



普通高等教育“十一五”国家级规划教材



(第二版)

# 汽车制造工艺学

Qiche Zhizao Gongyixue

◎ 韩英淳 主编  
◎ 王宝玺 主审



人民交通出版社  
China Communications Press



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

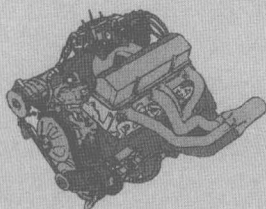
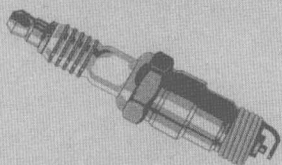
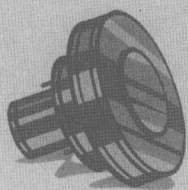
(第二版)

# 汽车制造工艺学

## Qiche Zhizao Gongyixue

中国版本图书馆CIP数据核字(2002)第073272号

◎ 韩英淳 主编  
◎ 王宝玺 主审



社 著  
 主 审  
 主 编  
 副 编  
 编 者  
 出 版 社  
 地 址  
 网 址  
 电 话  
 邮 政 代 理 所  
 印 刷 厂  
 开 本  
 印 张  
 字 数  
 版 次  
 印 次  
 印 数  
 定 价

人民交通出版社

## 内 容 提 要

本书内容涉及汽车制造的各种主要工艺过程,包括汽车零件毛坯的成型与精化、汽车零部件的机械加工工艺与装配工艺、汽车车身覆盖件的冲压成型工艺、汽车轻量化与塑料化的塑料与复合材料的成型工艺等。

本书可作为高等工科院校车辆工程专业的教材,也可供其他相关专业学生作参考书。

### 图书在版编目(CIP)数据

汽车制造工艺学/韩英淳主编. —2版. —北京:人民交通出版社, 2009.6

ISBN 978-7-114-07752-4

I.汽... II.韩... III.汽车-车辆制造 IV.U466

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第075357号

书 名: 汽车制造工艺学(第二版)  
著 作 者: 韩英淳  
责任编辑: 林宇峰  
出版发行: 人民交通出版社  
地 址: (100011)北京市朝阳区安定门外外馆斜街3号  
网 址: <http://www.ccpres.com.cn>  
销售电话: (010)59757969, 59757973  
总 经 销: 北京中交盛世书刊有限公司  
经 销: 各地新华书店  
印 刷: 北京鑫正大印刷有限公司  
开 本: 787×980 1/16  
印 张: 24.25  
插 页: 1  
字 数: 494千  
版 次: 2005年11月 第1版  
2009年7月 第2版  
印 次: 2009年7月 第1次印刷 总计第3次印刷  
书 号: ISBN 978-7-114-07752-4  
印 数: 0001-4000册  
定 价: 38.00元

(如有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)



## 高等学校车辆工程专业教材

### 21 世纪交通版高等学校车辆工程专业教材 编委会名单

#### 编委会主任

陈礼璠(同济大学)

#### 编委会副主任(按姓名拼音排序)

陈南(东南大学)

杜子学(重庆交通大学)

方锡邦(合肥工业大学)

谷正气(湖南大学)

#### 编委会委员(按姓名拼音排序)

陈明(同济大学)

陈全世(清华大学)

陈鑫(吉林大学)

戴汝泉(山东交通学院)

邓亚东(武汉理工大学)

杜爱民(同济大学)

冯崇毅(东南大学)

冯晋祥(山东交通学院)

龚金科(湖南大学)

关家午(长安大学)

过学迅(武汉理工大学)

韩英淳(吉林大学)

何丹娅(东南大学)

何仁(江苏大学)

何耀华(武汉理工大学)

黄韶炯(中国农业大学)

金达锋(清华大学)

李晓霞(长安大学)

刘晶郁(长安大学)

鲁植雄(南京农业大学)

栾志强(中国农业大学)

罗虹(重庆大学)

任恒山(厦门理工学院)

谭继锦(合肥工业大学)

王国林(江苏大学)

温吾凡(吉林大学)

吴光强(同济大学)

席军强(北京理工大学)

张红(中国农业大学)

张启明(长安大学)

赵福堂(北京理工大学)

钟诗清(武汉理工大学)

