

现代冷冲模设计实例丛书

现代冷冲模设计

基础实例

欧阳波仪 编
伍先明 主审



化学工业出版社

现代冷冲模设计实例丛书

现代冷冲模设计

基础实例

欧阳波仪 编
伍先明 主审



化学工业出版社

· 北京 ·

本书系统介绍了现代冷冲模设计的基础知识,着重讲述了冲裁、弯曲、拉深和成形以及汽车覆盖件的工艺与模具设计知识。同时,阐述了国内外现代冲模的先进技术,如先进的模具结构、冲模标准件、CAD技术的应用等知识。

本书以通俗的语言,简明而又丰富的实例和数据,深入浅出、循序渐进,将现代冲模设计知识系统地介绍给读者,使读者能举一反三,触类旁通。

本书可作为职业技术学院、技工学校的模具设计与制造专业、材料成形专业的教材;也可以作为高等院校相关专业的参考教材;还可以作为冷冲模开发企业的岗位技术培训教材、从业人员的自学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

现代冷冲模设计基础实例/欧阳波仪编. —北京:化学工业出版社, 2006. 5

(现代冷冲模设计实例丛书)

ISBN 7-5025-8716-0

I. 现… II. 欧… III. 冷冲压-冲模-设计
IV. TG385.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 051810 号

现代冷冲模设计实例丛书 现代冷冲模设计基础实例

欧阳波仪 编

伍先明 主审

责任编辑:高钰 陈丽

文字编辑:闫敏

责任校对:洪雅姝

封面设计:史利平

*

化学工业出版社出版发行

(北京市朝阳区惠新里3号 邮政编码 100029)

购书咨询:(010)64982530

(010)64918013

购书传真:(010)64982630

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销

大厂聚鑫印刷有限责任公司印刷

三河市延风装订厂装订

开本 787mm×1092mm 1/16 印张 16½ 字数 427 千字

2006 年 7 月第 1 版 2006 年 7 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-8716-0

定 价: 27.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者,本社发行部负责退换

出版说明

模具作为现代制造业的基本工艺装备之一，对产品的产量和质量有着非常重要的作用，其制造技术水平可以衡量一个国家的产品制造水平。近年来，在国民经济快速发展的拉动和国家产业政策的正确引导下，我国冷冲模设计、制造技术水平发展很快，但是大型、精密的冷冲模比例有待提高。作者结合现场设计经验，参考了大量的国内外技术资料编写了《现代冷冲模设计实例丛书》。丛书含实例近百个，均为“十一五”期间重点发展的几种冷冲模种类。实例中均应用国内外先进的设计技术。

本套书由《现代冷冲模设计基础实例》、《现代冷冲模设计应用实例》及《现代冷冲模设计高级实例》组成，思路清晰、循序渐进。《现代冷冲模设计基础实例》为基础实例篇，兼顾理论基础和设计实例，所举实例简单、典型，适合教学与自学，可作为高职高专、高级技工和培训机构的冷冲模设计课程教材，也可作为模具设计人员自学教程。《现代冷冲模设计应用实例》为应用实例篇，按冲压工序组合方式分类，讲述了单工序模、复合模、级进模、多工位精密级进模、组合模的设计要点，分别列举了大量实例引导读者掌握冷冲模的结构设计，并提供实例的结构图下载，适合作为模具设计专业案例教学教材、冷冲模课程设计教程，也可作为自学人员结构设计参考资料。《现代冷冲模设计高级实例》为高级实例篇，所举实例均为“十一五”期间重点发展的冷冲模种类，如精密端子模、精密引线框模、复杂铁壳模、空调翅片模、电动机铁芯模等，涉及汽车、电子、仪表、电器、电机等行业，每个实例都有工艺分析、工艺计算、结构设计、详细设计等内容；同时，介绍了现代模具企业冷冲模开发与管理内容；提供所举实例的结构图、零件图下载。

编者
2006年4月

前 言

近年来,我国冷冲模设计技术通过创新和引进发展迅速,为培养更多的现代冲模设计人才,作者根据高等职业技术教育的特点,结合模具人才市场对技能人员的知识技能要求,编写了本书。本书全面介绍了冷冲模设计基础知识,共分7章,具体结构安排如下。

