

# 无缝钢管生产技术的进展

——欧美日考察简况

殷国茂 周云南

(成都无缝钢管厂)

70年代世界石油危机以后,无缝钢管生产技术有了飞跃的发展。基本是向提高钢管质量以及增加经济效益两个方向发展。这种发展主要表现在以下几个方面:

1. 钢管的壁厚公差由 $\pm 10\%$ 向 $\pm 5\%$ 发展,近年来新投产的轧机甚至可保证生产公差 $\pm 4\%$ ,  $\pm 3\%$ 的钢管。

2. 钢管外径公差由 $\pm 1\%$ 向 $\pm 0.5\%$ 发展。近来为了管端加工需要,通过现代定减径机甚至可达 $\pm 0.2\%$ 。

3. 钢管的轧制长度由12—15米向35—50米发展。经过拉减后可达150—160米长,以此提高产量,降低消耗。

4. 轧管用的管坯由轧坯(或钢锭)向连铸坯发展。有的甚至发展到100%用连铸坯,这样不仅可以降低成本,提高成材率,净化钢质,而且由于大大减少了锭到管的总形变量(延伸系数从60—120减少到6—30),从而有利于缩小钢管纵向与横向性能之间的剪刀差。

5. 高强度钢管从离线调质处理向在线热处理发展。即定径后立即淬火、回火,这样不但节约了能源,而且能充分达到发挥材料性能的形变热处理目的。

6. 轧管工艺线由长向短发展。从穿孔到定径由4—6道工序减少到3道工序,以节约投资、简化工艺、提高效益。

7. 从炼钢到轧管,由冷送向热送发展。从轧管到石油管车丝加工直至成品包

装由分段作业发展到整条作业线,以节约能源,提高效益,保证质量。

8. 一套轧管机组的年产量由低向高发展。即由10—20万吨/年提高到50万吨/年,甚至达到100万吨/年,以提高效率,增加效益。

9. 在整个无缝钢管生产作业线上,从单机局部自动化(用微机控制)向整个作业线,直至整个车间(从原料到成品发货)自动化(利用计算机控制)发展。

10. 石油油管、套管的接箍生产由单机向整条(从管料切断到成品喷漆、喷漆)加工作业线发展,以保证质量,提高产量。

11. 石油套管的丝扣检查由人工检查向仪器自动检查发展,以保证效率和质量。

以上仅是轧管工业中一些发展倾向。现将管坯炼钢、连铸、轧管工艺、钢管精整以及钢管加工等新技术分述于后。

## 一、管坯炼钢、炉后精炼和连铸

1. 凡有高炉的工厂全部采用顶底复合吹炼转炉炼钢,经炉后精炼连铸成圆坯。无高炉的工厂几乎全部采用超高功率电炉,以废钢为原料。电炉容量一般采用80—90吨,并配有炉后精炼和连铸机,产

量为30—40万吨/年·座。

2. 炉后精炼一般都是采用吹氩搅拌、加粒状合金进行合金化和微调成份或喷粉脱硫、净化钢质、去除夹杂,有的采用真空处理。西德曼内斯曼和法国瓦鲁雷克认为,除有特殊要求的冷轧冷拔管、原子能热交换器管用钢外,其他管材用钢、包括石油用管用钢都没有必要进行真空处理。

3. 管坯连铸机已普遍使用,而且绝大多数为弧型连铸机。现已投产的弧型连铸机连铸圆管坯最大直径为400mm,最大八角坯为对角线长560mm,圆坯、八角坯表面良好。表面需清理量在1—5%之间,可直接热送轧管。

1) 弧型连铸机设备可靠,管坯质量好,因而已完全代替了造价高、维护难、能耗大的法国回转连铸机。同方坯连铸机相比,设备的复杂程度、造价及工艺控制二者相差无几,但圆管坯的质量比方坯好。发明PPM穿孔机的意大利达尔明厂方管坯连铸机生产的方管坯,表面修磨量达20—30% (根数比),可见方坯质量没有圆管坯的质量好。但是,日本新日铁八幡厂用的连铸方坯的质量很好,经喷丸处理、湿法磁粉探伤检查,一般表面修磨量为0.2% (面积比)。

连铸机普遍采用具有回转升降的钢包支架 (见图1),以便实现多炉连铸。现在一般都是5—6炉连铸,最多可达12炉。整个连铸过程普遍采用微处理机控制。Co—60测结晶器液面高度。大包连续称重、测温、拉坯速度和各段水量均能自动调节。

2) 连铸圆、八角坯的冷却已发展采用了气水冷却,目的是节约用水、提高

冷却效果。同时,为了防止大断面易裂钢产生裂纹,并采用了保温措施 (加保温盖),在输送线上装有专门的取样氧割器、自动打印、现场锯断,酸洗和低倍检查的设施。

水平连铸普遍认为是连铸的方向,但由于结合环制造、寿命和价格等一系列问题,大断面和大钢包水平连铸机至今尚未正式投产。

#### 4. 几个典型厂家情况介绍

##### 1) 西德曼内斯曼胡金根厂

这个厂拥有两座250吨转炉,经常是两座炉同时生产,另有一座随时可以更换的整体炉体。铁水由两座高炉供应,炼钢能力为年产400万吨。从79年改造后由于市场不景气,实际上年产量一直徘徊在300—380万吨之间。79、80年实际产量各为350万吨,81年378万吨,82年产钢340万吨,83年314万吨,84年预计300万吨,85年预测为332万吨。炉后精炼配有吹氩、加粒块状合金以及喷粉设施。配有一座一机六流圆管坯弧型连铸机,生产的圆管坯规格为 $\phi 175$ —250mm。实际使用的拉坯速度为2—3米/分 ( $\phi 175$ 为3米/分,  $\phi 220$ 为2米/分),年产量设计为120万吨,实际只达到96万吨。设备的弧形半径  $R_1 10.5$ 米,  $R_2 19.5$ 米,冶金长度30米,结晶器高700mm,用 $\gamma$ 射线测液面高,用电子秤称大包重量,水量及拉速用计算机控制,并设有自动打印 (炉号),在线氧割取样设施。管坯质量好,表面磨修量为1—5% (根数比)。还配有一座一机五流圆坯弧形连铸机,生产规格为 $\phi 135$ —400mm。设计年产量为120万吨,84年底投产。设备弧型半径为  $R_1 10.5$ 米,  $R_2 13.5$ 米,  $R_3 19$ 米,  $R_4 30$ 米,冶金长度为35米。

该厂另外还有一座60吨电炉，用于调节品种，并为26" (660mm) 周期轧管机和1450大顶管机组提供大断面钢锭。

该厂还有两座一机二流 250 × 2200mm板坯连铸机。

### 2) 意大利达尔明贝加莫厂

该厂有一座90吨电炉，变压器容量为6万kVA，全部用废钢作原料。冶炼时间一般为90—120分钟，年产量为40万吨。

炉后精炼配有吹氩、加块、粒状合金，喷粉脱硫、真空脱气以及电加热设施。电加热的变压器容量为1.5万kVA，每炉的处理时间一般为30—90分钟（用来调节电炉与连铸机产量不匹配的问题）。

配有一座一机四流立式连铸机。该机生产的管坯规格为 $\phi 180$ —320mm圆坯（现已不生产）和200—320mm方坯，拉坯速度为0.5—1.5米/分，小时最大产量可达240吨。该机冶金高度为18.2米，整体高度为33米（+11.2米，-21.8米），结晶器长度为800mm。方管坯冷却后经喷丸处理、磁粉探伤，肉眼检查，有缺陷的管坯再经砂轮磨修或冷锯切除。方管坯的表面质量不理想，修磨量比较大，平均达20%（根数比），最高可达30—40%。

### 3) 法国瓦鲁雷克圣索夫厂

该厂有一座80吨电炉，变压器容量为7.8万kVA。炉膛内径为5.8米，电极直径为550mm。原料全部采用废钢，冶炼时间一般为

85分钟。84年年产量为35万吨，现在，正在安装炉料预热设备（将废钢预热到300°C），这项设施实现后，预计年产量可达45万吨。耗电量为510度/吨钢。炉后

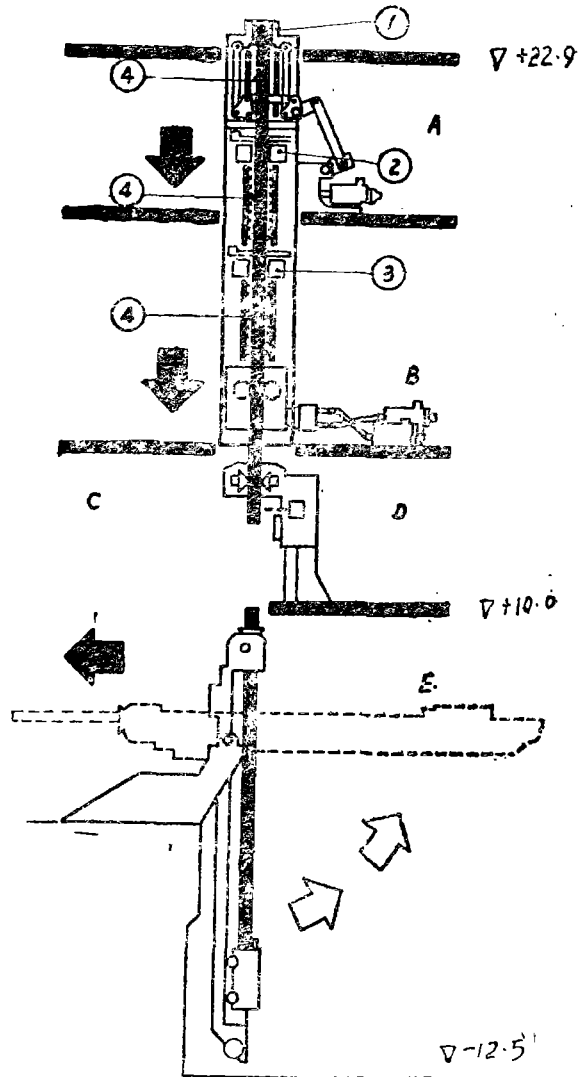


图1 回转连铸示意图

- |        |          |
|--------|----------|
| 1—结晶器  | 2—导向辊    |
| 3—导向辊  | 4—冷却段    |
| A—振动机构 | B—回转拉坯机构 |
| C—夹紧装置 | D—移动锯    |
| E—翻倒机构 |          |

精炼配有吹氩、加块、粒状以及盘条状合金、喷粉、加热设施。电加热的变压器容量为1.0万kVA，电极直径为300mm。该厂曾于82年前将真空处理设施拆除，因为他们认为真空处理对管坯用钢没有必要，而且使设备维修困难，能耗大，故拆除不用了。

配有一座一机四流回转连铸机。该机生产规格为 $\phi 120-223\text{mm}$ 管坯，曾试铸过 $\phi 350\text{mm}$ 管坯，拉坯速度为0.3—3米/分，小时产量每流为12—22吨，回转速度为40—100转/分。该机冶金高度为11.7米，整体高度为28米，管坯是采用飞锯锯切。连铸机的示意图见图1。

结晶器长度只有420mm，上边带有圆弧及进油孔，以便在浇注时加油润滑结晶器。圆管坯冷却后用肉眼检查表面，有缺陷的进行修磨或氧切除，圆管坯的表面修磨量约为5—10%（根数比）。

#### 4) 比利时默茨厂

该厂有一座80吨电炉，变压器容量为4万kVA，全废钢炼钢。冶炼时间一般为120分钟，年产量设计为36万吨，实际达到32万吨。炉后精炼配有吹氩、加块状、盘条状合金的真空处理设施。配有一座二机二流或四流弧形八角管坯连铸机，该机的生产规格为：单流—八角形对角线长350—560mm。双流—对角线长为180—300mm，方形坯边长为140mm。

拉坯速度0.4—1.6米/分。在该连铸机大包回转台的预浇位置上设有钢包电加热设备，电加热的变压器容量为2200kVA，可使钢水在钢包中保温3小时。结晶器高度为500mm，用锻铜加工制造，整个结晶器的内弧由三个曲率不同的圆弧组成。连铸机的弧形半径为 $R_1 12\text{米}$ ， $R_2 18\text{米}$ ， $R_3 18\text{米}$ ，其剖面组合简图如图2。

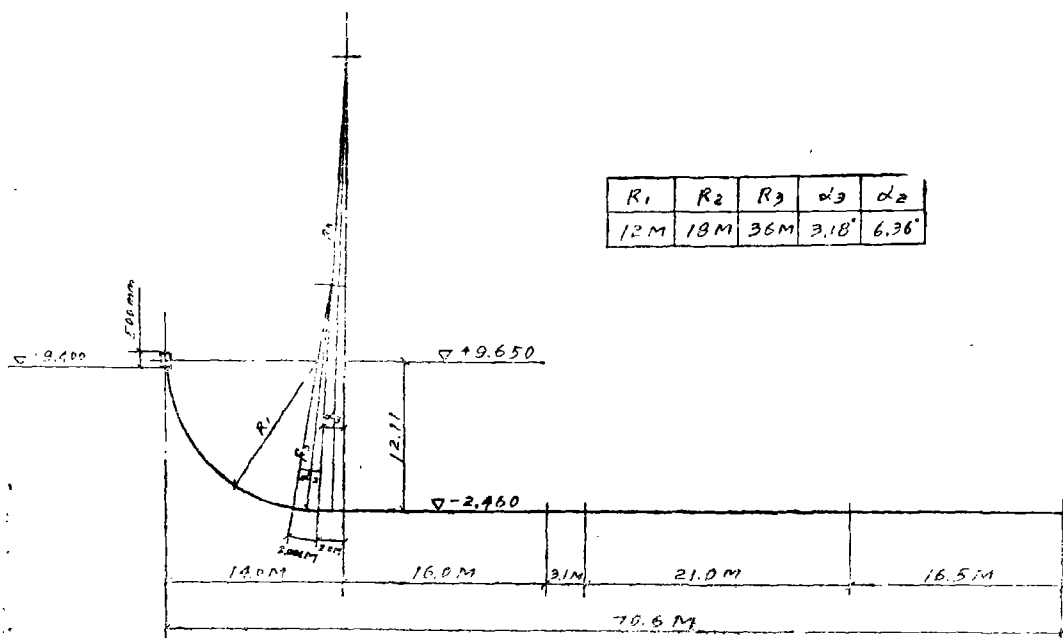


图2 比利时默茨厂八角形管坯连铸机的有关尺寸简图

该机冶金长度为34米,设备高12.4米(+9.9米,-2.5米)。冷却方式为气水混喷,但我们参观时见不到大量的水和水蒸汽。另外为了保证大断面易裂钢坯(如中碳钢等)不在冷却时产生裂纹,在拉矫前后装有可开、合的保温罩,不用时可以打开。

