

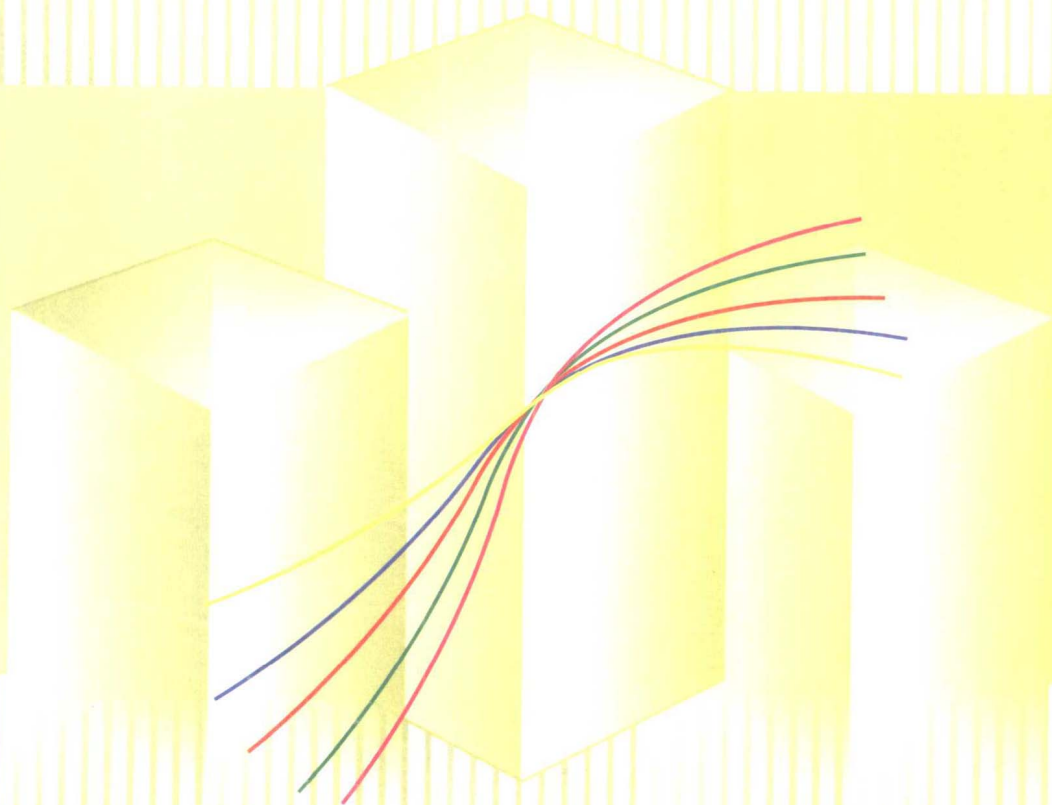


高等学校教材

材料成形工程

主 编 陈全德

副主编 张建勋 杨秉俭



西安交通大学出版社

高等学校教材

材料成形工程

主编 陈金德

副主编 张建勋 杨秉俭



西安交通大学出版社

内容简介

本教材将材料成形作为有机整体,从学科高度进行全面综合的阐述,并较好地反映当代科技在材料成形领域的新成就。全书共分三篇十五章:第一篇“总论”采用工艺形态学方法对整个材料加工过程作综合性描述,进而引出材料成形的一些基本问题,并简要介绍其发展概况;第二篇“材料成形原理”阐述材料成形所涉及的共性理论问题,包括材料成形的热过程,金属的凝固和塑性成形的物理、力学基础,成形过程的应力和变形等;第三篇“材料成形技术”介绍各种材料成形的工艺方法和技术要点,成形过程的数值模拟和模具 CAD/CAM,以及成形质量问题。为便于学生自学和深入钻研,每章均附有思考与练习题。

本书可作为高等院校机械类、材料类相关专业本科生教材,也可作为相关专业研究生和有关工程技术人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

材料成形工程/陈金德主编. —西安:西安交通大学出版社,2000.7

ISBN 7-5605-1293-3

I. 材… II. 陈… III. 工程材料-加工 IV. TB3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 65754 号

*

西安交通大学出版社出版发行

(西安市咸宁西路 28 号 邮政编码:710049 电话:(029)2668316)

