

老教授谈

现代冷压技术发展阶段

卢险峰

(南昌大学 机电工程学院, 南昌 330031)

迄今,现代冷压技术,无论从综合或者细分的角度,皆可认为已发展成为有较完整的理论基础,又有比较系统知识体系的应用技术学科了。

关于现代冷压技术的发展阶段问题,由于其学术性较强,且现有文献资料中涉及到的内容极少,故笔者对此也难划分准确。学习分类学中分类“是以对象的本质属性或显著特征为依据所作的划分”之理论,兹从学术探讨角度,依据应用(技术)科学一般任务的构成内容,就冷压成形这门学科,尝试提出大致可以有经验、理论、设计特征等3个阶段的观点。按照这种划分理论与方法,作出如下叙述。

1 积累经验并完善工艺阶段(时间为20世纪前、中期)

1912年美国Forder(福特)汽车公司的汽车生产装配开始了流水线生产,这是基于当时的优质薄钢板及较先进的冲压技术而实现的,也表明冲压加工中的冲裁、弯曲、拉深等基本工序的主要技术特征连续生产的控制业已被该公司掌握了。

瑞士、德国在20世纪20年代就提出了精密冲裁的思想,德国人F. Schiess先在瑞士的家庭作坊里设计制造与试验,于1922年申请,1923年在德国首先取得了精冲的专利权。经过几十年的研究,直至1960年前后成功地研发出了精冲压力机,从而推动了全世界精冲技术的发展。1925年世界上生产的第1个精冲零件(4 mm厚的软钢板零件)如图1所示^[19]。

精冲技术的出现,不仅为板料的冲压分离加工,而且为其冲压与冷锻的组合加工成形开辟了一条新途径,还使得某些厚板由原来的热冲压变成了冷冲压、冷体积成形,技术和环保意义十分重大。至今在我国仍有不少工程技术人员、公司企业视精冲为新技术。

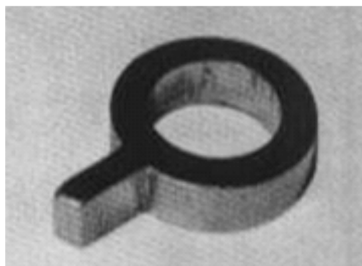


图1 德国第1个精冲零件

第一次世界大战期间,英、德等国就在思考,为了节约铜合金,用钢弹壳代替铜弹壳。直到1935年,德国人采用了前一年发明的磷化处理方法和新润滑剂,使得他们用挤压的方法制造出了钢质子弹壳,成为二战时期的军事秘密,战后很快转入民用。

1940年,钢制壳、筒体零件的冷挤压(Newmayer法)出现了。

1945年以后,不仅钢的冷挤压达到了实用的地步,而且冷锻生产中逐渐出现将基本工序(如镦锻、挤压、变薄拉深、模锻等)组合的,如复合挤压、镦挤、挤缩镦等组合工序以及一些新的冷锻工艺与设备。其中的静液挤压工艺,是1893年英国J. Robetston(鲁伯特森)取得发明专利,1934年Harvard(哈佛)大学的Bridgman(布里奇曼)着手研究,直至1958~1962年解决了难加工材料的实用问题。

以上事例可以表明,由于有近代冲压技术的发展基础,20世纪前期英、美及西欧国家现代冲压技术发展仍然较为活跃,一些工艺和设备多是首先出现在西方国家,如前述的整修、拉深、精冲等冲压工艺和镦锻、挤压与正反复合挤压、镦挤等冷锻工艺,以及与之相对应的几种压力机设备,都有了一定程度的完善。

收稿日期:2012-04-09

作者简介:卢险峰(1942—),教授,博导,中国机械工程学会高级会员,中国机械工程学会塑性加工分会冲压学术委员会委员,中国机械工程学会材料锻压工程师资格论证委员会委员,中国锻压协会“头脑风暴”专家库专家,江西省模具工业协会顾问,主要研究方向为材料精密冷压成形、最优化理论工程应用;拥有国家发明专利9项,已全部公告,且6项已授权;发表论文190余篇(SCI、EI收录10多篇);独立编著7本,参编8部。

