

# 金属冲压加工

——使您的产品从概念直达用户

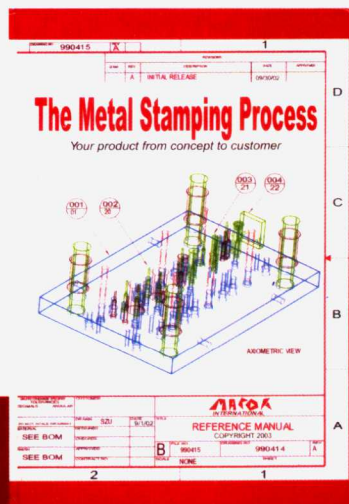
## The Metal Stamping Process

*Your product from concept to customer*

[美] 詹姆斯·苏祖梅瓦 (James A. Szumera) 著

张国强 译

Chemical Industry Press



化学工业出版社

工业装备与信息工程出版中心

# 金属冲压加工

## ——使您的产品从概念直达用户

[美] 詹姆斯·苏祖梅瓦 (James A. Szumera) 著

张国强 译



化学工业出版社

工业装备与信息工程出版中心

·北京·

## 图书在版编目(CIP)数据

金属冲压加工: 使您的产品从概念直达用户/[美] 苏祖梅瓦 (Szumera, J.) 著; 张国强译. —北京: 化学工业出版社, 2006. 4

书名原文: The Metal Stamping Process: your product from concept to customer

ISBN 7-5025-8315-7

I. 金… II. ①苏… ②张… III. 冲压-工艺学 IV. TG38

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 014241 号

The Metal Stamping Process: your product from concept to customer/by Jim Szumera

ISBN 0-8311-3164-0

Copyright © 2003 by Industrial Press Inc. All rights reserved.

Authorized translation from the English language edition published by Industrial Press Inc., New York, New York 10016.

本书中文简体字版由 Industrial Press Inc. 授权化学工业出版社独家出版发行。未经许可, 不得以任何方式复制或抄袭本书的任何部分。

北京市版权局著作权合同登记号: 01-2005-2926

---

## 金属冲压加工

使您的产品从概念直达用户

[美] 詹姆斯·苏祖梅瓦 (James A. Szumera) 著

张国强 译

责任编辑: 张兴辉 刘丽宏

责任校对: 边 涛

封面设计: 尹琳琳

\*

化学工业出版社 出版发行

工业装备与信息工程出版中心

(北京市朝阳区惠新里3号 邮政编码 100029)

购书咨询: (010)64982530

(010)64918013

购书传真: (010)64982630

http: www.cip.com.cn

\*

新华书店北京发行所经销

北京云浩印刷有限责任公司印装

开本 720mm×1000mm 1/16 印张 14 字数 223 千字

2006 年 4 月第 1 版 2006 年 4 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-8315-7

定 价: 29.00 元

---

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

## 内 容 提 要

本书是一本针对性和实用性很强的冲压设计资料,对模具成本预测(ProQuote 软件)、模具材料、冲压车间,各种冲压工艺经常出现的缺陷与改进措施,电子检测和控制技术用于模具设计中等方面的内容进行了深入浅出地介绍,列举了很多实用的金属冲压变形和模具设计的方法、公式以及金属冲压加工的典型实例,介绍了许多提高冲压模具性能和冲压零件性能的措施,对金属冲压相关技术变革和材料、润滑及精度等方面内容进行了展望,提供了 1000 个美国国防部标准缩写及美国军用电镀标准。书中尽量用图、表、公式说明复杂的模具结构设计及参数和工艺计算,简洁、直观,便于读者学习掌握。

本书可供金属冲压和模具行业的工程技术人员、一线工人阅读,也可供从事金属冲压理论和应用研究的科研人员和相关师生参考。

## 译者前言

该书是一本针对性和实用性很强的冲压设计资料，所有的工艺计算和模具结构设计都是围绕冲压产品设计及可成形性预测展开，分别对模具成本预测（软件）、模具材料、冲压车间、各种冲压工艺经常出现的缺陷与改进措施、电子检测和控制技术用于模具设计中等方面的内容进行了介绍。

