



快速入门

精冲工艺图解

—— 原理 · 方案 · 应用

周开华 主编 赵俊 王真 副主编



国防工业出版社

National Defense Industry Press

精冲技术快速入门

精冲工艺图解

——原理·方案·应用

周开华 主编

赵俊 王真 副主编

 国防工业出版社

·北京·

内 容 简 介

本书以详实的资料,图文并茂的形式,全面、重点、简洁地介绍精冲工艺的知识 and 应用示例。全书共分6章:工艺基础、整修工艺、冲裁工艺、板料成形工艺、体积成形工艺、经济性选择。本书内容丰富,适用性强,适宜从事精冲技术人员和大专院校相关专业师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

精冲工艺图解:原理·方案·应用/周开华主编.

—北京:国防工业出版社,2012.7

(精冲技术快速入门)

ISBN 978-7-118-07691-2

I. ①精... II. ①周... III. ①精密冲裁—图解

IV. ①TG386.2—64

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 087271 号

※

国防工业出版社 出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100048)

北京奥鑫印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 27¼ 字数 631 千字

2012 年 7 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—2500 册 定价 68.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)88540777

发行邮购:(010)88540776

发行传真:(010)88540755

发行业务:(010)88540717

本书编委会

主 编 周开华

副主编 赵 俊 王 真

参 编	华夏精冲技术有限公司	工 程 师	王 真	赵保华
	濠良(佛山)精冲有限公司	厂 长	赵 俊	
	国营第 733 厂	高级工程师	周维凯	
	武汉迪克精冲有限公司	高级工程师	杨静刚	李 贝
	苏州东智精冲科技有限公司	工 程 师	陈幼琳	
	苏州忠明祥和精工有限公司	工 程 师	陈建丰	王祖华
	上海交运汽车精密冲压件有限公司			
		工 程 师	黄培明	
	中国联合网络通讯有限公司(北京市分公司)			
		项 目 经 理	周 强	
	敏实集团嘉兴敏实机械有限公司			
		项 目 经 理	汤建云	
	大陆汽车电子(芜湖)有限公司	产品工程师	李合军	
	上海延锋江森座椅有限公司	高级工程师	姜 玮	
	武汉中航精冲技术有限公司	技 术 经 理	黄华强	

序

制造业,特别是机械制造业,是国民经济的支柱产业,制造业的水平,体现了一个国家的综合实力和国际竞争力。精冲技术属于先进制造技术,是国家重点支持的高新技术,是产业化发展方向。

精冲技术,是在普通冲压技术的基础上发展起来的生产技术,是现代机械制造业中理想的高精、高效工艺技术,广泛应用于机械、汽车、摩托车、计算机、家用电器、仪器仪表、军工等领域,在现代精密机械制造行业,具有广阔的发展前景。推广应用精冲技术,不仅可以取得很好的经济效益,同时还可以杜绝目前普通冲压生产中人身伤害事故,消减冲压噪声对环境的污染,获取令人满意的职业安全与环保效益。精冲技术已成为重要的成形途径。精冲可以获得尺寸精度高、冲裁面光洁、翘曲小且互换性好的优质零件,并可以减少甚至取消校平、磨削等后续加工工序,以较低的成本达到产品质量的改善与生产效率的提高。在工业化国家,精冲技术已广泛应用于汽车制造等工业部门。据统计,一辆轿车中至少有70多个零件需采用精冲方法加工,如座椅调角器、刹车蹄片、制动杠杆、发动机盖板、门锁、离合器、法兰盘等。

然而,目前我国精冲技术的发展比较缓慢,表现在对精冲的意义认识不足,对精冲知识的普及不够,缺少对精冲技术人才的培养,严重影响了精冲技术的推广和应用。要成为世界制造强国,从“中国制造”走向“中国创造”,人才是关键。有鉴于此,国防工业出版社积极倡导和组织有关人员编写适合我国精冲技术培训要求的系列——《精冲技术快速入门丛书》,主要内容包括精冲技术图解、精冲材料图解、精冲工艺图解,以带动科技进步,培养从设计、制造工艺到操作、管理的各类、各级优秀人才,推动我国的精冲技术的发展。

