

冷 压 手 册

罗 曼 诺 夫 斯 基 著



机 械 工 业 出 版 社

冷 压 手 册

(增訂第二版)

罗曼諾夫斯基著

梁炳文、迟家駿合譯



机械工業出版社

出版者的話

本手册共分五篇，包括十八章。第一篇广泛地分析了各种冷压过程，如剪裁、弯曲、压延等过程，并说明了与物理现象及设计有关的各种主要因素。第二篇介绍了设计冷压件及拟订冷压工艺规程的原则。第三篇介绍了典型模子的构造及其部件与零件。第四篇介绍了各种压床的型式，冷压过程机械化和自动化的方法，以及工作地点的组织与设计。第五篇介绍了冷压用的主要材料及其机械与工艺性能。

本手册供从事于冷压工作的工程师、工艺师、设计师以及高等与中等工业学校的学生们参考。

原书附录中还有常用数表 15 页，并列有参考文献 9 页，为了节省纸张和印刷力量，我们把它删去了。

苏联 В. П. Романовский 著 ‘Справочник по холодной штамповке (издание второе дополненное и переработанное)’
(Машгиз 1954 年)

*

*

*

NO. 1360

1957 年 6 月第一版 1959 年 4 月第一版第二次印刷

787×1092^{1/25} 字数 344 千字 印张 19^{3/25} 3,301—14,400 册

机械工业出版社(北京阜成门外百万庄)出版

北京市印刷一厂印刷 新华书店发行

“营业许可证书”字第 008 号 定价(11) 2.90 元

目 次

第二版序	6
应用符号	8
緒論	9

1 冷压的特点及优点(9)——2 冷压的作用及发展方向(10)

第一篇 冷压过程

第一章 冷压的主要过程与工序的分类及名詞術語	15
------------------------------	----

1 主要过程及工序的分类(15)——2 主要工序的名称及性質(21)

第二章 剪裁	27
--------------	----

3 剪刀裁板法(27)——4 剪裁力的决定(29)——5 用模子的裁板法(30)

6 冲裁力及打孔力的决定(34)——7 凹模与凸模之間間隙(44)——

8 光潔的冲裁和打孔及整修压制(47)——9 用橡皮冲裁的方法(56)

第三章 弯曲	60
--------------	----

10 金属板的弯曲过程(60)——11 中性層(63)——12 变形量及最小的許可弯曲半徑(70)——13 弯曲时毛料展开尺寸的決定(74)——14 弯曲时的彈性回跳(77)——15 拉弯(82)——16 弯矩及弯曲力(83)——17 在弯曲中模子的工艺結構因素与一般指示(86)

第四章 压延	91
--------------	----

18 压延过程(91)——19 压延件毛料展开尺寸及形狀的決定(99)——20 压

延比及工序順序与次数的決定(125)——21 压延力与压边力的決定(153)——

22 压延功及功率的決定(157)——23 压延模的圓角半徑及間隙(158)——24

压延用的潤滑剂(164)——25 特种压延方法(168)——26 金属在压延中的硬化及退火(178)

第五章 成形	185
--------------	-----

27 起伏成形(185)——28 翻边(187)——29 凸肚(脹形)(199)——30 縮徑(201)——31 整形(校平)(203)

第六章 立体压制	206
----------------	-----

32 工序的特点(206)——33 压印(209)——34 鐵粗和頂鐵(210)——35 立体成形(215)——36 精压(220)——37 冷挤(224)

第七章 压力加工的特殊形式	235
---------------------	-----

38 冷塑焊接(235)——39 冷压在裝配中的应用(237)——40 用卷料、条料和板料制型材的方法(240)——41 型材的弯曲(245)——42 旋压(赶形)和滾形工作(249)

第八章 非金屬材料的压制 255

- 43 主要的冷压用非金屬材料(255)——44 非金屬材料零件的剪切及冲裁(256)
——45 非金屬材料的弯曲(259)——46 非金屬材料的压延(260)

第二篇 冷压工艺規程編制原則

第一章 压制件的工艺性 263

- 1 对压制件構造的工艺要求 (263)——2 提高压制件工艺性及節約金屬的方法 (268)

第二章 冷压工艺規程的編制 273

- 3 編制工艺規程的任务和程序(273)——4 材料的排样和搭边的数值(274)——
5 工序的性質、数量、順序性和复合性的确定 (292)——6 压制件的精度和工序公差(296)——7 压床型式和压力的选择(307)——8 制定冷压工作技术定額的基础(307)——9 工艺文件(314)——10 小批生产中冷压的应用(314)