陕西省轻工印刷厂印装

各地新华书店经销

*

开本:787mm×1092mm 1/16 印张:32.625 字数:800 千字

2000 年 7 月第 1 版 2000 年 7 月第 1 次印刷

印数:0 001~2 000 定价:38.00 元

若发现本社图书有倒页、白页、少页及影响阅读的质量问题,请去当地销售部门调换或与我社发行科联系调换。发行科电话:(029)2668357,2667874

前 言

我国现有的专业教材大都是 80 年代根据当时的专业设置而编写或修订的,这些教材在以往的专业教学中发挥了重要作用。但是,随着科学技术的飞速发展,专业之间日益相互交叉,相互渗透,相互取代,专业界限已不再十分清楚,而且许多高新技术也都不同程度地同时渗透到各个专业的研究领域;另一方面,社会主义市场经济要求人才具有开拓创新能力和综合解决实际问题的能力,越来越多的用人单位已淡化了对分工过细的专业人才的需求,而要求人才的知识结构和能力具有更大的通用性和适应性。在这种情况下,拓宽专业面,打破传统的专业界限,改革旧的人才培养模式,就显得非常必要,而原有的基于过窄专业设置所编写的专业教材也就无法适用了。

从现代机械_engineering 的发展趋势来看,其研究领域正突破传统的界限而更趋广泛,已与材料工程和电子工程密切结合并相互促进。其中,作为整个材料加工不可缺少的重要组成部分的成形加工,占据着重要的地位,它的技术进步对于推动机械工程,乃至材料工程和电子工程的发展,都有着十分重要的意义。

材料的成形加工涵盖了凝固成形、塑性成形、焊接成形、塑料成形及表面工程等诸多方面,它们相互在理论和生产实践上都有着密切的联系。而根据原有的铸、锻、焊专业门类编写的教材,都是针对某一成形方法的。它们分工过细,内容单一,互不联系,不能给予学生综合分析和处理各种材料成形问题的基本知识和能力,而且这种机械的分割对于学科的发展也是不利的。为了克服上述弊端,本教材《材料成形工程》将材料成形作为有机整体,从学科的高度进行全面综合的阐述。无疑,这对于适应“两个转变”,面向 21 世纪,深化教学内容和课程体系改革,提高教学质量,都将起着推动和促进作用。

本教材共分三篇十五章。第一篇采用工艺形态学方法对整个材料加工作综合性描述,进而引出材料成形的一些基本问题,并简要介绍材料成形技术的发展现状;第二篇阐述材料成形所涉及的共性理论问题,包括材料成形的热过程、金属的凝固和塑性变形的理论基础、成形过程中的内应力等;第三篇介绍各种材料成形技术、成形过程的数值模拟和模具 CAD/CAM,以及有关冶金和成形质量问题。在内容上力求做到加强基础理论和突出基本概念,注重系统性和科学性;从淡化专业的角度出发,对一般知识性和资料性的内容进行合理删节和精简,着重阐明各种材料成形的基本方法和本质问题;反映当代科技在材料成形领域的新成就,以扩大学生的视野和思路。为便于学生自学和深入钻研,各章都附有参考文献目录和思考与练习题。

参加本教材编写工作的有陈金德教授(第 1,2,5,6 章及第 3,7,11,14,15 章);张建勋教授(第 2,7,14,15 章);杨秉俭副教授(第 2,3,7,8,14,15 章);薛锦教授、潘希德博士(第 3,4,10,11 章);郭成教授(第 9,13,14 章);李长久教授(第 2,12 章);王雅生副教授(第 10 章);方亮教授(第 4,8,15 章);邢建东教授(第 2,12 章);梁玉英副教授(第 4 章);高义民副教授(第 11 章)。此外,裴怡副教授参加了第 7,15 章的编写;赵升吨教授参加了第 9,13 章的编写;蔡洪能副教授参加了第 10 章的编写;王朝明高工参加了第 14 章的编写。

全书由陈金德教授任主编,张建勋教授、杨秉俭副教授任副主编。

在本教材的编写过程中,还得到了西安交通大学材料成形与控制工程系全体同仁的大力支持和帮助。

本教材经西北工业大学吴诗惇、王震渤二位教授审阅,他们对书稿提出许多宝贵的意见,谨此表示衷心的感谢。

本教材较好地符合我国的人才培养模式和国情,具有较广的适用面,可作为高等院校机械类和材料类相关专业的教科书,亦可做为研究生和工程技术人员的参考读物。

本教材是国内第一本按专业大类,将凝固成形、塑性成形、焊接成形、塑料成形和表面工程融为一体的教科书。因系首次尝试,认识水平和经验有限,定有许多缺点和不当之处,恳请读者批评指正。

编者

一九九九年十二月

第 1 篇 总论

第 1 章 材料加工概述	(1)
1.1 机器制造一般过程	(1)
1.2 材料加工的基本要素和流程	(1)
第 2 章 材料成型的基本问题和发展概况	(8)
2.1 凝固成型的基本问题和发展概况	(8)
2.2 塑性成型的基本问题和发展概况	(11)
2.3 焊接成型的基本问题和发展概况	(17)
2.4 表面成型的基本问题和发展概况	(22)
参考文献	(24)

