

· 技术改造 ·

宝钢连轧管机组的发展和改造

于国仁 袁宝泉

(重庆钢铁设计研究院)

DEVELOPMENT AND MODIFICATION OF THE MPM
TRAIN IN BAOSHAN COMPLEX

Yu Guoren Yuan Baoquan

(Chongqing Design & Research Institute of Iron and Steel)

1. 宝钢连轧管机组建设概况

连轧管机经过漫长的发展过程以后,从六十年代开始,工业发达国家相继建设了一大批现代化的连轧机。这一异乎寻常的发展,立即引起了我国从事钢管工业的有关方面的注意。

1977年11月国家决定在宝山钢铁总厂内建设一套产量50万t的连轧管机组,重点生产油井管、高压锅炉管等产品,经过两年的筹备,于1979年与曼内斯曼-德马克公司签定了引进合同,1980年正式动工兴建,1985年11月25日轧出第一根钢管,开创了我国连轧管机生产无缝钢管的历史。

2. 三种连轧管法特点及发展趋势

纵观连轧管机的发展史,近30年来,连轧管法已成为世界主要工业国生产无缝钢管的主要手段。当前全浮动芯棒连轧法生产技术日趋完善,限动芯棒连轧管法和半浮动芯棒连轧管法脱颖而出,生产技术业已成熟,并有取代一般生产方法的趋势。

2.1 全浮动芯棒连轧管法

全浮动芯棒连轧管法是荒管与芯棒一起通过轧机,轧后用脱棒机脱棒。由于轧制过程中金属流动不均匀,在连轧管前部和后部

出现“竹节”现象。虽然自七十年代人们对连轧管理论进行了深入研究,奠定了控制“竹节”的理论基础,使连轧管产量、质量不断改善和提高,但连轧管产生“竹节”缺陷及芯棒长是其固有弊端,限制了其产品规格品种的扩大、轧制长度的增加、钢管内外表面及尺寸偏差的改善。全浮动芯棒连轧管法所轧钢管最大外径为177.8mm,最大长度为35m,因此迫使轧管工艺向限动芯棒及半浮动芯棒工艺方面发展。

2.2 限动芯棒连轧管法(MPM, MRK-AS)

限动芯棒连轧管工艺是在整个轧制过程中控制芯棒运动速度,使之恒定,借助于脱管机将毛管拉出机架,在轧制过程结束时,将芯棒从毛管中抽出,使其与芯棒移动装置一起返回。芯棒采用预装,以节省辅助时间。限动芯棒连轧管法与全浮动芯棒连轧管法相比具有以下优点:

1) 芯棒长度短,可以实现连轧管机大型化。

2) 芯棒恒速,无竹节缺陷。

3) 可采用圆孔型,管子尺寸精度好,壁厚偏差为 $\pm 6\sim 8\%$ (全浮动芯棒为 $\pm 8\sim 10\%$)。

4) 轧制时各机架负荷稳定,能耗低。

5) 延伸大 ($\mu = 7 \sim 7.5$)。

6) 管子与芯棒接触时间短, 终轧温度高, 能耗低。

7) 无脱棒机, 缩短了工艺流程。

限动芯棒连轧管法所生产的钢管最大直径 426mm、最大长度 48m 的钢管, 近年来所建的几套直径大于 193.7mm 机组, 均采用此法。

2.3 半浮动芯棒连轧管法 (MRK, NEUVAL)

半浮动芯棒连轧管法的工艺是在轧制过程中控制芯棒运动速度, 而当轧制过程趋近完结时, 芯棒移动装置中的芯棒卡头将芯棒释放, 芯棒与毛管一起离开轧机, 轧后用脱棒机脱棒。半浮动芯棒连轧管法具有有限动芯棒连轧管法的优点, 并且产量高。

