

《国外机械工业基本情况》参考资料

15.78

1021

工业自动化仪表制造技术

国家仪器仪表工业总局设计研究院 编

(上)

第一机械工业部科学技术情报研究所

一九八二年

内容简介：本资料为《国外机械工业基本情况》的工业自动化仪表制造技术部分，内容较全面地介绍了国外工业仪表制造行业的发展概况，其中包括毛坯制造工艺；仪表零件的机械加工；热处理工艺；仪表表面处理；仪器仪表元件制造技术以及装配调校、包装等，对材料的选用、新工艺方法以及测试技术等也都做了较为详细的论述，可供仪表制造行业的管理干部、技术人员及教学工作者参考。

工业自动化仪表制造技术（上）

国家仪器仪表工业总局设计研究院

（内部资料）

*

第一机械工业部科学技术情报研究所编辑出版

北京印刷二厂印刷

北京市中国书店 上海市科技书店 重庆市新华书店

经 售

*

1982年三月北京

代号：81—1 定价：2.75 元

出版说明

党中央向全国人民提出了新时期的总任务，全国从上到下一心一意搞四个现代化。机械工业要适应“四化”的要求，必须为国民经济各部门提供现代化的技术装备。为此，需要研究和学习国外机械工业的先进技术和经验。在这种形势下，我们组织有关单位编写一套《国外机械工业基本情况》参考资料。这套参考资料按专业分册出版。本书为工业自动化仪表制造技术部分共分上、下两册。参加编写单位有仪表总局设计研究院、沈阳仪表工艺研究所、上海工业自动化仪表研究所、重庆工业自动化仪表研究所、西安仪表厂、北京粉末冶金研究所、哈尔滨工业大学、杭州大学、湖南大学、上海自动化仪表二厂、上海仪表电讯局、上海仪表铸锻厂、上海粉末冶金厂、西安仪表精密零件厂、银河仪表厂、四川仪表十二厂、西安仪表机床厂、成都电焊机研究所等。主要编辑和审校人员有陈乐、潘宪曾、翁善臣、陈去夷、项巍、全杰生同志。

第一机械工业部科学技术情报研究所

目 录

绪言	1
----------	---

第一篇 工业自动化仪表制造技术综述

第一章 工业仪表行业概况、发展及现状	1
第一节 工业仪表行业概况	1
第二节 工业仪表的发展和现状	3
第二章 工业仪表制造技术	5
第一节 铸造	1
第二节 压力加工	6
第三节 塑料加工	8
第四节 粉末冶金	9
第五节 模具制造	10
第六节 焊接技术	11
第七节 仪表零件的机械加工	12
第八节 热处理工艺	14
第九节 防腐、装饰表面处理工艺	15
第十节 仪表元件制造技术	16
第十一节 装配与调校	20
第十二节 典型产品制造工艺举例	23
第三章 工业仪表企业管理	25
第一节 企业管理对技术经济的重要意义	25
第二节 国外企业管理的主要经验	26
第四章 工业仪表技术服务	29
第一节 技术服务的意义	29
第二节 国外两家仪表公司的技术服务介绍	29
第五章 制造技术发展的动向	34

第二篇 毛坯制造工艺

第一章 铸造工艺	37
第一节 造型(芯)方法	37
第二节 熔模精密铸造	41
第三节 陶瓷型精密铸造	46
第四节 低压铸造和金属型铸造	48
第五节 压铸	50
第六节 各类铸造合金熔炼工艺	66

第七节 环境保护及三废处理	72
第八节 质量管理	76
第二章 压力加工	79
第一节 概述	79
第二节 冷冲压	80
第三节 挤压	83
第四节 模锻	91
第五节 超塑性成形	95
第三章 粉末冶金	97
第一节 国外粉末冶金基本概况	97
第二节 粉末冶金工艺与典型另件的制造	103
第三节 特殊材料的粉末冶金	107
第四节 粉末冶金后处理	113
第五节 国外仪表粉末冶金的发展动态及几点看法	116
第四章 工程塑料	119
第一节 国外仪器仪表所选用的塑料	119
第二节 国外仪器仪表合理选材及实例	123
第三节 塑料零件的成型工艺	127
第四节 塑料制品质量控制与检查	133
第五章 模具制造	136
第一节 国外仪器仪表模具概况	136
第二节 国外模具标准化与专业化	137
第三节 国外模具加工的主要技术装备和制造质量	141
第四节 国外模具加工方法	143
第五节 国外模具材料与热处理	147
第六节 国外计算机在模具制造中的应用	154

第三篇 仪表另件的机械加工

第一章 仪表另件的机械加工工艺	155
第一节 仪表另件机械加工工艺的特点	155
第二节 仪表另件的主要机械加工方法	158
第三节 难加工材料的机械加工	167
第四节 成组工艺及其在仪表另件机械加工中的应用	174
第五节 仪表另件机械加工的发展趋势	182
第二章 仪表另件机械加工自动化	188
第一节 单品种大批量生产的自动化	188
第二节 多品种中小批量生产的自动化	190
第三章 仪表机械加工另件的检验	197
第一节 仪表另件机械加工后的检验	197

