

A detailed wireframe model of a car, showing the intricate mesh structure of the body panels, wheels, and interior components. The model is rendered in a dark, metallic grey color against a black background, highlighting the geometric complexity of the vehicle's design.

# 冲压工艺

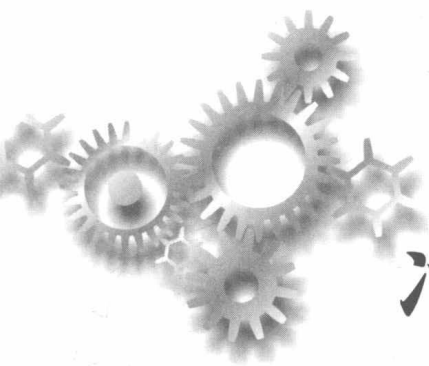
## 在汽车制造中的应用

■ 杜长胜◎著

非外借



九州出版社  
JIUZHOU PRESS



# 冲压工艺

## 在汽车制造中的应用

杜长胜 著

## 图书在版编目(CIP)数据

冲压工艺在汽车制造中的应用 / 杜长胜著. -- 北京 :  
九州出版社, 2017.8  
ISBN 978-7-5108-5798-0

I . ①冲… II . ①杜… III . ①汽车—冲压—生产工艺  
IV . ① U463.820.6

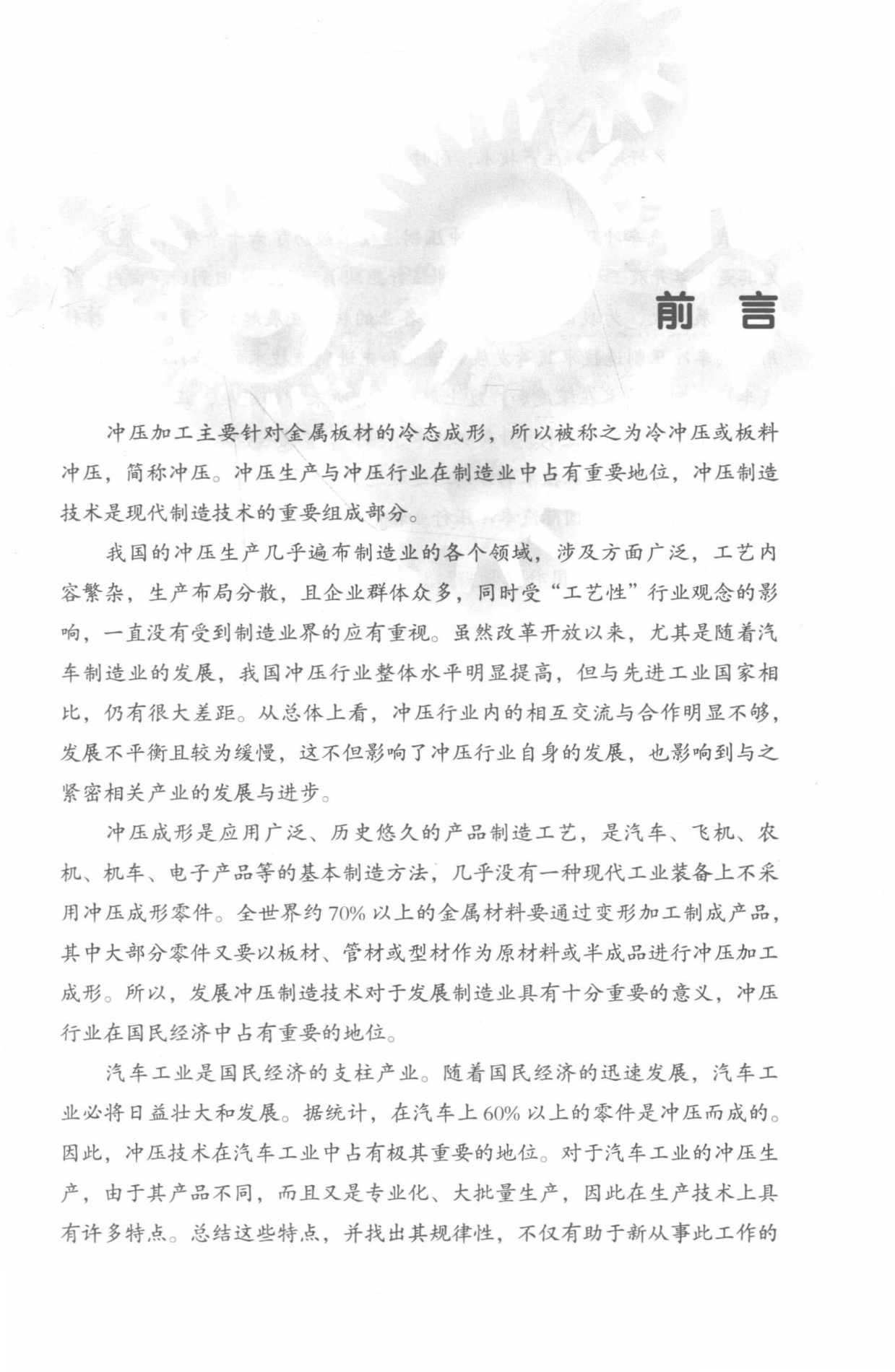
中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 206135 号

