

281880

康都工学院图书馆
基本馆藏

中等专业学校教学用书

有色冶金炉

下 册

A·Я·米海連科 B·B·克拉普欣 著



中国工业出版社

783
033

А. Я. Михайленко В. В. Крапухин
Печи Цветной Металлургии
Металлургиздат
Москва—1954

有色冶金爐

(下冊)

叶銘緯 朱汝恩譯 陸鍾武校

(根據冶金工業出版社俄型重印)

中國工業出版社出版(北京遼寧路10號)
(北京市書刊出版業營業許可證出字第110號)

北京市印刷一厂印刷

新华書店科技發行所發行·各地新华書店經售

開本 $850 \times 1168 \frac{1}{32}$ · 印張 $6\frac{3}{8}$ · 字數 149,000

1957年6月北京第一版

1961年6月北京新一版·1961年6月北京第一次印刷

印數 0001—1030 · 定價 (10) 1.00 元

統一書號: 15165·134(冶金—51)

中等專業學校教學用書



有色冶金爐

(下 冊)

A. Я. 米海連科 B. B. 克拉普欣著

叶銘緯 朱汝恩譯 陸鍾武校

中國工業出版社

下 冊 目 录

第四篇 爐子的構造

第十五章 爐中燃燒燃料的設備.....5	
§ 65. 塊狀固体燃料的燃燒及燃燒室（火箱）的計算.....5	
§ 66. 粉狀燃料的燃燒.....13	
§ 67. 液体燃料的燃燒.....22	
§ 68. 气体燃料的燃燒.....25	
第十六章 冶金爐的構件.....29	
§ 69. 爐基及爐牆.....29	
§ 70. 爐頂.....33	
§ 71. 熔煉爐爐底及爐池的構造.....36	
§ 72. 加熱爐爐底的構造.....40	
§ 73. 爐子的構架.....42	
§ 74. 工作門及排出口.....45	
§ 75. 烟道.....47	

第五篇 爐子的电气加熱

第十七章 电阻爐中的加熱.....49	
§ 76. 电流直接加熱.....49	
§ 77. 电阻爐中的間接加熱.....50	
§ 78. 金屬电热体.....51	
§ 79. 非金屬电热体.....59	
§ 80. 电阻爐的供电电路及功率的調節.....61	
§ 81. 电热体尺寸的計算.....67	
第十八章 感应电爐中的加熱.....76	
§ 82. 鉄心电爐中的感应加熱.....76	
§ 83. 鉄心感应电爐爐子感应器的構造.....80	

§ 84. 鉄心感应电爐的供电綫路	85
§ 85. 無鉄心电爐的感应加热	86
§ 86. 無鉄心电爐的構造	90
§ 87. 無鉄心电爐的电气設備	92
第十九章 电弧爐中的加热	98
§ 88. 直流电及交流电的电弧	98
§ 89. 电弧爐电极的材料及構造	100
§ 90. 电弧爐的供电电路圖	108
§ 91. 电弧爐电工作制度的选择	110

第六篇 有色冶金工厂爐子的基本类型

第二十章 有色重金屬冶金用爐	115
§ 92. 焙燒爐	115
§ 93. 煉銅鼓風爐	121
§ 94. 煉鉛鼓風爐	129
§ 95. 鼓風爐的計算資料和技术經濟指标	134
§ 96. 將銅矿或精矿熔煉成水銅的反射爐	137
§ 97. 銅精矿熔煉反射爐的計算資料和技术經濟指标	141
§ 98. 用於矿石热过程的电爐	144
§ 99. 銅精煉爐	145
§ 100. 由低氧化物中还原鎳用的电弧爐	150
第二十一章 輕金屬冶金用爐	152
§ 101. 燒結鋁矿用的管狀迴轉爐	152
§ 102. 煅燒氫氧化鋁用的管狀迴轉爐	155
§ 103. 干燥鉄礬土用的管狀迴轉爐	156
§ 104. 管狀迴轉爐的計算原理	157
§ 105. 將氧化鎂氯化用的豎爐	159
第二十二章 有色金屬加工用爐	162
§ 106. 压延用連續爐	163
§ 107. 热处理用爐	164

