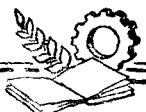




高等学校教学用书



# 有色金属压力加工原理

东北工学院有色金属压力加工教研室  
中南矿冶学院有色金属压力加工教研室 合編

本书是根据高等工业学校有色金属压力加工专业1959年制订的教育计划，以及几年来的教学改革和教学实践，由东北工学院和中南矿冶学院有色金属压力加工教研室合编的。

本书内容，在金属塑性变形的力学系统方面，除在弹塑性力学的基础上，加强了关于变形力学状态图、塑性条件和变形状态类型图等的分析外，比较深入地讨论了变形力的确定方法，从而可以为以后专门化课程中的理论部分打好力学基础。在金属塑性变形的物理学系统方面，除了阐述塑性变形机构的理论外，并且结合有色金属及其合金压力加工的特点，加强了关于提高塑性的问题，以及变形的不均匀性问题的讨论。

本书可作为有色金属压力加工专业的教科书，也可供有关技术人员参考。

### 有色金属压力加工原理

东北工学院有色金属压力加工教研室 合编  
中南矿冶学院有色金属压力加工教研室

\*

中国工业出版社出版（北京佟麟阁路丙10号）

（北京市书刊出版事业许可证出字第110号）

中国工业出版社第三印刷厂印刷

新华书店科技发行所发行·各地新华书店经售

\*

开本 $787 \times 1092^{1/16}$ ·印张 $15\frac{3}{4}$ ·字数363,000

1961年9月北京第一版·1961年9月北京第一次印刷

印数0001—1,537·定价（10—6）1.90元

统一书号：15165·483（冶金—141）

# 緒 論

## 1. 金屬压力加工的特点

近代工业所用的金属材料基本加工方法，約可概括为三大类：压力加工法、鑄造法和切削加工法。此外尚有冲制、剪切、焊接和电火花加工等，大多属于金属成形后进一步加工的方法。金属的压力加工方法是现代冶金工业中应用最广泛的一种，这种方法主要是使固体金属或合金通过工具在外力的作用下，产生塑性变形，而制成所需的形状、尺寸和各种性能的产品，主要包括：板材、带材、条材、箔材、管材、棒材、型材、线材，以及一种异形冲压制品和锻件等。这些产品在工业上可作为半成品，或再经过冲压、锻压过程，制成最后的成品。

金属压力加工方法能得到广泛的应用，是由于它具有下列特点：

(1) 金属在塑性变形时内部組織发生了显著的变化，由鑄造状态的、不均匀不致密的组织变成鍛压状态的、較均匀較致密的組織，从而大大地改善了金属的性能，提高了金属的强度和塑性。因此一般用压力加工方法所获得的产品，其机械性能要比用其他方法（特别是鑄造法）好。例如，工业純銅在鑄造状态时极限强度为17公斤/毫米<sup>2</sup>，延伸率为18%；同样材料经过压力加工并经退火后，强度增至24公斤/毫米<sup>2</sup>，延伸率为50%。

(2) 随着金属压力加工工具和设备的改进，不断出现各种新的压力加工方法，使生产量日益扩大，生产不断更进。許多过去认为是难于大量生产的产品，例如鑄造法生产的齿轮、齒輪等，自从采用压力加工方法（軋制法）以后，生产率提高了九倍至十倍以上。压力加工方法本身趋向于快速生产，例如軋制法的軋制速度已由过去的1米/秒，提高到现在的5米/秒以上，也使压力加工生产有了更大的优越性。

(3) 压力加工的产品在尺寸精确度和表面光洁度方面，都优于其他种加工方法。在压力加工生产中，通常完全可以通过工具（軋辊軋型、挤压模、拉伸模）来控制成品的尺寸。它如与鑄造法相比，则后者不仅要考虑到金属凝固时的收缩量，而且要預留出必要的切削余量。另外用压力加工方法制出的成品，通常都可保证表面的光洁度，因此无须再进行切削加工，这对于大部份有色金属来说，具有很大的意义。

(4) 鑄造法常常消耗大量金属在冒口、浇口、流道，而压力加工法，这种消耗就大为减少。又如用压力加工方法生产齒輪、型材等制品时，可以节省用切削加工法所消耗的废屑，节约有色金属材料。

