

连续铸锭

M.C.巴依青柯 著

孙 瑋 知 水 譯

冶金工业出版社

連續鑄錠

M.C.巴依青柯 著

孫 瑋 知 水 譯

冶金工业出版社

М С БОЙЧЕНКО
НЕПРЕРЫВНАЯ РАЗЛИВКА СТАЛИ
Металлургия (Москва 1957)

連續鑄錠

孙 瑋 知 水 譯

冶金工业出版社出版 (北京市灯市口甲45号)

北京市書刊出版业營業許可証 出字第093号

冶金工业出版社印刷厂印 新华書店发行

— * —

1959年11月第一版
1959年11月北京第一次印刷
印 数 3,012 册

开本850×1168·1/32·185,000字·印张7 $\frac{12}{32}$

— * —

統一書号 15062·1930 定价 0.94 元

作 者 的 話

金屬的連續鑄錠技術飛快的發展着，因此很有必要定期概述它的发展过程。随着有色金屬及各种合金（紫銅、黃銅、鋅、鋅）的連續澆注不斷发展的过程及其在工业上的应用，十分明确的指出了連續鑄鋼工作的方向。連續鑄鋼已广泛的在苏联，奥地利，德国，法国，英国，美国及加拿大得到发展，那里在實驗室进行研究工作的时候，也在工厂規模較大的試驗設備上进行着試驗工作。这些研究工作；一方面是繼續发展貝斯麦（1858年）在英国提出的无錠軋制，如美国的黑兹里德（1930—1954年）和苏联特殊鋼局的无錠軋制組在进行无錠軋制的研究（1936—1941年），另一方面是关于連續澆注有色金屬及其合金的研究工作。首先是德国特罗茲（1900年），其次有德国和美国的容汉斯和罗斯（1930—1954年），在苏联B.A.里万諾夫，B.И.多巴特金等也在研究。根据这些經驗及其理論基础，分析实际結果及估計到鋼及其合金的物理性能和鑄造性能，可能很順利的发展連續鑄鋼过程。

作者的任務是敘述連續鑄鋼的发展过程，同时研究了选择工艺及机器結構参数的主要情况。这些是依据国外及国内已公布的資料，本書有些地方整段的引用了这些資料。

本書系根据苏联冶金出版社“Непрерывная
разливка стали”1957年版譯出。

書中闡述了有色金屬、黑色金屬和合金半
連續澆注和連續澆注过程的近况並介紹了連續
澆注的冶金基础。

本書对外国和苏联近代連續注鋼的发展情
况作了評論，而且研究了一些技术設備。

書中列有連續鑄錠的工艺参数和連續鑄坯
与模鑄鋼錠的質量对比結果。

研究了有关連續鑄錠法的发展远景和經濟
問題。

本書适用于冶金工程技术人員，也可作为
冶金学院学生的参考用書。

此書由孙璋、知水合譯，由邹水竹总校對。

目 录

序言	1
✓第一章 有色金屬及各种合金的无錠軋制与連續浇鑄之现状	2
1. 有色金屬和鋼的无錠軋制	6
2. 有色金屬及合金的連續浇鑄	16
3. 連續鑄錠过程的特点及鑄坯的質量	38
✓第二章 連續浇注有色金屬的冶金基础及其規律	48
第三章 外国連續鑄鋼的现状	61
1. 机器結構	98
2. 鋼的熔炼及浇鑄	112
3. 連續鑄鋼的鑄坯質量	123
第四章 苏联的連續浇注	155
1. 中央黑色冶金科学研究所結晶器的結構	157
2. 新土拉冶金工厂的連續鑄鋼設備	160
3. “紅索尔莫沃”工厂的工业性連續鑄鋼設備	165
4. 圓、方鑄坯的質量	167
5. 矩形鑄坯之質量	169
第五章 連續鑄鋼的冶金原理及其規律性	177
1. 連續鑄鋼过程的基本因素	177
2. 連續鑄鋼过程可能的方案	186

3. 連續鑄鋼過程的規律性.....	189
4. 連續鑄鋼最合理工藝過程的選擇.....	194
5. 連續鑄鋼過程的經濟價值及發展遠景.....	212

參考文獻.....	228
-----------	-----

序 言

連續鑄鋼問題很多年來一直使黑色冶金工作者感到興趣。

連續鑄錠的優越性在有色金屬方面比在黑色金屬方面更早的証實了。連續鑄錠在煉鋼工作中遇到了很多困難，因此它比在有色金屬中推行得慢得多，原因是：1) 低熔點的金属比較容易控制澆注；2) 現代化連續鑄錠的生產能力在有色金屬方面比黑色金屬更加適應熔煉爐的容積。