§ 108.	加熱爐的計算方法	170
第二十三章	硬質合金工業和稀有金屬冶金用爐	173
§ 109.	还原金屬用的低溫馬弗電爐	173
§ 110.	燒結用高溫馬弗電爐	175
§ 111.	石墨管狀爐和炭管爐	177
§ 112.	連續操作的馬弗爐的計算方法	180
§ 113.	用以熔接金屬粉末壓結小塊的設備	181
第二十四章	合金製造和鑄造用爐	183
§ 114.	坩鍋爐和缸形爐	184
§ 115.	鐵心感應電爐	186
§ 116.	無鐵心感應電爐	195
§ 117.	熔煉輕金屬用的電阻盆式形爐	196
§ 118.	鼓狀電弧爐	199
附錄 17.	金屬電熱體的特征	203
參考文獻		204

第四篇 爐子的構件

第十五章 爐中燃燒燃料的設備

§ 65. 塊狀固体燃料的燃燒及燃燒室 (火箱) 的計算

目前，把塊狀固体燃料用来加热冶金爐的情况是比較少的。燃燒塊狀固体燃料的困难大於燃燒液体或气体燃料，例如：在爐膛中溫度不易均勻，燃燒室的管理（燃料的供給，撥火，清灰）比較复杂，燃燒室比噴嘴及燒嘴更为笨重。

在現代技术發展的情况下，許多作为能量来源的固体燃料都預先經過化学加工，这样在經濟上比較有利。

如果由經濟观点出發，認為採用其他形态的燃料不够合理时，則塊狀固体燃料仍可用於生产力較小的爐子。

固体燃料最簡單的燃燒設備是水平爐柵的燃燒室（圖77），其中有一些金屬棒（爐條）相隔一定距离成水平状态安放。爐條把燃燒室分为兩部分：上部为燃燒室，下部为灰坑。燃料加在爐條上；燃料燃燒所需的一部分空气由灰坑下部引入，然后透过爐條上面的燃料層；另一部分則引到燃燒室或爐膛中去。

現在我們研究一下燃料在爐柵上燃燒时的一些現象。

設在熾热的燃料層上又加入

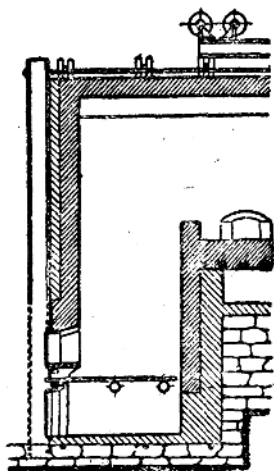


圖 77 水平爐柵的燃燒室

了一些燃料，新加的燃料便受到下層燃料的加熱和燃燒室牆壁輻射熱的加熱。加熱的結果，首先是燃料中的水份蒸發，然後進行干餾。這樣就生成了煤氣、蒸氣（揮發物的）及固體殘余物——焦炭，同時還有爐灰。揮發物的數量和成份與燃料的種類及干餾的溫度有關。在低溫下揮發物中的甲烷和重碳氫化合物較多，當溫度較高時則一氧化碳和氫較多。

分離出來的揮發物經快速加熱後會使碳氫化合物部分分裂，形成碳粒子和氫；我們都知道，碳粒子的存在就是發煙火焰生成的原因。

一部分爐灰穿過爐柵落下，一部分則留在爐柵上；在清掃燃燒室時才把爐灰掏出。在灰坑中同時還會落下一小部分未燃燒過的炭及焦炭；少量的爐灰隨廢氣一起被帶到爐膛里去。

燃料在爐柵上燃燒的過程可以想像分為下面幾個階段：1) 燃料的預熱及干燥；2) 干餾及焦化；3) 揮發物的燃燒；4) 焦炭的燃燒。但是不能把這些階段嚴格地排成次序，因為在燃燒室中與在煤氣發生爐中不同，他們在極大程度上是互相交錯著的。

通常在完全燃燒的燃燒室中全部空氣都由爐條下面供給。在某些情況下不希望燃燒過程在燃燒室中完成，而希望在爐膛中完成。這時燃料氣化所需的一部分空氣（一次空氣）由燃料層下面供給，而另一部分空氣（二次空氣）則引入爐膛中。

燒煤的燃燒室

用以燒煤的燃燒室有：1) 水平爐柵燃燒室；2) 階梯式爐柵燃燒室；3) 機械化燃燒室。

水平爐柵燃燒室的構造非常簡單。爐柵的用途是構成一個支持燃料層的表面，並保證一次空氣均勻地進入燃燒層。爐柵的抗撓強度須在其全部長度上都是相同的。同時其冷卻表面必須很大，與高溫燃料的接觸表面必須很小。

