

哈尔滨工业大学讲义

板 料 冲 压

李 碩 本 譯
孫 希 彦

25

板料冲压

李 孫 碩 希 本 彥 譯

譯者：李碩本、孫希彥

出版者：哈爾濱工業大學

印刷者：哈爾濱工業大學印刷廠

1957年1月出版 工本費2.30元

前 言

本讲义是根据苏联专家、技术科学副博士、副教授阿托罗申克(А. П. Атрошенко)于1955年在哈尔滨工业大学的讲课讲稿译成的。内容基本上符合于1955年全国第二次机电专业会议所审定的高等工业学校金属压力加工机器与工艺专业用「板料冲压」教学大纲的要求，因此可以供高等工业学校金属压力加工机器及工艺专业学生参考之用。

限于译者的业务水平，错误在所难免，希读者指正，以便修改。

哈尔滨工业大学锻压教研室

1956年11月

目 錄

第一章 緒 論

- § 1. 板料冲压發展史..... 1
- § 2. 板料冲压在机器制造业和金属加工工业中的作用..... 2
- § 3. 板料冲压今后的發展方向..... 3
- § 4. 近代板料冲压的先進方法..... 4

第二章 板料冲壓用材料

- § 5. 板料冲压用材料的选择..... 5
- § 6. 材料試驗..... 5
- § 7. 板料冲压用材料的种类..... 7

第三章 冲裁工藝

- § 8. 剪床上的剪裁过程..... 8
- § 9. 平刃剪床剪裁所需的剪裁力、功和功率..... 9
- §10. 斜刃剪床剪裁所需的剪裁力、功和功率..... 11
- §11. 金属的冲裁过程..... 15
- §12. 用模具冲裁时所需的冲裁力、功和功率..... 16
- §13. 冲裁抗力与冲裁力的計算..... 22
- §14. 推件力与卸料力..... 26
- §15. 冲裁时凸模与凹模間之间隙..... 29
- §16. 凸模和凹模的制造公差..... 32
- §17. 整修工作..... 33
- §18. 橡胶冲裁..... 38
- §19. 冲裁工件的排样法..... 39
- §20. 冲裁圆形工件的排样法..... 44
- §21. 冲裁矩形工件及其他形状复杂的工件的排样法..... 46
- §22. 无废料排样法与少废料排样法..... 49
- §23. 裁板法..... 52
- §24. 最小搭边值的确定..... 54
- §25. 模具压力中心的确定..... 58

第四章 冲裁模的構造與設計

- §26. 冲裁模的分类..... 62
- §27. 簡單冲裁模..... 62
- §28. 連續冲裁模..... 68
- §29. 复合冲裁模..... 73
- §30. 冲裁模的零件与部件..... 75

§31. 冲裁模零件的構造.....	76
§32. 冲裁模主要零件的強度計算.....	82
§33. 冲裁模零件的材料.....	87
第五章 彎曲工藝和彎曲模的構造	
§34. 板料的彎曲過程.....	89
§35. 中性層和最小曲率半徑.....	91
§36. 彎曲時毛坯長度的計算.....	94
§37. 彎曲時的彈復現象.....	96
§38. 凹模與凸模的圓角半徑及其間的間隙.....	97
§39. 彎曲力、功和功率.....	99
§40. 彎曲模的分類.....	106
§41. 彎曲模的材料.....	107
第六章 拉深工藝和拉深模的構造	
§42. 拉深的特點及其工藝過程的分類.....	109
§43. 毛坯尺寸的決定.....	111
§44. 盒狀空心工件拉深時其毛坯的形狀與尺寸的確定.....	117
§45. 拉深係數、工序的順序和拉深次數.....	126
§46. 矩形工件的拉深.....	130
§47. 薄壁零件無壓板拉深法.....	134
§48. 反向拉深法.....	135
§49. 階梯形和錐形回轉體零件的拉深法.....	136
§50. 變薄拉深工序次數和順序的確定.....	138
§51. 帶料的多次連續拉深法.....	141
§52. 拉深模的圓角半徑和間隙.....	143
§53. 不變薄拉深力的計算.....	148
§54. 壓料力.....	153
§55. 不變薄拉深的變形功.....	154
§56. 不變薄拉深的功率.....	155
§57. 通過一個凹模的變薄拉深力.....	156
§58. 通過兩個凹模的變薄拉深力.....	161
§59. 液壓拉深.....	163
§60. 橡膠深拉深.....	165
§61. 拉深的潤滑.....	167
§62. 拉深的熱處理.....	167
§63. 新拉深方法.....	169
§64. 拉深模的分類.....	171
§65. 沒有壓板的拉深模.....	172
§66. 帶有彈簧壓板的拉深模.....	172

