



现代数控板材成形设备的现状*

西安交通大学机械工程学院 (陕西 710049) 赵升吨 雷 净 郝永江

【摘要】简述了中国制造业的特点和锻压机床的状况,明确指出现代板材成形设备的数控化是其发展趋势。对常用的现代板材数控成形设备——金属板材数控渐进成形机、多点模成形机、交流伺服压力机、折弯机、卷板机及数控回转头冲床等设备的现状进行了分析论述。

1. 概述

中国已是世界制造大国,其工业增加值居世界第四,中国制造业产值占GDP的35.75%。但中国制造业与发达国家相比还存在差距,主要表现在:装备制造增加值占制造业的26.46%,比发达国家约低10个百分点;产品以低端为主,附加值不高;以钢铁等为原材料的传统制造产品为主,使单位产品能耗高出国际先进水平20%~30%。因此,国民经济和高技术产业所需要的装备还是主要依赖进口(如IC制造装备的95%、大型石化装备的80%进口),仅2001年进口装备就花费1100亿美元,占外贸进口总额的48%左右。而且数控机床已成为中国机床消费的主流,从1999年到2003年,数控机床消费额增长近两倍,年均增长接近30%;消费机床的数控化率也从43.8%上升到57.0%,平均年增长3个百分点。在2005年以前,中国60%左右的机床消费额依赖于进口,也就是说中国每年需从国外进口机床50亿美元左右。今后,中国机床的自给率逐年上升,2010年将上升到50%左右。但是,中国机床市场巨大,每年还需从国外进口机床50亿美元左右。到2010年,中国机床消费金额将超过100亿美元,创全球机床消费金额新高。同时中国机床生产金额也将达到50亿美元,成为世界三大机床生产国之一。中国机床出口也会有显著增长,出口金额也有望从目前世界贸易额的1.5%左右提高到3%~4%,占中国机床生产金额的15%~20%。

进入21世纪,中国机床行业步入快速发展阶段,从2001年到2004年,金属加工机床行业产品销售额年增长超过20%。

锻压机床作为工业基础装备的重要组成部分之一,任何一个发达国家,其锻压机床的技术水平和拥有量都是其工业发达水平的重要标志。我国锻压机床经过半个多世纪的发展,到目前为止,国产锻压机床(以2004年为例)主要产品有1000多种,主要生产企业100多家,年产量7万台套,年产值66亿元,年销售额62亿元,年出口仅2.4亿元。

*国家自然科学基金项目(50575175)

作者简介:赵升吨,教授,博导,全国锻压设备委员会委员。

金属板材成形设备广泛用于汽车、航空航天、电子、通信及家用电器领域中大量板壳零件的生产。特别是随着现代汽车工业生产朝着生产规模化、车型个性化、车型批量相对变小、车型变化快、多车型共线生产、车身覆盖件大型化一体化方向的发展,传统的加工单一品种的刚性生产线已不适应形势的发展。鉴于自动控制理论、计算机技术、电子技术、信息技术、电机技术和流体传动技术的飞速发展及其在机械装备中的成功应用,促进了板材成形设备数控化的迅速普及和相应新产品的不断推出,具有高柔性 and 高效率的自动化冲压设备,是世界冲压技术及装备发展的主要潮流,仅2003年生产的数控锻压设备就达1341台。而透过刚刚于2006年3月14~17日在上海国际展览中心举办的CMF'06中国国际金属板材成形展览会上的展品,也可以看出数控化设备已成为一种发展趋势。因此,金属板材成形设备的制造者及使用者迫切需要了解数控金属板材成形设备的现状及发展,为企业的生存和发展奠定基础。为此,本文针对数控板材成形设备的现状进行探讨。

2. 数控回头冲床

数控回头冲床在数控板材成形机床中是发展最早且占有的比例很大。近年来,我国在引进消化的基础上已取得了长足的进步。由上海锻压机床二厂研制的RT312—20型300kN数控液压回头冲床,系上海市引进技术与创新项目。该机放弃了传统的动力系统,采用先进的高速液压冲头系统——德国HALEI(哈雷公司)30TOKEO高速液压冲头系统,解决了机械滑动传动过程中导轨容易发热、振动大和零件易磨损的问题,提高了压力机冲头的行程次数(最高可达600次/min)。

