

现代冲压技术

# 现代冲压技术

张毅 主编

国防工业出版社

T438-810

(京)新登字 106 号

图书在版编目(CIP)数据

现代冲压技术/张毅主编·—北京:国防工业出版社,  
1994

ISBN 7-118-01175-4

I. 现…

I. 张…

II. 冲压-技术

IV. TG886

现代冲压技术

(现代冲压技术)编委会 编

责任编辑 邢海鹰 张赞宏

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号)

(邮政编码 100044)

新华书店经营

国防工业出版社印刷厂印刷

开本 787×1092 1/16 印张 23 534 千字

1994 年 6 月第 1 版 1994 年 6 月北京第 1 次印刷 印数 1—3000 册

ISBN 7-118-01175-4/TG·78

定价:19.40 元

(本书如有印装错误,本社负责调换)

## 前 言

本书是根据电子工业部科技司和中国电子学会生产技术学会的要求,以及1988年5月召开的电子学会第4届工装专业委员会工作会议精神编写的。主要是总结我国电子工业冲压模具近10年来引进、消化、吸收和国产化的实践经验,系统地介绍了高效、精密、长寿命多工位级进模、自动叠装模、多工位传递模、多方位弯曲机模、数控回转式多工位冲压模的设计原理、模具结构、模具安全保护、模具制造、典型示例等。对模具的发展方向、精度与寿命进行了分析。并介绍了现代冲压设备与自动化送料装置,优选的模具钢及其热处理。本书是国内首次出版的现代冲压模具专著。它的问世必将促进我国模具工业和模具技术的发展。

本书的作者大多是近10年来出国考察和培训的中、高级工程师,都积累了丰富的理论和实践经验。全书的审稿也由高级工程师担任。参加编写工作的单位和人员有:第一、十四、十五章为北京电子管厂张毅;第二章为宁波无线电四厂陈鹤皋、成都宏明无线电器材厂肖方栋、咸阳华星无线电厂高星明;第三章为南京长江机器制造厂郑和、张龙珠、镇江接插件总厂邱洪晞、绵阳华丰无线电器材厂王剑秋;第四章为南京无线电七厂张钢;第五章为成都无线电七厂让国模;第六章为无锡华晶电子集团公司诸嘉华、厦门永红电子公司翟志胜;第七章为南京长江机器制造厂吴仲余、陕西彩色显像管总厂宋泽普、南京华东电子管厂肖昌友;第八章为无锡无线电厂屈敬朴;第九章为南京长江机器制造厂张道生;第十章为南京有线电厂杨自强;第十一章为南通无线电器材厂王锦标;第十二章为北京电子管厂陈炎嗣;第十三章为郑和、宋泽普;第十五章为张毅、镇江无线电元件二厂鞠剑风。参加主编、主审工作的同志有:张毅、郑和、吴仲余、陈鹤皋、邓学华、诸嘉华。

全书编写、审稿的组织工作由中国电子学会工装专业委员会第四届主任委员单位南京长江机器制造厂承担。郑和、吴仲余两同志对编写纲目、一审、二审和终审会议进行了精心组织,做了大量工作。在编写和审稿过程中,得到了机电部科技司、上述有关各厂、中国电子学会生产技术学会的热情支持和帮助,在此表示衷心的感谢。

由于水平所限,缺乏经验,不当之处在所难免,恳请读者提出宝贵意见。

《现代冲压技术》编委会

# 目 录

第一章 现代冲压技术的发展	张 毅 编写(1)
	郑 和 审稿
第一节 现代冲压工艺	(1)
第二节 现代冲模技术	(5)
第三节 现代模具生产设备	(10)
第二章 电位器零件冲压技术	陈鹤皋 统编(15)
	邓学华 审稿
第一节 簧片类零件冲压技术	陈鹤皋(16)
第二节 外壳类零件冲压技术	肖方棟(33)
	高星明
第三章 接插件零件冲压技术	郑 和 统编(53)
	陈鹤皋 审稿
第一节 壳体类零件多工位级进模设计	邱洪晔 郑 和(53)
第二节 弹性(簧片)类零件多工位级进模设计	张龙珠 郑 和(65)
第三节 插针类零件多工位级进模设计	王剑秋 郑 和(82)
第四章 高频头零件冲压技术	张 钢 编写(91)
	陈鹤皋 审稿
第一节 接地网的冲压工艺分析	(92)
第二节 接地网的模具设计	(96)
第五章 磁头屏蔽罩多工位冲压技术	让国模 编写(108)
	吴仲余 审稿
第一节 多工位压力机的冲压工艺	(108)
第二节 多工位压力机的模具与送料装置	(118)
第六章 引线框架冲压技术	诸嘉华 统编(136)
	张 毅 审稿
第一节 拼块型引线框架级进模	诸嘉华(137)
第二节 镶件型引线框架级进模	翟志胜(156)
第七章 显像管零件冲压技术	吴仲余 统编(169)
	郑 和 审稿
第一节 彩色显像管零件冲压技术	宋泽普 吴仲余(169)
第二节 黑白显像管零件连续拉伸技术	肖昌友 吴仲余(192)
第八章 录音机芯零件冲压技术	屈敬朴 编写(208)
	郑 和 审稿
第一节 机芯零件分析及排样图	(208)
第二节 级进模结构设计	(212)
第九章 电机定、转子和电器铁芯自动叠装技术	张道生 编写(223)

