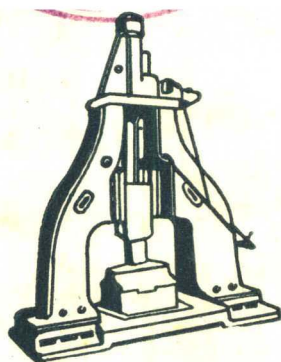


鍛工革新者叢書

金屬在火焰爐中的 加 熱

艾弗羅斯著



機械工業出版社

苏联 М. М. Эфрос 著 'Нагрев металла в пламенных ве-
чах' (ЛДНТП и ЛОНИТОМАШ 1954 年第一版)

* * *

著者: 艾弗罗斯 译者: 崔 益

NO. 1434

1957 年 8 月第一版 1957 年 8 月第一版第一次印刷

787×1092 1/32 字数 25 千字 印张 1 1/8 0,001—2,000 册

机械工业出版社(北京东交民巷 27 号)出版

机械工业出版社印刷厂印刷 新华书店发行

北京市书刊出版业营业
许可证出字第 008 号

统一书号 T15033·631

定价 (9) 0.15 元

出版者的話

这套叢書是苏联列宁格勒科学技术推广所和机械制造科学普及协会列宁格勒分会編輯出版的。它循序漸進地敘述了鍛壓生產的理論基礎、工藝和組織問題，並介紹了這方面的新成就。為了幫助我國熟練鍛工和在鍛工車間從事工作的工長、初級技術人員充實和提高同自己工作有關的知識，我們決定把它翻譯出版。

这套叢書包括十九本小冊子：1. [鍛壓生產的發展]；2. [鍛工的一般知識]；3-4. [金屬壓力加工的理論基礎]；5. [金屬在火焰爐中的加熱]；6. [金屬在電加熱設備中的加熱]；7. [錘下自由鍛]；8. [水压机自由鍛]；9. [曲軸壓床鍛造]；10. [自由鍛的勞動組織和工作地組織。鍛造工序的機械化]；11. [錘上模鍛]；12. [平鍛机上模鍛]；13. [壓床模鍛]；14. [在專用機器上的模壓工作]；15. [模鍛工的勞動組織和工作地組織。模鍛工序的機械化]；16. [鍛模的使用和鍛模業務]；17. [鍛件的質量檢查和預防廢品]；18. [鍛工車間的經濟計劃]；19. [鍛壓生產的安全技術和勞動保護]。

本書是这套叢書的第五分冊，敘述金屬在加熱爐中的加熱方法、加熱爐的構造和使用方面的新成就。

目 次

序言	3
1 火焰爐工作略圖	3
2 金屬的火焰加熱法	5
3 燃料燃燒的方法	14
4 加熱爐	21
5 加熱爐廢氣熱量的利用	32
6 加熱爐的絕熱	34
7 關於提高加熱爐工作效率的問題	35
8 車間爐子設備的工作組織	36
9 加熱爐的自動化	37

