

高等学校教学用书

金属压力加工

下册

И. М. 巴甫洛夫等著

計偉志等譯



中国工业出版社

高等学校教学用书

金属压力加工

下册

И. М. 巴甫洛夫等著

計偉志等譯



中国工业出版社

523.6
934
5110

本书是根据冶金各专业（〔金属压力加工〕专业除外。该专业学生参用本书可以对本书的基本课题得到一般初步的了解）的教学大纲，并考虑了金属压力加工最新报道的资料编写的。

本书也适用于其他专业的学生（机械师、电气师、动力师等）以及对金属塑性变形的一般问题和金属压力加工的各个过程感到兴趣的人。

全书分上下两册出版，上册包括第一部分金属压力加工原理和第二部分金属压力加工工艺学的第一篇轧钢车间设备。下册包括第二部分的第二篇轧辊孔型设计、第三篇轧制生产工艺学、第四篇拉丝和挤压过程和第五篇锻造生产设备及工艺学。

参加本书翻译工作的有北京钢铁工业学院的计伟志、张耘田、王殿儒、李连诗、钟鸿儒、贺毓辛、黄其林、李裕芳、温金珂和穆承章。参加本书校对工作的有北京钢铁工业学院的钟鸿儒、温金珂、程榕南、李连诗、穆承章和王允禧。全书由钟鸿儒和李连诗统一校订。

И.М.ПАВЛОВ, Н.М.ФЕДОСОВ, В.П.СЕВЕРДЕНКО,
И.Я.ТАРНОВСКИЙ, Б.Л.ЛАНГК, Я.М.ОХРИМЕНКО
ОБРАБОТКА МЕТАЛЛОВ ДАВЛЕНИЕМ
Металлургиздат Москва—1955

* * *

金属压力加工

下 册

计 伟 志 等 译

（根据冶金工业出版社纸型重印）

*
冶金工业部工业教育司編輯（北京猪市大街78号）

中国工业出版社出版（北京修门路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

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

*
开本 $850 \times 1168^{1/32}$ · 印张 $7 \frac{3}{4}$ · 字数 121,000

· 1958年2月北京第一版

1961年11月北京新一版 · 1962年5月北京第三次印刷

印数 2,581—5,250 · 定价 1.00 元

*
统一书号：K 15165 · 46（冶金—8）

下 冊 目 录

第二篇 軋輥孔型設計	6
第十二章 孔型設計概念	6
58. 軋輥孔型設計任务	6
59. 軋輥孔型設計的基本概念	7
第十三章 生产半成品軋輥孔型設計	13
60. 初軋机的軋輥孔型設計	13
61. 三輥开坯机的孔型設計	15
62. 菱一菱及菱一方孔型系的軋制	16
63. 橢圓一方孔型系的軋制	17
64. 連軋机的軋輥孔型設計	19
第十四章 軋制簡單断面及鋼板的軋輥孔型設計	20
65. 軋制圓断面的軋輥孔型設計	20
66. 軋制方断面的軋輥孔型設計	23
67. 軋制扁鋼的軋輥孔型設計	25
68. 軋制鋼板的軋輥孔型設計	28
第十五章 軋制复杂断面和角鋼的軋輥孔型設計	30
69. 軋制复杂断面的軋輥孔型設計	30
70. 軋制角鋼的軋輥孔型設計	31
71. 軋制工字鋼的軋輥孔型設計	33
72. 軋制鋼軌的軋輥孔型設計	38
第十六章 与孔型設計有关的某些工艺問題	42
73. 工作軋輥附件的概念	42
74. 軋鋼机調整	44
75. 不正确孔型設計和軋輥調整所产生的缺陷	46
第三篇 軋制生产工艺学	49
第十七章 軋鋼車間生产一般系統及軋鋼机生产率	49
76. 軋鋼車間生产的一般系統	49
77. 軋鋼机的小时生产率	53
78. 单机座三輥式鋼坯机生产率的确定	54
79. 单机座二輥可逆式初軋机生产率的确定	55