在整个 20 世纪前半期的前苏联,其工业建设的基本任务是以机械制造、金属加工为主^[20],取得了锻压生产技术的巨大进步。不仅有重型锻冲设备的开发,也使得冲压加工的规模和技术方法方面得到了空前的发展,如在分离加工中发展了光洁冲裁、斜刃冲裁,成形技术中将原只有拉深、弯曲的成形扩展到了翻边、扩口、缩口等工艺。在对冲压基本工序有效完善的同时,在锻压技术领域还提出了一些理论规律,如最小阻力定律,以及一些锻压变形力的计算方法等。总结的经验公式与数据资料、出版的技术书籍均较多。其中,冲压教科书和冷压手册等,在世界上是他们最先出版发行的。日本学习他们的经验,香港也使用了他们的教科书,新中国成立后的一段时期更是如此。

2 形成学科和拓展内涵阶段(时间为 20 世纪中、后期)

在屈服准则提出与后来的发展过程里,先后出现了体积不变条件、相似原理、增量理论及全量理论等,使金属塑性成形领域具有了较丰富的内容并开始形成了一定的系统化。

20 世纪前期至中叶,压力加工理论初型已出现,西欧、北美及前苏联等国还对冷压加工进行了逐步深入的理论分析与研究,包括制定合理的工艺规程,寻找和确定最佳工艺参数,提出来的塑性变形理论如最小阻力法则以及用塑性力学和数学理论来研究冷压理论和实践,使得冲压、冷锻技术初步形成各自的体系。这一时期中外已先后出版了“冷压原理”、“板料成形塑性理论”等专著。这些成就无疑标志着冷压加工从技术层面正在向科学层面发展,冲压加工技术已经从一种从属于机械加工或压力加工工艺的地位,发展成为了一门具有自己理论基础的应用技术科学^[21]。应该说冷锻加工也是如此。

20 世纪 50 年代成立了国际深拉深研究会(IDDRG——International Deep Drawing Research Group),这实际上是一个国际性的冲压理论和冲压技术的学术团体,因为从前是把所有的钣金成形统称为深拉深。后来,胀形、翻边等冲压工艺发展而从分离出来,使拉深仅成为冲压成形中一种基本工艺形式了。20 世纪 60 年代国际冷锻组织(ICFG——International Cold Forging Group)正式成立,现今一直在计划协调、统筹引导各国冷锻技术的研究发展。由此也标志着冷锻技术不再是从属于冲压或锻造技术之中了,已成为相对独立的应用科学和经济技术领域。

这个时期,产生了一大批为构建冷压理论及其初步体系而辛勤工作的学者。例如,前苏联的著名学者有 Романовский(罗曼诺夫斯基)、Зубцов(祖巴卓夫)、Шофман(肖夫曼)、Попов(波波夫)和 Томленов(多姆列诺夫)等;日本著名学者有五弓勇雄、福井伸二等。

至 20 世纪后期,伴随着冲压工艺与模具设计、锻造工艺与模具设计经验和理论的继续发展,冷压成形技术的下位学科已初步形成,即已形成各自的应用技术科学——“冲压工

学”、“冷锻工学”、“冲压工艺学”“冷锻工艺学”等,但涵盖冲压、冷锻的冷压成形技术学科还没有真正形成,因为其体系化工作尚未达到一定程度上的概括。

人们为此正在努力研究,图谋该学科之理论范畴趋向深入与完整,其表现有:冷压加工工序做进一步的分类及体系化;冷压变形过程分析开始数值仿真;提出并应用体积不变条件、拉伸和压缩失稳理论、平面应力状态等塑性成形理论;在冷压变形力的计算方面提出并应用滑移线法、主应力法、功平衡法及有限元法等;在冷压成形用原材料方面有板料冲压性能、高强度钢板与复合板材等新概念;在冷压工艺方面有各种复合成形以及发展冲压、冷锻组合加工等创新技术。

由于 IDDRG、ICFG 这 2 个国际学术组织的成立和其持续开展的活动,加上各国、各公司的重视,特别推动了冷压技术在汽车工业中的应用与发展,推进了冷压技术内涵的延伸。

这一时期,日本是表现突出的工业化国家,在 20 世纪 50~90 年代,从引进别国的先进技术开始,紧接着就拼命自主研发,一大批学者对冷压加工的领域进行了深入的理论探讨与分析,一大批企业对冲压、冷锻生产进行了认真和有效的研发,成果斐然,成为了世界的典范,其成果可简述如下。

