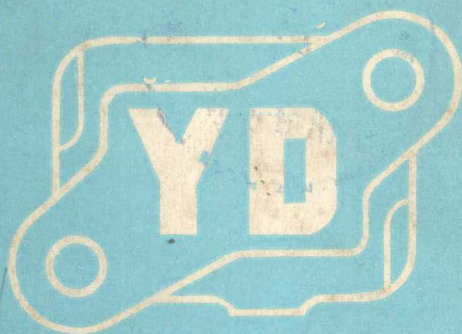


冷冲压模具设计



上海市仪表电讯工业局

前 言

为总结和提高模具设计制造经验和水平,促进生产发展,我们在过去已有的各工艺典型性指导资料的基础上,重新汇编了“冷冲压模具设计”一书。

本书详细介绍了各种冲压工艺的原理和计算、模具设计方法和参数、典型模具结构和工艺分析。它除了一般冷冲压资料的基本内容外,还增加了精冲模、硬质合金冲裁模、多工序弯曲件级进模、自动弯曲机和多工位冲床的应用及冷挤压和简易冲模等章节。可供模具设计制造人员工作中参考,也可作为冷冲压模具专业教学之用。

本资料汇编工作以上海电表厂为主,参加工作和给予帮助的还有上海电工仪器厂、上海仪表钢模厂、上海二六四厂、上海自动化仪表一厂、天和电容器厂、红声磁性材料厂、上海无线电二厂、上海无线电三厂、上海无线电九厂、以及华通开关厂、星火模具厂、人民电器厂、上海订书机厂等单位、在编写过程中曾得到上海市模具技术协会,上海交通大学五三〇教研组、太原重型机械学院、合肥工业大学、四机部七三三厂、上海手工业机械学校以及我局有关各厂的大力支持和协助,参加审稿的同志提出了许多宝贵意见。在此表示感谢。

由于编写水平有限,加之时间仓促,资料中难免有欠妥或不足之处,望读者批评指正。

HX10250

上海市仪表电讯工业局科技处

上海市仪表电讯工业局科技情报研究所

目 录

第一章 冷冲压概论	(1)
第一节 冷冲压工序分类	(1)
第二节 冷冲压用材料	(4)
第三节 冷冲压模具用材料	(7)
第四节 冲压用设备	(11)
第五节 模 架	(17)
第二章 冲 裁	(22)
第一节 冲裁原理	(22)
一、冲裁的变形过程	(22)
二、冲裁间隙	(23)
三、冲裁模刃口尺寸计算	(25)
第二节 冲裁工艺	(29)
一、冲裁力与卸料力	(29)
二、排样与搭边	(32)
三、压力中心	(35)
四、冲裁件的工艺性要求	(40)
第三节 冲裁模分类及结构组成	(42)
一、冲裁模分类	(42)
二、冲裁模的结构组成	(44)
第四节 切断模	(45)
一、单边冲裁的受力分析	(45)
二、切断模结构示例	(46)
第五节 落料模	(49)
一、凸模与凹模形式	(49)
二、卸料形式	(56)
三、出料形式	(57)
四、挡料钉的型式	(58)
五、落料模的结构型式	(60)
第六节 冲孔模	(67)
一、多孔冲孔模的凸模与凹模	(67)
二、定位装置	(70)
三、导向卸料板	(71)
四、成形件冲孔	(74)
五、小孔冲裁	(77)

六、冲孔模结构示例	(81)
第七节 复合模	(85)
一、复合模的形式	(85)
二、复合模的凸凹模	(86)
三、复合模的推块与推板形式	(87)
四、复合模结构示例	(92)
第八节 级进冲裁模	(96)
一、级进模的定距方法	(96)
二、级进模的有关零部件	(100)
三、无废料和少废料级进模	(103)
四、级进冲裁模的凹模尺寸计算	(110)
五、级进冲裁模结构示例	(114)
第九节 硬质合金冲裁模	(114)
一、硬质合金材料的选择	(114)
二、硬质合金冲裁模的结构特点	(114)
三、硬质合金的固定方法	(115)
四、滚珠导柱模架	(117)
五、硬质合金冲裁模结构示例	(119)
第十节 精冲模	(119)
一、精冲的材料	(120)
二、精冲件的工艺性	(120)
三、精冲模的设计参数	(120)
四、精冲模的结构	(127)
五、精冲设备	(132)
第三章 弯 曲	(136)
第一节 弯曲工艺分析	(136)
一、弯曲变形过程	(136)
二、弯曲变形特点	(136)
三、弯曲过程毛料的滑移现象	(136)
第二节 弯曲件的工艺性	(139)
一、材料的丝流方向	(139)
二、最小弯曲半径	(140)
三、对弯曲件形状和尺寸要求	(140)
第三节 弯曲件展开尺寸计算	(143)
一、弯曲中性层的位置	(143)
二、弯曲件展开尺寸计算	(144)
第四节 弯曲件的回弹	(147)
一、影响回弹的因素	(147)
二、回弹值的确定	(148)
三、减少回弹的措施	(148)

