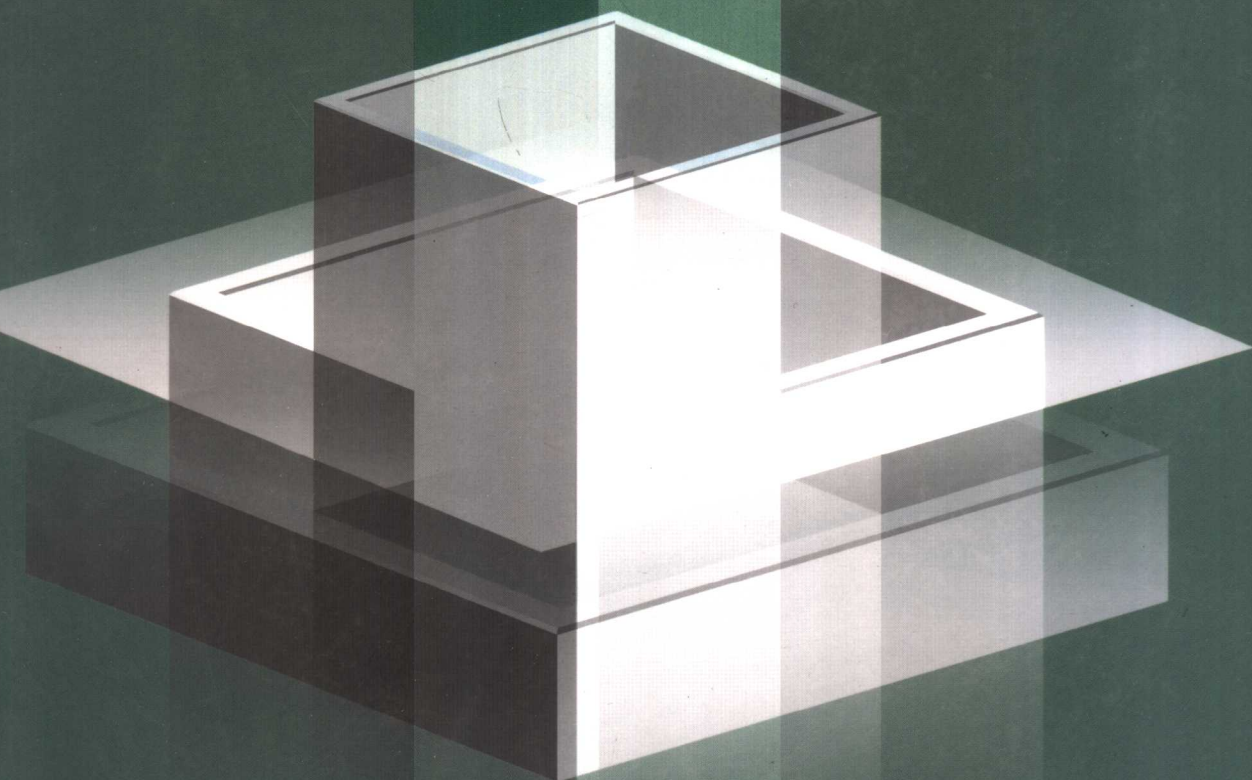


实用 冲压工艺及 模具设计 手册

主 编 杨玉英
副主编 崔令江



R
TG881.2 12
2

实用冲压工艺及模具设计手册

主 编 杨玉英

副主编 崔令江



机 械 工 业 出 版 社

本手册本着原理简明、方法先进、资料数据可靠、实用的指导思想编写。

全书共分四部分、14 章。第一部分材料与准备：包括冲压用原材料的规格、性能、鉴别方法及剪切；冲压模具材料。第二部分典型冲压工序及模具设计：包括工艺的简明原理、设计资料与标准、质量问题与对策等。模具典型结构、设计原则与方法。第三部分汽车覆盖件成形工艺与模具设计：包括工艺特点分析、DL 图设计；模具型面设计：冲压方向、工艺补充、压料面、拉深筋等；典型模具结构；质量问题与对策：破裂、起皱、面畸变、胀拉刚性、抗凹性等。第四部分冲压设备：冲压设备的规格及选择方法；轿车厂冲压设备及规划。

本手册主要供从事冲压工艺及模具设计技术人员使用，也可供大专院校的师生参考。

图书在版编目（CIP）数据

实用冲压工艺及模具设计手册/杨玉英主编. —北京：机械工业出版社，2004.7
ISBN 7-111-14480-5

I. 实... II. 杨... III. ①冲压—工艺②冲模—设计
IV. TG38

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2004）第 045274 号

机械工业出版社（北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037）

责任编辑：刘彩英

责任印制：李 妍

北京蓝海印刷有限公司印刷·新华书店北京发行所发行

2005 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

787mm×1092mm 1/16 • 62.75 印张 • 3 插页 • 1523 千字

0001—4000 册

定价：110.00 元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换
本社购书热线电话（010）68993821、88379646
封面无防伪标均为盗版

前 言

模具是机械工业的重要工艺装备。随着我国汽车、电器等工业的迅速发展,特别是冲压工艺理论与技术及计算机技术的发展,使冲压模具设计与制造方法发生了根本的变革。一些旧的方法与数据已不适用,尤其面临经济全球化的挑战,模具工业必须尽快适应。因此,为了适应新形势、新发展的需要,编写一本先进、实用的模具设计手册是必要的。本手册既包含我国加工、使用、科研单位的实践经验和成熟的科研成果,同时吸收国外的先进技术、资料与方法,力求既适应当前国情又能满足发展的要求。全体编写人员本着简明、先进、实用、可靠的指导思想进行编写。