本套丛书根据国内外精冲培训经验,以详实的资料,图文并茂的形式,简洁明快的方法,叙述精冲技术,以期作为精冲技术快速入门的阶梯。

周开华

2012年4月

前 言

精冲技术,是在普冲基础上,发展起来的一种新的生产工艺技术。在机械、汽车、摩托车、电子、军工、家电和五金等各工业领域,得到广泛的应用和发展。

《精冲工艺图解——原理·方案·应用》一书,是适应我国精冲技术培训需求而编写的《精冲技术快速入门》丛书之一。它以详实的资料,图文并茂的形式,简洁明快的方法,叙述了工艺原理、工艺方案、工艺应用、经济性分析及相关技术规范等,实用工艺技术知识和经验。

本书由中国北方工业公司高级工程师周开华主编和主笔,赵俊、王真任副主编。并得到精冲行业领导齐俊河(中国锻协)、龚正平(东风精冲)、黄重九(华夏精冲)、黄正坤(中航精机)、万方斌(中航精冲)、汪磊(迪克精冲)、陈登(华冠精冲)、邹耀忠(忠明祥和)、韩济才(59所)、董炳健(733厂)、黄时明(黄石锻压)等的关怀和支持。同时,还得到南昌大学卢险峰教授、上海交通大学赵震博士和常熟理工学院陈启东教授等的热情相助。

在此,特别感谢国内外精冲公司和专家学者,以及友好人士的帮助,并提供了许多有实践经验和参考价值的专业文献和资料。

限于编者水平,如有不妥之处,请读者惠于指正。

编者

2012年4月

目 录

工 艺 概 述

0.1 工艺分类	2	0.5 工艺工程	10
0.2 工艺链	4	0.6 影响因素	14
0.3 工艺特点	6	0.7 工艺现状	15
0.4 工艺设计	7	0.8 零件示例	16

第 1 章 工艺基础

1.1 强力压板精冲	20	1.2.5 冲裁面	44
1.1.1 工艺原理	20	1.2.6 平面度	50
1.1.2 模具条件	22	1.2.7 垂直度	50
1.1.3 材料条件	25	1.2.8 塌角	52
1.1.4 机床条件	28	1.2.9 毛刺	57
1.1.5 润滑条件	31	1.2.10 冷作硬化	58
1.2 平面零件	32	1.3 成形零件	61
1.2.1 几何单元	32	1.3.1 成形单元	61
1.2.2 难度等级	38	1.3.2 成形极限	61
1.2.3 峰值压力	41	1.4 综合评定	64
1.2.4 尺寸公差	42		

第 2 章 整修工艺

2.1 整修类型	68	2.4.4 整修方向	73
2.2 整修过程	69	2.4.5 整修余量	74
2.2.1 外缘整修	69	2.4.6 整修次数	76
2.2.2 内孔整修	69	2.5 整修质量	78
2.3 变形特点	71	2.5.1 尺寸精度	78
2.4 工艺特性	72	2.5.2 整修面粗糙度	78
2.4.1 切屑形态	72	2.5.3 整修前冲裁面要求	79
2.4.2 排屑	72	2.6 尺寸公差计算	80
2.4.3 切削角	72	2.6.1 外缘整修	80

2.6.2 内孔整修	80	2.8 整修模具	84
2.6.3 永久变形量	81	2.8.1 基本要求	84
2.7 整修力	82	2.8.2 模具结构	84
2.7.1 冲裁力	82	2.8.3 凹模刃口形状	85
2.7.2 摩擦力	83	2.8.4 冲裁间隙	86
2.7.3 计算示例	83	2.9 工艺方案示例	88

第3章 冲裁工艺

3.1 工艺概述	94	3.5 窄槽冲裁	104
3.1.1 工艺类型	94	3.6 齿形冲裁	109
3.1.2 工艺要求	94	3.6.1 齿形种类	111
3.2 多孔冲裁	96	3.6.2 工艺特征	112
3.2.1 基本原则	96	3.6.3 工艺示例	113
3.2.2 冲孔示例	96	3.7 厚板冲裁	122
3.3 薄壁冲裁	99	3.7.1 工艺特征	124
3.4 小搭边冲裁	101	3.7.2 工艺示例	124

第4章 板材成形工艺

4.1 基本概述	136	4.3.1 基本概述	176
4.2 弯曲工艺	137	4.3.2 工艺示例	176
4.2.1 工艺特点	137	4.4 浅成形工艺	198
4.2.2 切口弯曲	139	4.4.1 基本概述	198
4.2.3 V形弯曲	144	4.4.2 工艺示例	199
4.2.4 U形弯曲	154	4.5 翻边工艺	206
4.2.5 折弯	162	4.5.1 基本概述	206
4.2.6 复杂零件弯曲	170	4.5.2 工艺种类	208
4.3 拉伸工艺	176	4.5.3 工艺示例	224