在作业线上设有氧切取样装置,可以在线取样,就地进行低倍检查。

连铸坯的表面及低倍质量良好,表面修磨量一般为5—10%(根数比)。

#### 5) 美国亨特厂

亨特厂利用原有轨面高25米的平炉车间较高厂房条件,于1982年开始安装两台90吨的5.4万kVA大功率电炉。两座电炉只占用了原平炉车间的原料跨。冶炼时间1小时55分。炉后精炼配有吹氩、加块状、粒状合金以及喷粉脱硫装置。

连铸配有本厂制造的三流弧形连铸机,设计为两座,一座已投产,生产 $\phi 250\text{mm}$ 、 $\phi 270\text{mm}$ 和 $\phi 290\text{mm}$ 圆管坯,每流每分钟可浇铸一米长圆坯,每次可连铸三炉钢水,浇铸时采用潜入式水口保护钢水不与外界接触。采用Co60液面控制,水冷与拉坯均由微机控制。弧形半径为12.2米,年产量40万吨,氧切割后管坯热送入步进炉,管坯温度 $\geq 450^{\circ}\text{C}$ 。另有一条冷装线,可对有缺陷的管坯进行清理修磨,修磨后再装炉。热装与冷装是通过一台钢坯升降传输装置输送,每小时可保证输送120吨。

总之,用连铸坯代替轧坯和钢锭轧制无缝钢管已是肯定的方向。另外,采取各种技术措施严格控制成份,提高钢的冶炼纯度也是各国钢管生产发展的一个共同的特点。

## 二、钢管轧制

### 1. 管坯加热

70年代以前,多数钢管厂是采用环形加热炉加热管坯,80年代投产的美国亨特厂,费尔菲尔德厂以及法国圣索夫厂的新式三辊行星轧管机组和连轧管机组都已采用步进加热炉进行加热,采用步进炉的优点是:

a) 炉底有效面积可以增加30%左右。

b) 加热质量更高,温度更均匀。美国认为,温度不均在 $\pm 5^{\circ}\text{C}$ ,加热的均匀性对薄壁管生产具有更大的意义。

c) 简化了管坯的进料与出料,便于车间布置。加热炉已普遍采用计算机控制各加热点的空气与燃料比和温度的高低,并自动反馈调整。炉后都有高压水除鳞设备。

但也有将步进加热炉改为环形炉的,如美国LTV厂,于1981年改造时(改造为现代化的单槽自动轧管机组)就将步进炉改为环形加热炉。

步进炉主要参数比较统计见下表。

### 2. 管坯穿孔

#### 1) 顶推穿孔机(PPM)

意大利达尔明公司贝加莫厂MPM340轧管机组,美国美钢联费尔菲尔德厂MPM250轧管机组及日本新日铁八幡厂的400自动轧管机组和MPM194轧管机组均采用顶推穿孔机。

日本八幡厂使用315方管坯生产 $\phi 273$ 钢管时,穿孔过程平稳可靠,没有噪音与震动。顶推穿孔后未穿通部分约50mm,管坯全长2000mm左右,穿孔时间20秒,穿孔变形顺畅快速。空心坯未充满孔型,外径不十分圆,壁厚差为20%,通过

步进炉主要参数统计表

| 企业名称     | 轧机型号                  | 年产量<br>(万吨) | 加热炉<br>小时产量<br>(吨) | 坯料规格 (mm)                              |               |              | 步进炉规格    |          |      |
|----------|-----------------------|-------------|--------------------|----------------------------------------|---------------|--------------|----------|----------|------|
|          |                       |             |                    | $D_{max}$                              | $L_{max}$     | $Q_{kg}$     | $B_{mm}$ | $L_{mm}$ | 加热方式 |
| 美国费尔菲尔德厂 | 9 $\frac{3}{4}$ " MPM | 55          | 180—200            | 方267                                   | $\leq 4785$   | $\leq 2540$  | 20       | 44       | —    |
| 美国亨特厂    | 9 $\frac{3}{4}$ " PSW | 36          | 120                | $\phi 250$<br>$\phi 270$<br>$\phi 290$ | 1980—<br>5180 | 760—<br>2600 | 8.8      | 28.2     | —    |
| 法国圣索夫厂   | 5" MPM                | 33          | 140                | 方102<br>$\phi 160$                     | 1500—<br>4000 | 170—<br>630  | 13       | 35       | 三排加热 |

延伸、轧制、定径后，最终成品的壁厚不均可达 $\pm 5\%$ 。该台穿孔机可穿最小180方管坯。实验室里正在进行115方管坯穿孔试验（194连轧机组）。八幡厂使用的315方形坯都是连铸生产的，四个角轧成斜边，斜边长10—15mm，这样可以避免在PPM穿孔时产生折叠。

PPM穿孔对高合金钢适应性强，几乎可以穿各种钢种，对不能生产大直径连铸圆坯的厂家，采用PPM穿轧较大方断面连铸坯生产大直径管是较为经济的，但PPM穿孔后壁厚不均较大。采用PPM穿孔必须配备延伸机，以消除壁厚不均。PPM穿孔的形变量很小，只有1.1—1.2左右，故不能减轻主要变形轧机的负担。在连铸圆管坯质量已过关的今天，一般已没有必要再选用PPM穿孔了。

## 2) 带大导盘的狄赛尔穿孔机

现今新机组大多数是采用带大导盘的狄赛尔穿孔机。日本钢管京浜厂MPM250连轧管机组采用的狄赛尔穿孔机，电机为 $2 \times 3750 \text{ kW}$ （直流）。轧辊尺寸 $1350 \times 800 \text{ mm}$ ，导盘直径2450mm。

美国亨特厂280PSW轧管机组采用的

狄赛尔穿孔机，电机为 $2 \times 4500$ 马力（直流），轧辊直径为1380mm，导盘直径为2160mm。狄赛尔穿孔机现大部份采用立式布置，这样可以保证轧制中心线，电机可以纵向布置，节约厂房面积。大导盘可以从侧面装卸，非常方便。由于导盘代替了导板，从根本上提高了穿孔效率，最高可达90%。穿孔速度可达1.2米/秒，可使穿孔空心坯长度达到12米，并能大大地减少导向装置的磨损量，其寿命可高达80—100个作业班，不会由于更换导向工具而影响轧机生产。但是狄赛尔穿孔机穿出的毛管前后端直径相差有5—6mm之大，故对要求毛管外径变化不能太大的轧机，则必须增加空心坯减径机，这样，还会带来其他好处，即可以减少管坯的规格，但缺点是增加了设备。

## 3) 双支承菌形穿孔机

这种穿孔机首先由苏联发展起来，后在日本、西德得到推广，现已有5台。在使用中它显示了特殊的优越性。由于它的轧辊直径由入口到出口是不断增加，圆周速度也是逐渐增大的，能够使毛管直径延伸增大与圆周速度的增加相一致，所以滑

移现象少,表面质量好。另外,轧辊圆周速度的增加与金属在变形区内的流动方向一致。又由于轧辊没有倒锥部份,这就减少了毛管的扭转现象,从而大大减少了穿孔过程的“曼内斯曼”效应。可以穿较薄的毛管,并提高了毛管质量和轧制速度。同时,由于大导盘的作用,进而又增加了穿孔速度,提高了毛管表面质量。

菌形穿孔机的形变量可达5—6,因而

毛管的扩径量与减径量均可增大( $\pm 20-35\text{mm}$ ),工具消耗少,作业率高,事故少。由于穿孔过程剪切应力小,故可以穿制各种难穿孔的高合金管坯。它在高合金钢管轧制方面几乎可与挤压机相比美。

采用菌形穿孔机还可使后边的主变形轧机的形变量减少,从而整个机组可能减少一个轧制工序。各种穿孔方法对比详见下表。

各种穿孔方法的对比

| 项 目 名 称 \ 方 法            | 传统斜轧穿孔                   | 水压冲孔    | 推轧穿孔    | 狄赛尔穿孔   | 菌形辊穿孔(双支承) |
|--------------------------|--------------------------|---------|---------|---------|------------|
| 原料种类                     | 轧制坯                      | 轧制坯与连铸坯 | 轧制坯与连铸坯 | 轧制坯与连铸坯 | 轧制坯与连铸坯    |
| 原料横断面                    | ○                        | □ ○     | □       | ○       | ○          |
| 是否需配延伸机或二次穿孔机            | $\geq 200\text{mm}$ 轧机需要 | 要       | 要       | 不       | 不          |
| 最大形变量(包括延伸机)             | 3.5                      | 2       | 3.5     | 5       | 6          |
| 管坯最大重量(kg)<br>(钢管外径为7"时) | 1100                     | 940     | 1100    | 1500    | 1500       |
| 最大生产能力(米/分)              | 24                       | 10      | 20      | 50      | 55         |

### 3. 减壁延伸轧制

根据机组不同,钢管的减壁和延伸的主变形过程有的在一台轧机上,有的在两台轧机(延伸机及轧管机)上,有的则在三台轧机(二次穿孔、轧制、均整)上完成。

#### 1) 缩底式顶管机组

新式缩底式顶管机组(CPE)是在老式顶管机组的基础上发展起来的,其主要改进为:a)从用方坯改为圆坯,因而穿孔方法就可以从液压冲孔改为斜轧穿孔,

故管坯的长度可以加长,从而可以轧制长管,同时可以减少一次再加热,提高了钢管的表面质量。b)由于采用斜轧穿孔,毛管已无杯底,所以顶管前必须增加一台缩底机进行缩底。这样,顶管的杯底实际就是一个空心厚壁环,于是减轻了杯底重量,能提高成材率2—3%。c)顶管机采用下齿条拉顶杆的新结构,进一步提高顶管速度、加长芯棒长度,使轧大管、长管成为可能。d)整个机组可用微机控制实现车间自动化。

这种缩底式顶管机一般可生产7" (177.8mm) 的钢管, 但目前正式投产使用的是168mm, 最长芯棒为22.5米, 可生产长度21米钢管(经定径), 顶管速度最高为6.6米/秒, 年产量25万吨。

新式缩口式顶管机组仍然具有老式顶管机组的优点, 如设备重量轻, 结构简单, 电气装机容量少, 基建投资少。这种新式顶管机组, 实际投产的只有西班牙的一个厂。该厂是在1969年建成投产的 $\phi 21.3-168\text{mm}$ 顶管机组的基础上改造而成。1983年12月安装完毕开始调整试车, 于1984年3月试轧三周, 六月试产三周, 九月开始又生产六周。年产量可达20万吨。生产基本正常, 只是偶尔由于毛管外径变化影响缩底效果, 造成顶穿轧卡事故。

美国科罗拉多州CF & I公司的 $\phi 60.3-\phi 114\text{mm}$ CPE机组, 虽然厂房已建, 设备已经造好, 但由于美国钢管业不景气, 1984年就提出拍卖。当时提出的要价是9500万美元(包括20万吨的油井管加工线), 今年5月向我厂报价已降到3600万美元(包括油管加工线)。现将该厂基本情况作为这种轧管机组的典型介绍于下。

CF & I公司筹建CPE机组的打算是与 $\phi 250$ 自动轧管机组进行分工, 设计年产24万吨, 设计规格范围为 $\phi 60.3-114.3 \times 4.83-11.4\text{mm}$ 。其中:

$\phi 60.3\text{mm}$ 占28.22%;

$\phi 73\text{mm}$ 占41.52%;

$\phi 89\text{mm}$ 占8.96%;

$\phi 114.3\text{mm}$ 占20.79%。

设计品种有:

油管 J55、N80、C75、P105;

石油钻杆 E、X—95、G105、S135。

其中: 114套管占10%; 油管占80%; 钻杆占10%。热轧成材率为91.3%; 精整后成材率为88.5%。

该厂厂房已建好, 但设备未安装。厂房面积54600 $\text{m}^2$ , 厂房长365米。有原料跨、热轧跨、热处理跨, 每跨宽度36.5米, 投资1.4亿美元, 其中热轧设备投资3000万美元, 其平面图见图3(略)。

该机组采用 $\phi 154\text{mm} \times 1.56-3.46\text{m}$ 连铸圆管坯做原料, 管坯单重216—479公斤/支。坯料仓库面积3900 $\text{m}^2$ , 能储存8000吨管坯。有4台硬质合金冷锯, 锯片直径为660mm, 每小时可锯240根。采用环形炉加热管坯, 其平均直径为24.384米, 炉底宽2.19—5.18米, 两排加热, 加热能力70吨/小时, 加热温度差 $\pm 6.5^\circ\text{C}$ 。

穿孔机采用狄赛尔式立式穿孔机, 用2×1650马力电机传动, 轧制毛管规格为 $\phi 165.1 \times 24.89 \times 2550-5650\text{mm}$ , 延伸率为1.690, 毛管外径偏差 $\pm 5\text{mm}$ 。

缩底机实际是一台卧式液压机。其夹持力为495吨, 卧式油压缸推进力175吨, 行程150mm, 液压泵是由2×75马力交流电机驱动。缩底是不封闭的, 缩底斜角为20—25°。缩底机生产能力为240支/小时。1984年11月曼内斯曼公司又提出了另一种夹钳打击式缩底机, 草图如图4所示。

顶管机生产 $\phi 119.38-131 \times 4.8-10.4\text{mm}$ 毛管, 长度为13290—20880mm, 延伸系数2.77—6.42。顶管辊模共15个, 12个模架是固定的, 3个可调。芯棒长21.48米, 芯棒直径为109.95mm。芯棒经轧制、剥皮磨光制成, 直径公差 $\pm 0.10\text{mm}$ , 一组芯棒为30根。顶管速度为6.6米/秒, 大齿条为下传动, 由2×2000马力电机驱动, 推力为100吨。