本手册编写分工:第1章由上海宝钢研究院技术中心徐伟力首席研究员编写,第2、5章由哈尔滨工业大学崔令江教授编写,第3章由苏州华美电器有限公司胡伟丽总工程师编写,第四章由武汉华夏精冲技术有限公司周开华、孙昌清、陈邦顺高级工程师编写,第6章由哈尔滨工业大学李雪春副教授编写,第7章由哈尔滨工业大学杨玉英教授编写,第8章由哈尔滨工业大学李雪春、杨玉英编写,第9章由哈尔滨工业大学杨玉英教授、一汽塔奥公司胡玲工程师编写,第10章由北京航空航天大学万敏教授、金朝海博士编写,第11章由一汽模具制造有限公司朴文相、李悦、苏传义高级工程师、哈尔滨工业大学杨玉英教授编写,第12、13章由哈尔滨工业大学杨玉英、崔令江教授编写,第14章由上海大众汽车有限公司陈景松、蔡军研究员级高级工程师编写。全书由杨玉英教授主编,崔令江教授为副主编。

由于我们的水平有限,加之缺乏编写这类大型工具书的经验,所以,谬误、不足和疏漏之处,恐难避免。恳请读者提出宝贵意见。

编 者

目 录

前言

第1章 冲压材料	1	2.4.1 全自动生产线上的卷材开卷.....	50
1.1 冲压用原材料	1	2.4.2 用普通剪板机剪块料	52
1.1.1 热轧钢板	1	2.5 管材剪切	52
1.1.2 冷轧钢板	3	2.5.1 冲切法	53
1.1.3 不锈钢	15	2.5.2 双重冲切法	53
1.1.4 合金钢	17	2.5.3 移动式双重冲切法	54
1.1.5 有色金属板材	18	2.5.4 芯棒剪切法	54
1.2 冲压性能与试验方法	28	2.5.5 芯棒双重剪切法	55
1.2.1 单向拉伸实验	29	2.5.6 活动芯棒剪切法	56
1.2.2 液压胀形实验	30	2.5.7 变直径芯棒剪切法	56
1.2.3 拉深成形试验	31	2.5.8 其他管材剪切法	58
1.2.4 艾利克森试验（杯突试验） ..	31	第3章 冲裁	59
1.2.5 拉胀复合性能试验	33	3.1 概述	59
1.2.6 成形极限图试验	34	3.1.1 冲裁工艺及模具分类	59
1.2.7 方板对角拉伸试验	36	3.1.2 冲裁过程变形分析	60
1.3 冲压用新材料	37	3.2 冲裁间隙	62
1.3.1 减振钢板	37	3.2.1 冲裁间隙对冲裁工艺及模具	
1.3.2 拼焊板	40	的影响	62
1.3.3 TRIP 钢	42	3.2.2 合理间隙值的确定	63
第2章 剪切	44	3.3 冲裁模凸模、凹模刃口尺寸计算 ..	69
2.1 平刃剪切	44	3.3.1 冲裁模凸、凹模刃口尺寸确定	
2.1.1 平刃剪切特点	44	的原则	69
2.1.2 平刃剪切力和剪切功	44	3.3.2 冲裁模凸、凹模刃口尺寸计算时	
2.2 斜刃剪切	45	各相关参数的关系图解	69
2.2.1 斜刃剪切特点	45	3.3.3 冲裁模凸、凹模刃口尺寸	
2.2.2 斜刃剪切力与剪切功	45	计算.....	72
2.2.3 斜剪条料的质量和精度	47	3.4 冲裁力	75
2.3 滚剪与振动剪	49	3.4.1 冲裁力的计算公式	75
2.3.1 滚剪	49	3.4.2 降低冲裁力的方法	77
2.3.2 振动剪	50	3.4.3 卸料力、顶件力和推件力、	
2.4 卷材的开卷剪切	50	压料力、侧向力	82

3.4.4 冲裁功的验算	84
3.4.5 冲裁模的压力中心	86
3.5 冲裁件的工艺性及材料的经济利用	91
3.5.1 冲裁件的工艺性	91
3.5.2 材料的经济利用	99
3.6 冲裁模	109
3.6.1 冲裁模的基本类型	109
3.6.2 冲裁模主要部件	114
3.6.3 冲裁模工作零(部)件结构设计	114
3.6.4 其他工艺结构零件	143
3.6.5 冲裁模辅助结构零件	158
3.7 整修与光洁冲裁	178
3.7.1 整修	178
3.7.2 负间隙冲裁	184
3.7.3 小间隙圆角刃口冲裁	185
3.7.4 深孔冲裁及小孔冲模	187
3.8 非金属材料的冲裁	197
3.8.1 适用于冲裁加工的非金属材料种类	197
3.8.2 非金属材料的冲裁方法	197
3.9 其他冲裁工艺	209
3.9.1 钢管冲孔	209
3.9.2 管材端面的冲裁	211
3.9.3 成形零件的冲裁	213
3.9.4 钛镁合金冲裁工艺	217
3.10 组合冲模及通用冲裁模	219
3.10.1 弓形架式单元组合冲模	219
3.10.2 L 架式单元组合冲模	228
3.10.3 积木式组合冲模	229
3.10.4 通用冲裁模	233
3.11 其他冲裁模	237
3.11.1 硬质合金冲裁模	237
3.11.2 聚氨酯橡胶冲裁模	242
3.11.3 锌合金冲裁模	250
3.11.4 其他简易冲裁模	254
3.12 冲裁件质量分析	260

