

B·Г·列德科夫著

带钢的连续酸洗

中国工业出版社

本书介绍了热轧宽带钢轧机的产品、带钢上氧化铁皮的状态及性质、连续酸洗机列的设备及其工作。分析了酸洗过程，介绍了酸洗溶液状态图的实际应用。列举了合金钢及不锈钢的酸洗方法，指出了清除带钢上氧化铁皮的新方法的发展方向。

本书可供轧板车间的工程技术人员、机械制造工厂的设计人员及工厂实验室的工作人员阅读。

В. Г. Ледков
НЕПРЕРЫВНЫЕ ТРАВильНЫЕ ЛИНИИ
МЕТАЛЛУРГИЗДАТ МОСКВА-1961

* * *
带钢的连续酸洗

方一鹤 译

*
冶金工业部科学技术情报产品标准研究所
书刊编辑室编辑（北京灯市口71号）

中国工业出版社出版（北京东黄城根路10号）
（北京市书刊出版事业许可证出字第110号）

中国工业出版社第三印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

*
开本 $850 \times 1168^{1/32}$ ·印张 $4^{5/8}$ ·字数121,000
1963年12月北京第一版·1963年12月北京第一次印刷
印数0001—1,190·定价（10—6）0.75元

*
统一书号：15165·2692（冶金-457）

引 言

苏联黑色冶金工业的远景发展规划规定，钢板、主要是薄钢板的生产应有显著的增长。在钢材总产量中，钢板应占50%以上。

一半以上的热轧带钢要再加工成冷轧钢板和镀锡薄板。

热轧带钢冷轧前的头道工序是在连续酸洗机列中清除表面上的氧化铁皮。为了符合冷轧板的产量的增长的要求，必须建设新的酸洗机列。

有关热轧及冷轧薄宽带钢的很多技术文献中都阐述了提高轧机生产率的主要途径——提高轧制速度与增大板坯及带钢卷的重量。但是却沒有涉及进一步改善酸洗机列问题的文献。目前，酸洗机列的结构已不能满足冷轧机发展的要求。

现代化酸洗机列中的薄弱环节并非酸洗过程本身，而是带钢的接续过程。

酸洗槽尚有很大的生产潜力。为了使一组酸洗机列可完全供得上一组高速度冷轧机，需要供给酸洗机列以重的带钢卷。

研究过查波罗什钢厂改造连续酸洗机列的经验之后，作者认为，酸洗机列的工作经验在文献中阐述得太不够了，而发表过的资料也仅仅涉及酸洗过程的个别问题。

因此，作者认为编写一本阐述连续酸洗过程主要问题的通俗小册子是有必要的。

目 录

引言	
第一章 薄寬帶鋼的热軋	1
第二章 帶鋼卷及其貯存	6
第三章 連續酸洗机列簡述	12
第四章 氧化鉄皮及其性质	20
氧化鉄及氧化鉄皮的形成 (20) 板坯、半軋件及帶鋼上的氧化鉄皮 (27)	
第五章 硫酸	31
硫酸的性质 (31) 硫酸的品种 (36) 硫酸的貯存 (37)	
第六章 酸洗溶液及酸洗过程	39
溶液的状态图 (39) 酸洗溶液的活性 (45) 酸洗过程 (49) 阻化剂 (52) 溶液的調配 (55) 溶液的分析 (57) 酸洗用酸的消耗 (60) 酸洗帶鋼的表面缺陷 (63)	
第七章 酸洗机列的设备	65
运送帶鋼卷至拆卷机的机械 (65) 拆卷机 (67) 氧化鉄皮破碎机 (73) 矫直机 (81) 橫剪机 (83) 縫合机 (85) 焊接机 (88) 活套坑 (93) 帶鋼卷取机 (95) 酸洗槽与洗滌槽 (96) 烘干裝置 (105) 衬里材料 (106) 酸洗机列的操纵 (110)	
第八章 酸洗机列的生产能力	112
第九章 廢酸洗溶液的利用	122
第十章 电解酸洗及碱法浸蝕的連續式机列	133
第十一章 清除帶鋼上氧化鉄皮的新方法	137
附录	141
参考文献	143