第一章为冲压工艺基础。主要介绍了冲压加工、冲压模、冲压材料等基本定义和常识及国内发展状况,不仅能让读者掌握冷冲模设计的入门知识,也对其就业有一定的导向作用。

第二章为冲模设计基础。主要介绍了冲压设备的类型、结构、原理;通过列举冲模典型结构引导读者掌握冷冲模结构特点、工作原理,并能具备冷冲模识图能力;冲模零部件设计与选用内容中引用了GB与Face标准,引导读者掌握模具标准件的应用以及非标准件设计的基础知识。

第三、四、五、六章分别介绍了冲裁、弯曲、拉深、其他成形工序的工艺特点与模具设计方法。编写思路遵循工艺分析→工艺计算→结构设计→零件设计等冷冲模设计流程,指导读者养成良好的设计习惯;在基础知识讲述中,对于重点、难点知识均安排实例演示;每一章都配有思考与练习题,均为技能训练实例题,有益于知识的巩固以及关键能力的培养。

第七章为汽车覆盖件冲模设计。汽车覆盖件冲模居“十一五”重点发展模具种类之首,为帮助读者增大就业机率,特别安排了该内容;重点讲述了拉延、修边、翻边三大工艺特点与模具设计基础知识和方法。

全书采用模块式教材编写结构,章节编写思路遵循设计思路,符合理论联系实际的职业技术教育要求;第三章~第七章的内容相对独立,讲授或自学时可以根据需要进行取舍(讲授的参考教学时数为120学时);全书在内容上,在理论知识讲述中图文并茂、简明精练、通俗易懂,并针对重点、难点知识安排了实例演示,每一章又结合实际编写了设计示例,加强了实用性,适合开展案例教学,每章后配有适合技能提高的习题,有益于读者通过举一反三,提高能力。

本书得以完成,特别感谢湖南科技大学机电工程学院材料成形系主任伍先明副教授,感谢株洲职业技术学院机电工程系的领导、同事的关心,感谢本书参考、引用资料的有关作者。书中不足之处,敬请读者批评指正。

编者

2006年4月

目 录

第一章 冲压工艺基础	1
第一节 冲压加工概述	1
一、冲压加工与冲模	1
二、冲压模具的发展	2
三、冲压加工基本工序	3
第二节 冲压变形基础	4
一、冲压塑性变形	4
二、冲压成形的硬化现象	6
三、冲压成形的力学特点与成形质量	6
第三节 冲压常用材料	8
一、冲压材料性能要求	8
二、冲压常用材料性能与规格	9
三、冲压件选材实例	9
思考与练习	10
第二章 冲模设计基础	11
第一节 冲压设备	11
一、压力机的型号	11
二、压力机的分类	12
三、压力机的典型结构及工作原理	12
四、冲压设备的选用	16
第二节 典型冲模结构	19
一、冲模分类	19
二、按工序性质分类的典型冲模结构	19
三、按导向方式分类的典型冲模结构	21
四、按工序组合分类的典型冲模结构	22
第三节 冲模零、部件设计与选用	25
一、冲模结构组成	25
二、常用冲模材料	26
三、工作零件的设计	26
四、定位装置的设计与选用	33
五、退料、压料装置的设计与选用	41
六、支撑零件的设计	49
七、模架的设计与选用	51
八、其他零件的设计与选用	56
思考与练习	58

第三章 冲裁工艺与模具设计	61
第一节 冲裁变形分析	61
一、冲裁模工作过程	61
二、冲裁变形过程分析	61
第二节 冲裁工艺分析	62
一、冲裁件的结构工艺性	62
二、冲裁件的质量分析	63
第三节 冲裁工艺计算	65
一、冲裁间隙确定	65
二、凸模、凹模刃口尺寸计算	68
三、冲压力计算	74
四、压力中心计算	78
第四节 冲裁排样设计	81
一、材料的合理利用	81
二、搭边	81
三、排样设计	83
四、排样设计实例	86
第五节 冲裁模结构设计	87
一、冲裁模结构设计要点	87
二、冲裁模典型结构设计	87
第六节 冲裁模工作零件设计	95
一、凸模设计	96
二、凹模设计	98
三、凸凹模设计	100
四、凸、凹模镶拼结构设计	101
第七节 冲裁模设计实例	102
一、冲裁模设计要点	102
二、设计实例	103
思考与练习	107
第四章 弯曲工艺与模具设计	109
第一节 弯曲变形分析	109
一、弯曲模的工作过程	109
二、弯曲变形过程	109
三、弯曲变形分析	110
第二节 弯曲工艺分析	111
一、弯曲件工艺性	111
二、弯曲件的质量分析	117
第三节 弯曲工艺计算	122
一、弯曲件展开计算	122
二、弯曲力的计算	126
三、弯曲工序安排	127