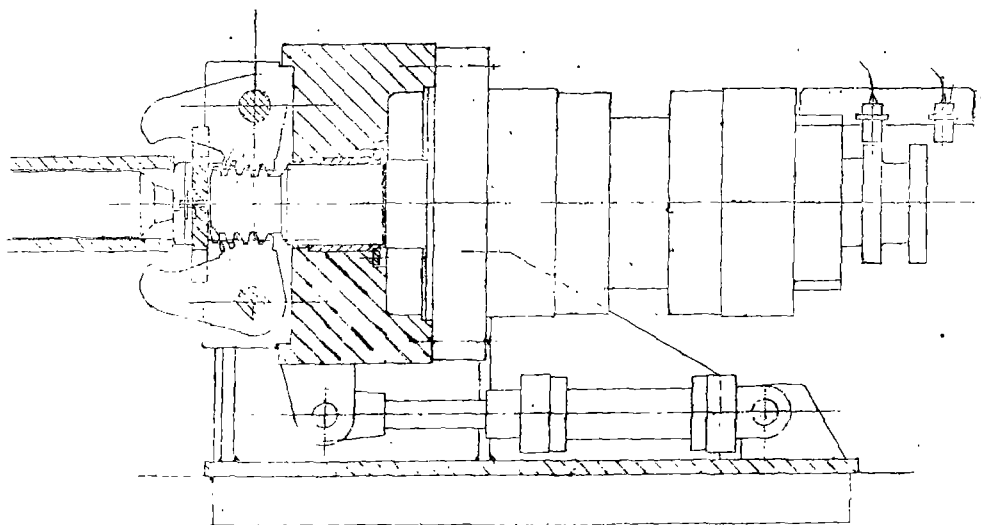


图4 西德曼内斯曼公司设计的夹钳式缩底机

本机组后面设有四辊松棒机、脱棒机、两台切头锯、步进式再加热炉、16架张力减径机、步进式冷床、两台排锯、芯棒步进预热炉、芯棒轧机以及芯棒端面加工机床等。

## 2) 三辊行星轧管机 (PSW)

三辊行星轧管机是近十多年来发展起来的一种新型轧管机组。目前世界上仅有两台,一台在西德EBV厂,该厂于83年2月在原周期轧管车间的工艺线之外,安装了一台PSW280型三辊行星轧管机。经过半年的调整试轧,于84年9月开始部份(80%)取代原周期轧管机的生产,84年11月开始,已全部取代。(原周期轧管机已被封存)。该厂在PSW280轧管机上成功地生产了外径为101.6—245、壁厚为6.3—60mm的各种无缝钢管。现在正在试轧壁厚为4.4mm的薄壁管。所生产的钢管质量好,壁厚不均可达±5%以内,成材率可高达96%。

另一台在美国亨特厂。该厂的PSW

轧管机组于1983年投产6个月后生产了219×8.94, 219×6.7, 245×13.84mm三种规格6万吨钢管,由于质量问题于1983年11月停产,84年2月申请破产,1985年4月被低价拍卖给附近的尤斯塔钢铁厂。该厂在破产前曾请卡尔曼斯顾问公司和曼内斯曼公司进行技术改造的可行性研究。他们两个公司一致认为只有再投资7000万—7500万美元,把PSW轧机换成MPM连轧管机后整个车间才可正常生产。因为这套机组的整个工艺流程布置和其他设备都是合理而先进的,故作为这种新型轧管机的典型例子介绍如下。

美国亨特厂利用原平炉车间的厂房改建了两台90吨的电炉(一台已安装好),经三流弧型连铸机浇成 $\phi 250\text{mm}$ ,  $\phi 270\text{mm}$ 、 $\phi 290\text{mm}$ 圆管坯,热状态氧切后热送(还有一条冷坯处理线)到宽8.8米、长28.2米的步进加热炉直接加热,热装温度 $\geq 450^{\circ}\text{C}$ (温差 $\pm 10^{\circ}\text{C}$ ),加热除鳞后的管坯送入定心机定心,定心

时间为15秒/支。

穿孔机为狄赛尔式,电机为 $2 \times 4500$ 马力(直流),轧辊直径1380 mm,导盘直径2160 mm。为了增加管坯的咬入时的摩擦力,在轧辊咬入段刻有压痕(压痕方向与轧辊轴线一致),实际延伸系数一般在2—2.5之间,适合穿连铸圆坯。

$\phi 280$ 三辊行星轧管机配有 $3 \times 2000$  kW直流电机,两台主传动,一台副传动,机头转速180转/分,最大轧制速度为1米/秒,设备共重360吨,机头重100吨,并有芯棒装置。芯棒是限动的,芯棒长8米,用石墨润滑,轧制温度为 $\geq 900^{\circ}\text{C}$ ,轧制时温度不会下降。从轧机轧出的钢管直接进入五机架三辊式定径机,定径机由功率为670马力电机驱动,转速56/500/1250转/分,进口速度1米/秒,出口为1.1米/秒,最大减径量12%。定径机与PSW轧机相距10.5米,钢管可一端进行行星轧制,另一端可以同时定径,钢管轧制时不旋转,轧制温度完全可以保证。定径机后安有两台固定式热锯,间距13.5米,锯片直径为1800 mm,管头用一提升机运走。热锯后,钢管在单链式冷床上冷却,冷床能力是按120吨/小时设计的。

该生产线与石油套管管体加工系统连成一体。

石油管体加工设备有16个直通式感应圈加热炉进行管体加热,该加热装置可处理 $\phi 140-245 \times 8-13.84$  mm钢管,小时产量为60吨。加热好的钢管进入一个外喷水的淬火器中。压力 $8 \text{ kg/mm}^2$ ,水量27吨/小时。回火炉也有16个直通式感应圈,出口有倾斜 $20^{\circ}$ 摆放的输出辊。他们采用电加热的根据是:加热质量好,温

度均匀而速度快,在美国电能供应充足的条件下还是合算的。

钢管调质后,由直径1800 mm冷锯锯成段,然后送上冷床。

矫直机为40KTC型3—1—3矫直机,用200马力电机驱动。矫直后钢管的端部由两台倒棱机按API标准进行倒棱,每台电机为40马力,6秒钟倒一个管头。倒棱时钢管不转、刀具旋转。倒棱后的钢管进入AFM公司制造的纵向横向超声波探伤机进行伤探,与探伤机并列装有一台壁厚测定仪(均安在生产线上),将有缺陷的钢管挑出来,输送到生产线以外去。合格钢管进行通棒、水压试验、端头喷色带印记、称重计长,在线三点打硬度、喷印和涂漆等工序后,运出厂房,露天存放,管体生产线至此结束。

PSW轧管机的特点是变形量( $\mu_{\text{max}} = 12$ )大,产品范围广,在减壁延伸轧制中钢管均匀前进而不回转,可以与定径、张减进行连轧,这样可以大大缩短连轧机和减径机的距离,大大减少钢管从轧管机出来到进定减径机的时间,也就能减少厂房面积(省去减径前的再加热炉),减少投资,节约能源。

可轧制长管,理论上可以轧制100米以上的长度,实际上由于坯料长度和延伸系数的限制,最长只能轧到50米。

由于轧管机的变形量大,从穿孔到定减径只用三道工序就可以完成,是轧制无缝钢管工序最少的方法之一。同时对穿孔机的要求也不严格,可不用薄壁管进行轧制,即穿孔机的变形量可以小。另外,在壁厚变化范围不太大时( $\leq 5 \text{ mm}$ ),不需要换任何工具,只要调整一下轧辊距离、角度、转数,即可改轧其他壁厚管。

三辊行星轧机存在的主要问题:

①对中、厚壁管来说,只要轧辊孔型设计合理,调整得当,钢管表面质量是能够保证的,西德EBV厂的经验证明了这一点。而美国亨特厂所发生的表面螺旋道问题,主要是由于在孔型设计和轧机调整上没有经验,又没有购买技术软件所造成。对于薄壁管,由于技术难度更大,故至今,西德西劳曼—西马克自己还在摸索试验,他们虽然信心百倍,但总归由于他的技术人员都是搞设备出身,缺乏工艺技术,故前进的速度不快。

生产薄壁管的主要问题是产生较严重的螺旋道。在美国亨特厂,螺旋道一般深 $0.03''$  ( $0.76\text{mm}$ ),最深的可达 $0.08''$  ( $2.03\text{mm}$ ),而且轧制同一批钢管时重现性差。

②生产薄壁管和和调整不当时生产中,部壁钢管,咬入有打滑现象,终轧时尾厚开裂,产生碎片打击设备,此时如将芯棒提前抽出或放开轧辊,就可避免产生开裂,但此时尾部留有一段厚壁毛管,增加了切损。

③轧制速度达不到设计值 $1\text{米/秒}$ ,EBV厂实际达到 $0.7\text{米/秒}$ ,亨特厂实际只有 $0.5\text{米/秒}$ ,这样,产量也就达不到原设计水平。

各国专家对三辊行星轧管机的评论:

美国亨特厂专家认为,在三辊行星轧管机上轧制钢管,钢管是推出来的,不是轧出来的。因为咬入时轧辊直径大,线速度大,出口时直径小,线速度就小了,故金属流通受阻,不顺畅,所以薄壁管在这种轧机上根本不可能生产出来,但作为厚壁管生产轧机还是可以的。故他们在作了三次孔型设计改变后就放弃了,认为是没

有前途的轧管机。

西德曼内斯曼德马克米尔厂的专家认为,从理论上讲,三辊行星轧管机是一项聪明的发明,它的特点是变形量大、坯料长、能耗低、设备投资少。但它有致命缺点,即离心力大引起的一系列问题很难解决。机头直径大、转数高、离心力就非常大,这就造成设备问题很难解决,其他诸如轴承间隙及润滑、机头刚度、轧辊的动态调整,在线控制及长期而可靠的设备维修等问题。因而得出结论是:这种结构的行星轧机,对大尺寸、高产量、高精度的成品管是不成功的。他们为了使这些理论能够继续得到发挥,保持大变形量的独特优点,他们自己设计了一种KHR(斜轧大变形量)轧管机,这种新的轧管机,几乎全部保留了PSW轧管机的基本结构,只是作了一个根本性的变动,即主机头不作旋转,而是被轧件旋转,类似三辊轧管机,这样一来,因主机头转动带来的离心力以及再由此而带来的一切问题就都不存在了。当然,也将由此而失掉三辊行星轧管机的另一些主要特点,比如,可与定减径机实现连轧,省去再加热炉、节能、节约厂房以及能轧制长管等优点。

意大利因西公司的专家们认为,PSW轧管机是一种不成功的轧机,绝无改造的可能。

西德政府的专家们则认为,这是无缝钢管生产工艺和设备的重大发明,因而拨给专款支持继续试验研究。

我们中国的有关专家大体也是二种意见,一种认为发展前途不大,轧制中厚壁管或作为毛坯轧机还可以,作为薄壁管及成品管轧管机是没有希望的。另一种意见则认为大有发展前途,而且我们中国有



难令人信服。

由于限动芯棒的采用,必须设立在线脱管,即实现定径机与连轧管机的直接连轧,也就自然取消了定径再加热炉。但为了减少更换连轧管机机架和芯棒的次数,提高连轧管机的生产效率,故一般都设有再加热炉和张力减径机,并用减径机代定径机。

限动芯棒连轧管机由于每轧一根钢管后都必须抽回芯棒,因此轧制周期比浮动和半限动芯棒轧制要长一些,小时产量也就低一些,约为100—120支/时。

综上所述,限动芯棒连轧工艺(MPM)并不仅仅是对传统轧管工艺的简单改进,而主要是从技术上解决无缝钢管的方向问题。它产量高、质量优、钢管长、变形大、可使用连铸坯、成本低、成材率可高达95%以上。

现将由日本石川岛播磨按美国艾特纳斯坦达公司专利制造的,日本钢管京浜厂1983年投产的 $\phi 250$ MPM连轧管机组和美国钢联费尔菲尔德厂1984年投产的,由美国摩根公司根据意大利因西公司专利制造的 $\phi 250$ MPM轧管机组作为这种限动芯棒连轧管机组的典范介绍于下:

1)日本钢管(NKK) $\phi 250$ MPM轧管机组

该厂的生产范围为 $\phi 114.3$ — $244.5$ mm;壁厚为4.0—40mm,长度5.0— $15$ 米,主要品种为石油套管。所用管坯规格为 $\phi 170$ mm、 $210$ mm、 $230$ mm、长度为1.2—5.2米。坯重最大2500公斤。轧机主要设备性能如下:

①一座由Daido厂制造的环形加热炉,燃料为混合煤气、小时产量200吨;

②一座两辊立式狄塞尔式穿孔机;

③一台三辊延伸机,轧辊直径 $800 \times 600$ mm,电机功率5600kW;

④8机架连轧管机一台,前4个机架的轧辊直径 $790$ mm $\times 400$ mm,后4架的轧辊直径 $720$ mm $\times 370$ mm,电机总功率为21800kW;具有用三根芯棒连续轧制的芯棒循环系统;

⑤10机架两辊式定径机一台,辊径 $675$ mm $\times 375$ mm,单独传动,电机功率为 $10 \times 500$ kW = 5000kW;

⑥一套由Meer厂供应的直接淬火装置;

⑦一座步进回火炉,小时产量为200吨,是Chugai厂制造的;

⑧一台2—2—2—2八辊矫直机,第二对辊子(大直径辊)辊径为 $1000$ mm $\times 2000$ mm,其他三对辊为 $\phi 380$ mm $\times 610$ mm,电机总功率为2280kW;设备是Daido厂制造的;

⑨装有切断机 $2 \times 6$ 台,分上下两排,排锯可以上下运动,锯刃用碳化钨制造,由两台22kW电机驱动;

⑩一台无损探伤装置,旋转超声波探头, $V = 3$ 米/秒,是Mitsubishi厂制造的;

⑪步进式输送装置;

⑫6台倒棱机,Hitachi厂制造,分布于钢管的两端,每端三台,刀头旋转,管体不转,刀头卡盘可自动更换,功率为75kW,它是由Dat厂制造的;

⑬6台车丝机,分布钢管的两端,每端有3台,数控刀头旋转,功率为110kW;

⑭螺纹检测装置一套,共6台,每端三台,接触式检测头是Stinell厂制造的,而螺纹光学轮廓摄影仪是NKK制造的;

⑮三台水压试验机,Yamamoto 厂制造,水压为 $1500\text{kg}/\text{mm}^2$ ,可自动更换头座、尾座和试压头;