§67. 帶有風動壓板的拉深模	173
§68. 雙動沖床用的簡單拉深模	173
§69. 雙動沖床用的復合拉深模	174
§70. 拉深模零件的材料	174
第七章 沖擠工藝和沖擠模的構造	
§71. 沖擠工藝及其使用範圍	176
§72. 冷沖擠的方法	178
§73. 沖擠所用的材料和設備	180
§74. 毛坯尺寸的決定	181
§75. 沖擠時金屬的流動	182
§76. 單位流動壓力和沖擠力	183
§77. 冷沖擠模的構造	186
§78. 沖擠模工作零件的材料	189
§79. 冷沖擠的潤滑劑	189
第八章 成形工藝	
§80. 校平	191
§81. 起伏沖壓	191
§82. 翻邊	192
§83. 成形	196
§84. 縮口	196
第九章 擠壓工藝 (體積沖壓)	
§85. 精壓	198
§86. 壓印	203
§87. 打眼	203
§88. 頂鍛	204
§89. 鍛粗	205
§90. 體積沖壓	205
第十章 板料沖壓過程的機械化和自動化	
§91. 板料沖壓過程機械化和自動化的主要方向	208
§92. 條料和帶料的自動送料裝置	209
§93. 塊料的機械化送料裝置	212
§94. 成品零件的取出和堆放的自動裝置	215
§95. 毛坯運輸機械化裝置	215
第十一章 板料沖壓的技術保安	
§96. 安全裝置和保護裝置	219
參考文獻	222

第一章 緒 論

§ 1. 板料冲壓發展史

板料冲壓是不產生切屑的金屬壓力加工的一種方法。它能冲壓出成品零件，這種零件不需要再進行加工即可直接裝配。

遠在 9—10 世紀，俄國就已經採用板料冲壓的方法。那時的鋼盔，寶劍和其他鐵制的和鋼制的兵器都是利用凹模和凸模壓制出來的。直到十字軍東征時為止（11—13 世紀），在西歐還不知道用冲壓法來製造兵器。在同一時期，俄國鍛壓技師的特殊技能是能由薄金屬板冲壓出器皿和製造出鎖頭來。

在 9—10 世紀有了壓印的方法。開始時是平面壓印，而後是在零件平面上壓出花紋來的起伏壓印。從 11 世紀起發展到凸起的壓印法。在 15—16 世紀時，莫斯科大公國就已經採用壓印法來製造貨幣了，而當時其他國家還是用鑄造方法製造貨幣。1817 年在吐里斯基（Тульский）兵工廠里，包斯吐霍夫（В. А. Пастухов）首先在當時的工業條件下採用冲壓法來壓制槍機。由上述可知，無論是在利用冲壓法和壓印法製造兵器和日常用品方面和在鍛壓生產的完善方面，俄國都是處在優先的地位的。鍛壓和板料冲壓生產的發展的巨大功績是屬於俄國學者們的。例如，阿諾索夫（П. А. Аносов）在 1831 年首先用顯微鏡來研究金屬的顯微組織，這對於鍛壓生產是非常重要的，因為在使金屬成形的同時，模鍛工必須保證產品有與其機械性能相符合的金相組織。

金相學的創始人切爾諾夫（Д. К. Чернов）（1839—1921 年）發現了在高溫下鍛造時鋼的臨界點，這樣就給鋼的鍛造規範打下了理論基礎。庫爾納考夫（Н. С. Курнаков）和惹姆秋日諾（С. Ф. Жемчужный）的著作「擠壓力和塑性體的硬度」一書對於金屬壓力加工原理的發展有着重大的意義。到目前為止，對於研究塑性問題的學者來說，這部著作還是一部指導的著作。

