

中央人民政府高等教育部推薦  
高等學校教材試用本

# 軋鋼機

上 冊

А. И. ЦЕЛИКОВ 著

呂桂彤 劉叔儀譯



龍 門 聯 合 書 局

中央人民政府高等教育部推薦  
高等學校教材試用本



# 軋 鋼 機

上 冊

A. И. 采利柯夫著  
呂桂彤 劉叔儀譯

龍 門 聯 合 書 局



本書係根據蘇聯黑色冶金及有色冶金科技出版社 (Государственное научно-техническое издательство литературы по черной и цветной металлургии) 出版的科學技術博士采利柯夫 (А. И. Целиков) 教授所著“軋鋼機” (Прокатные Станы) 1946 年莫斯科版譯出。原書經蘇聯高等教育部審定為冶金學院教科書。

本書共分六篇，中譯本暫分上下兩冊出版，每冊各包括三篇。

本書第二篇由北京鋼鐵工業學院劉叔儀教授譯校，其餘各篇由該院呂桂彤工程師譯校。

2363/24

## 軋 鋼 機

ПРОКАТНЫЕ СТАНЫ

上 冊

А. И. ЦЕЛИКОВ 著

呂桂彤 劉叔儀譯

★ 版權所有 ★

龍 門 聯 合 書 局 出 版

上海南京東路 61 號 101 室

中國圖書發行公司總經售

中 和 印 刷 廠 印 刷

上 海 淮 安 路 727 弄 30 號

1953 年 11 月初版 印數 0001—4000 冊

定 價 ¥ 22,500

上海市書刊出版業營業許可證出 029 號

## 中央人民政府高等教育部推薦 高等學校教材試用本的說明

充分學習蘇聯的先進經驗，根據國家建設需要，設置專業，培養幹部，是全國高等學校院系調整後的一項重大工作。在我國高等學校裏，按照所設置的專業試用蘇聯教材，而不再使用以英美資產階級教育內容為基礎的教材，是進一步改革教學內容和提高教學質量的正確方向。

一九五二年九月二十四日人民日報社論已經指出：‘蘇聯各種專業的教學計劃和教材，基本上對我們是適用的。它是真正科學的和密切聯系實際的。至於與中國實際結合的問題，則可在今後教學實踐中逐漸求得解決。’我們現在就是本着這種認識來組織人力，依照需要的緩急，有計劃地大量翻譯蘇聯高等學校的各科教材，並將陸續向全國推薦，作為現階段我國高等學校教材的試用本。

我們希望：使用這一試用本及今後由我們繼續推薦的每一種試用本的教師和同學們，特別是各有關教研組的同志們，在教學過程中，對譯本的內容和譯文廣泛地認真地提出修正意見，作為該書再版時的參考。我們並希望各有關教研組在此基礎上逐步加以改進，使能結合中國實際，最後能編出完全適合我國需要的新教材來。

中央人民政府高等教育部

# 目 錄

## 上 冊

### 第一篇 軋鋼機的一般構造

|                       |    |
|-----------------------|----|
| 1. 軋鋼機的定義及其設備.....    | 1  |
| 2. 軋鋼機按用途分類.....      | 2  |
| 3. 軋鋼機主要機列的基本部分.....  | 3  |
| 4. 軋鋼機工作機座中軋輥的佈置..... | 9  |
| 5. 各種軋鋼機工作機座的佈置.....  | 21 |
| 6. 各種軋鋼機的作業方式.....    | 31 |
| 7. 各種軋鋼機的軋製速度.....    | 37 |