## 冲压工艺在汽车制造中的应用

---

作 者 杜长胜 著  
出版发行 九州出版社  
地 址 北京市西城区阜外大街甲35号 (100037)  
发行电话 (010) 68992190/3/5/6  
网 址 [www.jiuzhoupress.com](http://www.jiuzhoupress.com)  
电子信箱 [jiuzhou@jiuzhoupress.com](mailto:jiuzhou@jiuzhoupress.com)  
印 刷 北京朗翔印刷有限公司  
开 本 710毫米×1000毫米 16开  
印 张 11.5  
字 数 180千字  
版 次 2018年6月第1版  
印 次 2018年6月第1次印刷  
书 号 ISBN 978-7-5108-5798-0  
定 价 48.00元

---



# 前言

冲压加工主要针对金属板材的冷态成形，所以被称之为冷冲压或板料冲压，简称冲压。冲压生产与冲压行业在制造业中占有重要地位，冲压制造技术是现代制造技术的重要组成部分。

我国的冲压生产几乎遍布制造业的各个领域，涉及方面广泛，工艺内容繁杂，生产布局分散，且企业群体众多，同时受“工艺性”行业观念的影响，一直没有受到制造业界的应有重视。虽然改革开放以来，尤其是随着汽车制造业的发展，我国冲压行业整体水平明显提高，但与先进工业国家相比，仍有很大差距。从总体上看，冲压行业内的相互交流与合作明显不够，发展不平衡且较为缓慢，这不但影响了冲压行业自身的发展，也影响到与之紧密相关产业的发展与进步。

冲压成形是应用广泛、历史悠久的产品制造工艺，是汽车、飞机、农机、机车、电子产品等的基本制造方法，几乎没有一种现代工业装备上不采用冲压成形零件。全世界约70%以上的金属材料要通过变形加工制成产品，其中大部分零件又要以板材、管材或型材作为原材料或半成品进行冲压加工成形。所以，发展冲压制造技术对于发展制造业具有十分重要的意义，冲压行业在国民经济中占有重要的地位。

汽车工业是国民经济的支柱产业。随着国民经济的迅速发展，汽车工业必将日益壮大和发展。据统计，在汽车上60%以上的零件是冲压而成的。因此，冲压技术在汽车工业中占有极其重要的地位。对于汽车工业的冲压生产，由于其产品不同，而且又是专业化、大批量生产，因此在生产技术上具有许多特点。总结这些特点，并找出其规律性，不仅有助于新从事此工作的

