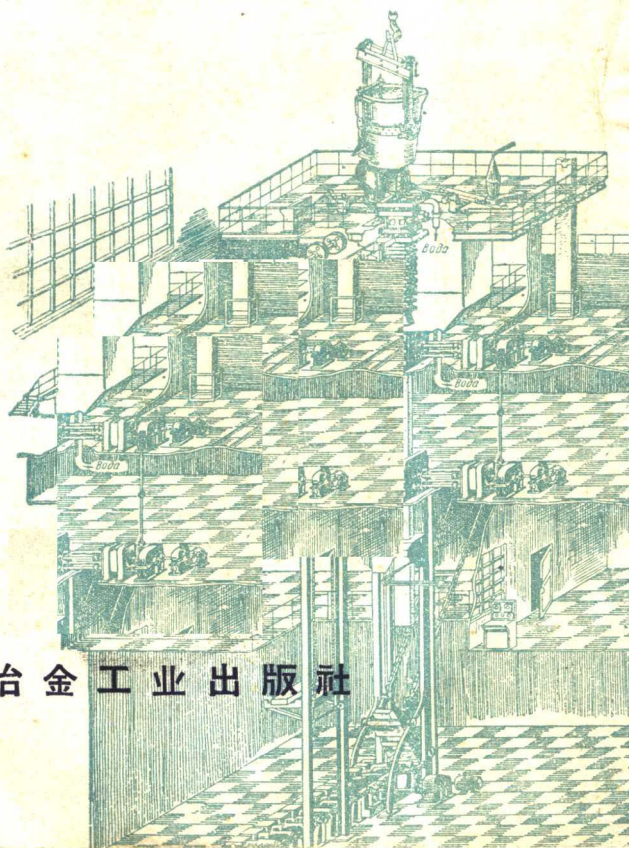


連續鑄錠知識

B.C.魯捷斯 B.H.卡托敏 合著

本社編輯部期刊組 譯



冶金工业出版社

連續鑄錠知識

B.C.魯捷斯 合著

Б.Н.卡托敏

本社編輯部期刊組 譯

冶金工业出版社

連續鑄錠是一種新技術，採用連續鑄錠方法就可由鋼水直接獲得各種尺寸的鋼坯，而不必經過把鋼水先鑄成鋼錠再由鋼錠軋成鋼坯的過程。本書簡要地敘述了蘇聯及其他國家在連續鑄錠方面的发展情況及其現狀，介紹了蘇聯連續鑄錠試驗性裝置和工業裝置的操作情況以及鋼坯結晶時熱工制度的研究結果及鋼坯的質量。

書中還闡述了連續鑄錠法的許多技術-經濟上的優點和它們的發展遠景。

本書適用於煉鋼廠廣大的工程技術人員、各學校煉鋼專業的教員和學生以及科學研究和設計人員。

本書由本社編輯部期刊組孫文俊、杜華云、章順慧、謝淑蓮等同志翻譯。

В.С.Рутес, В.Н.Катошин

НЕПРЕРЫВНАЯ РАЗЛИВКА СТАЛИ

Трудрезервиздат (Москва 1957)

連續鑄錠知識

本社編輯部期刊組 譯

編輯：楊直夫 設計：魯芝芳、董照菴 責任校對：劉頌古

1958年9月第一版 1958年9月北京第一次印刷11,000冊

787×1092·1/32·64,500字+附張1 定價(10) 0.45元

人民教育印刷廠印 新華書店發行 書號 0931

冶金工業出版社出版(地址：北京市燈市口甲45號)

北京市書刊出版業營業許可証出字第093號

目 录

序言	5
I. 連續鑄錠裝置結構的規格	10
臥式鑄錠裝置	10
斜置式鑄錠裝置	10
臥式和斜置式裝置的优缺点	13
立式鑄錠裝置	14
鋼水由煉鋼爐運送到鑄錠裝置去的方法	17
中間澆注裝置	18
結晶器	20
鋼坯的二次冷卻	23
抽錠方法	24
切割裝置	24
連續澆鑄鋼坯斷面的選擇	25
II. 蘇聯的連續鑄錠和半連續鑄錠	27
“紅十月”工廠的半連續鑄錠工業試驗設備	30
新圖拉鋼鐵廠工業試驗設備	33
“紅索爾莫沃”工廠的連續鑄錠工業設備	40
莫羅津斯基工程師的半連續鑄錠法	43
III. 外國的連續鑄錠	
德意志聯邦共和國	
美國	
加拿大	