#### 教材策划组成员名单

林宇峰 何亮 王金霞



## 第二版前言

第二版的内容体系是在保留第一版特色的基础上,为进一步适应高等工程教育改革和国内汽车工业飞速发展的需要,促进我国由制造大国向制造强国的转变,更加注重内容的先进实用性。新教材贯彻先进工艺与制造装备相结合、制造技术与信息技术相结合、理论与实践相结合的原则,吸收了近期国内外有关汽车制造技术的最新研究成果和实用技术,以达到加速提升我国汽车制造技术水平和培养汽车工业急需的复合型实用人才的目的。具体内容充实与删改如下:

- (1)彻底将传统的以商用车为主的制造工艺过程转变为乘用车制造工艺过程。
- (2)增加了有关激光拼焊板技术在汽车轻量化中的应用。
- (3)进一步充实了近净成形工艺在汽车制造中的应用实例及后续的加工自动化内容。
- (4)增加了轿车总装配内容。
- (5)删除了快速成型技术内容,新增了适于汽车制造的实用柔性制造技术。

本书由吉林大学韩英淳教授主编,于多年副教授任副主编,吉林大学王宝玺教授主审。在编写过程中,曾得到吉林大学“985工程”二期建设项目的资助和吉林大学汽车工程学院的大力支持,其间一汽-大众公司、一汽轿车有限公司、白城中一精密锻造有限公司、长春东方压铸有限公司等单位提供了宝贵的技术资料。在此深表谢意。

由于编者水平有限,书中难免有不当之处,恳请读者批评指正。

编 者

# 第一版前言



本书内容涉及汽车制造的各种主要工艺过程,包括汽车零件毛坯的成型与精化、汽车零部件的机械加工工艺与装配工艺、汽车车身覆盖件的冲压成型工艺、汽车轻量化与塑料化的塑料与复合材料的成型工艺等。课程的重点内容是研究各种工艺过程,并重点突出核心工艺及与工艺相关的工艺设备与工艺装备。为了适应新时代与新形势的需要,还介绍了先进制造技术及其在汽车工业中的应用。

为了适应先进制造技术的工程教育改革,培养适应市场经济环境的复合型人才,本书在内容体系上作了较大变动,除保留传统的机械加工工艺内容外,新增加了车身覆盖件冲压成型工艺、实现汽车轻量化与塑料化的塑性加工工艺及塑料成型工艺方面的内容,从而形成了较完整而系统的汽车制造工艺内容体系,使学生通过本课程的学习,既能拓展视野,又能增强工程意识,获得较全面的实际能力培养。

本书与其他相关教材相比,有以下特点:

- (1) 内容较全面、系统,多学科交叉,有利于培养复合型人才。
- (2) 在保留传统基本内容基础上,增加了体现先进制造技术和汽车工业研究热点的新内容,以适应现代汽车工业发展的需要。
- (3) 本书中体现了工艺与设备相结合、制造技术与信息技术相结合、理论与实践相结合的原则,具有较强的综合性与实用性。
- (4) 本书贯彻了最新国家标准,书中名词、术语、代号等采用国家标准和法定计量单位。

本书由吉林大学韩英淳教授主编,吉林大学王宝玺教授主审。在编写过程中,曾得到了吉林大学汽车工程学院与吉林大学教材科的大力支持及“985工程”二期建设项目的资助,在此谨向他们致以深切的谢意。

由于编者水平有限,书中难免有不少错误和不当之处,恳请读者批评指正。

编 者

# 目 录



绪论	1
第1章 汽车制造工艺流程概论	4
1.1 汽车生产的主要工艺流程及生产组织	4
1.2 汽车零件毛坯形状获得的方法	8
1.3 汽车零件机械加工方法及其经济精度	14
第2章 汽车生产用工程材料	17
2.1 汽车生产用常规工程材料	17
2.2 汽车轻量化、塑料化及新型材料	29
第3章 汽车制造中的机械加工工艺	48
3.1 机械加工工艺规程的设计	48
3.2 工件加工时的定位与基准	51
3.3 机械加工工艺路线的制订	56
3.4 机床夹具设计	64
3.5 加工余量、工序间尺寸及其公差确定	89
3.6 工艺尺寸链的原理与应用	95
第4章 机械加工质量	109
4.1 机械加工精度与表面质量	109
4.2 产生加工误差的主要因素	113
4.3 机械加工表面质量的形成及其影响因素	129
第5章 典型汽车零件的机械加工工艺	135
5.1 齿轮制造工艺	135
5.2 连杆制造工艺	146
5.3 箱体零件制造工艺	154
第6章 装配工艺过程设计	167