另一方面，金属压力加工方法也有一些缺点：所用的设备較庞大，也較复杂，消耗动力也较多，因而投资也较大。这些原因，在历史上曾經阻碍了压力加工方法的发展。但随着机械制造和电机制造工业的发展，出现了大型軋机、水力挤压机、以及大型电动机等，再加上压力加工生产技术的不断进步，就为这种加工方法的进一步发展創造了更有利的条件。

## 2. 金属压力加工的基本方法

到目前为止，在工业上常用的金属压力加工方法主要有五种：锻造、轧制、挤压、拉制和冲压。

(1) 锻造。它是压力加工中最古老的变形方式。图 0—1 所示为自由锻造，它是在坯料受到锤头打击或压缩后，金属在受力的垂直方向，自由地向四周流动的过程。在这一过程中，锤头每次打击后，坯料就获得与两锤头间距离相应的形状和尺寸。另外，如在锤头的打击或压缩下，使金属坯料充满一定形状和尺寸锻模空腔，从而获得相应形状和尺寸的成品，则称为模锻，如图 0—2 所示。

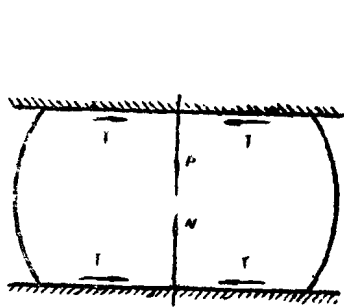


图 0—1 自由锻造过程示意图  
P—锤头的作用力；N—作用力的反力；T—挤压力

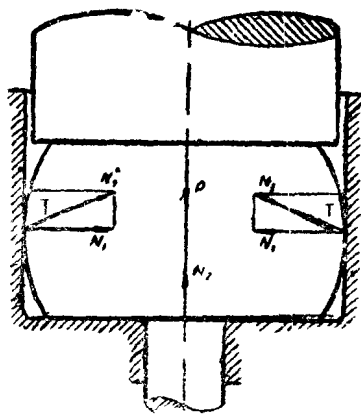


图 0—2 模锻过程示意图  
P—锤头的作用力；N—作用力的反力；T—挤压力

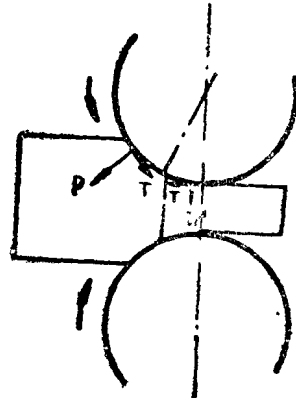


图 0—3 轧制过程示意图  
P—轧辊加于金属的作用力，T—轧辊转动时金属相对移动时的摩擦力

(2) 轧制。使金属通过两个旋转着的轧辊而变形的过程，称为轧制，如图 0—3 所示。如果轧辊的辊型是平的，产品为板、带、箔和条材等，称为平辊轧制；如果轧辊带有轧槽，产品为型材，则称为型材轧制。大多数的轧制过程，两轧辊旋转的方向是相反的，只有轧制管坯时，两轧辊同向旋转，坯料在螺旋运动而进行穿孔，这种轧制轴线多倾斜排列，故称斜辊轧制。

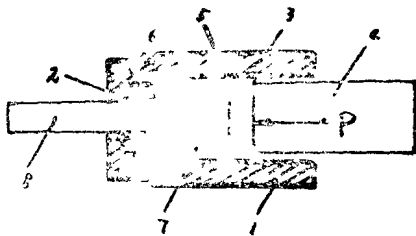


图 0—4 正向挤压过程示意图  
1—挤压筒；2—模子；3—冲头；4—挤压杆；5—挤压杆衬套；6—楔压；7—铸锭；8—成型棒。

(3) 挤压。使金属在压力的作用下，通过一定形状的模孔而产生变形的过程，称为挤压。最简单的挤压过程如图 0—4 所示。挤压杆 4 使挤压筒 1 中的金属坯料 7 在压力作用下，被迫流过模孔 2 而制成型材 8。

