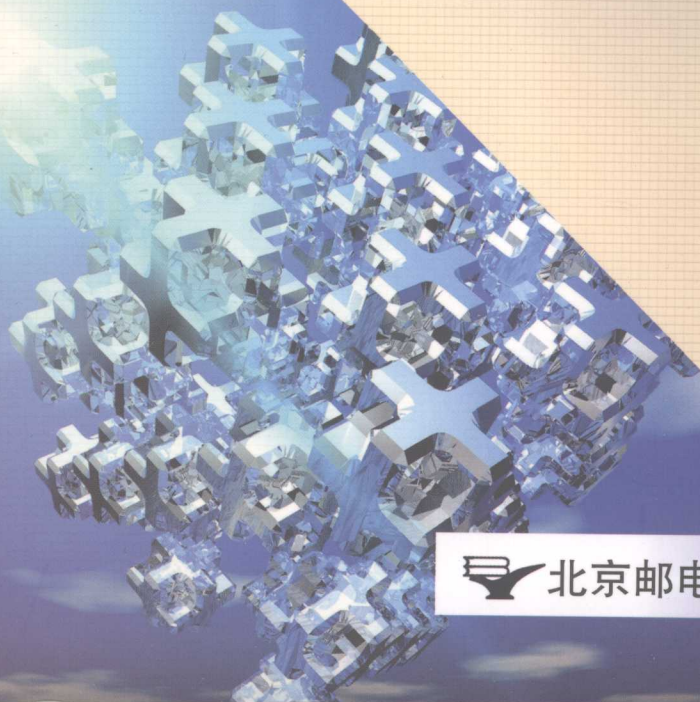




世纪中等职业教育系列教材
中等职业教育系列教材编委会专家审定

模具制造技术

主 编 刘治伟



北京邮电大学出版社



中华人民共和国教育部
中国工程教育认证协会

模具制造技术

第1版 第1次印刷

中国工程教育认证协会

中等职业教育系列教材
中等职业教育系列教材编委会专家审定

模具制造技术

主编 刘治伟
编委 黄柳平 蒋荣 许蓬生

北京邮电大学出版社

• 北 京 •

图书在版编目(CIP)数据

模具制造技术/刘治伟主编. —北京:北京邮电大学出版社,2007

ISBN 978—7—5635—1462—5

I. 模... II. 刘... III. 模具—制造—专业学校—教材

IV. TG76

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 053874 号

书 名 模具制造技术

主 编 刘治伟

责任编辑 周 堃 聂立芳

出版发行 北京邮电大学出版社

社 址 北京市海淀区西土城路 10 号 邮编 100876

经 销 各地新华书店

印 刷 北京市彩虹印刷有限责任公司

开 本 787 mm×960 mm 1/16

印 张 11

字 数 225 千字

版 次 2007 年 4 月第 1 版第 1 次印刷

书 号 ISBN 978—7—5635—1462—5/TH·43

定 价 14.00 元

如有印刷问题请与北京邮电大学出版社联系

电话:(010)82551166 (010)62283578

E-mail:publish@bupt.edu.cn

Http://www.buptpress.com

版权所有

侵权必究

出版说明

模具制造技术是中等职业教育学校模具设计与制造专业的主干课程之一。国务院关于大力推进职业教育改革与发展的决定,给职业教育的改革发展带来新的机遇,也对职业学校的教材编写提出了更严格要求。根据社会对模具专业人才的需要,结合我们的教学实践,按照中等职业教育教学改革的形式和任务,努力贯彻“素质教育为基础,能力为本位”的教学指导思想,本着突出应用性及实践性原则,编写了此书。编写的指导思想有以下几方面:

1. 在每章节内容的编写体系上,一切从学习培养目标出发,在每章开始前提出了“学习目标”,每章结尾归纳出“本章小结”、并附有“思考与练习题”,便于学生把握重点和掌握知识;

2. 在教材内容的处理上,以注重应用为主,拓宽知识面,紧密结合生产实践,由浅入深,依次介绍,删除不必要的理论和推导,力求条理清晰,便于组织教学和自修;