第四节 弯曲模结构设计	129
一、简单 V 形制件弯曲模结构设计	130
二、L 形弯曲模结构	130
三、U 形制件弯曲结构设计	131
四、Z 形制件弯曲结构设计	133
五、JL 形制件弯曲结构设计	134
六、卷圆制件弯曲结构设计	135
七、铰链形件弯曲结构设计	136
八、弯曲压平成形结构设计	136
九、夹箍类成形结构设计	137
第五节 弯曲模零件设计	138
一、凸模与凹模的间隙	138
二、凸模、凹模尺寸设计	139
第六节 弯曲模设计实例	141
一、弯曲模设计要点	141
二、弯曲模设计实例	141
思考与练习	145
 第五章 拉深工艺与模具设计	147
第一节 拉深变形分析	147
一、拉深变形过程	147
二、圆筒形拉深件的变形分析	148
三、盒形拉深件成形变形分析	149
四、曲面形状零件的拉深	150
第二节 拉深工艺分析	151
一、拉深件的工艺性	151
二、拉深件常见的缺陷与对策	153
三、拉深工艺的辅助工序	155
第三节 拉深工艺计算	156
一、拉深毛坯尺寸计算	156
二、无凸缘圆筒形件拉深工序尺寸计算	165
三、带凸缘圆筒形拉深件工序尺寸计算	168
四、阶梯形拉深件工艺	175
五、曲面形状拉深件工艺	176
六、盒形拉深件工艺	180
七、拉深压料力的计算	183
八、拉深力的计算	184
第四节 拉深模结构设计	185
一、单工序拉深模	185
二、连续拉深模	189
三、复合拉深模	191
第五节 拉深模零件设计	192

一、凸模与凹模的间隙·····	192
二、凸模与凹模结构尺寸设计·····	193
三、压边装置的结构设计·····	195
第六节 拉深模设计实例·····	197
一、拉深模设计要点·····	197
二、球面罩拉深模设计·····	197
思考与练习·····	199
第六章 成形工艺与模具设计 ·····	201
第一节 翻孔工艺与模具设计·····	201
一、翻孔变形分析·····	201
二、翻孔工艺分析·····	202
三、翻孔工艺计算·····	204
四、翻孔模具设计·····	205
第二节 翻边工艺与模具设计·····	207
一、翻边变形分析·····	207
二、翻边工艺分析·····	208
三、翻边工艺计算·····	208
四、翻边模具设计·····	209
第三节 胀形工艺与模具设计·····	211
一、胀形变形分析·····	211
二、胀形工艺分析·····	212
三、胀形工艺计算·····	214
四、胀形模设计·····	215
第四节 缩口工艺与模具设计·····	217
一、缩口变形分析·····	217
二、缩口工艺分析与计算·····	218
三、缩口模设计·····	220
第五节 旋压工艺·····	221
一、旋压变形特点·····	221
二、旋压工艺分析·····	222
第六节 成形模结构设计实例·····	224
一、隔油片冲孔落料翻孔翻边复合模·····	224
二、罩盖胀形成形模·····	225
三、管接头缩口、扩口成形模·····	226
思考与练习·····	228
第七章 汽车覆盖件冲模设计 ·····	230
第一节 汽车覆盖件冲模设计基础·····	230
一、概述·····	230
二、汽车覆盖件模具种类·····	232
第二节 汽车覆盖件工艺分析·····	232