第一章 薄寬帶鋼的熱軋

熱軋寬、薄帶鋼用的寬帶鋼軋機有三種型式：連續式、半連續式和可逆式。軋機型式的選擇決定於軋機的生产能力。根據型號的不同，各種型式軋機的生产能力分別為：連續式的——150~350萬噸/年，半連續式的——150萬噸/年以下，可逆式的——60~70萬噸/年。

在現代化的連續式寬帶鋼軋機上能夠軋制厚度2至6毫米及寬度700至2300毫米的帶鋼。軋成的帶鋼長度達400米。軋成的薄帶鋼卷成卷，並成卷地送至下一加工工序。

熱軋帶鋼的原料為板坯——在初軋機或板坯機上由鋼錠軋成的半成品。近年來，利用連續鑄錠法制造板坯的方法獲得了發展。採用這一方法可省掉在重型軋機上軋制板坯的工序，而且可降低1噸成品板坯的金屬消耗並降低再加工的成本。

板坯的厚度為75至200毫米，在某些情況下達250毫米。

板坯的寬度一般等於成品帶鋼的寬度加上軋制後切邊留量（20~40毫米）。

板坯的長度應是尽可能大的，並決定於鋼錠的尺寸及重量（板坯的最小長度約1800毫米，最大長度為6.0~6.6米）。因此，板坯有各種重量的、並且變動範圍很大——自1.8至10噸以上。

在裝備有寬帶鋼軋機的冶金工廠里，板坯的規格應盡量減少。板坯尺寸中最易劃一的是它的長度。帶鋼的厚度範圍相當小（在2至6毫米範圍內），因而板坯厚度的標準尺寸的種數也是有限的。

板坯尺寸最不容易標準化的是它的寬度。但是實際上有可能按照ГОСТ（國定全蘇標準）規定出不多幾種鋼板寬度的標準尺

寸，这样也还是能够滿足訂购不同宽度鋼板的大多数用戶的要求的。

板坯在检查和清除表面缺陷之后装入加热炉。連續式軋机一般有三至五座連續三段式加热炉。

加热炉的第一段是板坯緩慢預热段；第二段（加热段）是高温段，板坯在其中迅速地加热至預定的最高溫度。在第三段（保温段）中，板坯在高温下保温以便使之整个断面加热均匀。

在第一段中板坯在順着加热炉鋪設的滑行导管上运动；导管的数量及其間的距离，按照被加热并在該軋机上軋制的板坯的长度决定。加热及保温段的炉底由耐火材料砌成。加热至預定溫度的板坯，由推鋼机自炉中推出，經傾斜的平板（滑板）滑至輓道，板坯由輓道送至軋机。