3. 本书既可作为中等职业学校的教材,又可作为在职职工岗位培训和自学用书,也可作为各级各类学校机械教学的参考用书,兼顾不同学员和不同地区,有很好的适应性。

本书由刘治伟任主编,黄柳平、蒋荣、许蓬生任编委,具体编写分工如下:黄柳平编写第3、4章,蒋荣编写第1、6章,许蓬生编写第2、5章。全书由刘治伟负责统稿。

限于编者水平,书中错误之处在所难免,恳切希望有关专家和读者不吝赐教。

编者

目 录

第1章 绪 论	1
1.1 本课程的性质、任务和要求	1
1.2 模具制造技术的现状及发展趋势	2
1.3 模具的加工精度及表面质量	3
本章小结	19
思考与练习题	19
第2章 模具零件的机械加工	20
2.1 模架组成零件的加工	20
2.2 冲裁模凸模的加工	27
2.3 凹模型孔的加工	39
2.4 型腔加工	42
2.5 模具工作零件的工艺路线	52
本章小结	62
思考与练习题	62
第3章 模具零件的电加工	63
3.1 电火花加工	63
3.2 电火花线切割加工	79
本章小结	81
思考与练习题	81
第4章 特种加工	82
4.1 超声加工	82
4.2 化学及电化学加工	85
4.3 电解磨削	94
4.4 型腔的挤压成形	97
4.5 超塑成形	103
4.6 铸造成形加工	106
4.7 合成树脂模具加工	111
本章小结	112
思考与练习题	113

第 5 章 模具装配	114
5.1 概述	115
5.2 冲裁模的装配	119
5.3 塑料模的装配	134
本章小结	146
思考与练习题	146
第 6 章 模具实训	148
6.1 电火花成形加工实训	148
6.2 电火花线切割加工实训	153
6.3 冲模拆装实训	164
6.4 塑料模拆装实训	165
本章小结	166
思考与练习题	166

第1章 绪论

本章学习目标 模具的使用寿命及可靠性由其加工质量决定,而加工质量主要取决于加工精度和表面质量两方面因素。为了提高模具使用的可靠性和经济性,需要了解和研究影响模具加工精度和表面质量的主要因素,并探讨提高加工精度、改善表面质量的主要方法和途径。本章着重介绍影响模具加工精度和表面质量的主要因素、改善方法和途径,以便在生产实践中发现问题并及时解决。对本课程的性质、任务和要求等只做简单介绍。

1.1 本课程的性质、任务和要求

本课程是模具设计与制造专业的一门主要专业课程,其综合性强,涉及机械类专业的基础课、技术基础课及有关专业课的多学科知识,是数学、物理学、金属工艺学、材料及热处理、互换性与技术测量技术、电工学、计算机技术及模具设计等诸多课程有关知识的综合应用。因此,学好上述课程并善于综合运用有关课程的知识,对学习本课程十分重要。

通过学习本课程,要求学生能达到如下要求:(1)掌握模具工作型面制造常用方法的基本原理和特点、适用场合,并能根据实际情况综合分析,选择合理的加工方法、工艺装备并具有制定模具加工工艺规程的初步能力;(2)掌握各种加工方法对模具结构设计的要求,具备分析模具结构工艺性的能力,从而设计出工艺性良好的模具结构;(3)掌握模具装配工艺的基本知识,并初步具备运用所学模具制造技术的基础知识,处理生产实践中一般工艺技术问题的能力;(4)了解模具制造技术的发展趋势,熟悉行业发展概况;(5)初步具备模具的装配技能,会装配中等复杂程度的冲模、塑料模。

本课程也是一门实践性很强的课程。对于任何一个模具零件,其制造工艺的制订和加工方法的选用,都与现场生产条件密切相关。因此在处理工艺技术问题时,必须理论联系实际,结合现场具体加工条件。