爐柵上全部孔隙的面積合起來叫做有效截面，它的大小通常

用全部爐柵面積的分數或百分數表示。

梯形斷面的生鐵爐柵應用很廣，安裝時梯形較窄的一邊向下。爐柵中心部分高於兩端。

目前大多數燃燒室用人工鼓風。用人工鼓風時，不管用的是那種燃料，都可以應用阻力較大的爐柵，這就使得爐柵斷面上各處的風量比較均勻和達到較高的生產力。

貧煤和無煙煤的特点是揮發物含量少及發熱量高。因此在爐柵上形成強烈集中的高熱；爐柵很快燒毀，爐灰熔化並燒結成大塊，將此燒結塊從燃燒室中清除去是非常困難的。這種現象在燒無煙煤時特別明顯。

為降低靠近爐柵處的溫度，可應用集中鼓風的方法，這方法的特点是爐柵的有效截面很小而風速很高；這樣溫度最高的區域就能遠離爐柵。

為進行集中鼓風起見，需要用圓形或橢圓形孔隙的特殊板狀爐條。圖 78 所示即為圓孔的基爾什 (К.В.Кирш) 板狀爐條。

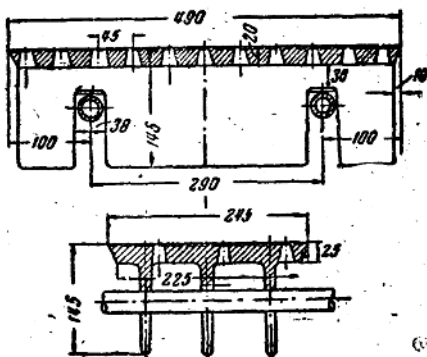


圖 78 帶圓孔的 К.В.基爾什式板狀爐條

圖 79 表示了燃料層中的溫度分佈情況，在燃料層表面以下一些的地方溫度最高。這問題的解釋是：在燃料層表面上投有新加入的燃料，且燃料層表面還向燃燒室牆壁及其拱頂傳出熱量。燃料層中的最高溫度是位於錐形空氣流的交叉面上。在此平面以下

空气可能过剩（圆锥体内部），也可能不足（圆锥体之间）；不论前者或后者都阻碍了这些地区高温的发展。

板状炉条的有效截面小于 15%；所以几乎没有因漏煤而引起的机械损失。在炉栅下的风压要求为 100 毫米水柱左右。

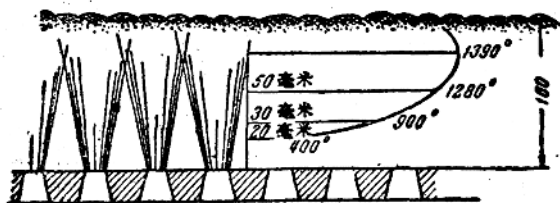


圖 79 燃料層中溫度分佈圖

圖 80 所示为全苏热工局设计的摇动式水平炉栅。全部炉栅分成相等的四组。每一组的炉条 1 都用平衡杆 2 铰接在一起。而平衡杆本身的一端利用板条 3 成对地互相铰接，而另一端则与跨在轴 5 上的连杆 4 铰接。轴借连杆左右转动就可以带动炉条。炉条转动时把熔融或结块的渣层耙松，这样空气就容易通过燃料层了。

水平炉栅的主要缺点：1) 因为小块的燃料会从炉条格子中漏下去，所以用小块燃料有困难；2) 在装燃料时燃烧室冷却得很厉害；3) 风量很难调节，因为燃料层的厚度在不断地改变。上述最后的一个缺点在燃烧湿青煤及半湿青煤时特别显著。

这些缺点在阶梯式炉栅的燃烧室（圖 81）中可部分地免除。阶梯式炉栅的炉条 1 是一定长度的平板，它的末端架在梁 2 上面；这样就好像做成一个阶梯，其阶级即为炉条。燃料由料斗 3 进入并接休止角分佈在炉条上面。炉栅倾斜角度一般是 35—45°。阶梯式炉栅的末段可能有一小块水平炉栅 4（如图 81），或者没有这块水平炉条。

