

模具设计与制造简明手册

(第 三 版)

冯炳尧 韩泰荣 蒋文森 编

丁战生 审

上海科学技术出版社

内 容 提 要

本手册共五篇。前三篇分别叙述了冲压挤压模设计、塑料模设计、金属压铸模及其他模设计。第四篇介绍了模具材料和热处理,末篇综述了模具制造。附录中列出了与模具设计制造有关的通用数据表和模具名词术语汉英对照。全书文字简明,图表数据翔实,阐明有关成形工艺特点、模具设计一般原则及制造要点,并举以典型实例。

本书主要供从事模具设计、制造的技术人员阅读,也适于大专院校模具、机械加工、塑性成形等专业的师生参考。

第三版前言

本手册第一版作为教学用书,自 1985 年出版以来深受大中专院校模具专业师生欢迎,多次重印并获机械电子工业部优秀教材二等奖。1998 年第二版对 1985 年初版本的修订,主要是充实了模具设计与制造的具体内容,为实际工作的模具设计制造人员提供了更加翔实的资料,更具手册特点。但体例仍是前三章为模具设计,末章为模具制造。

为适应模具技术的迅速发展,本次对第二版进行全面修订,由原来的四章改列为五篇。第一、二篇仍为冷冲模、塑料模设计。第三篇改为“金属压铸模和其他模设计”,增加了粉末冶金模和橡胶模。新增了第四篇“模具零件热处理和模具材料”。原来的第四章改为第五篇,内容仍是模具制造。经修订后的手册,模具设计部分,详细叙述模具零部件设计方法和各类模具的设计要点,列举了各类典型结构图例,重点放在近年发展并应用的高效、高精度模具上,还增加了自动模及冲压安全技术。模具材料部分,着重介绍模具新材料的性能和热处理规范,列出了模具钢中外对照。模具制造部分,突出新工艺、新设备,诸如数控铣加工和电加工,以及模具装配实例。

修订后的手册,文字叙述简赅。在提纲挈领的文字后,集中列出模具结构图和表,而在表中,大都先示出简图,再给出计算公式、数据或说明,从而使自第一版以来形成的文字简明、数据翔实、图例典型实用的特点更为鲜明,呈现给读者一册“便览”。

本书两次修订的主要人员都是原编者。因此,对内容的推陈出新,都有一以贯之的明确思路。参加本次修订工作的是江苏信息职业技术学院(原无锡无线电工业学校)的冯炳尧、韩泰荣等 5 人。冯炳尧撰写第一、四篇,韩泰荣撰写第二篇,第三篇由韩泰荣和冯炳尧合写,第五篇由冯炳尧和蒋文森合写,其中的加工实例由曹明、葛伟杰撰写。全书冯炳尧任主编,韩泰荣任副主编。审者仍是丁战生,系中国机械工业科技专家、无锡模具厂总工程师。

限于编者水平,书中恐有诸多讹误疏漏,敬请读者提出批评建议,俾便再版时改进。

编者

2008 年 3 月

目 录

第一篇 冲压与挤压模设计

第一章 冲压用原材料	2	(五) 精度和尺寸偏差	46
一、材料的性能和试验方法	2	(六) 断面粗糙度和毛刺	48
(一) 材料性能	2	二、精冲件	48
(二) 材料性能试验方法	3	(一) 圆角半径	48
1. 板材拉伸试验 2. 工艺试验		(二) 孔径和孔间(边)距	49
二、材料规格和成形性能指标	11	(三) 槽宽和槽边距	49
(一) 黑色金属	11	(四) 窄悬臂	49
1. 钢板和钢带 2. 镀层钢板和钢带 3. 叠层复合板		(五) 齿形	49
(二) 有色金属	18	(六) 精冲件精度	50
1. 铝及铝合金板、带材 2. 铜及铜合金板、带材 3. 镍及镍合金板、带材 4. 铝、铜及其合金牌号对照		(七) 精冲件材料	51
(三) 非金属	25	(八) 断面粗糙度和毛刺、塌角	51
三、理论重量	26	三、弯曲件	52
第二章 冷冲压设备	29	(一) 最小弯曲半径	52
一、曲柄压力机	29	(二) 弯边高度	53
(一) 主要技术参数	29	(三) 孔边距	53
1. 公称压力 2. 滑块行程 3. 滑块行程次数 4. 闭合高度和装模高度 5. 工作台(垫板)、滑块底面尺寸		(四) 工艺切口(槽)	53
(二) 精度	30	(五) 形状	53
(三) 技术规格	31	(六) 弯曲件精度	53
(四) 压力机型号选择	35	四、拉深和成形件	55
二、高速压力机	37	(一) 圆角半径	55
三、精冲压力机	38	(二) 形状	56
四、拉深压力机	41	(三) 尺寸标注要求	56
五、冷挤压机	42	(四) 拉深和成形件精度	56
第三章 冲压件工艺性	44	五、挤压件	57
一、冲裁件	44	(一) 形状	57
(一) 最小冲孔尺寸	44	(二) 尺寸	57
(二) 凸凹部分尺寸	45	1. 反挤压件 2. 正挤压件 3. 复合挤压件	
(三) 孔间距和孔壁距	45	(三) 精度	58
(四) 圆角半径	46	(四) 材料	59
		六、冲压件结构工艺性的改善	59
		第四章 冲裁模设计	61
		一、冲裁间隙	61
		二、凸、凹模刃口尺寸	66
		三、排样	69
		四、搭边和条料宽度	70