80. 多机座轧机生产率的确 定.....	57
第十八章 成品	62
81. 轧制产品品种.....	62
82. 轧钢车间工艺过程系统.....	62
83. 技术过程检验.....	64
第十九章 钢锭和钢坯	65
84. 钢锭.....	65
85. 钢坯.....	66
86. 钢锭及钢坯轧制前的准备.....	67
第二十章 半成品生产	69
87. 轧制半成品的工艺过程.....	69
88. 轧制大型钢坯（初轧坯和板坯）的轧机.....	72
89. 生产小钢坯的钢坯机.....	76
90. 半成品生产的技术经济指标.....	82
第二十一章 钢轨和钢梁生产	84
91. 钢轨钢梁的品种及轧制工艺过程.....	84
92. 生产钢轨和钢梁的轧钢机.....	86
93. 钢轨钢梁生产技术经济指标.....	91
第二十二章 型钢及线材生产	93
94. 型钢的品种及轧制工艺过程.....	93
95. 生产型钢的轧钢机.....	95
96. 线材（盘条）轧机.....	105
第二十三章 带钢和焊管坯生产	110
97. 带钢和焊管坯的品种及轧制工艺过程.....	110
98. 生产型钢、线材、带钢和焊管坯的技术经济指标.....	115
第二十四章 钢板生产	116
99. 钢板的品种.....	116
100. 厚板生产.....	117
101. 万能钢板轧制.....	124
102. 热轧薄板.....	126
103. 冷轧钢板.....	135
104. 钢板生产的技术经济指标.....	142
第二十五章 轮箍和车轮的生产	143

第二十六章 管子生产	148
105. 生产管子的方法	148
106. 無縫管生产	149
107. 焊接管生产	160
第四篇 拉拔和挤压过程	165
第二十七章 拉拔	165
108. 拉拔車間的設備	165
109. 拉拔工具和附屬机械	167
110. 拉拔棒材和綫材的工艺过程	169
111. 冷拔鋼管工艺过程的特点	173
112. 管子冷軋与拉拔过程的比較	175
113. 拉拔机的生产率。拉拔时的廢品	176
114. 拉拔車間中生产革新者的成就及劳动組織	178
第二十八章 挤压	179
115. 水压机和机械压力机	179
116. 挤压有色金屬棒材及管材的工艺过程	181
117. 鋼管的挤压	183
118. 挤压的技术經濟指标；挤压設備的布置	184
第五篇 鍛造生产設備及工艺学	186
第二十九章 鍛造車間設備	186
119. 鍛造車間的一般特征	186
120. 鍛造車間的主要設備	187
121. 分割原料为坯料的設備	209
第三十章 自由鍛与模鍛工艺学	211
122. 自由鍛与模鍛对产品的結構与机械性能的影响	211
123. 自由鍛	213
124. 热模鍛	221
125. 冷冲	238
126. 鍛造生产的組織与經濟問題	246
参考文献	250

第二篇 軋輥孔型設計

第十二章

孔型設計概念

58. 軋輥孔型設計任务

最早在軋机上得到的軋制产品是板材和帶材，而后才能軋制具有方形和圓形断面的型钢。主要用来制造桁架和梁的个别部件的角鋼，在出現其他異型断面的型钢很久以前就开始軋制了，19世紀初，鋼材軋制得到了很大的發展。例如，在1825年已开始軋制鋼軌；約在1830年初次得到了丁字鋼，再迟一点，就开始軋制了工字鋼和槽鋼。这样，到1850年，就出現了現代最通用的各种型钢。

軋制生产的發展以及大量不同尺寸和形狀的型钢的出現，造成了制定和实行軋制品种的必要性。在俄国，于1894年按照工程师別列留佈斯基的建議拟定了标准（米制的）产品品种，1900年即正式实行了。現在苏联几乎所有軋制产品的品种都已經标准化，並規定于全苏标准（ГОСТ）的表格中。

軋制产品的品种是多种多样的，並且随着国民經济的發展將不断出現新断面和新尺寸的产品。現在，在苏联的工厂里軋制了很多新断面的型钢：拖拉机后輪履帶齿板，汽車輪緣，鋼板樁，机器制造用的週期断面的型钢等。苏联每年制成大量的新断面产品，掌握这些新断面是軋鋼工作者目前和今后的重大任务。这主要是軋輥孔型設計的任务。此外，現在还应不断地改善軋机現有孔型設計的工作。进行軋輥孔型設計时，必須注意到获得最好質量的产品、保証高度的生产率和最低的成本、減輕和簡化軋鋼工的操作。在孔型設計的發展方面，苏联科学界具有巨大的功績。