		吴仲余 审稿
第一节	自动叠装技术概论 .....	(223)
第二节	自动叠装冲压工艺 .....	(224)
第三节	自动叠装模结构设计 .....	(234)
第十章	数控回转式冲压技术 .....	杨自强 编写(244)
		吴仲余 审稿
第一节	数控压力机及模具 .....	(244)
第二节	数控冲裁的工艺编制 .....	(256)
第十一章	印制板冲压技术 .....	王锦标 编写(262)
		陈炎嗣 审稿
第一节	覆铜箔板冲裁的基本概念 .....	(262)
第二节	印制板冲压加工的工艺性 .....	(265)
第三节	印制板模具 .....	(266)
第十二章	多方位卧式弯曲机冲压技术 .....	陈炎嗣 编写(280)
		张毅 审稿
第一节	卧式弯曲机 .....	(280)
第二节	卧式弯曲机用模具 .....	(283)
第三节	凸轮设计 .....	(291)
第十三章	现代冲压模具精度与寿命分析 .....	郑和 宋泽普 编写(294)
		陈鹤皋 审稿
第一节	现代冲压模具精度分析 .....	(294)
第二节	现代冲压模具寿命分析 .....	(302)
第十四章	现代冲压设备和冲压自动化 .....	张毅 编写(308)
		郑和 审稿
第一节	现代冲压设备 .....	(308)
第二节	冲压自动化 .....	(318)
第十五章	模具新材料与热处理 .....	张毅 统编(330)
		郑和 审稿
第一节	常用的优选模具钢 .....	张毅(330)
第二节	模具材料的选用 .....	张毅(336)
第三节	新型模具钢的锻造工艺 .....	鞠剑风(340)
第四节	新型模具钢的热处理工艺 .....	鞠剑风(342)
第五节	热处理的新工艺 .....	鞠剑风(352)
第六节	模具表面硬化技术 .....	鞠剑风(355)
第七节	中外常用优选模具钢号对照表 .....	张毅(357)

# 第一章 现代冲压技术的发展

随着我国经济的改革、开放,进入 80 年代以来,在电子、家用电器、仪器仪表、汽车及其配件等行业,都有不同程度的引进。在这些引进中,包括了零、部件的制造工艺和模具。

作为零、部件制造工艺重要部分的冷冲压工艺及模具,约占零、部件制造工艺的 40%。这些模具大多是综合性的,是高效率、高精度、高寿命(简称三高)的模具。

## 第一节 现代冲压工艺

现代冲压工艺比传统的冲压工艺有下列不同的特点。

### 一、提高了冲压劳动生产率

目前国内外冲压的发展趋势是单机自动化、机械化、自动送料、自动卸料。在模具方面出现了 50 多工位、集各工序于一模具的多工序、多工位级进模。出现了用于拉伸件的连续自动多工位压力机和多工位拉伸模。此外,单机或多机的数控压力机、数控回转压力机等已得到了广泛的应用。

高速冲压在国内外得到了普遍发展。过去冲压速度一般为 45~80 次/min,现在冲压速度在 200 次/min 以下者称为低速冲压;200~600 次/min 称为中速冲压;600 次/min 以上称为高速冲压。平时人们所说的高速冲压,多半是在中速冲压范围之内。不论是中速冲压或者是真正的高速冲压,制造模具的材料通常都是硬质合金。这种模具一定要刚性好、运动副间隙小,在冲压过程中能平稳工作,不产生振动,使极小的凸模等易损件提高使用寿命。在高速冲压过程中的模具刃磨寿命应超过 100 万次以上,这样模具的总寿命才能超过 1 亿次以上。

在中、高速冲压中,必须使用相应的送料装置。国外阿克卡公司(Acca-Speed)辊式送料机构可为 1200 次/min 的压力机送料;里特尔公司(Littell)的送料器可为 1000 次/min 的压力机送料;明斯特公司(Minster)的辊式送料装置可为 2500 次/min 的压力机送料;范科公司(Vamco)的送料器可为 2200 次/min 的压力机送料;奈格拉公司(Niagara)的送料器可为 400 次/min 的压力机送料;已经国产化的 QZS/DL 型系列气动送料装置和日本的双叶电子(Futaba)AF 系列气动送料装置在结构上、功能上都是极其相近的,送料精度均可达到  $\pm 0.025\text{mm}$  以内,送料速度可以达到 200 次/min 以内。机械式的送料装置的精度均在  $\pm 0.02 \sim \pm 0.05\text{mm}$  以内。

### 二、提高制件的质量

提高制件的质量,必须针对具体条件和要求,采取相应措施。制件的质量主要表现在表面质量和断面质量上,解决措施的关键是控制其冲裁间隙的大小,而最容易的检查措施

是查验制件毛刺的大小。因此把它们规定下来,并严格执行,可以提高制件质量。

模具间隙的大小不仅影响制件质量,而且影响模具使用寿命。如何正确选用和制造合理的模具间隙,是一个重要问题。我国有关专家经过对国外五种间隙的研究(即小、较小、中等、较大和大间隙),将冲裁间隙分成Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ三种类型,制定了自已的冲裁间隙选用表(见表 13-1)和冲裁间隙比值表(见表 1-1)。在选用冲裁间隙时,应针对制件的技术要求、使用特点和生产条件等因素,首先确定拟采用的间隙类别,然后按表 1-1 选取与该类间隙相应的比值,经计算便可得到间隙数值。在使用本表时,注意非圆形孔比圆形孔的间隙大,冲孔比落料间隙大,冲小孔要更大。硬质合金冲裁模的间隙比钢模的冲裁间隙要大 20%~30%,高速压力机模具间隙要增大,冲压速度超过 200 次/min 时,其间隙值增大 10%左右。热冲压的间隙值要减小,凹模为斜壁时,间隙要减小。

实践证明,在一般冲裁情况下选用较小的间隙,可保证质量,但模具寿命短一些。而选用Ⅲ类间隙时,模具寿命虽然延长了,但冲件质量下降。所以在一般情况及质量无严格要求

表 1-1 冲裁间隙比值(双面间隙)