第五节	弯曲模工作部分设计	(150)
一、	弯曲间隙	(150)
二、	弯曲模凸模与凹模工作部分尺寸计算	(151)
三、	模具的圆角半径及弯曲深度	(152)
四、	精弯模尺寸设计	(153)
第六节	弯曲力的计算	(156)
第七节	弯曲模的卸料形式	(157)
第八节	弯曲件的工序安排	(159)
第九节	弯曲模结构设计	(162)
一、	V形件的弯曲	(162)
二、	U形件的弯曲	(165)
三、	π形件的弯曲	(167)
四、	Z形件的弯曲	(168)
五、	铰链的卷弯	(172)
六、	圆管形件的弯曲	(176)
七、	其他形状弯曲件的弯曲	(176)
第四章	拉深与切边	(184)
第一节	拉深工艺分析	(184)
一、	拉深变形过程	(184)
二、	拉深过程中毛坯的应力应变状态	(186)
第二节	拉深件的工艺性	(187)
一、	对拉深零件外形尺寸的要求	(187)
二、	对拉深零件形状的要求	(188)
三、	拉深零件圆角半径的确定	(190)
第三节	圆筒形件的拉深	(190)
一、	切边余量的确定	(190)
二、	毛坯尺寸计算	(190)
三、	圆筒形拉深件的拉深系数与拉深次数	(198)
第四节	矩形(或正方形)件的拉深	(213)
一、	概述	(213)
二、	矩形件毛坯尺寸的计算	(214)
三、	矩形件的拉深系数、拉深次数及工序间尺寸的计算	(219)
第五节	变薄拉深	(236)
一、	变薄拉深的特点	(236)
二、	变薄系数	(236)
三、	变薄拉深工序计算程序	(236)
第六节	拉深模工作部分的确定	(239)
一、	凸、凹模间隙的确定	(239)
二、	凸、凹模的尺寸和圆角半径	(240)
三、	压边圈的采用及类型	(243)

第七节	压边力、拉深力的确定	(245)
第八节	拉深件废品产生的原因及防止方法	(246)
第九节	常用拉深模的结构	(249)
第十节	切边与切边模	(254)
	一、切边方法示例	(254)
	二、切边模	(255)
第五章	多工序级进模	(268)
第一节	多工序弯曲件级进模	(268)
	一、多工序弯曲件级进模排样图的设计	(269)
	二、多工序弯曲件级进模中的托料与定位	(275)
	三、多工序弯曲件级进模的结构设计	(281)
	四、多工序弯曲件典型模具实例	(291)
第二节	多工序拉深件级进模	(298)
	一、多工序连续级进拉深的应用	(298)
	二、带料连续级进拉深的料宽和进距的计算	(299)
	三、拉深系数和拉深相对高度	(300)
	四、带料连续级进拉深的工序计算程序	(303)
	五、带料连续级进拉深模设计时注意事项	(308)
第六章	冲压工艺自动化	(311)
第一节	冲压工艺自动化概述	(311)
第二节	附设在模具上的自动送料装置	(311)
	一、钩式送料装置	(311)
	二、夹辊式送料装置	(313)
	三、夹持式送料装置	(313)
	四、拉料叉与送料钉联合自动送料装置	(319)
	五、半成品送料装置	(319)
第三节	自动送料模具实例	(321)
第四节	多滑块自动弯曲机的应用	(327)
	一、多滑块自动弯曲机的传动系统	(329)
	二、多滑块自动弯曲机的冲压过程	(329)
	三、多滑块自动弯曲机的凸轮设计	(332)
第五节	多工位传递式自动冲床的应用	(333)
	一、传动系统	(333)
	二、几个机构说明	(333)
	三、多工位冲床模具设计的注意事项	(336)
第七章	冷挤压	(338)
第一节	冷挤压基本概述	(338)
	一、冷挤压概述	(338)
	二、冷挤压的分类	(340)
	三、冷挤压技术的效果	(340)