例如：B.E. 格魯姆—格爾瑞馬依洛〔15〕建立了異型斷面孔型設計的理論基礎。A.Π. 維諾格拉多夫〔19〕擬定了開坯機和連續軋機的軋輥孔型設計的計算方法。A.Φ. 戈洛文〔20〕制訂了軋制斷面簡單的型鋼時計算金屬變形用的相當於扁鋼變形的方方法；A.Π. 切克馬廖夫〔24〕改善了初軋機及軋制扁鋼的軋輥孔型設計方法。B.Π. 巴赫契諾夫和 M.M. 施捷爾諾夫給軋輥孔型設計帶來了巨大的貢獻，他們擬定了一系列斷面的孔型設計新的計算方法，並編寫了關於軋輥孔型設計的著作〔23〕；Д.И. 斯塔爾欽柯擬定了異形斷面的蝶式孔型設計方法〔32〕；還有很多其他的學者及現廠工作者。蘇聯學者在一一般軋制理論方面的研究工作，對軋輥孔型設計也具有重大的意義。

59. 軋輥孔型設計的基本概念

軋輥圓柱形表面上的切口叫作軋槽，它構成孔型的一部份。整個孔型由兩個軋槽（兩輥上）和二者之間的縫隙所組成。

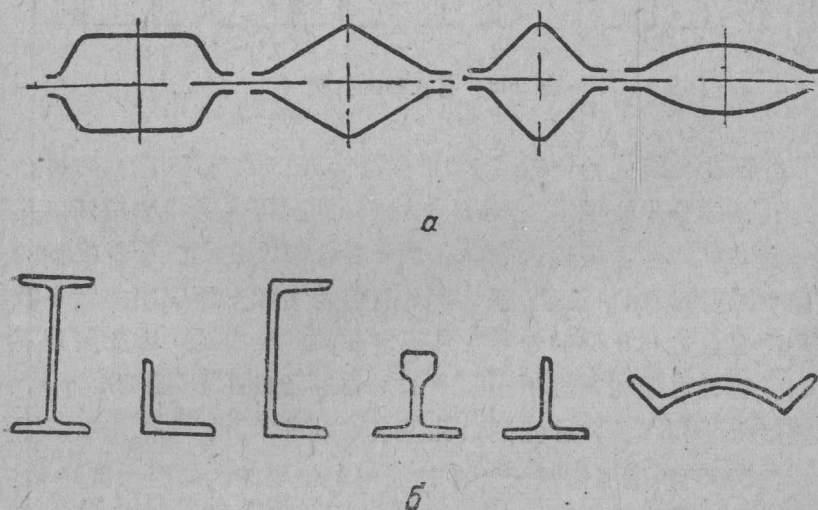


圖 207 孔型形狀

在一系列依次的孔型中軋制時應當保證：1) 縮減鋼料的橫斷面及具有適應的延伸率；2) 使鋼料具有複雜的形狀。為了實現第一目的，採用具有直角（箱形）、菱形、方形、和橢圓形狀的孔型（圖 207, a）。

为了实现第二个目的，采取異型孔型，同时精軋或光軋孔型具有产品的断面形状（圖 207, б）。粗軋或預軋孔型按軋制方向用为逐渐接近于产品断面形状的孔型。

在圖 208 中是有孔型的軋輥。折綫 $ab\gamma\delta$ 联成上軋輥槽，而綫 $\delta\epsilon\zeta\eta$ ——下軋輥槽。自一軋过渡到另一軋之断面边界地区($a\delta$ 和 $\eta\zeta$) 称孔型分界处。