第 4 章 精冲	264
4.1 精冲基础	264
4.1.1 精冲工艺原理	264
4.1.2 精冲工艺特点	267
4.1.3 精冲工作过程	267
4.1.4 精冲的经济性	267
4.2 精冲零件	268
4.2.1 精冲零件工艺性	268
4.2.2 精冲零件质量	279
4.2.3 精冲零件材料	287
4.3 精冲工艺编制	293
4.3.1 冲裁工艺	294
4.3.2 弯曲工艺	296
4.3.3 斜切工艺	297
4.3.4 沉孔工艺	298
4.3.5 半冲孔工艺	298
4.3.6 挤压工艺	299
4.3.7 压扁工艺	300
4.3.8 复杂零件工艺	301
4.4 精冲模设计	302
4.4.1 基本原则	302
4.4.2 模具特点	303
4.4.3 模具种类的选择	304
4.4.4 模具结构	305
4.4.5 典型精冲模具结构示例	316
4.4.6 工艺与模具设计计算	322
4.4.7 模具零部件设计	326
4.4.8 精冲模寿命	339
4.5 精冲的润滑	341
4.5.1 润滑作用	341
4.5.2 润滑剂选择	341
4.6 对向凹模精冲	342
4.6.1 基本原理	342
4.6.2 工作过程	343
4.6.3 工艺特点	343
4.6.4 模具类型	344

第 5 章 弯曲	346	5.8.4 带法兰件弯曲模结构	380
5.1 变形特点	346	5.8.5 圆筒形件弯曲模结构	381
5.1.1 弯曲成形过程	346	5.8.6 铰链件弯曲模	381
5.1.2 变形区应力状态和应变 状态	347	5.8.7 连续弯曲模	382
5.1.3 弯曲中性层	348	5.9 管材和型材的弯曲	383
5.2 最小相对弯曲半径	349	5.9.1 弯曲加工的方式	383
5.2.1 最小相对弯曲半径的计算	349	5.9.2 横断面形状与壁厚的变化	389
5.2.2 影响最小相对弯曲半径 的因素	349	5.9.3 最小弯曲半径	394
5.2.3 最小相对弯曲半径经验值	351	5.10 拉弯成形	401
5.3 弯曲件的工艺性	352	5.11 滚弯成形	402
5.3.1 弯曲件的工艺性评价	352	5.11.1 概述	402
5.3.2 改善弯曲件工艺性的方法	353	5.11.2 滚弯成形过程	403
5.4 弯曲力	355	5.11.3 锥体卷制	405
5.4.1 V 形和 U 形弯曲力	355	5.11.4 二轴滚弯（二辊卷板）	408
5.4.2 校正弯曲力	355	5.12 辊压成形	409
5.4.3 顶件力和压料力	356	5.12.1 概述	409
5.4.4 弯曲设备的选择	356	5.12.2 辊压成形原理	409
5.5 毛坯展开长度尺寸	356	5.12.3 工艺设计	411
5.5.1 中性层位置的确定	356	5.12.4 变截面零件的辊压成形	414
5.5.2 $r/t > 0.5$ 的弯曲件	358	第 6 章 胀形	416
5.5.3 $r/t < 0.5$ 的弯曲件	362	6.1 变形特点及分类	416
5.5.4 铰链式弯曲件	363	6.2 工艺参数的设计计算	416
5.5.5 圆棒料弯曲件	363	6.2.1 平板毛坯局部成形	416
5.5.6 弯曲部分中性层的弧长	363	6.2.2 空心毛坯的胀形	418
5.6 弯曲件质量与对策	368	6.3 胀形模设计方法	421
5.6.1 弹复的表示方法	368	6.3.1 压加强筋模具	421
5.6.2 影响弹复的因素	368	6.3.2 空心毛坯胀形模具	421
5.6.3 常用材料弯曲成形弹复量	369	6.4 胀形模设计实例	424
5.6.4 控制弹复的对策	372	第 7 章 拉深	432
5.6.5 其他质量问题与对策	376	7.1 圆筒形件拉深	432
5.7 弯曲成形工艺设计	377	7.1.1 拉深时的变形特点	432
5.8 弯曲模结构	378	7.1.2 拉深系数及拉深次数	434
5.8.1 V 形件弯曲模结构	378	7.1.3 带法兰圆筒形件的拉深	441
5.8.2 U 形件弯曲模结构	379	7.1.4 拉深件毛坯尺寸确定方法	451
5.8.3 Z 形件弯曲模结构	379	7.1.5 起皱与防止措施	468
		7.1.6 其他回转体零件拉深	473
		7.2 扁圆形及椭圆形零件拉深	496