一、成形的可行性分析·····	232
二、汽车覆盖件拉延工艺·····	233
三、汽车覆盖件修边工艺·····	235
四、汽车覆盖件翻边工艺·····	236
第三节 汽车覆盖件拉延模设计·····	237
一、汽车覆盖件拉延模结构设计·····	237
二、汽车覆盖件拉延模零件设计·····	239
第四节 汽车覆盖件修边模设计·····	244
一、汽车覆盖件翻边模结构设计·····	244
二、汽车覆盖件翻边模零件设计·····	245
第五节 汽车覆盖件翻边模结构设计·····	247
第六节 汽车覆盖件模结构设计实例·····	249
一、散热器罩工艺设计·····	249
二、散热器罩拉延模结构设计·····	250
三、散热器罩切边冲孔模结构设计·····	251
四、散热器罩翻边模结构设计·····	252
思考与练习·····	252
参考文献·····	254

第一章 冲压工艺基础

第一节 冲压加工概述

一、冲压加工与冲模

冲压加工是利用安装在压力机上的模具，对板料施加压力，使板料在模具里产生变形或分离，从而获得一定形状、尺寸和性能的产品零件的生产技术。由于冲压加工经常在常温状态下进行，因此也称冷冲压。冷冲压是金属压力加工方法之一，它是建立在金属塑性变形理论基础上的材料成形技术，冲压加工的原材料一般为板料，故也称板料冲压。

冲模是指装在各种压力机上，使材料发生分离或变形的模型或工具，是冲压加工中关键的工艺装备。冷冲模（见图 1-1）是以其特定的形状，通过一定的方式使原材料成形。如图 1-2 所示，在冲压零件的生产中，合理的冲压成形工艺、先进的模具、高效的冲压设备是必不可少的三要素。

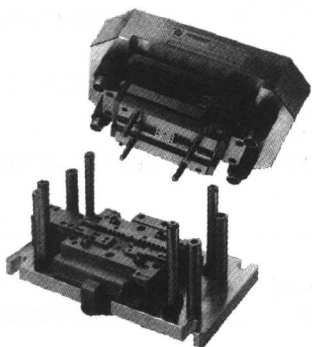


图 1-1 冷冲模

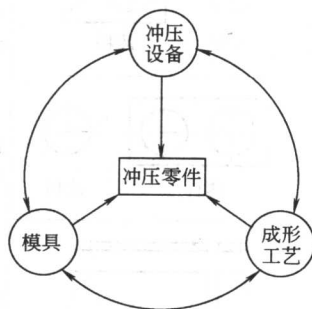


图 1-2 冲压零件质量的影响因素

冲压生产靠模具和压力机完成加工过程，与其他加工方法相比，在技术和经济方面有如下特点。

- (1) 冲压件的尺寸精度由模具来保证，所以质量稳定，互换性好。
- (2) 由于利用模具加工，所以可获得其他加工方法所不能或难以制造的壁薄、质量轻、刚性好、表面质量高、形状复杂的零件。
- (3) 冲压加工一般不需要加热毛坯，也不像切削加工那样，大量切削金属，所以它不但节能，而且节约金属。
- (4) 对于普通压力机每分钟可生产几十件，而高速压力机每分钟可生产几百至上千件。所以它是一种高效率的加工方法。

由于冲压工艺具有上述突出的特点，因此在国民经济各个领域广泛应用，如航空航天、机械、电子信息、交通、兵器、日用电器等产业都有冲压加工。不但产业界广泛用到它，而且每个人每天都直接与冲压产品发生联系。

冲压加工也存在一些缺点，其主要表现在冲压加工时的噪声、振动两种公害。这些问题并不完全是冲压工艺本身带来的，而主要是由于传统的冲压设备落后所造成的。随着科学技术的进步，这两种公害会得到一定程度的解决。

二、冲压模具的发展

随着工业产品质量的不断提高，冲压产品生产正呈现多品种、少批量、复杂、大型、精密、更新换代速度快的变化特点，现代冷冲模正朝着以下几个方向发展。

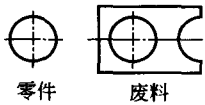
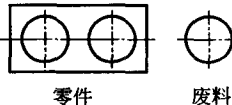
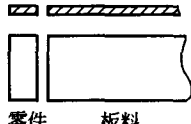
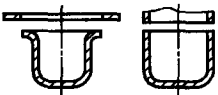
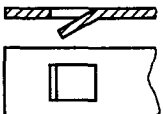
(1) 发展高效模具。对于大批量生产用模具，应向高效率方向发展，如为了适应当前高速压力机的使用，应发展多工位级进模以提高生产率。

