

目 录

序 前言

第一章 绪论	员
一、成形加工在现代工业生产中的地位和作用	员
二、成形设备与成形工艺的关系	圆
三、我国成形设备的发展概况和现状	猿
四、成形设备的发展趋势概述	远
五、学习本课程的目的与要求	愿
第二章 曲柄压力机	圆
第一节 曲柄压力机的工作原理与型号分类	圆
一、曲柄压力机的工作原理	圆
二、曲柄压力机的组成	员
三、曲柄压力机的分类	员
四、曲柄压力机型号表示	圆
第二节 曲柄滑块机构的运动与受力特点	源
一、曲柄滑块机构的运动分析	源
二、曲柄滑块机构受力分析	缘
第三节 通用曲柄压力机主要零部件结构	愿
一、曲柄滑块机构	愿
二、机身	圆
三、离合器与制动器	圆
四、动力与传动系统	猿
五、辅助装置	猿
第四节 曲柄压力机主要技术参数与选用	源
一、主要技术参数	源
二、曲柄压力机的选择	缘
第五节 专用曲柄压力机	缘



一、拉深压力机	续
二、冷挤压机	续
三、热模锻压力机	远
第六节 冲压生产附属设备	远
一、自动送料装置	远
二、冲压机械手	远
三、开卷校平机设备	远
四、冲压生产线	远
思考题	远
第三章 液压机	远
第一节 液压机的工作原理、特点及分类	远
一、液压机的工作原理	远
二、液压机的特点及分类	远
第二节 液压机的本体结构	远
一、典型结构形式概述	远
二、机架部件	远
三、液压缸部件	远
四、附属装置	远
第三节 液压系统	远
一、液压系统概述	远
二、液压元件简介	远
三、典型液压机再动拉深液压系统分析	远
四、匀动—动拉深液压系统分析	远
第四节 液压机的主要技术参数及其选用	远
一、主要技术参数	远
二、液压机的选用	远
思考题	远
第四章 塑料挤出机	远
第一节 挤出生产原理及挤出机组组成	远
一、挤出生产过程与挤出机组组成	远
二、挤出机的分类与型号表示	远
第二节 挤出理论简介	远
一、固体输送理论	远
二、熔融理论	远
三、熔体输送理论	远



四、挤出机综合工作点	页码
第三节 挤出机结构与参数选用	页码
一、挤压系统	页码
二、传动系统	页码
三、加热冷却系统	页码
第四节 挤出机辅机	页码
一、概述	页码
二、挤管辅机	页码
三、吹塑成型辅机	页码
第五节 其他类型挤出机 *	页码
一、排气式挤出机	页码
二、双螺杆挤出机	页码
三、两级式挤出机	页码
四、行星齿轮式挤出机	页码
五、挤出机的发展概况	页码
思考题	页码
第五章 塑料注射成型机	页码
第一节 塑料注射成型过程	页码
一、注射机的组成	页码
二、注射机生产工作过程	页码
三、注射机的分类	页码
四、注射机的型号规格	页码
第二节 注射装置	页码
一、常用注射装置	页码
二、注射装置的主要零部件	页码
第三节 合模装置	页码
一、常见的合模装置	页码
二、调模装置	页码
三、顶出装置	页码
第四节 注射机的控制系统	页码
一、普通继电器控制注射机的液压系统	页码
二、普通继电器控制注射机的电气系统	页码
三、PLC控制注射机的液压系统	页码
四、PLC控制的注射机电气控制系统	页码
五、微机控制注射机的液压系统	页码



六、微机控制注射机的控制系统	图 8-2-1
第五节 注射机的技术参数与使用维护	图 8-2-2
一、注射机主要技术参数	图 8-2-3
二、注射机的使用	图 8-2-4
三、注射机的维护	图 8-2-5
第六节 新型专用注射机	图 8-2-6
一、多模注射成型机	图 8-2-7
二、多色注射机	图 8-2-8
三、热固性塑料注射机	图 8-2-9
四、排气式注射机	图 8-2-10
五、发泡注射机	图 8-2-11
六、精密塑料注射机	图 8-2-12
思考题	图 8-2-13
第六章 压铸机	图 8-3-1
第一节 压铸机的工作原理与分类	图 8-3-2
一、压铸成形特点	图 8-3-3
二、压铸机的分类、型号	图 8-3-4
三、压铸机的工作原理	图 8-3-5
第二节 压铸机的本体结构	图 8-3-6
一、压铸机的结构形式及特点	图 8-3-7
二、压铸机的主要机构示例	图 8-3-8
第三节 压铸机主要技术参数与选用	图 8-3-9
一、压铸机主要技术参数	图 8-3-10
二、压铸机的选用	图 8-3-11
第四节 新型压铸工艺装备简介	图 8-3-12
一、半固态压铸成形	图 8-3-13
二、真空压铸成形	图 8-3-14
三、充氧压铸	图 8-3-15
四、精速密压铸	图 8-3-16
思考题	图 8-3-17
第七章 其他成形设备	图 8-4-1
第一节 螺旋压力机	图 8-4-2
一、螺旋压力机的原理、特性、分类和参数表示	图 8-4-3
二、螺旋压力机的典型结构	图 8-4-4