写作手法和内容与我国现有的资料有很大不同，该书注重实用性，其中的一些工艺设计具有一定的参考价值。本书同样适于大专院校学生和工程技术人员阅读。我们深信此书会给模具设计者提供很大的帮助。

书中所用单位为英制单位，图表中未注尺寸单位为英寸，使用时可按书中提供的换算关系进行换算，其中部分图的画法与我国现行的制图画法有所不同，望读者在阅读时加以区别对待。

本书由山东大学材料学院张国强翻译，山东电子职业技术学院的董红老师参与了第1章和第13章的翻译与全书的校对工作，山东交通学院的吴承格老师参与了第7章和第8章的翻译工作，山东大学威海分校的林淑霞老师也参与了本书的翻译工作，感谢山东大学材料学院的研究生张磊、周善崇的参与和帮助，另外感谢关心本书翻译的所有人。

由于译者水平有限，译文中的不妥之处在所难免，希望读者批评指正。

译者

2005年12月

# 前 言

本书主要针对在金属冲压企业的工作人员，它阐述了该行业所用的理论和原理，技术变革和材料、润滑及精度等方面的改进已经替代了以前论文中的许多公式和理论，书中介绍了许多提高性能的公式、概念和建议。

## 作者简介

基姆 苏祖梅瓦是 MACOR 的合作发起人之一，在金属冲压行业工作已达 35 年，在这期间，苏祖梅瓦先生在制造和产品设计领域工作长达十年之久，他的工作背景很深，涉及范围很广，从最小的电子连接件到大型金属构件的冲压模具、高速硬质合金、自动模和多滑块模具，他的产品知识包括次小型件、电子机械继电开关、锁具和其他的消费产品。他是葛莱生学院绘图和工程技术顾问委员会成员，他是一个有资质的指导者，主要给公众和威斯康星大学进行合作培训并讲授金属冲压工艺和其他内容，他拥有若干项美国专利、商标和著作权。

# 目 录

|                              |           |
|------------------------------|-----------|
| <b>第 1 章 金属冲压分类 .....</b>    | <b>1</b>  |
| 1.1 挤压或压印 .....              | 1         |
| 1.2 弯曲或多重弯曲成形 .....          | 1         |
| 1.3 拉深成形 .....               | 1         |
| 1.4 深拉深成形 .....              | 2         |
| 1.5 冲裁和精密冲裁 .....            | 2         |
| <b>第 2 章 零件设计 .....</b>      | <b>3</b>  |
| 2.1 产品实验与原型设计 .....          | 3         |
| 2.2 产品的自动化生产 .....           | 4         |
| 2.3 产品尺寸和公差 .....            | 5         |
| 2.4 产品质量预测 .....             | 12        |
| 2.5 工程变更 .....               | 12        |
| <b>第 3 章 成本估算与报价 .....</b>   | <b>15</b> |
| 3.1 外协/自制的确定 .....           | 15        |
| 3.2 PROQUOTE 软件介绍 .....      | 15        |
| 3.3 用 PROQUOTE 给模具估价 .....   | 16        |
| 3.4 用 PROQUOTE 给生产零件估价 ..... | 18        |
| 3.4.1 成本估算例 1 .....          | 20        |
| 3.4.2 成本估算例 2 .....          | 23        |
| <b>第 4 章 模具设计 .....</b>      | <b>27</b> |
| 4.1 模具术语的定义 .....            | 27        |