人能更快、更好地掌握生产技术，同时也将会促进生产技术的进一步发展和提高。

我国的汽车冲压行业和汽车冲压制造技术经历了六十余年的发展历程。尤其是改革开放三十多年来，汽车冲压行业从小到大、从旧到新、由内向外不断发展壮大，为我国制造业和各行各业的快速发展起到了重要的支撑作用。汽车冲压制造技术随着发展制造业和先进制造技术的推动而迅猛发展，汽车冲压制造技术在深度和广度上取得了前所未有的进展，正在朝着与高新技术结合，用信息技术、计算机技术、现代测控技术和先进适用技术与装备，改造提升传统冲压技术的方向迅速迈进。同时，也为我国冲压行业逐步走上专业化道路，与国际汽车冲压行业和市场接轨奠定了基础。

# 目 录

|                              |   |
|------------------------------|---|
| 第一章 冲压工艺在汽车制造中的应用及发展趋势 ..... | 1 |
|------------------------------|---|

|                           |   |
|---------------------------|---|
| 第一节 冲压工艺在汽车制造中的应用概述 ..... | 3 |
|---------------------------|---|

|                           |   |
|---------------------------|---|
| 第二节 冲压特种工艺在汽车制造中的应用 ..... | 5 |
|---------------------------|---|

|                           |    |
|---------------------------|----|
| 第三节 冲压工艺在汽车制造中的发展趋势 ..... | 10 |
|---------------------------|----|

|                  |    |
|------------------|----|
| 第二章 冲压工艺介绍 ..... | 13 |
|------------------|----|

|                            |    |
|----------------------------|----|
| 第一节 冲压同步工程在车身数模设计的作用 ..... | 15 |
|----------------------------|----|

|                  |    |
|------------------|----|
| 第二节 冲压模面设计 ..... | 16 |
|------------------|----|

|                       |    |
|-----------------------|----|
| 第三节 冲压 CAE 仿真分析 ..... | 20 |
|-----------------------|----|

|                  |    |
|------------------|----|
| 第四节 冲压工艺设计 ..... | 34 |
|------------------|----|

|                  |    |
|------------------|----|
| 第五节 冲压工序分类 ..... | 36 |
|------------------|----|

|                     |    |
|---------------------|----|
| 第六节 冲压检具分类、设计 ..... | 38 |
|---------------------|----|

|                     |    |
|---------------------|----|
| 第七节 冲压模具、检具选材 ..... | 40 |
|---------------------|----|

|                       |    |
|-----------------------|----|
| 第八节 冲压质量缺陷及解决措施 ..... | 42 |
|-----------------------|----|

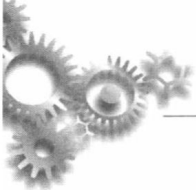
|                     |    |
|---------------------|----|
| 第九节 冲压奥迪特评审规则 ..... | 44 |
|---------------------|----|

|                           |    |
|---------------------------|----|
| 第十节 冲压件材料利用率计算及提升方法 ..... | 46 |
|---------------------------|----|

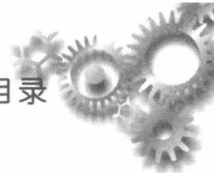
|                      |    |
|----------------------|----|
| 第三章 TS16949 体系 ..... | 51 |
|----------------------|----|

|                      |    |
|----------------------|----|
| 第一节 TS16949 概述 ..... | 53 |
|----------------------|----|

|               |    |
|---------------|----|
| 第二节 MSA ..... | 54 |
|---------------|----|