⑯一套静电打印机,是Origin厂制造的。该机组的平面布置图示意如图6。

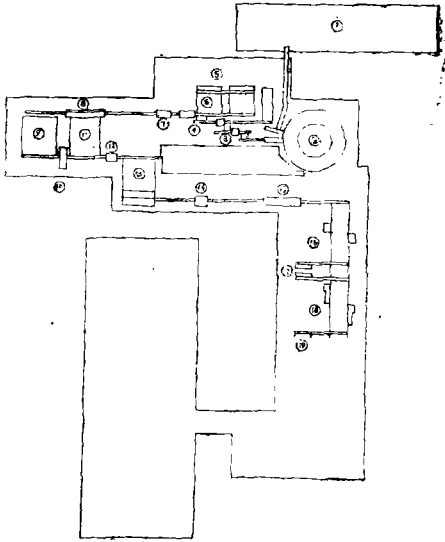


图6 日本NKK京滨厂 $\phi 250$ MPM机组平面布置图

- |          |          |
|----------|----------|
| ①管坯库     | ②环形加热炉   |
| ③穿孔机     | ④延伸机     |
| ⑤芯棒库     | ⑥连轧机     |
| ⑦定径机     | ⑧淬火装置    |
| ⑨回火炉     | ⑩定径机     |
| ⑪直接淬火后冷床 | ⑫矫直机     |
| ⑬冷床      | ⑭超声波探伤装置 |
| ⑮冷锯      | ⑯倒棱机     |
| ⑰车丝机     | ⑱拧接机     |
| ⑲水压试验机   |          |

该机组在工艺上有如下几大特点:

①该机组50%管坯是轧制坯,50%是连铸圆坯,连铸圆坯质量良好,几乎不需清理,仅在端面打上标记,点焊上铝片标签,标明批号。用冷锯锯断管坯,端部特别平整,这样就保证了定心要求;该厂仍用50%轧坯是因为连铸坯短期供应不足以品种的需要所致。

②采用三辊延伸机进行延伸、修正毛管的外径。因为带导盘的狄塞尔穿孔机穿孔后外径偏差为 $\pm 5\text{mm}$ ,这样进入连轧有困难;另一方面也可进一步消除毛管壁厚不均,使其壁厚公差达到 $\pm 4\%$ 以下,这样更便于连轧变形。但在轧制精度要求不高的一般管时,可将此配机移离轧制线,穿孔毛管不经延伸,直接送连轧管机进行轧制。另外还可在此延伸机上直接生产壁厚 $\geq 40\text{mm}$ ,长12米的厚壁合金钢管。采用同心度特别好的毛管进行连轧是美国艾特纳标准公司重要技术特点之一。

③采用8机架限动芯棒连轧管机,芯棒在进入轧机前在侧面先行定位穿好芯棒,芯棒和毛管从侧面跨移入轧制中心线,连轧时稳定、可靠、快速。

④连轧管机与10架定径机靠近在一起,这样就省掉了脱管机,当然再加热也就同时省掉了。

⑤石油套管管体管(包括其他需要淬火处理的钢管)利用定径后余热进行直接在线淬火。淬火时钢管是旋转的,冷却水自轴向进水,外部从上喷水,双管齐下。 $J_{55}$ 、 $N_{80}$ 、 $P_{110}$ 均可用直接淬火达到。有特殊合金元素的 $V_{150}$ 、 $C-90$ 等现在仍不采用直接淬火工艺。直接淬火后钢管进入步进回火炉中进行回火(不经淬火的钢管可直接通过冷床进行冷

却), 步进回火后的石油管体随即在定径机上进行热定径。

⑥矫直机是2—2—2—2八辊式的, 第1、3、4对辊径为 $380 \times 610\text{mm}$ ; 第2对是大直径辊, 辊径 $1000\text{mm} \times 2000\text{mm}$ 。为了提高石油套管的抗压溃性能, 必须进行 $400^\circ\text{C}$ 以上的带温矫直, 热矫直后在冷床上冷却, 并喷水加速冷却。

⑦在线设有壁厚、外径、超声波探伤检查三位一体的自动检查装置, 通过检查后用6组(2个一组)圆盘锯一切三段, 锯切钢管时, 钢管旋转, 圆盘锯上下运动。三位一体的检查装置能将轴向缺陷与圆周方向缺陷检查出来, 对钢管质量很有保证。

⑧热轧区与石油管体加工区是相联接的。钢管不旋转而刀盘旋转的平头倒棱机、车丝机、拧接机、水压试验机以及上保护环机等设备联接装置, 可进行连续作业。但是这些设备没有采用传统的方法布置成几条作业线, 而是把三对平头机、三对车丝机、丝扣检查室、三台拧接机、三台水压机等设备布置成一条作业线。三套机器相邻排列, 两组之间用步进运输机械放置三根钢管进行输送。在机床(三台一组)之前的各料台架上布放三根管, 每一组机床都有钢管拖运机构, 每次输送三根钢管, 供三台机床同时工作。

⑨车丝后, 丝扣在一端一座的检查室内(共两座)作各项应检内容的检查, 全部检查都是仪器自动进行的, 人员只对仪器进行监督。黑皮扣用光学法检查, 丝扣尺寸用自动检查仪检查, 检查结果用CRT显示, 丝扣自动检查目前世界上仅在此实现了, 具有世界一流水平。

⑩整个车间是32秒钟生产一支钢

管, 正在为25秒钟生产一支钢管而奋斗, 每班仅有35名工人。这是一套装备水平最高的机组, 成材率已达95%, 设计为98%。厂房面积11万平方米, 投资约1000亿日元。虽然1984年生产的套管为350美元/吨, 但是, 仍要赚钱。此机组已成为一致公认的生产石油管的最有竞争力的机组之一。其平面布置见示意图6。

## 2) 美国钢铁公司费尔菲尔德厂9 $\frac{5}{8}$ " PPM + MPM机组

该机组年产量55—60万吨, 生产钢管规格为88.9—244.5mm的石油管。根据1985年6月艾特纳标准公司提供的资料计算, 该机组总投资约7亿美元。

a) 该机组采用方形连铸坯, 规格仅有一种, 边长为267mm, 四角倒棱长15mm左右, 是浇铸时就形成的, 最大管坯长度为4785mm, 最大管坯重量是2540kg。虽然采用方形连铸坯的价格较便宜, 但是表面有许多缺陷、修磨量较大, 修磨金属消耗增加1.5%, 修磨设施增加总投资10%以上。

b) 加热炉采用步进式, 小时产量为200吨。

c) 除鳞机采用 $182.8\text{kg}/\text{cm}^2$ 水压系统, 清除管坯上的铁鳞。第一台除鳞机位于压力穿孔机前, 在连轧管机与张力减径机前也装有除鳞机, 既可清除一次加热, 二次加热产生的氧化铁皮, 也可除去在轧制温度范围内产生的再生氧化铁皮, 保证钢管具有优良的表面质量。

d) 压力穿孔机辊径1300mm, 由一台950kW直流电机传动。最大轧制速度为0.5米/秒。推入机由6台140kW直流电机传动。穿孔机配有顶杆循环使用系统, 使顶头得到冷却与润滑。穿孔后毛管外径为

316mm, 壁厚79.5mm, 长度5600mm, 变形量1.19。

e) 延伸机采用轧辊上下布置的立式斜轧机。导板布置在两侧, 可作横向移动以利更换, 此外还可使铁鳞不沾上钢管表面, 而导板上下布置极容易积存铁鳞。轧辊最大直径为1100mm, 安装在转鼓中, 可以任意调整送进角。轧辊由两台4500kW直流电机传动。顶杆由机械传动的止推小车送进和回退。延伸机的作用主要是减少毛管壁厚, 消除偏心率和壁厚不均。延伸后毛管外径变化不大, 约为314mm, 壁厚减少为29—54mm, 长度为10670mm, 延伸率为2.27。

f) 7机架连轧管机的前3架轧辊直径为780mm; 后4架轧辊直径为660mm。每架为单独传动, 电机总容量为15400kW。芯棒限动装置由8台直流电机传动, 电机总容量为3072kW。毛管进入连轧前, 已清除了氧化铁皮, 并预先插入了经过润滑的芯棒。该机组的机架和传动电机均成45°布置, 配有轴承座和轧辊更换装置, 使轧机布置得比较紧凑。

经7架连轧后钢管外径为261mm, 壁厚5.85—32mm, 最大长度可达36米, 最大形变量5.56。连轧机后装有4机架的脱管机, 实际上只安装了三个机架进行工作。脱管机是两辊式, 轧辊最大直径为720mm, 传动电机功率920kW。脱管机可使钢管外径进一步减少到 $\phi 252$ mm, 壁厚5.9—32mm, 最大长度可达36.5米。连轧机后采用少机架脱管机(3—4架)还是采用多机架(8—10架)定径机取决于外径的减径量。

g) 脱管后有两台锯床, 用来锯切进再加热炉的钢管管头。钢管加热到910°C

左右经过再次除鳞后进入24机架张力减径机, 均为单独内齿传动。前8架轧辊直径为500mm, 后16架为430mm, 张减的电机总功率为6480kW, 是世界上能力最大的张减机之一。经过减径机后可得到外径为88.9—244.5mm, 壁厚5.4—32mm, 最大长度102米的钢管。最大减径率不得超过64.3%, 否则会产生内方、内六角。由于该机组没有定径机, 部分工作由脱管机承担, 部份厚壁管则由减径机承担, 故此张减机电机容量特别大。这不能认为是一个发展方向。

h) 整个机组设备布置在两个平行的纵跨中, 设备安装在两个高度上, 热轧设备安装在较高平台上, 精整设备安装在较低平台上。其原因是一方面连轧机等设备基础深, 必须抬高平面高度, 另一方面便于维修设备。精整设备安装在较低平台上还可节约投资。

i) 该机组安装了“在线”测量轧制参数(尺寸、温度、速度、功率、压力等)装置, 轧制过程控制系统与一台计算机相联, 以便进行设备自调整, 这一系统可使机组操作最佳化, 从而稳定产品质量。

j) 据美国艾特纳标准公司专家介绍, 该机组虽然投产时间比NKK京浜厂长得多, 但是, 成材率没有日本NKK公司京浜厂 $\phi 250$ 连轧管机组的成材率高, 没有日本连轧管机生产稳定、可靠。该机组平面示意图见图7。

3) 日本新日铁公司八幡厂 $\phi 194$  PPM + MRK - S机组。

由西德曼内斯曼德马克公司提供的设计与制造技术, 日本三菱重工制造的 $\phi 194$ 半限动连轧管机组, 设计能力为96万吨/年, 1983年投产, 但是1984年4月我们考



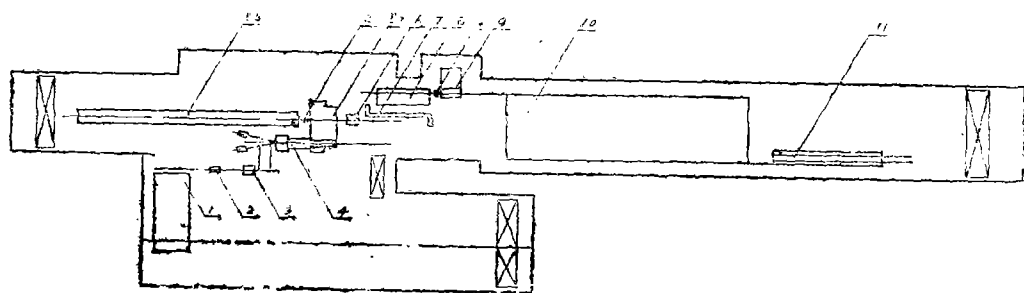


图7 美国钢公司9英寸MPM机组平面布置图

察八幡厂时，厂方以未正式投产为借口未让我们参观生产现场，他们仅作一口头介绍。另据美国艾特纳标准公司介绍，该机组投产后生产不正常，年产只有70万吨。日本共有四台连轧管机组，其他三台均根据美国艾特纳标准公司技术制造的，这是唯一的一台根据西德曼内斯曼德马克公司的技术制造的MRK-S连轧管机组。该机组生产外径33.4—194mm、壁厚3—30mm的石油套管、油管与输送管。产品按API标准，也按JIS标准交货。总投资约1100亿日元（合5.5亿美元）。

该机组的主要特点：

①采用边长为215mm，长约12米的连铸坯，经步进炉加热后热切成3—5米长坯料，最大重量为1750公斤。原料由三炼钢车间2号连铸机提供，三炼钢有75吨LD转炉两座。长方坯由步进加热炉加热可以充分发挥炉底有效面积的作用，加热后进行切断穿孔，此一工艺对车间整个工艺流程要求甚高，不能有过多的延误与事故。

②压力穿孔机的导入辊槽是新日铁开发的，比意大利原用平板导槽对中性要高，穿孔后毛管壁厚不均均为8—15%。之所以采用PPM压力穿孔机，一方面他们早就引进了PPM技术并有发展，建成了方坯连铸系统，另一方面他们认为可穿合金

钢、原料价格便宜。

③延伸机为二辊立式布置狄赛尔式。轧辊直径为1150mm，由两台6000kW电机传动。导盘直径为2000mm，由直流电机传动，延伸系数3.5。这台延伸机实质上是一台功率巨大的穿孔机，用于减薄毛管壁厚和减少壁厚不均，以便满足连轧机对毛管壁厚要求。延伸后毛管长度14米。

④6机架荒管减径机是集体传动的三辊式减径机，用于修正狄赛尔延伸机管端直径偏差和增加毛管外径规格，辊径为750mm，用一台功率为1350kW交流电机传动。可生产两种适于连轧机孔型系列的毛管，大规格连轧时只起定径作用，小规格连轧时可减径20%。

⑤7机架连轧管机的轧辊直径为650mm，各由一台功率为1000—2800kW的直流电机传动，电机总容量为14100kW。轧管采用半限动连轧工艺，芯棒预装后进入轧制中心线，并与大齿条传动的送棒机相连，从而使芯棒在轧制时的一定阶段保持恒定速度。当管端离开第四机架时，送棒机和芯棒的连结松开，芯棒以较高的速度与毛管离开轧机。

⑥送棒机是用作在轧制过程中控制芯棒以恒定速度前进。送棒机最大速度6.6米/秒，夹持力160吨，由四台500kW直

流电机传动。

⑦链式脱棒机位于连轧机后面,用来将芯棒从钢管中抽出。芯棒被返回后经水槽冷却和润滑后再次使用,每组芯棒大约15根,循环使用。连轧后毛管最大长度可达40米。

⑧毛管经加热后进入24架三辊式,单独传动的张力减径机,辊径420mm。前6架由各为功率300kW 直流电机传动,后18架由各为450kW 电机传动,总功率巨大,为9900kW。拉减后钢管可达85米长。

⑨该车间采用了“产品跟踪”的完善

生产、质量管理体系、在线计算机系统及半成品自动堆放场,是世界上较早从坯料到最终成品全部工序实行“产品跟踪”的轧管车间。

与限动(半限动)连轧管机相比,其他轧管工艺在产量高( $\geq 50$ 万吨/年)、产品质量好与经济效益大等方面都是望尘莫及的。但是其最大缺点是投资大,能源装备容量大,其能源装备容量水平(不包括张力减径机)大致比CPE高一倍,比浮动芯棒连轧管机高50%,详见下表。