6.1	装配的基本概念和装配工艺规程的制订 .....	167
6.2	保证装配精度的装配方法 .....	179
6.3	汽车总装配工艺过程 .....	194
<b>第7章</b>	<b>汽车先进制造技术</b> .....	<b>201</b>
7.1	机械制造系统自动化与计算机辅助制造 .....	201
7.2	汽车制造中的冲压 FMS 与锻造 FMS .....	219
<b>第8章</b>	<b>汽车车身覆盖件冲压工艺</b> .....	<b>228</b>
8.1	汽车车身覆盖件冲压成型特点 .....	228
8.2	车身覆盖件的冲压成型技术 .....	232
8.3	车身覆盖件冲压工艺规程的设计 .....	247
8.4	车身覆盖件拉深模设计 .....	256
<b>第9章</b>	<b>车架、车轮及某些厚板零件的冲压工艺</b> .....	<b>269</b>
9.1	车架零件的冲压工艺 .....	269
9.2	车轮的冲压工艺 .....	276
<b>第10章</b>	<b>汽车典型零件的模锻成型工艺</b> .....	<b>289</b>
10.1	汽车用模锻件及锻件图的设计 .....	289
10.2	模锻工步选择及相应模具型槽的设计 .....	299
10.3	毛坯体积计算、下料尺寸确定、锤锻模结构设计 .....	315
10.4	典型锻件锻模设计 .....	325
<b>第11章</b>	<b>汽车制造中的轻量化与塑料化</b> .....	<b>337</b>
11.1	汽车用主要塑料制品及其成型工艺 .....	337
11.2	纤维增强复合材料及其在汽车中的应用 .....	356
11.3	汽车制造中的黏接工艺 .....	363
<b>附件</b>	<b>总装车间工艺流程图</b>	
<b>参考文献</b>	.....	<b>377</b>



## 绪 论

汽车工业是国民经济的支柱产业,在社会进步和经济发展中起着举足轻重的作用。在现代社会中,汽车工业不仅能为人类提供数量最多且最适宜的交通运输工具,而且还能带动相关工业的发展,促进整个社会的繁荣。目前全世界的汽车年总产量已经超过 6400 万辆,在工业发达国家中汽车工业的产值已占其国民经济总产值的 8% 以上,占其整个机械制造业产值的 30%。汽车工业在 100 多年的发展过程中,历经激烈的国际市场竞争与兼并改组、世界能源危机及第三次工业革命的冲击,依然发展势头强劲,并呈现出两种迥然不同的发展模式。一种是美、日、欧洲等主要工业发达国家发展汽车工业的模式:资本高度集中垄断,利用其高科技优势自主开发产品,频繁换型,采取大批量规模经营的生产方式,同时将产品输出转变为资本输出,以多种合作方式实现跨国经营,使汽车的生产趋于国际化。另一种是一些新兴工业国家与发展中国家发展汽车工业的模式:采用优惠政策引进外资及先进的技术装备,先期进口散件(CKD)进行装车,之后逐步提高汽车零件的国产化率,进而达到零部件自给,最终形成自成体系的汽车工业。第二种模式中,韩国和西班牙率先获得了成功的经验,之后巴西、中国和墨西哥亦采取了这种模式使各自国家的汽车工业获得了快速发展。

汽车工业是当代工业大生产的典型代表。它实行大批量规模生产,追求大批量、高质量、低成本与高效益的综合经济目标。为达此目标,汽车工业要不断吸收与采纳新技术、新工艺和新材料方面的最新研究成果。目前,汽车工业已成为先进制造技术的重要载体,许多高效自动的加工制造技术,如柔性制造系统(FMS)、计算机集成制造系统(CIMS),均已应用于汽车制造业中。但是无论是传统的制造技术还是先进制造技术,其核心均是以工艺信息内容为中心。可见工艺问题在整个制造业乃至汽车制造中的重要性。