序 言

更有效地利用現有的、在科学技术最新成就的基础上建立起来的金屬加热設備，可繼續提高自由鍛造和模鍛的劳动生产率。

在現厂中我們还可以看到这样的鍛工加热爐，它們不能以足够的加热金屬供应压床及鍛錘，因而限制了鍛压設備的工作。

有时只須采用較完善的加热方法或者对爐子的構造和使用情况加以改进，便足以提高产品的質量和数量，而不須要建造新的加热設備。

为了帮助先进的鍛工，本小冊子將扼要地介紹一下在金屬加热、爐子構造及使用方面的最新成就。

1 火焰爐工作略圖

火焰爐与在爐中所發生的过程以圖解方式表示在圖1中。

在燃燒室部分燃燒的爐气上升，在进入爐膛前与二次風混合，繼續燃燒。只在燃燒室中进行半煤气过程时，才加第二次風[●]。

固体燃料燃燒室的生产能力，用大卡表示，按爐竈的尺寸及其强度，即每小时每平方公尺爐竈燃燒的燃料数量（公斤/公尺²·小时）計算。

噴咀的生产能力用每小时燃燒的液体数量表示（公斤/小时），

● 所謂燃燒过程，就是在燃燒时，向爐竈下面通入数量不够完全燃燒的一次風，因此从燃燒室出来的爐气含有燃燒成分：一氧化碳（CO）和氫（H₂）。

气体烧咀的生产能力用每小时燃烧的气体数量表示（公尺³/小时）。

燃烧室的容积强度就是每小时每立方公尺燃烧室容积中燃料燃烧所产生的大卡数量（大卡/公尺³·小时）。

在爐膛中，燃烧生成气把热量傳給被加热的金屬，以及爐牆、爐拱和爐底，該热量用每小时每平方公尺大卡的数量表示。爐子溫度（煤气）与加热表面的溫度差愈大，傳給每平方公尺表面的热量就愈多。