(2) 发展简易模具。对于小批量生产用模具，为了降低成本，缩短模具制造周期，应尽量发展简易模具和组合模具。

(3) 发展高寿命模具。高效率的模具必然需要高寿命，否则将造成频繁的模具拆装和整修或需要更多的备模。为了达到高寿命的要求，除模具本身结构优化外，还要对材料的选用和热处理、表面强化技术予以开发和创新。

(4) 发展高精度模具。要实现模具的高精度，在模具设计与制造中一定要采用高精度加工设备和高技术加工工艺。因此，在今后的模具加工中，除了进一步发展数控机床和加工中

表 1-1 分离工序

工序名称	简 图	特点及应用范围	应用实例
落料		用冲模沿封闭轮廓曲线冲切，封闭线内是制件，封闭线外是废料。用于制造各种形状的平板零件	垫圈外形、定子与转子冲片外形等
冲孔		用冲模沿封闭轮廓曲线冲切，封闭线内是废料，封闭线外是制件。用于零件上去除废料	垫圈内孔、转子内孔、合页螺钉孔等
切断		用剪刀或冲模沿不封闭曲线切断，多用于加工形状简单的平板零件	冲压前的剪板、级进模的废料切断等
切边		将成形零件的边缘修切整齐或切成一定形状	电动机外壳的切口、相机外壳的切口、水槽切边等
切舌		将材料沿敞开轮廓局部而不是完全分离的一种冲压工序	电源触片、某些级进模定距等
剖切		把冲压加工后的半成品切开成为两个或数个零件，多用于不对称零件的成双或成组冲压成形之后	

心机床外,还要发展模具计算机辅助设计(CAD)、计算机辅助分析(CAE)、计算机辅助制造(CAM)、计算机集成制造(CIM)等高新技术。这些技术是提高模具设计与制造精度、提高效率、科学管理的有效措施之一。

目前,中国模具工业水平与工业发达国家相比还有一定的距离。要提高生产技术水平需从以下几个方面着手。

(1) 经常对模具设计人员、工艺人员、生产技术工人技术水平进行继续教育,就模具的品种、数量、质量、寿命、成本、精度、标准化程度与先进国家和地区进行对比分析,找出差距,提出改进措施。

(2) 不断研制新的模具结构、新材料、新工艺及新设备。

(3) 合理组织和调整生产体系,加强经营管理水平。

(4) 大力开展模具标准化及系列化生产。

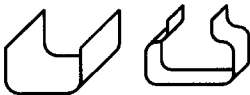
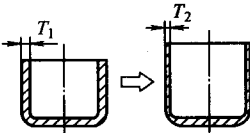
(5) 加强人员培训和技术情报交流。

(6) 坚持对外开放和先进技术、设备引进工作。

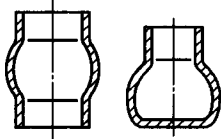
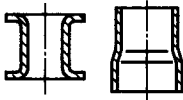
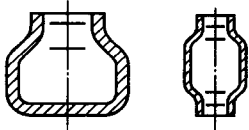
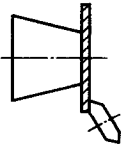
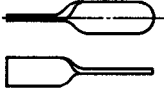
三、冲压加工基本工序

冲压加工的零件,由于其形状、尺寸、精度要求、生产批量、原材料性能等不同,生产中所采用的工艺方法也就多种多样,概括起来可以分为两大类,即分离工序和变形工序。分离工序是指使板料按一定的轮廓线分离而得到一定形状、尺寸和切断面质量的冲压件,可分为冲孔、落料、切边等,具体见表1-1。变形工序是使冲压件在不破坏的条件下发生塑性变形,转化成所要求的制件形状,可分为弯曲、拉深、翻孔、翻边、胀形、缩口等,具体见表1-2。