只有在最近才公布了一些資料：阿特拉斯——斯季爾工廠連續鑄鋼能力已達每小時32噸，蘇聯的“紅索爾莫沃”工廠用50噸的鋼包澆注。現在已經可以說在兩個或數個結晶器中能連續澆注100噸以上的鋼水。然而在一個結晶器中連續澆注大量金屬的澆注速度尚未研究出來。

為了連續鑄錠的繼續發展，目前已確定必須解決以下幾個主要問題。

1) 研究結晶器中冷卻金屬向下運動的過程實質。這裡無疑的比研究一般向鋼錠模中澆注有着比較複雜的綜合性問題。

2) 金屬接近其熔點時的強度。

3) 鋼錠與鑄模之間的热交換條件、机理以及限制拉坯速度的主要因素等。

4) 金屬的流動性。

5) 研究結晶器的合理結構。

6) 研究鑄坯合理的二次冷卻條件及二次冷卻結構。

7) 鑄坯內部應力形成的机理以及消除的方法。

當前最主要的問題乃是使連續鑄鋼過程應用在現有的冶金工廠煉鋼車間及機械製造廠里，並使其產生經濟效果。

第一章 有色金屬及各種合金的无

錠軋制与連續澆鑄之現狀

鋼錠和有色金屬錠的質量是獲得優質鋼坯或壓力加工（軋制、鍛造、擠壓）鋼材的基本條件。金屬錠的性能（塑性、強度等）直接取決於它的內部組織，而後者又由澆注和結晶條件決定。從鋁錠、鋁合金錠的生產實例中即可看出：由於工業上對能確保獲得高質量坯料的大型鋁錠、鋁合金錠需要量的增長，因而使用固定生鉄模的舊澆注法，很快就為薄壁水冷模和直接冷卻鑄坯的現代的有色金屬連續澆鑄法代替了。

金屬的連續澆注法，在其發展上，有三個基本方向（見圖 1 所示）。

1) 把熔爐或澆包中的金屬液，直接拉成鑄坯的方法（圖 1, a 和 б）。

2) 連續（迴轉）模澆注法（圖 1, в 和 г）。

3) 水冷模（結晶器）澆注法（圖 1, д, е 和 ж）。

第一種和第三種方法的特点是：凝固着的金屬沿着固定的（或移動的）呈垂直或水平放置的結晶器器壁移動。因之，鑄坯與結晶器壁間有相對運動。

而在第二種連續澆注法中，凝固着的鑄坯與結晶器一起移動。所以鑄坯與結晶器器壁間沒有相對運動。

第一種連續澆注法是使金屬液經過熔爐、坩堝或澆包底部的小孔，直接注入分別與它們相連的結晶器中。金屬液，由於結晶器的散熱而發生凝固；鑄成的金屬坯用拉軋拖出。在美國，經阿札爾柯改進後的愛爾德列德連續澆注機，就使用着這種方法 [1]。

