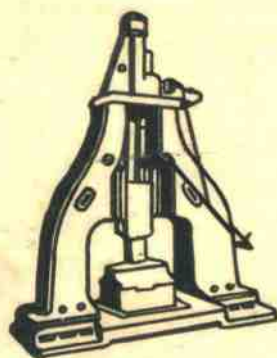


鍛工革新者叢書

金属在电加热設備 中的加热

埃杜尔道夫著



机械工业出版社

苏联 М. С. Эдуардов 著 'Нагрев металла в электронагревательных устройствах' (Лднп и лонитомаш 1954 年第一版)

*

*

*

著者: 埃杜尔道夫 译者: 孙育志

NO. 1500

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 15 千字 印张 $3/4$ 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 T 15033·624

定 价 (9) 0.11 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。它循序漸進地述叙了鍛压生产的理論基础、工艺和組織問題，并介紹了这方面的新成就。为了帮助我国熟練鍛工和在鍛工車間从事工作的工長，初級技術人員充實和提高同自己工作有关的知識，我們決定把它翻譯出版。

这套叢書包括十九本小冊子：1.[鍛压生产的發展]；2.[鍛工的一般知識]；3-4.[金屬压力加工的理論基础]；5.[金屬在火焰爐中的加热]；6.[金屬在电加热設備中的加热]；7.[錘下自由鍛]；8.[水压机自由鍛]；9.[曲軸压床鍛造]；10.[自由鍛的劳动組織和工作地組織。鍛造工序的机械化]；11.[錘上模鍛]；12.[平鍛机上模鍛]；13.[压床模鍛]；14.[在專用机器上的模压工作]；15.[模鍛工的劳动組織和工作地組織。模鍛工序的机械化]；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.[鍛压生产的安全技术和劳动保护]。

本書是这套書的第六分冊，叙述苏联先进工厂中广泛采用的电加热方法——电阻加热、接触加热、感应加热以及在电解液中加热，此外，还介紹了电加热方法的优点。

目 次

1 电加热的方法	3
电阻加热	3
接触加热	5
感应加热	7
在电解液中加热	20
2 电加热的有利性	20
結論	21

苏联共产党第十九次代表大会的指示中规定,于1955年内增加电能的产量同1950年比较起来,约能增加80%,这就允许在广泛发展生产过程自动化及进一步采用新的电加热方法和电解方面提高工业电气化的水平。

在锻压车间采用这些可以根本改变劳动卫生条件、提高生产率及降低金属消耗的电加热具有重要的意义。

1 电加热的方法

以下的电加热方法在先进的工厂中得到广泛应用:电阻加热、接触加热、感应加热及电解法加热。

电阻加热 在电阻加热炉(图1)中金属是用耐热材料——镍铬合金、金刚砂等做成的发热体来加热的,至于这些耐热材料则是以工业频率电流来加热的。

电阻加热炉根据加热性能来讲,原则上同火焰炉没有区别,因为加热金属的电炉炉膛同火焰炉的炉膛是近似的。

炉内的温度应当高于被加热金属的最终温度 $100\sim 150^{\circ}\text{C}$ 。因而在锻造或模锻时,为了加热金属,炉中的温度必须达到 $1300\sim 1350^{\circ}\text{C}$ 。

所需的加热时间、氧化皮形成的程度和表面层脱碳的情况都同在火焰炉中加热一样。

电阻加热炉需要消耗很大的电能。高温加热金属时,发热体很容易被烧坏,所以需要经常更换它。这种炉子的优点是改善了

表1 箱式电阻加热炉的性能

爐 的 类 型	Г-30	Г-50
爐膛的尺寸 公厘		
爐底面积	300×400	500×700
高度	250	350
額定功率 千瓦	30	50
最大工作温度	1300°C	1300°C
爐温为1300°C时的生产率公斤/小时	50	130