在挤压时，如果挤压杆运动方向与金属流出方向相同，称为正向挤压法。反之，则称为反向挤压法。控制挤压模模孔的形状，即可制出任意断面形状的成品，如棒材和型材等。如在挤压杆内穿有穿孔棒，则可以制出各种管材。

(4) 拉制。用拉力使金属通过截面逐渐缩小并且有锥角的模孔而形成的过程，称为拉制，又称模拉伸，如图0-5所示。拉制通常用于将轧制或挤压过的棒、管等坯料的进一步加工，而制成截面尺寸精确的棒、管、线 and 型材等成品。在拉制管材时，通常利用芯杆装置，不仅使管的直径减小或扩大，同时使管壁变薄。

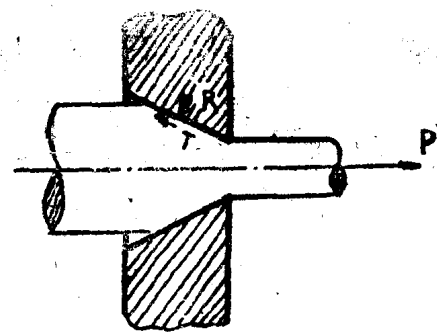


图 0-5 简单拉制过程示意图  
P—拉伸作用力；R—模壁所发生的反力；T—金属与模壁发生相对移动时所产生的摩擦力

(5) 冲压。将厚度不大的板坯或中空物件，借助于冲锤的作用，使其通过模孔而获得中空产品的过程谓之冲压。

### 3. 有色金属压力加工工业在国民经济中的作用

在党的建设社会主义总路线的光辉照耀下，随着钢铁工业的飞跃发展，我国的有色金属工业也得到了持续的跃进。有大部分有色金属产品，都是以压力加工的方法制成具有一定形状、尺寸和性能的制品。这些制品在国民经济的各个部门中，都是不可少的。例如，在电器工业方面，大部份的电缆、导电板等材料都是有色金属压力加工制品；在航空工业方面，三分之一以上的飞机结构材料是用轻金属的板、带或型材等制成的；化学工业中所用的耐酸材料、导管等，一部分是以有色金属用压力加工方法制出的；机器制造工业，特别是精密仪表制造工业中，有色金属制品也是不可缺少的材料。其他如食品工业、建筑工业、医疗卫生器械和日用品制造工业，以及国防工业等，都需用各种有色金属压力加工产品。

但是，有色金属制品在现代尖端技术的发展中所占的地位更为重要。例如，应用于宇宙飞行上的火箭发动机、蒙皮、以及其他结构材料，必须有承受在高温、高速下工作的性能。因此材料的选择就成为一个极关键的问题，它必须具有极高的耐热和抗腐能力。过去，多从陶瓷、涂层材料及合金钢、不锈钢方面选择，但这些材料并不能完全满足高空飞行中减轻重量的要求。因此要求采用严格控制公差的比重较轻的金属如钛、铝、镁及其合金的板、带、管、型等材料。此外，为了能承受超出1000°C甚至2000°C以上的工作温度，更须考虑采用高熔点的，像钨、钼、钽、铌之类的稀有金属材料。而这些金属又多属于难于加工的脆性金属。

在原子能技术方面，核反应器的结构材料必须具有最低的热中子吸收截面积，以及较高的抗腐和耐热的性能。于是，铍、锆等稀有金属的板、管、棒等材料，就成为制造核反应器结构的重要材料。

此外，电子技术中的电子仪器及其他精密仪表，也都采用特殊的有色金属合金制品。

由于有色金属压力加工的对象，已不再限于普通的有色金属及其合金的范围，而必须扩大到高熔点的、但多呈脆性的稀有金属及其合金，这就为有色金属压力加工工业提出了新的任务。

#### 4. 有色金屬压力加工原理的基本研究任务

金属压力加工原理是随着社会生产力的发展，不断地总结生产实践和科学研究的成果而形成的一門科学。

根据当前生产中所存在的各种基本矛盾，有色金属压力加工原理这一学科的基本研究任务是：

(1) 阐明金属变形过程之物理及物理化学特性，了解变形过程中金属物理机械性能变化的规律。特别是从物质的微观结构出发，研究金属的塑性变形机构，从而力求正确地选择压力加工过程的条件。