表 1-2 变形工序

工序名称		简 图	特点及应用范围	应用实例
弯曲	角度弯曲		把板材料沿直线弯成各种形状,可以加工形状较复杂的零件	机壳、灯罩、自行车把、电极触片等
	卷圆		把板材料端部卷成接近封闭的圆头,用以加工类似铰链的零件	门合页、铰链、器皿外缘、果汁饮料易拉罐等
拉深	不变薄拉深		把板材料毛坯形成各种开口空心的零件	电动机外壳、饭盆、口杯、瓶盖等
	变薄拉深		把拉深加工后的空心半成品进一步加工成为底部厚度大于侧壁厚度的制件	高压锅、碳酸饮料易拉罐等
翻孔			在板材或半成品上冲制成具有一定高度开口的直壁孔部	各种机壳螺纹孔、冲压件铆接部位等

续表

工序名称	简 图	特点及应用范围	应 用 实 例
翻边		在板材料或半成品的边缘按曲线或圆弧翻成竖立的边缘	VCD 外壳、某些月饼盒等
拉弯		在拉力与弯矩共同作用下实现弯曲变形,可得精度较好的制件	车把、车梁、沙滩椅等
胀形		将空心毛坯,形成各种凸肚曲面形状的制件	围棋盒、铃铛、水管头等
起伏		在板材毛坯或零件的表面上用局部成型的方法制成各种形状的突起与凹陷	脸盆、车轮挡泥板、电池正极片等
扩口		在空心毛坯或管状毛坯的某个部位上使其径向尺寸扩大的变形方法	管接头、器皿口部等
缩口		在空心毛坯或管状毛坯的口部使其径向尺寸减小的变形方法	水壶、压力容器等
旋压		在旋转状态下用辊轮使毛坯逐步变形的的方法	水壶缩口、弹片等
扭曲		把冲裁后的半成品扭转成一定角度	各种换向传动连杆等

第二节 冲压变形基础

一、冲压塑性变形

(一) 塑性变形

冲压加工利用的是金属材料的塑性能，即外力去除后变形仍不消失的特性。引起塑性变形的原因是金属所受的外加工应力超过了其屈服强度。塑性变形不仅改变了金属的外形尺寸，还会使其内部组织与性能发生变化。

当冲压材料中某点处于单项应力状态时，只要该向应力达到材料的屈服强度，该点就开



始屈服,于是弹性状态进入塑性状态。可是对于复杂应力状态,就不能仅仅根据一个分量来判断一点是否已经屈服,还要同时考虑其他应力分量的作用。只有当各个应力分量之间符合一定的关系时,该点才开始屈服。这种关系称为屈服准则,或叫屈服条件、塑性条件。

(二) 塑性变形影响因素

1. 金属组织对金属塑性的影响

研究表明,金属塑性变形的的基本方式是滑移和孪生,其中滑移是最主要的变形方式。所谓滑移是金属晶体的一部分沿一定晶面和晶向对于另一部分发生滑动位移的现象。金属晶体经过滑移变形后,其表面会留下变形的痕迹,将之称为滑移带,而滑移带是由许多平行的滑移线组成,如图 1-3 所示。滑移变形是不均匀的,它集中发生在某些晶面上,不难理解原子间距越大,原子间结合力越小,越容易发生滑移,图 1-4 所示晶面Ⅰ较晶面Ⅱ更容易发生滑移变形。由此可以发现金属塑性变形和金属组织相关。组成金属的化学成分、晶格类型、晶粒大小、晶界强度、杂质情况等均对金属的塑性变形有一定的影响。

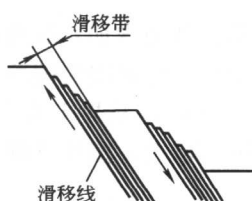


图 1-3 滑移带和滑移线

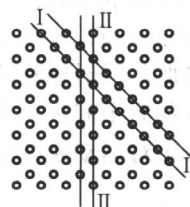


图 1-4 晶格中不同的晶面

2. 变形温度对金属塑性的影响

常温下进行塑性变形伴随有晶粒的变形,如图 1-5 (a) 所示,由于晶粒内和晶界上位错数目的增加,还会导致加工硬化。为此在冲压工艺中,有时也采用加热成形方法,如图 1-5 (b) 所示,明显热加工后变形晶粒立即发生再结晶,形成新的细化晶粒,从而消除加工硬化。加热成形可以提高塑性,增加材料在一次成形中所能达到的变形程度;降低材料的变形抗力;提高工件的成形准确度。但是加热也会对材料产生一些不利影响,如氢脆、氧化、脱碳等,所以在制定工艺时要充分考虑。