阶梯式炉栅的燃烧室，目前主要应用于燃烧褐煤，以及含灰量高的燃料。

上述燃烧室构造的缺点，是人工送燃料至炉栅上是周期性的，

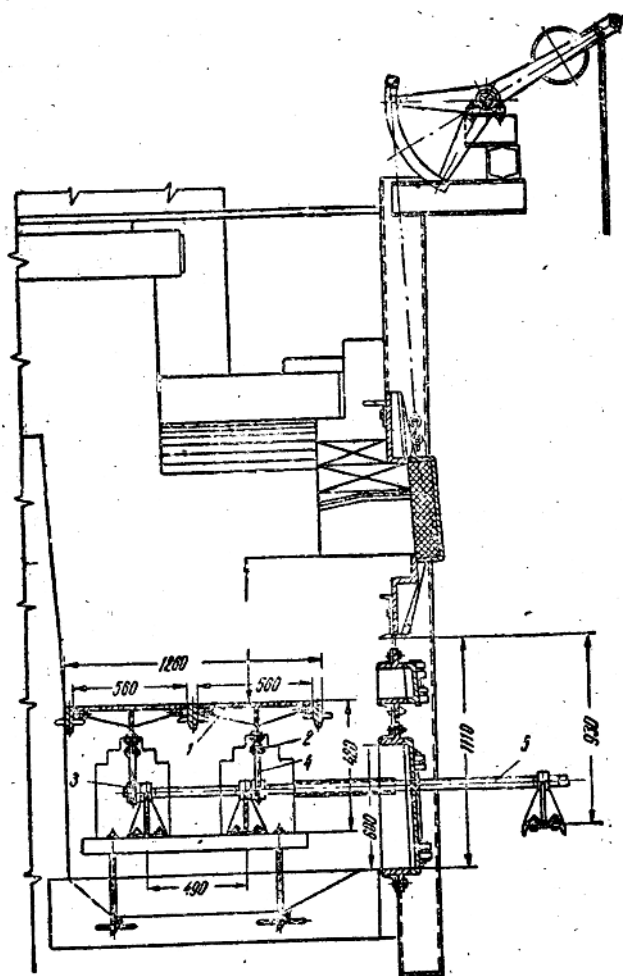


圖 80 全苏热工設計局搖動式爐條的水平燃燒室

因此燃料層的厚度有变化，同时燃燒过程进行得不均匀。此缺点可在机械化燃燒室中消除。

机械化燃燒室，这种燃燒室在鍋爐工程中应用得極其广泛，但是它在冶金工業中不应用，因为它對於小型燃燒室並不合算。

对冶金爐來說，最有前途的机械化燃燒室是上部加料的燃燒室。圖 82 所示即为此种燃燒室。燃料乃用給料器送入，給料器轉軸上的叶片把燃料撒在燃料層的表面上，軸的轉數是变化的，这样可調節各种燃料塊的散佈距离，因而保證燃料在燃燒室中均匀地分佈。給料器与散佈器的構件都裝在水冷保护裝置里面。

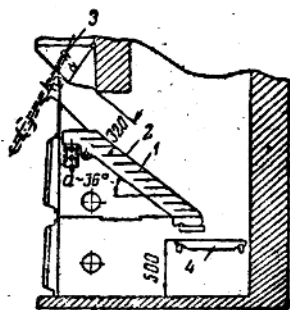


圖 81 階梯式爐槽的燃燒室

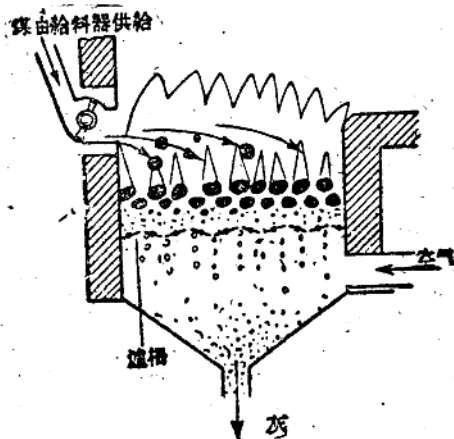


圖 82 上部加煤及搖動式爐條的機械化燃燒室圖

半煤气化燃燒室

半煤气化燃燒室處於煤气發生爐与普通燃燒室的中間地位。

爐柵上燃料層厚度逐漸增加以後，由於燃料的不完全燃燒，燃燒產物中將會出現一些一氧化碳。爐柵上燃料層愈厚，一氧化碳愈多。

這樣，燃料部分地燃燒，部分地轉化為發生爐煤气。這氣體與燃燒產物的混合物叫做半發生爐煤气或半煤气。

在爐條下通常進入的空氣量為燃燒所需全部的 50—60%；其餘的 50—40% 則作為二次空氣送入。半煤气在爐膛中燃燒，這樣就可以把最高的溫度從燃燒室移到爐子裏面去。