限动芯棒与浮动芯棒连轧机和缩底式顶管机装机容量对比表

| 厂 名              | 轧机型式 | 生产规格<br>(毫米)       | 年产量<br>(万吨) | 穿孔、延伸机<br>电机容量<br>(kW) | 轧管机<br>电机容量<br>(kW)        | 吨管电机<br>容 量<br>(kW/t) |
|------------------|------|--------------------|-------------|------------------------|----------------------------|-----------------------|
| 美 国<br>CF & I    | CPE  | $\phi 60.3-114.3$  | 25          | $2 \times 1217$        | $2 \times 1470$<br>+ 550*1 | 235                   |
| 西 班 牙<br>AMURRIG | "    | $\phi 21.3-168$    | 20          | $2000 \times 2$        | $2 \times 1250$<br>+ 500*2 | 250                   |
| 西 德<br>MM · RK2  | 浮动连轧 | $\phi 21.5-133$    | 40          | $2 \times 3000$        | 10000                      | 400                   |
| 日本海南厂            | "    | $\phi 25.4-140$    | 45          | 5000                   | 15000                      | 444                   |
| 苏 联<br>第一乌拉尔厂    | "    | $\phi 30-102$      | 35          | 3680                   | 9750                       | 384                   |
| 中国宝山厂            | "    | $\phi 21.3-140$    | 50          | $2 \times 2600$        | 17400                      | 452                   |
| 日本京浜厂            | 限动连轧 | $\phi 114.3-244.5$ | 60          | $2 \times 3750 + 5600$ | 228000                     | 582                   |
| 加 拿 大<br>Algoma  | "    | $\phi 48.3-177.8$  | 27.5—30     | $2 \times 2750$        | 14130                      | 633                   |
| 墨 西 哥<br>TAMSA   | "    | $\phi 114.3-273$   | 42.5        | $2 \times 3550$        | 17900                      | 588                   |
| 美 国<br>Fairfield | "    | $\phi 88.9-244.5$  | 55          | $1790 + 2 \times 4500$ | 19373                      | 548                   |

\*1为缩底机、松棒机及脱棒机电机容量。

\*2为报价数,不十分准确。

#### (4) 精密轧管机组 (Accu-Roll Mill)

精密轧管机组是在狄赛尔机组 (带有两个大导盘) 基础上发展起来的轧管机组, 它具有产品规格范围宽广 ( $D/S = 4-40$ ), 尺寸精度高 ( $DS = \pm 3-5\%$ ), 表面光洁无螺旋道和印痕及工序短 (一次加热、穿孔、轧制、定减径三步成形), 设备简单, 投资少, 工具消耗少, 维修费用少, 占地面积少, 操作人员少等一系列优点, 是一种很有前途的轧管机组。

精密轧管机组 (Accu-Roll Mill 在西德称为 CPD) 实质上也可看成是用一台精密轧管机代替自动式轧管机和两台均整机, 是一种简化了的以斜轧为主的轧管机组。

精密轧管机带有上下两个大导盘, 采用限动芯棒 (小型轧机也可用浮动芯棒) 装置, 轧辊倾角大 ( $8-12^\circ$ ), 带有一个中部平行段专用孔型的两辊式斜轧机, 它高度综合了现代轧管机的新技术。它主要是由美国艾特纳标准公司开发的。精密轧管机组示意图见图8。

精密轧管机的特点是:

① 采用两个大导盘可以保证精确的导向, 导盘速度一般比轧管金属出口速度大10%以上, 这样就提高了轧管效率, 避免了钢管扭转并改善了钢管表面质量。精密轧管机的导盘直径远比老式狄赛尔轧机采用的导盘为大, 其轧辊直径与导盘直径之比为  $1:1.5-2$ 。这样可使钢管出口速度达到1.2米/秒, 每支钢管的轧制时间为19秒, 比自动轧管机的周期时间22—23秒/支为短, 每分钟可轧2.5—3支钢管, 保证了轧机的较高产量; 轧制钢管长度为15—20米。

② 轧辊倾角为  $8-12^\circ$ , 倾角较大, 改善了咬入条件。轧辊有一个入口锥度 ( $2^\circ 30'$ ), 保证了均匀的减壁作用, 轧辊中段有一段6"长的平行于芯棒的平行段孔型, 能使管壁得到充分的均整, 并确保壁厚不均达到  $\pm 3-5\%$ 。轧辊出口锥有  $1^\circ 30'$  的锥度, 入口速度与出口速度基本一致。

③ 轧管采用限动芯棒, 这不仅提高了内表面光洁度和尺寸精度, 并使轧制力不能重合一处, 提高了芯棒使用寿命, 减少了脱棒装置和时间。

④ 精密轧管机延伸率可达2.5, 而带大导盘的菌形穿孔机延伸率可达4, 这样, 两个主变形机组的总延伸率足可保证采用连铸坯的轧管质量。

⑤ 精密轧管机的功率消耗较低。MPM连轧管机组是  $200-220 \text{ kW} \cdot \text{h/吨}$ , 自动轧管机组是  $120-140 \text{ kW} \cdot \text{h/吨}$ , 而精密轧管机组只为  $100-120 \text{ kW} \cdot \text{h/吨}$ 。

⑥ 同一直径的芯棒可轧制多种壁厚的钢管, 而一种尺寸的导盘轧制的钢管外径只能浮动6mm。导盘规格较多是其缺点。

⑦ 导盘是用304不锈钢制造的圆环, 内镶一个碳素钢内芯。导盘可作上下、左右、前后三个方向调整。导盘的更换周期是三星期一次, 而轧辊却是一星期一次。导盘受的轧制力为100吨, 而轧辊轧制力为140吨 (对于7"机组)。

⑧ 限动芯棒长约13—14米, 前端为尖头, 后端带有方形块, 工作区长约2.5—3米。工作段用耐磨耐温钢制造, 用机械联结。轧8"钢管, 芯棒所受拉力约为30吨, 而MPM连轧管机则为200吨, 所以MPM连轧管芯棒必须作成整体的。

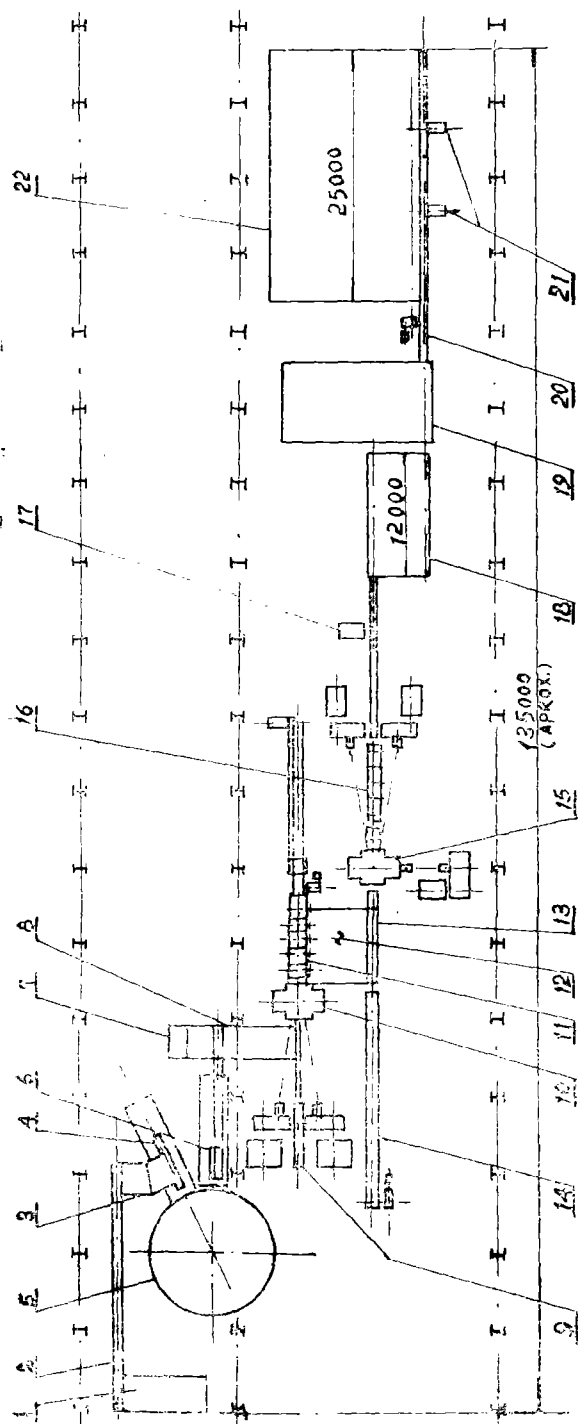


图8 精轧管机组平面布置示意图

- ① 冷管坯上料台  
④ 加热炉装出料机  
⑦ 受料槽  
⑩ 穿孔机  
⑬ 毛管导入装置  
⑭ 延伸机出料台  
⑯ 拉力减径机  
⑰ 冷床

- ② 冷管坯输送辊道  
⑤ 环形加热炉  
⑧ 管坯输送台  
⑪ 穿孔机出料台  
⑫ 顶杆插入装置  
⑬ 带有挡料器的可移动锯  
⑭ 输出辊

- ③ 冷管坯输送台  
⑥ 除鳞机  
⑨ 穿孔机入口槽  
⑫ 毛管输送台  
⑮ 延伸机 (狄塞尔轧管机)  
⑯ 再加热炉  
⑰ 分段锯

⑨ 精密轧管机的减壁量为 $0.375''$  ( $9.5\text{mm}$ ), 每一转的断面减少量为 $15\%$ , 总的减径量为 $10-15\%$ , 不能扩径。

⑩ 精密轧管机的导盘与芯棒均需润滑, 采用一种人工合成润滑剂, 其摩擦系数 $\mu = 0.1$ 。

⑪ 精密轧管机轧制温度为 $1100^{\circ}\text{C}-950^{\circ}\text{C}$ , 芯棒速度 (工作时)  $0.1-0.3\text{米/秒}$ 。返回速度为 $8\text{米/秒}$ 。

⑫ 精密轧管机有以下几种系列。

a)  $1''-5\frac{1}{2}''$  轧机系列:

仅使用两种连铸圆坯;

加热炉小时产量 $60\text{吨}$ ;

带导盘的菌形穿孔机的延伸率为 $3.32$ ;

精密轧管机的延伸率为 $3.07$ ;

产量为 $15000\text{吨/月}-9000\text{吨/月}$ 。

b)  $4\frac{1}{2}''-10\frac{3}{4}''$  轧机系列:

使用三种连铸圆坯;

加热炉小时产量约 $120\text{吨}$ ;

穿孔机的延伸系数为 $4.1$ ;

精密轧管机的延伸系数为 $2.49$ ;

后面是定径机;

产量为 $15000\text{吨/月}-30000\text{吨/月}$ 。

c)  $7''-16''$  系列:

采用二次穿孔;

加热炉的能力为 $175\text{吨/小时}$ ;

精密轧管机的周期时间控制在 $19\text{秒}$ 以内;

最大减壁量可达 $0.375''$  ( $9.525\text{mm}$ );

后面跟随定径机;

产量可达 $41000\text{吨/月}-64000\text{吨/月}$ 。

d)  $4\frac{1}{2}''-16''$  轧机系列:

采用菌形穿孔机两台, 一台作穿孔机用, 一台作扩径机用, 不仅可轧合金钢也可轧不锈钢;

精密轧管机进行减壁、并得到尺寸精、表面质量好的钢管;

采用4机架MPM连轧机轧长钢管, 使之达到 $61\text{米}$ , 其延伸率控制在 $1.6$ 左右;

后跟12架定径机;

热轧成材率可达 $95.6\%$ ;

加热炉小时产量为 $200\text{吨/时}$ ;

产量在 $40000\text{吨/月}-62500\text{吨/月}$ 范围内;

年生产 $50-70\text{万吨}$ 。

现将 $4''-7''$ 精密轧管机组介绍于后:

生产范围为 $\phi 102-\phi 180\text{mm}\times 3.5-25\text{mm}$ ;

长度为 $6\text{米}-15\text{米}$ ;

年产量 $19.8\text{万吨}$ ;

作业时间 $4465\text{小时/年}$ ;

需要连铸圆管坯数量为 $210174\text{吨}$ ;

管坯数量为 $536077\text{支}$ ;

每支管坯的平均重量为 $0.394\text{吨}$ ;

平均小时产量 $44.34\text{吨}$ ;

热轧成材率 $94.2\%$ ;

轧机最大产量可达 $239462\text{吨/年}$

( $7200\text{小时}\times 0.75$ );

管坯采用 $6''$  ( $152.4\text{mm}$ ) 与 $8''$  ( $203.2\text{mm}$ ) 两种, 长为 $40'$  ( $12.2\text{米}$ ), 在两台冷锯上锯切, 单根长 $1100-4000\text{mm}$ , 坯重最大 $1044\text{kg}$ 。

采用产量为 $65\text{吨/时}$ 的环形加热炉加热。加热炉外径 $22.88\text{米}$ , 内径 $14.63\text{米}$ , 炉膛宽 $4.15\text{米}$ 。对加热管坯要求炉温均匀 $\Delta t \leq \pm 7.5^{\circ}\text{C}$ 。穿孔机采用带大导盘的菌形穿孔机, 辊径 $38''$  ( $965.2\text{mm}$ ), 轧辊速度 $500/250\text{转/分}$ , 用两台 $2500\text{马力}$ 直流电机分别传动。钢管出口速度为 $0.955\text{米/秒}$ 。导盘直径为 $80''-85''$  ( $2032-2159\text{mm}$ ), 穿孔后最大外径为 $212.73\text{mm}$ ,

最小外径为158.75mm;穿孔后长度为4.3米—8.2米;穿孔过程是一个扩径过程。延伸系数在1.87—3.98范围内。

精密轧管机;

导盘直径2032—2159mm;

轧辊直径965.2mm;

二台直流电机传动轧辊, 每台功率为2500马力;

速度为300—600转/分。

经过精密轧管机轧制后最大外径193.7mm, 最小外径143mm, 最大长度15.27米, 最小长度10.82米; 轧制周期为12—19秒。最小壁厚4.85mm, 延伸系数1.47—2.47。

12架定径机;

单独传动两辊式, 总功率为1800马力, 转速650/1300转/分;

定径机延伸系数1.09—1.33;

减径量3—27.9%;

减壁量 -1.3—11.1%;

定径成材率96.3—97.1%;

定径后最大长度为15.5米, 最小为12米;

