

连续铸锭装置

徐宝陞 著

(内部发行)

冶金工业出版社

連續鑄錠裝置

徐宝陞 著

冶金工业出版社

連續鑄錠是近代冶金工業中的一項新技術，採用連續鑄錠法直接由鋼水獲得鋼坯，不僅可以省去開坯工序，而且可以顯著提高鋼錠的收得率。

近年來我國冶金工作者正在積極從事這項試驗研究工作。本書是作者根據親自參加我國第一批連續鑄錠裝置設計、建設的實際經驗，結合國內外有關文獻寫成的。書中系統闡述了國內外連續鑄錠的發展情況，着重敘述了連續鑄錠的澆注速度、生產能力等重要參數的選擇和測算方法，及其機械設備的構造和性能。

連續鑄錠裝置

徐寶陞 著

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

冶金工業出版社印刷廠印 新華書店發行

——*——

1959年11月第一版

1959年11月北京第一次印刷

印數2,720冊

開本850×1168·1/32·170,000字·印張7 $\frac{30}{32}$ ·插頁5

——*——

統一書號 15062·1903 定價 1.10 元

目 录

序	1
---------	---

第一章 連續鑄鋼概論

第一节 連續鑄鋼簡述	3
第二节 連續鑄鋼的發展和連續鑄鋼裝置的型式	6
一、貝塞麥無銹軋制裝置	9
二、履帶式連續鑄鋼裝置	11
三、水平式連續鑄鋼機	13
四、傾斜式連續鑄鋼機	14
五、曲折式連續鑄鋼裝置	16
六、傾斜式及曲折式連續鑄鋼機的优缺点	18
七、立式連續鑄鋼裝置	19
(1) 加拿大阿特拉斯鋼廠的連續鑄鋼裝置；(2) 美國巴布克和維爾考克斯廠的連續鑄鋼機；(3) 蘇聯新土拉冶金廠的連續鑄鋼機；(4) 蘇聯紅索爾莫沃工廠的連續鑄鋼裝置；(5) 蘇聯斯大林諾冶金廠的連續鑄鋼裝置；(6) 八流連續鑄鋼裝置；(7) 英國鋼鐵研究協會試驗工廠的連續鑄鋼裝置；(8) 法國賀耳才工廠的連續鑄鋼裝置；(9) 周期式鑄鋼裝置；(10) 蘇聯紅十月工廠的半連續鑄鋼裝置；(11) 我國第一台試驗工業型連續鑄鋼裝置；(12) 我國第一台工業型生產的連續鑄鋼裝置	
第三节 連續鑄鋼裝置在車間的位置	43
第四节 連續鑄鋼的經濟效果及發展方向	50
一、在簡化工藝和減少壓力加工工作方面	50
二、成品率的提高方面	51
三、在鋼坯及鋼材的質量提高方面	53
四、連續鑄鋼的發展前途	59

第二章 連續鑄鋼的幾個重要參數

第一节 澆鑄速度	61
----------------	----

一、浇鑄溫度对浇鑄速度的影响	62
二、浇鑄速度对于連鑄裝置高度及操作工艺的要求	65
第二节 鑄坯凝固层厚度及其測驗方法	66
測定凝固层厚度及深相深度方法	
第三节 連續鑄鋼裝置的生产能力	72
一、确定連鑄裝置的作业系数	73
二、确定鑄坯断面及同时浇鑄根数	76
第四节 結晶器及二次冷却区的导热性能	80
一、結晶器的导热性能	82
二、結晶器錐度、浇鑄速度及冷却水流速对于导热速度的影响	87
三、根据結晶器的散热量近似地計算結晶器內凝固层的厚度	89
四、鑄坯在二次冷却区内散热速度及鑄坯內裂产生的原因	92
第五节 与拉断鑄坯凝固层有关的几个因素	97
一、初生成的凝固层强度	98
二、鑄坯与結晶器壁間的阻力及結晶器的潤滑	100
三、結晶器的支架方式与拉断坯皮的关系	103
四、測量拉坯阻力的方法	206