图1所示为江苏扬力集团新近研发出的 α 30型数控转塔冲床。该冲床采用钢板焊接O形封闭式机身,壁炉整体回火,背传式蜗轮旋转工位结构,薄转塔长镶套。公称力为300kN,最高送料速度可达106m/min,单轴加速度达0.012m/s²。



图1 扬力集团的 α 30型数控转塔冲床

济南捷迈数控机械有限公司生产的SKYy31228C型数控液压转塔冲床如图2所示。其公称压力300kN,最大加工板厚6mm,加工板料最大尺寸1260mm×2800mm,移料速度85mm/min,冲压速度1000HPM,工位32,重复精度±0.02mm。



图2 济南捷迈数控机械有限公司的数控液压转塔冲床

3. 交流伺服压力机

目前,日本企业在伺服压力机的研发上处于领先水平,会田、小松等日本企业不但已经生产出了市场化的产品,而且更深入的研究仍在继续进行。与常规机械压力机相比,伺服压力机具有以下明显优势:

(1)超高的生产率 伺服压力机的行程长度可根据零件的实际需要设定为生产必要的最小值,而且可以调控保持与加工内容最适合的成形速度,最大限度地减小无谓的行程,大大提高了生产率。

(2)超高的精度 通过线性光栅尺的闭环反馈控制,能够始终保证下死点的精度在微米级变化,从而保证了压力机的闭合高度在生产过程中的精确稳定,抑制产品毛刺出现,防止不良品的产生。

(3)超低的噪声 通过低噪声模式,与通用机械压力机相比,可大幅减少噪声,实现了与防音箱相同的低噪声。同时,由于模具振动大大减小,大幅度地提高了模具的使用寿命。

(4)超高的柔性 滑块可以设置自由工作模式,在该模式下,可以设定与成形工艺相适应的运动模式,如在成形时设定低的滑块速度,根据需要设定滑块在下死点的停留等。

(5)超强节省能源 由于伺服压力机没有离合器,驱动部分部件较少,润滑油的消耗量也极少,所以运转成本大幅减小,是一种节能环保型压力机。

图3所示为日本小松产机株式会社所推出的伺服压力机,该机由两台伺服电动机驱动。

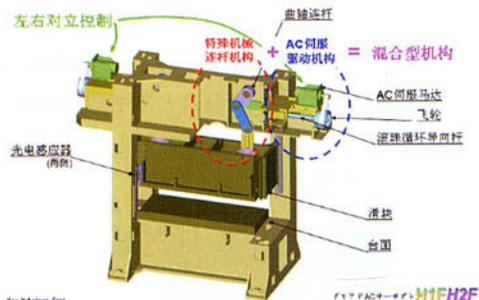


图3 由两台交流伺服电动机驱动的压力机

图4所示为会田工程技术(上海)有限公司的NS2—1600D型高力矩新型伺服压力机。该机采用伺服马达直接驱动,在不降低生产效率的情况下,可实现低噪声、低振动工作。并具备滑块模式及自由设定功能,以用于高精度、高难度之间的加工,公称力1600kN,工作能量9600J。主电动机为40kW的交流伺服电动机。

伺服压力机在我国西安交通大学和广东工业大学等一些院校也已经有所研究,但限于条件和水平,至今仍未有市场化的产品出现。我们期待着我国的压力机设备供应商和有关科研人员迎头赶上,早日制造出能够用于实际生产的伺服压力机产品。



图4 会田工程技术(上海)有限公司 NS2—1600D型伺服压力机

4. 金属板材数控渐进成形机

金属板材数控渐进成形技术引入快速原型制造中“分层制造”的思想,将复杂的三维模型沿Z轴方向切成一系列二维断面,并沿这些断面轮廓生成加工轨迹。成形工具头在CNC系统的控制下以走等高线的方式从最高