在為科學研究工作的发展創造了最為優越的條件的社會主義建設時期，阿諾索夫和切爾諾夫的遺著得到更為廣泛的發展。俄國的學者們永遠是與生產部門有着密切連系的。理論連系實際這是俄國學者們的特點。

在十月社會主義革命以前，板料冲壓還是小規模進行的，主要是用在儀器製造業，小型電機和小型零件等生產部門。板料冲壓的發展主要是在革命以後，特別是在五年計劃時期和在衛國戰爭的年代里，那時要求最大限度的增加產品的生產率。除了以前的那些冲壓工序外，在複雜的拉深，成形和擠壓方面，都得到了極大的發展。

目前差不多在蘇聯所有的金屬加工部門和所有的工廠中，特別是在汽車工業、拖拉機工業、航空工業，電氣工業、儀器製造、光學設備工業、精密工業等工業部門，都已經廣泛的採用了板料冲壓的方法。

蘇聯在第一個五年計劃期間，就在斯大林格勒、哈爾科夫、齊略賓斯克等城的先進汽車拖拉機廠，在莫斯科城的里哈喬夫汽車廠和高爾基城的莫洛托夫汽車廠里建立了擁有頭等設備的巨型冲壓車間。與此同時，蘇聯又在板料冲壓製造業方面培養了大批技術

水平很高的工人，工程師和科學研究人員。現在蘇聯的科學已得到輝煌的成就。由於蘇聯學者依里尤申（А.А.Ильюшин），沙可羅夫斯基（В.В.Соколовский），古伯金（С. И. Губкин），巴甫洛夫（И. М. Павлов）翁克索夫（Е. П. Унксов），斯多羅惹夫（М. В. Сторожев）等對金屬壓力加工原理的研究以及板料沖壓生產的發展，社會主義工業現已廣泛的採用這一先進的大量生產的金屬壓力加工方法。

§ 2. 板料沖壓在機器製造業和金屬加工工業中的作用

板料沖壓是一種最先進的金屬壓力加工方法。與其他金屬加工方法相比較，板料沖壓具有一系列的經濟和技術方面的優點。

在經濟方面的優點是：

1. 設備的生產率高（現有的自動機每分鐘的行程達 300—400次）；
2. 有很好的條件使工序過程自動化和機械化；
3. 在正確的組織和制定工藝規程時，金屬的損耗很小；
4. 工人的技術水平可以較低；
5. 工件的成本低。

在技術方面的優點是：

1. 由於工件的精度高（可達 2—3 級精度），所以工件有互換性；
2. 在金屬消耗比較小的同時可以得到强度高而重量輕的零件；
3. 籍沖床簡單的沖擊運動，就能製造出形狀極為複雜的零件。

由於它具有上述這些優點，所以在各生產部門，無論是大量生產或小批生產，都已經廣泛的採用着作為金屬壓力加工方法之一的板料沖壓法。

蘇聯沖壓生產在某些工業部門中所佔的比重如下：

名 稱	重 量 (%)	零件數 (%)
汽 車	50~70	60~75
電 機	50~60	60~70
精密器械	70~80	80~85
日常用品	98~99	95~98

在某些工業部門中，由於採用了沖壓法和沖鐸綜合的方法來製造零件，因而使產品生產量擴大到 2.5 倍，同時使切割加工範圍縮減了 10—11 倍。

在近代機器製造業中，蘇聯共產黨和政府特別注意到這種高生產率的，並能得到質量很高的零件之沖壓生產的發展。

由下面的事實可以充分證明這一點：根據蘇聯共產黨第 19 次代表大會有關第五個五年計劃的指示，鍛壓設備的生產量將增加到 8 倍。

利用特殊模具可以製造出各種各樣形狀的零件。

所有的沖壓工序可以分成下列幾種主要類型：

1. 剪裁；

2. 弯曲;
3. 拉深;
4. 成形;
5. 挤压;