法国.....	56
奥地利.....	59
英国.....	61
瑞典.....	68
IV. 連續鑄錠时的热工过程及鋼的凝固条件.....	69
結晶器內的热交換和鋼水的凝固.....	73
二次冷却帶內鋼水的热交換和結晶.....	79
液相深度（液相穴）.....	80
V. 連續法浇鑄的鋼的質量.....	82
VI. 連續鑄錠的技术經濟优点及此操作法的发展远景.....	95

序 言

苏联冶金工作者要完成扩大生铁、鋼和鋼材的生产任务，除了应增加新的生产设备外，还必须大大改进现有设备的利用、掌握和推广新的工艺操作过程以保证达到大的生产率和高的成品质量。

各个工业部門先进的生产方法都是建筑在連續生产过程的基础之上的。而在黑色冶金工业中，生产过程还是由一系列复杂和相互分开的工序組成的：在高爐內炼制生铁，在平爐、电爐和轉爐內炼鋼，把鋼水鑄成鋼錠，再把鋼錠軋成鋼坯和成品。

冶金工作者很久以来就想縮短这个长而复杂的路程。

Г. 貝塞麦氏在1848年就提出了“无錠軋制”的操作过程，采用这种方法就能由鋼水直接得到鋼板和扁鋼而不要把鋼水鑄成鋼錠和軋制鋼錠。这个建議是在由鋼水制成最終产品的工段內为縮短生产周期而进行的許多試驗研究工作的开端。

由于炼鋼设备的不断改进，现在已经建成了平爐容量为500吨和电爐容量为180吨的車間。但在同一时期，鑄鋼的工艺操作好几十年来却几乎没有改变。旧的鑄鋼方法目前已成为进一步提高冶金工厂生产率的障碍。

直到目前为止，大家都知道，鑄鋼的方法只有两种：上鑄和下鑄。采用上鑄法时，鋼水是由盛鋼桶內从上面注入鋼錠模（铁模），同时是单个进行的。注滿一个錠模后，盛鋼

桶就移向另一个錠模或者是由安放在专用鑄錠車上的錠模自动移动。下鑄法是把摆在生鉄底盘上的几个錠模同时注滿（图1），底盘上鋪砌有专用耐火湯道砖。湯道使全部錠模都和中心鑄管連通着，鋼水由盛鋼桶經中心鑄管注入。鋼水就这样由下面注入錠模內，凝固后而成鋼錠。

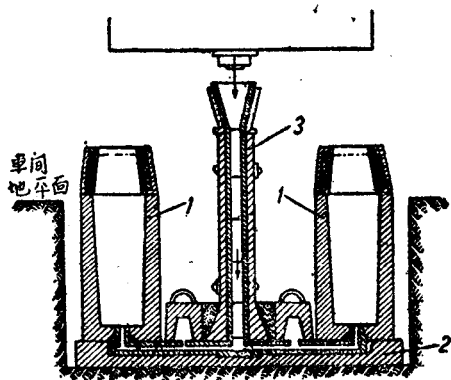


图1 下鑄法簡图

1—錠模；2—底盘；3—中心鑄管

鋼水在錠模內凝固使得鋼錠上产生很多缺陷。鋼錠內部，特别是上部会产生沒有被鋼水充滿的空間——縮孔。鋼中的化学元素在鋼錠內分布得不均匀（这种现象称为偏析）。

旧的浇注方法的缺点还在于要使用大量的耐火材料制品和定期的更換用旧的錠模。浇注前錠模的准备、将錠模安放在底盘上、浇注后脫錠和清理底盘都需要化費很多的劳动，工作条件很繁重。在现代的工厂里，这些工作是在設有重型起重机的专用脫錠間內进行的。建設这样的脫錠間需要大量的基本建設投資。

將鋼水鑄成鋼錠时，造成很多的金屬废料。仅仅是炼鋼車間的废料——廢湯道（留在湯道砖內的鋼）、短錠（沒有注滿的鋼錠）等——就占炼好的鋼水的4~6%。鋼錠愈小則废料所占的百分比就愈大。鋼錠在軋制前要在专用的均热爐或加热爐內加热。这时鋼錠表面部分金屬要氧化(2~4%)变