第二节 另件在机械加工过程中的检验	200
第四章 典型另件的机械加工	205
第一节 轴类另件的机械加工	205
第二节 小模数齿轮加工	213
第三节 阀体制造	228

第四篇 热 处 理

第一章 概况	239
第一节 热处理的工艺动向	239
第二节 扩大专业化的生产方式	240
第三节 研制新的装备和检测控制手段	240
第四节 热处理在仪表制造中的作用	241
第二章 仪表制造中常用的几种热处理方式	242
第一节 氢气保护热处理	242
第二节 真空热处理	242
第三节 形变热处理	243
第四节 化学热处理	244
第五节 冷却技术	251
第三章 弹性材料的热处理	253
第一节 弹簧及弹簧钢的热处理	253
第二节 一般高弹性合金的热处理	254
第三节 恒弹性合金的热处理	257
第四章 磁性材料的热处理	262
第一节 软磁材料的热处理	262
第二节 硬磁材料的热处理	265
第五章 铁基粉末冶金材料的热处理	266
第一节 淬火与回火	266
第二节 渗碳及碳氮共渗与氮化	268
第三节 渗硼	269
第四节 渗硫	269
第五节 水蒸汽处理	269
第六节 热处理工艺的几个新动向	270
第六章 正在发展中的几种热处理方式	271
第一节 激光热处理	271
第二节 复合热处理	272
第三节 冲击硬化工艺	273
第四节 超声波热处理	273

绪 言

一切工业产品的制造技术都是很重要的，工业自动化仪表也不例外。

由于我国长期以来普遍存在着“重设计、轻工艺”的思想，更有必要强调一下包括工艺在内的制造技术的重要性。国外有一种说法：“产品不是设计出来的，而是制造出来的。”这一说法突出反映了制造技术的重要性，对此应给予足够重视，以利于我们整顿和加强工艺管理，充实工艺力量，改革工艺体制，狠抓工艺基础，严格工艺纪律，及开展工艺技术开发等工作。

加强对仪表制造技术重要性的认识，在现阶段有着特别重要的现实意义。单就制造工艺来说，在文化大革命以前，大多数制造厂都设有工艺部门，有专门的工艺人员队伍，也建立了必要的工艺管理制度和办法，使生产发展得到很大的保证，产品质量稳步提高。但在十年动乱中，工艺管理受到极大的破坏。这个教训是极其深刻的。

制造工艺的重要性在于它是保证并提高产品质量和发展品种的重要技术基础，是组织生产和指导生产，实现科学管理的重要依据。它对于提高劳动生产率、降低生产成本发挥企业优势，增强产品竞争能力也具有重大意义。

本资料着重介绍的是国外自动化仪表制造技术。但因这方面资料很稀少，再加上经验不足、编辑业务水平有限，难免有错误之处、敬请读者批评和指正。

编者

第一篇 工业自动化仪表制造技术综述

第一章 工业仪表行业概况

第一节 工业仪表行业概况

工业自动化仪表是实现工业生产过程自动化的重要工具，也是衡量一个国家自动化水平的标志。

美国和德国都是仪表工业发展较早的国家，仪表制造技术曾居世界前列。英国早期生产模拟式工业仪表的工厂 Gkent Ltd 创建于1930年。George kent 联合企业就是由英国的一些小型仪表厂组合而成的，历史悠久，产品种类很多，曾被认为几乎没有它所不能制造的仪表产品。十九世纪末英国就已形成一个仪表制造行业，仪表产品以技术精良著称于世界。德国

仪表工业是随着电气测量和通讯技术的进步而发展起来的。西德一家综合企业西门子公司，建于1847年，早期曾生产电气测量设备。西德最大的工业自动化仪表企业哈脱门·布朗公司（Hartmann & Braun A.G.）的前身是1879年建立的尤琴·哈脱门商行，1901年成立哈脱门布朗股份公司。生产工业自动化仪表的埃卡特股份公司（J.C.Eckardt A.G.）创建于1873年，1923年成立公司。萨姆生仪器制造公司（SAMSON APPARATEBAU A.G.）创建于1970年。

美国和日本的仪表制造工业发展稍晚一些。美国较早的仪表工厂都建立于本世纪初，如霍尼威尔（Honeywell）公司成立于1901年，福克斯博罗公司（Foxboro）成立于1908年，雷诺公司（Leeds & Northrup）创建于1903年。事物的发展总是不平衡的，早期依赖于英、德技术的美国，由于两次世界性大战，依赖局面被打破，特别是第二次世界大战以后，随着军事和工业生产技术的发展，国外科学家和工程技术人员源源流入，从五十年代起美国工业仪表就异常迅速地发展，走在世界各国的前面，自动化水平也遥遥领先。