随着工业生产的发展和金属成形新技术的应用,对模具制造技术的要求越来越高,模具制造方法已不再是过去的手工作业加传统的机械加工,而是广泛采用电火花成形、数控线切割、电化学加工、超声波加工、激光加工以及成形磨削、数控仿形等现代加工技术。因此在教学实践中,应尽可能多地安排实践环节,尽可能参观一些模具厂,结合模具生产实际,学习、积累模具制造的基本理论、基本知识和基本技能。

1.2 模具制造技术的现状及发展趋势

1.2.1 模具制造技术的现状

改革开放以来,随着国民经济的快速发展及相关学科的技术进步,推动了模具制造技术及模具工业的迅猛发展,模具无论是从品种、数量还是精度方面,都有了大幅度的发展,模具对工业产品生产的影响也越来越大,模具制造业也成了现代工业中一个相对独立的重要分支。模具新材料的应用,以及热处理和表面处理技术的开发和应用,使模具寿命大幅度提高。快速成型技术在模具制造上的应用,是近 20 年来模具制造技术的又一重大进展。快速成型技术是综合了机械工程、CAD、数控技术、激光技术和材料科学技术的一种全新的制造工艺,应用于模具制造,可以使模具设计和制造更加快速、经济、实用,对于多品种、小批量产品的生产及新产品开发具有重要的意义。

目前我国的模具制造技术水平,已经从过去只能制造简单模具发展到了可以制造大型、精密、复杂、长寿命模具。例如在冲压模具方面,模具寿命达 30 万次以上,达到国际同类模具产品的技术水平。

我国模具制造业近十余年来的年工业产值,持续以 15% 的增长速度在迅速递增,已经成为国民经济中一个举足轻重的工业分支。

1.2.2 模具制造技术的发展趋势

随着市场经济发展的需要和产品更新换代不断加快,对模具制造提出了越来越高的要求,模具制造质量提高、生产周期缩短已经成为该行业发展的必然趋势。纵观模具制造业近十余年来的发展道路,其主要发展方向可以归纳为如下几个方面。

1. 模具生产的专业化和标准化程度不断提高

多年来的模具制造实践表明,要使模具技术高速发展,实现专业化、标准化生产是关键。

实现模具专业化生产,前提是要模具标准化,这样才可能采用专用的先进生产设备和技術,建立专门的机械化和自动化生产线,才可能采用高精度的、专用的质量检测手段,从而实现提高模具质量、缩短生产周期、降低制造成本的目标。

2. 模具粗加工技术向高速加工发展

以高速铣削为代表的高速切削加工技术代表了模具零件外形表面粗加工发展的方向。高速铣削可以大大改善模具表面的质量状况,并大大提高加工效率和降低加工成本。毛坯下料设备出现了高速锯床、阳极切割和激光切割等高速、高效率加工设备,还出现了高速磨削设备和强力磨削设备等。

3. 成形表面的加工向精密、自动化方向发展

成形表面的加工向计算机控制和高精度加工方向发展。数控加工中心、数控电火花成

形加工设备;计算机控制连续轨迹坐标磨床和配有 CNC 修整装备与精密测量装置的成形磨削加工设备等的推广使用,是提高模具制造技术水平的关键。

4. 光整加工技术向自动化方向发展

当前模具成形表面的研磨、抛光等光整加工仍然以手工作业为主,不仅花费工时多,而且劳动强度大、表面质量低。工业发达国家正在研制由计算机控制、带有磨料磨损自动补偿装置的光整加工设备,可以对复杂型面的三维曲面进行光整加工,并开始在模具加工上使用,大大提高了光整加工的质量和效率。

5. 反向制造工程制模技术的发展

以三坐标测量机和快速成型制造技术为代表的反向制造工程制模技术是一种以复制为原理的制造技术。它是模具制造技术上的又一重大发展,对模具制造具有重要影响。这种技术特别适用于多品种、小批量、形状复杂的模具制造,对缩短模具制造周期,进而提高产品的市场竞争能力具有重要意义。