五、冲裁工艺力和压力中心	73	八、弯曲件质量分析	160
六、冲裁模的类型和基本构成	79	第六章 拉深模设计	161
(一) 冲裁模的分类方式	79	一、旋转体件拉深	161
(二) 基本构成	80	(一) 圆筒形件拉深变形特点	161
七、零部件结构	81	(二) 毛坯尺寸	161
(一) 凸模与凹模	81	(三) 变形程度	169
1. 刃口形式 2. 凸、凹模的类型和紧固方式		(四) 无凸缘圆筒形件拉深	172
3. 凸模长度和凹模外形尺寸 4. 凸凹模的最		(五) 带凸缘圆筒形件拉深	173
小壁厚		(六) 阶梯形件拉深	176
(二) 导料、侧压装置	89	(七) 锥形件拉深	177
(三) 定距定位装置	90	二、盒形件拉深	179
(四) 卸料(件)装置	96	(一) 变形特点	179
(五) 弹顶、推出装置	99	(二) 毛坯形状	180
(六) 模柄和模座	101	(三) 变形程度	181
(七) 零件材料与热处理	103	(四) 工序尺寸计算	182
八、冲裁模结构设计	104	三、带料连续拉深	185
(一) 单工序模	104	四、变薄拉深	188
1. 设计要点 2. 典型结构		五、压边和压边力	188
(二) 复合模	111	六、拉深力和拉深功	190
1. 设计要点 2. 典型结构		七、拉深凸、凹模设计	191
(三) 级进模	116	(一) 凸、凹模工作部分尺寸	191
1. 设计要点 2. 典型结构		(二) 凸、凹模间隙	193
九、精冲工艺和精冲模具	120	(三) 圆角半径	194
(一) 齿圈压板精冲	120	(四) 底部形状和排气孔	195
(二) 精冲模具的基本类型	123	(五) 材料选用	195
1. 活动凸模式精冲模 2. 固定凸模式精冲模		八、拉深模结构设计	196
(三) 模具零件的安装方式和配合尺寸要求	126	(一) 首次拉深模	196
(四) 典型结构	129	(二) 后次拉深模	196
(五) 零件材料及精冲辅助工序	133	(三) 反拉深模	196
1. 零件材料 2. 精冲辅助工序		(四) 复合拉深模	198
十、冲裁件质量分析	134	(五) 连续拉深模	200
第五章 弯曲模设计	136	(六) 变薄拉深模	205
一、弯曲件的展开长度	136	九、拉深辅助工序	207
二、弯曲件回弹	138	十、拉深件质量分析	209
三、弯曲力	140	第七章 成形模设计	210
四、凸、凹模设计	141	一、胀形	210
(一) 凸、凹模工作部分尺寸	141	(一) 起伏成形	210
(二) 凸、凹模间隙	142	1. 压加强肋 2. 压凸台 3. 膜片成形	
(三) 其他结构尺寸	142	(二) 空心毛坯胀形	213
(四) 凸、凹模紧固方式	144	二、翻边	213
(五) 凸、凹模材料及热处理	146	(一) 内孔翻边	214
五、送料和托料方式	146	1. 圆孔翻边 2. 异形孔翻边	
六、弯曲工序安排和基本成形方法	149	(二) 外缘翻边	217
七、弯曲模结构设计	151	(三) 变薄翻边	218
(一) 设计要点	151	三、缩口	222
(二) 典型结构	151		

四、其他成形	223	(二) 自动取件模	285
五、成形工艺力	224	(三) 自动叠装模	288
六、成形模结构设计	224	(四) 子模结构的自动级进模	291
(一) 膜片成形模	224	三、冲压安全技术	292
(二) 罩盖胀形模	225	(一) 操作安全措施	292
(三) 镦压式胀形模	225	(二) 模具结构安全措施	292
(四) 三通管胀形模	225	(三) 设备安全措施	293
(五) 拉深件翻边模	228		
(六) 内外缘翻边模	228	第十章 模具零件、模架及典型组合	295
(七) 落料-拉深-冲孔-翻边复合模	228	一、模具零件	295
(八) 带夹紧装置的缩口模	230	(一) 凸模与凹模	295
第八章 挤压模设计	232	(二) 定位、定距零件	298
一、挤压基本方法	232	1. 挡料销(块) 2. 导正销 3. 侧刃、侧刃挡块	
二、变形程度	233	(三) 侧压与导料零件	305
三、挤压件图形与毛坯尺寸	235	(四) 卸料与弹顶零件	307
四、挤压力	239	1. 废料切刀 2. 卸料螺钉及其加长套 3. 顶板、顶杆与推杆	
五、凸、凹模设计	245	(五) 导向零件	312
(一) 结构形式和固定方式	245	1. 滑动导柱、导套 2. 滚动导柱、导套及钢球保持圈 3. 可卸导柱及其衬套 4. 小导柱、导套	
(二) 导向设计	248	(六) 支承零件	321
(三) 尺寸计算和其他尺寸参数	248	1. 单凸模固定板 2. 模柄 3. 带柄上模座	
(四) 预应力组合凹模	252	4. 铸铁模座 5. 弯曲模下模座	
(五) 凸、凹模的失效形式及材料选用	254	二、模架	336
六、卸件装置	255	(一) 模架的类型及分级技术指标	336
七、顶出装置	256	(二) 模架规格	339
八、挤压模结构设计	258	1. 滑动导向模架 2. 滚动导向模架	
(一) 设计要点	258	(三) 模板与垫板规格	362
(二) 典型结构	259	三、典型组合	364
1. 反挤压模 2. 正挤压模 3. 复合挤压模		(一) 固定卸料纵向送料	364
九、软化、表面处理和润滑	266	(二) 固定卸料横向送料	370
(一) 软化	266	(三) 弹压卸料纵向送料	376
(二) 表面处理	267	(四) 弹压卸料横向送料	382
(三) 润滑	268	(五) 复合模矩形厚凹模	388
十、挤压件质量分析	269	(六) 复合模矩形薄凹模	394
第九章 自动装置、自动模及冲压安全技术	271	(七) 复合模圆形厚凹模	400
一、自动装置	271	(八) 复合模圆形薄凹模	402
(一) 送料装置	271	(九) 弹压导板模纵向送料	404
1. 条料、卷料送料装置 2. 坯件送料装置		(十) 弹压导板模横向送料	408
(二) 取件装置	278	四、零件和冲模技术条件	412
(三) 理件装置	280	(一) 冲模零件技术条件	412
二、自动模	280	(二) 冲模技术条件	413
(一) 自动送料模	280		