材 料	Ⅰ类	Ⅱ类	Ⅲ类
低碳钢 A3、B2、 08F、10F、10号、20号	6~14	>14~20	>20~25
中碳钢 45号、50号 不锈钢 4Cr13、 1Cr18Ni9Ti 可伐合金	10~18	>18~25	>25~32
高碳钢 T8A、T10A 弹簧钢 65Mn 等	16~25	>25~32	>32~38
纯铝 L <sub>2</sub> ~L <sub>5</sub> 铝合金 LF21(软态) 黄铜 H62(软态) 紫铜 T <sub>1</sub> 、T <sub>2</sub> 、T <sub>3</sub>	4~10	>10~15	>15~20
黄铜(硬态) 铅黄铜 紫铜(硬态)	6~12	>12~18	>18~24
铝合金(硬态) 锡磷青铜 铝青铜 铍青铜	8~15	>15~22	>22~28
镁合金	3~5		
硅 钢	5~10	>10~18	

注:1. 本表适用于厚度为 10mm 以下的金属材料,厚料间隙比值应取大些。

2. 非金属的间隙比值:

红纸板、胶纸板、胶木板的间隙比值分两类,相当于表 1-1 中Ⅰ类时,取(1%~4%)t,相当于Ⅱ类时,取(4%~8%)t。云母片、纸、皮革的间隙比值取(0.5%~1.5%)t。

求的情况下,应选择中等间隙(即Ⅱ类间隙)。

属于三高类模具,其模具间隙选择应以冲件质量为主,选小间隙。如果模具寿命不理想,应选择优质钢材,如基体钢、高速钢,乃至选用钢结合金或硬质合金。

如果用一般冲裁法,并选用Ⅰ类间隙,制件质量仍达不到要求,就应该选择精密冲裁模。精冲技术在国内外已经在照相机、电传打字机、手表及其他仪器仪表行业得到了广泛应用。现在国内外正把精冲技术应用到大型、高精度和厚、硬材料方面。据介绍,国外精冲件最大尺寸已达 $820\text{mm} \times 600\text{mm} \times 7\text{mm}$ 和 $660\text{mm} \times 61\text{mm} \times 20\text{mm}$ ,最大厚度达 $25\text{mm}$ ,最硬的材料其 $\sigma_0 = 1370\text{N/mm}^2$ 以上。精冲法由于使材料切口处处于三向压应力的冲裁状态,冲裁间隙特别小,即为 $1\%t$ 或 $0.01 \sim 0.02\text{mm}$ ,所以无论是冲件的表面平整度、毛刺、尺寸精度、断面质量、塌角等都有明显的改善。但要注意精冲技术受到一定的条件限制,不能对任何制件、任意地方都使用它。

冲裁间隙比值列于表 1-1。

### 三、减少冲压成本,缩短生产周期

减少冲压成本,缩短生产周期,除了提高压力机冲压速度以外,选用简易模具、通用模具及组合模具也是有效的途径。尤其对于整机厂或试制车间及产量小、品种多、要求快出制件的工厂,更是如此。

各种简易模具及其在冲压工艺中的应用列于表 1-2。

表 1-2 简易冲模及其应用

模具名称	适用冲压工艺	大致应用范围	技术、经济效果
薄板模	冲 裁	$t \leq 3\text{mm}$ , 形状一般的中小型有色金属板件	用于电子、仪器、仪表等小批量板状零件, 模具寿命小于 1 万件
厚板模	冲 裁	与一般冲裁模应用范围相同	结构简单, 成本低, 模具寿命较长, 大于 1 万件
钢带模	冲 裁	$t \leq 6\text{mm}$ 的大、中型非金属或软金属板料	用于汽车、拖拉机所用的板件, 模具寿命小于 1 万件
钢皮模 (凹模厚度 $0.5 \sim 1\text{mm}$ )	冲 裁	$t \leq 3\text{mm}$ 的黑色、有色金属及非金属板料	用于试制性或批量小的冲件, 模具寿命小于 1 万件
夹板模	冲 裁	$t \leq 3\text{mm}$ 的黑色及有色金属零件	用于汽车、飞机等大中型冲件, 模具寿命小于 1 万件
组合冲模	冲裁、修边、 弯曲、拉伸	与常规模具应用范围相同。但冲件形状简单	用于试制性强的工厂及多品种、小批量生产的简单零件
聚氨酯 橡胶模	冲裁、弯曲、成形、 胀形、翻边、拉伸	$t \leq 1.5\text{mm}$ 的小型冲件	适用于电子、仪器仪表工业等, 模具寿命小于 1 万件
锌基、锡基低 熔点合金模	冲裁、弯曲、成形、 拉伸、翻边	$t \leq 1\text{mm}$ 的大、中、小型的各种零件	模具寿命低于 2000 件, 模具损坏后可熔解低熔点合金再用
喷焊刃口模	落料、冲孔	$t \leq 1\text{mm}$ 的大型零件	各工业均可适用。模具寿命小于 1 万件
超塑性材料 冲模	冲 裁	$t \leq 0.8\text{mm}$ 的大、中型板件	模具寿命数千件。再使用时其模具性能下降



## 四、试验并发展冲压新工艺新技术

### 1. 软介质冲压技术的试验和发展

目前,国内外发展冲压新技术的一个重要特点是打破传统的冲压工艺方法。不需要极其复杂和成本昂贵的模具来完成冲压,而只需要一些简单的钢质凸模或凹模,甚至连凸模或凹模本身也用软介质的材料,以减少传统冲压工艺中模具费用所占的比重。

软介质冲压工艺主要有:爆炸成形、放电成形、电磁成形等脉冲冲压技术、超塑性材料成形技术和以液体或气体为动力的动介质冲压技术。这些冲压技术特别适合于筒形件或管形件的拉伸、胀形、压肋和成形。