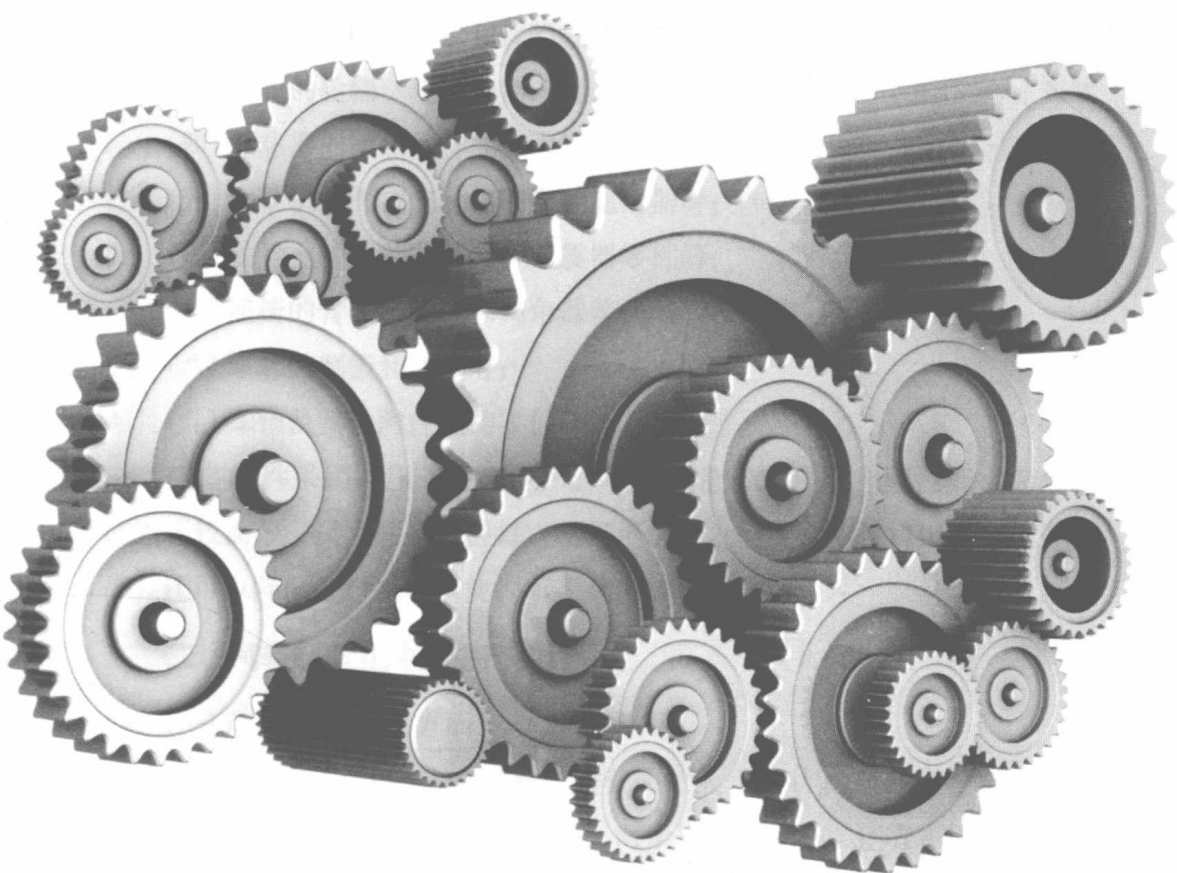
|                                      |                          |            |
|--------------------------------------|--------------------------|------------|
| 第三节                                  | 冲压 PFEMA .....           | 57         |
| 第四节                                  | 冲压控制计划 .....             | 59         |
| 第五节                                  | 冲压过程流程图 .....            | 63         |
| 第六节                                  | 冲压过程特殊特性矩阵 .....         | 65         |
| <br><b>第四章 冲压工艺在汽车车架制造中的应用 .....</b> |                          | <b>67</b>  |
| 第一节                                  | 概述 .....                 | 69         |
| 第二节                                  | 车架纵梁、横梁的分类与材料 .....      | 72         |
| 第三节                                  | 车架纵梁、横梁冲压工艺设计及质量控制 ..... | 76         |
| 第四节                                  | 车架纵梁、横梁冲压模具设计及其发展 .....  | 87         |
| 第五节                                  | 车架纵梁、横梁质量缺陷及解决措施 .....   | 91         |
| 第六节                                  | 纵梁与横梁加工设备及其发展 .....      | 95         |
| 第七节                                  | 纵梁生产线案例分析 .....          | 100        |
| 第八节                                  | 车架纵梁、横梁工艺装备发展趋势 .....    | 103        |
| <br><b>第五章 冲压工艺在汽车车轮制造中的应用 .....</b> |                          | <b>109</b> |
| 第一节                                  | 概述 .....                 | 111        |
| 第二节                                  | 汽车车轮的分类与材料 .....         | 114        |
| 第三节                                  | 型钢车轮冲压工艺及发展 .....        | 115        |
| 第四节                                  | 旋压车轮冲压工艺及发展 .....        | 117        |
| 第五节                                  | 车轮冲压设备及其发展 .....         | 118        |
| 第六节                                  | 车轮冲压生产线案例分析 .....        | 127        |



