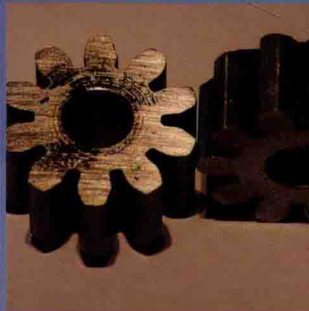
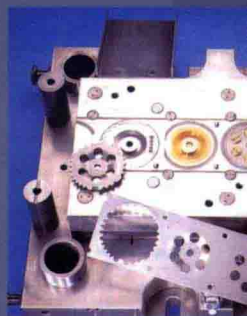
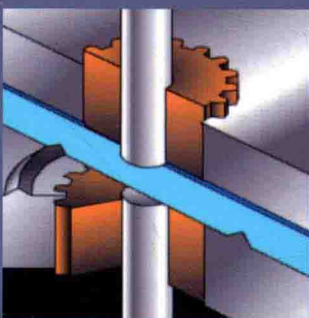


# 精冲

邓明 吕琳 编著

## ——技术解析与工程运用



**Analysis and Application of  
Fine Blanking Technology**



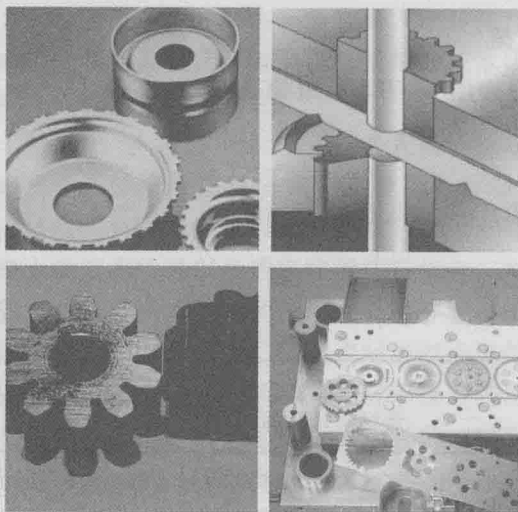
化学工业出版社

# 精冲

Analysis and Application of  
Fine Blanking Technology

## —— 技术解析与工程运用

邓明 吕琳 编著



化学工业出版社

· 北京 ·

《精冲——技术解析与工程运用》凝聚了笔者几十年的研究和工程实践积累的成果，其特点是内容全面、重点突出。从半精冲的精整加工和平面压边半精冲，到齿圈压板精冲，再到特种精冲的对向凹模精冲、往复精冲、闭挤式精冲等都有比较详尽的论述。本书对于工程上广泛应用的齿圈压板精冲，无论是成形机理、工程问题的理论解析，还是精冲工艺模具设计方法，以及复合精冲涉及的挤压和冲压相关工艺等都进行了详尽的论述，最后还编辑了一章精冲生产中的问题及案例，融入了最新的研究成果。本书图文并茂，实践性强，适宜供本领域的学者、工程技术人员和学生参考。

#### 图书在版编目 (CIP) 数据

精冲——技术解析与工程运用/邓明，吕琳编著.  
北京：化学工业出版社，2017.4  
ISBN 978-7-122-29064-9

I. ①精… II. ①邓…②吕… III. ①精密冲裁  
IV. ①TG386.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 029391 号

---

责任编辑：邢 涛  
责任校对：王素芹

文字编辑：陈 喆  
装帧设计：韩 飞

---

出版发行：化学工业出版社（北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011）  
印 装：三河市航远印刷有限公司  
710mm×1000mm 1/16 印张 20 $\frac{1}{4}$  字数 378 千字  
2017 年 6 月北京第 1 版第 1 次印刷

---

购书咨询：010-64518888（传真：010-64519686） 售后服务：010-64518899  
网 址：<http://www.cip.com.cn>  
凡购买本书，如有缺损质量问题，本社销售中心负责调换。