第二篇 塑料模设计

第一章 塑料及其性能	416	1. 推杆推出 2. 推管推出 3. 推件板推出	
一、热固性塑料	416	4. 推块推出 5. 气压推出 6. 成形镶件和型腔推出 7. 多元件联合推出	
(一) 酚醛塑料	416	(二) 二次推出机构	496
(二) 氨基塑料	417	(三) 双推出机构	498
(三) 热固性塑料性能	418	(四) 辅助推出机构	498
二、热塑性塑料	422	(五) 其他推出机构	500
(一) 热塑性塑料和树脂缩写代号	422	(六) 复位机构	503
(二) 热塑性塑料性能	423	四、注射模典型图例	505
第二章 模塑工艺	430	(一) 热塑性塑料注射模	505
一、塑件工艺性和结构分析	430	(二) 热固性塑料注射模	511
(一) 工艺性	430	(三) 热流道注射模	511
1. 尺寸精度 2. 脱模斜度 3. 壁厚和圆角		五、模架组合与模具零件	515
4. 支承面和加强肋 5. 孔 6. 紧固支座		(一) 注射模中小型标准模架	515
7. 螺纹和齿轮 8. 文字、符号和凸凹纹 9. 嵌件		(二) 注射模大型标准模架	537
(二) 结构分析	439	(三) 模具零件结构及尺寸	545
二、模塑成形工艺	442	1. 成形零件 2. 导向零件 3. 浇注系统零件	
(一) 热固性塑料模塑成形工艺	442	4. 抽芯机构零件 5. 推出和复位机构零件	
(二) 热塑性塑料注射成形工艺	445	6. 定位和支承零件 7. 冷却系统零件	
三、塑件质量分析和模具调试	447	(四) 模具零件配合关系	573
第三章 模塑成形设备	457	(五) 模具零件计算	576
一、成形设备技术规格	457	(六) 模具零件常用材料	597
(一) 液压机	457	第五章 压缩模与压注模设计	600
(二) 注射机	460	一、压缩模设计	600
二、设备选择	465	(一) 施压方向	600
(一) 液压机选择	465	(二) 排气、溢料槽	600
(二) 注射机选择	469	(三) 承压面	601
第四章 注射模设计	471	(四) 卸模架	601
一、分型面与浇注系统	471	(五) 加热装置	603
(一) 分型面	471	(六) 成形零件	603
(二) 浇注系统	472	1. 凹模 2. 凸模 3. 螺纹型芯、型环	
1. 普通浇注系统 2. 无流道浇注系统		(七) 结构零件	607
二、侧向分型与抽芯机构	483	二、压注模设计	609
(一) 常用抽芯机构的特点及应用	483	(一) 浇注系统	609
(二) 斜销侧向分型与抽芯机构	484	(二) 排气槽	611
(三) 斜滑块侧向分型与抽芯机构	488	(三) 加料室	611
(四) 其他抽芯形式	491	(四) 压料柱塞	614
三、推出机构与复位机构	492	三、压缩模和压注模模架	615
(一) 一次推出机构	492	四、模具结构图例	630