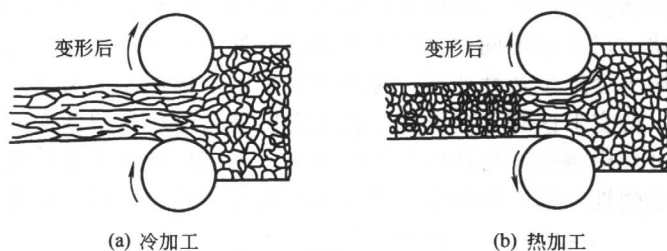


图 1-5 冷、热加工的组织比较

3. 变形速度对金属塑性的影响

通常以压力机滑块的移动速度近似说明金属的变形速度,变形速度对材料成形有着非常复杂的影响,实际中往往是凭生产经验而定。

(1) 对于小零件的冲压工序,如冲裁、弯曲、拉深、翻边等,一般可以不考虑速度因素,只需考虑设备的构造、公称压力、功率等。

(2) 对于大型复杂零件的成形,宜用低速。因为大尺寸复杂零件成形时,坯料各部分的

变形极不均匀,易于产生局部拉裂或起皱。为了便于控制金属的流动情况,以采用低速压力机或液压机为宜。

(3) 对于加热成形工序,如加热拉深、加热缩口等,为了使坯料中的危险断面能及时冷却硬化,宜用低速。

(4) 对于变形速度比较敏感的材料,如不锈钢、耐热合金、钛合金等,加载速度不宜超过 0.25m/s 。

4. 制件尺寸对金属塑性的影响

同一种材料,在其他条件相同时,尺寸越大,塑性越差。这是因为,材料尺寸越大,组织和化学成分越不一致,杂质分布越不均匀,应力分布也不均匀。例如,厚板冲裁,产生剪裂纹时凸模挤入板料的深度与板料厚度的比值(称相对挤入深度)比薄板冲裁时小。

二、冲压成形的硬化现象

金属材料在冲压加工中会引起材料性能的变化,随着变形程度的增加,所有强度指标均增加,硬度也增加,同时塑性指标降低,这种现象称为加工硬化。这是因为随着变形量的增加,金属晶体中各原子间失去了正常的相邻关系,晶格发生畸变,各晶界上发生严重塞积,导致金属内部的相对运动越来越困难,金属继续塑性变形的抗力增大,塑性下降,强度、硬度升高。

材料不同,变形条件(变形温度、变形速度)不同,其加工硬化的程度也就不同。材料加工硬化不仅使所需要的变形力增加,而且对冲压成形有较大影响,有时是有利的,有时是不利的。例如,胀形工艺中,板材的硬化能够减少过大的局部集中变形,使变形趋向均匀,增大成形极限;而在翻孔工序中,翻孔前冲孔边缘部分材料的硬化容易导致翻孔时产生开裂,则降低了极限变形程度。加工硬化有时会导致制件无法成形,这时需要采取优化制件结构、加工工艺、加热冲压、选择合适材料等措施来预防、减少。

三、冲压成形的力学特点与成形质量

(一) 冲压成形的力学特点

冲压成形时,毛坯内各处的应力应变状态都不相同,在应力状态满足屈服准则的区域内产生塑性变形,称为塑性变形区(简称变形区)。在不同的冲压工序中,随着外力作用方式和毛坯及模具的形状、尺寸的不同,毛坯上变形区所处的部位也不相同。应力状态应该满足屈服准则,受力区域不会产生塑性变形,称为非变形区。根据变形情况,非变形区又可以进一步分为已变形区、待变形区和不变形区。已变形区是已经历过塑性变形的部分;而待变形区是在以后的变形过程中将要参与塑性变形的部分;不变形区是在变形全部过程中都不参与变形(或只有很小的塑性变形)的部分。当不变形区受力的作用时,称为传力区。图 1-6 所