第5章 体积成形工艺

5.1 工艺概述	228	5.3.2 参数选择	251
5.2 压扁工艺	229	5.3.3 模具种类	254
5.2.1 工艺特点	229	5.3.4 工艺示例	254
5.2.2 参数选择	230	5.4 沉孔工艺	276
5.2.3 工艺示例	232	5.4.1 基本概述	276
5.3 挤压工艺	250	5.4.2 工艺选择	277
5.3.1 工艺特点	250	5.4.3 变形特点	279

5.4.4	工艺参数	279	5.8.2	工艺要求	328
5.4.5	工艺力计算	282	5.8.3	参数选择	329
5.4.6	工艺示例	283	5.8.4	工艺示例	329
5.5	半冲孔工艺	288	5.9	冲眼工艺	333
5.5.1	结构类型	288	5.9.1	基本条件及要求	333
5.5.2	工艺特点	288	5.9.2	工艺参数	333
5.5.3	工艺示例	292	5.9.3	生产条件	334
5.6	压棱角工艺	300	5.10	冷锻工艺	335
5.6.1	工艺方法	300	5.10.1	工艺特性	336
5.6.2	工艺参数	301	5.10.2	设备要求	336
5.6.3	工艺示例	301	5.10.3	冷锻力	336
5.7	密封工艺	312	5.10.4	工艺示例	337
5.7.1	结构型式	313	5.11	摆碾工艺	341
5.7.2	工艺要求	314	5.11.1	工作原理	341
5.7.3	模具结构	314	5.11.2	工艺特点	343
5.7.4	制造方法	315	5.11.3	摆碾分类	344
5.7.5	工艺示例	315	5.11.4	工作过程	345
5.8	压印工艺	327	5.11.5	摆碾工艺计算	345
5.8.1	压印种类	327	5.11.6	工艺示例	370

第6章 经济性选择

6.1	选择原则	382	6.5	成本—投资	406
6.2	选择内容	383	6.5.1	成本计算	406
6.3	选择方法	384	6.5.2	投资计算	408
6.4	经济示例	386	6.6	成本—产能	411
6.4.1	精冲代替的加工方法	386	6.6.1	基本概述	411
6.4.2	采用全部精冲	398	6.6.2	产能示例	411
6.4.3	改善精冲模设计	400	6.7	经济评估	421
6.4.4	精冲与焊或铆组合	404			

参考文献	425
------	-----

工 艺 概 述



工艺概述

0.1 工艺分类

精冲工艺，是为了满足产品零件的功能要求，获取一定的经济效益，并能有效实施，而采用的加工方法。

图 0-1 所示为成形工艺基本分类方法。

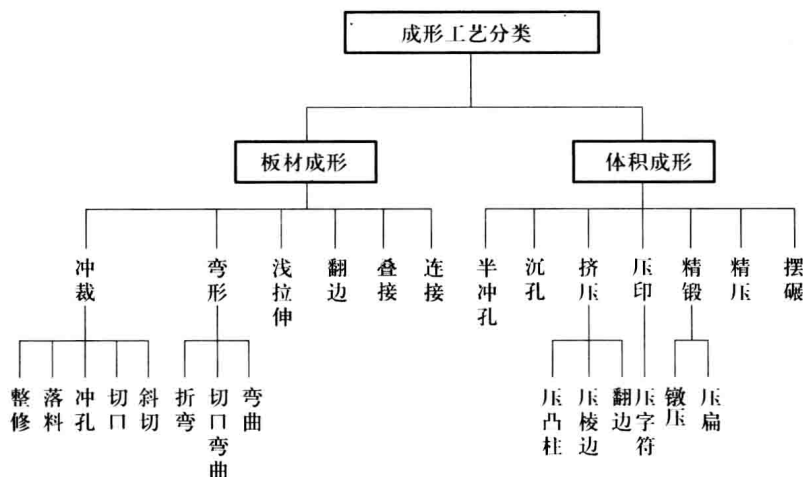


图 0-1

而今，精冲工艺常常采用复合（FFS）工艺。复合工艺是指精冲与成形工艺间的一个或多个工步的连续组合。它包括三种形式：

1. 板材成形

在精冲机上，借助各种结构的模具与板材成形工艺，例如弯曲、拉伸、翻边、挤压、压扁、半冲孔、沉孔和压印等，相组合而成的复合工艺。

2. 体积成形

利用金属本身的冷塑性，在强力作用下，将金属的一部分体积重新分配。即用棒(块)材压入模具内，制成各种精冲所要求的成形坯件。然后在精冲机上进行加工。例如：精冲—精锻；精冲—摆碾相组合而成的复合工艺。

