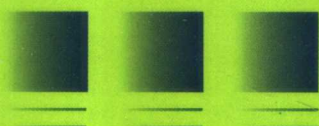


* 高等院校材料科学与工程专业规划教材 *

金属材料



精密塑性加工方法

夏巨谔 主编 杨合 主审

JSCL



国防工业出版社

National Defense Industry Press

高等院校材料科学与工程专业规划教材

金属材料 精密塑性加工方法

夏巨谔 主编
杨 合 主审

国防工业出版社

· 北京 ·

内 容 简 介

本书在简要论述金属材料精密塑性加工的概念、内涵、特点、应用及发展趋势的基础上,分别论述了精密模锻、挤压、特种精密锻造、粉末金属精密锻造、铝型材挤压、板料金属精密冲压加工及冲压新工艺以及管料金属精密塑性加工。

本书可供高等院校材料加工工程专业的研究生和本科生使用,也可供机电类专业学生和从事金属材料塑性加工、生产与科研工作的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

金属材料精密塑性加工方法/夏巨谔主编. —北京:国防工业出版社, 2007. 6

ISBN 978-7-118-05095-0

I. 金… II. 夏… III. 金属材料加工性能—塑性变形
IV. TG14

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 040561 号

※

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100044)

新艺印刷厂

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 18 字数 412 千字

2007 年 6 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—4000 册 定价 36.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)68428422

发行邮购:(010)68414474

发行传真:(010)68411535

发行业务:(010)68472764

序

许多国家社会经济发展的历史证明,在国际竞争中,各国竞争力的增长或衰退,其原因与是否重视包括成形技术在内的制造技术有很大关系。一个国家或地区的实力及其发展,最终将取决于其制造业提供的产品和劳务的竞争力,没有发达的制造业,就不会有国家和地区的繁荣和强大。

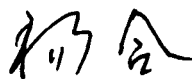
据统计,金属材料约有 70% 以上需经过冷热成形加工技术才能获得所需制件。以精密模锻为例,可使锻件的材料利用率平均提高 25% 以上,这意味着每生产 1t 锻件能节约金属材料 250kg 以上,还可节省能耗和大量的机械加工工作量。

金属精密塑性加工方法是先进制造技术的重要组成部分,它是新材料、现代模具技术和数值模拟技术同传统的锻造、冲压等成形与加工方法有机结合的产物。它可使制品达到或接近最终零件的形状和尺寸精度,实现质量与性能的优化,缩短制造周期和降低成本。在汽车、航空航天、兵器和家电等产品的关键零件以及机械基础件的制造中得到越来越广泛的应用。

《金属材料精密塑性加工方法》一书是作者汇集自己多年从事金属材料精密塑性加工的科研成果和教学经验,并充分参考了国内外精密模锻、特种锻造、粉末金属锻造、挤压、精密冲裁、板料金属成形新工艺和管材精密塑性加工等方面的教材、专著和论文等文献的基础上编撰而成,以满足广大学生和科技工作者对精密塑性加工技术的迫切需求。

该书以“工艺原理及特点、模具结构与应用实例”为撰写思路,论述和介绍了数十种精密塑性加工方法,专业覆盖面宽;以成熟并已应用的精密塑性加工技术为基础,充分反映了国内外近年来取得的技术成果,兼顾发展前沿的新工艺、新技术的导向;内容新颖,数据资料及计量单位准确适用。该书有利于扩展读者的知识面,丰富其思维空间,有利于培养从事精密塑性加工新工艺和新技术的创新能力。希望该书的出版对广大塑性加工专业的研究生和本科生、工厂企业及研究院所从事塑性加工生产与研究开发的工程技术人员有所帮助。

教育部“长江学者奖励计划”
特聘教授、西北工业大学教授



2007 年 4 月

前 言

金属精密塑性加工方法是新材料、现代模具技术和数值模拟技术同传统的锻造、挤压、冲压等工艺方法相结合的产物。它可使制品达到或接近最终零件的形状和尺寸精度,实现质量与性能的优化,缩短制造周期和降低成本,在汽车、航空航天、兵器和家电等产品的关键零件以及机械基础件的制造中得到越来越广泛的应用。因此,在制造业领域内对这方面的技术和人才需求愈来愈迫切。