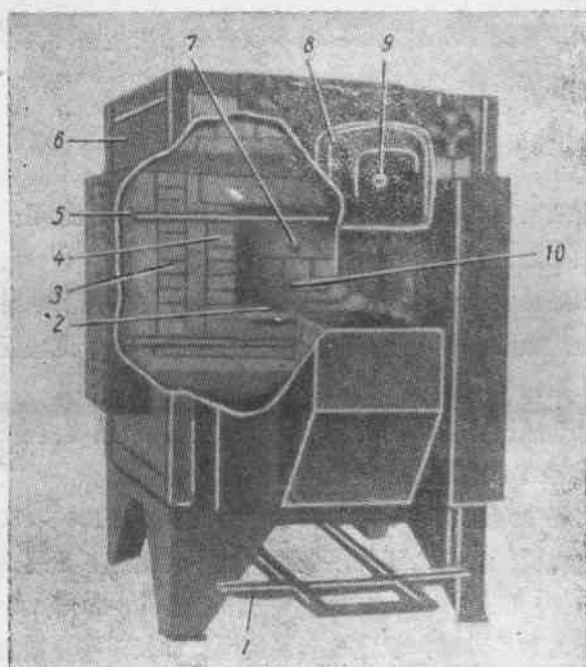


圖1 电阻加热爐：

- 1—脚踏机构；2—碳化硅板；3—热絕緣垫板；4—爐膛；
5—碳化硅加热件；6—金属構架；7—插热电偶計的小孔；
8—爐門；9—爐門上的小孔；10—通保护气的管子。

劳动的衛生条件及爐子的構造簡單。所以它只是在爐溫不超过 1000°C 进行鍛件热处理时才得到广泛的应用；模鍛时有色金屬的加热用它，有时小的鋼毛坯加热也用它。

接触加热 所謂接触加热，就是把工業頻率的电流引向毛坯的端部，毛坯的加热則是借金屬对通过电流的阻力而形成的，也就是热直接产生于毛坯本身。

接触加热的示意圖和溫度在毛坯長度上分布的情况可見圖2，而圖3乃表示这类装备的外觀圖。

接触加热时，溫度于毛坯長度上的分布是不均匀的，毛坯的末端热得慢，于是增加模鍛的困难，所謂增加模鍛的困难主要是由于金屬变形抗力的增加及模子充滿得不好，所以需要錘的更多打击次数或压床更大的力量。这也很快就可把模膛磨損。为了避免端部加热不透，接触器必須有一定的夾持力作用到被加热金屬的表面上，而这个力在加热过程中是可以自动調节的。它的調节是借光学高溫計进行的（高尔基汽車厂）。接触器夾持的过松过紧对毛坯在整个長度上的均匀加热都是沒有帮助的。

接触器的压力根据毛坯断面的不同可以达到 $1.8\sim 2.5$ 吨，而且只是通电时及在加热第一阶段才需用大的力量。假如接触器在整个加热过程中保持大压力，于是同后部接触器相接的毛坯端部的溫度將比毛坯其他部分要低得多。

接触加热一般不是在封閉情况下进行的，所以在加热过程中产生氧化皮，当然不像在火焰爐中那样多。

接触加热的時間是根据毛坯的断面和它的長度、电流强度、接触器的表面状态和作用在金屬表面的夾持力来确定的。

接触器的材料和構造影响到加热装备的工作。用純的电解銅所制的楔形接触器可以得到很好的效果和最大的耐用度。这样一

套接触器可以保持加热到 2000 次, 然后再把接触器取出刷洗。换它是很简单的, 只占用几分钟就可以。被磨损的接触器用补焊上一层新铜层的方法来修复。加热 1 吨金属铜的消耗量为 0.15 公斤。

当接触加热时, 对毛坯的表面光洁度和切的准确度没有特别要求。加热的温度用光电高温计调节。

表 2 毛坯用接触方法加热到 1250°C 的速度

毛坯直径 (公厘)	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70
加热时间 (秒)	10	15.2	22	30	39.2	50	61.5	75	90	105	120

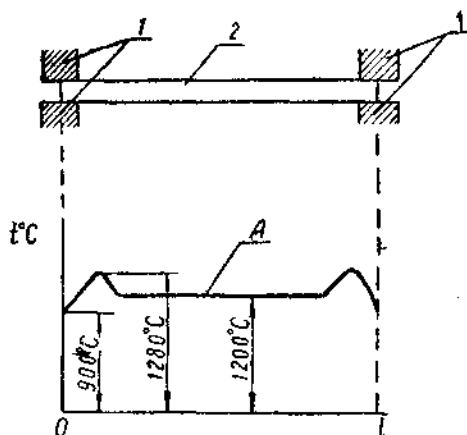


圖 2 毛坯的接触加热示意图:

1—接触器; 2—毛坯; A—被加热毛坯, 沿着长度上温度分布的曲线。

被加热毛坯的长度可以很长, 比如当卷弹簧时毛坯的长度通常达到 3 公尺以上。

电能的效率和它的单位消耗量同毛坯的直径和长度的关系见图 4。

电能消耗量, 根据广泛采用接触加热的高尔基汽车厂的数据,

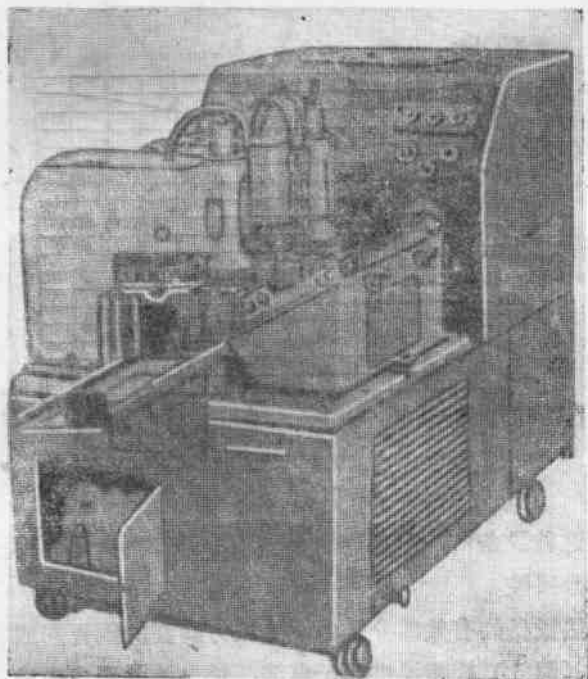


圖3 接触加热装备的外观圖。

每加热 1 吨毛坯平均需要 325 千瓦·小时。

目前由于接触电加热只能用于小断面的毛坯上，所以它的使用范围也就受到限制。当大断面时，要求很大电流，同时在为了夹持毛坯而創立必需的力上以及引入电流方面都引起很大的困难。但是用接触方法加热毛坯的断面都在逐年增加着。

目前接触加热应用于鍛造机械、模鍛压床及錘上模鍛时加热毛坯之用。

感应加热 金屬的感应加热方法是更万能的。

感应加热时，能量是借磁場傳送的，这就允許采用簡單的設

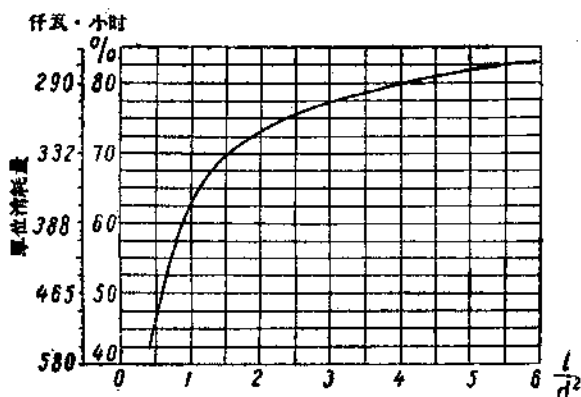


圖4 电能效率与其單位消耗量同 l/d^2 比值間的关系， l 是長度， d 是被加热毛坯的直径，公分。

备，在这种設備內，被加热的金屬不和为加热金屬而傳送必須能量的部分接触。

加热設備的有效部分是由圓的或方断面的銅管圍成的粗圈所組成的（圖5）。綫圈通进高频电流，这电流就形成磁場，以力綫2把它假想地表示在圖上。

如果把毛坯放在磁場內，磁場就將在毛坯內引起电流（感应），用这电流来加热毛坯。为此，在感应圈內需要很大的电流，因为这时通过毛坯的磁場將具有足够的力量把大量的能由感应圈傳給被加热的金屬。

感应加热时产生所謂「表面效应」，表面效应是这样：假如在导綫上通电流，或者把通电流的物体（毛坯）放入磁場，于是無論物体內部的磁場，或由于磁場影响而产生的电流，都不能馬上遍及物体整个質量，而是首先在表面上产生，然后逐漸傳入內部。