四、冷挤压过程中的关键问题	(341)
五、冷挤压方法示例	(341)
第二节 冷挤压件的工艺性	(346)
一、适用于冷挤压的材料	(346)
二、冷挤压件的合理形状及其参数	(349)
三、冷挤压件的尺寸精度	(350)
第三节 冷挤压件毛坯尺寸计算	(350)
第四节 冷挤压的许用变形程度	(352)
第五节 冷挤压的挤压力	(354)
一、黑色金属挤压力图解法	(354)
二、有色金属挤压力图解法	(361)
三、冷墩变形力计算	(361)
第六节 冷挤压模具	(361)
一、冷挤压模具结构	(361)
二、冷挤压凸、凹模工作部分尺寸形状	(365)
三、预应力组合凹模	(369)
四、冷挤压模具材料	(373)
第七节 冷挤压毛坯的软化处理规范	(375)
第八节 冷挤压的润滑处理	(376)
一、有色金属冷挤压的润滑	(376)
二、黑色金属冷挤压的润滑	(377)
第九节 冷挤压件质量分析	(380)
第八章 其他冲压法	(383)
第一节 切口与剖切	(383)
第二节 光洁冲裁	(385)
第三节 整修与挤光	(387)
第四节 非金属材料的冲裁	(391)
第五节 翻边	(394)
第六节 校平和整形	(400)
第七节 加强筋和打凸的尺寸	(402)
第八节 简易冲模	(404)
一、聚氨酯橡胶冲模	(404)
二、薄板冲模	(411)

附 录

一、公差表	(416)
二、材料的机械性能	(417)
三、冲压用材料的厚度的允许偏差	(421)
四、冷冲压模具零件材料及配合精度	(427)
五、冷冲压用设备	(431)

六、冲裁模刃口始用间隙	(434)
七、弯曲 90° 中性层长度	(435)
八、弹簧和橡皮的选用	(436)

第一章 冷 冲 压 概 论

第一节 冷冲压工序分类

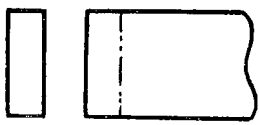
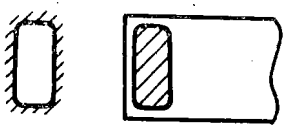
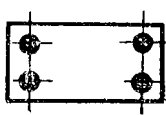
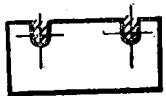
常温下利用压力机并依靠模具对金属材料加工使之变形以获得所需形状的加工工艺称为冷冲压。冷冲压的工序种类很多，性质各不相同，故根据工件的形状及金属受力变形的特征，冷冲压工艺可分为下列五类：

1. 冲裁—沿封闭的或敞开的轮廓将材料的一部分与另一部分分离的工艺。
2. 弯曲—对平的坯料或弯曲件的半成品，将其一部分相对另一部分转过一定角度的变形工艺。
3. 拉深—将平的坯料变成任意形状的空心件，或将空心件半成品的尺寸和形状作进一步改变的工艺。
4. 成形—用各种性质的局部变形，来改变零件或毛坯的形状的工艺。
5. 立体冲压—利用金属材料在压力作用下的塑性流动，按材料体积作重新分配的方法，使毛坯或半成品改变其形状，轮廓或厚度的工艺。

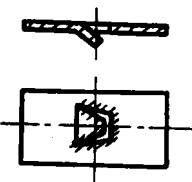
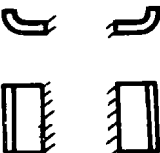
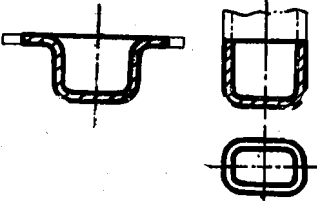
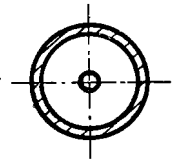
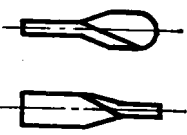
冷冲压的各类变形工艺又包括很多不同的工序、主要冲压工序的名称和分类见表1—1。

主要冷冲压工序的名称及性质

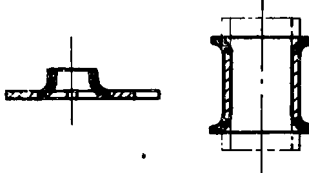
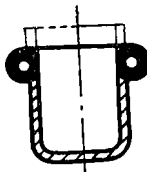
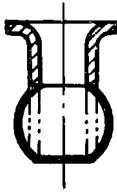
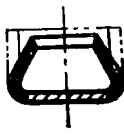
表 1 — 1