第三篇 金属压铸模和其他模设计

第一章 金属压铸模设计	634	机构零件 7. 支承和限位零件	
一、压铸合金与压铸工艺	634	(二) 模具零件配合关系和表面粗糙度	708
(一) 压铸合金	634	(三) 模具零件计算	712
(二) 压铸工艺	635	(四) 模具零件常用材料	718
1. 压铸件工艺性 2. 压铸成形工艺参数			
二、压铸设备	641	第二章 其他模设计	719
(一) 压铸机分类和应用特点	641	一、粉末冶金模设计	719
(二) 压铸机规格	642	(一) 粉末冶金材料	719
(三) 液压抽芯器规格	650	1. 烧结钢 2. 有色金属烧结材料 3. 其他材料	
(四) 压铸机选择	650	(二) 粉末冶金件成形方法	722
三、分型面与浇注系统	654	(三) 压坯形状和精度	723
(一) 分型面	654	(四) 压坯密度和压制方式	724
(二) 浇注系统	656	(五) 不等高压坯和装粉高度	726
1. 直浇道 2. 横浇道 3. 内浇口 4. 溢流槽		(六) 压制上面的选择	727
5. 排气槽		(七) 精整	728
四、常用机构与压铸模图例	671	(八) 粉末冶金模图例	732
(一) 常用机构	671	二、橡胶模设计	737
1. 抽芯机构 2. 推出机构 3. 多次分型辅助机构 4. 先复位机构		(一) 橡胶及其性能	737
(二) 压铸模图例	683	(二) 橡胶制件工艺性	741
五、模具零件设计	686	(三) 压模设计要点	742
(一) 模具零件结构及尺寸	686	(四) 传递模设计要点	744
1. 模架零件 2. 成形零件 3. 导向零件		(五) 注压模设计要点	745
4. 浇注系统零件 5. 抽芯机构零件 6. 推出		(六) 橡胶模图例	746

第四篇 模具零件热处理和模具材料

第一章 模具零件热处理	754	六、氮碳共渗	775
一、常用热处理设备	754	七、渗硼	777
二、退火与正火	756	(一) 固体渗硼	777
(一) 分类	756	(二) 盐浴渗硼	779
(二) 规范	757	(三) 渗硼件缺陷	780
三、淬火与回火	759	第二章 模具材料	781
(一) 淬火	759	一、冷作模具钢	781
(二) 回火	765	(一) 一般性能要求	781
(三) 冷处理	767	(二) 冷作模具钢的性能和热处理规范	782
(四) 淬火、回火件缺陷	768	1. 碳素工具钢 2. 合金模具钢 3. 高速钢	
四、渗碳	769	4. 基体钢	
(一) 固体渗碳	769	二、塑料模具钢	787
(二) 气体渗碳	770	(一) 一般性能要求	787
(三) 渗碳件常用的热处理工艺	771	(二) 塑料模具钢的性能特点	787
(四) 渗碳件缺陷	772	1. 优质碳素塑料模具钢 2. 预硬化型塑料模	
五、渗氮	772		

具钢 3. 渗碳型塑料模具钢 4. 时效硬化型塑料模具钢 5. 耐腐蚀型塑料模具钢	
三、热作模具钢	790
(一) 一般性能要求	790
(二) 热作模具钢的性能和热处理规范	790
四、无磁模具钢	791
五、硬质合金和钢结硬质合金	791
(一) 硬质合金	791
(二) 钢结硬质合金	791
六、国外模具钢	793
七、模具材料选用和牌号对照	801
第五篇 模 具 制 造	
第一章 毛坯制备和标准模板	806
一、毛坯制备	806
(一) 锻件下料尺寸	806
(二) 锻造工艺	807
1. 坯料准备 2. 坯料加热 3. 自由锻锤选择	
4. 锻造方法 5. 锻件冷却	
(三) 模具钢锻造和退火工艺规范	809
二、标准模板	811
第二章 铣削加工	812
一、立铣、万能工具铣加工	812
(一) 立式铣床和万能工具铣床规格	812
(二) 加工工艺	813
二、数控铣加工	815
(一) 铣床技术规格和坐标系	815
(二) 数值计算和处理	817
1. 基点和节点 2. 刀具中心轨迹 3. 尺寸换算和公差转换	
(三) 指令代码和程序格式	819
1. 代码类别 2. 程序格式 3. 指令代码的应用 4. 不同编辑指令系统	
(四) 数控加工工艺及加工实例	836
1. 加工工艺 2. 加工实例	
第三章 磨削加工	847
一、平面磨削	847
(一) 平面磨床主要技术规格	847
(二) 平面磨削夹具	847
(三) 平面磨削工艺	851
二、外圆磨削	853
(一) 外圆磨床主要技术规格	853
(二) 外圆磨削工艺	853
三、内圆磨削	856
(一) 内圆磨床主要技术规格	856
(二) 内圆磨削工艺	856
四、成形磨削	858
(一) 工具曲线磨床主要技术规格	858
(二) 成形磨削方法	859
1. 成形砂轮磨削法 2. 利用夹具的成形磨削	
法 3. 工具曲线磨床上成形磨削	
五、光学曲线磨削	871
(一) 光学曲线磨床主要技术规格	871
(二) 光学曲线磨削工艺	871
1. 绘制放大图 2. 工件装夹和定位 3. 照明方式 4. 磨削方法	
六、坐标磨削	875
(一) 坐标磨床主要技术规格	875
(二) 坐标磨削工艺	876
1. 磨削方法 2. 基准选择和工件装夹 3. 磨削顺序 4. 砂轮选择 5. 磨削余量和磨削用量选择 6. 工件处理	
(三) 坐标磨削实例	880
第四章 坐标镗削加工	883
一、坐标镗床主要技术规格	883
二、加工工艺	883
(一) 基准找正	883
(二) 孔系加工	885
(三) 划线和冲中心孔	890
第五章 电火花加工	891
一、电火花成形加工	891
(一) 机床主要技术规格	891
(二) 电火花成形加工工艺	893
1. 成形加工基本方法 2. 电规准选择 3. 电极设计 4. 工作液和排屑方法	
(三) 机床专用附件	911
(四) 电火花加工实例	911
二、电火花线切割加工	913
(一) 机床主要技术规格	913
(二) 线切割加工工艺	915
1. 电参数对工艺指标的影响 2. 非电参数对工艺指标的影响	
(三) 编程方法	916
1. 人工编程基本规则 2. ISO 代码编程 3. 计算机自动编程	
(四) 线切割加工实例	920