愛爾德列德連續澆注設備（圖 2），使用石墨質厚壁鑄模

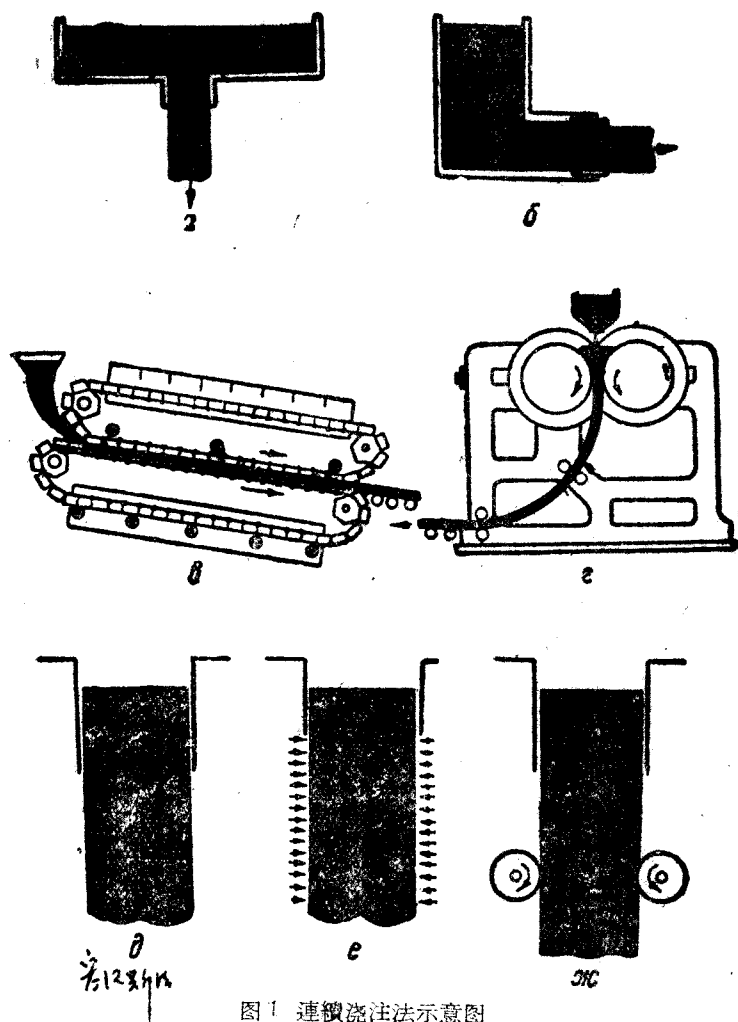


图1 連續浇注法示意图

——結晶器。金屬液由用石墨板衬砌的爐底或包底注入垂直的結晶器中。包底或爐底紧裝着若干个各自冷却的結晶器。各結晶器中的鑄坯单独拉出，互无关联，在出口处由环状儲水箱噴出的水流冷却。由于通过石墨結晶器器壁的热传导进行的很慢，因此直

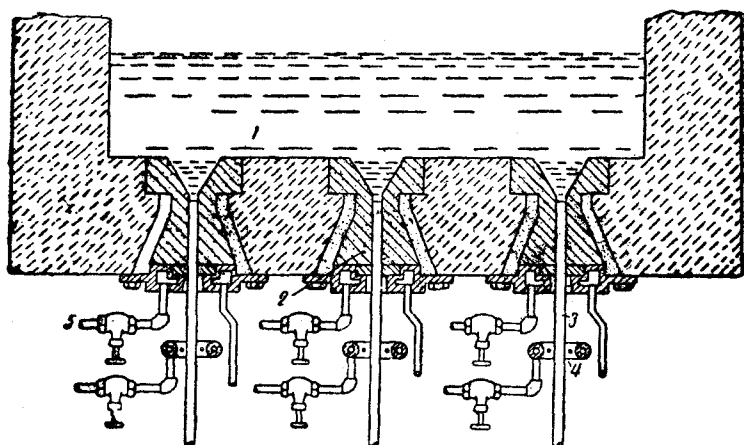


图2 爱尔德列德連續浇注装置

1—金屬液；2—石墨結晶器；3—棒材；4—棒材冷却；5—結晶器冷却

径为25、50、75毫米鑄坯的拉引速度仅是150~200毫米/分。用炭粉层防止熔爐中或澆包中的金屬液被氧化；使用自动溫度調節器的結果，金屬液的溫度波动范围不大。更換毀損的結晶器时，并不影响其余結晶器的正常浇注工作。

鑄出的鑄坯組織致密，有良好的机械性能及平滑的表面。

美国斯米勒青和利夫尼公司的冶炼厂（图3）使用着阿札尔柯連續浇注法〔2〕。銅質水冷衬套的石墨結晶器，像在爱尔德列德連續浇注法中的一样，装在供加热及浇注金屬的爐子的底部。用拉軋从結晶器中拉引出金屬錠，并切割成一定长度。用这一方法浇注直径11~125毫米的空心管坯及实心圓鑄坯时，拉引速度为：150~300毫米/分。浇注大型鑄坯时，采用装設成圓形的噴霧器噴水，直接冷却从結晶器中拉引出来的鑄坯。用低頻傾动式熔爐熔化金屬，将从熔爐中傾倒出的液体金屬，注入一个用石墨砖衬砌的加热保温和貯存的爐中。使用氮气作为保护气氛。这种連續浇注方法，只用于浇注磷青銅和鉛青銅（含25% Pb、13% Sn、10% Zn、5% Ni）。鑄出的金屬錠表面光滑，具有致密的