|                                    |            |
|------------------------------------|------------|
| <b>第六章 冲压工艺在汽车桥壳中的应用 .....</b>     | <b>131</b> |
| 第一节 汽车桥壳的冲压成形工艺及其发展 .....          | 133        |
| 第二节 汽车桥壳冲压成形模具及其发展 .....           | 137        |
| 第三节 汽车桥壳成形设备及其发展 .....             | 139        |
| 第四节 汽车桥壳未来的发展 .....                | 141        |
| <b>第七章 冲压工艺在汽车散热器中的应用 .....</b>    | <b>143</b> |
| 第一节 概述 .....                       | 145        |
| 第二节 汽车散热器构造简介 .....                | 145        |
| 第三节 汽车散热器冲压工艺 .....                | 147        |
| <b>第八章 冲压工艺在汽车制造中的材料质量分析 .....</b> | <b>155</b> |
| 第一节 应变分析法 .....                    | 157        |
| 第二节 观察法 .....                      | 158        |
| 第三节 影响零件冲压成败的材料因素 .....            | 159        |
| <b>参考文献 .....</b>                  | <b>173</b> |

# 第一章

## 冲压工艺在汽车制造中的应用及发展趋势







## 第一节 冲压工艺在汽车制造中的应用概述

### 一、冲压技术在汽车制造业占有重要地位

据统计,汽车上有60%~70%的零件是用冲压工艺生产出来的。因此,冲压技术对汽车的产品质量、生产效率和生产成本都有重要的影响。

由于冲压工艺具有生产效率高、尺寸一致性好、原材料消耗低等优点,所以,汽车上的许多结构件,广泛采用冲压件。例如:

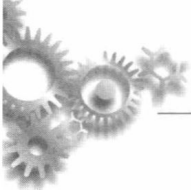
- (一) 车身的内、外覆盖件和骨架件;
- (二) 车架的纵梁、横梁和保险杠等;
- (三) 车轮的轮辐、轮辋和挡圈等;
- (四) 散热器的散热片、冷却水管和储水室等;
- (五) 发动机的气缸垫、油底壳和滤清器等;
- (六) 底盘上的制动器零件、减震器零件等;
- (七) 座椅的骨架、滑轨和调角器等;
- (八) 车厢的侧板和底板等;
- (九) 车锁及其他附件上的零件等。

这些零件采用冲压工艺来生产,不仅质量轻、强度和刚性好,而且工艺过程较简单、尺寸的一致性好、材料消耗少。因此,不仅可以提高生产效率,还可以降低生产成本,使汽车工业得以迅速发展。

### 二、汽车制造业冲压生产特点

#### (一) 产品(冲压件)方面

汽车上的冲压件,总的说来,具有尺寸大、形状复杂、配合精度及互换性要求高和外观质量要求高等特点。对于不同的零件,还有不同的工艺特



点,所用的设备、模具、材料都不同。例如:汽车覆盖件,多是三维非数学曲面,它不仅外观质量要求高,以满足汽车造型的要求,而且要求配合精度高、形状和尺寸的一致性好,以保证其焊接和装配的质量。因此,生产汽车覆盖件所用的设备、模具和原材料,都和一般冲压件生产所用的设备、模具和原材料有所不同。

