、尺寸精度及材料的冲压工艺性能，工序间的复合方式则应根据其必要性和可行性等进行综合考虑。

3. 最佳工艺方案选择

通过分析比较，从中选择一种在技术和经济上都较为合理的最佳方案，并从工厂现有条件出发，在保证产品质量和满足生产批量要求的前提下，寻求以最经济合理的方式完成冲压件的加工。

图1-2所示的飞机机舱设备支架，其内腔相当于拉深（图1-2a），外缘相当于两次翻边，腹板上兼有冲内长圆孔和局部成型（图1-2b），以及内长圆孔翻边（图1-2c）。在选择冲压工艺方案时，首先将机舱设备支架不同变形性质的部位明确区分，利用冲孔、翻边、拉深、局部成型等基本变形方式，作为分析零件变形特点的主要依据，并注意各变形方式之间的相互联系。