根据爐子內的压力情况，可以是正压或者負压，即爐內的压力高于或是低于大气压，爐气可能从工作室噴出，或者相反，冷

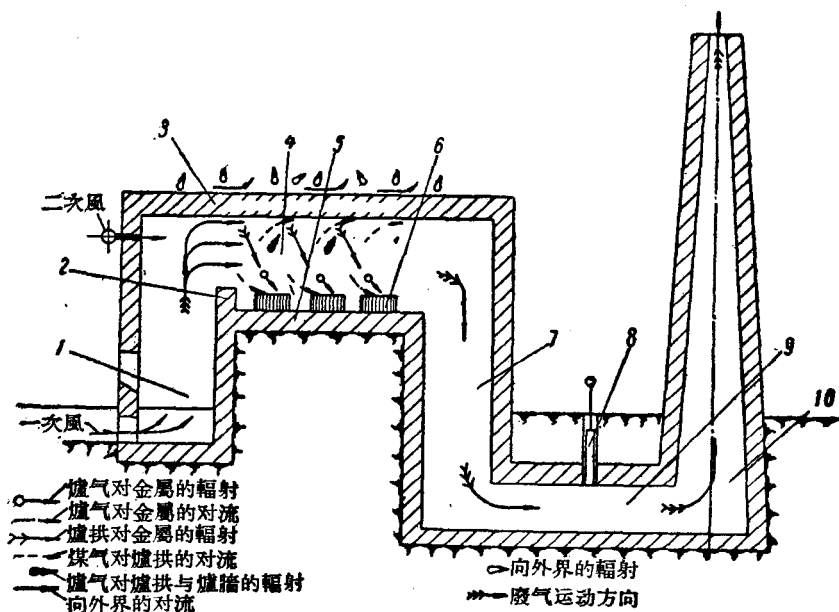


圖 1 爐子裝置工作略圖：

1—燃燒室；2—火牆；3—爐拱；4—爐膛；5—爐底；6—加热的毛坯；
7—排烟溝；8—閘門；9—烟道；10—烟囱。

空气經爐子的隙縫（首先是經爐門）吸入爐中。

正压与負压用公厘水柱表示。若爐底水平面上的压力应等于零（这种压力称中性压力），这样便可以免除吸入冷空气的不良現象。

燃燒生成的廢气經烟囱排出，烟囱內为負压，因而爐气从爐膛中排入大气。用閘門控制排出烟气的数量。廢气也可經上部烟罩排出或用單独的烟囱，而不修烟道。

烟道的轉弯和尺寸变大对燃燒生成物的运动产生一定的阻力。廢气与烟道壁摩擦也發生阻力。气体的流速愈大，阻力愈大。

爐子的生产能力，决定于爐底面积的强度〔即每小时每平方公尺爐底面积加热金屬的数量（公斤/公尺²·小时）〕和爐底的尺寸。

2 金屬的火焰加热法

加热理論的主要論点

研究証明，根据金屬的性質，金屬的加热速度还可以比生产中所用的更快些。

現在来研究一下，确定加热時間的主要因素。

在高溫鍛工加热爐中，燃燒产物的运动速度很小，因而向工件傳热的主要方法是輻射。

这种傳热方法的复杂性在于，火焰向爐牆和拱頂輻射热量的同时，火焰还向工件輻射热量，另外燒热的爐牆也向工件輻射热量。在爐中同时还有流动的熾热爐气的傳热过程。

假如火焰不在爐膛，而在燃燒室时，傳热就只能靠气流和燒热的爐牆。

火焰輻射是最有效的傳热方法，因此在鍛工加热爐中最好使

燃燒過程不在單獨的燃燒室而在爐膛中進行，同時不要使火焰直接衝向工件。

燃料燃燒產生的熱或燃燒過的爐氣溫度愈高、所含的二氧化碳 (CO_2) 和水蒸汽就愈多，它們的熱輻射能力也愈強。因此，在燃料燃燒時給過量的風和水蒸汽是有害的，因為風和水蒸汽過量時會減少 CO_2 和 H_2O ，增加金屬的燒損。

熱量首先傳給毛坯或鋼錠的表面，然後從表面再到心部。毛坯的加熱速度視爐膛傳給毛坯表面的熱量多少而定，同時與表面所吸收的熱量是否會很快地傳進內部而提高毛坯心部的溫度有關。

常有這種情況，爐溫不夠高，爐溫與金屬的溫度之間的差別很小，傳給金屬工件的熱量小於它能夠吸收的熱量。在這種情況下，加熱速度和生產能力都很低。

當爐子發出的熱量非常多，毛坯來不及把熱量從表面傳到心部時，加熱速度達到極限，但是有產生過熱的危險。當熱量能在很短的時間被物體吸收，這時的热傳導是最理想的。

物體可能吸收熱量的極限，是在加熱時不致破壞金屬的完整性（產生裂紋和髮裂）和產生其他的不良現象。

傳給工件的熱量，完全決定於爐溫與爐料之間的溫度差，而爐溫首先取決於進入爐中的熱量和爐氣的溫度。

金屬的下列幾種主要物理性能可以決定從毛坯表面向心部的熱傳導。

導熱係數 (λ) 導熱性愈高，熱量進入心部愈快，均勻截面溫度所需的時間愈短，表面與心部的溫度差應該愈小。導熱性與鋼的化學成分有關，鋼的加入物愈多，導熱性愈小。如果碳鋼室溫時的導熱係數為 $48 \sim 50$ 卡/公厘·小時· $^{\circ}\text{C}$ ，那末含鉻 (Cr) 和鎳

(Ni) 的鋼的导热系数为 $10 \sim 12$ 卡/公尺·小时·°C。溫度上升时，合金鋼的导热性提高，碳鋼的导热性降低。在 $700 \sim 800^{\circ}\text{C}$ 时这些鋼的导热系数相同。

热容量 (C) 金屬的热容量愈高，均匀鋼錠内部溫度所需的时间愈長。碳鋼的热容量比合金鋼低。

鋼的比重 (γ) 均匀溫度的时间随鋼的比重增加而增加。

这些因素同时發生影响，用导溫性 $[\alpha]$ 来表示：

$$\alpha = \frac{\lambda}{C\gamma}。$$

金屬的内应力 金屬的导热性是有限度的，所以在加热时截面上产生溫度差。金屬的导溫性 α 愈低，加热的截面愈大，加热速度愈快，溫度差愈大。由于溫度差的产生，形成很大的应力，在一定的条件下，这些应力可以使金屬破坏。在加热和冷却时：由于体积的变化在金屬内也产生应力。

計算証明，在迅速加热时，在金屬内产生的应力也比金屬能承受的小。然而，在金屬中还有在以前进行热工序和机械加工工序（鍛造、軋制、冷却鑄錠等）时所产生的殘余应力。把这些应力和加热时产生的应力加在一起，可能超过允許的应力，引起裂紋产生。因此，在确定加热规范前，应当确定加热的鋼錠和毛坯是否有殘余应力。

金屬的彈性 合金鋼在 $0 \sim 550^{\circ}\text{C}$ 範圍内具有彈性，在急剧加热金屬时会引起裂紋和裂口产生。当溫度超过 550°C 时，所有牌号的鋼，包括合金鋼，都具有塑性，任何的急剧升溫也不会破坏金屬的完整性。許多鋼在低温 ($0 \sim 550^{\circ}\text{C}$) 时 also 具有很大的塑性，因此在这个溫度範圍内亦可迅速地加热。