軋机的每一座加热炉的生产能力一般为 100~120 吨/小时，个别情况下可更大（达 180 吨/小时）。

連續式軋机一般有十架四輓式工作机架，这十架順序排列在一条綫上并分为二組：粗軋及精軋（图 1）。

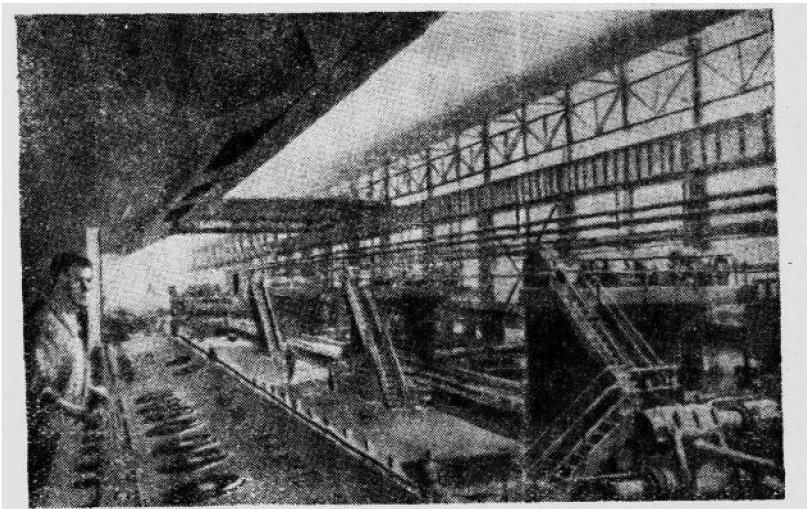


图 1 連續式寬帶鋼軋机外形图。（前面的是粗軋机组）

在每一組四輥式机架之前均裝有一架做为氧化鉄皮破碎机用的二輥式机架。在粗軋机組的氧化鉄皮破碎机上，板坯压缩 4 ~ 5 % 以破坏和压松氧化鉄皮。

在氧化鉄皮破碎机后面装有用水力冲除压松了的氧化鉄皮的装置。带喷嘴的集流管装在軋件（带鋼）的上方及下方。水流的冲击力应等于 1 厘米带鋼寬度上受力 0.9~1.8 公斤，采用一定结构的喷嘴、正确的导向（图 2）和大约 100 大气压的水压（在集流管中的水压）即可获得这一冲击力。水流应不中断地冲刷着带鋼的整个寬度。高压水的喷出由沿軋道运动的板坯自动操纵。

粗軋机組一般由四~六架四輥式工作机架組成。

在某些軋机上装設一般的四輥式、粗軋机架以代替万能机架，而在每一

机架之前一段距离处装設单独的立式軋輥（立輥軋机）。粗軋机架及其传动装置允許采用每道达 40~50% 的压下量。每道的压下根据計算确定，以便由板坯軋成厚度为 18~30 毫米的軋件。

在头二、三架粗軋机架后亦装設氧化鉄皮的水力冲除装置。

粗軋机架之間的距离根据計算选定，使得最长的板坯亦不会同时在两架机架上受軋。这样就可采用不調整速度的交流电动机

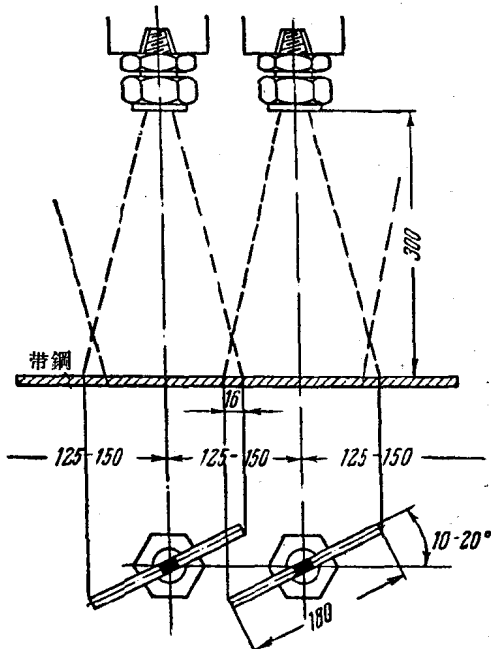


图 2 从运动着的带鋼表面上冲除氧化鉄皮的水流布置图

以带动每一机架的軋輓，因而可降低軋輓传动装置的造价。

粗軋机組与精軋机組之間鋪設有輓道；其长度应略大于自最后一粗軋机架軋出的軋件的最大长度。在进入精軋机組之前，板坯在輓道上停留并冷却至 $1050\sim 1100^{\circ}\text{C}$ ，使得在精軋机組上的終軋溫度准确地达到按鋼号决定的終軋溫度范围。

在中間輓道的端部装設飞剪，用以剪切軋件的前端。

在精軋机組之前装設二輓式氧化鉄皮精破碎机，其上亦装有氧化鉄皮水力冲除装置。精軋机組一般由六架四輓式机架組成。每一机架均由直流电动机传动，电动机的速度可在 $1:2.5\sim 1:3$ 范围内調整。在第一架精軋机架上的軋制速度不超过2.4米/秒；随后軋制速度逐架增大而在最后一架精軋机架上則达 $10\sim 12$ 米/秒。