6. 模具 CAD/CAM 技术将有更快的发展

模具 CAD/CAM 技术在模具设计和制造上的优势越来越明显,它是模具技术的又一次革命,普及和提高模具 CAD/CAM 技术的应用是模具制造业发展的必然趋势。

7. 研制和发展模具用材料

模具材料是影响模具寿命、质量、生产效率和生产成本的重要方面。今后应大力加强模具材料和热处理技术的研制和开发,加速研发急需的模具新钢种,如高强韧、高耐磨新型优质模具钢及硬质合金等新模具材料。大力发展应用模具的强化处理新工艺及表面处理新技术,充分挖掘模具材料的潜力,提高模具材料的使用和质量。

1.3 模具的加工精度及表面质量

1.3.1 模具加工精度

1. 概念

模具的加工精度是指模具零件及整体加工后的实际几何参数(尺寸、形状和位置)与理想几何参数的符合程度。它们之间的偏离程度即为加工误差。加工精度越高,则加工误差越小;反之越大。加工精度的高低是以国家有关公差标准来表示的。从保证产品的使用性能分析,没有必要把每个零件都加工得绝对准确,可以允许有一定的加工误差,只要加工误差不超过图样规定的偏差,即为合格品。

加工精度包括尺寸精度、形状精度和位置精度。模具在工作状态和非工作状态的精度又分为动态精度和静态精度。要保证模具使用可靠,更重要的是要使其具有较好的动态精度。动态精度除与静态精度和工况有关外,还与模具的刚度有密切关系,因此在模具设计

中,在满足强度要求的同时,对于模具刚度也应予以充分考虑。

模具的制造精度主要体现在模具工作零件的精度和相关部位的配合精度。模具零件的加工质量是保证模具所加工产品质量的基础。同时,模具零件的加工精度越高,加工成本就越高,生产效率就越低。因此应根据零件的使用要求,合理地规定零件的加工精度。

在机械加工中,零件的尺寸、几何形状和表面间相对位置的形成,取决于工件和刀具在切削运动过程中相互位置的关系。

2. 影响模具精度的主要因素

(1) 成形制品的精度 产品制件的精度越高,模具工作零件的精度就越高。模具精度的高低不仅对产品制件的精度有直接影响,而且对模具的生产周期、生产成本以及使用寿命都有很大的影响。

(2) 模具加工的技术手段 模具加工设备的加工精度、自动化程度,是保证模具精度的基本条件。今后模具精度将更大地依赖于加工技术水平的高低。

(3) 模具制造的生产方式和管理水平 在模具的设计和生产中,模具工作刃口尺寸是采用“实配法”,还是“分别制造法”加工,是影响模具精度的重要方面。对于高精度模具,只有采用“分别制造法”才能满足高精度的要求,实现互换性生产。

(4) 模具装配钳工的技术水平 模具的最终精度在很大程度上依赖于装配调试,模具光整表面的表面粗糙度大小也主要依赖于模具钳工的技术水平,因此模具钳工的技术水平是影响模具精度的重要因素。

(5) 模具的使用及维修 与模具配套使用的成形设备精度及现场维修、养护条件对模具的实际使用精度也有一定影响。

1.3.2 影响模具加工精度的因素

1. 模具零件加工精度

(1) 工艺系统的几何误差

1) 加工原理误差 是指采用了近似的成形运动或近似的刀刃轮廓进行加工而产生的误差。

采用近似的成形运动或近似的刀刃轮廓,虽然会带来加工原理误差,但往往可简化机床结构或刀具形状,提高生产效率,且能得到满足要求的加工精度。因此,只要这种方法产生的误差不超过规定的精度要求,在生产中仍能得到广泛的应用。