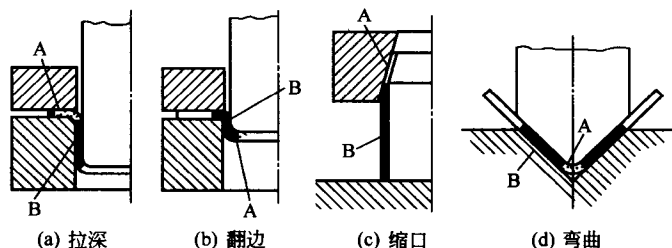


图 1-6 冲压时板料各区划分举例

A—变形区; B—传力区

示为冲压时板料各区划分举例。

冲压成形时,毛坯变形区的力学状态(包括应力状态和应变状态)不仅从变形力学方面决定了冲压工序的性质,而且与成形极限、成形质量以及所需变形力或变形功都有密切的关系。它是制定冲压成形工艺规程、设计成形模具和确定成形极限参数的主要依据。研究冲压成形过程,必须全面、清晰地了解整个变形区的应力应变状态特征以及在应力应变场中连续变化的规律,这样才能从本质上揭示各种成形方式之间的力学特点,并根据这些特点对各种冲压成形方法进行分类。

在板料冲压成形各工序中,除宽板弯曲变形工艺(由于弯曲变形使材料变薄,材料在厚度方向的相互挤压作用产生压应力,因而造成三向应力状态)外,垂直于板料平面的应力数值很小,可以认为 $\sigma_t \approx 0$ 。使毛坯产生变形的应力是板平面内相互垂直的径向应力 σ_p 和切向应力 σ_θ 。因此,板料冲压成形(除宽板弯曲变形外),一般可作为平面应力问题来处理,如图1-7所示。

图1-7(a)、(b)所示的胀形和翻边工艺,为两向受拉的应力状态,在变形中材料发生变薄现象。

图1-7(c)所示的扩口变形为一拉一压,以拉为主的应力状态,其切向应力 σ_θ 的绝对值大于径向压应力 σ_p 的绝对值,根据体积不变条件分析,厚度方向变形为负,材料变薄。

图1-7(d)所示为拉深变形,既受压应力,也受拉应力,以压应力为主的应力状态,由于 σ_θ 的绝对值小于 σ_p 的绝对值,所以材料变厚。

图1-7(e)所示为缩口工艺,为两向受压的应力状态,材料厚度增厚。

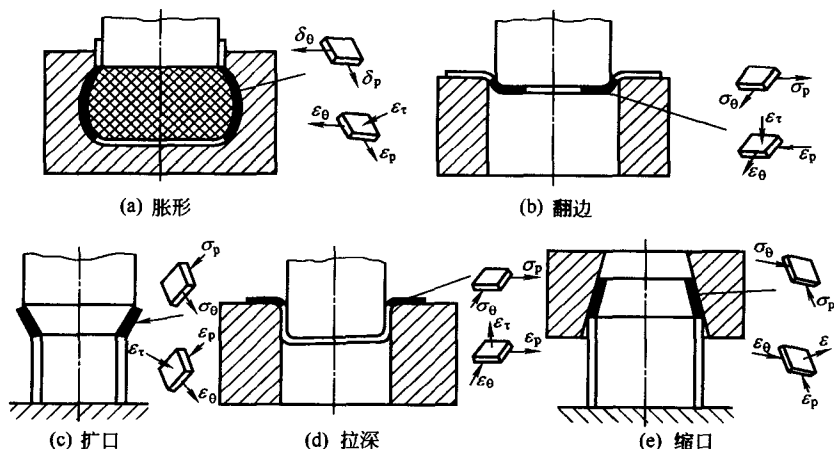


图 1-7 板料冲压成形基本应力应变状态及实例

(二) 提高成形极限的措施

综上所述,平面应力状态下,有伸长类变形和压缩类变形,它们在变形力学上有本质差别,在成形过程中出现的问题和解决的方法也完全不同。为实现成形工序数最少,必须提高材料的成形极限。

1. 提高伸长类变形成形极限的措施

(1) 减少变形区不均匀程度 伸长类变形的拉裂是因为局部过度变薄而出现的,因此应尽量减少局部的集中变形,使总体均匀变形程度增加,如在胀形时润滑凸模可使变形趋于均匀;采用抗加工硬化效果好的材料,也能防止产生过分集中的局部变形,使胀形、翻孔、扩口等伸长类变形的成形极限提高。