第三篇 模子及其部件与零件的典型製造

第一章 典型模子及其零件的分类 323

- 1 典型模子的工艺分类(323)——2 按照構造和使用特征的模子分类(329)——
3 模子零件的分类(333)

第二章 模子典型部件及零件的構造 335

- 4 模子的典型構造部件及零件 (335)——5 模子的典型工艺部件及零件 (343)
——6 模子零件的製造精度和加工光潔度、公差与配合(368)——7 模子零件的材料(377)——8 模子的耐用度(381)

第三章 模子的設計程序及其强度計算 386

- 9 設計的程序与阶段(386)——10 模子压力中心的确定(386)——11 模子零件的强度計算 (388)——12 模子和压床的閉合高度 (394)——13 模子登記卡 (396)

第四篇 冷压压床

第一章 压床的分类及其主要型式 399

- 1 压制压床的分类(399)——2 改进压床设备的途徑(401)

第二章 冷压过程的机械化及自动化 406

- 3 材料及毛料送料的机械化及自动化 (408)——4 排除零件和廢料的机械化与自动化(415)——5 工序間傳遞毛料的自动化(418)——6 压成件堆置的自动化(420)——7 压床操縱及檢查的自动化(422)

第三章 工作地点的組織及平面布置 425

• 第五篇 冷压用材料

第一章 材料规格	428
1 在冷压中应用的主要材料(428)	
第二章 主要材料的工艺性能与机械性能	442
2 关于工艺应用方面的指示(442)——3 板料机械性能与工艺性能的决定(444)	
附录 压床的技术规格	450
中俄名词对照表	478

第二版序

在苏联共产党第十九次代表大会的指示中，提出了我国（苏联）工業的基本任务——在高度的技术基础上，使社会主义生产作更进一步的發展和改进，其内容为：

- 1) 进一步扩大机器制造及金屬加工工業的产量；
- 2) 制造重量輕而質量好的新机器；
- 3) 尽量節約材料、劳动力与資金；
- 4) 广泛地采用生产过程的机械化及自动化；
- 5) 大大的提高重型鍛压机器等的生产。

这些任务給予很多生产及工艺問題以新的指示，例如在冷压中節約金屬，在压制过程中的机械化及自动化，这不仅是为了得到節約的敎果，而且还为了減輕工人的劳动。

要使日用工業商品，在改善質量的同时急剧地提高产量，就需要將用以制造各种文化-生活及經濟用品的冷压方法作更进一步的發展及改进。

本版冷压手册將初版作了重大的修改，并补充了反映苏联工業所积累的先进經驗的新資料。

在进行手册的修改工作中，已考虑到广泛的產業界及工程技术团体对初版的批評、希望及討論結果。

在第二版中加入了新的一篇：“冷压工艺規程的設計原則”；还加入了新的几章：第八章（第一篇）——非金屬材料的压制；第一章（第二篇）——冷压件的工艺性；第二章（第四篇）——冷压过程的机械化及自动化。

对手册的其余各章也重新作了审查，并加入了新的資料，其中有些是在初版中沒有談过的問題：1) 冷压在裝配方面的应用；2) 冷塑焊接；3) 旋压及滾形工作；4) 形狀复杂的零件的压延；5) 冷