精軋机組各机架之間的距离可尽量地小（只要減速机安排得下就可以）。

带鋼同时位于精軋机組的所有机架上。在軋制重板坯的現代化軋机上，軋件的尾部可以还位于氧化鉄皮精破碎机中而成品带鋼的前端即已卷起。

对带鋼的前端來說，金属在精軋机組中的停留時間（从进入氧化鉄皮精破碎机的軋輓时起至离开最后一机架时为止）为 $15\sim 18$ 秒。

离开最后一机架之后，用非接触式仪器測量带鋼的溫度（用光学高溫計）、厚度（用厚度計）及寬度（用寬度計）。

带鋼卷取机（每組軋机上一般有三架）离軋机的最后一机架約100米。在这一距离中，带鋼在輓道上运行10秒。輓道装設有噴水器，使带鋼进入卷取机之前迅速地冷却至 $630\sim 680^{\circ}\text{C}$ 。带鋼的卷取溫度应略低于下临界点，以免在随后的緩冷中带鋼表面层有自由渗碳体組織析出及发生再結晶过程。冷却带鋼用的水量根据带鋼的厚度及寬度調整。

卷取热軋带鋼的卷取机位于輓道水平面的下方。最常用的是鼓筒型卷取机。拉紧輓将带鋼端头导入由轉动的卷筒及卷筒周围

的传动导轆构成的縫隙中。带鋼在卷取机卷筒上卷好第一圈后，导轆立即沿卷筒的直径方向退开，而带鋼則繼續靠张力卷于卷筒上。

用如下方法自卷取机上取下带鋼卷。推鋼机将带鋼卷从卷取机的卷筒上推至翻鋼机的吊斗上；后者将带鋼卷从水平位置翻至垂直位置，并放到輸送机的鏈条上。

輸送机的长度及速度根据带鋼卷在运送至倉庫的路途上的冷却条件选定，以便保証倉庫中的电磁吊車正常工作，如果采用特殊吊鉗的話則保証带鋼卷不变形。輸送机的速度一般达 40 毫米/秒，其长度达 300 米。

半連續式寬带鋼热轧机同連續式的区别在于粗軋机組设备的組成不同。代替四架粗軋机架，装設有一架可逆式万能粗軋机架（带两个传动立式軋轆）。在某些軋机上沒有氧化鉄皮粗破碎机。在可逆式机架上，板坯在 5~7 道內軋成預定寬度及厚度的軋件。可逆式粗軋机架后装設中間轆道、精軋机組、收集轆道及两台卷取机；这些设备与連續式軋机相似。

可逆式寬带鋼热轧机有一架可逆式万能粗軋机架与一架可逆式精軋机架。精軋机架的前方及后方均装有带鋼卷取机。卷取机的卷筒装在用煤气加热的罩式炉中。炉溫維持大約 1000~1100°C。

为了加热板坯装設一組加热炉。为了将成品带鋼卷成卷，精軋机架后面有一台卷取机。

在寬带鋼軋机上軋制的带鋼基本上是低碳平炉鋼，很少有轉炉鋼，但也有一小部分合金鋼（高碳鋼及高合金鋼一般在专用的軋机上軋制）。

下列鋼种冷軋之前在連續机列中进行酸洗：

1) 普通及較高质量的低碳鋼，按照ГОСТ380—57的規定，其含碳量低于0.22%（鋼号Ст.0~Ст.3及M09~M18）；这类鋼的强度极限約为 50 公斤/毫米²，延伸率不低于 25~26%；

2) 优质結構鋼（ГОСТ1050—52，鋼号 08~20），含碳量

达0.25%，延伸率大于25%时其强度极限达50公斤/毫米²；

3) ГОСТ 及特殊技术条件规定的各种牌号合金钢及不锈钢。

大部份合金钢及不锈钢由于其氧化铁皮的组成及特征较特殊，要求采用特殊的酸洗条件。因此，其酸洗条件及使用的酸洗机列的结构与酸洗碳素钢用的机列有显著的差异。

第二章 带钢卷及其贮存

在连续式宽带钢轧机上轧出的带钢卷成卷以后，用钢丝或窄钢带扎紧（使外圈不致散开），打标号，运到位于酸洗机列之前的仓库里去。

带钢卷的内径决定于卷取机卷筒的直径，一般等于650~750毫米。带钢卷的外径决定于轧制带钢用的板坯的长度及厚度，亦即其纵断面的面积。板坯的纵断面面积等于带钢卷环状断面的面积（带钢卷“本身”的面积，即：