第 2 篇 材料成形原理

第 3 章 材料成形热过程	(25)
3.1 焊接热过程的基本特点	(25)
3.2 焊接过程的热效率	(26)
3.3 焊接温度场	(28)
3.4 焊接热循环	(40)
3.5 凝固成型中的温度场	(53)
3.6 固态金属在加热过程中的物理、化学变化	(55)
思考与练习	(58)
参考文献	(58)
第 4 章 金属的凝固	(60)
4.1 凝固热力学与动力学	(60)
4.2 凝固中的溶质再分配	(72)
4.3 共晶合金的凝固	(83)
4.4 定向凝固	(90)
4.5 快速凝固	(95)
4.6 微重力场下的金属凝固	(103)
4.7 熔池的凝固及焊接接头组织	(106)
4.8 凝固组织控制	(112)
思考与练习	(118)
参考文献	(120)

第5章 塑性成形物理基础	(121)
5.1 金属冷态下的塑性变形	(121)
5.2 金属热态下的塑性变形	(128)
5.3 不同变形条件下金属的塑性行为	(135)
5.4 塑性成形中的外摩擦	(144)
思考与练习	(146)
参考文献	(147)
第6章 塑性成形力学基础	(148)
6.1 应力分析	(148)
6.2 应变分析	(153)
6.3 屈服准则	(157)
6.4 塑性变形时应力应变关系	(161)
6.5 真实应力-应变曲线	(164)
6.6 主应力法	(166)
6.7 滑移线法	(169)
6.8 上限法	(173)
6.9 有限元法	(176)
思考与练习	(177)
参考文献	(179)
第7章 成形过程中的应力与变形	(180)
7.1 应力与变形的基本概念	(180)
7.2 铸造应力与变形	(180)
7.3 塑性成形时的内应力	(186)
7.4 焊接引起的应力与变形	(191)
思考与练习	(210)
参考文献	(210)

第3篇 材料成形技术

第8章 凝固成形技术	(212)
8.1 凝固过程的工艺特点	(212)
8.2 凝固成形方法	(222)
8.3 凝固成形方法的选择	(250)
8.4 凝固过程的求解	(251)
思考与练习	(258)

参考文献	(259)
第 9 章 塑性成形技术	(260)
9.1 板料成形方法及其模具	(260)
9.2 体积成形方法及其模具	(278)
思考与练习	(292)
参考文献	(293)
第 10 章 焊接成形技术	(294)
10.1 焊接结构及其成形工艺	(294)
10.2 金属材料的熔焊	(311)
10.3 典型焊接方法	(331)
思考与练习	(366)
参考文献	(367)
第 11 章 材料成形件的热处理	(368)
11.1 铸、锻件的基本热处理方法	(368)
11.2 常见铸、锻件的特殊热处理方法	(371)
11.3 焊接件的焊前预热与焊后热处理	(376)
思考与练习	(385)
参考文献	(385)
第 12 章 表面工程	(387)
12.1 表面工程的分类	(387)
12.2 金属表面的物理化学特点	(388)
12.3 金属表面失效	(391)
12.4 气体辉光放电的基本概念	(393)
12.5 化学气相沉积(CVD)	(395)
12.6 物理气相沉积(PVD)	(399)
12.7 热喷涂技术	(407)
12.8 电镀、化学镀及堆焊	(422)
12.9 表面形变强化	(424)
12.10 表面相变强化	(426)
12.11 离子注入表面合金化	(427)
12.12 化学热处理表面强化	(428)
12.13 高能量密度束表面强化	(431)
12.14 表面铸渗强化	(436)
思考与练习	(440)

参考文献	(441)
第 13 章 塑料成形技术	(442)
13.1 塑料的组成、分类及主要成形方法	(442)
13.2 塑料成形理论基础	(445)
13.3 注射成形(型)及其模具	(451)
思考与练习	(458)
参考文献	(458)
第 14 章 材料成形的数值模拟及模具 CAD/CAM	(459)
14.1 成形过程的数值模拟	(459)
14.2 模具 CAD/CAM	(482)
思考与练习	(496)
参考文献	(497)
第 15 章 成形过程中的质量问题	(498)
15.1 冶金缺陷	(498)
15.2 裂纹	(500)
15.3 机械缺陷	(505)
15.4 缺陷的分析方法	(509)
思考与练习	(512)
参考文献	(513)

第 1 篇 总 论

第 1 章 材料加工概述

1.1 机器制造一般过程

任何机器或设备,大至船舶、飞机、车辆,小至仪器、仪表,都是由相应的零件装配而成的。这些零件所用材料有金属材料,也有非金属材料。零件或材料的加工方法多种多样,归纳起来有以下几类:

(1)成形加工 用来改变材料的形状尺寸,并一般兼有改变材料的性能。主要有凝固成形、塑性成形、焊接成形、塑料成形和粉末压制等。

(2)切除加工 用来改变材料的形状尺寸,主要有车、铣、刨、钻、磨等传统的切削加工,以及直接利用电能、化学能、声能、光能进行的特殊加工,如电火花加工、电解加工、超声波加工、激光加工等。

(3)表面加工 用来改变零件的表面状态或(和)性能,如表面形变及淬火强化、化学热处理、表面涂(镀)层、气相沉积镀膜等。

(4)热处理加工 用来改变材料或零件的性能,如退火、正火、淬火、回火等。

选择零件的加工方法,需要综合考虑零件的形状尺寸特征、工作条件及性能要求、生产批量和制造成本等多种因素,以达到技术上可行和经济上合理。零件制成后再经过检验、装配、调试,最终得到整机产品。图 1-1 是机器(或设备)制造一般过程的示意图。

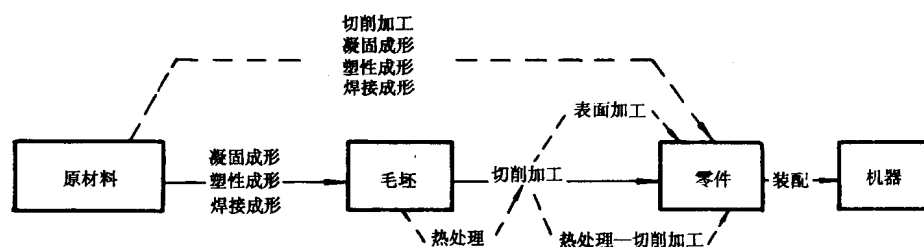


图 1-1 机器制造一般过程示意图

1.2 材料加工的基本要素和流程

由上述可知,材料加工方法种类繁多,但通过对每一种材料加工方法的过程分析表明,它们都可以用建立在少数几个基本参数的统一模式来描述,这样就有利于对各种加工方法的综合分析和横向比较。

任何一种材料加工过程,都是材料的变化过程,也即材料的形状尺寸或性能的变化,或者

二者兼而有之。为了产生这种变化,必须具备三个基本要素:材料、能量和信息。因而,材料的加工过程,可以用相关的材料流程、能量流程和信息流程来描述。正是这三个流程按一定方式相互作用的结果,才产生形状尺寸或(和)性能的变化,而获得所需的零件或零件毛坯,图 1-2 是材料加工过程的一般模式。

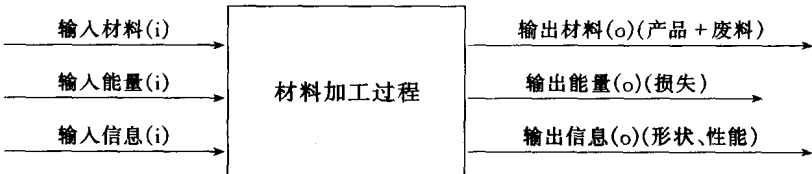


图 1-2 材料加工过程的一般模式
i—输入; o—输出

1.2.1 材料流程

材料流程涉及①表征加工过程特点的类型;②能够用来实现材料形状尺寸和(或)性能变化的基本过程;③要改变形状尺寸和(或)性能的材料的状态。

材料流程可分为三种类型:直通流程(图 1-3(a))、发散流程(图 1-3(b))和汇合流程(图 1-3(c))。不同类型的材料流程表示不同的加工过程特征。直通流程对应于质量不变过程,其特点是加工材料的初始质量等于或近似等于加工材料的最终质量。也就是说在此过程中,材料仅受控地改变自己的几何形状或(和)性能。各种凝固成形、塑性成形、粉末压制、塑料成形、热处理等均属于此。

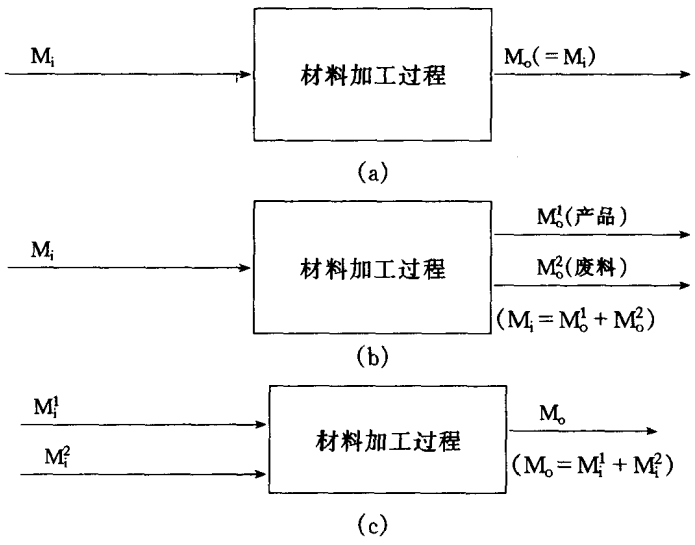


图 1-3 材料流程的三种类型
(a)直通流程; (b)发散流程; (c)汇合流程
M—材料; i—输入; o—输出; 1,2—元件材料号码

发散流程对应于质量减少过程,其特点是通过切除部分材料而获得形状尺寸的变化,但工件最终几何形状局限在输入材料的几何形体内。相应的加工方法有各种传统的切削加工,以及电火花加工、电解加工、热切割、冲裁等。