定径最小壁厚为3.5mm, 最大壁厚为25mm; 全车间设备费用为2184.6万美元; 电气费用1800万美元, 加热炉费用596万美元, 备件与工具为302万美元。合计为4882万美元。

占地面积约10077M<sup>2</sup>, 长约185米, 宽约48米。另有一堆料副跨。

精密轧管机组与连轧管机组将是两种主要的轧管机组。产量35万吨/年, 用精密轧管机组; 产量大于50万吨/年, 采用MPM连轧管机组。

有关7"规格范围的各种轧机对比见下表。

4"—7"各种轧管工艺技术经济对比表

| 机<br>型    | 组<br>式 | D/S<br>最大 | 管<br>长(米)  | 延伸率<br>% | 小时<br>支数 | 吨/小时 | 壁厚不均<br>DS% | 表面<br>质量<br>状态 | 投资对比 | 工<br>艺<br>成熟性 | 维修<br>费用 | 工艺<br>难度 | 收得率<br>% | 工具<br>消耗 | 能量<br>消耗 |
|-----------|--------|-----------|------------|----------|----------|------|-------------|----------------|------|---------------|----------|----------|----------|----------|----------|
|           |        |           |            |          |          |      |             |                |      |               |          |          |          |          |          |
| Accu-R    |        | 40        | 20         | 3        | 150      | 45   | ±4—5%       | 好              | 低    | 没经实践<br>检验    | 低        | 中等       | 96       | 低        | 中低       |
| MRK-S     |        | 40        | 40         | 4        | 180      | 108  | ±6—7%       | 好              | 高    | 已检验           | 中高       | 高        | 96       | 中高       | 高        |
| Plug Mill |        | 40        | 18         | 1.8      | 150      | 40   | ±7—8%       | 内表面好<br>外表面不好  | 中    | 已检验           | 低        | 低        | 95       | 高        | 中低       |
| PSW       |        | 20        | 30<br>(今日) | 10       | 60       | 25   | ±7—8%       | 外内都好<br>内不好    | 低    | 不成熟           | 高        | 很高       | 94       | 高        | 低        |
| CPE       |        | 40        | 22         | 5—8      | 180      | 60   | ±6—7%       | 好              | 中    | 一台投产          | 中低       | 低        | 94.92    | 中        | 中        |

#### 4. 钢管定径及减径

热轧钢管的最后一道工序就是为使外径达到要求进行的精轧——定径或减径。

### a) 定径机 (12架以下)

现在仍然广泛采用二辊及三辊式。二辊式现在主要的发展是在轧制过程中可以进行轧辊的调整,可利用在线外径检测仪,进行闭环自动控制,以便保证钢管直径的精度,这就使NKK新轧机保证外径公差达到 $\pm 0.2\%$ 成为现实。另外,通过油压式更换装置的换辊台车实现与轧辊加工间直接连结的自动换辊。

### b) 减径机

普遍采用三辊张力减径机。现在又在进行张减机单独传动和组合传动的传动方式之争。西德考克斯的组合传动、机械简单变速的张减机,在产品外径、壁厚变化范围不太大的情况下,确有装备简单(包括电控),能源装机容量小、投资省的优点。但在提高连轧管机效率,简化和减少轧管机机架、芯棒数量(也就是减少投资)而外径、壁厚变化范围大的情况下,大功率单独传动的张减机还是唯一被广泛采用的。

## 三、钢管精整

1. 现在多采用步进式和双向链式冷床冷却钢管,这种冷床冷却均匀,能防止钢管弯曲。

2. 现在对厚壁管、合金管以及热处理后的钢管,多采用热矫代替冷矫,以减少残余应力,提高钢管使用性能,同时也降低了设备负荷。

3. 钢管切头及切断已向冷锯、冷锯+铣头或冷锯+去毛刺的方向发展,冷锯不但效率高,而且投资低。

4. 钢管的内外表面、外径和壁厚的检查已较广泛的采用仪器自动检查和辅之以人肉眼检查。多采用漏磁、涡流法检查表面。内部及壁厚则多用超声波检查,外径

则用激光检测。

5. 现在有的厂对钢管的测长、称重、压印喷印、自动打捆等已经实现在线一条龙作业。

6. 为减少和消除车间内部的噪音和防止钢管因碰撞而产生碰凹、擦伤等损伤,现多采用软性(塑料、橡胶等)辊道、输送带和链板作钢管纵向输送,采用步进、滚链、移动架等作钢管横向运输。总的原则是不让钢管互相之间或与金属设备相碰或有相对运动。采用升降式活动料槽收集钢管,以减少落差,防止钢管之间的碰撞。

7. 为了确保钢号不混,有的采用光谱鉴别仪,有的采用涡流钢号对比仪进行在线钢号鉴别。

## 四、钢管加工

### 1. 钢管整体加工

对大直径( $\phi \geq 650\text{mm}$ )或中等直径( $\phi 200-630\text{mm}$ )具有特殊要求的无缝钢管,现在仍用大车床进行外表面加工,用深孔镗床镗内孔的古典工艺,同时也有采用大砂轮外圆磨床(钢管转动,磨轮作纵向移动),砂带磨床(钢管一方面转动,同时作纵向移动)和砂轮内磨的工艺(砂轮杆作纵向移动)。

### 2. 石油管管体热处理

典型的新工艺为:步进炉加热、水喷淬火、步进炉回火、三架定径(外加厚钻杆不经此机)、冷床、热矫直、冷床、打硬度,无损探伤、喷标记。

### a) 淬火前加热

淬火前的加热(或常化前)仍有用大盘式快速加热炉,如意大利马沙厂。而美国则多用滚道式快速分段炉,如美国洛

雷思厂,但也有用分段电感应加热炉的,如美国亨特厂。而最为新式的是取消此加热,采用定径后直接在线淬火。如前边提到的日本钢管。另外,日本川崎知多厂,也已采用在线直接淬火,其规格为 $\phi 177.8-273\text{ mm}$ ,该厂是采用水槽加内喷,温度控制在 $\pm 15^\circ\text{C}$ ,用于K55、N80、P110。关键是控制水量和流速,水量多达 $18000\text{ m}^3/\text{时}$ ,而日本钢管京浜厂,则采用槽内加罩外喷法,只用于N80。这二个厂采用直接淬火后,节约了大量能源。但是现在被大家公认的最为理想、可靠、通用的还是步进加热炉。快速炉和分段炉对加厚管的加热均匀性难以高质的保证。这样淬火对加厚管和大直径管因水量要求太大是不可能的,对超高强度(如V150)或抗硫化氢专用钢种至今还在试验阶段,故至今唯有步进炉可以全面满足高质量淬火要求。

#### b) 淬火介质与方法

至今我们只看到西德曼内斯曼拉特厂新油管、钻杆线是采用油槽加内喷油,而该厂旧线是采用油槽、水槽加内喷二种共存的方法。西德为我国宝山无缝厂设计的也是采用油槽及内喷。其他所有厂均采用水淬,而且大部份是喷淬,少部份是槽淬。水喷淬火器的组合长度一般为6—12米之间。看来油淬是西德曼内斯曼独有的工艺,但并不一定是经济合理的,他们唯一理由是对钢种要求可以放宽,能保证质量,但事实上他们对钢种的限制仍然很严。他们有关技术人员对水淬非常感兴趣,很想了解我们的有关水淬参数与经验。

#### c) 回火炉

回火炉仍有用分段直通式炉加热的工厂,如意大利马沙厂(天然气),美国亨

特厂(电感应),日本住友和歌山第一轧管厂。但是步进炉现在被广泛用于回火,这不仅因为步进回火炉能耗低,加热质量好(温差小),同时还由于它适应性强,可以回火的钢管种类和品质最为广泛,如加厚管,抗硫化氢用管,超高强度管等。其加热方式大多数仍然用烧咀直接加热。而利用高温风机,采用烟气加热的工艺,至今在生产线上还没有看到有那个工厂采用。

#### d) 回火后的定径机

有的厂并没有采用,如奥地利的钦德保尔厂,美国亨特厂等。但是其他的套管热处理作业线一般都装有三机架定径机,以保证外径的精度。

#### e) 矫直机

大部份采用大头矫(即三对辊都有一个上辊或下辊能自动升降,当钢管大头端进来时,打开矫直辊,大头端过去后又合上矫直辊),就是不生产外加厚的油管、钻杆的作业线,大多数也采用第一对辊的上辊(也有下辊式)在咬入钢管时升起或降下,咬入后立即合上恢复原位,以防矫伤管端(但实际效果是不明显的),一般都采用带温矫直( $200-300^\circ\text{C}$ )。但个别厂,如比利时默茨厂,在作业线上就没有矫直机,他们认为质量还是可以的。

#### f) 在线打硬度

新作业线上一般都有。这次共看了六条作业线,其中二条作业线是打三点(一根钢管上)。但在日本一条在线硬度检查作业线也未看见,他们的看法和作法与美国欧州是不同的,他们不主张放在作业线上,他们认为应该用热处理制度和工艺保证钢管性能合格,不需根根检查硬度,仅抽样在实验室内进行检查。石油管管体热处理线典型布置示意图见图9、10、11。



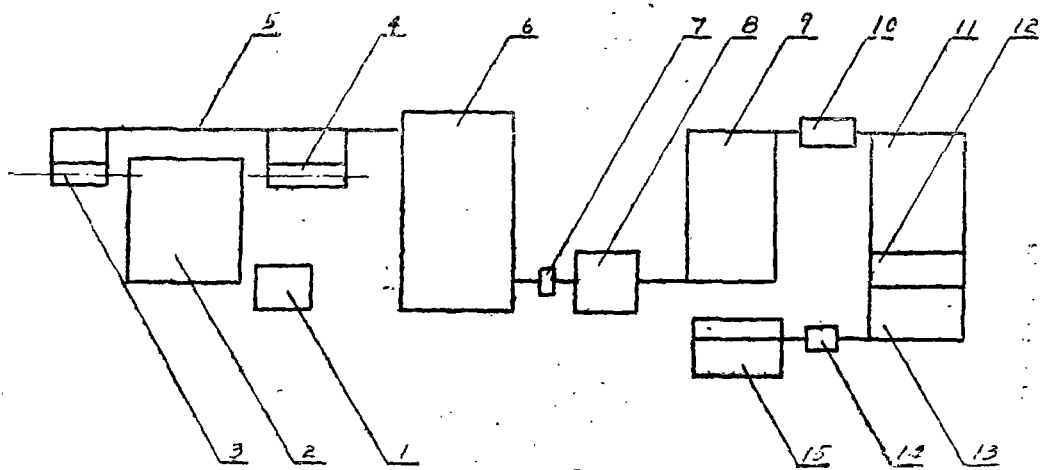


图9 西德曼内斯曼拉特厂热处理车间套管热处理作业线

- |            |                 |          |
|------------|-----------------|----------|
| ①上料台       | ②淬火加热步进炉        | ③水淬槽及内喷头 |
| ④油淬槽及内喷头   | ⑤淬火后辊道          | ⑥回火步进加热炉 |
| ⑦冲氧化铁皮喷头   | ⑧三架三辊式回火定径机     | ⑨⑪⑫冷床    |
| ⑩六辊矫直机     | ⑬厚壁管冷却水槽（薄壁管不用） |          |
| ⑭在线硬度计（三点） | ⑮集管台架           |          |

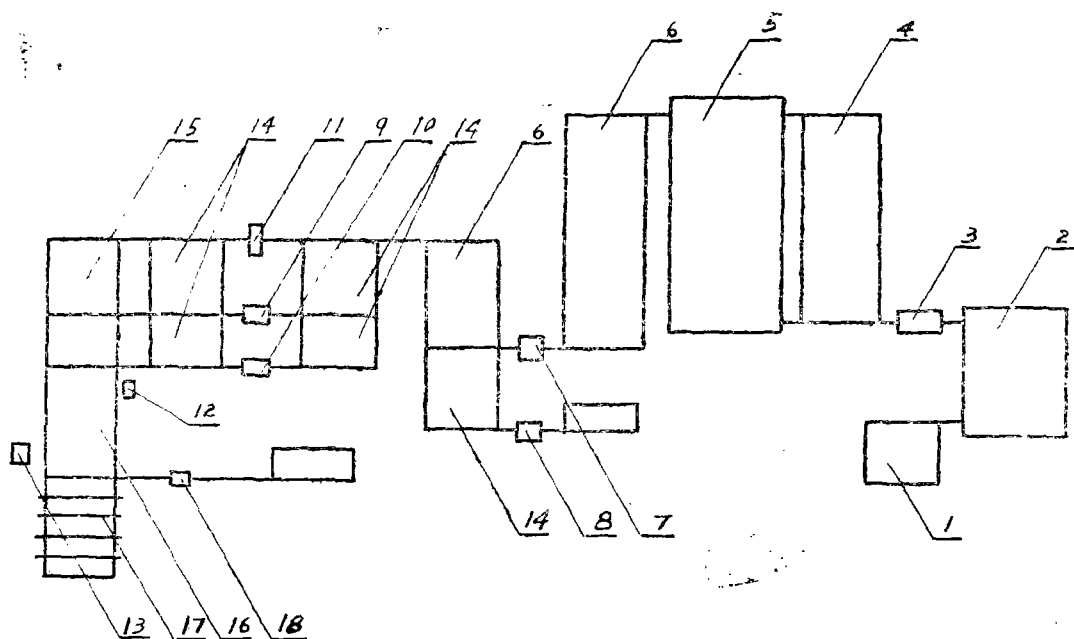


图10 奥地利坎得贝尔厂石油管热处理作业线（无定径机）

- |       |            |        |
|-------|------------|--------|
| ①上料台架 | ②淬火常化步进加热炉 | ③水喷淬火器 |
| ④常化冷床 | ⑤回火步进加热炉   | ⑥回火冷床  |

- ⑦矫直机  
⑧离线硬度计  
⑨⑩漏磁探伤仪  
⑪⑬冷锯  
⑫⑭管端磁粉探伤  
⑮过渡台架  
⑯修磨台架  
⑰4支一组的步进输送台架 (为管端探伤)