第三章 連續鑄鋼用的机械設備

第一节 盛鋼桶和中間罐	108
一、盛鋼桶	108
(1) 帶塞杆的盛鋼桶；(2) 傾倒式或茶壺式盛鋼桶；(3) 两种盛鋼桶的比較	
二、中間罐	114
(1) 中間罐的容量；(2) 中間罐的結構；(3) 中間罐的水口磚；(4) 中間罐支架	
三、烘烤盛鋼桶及中間罐的工具	126
第二节 結晶器	130
一、对結晶器的要求	130
二、結晶器的尺寸	131
三、結晶器的构造	131
四、結晶器壁冷却水路断面与水压降落的关系	139

五、結晶器的潤滑裝置	141
六、結晶器的振動機構	142
第三节 二次冷却裝置	143
一、冷却水噴咀	143
二、夾輥	152
三、履帶式二次冷却裝置	152
第四节 拉坯裝置	154
一、引錠杆的構造	154
二、托坯輥架	159
三、四联传动齒箱	170
四、万向接軸	170
五、驅動托輥的电动机、变速器及減速器	178
六、鑄坯长度指示器	184
七、截水盤	184
八 半連續鑄鋼机的拉坯裝置	184
第五节 連續鑄坯的剪切設備	186
一、氧氣切割連續鑄坯	186
(1) 立式連續机用的气切設備; (2) 氧乙炔切坯裝置的管綫系統; (3) 气切裝置的切割及控制机件; (4) 挡渣、运渣及通风問題; (5) 气切連續鑄坯的特点; (6) 氧氣切坯的速度; (7) 气切鑄坯的周期時間; (8) 热切鑄坯时氧氣及乙炔的耗用量	
二、連續鑄坯的机械剪切	201
(1) 氧氣切割与机械剪切的优缺点; (2) 剪切热鑄坯所需的冲压力; (3) 剪机行程及刀片尺寸; (4) 剪机的压坯裝置	
第六节 連續鑄坯的承运設備	203
一、翻鋼斗及其驅動裝置	208
二、輸送輥道及其驅動	215
三、推鋼机	218
四、提运机	218
第七节 通风降温及供水設備	230
一 通风降温設備	230

序

像連續澆鑄有色金屬一樣把鋼液連續鑄成鋼錠，是冶金工作者早就想過的事。因為鋼的熔點高，熱含量大，而導熱性又差，在連續鑄錠的工藝上遇見過不少困難，直到近幾年來，這一新的鋼鐵冶金技術才逐步發展成熟，由試驗性的生產逐步轉到工業性的生產。

近三十年來，鋼鐵工業在冶煉方面，壓力加工方面都有過不少改進和相應的新設備的採用，只有在鑄鋼方面還保持着用生鐵錠模把鋼液鑄成一塊一塊鋼錠的老方法。因為鋼液在模內凝固時，不可避免地要在頭部生成縮孔，且尾部會被污物沾染，這樣，只好在壓力加工時把這些部分切去，使費了很多勞力煉出來的鋼液有12~25%變成廢鋼。與此俱來的是人們很費力地為造塊制作錠模，砌湯道磚，塗刷錠模，安放錠模，澆鑄完畢後還要一個個或成組地脫去錠模，取出錠塊。近幾年來，雖然在造塊所用的工具上有過不少改進，但是上述那些繁複的工藝仍然原封不動地重複着。在煉鋼設備的容量日益加大，產量日益增多的煉鋼車間里，鑄錠跨間呈現了擁擠不堪和勞動條件惡化的現象。

還有另外一種現象，就是當把大斷面的鋼錠軋制斷面很小的鋼材時，中間要經過很多道不必要的壓力加工過程。加工大鋼錠所用的機械設備和消耗的动力都是非常龐大的。

連續鑄鋼機的出現，使上述問題都得到了解決。

當然，連續鑄鋼這一新的技術，畢竟還處在發展初期，在提高鑄坯質量，簡化工藝和設備等各方面，都需要進一步的研究與改進。即便如此，現已投入生產的工業性連續鑄鋼裝置，已經顯示出它在經濟指標上和工藝操作上的優越性。