7.2.1 椭圆形件拉深	497	9.5 连续弯曲模	631
7.2.2 扁圆形件拉深	505	9.6 其他类型连续模	637
7.3 盒形件拉深	516	9.7 连续模设计中应注意的几个 问题	641
7.3.1 低盒形件的拉深	516	第10章 其他成形方法	643
7.3.2 高盒形件的拉深	526	10.1 缩口	643
7.3.3 带法兰盒形件的拉深	531	10.1.1 概述	643
7.3.4 角锥形件的拉深	534	10.1.2 缩口的变形分析	643
7.3.5 盒形件拉深中缺陷与防止	539	10.1.3 缩口的变形程度	644
7.4 拉深力和拉深功	542	10.1.4 缩口的坯料尺寸确定	647
7.4.1 拉深力	542	10.1.5 缩口力的计算	647
7.4.2 拉深功及功率	547	10.1.6 缩口模具形式	651
7.5 拉深模设计	548	10.2 扩口	654
7.5.1 圆筒形件拉深模	548	10.2.1 概述	654
7.5.2 变薄拉深模具	565	10.2.2 扩口的变形分析	654
7.5.3 盒形件拉深模具设计	568	10.2.3 扩口的变形程度	655
7.6 修边模	573	10.2.4 扩口的坯料尺寸确定	657
第8章 翻边	582	10.2.5 扩口力的计算	657
8.1 变形特点与分类	582	10.2.6 扩口模具形式	658
8.2 伸长类翻边	582	10.3 校形	662
8.2.1 伸长类平面翻边	582	10.3.1 概述	662
8.2.2 伸长类曲面翻边	597	10.3.2 平板零件校平	662
8.3 压缩类翻边	598	10.3.3 成形零件校形	664
8.3.1 压缩类平面翻边	598	10.4 充液拉深	666
8.3.2 压缩类曲面翻边	599	10.4.1 概述	666
8.4 翻边模设计	600	10.4.2 成形原理与工艺特点	666
8.4.1 翻边模设计基本原则	600	10.4.3 破裂的特征与工艺参数影响	670
8.4.2 翻边模典型结构	606	10.4.4 充液拉深模具	673
第9章 连续模	608	10.4.5 其他充液拉深工艺	673
9.1 概述	608	10.5 管材液压成形	675
9.2 连续模常用的定距方法	609	10.5.1 概述	675
9.3 带料连续拉深	612	10.5.2 成形原理与工艺特点	675
9.3.1 带料连续拉深方法	613	10.5.3 失效形式与工艺参数确定	676
9.3.2 拉深系数及相对拉深高度	616	10.5.4 模具结构和润滑	681
9.3.3 凸、凹模圆角半径的确定	618	10.6 电磁成形	682
9.3.4 带料连续拉深工艺计算方法	619	10.6.1 概述	682
9.3.5 带料连续拉深模具结构	621	10.6.2 工作原理及主要成形方法	683
9.4 连续冲裁模	627		

10.6.3 电磁成形工艺设计要点	687	11.5.1 工艺计算	741
10.7 旋压	689	11.5.2 修边模典型结构	742
10.7.1 概述	689	11.5.3 修边模的定位	745
10.7.2 普通旋压	690	11.5.4 修边状态	745
10.7.3 变薄旋压	696	11.5.5 刃口切入量	748
10.8 超塑成形	703	11.5.6 两次修边的接刀	748
10.8.1 概述	703	11.5.7 废料刀及废料的处理	749
10.8.2 超塑性的分类及力学特性	704	11.6 翻边模设计	753
10.8.3 典型的超塑性合金材料	705	11.6.1 翻边形式及变形特点	753
10.8.4 超塑成形方法	707	11.6.2 翻边模分类	754
10.8.5 超塑成形工艺参数	709	11.6.3 确定冲压方向	756
10.8.6 超塑成形的主要缺陷及控制措施	710	11.6.4 翻边凸模的扩张结构	756
10.8.7 模具设计工艺要点	711	11.6.5 翻边凸模的缩小结构和翻边凹模的扩张结构	763
10.8.8 超塑成形典型设备	713	11.6.6 翻边凹模镶块的交接	764
10.8.9 超塑成形发展趋势	713	11.6.7 翻边凹模镶块翻入面	767
第 11 章 汽车覆盖件工艺与模具	715	11.6.8 翻边凸模和凹模的材料	768
11.1 覆盖件概述	715	11.7 斜楔模设计	768
11.1.1 覆盖件的特点	715	11.7.1 斜楔机构种类	768
11.1.2 对覆盖件的要求	715	11.7.2 斜楔机构的力与行程计算	771
11.1.3 覆盖件分类	716	11.7.3 各种斜楔机构行程线图 的画法	772
11.2 拉深件设计	716	11.7.4 斜楔的设计	776
11.2.1 确定拉深方向	717	11.7.5 斜楔的支撑形式	777
11.2.2 工艺补充部分	720	11.7.6 滑块的设计	777
11.2.3 确定压料面形状	722	11.8 汽车覆盖件模具 DL 图的设计	779
11.2.4 确定拉深筋	725	11.8.1 DL 图的用途	779
11.2.5 工艺切口	728	11.8.2 DL 图的设计过程	779
11.3 拉深模的设计	728	11.8.3 设计 DL 图应注意分析的 若干问题	781
11.3.1 拉深模的典型结构及其尺寸 参数	728	11.8.4 DL 图中图示项目符号表示 的规定	782
11.3.2 拉深模的导向	733	11.8.5 DL 图实例	783
11.3.3 通气孔及排气管	737	11.9 覆盖件成形的质量问题	784
11.4 覆盖件拉深模的调试	737	11.9.1 破裂及其对策	784
11.4.1 拉深模调试应解决的问题	737	11.9.2 起皱与对策	788
11.4.2 调试程序	738	11.9.3 面畸变及其对策	794
11.4.3 建立模具调试档案	740	11.10 拉伸刚性	801
11.5 修边模的设计	741		