所以，在确定加热规范时，应当考虑到：鋼的牌号，是否有以前工序中的殘余应力（对合金鋼），以决定金屬在低温或高温区

域加热。

加热方法 在确定加热规范前，首先要选择能保证最大效果的方法。

在锻工爐中加热薄工件时（直径在 50~70 公厘以下），加热时间同工件的直线尺寸成正比。

加热厚工件时，产生温度差（表面和心部），在加热结束时温度差应达到预先规定的最小数值。所以，每隔一定的时间要进行保温，以减少温度差。因此也就产生单段、两段和多段加热方法。

单段加热 加热薄工件、板料、管子、棒料和板坯，并单独排放时，建议采用单段加热方法。加热可以最大的可能的速度进行而不必进行保温（图 2 甲）。

多段加热 中间保温（图 2 乙-Ⅱ）只能延长加热时间，达不到保温所要求的目的，因为在保温以后经过一定的时间，在下一段的加热又重新产生温度差，并同该段的加热速度成正比，同前段的加热速度无关。

所以，中间保温如果只是为了均匀加热物体内的温度，是毫无用处的。结构变化时必须要进行中间保温，而且这对金属热处理有很大的意义。为了均匀表面和心部的温度，应该在加热終了时进行保温。

加 热 时 間

加热时间 把金属加热到所需温度，同时表面和心部的温度差已达到允许范围时，所花费的时间即为加热时间。

有很多可以准确计算加热时间的方法，但利用这些方法需要经过专门的学习而且要用很长的时间。

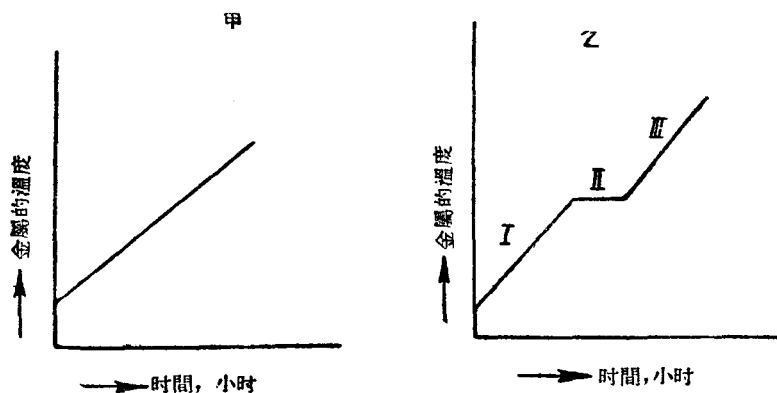


圖2 單段加熱和分段加熱曲線：

I、II、III——加熱階段

所以下面我們引用一個最常用的而且比較簡單的公式，來計算將鋼制工件在火焰爐中加熱到鍛造溫度所需的加熱時間。這個公式是由杜布洛赫托夫院士推薦的。

$$\tau = KD\sqrt{D}。 \quad (1)$$

式中 τ ——從 0°C 到 1200°C 的加熱時間（小時）；加熱時間是指升溫和保溫時間的總和；

D ——工件的厚度（直徑或正方形的邊長），公尺；

K ——系數；軟鋼等於10，合金鋼等於20。

公式（1）考慮從各方面均勻加熱。從兩面加熱時，加熱時間應增加一倍；單面加熱時，應增加三倍。從 0°C 加熱到 1200°C 分兩個階段：從 $0\sim 850^{\circ}\text{C}$ 和 $850\sim 1200^{\circ}\text{C}$ 。第一階段，系數 $K_1 = 5.0$ （對軟鋼）或 13.3 （對高合金鋼）；第二階段，系數 K_2 相應地為 $5.0\sim 6.7$ 。

例：試確定截面 200×200 公厘軟鋼加熱到 1200°C 所需的時間？

$$\tau = 10 \times 0.2 \sqrt{0.2} = 10 \times 0.2 \times 0.45 \approx 0.9 \text{ 小时或 } 54 \text{ 分。}$$