在黨中央提出的優先發展重工業，“以鋼為綱”全面躍進的正確方針政策下，我國的鋼鐵工業正以史無前例的高速度發展着。與此

同时，我們采取大中小相結合，洋土并举的办法，在适合我国的具体情况，全民动员、多快好省地发展钢铁工业的同时，还采用了世界最新的技术成就来装备我们的重点企业。这就对推广連續鑄鋼技术提出了迫切的要求。在1957年，建成了一台試驗工业性的連續鑄鋼机；1959年，一座工业性生产的連續鑄鋼装置和一座半連續鑄鋼机先后投入了生产，預計还有很多冶金厂将于最近建立連續鑄鋼装置。

作者参加了国内第一批連續鑄鋼装置的设计及試生产，把积累的初步經驗，并参考国内外有关文献，写成此書，聊供从事这项工作的同志参考。由于作者見識及經驗都不多，不妥之处在所难免，希望讀者随时指正。

1959年5月于北京钢铁学院

第一章 連續鑄鋼概論

第一节 連續鑄鋼簡述

連續鑄鋼不同于普通澆鑄鋼錠的地方在于，它不是把鋼液澆注在一個個的生鐵鋼錠模內，而是把鋼液連續不斷地澆注在一個或一組水冷的無底的銅模內，已經凝固的鋼坯被繼續不斷地從無底銅模的下口抽拉出來。這樣就把一桶鋼液澆鑄成了一根或數幾根很長的鋼坯。為了便於運送和加工，在澆鑄的同時，就把鑄成的鋼坯切成適當的長度。因為鑄坯凝固的速度很快，所以鋼液內有害成分來不及偏析，同時又生成了較細致的晶粒。因為是連續澆鑄而成的長坯，除了最後一段和最初一段外，沒有像一般鋼錠那樣切頭切尾的必要，因此鋼液鑄成鋼坯的收得率比較高。

連續鑄鋼裝置有好幾種型式，在工業上廣泛採用的連續鑄鋼裝置，可以用圖1來說明。

盛鋼桶內的鋼液，先放流到一個較淺的中間盛鋼桶（簡稱中間罐）內，因為中間罐內鋼液的靜壓力小，所以從它的水口流出來的鋼流比較和緩，也易於控制。鋼液出中間罐即流到一個特殊的錠模內，這個特殊模子叫做結晶器，它是用紫銅作內壁，用鋼或生鐵作外壁，內外壁之間有4~5毫米的空隙，以備高速流動的冷卻水從中流過，使鋼液在銅壁內腔很快的結成硬殼。在開始澆注的時候，結晶器的底部是用一根相當於鑄坯斷面的鋼棒臨時堵住的，這根鋼棒叫做引錠杆。引錠杆上端有燕尾槽或鉤頭釘，插在結晶器內，和凝固的鋼坯尾部相銜接；下端被夾持在拉軋中間。澆鑄開始以後，開動拉軋，慢慢地把凝固的鋼坯從結晶器內抽拉出來。初出結晶器的鋼坯，內心還是液體狀態，它的深度叫做液相深度。鋼坯在二次冷卻區被噴成霧狀的冷卻水繼續冷卻，直到完全凝固為止。為了引導鑄坯及引錠杆正確的向下運行，并