---

定 价：158.00 元

版权所有 违者必究



## 作者简介

邓明，1960年8月生，教授，重庆市名师。全国塑性工程学会理事，重庆市特种加工学会常务副理事长，中国锻协精冲技术委员会副主任。历任重庆市模具技术重点实验室/工程中心主任、重庆理工大学材料成形系主任、教务处副处长、材料学院副院长、机械工程学院院长。长期从事塑性成形及模具技术领域研究，在精冲技术方面的研究在国内有较大影响。主持包括国家自然科学基金项目在内的科研项目30余项，发表学术论文130余篇，出版专著3部，主编教材2部；获省部级科技进步一等奖1项、二等奖2项，三等奖2项；获得省部级教学成果一等奖2项、三等奖1项，获发明专利授权7项。



## 作者简介

吕琳，1968年4月生，教授，硕士生导师。重庆市特种加工学会秘书长，中国机械工业教育协会塑性成形分委员会委员。研究方向为塑性成形模具设计与制造。主持、参与包括国家自然科学基金面上项目和重庆市科技攻关计划项目在内的科研项目20余项。在《塑性工程学报》和《锻压技术》等刊物上发表学术论文60余篇；授权专利12件，编写著作及教材4部。获得省部级科技进步二等奖1项。



精冲——技术解析与工程运用

JINGCHONG

JISHU JIEXI YU GONGCHENG YUNYONG

# 前言

精冲工艺从德国人发明到现在已经一百多年了。随着汽车工业在我国的迅速发展,近十年来精冲技术在我国的应用有了快速发展,正开始广泛地应用于汽车零部件的生产。多年以来,以周开华和王新华为代表的我国精冲技术工作者在学习国外先进精冲技术的基础上,不断地开拓创新。我国精冲技术专家周开华在1990年编写了《简明精冲手册》,涂光棋老教授在2006年编著了《精冲技术》,为精冲技术在国内的发展做出了巨大贡献。2006年中国锻压协会成立了“全国精冲技术委员会”,促进了我国精冲技术的交流。本书正是在精冲领域的好朋友的倡议和鼓励下编著而成的,其目的是通过深入地对精冲工艺进行工程解析,介绍精冲工艺和模具设计的方法,总结精冲技术研究的最新成果,促进精冲技术在我国的发展和交流。

我是20世纪90年代末开始进入精冲技术领域的,主要开展了精冲机理及经济型精冲模具研究;高精度齿板精冲成形规律及关键技术研究;新型闭挤式精冲轮廓面成形机理、成形原理及工艺规律、成形表面物理力学形态特性以及成形装置进行研究;局部精密轮廓的剪挤成形技术研究;零件精冲工艺的产业化开发等工作。我认为,精冲虽然是塑性成形领域一个小的分支,但随着对板料成形件质量要求的不断提高,以及精冲和挤压、冲压工艺的复合成形得到广泛应用,目前大有以精冲为龙头,串起挤压、精锻等体积成形工艺,串起板料的弯曲、拉深、翻边胀形等冲压工艺,用来复合加工精密三维板料成形件的趋势。精冲原来是作为“精密冲裁”的简称,有可能今后发展成为“精密冲压”的代称。本书全面地介绍了从精整到半精冲,从齿圈压板精冲到各种新型的精冲工艺所形成的精冲大家庭的全部内容。不仅如此,作为广泛应用精冲的工艺——齿圈压板精冲,本书也比较详细地论述了它的成形机理、工艺规律和精冲复合工艺设计,并对该工艺所涉及的一些技术问题进行了比较深入的解析,对工程应用中具体的模具设计方法进行了介绍,以进一步推动齿圈压板精冲的工程应用。本书还对复合精冲工艺所涉及的