成氧化铁皮。大鋼錠（5~10吨）加热后在开坯机上——方坯初軋机和板坯初軋机——軋成鋼坯，然后再送到鋼板軋机或型钢軋机上进行軋制。在开坯机上軋制时，要把有縮孔的鋼錠头部和脏污的鋼錠底部切去。这些切头的数量占12~25%。建設板坯初軋机、方坯初軋机、均热爐、加热爐以及它們的輔助設備需要大量的投資。因此，制定和推广不必經過把鋼水鑄成鋼錠再在开坯机上开坯的新的工艺操作就有着极其重要的意义。

Г. 貝塞麦氏提出的关于无錠軋制的建議是想把浇注过程和金屬的变形結合起来在一个設備上同时进行。把溶化的金屬注入由两个轉动軋輥組成的間隙內（图2），間隙的进口部分作为錠模，金屬在这里凝結，下面出口部分則对在軋輥表面上凝結的金屬进行压延和焊接。从軋輥出来的应当是成品扁鋼。在苏联和其他国家对无錠軋制的工艺操作和机器的結構曾进行了很多的試驗工作。結果指出①金屬的浇注和变形結合起来在一台設備上进行不能保証获得优质量的产品。在扁鋼和鋼板的表面上发现了結疤、折叠和裂紋，而在金屬断面上組織和化学成分都不均匀。軋輥工作时由于直接和鋼水接触，因而磨損很快。

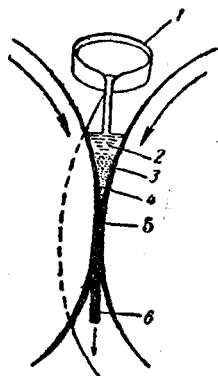


图 2 无錠軋制簡图

- 1—浇注装置；2—液体金屬；3—金屬壳凝結；
4—結晶区；5—变形区；
6—扁鋼

① “冶金工作者” 1940年第5期。

由于在苏联和在其他国家内进行很多試驗工作的結果，已制定了一种新的更有前途的方法——鋼的連續浇注。由盛鋼桶或者专用鑄錠裝置倒出的鋼水落入用水冷却的錠模（結晶器）里，在开始浇注前向結晶器內先放入“引錠”——和結晶器內腔形状相适应的一块金屬。“引錠”是用来作第一份鋼水的底部，它有着特殊的“燕尾”状的槽，第一份鋼水就进入这个槽中。鋼水在槽中和在結晶器壁上凝結后，“引錠”利用专用机械向下移动，把已成型的鋼坯也帶着移动。从上面繼續倒入鋼水，这样鋼坯就从上端不断的伸长。在結晶器內只是金屬的表面层凝結，組成內心还是液体的鋼坯硬壳。在結晶器下面，向下落的鋼坯上噴水。在称作“二次冷却带”的地方，鋼坯的全部断面都进行凝結。当繼續向下移动时，鋼坯就利用瓦斯切割咀切成一定的长度，用运输机械把它們送到軋鋼車間或者送到成品仓库。这样，連續浇注过程一直繼續到盛鋼桶內沒有鋼水为止。

在工业规模內采用金屬連續浇注首先是在有色冶金中特別是在輕金屬和合金（鋁合金、鎂合金等）的浇注領域中获得发展的。在苏联，輕金屬和合金連續浇注的創始人是B. A. 李瓦諾夫，C. M. 沃罗諾夫和B. И. 多巴特金。很快掌握这种工作方法是由于有必要急剧改善金屬质量，特别是对于航空工业用金屬。获得輕金屬和合金鑄造坯料的条件較比容易，因为它们物理条件好——熔点低，热传导和导溫性高。

在炼鋼生产中采用連續浇注过程就要困难一些。鋼的熔点要比輕金屬和合金高好几倍，而热传导和导溫性則要低得多。冶金工作者-試驗研究人員根据鋼的物理性質，为了設法

制造高产量的連續鑄錠装置，不得已才把浇注輕金屬和合金采用的工艺和机器的結構加以根本改变。

在苏联，关于連續鑄錠的研究和試驗工作是由許多科学研究机构和設計机构在工厂紧密合作下进行的。中央黑色冶金科学研究院在理論和試制工作方面有效的成果，是1951年在“紅十月”工厂建設扁鋼坯（150~180）×（600~800公厘）半連續浇注用工业-試驗性装置和1953年在新图拉鋼鐵厂建設各种断面鋼坯連續浇注用工业-試驗性装置的基础。