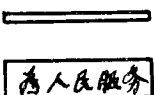
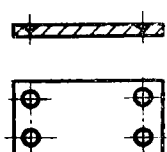
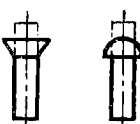
变形	分 序 类 号	工 名 序 称	工 序 简 图	工 序 定 义 及 性 质
I 冲 裁	1	切 断		从坯料中，沿敞开的轮廓分离出成品或半成品的工件。
	2	落 料		从坯料中，沿封闭的轮廓分离出成品或半成品的工件。
	3	冲 孔		在工件上，沿封闭的轮廓分离出废料。
	4	冲 槽		将工件外周上的局部材料沿敞开的轮廓分离出来。

续 表 1—1

变形	分 序 类 号	工 序 名 称	工 序 简 图	工 序 定 义 及 性 质
I 冲 裁	5	切 口		将工件沿敞开轮廓局部切开，而不完全分离。
	6	剖 切		将弯曲的或空心的半成品分离成两个或两个以上的工作。
	7	切 边		将空心件或立体实心工件的不平外边切除。
	8	修 整		切除冲裁件中粗糙的边缘，获得光洁垂直的工件断面。
	9	精 冲		从板料中分离出尺寸精确、断面光洁垂直的冲裁件。
I 弯 曲	10	弯 曲		将平坯料的一部分沿弯曲曲线弯转一定角度，或将已弯曲的半成品进一步弯转变形。
	11	卷 弯		将边缘的坯料按一定半径卷成圆形。
	12	扭 形		将平坯料的一部分相对另一部分扭转一定角度。

续 表 1—1

变形	分序 类号	工名 序称	工 序 简 图	工 序 定 义 及 性 质
Ⅱ 拉 深	13	拉 深		将平坯料变成任何形状的空心件，或进一步改变其形状和尺寸而不改变其厚度。
	14	变薄 拉深		用减小工件壁厚及直径的方法，来改变空心件的尺寸。
Ⅳ 成 形	15	翻 边		将坯料的孔或部分外缘变形成为不高的凸缘。
	16	卷 边		将空心件的边缘卷成半径均匀的圆边。
	17	涨 形		将空心件或空心坯料，从内部加以径向压力，使之局部膨胀。
	18	缩 口		将空心件的端部，由外部加以压力，使之局部缩小直径。
	19	起伏 成形		将坯料局部拉伸，形成起伏不平的形状，其厚度不改变。

变形	分 序 类 号	工 序 名 称	工 序 简 图	工 序 定 义 及 性 质
V 立 体 冲 压	20	冷 挤		利用金属材料在压力下的塑性流动, 将坯料转变为成形工件。
	21	压 印		利用材料的塑性流动, 在工件的表面上形成凹凸的印纹和字样。
	22	冲 眼		用锥形冲头在工件的表面上冲出不穿的中心眼, 备以后钻孔用。
	23	顶 敏		利用材料的塑性流动, 使其局部变粗, 形成所要求的形状。

第二节 冷冲压用材料

一、对冲压用材料机械性能的要求

仪表电讯工业用冷冲压零件除了满足仪表本身所要求的物理化学性能(包括机械、电磁、导热、防腐等)外,还必须满足冲压工艺的要求。影响材料冲压性能的因素如下:

1. 弹性: 仪表电讯行业中不少弹性零件要求有良好的弹性(如簧片, 接触件等), 但对冷压工艺极为不利, 由于弯曲后产生的回跳带来了成形的困难, 并造成工件质量不稳定。因此, 对弹性材料采用时应加以充分注意。

2. 塑性: 冲压成形就是靠材料的塑性变形来实现, 故弯曲、拉深及成形对材料的塑性均有一定的要求, 尤其复杂形状的弯曲、深度拉深和冷挤要求材料的塑性较好。如果采用塑性差的金属作深度拉深时就容易破裂。

3. 强度和硬度: 仪表结构零件要求材料有一定的强度。对于冲裁来说, 同样形状、尺寸及厚度的零件采用强度高的材料冲裁时所需的冲裁力就大。还由于硬度相应增高, 增加了模具的磨损, 则模具工作部分也相应要求有较高的硬度和耐磨性。

4. 冷硬性: 金属材料(除锡铅外)在压力的作用下均会产生冷作硬化现象, 使它的硬度增加, 而塑性降低。各种材料的冷硬性能不同。冷硬性高的材料不宜作深度拉深。为了克服冷硬现象, 多次拉深时需进行中间退火。

5. 表面状态及厚度误差：材料的冲压性能除了与材料机械性能密切相关外，材料的表面状态及厚度误差对冲压性能也有很大影响。如材料表面有熔渣，生锈、斑点或氧化薄膜会加速模具的磨损、并影响冲压件的表面质量。材料厚度误差超过规定范围会对成形带来困难或造成废品。严重的会造成模具或设备损坏，特别是拉伸、弯曲等工作中应加以重视。