冲压和挤压专业知识进行了介绍,以期读者在今后的精冲技术实践中能做到触类旁通,举一反三。

本书凝聚了作者几十年的研究和工程实践积累的成果,其特点如下。①内容全面。从半精冲的精整加工和平面压边半精冲,到齿圈压板精冲,再到特种精冲的对向凹模精冲、往复精冲、闭挤式精冲等的都有比较详尽的论述,还介绍了复合精冲相关的冲压和挤压专业知识。②重点突出。对于工程上广泛应用的“齿圈压板精冲”,无论是成形机理、工程问题的理论解析,还是精冲工艺模具设计方法,以及复合精冲涉及的挤压和冲压相关工艺等都进行了详尽的论述,最后还编辑了一章介绍零件的精冲模具设计案例。③融入了最新的研究成果。书中融入了作者近年来在切挤复合精冲、平面压边精冲、齿圈压板精冲、闭挤式精冲成形等方面的各项研究成果,特别是对闭挤式精冲进行了全面论述。④读者适应性广。精冲本身是一个小的领域,因此本书既有深入理论解析性,又有接地气的专业基础知识和工程设计应用方法,并兼有工艺模具设计的学习性和设计数据的资料性特质,图文并茂,实际案例多,实践应用性强,期望本书能够做到兼有专著、教材、手册的功用,为本领域的学者、工程技术人员和学生提供参考。

衷心感谢本书引用到的同行朋友们丰富的精冲技术资料的支持。感谢我们的研究生为本书所付出的劳动!

精冲领域的研究和本书的出版,得到了国家自然科学基金项目和重庆市高校成果转化重大项目的支持,得到了重点专著基金的经费资助。

每个人的技术人生是短暂的,欢迎更多的朋友加入精冲技术的行列,祝愿精冲技术之花在中国大地盛开!

鉴于作者水平所限,书中不妥之处敬请同仁指正。

邓明

2017年春节于山城重庆



精冲——技术解析与工程运用

JINGCHONG  
JISHU JIEXI YU GONGCHENG YUNYONG

# 目 录

## 第1章 绪论

1

|                            |    |
|----------------------------|----|
| 1.1 精冲工艺的分类 .....          | 1  |
| 1.2 各类精冲工艺简介 .....         | 2  |
| 1.2.1 切挤复合精整 .....         | 2  |
| 1.2.2 平面压边半精冲 .....        | 2  |
| 1.2.3 齿圈压板精冲(传统精冲) .....   | 3  |
| 1.2.4 难成形坯料的精冲方法 .....     | 4  |
| 1.3 精冲产业的现状及发展 .....       | 7  |
| 1.3.1 精冲产业的现状 .....        | 7  |
| 1.3.2 精冲技术的发展趋势 .....      | 10 |
| 1.4 塑性成形基础理论 .....         | 11 |
| 1.4.1 材料基本力学方程 .....       | 11 |
| 1.4.2 塑性本构关系 .....         | 11 |
| 1.5 塑性与塑性条件 .....          | 12 |
| 1.5.1 金属的塑性 .....          | 12 |
| 1.5.2 塑性变形的微观形式 .....      | 13 |
| 1.5.3 塑性条件 .....           | 13 |
| 1.6 影响材料塑性大小的因素 .....      | 14 |
| 1.6.1 化学成分对塑性的影响 .....     | 14 |
| 1.6.2 外界条件对塑性的影响 .....     | 16 |
| 1.7 塑性成形基本定律 .....         | 18 |
| 1.8 板料成形的应力应变特点及成形性能 ..... | 19 |
| 1.8.1 板料成形的应力应变特点 .....    | 19 |
| 1.8.2 板料的成形性能 .....        | 20 |
| 1.8.3 冲压成形性能及实验 .....      | 20 |



|        |                       |    |
|--------|-----------------------|----|
| 1.9    | 板料成形极限图及应用 .....      | 21 |
| 1.9.1  | 成形极限图的概念和试验绘制方法 ..... | 21 |
| 1.9.2  | 成形极限图 FLD 的应用 .....   | 22 |
| 1.10   | 冷成形时的摩擦 .....         | 23 |
| 1.10.1 | 冷成形时摩擦的特点 .....       | 23 |
| 1.10.2 | 影响摩擦的主要因素 .....       | 24 |