### 1. 我国汽车制造业的现状、差距与前景

在我国经过 50 多年的发展,特别是改革开放以来的 30 年中,汽车工业抓住机遇并充分利用国外的资金与技术,确定了以快速发展轿车制造业为重点振兴我国汽车工业的发展战略。在相继建成一汽、东风、上海三大轿车基地之后,又陆续建成天津、北京、广州等一些较小的基地,同时引进项目无论在合资协作、基本建设方面,还是在国产化和产品质量及技术消化方面均取得了很大成绩,从而使我国的汽车工业实现了跨越式发展,汽车产







量连年大幅度递增,至2007年我国的汽车年产量已突破800万辆,总产量已跃居世界第三位。同时产品结构也趋于合理,扭转了“缺轻少重”、“轿车基本空白”的局面。

虽然我国的汽车工业在近期取得了举世瞩目的快速发展,但是与国外发达国家相比仍存在很大的差距。主要表现是:

(1)产品自主开发能力与工艺基础薄弱,缺少自主品牌,重复引进低档产品现象严重。

(2)汽车工业仍存在“散、乱、差”的弊病,致使投资分散,低档劣质产品充斥市场。

(3)制造技术水平低,全员劳动生产率低,关键零部件仍依靠进口。

(4)产品质量低,耗能与耗材高,企业管理水平较低缺乏国际竞争能力。

## 2. 今后的任务

随着经济快速发展和人民生活水平的提高,国内对轿车的需求量会继续增长。但是机遇与挑战共存,面对激烈的国际市场竞争与严峻的环境和资源的形势,我们应当与时俱进,迎接挑战,用科技进步来推动我国汽车工业的振兴。根据国家发展和改革委员会《汽车工业产业政策》规划,2020年我国的汽车总产量将达到1200万辆,其中轿车的产量为850万辆,使我国的汽车工业真正成为国民经济的支柱产业。为实现这一宏伟目标,应当着重抓好以下工作:

(1)改变目前汽车生产厂家过多、投资分散、生产规模小的不合理状况。重点扶植2~3家汽车企业集团迅速发展成具有相当实力的大型企业,同时还要支持6~7家汽车企业成为国内的骨干企业,以增强参与国际竞争的能力。

(2)要尽快解决重复引进低水平产品的问题,努力提高汽车产品的自主开发能力。重点解决零部件开发滞后于整车开发的问题。

(3)以先进制造技术为重点,集中力量解决汽车产品规模生产的关键技术与装备问题,全面提升行业的科技水平。

## 3. 汽车制造工艺学的研究对象、目的与要求

汽车制造工艺学是以汽车制造中的工艺问题为研究对象的一门应用性技术学科。工艺是使各种原材料、半成品成为产品的方法和过程。它又包括获得毛坯形状的工艺、提高表面质量的工艺、改变性能的工艺以及连接与装配工艺4类。工艺是生产中最活跃的因素,既是构思与想法,又是切实可行的方法与手段。产品的结构要符合工艺性,而且要通过由设备、工艺装备、工模具及工件(毛坯)所组成的工艺系统经过多道加工工艺,才能获得合格的产品。因此,工艺知识是从事制造业技术工作者必备的技术素质。本课程的研究重点是制造汽车零部件的工艺过程,包括汽车零件的加工工艺过程与装配工艺过程以及适合于汽车制造中大规模生产的先进制造工艺,使学生通过学习,掌握如下基本知识与技能:

(1)掌握获得汽车零件毛坯的主要成型工艺,并具备制订冲压工艺规程、模锻工艺规



程及注塑成型工艺规程的初步能力。还要了解激光拼焊板与高强度钢板在汽车轻量化中的应用等。

(2) 掌握机械制造工艺的基本理论(包括定位与基准理论、工艺与装配尺寸链理论、加工精度与误差分析理论等),学会研究分析加工质量的方法。

(3) 学会制订汽车零件机械加工工艺流程和部件、产品装配工艺过程的方法。

(4) 掌握机床夹具设计的基本原理与方法。

(5) 重点掌握汽车三大总成(发动机、底盘、车身)中典型零件的制造工艺过程,特别是车身制造中特有的覆盖件冲压工艺及模具设计。同时还要了解适用于汽车制造的先进制造技术,如数控机床、柔性加工系统、计算机集成制造系统及自动化生产线与装配线的知识,初步具备主管汽车生产工艺规划与综合管理的能力。