汇合流程对应于质量增加过程,其特点是工件几何形状通过若干个“元件”装配、连接、焊接而获得,工件质量基本上等于各元件质量之和,而这些元件是用前述的一种或多种加工方法制成的。

在每一种类型的材料流程中,用来产生材料形状尺寸和(或)性能变化的过程,称为基本过程。材料加工过程一般包含有三个典型阶段:

第一阶段是由一些使材料形状尺寸和(或)性能发生初步变化而处于适当状态的基本过程,如加热、熔化、下料等所组成。

第二阶段是由一些能产生所要求的形状尺寸和(或)性能变化的基本过程所组成。这种基本过程又可称为主要基本过程。

第三阶段包括一些使工件达到指定的最终状态的基本过程,如凝固、冷却、切飞边等。

不论处于哪个阶段的基本过程,根据该过程对材料作用性质的不同可分为三种类型:①机械过程 如弹性变形、塑性变形、脆性和韧性断裂、液体或粉末的流动、混合等;②热过程 如加热、冷却、熔化、凝固、气化等;③化学过程 如溶解、燃烧、沉积、相变、扩散等。

任何一种材料加工过程通常由一系列的基本过程组成。例如材料成形加工中的模锻,其基本过程包括:毛坯下料(断裂——机械过程)和加热(热过程),模锻成形(塑性变形——机械过程),锻后冷却(热过程)和切飞边(断裂——机械过程)等等。

需要强调的是,材料加工中的任何一个基本过程,都与加工产品最终结果有着密切的关系。例如在凝固成形加工中,浇注后凝固过程(热过程)的合理控制,对于获得一个健全优质的铸件是至关重要的。

材料流程还与材料的状态有关,不同的材料状态导致加工过程的结构差别。常见的材料状态有固态、液态、颗粒(粉末)态,颗粒态也可看成是固态的细分。直通流程的材料状态可为固态、液态或颗粒态;发散流程的材料状态只能是固态;而汇合流程的材料状态为固态,也可以是固态和液态兼而有之。

表 1-1 列举一部分常见的材料加工过程,用材料流程表示其特征。

表 1-1 部分典型的材料加工过程的材料流程特征

材料加工过程	材料流程类型	(主要)基本过程	材料状态
凝固成形 塑性成形 粉末压制	质量恒定过程	机械过程:液体流动(浇注) 机械过程:塑性变形 机械过程:粉末流动(充填)和塑性变形	液 态 固 态 颗粒(粉末)态
压力焊 熔 焊 钎 焊	质量增加过程	机械过程:塑性变形 机械过程:液体流动 机械过程:液体流动	固 态 液态(焊缝处),余为固态 固态(钎料为液态)
切削加工 电火花加工 等离子弧切割 电解加工 火焰切割	质量减少过程	机械过程:韧性或脆性断裂 热过程:熔化及气化 热过程:熔化 化学过程:溶解 化学过程:燃烧	固 态

1.2.2 能量流程

为了实现上述的基本过程,必须通过传递介质向材料或工件提供能量。下面仅就机械基本过程和热基本过程分别介绍其能量流程,包括能量的提供方法、传递介质和能源等。

(1)基本过程为机械过程的能量流程 正如上述,机械基本过程主要包括弹性和塑性变形、韧性和脆性断裂、液体和粉末的流动等。实现此类基本过程所需的能量,可以通过下列三种方法来提供。

①传递介质与加工材料之间的相对运动 传递介质的状态可以是刚性的、颗粒状的和流体状态的。切削加工中的刀具和塑性成形中的工模具即为刚性介质,通过它们与加工材料的相对运动而实现材料的切除或塑性变形,图 1-4 所示的模锻成形即为一个实例。在超声波加工中,传递介质(磨粒)为颗粒状的,通过磨粒的高速冲击而加工材料,如图 1-5 所示。静液挤压则是通过高压液体介质使金属挤压成形的,如图 1-6 所示。