聚氨酯橡胶制成的模具,既不同于液体或气体要求密封性高,也不同于钢质凸模和凹模的作用力不能随意变化。它容易变形,又能很好的保持其自身整体的完整。因此是一种较理想的软介质成形材料,可用于许多冲压工序。

### 2. 精密冲裁技术的新发展

目前采用精冲方法成形的零件,形状越来越复杂,特别是涉及三维方向的成形。例如锻件矩形断面延伸部分的精神;复合成形技术(如半冲孔、深压印等)的应用等。

采用连续级进模的三级对向冲裁法冲裁,既可以提高制件质量,获得极好的制件断面质量及基本上无毛刺而又有准确尺寸的制件,又能提高制件的生产率。这是继上下冲裁法、对向冲裁法(对向凹模冲裁法)之后,新发展起来的一种较为理想的精密冲裁方法。

### 3. 拉伸工艺技术的新发展

传统拉伸工艺的主要弊病是筒形零件的凸缘起皱和筒底的破裂。为了改善这种状况,可采用温差拉伸、机械或液压推力拉伸等新工艺。

温差拉伸就是在筒形件的凸缘部分加温或在易破裂处剧冷,使其产生温差效应,使材料在变形时能有效地利用本身的塑性,按人们需要的方向变形。

推力拉伸就是在筒形件凸缘周围加上一定的机械或液压推力,使材料凸缘向筒形变化时与凸模的摩擦力减至最小,以减小拉伸系数和减少拉伸次数。有条件时可使凹模内充满液体,使拉伸凸模只起控制尺寸作用,不起力的传递作用,这样的效果会更好。

### 4. 更好的自动送料机构

采用凸轮式卷料送料机构,可使送料精度达到 $\pm 0.02\text{mm}$ 以上。采用“Z”字形排样的卷料送料机构,可更充分的利用制件的头尾材料。原苏联有一种适用于材料厚度为 $0.3\sim 2.0\text{mm}$ ,宽度不大于 $60\text{mm}$ ,送料进距调节量最大可达 $72\text{mm}$ ,可使送料行程比压力机行程大一倍,由两斜面楔带动的夹刃式高精度自动送料机构。这种送料机构送料精度相当高,可达 $\pm 0.005\text{mm}$ ,并且调整速度快。是个很有前途的通用送料机构。

### 5. 采用多功能的机器人

采用多功能的机器人,可以提高各种冲压的生产效率,完成人们难以完成的许多冲压工序。日本东芝公司开发的冲压加工柔性生产系统(FMS,即Flexible Manufacturing System)可以完成必要的模具选择,把压力机上的模具搬入、搬出、换模,向模具送进材料或坯料,取出制件和废料等全部冲压工序。

FMS系统由四轴驱动机械手、开式偏心压力机、送料装置、模具交换装置、制件交换机、废料运输机、附件库、制件用货架、废料货架等组成。它可完成冲裁、弯曲、拉伸、顺序排

列、修整等大多数冲压作业。适用于冲裁板料尺寸为：厚 0.5~8mm，宽 20~200mm，长 10~200mm。制件位置精度可保证在 $\pm 0.02\text{mm}$ 以内。板料品种有软钢、不锈钢、铜及铜合金等。

这个系统还适用于快换模具。也适用于多品种、中小批量的制件生产。

## 第二节 现代冲模技术

现代冲压技术中，许多项目都离不开模具的技术改进和模具的现代化。所以说，模具是现代冲压技术的核心，是工业发展的基础。模具的制造周期、加工精度和使用寿命等直接影响制件的质量、数量和成本，也影响着产品的更新换代。在使用模具最广泛的电子、仪器仪表、轻工、航空航天和汽车等工业中，模具的品种发展最快，各种模具的新技术也都在这些行业中领先出现。下面主要按照这些行业的模具发展动态，作一些简要的介绍。

### 一、冲模结构的新发展

#### 1. 高效、精密多工位级进模

过去有二三个工序、七八个工位，即视为复杂模具，现代级进模有 20 余工位，乃至 40 余工位的。例如彩色显像管中电子枪零件第一栅(代号  $G_1$ )的模具，就达到 30 余工位，模具制造精度微米级，制模材料用超细晶粒的硬质合金。又如集成电路用引线框架，其 64 条腿的引线框架级进模，凸模最小宽度仅 0.2mm，用硬质合金制造凸模和凹模拼块，制造精度达  $2\mu\text{m}$ 。在 800 次/min 的高速压力机上使用，模具寿命可达 1 亿次左右。

有的级进模增添了攻丝、自动叠压、制件弯曲、自动铆焊、自动测量、控制等工序，大大提高了冲压效率，节省了冲压工时和冲压设备。例如电机定子、转子、变压器铁芯等制件的生产中，用于硅钢片的成组、成台、自动冲压、叠装的级进模，即集众多工序于一模，而且该模具精度高，寿命长。

#### 2. 多工位拉伸模

多工位拉伸模是用于多工位压力机的一组模具体。在一般情况下，由于压力机机械手传递精度所限，多工位压力机多数以拉伸件为冲压对象。因此，多工位模又称多工位拉伸模。它除了能进行拉伸外，还可兼作冲孔、弯边、切边、压印、整形、落料等工序。是电子工业等中、小型以拉伸为主的冲件大生产的重要手段。

适用于电子工业的多工位压力机，其冲压力为 150~750kN，送料距离为 38~140mm，最多工位数为 15。最大落料尺寸为 70mm，拉伸件高度也受到压力机的限制，因此限制了制件的最大尺寸。如果拉伸件尺寸很小，就会降低冲压材料利用率，增加产品成本。所以使用多工位压力机时，应进行综合考虑。例如电子枪中的阴极帽和阴极筒、磁头器件中的磁头屏蔽罩等零件，都是由多工位压力机制造的。其生产效率很高，但冲压废料多于制件本身，加上材料又贵重，因此制造成本较高。