层轨迹沿模型轮廓线运动,一圈一圈向下对金属板材进行逐层碾压,使板材成形为与模型相同的形状。该技术不需要专用模具便可加工任意形状复杂的工件,省去了产品设计过程中模具设计、制造、试验修改等复杂过程,极大地降低了新产品开发的周期和成本,对于飞机等多品种小批量的产品、家用电器等新产品开发,以及汽车新型样车的试制等均具有较大的经济价值。

金属板材数控渐进成形系统主要由成形工具头、支撑模型、导向装置、压边装置及机床本体组成。成形工具头在数控系统的控制下运动;支撑模型用来支撑板材,对于形状复杂的工件,可把支撑模型做成工件的形状以利于成形;压边装置用来固定板材,并且可沿导向装置上下移动。

图5所示为日本网野(武汉)高科技有限公司推出的无模快速制造板材成形机,该机可极大地降低模具成本和研发费用。华中科技大学也进行了相关的研究工作。



图5 日本网野公司的板材无模成形机床

5. 数控折弯机

作为现代的钣金加工企业,具有方便、节省模具费用、加工精度高和生产效率高等特点的数控折弯机也是必不可少的装备之一。用传统的机械设备加工折弯件,对于小零件,一般是通过开打弯专用模在冲床上进行加工,每个零件可能都需要一副或一副以上的模具;而对于大零件,一般是在普通弯板机上加工,如遇到零件折弯形状复杂,则需分几次定位来加工,较为繁琐。采用数控折弯机,可用通用折弯刀,经编程后连续加工,生产准备时间短,生产效率高,应用范围广。

数控折弯机的控制器可以实现三维图或二维图的输入,自动选择最佳工艺方案,包括刀模,还可以演示整个工艺过程,如遇干涉会预先发出警告,对操作工人的

经验要求降到最低限度。此外，有些厂家的机床可选配角度自适应装置，事先将要做的零件角度在计算机上设定好，当把不同厚度的板材或不同材质的板材（铝、钢、铜、不锈钢及弹簧钢）拿上去弯时，都可以得到角度一致的零件。同时，高精度的定位系统确保了加工精度。

图6所示为日本小松公司生产的液压伺服控制的板材折弯机。在利用折弯机进行的弯曲加工中，因为受弯曲荷重，压头和下床体的变形不可避免，所以经常出现开裂现象；PHS系列所有机种都在工作台下面有联动斜楔块挠度补偿角度的控制装置，可通过摇动手轮来简单地实现消除挠度变形量的平滑曲线，用电动角度控制器可对各工序的挠度补偿自动设定，准备时间可以更为缩减，配有高速/高精度滚珠丝杆驱动的后定位，保证了后定位的尺寸精度；ENC可追加Z轴；NET-NC中搭载了BS轴·Z轴，可根据情况追加YL轴·YR轴·BS2轴。

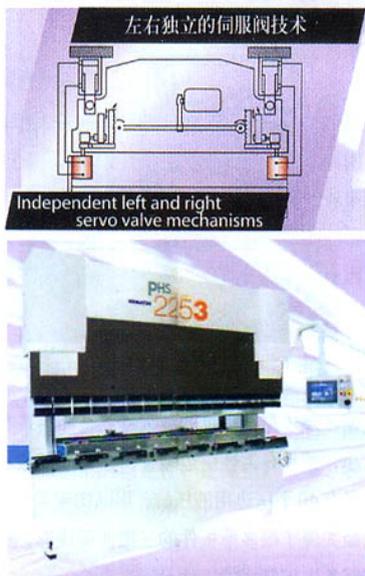


图6 日本小松公司生产的PHS系列液压伺服控制的板材折弯机

我国江苏亚威机床有限公司生产的PBH系列电液同步数控折弯机采用电液伺服系统，全闭环控制滑块同步，以及工作台液压挠度补偿和喉口变形补偿机构，保证了折弯机深度和精度，是一种高速度、高精度、高刚度的数控板材折弯机。主要指标：立柱间距3100mm，喉口410mm，滑块行程215mm，滑块速度150mm/s、100mm/s、120mm/s，8轴控制。