这些工序可以单独定成，也可利用复合冲模同时完成几个工序。

§ 3. 板料冲壓今后的發展方向

板料冲压今后按下面几个方向發展:

1. 用冲压生產过程自动化和机械化的方法來提高生產率;
2. 擴大冲压生產的应用范围，用冲压的或冲和鐸的綜合方法（差不多不需要再進行下一步的切割加工）來代替鐸接，鉚接、鑄造和鍛造;
3. 改善現有的工藝規程，制定新的工藝規程;
4. 提高冲压零件的精度（使之达到 3—4 級精度，有时要达 ГОСТ 标准的 2 級精度）;
5. 在大批和大量生產时提高模具的耐用度;
6. 采用簡單而通用的模具，使冲压工作广泛的推广到小批生產中去;
7. 用冲压生產法來代替生產率低的切割加工法;
8. 采用新的安裝和裝配的方法;
9. 提高零件設計的工藝性，采用无殘料和少殘料排样法以及合理的利用殘料等來降低材料的損耗;
10. 广泛的利用准確的計算方法來制定工藝規程和設計模具，如確定弯曲毛坯的長度，拉深次數和順序，確定翻邊的臨界尺寸等。

板料冲压可以得到各种形狀及大小的零件，零件的重量从十分之几克和百分之几克而到几十公斤和几百公斤。例如手表之秒針僅重百分之几克，是利用 $2 \times 3 \sim 4$ 公厘的毛坯制造的，而載重汽車的縱梁重达 59 公斤，是利用 313×5180 公厘的毛坯制成的。

冲压制造的零件外形尺寸的增大和在常溫状态下冲压的材料厚度的增加，都說明了板料冲压的应用范围正在擴大。冲裁材料的厚度达 20 公厘，冲孔材料的厚度达 25 公厘，拉深材料的厚度达 15 公厘，冷弯曲材料的厚度达 60 公厘。

由于苏联冲床制造業的發展和大功率的巨型冲床已在生產，所有上述这些都已經成为可能的事情了。

用板料冲压代替鑄造和鍛造的效果，可以用下面的技術經濟指标來說明。

1. 零件重量降低 35~50%;
2. 金屬損耗減少 30~70%;
3. 劳动量降低 50~70%。

这些数字很明顯地証實了，用板料冲压代替鑄造和鍛造在經濟方面完全是适合的。与此同时，用板料冲压代替鑄造和鍛造的結果，使零件的強度和剛度都有所增加，其原因是:

1. 金屬在冲压的斷面上分佈的更为合理;

2. 原材料（在大多数情况下是冷軋鋼板）具有較高的机械强度；
3. 采用了增加剛度的冲压方法，如冲压剛度肋条，翻边，弯曲和滾边等。

由板料冲压出的零件，其强度的增加表現在，在相同的弯曲變形强度下（慣性矩相等时），板料冲压出零件的重量減小了75~85%。

§ 4. 近代板料冲壓的先進方法

板料冲压在大批和小批生產中是按不同的方向發展的。

一、在大批和大量生產中板料冲压是按下面几个方向發展的。

1. 采用复雜的复合冲模以提高零件的精度、質量和劳动生產率；
2. 采用生產率很高並且生產上也安全的帶料多工序連續冲压法；
3. 采用自动冲床和自动裝置使工藝过程自动化和机械化；
4. 完善並發展能提高零件精度、生產率和代替切削加工的方法，如
 - ① 整修；
 - ② 冲挤；
 - ③ 体積模鍛；
 - ④ 代替銑削的精压；
 - ⑤ 在軋型机上或弯曲机上把条料或帶料進行軋型。

5. 采用耐磨鋼（ЭН—366）和用电火花強化法提高模具的耐用度。

二、在小批生產中板料冲压是按下面几个方向發展的。

1. 設計和采用通用而便宜的簡單冲模（板狀的、薄板夾鉗式的和非金屬材料的）以便在小批量生產时采用冷冲压的方法；
2. 采用新的工藝方法：
 - ① 橡膠冲压；
 - ② 液体冲压；
 - ③ 在專用机上進行的拉制成形法。