(6) 了解应用数字化制造技术,以专业的仿真技术为基础,来三维仿真整车的生产过程。

#### 4. 本课程的特点与学习方法

汽车制造工艺学是车辆工程专业的主干专业课。本课程的特点是工程实践性强、涉及面广且内容丰富。因此本课程的教学过程要采取课堂理论教学与实践性教学环节(如生产实习和课程设计)相结合的方式进行。在学习中要根据课程特点,注重以下3点:

##### 1) 勤于实践,学以致用

本课程的内容来源于生产和科研实践,学习工艺学的目的在于应用,在于不断提高工艺水平。因此,在学习过程中要重视实践环节,通过下厂参观实习,获得感性知识,并通过课程设计将基本概念与理论在实际中初步应用。

##### 2) 综合掌握,灵活运用

由于本课程的内容广泛,涉及到各类制造工艺和过程,因此在学习时,要善于综合运用已学过的专业基础课和专业课的知识,并运用辩证分析方法,如在分析产品设计与制造工艺这一对矛盾时,通常设计是矛盾的主要方面,制造工艺要服从产品设计,但在市场快速变化需迅速提供新产品时,矛盾的主要方面就会转化,这时就会强调设计适应制造。另外还要学会处理关于质量、生产率与经济性之间的辩证关系,力求在保证产品质量的前提下,不断提高劳动生产率并降低成本,采用优质、高效、低耗的生产工艺去完成汽车零件的加工与装配,并收到较好的经济效益。

##### 3) 重视学习和推广应用先进制造技术

要从发展战略高度重视学习和掌握先进制造技术,并将其应用于从汽车产品设计、加工制造到产品销售及市场维修全过程,以全面提高我国汽车制造业的技术水平。





# 第1章 汽车制造工艺过程概论

本章概要介绍汽车生产过程的主要内容,汽车生产中的工艺过程的基本概念,汽车专业化生产的组织形式。然后,分别讲解汽车生产中的毛坯制造工艺与汽车零部件的机械加工工艺的要点。

## 1.1 汽车生产的主要工艺过程及生产组织

汽车是由上万个零件组成的大型行走机械,并由诸多零件构成其三大总成——发动机、底盘与车身,从而形成具有动力源、行走系、转向系与制动系以及乘坐与承载系的齐全的功能。当代汽车制造业都采取专业化分工与协作的方式组织规模生产,以提高劳动生产率,保证产品质量与降低生产成本。

### 1.1.1 汽车生产过程方框图

将原材料或半成品通过各种工艺过程制成汽车零件,并经过装配制成各种总成,最终将各总成再总装成整车的过程即为汽车的生产过程。图1-1所示为汽车生产过程方框图。由图可知,它包括各种毛坯的制造、零件的机械加工、毛坯与零件的热处理和表面处理、部件(总成)装配和产品总装配。此外还包括毛坯、半成品及零部件的采购、运输与储存、质量检验、性能测试等。整个汽车的生产过程形成了一个庞大的信息流与物资流,其核心是按照既定的工艺信息科学地组织生产与协作。

### 1.1.2 有关工艺过程的基本概念与定义

#### 1. 工艺过程

在生产过程中,直接改变生产对象的形状、尺寸、相对位置和性质等,使其成为成品或半成品的过程称为工艺过程。如将原材料经过锻造或铸造过程制成锻件或铸件即为锻造工艺过程或铸造工艺过程。可以将这两种工艺过程与塑料成型工艺及粉末冶金成型工艺





统称为毛坯形状获得工艺。毛坯需要使用各种加工设备和工具来加工成零件,主要是进一步改变其形状与尺寸,称为机械加工工艺过程。亦称其为提高尺寸精度与表面质量的工艺。将半成品或成品通过焊接、铆接等连接成部件或将零件按一定的装配技术要求装配成部件(总成)或汽车整车称为连接与装配工艺过程。本书主要研究汽车生产过程中毛坯或半成品的锻造、特种铸造、冲压与注塑成型工艺、零件的机械加工工艺和装配工艺过程。