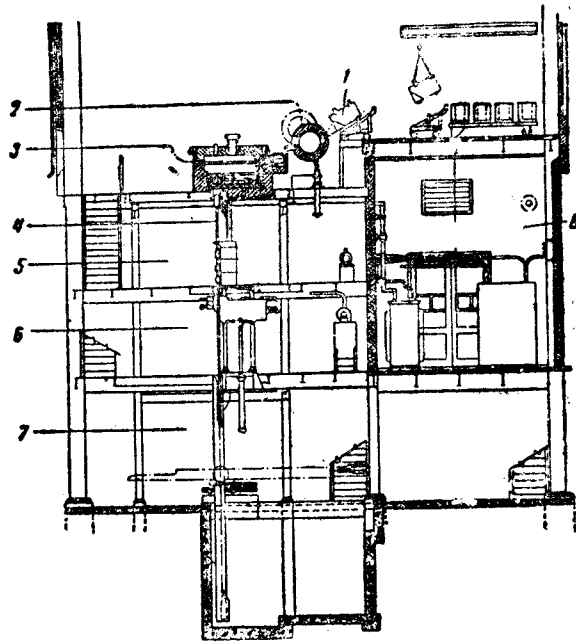


图3 阿札尔柯連續浇注机

- 1—装料；2—熔炼爐；3—浇注爐；4—鑄坯；5—拉輥；6—飞輪；
7—卸鑄坯；8—变压器室

細晶粒組織。爱尔德列德和阿札尔柯連續浇注法简单的結構，很久吸引着发明家的注意。

这种連續浇注法的主要优点是：进入結晶器的金屬純淨；以及可能达到操作过程全盘自动化。其基本缺点在于：石墨結晶器的耐用性小（仅24小时）及設備生产率低。这种方法显然不能适用于須要較强烈冷却的大断面鑄坯。因此，阿札尔柯和爱尔德列德連續浇注法即使在有色冶金中也没有得到广泛的应用。

除上述从直接与熔爐或浇包底相連的垂直石墨結晶器中，拉引出有色金屬鑄坯的連續浇注法外，获悉，在比利时根据查凱特的专利权〔36，37，38〕作成的用水平結晶器直接与浇包相連的連

續澆鑄機也已开工 (圖 1, 6)。

連續 (迴轉) 模澆注機有二種型式: (1) 傳送帶式連續澆注機——由一對繞過轉動輪的循環鏈環組成 (圖 1, 6)。(2) 無錠軋制機——由一對迴轉輥組成 (圖 1, 7)。

圖 4、5 所示即是密蘭及馬杰斯和拉施的傳送帶式連續澆注機。在鏈環上固定着具有確定斷面的鑄模。鏈環的另一端相互銜接形成相應方的、圓的斷面, 金屬液就注入其中。依據金屬液注入的情況, 鑄模與凝固着的鑄坯一起移動, 此時下部鏈環打開, 放出凝固着的鑄坯, 而在澆注機上部接上新的鑄模。這種澆注機又有傾斜的及直立的兩種。美國在第一次世界大戰期間, 曾用密蘭連續澆注機澆注了將近一千噸直徑為 22~37 毫米的黃銅棒材。

這一方法的主要困難是, 須使鏈環的各部份之間相互緊密銜接。銜接不緊密時, 金屬會流入各節縫隙中, 由於收縮困難, 凝固時鑄坯上產生橫裂紋。此外, 周期性地加熱、冷卻, 大大地縮短了“鑄模”的使用壽命。整個機器的零件制作及安裝是複雜的, 以致使用這種連續澆注機, 操作上及經濟上的贏利性是很小的。這種傾斜式和直立式連續澆注機的試驗結果, 對於連續澆注法的進一步發展, 沒有什麼貢獻。

從冶金學的观点看來: 這種連續澆注條件下的結晶過程, 與用普通鋼錠模法比較, 沒有特殊的優越性, 因之也不能期望鑄坯質量有所改善 [1]。

可以這樣說, 雖然傳送帶式連續澆注機的發明已有五十年之久, 可是始終沒有在工業上使用。

1. 有色金屬和鋼的無錠軋制

隨着飛機、汽車製造業的迅速發展, 對有色金屬及鋼的薄板、帶材的需要量大大增長 (美國在 1929~1930 年間, 薄板生產量已由占全部軋材的 37.8% 上升到 47.1%)。因之需要供應的半連續式及連續式薄板軋機的数量亦趨增加, 這就引起了對工業規