三、螺旋压力机的力能关系	目錄
四、螺旋压力机的技术参数及使用	圖苑
第二节 锻锤	圖源
一、锻锤的工作原理、分类和参数表示	圖源
二、锻锤的典型结构	圖園
三、锻锤的主要技术参数和使用	圖錄
第三节 剪板机	圖源
一、剪板机的原理、分类和参数表示	圖源
二、剪板机的结构	圖苑
三、剪板机的技术参数和使用	圖賢
第四节 板料折弯机	圖源
一、板料折弯机的类型及特点	圖源
二、提高折弯机折弯精度的措施	圖愿
三、板料折弯机附属机构	猿录
四、折弯机的发展趋势	猿猿
第五节 高速压力机	猿源
一、高速压力机的发展概况	猿源
二、高速压力机的结构组成	猿錄
第六节 数控冲模回转头压力机	猿園
一、概述	猿園
二、工作原理	猿猿
三、主要结构	猿猿
思考题	猿錄
参考文献	猿近

第一章 绪 论

一、成形加工在现代工业生产中的地位和作用

在工业生产中，成形生产——以模具为基本工具使制件获得所需的尺寸和形状——已成为工业生产的重要基础和关键环节，在电子、汽车、电机、电器、仪器、仪表、家电和通信产品中，有 60% ~ 70% 的零部件都要依靠模具成形。这是因为，用模具生产的各种制件具有很多独特的优点：塑性成形时，移动材料单位体积的速度比切削加工快，生产效率高，而且可大量节约原材料；塑性成形不仅能改善材料内部的结构和缺陷，还能充分利用成形过程中形成的纤维组织的方向性，从而大大提高制件的力学性能；一般的冲压件、塑料件或压铸件一经成形即为成品，无需再进行切削加工或只需很少量的切削加工，因此制件重量轻、材料利用率高；一个设计好的塑料件，往往可以代替数个传统的结构件，并可利用其弹性和韧性设计为卡装结构，使产品装配所需的各种紧固件成倍减少，大大降低了金属的消耗量和加工、装配工时；成形生产制件精度稳定，特别适合于大批量生产，用模具生产的最终产品的价值，往往是模具自身价值的几十倍、上百倍。用模具生产的制件所表现出来的高精度、高复杂程度、高一致性、高生产率和低消耗，是其他加工制造方法所无法比拟的。成形生产在国民经济中占有重要的地位：一方面，在国民经济的五大支柱产业——机械、电子、汽车、石化、建筑中，有相当比例的产品要依靠成形生产来进行制造，都要求成形生产的发展与之对应；另一方面，在高新技术产业中，成形生产既是高新技术产业的一个组成部分，又是高新技术产业化的一个重要领域。同时，成形生产两大主体——模具工业和成形设备工业也是装备工业的一个重要组成部分。因此，成形生产技术水平的高低已成为衡量一个国家产品制造水平的重要标志，直接影响着产品生产的质量、效益和新产品的开发能力，在很大程度上决定了一个企业在市场竞争中的反应速度和能力。

所谓成形，实际上有两种含义：一是成形 (Forming)，即毛坯（一般指固态金属或非金属）在外界压力的作用下，借助于模具通过材料的塑性变形来获得模具所给予的形状、尺寸和性能的制品；二是成型 (Moulding)，它是指液态或半固态的原材料（金属或非金属）在外界压力（或自身重力）作用下，通过流动填充模型（或模具）的型腔来获得与型腔的形状和尺寸相一致的制品。由于二者都是借助于外界的压力作用通过模具来实现生产的，故在本书的一般性叙述中对