## 第 2 章 精冲成形及工程解析

26

|       |                          |    |
|-------|--------------------------|----|
| 2.1   | 精冲技术的原理及特点 .....         | 26 |
| 2.1.1 | 齿圈压板精冲技术的原理 .....        | 26 |
| 2.1.2 | 精冲技术的特点 .....            | 26 |
| 2.2   | 精冲工艺的发展历程 .....          | 28 |
| 2.3   | 齿圈压板精冲工艺过程 .....         | 29 |
| 2.4   | 精冲的成形机理 .....            | 30 |
| 2.4.1 | 精冲成形过程中韧性断裂理论表达 .....    | 30 |
| 2.4.2 | 精冲成形时的变形分析 .....         | 31 |
| 2.4.3 | 精冲成形过程的计算机模拟结果 .....     | 32 |
| 2.4.4 | 精冲面的形成机理 .....           | 33 |
| 2.4.5 | 精冲件变形区的显微组织变化和硬度分布 ..... | 34 |
| 2.4.6 | 精冲件表面的残余压应力 .....        | 35 |
| 2.5   | 影响精冲成形表面质量的因素 .....      | 37 |
| 2.5.1 | 影响表面完好率的主要因素 .....       | 37 |
| 2.5.2 | 影响塌角的主要因素 .....          | 39 |
| 2.5.3 | 影响撕裂的主要因素 .....          | 40 |
| 2.5.4 | 影响毛刺的主要因素 .....          | 41 |
| 2.6   | 零件形状几何参数对精冲工艺的适应性 .....  | 42 |
| 2.6.1 | 零件圆角半径 .....             | 42 |
| 2.6.2 | 槽宽、环宽及边距 .....           | 43 |
| 2.6.3 | 孔径和孔边距 .....             | 43 |
| 2.6.4 | 齿轮模数 .....               | 44 |

### 第3章 齿圈压板精冲工艺及模具设计

45

|                              |    |
|------------------------------|----|
| 3.1 精冲的工艺设计 .....            | 45 |
| 3.1.1 精冲工艺设计的内容和程序 .....     | 45 |
| 3.1.2 精冲工艺的力能参数 .....        | 45 |
| 3.1.3 精冲模具的间隙 .....          | 48 |
| 3.1.4 精冲模具刃口尺寸的确定 .....      | 48 |
| 3.1.5 刃口圆角的确定 .....          | 52 |
| 3.1.6 精冲过程中的润滑 .....         | 52 |
| 3.2 精冲模具设计 .....             | 54 |
| 3.2.1 模具的总体结构 .....          | 54 |
| 3.2.2 齿圈压边装置 .....           | 57 |
| 3.2.3 精冲模的压力中心 .....         | 61 |
| 3.2.4 精冲模具零件 .....           | 63 |
| 3.2.5 经济型精冲模具 .....          | 67 |
| 3.3 精冲模具的材料及热处理 .....        | 71 |
| 3.4 精冲模具的失效分析及寿命 .....       | 73 |
| 3.4.1 精冲模具的磨损和断裂 .....       | 73 |
| 3.4.2 W6Mo5Cr4V2 精冲模应用 ..... | 74 |
| 3.4.3 精冲模具的寿命 .....          | 78 |

### 第4章 精冲设备及精冲材料

79

|                         |    |
|-------------------------|----|
| 4.1 精冲设备的特性及发展状况 .....  | 79 |
| 4.1.1 精冲压力机的历史及现状 ..... | 79 |
| 4.1.2 目前精冲机的技术水平 .....  | 81 |
| 4.1.3 精冲机的发展趋势 .....    | 82 |
| 4.2 精冲工艺对精冲机的要求 .....   | 83 |
| 4.3 精冲压力机的类型和结构 .....   | 85 |

|       |                      |     |
|-------|----------------------|-----|
| 4.4   | 精冲机关键技术 .....        | 87  |
| 4.4.1 | 精冲机的精确导向设计 .....     | 87  |
| 4.4.2 | 静压导轨油膜厚度控制方式 .....   | 91  |
| 4.4.3 | 机身结构的数值模拟设计 .....    | 93  |
| 4.4.4 | 精冲机下死点的精确控制 .....    | 99  |
| 4.5   | 经济型精冲装置 .....        | 103 |
| 4.5.1 | 简易精冲机 .....          | 103 |
| 4.5.2 | 在普通压力机上的精冲模架 .....   | 104 |
| 4.6   | 常见精冲机型号及技术参数 .....   | 109 |
| 4.7   | 精冲件的材料及热处理 .....     | 113 |
| 4.7.1 | 精冲件的材料要求 .....       | 113 |
| 4.7.2 | 常用精冲材料及精冲性能评价 .....  | 116 |
| 4.7.3 | 常用精冲用钢材的球化退火处理 ..... | 118 |
| 4.7.4 | 精冲材料的选择 .....        | 119 |