在小批生產中最有效的一种方法，是把巨大而厚的鋼板（長达6~8公尺）放在通用模中進行冷弯曲。近十几年來随着冲压生產的發展，先進的工藝过程主要是縮小切削加工的使用范圍和尽可能得到不再需要机械加工的最后成品零件。

現在極大多數的冲压車間已經不再是毛坯車間而是產品車間了，其產品或送入成品倉庫（日用品）或直接投入裝配，而不再經過机械加工車間了。与切削加工相比較，板料冲压是一种最为先進的加工方法。現在我們还不能保證不用切削加工而只靠冲压法來制造所有的机器零件。但是这个方向还是冲压机器制造業和金屬加工業中進一步發展的主要方向。

第二章 板料冲压用材料

§ 5. 板料冲压用材料的選擇

冲压生产还未开始，先要解决这个很重要的选料问题；选料是否正确，在很大程度上决定产品的质量。选料时应该考虑以下几个因素：

1. 塑性，即易于进行压力加工的性能；
2. 机械强度、硬度、冲击韧性、耐磨性；
3. 表面光洁度，即不应有氧化铁皮、斑痕、划痕以及其他表面缺陷；
4. 抗蚀性、导热性、导电性、导磁性、比重；
5. 经济性。

在板料冲压生产中所采用的是各种各样的金属材料和非金属材料。

板料冲压生产所应用的金属材料可分为两类：

1. 黑色锻压金属——各种化学成份的锻压碳素钢；
2. 有色锻压金属及其合金。

板料冲压生产所用的非金属材料有：橡胶、皮革、硬纸板、纸、呢毡、胶木、赛璐珞等。

§ 6. 材料試驗

板料的可冲压性，在工厂的条件下可根据拉伸、硬度、剪切、弯曲、多次弯曲及拉伸深度等试验测得。

拉伸试验能够测定金属在强度方面与塑性方面的一系列性质。板料冲压材料的拉伸试验是用平板试样进行的。这种试验可以在普通的拉伸试验机上进行。

硬度试验主要用以确定金属在强度方面的性质。根据硬度数值，可以确定金属的强度极限和屈服点，因为在各种金属的硬度和强度之间，都存在着一定的关系。硬度试验最常采用的方法是布氏硬度试验。布氏硬度试验的特点，是用一定的压力把一个具有一定直径的淬火钢球压入试件，然后根据圆形印迹的直径来确定金属的硬度（图1）。假如碳素钢的强度是30~100公斤/公厘²，则其硬度与强度的关系可以用下式表示

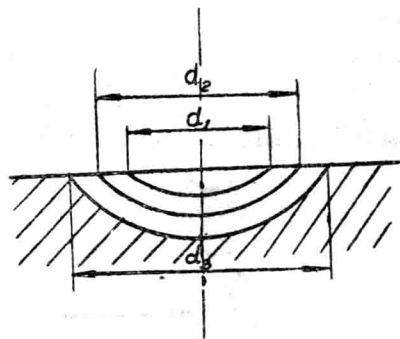


图 1

$$\sigma_B = 0.36 H_B$$

作布氏硬度试验的板料厚度不能小于2公厘。

剪切试验的目的，是确定材料的剪切抗力（冲裁抗力）的数值。试验可以在普通压床上进行；试验时把能将工件冲裁成一定形状和尺寸的冲裁模装在压床上，冲裁力可用

固定在压床上的测力仪或普通试验机上的压力表测得。

弯曲试验和多次弯曲试验主要是为了确定金属的弯曲性能，所用板料的厚度不超过6公厘。试验的特点是将由板料或带料裁下的试样，夹在一个特殊的虎钳内，然后把试样往复弯曲 90° 每分钟的弯曲次数，不能超过60次（弯曲一次，系指把试样弯曲 90° ，再反向弯曲 90° 将试样板直成原来形状而言）。总的弯曲次数在材料的技术条件中注明。板料是否适用的标志，是弯曲处没有分层、裂缝、折断，裂口等现象（图2）。