根据这一发展形势,同时根据国防工业出版社关于“十一·五”规划教材的选题要求,作者在以自己长期从事金属精密塑性成形加工方法教学和科研成果及经验并充分参考国内外相关文献的基础上,编写成《金属材料精密塑性加工方法》一书。

全书共分9章,按顺序分别为概论、精密模锻、挤压、特种精密锻造、粉末金属精密锻造、铝型材挤压、板料金属精密冲压加工、板料金属冲压加工新工艺和管料金属精密塑性加工。涵盖了体积金属精密塑性加工和板管金属精密塑性加工共计40余种精密塑性加工方法的内容。

本书的编写思路及特点:以“成形原理及特点→工艺→模具→应用实例”为主线来统一各种成形方法的阐述;以成熟并已应用的精密塑性成形技术为基础,充分反映国内外近年来取得的技术成果,兼顾发展前沿的新工艺、新技术的导向;对于不同类型的加工方法,写透一种,举一反三,确保内容丰富,资料新颖,结构严谨,论述清晰。力求使读者在扎实掌握基本原理、概念和关键技术的基础上,有利于培养从事精密塑性加工新工艺和新技术的创新能力。

本书由华中科技大学夏巨谌主编。其中夏巨谌编写第1、4、5、6章,夏巨谌、程俊伟(郑州航空工业管理学院)、胡国安(华中科技大学)合写第2章,夏巨谌、张祥林(华中科技大学)、胡国安合写第3章,夏巨谌、王新云(华中科技大学)合写第7、8、9章。本书由长江学者杨合教授(西北工业大学)主审。

鉴于作者水平所限,书中难免不当之处,敬请读者批评指正。

编 者

2007年4月

目 录

第 1 章 概论	1	2.4.2 回转体锻件闭式模锻 力的计算	20
1.1.1 金属精密塑性加工的 概念及内涵	1	2.4.3 枝芽类零件闭式模锻 变形力的计算	22
1.1.2 数字化塑性加工的 内涵	1	2.5 分流降压原理及分流腔的 设计	24
1.1.3 精密塑性加工的特点	2	2.5.1 减少模膛工作压力的 设想	24
1.1.4 精密塑性加工在国民 经济中的作用与地位	4	2.5.2 分流降压腔的设计	25
1.1.5 精密塑性加工技术的 应用及发展趋势	5	2.6 模具设计	27
1.1.6 精密塑性加工方法的 种类	7	2.6.1 模具的类型	27
第 2 章 精密模锻	8	2.6.2 模具设计要点	27
2.1 精密模锻的新进展	8	2.7 影响锻件尺寸精度的主要 因素及其控制方法	30
2.1.1 精密模锻的进展及应 用概况	8	2.7.1 坯料体积的波动及其 控制方法	30
2.1.2 精密模锻主要的新 进展	9	2.7.2 模膛的尺寸精度和磨 损及其控制方法	31
2.2 闭式模锻件的分类及成形 工步选择	14	2.7.3 模具温度和锻件温度 的波动及其控制方法	33
2.2.1 锻件的分类	14	2.7.4 零件结构工艺性的 影响及其控制方法	34
2.2.2 成形工步选择	15	2.7.5 模具和锻件的弹性 变形及其控制方法	34
2.3 闭式模锻成形过程分析	16	2.8 实例	35
2.3.1 墩粗式闭式模锻的成形 过程	16	2.8.1 圆锥齿轮闭式冷精锻	35
2.3.2 墩粗压入式闭式模锻变 形过程	17	2.8.2 三通管接头多向挤压 模锻	38
2.3.3 侧向挤压模锻过程	19	2.8.3 钟形套多工位温冷复合 精密模锻	41
2.4 闭式模锻成形力的计算	19	2.8.4 大桥螺帽闭式温锻	43
2.4.1 锻件圆角半径对闭式 模锻力的影响	20		