1) 发明了许多冲压新工艺。其中有不少基本工序,比如上、下冲裁、对向凹模切断(对向凹模精冲)、挤压式冲裁等,还有一些派生工艺,如平压与滚压式冲裁、带旋转翻边、对向液压拉深等。

2) 发展应用了很多冷锻新技术,比如 AIDA(会田)公司等 20 世纪 80 年代前后就开发了一些高精度的冲压产品,并用冷挤压、冷锻方法生产了很多钢质汽车零件及标准件。

3) 日本学者还率先采用着重数学计算的现代工程分析方法处理挤压、锻锻等变形问题。

4) 开发了很多高精度、高难度的冲压产品。比如,HI-DACHI 公司 20 世纪 90 年代设计制造用 22 个工步完成 14 道冲压工序的级进模,制造出了彩像管电子枪用膜片零件,仅从零件上有 3 个直径为 0.67 mm 的小孔,其孔径、孔的不圆度、孔距精度均 $<\pm 0.10\text{mm}$ 来看,就足见其精度之高。AIDA 公司 20 世纪 90 年代较经典的冲压产品,如图 2 所示,图左为深拉深钢板材料的电动机外壳,图右为不锈钢材料之喷射器外壳零件^[22],冲压技术人员一看便知其制造之难,实属稀罕精作。

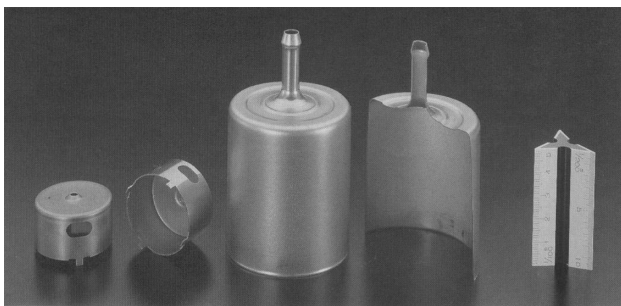


图 2 日本 AIDA 公司冲压产品

3 数字化设计与科技创新阶段(时间为 20 世纪 70 年代~至今)

实际上从 20 世纪 60 年代中后期起,美国的福特汽车公司、日本的三菱汽车公司就开始了 CAD(Computer Aided Design)计算机辅助设计与 CAM(Computer Aided Manufacturing)计算机辅助制造。冲压行业的 CAD 现主要是指冲压工艺与模具的设计,采用全自动绘图工作机,国家有标准程序表,叫基本系统,各工厂有自己的副系统表,使设计周期大为缩短;CAM 就是在图纸由自动绘图工作机画出以后,又由计算机编程指挥各种机床来进行加工、制造出模具或零件。

20 世纪 80 年代,美国、法国、以色列等便开发了很多可用于冲压变形分析的 CAE(Computer Aided Engineering)软件和模具设计 CAD 软件。其中,现仍在我国冷压成形科技等领域广泛采用的多种通用 CAD/CAE/CAM 软件有: AutoCAD(美国)、Catia(法国)、UG(美国)、Pro/E(美国)、Cimatron(以色列)、Ansys(美国)、Deform(美国)、Dynaform(美国)、Superforge(德国)、ABAQUS(美国)等。

进入 21 世纪,工业化国家和发展中国家的钣金数字化成形技术、钣金数字化制造技术、数字化模具设计工程与制造技术,其核心是与知识工程集成的 KBE(Knowledge Based Engineering)技术,它包括知识建模、知识获取和繁衍、知识集成等的 CAD/CAM/CAE 正成为一种发展趋势。我国的锻压学会、协会及汽车工业联合会等都在积极推行数字化设计,冷压技术领域的 3C 设计正在普及与展开。例如,上海交通大学模具技术研究所国家数字化制造技术中心,湖南大学汽车车身先进设计制造国家重点实验室,华中科技大学模具技术国家重点实验室都有围绕冷压成形数字化的研究课题。再如,较早就有重庆大学开展了对汽车覆盖件、齿轮冷挤压等精密成形的模拟,有燕山大学等高校开展了拉深、弯管等冲压工艺及设备智能化多个课题研究。可以认为,现今所有高等学校、科研院所及大中型企业都在应用数字化设计技术。