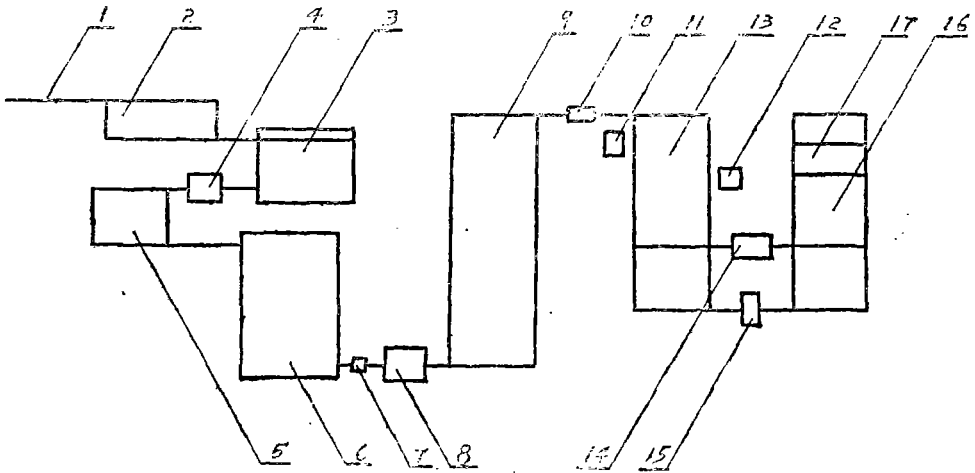


图11 比利时默茨钢管厂石油管热处理作业线 (无矫直机)

- ①接16"周期轧管机组精整线的成品管辊道  
②上料台架  
③淬火步进加热炉  
④喷淬水圈  
⑤链式输送台架  
⑥回火步进加热炉  
⑦冲氧化铁皮喷嘴  
⑧三架三辊式定径机  
⑨冷床  
⑩在线硬度计  
⑪⑫管端荧光磁粉检查室  
⑬台架  
⑭超声波探伤仪  
⑮冷锯  
⑯修磨台架  
⑰收集料筐

### 3. 石油套管加工作业线

典型的新工艺是：管端定径、倒棱、车丝、丝扣检查、上接箍（先涂油）、拧接、冲洗内表面、通棒、水压、测长、称重、滚钢字、滚印钢号色带、喷字、喷标记、涂油干燥，打捆入库。

#### a) 管端定径

奥地利坎德贝尔厂和德国曼内斯曼拉特厂新套管作业线上都有管端定径机，其他厂都未见到，看来这是一个方向，因为可以大大减少黑皮扣的产生。上述管端定

径机能力很大，效率也高，能满足和适应作业线的速度需要。

#### b) 倒棱

只有采用PMC型车丝机才需要。

#### c) 车丝扣

现在大家公认美国PMC公司生产的车丝机车丝质量好、效率高、产量大，一组PMC钢管车丝机年产量可高达12—18万吨，但价格较贵。

#### d) 丝扣检查

日本已发展到完全用仪器自动检查，

其他厂均为人工检查,即管子滚动、人工测量判定。检查后有的厂有废品输出辊道(或输送带)运到切管机上去(如意大利马沙厂)或锯床上去(如比利时默茨厂)切去废头之后,再送去车丝。

#### e) 通棒

大多数作业线是放在拧接之后,冲洗内表面之前。有的也放在拧接机上(如日本八幡厂16"自动轧管机组)或水压之后,但大都没有放在冲水之后,水压之前。这种布置在冲洗之后,对通棒机好处很大,即可减少棒的磨损,又可减少卡棒现象。

#### f) 滚钢字, 滚印钢号色带

多数工厂都有滚钢字, 滚印钢号色带装置, 但是美国日本没有, 而是用喷色带代替。

#### g) 涂漆

多数工厂是采用高压喷涂法, 也看到有采用静电喷漆的作业线, 如西德米海姆

厂。

#### h) 干燥

一般是采用热风法干燥, 但多数厂根本就不干燥(自然干燥), 涂漆后直接打捆或不打捆而放入料架。有的作业线在涂漆前将钢管加热至100°C左右, 涂漆后不再干燥(如意大利马沙厂)。但若干燥时, 则废气必须要有专门装置加以烧掉, 以防污染。

#### i) 机械打捆

多数工厂没有采用, 但是发展方向, 因为效率高, 方便省力。

#### j) 加工线上钢管的运送

横向多采用步进机械, 也有链式叉式。纵向多采用皮带, 也有采用链板的, 少数采用加塑料及胶皮的辊道运输。

石油套管加工作业线的典型布置见图12、13、14。

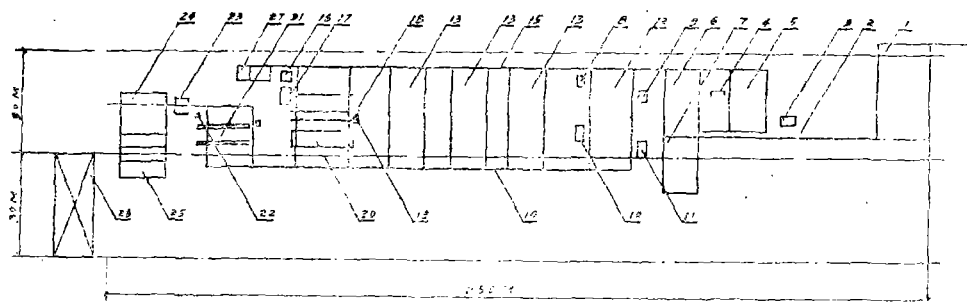


图12 西德曼内斯曼拉特厂新套管作业线

生产规格:  $4\frac{1}{2}$ "—13",

产量: 18万吨/年

①接270mm自动轧管机组成品管输送辊道的上料台架

③④管端在线定径机(1000t/400t)

⑥过渡台架

⑧⑨倒棱机

⑫链式输送机

②通道下面的地下辊道

⑤管端定径机台架

⑦上料台架

⑩⑪PMC车丝机(机身为曼内斯曼贝克厂制造, 机头为PMC制造)

⑬人工检查台 (包括给用户检查的多条检查台)

⑯自动喷刷冷机油装置及上接手机构

⑰冲洗钢管内表面

⑱水压试验机

⑲上保护环设备

⑳烘干机

㉑自动管理仓库 吊车 (35t/6.3t), 可以自动吊运

㉒㉓包有塑料的输送辊道

㉔拧接机

㉕通棒机

㉖测长、称量、滚印、喷字设备

㉗高喷压涂机

㉘装料架

㉙上料台架

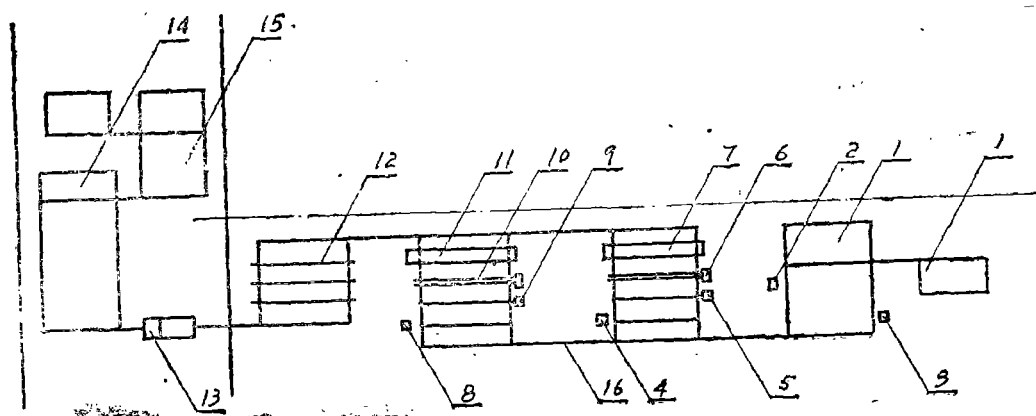


图13 奥地利坎得贝尔厂石油套管加工作业线  
生产规格: 4 $\frac{1}{2}$ "-6 $\frac{1}{2}$ ", 产量: 12万吨/年。

①上料台

④⑤⑧⑨法国克里丹车丝机4台

⑦⑪水压试验机2台

⑬高压喷涂装置 (无烘干设备)

⑭自动打捆机

②③管端定径机 (在线) 2台

⑥⑩拧接机2台 (人工上接手)

⑫测长、称重、滚印、喷字、滚色带装置

⑮人工打捆台

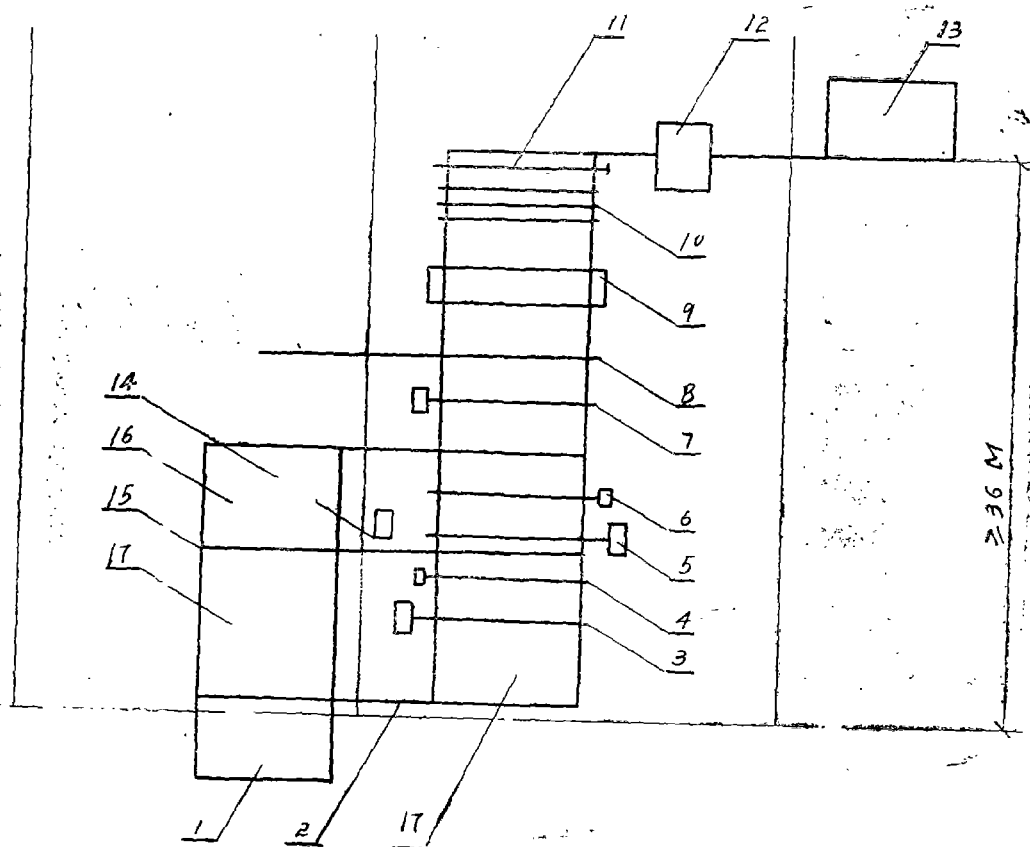


图14 比利时默茨厂套管加工作业线

生产规格：4 $\frac{1}{2}$ —16"， 产量：12万吨/年

- |              |                 |
|--------------|-----------------|
| ①上料台         | ②皮带输送机          |
| ③⑤法国克里丹车丝机2台 | ④⑥人工丝扣检查点       |
| ⑦拧接机（人工上接手）  | ⑧通棒机            |
| ⑨水压试验机       | ⑩测长、称重、喷字、滚色带装置 |
| ⑪上保护环设备      | ⑫高压喷涂机          |
| ⑬人工打捆台架      | ⑭冷锯机            |
| ⑮废品输出皮带      | ⑯输送台架           |
| ⑰步进输送机构      |                 |

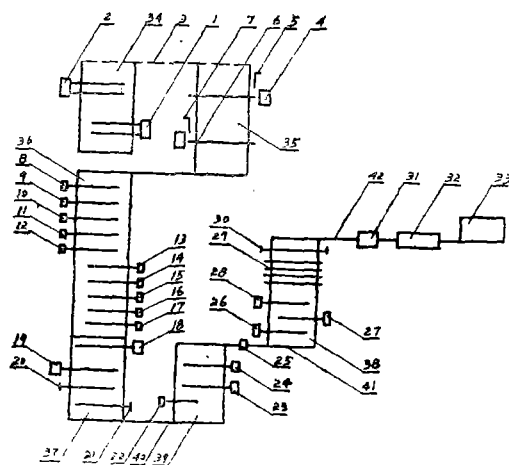


图15 西德曼内斯曼拉特厂新钻杆对焊加工作业线

生产规格:  $2\frac{3}{4}$ "— $6\frac{1}{2}$ ", 产量: 月产4000吨 (1.2—1.3万根)

①②管端加工机床, 二个工位 (二次夹紧) 一个加工外圆及端面, 一个加工内孔

④⑥惯性摩擦焊机, 并带有内毛刺冲除及外毛刺车削机构

⑧⑬焊缝定位装置, 人工在操作台上通过光学镜头定位

⑩⑮焊缝空气冷却 (4根同时作业)

⑫⑰焊缝水冷却 (4根同时作业)

⑳㉑检查同心度, 同时上塑料外保护

环

㉒滚压钢字

㉔吸屑器, 吸除内孔的残留切屑

㉙测长、称重、喷标记、喷字、喷色圈

㉚高压喷涂机

㉛包装台架

㉜4根一组的步进机构

③预留的输送机构 (目前尚未装, 仍用行车吊)

⑤⑦工具接头输送机构

⑨⑭焊缝感应加热 (4根同时作业)

⑪⑯焊缝第二次感应加热 (4根同时作业)

⑱⑲焊缝加工机床, 可同时磨内孔 (磨削长度达80—100mm, 深度1—1.5mm, 最大不超过2mm) 和车外圆, 车外圆采用仿型板, 一刀从加厚处走到工具接头的最大外径面

㉔㉕焊缝超声波检查, 标样孔径为2mm

㉖光谱钢号鉴别仪, 同时检查工具接头及管体

㉗㉘尺寸检查, 全部尺寸都要检查

㉙上钢保护环 (换掉外塑料环)

㉚烘干机 (实际未用)

㉜㉝㉞㉟设备处用单根步进机构, 设备之间的联接均为链式输送机构

㉟㊱㊲㊳链板纵向输送带 (其中㉟㊱并不是工艺上的需要, 而是厂房布置的特殊情况)