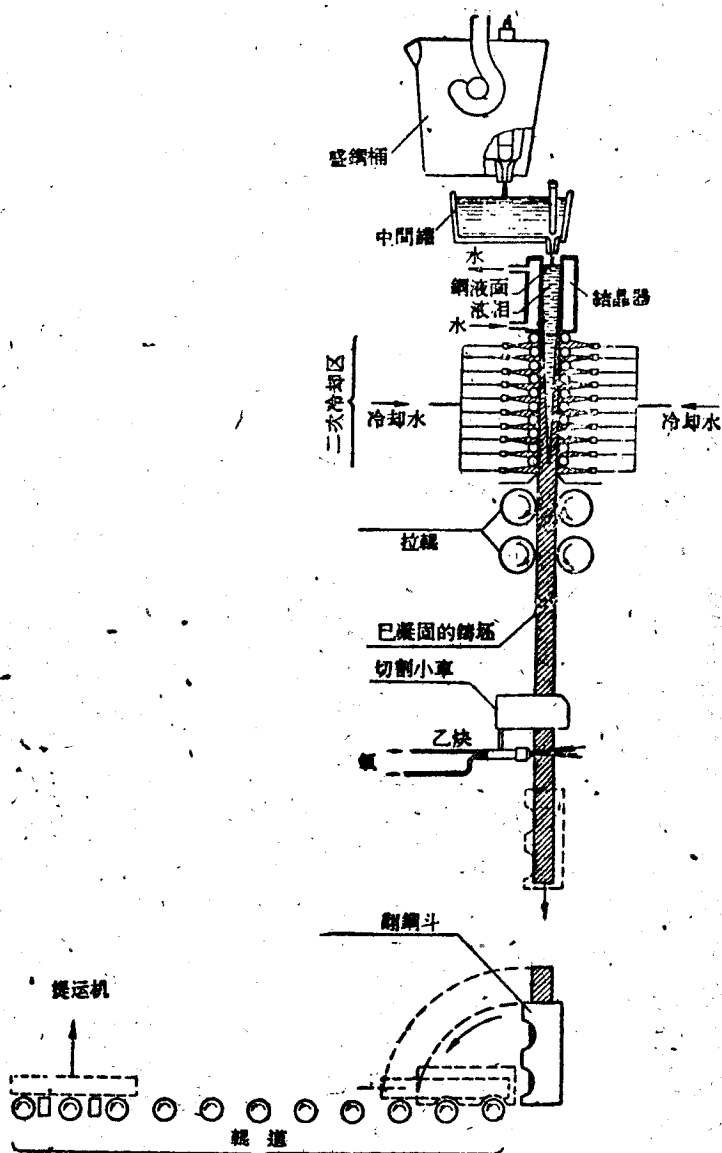


图 1。立式連續鑄鋼裝置示意图

防止鑄坯因內部鋼液靜壓力而發生鼓肚現象，在二次冷卻區內安裝着很多夾輓，用來扶抱鋼坯。拉輓是由一對，兩對，甚至三對輓子組成，好似橫臥的軋鋼機架一樣，它的作用是把鑄坯夾住（最初是把引錠杆夾住）慢慢向下抽拉。因為鑄坯本身很重，無須另外用力抽拉就會自由下落，所以拉輓的作用實際上是把鑄坯托住慢慢向下放，只有當鑄坯在結晶器內發生嚴重粘結（有時把粘結現象叫做“懸掛”現象）時才起抽拉作用，因此拉輓也可以叫做托輓。已凝固的鑄坯，用氧氣切割器或用飛剪切成定尺長度。切下的鋼坯用翻鋼斗接着，翻倒在輸出軌道上，最後用運輸機運至適當地方堆存或立即加工。