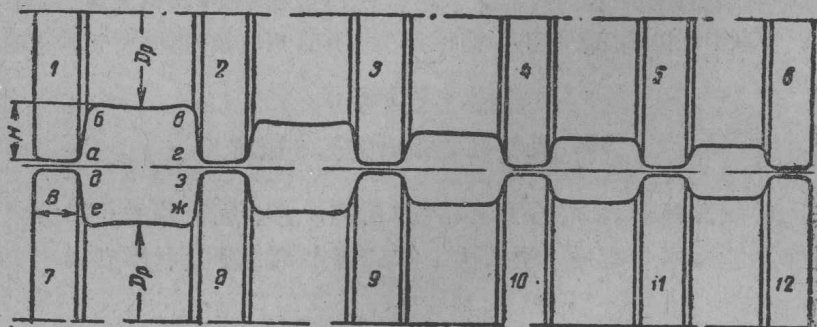


圖 208 有孔型的軋輥

根据在軋輥上的位置，孔型可以分为开口的与閉口的。由軋台方向孔型的分界处限定在平行于軋輥軸的直綫中的，称做开口孔型（圖 209, а）。由軋台方向孔型分界处限定在垂直于軋輥軸的直綫中的，称做閉口孔型（圖 209, б）。但是实际上所应用的大多数孔型由軋台方向孔型的分界处是限定在傾斜綫中的。因此將分界綫与軋輥軸之間的角度小于 60° 的，称做开口孔型（圖 209, в）。而角度大于 60° 的，称做閉口孔型（圖 209, г）。

选择 60° 角的原因是因为压縮面对軋輥軸綫的傾斜角度从 60° 起始即保持着良好的直压（[压力]）。在角 ϕ 小于 60° 时，侧压作用开始胜过直压的作用。

直压应理解为鋼料在垂直方向尺寸的縮小，而侧压則应理解为鋼料水平方向尺寸的縮小，並且侧压仅發生于非同一軋輥所構成的孔型部份中。

在軋身上軋槽的間隔称做軋台。在圖 208（1—12）为上下

軋軋的軋台，軋台 1 和 6、7 和 12 称做外軋台，其它的称做中間軋台。

軋台的寬度 B （參看圖 208）根据軋軋的材料和孔型結構來選擇。

軋槽側壁通常作成傾斜于軋軋軸綫的，並且壁的斜度称做側壁斜度（выпуск）。因為有側壁斜度，鋼料在孔型中可以對正，便于往軋軋里送鋼，延長了軋軋的使用期限，並且避免了軋件纏軋。同時側壁斜度的存在，可使軋軋重車時仍保持原來的軋槽尺寸。

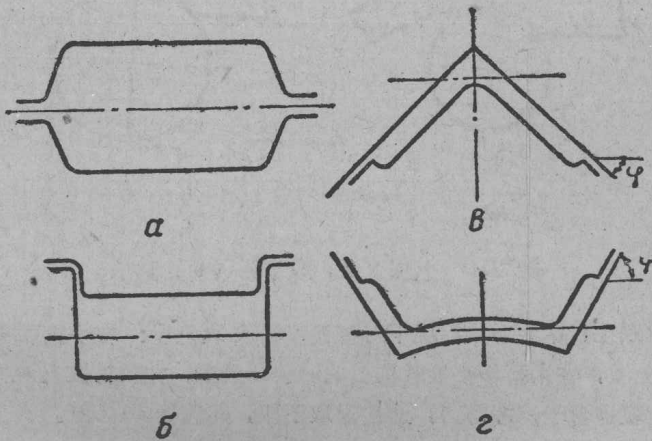


圖 209 開口與閉口孔型

為了可以調整軋軋位置，以及在軋機空轉時使軋台不相接觸，兩軋之間有軋縫。這樣，由孔型軋出的軋件高度決定于上下兩軋軋槽的切入深度和它們之間的軋縫大小。當軋件在兩軋之間通過時所引起的軋縫增大，稱做軋跳。為了得到一定厚度的軋件，必須考慮到軋跳，並且軋縫要比圖紙所示的尺寸適當的減小。

按軋槽外形測出的軋徑，稱做工作直徑（參看圖 208）。

上、中、下軋的工作直徑 D_p 通常是不一樣的，因為在軋徑相同時軋件出軋時的前進方向將會受到實際上往往難以估計的一

些因素的影响。

为了预先能决定轧件的前进方向，采用着不同辊径的轧辊。轧辊孔型的上压或下压是由工作辊径之间的差值来确定的。图 210， a 表示上压的图示，图 210， b 表示出下压的图示。