### 第二篇 作用於軋輥及其傳動裝置上的力

|                                          |           |
|------------------------------------------|-----------|
| <b>第一章 接觸弧上單位壓力之分佈.....</b>              | <b>43</b> |
| 8. 問題之意義及其發展.....                        | 43        |
| 9. 接觸弧上單位壓力分佈的舊理論.....                   | 44        |
| 10. 單位壓力微分方程式之一般形式.....                  | 46        |
| 11. 乾摩擦滑動時接觸弧上之單位壓力分佈.....               | 50        |
| 12. 摩擦力不變情況下接觸弧上之單位壓力分佈(齊別爾<br>的理論)..... | 59        |
| 13. 液體摩擦滑動時接觸弧上之單位壓力分佈(納維的理論).....       | 62        |
| 14. 單位壓力分佈的實驗研究.....                     | 66        |
| 15. 滑動與黏着下之單位壓力分佈(柴力可夫的理論).....          | 72        |

|            |                                   |     |
|------------|-----------------------------------|-----|
| <b>第二章</b> | <b>軋製時軋輥上力之作用方向</b> .....         | 80  |
| 16.        | 簡單軋製過程中力之作用方向.....                | 80  |
| 17.        | 單輥傳動軋製中力之作用方向.....                | 83  |
| 18.        | 有張力軋製中力之作用方向.....                 | 86  |
| 19.        | 軋件運動不均情形下力之作用方向.....              | 88  |
| 20.        | 軋輥圓周速度不同時力之作用方向.....              | 92  |
| 21.        | 輥徑不同時力之作用方向.....                  | 96  |
| 22.        | 軋件加熱不均時軋製中力之作用方向.....             | 98  |
| <b>第三章</b> | <b>軋製中軋輥上之壓力</b> .....            | 101 |
| 23.        | 影響軋製中軋件對輥壓力的基本因素.....             | 101 |
| 24.        | 決定軋件與輥之接觸面積.....                  | 103 |
| 25.        | 考慮輥之彈性壓縮時接觸面積之決定.....             | 108 |
| 26.        | 溫度對變形抗力之影響.....                   | 111 |
| 27.        | 應變硬化對變形抗力之影響.....                 | 116 |
| 28.        | 變形速度對輥上軋件壓力之影響.....               | 118 |
| 29.        | 軋件與輥間之摩擦係數.....                   | 123 |
| 30.        | 無張力軋製中軋件對輥之壓力(柴力可夫的公式).....       | 125 |
| 31.        | 外摩擦對軋件在輥上壓力影響之實驗記錄.....           | 129 |
| 32.        | 艾克隆德的公式.....                      | 137 |
| 33.        | 張力對軋件在輥上壓力之影響.....                | 141 |
| 34.        | 圈材及輪箍軋機中軋輥上作用力.....               | 148 |
| 35.        | 週期式軋機(皮爾格式、搖擺式等)中軋件對輥壓力計算之特點..... | 151 |
| 36.        | 由輥頸強度決定軋輥上壓力.....                 | 158 |
| <b>第四章</b> | <b>軋軸傳動所需力矩</b> .....             | 161 |

|     |                   |     |
|-----|-------------------|-----|
| 37. | 組成輥傳動負荷的基本數量      | 161 |
| 38. | 按輥上壓力決定軋矩         | 162 |
| 39. | 由功量消耗決定軋矩         | 165 |
| 40. | 軋輥彈性壓縮對軋矩與功量消耗之影響 | 172 |
| 41. | 附加摩擦力矩之決定         | 175 |
| 42. | 空轉負荷              | 177 |
| 43. | 靜負荷圖              | 178 |
| 44. | 飛輪對傳動負荷之影響        | 180 |
| 45. | 可逆式作業方式中之傳動負荷     | 185 |
| 46. | 由傳動能力決定最大力矩       | 188 |