二、冷冲压用材料种类和用途

(一) 黑色金属：以铁和其他元素为基体的合金称为黑色金属。黑色金属的含碳量与其机械强度有很大关系，一般说来，含碳量越低塑性越好，含碳量越高塑性越差，不宜作复杂变形零件。冲压中常用的黑色金属有以下几种：

1. 碳素钢材

各种碳素钢材是使用最为广泛的冷压材料，由于它有较高的强度，常用来制造电机、电器、仪表中的承力零件。普通碳素钢和优质碳素结构钢均可冲压。如果作复杂变形的零件，如弯曲件、拉深件等，则采用优质碳素结构钢中的低碳沸腾钢板，因为含碳量低又是沸腾钢，所以具有良好的塑性和较高的表面质量，有利于复杂成形。

常用的普通碳素钢有A₃、A₅等，常用的优质碳素钢有05F、08F、10F、20、30、45等。其中05F、08F、10F为低碳沸腾钢，具有良好的冲压性能又誉为“深拉深钢”。

2. 电工用纯铁

电工用纯铁是一种软磁性材料（含碳量 $<0.25\%$ ），用于制造电讯、电器、电工仪表中软磁性导磁零件，如继电器中的衔铁，耳机中的极靴等。

电工用纯铁的牌号以“电铁”汉语拼音第一个字母“DT”来表示，其后用数字表示多种牌号如“DT2”，电磁性能较好的纯铁在牌号之后再加上“A”，如“DT1A”，电磁性能特别好的纯铁在牌号后面则加“E”，如“DT1E”。

3. 电工用硅钢

电工用硅钢因增加了硅的含量，具有很好的电磁性能，用于电器，电讯和仪表的磁路中，用来制作电机和变压器的铁芯。为了保证其一定的电磁性能，要求钢板剪切整齐，表面平滑，不应有分层气孔等现象，因此在电工用硅钢片的冲裁中应注意这个问题。

电工用硅钢的牌号用“电”字的汉语拼音第一个字母“D”来表示，牌号第二个字母“G”“R”“H”表示检验钢板时的磁场条件“高”、“低”、“中”。没有第二个字母的表示在频率为50赫兹的磁场下检验的钢板。牌号第一位数字“1、2、3、4”表示钢板含硅量等级为“低、中、较高、高”。牌号的第二位数字表示钢板保证的电磁性能，数字大表示电磁性能好。常用的有D44、D41、DG41、DR42、DH42等。

4. 铁镍软磁合金（坡莫合金）

铁镍软磁合金是具有最高饱和磁感应和较高导磁率的高级软磁性材料，用于高磁感下无激磁或低激磁的小型电力变压器、扼流圈、音频变压器等电磁性能要求高的导磁零件。

铁镍软磁合金的牌号为“1J”，后面的数字表示含镍量，常用的有1J50、1J79、1J85等。

5. 膨胀合金（可伐合金）

膨胀合金是铁镍或铁镍钴合金，它在一定的温度范围内具有特殊的线膨胀系数（线膨胀系数极小或一定）。它分为低膨胀合金和定膨胀合金、低膨胀合金用来制造尺寸近似恒定的元件，定膨胀合金根据膨胀系数不同分别作为与玻璃、陶瓷、云母等进行封接的零件的材料。

膨胀合金的牌号是“4J”，后面的数字表示牌号的序号，各种牌号的封接性能可以在材料手册中查阅。常用的有：4J36、4J29、4J54等。

6. 不锈钢板

不锈钢由于含有大量的铬元素，因此具有很高的抗蚀性、当含有镍元素后（即铬镍不锈钢），更具有在酸性气体中较高的耐蚀能力，可作抗蚀零件。当含碳量不高时具有较高的延伸率，便于加工变形，可用于硬度要求不高而承受冲击负荷的耐蚀零件。

不锈钢的牌号第一个数字表示含碳量的千分数，其后由铬镍等元素符号和含量的百分数来表示、常用的有2Cr13、1Cr18Ni9、2Cr18Ni9等。

（二）有色金属：除了黑色金属以外的金属均为有色金属。包括的种类很多，具有的性能也是多种多样的，在冷冲压工艺中使用也相当广泛。常用的有色金属有以下几种：

1. 黄铜板（带）

黄铜是铜锌合金，它具有很好的塑性和较好的强度及抗蚀性，焊接性能优良。黄铜是结构材料，也是导电材料。当黄铜中含锌30~32%时，塑性最好。当含锌45~50%时强度最好。按其状态来分又有硬性、半硬性和软性，硬性用平片薄料，半硬性用于变形不大的弯曲，软性的用于复杂形状的弯曲及深拉深。