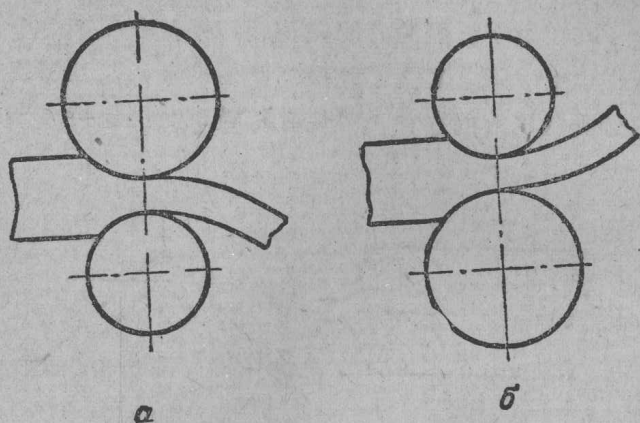


图 210 上压 (a) 或下压 (b) 图示

在苏联工厂中大多数情况下对型钢轧机采取上压：在小型轧机上它等于 2—3 公厘，在大型和轨梁轧机上它等于 10 公厘。在初轧机上为了避免轧件前端对辊道辊子的冲击力，通常采取下压，其值达 20 公厘。

通过轧辊轴线的垂直平面称做轧制面。轧制面上的轧辊切面符合于轧辊图。参看图 211。考虑到正常辊缝的新辊轴线间的距离称做这对轧辊的公称直径。分此距离为两半的水平线称做轧辊中心线。考虑到上、下压力，在每个孔型中把公称直径分成两部份的想像水平线称作轧制线。此时，当辊径相同，则轧制线与轧辊中心线重合。上压时，轧制线低于轧辊中心线 $m/4$ 公厘，下压时高于轧辊中心线 $m/4$ 公厘，式中 m 为上压力或下压力。

孔型于轧辊上的配置，要使孔型中和线和轧制线相重合，而孔型中和线应理解为孔型中决定轧件出辊后成直线运动的水平线，它与轧辊中心线要共线。

直角孔型中，中性线通过孔型高度的中心；方形和菱形孔型

中，中性綫同水平對角綫相重合；在圓和橢圓孔型中同水平直徑相重合。

為得到異型斷面，例如，鋼軌、工字鋼、角鋼等，確定孔型中性綫的位置比較複雜，但這對軋機工作和產品質量是很重要的。其中最常用的方法之一是孔型中性綫通過孔型的重心。

型鋼軋制之完成溫度通常是 $800-900^{\circ}$ 。在冷卻時軋件橫斷面的尺寸有所縮減，即得到收縮，其值等於 $1-1.5\%$ 。為了使成品斷面得到所需尺寸、精軋孔型的尺寸須增加其收縮值。考慮到熱膨脹的斷面稱做熱斷面。

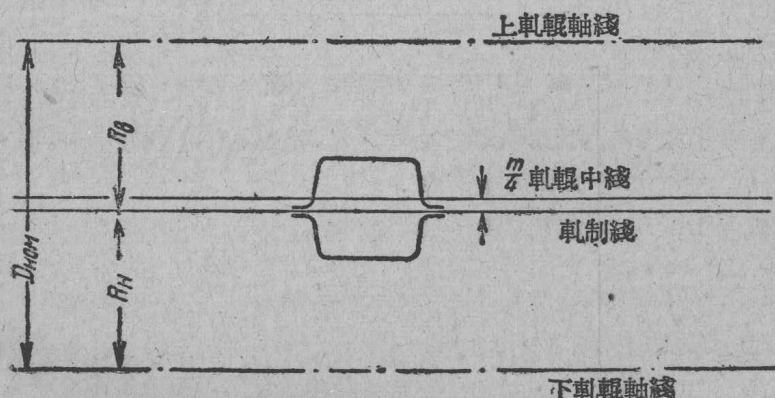


圖 211 孔型圖

如以前所述，在軋制中延伸分為：總的、平均的以及個別道次上的局部延伸。

容許的平均延伸值，取決於斷面尺寸和形狀、主電機能力、軋入角、孔型設計系統、軋制溫度、軋軋強度、軋制金屬之質量等，並且為了整個孔型系統的排列，平均延伸值可以預先給出。

為了確定一系列順序孔型的面積和尺寸，必須知道每個孔型中的延伸。圖 212 表示各道延伸分配標準圖表，在前幾道中，由於軋件斷面減少，延伸增加，而壓下量仍保持不變或幾乎不變。在達到最大值後，延伸縮減，因為溫度下降變形抗力增加。在最後幾道（精軋及精軋前孔型），延伸值主要決定於軋軋孔型磨損