上述三种连轧管法的工艺比较列于表 1。可以看出, 限动芯棒连轧管法生产的钢管直径最大; 限动芯棒和半浮动芯棒连轧管法生产的钢管最长; 半浮动芯棒连轧管法生产率最高。对于生产直径 193.7~426mm 的无缝钢管无疑宜采用限动芯棒连轧管法, 而生产直径小于 193.7mm 以下的无缝钢管采用半浮动芯棒连轧管法是理想的。可以预料, 连轧管机发展趋势是最终以限动芯棒和半

全浮动、限动、半浮动式

连轧管工艺对比 表 1

连 轧 工 艺	全浮动式	限动式	半浮动式
芯棒速度	高	中	中
脱管机	无	有	无
脱棒机	有	无	有
再加热 (减径前)	需	不	需
芯棒预装	无	有	有
可生产的最大管径 (mm)	177.8	426	193.7
可生产的最大管长 (m)	35	48	48
芯棒全长 (m)	30	29	27
芯棒工作长度 (m)	29	23	26
棒、管长度比	0.86	0.60	0.56
节奏时间 (秒/根)	15	24	17
每分钟可轧米数 (m)	132	120	170

浮动式芯棒取代全浮动式。

3. 连轧管机组生产工艺技术的发展

从八十年代开始, 世界各国对连轧管机组生产工艺技术倾注了大量的人力和物力进行研究开发, 有的已取得了突破性的进展, 如 100% 采用连铸管坯以及热送热装, 管坯采用步进炉进行长料加热, 然后用热锯锯断; 用狄塞尔穿孔机或菌式穿孔机穿孔, 穿孔后用三辊延伸机均整壁厚; 连轧管机采用限动芯棒或半浮动芯棒轧机, 并且在轧机前预装芯棒; 采用控制轧制进行在线热处理工艺; 热轧成品采用电子计算机管理的高架仓库储存法或热轧一精整完全在线生产方式, 以达到减少或取消中间储存场地, 并且进行电子计算机单根跟踪到成品出厂的管理手段等。这些生产工艺技术使连轧管机组能够进一步提高产量、扩大品种、提高质量、降低消耗和成本。

4. 宝钢连轧管机组的发展和改造

综上所述, 宝钢连轧管机组同八十年代各国新建的连轧管机组相比, 无论在生产工艺技术和设备先进性方面显然有些地方逊色了。随着我国钢管工业的发展和市场需要, 宝钢连轧管机组的改造是必要的。因此, 现在来探讨机组的发展和改造已具备了一定的条件。全面改造, 现在看来是不必要的, 因为它毕竟在工艺和设备等方面还是一套比较好的机组, 可以设想作如下几方面的革新和改造。

4.1 降低消耗和产品成本

1) 宝钢总体规划设计规定, $\phi 140$ 连轧管机组使用总厂初轧厂的轧坯为原料。由于无缝钢管的生产在产品成本构成中原料的比重占成本总数的 65~70%, 因此管坯的消耗量及管坯成本的降低, 将大幅度降低钢管成本, 取得更大的经济效益。现在世界上有

炉底利用系数在50%以下；有15%的作业时间炉底利用系数在30%以下；在装1000mm以下最短的管坯时，炉底利用系数仅为20%左右，因此环形炉的热能利用很不好，燃料单耗指标高，经济效益差。

宝钢连轧管机组的环形炉，只要电子计算机和操作控制的软件作适当的改造、开发，即可实施二排或三排装料，按照装出料机料杆的长度和行程进行计算，1000mm以下的管坯可以三排装料，1000~1500mm的管坯可以双排装料，如果装出料机的料杆作适当的加长改造，则多排装料的管坯长度还可以加长。