日本仪表工业的建立早于苏联，至今已有六十多年的历史。横河仪表厂创建于1915年，北辰建于1919年，山武建于1906年，千野建于1913年。经受第二次世界大战严重破坏的日本工业，由于得到美国资本和技术的扶植，从五十年代起就获得恢复和发展。化工、炼油、电站、钢铁等工业部门的迅速发展为工业仪表行业的恢复和发展创造了有利条件。日本政府通过许多振兴工业的临时措施，协调仪表行业与其它工业部门之间的关系，资助工业仪表科研开发费用，同时，仪表企业也通过吸收外资、合资建厂、引进先进技术、培养自己的技术力量、加强企业管理和产品质量管理，加强市场调查、开展技术服务以及改善劳资关系等各种措施，推动了日本仪表工业的大发展。从五十年代到七十年代就是日本仪表技术大革新，加速产品更新换代，整个仪表工业出现高度发展的时期，工业仪表制造技术已赶上美国水平。目前，日本的仪表工业已由高度成长转入稳定增长的时期。因为受到国际石油危机和国民经济衰退的影响，各仪表厂现在都着眼于独自研究、发展本国产品、提高竞争能力和扩大国外市场等方面。

各国工业自动化仪表行业的规模

国 别	企 业 数	职工人数	总 产 值	劳动生产率(人·年)	销 售 额	备 注
美 国	798	73000		38000美元	27.13亿美元	1976年
英 国 ^{*1}	1400	106600	273.3百万英镑	2563镑	696.6百万英镑	1976年
西 德 ^{*2}	1600	100000	85.99亿马克	8.6万马克		1976年
日 本	76	18500	180.598百万日元	9.765千日元		1977年
苏 联 ^{*3}	27	500000	69亿卢布	13800卢布		1977年

注：*1 美国的企业数为七十年代初期仪器仪表厂的总数，其它各项数字均指“科学和工业仪表系统”类别的数字。总产值及劳动生产率均指净产值。

*2 西德的企业数为仪器仪表厂总数，其中400多家为外商在西德开设的厂家。

*3 苏联的各项数字均指“仪表—自动化装置和控制系统”行业的数字。企业数指的是由几家工厂或厂与研究机构合并而成的联合企业，未组成联合企业的仪表工厂还为数不少，未统计在内。在总产值69亿卢布中，仪表及其部件占41亿，计算技术装备占28亿。

苏联仪表工业已有五十多年历史了。较早的仪表厂成立于本世纪二十年代后期，是由一

些小工厂和手工业作坊改建组合而成的。以后在每个五年计划中又建立了一些新厂。目前，苏联工业仪表无论在产品的技术水平方面（尖端技术的采用，仪表精度、测量范围，可靠性指标、小型化、新颖性等），还是在生产管理水平方面都落后于西方和日本。一般说，苏联工业自动化仪表基本上能适应国内其它工业部门的发展。苏联工业仪表的特点是有国家统一的型谱系列、标准化，规格化、通用化工作做得较好，因而仪表的互换性强。苏联由于以往在技术上受到西方的封锁，加之企业管理层次很多，变化不定；管理制度不完备，所以，在四十年代末和五十年代初，虽然采取了若干对策，在最近几个五年计划中又重点发展自动化仪表工业，但进展仍不理想。

第二节 工业仪表的发展和现状

从本世纪起，早期仪表以提高精度和可靠性为主，二十年代和三十年代相应出现了直接设定控制概念和自动再调（积分调节）控制概念。四十年代发展了气动仪表的生产和力平衡式变送器。五十年代创制了工业用全固态器件仪表，在电子控制方面达到了新的水平。六十年代在过程控制方面应用了数字式计算机。七十年代出现了大型控制系统。今天，无论机械、气动、电子、模拟和数学仪表，还是用这些仪表组成的控制系统，都能顺利地解决工业生产过程中各种检测、调节和控制问题。

新型自动化仪表和电子计算机在生产过程中的应用，使工业生产起着日新月异的变化，对有效地增加生产、提高质量，降低成本，减少消耗，提高劳动生产率，改善劳动条件，确保生产安全等，都起着重要的作用。

工业自动化仪表在工业生产过程中自动化方面，五十年代是实现单机自动化，六十年代实现了机组自动化，七十年代开始了全厂自动化。就仪表本身而言，五十年代的仪表是以基地式为主，实现单参数测量，六十年代以单元组合式为主。按功能来设计各种仪表，七十年代出现了集散型综合控制装置，使过程控制与生产管理结合起来了。

从发展上看，如果把五十年代的基地式仪表比作“点”，那么，六十年代的单元组合式仪表就是“线”，而七十年代的集散型综合控制系统装置就是“面”了。也就是说，在过去三十年中，自动化仪表已经历了由点到线、由线到面的发展过程。这在工业自动化仪表发展历程中是一个重大的变革，它不仅反映出自动化仪表技术的进步及其应用范围的扩大，而且还反映出自动化仪表设计思想的变化。