### 第三篇 工作機座的機件及機械

|     |                    |     |
|-----|--------------------|-----|
| 第一章 | 軋輥                 | 191 |
| 47. | 軋輥的主要式樣            | 191 |
| 48. | 軋輥尺寸               | 193 |
| 49. | 軋輥強度計算             | 197 |
| 50. | 軋輥彎曲矢度的確定          | 201 |
| 51. | 在有支撐軋輥的軋鋼機上軋輥計算的特點 | 207 |
| 52. | 生鐵軋輥               | 211 |
| 53. | 鋼軋輥                | 213 |
| 第二章 | 軋輥軸承               | 216 |
| 54. | 軋輥軸承上的負荷性質         | 216 |
| 55. | 軋輥軸承主要型式           | 218 |
| 56. | 金屬軸承襯              | 220 |
| 57. | 非金屬材料的軸承襯          | 221 |

|            |                          |            |
|------------|--------------------------|------------|
| 58.        | 開啓式軸承中軸承襯的尺寸及構造          | 227        |
| 59.        | 開啓式軸承中軸承座的構造及計算          | 230        |
| 60.        | 封閉式軸承                    | 234        |
| 61.        | 軋輥滾動軸承                   | 236        |
| <b>第三章</b> | <b>軋輥校正機械及設備</b>         | <b>242</b> |
| 62.        | 軋輥校正機械及設備的分類             | 242        |
| 63.        | 有手傳動裝置的上軋輥校正機械           | 245        |
| 64.        | 上軋輥高速校正機械                | 250        |
| 65.        | 上軋輥低速校正機械                | 265        |
| 66.        | 下軋輥校正機械                  | 273        |
| 67.        | 壓下螺絲及螺母                  | 275        |
| 68.        | 轉動壓下螺絲所必須的力矩             | 280        |
| 69.        | 安全臼及楔形安全臼                | 282        |
| 70.        | 三輥式軋鋼機的中軋輥校正設備及機械        | 285        |
| 71.        | 軋輥軸向校正設備                 | 290        |
| <b>第四章</b> | <b>導衛裝置及更換軋輥設備</b>       | <b>293</b> |
| 72.        | 進口導板與出口導板的用途及構造          | 293        |
| 73.        | 扭轉導板及圍盤                  | 301        |
| 74.        | 有自動送進器的導衛裝置              | 305        |
| 75.        | 更換軋輥設備                   | 307        |
| <b>第五章</b> | <b>工作機座的機架和它們在地基上的安裝</b> | <b>313</b> |
| 76.        | 機架主要型式                   | 313        |
| 77.        | 由軋鋼機傳動裝置作用到工作機座上的傾力      | 314        |
| 78.        | 慣性傾力                     | 317        |
| 79.        | 由軋件上外力(對軋輥)作用的傾力         | 318        |



|     |                            |     |
|-----|----------------------------|-----|
| 80. | 作用在工作機座機架上的總傾力矩及支座上的力..... | 319 |
| 81. | 由簡單軋製過程中的作用力計算閉口式機架強度..... | 321 |
| 82. | 閉口式機架變形計算.....             | 327 |
| 83. | 估計到水平方向作用力的閉口式機架計算.....    | 330 |
| 84. | 開口式機架計算.....               | 334 |
| 85. | 機架材料及許用應力之選擇.....          | 342 |
| 86. | 由軋輥軋頸的斷裂複核機架強度.....        | 343 |
| 87. | 機架的構造.....                 | 344 |
| 88. | 軌座.....                    | 354 |

# 第一篇 軋鋼機的一般構造

## 1. 軋鋼機的定義及其設備

用作金屬軋製加工的機器叫做軋鋼機 (прокатные станы)。

軋鋼機上進行的主要作業是使軋件在轉動的軋輥間變形。除此之外，在軋鋼機上還進行許多伴隨着軋製過程的輔助作業，如：加熱、軋件的剪切與矯正、將軋件捲繞成盤或捲、將軋件送進軋鋼機的軋輥、翻轉、軋件輸送、軋件軋製後的收集等。因此，在大多數情況下，軋鋼機不僅是由完成軋製過程本身的機器所組成，並且還有一系列的機器與加熱設備，這些機器與加熱設備，在工作中彼此聯繫着，一起完成軋製以及與軋製有關的輔助作業。