用电子计算机跟踪环形炉进行多排装料这一操作技术，国外有的连轧管厂已研究开发成功，并且已实际使用4年多，如日本住友海南钢管厂第三车间的 $\phi 114$ mm连轧管机组等。因此，只要我们在计算机和操作控制软件上下一番功夫，作一些环形炉操作技术上的改变，即可实现多排装料。如果环形炉实施了多排装料，即可大大提高环形炉的炉底利用系数，也可降低燃料的消耗量。

a) 长度 <1000 mm的坯料实施三排装料后，在原轧机小时产量不变的情况下，环形炉I—III加热段可以关闭全部烧咀，这样可使能耗降低15%左右，按设计年轧制量为5730t则可节省煤气25万标准立方米。

b) 长度1000~1500mm的坯料实施双排装料后，在原轧机小时产量不变的情况下，环形炉I—III加热段可以关闭全部烧咀，这样也可使能耗降低15%左右，按设计年轧制量为25600t则可节省煤气100万标准立方米。

c) 如果把装出料机的料杆和行程各加长500mm，则大于1500~2200mm坯料即可实施双排装料，在原轧机小时产量不变的情况下，按设计年轧制量68500t计算，可节省230万标准立方米煤气。

从上述三种情况看，仅仅只须改变电子计算机的跟踪系统软件和操作控制，每年即可节省煤气125万标准立方米，如果再加上在装出料机上稍作改造后，则每年可节省煤气355万标准立方米。

在设计产量方案中上述三种情况仅占年总轧制量的1/6，如果投产后小于或等于2200mm长度管坯的比例增加的话，则煤气的节省量将为更多。

4.2 扩大品种

扩大品种可以从两方面考虑，即扩大品种规格和扩大钢种。由于品种规格下限已到极限，无法再小了，因此扩大品种规格只能向上限扩大。由于 $\phi 177.8$ mm套管需要量极大，而且生产油管有很高的经济价值，并且还可以在 $\phi 140\sim 177.8$ mm之间增加10个规格品种钢管，因此探讨宝钢 $\phi 140$ 连轧管机组扩大生产 $\phi 177.8$ mm石油套管还是有意义的。

曼内斯曼钢管公司为了扩大 $\phi 177.8$ mm石油套管的生产量，将RK₂机组进行了改造（主要的改造项目见表2），已于1983年1月完成，历时2个月。对照宝钢 $\phi 140$ 连轧管机组，主要工艺、设备的结构和性能基本与RK₂相同，如仿效RK₂的改造办法也是可行的，下面提出几个不同的改造项目加以探讨。

1) 关于管坯规格。可以有两种方案，即用原有的 $\phi 175$ mm管坯改造工艺和设备；也可以用加大管坯直径（如加大到 $\phi 200$ mm左右）来进行改造工艺和设备。由于加大管坯直径影响的面较大，改造比较复杂，因此仅用 $\phi 175$ mm管坯为例来探讨改造。RK₂在确定使用 $\phi 175$ mm管坯后，为了按API标准轧制倍尺套管（II和III级长度范围），因此不得不将原有管坯长度极限 $\phi 4000$ mm加长至5000mm，以使管坯重量从750kg增加到945kg。宝钢 $\phi 140$ 连轧管机组原设计管坯