新工艺和新技术的出现有力地推动了仪表和自动化技术的进步。由于大规模集成电路的发展，半导体技术、数学技术、计算机技术的进步，正在促进仪表工业的大发展。以微电子学和集成电路技术为基础的微处理机的发展就是一项巨大的科技成就。国外普遍认为，在今后十多年中微处理机将渗透到各个领域。就工业自动化仪表领域来说，从检测仪表，显示，调节仪表到分析仪器、执行器以及几乎一切自动化装置中，都将使用微处理机。生产过程控制用的微型电子计算机也是随着大规模集成电路的发展而诞生的。在问世不到十年的短暂历程中，微型计算机使得许多工业部门的面貌发生极大的变化，特别是使工业生产过程控制系统得到突飞猛进的发展。

国外专家预计，超大规模集成电路的出现将关系到目前工艺的进一步发展，人们可以预

计到在今后十年中,在一个存储器单元中所能容纳的位数将会提高100倍以上。工艺上的革新将对一些主要数字式元件产生影响。先进的超大规模集成电路将成为许多新型仪表的基础,这些仪表将随着其“智能”终端的完善,应用更为方便。在工艺、技术方面,美国、日本和西德都处于竞争状态。西德的仪表界认为,西德和欧洲的仪表工业将取决于是否能及时地认识新工艺,并充分地利用这种工艺的的优点,如能有效地做到这点,八十年代欧洲的仪表工业将会出现大发展。

目前,就国外大多数工业生产过程看,自动化仪表基本上还是处在用常规模拟仪表作为主体的过程控制阶段中,属于局部自动化阶段。在这些工厂中除了大量使用模拟式的控制系统以外,也已经根据工艺控制的要求,设计增添了一些新的功能部分,如安全联锁保护,程序操作控制、车间信息管理、异常监视报警,在线过程分析,彩色CRT屏幕显示等等。对一些新建的大型企业来说,则正在此基础上向计算机过程控制和综合自动化过渡。

新近出现的工业自动化仪表有以下一些特点:

1. 高精度化:即从一般精度向高精度过渡,如:精密压力表精度达到 ± 0.1 级, ± 0.5 级;容积流量计,涡轮流量计达0.2级(商业用), 0.5级(一般用);标准温度计,铂电阻达0.5级,热电偶达0.25级;电动、气动变送器达0.25级。

2. 小型轻量化:从大而重向小而轻过渡。电磁流量计重量比老产品减轻 $1/2 \sim 1/3$,尺寸缩小 $1/3$ 。简化型调节阀与常规型相比,尺寸和重量均减轻了40~60%

3. 单元和插件化:仪表一般由几个典型的不同功能的单元电路组成,如电源单元、指示单元、测量单元、计算单元等。每个单元制成插件型式,密集安装,同一厂家各种仪表的组件和插件,只要功能相同,都能通用。

4. 数字化:从模拟技术向数字技术过渡。各种测量、调节、计算、控制、显示,都在发展数字式仪表。数字显示和记录尤其广泛被采用,且可和计算机相配用。

5. 多功能化:从单一功能向多功能组件化过渡。采用集成电路的这种多功能组件已成为许多厂的通用组件,包括模拟、逻辑,数字组件,多达一百余种功能。

6. 智能化:即采用微处理机扩大仪表功能。使仪表能按照预定操作规律实现逻辑判断、数据计算、程序控制、异常报警等功能。

7. 系统化:即从单台仪表向系统成套和计算机综合控制过渡。代表性产品是集散型综合控制系统装置。它采用微型计算机为核心部件,集中了“4C”技术*,实现计算机分级控制。

8. 采用新型元件和结构:如电动变送器,不再采用矢量测量结构和力平衡原理,而是采用差动变压器,差动电容,压电元件等所谓电平衡式,使测量部份和变换部份一体化或变换部份和放大部份一体化。因而,整个变送器具有结构简单、体积小、重量轻、精度高、耐振动性和耐高温性,从而大大提高可靠性和寿命。

* 4C技术:即Control—系统控制理论, Computation—数字计算, 微型计算机技术, Communication—数据通讯技术, Conversation—人机会话技术。

第二章 工业仪表制造技术

七十年代以来,为了满足各个工业部门生产过程自动化的要求,工业自动化仪表有了不断的发展和更新,采用了光、电、声、热、数、理、化、材料等学科的新成就,研制出类型众多的新产品,并促进了仪表制造技术的发展,其特点:

1. 为了满足品种多,更新快,制造技术大量采用可调式生产装备,如可调式装配流水线,另件制造方面的工装单元化、组合化、成组工艺、数控技术和计算机辅助设计、辅助制造等;

2. 为了满足仪表的各种各样的功能要求,需要采用多种金属、贵金属、塑料、复合材料,以及相应的物理、化学加工方法,冶金技术、合成技术和其它特种加工工艺;