$$L \cdot \delta = \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4} k,$$

式中 L ——板坯的长度；
 δ ——板坯的厚度；
 D 与 d ——带钢卷的外径及内径；
 k ——带钢卷紧程度系数。

带钢卷紧程度决定于很多因素：带钢卷取时的张力，带钢中心及边沿的厚度差，其“瓢形”及“浪形”等；这一系数可取为0.90~0.95。

单位宽度带钢上的带钢卷重量是表明带钢卷“重度”的最普通的指标。

当带钢卷的内径为650毫米、重量为500公斤/分米时，带

鋼卷的外徑等於1100~1150毫米；這一參數是大多數連續式軋機的平均參數。

冷軋用的熱軋帶鋼的厚度一般為2~4毫米。冷軋的總壓下率可超過50%，因此厚度為0.2~1.0毫米的所有帶鋼均可由厚度約2毫米的熱軋帶鋼軋成。在連續式熱軋機上軋制厚度小於2毫米的帶鋼是不適合的，因為此時：

- 1) 軋機的生产能力將大為降低；
- 2) 會降低帶鋼的質量；帶鋼將會瓢曲，須要加以矯直。軋制終了溫度比較低，使金屬變硬並降低其機械性能；這種帶鋼須經過退火。

為了冷軋厚0.20~0.30毫米的鍍錫鋼板，應用厚2毫米的帶鋼，此時軋制的總壓下率比較大（達90%）；在五机架冷軋機上冷軋厚度小於2毫米的熱軋帶鋼，僅在不會由於軋制終了溫度過低而使其硬度提高時才是合適的。

厚度2毫米的帶鋼及薄板，一般不須要高質量的表面，因此它可以用熱軋後經過酸洗及平整的方法制得。這種薄板的表面質量，以及機械及工藝性能均不低於冷軋產品。

冷軋的壓下率降低至50%時，冷軋帶鋼經660~690°C下退火後亦能保證具有必要的晶粒尺寸和工藝性能，因此就不需要厚於4毫米的熱軋帶鋼。

用於酸洗厚度超過4毫米（達6毫米）的帶鋼的酸洗機列是很少見的；在大部份情況下，酸洗後這種帶鋼均剪切成鋼板。

帶鋼卷的外圈（帶鋼熱軋時的尾端）經常有長“舌頭”。產生“舌頭”是由於板坯的尾端切斜了或由於某一粗軋机架前的導板調整得不正確而使軋件往前傾斜地進入粗軋机架的軋輥。帶鋼尾端的長“舌頭”在酸洗機列中成為前端，它是降低機列生產率的一個原因，因為：

- 1) 用剪切機切去“舌頭”時，需要切幾刀（帶鋼每走過相當於切頭自由地沿溝槽走入筐籃所走過的距離，亦即約400~500毫米後切一刀）；

2) 长“舌头”妨碍带钢端部进入某些结构的拆卷机的拉紧辊，例如带有带钢端磁性折弯机的拆卷机。

为了使成品热轧带钢尾部无长“舌头”，在轧机的精轧机组前最好装有可剪切轧件的前端，亦可剪切尾端的剪切机。

带钢卷成卷时各圈准确地缠绕；这样的带钢卷的边缘无凸出来的圈。当卷取机有毛病时，例如带钢进入卷取机之前的侧导板调整不当，拉紧（进给）辊损坏或它们装的位置不正等时，卷起的各圈将会互相错开。由于卷取得不正常会得到所谓的“塔形的带钢卷”（图3）。由于卷取时带钢受的张力很大，因此往凸出来的带钢圈上加力无法消除带钢卷的塔形。