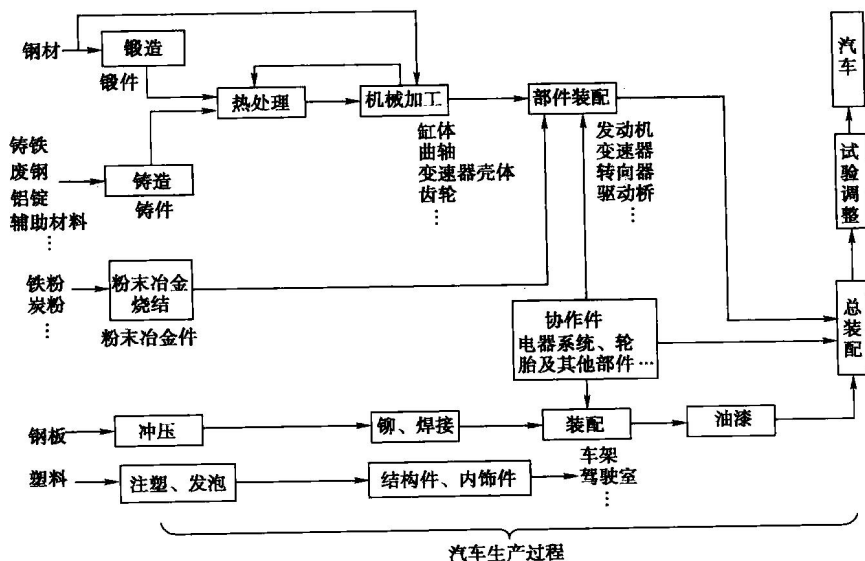


图 1-1 汽车生产过程方框图

## 2. 工艺过程的组成

工艺过程都是按一定顺序由若干工序组成。一个(或一组)工人,在一个工作地(机械设备)上对同一个(或同时对几个)工件所连续完成的那一部分工艺过程,称为工序。划分工序的主要依据是工作地是否改变和加工是否连续完成。工序是工艺过程的基本组成部分,也是生产计划的基本单元。工序又可细分为安装、工位和工步。

### 1) 安装

工件通过一次装夹后所能完成的那一部分工序称为安装。工件在一道工序内可以一次安装或几次安装。但为了提高生产效率和减小位置误差,应尽可能减少安装次数。

### 2) 工位

在一次装夹后,工件(或部件)与夹具或设备的可动部分一起相对于刀具或设备的固定部分所占据的每一个位置,称为工位。

### 3) 工步

在加工表面、加工工具不变的条件下,所连续完成的那部分工序称为工步。在汽车零





件的机械加工中,为了提高生产率,常采用多个刀具同时加工几个表面,这也算做一个工步,称其为复合工步。

### 1.1.3 汽车专业化生产的组织形式

#### 1. 生产纲领

企业根据市场需求和自身的生产能力,所规定的在一定计划期内所应当生产的产品产量和进度计划,称为生产纲领。它的大小决定了产品(或零件)的生产类型,而各种生产类型下又有不同的工艺特征,制订工艺规程必须符合其相应的工艺特征。因此生产纲领是制订和修改工艺规程的重要依据。

#### 2. 生产类型

根据工厂(车间、工段或班组)的生产专业化程度的不同和生产纲领中年产量的不同,存在着3种不同的生产类型,即大量生产、成批生产和单件生产。表1-1列举了汽车制造厂生产类型与生产特征及年产量之间的关系。

汽车制造厂机械加工车间生产类型的划分

表 1-1

生产类型 \ 汽车特征		轿车或1.5t以下商用车 年产量(辆)	商用车或自卸汽车年产量(辆)	
			2~6t汽车	8~15t汽车
成批生产	小批	2000以下		500以下
	中批	2000~10000		500~5000
	大批	10000~50000		5000~10000
大量生产		50000以上	30000以上	10000以上

#### 1) 大量生产

若每年生产的产品品种是单一的或只是几种系列化产品,而且产品的年产量很大,于是大多数工作地(或设备)常年固定地按照一定的节拍重复地进行某个或某几个相似零件的某一次工序,这样的生产称为大量生产。例如汽车、轴承、手表等的制造,通常都是以大量生产的方式进行的。

大量生产的车间(分厂)是按部件(总成)原则组织的,每个车间(分厂)固定生产一个或几个部件(总成)。如变速器车间,先将毛坯经机械加工变成变速器各零件,然后送至装配线装配成变速器,经调试合格后再送往总装配车间。为了提高生产率,生产线上多采用高生产率的专用机床和工艺装备,而设备是按工艺过程顺序排列的,即组织流水线或自动生产线。

#### 2) 单件生产

每年生产的产品品种很多或品种不确定,每个品种的数量不确定,每台设备或工作地单个地生产不同的产品,很少重复,称为单件生产。例如重型机器制造、专用设备制造以及汽车制造厂中的新产品试制车间与设备修造车间的生产均属于单件生产。