## 第5章 精冲复合成形技术

122

|       |                      |     |
|-------|----------------------|-----|
| 5.1   | 精冲复合工艺及其特点 .....     | 122 |
| 5.1.1 | 精冲复合成形工艺分类 .....     | 122 |
| 5.1.2 | 精冲复合成形工艺的特点 .....    | 123 |
| 5.2   | 精冲-板料成形复合工艺 .....    | 124 |
| 5.2.1 | 精冲-拉深复合成形 .....      | 125 |
| 5.2.2 | 精冲-弯曲复合 .....        | 132 |
| 5.2.3 | 精冲-局部成形复合工艺 .....    | 135 |
| 5.3   | 精冲-挤压复合成形工艺 .....    | 147 |
| 5.3.1 | 挤压工艺基础 .....         | 148 |
| 5.3.2 | 精冲挤压复合成形机理研究 .....   | 152 |
| 5.3.3 | 模锻时的成形力及分流降压设计 ..... | 155 |
| 5.3.4 | 板料镦压变薄 .....         | 158 |
| 5.3.5 | 挤压凸台 .....           | 163 |
| 5.3.6 | 挤压沉孔 .....           | 168 |
| 5.3.7 | 精冲-精锻复合成形 .....      | 172 |

|       |                         |     |
|-------|-------------------------|-----|
| 6.1   | 闭挤式精冲的工艺过程及特点 .....     | 174 |
| 6.2   | 闭挤式精冲变形区应力应变分析 .....    | 176 |
| 6.2.1 | 闭挤式精冲有限元模型的建立 .....     | 176 |
| 6.2.2 | 变形区材料应力分析 .....         | 179 |
| 6.2.3 | 变形区材料应变分析 .....         | 182 |
| 6.3   | 闭挤式精冲轮廓面成形机理 .....      | 184 |
| 6.3.1 | 坯料塑性对闭挤式精冲成形性的影响 .....  | 184 |
| 6.3.2 | 闭挤式精冲材料流动分析 .....       | 184 |
| 6.3.3 | 成形面显微特征及表面特征 .....      | 187 |
| 6.4   | 闭挤式精冲主冲裁力计算 .....       | 189 |
| 6.4.1 | 闭挤式精冲滑移线场的建立 .....      | 189 |
| 6.4.2 | 精冲主冲裁力的计算 .....         | 190 |
| 6.4.3 | 实验验证 .....              | 194 |
| 6.5   | 闭挤式精冲成形工艺规律 .....       | 195 |
| 6.5.1 | 模具结构参数与光亮带比例关系 .....    | 195 |
| 6.5.2 | 反顶力与光亮带比例关系 .....       | 197 |
| 6.6   | 闭挤式精冲模具结构 .....         | 199 |
| 6.7   | 闭挤式精冲直齿轮模具结构优化设计 .....  | 201 |
| 6.7.1 | 分流降压腔设计 .....           | 201 |
| 6.7.2 | 主凹模结构设计 .....           | 205 |
| 6.7.3 | 模具润滑结构 .....            | 205 |
| 6.8   | 直齿轮闭挤式精冲模具的失效分析 .....   | 206 |
| 6.8.1 | 模具的受力分析和失效形式 .....      | 206 |
| 6.8.2 | 模具失效的原因 .....           | 208 |
| 6.8.3 | 延长模具寿命的途径 .....         | 209 |
| 6.9   | 闭挤式精冲直齿轮时塌角的形成与控制 ..... | 209 |
| 6.9.1 | 齿顶塌角的形成原因 .....         | 209 |
| 6.9.2 | 塌角的控制 .....             | 211 |