2.9	高强度铝合金流动控制成形	44	3.6	实例	76
2.9.1	高强度铝合金流动控制成形的特点	44	第4章	特种精密锻造	79
2.9.2	多层杯筒形零件流动控制成形	45	4.1	辊锻	79
第3章	挤压	52	4.1.1	辊锻成形原理、特点及应用	79
3.1	概述	52	4.1.2	常用的辊锻机种类	80
3.1.1	挤压的种类及基本方法	52	4.1.3	辊锻时咬入条件及前滑	80
3.1.2	挤压特点及应用范围	53	4.1.4	辊锻工艺及模具设计	82
3.2	挤压成形金属流动规律及成形力的计算	54	4.2	楔横轧	88
3.2.1	各种挤压方法的金属流动规律	54	4.2.1	楔横轧成形原理及特点	88
3.2.2	应力与应变状态的分析	55	4.2.2	楔横轧工艺参数确定	88
3.2.3	冷挤压变形力的计算	56	4.2.3	楔横轧的模具孔型设计原则及举例	90
3.3	冷挤压工艺	59	4.2.4	国内外发展简况	92
3.3.1	冷挤压毛坯的制备	59	4.3	摆动碾压	92
3.3.2	冷挤压件的工艺性分析及工序设计	59	4.3.1	摆辗成形原理	92
3.3.3	冷挤压的许用变形程度	61	4.3.2	摆辗工艺的特点	92
3.4	温挤压工艺	65	4.3.3	摆辗工艺的适用范围	93
3.4.1	温挤压的特点与应用	65	4.3.4	实例	93
3.4.2	温挤压温度范围的选择与坯料加热	66	4.4	液态模锻	98
3.4.3	温挤压润滑剂的选用	68	4.4.1	工艺原理及特点	98
3.5	挤压模具设计	69	4.4.2	液态模锻工艺方法分类	99
3.5.1	反挤凸模的设计	69	4.4.3	液态模锻件的种类	100
3.5.2	挤压凹模设计	71	4.4.4	实例	101
3.5.3	组合凹模的优化设计	72	4.5	等温锻造	103
			4.5.1	等温锻造的基本特点和发展动向	103
			4.5.2	等温锻造工艺的分类及应用	104
			4.5.3	等温锻造的工艺装备	104
			4.6	多向模锻	105

4.6.1	多向模锻工艺的 特点	105	5.4.2	金属注射成形模具 设计	142
4.6.2	锻件设计	106	5.4.3	实例	144
4.6.3	多向模锻模具结构形 式及实例	110	第 6 章	板料金属精密冲压加工 ...	146
4.7	径向锻造	112	6.1	精密冲裁	146
4.7.1	径向锻造设备	112	6.1.1	精冲的特点及应用 ...	146
4.7.2	径向锻造特点及 应用	114	6.1.2	精冲变形过程及 应力分析	147
4.7.3	径向锻造工艺参数 ...	114	6.1.3	精冲件结构的工艺 性分析	151
4.7.4	实例	117	6.1.4	精冲件的质量分析 ...	152
4.8	电热墩粗(电墩)	118	6.1.5	精冲模具设计	156
第 5 章	粉末金属精密锻造	122	6.1.6	精冲的发展趋势	168
5.1	国内外发展概况	122	6.2	覆盖件拉深成形	169
5.1.1	粉末冶金的发展 概况	122	6.2.1	覆盖件的要求	169
5.1.2	粉末锻造的发展 概况	123	6.2.2	覆盖件成形工艺	170
5.2	粉末金属锻造	124	6.2.3	覆盖件拉深成形模具 ...	172
5.2.1	粉末锻造的特点及 应用	124	6.2.4	顶盖拉深模成形模 实例	177
5.2.2	粉末锻造时金属粉末 的选择	125	6.3	薄板零件橡胶模成形	180
5.2.3	粉锻件和预成形坯的 设计	126	6.3.1	聚氨酯橡胶的性能及 其选用	180
5.2.4	预制形坯的压制与锻造 方法	131	6.3.2	聚氨酯橡胶冲裁模具 及工艺	181
5.2.5	预成形压坯及粉锻 实例	135	6.3.3	聚氨酯橡胶弯曲模具 及工艺	183
5.3	粉末热等静压和粉末喷射 锻造	139	6.3.4	聚氨酯橡胶拉深模具 及工艺	184
5.3.1	粉末热等静压与准等 静压	139	6.3.5	聚氨酯橡胶模的典型 结构及应用举例	185
5.3.2	粉末喷射锻造法 (Osprey)	141	6.4	薄板零件液压成形	188
5.4	粉末金属注射成形	141	6.4.1	液压成形原理及 特点	188
5.4.1	粉末金属注射成形工 艺及应用	141	6.4.2	液压胀形(液体充当 凸模)	188
			6.4.3	反向液压成形(液体	