|            |                          |           |
|------------|--------------------------|-----------|
| 4.2        | 设计途径 .....               | 27        |
| 4.3        | 模具的类型和应用 .....           | 28        |
| 4.3.1      | 级进模 .....                | 28        |
| 4.3.2      | 复合模 .....                | 28        |
| 4.3.3      | 自动模 .....                | 29        |
| 4.3.4      | 多滑块, 四滑块, 线材成形模 .....    | 29        |
| 4.3.5      | 单工序模 .....               | 30        |
| 4.4        | 模具设计与规范 .....            | 30        |
| 4.5        | 设计的指导方针 .....            | 32        |
| 4.5.1      | 冲压图纸常用要求 .....           | 34        |
| 4.5.2      | 设计与制造的简化 .....           | 35        |
| 4.5.3      | 图纸的格式 .....              | 35        |
| 4.5.4      | 弯曲变形应力的消除 .....          | 37        |
| <b>第5章</b> | <b>原材料 .....</b>         | <b>41</b> |
| 5.1        | 原料的性能 .....              | 42        |
| 5.1.1      | 材料的种类和材料回火后的物理性能 .....   | 42        |
| 5.1.2      | 表面粗糙度 .....              | 43        |
| 5.1.3      | 冷轧钢带的宽度公差(工业用标准公差) ..... | 43        |
| 5.1.4      | 长度公差(被切成长条状) .....       | 43        |
| 5.1.5      | 冷轧钢带的翘曲公差 .....          | 44        |
| 5.1.6      | 冷轧合金钢带厚度公差 .....         | 44        |
| 5.1.7      | 各种性能冷轧碳素钢的成形种类 .....     | 45        |
| 5.1.8      | 各种工况描述 .....             | 46        |
| 5.2        | 成形零件所需力的计算 .....         | 46        |
| 5.3        | 对原材料影响的了解 .....          | 47        |
| <b>第6章</b> | <b>零件结构的设计 .....</b>     | <b>49</b> |
| 6.1        | 挤压 .....                 | 49        |
| 6.1.1      | 挤压的正确设计方法 .....          | 51        |
| 6.1.2      | 螺纹孔的挤压尺寸(单行程挤压) .....    | 52        |
| 6.2        | 压沉头孔 .....               | 53        |
| 6.2.1      | 沉孔的尺寸与设计 .....           | 54        |

|            |                          |           |
|------------|--------------------------|-----------|
| 6.2.2      | 双工步成形压沉头孔的设计方法 .....     | 54        |
| 6.3        | 压凹痕和起伏 .....             | 55        |
| 6.3.1      | 压凹痕或压凸包模具的设计方法 .....     | 56        |
| 6.3.2      | 压凹与起伏 .....              | 56        |
| 6.4        | 加强肋和角撑板 .....            | 57        |
| 6.5        | 修边和挤光 .....              | 58        |
| 6.5.1      | 三工位修边和挤光工艺 .....         | 59        |
| 6.5.2      | 单工位修边和挤光工艺 .....         | 59        |
| 6.5.3      | 带料轮廓修边 .....             | 60        |
| 6.6        | 切口 .....                 | 61        |
| 6.6.1      | 双工步切口 .....              | 61        |
| 6.6.2      | 单工步切口 .....              | 61        |
| 6.7        | 压印及其结构成形 .....           | 62        |
| 6.7.1      | 坯料顶端压印的带料排样 .....        | 62        |
| 6.7.2      | 毛坯压印的设计方法 .....          | 63        |
| 6.7.3      | 用压印肋来提高刚度的例子 .....       | 63        |
| 6.7.4      | 压印零件底部的设计方法 .....        | 63        |
| 6.7.5      | 双工步压印成形模具的设计方法 .....     | 63        |
| <b>第7章</b> | <b>弯曲与成形工艺 .....</b>     | <b>65</b> |
| 7.1        | 计算弯曲裕度 .....             | 65        |
| 7.1.1      | 90°弯曲裕度的计算 .....         | 66        |
| 7.1.2      | 径向弯曲裕度的计算 .....          | 67        |
| 7.2        | 成形的方式 .....              | 67        |
| 7.3        | 回弹的控制 .....              | 72        |
| 7.3.1      | 用三道工序成形圆管来控制回弹 .....     | 72        |
| 7.3.2      | 用在凹模上加工的窄槽来成形圆管的方法 ..... | 73        |
| 7.3.3      | 成形曲柄形零件和错移状零件 .....      | 73        |
| 7.3.4      | 回弹的计算与补偿 .....           | 74        |
| 7.4        | 弯曲的技巧和建议 .....           | 75        |
| 7.5        | 常见问题与产生的原因 .....         | 76        |
| <b>第8章</b> | <b>拉深成形 .....</b>        | <b>79</b> |
| 8.1        | 拉深成形的关键因素 .....          | 79        |