假如鋼錠不是从各面加热，而是从兩面，那末加热時間等于 1 小时 48 分。

毛坯在爐底上的排列和相互位置的方案有很多种，排列方法可以影响加热時間。

圖 3 所示的系数 α ，很明显地指毛坯在每一种排列下，它的加热時間比从各方面加热时要長多少。从表中还可以看出，兩個工件或

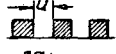
毛坯排列的方法	系数 α	毛坯排列的方法	系数 α
	1		1.4
	1		4
	2		2.2
	1.4		2
	1.3		1.8

圖 3 毛坯排列方法对加热時間的影响。

毛坯的距离为 $0.4 \sim 0.5D$ 时的排列方法最合理。为了考虑毛坯間隔的因素，用公式所求出的加热時間必須乘以系数 α (圖 3)。

公式 1 适用于把工件装入 $1300 \sim 1350^\circ\text{C}$ 的爐中。

在別列斯柯夫斯基所著的「金屬在鍛造和模鍛前的加热」一書中 (Машгиз 1950 年版)，列出了各种牌号和各种尺寸的鋼錠以及毛坯的加热時間表。

工件或毛坯在爐中的排列 吸收热量的物体表面和体积的比值愈大，加热速度愈大。假如工件在爐中排列得很挤或者距离很小，或者放几層，我們所得到的加热表面和体积的比就是最不合理的。所以把毛坯堆放或放几層时，会降低生产能力，增加金屬的燒損。

圖 4 所示是毛坯的正确排列和不正确排列的示意图。

热量应能从各个方向接近物体，在快速加热时更須如此。

金屬的快速加热

根据金屬加热方面的許多研究，加速金屬的加热过程是完全可能的。

快速加热，主要适用于加热大量的形狀規則的薄毛坯（鍛造或模鍛管子用的圓的或方的毛坯等）。

快速加热的研究証明，在火焰爐中加热时，所产生的热应力不会破坏毛坯或者工件。

只有毛坯在以前加热后，迅速冷却时出現有很大的殘余应力，在火焰爐中的快速加热才会使毛坯受到破坏。

所研究的鋼全是导热性很低的，如09Г1Т（18%鉻和8%鎳），高速鋼PΦ1及X12，以及含碳量0.38%的碳鋼。試驗証明，加热合金鋼的时间比碳鋼加热所需的时间还要短。下述的几个条件可以說明这点。

在加热初期，合金鋼的导热系数較碳鋼的导热系数低，所以合金鋼工件表面的溫度較碳鋼高（因导热緩慢）；但在溫度差大时，热傳遞較快。

加热时組織結構發生轉变，此时碳鋼吸收热量，因而溫度上升緩慢。当合金鋼毛坯达到該溫度时，心部溫度上升，并很快地就会超过碳鋼毛坯心部的溫度。因而在700°C前，合金鋼毛坯加热速度較碳鋼緩慢；在700°C以上时則較碳鋼快。一些合金鋼的

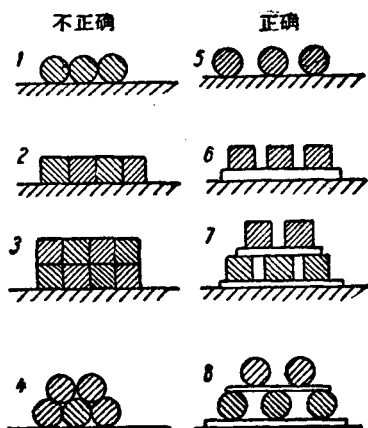


圖4 毛坯在爐中排列示意圖。

導溫性，隨溫度上升而提高，而碳鋼却相反。這些因素使合金鋼和碳鋼的加熱時間接近。

總起來，合金鋼和碳鋼的加熱的總時間是相近的。

進行快速加熱的爐子的特點在於，爐膛的溫度很高，經常保持在 $1400\sim 1500^{\circ}\text{C}$ 之間，爐子的構造見后。從下面的幾個數據中可以看出，提高爐溫對加熱速度的影響。 $\phi 100$ 公厘的毛坯，在爐溫為 1100°C 時，要加熱 49 分鐘，在 1400°C 時，只需 21 分鐘。