|                            |     |
|----------------------------|-----|
| 7.1 切挤复合工艺的成形过程和特点 .....   | 215 |
| 7.1.1 切挤复合成形的工艺类型和过程 ..... | 215 |
| 7.1.2 切挤复合精整的特点 .....      | 215 |
| 7.2 变形区力学状态和机理 .....       | 216 |
| 7.2.1 变形区的力学分析 .....       | 216 |
| 7.2.2 切挤复合精整的成形机理 .....    | 221 |
| 7.3 精整质量的影响因素 .....        | 225 |
| 7.3.1 材料性质对成形面质量的影响 .....  | 225 |
| 7.3.2 坯料余量的影响 .....        | 226 |
| 7.3.3 主模具的圆角的影响 .....      | 227 |
| 7.3.4 主模具表面状况的影响 .....     | 228 |
| 7.3.5 工件轮廓形状的影响 .....      | 228 |
| 7.4 精整工艺及模具设计 .....        | 229 |
| 7.4.1 精整工艺设计 .....         | 229 |
| 7.4.2 精整模具设计 .....         | 233 |
| 7.5 精整工艺实例 .....           | 236 |
| 7.5.1 工艺分析 .....           | 236 |
| 7.5.2 模具结构 .....           | 237 |
| 7.5.3 模具特点 .....           | 238 |

|                            |     |
|----------------------------|-----|
| 8.1 平面强力压边半精冲 .....        | 240 |
| 8.1.1 平面强力压边半精冲过程及特点 ..... | 240 |
| 8.1.2 平面强力压边半精冲工艺的机理 ..... | 242 |
| 8.1.3 成形工艺规律 .....         | 244 |
| 8.1.4 平面强力压边半精冲模具 .....    | 247 |
| 8.2 对向凹模精冲 .....           | 248 |
| 8.2.1 对向凹模的精冲过程 .....      | 248 |
| 8.2.2 对向凹模精冲的特点 .....      | 249 |
| 8.2.3 对向凹模精冲变形机理 .....     | 250 |
| 8.2.4 试样件横断面上硬度分布 .....    | 251 |

|                               |     |
|-------------------------------|-----|
| 8.2.5 实例: 凸轮对向凹模精冲模具的设计 ..... | 251 |
| 8.3 往复式精冲 .....               | 253 |
| 8.3.1 往复式精冲的工艺过程及特点 .....     | 253 |
| 8.3.2 往复式精冲材料流动规律 .....       | 254 |
| 8.3.3 往复式精冲成形的工艺实验 .....      | 255 |

## 第9章 精冲生产中的问题及案例 258

|                           |     |
|---------------------------|-----|
| 9.1 精冲零件精度问题 .....        | 258 |
| 9.1.1 尺寸精度 .....          | 258 |
| 9.1.2 平面度 .....           | 258 |
| 9.1.3 垂直度 .....           | 258 |
| 9.2 精冲模具生产应用中的若干问题 .....  | 259 |
| 9.2.1 精冲模具材料方面的问题 .....   | 259 |
| 9.2.2 齿形精冲模具制造中的问题 .....  | 260 |
| 9.2.3 润滑剂的改进 .....        | 262 |
| 9.3 齿轮精冲的齿顶塌角和开裂问题 .....  | 262 |
| 9.3.1 齿顶塌角和开裂的原因 .....    | 262 |
| 9.3.2 减少齿顶塌角的措施 .....     | 263 |
| 9.3.3 一种无塌角精冲方法 .....     | 264 |
| 9.3.4 避免齿顶开裂的措施 .....     | 265 |
| 9.4 精冲工艺模具设计案例 .....      | 266 |
| 9.4.1 凸轮精冲工艺与模具设计要点 ..... | 266 |
| 9.4.2 小悬臂零件精冲加工 .....     | 268 |
| 9.4.3 薄壁卡圈精冲 .....        | 271 |
| 9.4.4 连杆精冲加工 .....        | 274 |
| 9.4.5 小模数内齿轮精密冲裁 .....    | 277 |
| 9.4.6 座椅调节器精冲技术开发 .....   | 280 |
| 9.4.7 半凹陷内齿轮的精冲成形 .....   | 283 |
| 9.4.8 调整垫片精密冲裁 .....      | 285 |
| 9.4.9 换挡拨叉精冲 .....        | 288 |

|        |                      |     |
|--------|----------------------|-----|
| 9.4.10 | 链轮精冲工艺设计 .....       | 290 |
| 9.4.11 | 氮气弹簧式内花键精冲复动模具 ..... | 294 |
| 9.4.12 | 空调离合器板的精冲 .....      | 296 |
| 9.4.13 | 扇形齿板精冲 .....         | 302 |
| 9.4.14 | 小齿板零件精冲 .....        | 305 |