第六章 其他加工	925	(二) 研抛工艺	939
一、型腔冷挤压加工	925	(三) 研抛工具	940
(一) 型腔冷挤压设备	925	五、镀铬	941
(二) 型腔冷挤压工艺	925	(一) 模具镀铬前准备	941
(三) 实例和废品分析	928	(二) 阳极、辅助阳极和阴极挂具、辅助阴极	942
二、电铸	930	(三) 镀铬液配方、配制及维护	943
(一) 电铸工艺过程	930	(四) 镀铬工艺过程	944
(二) 母模制备	930	第七章 模具装配	945
(三) 电铸方法	932	一、冲模装配	945
三、型腔表面花纹加工	934	(一) 冲模零件组装	945
(一) 照相腐蚀法	934	(二) 凸、凹模间隙控制方法	952
1. 画稿 2. 制版 3. 模具零件的要求		(三) 冲模装配实例	954
(二) 丝印转移腐蚀法	937	二、型腔模装配	956
(三) 亚光型面电火花法和喷砂(丸)法	937	(一) 型腔模零件组装	956
四、模具型面研抛	937	(二) 型腔模装配实例	961
(一) 研磨剂	937		
		附录	
		一、公差和配合	965
		二、形状和位置公差	976
		三、弹簧和聚氨酯弹性体	979
		四、紧固连接件	986
		五、螺钉(螺栓)安装和连接尺寸	990
		六、模具名词及相关术语汉英对照	991
参考文献	995		

第一篇 冲压与挤压模设计

- 第一章 冲压用原材料
- 第二章 冷冲压设备
- 第三章 冲压件工艺性
- 第四章 冲裁模设计
- 第五章 弯曲模设计
- 第六章 拉深模设计
- 第七章 成形模设计
- 第八章 挤压模设计
- 第九章 自动装置 自动模及冲压安全技术
- 第十章 模具零件 模架及典型组合

第一章 冲压用原材料

一、材料的性能和试验方法

(一) 材料性能

冲压用原材料包括金属材料和非金属材料。金属材料的性能常用弹性指标、塑性指标和强度指标来表示。金属材料的主要性能指标及其含义见表 1-1-1。

表 1-1-1 金属材料的主要性能指标及含义

类别	性能指标			涵义说明
	名称	符号	单位	
弹性指标	弹性模量	E	MPa	金属材料在弹性范围内,外力和变形成比例地增长,即应力与应变成正比关系时(符合虎克定律),这个比例系数就称为弹性模量。根据应力、应变的性质通常又分为弹性模量(E)和切变模量(G)。弹性模量的大小,相当于引起物体单位变形时所需应力的大小,弹性模量愈大,刚度也愈大,亦即在一定应力作用下,发生的弹性变形愈小。对于要求弹性变形较小的零件,必须选用弹性模量大的材料
	切变模量	G	MPa	
塑性指标	伸长率 $L_0 = 5d$ $L_0 = 10d$	$\delta(A)$ $\delta_5(A)$ $\delta_{10}(A_{11.3})$	%	金属材料受外力作用被拉断以后,在标距内总伸长长度同原来标距长度相比的百分数,称为伸长率。根据试样长度的不同,通常用符号 δ_5 或 δ_{10} 来表示; δ_5 是试样标距长度为其直径 5 倍时的伸长率, δ_{10} 是试样标距长度为其直径 10 倍时的伸长率
	断面收缩率	$\psi(Z)$	%	金属材料受外力作用被拉断以后,其横截面的缩小量与原来横截面积相比的百分数,称为断面收缩率。 δ 、 ψ 的数值愈高,表明这种材料的塑性愈好,易于进行压力加工
强度指标	屈服点	σ_s	MPa	金属材料受载荷时,当载荷不再增加,但金属材料本身的变形却继续增加,这种现象叫做屈服。产生屈服现象时的应力,叫屈服点
	屈服强度	$\sigma_{0.2}$	MPa	金属材料发生屈服现象时,为便于测量,通常按其产生永久残余变形量等于试样原长 0.2% 时的应力作为屈服强度,或称条件屈服极限
	抗剪强度	τ	MPa	指外力是剪切力时的强度极限
	强度极限	σ	MPa	指金属材料受外力作用,在断裂前,单位面积上所能承受的最大载荷
	抗拉强度	$\sigma_b(R_m)$	MPa	指外力是拉力时的强度极限,它是衡量金属材料强度的主要性能指标
	抗弯强度	σ_b 或 σ_w	MPa	指外力是弯曲力时的强度极限

注:带括号的符号为 GB/T 228—2002 规定的符号。

冲压用原材料、模具和冲压设备是冲压加工的三项基本要素。冲压用板料的冲压性能对工件的质量、模具寿命以及加工能量消耗产生重要影响。板料的冲压性能包括冲压分离性能和冲压成形性能。板料的冲压分离性能对工件的尺寸精度、断面质量产生直接影响。板料的成形性能包括多个要素,狭义地可以把板料开始出现破裂时