11.10.1 拉伸刚性概念	801	13.3.1 精冲压力机的主要性能	886
11.10.2 拉伸刚性的实验方法	802	13.3.2 精冲压力机类型	887
11.10.3 影响拉伸刚性的因素	804	13.3.3 滑块运动特性	890
11.11 抗凹性	806	13.3.4 精冲压力机的配套装置	892
11.11.1 凹坑的概念	806	13.3.5 精冲压力机的模具安全防护 装置	893
11.11.2 抗凹性试验方法	807	13.3.6 精冲压力机技术参数	895
11.11.3 静态抗凹性的影响因素	808	13.4 剪板机	902
11.11.4 动态抗凹性的影响因素	811	13.4.1 剪板机的分类	902
第12章 模具材料	813	13.4.2 剪板机的规格	902
12.1 模具材料的分类	813	13.5 弯板机	904
12.1.1 模具材料的等级	813	13.5.1 折弯机	904
12.1.2 模具材料分类	815	13.5.2 卷板机	909
12.2 模具材料的选用	816	13.6 其他冲压设备技术参数	912
12.2.1 选用依据	816	第14章 轿车厂用冲压设备	919
12.2.2 模具材料选用及硬度要求	817	14.1 机械压力机	919
12.3 模具钢的热处理	822	14.1.1 压力机的重要参数	919
12.4 新模具钢性能及热处理	841	14.1.2 传动型式	920
12.4.1 国内新模具钢的性能 及热处理	841	14.1.3 驱动电动机和飞轮	922
12.4.2 国外新模具钢的性能 及热处理	844	14.1.4 离合器和制动器	923
12.4.3 低熔点合金	852	14.1.5 滑块	926
12.4.4 锌基合金	858	14.1.6 移动工作台	930
12.4.5 聚氨脂橡胶	859	14.1.7 拉深垫	932
12.5 国内外模具材料的对照	859	14.1.8 滑块重量平衡装置	934
第13章 冲压设备	861	14.1.9 气动系统	935
13.1 压力机的分类	861	14.1.10 液压系统	935
13.1.1 冲压机械的类型	861	14.1.11 润滑系统	935
13.1.2 压力机类型的选择	862	14.1.12 压力机控制系统	936
13.2 压力机特性与技术参数	864	14.1.13 压力机的维修	939
13.2.1 机械压力机驱动机构的 运动曲线	864	14.2 自动化冲压线	940
13.2.2 机械压力机的压力	865	14.2.1 机械压力机生产线的配置	940
13.2.3 压力机容许偏心载荷	869	14.2.2 机械压力机的技术要求	941
13.2.4 压力机的精度	870	14.2.3 自动化装置	943
13.2.5 压力机的技术参数	872	14.3 多工位压力机	948
13.3 精冲压力机	886	14.3.1 多工位压力机的分类	949
		14.3.2 三轴式和横杆式多工位 压力机	954

14.3.3 大型多工位压力机的 控制系统	957	压力机	979
14.3.4 20000kN 三轴式多工位 压力机的技术性能	963	14.5.2 模具清洗系统	981
14.4 开卷落料线	966	14.5.3 五轴模具加工数控 龙门铣	982
14.4.1 生产技术参数	969	14.5.4 废料输送线	983
14.4.2 开卷和送料系统	969	14.5.5 电瓶车和平板车	983
14.4.3 落料压力机	975	14.5.6 板料翻转机	983
14.4.4 料片堆垛	977	14.6 冲压车间的规划	984
14.4.5 控制系统	978	14.6.1 冲压车间的组织结构	984
14.5 冲压车间的辅助设备	979	14.6.2 冲压车间的设计	985
14.5.1 试模压力机和研配		14.6.3 冲压车间的平面布置	987
		参考文献	991

第1章 冲压材料

冲压材料除了要保证强度、刚度等使用性能以外，还必须满足冲压工艺的要求。材料的质量直接影响到冲压工艺过程设计、模具设计、模具使用寿命、冲压件产品的质量和使用寿命，还关系到冲压件的成本和组织平衡生产。因此，一方面应通过产品设计提高冲压件的结构工艺性来改善冲压过程中材料的变形条件，以降低对材料的质量要求；另一方面应选择具有适合冲压成形性能的材料，以适应冲压过程的变形要求，保证零件质量。所以，在选择冲压件材料时，要科学合理地评价材料的冲压性能，正确掌握板材冲压性能与冲压成形性的关系，以便充分发挥材料的塑性变形能力，既降低材料成本又保证冲压生产的稳定性。

1.1 冲压用原材料

用于冲压生产中的板材，按轧制状态可分为热轧钢板和冷轧钢板。

1.1.1 热轧钢板

与冷轧钢板相比，热轧钢板价格便宜，板厚、强度高，因此在冲压领域有较广的适用性。特别是在汽车冲压件中，热轧板占有相当大的比例，常用于纵梁、横梁、底盘结构件、支承件及制造成形性要求较高的零部件。如东风汽车公司采用 SPHD 制作 EQ1092 载重车的汽车轮辐轮辋；一汽公司采用 SPHE 制作 CA1046 轻型车的前后制动底板。

热轧冷成形用钢板，按用途可分一般用、冲压用及深冲压用。特点如表 1-1 所示。

表 1-2 是宝钢企业标准、DIN 标准、欧洲标准、日本标准、国标之间热轧钢板牌号的对应关系。表 1-3、表 1-4 是典型牌号热轧钢板的力学性能。

表 1-1 热轧冷成形用钢板分类

用 途	特 点	牌 号 示 例
一般用 (CQ)	具有足够的塑性，能在任何方向弯曲 180°，适用于制造简单成形、弯曲或焊接加工的零部件	SPHC StW22
冲压用 (DQ)	具有比一般用途更大的塑性，适用于制造冲压成形及复杂变形加工的零部件	SPHD StW23 UstW23
深冲压用 (DDQ)	具有比冲压级更大的塑性，适用于制造深冲压成形及复杂、剧烈变形加工的零部件	SPHE StW24