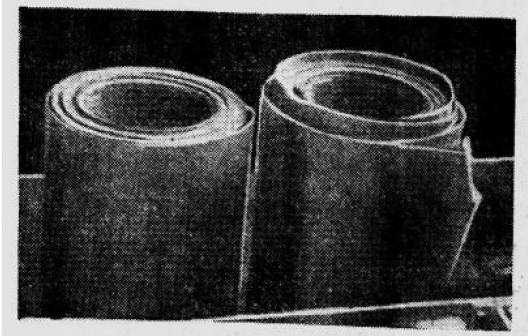


图3 边缘不齐的带钢卷（塔形带钢卷）的外观

塔形的带钢卷凸出来的带钢圈，在堆放时将会被压弯，因为它承受了整个带钢卷以至整垛带钢卷的重量。拆卷时压弯的边缘将会在带钢上折叠起来；这一部份应用汽油切割器或乙炔—氧切割器切去，否则带钢冷轧时它即将成为产生缺陷的原因，而且会在轧辊上留下压痕。

在输送机上运输和堆放时若不加以注意，带钢卷可能遭受变形，其断面可能由圆柱形变成椭圆形。这种带钢卷不可能正确地安装在拆卷机上，因此拆卷的速度将降低，因而整台酸洗机列的生产率亦会降低。

带钢卷堆放前应冷却至整个厚度上的温度均低于 50°C 。热的

带鋼卷直接装在拆卷机上拆卷，是增多带鋼折断及降低其质量的原因之一。拆下的带鋼溫度很高时，拆卷部份各机械的輓子将会被加热，热量传给輓頭及輓子的軸承，潤滑剂将变稀而流走，軸承則可能“咬住”。

冷却热轧带鋼卷所需的时间决定于卷取时的带鋼溫度、带鋼的寬度及厚度、带鋼卷的重量（分米寬度上的公斤数）及外围介质的溫度等。

热带鋼卷在卷取机与带鋼卷仓库之間的輸送机上的停留时间，也就是輸送机的长度主要地根据带鋼卷的冷却条件选定。选择时应使得用桥式电磁吊車吊带鋼卷时，吊車的綫圈絕緣不会被烧坏，或在用自动吊鉗吊运时带鋼卷不会变形。

根据实际經驗确定，为了冷却带鋼卷須使之在輸送机上停留約2小时。为了进一步冷却，带鋼卷在仓库里堆放成高垛，各卷內部的垂直通道形成不大的抽力，迫使垛內的空气上升。最下一层带鋼卷应当放在台架上，以便空气能下往上循环。

在堆垛架中，上一层的每一带鋼卷应放在下一层的两个带鋼卷之上，使得上升的空气通过带鋼圈的大部份。带鋼卷的正确堆垛法示于图4。

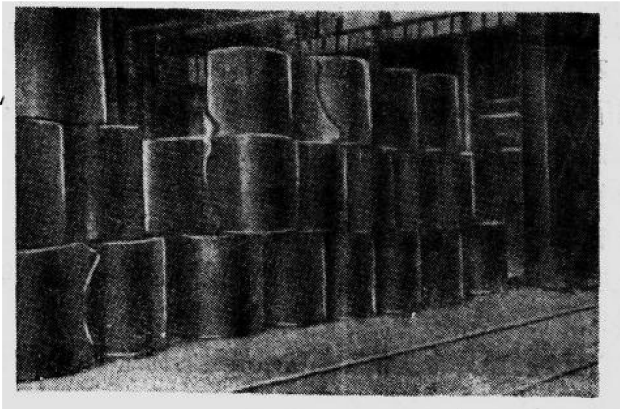


图4 仓库中的带鋼卷堆垛架

为了使带鋼卷完全冷却，一般須时60~70小时（根据季节的不同而定）。

关于在仓库中堆垛带鋼卷的方法（带鋼立放或平放）的問題，近年来利用下列理由的第一条即已获得解决。带鋼卷堆成垛，其高度只受吊起带鋼卷的桥式吊車通过最高位置所需的高度限制。带鋼垛的高度等于4~5米是完全允許的。带鋼“直立”地堆成这样高的垛，可最有效地利用仓库的面积，并能防止带鋼卷压扁（这会造成拆卷困难）。