2) 调整误差 在机械加工的每一道工序中,总要对工艺系统进行各种调整工作。由于调整不可能绝对地准确,因而会产生调整误差。

3) 机床误差 引起机床误差的原因是机床的制造误差、安装误差及磨损。机床误差的项目很多,但对工件加工精度影响较大的主要是:机床主轴的回转误差和机床导轨导向误差。

4) 刀具的制造误差与磨损 刀具的制造误差对加工精度的影响因刀具的种类、材料等

的不同而异。

① 采用定尺寸刀具(如钻头、铰刀、键槽铣刀、镗刀块及圆拉刀等)加工时,刀具的尺寸精度直接影响工件的尺寸精度。

② 采用成形刀具(如成形车刀、成形铣刀、成形砂轮等)加工时,刀具的形状精度将直接影响工件的形状精度。

③ 展成刀具(如齿轮滚刀、花键滚刀、插齿刀等)的刀刃形状必须是加工表面的共轭曲线,因此刀刃的形状误差会影响加工表面的形状精度。

④ 对于一般刀具(如车刀、铣刀、镗刀),其制造精度对加工精度无直接影响。

任何工具在切削过程中都会产生磨损,并由此引起工件尺寸和形状误差。刀具的尺寸磨损是指刀刃在加工表面的法线方向(误差敏感方向)上的磨损量,它直接反映出刀具磨损对加工精度的影响。

5) 夹具制造误差与磨损 夹具的误差主要有:

① 定位元件、导向元件、分度机构、夹具体等的制造误差;

② 夹具装配后,以上各种元件工作面间的相对尺寸误差;

③ 夹具在使用过程中工作表面的磨损。

夹具误差将直接影响工件加工表面的位置精度或(和)尺寸精度。一般来说,夹具误差对加工表面的位置误差影响最大。在设计夹具时,凡影响工件精度的尺寸应严格控制其制造误差,精加工用夹具一般可取工件上相应尺寸或位置公差值的 $1/2 \sim 1/3$,粗加工用夹具则可取为 $1/5 \sim 1/10$ 。

(2) 工艺系统的受力变形

切削加工时,由机床、刀具、夹具和工件组成的工艺系统,在切削力以及重力等的作用下,将产生相应的变形,使刀具和工件在静态下调整好的相互位置以及切削成形运动所需要的几何关系发生变化,从而造成加工误差。

此外,工件加工中的夹紧力、重力、传动力等都会影响其加工精度,造成加工误差。

(3) 工艺系统的热变形

在机械加工过程中,工艺系统会受到各种热的影响而产生变形,一般称为热变形。这种变形将破坏刀具与工件的正确几何关系和运动关系,造成工件的加工误差。热变形包括机床的热变形、工件的热变形以及刀具的热变形。

1) 机床的热变形 在工艺系统的热变形中,机床的热变形最为复杂,工件、刀具的热变形相对简单,其主要原因是在加工过程中影响机床热变形的热源较多,也较复杂。机床在工作过程中受到内外热源的影响,各部分的温度将逐渐升高。由于各部件的热源不同,分布不均匀,以及机床结构的复杂性,导致各部件的温升不同,而且同一部件不同位置的温升也不尽相同,进而形成不均匀的温度场,使机床各部件之间的相互位置发生变化,破坏了机床原有的几何精度而造成加工误差。

2) 工件的热变形 使工件产生变形的热源主要是切削热,然而对于精密件,外部热源也不可忽视。同时,不同的加工方法,不同的工件材料、结构和尺寸,工件的受热变形也不相同。

- ① 细长轴在顶尖间车削时,热变形将使工件伸长,导致弯曲变形而产生圆柱度误差。
- ② 精密丝杠磨削时,工件的热伸长会引起螺距的累积误差。
- ③ 由于床身导轨面的磨削是单面受热,与底面产生温差,引起热变形,影响导轨的直线度。

3) 刀具的热变形 刀具的热变形主要由切削热引起。传入刀具的热量一般并不太多,但由于刀体小,热容量小,并且热量集中在切削部分,故刀具仍会有很高的升温。如车削加工中,高速钢车刀的工作表面温度可达 $700^{\circ}\text{C}\sim 800^{\circ}\text{C}$,硬质合金刀刃的温度可高于 1000°C 。

2. 模具装配精度

模具装配是模具制造过程的最后阶段,装配质量如何将直接影响模具的精度、寿命和各部分的功能。同时模具装配阶段的工作量比较大,将影响模具的制造周期和生产成本。因此模具装配是模具制造中的重要环节。

(1) 装配精度要求

模具装配精度包括以下几方面:

1) 相关零件的位置精度 例如定位销孔与型孔的位置精度;上、下模之间,定、动模之间的位置精度;型腔、型孔与型芯之间的位置精度等。

2) 相关零件的运动精度 包括直线运动精度、圆周运动精度及传动精度。例如导柱和导套之间的配合状态,顶块和卸料装置的运动是否灵活可靠,进料装置的送料精度等。

3) 相关零件的配合精度 相互配合零件间的间隙和过盈程度是否符合技术要求。

4) 相关零件的接触精度 例如模具分型面的接触状态如何,间隙大小是否符合技术要求,弯曲模的上、下成形表面的吻合一致性,拉深模定位套外表面与凹模进料表面的吻合程度等。

(2) 影响装配精度的主要因素

1) 装配的技术手段 模具装配采用的装备水平和使用的二类工装及量检具、工艺定位器等精度等级和先进性直接影响装配模具的精度等级。装备越先进,装配精度越高;反之越低。

2) 装配钳工的技术水平 模具装配是一个技术含量较高的工种,其操作者的技术水平是保证装配质量至关重要的因素,因为模具生产一般为单件小批生产,装配过程中更是几乎完全凭借装配者的技术来保证各部位的装配质量,至少到目前为止,我国模具行业仍沿用以钳工手工操作为主的装配方式,而且甚至在模具的整个生产过程中,延续着钳工组织生产的

运行模式,在每套装好的模具上都会标识模具钳工的有关标志,以便于生产管理和维修。

3) 其他因素 如组成模具的主要零部件的精度、装配的生产组织方式、模具结构的复杂程度等。

1.3.3 提高加工精度的措施

生产实践中有许多提高加工精度、减少误差的方法和措施。

1. 减小工艺系统受力变形对零件加工精度影响的措施

减小工艺系统的受力变形是保证加工精度的有效途径之一。在实际生产中,常从三个主要方面采取措施来解决工艺系统受力变形的问题:一是提高工艺系统的刚度;二是减小载荷及其变化;三是减少工件残余应力引起的变形。

(1) 提高工艺系统的刚度

可采用如下方法:

1) 合理的结构设计 在设计工艺装备时,应尽量减少连接件的数目,并注意刚度的匹配,防止有局部低刚度环节出现。

2) 提高连接表面的接触刚度 由于部件的接触刚度远远低于实体零件本身的刚度,所以提高接触刚度是提高工艺系统刚度的关键。特别是机床设备,提高其连接表面的接触刚度往往是提高其刚度的最简便、最有效的方法。

3) 采用合理的装夹和加工方式 如加工细长轴时用反向进给(从主轴箱向尾座方向进给),使工件从原来的轴向受压变为轴向受拉,可提高工件的刚度。此外,增加辅助支承也是提高工件刚度的常用方法。加工细长轴时采用中心架或跟刀架就是一个很典型的例子。

(2) 减小载荷及其变化

采取适当的工艺措施,如合理选择刀具的几何参数(如增大前角、让主偏角接近 90° 等)和切削用量(如适当减少进给量和切削深度),以减小切削力,就可以减少受力变形。将毛坯分组,使一次调整中加工的毛坯余量比较均匀,就能减小切削力的变化,减小误差复映。

(3) 减少工件残余应力引起的变形

残余应力也称内应力,是指在没有外力作用下或去除外力后工件内存留的应力。具有残余应力的零件处于一种不稳定的状态,它内部的组织有强烈的倾向要恢复到稳定的没有应力的状态。即使在常温下,零件也会不断地缓慢进行这种变化,直到残余应力完全消失为止。在这一过程中,零件将会翘曲变形,原有的加工精度会逐渐消失。

残余应力是由于金属内部相邻组织发生了不均匀的体积变化而产生的。促成这种变化的因素主要来自冷、热加工。要减少残余应力,一般可采取下列措施。

1) 增加消除内应力的热处理工序 如对铸、锻、焊接件进行退火或回火;零件淬火后进行回火;对精度较高的零件,如床身、丝杠、箱体、精密主轴等,在粗加工后进行时效处理。