充当凹模)	190	7.6.2 基本体成形方式	223
6.4.4 橡胶薄膜液压成形 ...	192	7.7 数控渐进成形	224
6.4.5 液压成形工艺及模 具的主要参数	193	7.7.1 成形原理	224
6.5 薄板零件其他介质成形 ...	195	7.7.2 技术特点	225
6.5.1 低熔点塑性物质 成形	195	7.7.3 应用范围及实例	226
6.5.2 黏性介质压力成形 ...	195	第8章 管料金属精密塑性加工 ...	227
6.5.3 气压成形	195	8.1 管料金属精密塑性加 工的特点及应用	227
第7章 板料金属冲压加工新工艺 ...	198	8.1.1 管料金属精密塑性加 工的特点	227
7.1 旋压成形	198	8.1.2 管料金属精密塑性加工 的应用	227
7.1.1 旋压成形原理及特点 ...	198	8.2 管料冲压加工	228
7.1.2 旋压模具	200	8.2.1 管壁冲孔与翻边	228
7.1.3 旋压设备	201	8.2.2 管料缩口与中间 缩径	233
7.2 超塑性成形	202	8.2.3 管料扩口	239
7.2.1 超塑性的概念及影响超 塑性形成的主要因素 ...	202	8.2.4 长轴类管件冲压复合 成形	243
7.2.2 超塑性成形方法	203	8.3 管料弯曲	246
7.2.3 超塑性成形工艺 参数	204	8.3.1 绕弯	246
7.3 爆炸成形	205	8.3.2 推弯	247
7.3.1 成形过程	205	8.3.3 压弯	249
7.3.2 工艺参数选择	206	8.3.4 加热弯管	249
7.3.3 成形装置	208	8.4 管料翻卷成形	250
7.4 电液成形	210	8.4.1 管端翻卷(卷边)	250
7.4.1 成形原理	210	8.4.2 管料外翻与内翻 成形	251
7.4.2 放电室	211	8.4.3 拉应力翻管成形	253
7.4.3 电爆成形	212	8.4.4 翻卷管的应用	254
7.5 电磁成形	212	8.5 管料的橡胶胀形	255
7.5.1 电磁成形的原理、 加工方式及特点	212	8.5.1 胀形原理	255
7.5.2 管状毛坯成形	215	8.5.2 轴向压缩胀形的两种 方式	257
7.5.3 平板毛坯成形	217	8.5.3 多通管压缩胀形工艺 及提高支管长径比的 措施	257
7.5.4 框架零件成形实例 ...	221		
7.6 多点成形	221		
7.6.1 原理、特点及适用 范围	221		

8.5.4	应用实例.....	258	8.6.4	复杂长轴类管件胀形 与冲压复合成形	268
8.6	管料的内高压成形	262	8.7	复杂杯筒件液压成形	273
8.6.1	内高压成形原理	262	参考文献		276
8.6.2	工艺参数的计算	264			
8.6.3	内高压成形装置	265			

第 1 章 概 论

1.1.1 金属精密塑性加工的概念及内涵

(1)传统塑性加工存在的主要问题。众所周知,采用传统锻造工艺所生产的锻件常用“肥头大耳”来形容,即机械加工余量大、尺寸精度低、表面粗糙、材料利用率低且能耗高;采用传统冲压工艺所生产的冲压件,冲切边缘粗糙且带有毛刺,几何形状不准确,尺寸精度低。

(2)精密塑性加工。金属精密塑性加工是金属材料通过精密塑性加工的方法获得精化毛坯或最终产品零件的加工工艺,过去称为少/无切屑工艺,近年来称为近/净加工,习惯上统称为精密塑性加工。

精密塑性加工技术是新材料技术、现代模具技术、计算机技术和精密测量技术与传统的锻造、挤压、冲压等工艺方法相结合的产物。它使加工的制品达到或接近最终零件产品的形状和尺寸,实现质量与性能的优化,缩短制造周期和降低成本。