二者未加严格的区分，而统一使用成形。

由于成形生产所具有的独特优点，使得成形技术在生产中的应用范围在逐步扩大，成形技术的发展也愈来愈引起世界各国的重视。目前，精密成形技术（Net Shape Forming）和准精密成形技术（Near Net Shape Forming）是成形技术领域研究的重点。包括我国在内的很多国家都投入了大量的人力和物力进行研究，其研究范围和深度正在不断扩大和深入。20 世纪 70 年代提出的自由成形（Free Form Fabrication）的概念，改变了传统的先在型腔内成形毛坯，再经机械加工获得零件的传统工艺路线，而是通过激光束等高能束逐点扫描产生材料堆积或固化而获得所需要的零件。由于该方法能直接利用 CAD 系统所产生的数据模型快速成形所需的零件，尤其适用于形状复杂、批量不大、交货时间短的产品生产或成形样件的制造，因此，该技术一经问世便取得了飞速的发展。目前，基于自由成形原理的多种技术和方法已进入了实用阶段，如激光液相烧结技术（Stereolithography）、激光粉末冶金技术（Selective Laser Sintering）、层压制模技术（Laminated Object Modeling）、熔化沉积制模技术（Fused Deposition Modeling）、三维印刷制模技术（3-D Plotting and Printing Processes）等。这些技术的发展和运用已引起成形技术的一场变革，并正在改变着传统的机械制造业。

二、成形设备与成形工艺的关系

作为成形生产的两大主体之一，成形设备是为各类成形工艺服务的，通过它为模具和被加工材料提供运动、能量、外力、控制等来完成成形生产。随着成形生产和成形技术的发展，各类成形设备也得以取得相应的发展。同时，成形设备的发展又为成形生产的发展和进步提供了有力的支持和保障。在各种成形生产中，成形设备都是保证生产正常进行和技术不断进步的重要手段和主要组成部分，更是工业和国民经济发展所必需的装备基础之一。成形设备的装备水平、工作能力、完善程度及其使用潜力的发挥对于提高产品质量、降低生产成本、改善劳动条件、实现新工艺等都具有重要的作用。随着生产的发展和各种新材料的不断涌现，新的成形工艺和成形技术也层出不穷，这就对成形设备提出了更高的要求，促使成形设备不断发展和完善，各种新型成形设备也不断出现，以更好地满足生产和工艺的要求。如在化工、石油、造船、机械等行业中需求量很大的无缝三通、四通管接头，过去一直采用模锻后机加工内孔的工艺进行生产，材料利用率低、工时消耗大、产品成本居高不下，自从液压胀形工艺开发成功以后，很快出现了专用的液压胀形压力机和胀形自动生产线，不仅使材料利用率、生产效率和制件的质量有了大幅度的提高，还使其生产成本大幅度降低，为上述产品在生产中的广泛应用奠定了技术基础。另一方面，一种新设备的出现，往往会带来一



系列的工艺变革,甚至产生一种全新的工艺。例如从 20 世纪 50 年代以来,随着高速锤的诞生和发展,在原来锻造工艺的基础上又产生了一种全新的工艺——高速成形。由于高速锤的打击速度快(可达 $12\sim 30\text{m/s}$),金属在模腔中的流动速度很快,大大提高了材料填充性能,对形状复杂、薄壁、高肋的零件和许多高熔点、难变形的金属都能锻造,且锻件精度高(可达 0.02mm)、表面粗糙度值低($R_a 12.5\mu\text{m}$ 以下),同时提高了锻件的力学性能和使用性能,这就使许多过去不能或难于进行锻造的零件(如蜗轮、壳体、叶片等)或材料(如高强度钢、耐热钢、钛合金、高温合金以及钼、钨、钽、锆等)均可进行锻造,大大促进了生产的进步和发展,至今仍是航空工业中的重要生产手段之一。因此,成形设备的发展水平、拥有量及构成比例不仅对成形生产起着关键的作用,在一定程度上还标志着—个国家的工业基础和技术水平。

从系统工程的角度来看,任何一种成形生产都可以看作是一个集成系统,系统内包括被加工原材料、生产模具、所使用的设备、工艺技术条件、车间操作环境等,在此系统中,材料、模具、工艺、设备等因素相互作用、相互影响,最终完成成形过程。具体来说,任何一种成形工艺,都至少需要一种成形设备与之对应,在成形过程中,被加工材料必须具备所要求的加工性能或条件(如粘流性或塑性),模具提供成形零件应有的形状和尺寸,而设备则必须为模具提供安装和操作空间,保证模具运动的精度,提供成形所需的力与能量,成形过程中的工艺参数也主要由设备来提供和保证。因此,成形设备在很大程度上直接影响着甚至决定了成形生产的规模和效率、成形工艺的稳定性、成形件的质量和经济性等。作为一名从事成形生产的技术或管理人员,必须对成形设备有足够的了解和掌握,才能在生产中正确、合理、有效地选购、使用成形设备,精确掌握设备的生产能力,充分发挥设备的运行潜力,保证成形生产能够经济、合理地进行。