用以使軋件在轉動的軋輥間變形的軋鋼機設備，叫做主要設備，並裝置在軋鋼機的主要機列中，而用以完成其他作業的設備叫軋鋼機的輔助設備，或輔助機器與機械。

在某些情形下，軋製過程不是在一個，而是接連在一些彼此密切聯系着的軋鋼機上完成。這一類設備通常叫做軋鋼機組。它常用於軋製鋼管。

主要機列上的機械及其他輔助機器的構造可能有很多式樣，並視軋鋼機用途，亦即軋製產品種類（鋼坯、條形鋼材、鋼板、鋼管），與所要求的生產率而定。例如，專為軋製鋼軌或鋼樑之軋鋼機構造與軋

鋼板的軋鋼機，很少有相同之處。在我們的工廠中，在斯大林五年計劃年代裏，大量裝配起來的近代化的、高生產率的、機械化的軋鋼機，其構造與舊式軋鋼機大不相同。近代軋鋼機的特點，是它裝設了一些輔助機器，靠這些輔助機器的幫助，達到人工操作的完全機械化。

爲了獲得關於現有型式軋鋼機的一般概念，我們先了解一下它們的分類。

可以根據下列的特徵來進行軋鋼機的分類：

(1)按用途；(2)按構造；(3)按主要部分的相互佈置等。

## 2. 軋鋼機按用途分類

我們先研究最簡單的第一種分類法，在這種分類法中軋鋼機按所軋製的斷面形狀來分類。

按照這種分類法，軋鋼機可分成很多不同的式樣，其中主要的如表1所示。由於軋鋼機的尺寸大半是由在它們上所軋製的斷面尺寸而定，許多軋鋼機的按用途分類，同樣也就是按軋鋼機的尺寸分類。

同時必須指出，決定軋製條形鋼材的軋鋼機尺寸主要數字是軋軛的直徑，而軋製平板鋼材的軋鋼機尺寸主要數字是軋軛工作部分（軛身）的長度，從這尺寸就可以決定這軋鋼機上所能軋製的鋼板寬度。例如，如果說“500 條形鋼材軋機”或“1500 鋼板軋機”，那意思就是第一種情形的軋鋼機有直徑約 500 公厘的軋軛，而第二種情形有軛身長 1500 公厘的軋軛。鋼管軋機的尺寸通常用所軋鋼管的外徑來表明。以後我們將要沿用這些名詞。

然而，軋鋼機的用途與軋軛的尺寸並不常決定它們的構造。依照所要求的軋鋼機生產率，雖然是爲軋製同一種鋼材的軋鋼機，但它的構造在各方面可能不同。

軋鋼機按用途分類表

(表1)