1.1.2 数字化塑性加工的内涵

近年来,随着计算机技术和数值模拟分析技术在塑性加工中的应用和发展,人们相应提出了数字化加工的概念。数字化加工的内涵主要是包括精密塑性加工工艺、数值模拟仿真(CAE)技术、精密塑性加工模具 CAD/CAM 技术和精密测量技术。

数字化塑性加工的基本思路和步骤大致为:

- (1)采用 UG 或 PRO/E 软件对需要加工的零件进行三维造型;
- (2)针对零件的几何形状特点和材料特性,基于传统的塑性加工工艺和经验提出若干个加工工艺方案;
- (3)针对所要加工的零件建立数值模拟模型,如有限元模型;
- (4)选择合适的模拟软件分别对所提塑性加工工艺方案进行模拟分析,并根据分析结果,从中选择较优的工艺方案和工艺参数;
- (5)以上述工作为基础,选择合适的 CAD/CAM 软件实现模具的结构设计、数字化建模与数字化制造即数控加工;
- (6)采用数控塑性加工设备和模具实现零件的精化毛坯或零件产品精加工的生产;
- (7)采用三坐标测量仪或其他测量仪器对所生产的零件进行尺寸精度与表面粗糙度的精密测量,并将测量结果反馈到入口处,以决定是保持既定的工艺方案和工艺参数还是需要修改工艺方案和工艺参数,其流程示意框图如图 1-1 所示。

可以看出,数字化塑性加工技术的显著特点是可以实现工艺方案和工艺参数的优化,

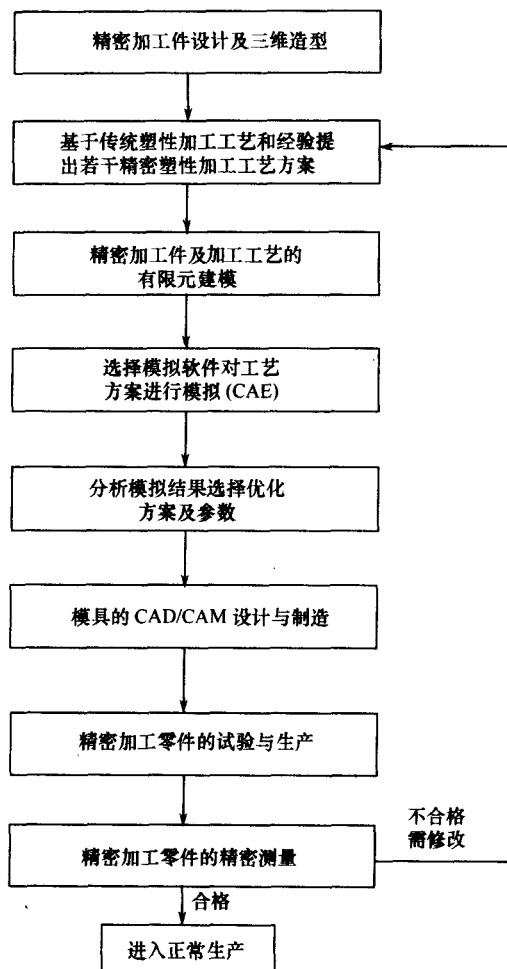


图 1-1 数字化精密塑性加工示意框图

进而实现加工件的质量预测及控制；实现过程自动化，大大提高生产效率。

1.1.3 精密塑性加工的特点

1. 材料利用率高

采用精密塑性加工工艺生产的制件表面仅留少量的机械切削加工余量或不留余量，若采用多向模锻或可分凹模闭式模锻，不仅减少甚至无飞边金属损耗，还可锻出侧面的孔或凹坑，加上在模具中采用顶出机构，可以减少甚至取消模锻斜度，可使锻件材料利用率大为提高。以汽车轮胎螺母为例，采用棒料切削加工时，其材料利用率仅为 37%；采用传统的模锻工艺生产时为 72%；而采用以挤压为主的精密模锻工艺生产时材料利用率提高到 92%。