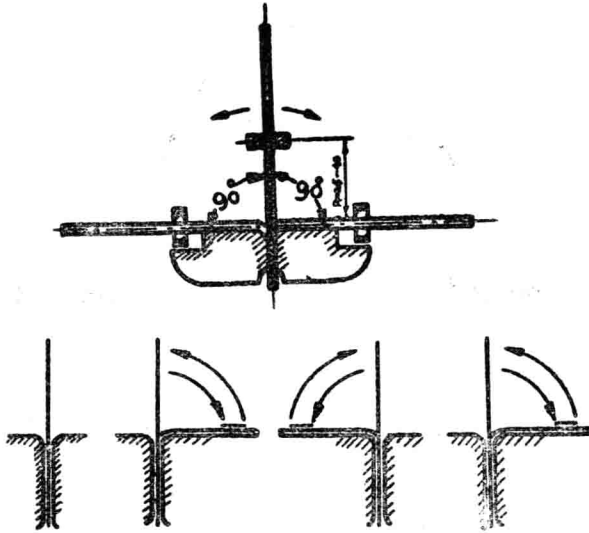


图2 弯曲试验

拉深深度试验用以确定材料对于拉深工作的适应性，它是一种很复杂的试验。该试验在特种试验机上进行。试验的方法是在试验机上，把金属试样拉深至发生裂缝为止。发生裂缝时的拉深深度即用以确定金属对拉深工作的适应性。各种金属材料的标准拉深深度及其允许偏差，应该在技术条件中注明。拉深时所发生的裂缝应该是圆周方向的，假如有其他方向的裂缝发生，就可断定金属材料的组织是不均匀的或者厚度是不一致的。拉深试验试样的表面光洁度应与试验前完全一样。假如拉深后得到粗糙的表面，那么就证明金属的组织是粗晶粒的。

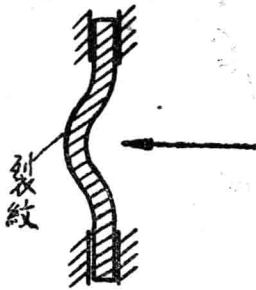


图3

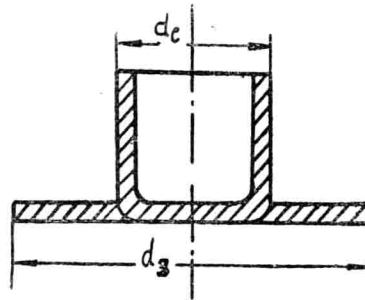


图4

金属对拉深工作的适应性，也可以利用把各种不同直径的圆形毛坯拉深成杯形工件的方法进行测定。这种试验通常在专供试验用的压床上进行，压床上装有测定拉深力与

压板压力的仪表。在保証把毛坯拉深成杯形工件而材料不發生破坏的条件下，確定出毛坯的最大直徑。圓形毛坯的直徑与杯形工件直徑之比的極限值，可作为材料对拉深工作适应性的指标（圖 4）。

$\frac{d_3}{d_c}$ —— 金屬对拉深工作适应性的指标。

§ 7. 板料冲壓用材料的種類

板料冲压生產用的材料有板料、条料、帶料与塊料。在板料冲压生產中最常用的材料，是切成条料与帶料的板料。在拉深工作中，有时也使用切好的專用塊料作为毛坯。

板料的标准尺寸为 710×1420 公厘 和 1000×2000 公厘，此外也可以定制比标准尺寸更大的板料。

条料是寬度在 200 公厘以下長度在 2000 公厘以下的板狀毛坯。用短 的条料时，容易得到很多殘料；用長的条料（大于 2 公尺），工作不方便。

帶料有各种不同的寬度，通常不大于 600 公厘，但有时也超过 600 公厘。帶料的長度一般可达数十公尺，所以这种材料是捲起來用的。这种帶料的長度可达 300 公尺。由于帶料質量較高，厚度均匀並且可使殘料減少到最低程度，所以在大量生產中使用帶料是很合理的。此外，用帶料时有可能广泛采用自动送料裝置，从而大大提劳动生產率，減少劳动力的消耗，促進生產的安全。另外，帶料还提供了采用多压床管理的可能性。