|        |                        |     |
|--------|------------------------|-----|
| 8.1.1  | 拉深成形中的原材料的选取 .....     | 80  |
| 8.1.2  | 确定准确的坯料数量 .....        | 81  |
| 8.1.3  | 需要考虑的有关模具方面的因素 .....   | 81  |
| 8.2    | 毛坯尺寸的计算 .....          | 82  |
| 8.2.1  | 计算坯料尺寸的几何方法 .....      | 82  |
| 8.2.2  | 长方形壳体毛坯尺寸的计算 .....     | 83  |
| 8.2.3  | 肾脏形壳体坯料直径的计算 .....     | 85  |
| 8.3    | 拉深金属的变形程度 .....        | 86  |
| 8.3.1  | 盒形件的拉深 .....           | 88  |
| 8.3.2  | 用带角度的模具拉深成形 .....      | 89  |
| 8.3.3  | 用带圆角的模具拉深变形 .....      | 89  |
| 8.3.4  | 用扩展实现拉深变形 .....        | 89  |
| 8.4    | 材料的控制 .....            | 91  |
| 8.4.1  | 连续模带料传送示例 .....        | 91  |
| 8.4.2  | 采用拉深筋控制坯料流动与起皱 .....   | 94  |
| 8.4.3  | 利用金属材料的延展性减小材料消耗 ..... | 94  |
| 8.5    | 零部件的作用和设计 .....        | 95  |
| 8.5.1  | 拉深凹模圆角半径的正确计算 .....    | 97  |
| 8.5.2  | 反拉深 .....              | 97  |
| 8.5.3  | 压边圈 .....              | 98  |
| 8.5.4  | 双动液压机反拉深示例 .....       | 98  |
| 8.5.5  | 压边圈的设计 .....           | 99  |
| 8.5.6  | 拉深凹模 .....             | 99  |
| 8.5.7  | 拉深凸模 .....             | 100 |
| 8.5.8  | 硬质合金凸模的设计 .....        | 101 |
| 8.5.9  | 无压边圈模具设计 .....         | 101 |
| 8.5.10 | 无定位销的模具装配方法 .....      | 102 |
| 8.6    | 分离的方式 .....            | 102 |
| 8.6.1  | 直壁杯形件落料的设计方法 .....     | 103 |
| 8.6.2  | 从落料凹模压紧切边的典型图例 .....   | 104 |
| 8.7    | 变薄拉深与整形 .....          | 104 |
| 8.8    | 方法和建议 .....            | 104 |
| 8.9    | 问题及产生的原因 .....         | 106 |

## 第9章 性能设计 ..... 107

|                              |     |
|------------------------------|-----|
| 9.1 带料排样 .....               | 107 |
| 9.2 零部件的设计 .....             | 111 |
| 9.2.1 凸模设计 .....             | 113 |
| 9.2.2 凹模设计 .....             | 116 |
| 9.2.3 凸模固定板的结构和设计 .....      | 118 |
| 9.2.4 带导向卸料装置的结构与设计 .....    | 119 |
| 9.2.5 升降机构的典型设计 .....        | 123 |
| 9.2.6 典型毛坯推出装置的设计 .....      | 124 |
| 9.2.7 典型毛坯导板的设计 .....        | 124 |
| 9.2.8 设计实用导正销的方法 .....       | 126 |
| 9.2.9 弹簧的类型和应用 .....         | 127 |
| 9.2.10 利用调整垫板或垫铁进行模架设计 ..... | 128 |
| 9.3 维修设计 .....               | 129 |
| 9.3.1 维修设计的基本内容 .....        | 129 |
| 9.3.2 固定板的设计方法及应用 .....      | 130 |
| 9.4 线切割设计 .....              | 131 |
| 9.4.1 线切割设计实例 .....          | 131 |
| 9.4.2 切割硬质合金 .....           | 132 |
| 9.4.3 合金材料问题 .....           | 135 |