(2) 阐明变形过程中变形力之基本力学原理，据以分析变形过程的力学状态，以及塑性变形之力学条件，从而力求正确地选择变形方法。

(3) 阐明变形过程中金属变形之不均匀性及其规律，特别是要了解影响不均匀变形之主要因素——外摩擦的规律，以保证合理地选择工具及坯料的形状，提出改善变形不均匀性的措施。

(4) 通过对各种力学的、物理机械的、以及物理化学因素的总结，寻找提高金属加工性能——塑性之途径。

(5) 通过了解物体的力学及物理学的规律，计算塑性变形所需要的力及能量，从而保证正确地选择设备、工具以及提高生产率。

上述的五项基本任务，也就是金属压力加工原理这门课程的基本内容。

就每一塑性变形过程中的基本因素来说，主要是：变形状态图，温度—速度条件，以及变形分布之不均匀性。不论是金属的塑性或是变形抗力，以致金属变形过程中的内部组织及其物理机械性质，都与这三个基本因素密切相关。其中变形状态图（包括主应力状态图及主变形状态图）使塑性力学和金属的物理化学问题间建立起非常密切的关系；温度—速度条件的确定，主要是金属的物理化学问题；而变形体内之应力及变形的不均匀分布，则主要是力学方面的问题。它们之间，又存在着密切而复杂的联系。

由此可知，金属压力加工原理之研究，必须建立在塑性力学、金属学、物理学及物理化学的理论基础上。除此以外，在不断地总结生产实践的同时，还必须不断地积累和补充大量的科学实验研究资料，以进一步丰富压力加工的理论与实践的内容。

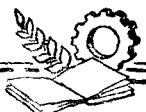
# 目 录

緒論	5
第一章 金屬塑性變形的物理特性	9
§ 1—1 金屬晶體的構造	9
§ 1—2 金屬塑性變形的機構	13
§ 1—3 多晶體塑性變形的特點	25
§ 1—4 變形時的溫度——速度條件	32
§ 1—5 金屬破斷的特性	33
§ 1—6 合金的塑性變形特點	38
第二章 金屬塑性變形的力學基礎	41
§ 2—1 應力狀態	41
§ 2—2 變形狀態	52
§ 2—3 應力與變形間的關係	64
§ 2—4 變形力學狀態圖	67
§ 2—5 塑性條件	79
§ 2—6 變形狀態類型圖	88
第三章 金屬塑性變形的不均勻性	100
§ 3—1 最小阻力定律	100
§ 3—2 金屬在變形區內的不均勻流動	102
§ 3—3 副應力與殘余應力	108
§ 3—4 減少變形不均勻性的措施	118
§ 3—5 研究應力及變形分布的主要方法	123
第四章 金屬壓力加工中的外摩擦	127
§ 4—1 摩擦力的概念及其在壓力加工中的作用	127
§ 4—2 摩擦機構	128
§ 4—3 潤滑及其對摩擦力的影響	131
§ 4—4 摩擦定律和摩擦係數	135
§ 4—5 確定外摩擦係數的方法	140
第五章 提高金屬塑性的途徑	145
§ 5—1 塑性指數及其測定	145
§ 5—2 塑性狀態圖	147
§ 5—3 變形性和變形性狀態圖	151
§ 5—4 金屬與合金之化學成分及相的變化對塑性的影響	153
§ 5—5 晶體的取向對塑性的影響	155
§ 5—6 應力狀態對塑性的影響	165
§ 5—7 金屬的均勻性對塑性的影響	169
§ 5—8 變形溫度與塑性的關係	175



§ 5—9	变形速度与塑性的关系	178
§ 5—10	周围介质对金属塑性的影响	181
<b>第六章 变形力的确定</b>		186
§ 6—1	变形力的概念及其影响因素	186
§ 6—2	变形力的计算原理	192
§ 6—3	真实应力曲线	196
§ 6—4	平衡微分方程的数学解析法	210
§ 6—5	平均应力法	212
§ 6—6	能量法	228
§ 6—7	滑移线法	229
§ 6—8	材料力学法	238
§ 6—9	实验法	240
§ 6—10	经验法	245
§ 6—11	金属压力加工中的相似定律	245
<b>参考书目</b>		249