裁成圓形或其他形狀的塊料，只有在加工貴重有色金屬的大毛坯时，才有其特殊的意义。对鋼來說，很少使用塊料，而且使用时須專門定制。

第三章 冲裁工藝

§ 8. 剪床上的剪裁過程

在冲压車間的毛坯工段，最常見的裁料用剪床有以下兩種类型：

1. 平刃剪床；
2. 斜刃剪床。

平刃剪床用以裁切窄而厚的条料；斜刃剪床于板料裁成条料时用之。除以上兩種剪床外，有时也用盤刀剪床（滾式剪床）。在成批生產中使用單滾式剪床，在大量生產中使用多滾式剪床，后者可以將一塊板料同时剪成若干条料。盤刀剪床的最嚴重缺点，是剪裁后的条料有弯曲不平直的现象，需要在剪裁后加以校平。此外，剪裁后条料的邊緣上有毛刺殘留下來，必須用刮刀把它去掉。

用平刃剪床切料的情形示于圖 5。其中：

P 是剪裁力； δ 是切削角 ($\delta \approx 90^\circ$)； $\phi = 0^\circ$ 是刀刃傾斜角。

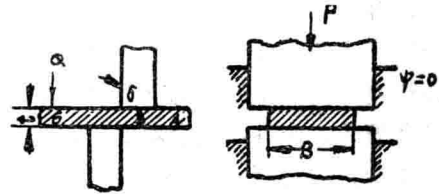


圖 5 用平刃剪床剪裁

剪床上金屬的切削过程如下：

1. 开始时，剪刀剛压在金屬上，使其發生彈性變形；
2. 当剪刀繼續下压时，金屬發生塑性變形（塑性剪切）；
3. 在剪刀間空隙較大而且超过板厚10%的情况下，与塑性剪切繼續進行的同时，还產生材料纖維的弯曲、拉伸及随之而生的剪裂等现象；
4. 上下裂縫發生后，金屬隨即互相分离。

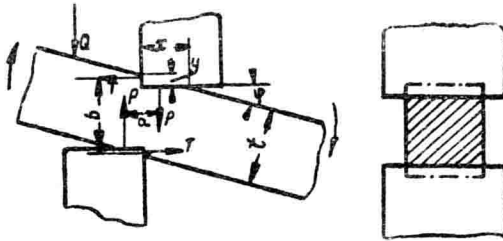


圖 6 用平刃剪床剪裁时材料上的作用力

当剪刀切入材料时，作用在材料上的合力 P 的作用点並不在刀刃上，而是在与剪切平面相隔若干距离的地方（圖 6）。这样就產生了轉动力矩 Pa ，它按圖中箭头所示的方向轉动材料。但是剪刀却阻止了这个轉动，因为这时剪刀已經压入金屬，而且压入一定的深度。反作用力矩 Tb ，是由垂直于剪切平面的力偶來决定的。材料將繼續轉动直到二力矩相等为止，即

$$Pa = Tb$$

式中： a 为力偶 P 的力臂；
 b 为力偶 T 的力臂。

为了防止材料的轉动，剪床上时常采用压板（圖 6 中之 Q）。此外，为了减小力臂 Q 的数值，在剪刀上作一前角 γ 。

根据柴里可夫（А. И. Целиков）的理論，作用于剪刀的側压力，可用下式求得：

$$T = P \operatorname{tg} \psi$$

式中： ψ ——材料于剪切时的轉动角度。

切厚料时， ψ 角的平均数值为：

$$\text{不用压板时 } \psi = 10^\circ \sim 20^\circ;$$

$$\text{用压板时 } \psi = 5^\circ \sim 15^\circ.$$

于是作用于剪刀上的側压力即为：

$$\text{不用压板时 } T = (0.18 \sim 0.35)P;$$

$$\text{用压板时 } T = (0.1 \sim 0.18)P_0.$$

§ 9. 平刃剪床剪裁所需的剪裁力、功和功率

这种剪床工作时所需的工藝剪裁力 P 可用下式計算之：

$$P = F_0 \tau_0 = B t \tau_0.$$

式中： F_0 ——剪切面積（公厘²）；

B——材料寬度（公厘）；

t——材料厚度（公厘）；

τ_0 ——剪切抗力（公斤/公厘²）。

但在实际生產的条件下，由于剪刀切削刃的磨損、剪刀間隙的變化、板料厚度不正確及表面質量不一致等因素，实际所需剪裁力时常較上式計算所得大 20—30% 左右。因此在冲压生產中，籍以選擇压床、剪床及其他各种冲压机計算剪裁力应由下式求得之：