在1955年，“紅索尔莫沃”工厂的連續鑄錠用工业性装置已經投入生产。

这些装置的工作結果，使得可以在黑色冶金工业中广泛的推广这种过程。

苏联共产党第二十次代表大会的指示中，責成冶金工作者要在很大的规模內推行这种高生产率的連續鑄錠方法，来提高鋼材質量和增加成品回收率。

I. 連續鑄錠裝置結構的規格

連續鑄錠裝置有好多种形式。按照操作中心綫的方向，它們分为臥式的、斜置的和立式的（帶有移動的和不移動的結晶器）。

臥式鑄錠裝置

在1951年发表了德札凱特提出的关于連續鑄錠方法的資料。資料中提出把鋼水注入和盛鋼桶相連接的橫置的結晶器中（一个盛鋼桶用六个結晶器）。結晶器和盛鋼桶直接接觸（在盛鋼桶的下面），应当防止鋼水在从盛鋼桶到結晶器的道路上产生尋常的氧化，並要利用盛鋼桶內鋼水的压力作用在鋼坯和結晶器之間造成較緊密的接觸，來保證鋼坯得到很好的冷卻。在比利时的一个工厂里曾打算建設这样的裝置來澆注断面为 100×100 公厘和 150×150 公厘的鋼坯。关于这个裝置更多的資料沒有发表过。

根据最近的資料，在瑞士柳澤爾納工厂按照罗斯-德斯曼方法建設了一台臥式鑄錠裝置生产 75×75 公厘和 100×100 公厘的鋼坯。

斜置式鑄錠裝置

为了說明斜置式鑄錠裝置的動作原理和結構特点，我們來看一下在苏联已有的两台裝置：在“鑪錘”工厂里的М. Ф. 高尔多賓型裝置和在一個機械制造厂里的И.Я. 格拉那特型裝置。

按照 M.Φ. 高尔多宾方法制定連續鑄錠裝置的过程是从 1938 年开始的。裝置考慮到了使結晶器壁和成型的鋼坯同时移动，也就是鋼坯和結晶器壁沒有相对的运动(图 3)。

这台机器的主要部件是两个与水平面成 10° 角的輸送带(一个在上，一个在下)。当上下輸送带上的鋼質半錠模相吻合时便組成一个空心的槽——結晶器，其长度为 9 公尺，內型与鋼坯断面相适应。这台裝置用平爐鋼水，鋼水先放入一般帶塞杆的盛鋼桶內。鋼水經過一个容量为 1 吨的中間浇注裝置，从盛鋼桶中倒入結晶器，这中間浇注裝置具有砌以耐火材的挺杆伸入結晶器槽中。进入結晶器的鋼水量是利用中間浇注裝置內液面的高低和依靠正确选择装在挺杆上的碳質注入器的直径来調节。

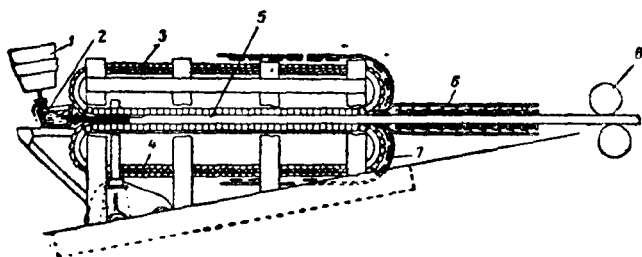


图 3 M.Φ. 高尔多宾型裝置操作原理图

- 1—盛鋼桶；2—浇注裝置；3—上部輸送帶；4—下部輸送帶；
5—鋼坯；6—二次冷却；7—輸送帶冷却；8—拉軋

由結晶器出来的內心还是液体的鋼坯用水进行补充冷却，当其完全凝固后再用氧气乙炔割咀切成定尺长度。

在这台装置上浇注断面为 120×120 公厘和 140×140 公厘的鎮靜和半鎮靜碳素鋼方鋼坯，浇注速度为 5 公尺/分 (650 公斤/分)。装置的生产能力为 25~35 吨/时。在装置上一次可以浇注 35 吨鋼水；鋼坯最大的长度为 220 公尺。