3. 连接成形

它是指精冲与其他加工后的零件，通过不同的形式组合在一起，成为零件或组件的复合工艺，例如：精冲—铆接；精冲—叠接；精冲—压合；精冲—焊接。

因此，复合工艺的特点是：

(1) 精冲零件：由平面零件到三维零件，由等厚度到不等厚度，由小零件到大零件，由简单零件到复杂零件。



工 艺 概 述

0.1 工艺分类

(2) 工艺方法：由单纯的分离工序发展到成形—分离复合工序，由单工位到多工位的工艺顺序。

(3) 精冲模具：由单工位复式模发展到多工位连续模、连续复合模、传送模和模块式组合模。

(4) 精冲材料：由低合金钢到高合金钢，由低强度材料到高强度材料，由薄板到厚板。

(5) 经济成本：可部分取代机加、铸锻、焊铆及粉末冶金件等。



工 艺 概 述

0.2 工 艺 链

精冲属于无屑加工技术，是在普冲基础上发展起来的精密塑性加工方法，从根本上改变了金属板料加工的工艺链。

由高质量、高效率和高可靠性生产出的精冲零件，必须经过图 0-2 所示的各个工艺环节来共同保证，方能达到最终经济制造的精冲产品，即

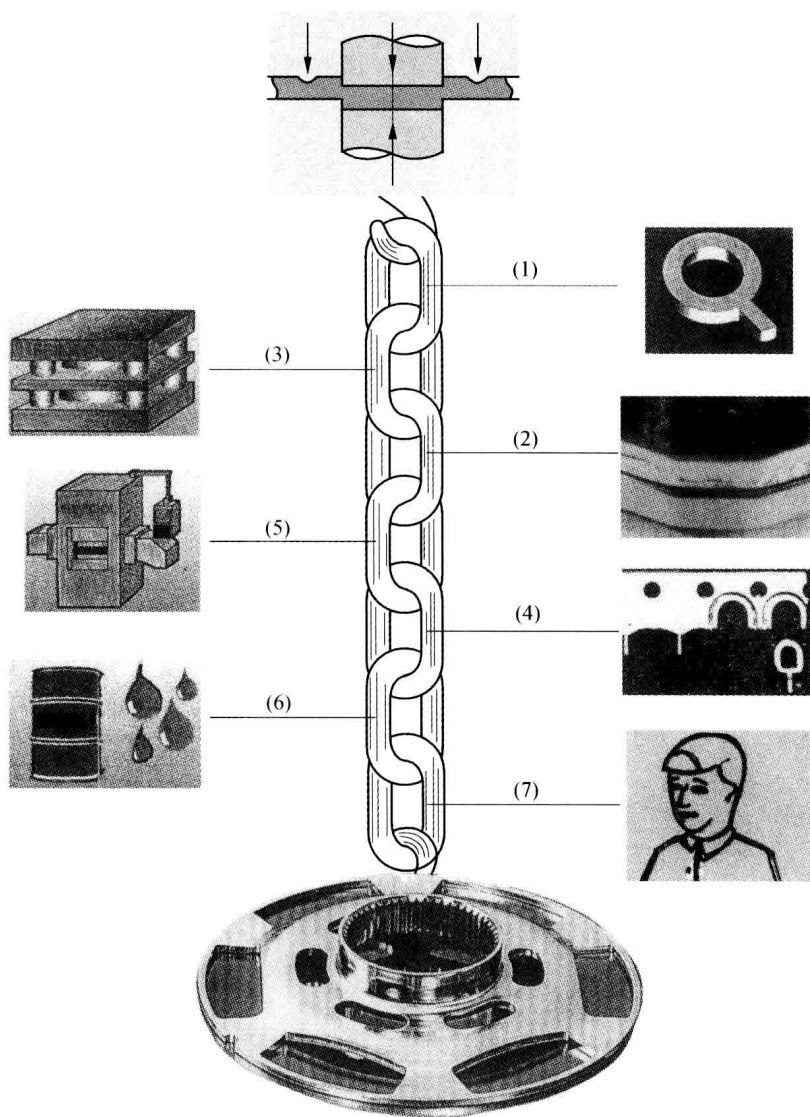


图 0-2



工 艺 概 述

0.2 工 艺 链

- (1) 精冲零件：几何形状，尺寸精度。
- (2) 精冲材料：力学性能，金相组织。
- (3) 精冲模具：结构设计，模具制造。
- (4) 精冲工艺：最佳方案，工步顺序。
- (5) 精冲机：精冲力、速度、导向精度。
- (6) 精冲油：涂敷、用量、作用。
- (7) 工作人员：水平、责任心、创造力。