$$P_p = KP$$

式中 P——計算剪裁力；

K——修正系数，它与剪刀切削刃磨損程度、剪刀間隙的變化、板料厚度及表面光潔度的不一致等因素有关，其数值为：

$$K = 1.0 \sim 1.3$$

剪裁所需的功 A，就是剪裁力 P 与剪刀工作行程長度的乘積。因为剪裁力是剪刀行程的函数，其間的关系又很难用数学方法確定，所以剪裁所需的功由下式計算之：

$$\begin{aligned} A &= \frac{P_{cp} t}{1000} \text{ 公斤公尺} \\ &= \frac{\lambda P t}{1000} \text{ 公斤公尺} \end{aligned}$$

式中 P_{cp} ——平均剪裁力，其值可由圖 7 求得；

t——板料厚度（公厘）；

P——最大剪裁力；

λ ——平均剪裁力 P_{cp} 与最大剪裁力 P 的比值。亦即矩形面積 $P_{cp} t$ （等于剪切压力曲線下面的面積）与矩形面積 $P t$ 的比值。

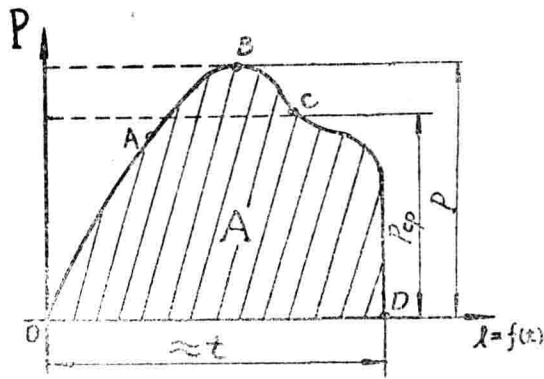


圖 7 材料厚度與剪裁力的关系曲線

- OA—彈性變形
- AB—塑性變形
- BC—發生裂縫
- CD—切開

經過研究並用求積儀多次測量經驗曲線的面積，朱布卓夫 (M. E. Зубцов) 確定了，平均剪裁力 P_{cp} 与最大剪裁力的比值，随材料的厚度与硬度而變化，但大致介于最大剪裁力的 0.30 至 0.75 之間，即

$$P_{cp} = (0.30 \sim 0.75)P$$

假如材料硬化程度很大或者很脆，則

$$P_{cp} < 0.30 P$$

通常剪裁功可按下列公式計算之：

当材料厚度 $t < 2$ 公厘时

$$A = \frac{(0.75 \sim 0.55)Pt}{1000} \text{ 公斤公尺}$$

当材料厚度 $t = 2 \sim 4$ 公厘时

$$A = \frac{(0.55 \sim 0.45)Pt}{1000} \text{ 公斤公尺}$$

当材料厚度 $t > 4$ 公厘时

$$A = \frac{(0.45 \sim 0.30)Pt}{1000} \text{ 公斤公尺}$$

求得剪裁功 A 之后，可以按下式計算有效功率，亦即由剪床或压床滑塊上所能得到的功率。

$$N_e = \frac{An}{60 \times 75} \text{ 馬力,}$$

式中 n 为剪床曲軸或压床曲軸每分鐘的轉数，即每分鐘滑塊的双行程数。

为了在滑塊上得到有效功率 N_e ，皮帶輪上的功率应为

$$N = \frac{a_0 N_e}{\eta} = \frac{a_0 A n}{60 \times 75 \times \eta} \text{ 馬力}$$

或

$$N = \frac{n a_0 A}{60 \times 102 \eta} \text{ 瓩}$$