半煤气化燃燒室通常用階梯式的爐柵或用水平爐柵，階梯式爐柵的傾斜角較燃料休止角略小一些。

在半煤气化燃燒室中可以順利地燃燒大多數類型的固體燃料——木柴，泥煤，褐煤及煙煤。

固體燃料燃燒室的計算

燃燒室的計算是以爐柵的重量強度或熱強度來進行的。

爐柵重量強度是指每小時每 1 米² 爐柵面積上燃料消耗的公斤數；爐柵熱強度指的也是這個數值，不過不用公斤而用仟卡表示。

計算燃燒室可用下列公式

$$B = \frac{D}{K},$$

式中 B ——爐柵面積，米²；

D ——按爐子熱平衡決定的每小時燃料消耗量，公斤；

K ——爐柵強度，公斤/米²·小時。

根據實際資料可以採取表 17 所列之爐柵強度標準。

知道了爐柵面積就容易決定爐柵的寬度及長度。長度是指垂直於燃燒室隔牆的方向；寬度是指平行於此平面的方向。

表 17

在燃燒各種燃料時的爐柵溫度，公斤/米²·小時

燃 料 種 類	無強制鼓風的燃燒室	鼓風的 燃 燒 室
泥煤塊.....	150	300
褐煤.....	150	250—350
烟煤.....	50—80	150—200
無烟煤.....	—	200

水平爐柵的長度乘上寬度就是面積；傾斜爐柵的面積應按其水平投影計算，即按長度的水平投影及實際寬度來計算。階梯式爐柵的面積應按其垂直投影計算，即按長度的垂直投影和實際寬度計算。綜合的爐柵面積則為其階梯部分與水平部分之和。

爐柵長度往往不超過 2 米。燒燃室的寬度決定於爐子寬度；在一個爐門的情況下寬度不容許超過 1 米；當寬度較大時須相應地增加爐門數。

爐柵上燃料層的高度與所燒的燃料種類有關。表 18 中所示為各種燃料料層在燃燒室設計時所必須依據的實際高度。

表 18

不同燃料的燃料層高度

燃 料 種 類	料 層 高 度， 米	
	簡單 燃 燒 室	半煤氣化燃燒室
劈柴塊.....	0.5—1.4	3.0
木片.....	0.3	0.7
泥煤塊 ($w^P=35\%$)	0.4	1.0
同上 ($w^P=25\%$)	0.2	0.5
普通烟煤.....	0.2	0.4
大塊烟煤 (胡桃狀，拳狀)	0.25	0.45
褐煤 (胡桃狀，拳狀)	0.30	0.6
碎煤.....	0.1	—

燃燒室空間的容積和高度也是一樣，乃按構造上的見解決

定。通常在爐柵下的鼓風壓力有 70—100 毫米水柱就完全足够了。

§ 66. 粉狀燃料的燃燒

固体燃料磨碎后即获得粉狀燃料。

粉狀燃料与空气一起由燒嘴噴入爐子燃燒室中或爐膛內，其燃燒情况与液体或气体燃料相似。煙煤及褐煤都可做成煤粉进行燃燒。

粉狀燃料与固体燃料对照下的最主要的优点有：

- 1) 粉煤能在过剩空气最小的情况下很快的燃燒，这就能保證在燃燒室中获得高溫並能提高燃料的利用；
- 2) 火焰的黑度高 ($\epsilon_r \approx 0.6$)；
- 3) 爐內溫度容易調節；
- 4) 工作方便及燃燒室設備簡單。

然而粉狀燃料具有下列缺点。煤粉是在浮悬状态下燃燒的，因此灰分就部分地沉降於爐內被加工的材料上並把它弄髒了。此外由於灰的化学作用降低了爐子耐火材料的堅固性；例如，阻碍平爐上应用粉狀燃料的主要原因之一是蓄热室堵塞得很快及爐襯堅固性降低。粉煤經常有自燃的危險，因此为了避免爆炸及失火，必須隨存隨用。