工 艺 概 述

0.3 工艺特点

精冲作为一种金属板料成形工艺，具有很多特点，如表 0-1 所示。

表 0-1 精冲工艺特点

技术特征	精 冲
1. 材料分离形式	塑—剪变形(抑制撕裂)
2. 工件品质	
(1) 尺寸精度	ISO 7-11
(2) 冲载面粗糙度 $Ra/\mu\text{m}$	1.6 ~ 0.4
(3) 形位误差	
平面度	小(0.02mm/10mm)
垂直度	小(0.0026mm/1mm)
塌角	(10~25)% S
(4) 毛刺	单向，小
3. 模具	
(1) 间隙	单边 0.05% S
(2) 刃口	倒角
4. 冲压材料	塑性好(球化处理)
5. 润滑	特殊
6. 压力机	
(1) 力态	特殊(三向力)
(2) 工艺负载	变形功为普冲的 2 倍 ~ 2.5 倍
(3) 环保	噪声低，振动小
7. 成本	高(回报周期短)



工 艺 概 述

0.4 工艺设计

1. 设计原则

精冲工艺设计以精冲技术为中心，必须熟悉、掌握和应用精冲技术原理及工艺方法，了解精冲零件特点、材料性能、精冲模具结构及精冲生产等要求。

在制定精冲工艺方案时，最佳工艺方案的选择是精冲工艺的关键环节。它直接影响：工艺顺序和工步数，模具结构设计，生产批量，原材料供应状态，生产过程因素（设备、人员及成本等）。

为此，精冲工艺设计的基本原则是：

- (1) 确保产品质量和功能要求。
- (2) 尽可能采用先进工艺技术和新技术成果。
- (3) 根据生产条件确定批量，选择生产效率较高的。
- (4) 缩短生产周期，降低生产成本。
- (5) 注意安全生产及环境保护。

2. 设计依据

- (1) 根据产品图，分析零件的功能、结构参数和技术条件。
- (2) 根据产品总装，了解零件的交接状态和协调要求。
- (3) 根据产品总产量和批量，提出现有可能提供的物质和技术条件。
- (4) 根据产品生产准备周期和生产周期，做好时间、设备、人员、装备、协作和效率等多项安排。
- (5) 根据多种经济和技术标准（资料），做好产品工艺成本核算。

3. 设计内容

1) 分析精冲零件

(1) 零件结构的工艺性：

- ① 精冲零件形状、尺寸；
- ② 几何单元的特性值；
- ③ 难度等级；
- ④ 材料纹向。

(2) 零件精度的合理性：

- ① 尺寸公差及标注；
- ② 形位公差：平面度、垂直度、塌角；
- ③ 毛刺。

(3) 零件冲裁面的特性：

- ① 功能面要求；
- ② 粗糙度等级；



工 艺 概 述

0.4 工艺设计

③ 完好率等级;

④ 撕裂等级。

(4) 零件材料的精冲性:

① 材料种类、规格、供应状态;

② 力学性能(σ_b 、 σ_s 、 δ 、 ψ 、 α_k 及 HB);

③ 金相组织(退火、球化退火、球化率);

④ 冷作硬化。

(5) 零件生产的可行性:

① 批量大小;

② 生产条件;

③ 生产周期。

(6) 零件技术准备的协调性:

① 零件的修改和确认;

② 零件装配与调试;

③ 零件测试;

④ 零件包装与运输。

2) 制定最佳工艺方案

(1) 根据精冲零件图, 进行一系列工艺计算, 包括排样与搭边、压力中心、精冲力。

(2) 绘制工艺排料图。

(3) 提出初步工艺方案, 包括工艺性质、工序数量、工步顺序、工序组合。

(4) 选择最佳工艺方案:

① 进一步分析方案的可行性;

② 产品质量和批量;

③ 生产效率及设备条件;

④ 经济效益等。

3) 设计精冲模

根据最佳工艺方案, 进行精冲模设计:

(1) 选择精冲模种类及结构型式;

(2) 排样及工艺计算(压力中心、冲压力、齿圈参数、间隙等);

(3) 绘制模具总图及工作部分原理图;

(4) 确定模具材料及热处理硬度;

(5) 确定凸、凹模涂层(TiN 或 TiCN);

(6) 注明模具零部件技术条件。