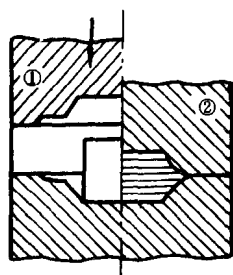


图 1-4 模锻成形

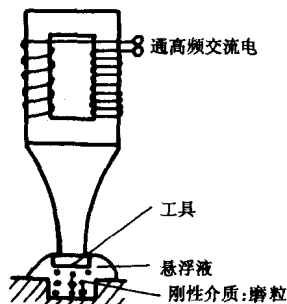


图 1-5 超声波加工

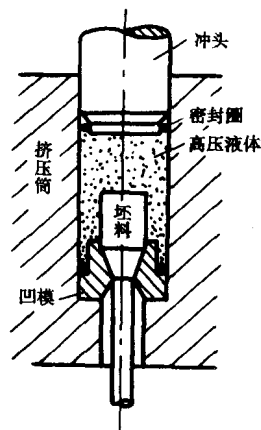


图 1-6 静液挤压

②作用在加工材料上的压力差 板料成形中的气压胀形、液压胀形、橡胶胀形,超塑性板的气压成形、塑料的吹塑成形和真空成形等,都是借助压力差来实现的。它们的示意性模型如图 1-7 所示。此时的传递介质可以是弹性体、液体或气体(包括真空状态)等。

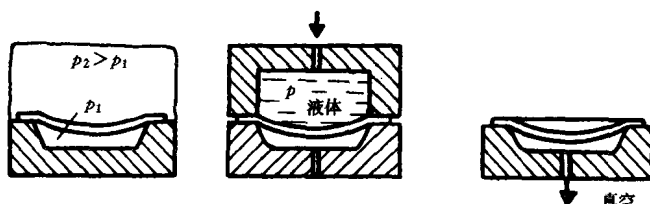


图 1-7 由压力差产生的机械基本过程

③直接产生于加工材料中的质量力 质量力可以在重力场或磁场的作用下产生。在这种情况下,就无需考虑传递介质的问题。图 1-8 是由质量力产生的机械基本过程的示意图。其中图(a)为浇注成形,图(b)为磁力成形。

用来产生上述的相对运动、压力差或质量力的能源主要有电能源和化学能源。

由电能直接或间接产生机械能的方式方法有多种。常见的模式是电能通过电动机转变为机械能,再通过传动系统或工作机构,使刀具或工模具与加工材料发生相对运动,从而实现某一机械基本过程。如图 1-9 所示的在钻床上钻削加工以及在其它许多材料加工设备上的加工即属于此范畴。

电能还可通过磁致伸缩效应转变为机械能,来使工具作高速振动,打击磨粒进行超声波加工(参见图 1-5)。电能也可通过液电效应产生高压冲击波,而以压力差的方式直接作用于加工材料,图 1-10 所示的液电成形即属于此。电能还可通过电磁效应以质量力方式直接使加工

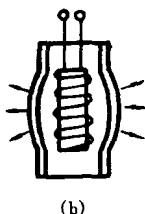
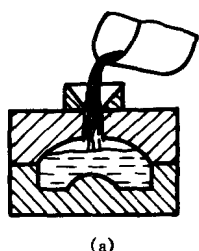


图 1-8 由质量力产生的机械基本过程
(a)浇注成形;(b)磁力成形

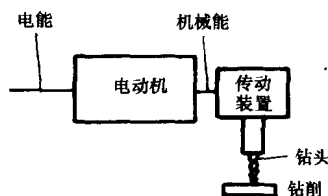


图 1-9 钻削加工示意图

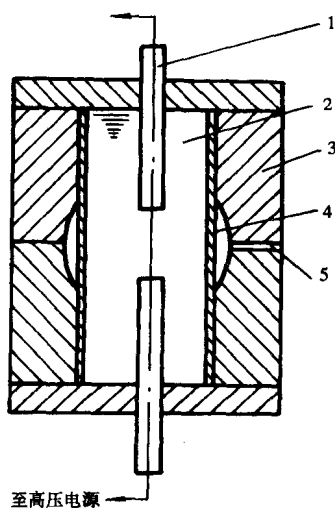


图 1-10 液电成形示意图
1—电极;2—水;3—凹模;
4—毛坯;5—排气孔

材料成形,例如磁力成形(参见图 1-8(b))。

化学能源(炸药,可燃液体、气体等)通过爆炸或燃烧转变为机械能,使得周围介质压力增加,所形成的高压或直接以压力差的方式、或以传递介质与加工材料相对运动的方式,使材料实现某种机械基本过程。前者如爆炸成形(图 1-11)、爆炸焊接(图 1-12),后者如内燃锤上的高速成形(图 1-13)、高速下料等。