这样一来，由于「表面效应」，用高频时电流在粗导綫上或金

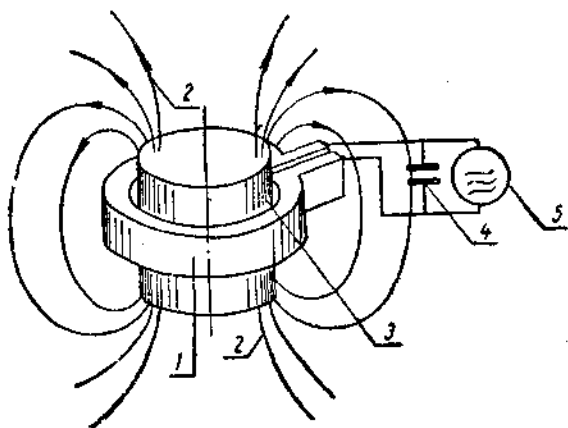


圖 5 感應加熱的示意圖：

1—感應圈；2—磁場；3—毛坯；4—電容電池組；5—電動發電機。

屬毛坯上產生集中，而集中現象主要是在表面上，至于断面更深的內層几乎沒有電流。

通電流那一層的深度同電流的頻率有關。當用低頻時，電流將很容易更深的透入物體內，當用直流電時將遍及全断面。相反的，當頻率非常大時，電流實際上可以被認為集中在金屬表面上。

圖 6 表示不同頻率的電流透入銅導體內的情況。用選擇不同電流頻率的方法就可以使「表面效應」的現象改變電流滲入的深度和使物體加熱到任一厚度層內，直到燒透。被加熱金屬的熱傳導性也是對它有幫助的。

當需要得到加熱深度更大時，可以增加加熱時間或者減少供給感應器的電流頻率。

應當注意，加熱到 730°C 以上的鋼，就變成非磁性的了；有了「表面效應」的鋼其電流傳入鋼內進行得比在冷的磁性鋼中

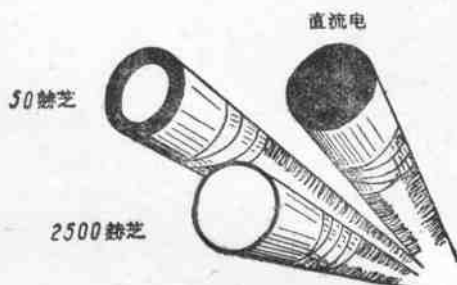


圖 6 不同頻率時電流傳入銅導線的情況。

來得快。

確定所需的電流頻率可按下式進行：

$$f = \frac{30000}{d^2},$$

式中 f ——電流應有的頻率（周波）；

d ——被加熱毛坯的直徑（公分）。

表 3 根據毛坯尺寸決定電流頻率

被加熱毛坯的斷面尺寸 (公分)	均勻的直徑(公分)	電流頻率(赫芝)
$\phi 2.0$	2.0	7500
$\phi 3.0$	3.0	3340
$\phi 5.0$	5.0	1200
7.0×7.0	7.9	470
10.0×10.0	11.3	235
12.0×12.0	13.6	163
17.0×17.0	19.2	80
25.0×25.0	28.0	38