由于成形生产所涉及的领域很宽,成形设备的种类也名目繁多,但归纳起来,主要有金属成形设备和非金属成形设备两大类。在金属成形设备中主要有锻压设备(共 8 大类)、铸造设备(共 10 大类)等;在非金属成形设备中主要是塑料成型设备(共 10 大类)、橡胶成形设备(共 10 大类)、陶瓷成形设备、玻璃成形设备等。受篇幅所限,在本书中仅就成形生产中最常见到的部分设备,如金属成形设备、塑料成型设备等介绍,详细的分类情况请参阅有关国家标准。

三、我国成形设备的发展概况和现状

成形设备作为生产成形制件的传统装备,从其问世到现在已有了 100 多年的历程,业已形成类别齐全、结构完整的技术装备体系。相比而言,金属成形设备的问世要早于非金属成形设备,到目前已发展得较为成熟,而非金属成形设备目



前仍处于高速发展时期。

在我国，由于历史的原因，与其他工业相类似，成形设备的发展是在新中国成立以后才开始的。1949 年以前，我国没有自己独立的工业体系，也根本没有成形设备制造业，甚至连很多门类的成形生产工业都没有，只能进行一些进口小型设备的修配工作，到解放时也只有上海、沈阳等地的几家铁工厂能生产少量的开式压力机和剪板机等小型简易锻压机械产品，其他类成形设备则根本不能生产。1949 年以后，我国迅速建立了较为完整的工业体系，经过半个多世纪的发展和努力，我国的成形设备行业从无到有，从小到大，逐步发展成为国民经济建设的重要装备来源。概括地说，我国成形设备工业的发展大体可以分为如下几个阶段：

(1) 从解放初期到 20 世纪 60 年代末 由测绘仿制逐步过渡到自行设计制造。首先从测绘和引进技术入手，仿制国外三四十年的成形设备，如蒸汽—空气自由锻锤和模锻锤、小型摩擦压力机和曲柄压力机、小型四柱式液压机、塑料制品液压机等，到 1957~1962 年间，我国已开始自行设计和制造各种成形设备，成形设备产品已逐步由测绘仿制发展到改进设计阶段，产品的产量和品种都有了很大的增长，同时也初步建立起了一支从事成形设备设计和制造的技术队伍。从 20 世纪 60 年代起，我国就开始对成形设备的一些关键零部件及所用材料进行研究，为 20 世纪 60 年代后期成形设备的迅速发展奠定了基础。20 世纪 60 年代末期，我国开始大力发展成形设备的新品种，到 20 世纪 70 年代末，我国成形设备产品在数量、品种、质量和技术水平等方面都有了长足的发展，这主要表现在以下几个方面：成形设备的拥有量迅速增长，占到全国机床总量的 20% 以上，产量达到了 1949 年的 150 多倍；我国能够自行设计和制造的品种大幅度增加，其中不少填补了我国的空白，部分产品开始向国外出口，如 60000kN 锻造液压机、8000kN 闭式双点压力机、数控冲模回转头压力机、塑料挤出成型机等；制定了各类设备的系列参数标准和重要产品的技术条件与精度标准，使成形设备的设计和制造工作初步走上了规范化、专业化的道路；对有关的基础理论、设计方法开始进行较为深入、系统的研究，各种新技术开始在生产和制造中获得应用，并取得了一定的成就。

(2) 20 世纪 70 年代末到 20 世纪 90 年代初 改革开放使我国由过去的闭关锁国逐步到打开国门面向世界，在这一期间，由于广泛引进和吸收国外先进技术和新技术新成果的不断出现与应用，使我国成形设备的发展速度大大加快。主要表现为：

1) 广泛引进消化吸收国外的先进技术，并将其移植推广到原有产品的设计和制造中去，促进了产品的更新换代，提高了产品的技术水平，并发展了一批高性能、高水平的产品，加快了产品结构调整的步伐。如塑料注射成型机，通过引



进国外设计与制造技术、与国外合作生产、委托国外设计油路和控制部分、采用国外部分机电配套件等措施,使我国的塑料注射成型机产品形成了注射容量从 15cm^3 至 8000cm^3 的系列,有些产品的设计和制造水平已达到国外发达国家 20 世纪 80 年代的技术水平,典型产品如上海第一塑料厂从意大利特里乌奇公司引进的热固性塑料、橡胶注射机设计技术,除生产了 SZG—500/1500、XZ—500/1500 热固性塑料橡胶注射机外,还在消化引进技术的基础上,发展了注射量为 200g 的热固性塑料橡胶注射机新产品。