以上是連續鑄鋼工藝的簡單介紹。

半連續鑄鋼的工藝基本上和連續鑄鋼相似，只是它所鑄成的鋼坯不在澆鑄進行的時候切割，而是在澆鑄終了之後再進行切割。拉坯裝置也比較簡單些。

圖2表示一台簡單的半連續鑄鋼裝置。鋼液從盛鋼桶1

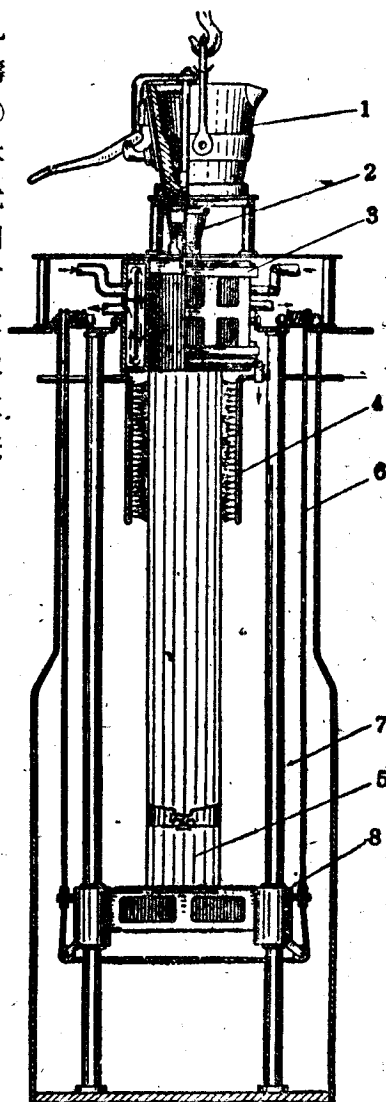


圖2 簡單的半連續鑄鋼裝置

放到流鋼槽或中間罐2，然後流進結晶器3，鋼坯被拉出結晶器以後，在二次冷卻區4被噴水所冷卻，這些都和連續鑄鋼一樣。這台機器的拉坯設備包括一段短的引錠杆5，它是固定在可以上下滑動的橫梁8上，後者靠鋼繩6的索引，能沿着兩根立柱7上下移動。在開始澆鑄時，引錠也是插入結晶器內作為結晶器的活底。在澆鑄進行中，橫梁慢慢下降，鑄成一根長的鋼坯。澆完時脫開引錠杆上有燕尾槽一段，把鑄成的鋼坯從上面吊出來。

以上是半連續鑄鋼工藝的簡單介紹。

第二節 連續鑄鋼的發展和連續鑄鋼裝置的型式

連續澆鑄有色金屬，已經有將近三十年的歷史了。現在所採用的連續鑄鋼方法，是從連續澆鑄有色金屬的經驗中推演出來的。其實連續鑄鋼這一概念和方法，早在上一世紀就由亨利貝塞麻提出過。不過沒有得到發展，直到第二次世界大戰期間，才又展開了連續鑄鋼的研究。現有的連續鑄鋼裝置，大都是在1946年後建設起來的。因為鋼和有色金屬有不同的物理性能（參看表1），所以連續鑄鋼和連續澆鑄有色金屬有下列不同的特點〔1〕：

1. 鋼的熔點高，澆鑄溫度也高（ $1500^{\circ}\sim 1600^{\circ}$ ）因而對結晶器的材料及結構，輔助設備，及耐火材料等有更高的要求。

2. 鋼的熱含量大，使結晶的結構及材料的工作條件和鑄坯的二次冷卻條件複雜化。

3. 鋼的導熱率低，沿軸向散熱幾乎是可以忽略的。

4. 鋼的溫度傳導率低，因而使得鑄坯的冷卻速度及結晶速度也是很低的，特別是高合金鋼。

5. 由於鋼液的溫度高，因輻射而散熱的速度遠比有色金屬快，為了預防鋼液在盛鋼桶及中間罐內中途凝結，須用高速度澆鑄。

表 1

鋼，鋁及黃銅的物理性質

金 屬	導熱度， 大卡/米 ² ·小 時·°C	溫度傳導度， 米 ² /小時	比重， 公斤/米 ³	熱容量或 比熱， 大卡/公斤 °C	熔點， °C	熔 解 熱			液體金屬含熱量	
						大卡/公斤	大卡/分米 ³	大卡/分米 ³	大卡/公斤	大卡/分米 ³
鋼，在20°C時	44	0.048	7810◆	0.116	1460	65	490	—	330	2500
鋼，在1200°C時	29	0.024	7550	0.160	—	—	—	—	—	—
鋁	300	0.347	8930	0.097	1080	50	451	—	176	1570
鋁	165	0.272	2700	0.225	650	92	248	—	263	710
黃銅	90	0.114	3550	0.092	900	44	374	—	160	1360

6. 由于结晶速度慢，铸坯离开结晶器后，凝成的硬壳不厚，因为内部液压作用会使铸坯鼓胀，甚至冲破外层，因此为了得到优质铸坯并保持可能高的浇铸速度，必须在结晶器下装设有效的二次冷却。