由表中可以看出，為了使毛坯燒透就需要低頻電流，對大斷面的毛坯用工業頻率的電流已夠。

用高頻電流加熱就需安裝電動發電機，使工業頻率的電流轉

化成为高频的电流。这些装备就使车间的电力系统复杂起来，而且它的效率也比较低，约等于0.78~0.80。

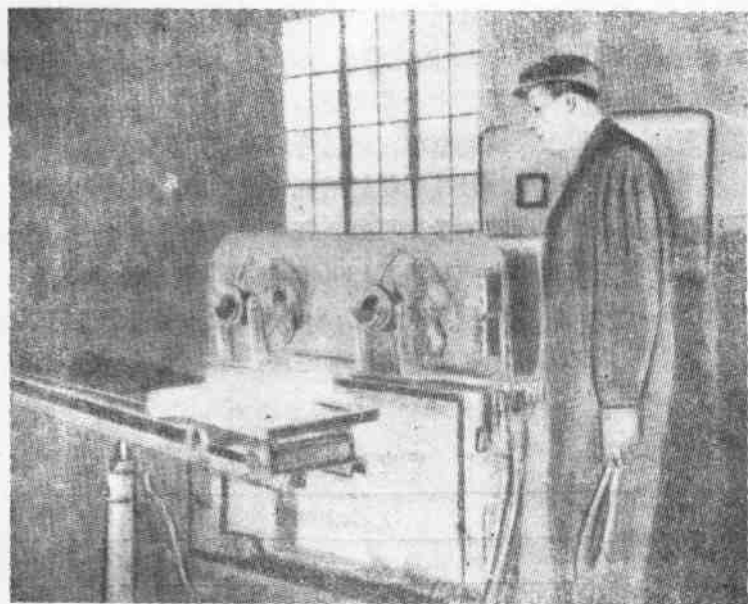


圖7 間歇作用感應加熱爐的外觀圖。

利用工業頻率的電流不需要電動發電機，而且可以把加熱設備的效率提高很多。

科學研究院（中央機械製造與工藝科學研究院）的工作證實用工業頻率電流，加熱 $\phi 135$ 公厘或 120×120 公厘及尺寸更大的毛坯的可能性和經濟性。

現在生產有電流頻率為 8000、2500、1000 及 500 赫芝的電動發電機。

由此可以介紹：加熱斷面到 $\phi 25$ 公厘的毛坯可以採用頻率為 8000 赫芝的電流，斷面由 $\phi 30$ 到 50 公厘的可用頻率為 2500 赫芝

的，断面由 60×60 公厘到 110×110 公厘的可用频率为 500 赫芝的，至于大断面的毛坯，就可以用工业频率。

工业频率的电流还可用于加热成捆的毛坯，它们总的断面不小于 120×120 公厘；如小的方形或长方形断面的毛坯，尺寸为 60×60 公厘的，就可以四个一起加热。

因此，应用工业频率电流的范围可以更被扩大。

当用工业频率电流时，电能的消耗量就缩减。根据中央机械制造与工艺科学研究所的数据可知，在螺旋型的感应器内，把一公吨毛坯用工业频率电流加热到 1200°C ，电能消耗量达 300 千瓦·小时，而在箱式炉，却需 375 千瓦·小时。根据莫斯科小型汽车工厂的数据，用工业频率电流加热一吨毛坯，电能消耗量达 400 千瓦·小时[●]。

表 4 感应加热的速度

毛坯直径 (公厘)	加热时间 (秒) [●]			
	高频率电流		工业频率电流	
	最 小	最 大	最 小	最 大
25	15	30	—	—
50	50	100	—	—
75	110	210	—	—
100	170	350	—	—
125	320	600	—	—
135	420	720	480	600
150	460	900	360	480
200	—	—	420	480
250	—	—	540	600
300	—	—	660	720

● 专门用电流频率为 2500 及 8000 赫芝感应加热的工厂。

感应加热和火焰加热一样，也采用間歇及連續作用的加热爐。当用間歇作用的加热爐时，工人把毛坯插入感应器中及安开关。加热時間的調节是靠限时繼电器或光学高溫計自动进行的。被加热的毛坯是用特殊的气动工具或手动工具，把它由感应器中頂出，再送到模鍛設備上。

間歇作用加热設備的外觀圖如圖 7 所示。

感应器是在应力条件下工作的，而且它也是該裝備的主要部件。感应器的示意圖如圖 8 所示。

为了保护感应器繞組不受毛坯的輻射热，同时为了减少热損失及氧化皮和縮減電能的消耗，所以在导架和感应圈內放上耐火粘土管。

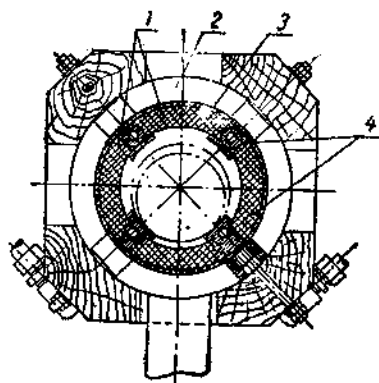


圖 8 感应加热毛坯的感应器簡圖：

1—保护耐火粘土磚；2—用長方形鋼管做的帶流水的感应圈；3—帶石棉的云母絕緣板；4—用不導磁耐热鋼做的导轨，以水冷却。

当間歇作用加热設備工作时，由發电机取得的加热毛坯的功率，不是不变的，而是由加热开始的最大值到加热終了的最小值。功率下降最大是当加热溫度在 800°C 左右，也就是毛坯的外層轉变成非磁状态时。