2) 广泛开展科研工作并将其成果大量应用于成形设备的设计制造中,提高了产品的设计、制造水平,并取得了显著的技术经济效益。如由济南铸造锻压机械研究所承担完成的“压力机 CAD 系统开发应用”课题成果可用于 J21 系列及其派生系列开式压力机设计,不仅提高了产品设计水平,还使设计速度提高 5 倍以上。应用该系统为扬州锻压机床厂生产的压力机进行有限元分析及优选,在较原结构质量降低 11%~12% 的情况下,使应力降低 13.5%~23%,角刚度提高 5.8%~8.6%,工厂每年可节约资金 30~40 万元。

3) 微电子技术、数控和计算机数控技术开始获得较为广泛的应用,研制、生产出了一批技术水平高、产品质量好,可满足我国重点行业、重点项目的适用产品。如济南第二机床厂自行研制的机电一体化的 J47—1250/2000 闭式四点双动拉深压力机,该机采用了多连杆传动系统,使四组杆的运行同步性达到了最佳状态;其电气控制采用了自行开发的带远程系统的全功能 PC 控制技术,具有吨位、轴温、计数、故障诊断等功能。该机的研制成功为我国轿车工业提供了急需的关键设备,标志着我国机械压力机的设计、制造达到了国际 20 世纪 80 年代末同类产品的技术水平,填补了国内的空白。

4) 为满足各行各业的特殊要求,研制、生产了近百种专用、专门化成形设备,专用设备的品种、数量大大增加。

(3) 20 世纪 90 年代中期以后 随着市场需求的加大、国家经济结构的调整 and 与国际接轨步伐的加快,成形设备行业步入了新一轮的高速增长阶段,自主开发能力进一步增强,专业化生产发展迅速,并取得了快速的发展。主要表现在:

1) 大型关键成套设备的设计制造能力有了明显提高,开发、生产了一批国内急需、替代进口的重点设备。如由济南第二机床厂总承包为长安汽车有限责任公司制造的压力机自动化冲压生产线,它与普通压力机冲压生产线相比,具有如下优点:彻底消除了人工上下料的划伤,满足了高标准冲压件表面质量的要求;可以大幅度减少操作人员,提高劳动生产率;可以解决人工对重大工件无法安全上下料的生产关键,彻底根除威胁操作人员的不安全因素;可以满足冲压件在工序间的翻转、转位和再定位要求。“轿车覆盖件冲压自动化连线技术”是国家“九五”期间的重点技术攻关项目,这条自动化冲压生产线的诞生,为今后全面



推进冲压自动化连线技术的研究与应用创造了良好的开端。

2) 产品的结构构成更为合理,品种规格有所增加,产品的可靠性和制造水平进一步提高。比如,在塑料机械中,参照发达国家生产装备的实际,注射机和挤出机比较合理的数量比例应为 $(4\sim6):1$,而我国 1985 年接近于 $1:1$,1990 年不及 $2:1$,2000 年已近 $4:1$ 。又如在金属成形设备中的开式固定台压力机,由于采用各种先进结构和可编程序控制器 (PLC) 等新技术,已相当于国外 20 世纪 80 年代水平,这种机器在性能价格比方面大大高于进口产品。

3) 产品的数控化、柔性化程度和比例显著提高。在塑料注射机中,计算机控制的自动注射机已占全部注射机产量的 50% 以上,不仅要对设备的动作进行控制,而且整个注射过程中的熔体温度、注射压力、注射速度、保压时间、冷却过程及液压回路的各种参数均已置于计算机的控制之下。在锻压机械中,CNC 回转头压力机、板材加工 FMS、板材折弯柔性单元、数控四边折边机等数控加工设备发展迅速。

总之,经过 50 多年的发展,我国的成形设备制造业已成为类别较为齐全完整的工业装备体系,持续稳定地发展成为国民经济的重要组成部分。在半个世纪的发展过程中,涌现出了一批有相当实力的生产制造企业和科研院所,已具备较强的科研、开发、生产、销售能力,形成了品种规格系列化、门类相对齐全的产品线,所生产的产品不仅能满足国内各行业的大部分需求,而且许多产品已出口到世界各国。但总体来看,我国的成形设备行业仍然是工业体系中的薄弱环节,与世界上工业发达国家相比,还存在明显的差距,尚不能完全满足国民经济和工业发展的需要。主要表现为:生产技术和工艺落后,造成设备的性能和可靠性不高;产品品种 (尤其是专用性强、技术含量高的产品) 不能满足国内迅速发展的成形生产的需要;成套连线技术装置进展缓慢;数控设备品种少、产量低、性能不稳定;缺少具有自主知识产权的高档产品。因此,目前,除应当充分发挥现有各种成形设备的生产能力,提高设备利用率,搞好辅助设备的配套工作,加强设备的维护和技术改造外,更应当大力加强自主开发能力,上档次,上水平,提高可靠性和成套性,逐步形成传统技术、新兴技术、高新技术并存的多层次技术结构和普通型、精密型、高精高效型多档次并存的产品结构,逐步发展成为先进、合理的行业、产业体系,更好地适应国民经济发展的需要。