从 1950 到 1955 年，在“鑪錘”工厂的 М.Ф. 高尔多宾型机器上已浇注了約 9500 吨鋼水。很大一部分鋼坯已經軋成焊条絲。

И.Я. 格拉那特型装置安設在一个机器制造厂的平爐車間里，所占面积为 3×20 公尺²，在車間地平面上有 3 公尺和在地平面下有 3.5 公尺 (图 4)。机器的傾斜部分与水平面成 30° 角。

由 20 吨盛鋼桶来的鋼水进入带有挺杆的浇注装置，鋼水沿着挺杆流入結晶器。挺杆的端部装有調节用小水口砖。

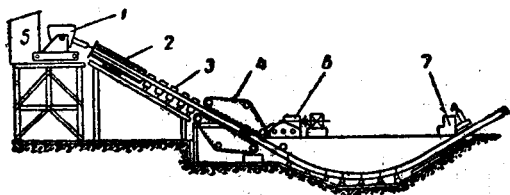


图 4 И.Я. 格拉那特型装置

1—中間漏斗；2—結晶器；3—二次冷却；4—履帶傳動機；

5—操縱台；6—驅動裝置；7—鋼坯切割裝置。

2 公尺长的固定式結晶器是用無縫銅管制成的，管壁厚度为 10—12 公厘。管子利用焊在本身上的空心鋼質加強筋通过螺釘固定在鋼質外壳上。在銅管壁和鋼壳壁之間的通道中用水冷却——用水量約为 130 公尺³/时。

在結晶器下面，鋼坯的表面直接用水通過噴咀進行冷卻。鋼坯切成定尺長度是利用氣體割咀。

增大或者減小鋼坯的拉出速度來定期改變結晶器內鋼液的表面以便控制操作進程以及對鋼管工作表面進行補充潤滑。

從 1952 到 1954 年，在上述工業-試驗性裝置中已澆注了約 4000 噸鋼。斷面為 250×250 公厘的方鋼坯的澆注速度是 $0.8 \sim 1.1$ 公尺/分或者是 $21 \sim 27$ 噸/時。

臥式和斜置式裝置的優缺點

斜置式和臥式裝置的高度不大，與立式裝置比起來，裝設它們能大大節省費用，設備的布置和組織運送成品入加熱爐或入庫的工作也容易。

但是由於它們有很多重大缺點，所以臥式和斜置式裝置與立式裝置比起來其發展前途是較小的。

結晶器斜放時，由於結晶器內鋼液面增大因而促使鋼水更多的氧化。鋼坯在斜置式和臥式結晶器內的凝固進行得不均勻——下面冷卻較快，因而引起金屬組織不對稱。鋼坯沿着固定結晶器下面移動時產生很大的摩擦力，這個力能使得鋼坯凝結殼產生橫向破裂。鋼水流進入結晶器會引起大家都熟知的液面波動和飛濺，這會使得鋼坯表面的質量降低。在斜置式裝置內，對結晶器內鋼液面的狀態也難以進行控制。

裝設斜置式和臥式裝置需要很大的生產面積，因此這不是經常可能的，特別是在已生產的車間內。所以，在本書的編寫當中，主要的注意力都集中在立式裝置上。

立式鑄錠裝置

根据工作原理，立式裝置分为連續的和半連續的。采用前者时，鋼坯在浇注过程中当它在裝置下部完全凝固后就切成定尺长度。鋼坯总的长度不受裝置本身尺寸的影响，也不受盛鋼桶、混鉄爐或爐子的限制。采用半連續浇注时，鋼坯的长度决定于机器的高度。浇注完毕后，鋼坯从机器上取出并切成定尺长度。

立式裝置的布置可以有兩種方案：地上的和地下的。

在第一种情况下，全部工艺設備都布置在特殊的塔架上，架的高度达20~30公尺。地上方案的优点是工作地点能很好的通风；水能从裝置上自然地排出；成品（鋼坯）送到車間地面去的工作比較简单。但是一定要建設高而堅固的厂房—塔架，需要消耗大量經費和金屬結構。把装有鋼水的盛鋼桶送到很高的地方（由車間鑄錠間送到裝置的浇注场）又需要补充投資来装設強大的起重設備。把炼鋼設備布置在連續鑄錠场内（美国“拔柏葛—威尔考克斯”厂就是这样做的），但大量鋼水的浇注問題难以解决。为了預防浇注过程万一发生故障，必須考虑在浇注场内安放錠模的問題，錠模的总容量应与盛鋼桶或爐子的容量相适应，这也給机器的操作带来很多不便。