黄铜牌号用字母“H”来表示。常用的有H68、H62、HPb59-1（含有铅的铅黄铜）。H68塑性最好，可用于深拉深，HPb59-1塑性最差，但切削性能较好，用于冲裁后进行攻丝等其他切削加工的零件，如黄铜螺母等。

2. 纯铜（紫铜）

纯铜用电解方法制成，也称电解铜。它具有高的导电性、导热性和耐蚀性，也有优良的塑性、易于冷压加工。一般用作仪器仪表中导电零件。

纯铜的牌号有T₁、T₂、T₃、T₄、四种，T₁的纯度最高，含铜量>99.95%，其余依次递减，T₄的纯度为99.5%。纯铜中杂质成份越多，导电性，塑性等均降低。

3. 青铜带

青铜原指铜锡合金，称为锡青铜。现在对铜铝合金、铜硅合金、铜铅合金、铜铍合金等都称为青铜，分别称为铝青铜，硅青铜、铅青铜、铍青铜。青铜又分为压力加工用和铸造用两大类。压力加工用青铜具有良好的弹性和耐磨性，导电、导热、抗蚀性能也很好。用来制造仪表中的弹性零件，如接触片、簧片等。铍青铜还能热处理强化（又称时效），可用于制造精密仪器仪表中的弹性元件。

冲压常用的青铜是锡青铜和铍青铜、锡青铜往往还含有磷、锌等。锡磷青铜（也称磷铜皮）的应用最广。它有软、硬、特硬三种状态之分。

压力加工用青铜的牌号第一个字母是Q，第二个字母是它添加元素的符号，数字表示主要成份的含量。常用的锡磷青铜有QSn6.5~0.1，锡铍青铜有QSn4-3，铍青铜有QBe2、QBe2.5等。

4. 纯铝板（带）

铝板比重小，有良好的导电导热性能和很好的塑性，可进行冷压加工、尤其适宜于冷挤。纯铝的杂质越少，其导电导热以及塑性均越好。用于制造仪表面板及各种罩壳，支架等。

纯铝的牌号是L₁、L₂、L₃、L₄、L₅、L₆六种，L₁纯度最高、含杂质<0.3%，其余杂质依次递增，L₆含杂质<1.2%。常用L₂，L₃，L₅。纯铝又有退火和冷作硬化两种状态。

退火状态在牌号后面加上M, 如L2-M, 冷作硬化状态在牌号后面加上Y, 如L3-Y。

5. 硬铝(杜拉铝)

硬铝是可以热处理强化的铝材, 它在退火状态有较好的塑性, 宜于冷压加工, 而淬火并时效处理后可以获得较高的强度、硬度和耐蚀性。硬铝在其淬火后要有一个较长的时效时间。刚淬火后的硬铝仍保持良好的塑性, 可以进行压力加工, 随着时间的增长, 金属内部过饱和的强化相不断析出, 材料的强度和硬度等性能随之提高。硬铝用来制造仪表中的面板及机械结构零件。

硬铝的牌号用“Ly表示, 常用的有Ly11, Ly12。硬铝板也分为软状态(退火状态)和硬状态(淬火并人工时效)两种状态。软状态在牌号后面加M, 如Ly11-M, 硬状态在牌号后面加Y, 如Ly12-Y。

6. 镍板(带)

镍是电子真空元件中用的材料, 用来制造电子管、晶体管中的零件。具有良好的导电和焊接性能, 镍的塑性和韧性均很好, 可以进行复杂形状的冲压。冷作硬化状态的镍皮具有一定的强度。

镍板的牌号用“N”表示。常用的镍皮有N6、N7等。

7. 其他有色金属材料:

在仪表电讯工业中应用的有色金属种类很多, 除上述有色金属外, 银板、银铜复合板、金、铂、以及其他稀有金属材料都有应用。

(三) 绝缘及非金属材料:

非金属材料在仪表电讯行业中应用极为广泛, 用来作为具有高介电性能、耐湿性、耐电性的绝缘零件以及制作多种绝缘衬垫、垫圈。有些非金属材料如橡皮亦有作为密封衬垫、缓冲垫及其他零件。一般常用以冷压加工的绝缘及非金属材料有酚醛层压板、酚醛层压布板、环氧酚醛玻璃布板, 绝缘漆绸、云母片、聚氯乙烯薄膜、涤纶薄膜、聚四氟乙烯薄膜和工业用橡胶板、皮革、人造革、毡等。