高等学校教学用书



# 有色金属压力加工原理

东北工学院有色金属压力加工教研室  
中南矿冶学院有色金属压力加工教研室 合編

本书是根据高等工业学校有色金属压力加工专业1959年制订的教育计划，以及几年来的教学改革和教学实践，由东北工学院和中南矿业学院有色金属压力加工教研室合编的。

本书内容，在金属塑性变形的力学系统方面，除在弹塑性力学的基础上，加强了关于变形力学状态图、塑性条件和变形状态类型图等的分析外，比较深入地讨论了变形力的确定方法，从而可以为以后专门化课程中的理论部分打好力学基础。在金属塑性变形的物理学系统方面，除了阐述塑性变形机构的理论外，并且结合有色金属及其合金压力加工的特点，加强了关于提高塑性的问题，以及变形的不均匀性问题的讨论。

本书可作为有色金属压力加工专业的教科书，也可供有关技术人员参考。

### 有色金属压力加工原理

东北工学院有色金属压力加工教研室 合编  
中南矿业学院有色金属压力加工教研室 合编

\*

中国工业出版社出版（北京佟麟阁路丙10号）

（北京市书刊出版事业许可证出字第110号）

中国工业出版社第三印刷厂印刷

新华书店科技发行所发行·各地新华书店 经售

\*

开本787×1092<sup>1</sup>/<sub>16</sub>·印张15<sup>3</sup>/<sub>4</sub>·字数363,000

1961年9月北京第一版·1961年9月北京第一次印刷

印数0001—1,537·定价（10—6）1.90元

统一书号：15165·483（冶金—141）

# 目 录

緒論	5
第一章 金屬塑性變形的物理特性	9
§ 1—1 金屬晶體的構造	9
§ 1—2 金屬塑性變形的機構	13
§ 1—3 多晶體塑性變形的特點	25
§ 1—4 變形時的溫度——速度條件	32
§ 1—5 金屬破斷的特性	33
§ 1—6 合金的塑性變形特點	38
第二章 金屬塑性變形的力學基礎	41
§ 2—1 應力狀態	41
§ 2—2 變形狀態	52
§ 2—3 應力與變形間的關係	64
§ 2—4 變形力學狀態圖	67
§ 2—5 塑性條件	79
§ 2—6 變形狀態類型圖	88
第三章 金屬塑性變形的不均勻性	100
§ 3—1 最小阻力定律	100
§ 3—2 金屬在變形區內的不均勻流動	102
§ 3—3 副應力與殘余應力	108
§ 3—4 減少變形不均勻性的措施	118
§ 3—5 研究應力及變形分布的主要方法	123
第四章 金屬壓力加工中的外摩擦	127
§ 4—1 摩擦力的概念及其在壓力加工中的作用	127
§ 4—2 摩擦機構	128
§ 4—3 潤滑及其對摩擦力的影響	131
§ 4—4 摩擦定律和摩擦係數	135
§ 4—5 確定外摩擦係數的方法	140
第五章 提高金屬塑性的途徑	145
§ 5—1 塑性指數及其測定	145
§ 5—2 塑性狀態圖	147
§ 5—3 變形性和變形性狀態圖	151
§ 5—4 金屬與合金之化學成分及相的變化對塑性的影響	153
§ 5—5 晶體的取向對塑性的影響	155
§ 5—6 應力狀態對塑性的影響	165
§ 5—7 金屬的均勻性對塑性的影響	169
§ 5—8 變形溫度與塑性的關係	175

§ 5—9	变形速度与塑性的关系	178
§ 5—10	周围介质对金属塑性的影响	181
<b>第六章 变形力的确定</b>		186
§ 6—1	变形力的概念及其影响因素	186
§ 6—2	变形力的计算原理	192
§ 6—3	真实应力曲线	196
§ 6—4	平衡微分方程的数学解析法	210
§ 6—5	平均应力法	212
§ 6—6	能量法	228
§ 6—7	滑移线法	229
§ 6—8	材料力学法	238
§ 6—9	实验法	240
§ 6—10	经验法	245
§ 6—11	金属压力加工中的相似定律	245
<b>参考书目</b>		249

