

高等學校教學用書

金屬工學

下 冊

A. B. МАСТЕРОВ 著

唐山鐵道學院 金相熱處理教研組 機械製造教研組 譯校

高等教育出版社

本書係根據蘇聯機械製造出版社(Государственное научно-техническое издательство машиностроительной литературы)出版的馬斯特留科夫(А. В. Мاستрюков)所著“金屬工學”(Технология металлов) 1952 年第二版增訂版譯出的。原書經蘇聯高等教育部審定為非機械製造高等學校用教學參考書。

本書中譯本分兩冊出版：上書內容為冶金、金相及鑄造生產等篇。下冊內容為金屬壓力加工、金屬焊接、金屬切削加工等篇，並扼要列入非金屬材料一篇。

參加本書翻譯和校訂工作的有唐山鐵道學院金相熱處理教研組徐祖耀、許晉堃、陸大紘、賀宗文、張文奇等同志及機械製造教研組王元良、王穆之、章開榮、章宏甲、劉世楷、劉鍾華、韓德厚等同志。非金屬材料一篇，並得該院化學教研組諸同志合譯。

本書原由龍門聯合書局出版，現轉移我社出版，用該局原紙型重印。

金 屬 工 學

下 冊

A. B. 馬斯特留科夫著

唐山鐵道學院 金相熱處理教研組 機械製造教研組 譯校

高等教育出版社出版

北京琉璃廠一七〇號

(北京市書刊出版業營業許可證出字第〇五四號)

商務印書館上海廠印刷 新華書店總經售

開本 850×1168 1/32 印張 11 字數 800,000

一九五四年二月龍門聯合書局初版

一九五七年一月新一版

一九五七年三月上海第二次印刷

印數 2,001—3,500

定價(10) 1.20

目 錄

第 四 篇 金 屬 的 壓 力 加 工

第十九章 關於金屬壓力加工的概念..... 309

- § 74. 冷加工和熱加工..... 310
- § 75. 各種雜質對於金屬可鍛性的影響..... 312
- § 76. 預加工對於金屬可鍛性的影響..... 313
- § 77. 壓力加工對於錠料肉眼組織和機械性質的影響..... 314
- § 78. 使金屬變形所耗的功..... 315

第二十章 金屬的加熱..... 318

- § 79. 鍛爐..... 318
- § 80. 火焰爐..... 321
- § 81. 均熱爐..... 329
- § 82. 電熱法..... 330
- § 83. 爐溫和被加熱金屬溫度的控制..... 334

第二十一章 軋造..... 335

- § 84. 軋造時金屬變形的情形..... 335
- § 85. 軋輥型槽的設計..... 337
- § 86. 軋造機的分類..... 338
- § 87. 軋輥夾住被加工金屬的條件..... 339
- § 88. 軋造時金屬的延伸..... 341
- § 89. 軋造時所耗費的功..... 342

§ 90. 飛輪在軋造機中的作用	343
§ 91. 軋造種類	343
第二十二章 鍛造	356
§ 92. 鍛造操作法	356
§ 93. 鍛壓機具及其分類	360
§ 94. 鍛鏈和壓力機的比較	377
§ 95. 模型鍛造(模鍛)	278
第二十三章 拉伸	386
§ 96. 拉伸法	386
§ 97. 金屬的壓造(壓擠)	392

第五篇 金屬的焊接

第二十四章 金屬焊接的概念	395
第二十五章 氣焊	399
§ 98. 焊接用的氧-乙炔焰	400
§ 99. 焊炬	402
§ 100. 氧氣	403
§ 101. 可燃氣體	406
§ 102. 調壓器	418
§ 103. 氣焊的工藝過程	420
§ 104. 焊縫的機械加工及熱處理	426
§ 105. 焊接時焊件的變形	428
第二十六章 黑色金屬的焊接	430
§ 106. 鋼的焊接	430
§ 107. 鑄鐵的焊接	433
§ 108. 加壓氣焊	434