由于多工位压力机的机械手和多工位模具的模架不是通用的，而是随着产品更换的，其加工又很困难，所以多工位压力机通常适用于品种少、产量大的制件生产。

#### 3. 复合模

复合模多在要求零件特别精密(IT6~IT9)时采用。或者零件材料特别贵重，需提高材料利用率，同时零件的产量又很大时采用。复合模的冲压尺寸几乎不受限制，外径最大尺

寸达  $\phi 3000$ , 而最小孔径尺寸为  $\phi 0.2$ 。但复合模多数是在低速压力机(冲次小于 200 次/min)上使用, 生产效率受到了限制。

目前, 国外有将几个零件同时在模具内连续成形、并组装在一起而提高生产效率的复合模。例如, 将继电器的动触点和静触点连续成形、并组装在一起的复合模具。在制件生产时, 质量稳定, 生产周期短。但模具需要精心保养。由于复合模的制造和维修复杂, 价格昂贵, 所以一些以复合模为主的精冲模也都向级进模的结构发展。国外许多新型模具中, 包含着复合的动作, 而复合模中也有的是分成了几次“复合”才完成的。例如连续级进三级对向冲裁模, 就是这两种冲压方式的组合。既得到了高精度的制件, 又简化了模具制造和维修的复杂性。

为便于对比三种主要冲模的特征, 现列表 1-3。

表 1-3 三种主要冲模特征对比表

对比项目	级进模	复合模	多工位模
送料方式与完成工序方式	随带料、卷料送进, 分部完成各工序	一次性切离, 并完成主要工序	切离后夹持送料, 分部完成各工序
材料利用率	需较大的搭边	较高	一般较高
采用高速压力机	可以采用	稍难	困难
制件的形状、尺寸和最大尺寸范围	形状不受限制, 允许料厚 0.2~6mm, 进距 $\times$ 料宽=250mm $\times$ 250mm, 最小凸模宽度为 0.2mm	形状受模具结构与强度的限制, 允许料厚 0.05~4mm, 最大直径可达 $\phi 3000$	受两个工位间中心距大小的限制, 落料直径(或长度)为 1/2 机床中心距尺寸
制件侧面和反面加工的可能性	困难	不能	可能
增加工位数	可能	有限度	可能
工序间尺寸精度和形状、位置公差	精度稍差, 一般可达 IT10, 由模具结构送料精度、材料情况等决定。可以提高精度和形位公差	精度较高, 一般可达 IT9, 有时可达 IT6。制件的形位公差可达到很高的要求	精度稍差, 一般可达 IT10。由模具结构、送料精度决定, 可提高送料精度, 但形位公差稍差
冲压工作的稳定性和模具工作的安全状态	工序分得愈合理, 冲压工作稳定性愈高。一般较稳定、安全	冲压稳定性差, 模具工作的安全性也稍差	冲压工作稳定性好, 模具很安全
复杂的弯曲工作	有限度的增加	不能	可能
翻转和变更冲压方向	不能	不能	可能
对材料宽度要求	较严格	不严格	不严格
最佳工序种类	冲裁	冲裁, 冲裁拉伸	深拉伸
生产效率	很高	较低	较高
模具制造成本	与工位、工序数成正比上升	中等	较低
模具制造难易	制造较难、维修中等	制造和维修都较难	较容易
模具材料	可用硬质合金	用硬质合金较难	可用硬质合金
模具寿命	较高	较低	最高

#### 4. 多级深拉伸模

最近,国外发展了多级深拉伸设备和深拉伸模具,可使一次冲压行程完成 3~5 次拉伸。不但提高了生产效率,而且由于模具对中性好,又有效的利用了各次拉伸的塑性变形热量,从而可以得到壁厚均匀的制件。

#### 5. 超塑性成形模

这种模具已广泛地应用于家电工业、航空航天工业等零件成形工艺中。在气胀成形法中,可由微机控制其温度和保温时间,所以产品的精度很高,生产效率和材料利用率也很高。但目前较成熟的仅  $ZnAl_{12}$  和  $CuMg$  等超塑性材料,因此超塑性成形技术有待进一步的发展。

## 二、模具 CAD/CAM

### 1. 模具 CAD/CAM 发展概况

这几年模具技术发展最快的是模具 CAD/CAM 的研究和应用。模具 CAD/CAM,可以缩短模具设计、制造周期,提高模具精度,降低模具成本。如日本在家用电器和电子元件的模具设计制造中,采用了 CAD/CAM 系统,模具设计时间仅为常规设计时间的 1/4。美国在集成电路的引线框冲裁级进模设计上采用了 CAD/CAM,尽管该模具设计异常复杂,模具设计时间也缩短 1/3 以上。如果加上 CAD 为 CAM 所铺设的“道路”,设计、编制工艺时间可减少 1/2 以上。而且模具制造所减少的时间尚未计算在内。尤其可贵的是,模具设计成功率极高,模具制造的总成本可以显著降低。

### 2. 模具 CAD/CAM 应用方法简介

当用计算机系统设计模具时,必须具备以下的基本条件:

(1) 已经有足够数量的模具标准零、部件,例如模架、模板、销钉、定位销、导柱、导套等;

(2) 凸模和凹模镶件应有标准化、系列化的商品可供选购,或工厂已准备好,只要添上工作尺寸,加工后就可以直接使用;

(3) 各种模具结构基本标准化、系列化;

(4) 以上各种参数及必要的模具设计计算公式和必备的资料,均以数据形式输入电子计算储存;