| 軋鋼機名稱     | 軋輥尺寸, 公厘      | 軋鋼機用途                                                                                     |
|-----------|---------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|
| 開坯機, 其中有: | 直徑 700—1400   | 將鋼錠軋成大的鋼坯                                                                                 |
| a) 初軋機    | 直徑 800—1400   | 將鋼錠軋成大鋼坯                                                                                  |
| б) 扁鋼坯軋機  | 直徑 1100       | 將鋼錠軋成大而平的鋼坯, 叫扁鋼坯                                                                         |
| 鋼坯軋機      | 直徑 450—750    | 將大鋼坯軋成斷面自 $40 \times 40$ 至 $150 \times 150$ 公厘的鋼坯                                         |
| 鋼軌鋼樑軋機    | 直徑 750—900    | 軋製寬軌鋼軌, 與高度自 240 至 600 公厘及以上的大鋼樑                                                          |
| 大型軋鋼機     | 直徑 500—750    | 軋製大型鋼材: 自 80 至 150 公厘的方鋼與圓鋼, 高度自 120 至 240 公厘的工型鋼與槽鋼等                                     |
| 中型軋鋼機     | 直徑 350—500    | 軋製中型鋼材: 自 38 至 80 公厘的方鋼與圓鋼, 高度至 120 公厘的工型鋼與槽鋼, 自 $50 \times 50$ 至 $100 \times 100$ 公厘的角鋼等 |
| 小型軋鋼機     | 直徑 250—350    | 軋製小型鋼材: 自 8 至 38 公厘的方鋼與圓鋼, 自 $20 \times 20$ 至 $50 \times 50$ 公厘的角鋼等                       |
| 線材軋機      | 直徑 250—300    | 軋製直徑自 5 至 9 公厘的線材                                                                         |
| 厚鋼板與中鋼板軋機 | 輥身長 2000—5000 | 軋製厚度 4 公厘以上的厚鋼板                                                                           |
| 廣幅帶鋼軋機    | 輥身長 500—2500  | 軋製寬度自 400 至 2300 公厘的廣幅帶鋼                                                                  |
| 薄鋼板軋機     | 輥身長 800—2000  | 熱軋厚度自 0.2 至 4 公厘的薄鋼板                                                                      |
| 冷軋軋鋼機     | 輥身長 300—2800  | 冷軋厚度自 0.008 至 4 公厘的薄鋼板與帶鋼                                                                 |
| 鋼管軋機      | ——            | 軋製鋼管                                                                                      |
| 輪箍與車輪軋機   | ——            | 軋製輪箍與鐵路車輪                                                                                 |
| 特殊用途軋鋼機   | ——            | 軋製各種特殊產品                                                                                  |

### 3. 軋鋼機主要機列的基本部分

軋鋼機的主要機列 (главная линия), 通常由三個基本部分組成:

1. 工作機座 (рабочая клеть), 其中裝有軋輥及其軸承, 且在許多情形下, 依照軋鋼機的式樣, 主要機列中裝設幾個工作機座, 機座的數目時常達到五個, 有時甚至九個;
2. 原動機 (двигатель), 帶動軋輥轉動;
3. 傳動機械 (передаточные механизмы), 用於將轉動自電動機傳送到軋輥。

軋鋼機的工作機座也由許多部分組成，這些部分的特性多半是各種軋鋼機所共同具有的。

爲了得到關於工作機座及其主要機件構造的初步概念，我們來研究工作機座最典型的構造——三輥式條形鋼材軋機（圖 1）。工作機座的主要機件與機械是：1——軋輥，軋件在其間進行壓縮；2——軸承，軋輥輥頸在其中轉動；3——軋輥校正（或壓下）機械，用以改變軋輥間的距離；4——導衛裝置，用以保持軋件進出軋輥時之方向；5——兩個框形直立機架，其窗口中裝置着軋輥的軸承；6——軌座，是兩個長條狀的支持板，緊緊地安裝在地基上，並將工作機座之機架固定於其上。

在任何一種構造方式中的這些部分，除去導衛裝置和軌座以外，幾乎對於任何一種軋鋼機的工作機座都是必需的，在某些特殊情形下，不用導衛裝置及軌座。例如，在大的開坯機（初軋機與扁鋼坯軋機）上導衛裝置通常是不用的。

以後我們還要更詳細地研究工作機座機件與機械的構造，而現在我們來了解軋鋼機主要機列的其他設備。

近代軋鋼機的原動機都由電動機作成。十九世紀軋鋼機的傳動裝置都用蒸汽機、水輪機及內燃機（用煤氣的與用石油的）。然而這些原動機，從 1898 年起，當軋鋼機初次用電動機時，就開始被更近代化的原動機所排除。