四、成形设备的发展趋势概述

经过百余年的发展,常规成形设备的品种已基本发展成为规格齐全、结构成熟、辅机完整的系列产品。近年来,为满足汽车、国防工业、电子电信、电机电器等行业的需求,成形设备又取得了惊人的发展,其面貌正在发生根本的变化,总的来说,正朝着精密、高质、高效、节能、低噪声及可持续发展的方向迈进。



具体来说,大体有以下几点:

数控技术正在成为设备改造和提高成形设备自动化程度和控制精度的主要方向和手段,正在全面改造成形设备和成形生产过程。实际上,现在已经可以感到,成形设备的主要部分最终要改造成为高度自动化的、人工智能化的机器,并且必然要和各种辅机有机地结合成为柔性制造单元(FMC)或柔性制造系统(FMS)。主要表现在:近年来各国成形设备中数控设备的产量、产值和拥有量迅速增长,目前工业发达国家所生产的多种成形设备(如回转头压力机、折弯机、多工位压力机、注射机、压铸机等)已多数实现了数控化;对已有设备的数控化改造正在深入进行,并逐渐成长为一个新兴的产业;国外已出现了以生产数控成形设备为主的制造厂,典型的如日本的天田(Amada)公司就是以数控冲、剪、折板机械驰名世界的厂家,该公司早在10年前就曾宣称今后将全部生产数控产品。在成形设备中,设备单元的自动控制、参数的闭环控制、过程联动在线反馈控制等技术均已获得了较为广泛的应用,目前已出现了具有智能控制功能的成形机械产品。

成形设备的加工精度正在逐步提高,高精设备的比重逐步增长。比如,日本日清纺公司(Nisshinbo)的HIR-1250数控回转头压力机,采用了液压主传动、Y轴双丝杠、对每套模具独立数控设定滑块行程的上、下止点和各段行程速度、滑块行程能以0.01mm的增量进行控制,可在下止点上达到完全停止,以确保完成高质量的成形加工。在塑料机械方面,日本的SN120P塑料注射机采用高达460MPa的注射压力,制品收缩率几乎为零,制品的尺寸公差可保证在0.02~0.03mm。德国克劳斯马菲公司的注射机采用PM控制系统,通过对模具、工作油、熔料温度、注射压力、模腔压力和充模过程的控制,可使制品的质量误差精确到0.15%。

高速度、高效率、多功能也是成形设备追求的目标之一。在高速度方面,数控压力机的行程速度已由过去的300~400次/min提高到600~900次/min,最高已达到1000次/min(芬兰的4025F3型),高速压力机的行程次数基本都提高到1000次/min以上,如瑞士布鲁德尔公司的BSTA25型高速精密压力机滑块最高行程次数达到1425次/min,且无级可调;注射机的启闭模速度,已由过去的20~30m/min提高到40~50m/min,最高达到70m/min,注射速度从过去的100mm/s提高到现在的250m/s,有的达到450m/s;但更多的注意力还是放在通过提高设备效率,增加功能来提高生产速度。由于数控技术的广泛应用,促进了产品向高效率的方向发展,如在数控冲模回转头压力机上配备激光切割系统、自动上下料装置、成品分选装置等设施,并由计算机集中控制,从而大大提高了生产效率和机动时间,并能实现夜班无人看管。对塑料注射机而言,高效率主要体现在工作节拍快、制品周期短,普遍比过去提高24%以上,高效注射机的开模



和预塑一般都能同步完成,开模中同时完成抽芯和顶出。

在设备的规格上,微型与大型并重,为满足汽车、电子、信息、生物等领域的需求,成形设备的规格正在向两极扩展。如目前虽然已有质量为万分之一克的注射制品成形加工技术装备,但日本已提出开发质量为十万分之一克的注射制品成形加工技术装备;用于替代人体血管的直径小于 0.5mm 的塑料管生产设备,已在一些国家的研发当中。同时,工业上对各种大型成形制品的需求也很明显,如在汽车制造中,为保证汽车前梁的锻造生产,就需要发展吨位在 80000 ~ 160000kN 的锻造压力机;生产小型快艇、运动艇、洲际长途输液输气的超大直径塑料管以及 10000L 甚至更大容积的塑料储装容器的生产需求已经产生。