第二十七章 有色金屬的焊接	436
§ 109. 銅及銅合金的焊接	436
§ 110. 鋁、鎂及其合金的焊接	437
§ 111. 鋅焊	437
§ 112. 硬質合金的氣焊	438
第二十八章 金屬的氣割	439
§ 113. 氧氣割切	439
§ 114. 氣割操作	441
第二十九章 電焊	444
§ 115. 電弧焊	444
§ 116. 電弧焊接的機器及設備	448
§ 117. 電弧焊的電極	457
§ 118. 電弧焊接技術	462
§ 119. 自動電弧焊	469
§ 120. 水下電弧焊接	473
§ 121. 遮蔽弧焊	473
§ 122. 電化學弧焊	474
§ 123. 電弧切割	477
§ 124. 接觸焊接	478
第三十章 鋼、鑄鐵、銅、鋁及鎂的電焊	486
§ 125. 鋼	486
§ 126. 鑄鐵	487
§ 127. 銅	489
§ 128. 鋁及鎂	490
第三十一章 化學-機械焊接	492
§ 129. 鍛焊及水煤氣焊接	492

§ 130. 鑄焊	492
第三十二章 焊接接頭的毛病及焊接檢查的方法	495
§ 131. 焊接接頭的毛病	495
§ 132. 焊接檢驗的方法	497
§ 133. 焊接工作時的保安技術	499

第 六 篇 金屬的切削加工

第三十三章 金屬切削學基礎	503
---------------	-----

§ 134. 基本定義	503
§ 135. 切屑形成過程	512
§ 136. 影響切削速度的基本因素	516
§ 137. 刀具的損壞	520
§ 138. 高速切削	520

第三十四章 鉗工作業	522
------------	-----

§ 139. 量具	522
§ 140. 鉗工的基本類型	528

第三十五章 金屬切削機床	539
--------------	-----

§ 141. 金屬切削機床的分類	539
§ 142. 主體運動的分級調速	541
§ 143. 主體運動的無級調速	547
§ 144. 進刀運動的傳動	549

第三十六章 普通車床及其作業	553
----------------	-----

§ 145. 普通車床構造	553
§ 146. 普通車床傳動方法	556

§ 147. 車刀的基本型式	560
§ 148. 車床作業基本形式	562
§ 149. 配換齒輪的選擇	567
第三十七章 車床類機床	574
§ 150. 轉塔車床	574
§ 151. 端面車床	575
§ 152. 立式車床	577
§ 153. 多刀車床	577
§ 154. 半自動和自動車床	578
第三十八章 鑽床	580
§ 155. 鑽頭工作情況	580
§ 156. 鑽床的構造	582
第三十九章 銑床	586
§ 157. 銑切	586
§ 158. 高速銑切	589
§ 159. 銑刀	590
§ 160. 銑床構造	591
第四十章 分銑頭	597
§ 161. 簡單分銑頭	597
§ 162. 差速分銑頭	599
第四十一章 鉋床, 插床和拉床	603
§ 163. 鉋切	603
§ 164. 鉋刀	604
§ 165. 鉋床、插床和拉床的構造	605
第四十二章 磨	611
§ 166. 砂輪	611

§ 167. 磨工的切削要素	613
§ 168. 磨床	615
第四十三章 切齒輪	621
§ 169. 用滾齒銑刀切削齒輪	621
§ 170. 用插刀切削齒輪	623
§ 171. 用梳狀刀切削齒輪	625
§ 172. 切削錐形齒輪	625
第四十四章 公差及配合	627
§ 173. 零件的互換性	627
§ 174. 公差	627
§ 175. 配合	628
§ 176. 精確度等級	629
§ 177. 公差制度	630
§ 178. 界限卡規和塞規	631
§ 179. 技術過程的構成概念	634
第四十五章 金屬的電火花加工法概念	639

附 錄 非 金 屬 材 料

第四十六章 非金屬材料的類型及其用途	641
§ 180. 木材	641
§ 181. 塑膠	642
§ 182. 橡膠	646
§ 183. 石棉	647
§ 184. 皮革	647
§ 185. 玻璃	649
§ 186. 織物	650
§ 187. 漆和塗料	651
§ 188. 紙	651