压工作的定額基础；6）冷压件的精度等。

在修改本手册时，作者考虑到对內容的敘述有保持大家所已經熟悉的順序的必要，因此主要的冷压生产及工艺問題，名詞、分类、插图及大部分的說明，都保持初版的順序。

有些資料在第二版中删除了。例如模子零件的 OCT 表就去掉了，因为新的統一的ГОСТ正在拟訂中。

对于理論問題的敘述，应用了苏联学者对冷压过程的研究結果。

由于手册是为实际生产服务的，故塑性变形理論不在討論之列。

由作者在手册各篇內所引証的参考文献来看，可以令人信服地說明：苏联学者及研究家在压力加工及冷压方面的理論及实际問題中所起的主导作用。

作者对过去就初版提出批評及意見的个人及团体，謹致深切的謝意，有了这些批評及意見，使得第二版能考虑到并更全面地反映使用手册的工程技術人員的需要及希望。

作者請求繼續提出批評及希望，并指出發現的錯誤及不确切的地方，作者將以感激的心情来接受这些批評及指正意見。

作 者

应用符号

P ——冲压(冲裁,弯曲,压延等)力计算值,以公斤計	計
S ——材料厚度,以公厘計	σ_{H} ——抗弯强度,以公斤/公厘 ² 計
$C = \frac{h_{\text{H}}}{S}$ ——冲裁(打孔)凸模相对冲挤深度	$\sigma_{\text{H},\text{I}}$ ——弯曲中的許用应力,以公斤/公厘 ² 計
S_1 ——变形(弯曲,压延)后的材料厚度,以公厘計	$\delta, \delta_5, \delta_{10}$ ——延伸率,以%計
$\alpha = \frac{S_1}{S}$ ——材料变薄系数	ψ ——剖面收縮率,以%計
ρ ——弯曲时中性層的曲度半徑,以公厘計	ϵ_T 和 ϵ_R ——弯曲时外边纖維的应变(以总延伸率表示)⊙
ρ_{H} ——应力中性層的曲度半徑,以公厘計	ψ_T 和 ψ_R ——弯曲时外边纖維的应变(以剖面收縮率表示)
A ——变形(冲裁,弯曲,压延等)功,以公斤·公尺計	E ——拉伸时的彈性模数,以公斤/公厘 ² 計
N ——压床的功率,以馬力計	G ——扭轉时的彈性模数,以公斤/公厘 ² 計
M ——弯矩,以公斤·公厘計	H_B ——布氏硬度
$W_{\text{H.I}}$ ——塑性弯曲时的剖面模数(抗矩)	R_C 和 R_B ——洛氏硬度(C及B級)
$W = \frac{BS^2}{6}$ ——矩形剖面的剖面模数(抗矩)	D ——毛料直徑,以公厘計
I ——剖面慣量,以公厘 ⁴ 計	m ——压延比
$\sigma_s(\sigma_T)$ ——屈服点,以公斤/公厘 ² 計	$K = \frac{1}{m}$ ——压延程度
$\sigma_b(\sigma_{\text{HII}})$ ——極限强度,以公斤/公厘 ² 計	Q ——压延时的压边力,以公斤計
σ_{cp} ——抗剪强度,以公斤/公厘 ²	q ——單位压力,以公斤/公厘 ² 計
	μ ——摩擦系数
	$e = 2.72$ ——自然对数的底

⊙ 总延伸率包括彈性的及塑性的延伸率。——譯者

緒 論

1 冷压的特点及优点

冷压是一种独立的金属机械加工形式，它包括很多不产生屑末的特殊工艺过程。

冷压生产过程具有以下几种特点：

- 1) 就生产工作的方法上說，是在冷作状态的金属压力加工；
- 2) 就应用的设备来說，是用各种形式的压床及自动机床，产生使压制材料发生变形所需要的工作压力；
- 3) 就应用的工具来說，是直接使金属发生变形并完成一定工序的各种形式的模子；
- 4) 就所加工的材料来說，主要是金属板料、条料及卷料、以及非金属板料（垫子及绝缘材料）。

在这里，压制件的形状及尺寸，相当准确地符合于模子（凸模及凹模）工作部分的形状及尺寸。

冷压是最先进的生产工艺方法之一，与其他金属加工方法比较，不论在技术方面或在经济方面，都有其很多优点。

在技术方面，冷压可以：

- 1) 在压床的简单冲击下完成复杂的工序，并得到形状很复杂的零件，这些零件用其他加工方法来制造将是不可能的或是很困难的；
- 2) 得到尺寸精度相当高的互换性零件，具有不需要进一步机械加工的优点；
- 3) 在材料耗费不大的情形下，可以得到强度大、刚度高而重量小的零件。

在经济方面，冷压有以下的优点：

- 1) 用料经济，废料较少；

- 2) 生产过程中应用了机械化及自动化设备生产率特别高;
- 3) 在压床上工作简单, 可以由等级不高的工人来操作;
- 4) 产量大, 制件成本低。

要保证有效地应用冷压作业, 必须对以下有关生产准备的技术问题, 作全盘解决, 即必须:

- 1) 作出合理的及“工艺性良好的”零件结构或形状, 使能用经济的方法将其制造出来;
- 2) 使用具有对此种变形所必需的机械性能和工艺性能的材料;
- 3) 拟订及采用在技术上正确并在经济上合理的压制工艺规程, 保证得到所需要的零件及相应的产量;
- 4) 设计正确的模子结构, 保证其本身的制造质量, 以便得到零件所需要的质量及精度, 并达到高的生产率、耐用度及工作上的安全;
- 5) 对压床型式及功率作正确的选择及合理的应用;
- 6) 根据制件特点及生产规模正确地组织工作地点。

冷压工艺规程的拟订及模子的设计工作, 虽然可以由不同人选来分别完成, 但彼此有着不能分割的联系。

工艺师应该很好的了解模子结构, 而设计师则应该具有基本的冷压工艺知识。

2 冷压的作用及发展方向

目前冷压作业差不多在所有机器制造及金属加工工业部门都得到了广泛的应用。

某些工业部门中冷压工作所占的比重列如表 1。

应用冷压方法最多的是在大批及大量生产中, 这里有大量的产品, 可以应用虽然比较复杂和昂贵, 但在技术上比较完善的模子。

在很多大量生产及日用品生产中, 全年的产量可达几千万以至数亿件。

目前冷压的发展方向是朝着以下的途径前进的:

- 1) 用压制或压制-焊接的方法代替铸造及锻造, 以扩大冷压的应

表1 冷压工作的比重

制 件 名 称	冷压工作的比重(%)		
	按 重 量	按零件数量	按劳动量
輕便汽車	50~70	60~75	25~30
电机	50~60	60~70	15~20
精密机械(打字机等)的零件	70~80	80~85	30~40
日用品(煤油爐等)	98~99	95~98	90~95

用范围, 这样, 差不多可以不必再作进一步的切削加工;

2) 改进现有的并創造新的压制工艺过程;

3) 应用簡單模具及通用模具, 將冷压方法广泛地推行到小批生产中;

4) 通过設計工艺性良好的零件形状, 应用無廢料及少廢料的排样, 利用廢料, 提高毛料尺寸的計算准确度等方法, 来降低材料的消耗;

5) 提高压制件的精度(达到ГОСТ的3~4級精度);

6) 用压制过程的机械化及自动化来提高生产率;

7) 在装配上应用压制方法;

8) 提高模子在大批及大量生产中的耐用度。

冷压方法应用范围的扩大, 可由压制件尺寸已增加到6公尺以上(汽車大梁等)这一点看出来。

压制材料的厚度是不断的增加的; 例如, 在冷作状态, 可对厚25公厘以下的材料进行冲裁, 对厚35公厘以下的材料进行打孔, 对厚20公厘以下的材料进行压延, 对厚100公厘以下的材料作冷弯曲。

用冷压件(用板料)代替鑄件及鍛件的方法, 有以下的技术-經濟优点:

零件重量的降低 25~50%

材料消耗量的减少 30~70%

劳动量的降低 50~80%

同时由于这样代替的结果, 通常还能收到增加零件强度及剛度的

功效，这是由于：

- 1) 应用了比原来金属机械性能高的板料（大都是冷辗板料）；
- 2) 在压成的轮廓剖面上，金属有更合理的分布；
- 3) 应用了增加刚度的压制方法（压梗，翻边，弯曲，滚边等）。

因而，应用冷压方法在结构上的主要先进指标，是用板料压制的零件与铸件、锻件或型材加工件相比较，强度及刚度有所增加，而重量则有所降低。

随着冷压方法的继续发展，其在工艺上的主要先进因素，是用冷压方法能够得到零件的最后形状而不必再作进一步的切削加工。

某种工艺方法的先进性，是与生产批量及具体条件分不开的，这与其说是工艺方面的事，不如理解为组织-技术方面的事。

在小批生产中是先进的生产工艺方法，在大多数情况下，用于大批及大量生产中就不先进和不合理，反过来也是这样。

这说明了为什么在大量及小批生产中，冷压有不同的生产方法和不同的发展途径。

在大批及大量生产中，冷压是沿着以下的途径发展的：

- 1) 采用复杂的复合-组合模具；
- 2) 对于卷料采用多工序的连续模；
- 3) 使压制过程机械化及自动化；
- 4) 创造快速自动压床与特种自动机床；
- 5) 改进并发展冷压方法，以提高制造精度和生产率，代替金属切削加工（用模子整修，精压，立体压制，冷挤）；
- 6) 应用卷料及条料在成型机床或弯曲机上压制型材；
- 7) 应用耐磨钢、硬质合金，采用机械的及化学热处理的强化方法，来提高模子的耐用度。

在小批生产中，冷压的发展是由于应用：

- 1) 通用的及便宜的简易模（板模，夹模，铅锌铸模，非金属模）；
- 2) 新的工艺方法（橡皮压制，液力压制，在特种压床上的拉形

等)。

由于压床的生产率相当高而压制工作的劳动量比较低, 在冷压生产中所謂成批及大量生产的概念与其典型特征, 与在金屬切削加工中的概念与特征有所不同。

表示压制生产大小批的典型特征, 如表 2 所示。

表 2 表示压制生产大小批的特征

典型特征	生 产 形 式		
	大量流水生产	大批生产	中批及小批生产
压床型式	特种压床及自动压制机	快速机械化压床	簡單的通用压床
模子型式	組合的(多工序的)模子	組合的和簡單的(單工序的)模子	簡單的、通用的和簡易的模子(板模等)
工作的机械化程度	条料及單个毛料的自动送料, 大板及毛料的机械送料	条料的自动送料, 單个毛料的半自动(机械化)送料, 大板及毛料的手工送料	板料, 条料与單个毛料的手工送料
批量的大小	連續生产	大批	小批或很小批生产
成批系数(一台压床所分配的工序数)	1~2	2~10	10~30 和 30 以上