这一堆垛方法的缺点之一是不可避免地会造成有大量的凸出来的带鋼圈（由于卷取机調整不当出現的）的边緣压弯。

带鋼卷“平臥”地堆垛的优点是，凸出来的带鋼圈几乎可完全不被压弯。但是此时会出现更严重的缺陷——带鋼卷被压扁。垛起的带鋼卷层数越多，带鋼卷本身的重量越大，則带鋼卷即会被压扁得更严重。带鋼卷变成椭圆形的，这对在酸洗机列中拆卷是不利的。

带鋼卷仓库的桥式电动吊車装有电磁鉄、自动吊鉗或所謂“吊架”。

运送带鋼卷最方便是使用下列电磁吊：

1) M-41型，电磁吊盘直径1170毫米，起重能力16吨（运送鋼錠或平板时）；电磁吊盘重量1.7吨；

2) M-61型，电磁吊盘直径1650毫米，起重能力30吨；电磁吊盘重量5.5吨。

圓形电磁鉄（成盘状的）的缺点是磁极的位置不好——一极位于中心，另一极成环状。为了吊起一卷带鋼，电磁吊盘应与带鋼卷不同心，即中心极盖住带鋼卷“体”的一部份。这样的吊盘可吊起紧靠在一起的两卷带鋼。在带鋼卷仓库中工作的电磁吊示于图5。

在带鋼卷仓库中工作时，电磁吊盘的优点是可能堆較高的垛，而且不須配备輔助的挂吊工人。

自动吊鉗与电磁吊盘一样，不必挂吊工人的帮助。吊鉗吊起

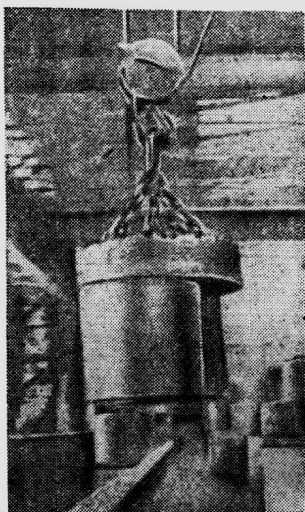


图 5 运送带钢卷用的电磁吊盘 图 6 运送带钢卷用的自动吊钳

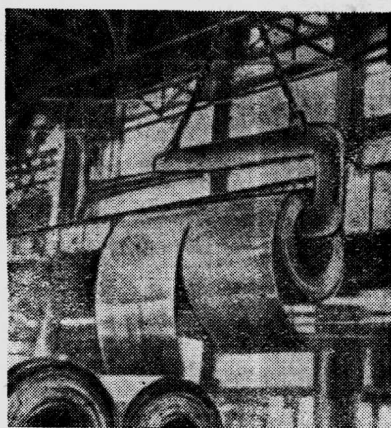


图 7 运送带钢卷用的“吊架”

的带鋼卷不会掉下。根据結構的不同，吊鉗可同时吊起一卷或两卷带鋼，而且工作时不須消耗能量。由于这些优点，自动吊鉗在带鋼卷倉庫中广泛地应用着。

图 6 示可吊动总重量达15吨的两卷带鋼的自动吊鉗。

图 7 示可吊动宽度 1.5 米的两卷带鋼的“吊架”。这种吊架最常用于收集酸洗过的带鋼卷（它以水平位置离开酸洗机列尾部的卷取机）。

第三章 連續酸洗机列簡述

酸洗机列所以被称为連續的是因为带鋼連續地通过酸洗槽。为了使过程連續，将后一卷带鋼的前端与前一卷带鋼的尾端焊接或“縫合”起来。自酸洗槽走出的不中断的带鋼卷成卷，直至带鋼卷达到一定重量；然后切断带鋼，并把卷成的带鋼卷卸下。