3. 为了保证仪表质量和可靠性,采用数据处理技术,以微处理机为基础的检测系统,按程序进行快速自动化测试;

4. 通用简单另件的专业化协作与关键另件的自动化生产,这也是近年来的发展趋向。

目前,常用的工业自动化仪表主要有温度仪表、压力仪表、流量仪表、物位仪表、机械量仪表、电动仪表、气动仪表、显示仪表、工业控制计算机、巡回检测装置、执行器等。这些仪表所采用的工艺主要有铸造工艺、压力加工、塑料加工、机械加工、热处理、防腐和装饰表面处理、焊接、装配、调校等。下面将简要介绍七十年代这些制造工艺的发展情况。

第一节 铸 造

一、低压铸造

低压铸造适合于铸造薄壁仪表壳体等铸件。它采用金属型芯、砂芯和组合芯。这种工艺生产率低,所以发展缓慢。目前,国外对提高低压铸造生产率采取了以下的措施:

1. 采用多工位低压压铸机;
2. 采用侧铸式低压压铸机;
3. 用电阻加热的溶池型保温炉来取代坩埚;
4. 一型多铸;
5. 按温度来控制生产过程;
6. 分阶段加压和强制冷却;
7. 提高升液管的使用寿命。

近几年来,国外推广使用两种新的低压铸造技术:

- (1) 电磁低压铸造——利用电磁力代替气体加压,使合金充型和凝固。
- (2) 差压铸造——它是低压铸造与压力下结晶两种方法的综合,适合于生产锌、镁、铝、铜、铸铁、铸钢等合金的铸件。

二、熔模精密铸造:

这种工艺,工序复杂、周期长、成本高,一般用于铸造小而复杂的难加工的贵重金属另

件。目前,国外在模料和壳型混合料方面进行了大量工作,制得了无余量精铸件和大型精铸件。同时,采用顺序凝固、定向结晶和其它吸注等工艺,以提高精铸件的机械和物理性能。

三、陶瓷型精密铸造

用这种工艺浇出的铸件具有较高的尺寸精度和表面光洁度($\nabla 4 \sim \nabla 6$)。因此,特别适合于模具的型腔制造。

到目前为止,国外主要用硅酸乙酯和灌浆工艺制作陶瓷型。其它的方法有喷涂法和美国发明的一种尤尼开斯脱精密铸造法。陶瓷型铸造工艺很繁杂,目前要普遍推广使用和实现机械化、自动化还存在着许多困难。

四、真空精密铸造:

真空精密铸造几乎成了制造形状复杂的精密零件的专用方法。它的铸型有单型和多型两种,用失蜡法制造。对于钴铬镍钢和镍或钴基合金的精密铸件来说,采用氧化物陶瓷为基质的铸型。材料在真空感应炉中熔化。在很多情况下,以液压伺服系统来代替人力浇注。坩埚的材料一般用二氧化锆,近来有人采用氧化物作为坩埚材料。

最近几年,出现了在真空或者在减压保护气体下进行离心铸造的先进技术。用这种方法铸造的铸件具有良好的外形和机械性能,这对于精密零件的铸造来说,是一种很有发展前途的工艺。

五、压铸

各国生产的压铸件主要是铝和锌,部分为黄铜。法国 VISITEST 气动仪表中大量采用轻合金压铸零件,这些压铸件精度高,完全可以互换,并具有很好的气密性。

消除压铸件的多孔性,对压铸工业的未来发展是很重要的一环。迄今已发展和介绍了真空压铸,无气孔压铸,精速密压铸,搅熔或流变铸造等,但国外人士比较一致认为,提高压铸件质量,主要在于铸件特点,科学控制合理工艺参数,合理设计和制造铸型,包括浇注系统及溢流排气系统,铸型的加热与冷却,选用合适的涂料与喷涂方法以及合金质量的控制等。

除此,压铸工业为了对付严重的竞争与继续的成本增长,正在大力进行薄壁压铸件的生产,金属—塑料,金属—晶须等复合材料的研究,以期得到轻度压铸件。同时,还把电子数据处理技术,也就是把计算机应用到压铸生产上来。

六、造型(芯)工艺

目前,仍以粘土砂湿型铸造为主,化学硬化法,已有很大的发展,物理造型方法如 V 法、冷冻法、磁型法正在兴起,特别是 V 法发展较快。

七、铸造生产过程自动化与计算机应用

七十年代铸造生产过程自动化有所发展,较多的采用了工业机器人,小型计算机、微处理机已开始压铸、冲天炉、感应炉等控制方面以及可锻铸铁车间采用 EDPM 系统。进入八十年代,从发展看,计算技术将进一步在铸造生产各部门得到应用。铸工车间集成化,也就是 CAD/CAM 系统将得到发展,并逐步向铸工车间无人化过渡。