2. 零件产品性能好

采用精密塑性加工工艺生产的零件，其金属纤维沿零件轮廓形状分布，且连续致

密;而采用闭式冷精密模锻工艺生产时,毛坯在三向压应力状态或以压力为主的应力状态下加工、有利于细化晶粒和提高加工性能,加上零件表面光洁,有利于提高力学性能。以 EQ140 十字轴为例,采用径向挤压闭式(无飞边)模锻工艺生产时,其关键技术性能指标扭转疲劳寿命为 23.4 万次,而采用传统的开式(有飞边)模锻工艺生产时,仅为 8 万次,前者为后者的 3 倍。又如,以闭式冷精锻工艺生产的轿车圆锥齿轮同采用开式模锻生产的锻件毛坯,然后采用格里森刨齿机切削加工同样的齿轮相比,晶粒度由 7 级提高到 9 级,其强度指标平均提高 25%,疲劳寿命平均提高 40%,热处理变形减少 30%。

此外,对于闭式无飞边精密模锻生产的锻件,因为不存在切离飞边而产生金属纤维外露的问题,有利于提高零件的抗应力腐蚀和耐疲劳性能。

采用液压等介质加工工艺,实现覆盖件和复杂管件的整体精密加工,代替若干个冲压件通过焊接或其他连接方式生产的板料或管料组合构件,可以大大提高制件的比强度和比刚度指标。

3. 零件产品尺寸规格的一致性

精密塑性加工一般都通过精锻模、挤压模、精冲模和其他精密加工模具来实现相应精密零件或制品的生产。同一副模具生产成千上万件、数十万件乃至上百万件的零件产品或制件,仍使产品形状和尺寸精度保持一致。尤其是采用硬质合金、超硬钢和高性能新型模具材料并采用现代精密与超精密加工技术制造的模具,使用寿命更长,因而零件产品尺寸规格的一致性更好。

由于零件产品尺寸规格的一致性,因此,精密塑性加工特别适合于汽车、机电产品、家电产品和 IT 产品的零件的大批量生产,能获得物美价廉的效果。

4. 可实现零件产品质量的有效控制

如上所述,采用数值模拟仿真如体积金属塑性加工的有限元模拟和板料金属塑性加工的有限元(CAE)技术,选择合适的模拟软件如用于体积金属锻造加工模拟的 DEFORM、MARC/Auto Forge 等软件,用于板料金属冲压加工模拟的 Auto Form、DYNAFORM 软件和华中科技大学柳玉起教授开发的 FASTAMP 等软件,并建立起合理的有限元模型。通过模拟可以获得变形金属在模具型腔中的流动方向和流动速度场、应力场、应变场、温度场和内部损伤值分布状态等详细信息和加工规律;预测缺陷产生的部位及原因;优化工艺参数,获得所需的组织结构,实现零件产品质量的有效控制,提高产品的安全性、可靠性与使用寿命。

5. 生产效率高

采用精密塑性加工工艺生产,一是多数精密塑性加工的工序比传统的塑性加工工序少;二是多采用数控技术和数控设备来实现其生产工艺流程,与传统的塑性加工和切削加工相比,一般可提高生产效率若干倍,有的可提高数十倍甚至上百倍。

例如,采用传统模锻工艺生产的直齿圆锥齿轮毛坯通过格里森刨齿机加工轿车直齿圆锥齿轮,其切削加工的生产率平均 0.7 件/min,而采用闭式冷精锻工艺通过数控压力机生产,当手工操作时 12 件/min~13 件/min,当机械手自动化操作时 18 件/min。相应提高效率 20 倍~26 倍。

又如,采用滑块行程次数为 400 次/min~1000 次/min 的高速冲床实现多工位精密

冲裁,代替普通冲床的冲压生产,其生产效率可提高数十倍甚至上百倍。

此外,采用精密塑性加工技术生产,还具有减轻劳动强度、改善劳动条件、减少环境污染的优点。

6. 存在的主要问题

一是部分精密塑性加工模具,如精锻模、挤压模具的使用寿命有待提高;二是高精高效专用设备和机械手与机器人的研制与应用。

1.1.4 精密塑性加工在国民经济中的作用与地位

1. 是先进制造技术的重要组成部分

20 世纪 80 年代末 90 年代初,美国针对人们将传统的制造业视为“夕阳工业”(其典型事例为所谓的 1MM 工程)给国民经济带来的负面效应,重新认识制造业的重要性,并将其视为当代科技发展中最为活跃的领域和国际间科技竞争的主战场。为此,克林顿政府采纳科技人员的建议提出将传统制造业用计算机等现代高科技相结合而命名为现代制造技术,并制定了一系列的振兴计划,将先进制造技术列为国家的关键技术和优先发展领域。