# 緒 論

## 1. 金屬压力加工的特点

近代工业所用的金属材料基本加工方法，約可概括为三大类：压力加工法、鑄造法和切削加工法。此外尚有冲制、剪切、焊接和电火花加工等，大多属于金属成形后进一步加工的方法。金属的压力加工方法是现代冶金工业中应用最广泛的一种，这种方法主要是使固体金属或合金通过工具在外力的作用下，产生塑性变形，而制成所需的形状、尺寸和各种性能的产品，主要包括：板材、带材、条材、箔材、管材、棒材、型材、线材，以及一种异形冲压制品和锻件等。这些产品在工业上可作为半成品，或再经过冲压、锻压过程，制成最后的成品。

金属压力加工方法能得到广泛的应用，是由于它具有下列特点：

(1) 金属在塑性变形时内部組織发生了显著的变化，由鑄造状态的、不均匀不致密的组织变成鍛压状态的、較均匀較致密的組織，从而大大地改善了金属的性能，提高了金属的强度和塑性。因此一般用压力加工方法所获得的产品，其机械性能要比用其他方法（特别是鑄造法）好。例如，工业純銅在鑄造状态时极限强度为17公斤/毫米<sup>2</sup>，延伸率为18%；同样材料经过压力加工并经退火后，强度增至24公斤/毫米<sup>2</sup>，延伸率为50%。

(2) 随着金属压力加工工具和设备的改进，不断出现各种新的压力加工方法，使生产量日益扩大，生产不断更进。許多过去认为是难于大量生产的产品，例如鑄造法生产的齿轮、齒輪等，自从采用压力加工方法（軋制法）以后，生产率提高了九倍至十倍以上。压力加工方法本身趋向于快速生产，例如軋制法的軋制速度已由过去的1米/秒，提高到现在的5米/秒以上，也使压力加工生产有了更大的优越性。

(3) 压力加工的产品在尺寸精确度和表面光洁度方面，都优于其他种加工方法。在压力加工生产中，通常完全可以通过工具（軋辊軋型、挤压模、拉伸模）来控制成品的尺寸。它如与鑄造法相比，则后者不仅要考虑到金属凝固时的收缩量，而且要預留出必要的切削余量。另外用压力加工方法制出的成品，通常都可保证表面的光洁度，因此无须再进行切削加工，这对于大部份有色金属来说，具有很大的意义。

(4) 鑄造法常常消耗大量金属在冒口、浇口、流道，而压力加工法，这种消耗就大为减少。又如用压力加工方法生产齒輪、型材等制品时，可以节省用切削加工法所消耗的废屑，节约有色金属材料。

另一方面，金属压力加工方法也有一些缺点：所用的设备較庞大，也較复杂，消耗动力也较多，因而投资也较大。这些原因，在历史上曾經阻碍了压力加工方法的发展。但随着机械制造和电机制造工业的发展，出现了大型軋机、水力挤压机、以及大型电动机等，再加上压力加工生产技术的不断进步，就为这种加工方法的进一步发展創造了更有利的条件。

## 2. 金属压力加工的基本方法

到目前为止，在工业上常用的金属压力加工方法主要有五种：锻造、轧制、挤压、拉制和冲压。

(1) 锻造。它是压力加工中最古老的变形方式。图 0—1 所示为自由锻造，它是在坯料受到锤头打击或压缩后，金属在受力的垂直方向，自由地向四周流动的过程。在这一过程中，锤头每次打击后，坯料就获得与两锤头间距离相应的形状和尺寸。另外，如在锤头的打击或压缩下，使金属坯料充满一定形状和尺寸锻模空腔，从而获得相应形状和尺寸的成品，则称为模锻，如图 0—2 所示。