### 3) 成批生产

单品的数量较多且每种产品均有一定的数量,一年中轮番周期性地制造几种不同的产品,其制造过程有一定的重复性,称为成批生产。一般机床制造厂和中型汽车厂、拖拉机制造厂是成批生产的典型例子。

根据产品结构特征、生产纲领和批量等,成批生产又可分为小批生产、中批生产和大批生产。大批生产的工艺特征与大量生产相似。在成批生产中,为适应多品种产品的制造,设备和流水线必须具有可调性和较高的生产率。在一些中、小批生产的汽车制造厂中,除了广泛采用通用机床和专用机床外,对于一些关键零件或其主要工序,以及产量较大零件的加工,还采用一些高生产率的可调性好的专用机床和组合夹具等。

不同生产类型的汽车制造厂的工艺特征如表 1-2 所示。

不同生产类型的汽车制造厂的工艺特征

表 1-2

生产类型 特征	大批、大量生产	中批生产	单件、小批生产
产品	生产单一产品或系列化产品,数量很大。每台设备常年生产某一种零件的某一工序。产品改型后,原来的生产设备很难改装	生产单一产品或几种产品,数量较多。每台设备完成多种零件的相同工序。产品改型对生产有影响	生产多种产品,数量很少。产品改型对生产影响不大
生产组织	采用流水线或自动生产线。按部件(总成)组织生产	成批轮番生产。部分零件按流水线生产,部分按同类零件组织生产	零件生产无流水线。按零件类别划分车间或工段
生产设备	广泛采用高生产率的专用机床、组合机床、半自动或自动机床和自动生产线	采用万能机床,部分采用高效率的专用机床和组合机床、数控机床等	广泛采用万能机床,部分采用数控机床、自动换刀数控机床等
工艺装备	广泛采用专用复合刀具、成型刀具;专用高效率量具或自动化量具;高效率专用夹具	部分采用标准刀具、万能量具、夹具,部分采用高效率的专用刀具、量具、夹具和组合夹具	广泛采用标准刀具、万能量具、万能夹具、组合夹具
机床调整方法	工件在已调整好的机床上加工	工件大部分在已调整好的机床上加工,部分用试切法工作	基本上用试切法加工
对毛坯的要求	高精度、余量小的各种毛坯。大量采用精铸件、压铸件、金属模铸件、模锻件、粉末冶金件、冲压件、挤压件等	主要采用金属模铸件、模锻件或胎模锻件,部分采用精密铸、锻件等	采用木模铸件、手工造型,自由锻件等,毛坯精度低,余量大
工艺文件	有详细的工艺文件,重点工序有工序调整卡	有工艺过程卡,重点工序有工序调整卡	工艺文件简单,只有工艺过程卡

为了大批量高效率地制造汽车,当代大的汽车制造厂都是按照产品(部件)专业化、工艺专业化原则组织协作化生产。如第一汽车集团公司设有专门生产铸锻件毛坯的铸造



公司与锻造公司、生产发动机的发动机分厂、生产底盘的底盘分厂及生产车身总成的车身分厂等骨干专业分厂。这些分厂(车间)只是汽车生产过程中的一部分。但是汽车制造厂的主机厂并不是自家生产装配整车所需的全部零部件,还有大量的协作件,如玻璃、轮胎、电器及车灯等,由其他专业厂供应。

## 1.2 汽车零件毛坯形状获得的方法

汽车的许多承载零件,如连杆、曲轴、齿轮,都是采用模锻工艺先制成毛坯,再经过机械加工制成零件。据估计,模锻件要占到汽车行业锻件的90%以上。另外,车身覆盖件和车架的许多零件都是采用冲压工艺制成半成品和成品的。在汽车生产过程中,冲压的工作量和冲压零件的数量,均占整个汽车生产工作量与汽车总零件数量的30%以上。因此,塑性加工技术(包括锻造、冲压与粉末冶金)在汽车生产过程中占有举足轻重的地位。本节将介绍为汽车制造提供毛坯的模锻工艺以及毛坯精化的近净成型工艺。