### (二) 冲压设备方面

汽车工业用的冲压设备,具有吨位大、台面尺寸大、性能要求高、生产效率高等特点。压力机吨位从 160 ~ 40000kN。覆盖件拉深多采用双动压力机。为了适应流水生产的要求,减少换模时间,广泛采用活动台面的压力机。为了满足大量生产的要求,还采用多工位压力机。机械化、自动化的冲压生产线被广泛采用。

### (三) 冲压材料方面

冲压材料的品种和规格很多。包括黑色金属、有色金属和非金属材料,厚度从 0.05mm ~ 16mm。

对钢板(带)的性能,要求强度高、工艺性能好。例如:覆盖件和壳体件用的材料,对拉深性能要求特别高。纵梁和横梁用的材料,对弯曲性能和强度要求很高。这些汽车专用的材料,还制定了专门的技术标准。

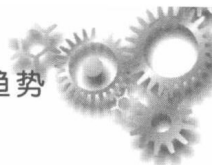
### (四) 模具方面

由于汽车零件的尺寸大、形状复杂、生产批量大,因此,汽车工业的模具也具有尺寸大、形状和结构复杂等特点。例如:汽车覆盖件冲模,模具的形状复杂,需有主模型(或数据软件)作依据、在仿形铣床(或数控铣床)上加工,检测需用三坐标测量机,模具的研配需用专门的研配压床等。这些都是和一般模具制造不同的。

### (五) 生产和管理方面

汽车生产的规模,多数是大批量生产,尤其是轿车。冲压生产多采用机械化流水作业的生产方式,也有部分采用自动或半自动生产的。

汽车生产采用专业化、大协作配套生产,许多零部件都是由配套厂生产的。为了确保主机(汽车)厂的产品质量和生产的顺利进行,主机厂对零



部件(配套)厂家的选择和管理是非常严格和复杂的。比如,在质量的保证方面,主机厂要求零部件配套厂家,除了要按 ISO9000 标准的要求做好外,还要执行汽车行业的 QS9000 标准。

### 三、汽车工业是推动冲压技术发展的强大动力

汽车工业是国民经济的支柱产业,它的提高和发展,既受各行各业的影响和制约,同时,反过来,汽车工业的发展,又必然会推动各行各业提高和发展。

冲压技术的提高和发展,也是与汽车工业的发展紧密相连的。例如:

(一) 冲压材料——由于汽车工业的发展,促进了深拉延钢、汽车大梁用钢、低合金高强度钢、型钢等钢种的产生和发展;

(二) 冲压设备——由于汽车工业的需要,促进了大吨位压力机、双动压力机、多工位压力机和活动台面压力机的发展;

(三) 冲压工艺——由于轿车工业的发展,促进了双动拉深和精冲技术的广泛应用与发展;

(四) 模具方面——由于汽车工业的发展,促进了实型铸造、刃口堆焊和 CAD/CAM 技术的应用和发展。

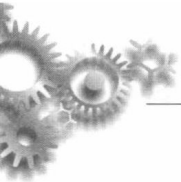
由此可见,汽车工业的发展,是推动冲压技术发展的强大动力。

## 第二节 冲压特种工艺在汽车制造中的应用

### 一、内高压成形技术

#### (一) 内高压成形技术概述

内高压成形是一种以液体为传压介质,利用内高压(工作压力通常为 100MPa ~ 400MPa,最高达 1000MPa)使金属管坯变形成为具有三维形状零件的现代塑性加工技术,属于液压成形的范畴,内高压成形原理是通过对管坯内部液体加压和两端轴向加力补料,把管坯压入到模具型腔中使其成形。