## 第10章 模具性能的强化 ..... 137

|                      |     |
|----------------------|-----|
| 10.1 涂镀技术及应用 .....   | 137 |
| 10.2 润滑剂 .....       | 138 |
| 10.2.1 模具润滑油 .....   | 138 |
| 10.2.2 提前规划 .....    | 139 |
| 10.2.3 加工的兼容性 .....  | 139 |
| 10.2.4 材料方面的考虑 ..... | 139 |
| 10.2.5 涂镀层表面 .....   | 140 |
| 10.2.6 清洗和修整 .....   | 140 |
| 10.2.7 维护 .....      | 140 |
| 10.2.8 润滑剂的分类 .....  | 141 |

|         |                        |     |
|---------|------------------------|-----|
| 10.2.9  | 乳状液 .....              | 141 |
| 10.2.10 | 润滑脂、涂层和悬浮液 .....       | 142 |
| 10.3    | 模具材料的选择 .....          | 143 |
| 10.3.1  | 推荐用模具钢及其硬度 .....       | 143 |
| 10.3.2  | 工具钢和模具钢 .....          | 144 |
| 10.3.3  | 硬质合金模具 .....           | 144 |
| 10.3.4  | 陶瓷 .....               | 146 |
| 10.3.5  | 与碳化物化合的烧结钢 .....       | 148 |
| 10.3.6  | 铝青铜 .....              | 149 |
| 10.4    | 废料或制件的滞留 .....         | 149 |
| 10.4.1  | 毛坯滞留的传统方法 .....        | 150 |
| 10.4.2  | 用于毛坯滞留的装置 .....        | 151 |
| 10.4.3  | 减少维护成本的非常规毛坯滞留方法 ..... | 152 |

## 第 11 章 冲压车间的利用 ..... 155

|        |                  |     |
|--------|------------------|-----|
| 11.1   | 冲压设备 .....       | 155 |
| 11.1.1 | 送料机构 .....       | 155 |
| 11.1.2 | 压力机 .....        | 157 |
| 11.1.3 | 辅助设备 .....       | 158 |
| 11.2   | 快速模具更换 .....     | 159 |
| 11.3   | 模具的安装技术 .....    | 160 |
| 11.3.1 | 压力机的选择 .....     | 161 |
| 11.3.2 | 送料装置 .....       | 161 |
| 11.3.3 | 卷材进给装置和矫直机 ..... | 162 |
| 11.4   | 压力机的维护 .....     | 165 |
| 11.4.1 | 拉杆 .....         | 167 |
| 11.4.2 | 校准 .....         | 167 |
| 11.4.3 | 离合器与制动器 .....    | 168 |
| 11.4.4 | 平衡装置 .....       | 168 |
| 11.4.5 | 空气垫 .....        | 169 |
| 11.4.6 | 润滑 .....         | 169 |
| 11.4.7 | 压力机维护检查清单 .....  | 169 |
| 11.5   | 安全与培训 .....      | 172 |

|                              |            |
|------------------------------|------------|
| <b>第 12 章 故障检修 .....</b>     | <b>175</b> |
| 12.1 模具故障及其原因 .....          | 175        |
| 12.2 方法、建议与设计细节 .....        | 179        |
| <b>第 13 章 模具电子学 .....</b>    | <b>187</b> |
| 13.1 概述 .....                | 187        |
| 13.2 使用电子技术的途径 .....         | 189        |
| <b>第 14 章 参考资料 .....</b>     | <b>191</b> |
| 14.1 带卷质量的估计表 .....          | 191        |
| 14.2 质量换算系数 .....            | 192        |
| 14.3 三个计算时间的公式 .....         | 192        |
| 14.4 模具维修指导示例 .....          | 193        |
| 14.5 1000 个国防部（美国）标准缩写 ..... | 194        |
| 14.6 军用电镀规范 .....            | 202        |
| 14.7 转换曲线 .....              | 210        |
| <b>参考文献 .....</b>            | <b>211</b> |

# 第 1 章

## 金属冲压分类

金属冲压工艺实际上可分为五种不同的类型，这五种类型是挤压或压印、弯曲或多重弯曲成形、拉深成形、深拉深成形以及冲裁或精密冲裁。许多被企业雇用签订了合同的冲压工作人员，如博士，一般可能会把他们自己当作专业人员，他们可能会被寄希望于生产出各种类型的冲压产品。但是如果没有一定程度的实践经验，坦率地讲，就是与专业冲压生产者相比他们可能会无利可图。

### 1.1 挤压或压印

挤压和压印是在金属材料上施加一定的力使其原始厚度减小的工艺。这种类型的金属成形也叫做锻造、热锻和冷锻。本书在一个级进模应用中涉及到了挤压和压印，所举的例子是硬币、厨房用具（比如调羹和刀子）和连接件，具体内容见 6.7。