我国的“九·五”科技发展规划中,也制定了先进制造技术的发展战略与策略,认为先进制造技术是发展汽车、机械、电子等支柱产业的关键技术,也是高技术开发及产业化的支撑,其发展方向是精密化、高效化、强韧化、清洁化、自动化、集成化。针对产品的现代设计、精密加工与成形加工、制造业综合自动化、系统管理等四个方面的技术进行研究、开发和推广应用,实施一批具有特定目标的应用示范工程,全面提高制造业的竞争力和技术创新能力。

所要优先发展的先进制造技术主要是机械产品现代化设计技术、机械产品可靠性技术、精密与超精密加工技术、精密加工技术。

精密成形加工技术包括了精密铸造、精密塑性加工、精密焊接与切割技术。而精密塑性加工为主要内容,它包括:

(1)以精密模锻、辊锻、热轧、热挤压、多向分模锻造、热锻锻等为主的精密热塑性加工技术;

(2)以温挤、冷挤、冷轧、超塑性等温加工、冷精整及复合加工技术为主的机械构件低温精密加工技术;

(3)精密冲裁成套技术;

(4)大型复杂冲压件生产技术等。

由此,不难看出,精密塑性加工是先进制技术的重要组成部分。

2. 增强社会竞争力

许多国家社会经济发展的历史证明,在国际竞争中,各国竞争力的增长或衰退,其原因与是否重视包括加工技术在内的加工制造技术有很大关系。一个国家或地区的实力及其发展,最终将取决于其加工制造业提供的产品和劳务的竞争力,没有发达的制造业,就不会有国家和地区的繁荣和强大。根据美国国家生产力委员会调查,在企业生产力构成中,制造技术的作用占 62%。

金属材料约有 70%以上需经过热(冷)加工技术才能获得所需制件,非金属材料也主

要依靠加工技术才能得到半成品或最终产品,可以看出,发展精密加工技术,将极大地促进先进制造技术的发展,进而增强社会竞争力。

改革开放给我国的先进制造技术和制造业提供了发展动力,近十多年来,我国因“基础设施良好、劳动力资源丰富和劳动力便宜”而成为“世界工厂”。工业发达国家纷纷将制造业向中国转移,这为我国发展精密加工技术、先进制造技术,成为制造业大国和强国,提供了极好机遇。

3. 有着广阔的应用范围和应用前景

精密塑性加工技术广泛应用于汽车、航空航天、机械、仪器仪表、计算机、电子产品、家用电器和舰艇、坦克、自动火炮、兵器等。

其中,在汽车尤其是轿车制造中应用最广。2004年,我国汽车产量与销量均为507万辆,轿车占200万辆。2005年,我国汽车产量为600万辆,轿车占300万辆。目前,我国整车生产能力已达到800万辆,在建能力为220万辆,到2008年,将超过1000万辆。未来5年内,我国汽车生产能力将达到1200万辆。未来10年内,我国将成为世界上生产汽车的第一大国。国民经济GDP的增加值将有 $1/7 \sim 1/6$ 由汽车及其零部件制造业提供。未来15年内,我国将成为世界第一大汽车消费国,社会汽车保有量将达到1亿辆。

目前,世界上平均每3年~4年轿车就要更换一次车型,我国“十五”期间每年平均要更换15个当量车型,整个汽车制造业都沿着提高载重/自重比,节省能耗的方向发展。汽车能耗有60%消耗于自重,若车身减轻100kg,燃油消耗可降低4%,轿车自重每减轻10%,燃油效率可提高5%。减轻自重,可在不改变汽车容积的情况下提高车速、增大乘坐空间、改善行驶的平稳性和舒适性。

采用高强度轻合金通过精密塑性加工技术生产航空航天和兵器等的关键零件,可大大提高产品的使用性能;大大减轻零部件质量,减轻士兵负荷,增强作战的机动性与灵活性,提高战斗力,节约能耗和运行费用。为此,在精密加工制造中,零件的质量公差常以克(g)来计算。