采用地下方案时，全部主要設備都布置在坑内。浇注场建筑在車間地平面上，利用鑄錠間的吊車进行操作。这样，能節約大量的金屬結構，把爐内鋼水运送到机器上去时不会有什么困难，当过程被违反时，可将盛鋼桶送到鑄錠坑，把鋼水鑄在錠模里。但是，鑄錠裝置布置在地下就需要进行大量

的工作来装备鑄錠坑，需要利用輔助水泵来排水并且需要通风以便为坑下人員造成正常的工作条件。也需要建設专用的起重装置来把鋼坯送上車間地面。

然而，鑄錠装置所需要的輔助水泵和通风机械以及把鋼坯从坑內送上地面的起重設備所花費的經費多少并不是选择鑄錠机器布置方案时的决定因素。

在国外，首先是有塔架式鑄錠装置。美国巴維尔-弗尔斯城的“拔某葛-威尔考克斯”厂的装置（图5）是最有代表性的。随着連續鑄錠过程的发展，鑄錠装置有向地面上布置的趋势。目前在国外有着設備全部布置在車間地面上的鑄錠装置和大部分設備布置在地下坑內的鑄錠装置。但是大多数装置并不是完全属于某一种方案的：例如加拿大“阿特拉斯”钢铁公司的工业性鑄錠装置就是布置在地面下7.3公尺和地面上9.3公尺。

在苏联各个钢铁厂中，现有的和正在建設的立式鑄

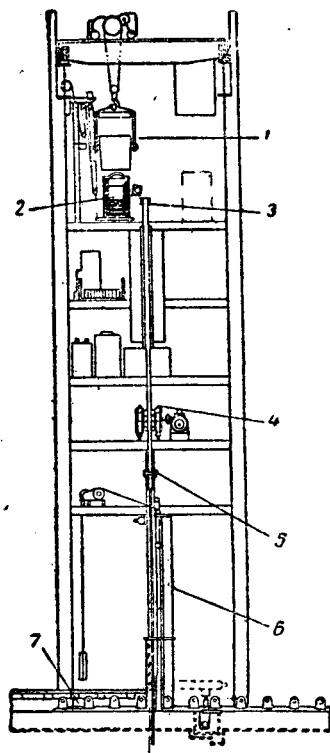


图5 美国巴維尔-弗尔斯城“拔柏葛-威尔考克斯”厂的連續鑄錠装置

1—盛鋼桶；2—感應爐；3—黃銅結晶器；4—抽錠棍；5—乙炔噴咀；6—翻錠机；7—軋道

錠裝置一般都布置在地下坑內。

連續鑄錠裝置的操作原理图如图6所示。

金屬由爐內放入浇注用盛鋼桶內运向鑄錠裝置。鋼水从盛鋼桶內近入中間浇注裝置然后再进入用水冷却的无底錠模

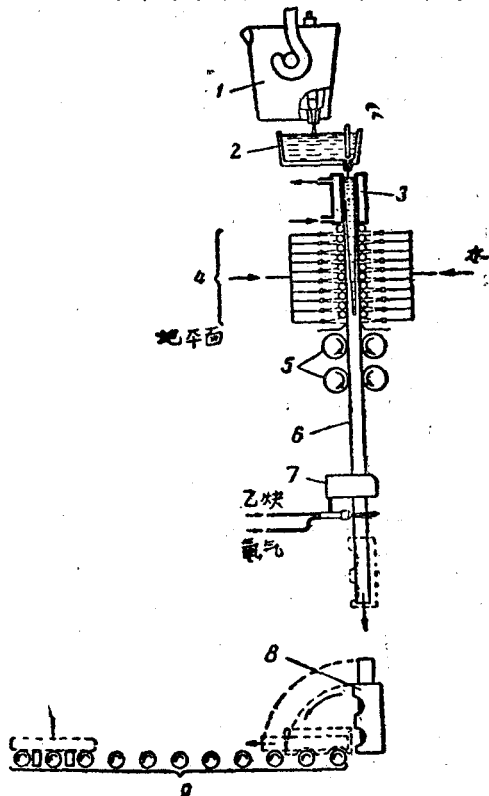


图6 立式連續鑄錠裝置的操作原理图

- 1—盛鋼桶；2—浇注裝置；3—結晶器；4—二次冷却；5—抽錠棍；6—鋼坯；7—气体切割；8—翻錠机；9—輸出軋道