第四篇 金屬的壓力加工

第十九章 關於金屬壓力加工的概念

所謂金屬的壓力加工，應理解為這樣一種外力作用在金屬上的過程；金屬坯料在該力的影響下，通過不破裂的永久變形，在預期的方向內變更其外形。

金屬在外力作用下所發生的形狀變化，祇有在外力所引起的應力，大於被加工金屬的屈服強度時，才能在這外力的作用終止以後一直保持著。使金屬產生永久塑性變形所需的力，其大小不是固定不變的，它隨着變形速度的加大而增大，隨着溫度的昇高而減小；並且和加工的性质有關（縮鍛、模鍛、銑孔等）。

金屬在彈性變形時，僅其品格內原子間的距離發生變化。當引起此種變化的外力作用消失後，其原子間的距離就復原了。但金屬的永久變形，卻是由於在被加工金屬組成品粒內所發生的滑移及在這些晶粒之間的滑移而生成的。

由此可見，在壓力加工時，被加工金屬除了外形上的變化而外，連組成金屬的晶粒也都變了形。

金屬壓力加工的主要類型為：金屬的軋造、鍛造、拉伸和壓擠。

使金屬在迴轉着的、叫做軋輥的圓筒之間變形的方法，叫做軋造。金屬在鍛錘或壓力機下的加工，叫做鍛造。至於拉伸，則是把金屬拉過一個尺寸比被加工材料原截面為小的模孔。

壓擠法的要點在於：把坯料放入一個有孔的模子內，孔的外形和所

製成品(棒料、管子)的形狀相符合;坯料從一個推向模內推桿的一邊受到壓力,材料就從孔中被擠了出來^①。

§ 74. 冷加工和熱加工

金屬的壓力加工,可以在冷態下進行,亦可在熱態下進行。金屬在低溫下加工時,加工後存在着變了形的組織;但當在相當高的(對於每一種金屬是一定的)溫度下加工時,新的完整的組織便會從變了形的組織中產生出來。換句話說,在適當的加熱下加工時,有兩個過程同時在進行着:晶粒在外力作用下的變形過程和內部的再結晶過程。

在加工過程中,顯微組織變了形的金屬,叫做冷工硬化了的金屬。冷工硬化改變了金屬的機械性質:強度極限和彈性極限都增高了,並且相互接近;硬度亦增高了;但衝擊強度和斷裂時的延伸都減小了。正由於強度極限和彈性極限的相互接近,金屬承受壓力加工的能力減小了。

把金屬加熱到其相當的臨界點以上的溫度,是使其在壓力加工過程中變了形的晶體,可能產生新品體的必要條件。

金屬在臨界溫度以下的壓力加工(縱使溫度已相當高),在實質上仍應列入冷加工的範圍,因為在這種情況下,金屬的冷工硬化還會發生。

因此,建築鋼料的熱加工,要在臨界點 A_c 以上的溫度處進行;即在奧斯田體固體溶液溫度範圍內進行。此時的情形,在本質上不是固體溶液分解出來的產物在變形,而是固體溶液本身在變形。