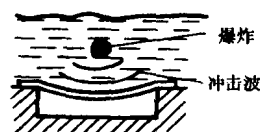


图 1-11 爆炸成形示意图

(2)基本过程为热过程的能量流程 热基本过程所需热量通常由电能、化学能和机械能转化而得。热量可在加工材料内部直接产生(直接加热);也可在加工材料外部产生,然后以一定方式(如传导、对流、辐射等)传递给加工材料(间接加热)。

电能转化为热能的方式方法有多种。使电流通过导电材料即可产生热,如果导电材料本身即为被加工材料,则为直接加热;如果导电材料为特殊高电阻加热元件,产生的热量通过

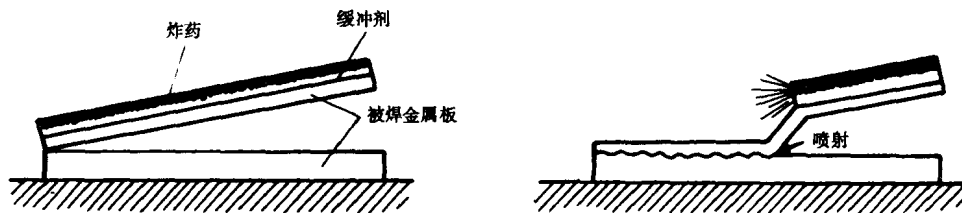


图 1-12 爆炸焊接示意图

适当介质,以对流、辐射等方式传递给加工材料,则为间接加热。利用电磁感应亦可将电能转化为热能,图 1-14 所示的感应电加热,常应用于模锻前的毛坯加热。

借助电弧燃烧亦可产生热量。电弧焊就是利用电弧使焊接材料和焊件连接区的材料熔化的,见图 1-15。

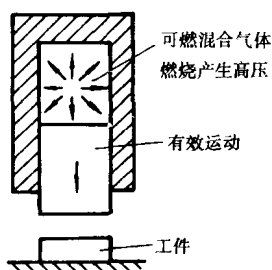


图 1-13 内燃锤工作
原理示意图

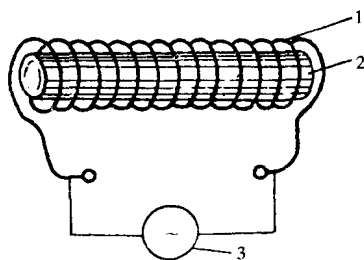


图 1-14 感应电加热原理图
1—感应器;2—坯料;3—电源

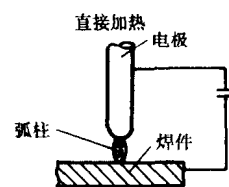


图 1-15 电弧加热示意图

火花放电亦可实现电能向热能的转化。火花放电产生的瞬时高温,可使金属熔化和气化。电火花加工(图 1-16)即是利用此原理实现的。

此外,通过电子束、激光,亦可使电能转化为热能。高能量密度的电子束和激光束足以使被加工材料熔化或气化,从而实现材料加工中的热基本过程。

化学能源可通过可燃物质的燃烧而转化为热能。例如熔焊中的气焊,即利用可燃气体(如乙炔与氧的混合气体)的燃烧来熔化金属的。气割是利用可燃气体的燃烧,将金属加热到能在氧气流中燃烧的温度。而气体火焰加热的钎焊,则是利用可燃气体的燃烧使钎料熔化的。

以机械能为基础的热源,由摩擦产生热量。如摩擦焊即以两焊件接触面间的摩擦所产生的热量为热源的,图 1-17 为摩擦焊原理图。

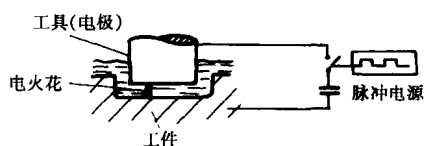


图 1-16 电火花加热的利用(电火花加工)

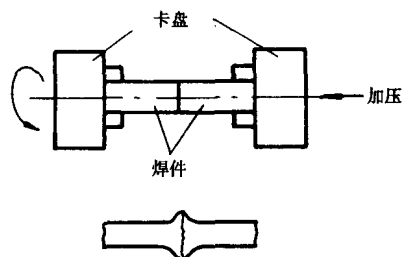


图 1-17 摩擦焊原理图

1.2.3 信息流程

信息流程包括形状信息和性能信息。在材料加工过程中,由于把形状变化信息加于材料,最终形状信息就等于材料的初始形状信息与加工过程所施加的形状变化信息之和。形状变化信息是由刀具或工模具(具有一定的形状信息量),和加工材料与刀具、工模具之间的相对运动共同产生的。也就是说,形状变化过程为借助能量流程把相应于信息流程中的形状变化信息施加于材料流程的过程。