三、冷冲压用材料规格

冷冲压用材料一般可以分为板料、卷(带)料和小直径棒料等。卷料特别适用于自动冲压。在一般批量生产中采用板料切成一定尺寸的条料进行冲裁, 也可将卷料裁断后使用。

板料: 是冲压中使用最广的一种材料, 常用的规格有500×500毫米、710×1420毫米、及1000×2000毫米等数种。

卷(带)料: 具有多种不同规格的宽度, 一般黑色金属在300毫米以下, 有色金属有600毫米的。长度有几米甚至数十米以上的。用作自动送料时的卷料可以按实际需要在滚裁机上裁成一定的宽度。

各种冲压用材料的机械性能见附表2~附表4, 各种冲压用材料的规格和厚度公差见附表5~附表13。

第三节 冷冲压模具用材料

冷冲压模具用的材料绝大部分是钢材, 其次是铸铁, 有色金属材料和非金属材料在冷冲压模具中也有少量应用。

一、对冷冲压模具用钢材的基本要求

1. 有足够的硬度与耐磨性：模具工作部分材料的硬度经热处理后必须高于被冲压材料的硬度，一般要求高于被冲压材料硬度二倍以上。因而冲压模具工作部分的硬度要求达到HRC54以上。

冷压冲模在使用时因磨损而使工作部分尺寸变化，降低模具的精度和冲压性能。所以模具材料除了要求高硬度以外，还要求有良好的耐磨性，它是保证模具寿命的主要性能。

2. 具有一定的强度和韧性：冷压冲模在工作时往往承受较大的冲压力，为此对模具材料还要求有足够的强度和韧性，具有良好的受冲击能力。

3. 有良好的热处理性能：大部分模具材料都要经过热处理，所以要求淬透性好及淬火变形小。由于冲裁模具经常需要刃磨，以及采用线切割加工工艺，模具材料有良好的淬透性是保证模具工作部分硬度和提高模具使用寿命的重要条件。对于复杂形状的零件，往往采用先机械加工后热处理的工艺方法，淬火变形的尺寸直接影响了模具的制造精度。

4. 其他要求，线切割加工零件往往因材料的内应力，在加工后发生材料开裂现象，为此要求材料淬火后内部组织均匀。对于冷挤压模具，因冲压时产生大量的热，使模具工作部分温度升高，所以要求材料有较高的红硬性（高温下保持高硬度的性能）。

二、冷冲压模具用材料的种类和特性

（一）钢材

钢通常分为碳素钢和合金钢两大类。碳素钢含碳量不大于2%，还含有少量硫、磷、硅、锰等杂质，碳是决定碳钢性能的主要元素。合金钢是在钢中加入一种或数种一定量的合金元素，以获得特定的性能。加入合金元素能增加强度、硬度和耐磨性，或提高材料的塑性和韧性，改善热处理性能等。

1. 碳素钢

（1）普通碳素钢：普通碳素钢内含杂质较多，所以质量差些，用于制造模座，固定板、卸料板等机械性能要求不高的零件。冷冲压模具上常用A₃、A₅等。“A”表示甲类钢，甲类钢是只保证机械性能而不保证化学成份的普通碳素钢。A₅的含碳量比A₃高，所以其强度略高于A₃，而塑性略低于A₃。

（2）优质碳素结构钢：优质碳素结构钢含硫、磷量 ≤ 0.045 ，它既保证钢的机械性能，又保证钢的化学成份。根据含碳量的不同分为低碳钢（ $C < 0.25\%$ ），中碳钢（ $C = 0.25, 0.55\%$ ）和高碳钢（ $C > 0.6\%$ ）。它们牌号的二位数表示含碳量的万分数，如“45”表示含碳量为0.45%的中碳钢。数字后面加上Mn，表示含锰量较高的优质碳素钢。常用的是45，它具有良好的切削性能，可以淬火，硬度可达HRC48~55。但淬火的变形较大，用来制造螺钉、销钉、定位钉等硬度要求不高的零件。45经调质处理后有较好的强度和塑性。20属于低碳钢，经渗碳淬火后可制造导柱、导套等零件。65Mn属于含锰高碳钢，具有良好的弹性和抗疲劳性，用来制造弹簧等弹性零件。