### 1.2.1 模锻工艺

#### 1. 模锻成型过程及其优点

##### 1) 模锻

利用模具使坯料变形而获得锻件的锻造方法称为模锻。按变形的特点,模锻可分为开式模锻和闭式模锻。按所用设备的不同,模锻可分为锤上模锻、热模锻压力机上模锻、平锻机上模锻、摩擦压力机上模锻等。

##### 2) 模锻成型过程

通常,(锤上)模锻是经过制坯工步、预锻和终锻工步、切断工步来锻制所需的锻件的。完善的模锻工艺过程应包括下料、毛坯质量检验、加热、模锻、切边冲孔、表面清理、校正—精压、锻件热处理、质量检验、入库等工序。

##### 3) 模锻工艺的优点

模锻是成批或大批量生产汽车锻件的主要制造毛坯的工艺。由于是在锻压设备动力的作用下,使毛坯在锻模的型槽中被迫塑性流动成型,从而获得质量较高的锻件。

模锻具有如下优点:

- ①生产效率高;
- ②锻件形状较复杂,尺寸精度和表面质量较高;
- ③可使金属流线分布更为完整合理,从而提高了零件的使用寿命;
- ④锻件的机械加工余量较小,材料利用率较高;
- ⑤锻件成本较低;
- ⑥易于组织机械化、自动化生产线。





## 2. 汽车模锻件的分类

按照国际惯例,可将汽车生产中常用的各种锻件分为圆饼类和长轴类两大类,详见第10章。

### 1.2.2 毛坯精化及近净成型工艺

模锻件由于带有机加工余量、毛边、工艺敷料等,其材料利用率通常在50%左右。为了提高生产率和材料利用率并提高锻件的精度,锻造毛坯的精化及近净成型新工艺在汽车工业中获得了广泛的应用。下面简要介绍几种锻件毛坯精化的近净成型工艺实例。

#### 1. 精密模锻

与普通模锻相比,精密模锻能获得表面质量好、机械加工余量少和尺寸精度较高的锻件。精密模锻主要应用于两方面:一是精化毛坯,即利用精锻工艺取代粗切削加工工序,将精锻件直接进行精加工而得到成品零件;二是精锻零件,即通过精密模锻直接获得成品零件。

以下为精化毛坯的应用实例:

#### 例1 圆柱齿轮轮坯无毛边模锻

模锻如图1-2所示的圆柱齿轮,当其直径在170~300mm范围时,可在10000kN螺旋压力机上进行无毛边模锻。对于直径小于200mm的齿轮坯不需要锻粗制坯,可以直接对毛坯进行终锻。对于直径较大且轮毂高而过渡圆角半径小的齿轮坯,为了保证轮毂处能充满,则应锻粗制坯,经锻粗后毛坯的高度 $H_r$ 可用下面经验公式计算:

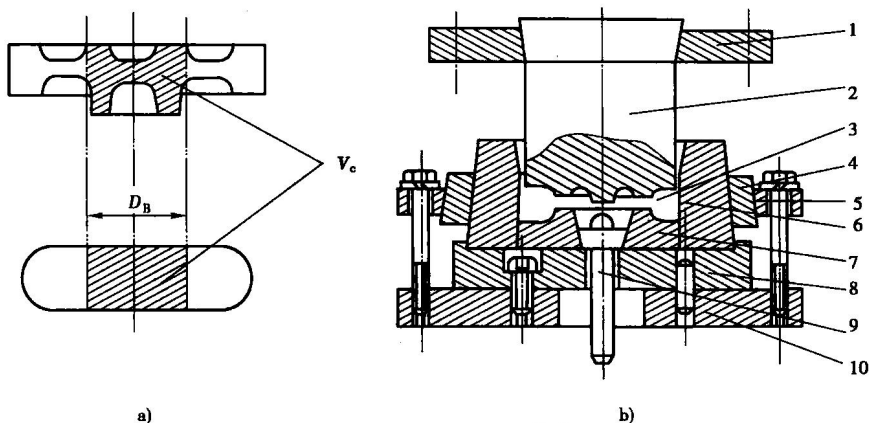


图1-2 齿轮轮坯无毛边模锻

a) 齿轮坯;b) 模具结构

1-上模压板;2-上模;3-锻件;4-压套;5-压紧圈;6-模套;7-下模;8-下模座;9-顶杆;10-垫板

$$H_r = \frac{V_c}{\pi \left(\frac{D_B}{2}\right)^2} \quad (1-1)$$