(5) 必须具备模具 CAD/CAM 的主要设备,即电子计算机(包括微机)的硬件和必要的软件。

据介绍,日本研制的实用冲模 CAD 系统,通过使用标准零部件和模具标准化结构,把相当复杂的冲模三维结构处理成二维结构,实现了冲模设计的初步自动化。

采用计算机辅助设计模具时,模具中标准化和公式化部分,由计算机自动处理。而需要经验和判断、且易产生错误的部分,仍由人工来处理。这就是人机合作的模具 CAD 系统。这样,设计人员可以集中精力来研究解决可能出现错误环节的排样图和凹模平面布置图部分。而对那些已经有了标准化的模具典型结构、模具零部件的关连尺寸,都可以由计算机根据二维数据(x,y)来识别三维结构(x,y,z)和相关尺寸。人机信息互相传递、相互交换的结果,便可能设计出正确的模具结构总图和绘出完整的零部件图。

用计算机设计冲模的大体程序如下:

- (1)研究产品图、工艺文件和进行必要的计算；
- (2)选择适当的冲模结构；
- (3)进行冲压力计算,选择适当的压力机；
- (4)画制件排样图(一般用二个视图)；
- (5)决定模具零件所用的材料；
- (6)决定模具主要零件的加工方法；
- (7)画凹模平面布置图(可能有几个方案)；
- (8)决定模具结构形式(用屏幕)；
- (9)决定模具的零件和部件(用屏幕)；
- (10)绘制模具的装配图及零、部件图；
- (11)编制并抄写模具明细表。

画凹模平面布置图这一工序是易出错误的典型作业,必须由从事冲压及模具技术工作多年,有经验和判断能力的人员担任。即便如此,仍可能出现错误。因此,要考虑几种方案,并在屏幕上显示、比较。满意时可将其储存;若不满意,可删除不满意部分,保留有用部分,再予修改,直至满意后储存备用。

要想计算机能储存几种方案,也不是一件容易的事,必须先向总处理机输入表 1-4 所列的基本内容。

表 1-4 凹模平面布置图设计数据

项 目	设计数据内容摘要
压力机规格	滑块行程、闭合高度等
材料规格	材料厚度,极限抗剪、抗弯强度等
部件规格	导向件类型,卸料板形式等
模板尺寸	凹模板厚度、卸料板厚度等
刃口部分	工作部分尺寸、原点位置、刃口高度、漏料孔斜度等
凹模尺寸	纵横方向尺寸,与其他零件的相关尺寸,原点位置等
卸 料	冲头导向长度,卸料板行程等
弹 簧	最大变形量,相关尺寸等
间 隙	凸凹模之间,凸模与卸料板之间
模具精度	模具公差大小(小数点以后的位数)

以上内容,除凹模工作刃口尺寸必须全面输入总处理机外,已有标准数据的可输入标准数据,让计算机进行自动设计和显示、输出其设计内容。

总处理机根据各输入数据,决定模具结构、模具大小、零件形式和总尺寸,并从外存储器中选择所需内容。例如选择凸模与固定板的固定尺寸为  $\phi D_m 5$ ,固定孔  $\phi DH 7$ ,凸模台肩孔尺寸  $\phi(D+4)$  等等。加上凸模工作尺寸  $\phi d_1 \pm 0.005$ ,凸模长度  $L \pm 0.01\text{mm}$ ,凸模在排样图上的  $x, y$  坐标等等,凸模即进入了固定板的已知位置。同样,凹模镶件和其他模板的各相关坐标尺寸都可以计算出来,使计算机能深入了解模具的总结构和其相关尺寸。而且只用二维结构就能对冲模的三维形状进行识别,并使其实现了 Z 轴方向上的自动设计。

最后,把以上结果输入总输出机,即输入总程序卡片内,并使它以二维(x,y)标志做作图指令处理,以磁带方式输出总装配图、零部件图、明细表以及模具制造工艺过程数据,再将它们放入自动绘图机等硬件装置,绘出图纸,打出明细表,本模具 CAD 才算基本完成。

在 CAM 方面,由于模具车间的设备并未全盘 NC、CNC 化,还有刀具、机床种类的不同等情况,因此要完全实现 CAM 是有困难的。但只要有 NC、CNC 型机床,有 CAD 系统编制的有关零件的形状、尺寸等数据,就可以为它们服务,就可以节省 NC、CNC 型机床的编程时间。所以,CAD 是全部或部分实现 CAM 的有力保证。

美奥伯格(Oberg)公司的 CAD 系统在计算机的屏幕上,把凹模平面布置图和模具标准结构叠加在一起,就是模具总图;把各个零件的标准图和凹模平面布置图叠加在一起,就是零件图。把所有零部件都按要求叠加在一起,看其是否协调。不满意时,删除不满意的部分,加上想加的内容,就得到想要的总图和零件图。他们用的 MV8000 型微处理机软件,可以叠加 256 层,能设计出相当复杂的冲模。当确认屏幕上的图形可靠和完整后,把它储存起来。然后依次把各叠加的图形显示,通过相应处理,使其数据转换为一张有用的图纸,最后得到理想的总图。

不管如何考虑 CAD 的设计程序,模具 CAD/CAM,完全是以模具设计与加工标准化、系列化、典型化为基础,否则很难用一般 CAD 系统的二维结构来完成复杂的三维形状的冲模设计与制造。

在 70~80 年代,华中理工大学、国营长江有线电厂等等院校、工厂及研究所,对冲裁模、精冲模、注塑模等 CAD/CAM 进行了开发,并取得了成功。总之,引进、开发模具 CAD/CAM 时,应认真研究下列技术:

- (1)产品形状数据从设计到加工的传送处理系统,以及图形输入和形状模拟技术;
- (2)以计算机图形显示技术为中心,确立模具型面的形状表示方法;冲压加工、成形加工用模具的变形、冲件变形的模拟以及流程解析;
- (3)用于展成刀具切削刃包络面的数字化及数控数据自动编制技术。