連續酸洗机列分成三部份：进料、拆卷及焊接带鋼端部；带鋼的酸洗、水洗及烘干；带鋼的涂油、卷取及卸下带鋼卷。图 8 为酸洗机列的示意图。

由于各部份負担的功能的特殊性和工作速度上的差異等原因，将它们“紧密地”連系起来（电气地或机械地）是不成的。为了保证各部份工作的独立性，应该在 1 号及 2 号活套坑里儲备一定数量的带鋼。儲备量是不固定的，在准备带鋼及卸下带鋼卷的期間内，儲备量会增大或减小。

拆卷部份有一些机械及装置用以从倉庫中取出带鋼卷，使带鋼卷成为在运动中的儲备卷。此处带鋼卷翻轉 90° 成水平位置，然后送至拆卷机。

这部份的机械按如下順序布置。

1. 拆卷机。带鋼卷用迴轉的錐筒夹起或套在迴轉的杆上；带鋼折弯的端头通入迴轉的拉紧輓縫中，拉动它并将带鋼卷拆

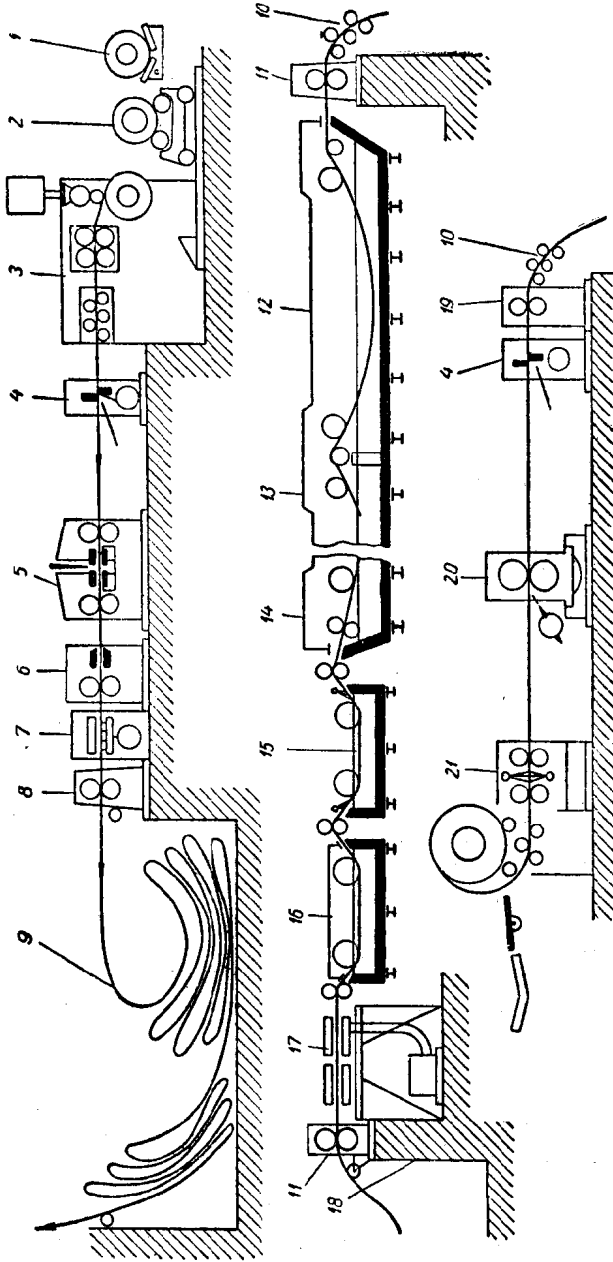


图 8 連續酸洗機列設備布置系統圖

1—帶鋼卷送料輸送機；2—準備和運送帶鋼卷至拆卷機的小車；3—拆卷機、氧化銹皮破碎機及矯直機；4—下切式剪切機；5—對焊机；6—毛刺清除器；7—縫合機；8—拉緊機；9—1號活套坑；10—空動矯直機；11—拉緊送料輥；12—1號酸洗槽；13—2號酸洗槽；14—帶擠干輥的出口端；15—冷水洗滌槽；16—熱水洗滌槽；17—帶鋼烘干裝置；18—2號活套坑；19—拉緊機；20—塗油裝置及輥式卷取機