要消除金屬的冷工硬化,就應把它退火處理。

爲了要增加金屬的可塑性,並減少所耗費的功,在壓力加工金屬以前,最好把它的加熱溫度儘可能地提高。

圖·239 所示的曲線,說明某幾種金屬鍛造時的變形阻力隨着不同的溫度而變化的情形。

在研究這些曲線時(圖239),必須注意,圖上的數字僅作約計之用,因為它是在一定的條件下,試驗一定尺寸的試樣而得來的(試樣高 2.1

① 在少數書籍中,有把這種方法稱爲金屬的壓造的。

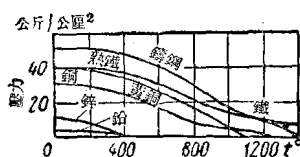


圖 239. 金屬鍛造時的阻力
隨溫度而變化的曲線圖

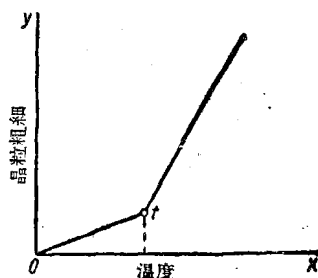


圖 240. 晶粒增長和溫度的
關係圖

公分，直徑 2.0 公分；用壓力機將它慢慢壓縮到原來高度的一半）。

但是，爲了避免在成品中得到粗晶粒的金屬組織，加熱的溫度卻有個不應超越的界限。

在過高的加熱下所得到的粗晶粒的金屬組織，是由於金屬晶粒的粗細隨着溫度的升高而增大了的緣故。這種增大，在開始時進行得相當緩慢，而在到達某一溫度範圍後，晶粒的增長變得非常的猛烈。晶粒增長和溫度升高之間的關係，其性質可自圖 240 所示的曲線中看出來。

由於粗晶粒的金屬在壓力熱加工後，在成品中還是形成粗的晶粒，且由於粗晶粒金屬的機械性質較細晶粒的爲差，所以金屬在加熱時，應不超過 t 點（圖 240）的溫度。

例如，對於含碳 0.06% 的鐵， t 點的溫度約相當於 1250° ；當鐵中含碳 0.6% 時， t 點的溫度降低了，約相當於 1050° 。因此，鍛造前碳素鋼的加熱，其最高溫度可採用下列的數值：含碳量自 0.06 至 0.10%— 1300° ，自 0.20 至 0.25%— 1200° ，自 0.30 至 0.35%— 1150° ，而自 0.50 至 0.60%— 1050° 。

鍛件中晶粒的粗細，不僅和開始加工時的溫度有關，而且亦和加工終止時的溫度有關：加工終止時的溫度愈低，晶粒便愈細。可是，爲了避免冷工硬化和出現裂縫，低共晶鋼的加工終止溫度，不應低於其上臨界點（開始析出純鐵體的界線），而超共晶鋼的加工終止溫度，則應

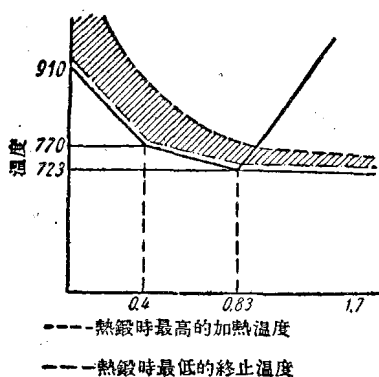


圖 241. 鋼料熱鍛溫度圖

高於其下臨界點（完全析出碳化鐵的界線）（圖 241）。在似共品鋼和超似共品鋼中，較低的鍛造終止溫度，是由於必需要打碎那種形成針狀或網狀組織的、使成品發脆的碳化鐵晶粒而決定的。

由於鋼料組成的晶粒愈細，它的機械性質便愈佳；因此，能得到最細晶粒的那個溫度，應該認為是熱加工最適當的終止溫度。低似共品鋼的這個溫度可由下式來決定：

$$t \approx Ac_3 + 50^\circ,$$

而似共品鋼及超似共品鋼的為：

$$t \approx Ac_1 + 50^\circ.$$

圖 241 中所示的影線部分，即相當於熱鍛鋼料時適當的溫度範圍。

§ 75. 各種雜質對於金屬可鍛性的影響

《可鍛性》的概念是較為複雜的，因為其中包含着《可塑性》，金屬取得永久變形的性能，這一個概念在內，並且標明了金屬對變形力的抵抗量（對變形的抵抗量）。為了簡略起見，下面不單是把金屬在鍛錘或壓力機下可被加工的能力稱為可鍛性，而且廣泛地把它的可能被壓力加工的能力統稱為可鍛性。

純淨的金屬比合金容易鍛造。因此，鋼料的可鍛性隨着它含碳量的增加而減小；當鋼內含碳量達 $\sim 1.7\%$ 時，實際上它就消失了可被壓力加工的能力。純態下很易鍛造的銅，在雜質的影響下，也會喪失這種品質。