现在采用的模具 CAD/CAM 系统大体上有以下两种:(1)采用大型通用计算机进行处理的系统,此类系统要求操作人员知识较高,且系统的设置地点选择有一定的要求;(2)以小型机为主体的独立系统,其软件由整套承包系统支持,具有 40M 以上的内存储器,有高速运算能力的 32 位微机的独立系统。

CAD/CAM 系统成功地用于模具制造的关键是软件的开发。为此,在不断积累组成零件、制造工艺、工夹具等的标准化数据的同时,还需尽快解决选择软件生产容易的系统和培养模具 CAD/CAM 操作人员等问题。

### 三、模具粘接新工艺

用粘接法固定凸模、导套和其他零件,通常采用下列工艺。

#### 1. 低熔点合金浇注法

用这种方法粘接,精度较低,且在有毒环境中操作,目前已较少使用。

#### 2. 无机粘接

用这种方法粘接,精度较高,但接合力较小,不如环氧树脂粘接牢固。

### 3. 环氧树脂粘接

适用于大间隙模具。粘接剂配制复杂, 操作工艺也较麻烦。

### 4. 厌氧胶粘接

厌氧胶粘接是粘接导套的一种新工艺, 目前在外国得到广泛的应用。厌氧胶粘接的特点是: (1) 与空气接触能始终保持液态; (2) 一经与空气隔绝, 金属表面即可促其固化, 且愈粘愈牢; (3) 在常温下操作, 操作简单。原料在常温下保管, 一般情况下不失效。

经实践, 用国产厌氧胶 Y-150 和铁锚 350 等, 在 24℃ 的室温中, 用 0.02mm 的间隙以套接法粘接, 粘接 4h 后即可固化, 且粘接最牢, 其导套内孔不会像用压制法那样向内缩小。因此, 导套可预先精磨孔, 而不用在装配后再进行内孔珩磨。这就节约了时间, 降低了成本, 提高了模架和模具精度。常用的厌氧胶还有 GY-340, GY801~803 等型号。

## 四、采用含油导板或导套

当冲模用于高速冲压时(冲次在 800 次/min 以上), 导向部分应经常加油, 否则导套容易磨损或拉毛。日美等国采用铸铁或铜合金作为导套或导板的基体, 镶入固体润滑材料(如石墨或二硫化钼等), 经烧结和浸油处理后制成含油导板或导套。用这样的导向件, 不仅无需经常加润滑油, 而且滑动副间隙摩擦系数减小, 不易产生粘接和拉毛, 能够始终保持着良好的导向。

## 五、测量模具间隙的新方法

### 1. 冲裁模间隙测量仪

间隙光学测量仪, 是利用光学系统加上测量系统来完成模具测量的。考虑到级进模和复合模的特点, 间隙测量仪可将仪器的头部放在模具的上下模之间, 用光学合像的方法, 把上下模的刃口图像合在一起, 通过目镜, 从合像中看到上下模刃的位置, 并读出配合间隙的数值。国产 GM-01A 型测量仪, 光学放大倍数为 80 倍, 读数精度为 2.5μm。该装置还可用于钳工装配及其他零件尺寸的测量。

### 2. 使用硅橡胶测量成形模间隙

当模具为二维拉伸模或成形模时, 要对准凸模和凹模间隙比较困难。日、德采用硅橡胶贴片法, 有效的解决了这个问题。

间隙测量板是一个带有粘性、具有一定厚度的薄片。在薄片上涂以红粉, 将其贴在凸模上的适当位置, 看其被凹模压印的深浅, 即可看出间隙的大小。如果发现压印深浅不均匀, 应进行修模。经反复测试、修模, 可把成形模的间隙调试合格。

## 第三节 现代模具生产设备

### 一、模具生产设备更新的必要性

为了满足电子、航空航天、仪器仪表工业以及许多精密工业的需要, 要求模具必须精密化、高效率 and 长寿命。为了逐步达到这一目的, 模具工业在近年内应达到以下指标:

1. 冲模精度达到 3~5μm, 表面粗糙度低于  $R_a0.4$ 。用一般模具钢制造时, 模具寿命达 500 万次。用硬质合金钢, 模具寿命达到 5000 万次以上。多工位级进模的制造周期由 180d

缩短到 60d。

2. 塑料模的精度达到  $5\mu\text{m}$ , 表面粗糙度低于  $R_a0.2$ 。用一般模具钢制造时, 模具寿命达 150 万次。中等型腔模制造周期由 180d 缩短到 90d。

3. 精锻模的精度达到  $10\mu\text{m}$ , 表面粗糙度  $R_a0.8$ , 模具寿命达到 1 万次。

因此, 模具生产部门在人员素质、设备设置等方面, 必须全面革新。

## 二、现代模具生产与标准化的关系

为了使模具生产能向三高方向发展, 模具生产必须专业化。根据各厂特点, 应发挥各自特长, 向某一专业化方向发展, 其余共同部分, 如热处理、标准件、模架等, 由专业厂生产, 这样材料可节约 30%, 降低成本 25%, 并可缩短模具生产周期  $2/5$  以上。这就是专业化、标准化所带来的质量、效益和劳动生产率。所以现代模具生产应摆脱从原材料到成品什么都干的生产方式。采取模具标准件大生产或专业化精密模具小生产的方式, 均可获得效益、质量和劳动生产率的提高。

## 三、现代模具生产的设备设置新格局

在模具的模架、模板、标准件及紧固件能充分供应的基础上, 专业生产厂(或车间)必须具备以下主要模具加工设备。

### 1. 数控铣床

数控铣床在模具加工中的有效使用, 主要依赖于自动编程系统及有关功能, 即: (1) 可实现三维自由曲面加工的自动编程; (2) 采用 DNC 无纸带 ( $3\frac{1}{2}$ " 磁带) 刀具驱动方式; (3) 刀具寿命和破损监测功能; (4) 增加微处理机的信息处理容量; (5) 把程序存储于 CNC 装置中, 附加输入加工信息的 MDI (手动数据输入) 功能; (6) 录返示教方式。数控铣床配备数字模拟系统后, 可对模具实物模型或零件实物模型进行自动扫描编程, 在考虑好加工次数及每次加工余量后, 直接对模具的凹模和凸模等进行三维曲面加工、研磨等工作。从而迅速、直接地完成模具型面加工的主要任务。