高压流体通常使用水或液压油，在某些特殊用途上也采用气体，或低熔点金属粉末性集合物等。

内高压成型的基本工艺过程，是首先将管坯放入下模，闭合上模，然后在管坯内充满液体并开始加压，在加压的同时管端的压头与内高压建立一定的匹配关系，向内进行给使管坯成形。内高压成型适用于制造航空航天及汽车工业新使用的沿构件轴线有变化的圆形、矩形及异形截面空心构件。

目前，内高压成型工艺主要用来整体成形变径管、弯曲轴线异形截面空心零件和薄壁多通管零件。这类零件传统制造工艺是先冲压成形两个或两个以上半片冲压件，再将其焊成整体零件，为减少焊接变形，一般采用点焊工艺，因而得到的零件不是封闭的截面。而且，冲压件截面形状相对比较简单，难以满足结构设计的需要。

### (二) 内高压成型工艺的技术特点

与传统冲压工艺比较，在诸如副车架等零件的成形方面，内高压成形的加工方式与传统的冲压焊接工艺相比有着较大的优势，其特点如下。

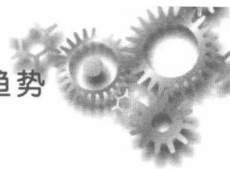
1. 减轻重量，节约材料。如框、梁类结构件，内高压成形件比冲压件减轻 20% ~ 40%；空心轴类件可以减轻 40% ~ 50%。

2. 减少零件和模具数量，降低模具费用。内高压成形件通常仅需要一套模具，而冲压件生产大多需要多套模具。例如，副车架的生产模具可以由 6 套减少到 1 套，散热器支架模具可以由 17 套减少到 10 套。

3. 减少后续机械加工和组装焊接量。以散热器支架为例，内高压成形件的散热面积增加了 43%，焊点由 174 个减少到 20 个，装配工序由 13 道减少到 6 道，生产率提高了 66%。

4. 提高零件的强度和刚度，尤其是疲劳强度。仍以散热器支架为例，内高压成形件的疲劳强度在垂直方向提高 39%，水平方向提高 50%。

5. 降低生产成本。根据德国某公司对应用内高压成型技术生产的零件的对比分析，内高压件的成本比冲压件的成本平均降低 15% ~ 30%，模具费用降低 20% ~ 30%。



### (三) 内高压成形技术的应用

内高压工艺适于成形沿构件轴线变化的圆形、矩形或异形截面空心构件,包括汽车副车架、散热器支架、底盘构件、车身框架、座椅框架、前轴、后轴及驱动轴、凸轮轴及排气系统异型管件等。

## 二、板材热成形技术

为了达到不断提高的碰撞安全标准,降低油耗和减少排放,车身支柱等零件需要使用超高强度钢板,但是超高强度钢板冷冲压成形难度极大,因此需要采用热成形工艺。

热成形技术是一项专门用于成形高强度钢板冲压件的新技术,可以成形强度高达 1500MPa 的冲压件,而且高温下成形几乎没有回弹,具有成形精度高、成形性能好等优点,目前该项技术在国外发展应用十分迅速。

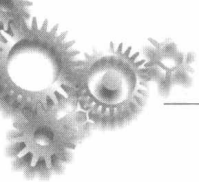
板材热成形是将坯料加热到再结晶温度以上某一适当温度,使板料在奥氏体状态时进行成形,以降低板料成形时的流动应力,提高板料的成形性。为了防止热加工导致强度降低,热成形方法还必须辅以合适的热处理方式。板材热成形工艺流程为:落料——预成形——加热——冲压成形保压(使零件形状稳定)——去氧化皮——激光切边冲孔——涂油(防锈处理)。成形后续工艺:处理表面氧化皮(喷丸),激光切割机完成零件外周边和孔的加工。

热成形是一条专用生产线,包含加热设备、传送机构、热成形液压机、上下料机构和带有快速冷却系统的热成形模具等。设备工装一次性投资比较大,制造成本较高。国内已建成二三十条热冲压成形生产线。