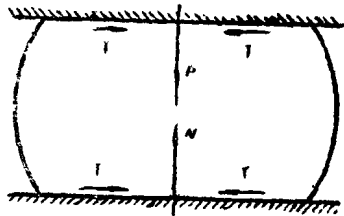


图 0—1 自由锻造过程示意图  
P—锤头的作用力；N—作用力  
的反力；T—摩擦力

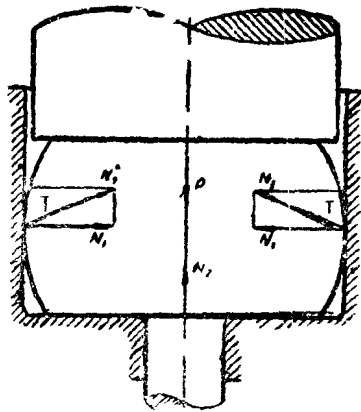


图 0—2 模锻过程示意图  
P—锤头的作用力；N—作  
用力反力；T—摩擦力

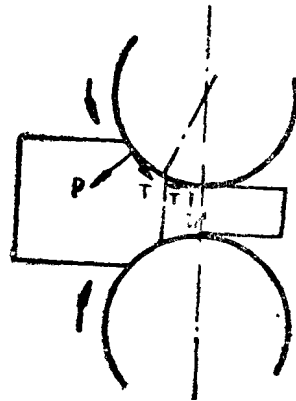


图 0—3 轧制过程示意图  
P—轧辊加于金属的作用力，  
T—轧辊转动时金属相对移动  
时的摩擦力

(2) 轧制。使金属通过两个旋转着的轧辊而变形的过程，称为轧制，如图 0—3 所示。如果轧辊的辊型是平的，产品为板、带、箔和条材等，称为平辊轧制；如果辊型带有轧槽，产品为型材，则称为型材轧制。大多数的轧制过程，两轧辊旋转的方向是相反的，只有轧制管坯时，两轧辊同向旋转，坯料在螺旋运动而进行穿孔，这种轧制轴线多倾斜排列，故称斜辊轧制。

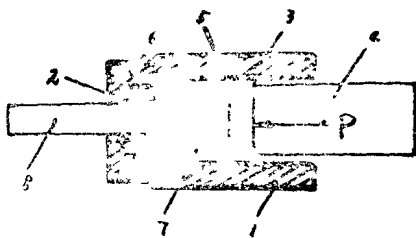


图 0—4 正向挤压过程示意图  
1—挤压筒；2—模子；3—冲头；4—挤压  
杆；5—挤压杆衬套；6—模帽；7—铸锭；  
8—成型棒。

(3) 挤压。使金属在压力的作用下，通过一定形状的模孔而产生变形的过程，称为挤压。最简单的挤压过程如图 0—4 所示。挤压杆 4 使挤压筒 1 中的金属坯料 7 在压力作用下，被迫流过模孔 2 而制成型材 8。

在挤压时，如果挤压杆运动方向与金属流出方向相同，称为正向挤压法。反之，则称为反向挤压法。控制挤压模模孔的形状，即可制出任意断面形状的成品，如棒材和型材等。如在挤压杆内穿穿孔棒，则可以制出各种管材。

(4) 拉制。用拉力使金属通过截面逐渐缩小并且有锥角的模孔而形成的过程，称为拉制，又称模拉伸，如图0-5所示。拉制通常用于将轧制或挤压过的棒、管等坯料的进一步加工，而制成截面尺寸精确的棒、管、线 and 型材等成品。在拉制管材时，通常利用芯杆装置，不仅使管的直径减小或扩大，同时使管壁变薄。