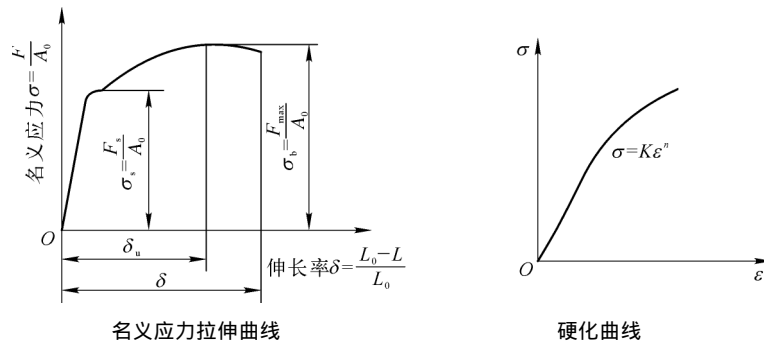
的极限变形程度作为衡量板料冲压成形性能好坏的依据。

(二) 材料性能试验方法

1. 板材拉伸试验

板材拉伸试验试样从待试验的板材上截取。根据原材料厚度的不同,试样宽度采用 10、15、20、30 mm 四种。试样的长度按 GB/T 228—1987 确定。板材拉伸曲线和相关指标的含义见表 1-1-2。

表 1-1-2 板材拉伸曲线和相关指标含义



性能指标			涵义说明
名称	符号	单位	
屈服点	σ_s $\sigma_{0.2}$	MPa	屈服点一般与拉伸类成形性能成相反关系。 σ_s 愈低,其成形形状的稳定性愈高。板材拉伸曲线屈服点不明显时,可以取残余应变 0.2% 的名义应力
抗拉强度	σ_b	MPa	拉伸力达到最大值时,板材将进入拉伸失稳状态。 σ_b 愈高,冲压成形力愈大
屈强比	σ_s/σ_b		屈强比小,冲压变形的范围较大,易产生塑性变形而不易破裂,这对拉深、胀形等工序有利
均匀伸长率	δ_u	%	$\delta_u = \frac{\Delta L_u}{L_0}$,均匀伸长率较大时,板材具有较高的塑性变形稳定性。均匀伸长率是影响翻边、扩孔成形的重要指标
硬化指数	n		n 值大的板材在变形中加工硬化剧烈,变形抗力增大,从而使变形区内各部分变形趋于均匀,使极限变形程度增大
板厚方向性系数	r		$r = \frac{\epsilon_b}{\epsilon_t}$,即板材宽度应变与厚度应变之比。 r 值大,表示板材在厚度方向上的变形比较困难,小于平面方向的变形。 r 值大,板材不易变薄,而且抗皱折性也好,对成形有利。 r 值与板材轧纹方向有关
板平面方向性系数	Δr		$\Delta r = \frac{r_0 + r_{90} - 2r_{45}}{2}$,即用板材沿轧制方向 0° 、 45° 、 90° 方向的 r 值的平均差来表示。 Δr 值大,表示板材的方向性强,塑性变形分布不均。拉深件易产生厚度不均和凸耳

优质碳素结构钢冷轧薄钢板及钢带、深冲冷轧薄钢板、合金结构钢薄钢板和不锈钢冷轧钢板的力学性能分别见表 1-1-3、表 1-1-4、表 1-1-5 和表 1-1-6。

铜及铜合金板的力学性能见表 1-1-7。镍及镍合金板的力学性能见表 1-1-8。

部分板材的 n 值和 K 值以及 r 值分别见表 1-1-9 和表 1-1-10。

表 1-1-3 优质碳素结构钢冷轧薄钢板和钢带的力学性能

牌 号	拉 深 级 别				
	Z	S和P	Z	S	P
	抗拉强度 (MPa)		伸长率 δ_{10} (%) \geq		
08F	275~365	275~380	34	32	30
08、08Al、10F	275~390	275~410	32	30	28
10	295~410	295~430	30	29	28
15F	315~450	315~450	29	28	27
15	335~450	335~470	27	26	25
20	355~490	355~500	26	25	24
25	—	390~540	—	24	23
30	—	440~590	—	22	21
35	—	490~635	—	20	19
40	—	510~650	—	—	18
45	—	530~685	—	—	16
50	—	540~715	—	—	14

- 注：1. 厚度小于 2 mm 的钢板和钢带，伸长率允许比表值降低 1% (绝对值)。
 2. 正火状态下供应的钢板和钢带，其他要求符合标准规定时，抗拉强度允许比表中的上限值提高 50 MPa。
 3. 对于 25、30、35、40、45、50 钢的钢板和钢带，退火呈球状珠光体时，抗拉强度规定参见：

牌 号	σ_b (MPa)	牌 号	σ_b (MPa)
25	375~490	40	430~550
30	390~510	45	450~570
35	410~530	50	470~590

4. 拉深级别分级：Z—最深拉深；S—深拉深；P—普通拉深。

表 1-1-4 深冲冷轧薄钢板的力学性能

牌 号	级 别	厚 度 (mm)	抗拉强度 σ_b (MPa)	屈服点 σ_s (MPa)	伸长率 δ_{10} (%)	σ_s/σ_b
				\geq		
08Al	ZF	全部	260~330	200	44	0.66
	HF	全部	260~340	210	42	0.70
		>1.2	260~350	220	39	—
	F	1.2	260~350	220	42	—
		<1.2	260~350	240	42	—
08F	Z	≤ 4	280~370	—	34	—
	S	≤ 4	280~390	—	32	—
	P	≤ 4	280~390	—	30	—
08	Z	≤ 4	280~400	—	32	—
	S	≤ 4	280~420	—	30	—
	P	≤ 4	280~420	—	28	—