建議在加熱終了時，把鍛工加熱爐的溫度頭●保持在 $100\sim 150^{\circ}\text{C}$ ，否則提高溫度會使熱量隨廢氣的損失增加，而加熱時間縮短得並不多（對厚工件）。

在加熱薄毛坯時，溫度差可達到 $600\sim 700^{\circ}\text{C}$ 。假如在加熱結束時在截面上允許很大的溫度差，並須較強烈的加熱時，溫度頭應該高些。

毛坯尺寸加大時，不但毛坯加熱的絕對時間，就是加熱每公分厚度的相對時間也增加。

圖 5 為圓毛坯和方毛坯在普通爐中、快速加熱爐中及感應爐中的加熱時間曲綫。從曲綫中看出，快速加熱

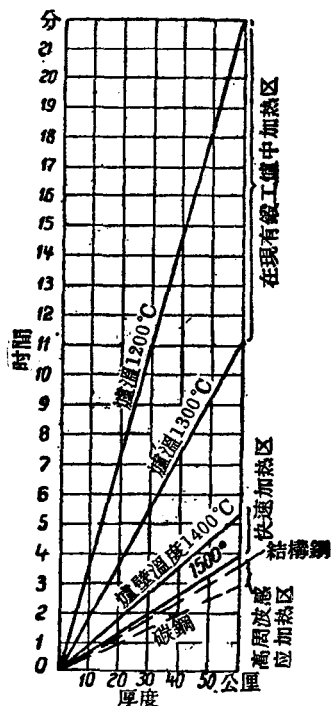


圖 5 在不同溫度的爐中圓毛坯及方毛坯加熱到 1200°C 的加熱時間。

● 溫度頭是加熱終了時，毛坯的溫度同爐溫之差。——譯者

时，加热时间比在一般鍛工加热爐縮短了很多。

采用快速加热可以大大地提高爐子的生产能力。如果一般开槽式鍛工爐的生产能力为 $350 \sim 450$ 公斤/公尺²·小时，当快速加热时就可以提高到 $3 \sim 4$ 倍。

快速加热时，不但生产能力可以提高，而且还可以减少金屬的燒損。当鋼的加热溫度从 1000°C 提高到 1200°C 时，金屬的燒損从 0.023 克/公分² 增到 0.106 克/公分²，而金屬在爐中停留的时间从 3 分增加到 5 分，燒損將从 0.307 增加到 0.491 克/公分²。快速加热时，在該种条件下燒損只 $0.015 \sim 0.040$ 克/公分²。

为了在鍛工爐中减少燒損，可以在爐中保持还原性气体，此时必須使燃燒产物含 15% 的一氧化碳，但这样是不合理的。减少燒損的最經濟的方法，要算快速加热。

必須指出，在快速加热时金屬質量可以改善，因为迅速加热的金屬有很好的塑性。

中央科学工艺和机器制造研究院曾在莫斯科一工厂的專門加热爐（圖 27）中作过快速加热的实验。加热的是尺寸为 $45 \times 45 \times 280$ 公厘、重量 4.5 公斤的模鍛連杆用的毛坯。油爐具有預热空气的預热器。爐子的工作溫度为 $1400 \sim 1450^{\circ}\text{C}$ ，毛坯的加热溫度为 1200°C ，加热时间 10 分 30 秒，爐子的生产能力 120 件/小时或 540 公斤/小时，相当于 2000 公斤/公尺²·小时（比一般加热高三倍）。燒損为毛坯重量的 0.7%，而在一般推杆式爐中为 2.1%。