在大量生产中加热毛坯时，常采用連續作用的加热爐（圖 9）。

感应圈長度的选择，应当考虑到在其中能放进所需数量的毛坯。

連續作用的加热爐，对發电机的負載是均匀的，所以用發电机是非常好。加热爐沒有

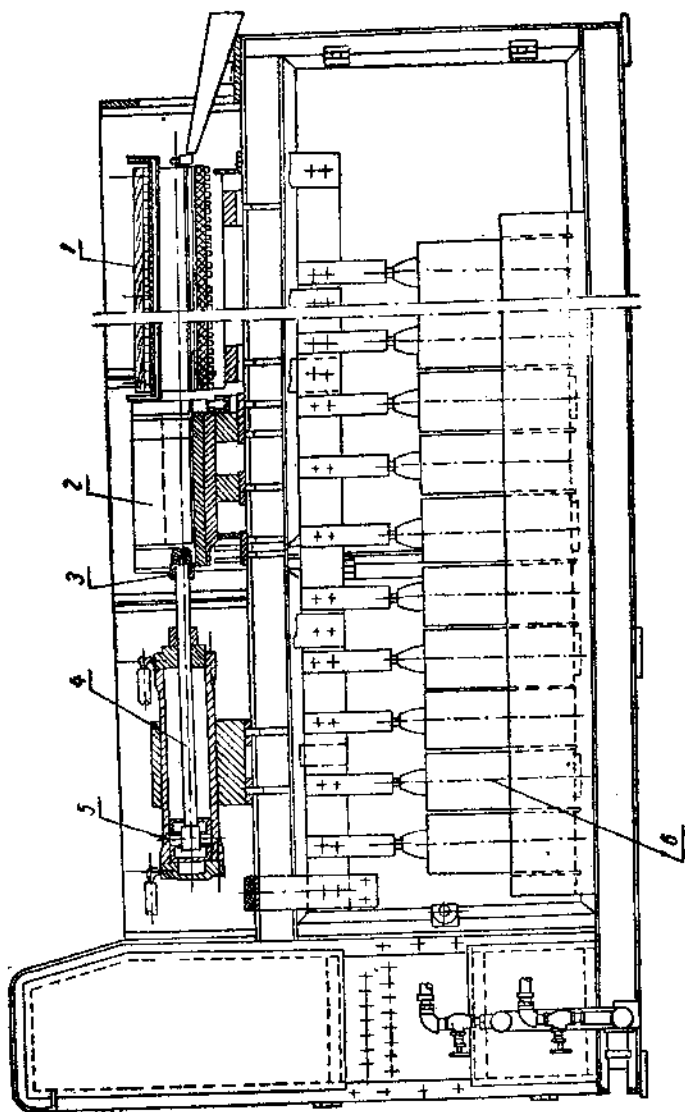


圖 9 連續作用感應加熱爐：
1—感應圈；2—裝料槽；3—頂料杆；4—空氣缸；5—帶連杆的活塞；6—電容器組。

降压的变压器，所以于感应器的端鈕就供以發電机的电压。連續加热爐在看管上簡單并且設備的效率約能提高 15 %。它的生产率能比間歇作用的加热爐大几倍。

感应加热完全可以使整个过程机械化，也允許采用專門的模鍛自动机。斯大林汽車厂模鍛頂杆的裝備可作为例子（圖 10～12）。裝備的工作如下：

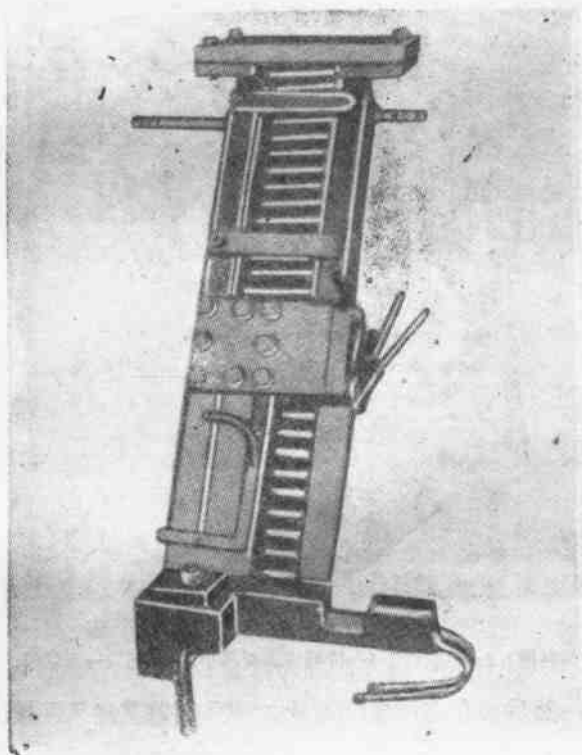


圖10 自动裝備供料設備的外觀圖。

$\phi 16.45 \times 90$ 公厘的毛坯放在帶導槽的料斗中，在它下部有