第二节 压力加工

金属的压力加工是仪表制造部门极为重要的一种加工手段。采用压力加工工艺既能生产

毛坯，又能制造半成品和成品另件。压力加工和磨削加工相结合，将取代大部分切削加工。压力加工包括冷冲压、挤压、模锻、旋压、拉张成形、超塑成形、特种轧制等方法，下面介绍其中一部分方法。

一、冷冲压

冷冲压分普通冲压和精密冲压。七十年代以来，精冲发展较快。仪表齿轮用精冲生产比切削方法提高工效十几倍。目前，国外精冲85~90%是钢另件。

常用的精冲方法有：带齿辊压板法，对向凹模法，侧压式精冲法，复动式精冲法和负间隙精冲法等。

精冲另件质量好坏和模具寿命长短关键在于以下几个方面：（1）所有模具构件的精密匹配及其平行度；（2）冲头与模具之间的间隙适当；（3）模具倒圆恰当；（4）材料合适；（5）原料的表面有适当的润滑。

二、挤压

挤压有冷挤压、温挤压、静液挤压等多种。

1. 冷挤压

冷挤压是一种高效率的少无切削工艺。微型铂电阻的保护管采用冷挤压生产，可以大大节约黄铜材料。园图电子电位差计的绳轮由切削加工改为冷挤压生产后，不仅材料节约了二分之一，而且生产率提高了三倍多。

根据仪表另件的不同形状，冷挤压有正挤、反挤、复合挤等多种。在冷挤压的工艺设计中，模具的设计是搞好冷挤压的关键。

在美国和西欧都有专业化的冷挤压厂，它们可以向仪表制造厂提供各种冷挤压另件。

2. 温挤压

温挤压是一种新工艺。它与冷挤压相比，可以挤压形状复杂的另件，减少压力机吨位。它与热挤压相比，可以提高另件的精度和表面光洁度。测温器中的不锈钢保护管由切削加工改为温挤压生产，不仅节约了贵金属材料，而且提高了工效。

1975年，国际冷锻会上确定200°C~850°C为温挤压温度范围。在温挤压生产时需注意的是：（1）要控制温挤压温度；（2）要选择润滑剂，目前，常用的有石墨、二硫化钼、聚四氟乙烯、氧化铅等。

3. 静液挤压

静液挤压也是一种新工艺。用这种工艺可以挤压各种特殊要求的工作、线材、管材和型材等。静液挤压时，由于坯料是受高压液体的压力作用而产生变形的，凸模不直接作用于坯料，因而使变形力减少。静液挤压可在冷态或热态下进行。

最近出现一种厚膜（thickfilm）静液挤压的新方法，它有如下优点：避免或最大限度地减少跳跃式的进给现象；在冲头行程的任何位置都能把毛坯准确地停止。

三、模锻

模锻是锻压生产的主要工艺之一。

1. 液态模锻

这是一种介于铸造和锻造之间的工艺，近几年发展很快。用这种工艺可以缩短生产周期，节约金属材料。

2. 多向模锻

多向模锻的成形基本上是在三向受压状态下进行的,对某些难变形金属可以提高其塑性,从而顺利地完 成坯料的变形过程。对于用稀有金属制造的仪表另部件尤有必要采用多向模锻。

3. 精密模锻

日前,对模锻的各环节提出更严格的要求:如毛坯的精密落料;预锻坯的合理设计;少无氧化加热等,为此发展了精密模锻。模具电加工技术的出现和不断完善,是模锻向精密模锻发展的一项重要的技术突破。

4. 摆动模锻

国外也有称“摇摆模”或“旋转锻”。它是一种边旋转、边摆动的逐渐送进和均匀旋压的无声锻造,其应用范围很广,从小的仪表另件至大型设备的钢体。

四、超塑成形

超塑成形具有节约金属、加工余量小、复杂形状可一次成形、变形力小等优点。日前,已有多 种金属,如锌铝合金、铝合金、铜合金和某些黑色金属具有超塑性加工的可能性。超塑成形的缺点是附属设备多和工艺较为繁杂,生产率低。

五、其它新的压力加工工艺

近十年来,国外还出现了许多新的压力加工工艺,如1971年国际冷锻学术会议上正式提出的温锻新工艺,英国威尔士奥斯泼雷(OSprey)金属公司研制成功的金属喷锻法,爆炸成形、电液成形、电磁成形、高速高能成形法、金属熔融锻造法等。这些新工艺扩大和发展了传统锻压工艺的应用范围,无疑地在仪表行业 中将获得应用。

第三节 塑料加工

工业自动化仪表中有许多另部件是用塑料制成的,因此,塑料加工在仪表制造中占据一定的地位。

一、仪表中常用的塑料

常用的塑料主要有热固性塑料、热塑性塑料和工程塑料等几类。

仪表的外壳、外罩一般用酚醛、聚苯乙烯、聚乙烯、聚丙烯、聚碳酸酯等。指针、表盘常用ABS、改性聚苯乙烯、有机玻璃等。仪表中的塑料齿轮一般用聚甲基、聚甲酰胺、聚碳酸酯、超高分子聚乙烯、聚脂等。绝缘用另部件常用酚醛、聚丙烯、环氧树脂、聚苯醚等。