不同的雜質對於同一種金屬可鍛性的影響是不相同的。連各種雜質在金屬中的組合情形，亦有相當重要的意義。磷對鋼料可鍛性的

影響，可作為一個例子：鋼內有 0.1% 磷時，就會很顯著地增加其脆性；而且，合金中（除磷以外）碳的含量愈多，磷的影響亦愈顯著。

各種雜質對金屬可鍛性的影響，隨着金屬的加熱而發生變化，而且對於不同的金屬、對於不同的雜質以及對於雜質在合金中不同的組合情形，加熱的影響都很不一樣。下面列舉某些雜質對鋼料可鍛性的影響。

碳 鋼的可鍛性在含碳 1.7% 時為最小。

磷 磷對鋼可鍛性的不良影響，隨溫度的升高而減小（磷使鋼冷脆）。

硫使鋼熱脆（在 700 至 1000° 的範圍內）。如溫度繼續升高，鋼又重新獲得了可鍛性。硫的不良影響，隨着錳含量的加大而減小。整個地說來，硫是最有害的雜質。

加入特種的雜質（鉻、鎳等）通常是增大金屬的變形阻力，但在它們的某些組合情形下，也會降低可塑性的（例如耐熱鋼）。

在同樣的化學成分下，金屬材料亦按其所含包含物的性質和分量的不同，而有不同的可鍛性。在被壓力加工的金屬中，熔渣、煤和其他包含物的屑子的存在，都會降低金屬對外界抵抗的能力；因此，當其他條件都相同時，這種材料的可鍛性，要比純一些材料的可鍛性低些。

§ 76. 預加工對於金屬可鍛性的影響

金屬的機械加工和熱處理，都會引起它組織上的變化，而金屬組織上任何的變化，都有物理性質的變化伴隨發生；因此，金屬如經機械加工或熱處理而使其組織上發生了一定的變化，則它承受壓力加工的能力，是要發生變化的。

在臨界溫度下進行的壓力預加工（例如，鐵在 723° 以下的加工），會降低金屬以後承受壓力加工的能力。

金屬因在臨界溫度下加工而喪失了的性能，可以用加熱來使它回復，但加熱的溫度要達到新的晶粒能從變了形的晶粒中生長出來的溫度。

熱處理——淬火、回火和退火——使金屬在組織上起了根本的變化，因而也根本改變了它的物理性質；所以金屬承受壓力加工的能力，隨其預先所受熱處理的種類，而有很大的變化。

金屬在熱處理中喪失了原有的性質，藉適當的熱處理就可以回復；例如，金屬由淬火所得到的硬度，可以用退火來消除。

綜上所述，可知金屬的機械預加工或預加熱處理，祇有在它的組織上伴隨發生變化時，才影響其可鍛性。

§ 77. 壓力加工對於錠料肉眼組織和機械性質的影響

可鍛的錠料是金屬壓力加工最原始的材料。

金屬的壓力加工改變了錠料原有的樹枝狀肉眼組織，且在延伸的方向內，拉長了並重新排列了樹枝狀的組織；由此而使製件得到了所謂原始帶條狀的（纖維狀的）組織。

藉壓力加工的方法所製成的製件，其不同方向內的機械性質是不相同的。

表 34 所列的數值，說明截面比值對於鋼錠在不同方向內的機械性質的影響。表內數據是含磷 0.02% 的酸性平爐鋼所作的試驗；試樣

表 34

截面 比值	σ_s 公斤/公厘 ²			$\delta\%$			A_k 公斤-公尺/公分 ²		
	縱向 試樣	橫向 試樣	縱向和橫向 試樣 σ_s 之比	縱向 試樣	橫向 試樣	縱向和橫向 試樣 δ 之比	縱向 試樣	橫向 試樣	縱向和橫向 試樣 A_k 之比
1.7	91.2	90.9	1.00	20	18	1.11	6.8	5.5	1.23
3.2	91.6	90.5	1.01	20	16	1.25	8.1	4.6	2.01
6.1	90.5	90.6	1.00	20	12	1.67	9.9	3.5	2.85