不用電動機的軋鋼機傳動裝置，主要是在四十年以前建造的舊式軋鋼機上碰到，現在已經很少。

所有新式的軋鋼機，特別是十月社會主義革命以後建造的軋鋼機，祇有用電動機的，而電動機與其他各種原動機比較起來，在運用上最經濟與最方便。

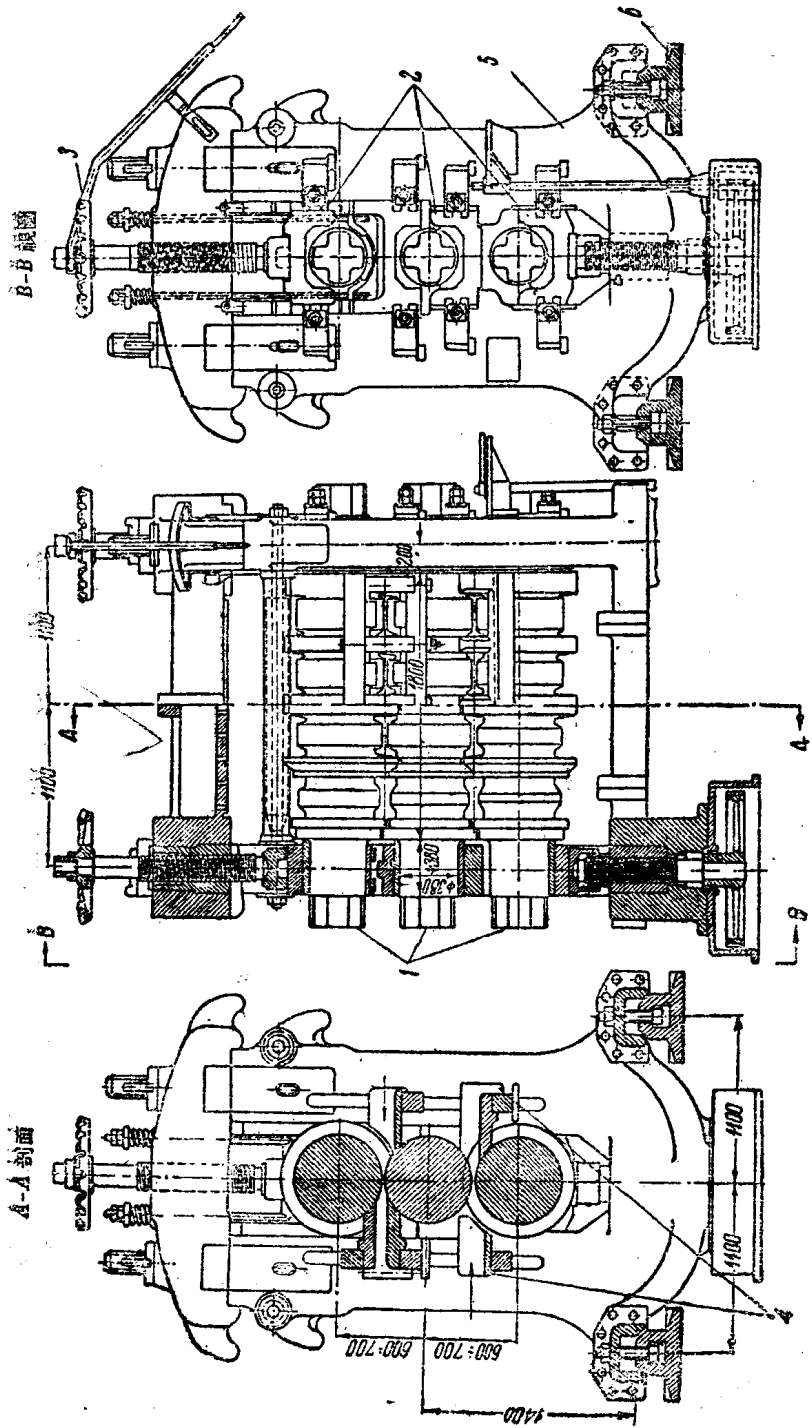


圖1. 三軋式條形鋼材軋機工作機座

電動機按軋鋼機的形式與它們的作業方式，而用交流電或直流電。

在那些情形下，當軋製速度不須要調節時，照例都用交流電動機：工作中沒有飛輪時用同步的，而工作中有飛輪或電動機的能力不大時用非同步的。直流電動機祇在軋製速度必須調節時才裝設。