表 1-2 各标准之间热轧钢板牌号的对应关系

标准号	Q/BQB 302-1999	DIN1614-2-86	EU111-77	EN10111:1998	JISG3131:1996	GB/T710—1991、 GB/T711—1988
牌 号	StW22 SPHC	StW22	FeP11	DD11	SPHC	08
	uStW23	uStW23	—	—	SPHD	08
	StW23 SPHD	RRStW23	FeP12	DD12	SPHD	08 或 08A1
	SPHE StW24	StW24	FeP13	DD13	SPHE	08A1

表 1-3 典型牌号热轧钢板力学性能 (一)

牌 号	成品厚度 t/mm	拉 伸 试 验				
		下列厚度 (mm) 时的屈服强度 σ_s /MPa		抗拉强度 σ_b /MPa	下列厚度 (mm) 时的伸长率 δ (%)	
		1.5~2.0	2.0~8.0		<3.0	3.0~8.0
StW22	≤8.0	170~360	170~340	≤440	25	29
StW23	≤8.0	170~340	170~320	≤420	27	31
UStW23	≤8.0	≥200	≥200	≤390	28	33
StW24	≤8.0	170~330	170~310	≤400	30	34

表 1-4 典型牌号热轧钢板力学性能 (二)

牌号	成品厚度 t/mm	拉 伸 试 验					
		抗拉强度 σ_b /MPa	下列厚度 (mm) 时的伸长率 δ (%)				
			<1.6	1.6~2.0	2.0~2.5	2.5~3.2	3.2~4.0
SPHC	≤14.0	≥270	≥27	≥29	≥29	≥29	≥31
SPHD	≤14.0		≥30	≥32	≥33	≥35	≥37
SPHE	≤8.0		≥31	≥33	≥35	≥37	≥39
							≥41

热轧结构用钢板及钢带可保证良好的力学性能 (强度、伸长率、冲击韧度等) 及工艺性能 (弯曲), 并具有良好的焊接性能, 适用于简单加工后焊接或铆接制造的构件。可用作汽车的一些承载结构件。表 1-5~表 1-8 是热轧结构用钢板及钢带相当或相近标准、牌号对照表。

表 1-9 是部分牌号热轧结构用钢板及钢带的力学性能。

表 1-5 部分热轧结构用钢板及钢带相当或相近标准、牌号对照表 (一)

标准号	Q/BQB 303-1999	JIS 3101-1995	GB/T 912-1989、GB/T3274-1988 GB/T710-1991、GB/T711-1988
牌号	SS330	SS330	Q195, Q215A, Q215B, 15
	SS400	SS400	Q235A, Q255A
	SS490	SS490	Q275A
	SS540	SS40	—

表 1-6 部分热轧结构用钢板及钢带相当或相近标准、牌号对照表 (二)

标准号	Q/BQB 303-1999	DIN17100-80	EN10025:1990	EN10025:1993	GB/T 912-1989/GB/T3274-1988
牌号	St33	St33	Fe310-0	S185	Q195, Q215A, Q215B
	St37-2	St37-2/Rst37-2	Fe360B	S235JR	Q235B
	St37-3	St37-3	Fe360C	S235J0	Q235C, Q255B
	St44-2	St44-2	Fe430B	S275JR	Q255B
	St50-2	St50-2	Fe490-2	E295	Q275, Q345A
	St52-3	St52-3	Fe510C	S355J0	Q345C, Q390B, Q390C

表 1-7 部分热轧结构用钢板及钢带相当或相近标准、牌号对照表 (三)

标准号	Q/BQB303-1999	JIS G 3106: 1995	GB/T912-1989/GB/T3274-1988 GB/T710-1991/GB/T711-1988
牌号	SM400A	SM400A	Q235A, Q235B, Q255A, Q255B, 20
	SM400B	SM400B	Q235C, Q255B, 20
	SM400C	SM400C	Q235B, 20
	SM490A	SM490A	Q275, Q345A, Q345B

(续)

标准号	Q/BQB303-1999	JIS G 3106: 1995	GB/T912—1989/GB/T3274—1988 GB/T710—1991/GB/T711—1988
	SM490B	SM490B	Q275, Q345C
	SM490C	SM490C	Q275, Q345D
	SM490YA	SM490YA	Q345A
	SM490YB	SM490YB	Q345C
	SM520B	SM520B	Q390A, Q390B
	SM520C	SM520C	Q390C
	Welten590RE	—	Q460C, Q460D
	B590GJA, B590GJB	—	Q460C, Q460D

表 1-8 部分热轧结构用钢板及钢带相当或相近标准、牌号对照表（四）

标准号	Q/BQB303-1999	DIN17102-80	EU113-72	EN10113-1993	GB/T912—1989 GB/T3274—1988
牌号	StE255	StE255	FeE255KGN	—	Q345B, Q345C
	StE355	StE355	FeE355KGN	S355N	—