(续表)

牌 号	级 别	厚 度 (mm)	抗拉强度 σ_b (MPa)	屈服点 σ_s (MPa)	伸长率 δ_{10} (%)	σ_s/σ_b
				\geq		
10	Z	≤ 4	300~420	—	30	—
	S		300~440	—	29	—
	P		300~440	—	28	—
15	Z	≤ 4	340~460	—	27	—
	S		360~480	—	26	—
	P		360~480	—	25	—
20	Z	≤ 4	360~500	—	26	—
	S		360~510	—	25	—
	P		360~510	—	24	—

注：1. 铝镇静钢 08Al 按其拉深质量分为三级：ZF—拉深最复杂零件；HF—拉深很复杂零件；F—拉深复杂零件。

2. 深冲薄钢板(包括热轧板)按冲压性能分级为：Z—最深拉深级；S—深拉深级；P—普通拉深级。

表 1-1-5 合金结构钢薄钢板的力学性能

牌 号	抗拉强度 σ_b (MPa)	伸长率 δ_{10} (%)	牌 号	抗拉强度 σ_b (MPa)	伸长率 δ_{10} (%)
12Mn2A	390~570	≥ 22	30Cr	490~685	≥ 17
16Mn2A	490~635	≥ 18	35Cr	540~735	≥ 16
45Mn2A	590~835	≥ 12	38CrA	540~735	≥ 16
35B	490~635	≥ 19	40Cr	540~785	≥ 14
40B	510~655	≥ 16	20CrMnSiA	440~685	≥ 18
45B	540~685	≥ 16	25CrMnSiA	490~685	≥ 18
50B, 50BA	540~715	≥ 14	30CrMnSi、 30CrMnSiA	490~735	≥ 16
15Cr, 15CrA	390~590	≥ 19			
20Cr	390~590	≥ 18	35CrMnSiAl	590~785	≥ 14

注：钢板厚度不大于 0.9 mm 时，伸长率仅供参考。

表 1-1-6 不锈钢冷轧钢板的力学性能

类 型	牌 号	拉 伸 试 验			硬 度 试 验
		屈服强度 $\sigma_{0.2}$ (MPa)	抗拉强度 σ_b (MPa)	伸长率 δ_5 (%)	HB
经固溶处理的奥氏体型钢	1Cr17Mn6Ni5N	≥ 245	≥ 635	≥ 40	≤ 241
	1Cr18Mn8Ni5N	≥ 245	≥ 590	≥ 40	≤ 207
	2Cr13Mn9Ni4		≥ 635	≥ 42	
	1Cr17Ni7	≥ 205	≥ 520	≥ 40	≤ 187
	1Cr17Ni8	≥ 205	≥ 570	≥ 45	≤ 187
	1Cr18Ni9	≥ 205	≥ 520	≥ 40	≤ 187
	1Cr18Ni9Si3	≥ 205	≥ 520	≥ 40	≤ 207
	0Cr18Ni9	≥ 205	≥ 520	≥ 40	≤ 187

(续表)

类 型	牌 号	拉 伸 试 验			硬 度 试 验
		屈服强度 $\sigma_{0.2}$ (MPa)	抗拉强度 σ_b (MPa)	伸长率 δ_5 (%)	HB
经固溶处理的奥氏体 体型钢	00Cr19Ni10	≥ 177	≥ 480	≥ 40	≤ 187
	0Cr19Ni9N	≥ 275	≥ 550	≥ 35	≤ 217
	0Cr19NiNbN	≥ 345	≥ 685	≥ 35	≤ 250
	00Cr18Ni10N	≥ 245	≥ 550	≥ 40	≤ 217
	1Cr18Ni12	≥ 177	≥ 480	≥ 40	≤ 187
	0Cr23Ni13	≥ 205	≥ 520	≥ 40	≤ 187
	0Cr25Ni20	≥ 205	≥ 520	≥ 40	≤ 187
	0Cr17Ni12Mo2	≥ 205	≥ 520	≥ 40	≤ 187
	00Cr17Ni14Mo2	≥ 177	≥ 480	≥ 40	≤ 187
	0Cr17Ni12Mo2N	≥ 275	≥ 550	≥ 35	≤ 217
	00Cr17Ni13Mo2N	≥ 245	≥ 550	≥ 40	≤ 217
	0Cr18Ni12Mo2Ti	≥ 205	≥ 530	≥ 35	≤ 187
	1Cr18Ni12Mo2Ti	≥ 205	≥ 530	≥ 35	≤ 187
	0Cr18Ni12Mo2Cu2	≥ 205	≥ 520	≥ 40	≤ 187
	00Cr18Ni14Mo2Cu2	≥ 177	≥ 480	≥ 40	≤ 187
	0Cr18Ni12Mo3Ti	≥ 205	≥ 530	≥ 35	≤ 187
	1Cr18Ni12Mo3Ti	≥ 205	≥ 530	≥ 35	≤ 187
	0Cr19Ni13Mo3	≥ 205	≥ 520	≥ 40	≤ 187
	00Cr19Ni13Mo3	≥ 177	≥ 480	≥ 40	≤ 187
	0Cr18Ni16Mo5	≥ 177	≥ 480	≥ 40	≤ 187
	0Cr18Ni10Ti	≥ 205	≥ 520	≥ 40	≤ 187
	1Cr18Ni9Ti	≥ 205	≥ 520	≥ 40	≤ 187
	0Cr18Ni11Nb	≥ 205	≥ 520	≥ 40	≤ 187
0Cr18Ni13Si4	≥ 205	≥ 520	≥ 40	≤ 207	
经固溶处理的奥氏体-铁素体 体型钢	00Cr18Ni5Mo3Si2	≥ 390	≥ 590	≥ 20	
	1Cr18Ni11Si4AlTi		≥ 715	≥ 30	
	1Cr21Ni5Ti		≥ 635	≥ 20	
	0Cr26Ni5Mo2	≥ 390	≥ 590	≥ 18	≤ 277
经退火处理的铁素体 体型钢	0Cr13Al	≥ 175	≥ 410	≥ 20	≤ 183
	00Cr12	≥ 190	≥ 365	≥ 22	≤ 183
	1Cr15	≥ 205	≥ 450	≥ 22	≤ 183
	1Cr17	≥ 205	≥ 450	≥ 22	≤ 183
	00Cr17	≥ 175	≥ 365	≥ 22	≤ 183
	1Cr17Mo	≥ 205	≥ 450	≥ 22	≤ 183
	00Cr17Mo	≥ 245	≥ 410	≥ 20	≤ 217