7. 要提高連續鑄鋼裝置的生产能力，必須用比浇鑄有色金屬更高的速度来浇鑄。

8. 由于必須以高速浇鑄，而其结晶速度却很慢，所以生成了很深的液相穴，这就决定了連續鑄鋼裝置須有較大的高度。

研究并解决了上述的困难和矛盾以后，才設計成現在所采用的連續鑄鋼工艺和所用的設備。

連續鑄鋼裝置的型式：

連續鑄鋼裝置的型式，大致可分成六类：

1. 鋼液在两个相对旋轉的輓筒之間结晶凝固。貝塞麦氏最早提出来的无錠軋制鋼板設備就是这一类的代表。

2. 鋼液在两条相对运行的履帶或鋼帶間凝固成坯。高尔达宾式履帶鑄錠机就是这一类的代表。

3. 鋼液在水平的结晶器內结晶凝固，加克特专利的水平連續鑄錠机是这一类的代表。

4. 鋼液在傾斜的结晶器內结晶凝固，格蘭納特式斜式連續鑄机是这一类的代表。

5. 鋼液在垂直的结晶器內结晶凝固，这是广泛采用的一类。

6. 曲折式連續鑄鋼机。鋼液在垂直的结晶器和二次冷却区结晶凝固后，把铸坯弯折成水平方向再进行切割。

采用立式结晶器的連續鑄裝置，按结晶器的振动方式又可分为四种：

1) 按云崗氏 (Junghans) 振动方法振动的，即结晶器以等于拉坯速度的速度向下降落20~50毫米，随即用三倍于这个速度的速度向上返回原位。利用凸輪作振动机构。

2) 结晶器以較高的頻率 (每分鐘100~150次) 自由振动。

也是利用凸輪作振動機構。

3) 把結晶器安放在彈簧上，令其自由振動，不需要特設的振動機構。

4) 結晶器固定不動。近來已不大採用這一種了。

按連續鑄鋼裝置在車間的標高位置，可以分為：

1) 高架式，即連鑄裝置大部分安裝在車間地面上專建的高架結構上。

2) 地坑式，即連鑄裝置大部分安設在車間的地平面以下的地坑內。

按同時澆鑄鋼坯的條數分類，可分為：

1) 單流式，即在一套連鑄裝置上只澆一根鋼坯，試驗性的連鑄裝置多屬此式。

2) 多流式，在一座連鑄裝置上同時澆鑄2根，4根甚至8根鋼坯。

現在把上述各類型連續鑄鋼裝置的實例介紹于下。

一、貝塞麥無錠軋制裝置

圖3表示貝塞麥無錠軋制機的工作原理。鋼液從流槽1流到一對相向旋轉的軋輥2中間，在那里結晶凝固，成為板坯，當板坯經過兩個軋輥形成的最小縫隙的時候，在那里被壓延而成鋼板。可以看出，這不僅是一台連續鑄鋼機，而且同時也是一部軋鋼機，它是把鑄鋼和軋鋼合而為一，所以叫做無錠軋制機。