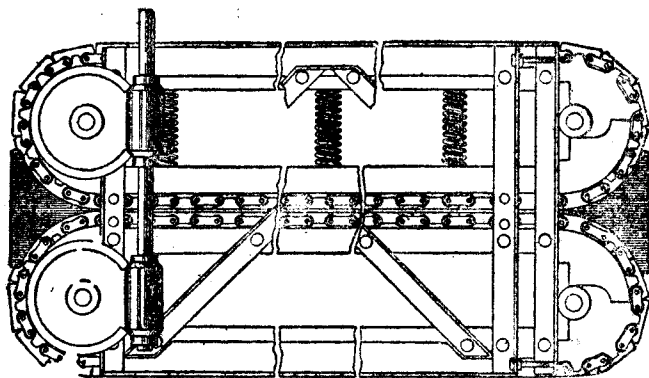


图 4 密兰浇注机

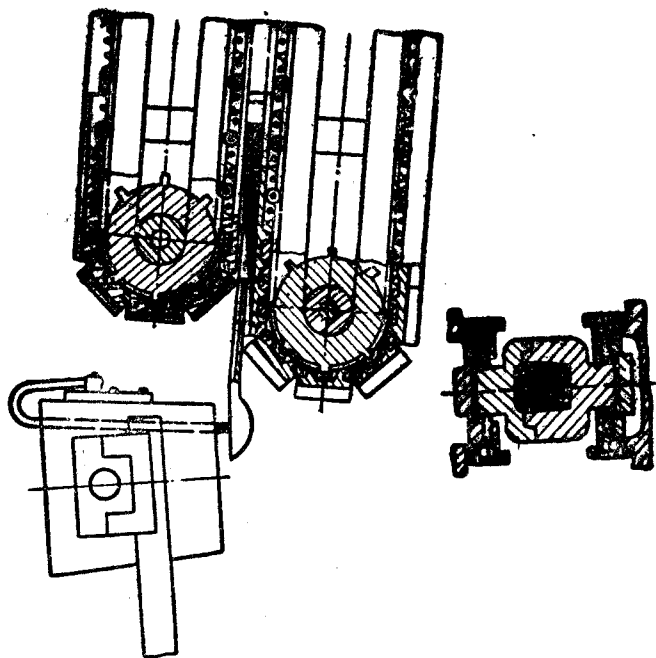


图 5 馬杰斯和拉施浇注机 (美国专利编号342920)

模的大型迴轉輥式无錠軋制过程的認真研究。无錠軋制机应供应坯料，供热軋机或冷軋机繼續加工成薄板和带材。

苏联对无錠軋制过程的問題作了最詳尽而全面的研究〔3、4〕。在美国，发明者赫爱兹里特在1930年間曾作过有色金屬和

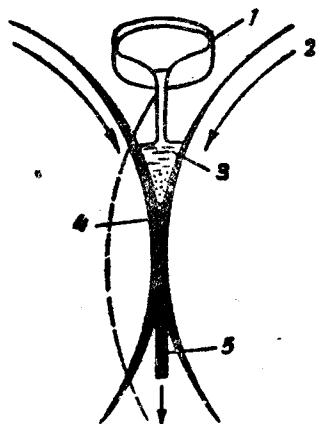


图6 貝斯麦无錠軋制过程示意图

1—澆注裝置；2—迴旋对輥（其一有凸緣）；3—金屬液；4—凝固金屬壳，軋制过程中折断时在鑄坯表面上留下的皺折；5—鑄坯

鋼的无錠軋制試驗〔1, 5, 6〕。

在苏联和美国均研究过貝斯麦式(图1, r, 图6)的无錠軋制。貝斯麦无錠軋制的方案是：将液体金屬注入一对迴旋輥間的空隙中；注入的金屬在此凝固，随而变形。

貝斯麦无錠軋制过程的基本特征是：在一对迴旋輥間連續地进行着金屬浇注、凝固、变形三个工序。

1935~1936年間，赫爱兹里特已經标售有色金屬的无錠軋制机了。同时宣布炭素鋼、不銹鋼、矽鋼的无錠軋制已試驗成功

〔5〕。在以后的报导中曾指出：在研究有色金屬及鋼的无錠軋制过程中碰到了一些困难〔6〕。《在这一无錠軋制机上試驗性地軋出了完全令人滿意的合金鋼带。用同样方法又軋出了少量炭素鋼带。