二、塑料另件加工

塑料另件加工有注射、模压、挤出、真空成形等方法,其中注射成型加工方法用得较普遍。

1. 热固性塑料注射成型

这是一种老的加工方法,最近几年,对它进行了改革,出现了许多新的工艺。

(1) 注射-压塑成型

此工艺适用于一模多件的另件的制造。目前,这种工艺尚存在溢料严重、制品形状受限制等问题。

(2) 液体注射成型

这种工艺具有固化速度快、耗电少、成本低和易实现自动化等优点。适合于液体注射成

型的材料有聚胺脂树脂、环氧树脂、有机硅树脂等。液体注射成型工艺的关键是：①液体塑料的配方；②有利于注射成型的液体粘度；③混料及注射过程中液体塑料里的气泡要清除。

（3）无流道无浇口注射成型

用这种工艺可以节约材料，改善环境污染。目前实际使用的有：①细流道成型；②采用延长喷嘴；③无流道成型。

2. 热塑性塑料注射成型

目前，在热塑性塑料注射成型方面出现了微型精密注射成型和复合注射成型新方法。前者适用于加工精度较高的塑料仪表零件，后者适用于制造仪表箱和外壳等结构零件。采用复合注射成型还可以改进泡沫结构制品的机械性能和提高表面外观质量。

3. 低发泡注射成型

这种工艺适合于工程塑料的注射成型。在这方面，外有许多专利，如DOW法、VCC法，Varioterm法。通常使用的方法有高压法和低压法。

4. 其它新的塑料加工工艺

最近几年，国外研究出一种像金属那样进行固态冷塑性加工的固相成型加工工艺。这种工艺可节约能源，改善制品的特性。由于还存在一些问题，所以还没有推广应用。

国外发展了组合工艺，其中发展最快的是吹塑成型与其它工艺的组合，如“挤出型坯拉伸吹塑成型”和“注射型坯拉伸吹塑成型”。

温塑性加工获得实际应用，这种工艺包括固相压力成型和塑料锻造加工两种。

三、塑料加工设备和模具

国外塑料加工设备的发展方向是高效率、高速化、自动化、专用化和多工位，如热塑性注射成型加工中采用高效自动控制过程装置，可以提高工效、提高塑料制品的质量和成型加工精度。国际市场上提供的新设备有：增强塑料注射机，多工位转盘注射机，加嵌件横向注射机，小型精密注射机和竖锁模的角尺注射机。在成型加工设备中采用了电子技术，如程序控制器、CRT显示设备、过程计算机等，用它们来监控塑料加工生产过程。

在塑料模具方面，国外大力发展冷浇道、细浇道和无浇道的模具。

第四节 粉末冶金

在工业自动化仪表中所应用的粉末冶金材料主要有减摩材料、磁性材料、电磁头材料和精密合金。用粉末冶金制成的结构零件有小模数齿轮、棘轮、链轮、杠杆、支架、电动执行器上的盖板、自动记录仪上的滑块等等。

粉末冶金制品的制造包括制粉、压制、烧结、精整复制、热处理和表面处理几个过程。

一、制粉技术

国外制粉技术有还原法、雾化法、水冷法、电解法、羰基法等，但主要用还原法和雾化法。目前，雾化法是直接利用炼钢炉、化铁炉流出的液态金属进行雾化，其生产能力已超过还原法。为扩大还原法生产能力，促使隧道向大型化、高度化和自动化方向发展。

二、压制

压制方法有单向压制、双向压制、浮动双向压制和反向摩擦压制等几种。日本神户制钢公司1975年研究出一种方法，它利用拼合模具在特殊机械压机中使模腔同步压缩，以压制其

中装填的粉末。

三、烧结

粉末冶金制品一般用窑炉烧结。欧美各国普遍用五带烧结炉、真空烧结炉、步进式烧结炉。日本首创用电火花烧结法。为了使制品获得良好的性能，在烧结中一般采用自动装置控制气氛。可控气氛有吸热型和放热型两种。

四、精整复制

目前采用的精整复制方法有机械处理和化学处理两种。

五、热处理和表面处理

常用的热处理方法有碳氮共渗、渗碳、离子氮化、气体软氮化等。表面处理采用浸渍处理、过热蒸气氧化处理、渗金属（铜、锌、铬）处理、表面气相沉积法、空隙填充法、电镀等。

国外粉末冶金最近几年的研究课题主要有以下几个方面：

1. 研究机械制粉和超细粉。机械制粉是为了处理造成环境污染的各种切削物，以廉价生产粉末冶金。超细粉可用于如硬质合金、电磁材料等的高合金制品。

2. 进一步扩大铁基另件的应用范围，研究和应用钴、钛粉末冶金和铝基粉末冶金的结构另件。

3. 应用一种将加热与成型结合起来的热塑性加工或“金属粉末加工”的方法，如粉末热锻、热等静压、热挤压、粉末热轧等工艺。国外评论粉末热锻是粉末冶金技术中划时代的进展，突破过去烧结制品因密度低而不能用作高强度另件的局限性。