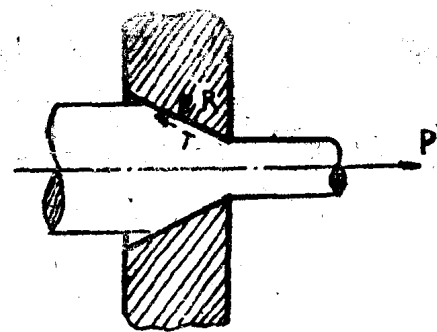


图 0-5 简单拉制过程示意图  
P—拉伸作用力；R—模壁所发生的反力；T—金属与模壁发生相对移动时所产生的摩擦力

(5) 冲压。将厚度不大的板坯或中空物件，借助于冲锤的作用，使其通过模孔而获得中空产品的过程谓之冲压。

### 3. 有色金属压力加工工业在国民经济中的作用

在党的建设社会主义总路线的光辉照耀下，随着钢铁工业的飞跃发展，我国的有色金属工业也得到了持续的跃进。有大部分有色金属产品，都是以压力加工的方法制成具有一定形状、尺寸和性能的制品。这些制品在国民经济的各个部门中，都是不可少的。例如，在电器工业方面，大部份的电缆、导电板等材料都是有色金属压力加工制品；在航空工业方面，三分之一以上的飞机结构材料是用轻金属的板、带或型材等制成的；化学工业中所用的耐酸材料、导管等，一部分是以有色金属用压力加工方法制出的；机器制造工业，特别是精密仪表制造工业中，有色金属制品也是不可缺少的材料。其他如食品工业、建筑工业、医疗卫生器械和日用品制造工业，以及国防工业等，都需用各种有色金属压力加工产品。

但是，有色金属制品在现代尖端技术的发展中所占的地位更为重要。例如，应用于宇宙飞行上的火箭发动机、蒙皮、以及其他结构材料，必须有承受在高温、高速下工作的性能。因此材料的选择就成为一个极关键的问题，它必须具有极高的耐热和抗腐能力。过去，多从陶瓷、涂层材料及合金钢、不锈钢方面选择，但这些材料并不能完全满足高空飞行中减轻重量的要求。因此要求采用严格控制公差的比重较轻的金属如钛、铝、镁及其合金的板、带、管、型等材料。此外，为了能承受超出1000°C甚至2000°C以上的工作温度，更须考虑采用高熔点的，像钨、钼、钽、铌之类的稀有金属材料。而这些金属又多属于难于加工的脆性金属。

在原子能技术方面，核反应器的结构材料必须具有最低的热中子吸收截面积，以及较高的抗腐和耐热的性能。于是，铍、锆等稀有金属的板、管、棒等材料，就成为制造核反应器结构的重要材料。

此外，电子技术中的电子仪器及其他精密仪表，也都采用特殊的有色金属合金制品。

由于有色金属压力加工的对象，已不再限于普通的有色金属及其合金的范围，而必须扩大到高熔点的、但多呈脆性的稀有金属及其合金，这就为有色金属压力加工工业提出了新的任务。



#### 4. 有色金屬压力加工原理的基本研究任务

金属压力加工原理是随着社会生产力的发展，不断地总结生产实践和科学研究的成果而形成的一門科学。

根据当前生产中所存在的各种基本矛盾，有色金属压力加工原理这一学科的基本研究任务是：

(1) 阐明金属变形过程之物理及物理化学特性，了解变形过程中金属物理机械性能变化的规律。特别是从物质的微观结构出发，研究金属的塑性变形机构，从而力求正确地选择压力加工过程的条件。

(2) 阐明变形过程中变形力之基本力学原理，据以分析变形过程的力学状态，以及塑性变形之力学条件，从而力求正确地选择变形方法。

(3) 阐明变形过程中金属变形之不均匀性及其规律，特别是要了解影响不均匀变形之主要因素——外摩擦的规律，以保证合理地选择工具及坯料的形状，提出改善变形不均匀性的措施。

(4) 通过对各种力学的、物理机械的、以及物理化学因素的总结，寻找提高金属加工性能——塑性之途径。

(5) 通过了解物体的力学及物理学的规律，计算塑性变形所需要的力及能量，从而保证正确地选择设备、工具以及提高生产率。

上述的五项基本任务，也就是金属压力加工原理这门课程的基本内容。

就每一塑性变形过程中的基本因素来说，主要是：变形状态图，温度—速度条件，以及变形分布之不均匀性。不论是金属的塑性或是变形抗力，以致金属变形过程中的内部组织及其物理机械性质，都与这三个基本因素密切相关。其中变形状态图（包括主应力状态图及主变形状态图）使塑性力学和金属的物理化学问题间建立起非常密切的关系；温度—速度条件的确定，主要是金属的物理化学问题；而变形体内之应力及变形的不均匀分布，则主要是力学方面的问题。它们之间，又存在着密切而复杂的联系。

由此可知，金属压力加工原理之研究，必须建立在塑性力学、金属学、物理学及物理化学的理论基础上。除此以外，在不断地总结生产实践的同时，还必须不断地积累和补充大量的科学实验研究资料，以进一步丰富压力加工的理论与实践的内容。