2) 合理安排工艺过程 如粗、精加工不在同一工序中进行,使粗加工后有一定时间让残余应力重新分布,以减少对精加工的影响。

3) 改善零件结构,提高零件的刚性,使壁厚均匀等,均可减少残余应力的产生。

2. 减少工艺系统热变形对零件加工精度影响的措施

(1) 减少机床的热变形可以采取:

① 减少热源发热,将可能分离出去的热源如电动机、变速箱、液压系统等移出床身,即采用热隔离方法。

② 采用热补偿法,使机床的温度场趋于均匀,从而使机床产生不影响加工精度的均匀热变形。

③ 采用合理的机床部件结构,如热对称结构、合理的装配基准。

④ 加工前预先使机床高速空转预热,并避免中途停车,使之处于热平衡状态下进行加工。

⑤ 控制环境温度,将精密机床安装在恒温室内,一般平均温度为 20℃。

(2) 减少工件的热变形可以采取:

① 分段加工,使工件充分冷却,避免前工序余热带到后道工序。

② 加冷却液减少切削热造成的热变形。

③ 选择合理的刀具几何角度及适当的切削用量。

④ 设置适当的热处理工序,使残余应力得以充分释放。

⑤ 高精度配合件应在同等温度环境下加工,并由同一检验人员用同等量具度量。

(3) 减少刀具的热变形可以采取:

① 合理选择刀具几何角度。

② 给予刀具充分的冷却和润滑。

③ 合理确定切削用量。

④ 按加工件的材质合理选择刀具材质。

1.3.4 模具加工表面质量

1. 概念

零件的表面质量也称为表面层质量或表面完整性。表面层厚度虽只有几十到几百微米,但对零件的使用性能如耐磨性、疲劳强度、配合性质、耐腐蚀性等都有很大影响,因此讨论和研究模具加工表面质量对保证模具产品质量具有重要意义。

加工表面质量包含表面的几何特征和表面层的物理力学性能两个方面的内容。

(1) 表面几何特征

如图 1-1 所示,零件加工表面的几何特征主要由以下几部分组成。

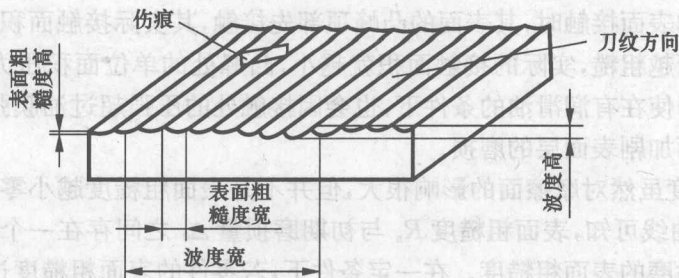


图 1-1 机械加工表面的几何形状误差

1) 表面粗糙度 指加工表面上具有的由较小间距和峰谷所组成的微观几何形状特征。一般由所采用的加工方法和(或)其他因素形成。

粗糙度的评价参数主要有 R_a (轮廓算术平均偏差)、 R_z (微观不平度十点高度)、 R_y (轮廓最大高度), 一般优先选用 R_a 。

2) 表面波度 指介于宏观几何形状误差与表面粗糙度之间的周期性几何形状误差。通常由切削刀具的偏移和工艺系统的低频振动造成。

3) 加工纹理方向 指表面加工刀纹方向, 也指表面微观结构的主要方向, 它取决于最后工序的加工方法。一般来讲, 运动副工作面、密封件的密封面要求有一定的纹理方向。

形状误差、表面粗糙度及波度的关系如图 1-2 所示。

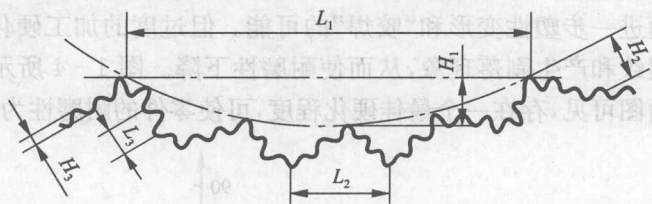


图 1-2 形状误差、表面粗糙度及波度的关系

(2) 表面层物理力学性能

由于切削力、切削热作用, 表层物理力学性能会发生改变, 主要包括:

- 1) 表面层的加工硬化。
- 2) 表面层的金相组织变化。
- 3) 表面层的残余应力。

2. 表面质量对零件使用性能的影响

(1) 表面质量对零件耐磨性的影响

零件的耐磨性与摩擦副的材料、润滑条件和零件的表面质量等因素有关。特别是在前两个条件已确定的前提下, 零件的表面质量就起着决定性的作用。

当两个零件的表面接触时,其表面的凸峰顶部先接触,其实际接触面积远远小于理论上的接触面积。表面越粗糙,实际的接触面积就越小,凸峰处的单位面积压力就会越大,表面磨损也更容易。即使在有润滑油的条件下,也会因接触处的压强超过油膜张力的临界值,破坏了油膜的形成而加剧表面层的磨损。

1) 表面粗糙度虽然对摩擦面的影响很大,但并不是表面粗糙度越小零件越耐磨。从图 1-3 所示的实验曲线可知,表面粗糙度 R_a 与初期磨损量 Δ_0 之间存在一个最佳值。此点所对应的是零件最耐磨的表面粗糙度。在一定条件下,若零件的表面粗糙度过大,实际压强增大,凸峰间的挤裂、破碎和切断等作用加剧,磨损也就明显。在零件表面粗糙度过小的情况下,紧密接触的两个光滑表面间的储油能力很差。一旦润滑条件恶化,则两表面金属分子间产生较大的亲和力,因粘合现象而使表面产生“咬焊”,导致磨损加剧。因此零件摩擦表面的粗糙度偏离最佳值太大(无论是过小还是过大)都是不利的。

在不同的工作条件下,零件的最优表面粗糙度是不同的。重载荷情况下零件的最优表面粗糙度要比轻载荷时大。

2) 表面纹理方向对耐磨性也有影响,这是因为它能影响金属表面的实际接触面积和润滑液的存留情况。轻载时,两表面的纹理方向与相对运动方向一致时,磨损最小;当两表面纹理方向与相对运动方向垂直时,磨损最大。但是在重载情况下,由于压强、分子亲和力和润滑液的储存等因素的变化,其规律与上述有所不同。

3) 表面层的加工硬化一般能提高耐磨性 0.5~1 倍。这是因为加工硬化提高了表面层的强度,减少了表面进一步塑性变形和“咬焊”的可能。但过度的加工硬化会使金属组织疏松,甚至出现疲劳裂纹和产生剥落现象,从而使耐磨性下降。图 1-4 所示为表面冷硬程度与耐磨性的关系,由图可见,存在一个最佳硬化程度,可使零件的耐磨性为最好。

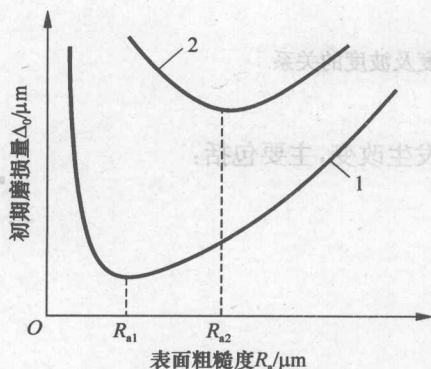


图 1-3 初期磨损量与表面粗糙度的关系

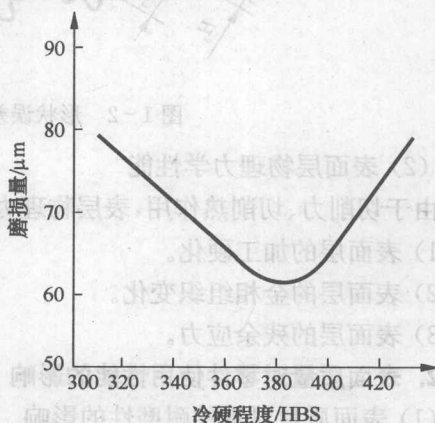


图 1-4 表面冷硬程度与耐磨性的关系