表中： σ_s 為抗拉強度；
 δ 為拉伸時的延伸；
 A_k 為衝擊韌性。

曾經加熱至 950° 淬火，再回火至 600°。

必須指出，對於鋼料在沿着纖維方向和橫截纖維方向內所取的試樣，它們之間機械性質的差別，是隨着所含磷、硫、氧化鐵以及非金屬包含物的減少而減小的。

至於說到各種機械性質的標誌數值，則從表 34 中可以看到：壓力熱加工對抗拉強度實際上並無影響；但對延伸和衝擊強度的影響卻是很明顯的。後兩種性質，在橫向試樣中，一般隨着截面比值的加大而降低，但在縱向試樣中卻反而加大。由此可見，縱向和橫向試樣機械性質的差別，是隨着截面比值的加大而增加的。

§ 78. 使金屬變形所耗的功

使幾何形狀相似的兩個物體發生同樣變形所需的力，其大小，很明顯地是和這兩個物體承受壓力的表面面積成正比的，也就是：

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{F_1}{F_2}.$$

因此可以認為：變形的金屬塊，其重量愈大，使它變形所需的功亦愈大；而金屬塊受外力作用的表面愈大，該外力的數值也應愈大。

使金屬變形所需的力，應該要能超過該金屬所發出的阻力。

金屬在壓力加工時所產生的阻力，是由實驗來確定的；這個阻力隨金屬的溫度而劇烈地變化着；溫度增加則阻力減小。表 35 所列金屬阻力的數值，以公斤/公厘²計，是 20 公厘直徑，22 公厘高的圓柱形試樣所作的許多擠壓試驗之一。

由於金屬對抗外力的阻力隨其溫度的升高而減小，所以使它得到一定的變形所需的功，亦隨之而減小。

產生同樣的變形所需的功，隨着變形速度的加大而增加，這一點也是由實驗確定了的。

變形速度和金屬對變形力的阻力之間的關係是非常複雜的：它要受很多條件的影響——被加工材料的性質、試樣的形狀和尺寸、變形的大小和性質、被加工試樣的溫度等。

表 35

t°	金 屬				
	鑄 鋼	黃 銅	銅	鋅	鉛
	阻力, 公斤/公厘 ²				
60	50	40	30	10	3
100	50	39	30	9	2
200	49	38	29	7	1
300	48	36	28	3	0.1
400	47	34	25	0.5	—
500	44	30	22	—	—
600	40	28	18	—	—
700	36	22	12	—	—
800	28	16	8	—	—
1000	18	5	4	—	—
1200	8	—	—	—	—
1400	0	—	—	—	—

圖 242 示各種含碳量的鋼, 在靜力和衝擊的作用下, 不同溫度時變形阻力的變化曲線。

顯然的, 當其他的條件都相同時, 衝擊在金屬上作用時的功, 應該要比用逐漸作用的力加工時的功為大。

可是, 變形所必需的壓力和功量, 在具體計算時, 常碰到很多的困難; 因為很多的學者介紹了很多不同的方法, 到現在還沒有定出一個統一通用的方法來。這些問題的詳細討論, 要牽涉到塑性變形理論的工作了。

關於塑性變形理論和金屬壓力加工的許多問題, 過去和現在, 都有

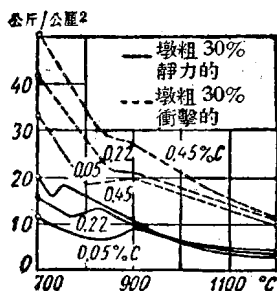


圖 242. 在衝擊和靜力的作用下,各種含碳量鋼料變形阻力的變化曲線

很多俄國的學者們在工作着,把理論研究和工廠實踐很成功地結合起來: B. C. 畢耶托夫——鐵甲板軋造法的發明者(1859年); O. O. 宋琴——無型鍛造塑性變形理論方面最早的研究家之一; A. II. 加佛里良科——金屬壓力加工方面的經典著作者; B. E. 格魯姆-格爾日馬依羅(金屬加熱和軋造方面的工作); II. M. 巴甫洛夫(金屬軋造理論方面的研究); H. H. 達勃魯霍托夫——金屬加熱問題的理論家和實踐家; C. II. 古勃金(塑性變形方面的工作); A. A. 衣留馨——高等塑性理論研究家等等。