## 三、精密冲裁技术

### (一) 精密冲裁加工的零件

精密冲裁包含强力压边精密冲裁和对向四模精密冲裁,它可加工齿轮、棘轮、链轮、凸轮、法兰盘、夹板、杠杆、拨叉、摩擦块、离合器片等各种扁平类零件。精密冲裁取代传统的切削加工,具有优质、高效、低耗的特点,技术经济效果显著。



### (二) 适用于精密冲裁工艺的材料

1. 钢材，大约 95% 的精密冲裁零件材料是钢材，其中大部分是低碳钢。
2. 铜和铜合金。
3. 铝和铝合金。

### (三) 精密冲裁工艺润滑

精密冲裁过程中，为了使模具工作面和工件剪切面之间得到润滑，必须保证：模具工作部位应设计有储存润滑剂的相应结构；润滑剂数量充分；采用耐压、耐温和附着力强的润滑剂。

### (四) 精密冲裁模具

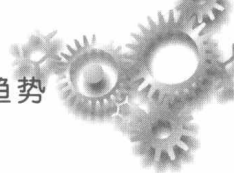
一般精密冲裁模与普通冲模复合模相比，主要有以下特点。

1. 精密冲裁模的压板和推件板在剪切过程中将对金属板施加较大压力，在剪切区域产生三向压力，而普通冲模的压板和推件板只起卸料和推件作用，因此，精密冲裁模具所承受的载荷要比普通冲模大得多。
2. 精密冲裁模的凸模与凹模之间的剪切间隙很小，约为普通冲模的 5% ~ 10%。
3. 精密冲裁模的压料板上有凸出齿圈，而普通冲模是平的。
4. 精密冲裁模冲内形孔采用推料杆顶出全部废料，普通冲模大部分是由主凹模漏料。
5. 精密冲裁模具要求精度高、强度大、刚性好和工作平稳可靠等。

## 四、TOX 冲压连接技术

### (一) TOX 冲压连接技术原理与应用

TOX 冲压连接技术是一种新兴的板件连接技术，其基本原理是利用一个简单的圆形凸模，在普通的冲压设备上，通过一个冲压过程即可将被连接的板件挤压进相应的凹模，在进一步的挤压作用下，凸模侧的板件材料挤压凹模侧的板件材料，使其在凹模内流动变形，如此即可产生一个既无棱边，又无毛刺的连接圆点。对有漆层或镀铬、镀锌层的板件，在连接过程中其漆层或镀层也随之流动变形，不会被损坏，故此连接圆点不会影响板件材料的



抗蚀性，且连接过程自动化程度高，可单点或多点同时连接，并能进行无损连接强度检测及全过程自动监控，生产效率很高。

### (二) TOX 冲压连接的材料范围

1. 板材材料：相同或不同的金属材料、板材及型材。
2. 板件厚度：最小单层板厚度约为 0.3mm，最大组合板厚约为 8.0mm。
3. 板件表面：无镀层的，单面或双面镀层的，喷漆的，覆以塑料薄膜的，有油或干燥表面。
4. 板件层数：2 层、3 层、4 层，中间夹层（纺织物、塑料、箔、薄膜纸）。

### (三) TOX 冲压连接技术的优势

1. 与点焊相比，节省费用 30% ~ 60%。
2. 动态疲劳连接强度远远高于点焊。
3. 可多点同时连接，生产效率高。
4. 不损伤连接点处工作的镀层或涂层，无连接变形。
5. 可简便地对连接强度进行无损伤检测。
6. 材料在连接点处受到挤压，从而被强化，不会出现力学上的应力集中现象。
7. 无论在极狭窄的法兰边缘还是在很小的安装空间都可以完美地实现 TOX 冲压连接。
8. 模具简单，凸模、凹模中均无活动零件，易于加工。
9. 可对等厚或不等厚的材料进行多层连接。
10. 不损伤连接处母材的涂层或镀层，连接后的工件无畸变，无需整形。
11. 可自动监控和输出连接加工过程状态。
12. 容易实现自动化流水生产。