6. 数控卷板机

卷板机广泛用于造船、锅炉、航空、水电、化工、金属结构及机械制造等行业，卷板机的数控化在国内起步较早。长刚集团锻压机械制造有限公司是专业生产卷板机的企业，自1980年引进日本富士车辆株式会社1400kN水平下调式三辊卷板机设计制造技术以来，通过消化吸收引进技术，已将其控制系统的先进技术分别移植到了不同规格的三辊或四辊卷板机上，从而使该类数控产品化率达到同类产品产值的80%以上。CDW11XNC系列，是该厂引进国外先进技术生产的水平下调式三辊卷板机，产品如图7和图8所示。该机结构合理，性能强，三辊均为主运辊，上辊升降和下辊水平移动皆由微机控制，同步精度达±0.2mm。位移量采用数字显示，醒目直观，避免了上辊相对下辊不平行而出现的问题。该机还可将金属板材一次上料，不需调头就可完成板材两端的预弯和弯卷成形，卷制成各种规格的圆形或锥形工件，以及成形件的校圆，并可根据用户的特殊要求，增设单、双面焊缝缓冲机构及卷制锥形工件的附加机构和一次上料找正机构等。具有精度高、功能全和能耗小的特点，属当今国际水平的弯曲成形设备。



图7 CDW11XNC - 100 × 4000 对称上调式三辊



图8 冷、热卷水平下调式三辊卷板

7. 无模多点成形设备

吉林大学李明哲教授在板料无模多点成形工艺及设备方面取得了杰出的成绩。目前，已经开发制造出系列

化的多点成形装备。其冲头基本体的调形方式有逐点调形式与快速调形式,装备的机架形式有开式、三梁四柱式及框架式,从用途上看有中厚板用装备与薄板用装备。下面举例介绍3种多点成形装备的主要性能与参数。

(1) 逐点调形式多点成形压力机 已经开发的2000kN多点成形压力机(见图9)采用机械手调形,机架属于开式结构,最大成形压力为2000kN,一次成形尺寸为840mm×600mm,上下基本体群采用28×20的排列方式。该装备的技术参数主要是为高速列车的流线型车头覆盖件成形而设计的,已经用于流线型车头覆盖件的成形中,生产了多种车型的覆盖件。该装备的基本体调形方式采用了逐点形式。为了提高调形效率,在后来开发的装备中,即使采用逐点调形式,也设计成同时调整若干个基本体的方式。



图9 2000kN快速调形式多点成形压力机

(2) 快速调形式多点成形压力机 为了大幅度地提高调形效率,开发出200kN快速调形式多点成形压力机(见图10),该装备的所有冲头基本都可以同时进行调



图10 200kN快速调形式多点成形压力机

形。与逐点调形式多点成形压力机相比,调形效率提高了数十倍。该装备的机架属于三梁四柱式结构,且基本体群相对液压机是偏心布置,目的是增加分段成形时板料的尺寸。装备的最大成形压力为200kN,上下基本体群采用16×12的排列方式,一次成形尺寸为416mm×312mm。

(3) 薄板用精密多点成形压力机 630kN精密多点成形压力机(见图11)是具有柔性压边功能的薄板成形用多点成形压力机。该装备采用机械手进行调形,最大成形压力为630kN,上下基本体群采用40×32的排列方式,其主机机架属于三梁四柱式结构。该装备上、下各由1280个基本体组成,一次成形尺寸为400mm×320mm。



图11 630kN精密多点成形压力机

精密多点成形压力机的最大特点是冲头基本体截面尺寸小,并具有柔性压边装置。在其上下基本体群的四周布置有40个压边用液压缸,用以实现柔性压边。该装备已经实现了很多薄板件的三维曲面成形,图12所示为在该装备上压制成的工件。

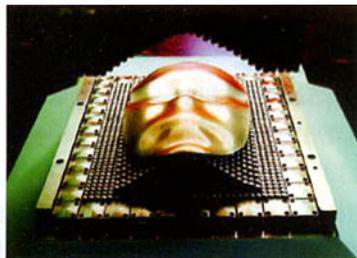


图12 多点模成形人脸的零件

热 (20060508)