适用于电子工业的数控铣有德国马豪 (MAHO) 公司生产的 MH600E~MH1200S, 德克尔 (DECKEL) 公司生产的 FP3NC~FP50CC, 日本牧野 (Makino) 公司生产的 AG I NC-85 等等。

### 2. 数控仿形铣或数控加工中心

数控仿形铣是加工二维以上变化曲线工件的精密加工设备之一, 利用仿形头或“无接触”的仿形头, 根据预先设定的程序内容, 借助数控功能自动执行仿形动作指令; 并令数控操作系统按仿形记忆指令进行控制性操作。即利用对 xy 轴的数控传感弱的工作台运动, 对 Z 轴传感强的主轴进行仿形运动, 经相互结合而能对二维或三维工件进行精密的铣削加工。数控仿形铣的加工精度可达  $2\mu\text{m}$ , 分辨率可达  $1\mu\text{m}$ , 表面粗糙度低于  $R_a1.6$ 。最近国外已大力推广“无触点”仿形, 它将“靠模”受到的各方向力及位移现象, 通过电子模拟系统发出信号, 来驱动进给系统。还有一种“激光式数字模拟系统”, 直接通知数控铣或数控仿形铣的控制系统, 控制机床的 xyz 轴的运动, 沿着它所扫描的轨迹运动, 实现对三维工件的精密铣削加工。如果选购可倾斜的双轴工作台 (C, Z 轴) 联动及旋转工作台, 即可实现数



控铣的五轴联动,可对螺旋曲面等进行高级曲线加工。如果在此基础上,加上20位以上的刀具库及自动检测系统,即可组成各式加工中心。卧式加工中心适用于加工大型模具(今后的趋势);立式加工中心一般精度较高,其分辨率正从 $1\mu\text{m}$ 提高到 $0.2\mu\text{m}$ ,适用于模具的高精度化和镶嵌模块增多的地方。具有测量功能和加工状态监控系统功能的加工中心,特别适用于大批量生产的型腔、模块的一次性装夹中完成加工的地方。当使用模拟式测头时,还能获得型腔的三维信息。

适用于模具加工的数控仿形铣和加工中心有意大利奥立康(Oerlikon)公司的FB0~FB2;日本牧野公司的FDNC106~128以及日立(HITACHI)公司的VK35~65;美国辛辛那提(CINCINNATI)公司的T-30~T-50等型号。

### 3. 坐标镗床或数控坐标镗床

用坐标镗床可以完成多工位级进模的众多小孔和大孔的精密加工和测量工作。瑞士席浦(SiP)公司生产的SiP640~720等坐标镗床, SiP560M~422M等三坐标测量机,豪泽公司(HAUSER)生产的B2DR~B3CNC211型, OP2~3型坐标镗床,其精度和重复定位精度高。坐标镗床数控后,其精度更高,使用也更方便。

### 4. 数控电火花加工机床

数控电火花加工机床,除了能加工各种与电极形状相同的型腔外,加上打微孔装置(用很细的 $\phi 0.2\sim\phi 0.02$ 的电极丝),可加工出极其微小的孔;还可实现电极旋转(C轴)和电火花加工三轴数控联动,可加工各种复杂的曲面。瑞士夏尔米勒斯(CHARMILLES)公司的三向平动头,可使电极沿7种轨迹运动,能加工出各种复杂的型面。

数控电火花加工机床的基本功能是在保证工件表面粗糙度低于 $R_a 1.6$ 时,其加工速度达到 $200\text{mm}^2/\text{min}$ 左右。如果需要精加工工件,换上精加工电极,可使工件表面粗糙度低于 $R_a 0.4$ ,电极耗损率为 $0.5\%$ 以下。在电加工机床方面影响较大的有瑞士雅智(AGIE)公司的AGIETRON2U~6U,夏尔米勒斯公司的RoboforM100~400,日本牧野公司生产的EDNC74~84,沙迪克(Sodick)公司的A3C~A5CR等。

### 5. 数控线切割机床

国内数控线切割机床大部分采用的是“快”走丝线切割,加工出的工件精度和表面粗糙度都稍差。目前国外采用的是“慢”走丝线切割。这种线切割在配备电流控制装置后,调节切割电流,实现丝径自动补偿,并能在相对高速度(加工效率 $100\text{mm}^2/\text{min}$ )的情况下进行高精度加工。加工精度可达到 $5\mu\text{m}$ ,表面粗糙度低于 $R_a 1.6$ 。如果加上打微孔装置、自动穿丝装置及自动换液装置等,可实现自动打穿丝孔、自动更换断丝、自动切割斜度及自动换切削液等功能。

适用于电子工业的慢走丝线切割机床有瑞士雅智公司的AGIECUT100~200型,夏尔米勒斯公司的ROBOFIL100~200型,日本三菱(MITSUBISHI)公司DWC90H~110H,贾巴克斯(JAPAX)公司的JAPT3F, LXR80等型号。

### 6. 数控坐标磨床

坐标磨床和坐标镗床一样,可解决众多坐标精密孔的加工,所不同者,坐标磨床加工的多数是淬硬的工件,使用的工具是各种形状、型号的砂轮。由于砂轮有自转、垂直升降、倾斜、公转(有C轴时)等运动,工作台可做纵横向的送进运动,因此可加工各种形状的型孔。