表 1-9 部分牌号热轧结构用钢板及钢带的力学性能

牌 号	成品厚度 t /mm	拉 伸 试 验				
		屈服强度 σ_s /MPa	抗拉强度 σ_b /MPa	伸长率 δ (%)		
				$L_0=50\text{mm}$ $b_0=25\text{mm}$	$L_0=200\text{mm}$ $b_0=40\text{mm}$	
				板厚/mm		
				≤ 5	> 5	
SS330	≤ 12.7	≥ 205	330~430	≥ 26	≥ 21	
SS400	≤ 16.0	≥ 245	400~510	≥ 21	≥ 17	
SS490	1.6~12.5	≥ 285	490~610	≥ 19	≥ 15	
SS540	2.3~6.0	≥ 400	≥ 540	≥ 16	≥ 13	
SM400A	1.6~16.0	≥ 245	400~510	≥ 23	≥ 18	
SM400B	1.6~12.0					
SM400C	2.3~12.0					
SM490A	1.6~16.0	≥ 325	490~610	≥ 22	≥ 17	
SM490B	1.6~12.0					
SM490C	2.0~5.0					
SM490YA	3.0~12.7	≥ 365	490~610	≥ 19	≥ 15	
SM490YB	2.0~12.7					
SM520B	1.5~12.0	≥ 365	520~635	≥ 19	≥ 15	
SM520C	1.6~6.0					
Welten590RE	1.6~12.0	≥ 450	590~705	≥ 20		
B590GJA	6.0~14.0	≥ 450	590~705	≥ 20		
B590GJB						
StE255	3.0~10.0	≥ 255	360~480	≥ 25		
StE355	3.0~16.0	≥ 355	490~630	≥ 22		

1.1.2 冷轧钢板

冷轧钢板的分类方法较多，按脱氧方式来分，可以分为：沸腾钢、镇静钢和半镇静钢；

按钢种与合金成分，可分为：低碳钢、低合金高强度钢、加磷钢、超低碳无间隙原子钢等；按强度级别，可分为：普通强度级和高强度级。按冲压级别（或用途）可分为：一般用（CQ）、冲压用（DQ）、深冲用（DDQ）、特深冲压用（EDDQ）、超深冲压（SEDDQ）用。其特点如表 1-10 所示。

表 1-10 冷轧钢板按冲压级别分类

用 途	特 点	牌 号 示 例
一般用（CQ）	具有足够的塑性，适用于简单成形、弯曲或焊接加工	St12, SPCC
冲压用（DQ）	具有比一般用途更大的塑性，适用于制造冲压成形及复杂变形的零部件	St13, SPCD
深冲压用（DDQ）	具有比冲压级更大的塑性，更为均匀的性能；适用于制造深冲压成形及复杂变形的零部件	St14, SPCE
特深冲压用（EDDQ）	具有比深冲压级更大的塑性，更为均匀的性能；适用于制造特深冲压成形及复杂变形的零部件	St15
超深冲压用（SEDDQ）	具有比特深冲压级更大的塑性，适用于制造超深冲压成形及变形极复杂的零部件	St14-T, BSC2, BSC3, St16

图 1-1 表示各级别钢板的 n 值、 r 值性能范围；图 1-2 表示各种级别钢板的伸长率 δ 和 r 值性能范围。按钢板所适用的冲压件的复杂程度分为：P 级（普通拉深）、S 级（深拉深）、Z 级（最深拉深）、F 级（复杂冲压）、HF 级（很复杂冲压）和 ZF 级（最复杂冲压）。

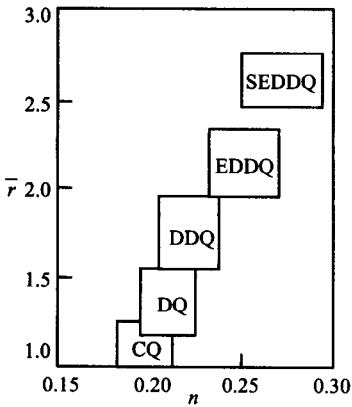


图 1-1 各种冲压级别钢板的 n 值、 r 值性能范围

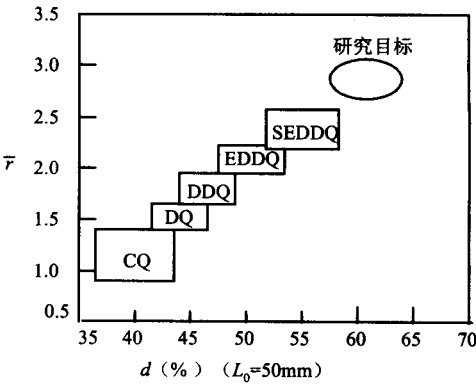


图 1-2 各种级别钢板的伸长率 δ 和 r 值性能范围

表 1-11、表 1-12 为冷轧钢板宝钢企业标准、德国标准、欧洲标准和国标之间的对应关系。

表 1-11 部分冷轧钢板各种标准之间的对应关系（一）

标准号	Q/BQB403-1999	DIN1623-1983	EN10130-1991	EN10130-1999	GB/T5213—2001
	St12	St12	FeP01	DC01	—
	St13	RRSt13	FeP03	DC03	08A1
	St14	St14	FeP04	DC04	08A1
	St15	—	FeP05	DC05	—
	St14-T BSC2, BSC3, St16	—	FeP06	DC06	—