和得到形狀及尺寸精确的断面的条件。所以最后几道的延伸小于粗軋孔型。

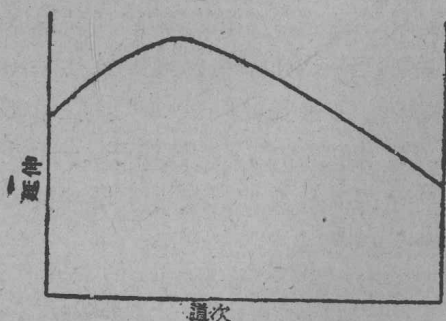


圖 212 各道次延伸的分配

軋軋孔型設計必須尽可能減少通過道次，以最有效的利用金屬的塑性性質和增加軋機生產率。

軋制道次可以按下公式 (16) 確定

$$n = \frac{\lg \omega_0 - \lg \omega_n}{\lg \mu_c}。$$

確定孔型寬度時，必須預先決定金屬在寬度上之余量，如果給出的寬度余量小，軋件就要出耳子，如果它太大，金屬則不能完全充滿孔型。

第十三章

生产半成品軋輥孔型設計

60. 初軋机的軋輥孔型設計

大多数情况下苏联的初軋机軋輥在其一边具有寬达 1000 公厘的孔型。

軋輥上，除寬孔型外，还車有三四个一般的箱形孔型（圖 213）。鋼錠开始在寬孔型中軋制，而后軋件送入一般的箱形孔型。孔型設計題目中，通常是給出鋼錠原始断面及鋼坯終了断面。計算初軋机孔型設計时包括有：1) 預先确定軋制道次；2) 按已知道次選擇每道的压下量和压下規程以及翻鋼次序。

在苏联初軋机上軋制时最大絕對压下量达到 65—95 公厘，有时甚至还要大，而最大的延伸 μ_{max} 于 1.20—1.25 的範圍內選擇，或更高些。平均絕對压下量不超过 50—80 公厘，相应的平均延伸值为 $\mu_s = 1.15—1.20$ 。

應該指出，这些延伸值和本書下面所指出的不是絕對不变的。根据孔型設計系統、孔型形狀、軋机結構及劳动組織等，它們可以增加，借以适应提高軋机生产率的任务。

根据鋼錠及鋼坯的不同尺寸，軋制軟鋼鋼錠用 11—15 道，而軋制硬鋼鋼錠用 15—19 道。在个别情况下，軋制用更多（或更少）的道次。

在初軋机上軋制时軋件要翻鋼，即在通过后翻轉 90° ，並且为了消灭鋼錠錐度，第一次翻鋼一般在軋制兩道后进行。一般不允許比值 $\frac{B}{H} > 1.5—2$ ，而必需要翻鋼，式中 B 和 H——軋件之寬度及高度。当軋制質量鋼及合金鋼时，要增加翻鋼次数。

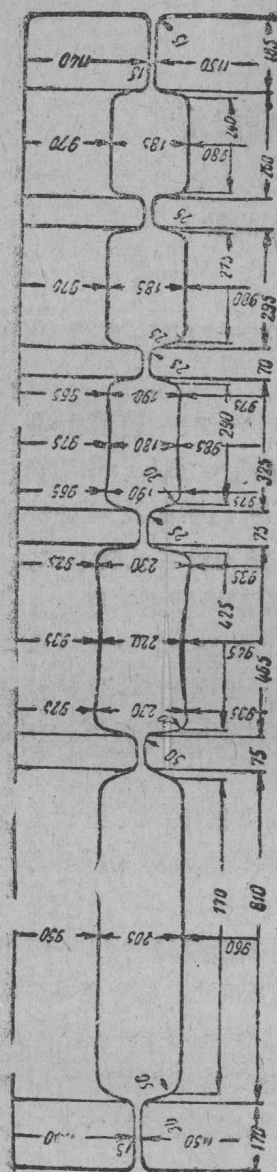


图 213 初轧机轧辊

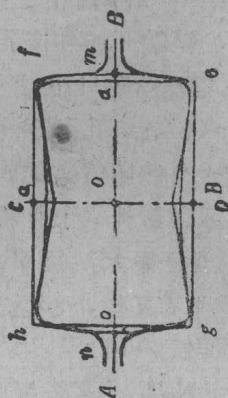


图 214 直角孔型结构

在前几道，軋件的絕對寬展取为 10—15%，而在最后二三道，常取为絕對压下量之 20—25%。

确定压下和寬展以后，求得每道軋件的橫断面。知道軋件的橫断面之后，很容易确定延伸值。在确定前几道的延伸时，必須考虑到鋼錠密度的改变。

圖 214 为直角孔型。軋槽底部常常做成凸形的，这是为了在翻鋼后防止軋件形成桶形和出現耳子。此外，凸底能够容易而平稳地軋入軋件，並减少了对接手的冲击，而且用凸底孔型軋制軋件在軋道上运动时有較大之稳定性。