帶動軋鋼機的電動機能力，按軋鋼機的用途與生產率而定。軋鋼機大半用能力自 200 至 2000 馬力的電動機帶動，但在某些軋鋼機中，如大的初軋機、扁鋼坯軋機與厚鋼板軋機，電動機的能力達到 7000—10000 馬力。

軋鋼機主要機列傳動機械視軋鋼機型式及其作業方式而定。許多軋鋼機中傳動機械是由齒輪座、減速器、連接器與接軸所組成。有時在傳動機械系統中還裝設飛輪。

三軋式開坯機，可以作為幾乎有全部傳動機械基本部分的、最典型的軋鋼機，其簡圖如圖 2 所示。按照這個簡圖，組成軋鋼機傳動機械的

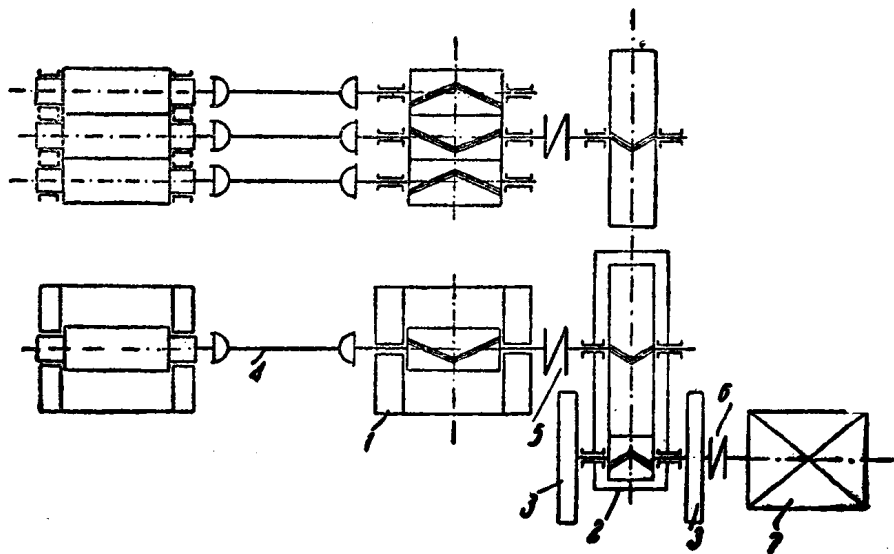


圖 2. 軋鋼機主要機列簡圖

各基本部分,分述如下:

1——齒輪座(шестеренная клеть)(見圖 2),其用途爲傳送轉動給三個軋輥;齒輪座按照軋輥數目,一般是由兩個或三個直徑相等的齒輪組成的齒輪傳動裝置,這些齒輪上下成一排地裝置在密閉箱內(圖 3);