4. 促进科学技术的进步

- (1) 航空航天飞行器关键零部件高强度难加工材料的精密塑性加工;
- (2) 轿车轻质车身构件的精密塑性加工;
- (3) 高温高压条件下的陶瓷金属材料的精密塑性加工;
- (4) 基于亚微米、微米尺寸级别的微加工等。

这些精密塑性加工技术的研究与应用,必然带动和促进材料科学和技术、精密及微加工模具设计与制造、塑性加工理论与数值仿真模拟技术、计算机技术和精密与超精密测量技术的发展,乃至形成新的产业。

1.1.5 精密塑性加工技术的应用及发展趋势

1. 精密塑性加工技术的应用

从最简单的日用品到最复杂的现代高技术产品,精密塑性加工技术在各个领域内都得到了极为广泛的应用。

仍以汽车为例,特别是轿车零部件,几乎每一部分的制造都离不开精密塑性加工技

术,如汽车齿轮坯、轴承环、牙嵌式接合齿轮坯、大中型十字轴、三通与四通管接头、万向节叉、滑动叉、转向节、磁性极爪、传动轴花键轴、半轴轿车安全气囊和无噪声空调压缩机的铝合金零件等;采用热挤压工艺生产的锻件有进排气门、轮毂管、轮套管、转向节轴套、增轴套管等;采用电热镦粗、辊锻及楔横轧等特种精锻工艺生产的锻件有进排气门、前轴(前梁)、连杆及各种阶梯轴等;采用冷、温挤压工艺生产的锻件有轮胎螺帽、活塞销、球头销、气门顶杆、活塞筒、轴承圈、变速箱轴类件、传动轴变径套管、等速方向节钟形套与三销滑套等;采用闭式冷精锻工艺的零件有各种轿车行星齿轮、半轴齿轮、三销轴、星型套、小型十字轴等。

以粉末锻造工艺生产的汽车零件有发动机零件、手动变速器零件和底盘零件近 100 种。

在汽车中采用精冲工艺生产的零件,在刹车系统中有 13 件以上;在电动机上有 16 件以上;在门锁中有 11 件之多;在传动系统中有 20 余件;在座椅及安全带中有 10 余件。近年来,还在不断增加,如采用精冲复合加工工艺生产变速箱拨叉等。

近年来,国内外针对汽车车身轻量化,研究成板管介质加工新工艺,如采用液压加工工艺生产的赛车覆盖件;以整体无缝或有缝焊接管为坯料,采用内高压胀形与刚性模冲压复合加工工艺生产的汽车后桥壳等。

据统计,在日本和德国每辆轿车中精密锻件达 56kg,其中,冷精密锻件即精锻零件达 45kg;精密铝合金零件达 60kg;精冲件达 100 余种;日本精密模锻件占模锻件总量的 30%;在飞机、仪器仪表、计算机、电子产品中,采用塑性加工的零件占金属零件的 80% 以上,若将其采用精密塑性加工生产,逐渐实现其近净加工工艺生产,其技术经济效益将极为巨大。

2. 精密塑性加工技术的发展趋势

精密塑性加工总的发展趋势是由近加工(near net shape of productions)向净加工(net shape of productions),即由精化毛坯向直接加工零件方向发展。其具体发展方向:

- (1)加工产品的复杂化、精密化、质量优化,实现高的比强度和比刚度;
- (2)加工工艺的模拟化、准确化,实现加工工艺参数的优化;
- (3)加工模具设计的 CAD/CAM 一体化,实现模具设计、制造的自动化;
- (4)加工设备的成套成线,高效自动化,实现生产流程的自动化。

针对轿车和航空航天的需要,其铸、锻件的发展趋势:

- (1)以轻代重、以薄代厚,少/无切削精密化;
- (2)国际工程师协会预测,21 世纪初将有 50% 的中小型零件通过精密加工达到今天磨削的水平,稍作处理或不作处理就可直接装车;
- (3)应用组合件,减少整车零部件的数量;
- (4)减少工装和模具的数量;
- (5)提高工艺可靠性和设备的制造柔性;
- (6)减少设备的运行巡视;
- (7)缩短设计制造到市场销售的周期。

1.1.6 精密塑性加工方法的种类