（3）碳素工具钢：碳素工具钢含碳量为0.65~1.35%，一般硫、磷含量控制在0.035%以下。如果硫 $< 0.02\%$ 、磷 $< 0.03\%$ ，则称为高级优质钢。碳素工具钢牌号用“T”表示，后面的数字表示含碳量的千分数，数字后面的“A”表示高级优质钢。常用的有T7、T8、T10、T8A、T10A等。它们淬火后硬度可达HRC60以上，具有较高硬度和良好的耐磨性。用来制造简单形状的冲裁凸模及凹模、弯曲凸模、凹模和其他要求耐磨的零件。但淬透性差，淬火变形大，不宜制造尺寸较大和形状复杂的模具。由于淬火后存在内应力，常易产生线

切割开裂，所以不宜进行线切割加工。

2. 合金钢

合金钢按性能分合金工具钢、高速钢、轴承钢等。

(1) 低合金工具钢：(9Mn2V, CrWMn)这类钢可以用油淬，所以淬透性好，淬火变形小。9Mn2V比T10A有较高的硬度和耐磨性，由于合金元素少，价格略高于T10A，以9Mn2V代替T10A可以收到价廉物美的效果。

CrWMn具有高的淬透性、硬度和耐磨性，它突出的优点是淬火变形小。用来制造复杂形状的模具和线切割加工的模具零件。

(2) 高碳高铬工具钢：(Cr12, Cr12MoV)这类钢具有强度高，淬透性好，耐磨性好及淬火变形小等优点。Cr12含碳量较高($C=2.0\sim 2.3\%$)，碳化物分布不均匀现象严重，造成强度、硬度降低。Cr12MoV含碳量较低($C=1.45\sim 1.77\%$)，强度、韧性较Cr12有改善。这类钢用于冲压力大，要求寿命高的模具，也用于形状复杂，要求淬火变形小的模具。

(3) 中合金工具钢：(Cr4W2MoV)是一种代替Cr12的新的冷变形模具钢。其耐磨性与淬透性均接近或超过Cr12MoV，碳化物偏析小，强度、韧性比Cr12MoV好。

(4) 高速钢：(W18Cr4V, W6Mo5Cr4V2)高速钢由于含有较多的碳及合金元素钨、铬、钒等，经热处理后可以获得高的硬度、红硬性与耐磨性。利用高速钢的红硬性主要用来制造高速切削的刀具。在冷冲压模具中用来制造冷挤的凸模和凹模以及其他有红硬性要求的零件。W6Mo5Cr4V2是以钼代钨的新钢种。每1%的钼可以代替2%的钨，由于合金元素含量较少，可以减少碳化物的数量及不均匀性，比W18Cr4V有较好的塑性，良好的机械性能和工艺性能。

(5) CG2：(6Cr4Mo3Ni2WV)，是新型的冷热变形模具钢。它具有强度高、韧性好、耐磨、抗热震性强等优点，其寿命为高速钢的二倍以上。可以用来制造冷挤、冷墩、温挤、热挤等模具材料。

(6) 轴承钢：(GCr15)有均匀的高强度、硬度和耐磨性。它是低合金结构钢的一种。因含有少量的铬可以提高淬透性，由于对材料中硫和磷的含量及分布控制较严，所以具有较高的抗疲劳性能。轴承钢在模具中用来制造拉深、冷挤等模具。

(7) 硬质合金：它是以碳化钨、碳化钛和适量的粘结剂钴用粉末冶金方法制成的。由于这些碳化物具有高硬度和高稳定性的特点，所以硬质合金的硬度、耐磨性、红硬性远高于高速钢。可以用来制造高寿命的冲裁模，深拉深、冷挤压等模具。硬质合金分为钨钴硬质合金(YG)和钨钴钛硬质合金(YT)二类。钨钴类具有较高的强度和韧性，适宜于制造模具和切削铸铁的刀具。钨钴钛类在高温下形成一层薄的氧化膜，可防止硬质合金与切屑粘附，故适宜于制造切削钢材的刀具。模具上常用的牌号有YG15, YG20。

(8) 钢结硬质合金：(TLMW50)钢结硬质合金是一种具有合金钢的可切削性又能淬火达到接近硬质合金硬度和耐磨性的一种合金，它的组织由碳化钨和铬钼钢两种成份组成。碳化钨按重量占合金的50%，按体积占35%。由于碳化钨的存在决定了钢结硬质合金具有高硬度和高耐磨性，热处理变形小，热稳定性好等优点，铬钼钢成份保证在未热处理前可以进行切削加工，在热处理后则能得到较高的硬度。淬火后根据回火温度不同可得到HRC50~70范围内各种硬度值。

退火状态的TLMW50硬度为HRC40左右，比其他合金工具钢硬，对它切削加工要“转速低，吃刀量大，刀口锋利，不用冷却液”。