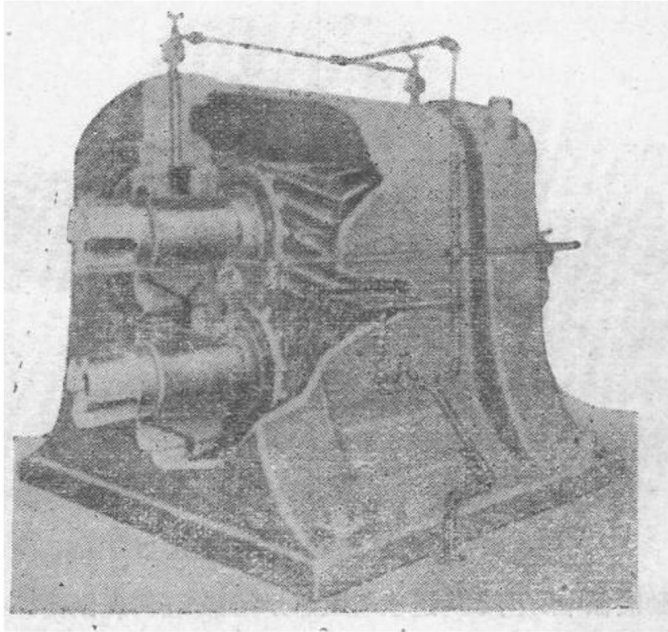


圖 3. 齒 輪 座

2——減速器(редуктор)(見圖 2),在中小軋製速度下,使電動機與飛輪的轉速可能提高,並同時減低電動機與飛輪的造價;減速器大半由兩個柱齒輪組成,裝設在密閉箱內(圖 4);以前曾用繩輪代替齒輪減速器,在某些情形下也曾用皮帶傳動;而在近代的裝置中,這些傳動裝置已經不用,因爲它們與齒輪減速器相較,在車間中佔更多的地位,並且更不經濟;3——飛輪(маховик)(一個或兩個),裝設在減速器小齒輪軸上,並用作軋件通過軋輥時與空轉時均衡軋鋼機傳動裝置負荷的蓄能器;



4——接軸(шпиндель),自齒輪座的齒輪傳送轉動到軋輥; 5——主連接器(коренная муфта),將轉動傳至齒輪座的主動齒輪; 6——電動機連接器(моторная муфта),連接電動機 7 與傳動機械的主軸,這情形中就是與減速器的主動齒輪軸連接。

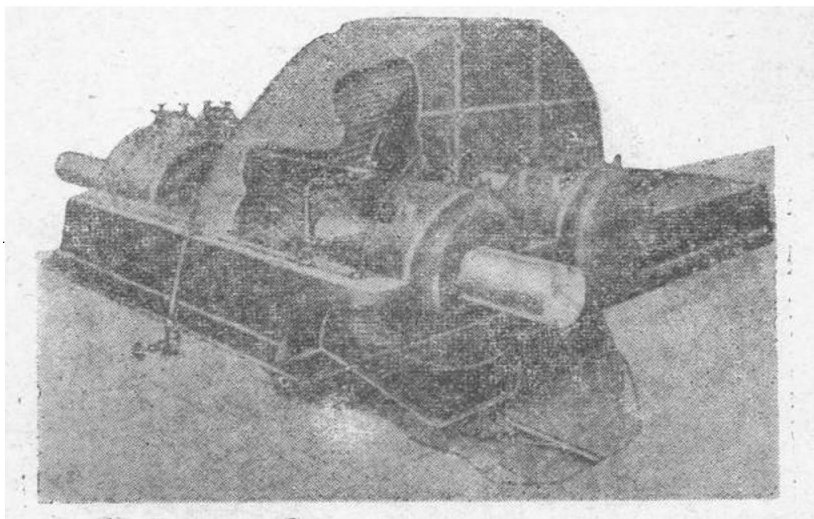


圖 4. 軋鋼機用齒輪減速器

傳動機械中所列舉的這些組成部分,並非任何軋鋼機都必需的,按照軋鋼機的型式,可以略去傳動機械的某些中間環節。例如,在可逆式軋鋼機,以及其它許多軋件在軋輥中經過時間很長的軋鋼機上,飛輪就不必要,在這些情形下就不用飛輪。其次,在高速度的軋鋼機中,而大半也在可逆式軋鋼機中,如以下將更詳細敘述的,減速器就成為多餘,而連接器之一也和減速器一起略去。在僅有一個軋輥傳動或每個軋輥由單獨電動機傳動的情形下,就不用齒輪座。此時傳動機械就簡化,並且在有單獨傳動裝置的可逆式軋鋼機中,傳動機械僅由一個接軸與連接器組成。類似的軋鋼機可由圖 5 看到,其中所示是南芝加哥工廠 1370