21 世纪初出现的伺服压力机、新型板材、新的工艺以及各种组合加工的方法,与不断迅速发展的计算机技术相结合,将可能使冷压技术的方法、理论及数字化设计发展到一个新的时期。

其中所提及的伺服压力机是对冲压、冷锻加工三要素之一的设备,即传统冷压设备,主要是指机械压力机和液压压力机的突破性革命——将传统压力机下死点时的速度可以设定得极慢,乃至停留一段时间。伺服压力机的兴起发展、推广运用,以及传统压力机的不断改进,将会对材料的可冷压加工性、成形极限、工件质量等围绕工艺过程设计产生显著的影响和改观。

其中新的技术、工艺及组合加工技术,主要是指冲压、冷锻领域中创新传统技术的新工艺、新材料、新模具。值得特别提出的是,除了冲压、冷锻各自独立的技术以外,还有一种新的动向,如果用它的技术名词来讲即为两者组合的加工技

术——FCF(Flow Contol Forming of Sheet Metal)加工,直译为板料流动控制成形,中国译为冲压冷锻组合加工,也将是冷压技术新发展的又一个重大方面。

实际上,古代原始冷压中,虽大多是一些简单的手工锤击或利用模具的工艺操作,可至少其中某些工艺方法本质上却含有冲压与冷锻的组合变形。近代,有先冲压制坯然后冷锻成形的串联式组合,比如,先冲裁或精冲落料,然后进行挤压的加工。现今这种技术在原有串联式组合的基础上,已经开始出现并联式组合加工。比如,上述那种先在一台设备上落料后,在另一台设备上挤压,即 2 次加工完成,变成在 1 台设备上,既落料又挤压的 1 次完成的加工^[23]。其方法示意图如图 3 所示。

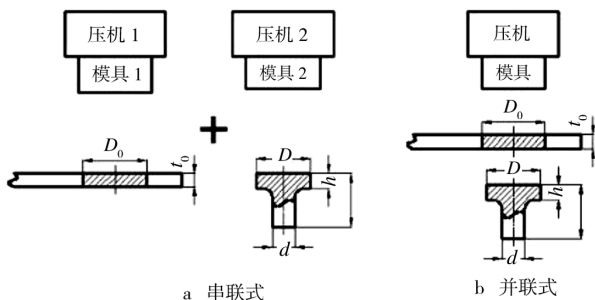


图 3 冲压冷锻组合加工方法示意

20 世纪前期出现的精冲技术,当时主要是为了获得尺寸精确、断面光洁的冲裁件,仅有精冲落料、精冲孔单一工序(或仅为二者的复合)。现今已发展为精冲机一次行程中完成精冲与挤压,或精冲与模锻,或精冲与压印等冲压与冷锻工序的组合加工^[5]。这些,显然也属于冲压与冷锻并联式组合加工。

冷压技术科学的未来创新发展中,除了这类工艺、工序的组合外,还会有与新的信息技术和新型材料的融入组合,从学术角度将一定会具有与以下相关现代科学技术更紧密结合的新特征^[24]:现代力学、现代数学、现代物理化学、当代材料科学、计算机科技、工业设计及艺术、价值工程理论、安全工程、法学及伦理学等。

在今后的新时期里,冷压技术将会以满足市场实际需求的经验智慧,以理论分析研究的科学手段,以高效环保的绿色理念,促其数值化设计与制造更紧密结合地朝前发展。

另据中国塑性工程学会告知:国际冷锻组织近年在进行 2 种奖励活动——论文奖和论文交流奖。

国际论文奖励(ICFG Paper Prize)在全世界范围内,每年奖励 1 名,要求论文作者在申请年不超过 35 岁,在冷锻领域开展原创性工作;国际交流奖励(ICFG Exchsngr Prize)在全世界范围内每年资助 4~6 名,主要资助冷锻领域青年学者和技术人员参观欧洲的著名锻造企业及相关大学研究所。

国际学术组织、各国政府和民间机构、公司企业等不断增设的科技奖励活动,自然会成为冷锻、冷压乃至塑性成形技术数字化设计与技术创新一种强大动力。