表 1-12 部分冷轧钢板各种标准之间的对应关系（二）

标准号	Q/BQB402-1999	JISG3141-1996	GB/T13237-1991
	SPCC	SPCC	08Al, S, P
	SPCD	SPCD	08Al, Z
	SPCE, SPCEEN	SPCE, SPCEEN	—

宝钢产 St12、St13、St14、SPCC、SPCD、SPCE 具有良好的冲压性能、焊接性能以及较高的尺寸精度，因而被广泛用于制造各种汽车零部件。在轿车、面包车、载重车等所用的钢材中占有很大的比例。表 1-13~1-14 是它们拉伸性能范围。表 1-15、表 1-16 是不同厚度的 St12、St13、St14、St15 和 SPCC、SPCD、SPCE 钢板的杯突值。

表 1-13 St12、St13、St14 钢板拉伸性能范围（宝钢产品）

牌号	拉 伸 性 能			硬 度		
	屈服点 σ_s /MPa	抗拉强度 σ_b /MPa	伸长率 δ (%) (80 标距)	HRB	HRF	HR30T
St12	≤280	270~410	≥28	≤65	≤94	≤60
St13	≤240	270~370	≥34	≤55	≤88	≤53
St14	≤210	270~350	≥38	≤50	≤86	≤50

表 1-14 SPCC、SPCD、SPCE 钢板拉伸性能范围（宝钢产品）

牌号	拉 伸 性 能						
	抗拉强度/MPa 不小于	屈服点/MPa 不大于	下列厚度 (mm) 的伸长率 δ (%) (50 标距) 不小于				
			<0.4	0.4~0.6	0.6~1.0	1.0~1.6	1.6~2.5
SPCC	270	—	32	34	36	37	38
SPCD	270	—	34	36	38	39	40
SPCE	270	210	36	38	40	41	42

表 1-15 宝钢产品 St12、St13、St14、St15 钢板的杯突值（一）

公称厚度 /mm	冲压深度/mm 不小于				
	St12	St13	St14		
			F	HF	ZF
0.5	8.8	9.5	9.6	9.7	9.8
0.6	9.0	9.8	9.8	9.9	10.0
0.7	9.2	10.0	10.1	10.2	10.3
0.8	9.4	10.2	10.3	10.5	10.6
0.9	9.6	10.3	10.5	10.7	10.8
1.0	9.8	10.5	10.7	10.8	11.2
1.1	9.9	10.7	10.9	11.0	11.3
1.2	10.1	10.8	11.1	11.2	11.5
1.3	10.2	11.0	11.2	11.3	11.7
1.4	10.4	11.1	11.4	11.4	11.8
1.5	10.5	11.2	11.5	11.6	12.0
1.6	10.6	11.3	11.6	11.8	—
1.7	10.7	11.5	11.7	12.0	—
1.8	10.8	11.6	11.8	12.1	—
1.9	11.0	11.7	11.9	12.2	—
2.0	11.1	11.8	12.1	12.3	—

表 1-16 宝钢产品 SPCC、SPCD、SPCE 钢板的杯突值（二）

公称厚度 /mm	冲压深度/mm 不小于				
	SPCC	SPCD	SPCE		
			F	HF	ZF
0.4	7.2	7.6	8.0	—	—
0.5	8.0	8.4	9.1	9.3	9.5
0.6	8.5	8.9	9.4	9.6	9.8
0.7	8.9	9.2	9.9	10.1	10.3
0.8	9.3	9.5	10.3	10.5	10.6
0.9	9.6	9.9	10.5	10.7	10.8
1.0	9.8	10.1	10.7	10.8	11.2
1.2	10.1	10.6	11.1	11.2	11.5
1.4	10.4	11.0	11.4	11.4	11.8
1.6	10.6	11.3	11.7	11.8	—

一般来说，冷轧钢板分为三代产品：沸腾钢为第一代，铝镇静钢为第二代，无间隙原子钢（IF 钢）为第三代。第一代产品产生和广泛应用于 20 世纪 50~60 年代，第二代产品产生和广泛应用于 20 世纪 60~80 年代，第三代产品是在 20 世纪 80 年代以后才广泛生产和使用的产品。三代产品的性能见表 1-17。

表 1-17 三代冲压用钢板的性能比较

钢 种	屈服点 σ_s /MPa	抗拉强度 σ_b /MPa	延伸率 δ (%) (80 标距)	$\bar{n}$	$\bar{r}$
沸腾钢	180~190	290~310	44~48	1.0~1.2	0.22
铝镇静钢	160~180	290~300	44~50	1.4~1.8	0.22
IF 钢	100~150	250~300	45~55	1.8~2.8	0.23~0.28

表 1-18 列出了中国、日本、德国、美国、前苏联等国及国际上常用汽车板的牌号。

表 1-18 部分冲压用钢板牌号

钢 种	中国	国际	日本	德国	英国	前苏联
沸腾钢	08F	CR1	SPCC	St12	CR1	Br
铝镇静钢	08Al-Z	CR1	SPCC	St12	CR1	Br
	08Al-F	CR2	SPCD	St13	CR2	CB
	08Al-HF	CR3	SPCE	St14	CR3	OCB
	08Al-ZF	CR4		St15	CR4	
无间隙原子钢	BIF1	—	KTUX1,	MST		
	BIF2	—	KTUX2	St16		
	BIF3, WIF	—	SPDX, SSPDX	St17		

在现代汽车尤其是高档型轿车质量要求中，表面光亮、美观、良好的涂漆性能是非常重要的。在德国蒂森钢铁公司制定的具体质量计划中，表面质量具有重要的地位。为了生产有利于冲压成形和汽车外观的钢板表面质量，对轧辊表面进行喷丸和激光处理，采用频率分析测定钢板表面质量，对表面缺陷的形成、种类、位置等进行评审和控制。