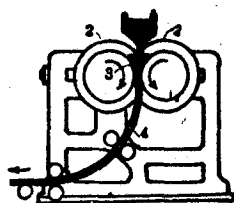


圖3 貝塞麥無錠軋制機
1. 流鋼槽；2. 軋輥；3. 鋼液；4. 制成的鋼板

這種機器因為有下列缺點，沒有得到廣泛應用。

1. 不容易找到一種材料來制造軋輥，使它既有良好的導熱性以利于鋼液的迅速結晶，又具有好的強度和耐磨性以利于鋼的

軋制。在实际生产时，軋輥的消耗比一般軋鋼机的軋輥消耗要多。

2. 用这种方法不可能制成厚的鋼材，因而机器的生产能力是很小的，每分鐘只能浇制 40 到 200 公斤鋼材，把它用在一個稍具規模的煉鋼車間里是有一定限制的。

3. 用这种机器生产出来的鋼材或鋼坯質量不好，有严重的表面疤痕，厚薄不均，邊緣裂紋，产生夹层，以及化学成分偏析等現象。

后来海茲利特〔2〕把貝塞麦的无錠軋制机改成像图 4 所示的新型无錠軋制机，工作情况有所改善。海茲利特把原来水平安装着的一对軋輥改成上下垂直安装着，并且在下軋輥上套着一个直径为 6 米的鋼环 4，上軋輥 2 是牵引軋，下軋 3 是鋼环 4 的支承軋。軋輥及鋼环的旋轉綫速度高达每分鐘 150 米。鋼液从流槽 1 浇到鋼环 4 的面上，因为鋼环轉的很快，附在上面的鋼液层很薄，

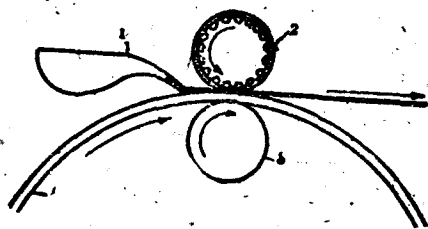


图 4 海茲利特新型无錠軋制机

1. 流鋼槽； 2. 牵引軋； 3. 支承軋； 4. 大鋼环

便很快地結晶凝固，随后再經過小軋輥 2 压延一道，成品的質量比用貝塞麦无錠軋制机得到的成品好些。海茲利特用它来生产过厚度到 0.4 毫米，寬度到 75 毫米的紫銅帶，黃銅帶和砂鋼帶，表面情况良好，也沒有夹层現象。但是，这种机器仍然具有貝塞麦无錠軋制机的其他缺点。

二、履帶式連續鑄鋼裝置

图5表示装在苏联“鐮刀与鏈子”工厂的一部履帶式連續鑄鋼机，是工程师高尔达宾（М.Ф. Голдобин）設計的〔3〕。

自图上看出，这部机器的結晶器是由两条相向运动的无极运输鏈3及4形成的。运输鏈由齿輪传动，在鋼鏈的环节上装有形成鑄模的鋼模块，这个模块紧紧地相接着，形成一条相当于鑄坯断面的长槽；鋼液就在这个长槽內結晶凝固。这一部分叫做鏈式結晶器。鋼液从盛鋼桶1流到中間罐2，中間罐有一个长的流鋼管伸入鏈式結晶器的左端，調节中間罐內鋼液面的高低，可以控制流入結晶內鋼液的数量。凝固的鋼坯7随着履帶的移动，及由于拉輥8的牵拉，离开了結晶器，进入二次冷却区6，后者是由数段冷却水箱組成的。在拉輥之后，装有氧乙炔切割器（在图上未表示出来）將鑄坯切成适当的长度。履帶結晶器吐出了紅热的鋼坯以后，在返回的路程上被一系列的冷却噴水咀5所冷却，使它的溫度不致太高。

整个鑄鋼裝置的中心綫，如以結晶器的中心綫为准，是和地平面成 10° 傾角安裝着。結晶器的有效长度是8.5米，中間罐內容納鋼液1000公斤，其中鋼液深度約为450毫米。履帶結晶器可浇鑄 100×100 毫米到 150×150 毫米的方鋼坯，也可以浇鑄 100×250 毫米到 140×500 毫米的扁鋼坯，鎮靜炭素鋼及半鎮靜鋼皆能浇鑄。拉坯速度最大可达到5米/分。生产能力最高可达到35~45吨/小时。

为了改善鑄坯表面情况，在模块上須薰一层油烟，或涂上一层油料。但是关系鑄坯表面情况最重要的因素是模块的表面光洁程度。

这部鑄鋼机自1950年至1955年已試浇了大約9500吨鋼，它的某些部件尚在繼續研究改进中。最近在“紅苏林”工厂安装的高尔达宾履帶式連續鑄机上有两个結晶器，由两个中間罐供給鋼液，設計能力是65吨/小时，年产量为10万吨。