## 参考文献

308

精冲是通过精冲模具，在专用压力机或改装的通用压力机上，使板料在三向压力状态下沿着所需轮廓进行纯剪切分离，能得到断面光洁、垂直、平整度好、精度高的精密轮廓零件。其中，发展最成熟、应用最广的是齿圈压板精冲。随着对零件加工的要求越来越高，精冲零件从平板件逐步向复杂立体成形件拓展，精冲技术也逐渐发展成为一种复合成形工艺，并且为适应难精冲坯料，衍生出了诸多新型精冲工艺，如对向凹模精冲、往复式精冲、闭挤式精冲等。

## 1.1 精冲工艺的分类

目前，随着对零件的加工质量、精度等要求越来越高，诸多精冲技术也随之发展起来，如对向凹模精冲、往复式精冲、闭挤式精冲等针对厚板零件的精冲技术。精冲件也从以往的平板件逐步向复杂立体成形件拓展，涵盖了弯曲、拉伸、翻边、沉孔、半冲孔、压形等多种成形方式，所以精冲技术发展成了一种复合成形工艺。越来越多的铸件、锻件、粉末冶金及机械加工件向精冲件转化，在未来制造业中精冲技术将有更广阔的发展空间。

如图 1-1 所示，按照工艺方式，精冲技术可作如下分类。



图 1-1 精冲技术的分类



## 1.2 各类精冲工艺简介

### 1.2.1 切挤复合精整

对于仅有一段精密轮廓的零件，往往采用切挤复合精整工艺加工，它是在留有余量的普通冲裁件上进一步对局部轮廓进行“精切削+塑性挤压”，经济性地达到局部精密轮廓的加工目的。切挤复合精整过程如图 1-2 所示。

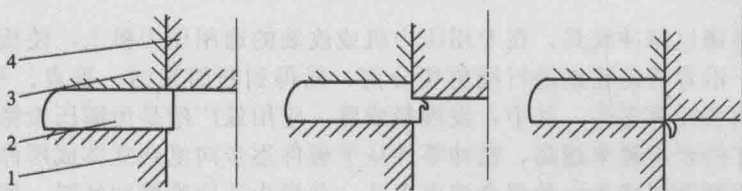


图 1-2 切挤复合精整过程示意图

1—支撑模；2—坯料；3—压料板；4—整形模

切挤复合精整的技术要点如下。

① 坯料余量。余量大小的选取主要受材料塑性和厚度 2 个因素的影响。一般来说，塑性好、厚度小的材料可以有比较宽的余量选择余地。

② 整形模圆角。随着整形模圆角的增大，可以提高成形面的质量，但不是越大越好，圆角的选取和余量存在一定关系，即凸模圆角略大于精整余量时，能够达到较好的成形质量。

③ 整形模表面的“复印效应”。切挤复合精整中整形模具表面对新形成面有强烈的表面质量“复印效应”。要求整形模具的表面硬度大、粗糙度小。

④ 模具间隙。模具间隙主要影响切挤复合工艺的切屑分离阶段，若模具间隙大，则在这个阶段材料容易撕裂，所以应设计较小的模具间隙。

⑤ 工件的定位。在精整前冲裁件的安装定位十分重要，精确的定位和稳定的压紧，直接关系到成形面的质量。

### 1.2.2 平面压边半精冲

普通冲裁时，冲裁断面的光亮带比例除了与模具间隙大小有关系外，还与坯料的塑性有关系。图 1-3 所示为 4mm 厚低碳钢 Q235、铝和紫铜板材经普通冲裁后的断面照片。从图 1-3 中可以看出，塑性稍差的 Q235 断面光亮带为 1/3 左右，塑性好的紫铜板材的断面光亮带可达 1/2。故变形区材料的塑性越好，冲裁断面的光亮带比例就越高。