軋制普通鋼时，除直角孔型外，在某些初軋机上还采用其他形狀的孔型。例如，在連續初軋机上采取橢圓和菱形孔型，这可以比直角孔型有更大的延伸量。

61. 三軋开坯机的孔型設計

三軋开坯机工作时，軋軋通常不移开。这种軋机的原始坯料是輕鋼錠或大断面的初軋坯。在三軋开坯机上采用直角或菱形孔

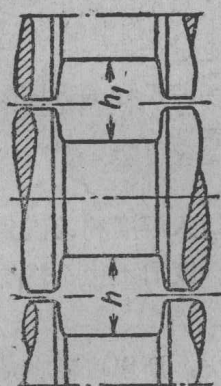


圖 215 連系（共軋）孔型

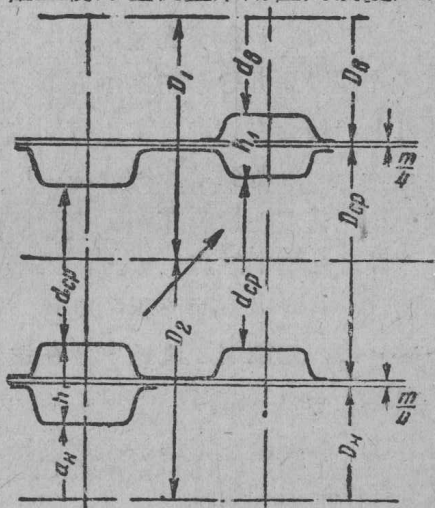


圖 216 非連系孔型

型，以及交替的菱方或橢方孔型。此外，在一个軋机上，这些孔型系統可以合起来。通常在三軋开坯机中，按軋制过程最初的几个孔型为直角孔型。

三輓开坯机的孔型是重叠配置的：下孔型的上軋槽是上孔型的下軋槽。这样，中輓的軋槽用来構成上下孔型，这种孔型称做連系或共軋孔型（圖 215）。

孔型亦可按次序配置：在整个垂直面上——一个在上，一个在下（圖 216），这种孔型称为非連系孔型（非共軋的）。

当进行連系孔型的孔型設計时其复杂性在于确定 1) 軋輓切入深度和 2) 孔型寬度。

62. 菱—菱及菱—方孔型系的軋制

菱形孔型应用在單綫列軋机的开坯机座上，也应用在連軋机上。菱形孔型所以得到广泛应用是因为：每一菱形孔型均为得到相应尺寸的方坯的精軋孔。当在这种軋机上軋制多种規格的鋼坯时，菱形孔型的这个特性是很重要的。

一般在菱形孔型中軋制的方断面鋼坯的边長为 100—150 公厘或更小。菱形孔型較直角孔型有以下优点：

1. 向同一菱形孔型以兩次送鋼的方法並翻轉 90° ，即可自菱形孔型得到几乎是正确的方形。但这个优点不能利用在現代連軋机上，因为在这种軋机上每架机座只能走过一道。

2. 通过改变軋隙的办法，可以得到多种尺寸的方坯断面。菱形孔型的这种性質在实际中有很重要的意义。

菱形孔型的缺点：

- 1) 同样横断面面积的軋件，其軋槽切入深度約为直角孔型的 1.5 倍，它削弱了軋輓，並在达到一定深度后不得不換用直角孔型；

- 2) 軋件冷却不均——角上冷却速度快，所以可能在角上形成有害的应力和裂紋；

- 3) 在菱形孔中氧化鉄皮脫落的不好；

- 4) 每道后必須翻鋼。

菱形孔型以鈍角 β 为其特征（圖 217），它确定金屬之延伸量。最大可能的延伸，在一系列几何形狀相似的菱形孔型中按下列公式确定：