4. 研究仪表用软磁、硬磁材料，如用片状铁粉来制取整体软磁另件，用混合稀土—钴制造高能磁体。

5. 改革烧结设备，采用高温联合自动控制电炉。改进压制技术，发展多用途压力机和多工位专用机。

第五节 模 具 制 造

模具是工业自动化仪表生产的基础工艺装备。模具的品种很多，有冷冲模、塑压模、压铸模、锻模、粉末冶金模、橡胶模、陶瓷模、金属浇注模、玻璃模等。

模具制造技术水平主要表现在模具精度、制造周期、使用寿命、制造成本四个方面。为了达到这些要求，各国对模具制造技术进行了多方面的研究，使模具制造技术向着自动化、高效率、高精度方向发展。

一、模具制造工艺

模具制造方法主要有金属切削加工、成型磨削、电加工、型腔挤压、陶瓷型精密铸造、低熔点合金浇注、电铸、型面抛光技术、模具装配技术等。国外70%的模具专业厂采用电加工，它已成为模具加工的主要手段。电加工包括电火花成型加工、数控电火花线切割加工和电解加工。采用冷挤压方法，可制造锻模、压锻模、塑压模、冷挤模等模具的凹模型腔，其表面光洁度可达 $\nabla 10$ 。

最近几年，国外出现了超声波研磨、表面自动研磨抛光、电解抛光、液体抛光、挤珩研磨加工新技术，用这些技术取代部分手工操作，提高模具表面研磨和抛光工作的效率。

模具热处理的方法主要采用真空热处理、渗硼、离子氮化、气体软氮化、气相沉积 TiC 等。

国外非常重视模具表面强化工艺,因为通过扩散、涂复、浸渗、真空离子轰击、溅射、激光表面硬化等方法,只改变表面的成分、组织和性能,就可使零件具有耐磨、耐疲劳、耐热、抗咬粘等性能,提高模具使用寿命。

二、模具材料

为了满足各种模具对材料的不同要求,国外研究和生产了一些新的模具钢,如微变形钢,含Cr40%的高耐磨钢,通过加入一些易切削元素硫、铅达到改善可切削性的易切削钢,硬质合金,真空熔炼钢等。为适应模具使用性能的要求,标准钢号的合金化程度不断提高。

三、模具结构设计

在模具结构设计方面,主要是根据生产批量的大小来选定模具的结构。对于大批量零件生产,设计多工位的模具或一模多件的模具,采用自动送料和自动检测保护装置在一台压力机上自动地顺序冲压成形。对于中批量零件生产,则尽量采用典型组合结构和标准件。对于小批量零件生产,采用结构简单、制造快、成本低的简易模具或通用的模具。

四、模具制造设备与测试仪器

国外常用的模具制造设备与测试仪器有:座标镗床、电加工机床、光学精密仿形磨床、仿形铣床、光学曲线磨床、座标铣床、数控钻床、自动靠模机、雕刻机、投影仪、三座标测量仪、大型工具显微镜等。

五、模具的标准化

模具的标准化对模具制造的成本、周期和模具结构设计有很大的影响。美国、西欧、日本等国不仅使许多零件的形状和尺寸标准化,而且使各种典型组合和典型结构标准化。有些模具专业厂专门制造模具标准件。

六、模具的计算机设计和辅助制造 (CAD/CAM)

美、英、法、西德、苏、日等国家最近几年在不同程度上采用计算机辅助设计 (CAD) 和计算机辅助制造 (CAM) 来设计和制造模具,在提高产品质量、提高工效、降低生产成本和减轻设计人员的工作等方面都取得了很大的效果。

第六节 焊接技术

近几年来,国外焊接技术发展很快。目前,仪表制造中常用的有以下几种方法:

一、气体保护焊

它包括 CO₂ 气体保护焊、窄间隙焊、金属极惰性气体保护焊、钨极惰性气体保护焊等,其中金属极惰性气体保护焊是一种焊接质量好、效率高的焊接方法,它在焊接铝及铝合金、铜及铜合金、不锈钢等方面得到了广泛的应用。钨极惰性气体保护焊用得也很普遍,用不锈钢制成的弹簧管多数采用此法,近几年,在这种焊接技术中采用了脉冲技术,从而使它获得新的应用领域。

二、埋弧焊

目前,大多数国家采用多丝埋弧焊。日本最近发展了一种低热输入单面单道多丝埋弧焊,改进了焊缝的形成。

三、等离子焊