随着可持续发展、绿色生产的呼声越来越高,在成形设备中注重安全生产与环境保护,强调可持续发展的倾向也表现得更加明显。节能、降噪、减少振动、提高安全性等,都在设备的设计中有所体现。如德国的通快公司 (Trumpf)、意大利的雨人公司 (Rainer) 和我国的济南铸造锻压机械研究所研制的液压回转头压力机,当滑块快速下降接近工件时,数控系统可使其速度降低,再加上液压的缓冲作用,大大降低了冲孔时的噪声;在注射机中,由于采用了变量控制、变频调速控制、伺服电机控制等技术,已使其能耗降低到了过去的 50% 以下。

五、学习本课程的目的与要求

本课程是在学完机械原理、机械零件、液压传动、金属学与热处理、高分子材料学、材料成形原理等技术基础课程的基础上,与塑性加工工艺学、塑料成型工艺学、压铸工艺学等工艺与模具设计课程相互配合、衔接而进行教学的一门专业课程,是本专业的主要必修课之一。

本课程的任务是讲授成形生产中常用的各种成形设备的工作原理与特点、典型结构、设备性能、主要技术参数及其选用原则。此外对生产中常用的一些非主流设备也进行了一些介绍。通过本课程的学习,要求学生能熟悉常用成形设备的工作原理与特点、设备结构与使用性能,熟练掌握各种设备的适用工艺与范围,并能够根据不同的工艺要求正确选择设备的种类与参数,正确、合理、有效地使用与维护设备,正确处理好工艺、模具与设备之间的协调关系,并对其他一些专用成形设备也能有所了解。

成形设备是完成各种成形生产的必要硬件条件,鉴于本教材的使用对象和教学目的,在教材中没有把重点放在设备的结构设计和理论计算上,而是着眼于通过让学生学习设备的工作原理和过程来掌握设备的主要结构与性能、工艺适应性与技术参数,从而能根据成形生产的要求、模具结构等因素,经济、有效地使用设备,合理地选择工艺,正确地设计模具,保证成形生产能够经济、合理地进行,提高学生在成形工艺和模具方面的综合设计水平,提高学生解决实际问题的



能力。因此，在本书的编写中，是以设备的应用为主线，强调理解设备的功能与实现方法，强调设备与工艺和模具的结合。

受篇幅所限，本书只对金属和塑料成型设备中的部分设备进行了介绍，对其他成形设备有兴趣的读者可参阅有关著作和参考文献。

第二章 曲柄压力机

曲柄压力机是材料成形（塑性成形）中广泛应用的设备，通过曲柄连杆机构获得材料成形时所需的力和直线位移，可进行冲压、挤压、锻造等工艺，广泛应用于汽车工业、航空工业、电子仪表工业、五金轻工等领域。

第一节 曲柄压力机的工作原理与型号分类

一、曲柄压力机的工作原理

曲柄压力机通过曲柄连杆机构将电动机的旋转运动转换为往复直线运动。图 2-1 为其工作原理图，工作原理如下：电动机1通过V带把运动传给大带轮3，

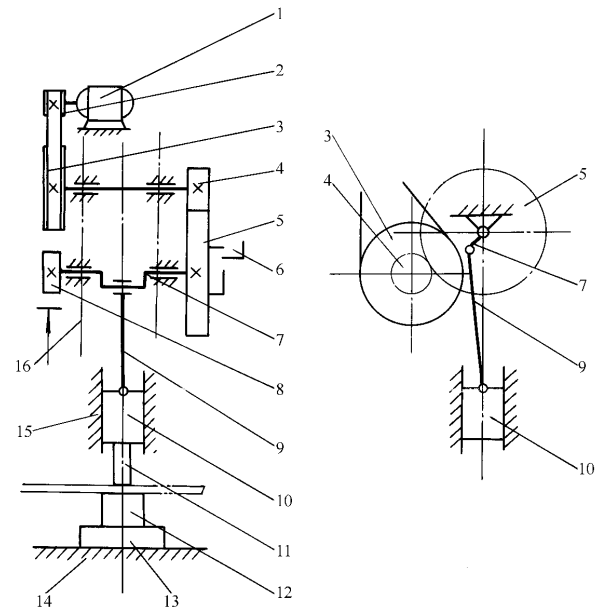


图 2-1 JB23—63 开式曲柄压力机工作原理图

1—电动机 2—小带轮 3—大带轮 4—小齿轮 5—大齿轮 6—离合器 7—曲柄 8—制动器
9—连杆 10—滑块 11—上模 12—下模 13—垫板 14—工作台 15—导轨 16—机身



再经过小齿轮 4、大齿轮 5 传给曲柄 7，通过连杆 9 转换为滑块 10 的往复直线运动，若在滑块 10 和工作台 14 上分别安装上、下模，可完成相应的材料成形工艺。