早在 1865 年，俄罗斯偉大的科学家、气体渦輪創造者 П.Д. 庫茲明斯基 (П.Д. Кузьминский) 首先建議在發電动力方面採用粉煤。

粉狀燃料在有色金屬冶金中，特別在煉銅反射爐上，应用得很广。

粉狀燃料的制造

制造粉煤的設備有只供給一个热工設備用的單獨裝置，有供給全車間用的中心裝置。在冶金工厂的實踐上，目前中心裝置比較广泛，因为它所供給的粉煤的粒度和溫度比較均一，同时全部

生产过程可以比较完全的机械化起来。

制造粉煤的时候，把煤破碎、干燥，然后磨细。块煤之所以要破碎，是为了均匀地向磨机供给原料，进行磨细。

在现代的装置里，煤的干燥和磨细是在同一个设备中进行的，主要是在球磨机中。鼓形球磨机是直径为2到3米，长为3到5米的柱形圆鼓。鼓的一部分为圆球所充满，（佔球磨机容积之20—30%），圆鼓由马达带动，转速为18—25转/分钟；在这种情况下，圆球被带至某一高度后即落下，把块煤打碎。圆球材料通常为抗磨性很好的锰钢。球磨机所需要圆球的数目与被破碎的燃料及鼓的构造有关。

圖 83 所示即为球磨机。鼓上安置着一个大齿轮。用马达通过减速器带动小齿轮，然后带动大齿轮旋转。鼓的转速是20转/分钟，同时它就带动了其内部的圆球。煤由鼓的一端加入，而粉煤由另一端出来，再送往分离器把磨得不够细的颗粒分离开，这不够细的颗粒再返回到球磨机中去。

由于球磨机不仅把煤碾碎同时也要把煤干燥，所以要把加热到 250° 的空气通入鼓内；球磨机的轴承用水冷却，鼓外面包以绝热体。绝热体同时可以作为隔音体，因为圆球落下的噪音会妨碍工作人员的工作。圆鼓外部的软木板厚度为10—12毫米，最外面还盖一层毛毡，厚度为70毫米；这就能绝热同时隔音。

碾碎了的煤被空气气流由球磨机带出。空气由球磨机出来的出口速度为1—2米/秒，其流量是每生产1公斤粉煤2—3.5公斤；在球磨机中损失於阻力上的压头变动於100至200毫米水柱之间。球磨机的单位能量消耗量与燃料种类及粉煤的细度有关，它变动於10至25千瓦-小时/吨之间。

吹入鼓中的空气把煤粉及1毫米大小的碎煤带出并送到分离器中去。圖 84 所示为分离器，它由一个套在另一个里面的两个圆锥形的筒所组成。气粉煤（空气与粉煤的混合物）在球磨机与分离器联接导管中的速度是15—20米/秒。气粉煤由管道走向分离器外层的圆锥形筒中，在这里速度降低到4—6米/秒，粗粒的

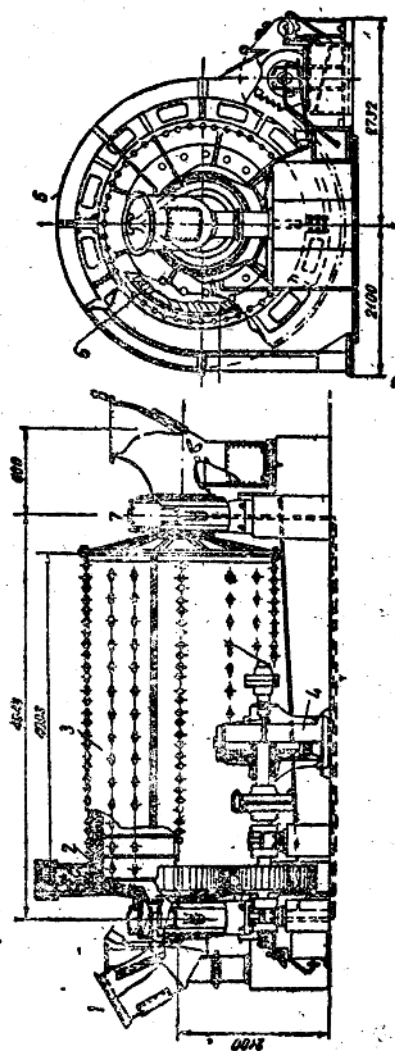


图 83 球磨机

1—煤的入口；2—研磨层；3—外壳；4—减速机；5—研磨体；6—轴承；7—轴承；8—出料出口