### 1.2 弯曲或多重弯曲成形

这类成形是把金属弯曲变形为带有一定角度和圆弧的形状，这些形状可能很简单，也可能很复杂。除弯曲成角度外，金属的弯曲通常不改变它们原始厚度，也可以来成形金属使之具有一定角度和圆弧形状的组合形式。所举例子是支架、开关柜、订书机组件和仪表零件，详见第 7 章。

### 1.3 拉深成形

拉深成形是通过张拉使材料形成不同的形状，形状通常为圆形、椭圆形或者是矩形，此时零件的深度不应该超过它的直径。开始金属是一张平的板料，成形时被放置在凹模的上表面，在板料上需施加作用力通过限制金属的流动来防止板料起皱。根据零件形状的不同，这类冲压工艺可能需要更多的改进和试验，同时也会出现失误。所举例子是烟灰缸、瓶盖、吊扇罩和门窗

装饰件等，详见第 8 章。

## 1.4 深拉深成形

深拉深成形基本上与拉深成形相同，不同之处在于金属的拉深深度要深一些。如果零件的深度超过了零件的直径，那么该零件就可以被看作是深拉深成形，这类金属成形经常要分几步来完成。在每一步中，其直径逐渐变小，深度逐渐增加，直到达到最终的尺寸形状。深拉深成形可能需要专用的机器，比如液压机或双动压力机，该工艺在进行下次成形之前，应该通过退火来释放金属内部的应力。所举例子为灭火器、易拉罐、容器和过滤器，详见第 8 章的相关内容。

## 1.5 冲裁和精密冲裁

冲裁通常被认为是冲压工艺中最简单的一类，因为它仅仅包括切断工序。冲裁工序可以通过常规模具来完成，它们可以是单工序模具、复合模具或者级进模具。精密冲裁是一种具有垂直断面、没有明显金属断裂痕迹的剪切工艺，这种工艺通常需要专门的精密冲裁压力机，生产速度要受限于所使用的精密冲裁系统，垂直断面也可以通过使用修边工序在常规的模具和压力机上来进行。精密冲裁的例子是用来啮合的带有垂直断面的小齿轮，详见 6.5。



# 第2章

## 零件设计

零件的设计过程是完成从概念到实际零件的生产，这需要确定所产生零件的参数，比如公差、材料、成形、安装和运行。现在零件设计一般是这样进行的，顾客和供应商（无论国内还是国外）出面协商并确定零件的可加工性。可加工性包括成本、材料、质量、可行性和工艺，同时要求产品设计工程师设计的零件必须是能够加工出来的。

### 2.1 产品实验与原型设计

如果零件加工失败将会出现什么情况？如果零件超安全设计标准应该怎么办？怎样才可以产生一个好的零件？顾客的反应如何？这些都是在零件设计工艺中需要考虑的基本问题，在大量资金被支出用作加工之前，建议解决这些问题所采用的方法之一是制造临时零件和样品。

原型设计就是用有限的费用来复制一个要加工的产品零件的工艺过程，这些零件可用于成形、安装和运行，它们也可用来进行市场检验并决定零件的可加工性，同时建议进行测试和质量检测。原型是防止加工失败的一个保险措施，该步骤的实施可以节省大量的资金。

样品可以通过许多可行的方法来进行加工，EDM（放电加工）工艺可以给用简单模具的后续成形来加工毛坯。线切割工艺是利用一根小直径的金属丝沿已编程设计好的路径运动，该金属丝可通过防电来熔化或切割金属，激光也可以用来把金属切割成不同的形状。

复杂形状的毛坯可以通过化学蚀刻来制得，化学蚀刻工艺与胶卷的洗印相类似，可以将零件制成底片，用底片覆盖在金属板料上，然后把板料放入一个容器中，在容器中废料部分被蚀刻掉，但是金属厚度问题限制了化学蚀刻工艺的使用。

CNC 加工方法也可以用来加工三维形状的零件，快速成型是生产三维形状的另一方法，快速成型就是利用程序把外形分层处理，然后产生三维