#### 4. 钻杆对焊加工线

典型的新工艺是：车外圆、车端面、镗内孔、摩擦焊（同时去外毛刺及内毛刺）、焊缝热处理、焊缝处内外表面加工、检查同心度并矫直，超声波检查焊缝、光谱检查、吸屑，尺寸检查、测长、称重、滚钢印、喷字、标记、喷或滚钢号色带，上保护环、涂油、干燥入库。

a) 摩擦焊前管端必须加工，并要注意管体直度及夹持部位，夹持部位要与摩擦焊机的夹持部份相一致。

b) 焊缝热处理时的焊缝定位很重要，现在一般还是用人工通过看镜头来确定。

c) 焊缝内表面加工改镗为磨。外表面加工，一刀加工到工具接头的最大外径处（车刀走仿形）。

d) 焊缝的压弯试验现在都不作了，但此设备可用来矫直偏心度。

e) 西德曼内斯曼拉特厂的焊缝超声波探伤标样孔直径为2mm。

石油钻杆对焊作业线的典型布置示意图见图15。

#### 5. 套管、油管接箍生产加工线

典型的新工艺为：（高强管来料前已经热处理）锯（切）断、喷砂、车丝、丝扣检查、荧光磁粉检查（内、外表面）、硬度检查、打标记、磷化、外表面喷漆、干燥、装箱。

a) 锯断已较普遍采用，效率高，造价低，美国PMC公司生产的切断机（管子不动，刀头旋转）亦较普遍使用。

b) 喷砂、打硬度、打标记在比利时默茨厂采用，效果较好，是确保质量的有效措施。

c) 套管、油管接箍加工具有整个完

整作业线的现在只有比利时默茨厂。从切断到丝扣检查成线的还有奥地利的钦德贝尔厂，这两个工厂的年产量达150—160万个，这两个厂的主机设备情况为：

##### ①比利时默茨厂

锯床4台，Cr1-Dan, Gy80M 车丝机—4台，类似Gy40M<sub>2</sub>型10台；

##### ②奥地利钦德贝尔厂

切断机3台，Hied型车丝机7台

d) 美国PMC公司组合机床的切断与车丝机不成作业线，但是产量亦高，年产150万个接箍。主机设备为：切断机两台，PMC组合机床4台。

套管、油管接箍加工线的典型平面布置示意图见图16，17，18。

#### 6. 工具接头加工典型工艺

锯（切）断、粗车外圆、粗镗内孔、热处理、打硬度、车外锥度（或镗内锥孔）、镗内孔、车丝扣、尺寸、光洁度检查、滚印、荧光内外检查、磷化。

a) 没有看到有整个的作业线，均为局部作业线。

b) 西德曼内斯曼拉特厂仅有镗内孔、车丝扣2台机床的作业线。

c) 西德维尔特厂镗内孔与车丝是在1台机床上完成的，产量与拉特厂2台联合生产一样高。

d) 奥地利海得厂与西德维尔特厂的加工机床均带有丝扣检查仪，效果很好。

e) 有个别工厂，如西德维尔特厂，锯断后就热处理，然后粗加工。

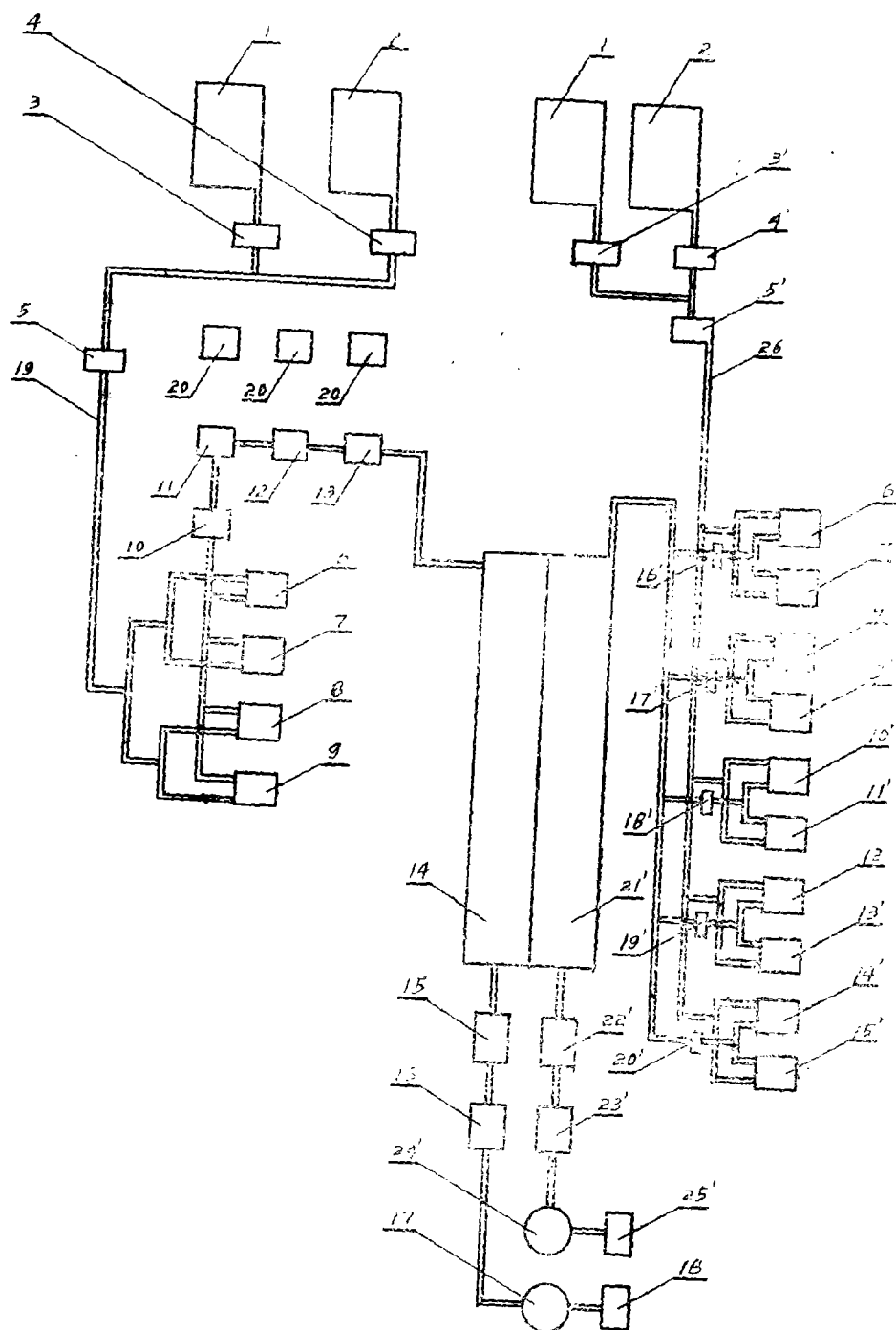


图16 比利时默茨厂石油套管、油管接箍加工作业线

生产规格：套管接箍：4½"—16"

产量：套管接箍：30万个/年

油管接箍：1½"—4½"

油管接箍：120万个/年



①②①'②' 上料台架

(O' 为油管作业线, 以下同)

⑤⑤' 喷丸机

⑥⑦⑧⑨⑩⑪⑫⑬⑭⑮  
油管车丝机, 法国克里丹厂出品, 相当于  
Gy40M<sub>2</sub>, 10台

⑪ 荧光磁粉 (湿法) 内、外及丝扣表  
面检查

⑬ 自动打标记

⑮②②' 外表面喷漆, 丝扣喷油

⑮②④' 机械手负责装箱

⑮②⑥' 管段及接箍输送装置。除因升降  
坡度太大 ( $\geq 45^\circ$ ) 采用链板带托板机构  
外, 均采用辊道输送 (运接箍的辊面包有  
塑料)

③④⑤④' 冷锯机各两台, 共四台

⑥⑦⑧⑨ 套管车丝机, 法国克里丹厂  
出品 Gy80M<sub>2</sub> 型, 共4台

⑮ 套管接箍人工丝扣检查

⑫ 自动硬度检查装置 (不合格者挑出)

⑮①⑦⑧⑨⑩⑪⑫⑬⑭⑮⑯⑰⑱⑲⑳  
油管接箍人工检查, 打标记

⑭②①' 磷化机组 (全部自动化) 各1套

⑮②③' 干燥

⑮②⑤' 装箱平台

②⑩ 保护环加工机床 (单机、人工上下  
料)

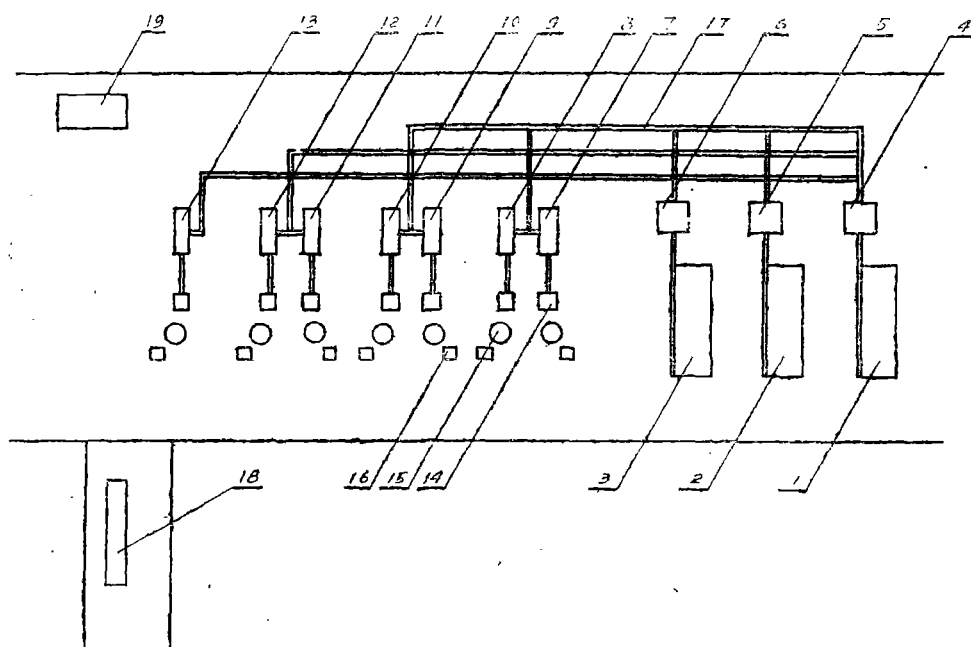


图17 奥地利坎得贝尔厂石油套管、油管接箍加工作业线

(此作业线只从切断到车丝, 接箍、镀锌和喷字涂漆 (外表) 均用接箍料盘由行车吊运。)

生产规格:  $1\frac{1}{2}$ — $6\frac{3}{8}$ " , 产量: 160万个/年 (配管、石油套管12万吨, 油管8万吨)

## ①②③上料台架

⑦⑧⑨⑩⑪⑫⑬接箍车丝机，奥地利海德厂产品，共7台，双主轴，同时可加工两个接箍，采用自动翻转卡盘，一个工人可以管理2台机床，自动化水平很高

⑮机械手，用来将接箍摆在料盘上，共7台

⑰提箍坯料管段输送设备，上下提升用提升机，水平输送用辊道

⑲接箍人工喷字涂漆台

④⑤⑥钢管切断机，系奥地利海德厂产品，共三台，基本方式是钢管不转动，刀盘转动，利用偏心机构进刀，切削

⑭人工丝扣检查台，共7台

⑯接箍料盘（可直接用于镀锌）

⑱接箍自动镀锌作业线

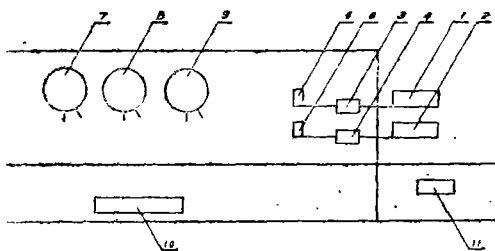


图18 美国PMC接箍厂石油套管油管接箍生产设备布置示意图

（该厂的生产基本上属于单机作业。从切断到车丝，从车丝到镀锌（锌），从镀锌到滚字、喷漆都用吊车吊运。故自动化程度不高，但产量大，设备很少。）

生产规格：2 $\frac{1}{2}$ "—16" 产量：每周4万个，年产可达200万个

①、②上料台架

⑤⑥管段滚压钢字及标号

⑩镀锌（锌）作业线

③④钢管切断，美国PMC产品共2台。基本方式是钢管不转动，刀盘转动，利用机械进刀机构进刀切削

⑦⑧⑨接箍联合加工机床

⑪滚印标记、标号、喷漆作业线

☆

☆

☆

以上是我们两个考察组于1984年4至6月到欧洲几个国家及美国、日本考察的基本情况，因成稿时间匆促，文中错误与不妥之处在所难免，望批评指正。

## 无缝钢管生产技术的新进展

——欧美日考察简况

作者：殷国茂 周云南

钢管技术

1985年第3期

P1~34

本文是作者于1984年4至6月赴欧洲、美国、日本考察的总结报告。文章对美国、西德、日本、法国、意大利等国的钢管生产新技术，新工艺和钢管生产新方向都作了翔实的介绍。他山之石，可以攻玉，这篇文章对了解国外钢管生产和技术进步，推动我国钢管技术的改造和生产发展是很有益处的。

## 钢管热轧新工艺剖析

作者：金如松

钢管技术

1985年第3期

P35~45

本文介绍近十年来钢管科技工作者研究开发钢管生产工艺的成就，较详细阐述了CPE、MRK—S、HRM、CPD、MRK等新工艺的形成历史，分析了这些新工艺的特点。在钢管生产工艺发生巨大变革的年代，西德曼内斯曼公司对国内外新工艺加紧进行试验，并且积极采取新工艺加快了老厂改造步伐。该公司在钢管生产新工艺的研究开发方面居世界领先地位，但目前他们仍在继续进行全面的开发研究工作。

## 冷浸碳素钢管的形变热处理新工艺

作者：钟锡汉等

钢管技术

1985年第3期

P45~49

本文推荐国外已开始采用的一种强化低碳钢冷拔管新工艺——热机械热处理，苏联简称TMTQ方法。它是一种形变在相变后进行的形变热处理方法，它可以把强化工序和变形工序结合在统一的工艺流水线上。据文献提供的数据表明，采用TMTQ法，可使低碳钢结构管在等强度下节约金属30—35%，是一种很有前途的强化方法。

## 连铸管坯二冷区电磁搅拌试验

作者：赵虎田、杨伟业等

钢管技术

1985年第3期

P49~55

为了控制连铸管坯的凝固组织，改善铸坯质量而对它进行电磁搅拌。对36炉近1400余吨20°钢连铸管坯进行了电磁搅拌试验，并对连铸坯和轧材进行质量分析，结果表明，经电磁搅拌的连铸管坯比未经电磁搅拌的连铸管坯，凝固组织改善，残余缩孔和中心偏析减轻，轧管成材率提高，经济效益较为显著。