(续表)

类 型	牌 号	拉 伸 试 验			硬 度 试 验	
		屈服强度 $\sigma_{0.2}$ (MPa)	抗拉强度 σ_b (MPa)	伸长率 δ_5 (%)	HB	
经退火处理的铁素体型钢	00Cr18Mo2	≥ 245	≥ 410	≥ 20	≤ 217	
	00Cr30Mo2	≥ 295	≥ 450	≥ 22	≤ 209	
	00Cr27Mo	≥ 245	≥ 410	≥ 22	≤ 190	
经退火处理的马氏体型钢	1Cr12	≥ 205	≥ 440	≥ 20	≤ 200	
	0Cr13	≥ 205	≥ 440	≥ 20	≤ 200	
	1Cr13	≥ 205	≥ 440	≥ 20	≤ 183	
	2Cr13	≥ 225	≥ 520	≥ 18	≤ 223	
	3Cr13	≥ 225	≥ 540	≥ 18	≤ 235	
	4Cr13	≥ 225	≥ 590	≥ 15		
	3Cr16	≥ 225	≥ 520	≥ 18	≤ 241	
7Cr17	≥ 245	≥ 590	≥ 15	≤ 255		
沉淀硬化型钢	固 溶		380	1 030	20	190
	565°C时效	0Cr17Ni7Al	960	1 140		
	510°C时效		1 030	1 230		

表 1-1-7 铜及铜合金板的力学性能

牌 号	状态	厚度 (mm)	抗拉强度 σ_b (MPa)	伸长率 δ_{10} (%)	牌 号	状态	厚度 (mm)	抗拉强度 σ_b (MPa)	伸长率 δ_{10} (%)
T2, T3 TP1, TP2 TU1, TU2	R	4~14	≥ 195	≥ 30	H59	R	4~14	≥ 290	≥ 25
	M	0.3~10	≥ 205	≥ 30		M	0.3~10	≥ 290	≥ 10
	Y ₄		215~275	≥ 25	Y	≥ 410		≥ 5	
	Y ₂		245~345	≥ 8	HPb59-1	R	4~14	≥ 370	≥ 18
Y	≥ 295	—	M	0.3~10		≥ 340	≥ 25		
H96	M	0.3~10	≥ 215		≥ 30	Y ₂	390~490	≥ 12	
	Y		≥ 320		≥ 3	Y	≥ 440	≥ 5	
H90	M	0.3~10	≥ 245	≥ 35	HMn58-2	M	0.3~10	≥ 380	≥ 30
	Y ₂		330~440	≥ 5		Y ₂		440~610	≥ 25
Y	≥ 390		≥ 3	Y		≥ 585		≥ 3	
H80	M	0.3~10	≥ 265	≥ 50	H59	R	4~14	≥ 340	≥ 20
Y	≥ 390		≥ 3	M		0.3~10	≥ 295	≥ 35	
H68	R	4~14	≥ 290	≥ 40	Y ₂		350~400	≥ 15	
	H70 H68 H65	M	0.3~10	≥ 290	≥ 40		Y	≥ 390	≥ 5
Y ₄		325~410		≥ 35	HMn57-3-1	R	4~8	≥ 440	≥ 10
Y ₂		340~460		≥ 25		HMn55-3-1	R	4~15	≥ 490
Y		390~530		≥ 10	H62		R	4~15	≥ 440
T	≥ 490	≥ 3	Y ₂	350~470		≥ 20			
H62	R	4~14	≥ 290	≥ 30	Y	410~630	≥ 10		
	M	0.3~10	≥ 290	≥ 35	T	≥ 585	≥ 2.5		
	Y ₂		350~470	≥ 20	HA160-1-1	R	4~15	≥ 440	≥ 15
	Y		410~630	≥ 10	HA167-2.5	R	4~15	≥ 390	≥ 15
	T		≥ 585	≥ 2.5	HA166-6-3-2	R	4~8	≥ 685	≥ 3
					HNi65-5	R	4~15	≥ 290	≥ 35