然而，彻底解决无錠軋制問題，远不像初看起来那么簡單。得到令人滿意的內部組織这一問題，曾是許多实验者的障碍。但我們所作的某些重大改进，使得一家公司在不久前已能訂制試驗用的大型无錠軋制設備〔7〕》。

在苏联和美国研究有色金屬及鋼的无錠軋制时所产生的問題中，必須提出下列几項：

1. 迴旋輥制造材料的选定有很大困难；由于它們經受着金屬液的作用，因之使用期限很短（图7），无錠軋制中迴旋輥的消耗要比通常热轧时軋輥消耗大的多。

2. 无錠軋制机的鑄鋼生产力很低，平均仅为：40~200公斤/分。因为浇注設備需要保温，使浇注过程大为复杂化，这就产生了很大困难。

3. 作为薄板或带材坯料的有色金屬及鋼的鑄坯，其質量之低劣实出人意料。



图7 无錠軋鋼机迴旋輥

起初按貝氏方案进行无錠軋制时，对所得的鑄坯質量問題并未有过怀疑。当时估計：无錠軋制的扁坯質量，按其低倍、高倍組織应較由具有各种缺陷（如縮孔、中心疏松、偏析及其他）的普通鋼錠軋成的扁坯，有很大改善。又曾估計：迴旋輥間鋼流的冷却速度很大，而且又同时对冷却着的或中心部还是半液体状态的鑄坯进行了压力加工，这样应保証能获得細晶粒組織。因为从无錠軋机出来的成品应是薄的，6毫米及6毫米以下的扁坯，这些推測显得更有根据了。迴旋輥表面强烈的冷却作用，扩大了細晶

粒組織區。柱狀晶帶擠向半液體金屬的形變區中，由之就阻止了晶粒長大，獲得細晶粒組織。扁坯形成的過程很短，因而不會發生化學元素的偏析現象。由於迴旋輥間的压力，鑄坯中心不應產生氣泡。然而，不同鋼種的多次澆注試驗表明：無錠軋制所得之扁坯有着很多疵病：飛翅、裂邊、長度及寬度上的厚薄不均勻、表面不平（圖8），大大地降低了鑄坯質量，并使下一工序的加工發生了困難。對上述缺陷的研究結果指出：它們產生的根源在於無錠軋制機的有輪緣及刮板的迴旋輥的自身工作過程。

無錠軋制的鋼坯表面很壞，有滴狀夾雜物、重皮（《腦皮狀》表面）、結疤和裂紋（圖9）。

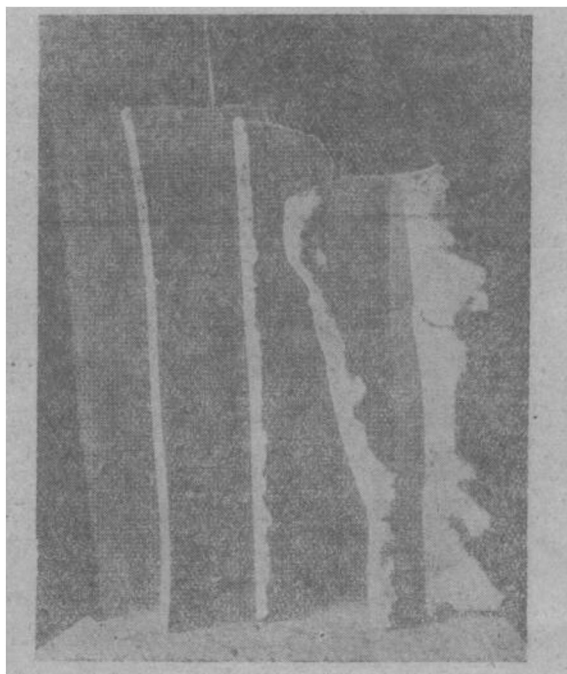


圖8 無錠軋制帶鋼的缺陷

顯然，由於金屬液在迴旋輥間分布不均勻，就使得鑄坯寬度