形状变化信息可以通过一个或几个阶段加于材料。即

$$I_o = I_i + \Delta I_{p1} + \Delta I_{p2} + \cdots \Delta I_{pn}$$

式中 I_o ——最终形状信息,即所要求获得的几何形状;

I_i ——材料初始形状信息;

ΔI_{pn} ——各个加工过程的形状变化信息。

所需的加工过程数既取决于技术原因,也取决于经济原因。

一般地说,刀具或工模具所包含的形状信息量越少,则它们与加工材料的相对运动对于材料的形状变化所起的作用就越大,反之亦然。例如,闭式模锻时,传递介质(锻模)已包含了所要求的全部形状信息,因而传递介质与加工材料的相对运动就变得很简单;而对于车削加工,车刀所包含的形状信息量很少,为了形成所需形状的零件,甚至要求三种相对运动,即刀具沿工件轴向和径向的平移,以及工件对刀具的相对转动。

同样,性能信息流程涉及材料的初始性能和通过各种加工过程产生的材料性能的变化,工件最终的性能则是它们综合作用的结果。热处理加工的主要目的在于改变材料的性能而不改变其几何形状;而塑性成形时材料在其形状变化的同时,一般都伴随有性能的变化。

上面应用工艺形态学的方法,从材料流程、能量流程和信息流程三个方面对材料加工过程进行了综合性的描述。这有利于人们认识材料加工过程的本质特征和建立起清晰的相关概念,以便对它们进行分析比较,并有助于激发人们的想象力和创造性。

第2章 材料成型的基本问题和发展概况

在第1章中,我们从宏观的角度对各种材料加工过程作了综合性的描述。下面则从技术内容上对材料成形的各种加工方法作深层次的分析,从中归纳出一些共同性、基本性的问题,并就材料成形的发展现状作简要介绍。所有这些,对于以后各专题章的学习均具有指导意义,且可达到扩大视野和思路的目的。

2.1 凝固成型的基本问题和发展概况

2.1.1 基本问题

凝固成型属液态金属质量不变过程。它是将满足化学成分要求的液态合金在重力场或其它力作用下引入到预制好的型腔中,经冷却使其凝固成为具有型腔形状和相应尺寸的固体制品的方法。

一般将液态金属凝固成型获得的制品称之为铸件,因此这种成型方法通常称为铸造。凝固成型方法最突出的特点是适应性极强。它能铸出小至几克、大至数百吨,壁厚从0.2mm至1m,长度从几毫米至十几米,形状从简单到任意复杂的制品;金属种类从有色、黑色到难熔合金均可。也就是说,凝固成型不受制品尺寸大小、形状复杂程度和合金种类的限制。这是任何其他金属成型加工方法所不能比拟的。

凝固成型的基本过程是充填和凝固。充填或称浇注是一种机械过程,用以改变材料的几何形状;凝固则是液态金属转变为固体的冷却过程即热过程,用以改变材料的性能。按工艺形态学观点,可以进行如下描述:液态材料在场的作用下产生的质量力,为其有效的运动提供了能量,作为传递介质的铸型,则为材料提供了形状信息,而材料的性能信息来自材料自身状态的转变特性和介质传热特性。

凝固过程中热量传递方式有传导、对流和辐射。材料所具有的热量通过这三种方式传递给铸型或环境,使得材料自身冷却。凝固过程中一方面使材料的几何形状固定下来,另一方面赋予材料所希望的性能信息。从微观来看,凝固就是金属原子由“近程有序”向“远程有序”或“远程无序”的过渡,使原子成为按规则排列的晶体或无序排列的非晶体;从宏观来看,凝固就是把液态金属所具有热量传给环境,使之形成一定形状和性能的固体(铸件)。

尽管凝固成型包括充填和凝固两个主要过程,但大多数情况下,凝固过程显得更为重要。这是由于材料从液态一旦凝固成固体后,在以后的其它加工中几乎无法对其品质有本质上的改变。我们强调凝固过程的重要性并不等于否认充填对铸件质量的影响。对于某些形状的铸件或易氧化合金的成型,充填是否充分、平稳对最终质量仍有重要的作用。在“金属的凝固”和“凝固成型技术”两章中,我们将重点介绍凝固问题和工程上的一些主要凝固成型方法。

由于凝固在成型中的重要作用,因此了解和认识液态向固态的转变和控制凝固对获得内部组织合格的铸件是很关键的。在实际工程中,为了便于不同材料的成型,人们已发明和建立了许多凝固成型方法。从如何获得健全的、满足工程上各种不同要求的铸件来说,尽管凝固成型方法繁多,但在成型加工中都存在以下三个基本问题或关键问题应予考虑,即

(1)凝固组织的形成与控制 凝固组织包括晶粒大小、形态等,它们对铸件的物理性能和