多级的减速一方面可降低滑块的运行频率（滑块行程次数），另一方面亦增加了滑块工作力。离合器 6 可使机器在开动后间歇性工作，制动器 8 可在离合器分开后对从动部分进行刹车以及对滑块进行制动，此外由于曲柄压力机的负荷特性是在一个工作周期中短时负荷，故常动部分（主要是大齿轮 5）又起飞轮的作用，以达到有效利用能量的目的。

二、曲柄压力机的组成

根据压力机各部分零件的功能，可分为如下几个组成部分：

(1) 工作机构 设备的工作执行机构由曲柄、连杆、滑块组成，将旋转运动转换成往复直线运动。

由于工作机构是一刚性曲柄连杆机构，故压力机工作时有固定的上下极限位置（上、下死点），可以精确控制成形件的尺寸。

(2) 传动系统 由带传动和齿轮传动组成，将电动机能量传输至工作机构，在传输过程中，转速逐渐降低，转矩逐渐增加。

(3) 操作机构 主要由离合器、制动器以及相应电气器件组成，在电动机启动后，控制工作机构的运行状态，使其能间歇或连续工作。

(4) 能源部分 由电动机和飞轮组成，机器运行的能源由电动机提供，开机后电动机对飞轮进行加速，压力机短时工作能量则由飞轮提供，飞轮起着储存和释放能量的作用。

(5) 支承部分 由机身、工作台和紧固件等组成。它把压力机所有零部件连成一个整体。

(6) 辅助系统 包括气路系统、润滑系统、过载保护装置、气垫、快换模、打料装置、监控装置等。它提高压力机的安全性和操作方便性。对新型压力机，此系统成本所占比例有提升趋势。

三、曲柄压力机的分类

目前曲柄压力机主要依据床身结构来进行分类，分为开式和闭式曲柄压力机。

(1) 开式压力机 如图 2-2，开式压力机的床身呈“C”形，机身的前面和左、右面敞开，便于模具安装调整和成形操作，但机身刚度（特别是角刚度）较差，受力变形后影响制件精度和降低模具寿命，适用于小型压力机，常用在 1000kN 以下。



(2) 闭式压力机 如图 2-3, 闭式压力机机身框架结构, 机身前后敞开, 两侧封闭, 在前后两面进行模具安装和成形操作, 机身受力变形后产生的垂直变形可以用模具闭合高度调节量消除。对制件精度和模具运行精度不产生影响, 适用于中大型曲柄压力机。

此外还有一些辅助分类方式:

(1) 按工艺用途分类 有通用曲柄压力机、拉深压力机、板冲高速压力机、热模锻压力机、冷挤压机等。这些压力机对曲柄滑块机构作了改进, 使其力能和运动曲线更符合相应的成形工艺要求。

(2) 按滑块数量分类 有单动压力机、双动压力机。单动是指在工作机构中有一个滑块, 双动是指在工作机构中有两个滑块, 分内、外滑块, 内滑块安装在外滑块内, 各种机构分别驱动。双动压力机适合于大型制件的拉深, 多用于汽车车身制造。

(3) 按压力机连杆数量分类 有单点压力机、双点压力机和四点压力机。“点”数是指压力机工作机构中连杆的数目, 对较大台面的通用压力机, 为了提高滑块运动平稳性和抗偏载能力设置了多个连杆。

(4) 按传动系统所在位置分类 有上传动压力机、下传动压力机。下传动压力机可使设备重心降低, 提高设备运行平稳性, 如高速压力机、长行程拉深压力机均采用下传动方式。

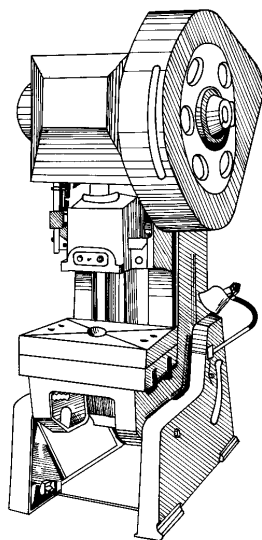


图 2-2 JB23—63 开式曲柄压力机外形图

四、曲柄压力机型号表示

根据 JB/T9965—1999 的规定, 曲柄压力机型号由汉语拼音、英文字母和数字表示, 表示方法如下:

J (□) □ □ — □ (□)
(1) (2) (3) (4) (5) (6) (7)

(1) 位为类代号, 以汉语拼音首起字母代替, 如 J 表示机械压力机、Y 表示液压机。

(2) 位为变形设计代号, 以英文字母表示次要参数在基本型号上所作的改进, 依次以 A、B、C 表示。

(3) 位为压力机组别, 以数字表示, 如 2 组为开式曲柄压力机, 3 组为闭式曲柄压力机。