在冷压生产中, 批量的大小在数量上的指标与机械加工中的指标不同, 因为由于压床的速度高和生产率大的关系, 在組織流水生产时發生了完全不同的情况。

这些指标視压制件的尺寸及复杂程度而定, 因为当毛料的性質、尺寸及重量不同时, 需要对压床作不同的看管和不同的送料方法, 并且安裝模子时需要不同的時間。

由于安裝大而重的模子及調整重型压床很复杂, 并需要較長的时间, 故在很多情形下可以只將模子固定到各別的工序中, 即使不能使其工作滿載, 也是可以的; 这对于小型压床及小模子是不許可的。

根据设备的平均生产率及通常的成批系数, 对于單班制工作, 在

冷压生产中标誌批量的近似值列如表 3。

在表 3 中所列的仅为近似的数值，因为生产的成批指标除了受零件尺寸的影响外，还受其他技术特征（例如厚度，工艺复杂性，精度等）的影响。

表 3 表示冷压生产批量大小的近似数字

压制件的尺寸(公厘)	小 批	中 批	大 批	大量流水生产
	年 产 量 (千件)			
大型 (250~1000)	10 以下	10~50	50~500	500 以上
中型 (50~250)	50 以下	50~500	500~2000	2000 以上
小型 (50 以下)	100 以下	100~1000	1000~10000	10000 以上

第一篇 冷压过程

第一章 冷压的主要过程与工序的分类及名詞术语

1 主要过程及工序的分类

冷压工作中大量不同的工序，可以按照以下的特征將其系統化，并加以分类：

1) 按照总的变形性質； 2) 按照各别的变形方式； 3) 按照各别的工序形式。

按照总的变形性質，可以將冷压划分为兩大类：

1) 材料有局部破坏的变形； 2) 塑性变形。

第一类是指使材料發生由于剪裂的局部破坏的变形而言。其中包括使材料一部分与另一部分分开的分离工序。

在塑性变形的冷压一类里，又分以下两个分类：

a) 弯曲及空心件形狀的变化，主要是由于毛料表面形狀的变化；

6) 由于金屬体积的重新分配及一定的轉移，使立体零件的形狀發生变化[●]。

总的說来冷压工作有五种基本变形方式：

1. 剪裁——沿封閉的或敞开的輪廓，使材料的一部分与另一部分分离。

2. 弯曲——將平的毛料变成弯曲件，或使弯曲件形狀作进一步改变。

3. 压延——將平的毛料变成为任意形狀的空心件，或者將空心件

● 这个定义并不是很严格的，因为在第一分类中，也發生了材料的轉移。——作者

的尺寸作进一步改变。

4. 成形——用各种性質的局部变形，来改变零件或毛料的形狀。

5. 立体压制或挤压——用使体积作重新分配并將材料作一定的轉移的方法，来改变輪廓、外形或毛料厚度。

除了以上所列举的基本变形方式外，还有很多种組合压制工作，同时包括以上两个或几个变形方式及各別工序，还有一种装配压制工序，乃应用弯曲、成形或立体压制的变形方式。

每一种冷压变形的的基本方式，又細分为很多各別的工序，各有其特点、生产任务以及其典型模子。

在圖 1 中所示的，是冷压工作的基本过程及工序的分类，并用圖形来表示各道工序的内容。

組合压制工序因为方式很多，数量很大，故在基本冷压工序之外，另行分类。

組合压制乃是在一个模子内同时进行兩道或几道不同的压制工序。

按照工艺上的特征，組合工序可以分为三类：

1) 組合的剪裁工序，包括不同方式的剪裁工序（冲裁，打孔，切断）；

2) 改变形狀的組合工序，包括不同方式的变形工序（压延，起伏成形，弯曲，翻边等）；

3) 剪裁及变形的組合工序，同时包括剪裁工序及变形工序（冲裁——弯曲，冲裁——压延，冲裁——成形等）。

根据組合压制將工序組合起来的方法，可以將其分为三类：

1) 复合的； 2) 連續的； 3) 复合-連續的。

复合压制是在压床一次冲击下及毛料在模子内定一次位，即同时完成几种不同工序。

連續压制是各个凸模在压床的几次冲击下，連續地完成几种不同工序，毛料在压床内依次移动，在每次冲击下都可以得到一个制成的工件。