表 1 为各种型式金屬在有陶瓷燒咀的爐中快速加热时的生产能力指标。这种爐子（圖 27 和圖 28）实际上是沒有爐膛的。

表 1 爐子工作指标

加热工件	尺寸(公厘)		加热温度(°C) (爐温 1600°C)	加热時間		有效爐底 强度 (公斤/公尺 ² ·小时)
	截面	長		分	公厘 分	
方毛坯	152×152	380	1200	18	0.12	4000*
方毛坯	140×140	254	—	18	0.13	3660
方毛坯	50×50	—	815	4	0.08	6000
圓毛坯	38	—	—	—	—	14000
軸頸	229	—	987	45	0.20	1880
白鉄皮	102/95	—	650~760	0.42	—	11500
	102/70	—		1.2	—	16600
管子	153/146	—	1100~1200	0.372	—	13000
	153/121	—		1.11	—	19100

* 在加热結束时表面和心部的温度差为30°C。

3 燃料燃燒的方法

爐子的工作，在很大程度上决定于燃燒裝置，因为后者工作的質量可以决定燃料燃燒的完全程度，空气的盈余，火舌的長度等等。

爐子是燃燒容积的繼續，而鍛工加热爐在燒煤气或油时实际上沒有單独的燃燒室。

譬如，当加热爐在用固体燃料工作时，为了更有效地使燃料燃燒，在爐膛得到更高的溫度和更好地加热金屬，在燃燒室进行半煤气过程，即使燃料部分燃燒，因而得到可燃气體，当該氣體在进入爐子的爐膛之前同二次風混合，繼續在爐膛中發生燃燒。

固体燃料的燃燒 用固体燃料的手工操作的爐子燃燒室有許多缺点，所以若有可能应尽量采用机械化和半机械化的燃燒室。

圖 6 所示为下部进煤的机械化燃燒室，該种燃燒室是由国立冶金工厂設計院設計的，适用于加热爐。这种燃燒室具有下列优

点：进煤和空气均匀，因而可以避免在装料时热规范的破坏；进煤和排灰全部机械化；热规范自动化。

这种燃烧室可用于不同构造、不同的工业用炉（台车式炉、连续式炉、走动式炉等）。由于煤装于煤斗，排灰是有组织的，因而使车间使用炉子有较好条件。这类燃烧室不需要修筑很大的地坑和占用很多的生产面积，因而便于操作。为了提高燃烧室及整个装置的工作效率，建议把一次风和二次风预热到 $200 \sim 250^{\circ}\text{C}$ 。

液体燃料的燃烧
当重油的温度高于 $70 \sim 80^{\circ}\text{C}$ ，压力不超过技术规格的界限时，可以保证喷嘴的满意的工作。

有许多喷嘴的喷嘴本身和喷嘴安装口之间留出一定的距离，

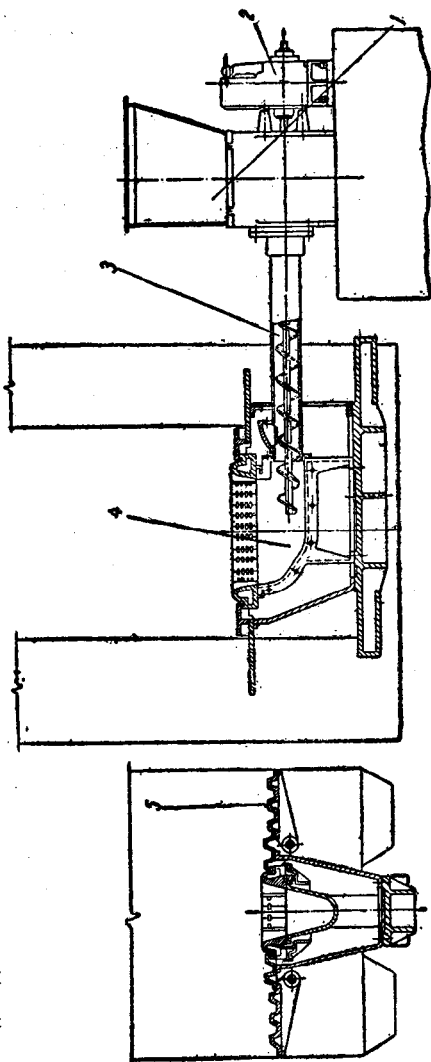


图6 下部进煤的机械化燃烧室：
1—煤斗；2—传动及控制设备；3—螺旋输送机；4—煤槽；5—翻轉爐篦。