RK₂ 和宝钢140机组改造

项目比较表 表 2

设备名称	RK ₂	宝钢 $\phi 140$ 机组
管坯	$\phi 175 \times 4000\text{mm}$, 750kg 改为 $\phi 175 \times 5000\text{mm}$, 945kg	$\phi 175 \times 4500\text{mm}$, 850kg 不变
环形炉	炉膛宽度 4500 改为 5500 mm, 改造内圈墙缩小内圈直径 2000mm, 传动机构和外圈均不改	炉子和设备机构不变
穿孔机	1. 机前改造送料槽, 加长 1 m 和改造推料机 2. 穿孔机本身改造轧辊倾角从固定的 12° 改为 11° 3. 轧制节奏控制在 18s 以上 4. 主电机 $2 \times 3000\text{kW}$ 实际出力 $2 \times 2600\text{kW}$, 改造电机冷却系统, 加强冷却强度, 使电机在轧 $\phi 177.8$ 品种时超载不大于 $130 \sim 160\%$ 5. 机后改造三辊定心机, 使开口度能适合 $\phi 220\text{mm}$ 的要求	1. 由于有减速机因此电机出力约为 $2600 \times 95\% = 2370\text{kW}$ 2. 电机冷却系统比 RK ₂ 的先进, 冷却效果好 3. 减速机要验算, 如强度不够要改造 4. 机后改造三辊定心机
空心坯减径机	制造新机架, 同原机架的主要不同点是减薄轴承使原进口空心坯 $\phi 197$ 可扩大到 $\phi 220\text{mm}$	同 左
连轧管机	1. 轧机本体, 机架不改造。主要改造轴承座, 使能轧制出 $\phi 189$ 的空心坯 2. 轧制速度控制在 6 m/s 左右 3. 机后改造加强斯惠登杆	同 左
螺旋输送机	改造螺旋杆加大螺距, 由 14 个螺距改为 13 个螺距	改造螺旋杆加大螺距, 由 12 螺距改为 10~11 个螺距
再加热炉	不改造, 但操作时步进梁上同隔放置空心坯加热	同 左
张力减径机	制造新机架与原机架主要不同点为减薄轴承, 使原进口空心坯直径 162mm 扩大到 189mm, 机架数根据轧制 $\phi 177.8\text{mm}$ 的各种壁厚和钢种的不同, 尽量取最小的单架减径量而定	同 左
冷床	不改造, 可采用间隔放置的办法解决	同 左

重量即已达到 850kg, 长度为 4500mm, 因此, 可以不加大管坯即可满足轧制以下英尺 (API II 和 III 级长度) 的 $\phi 177.8\text{mm}$ 套管:

$\phi 177.8 \times 5.87\text{mm}$ API 2 根 III 级长度管

$\phi 177.8 \times 6.91\text{mm}$ API 2 根 III 级长度管

$\phi 177.8 \times 8.05\text{mm}$ API 2 根 III 级长度管

$\phi 177.8 \times 9.19\text{mm}$ API I、II 级长度管各 1 根

$\phi 177.8 \times 10.36\text{mm}$ API I、II 级长度管各 1 根

$\phi 177.8 \times 11.51\text{mm}$ API 2 根 III 级长度管或 I 和 II 级长度管各 1 根

$\phi 177.8 \times 12.65\text{mm}$ API 2 根 III 级长度管或 I 和 II 级长度管各 1 根

$\phi 277.8 \times 16.64\text{mm}$ API III 级长度管 1 根

从上述套管长度看, 在长度级上基本可以满足 API 要求, 由于可以不改造环形炉, 因此采用 4500mm 长的管坯是合适的。

2) 用 $\phi 175\text{mm}$ 管坯生产 $\phi 177.8\text{mm}$ 的套管。按轧制要求, 在穿孔机上须穿成 $\phi 220\text{mm}$ 的空心坯, 才能满足下几道工序的要求, 这样势必要求穿孔机在穿孔过程中扩径 26% 左右, 这样大的扩径量在 RK₂ 的穿孔机上本来是不行的, 由于修改了轧辊倾角、控制穿孔速度等措施, 最终成功了。宝钢 $\phi 140$ 机组的穿孔机轧辊倾角可以在 $5 \sim 17^\circ$ 之间任意调整, 加上其他有利条件, 扩径达 26% 左右的穿孔条件比 RK₂ 穿孔机更好。

为了验算其电机功率是否能满足要求, 设定了如下的参数 ($\phi 177.8 \times 5.87\text{mm}$ 套管, P110 级)。

穿孔后空心坯尺寸 $\phi 220 \times 14\text{mm}$, 断面积 9060mm^2

轧辊直径 1150mm

轧辊倾角 11°

轧辊转速 110r/min

穿孔时的变形抗力 取 40kg/mm^2

根据曼内斯曼钢管公司提供的计算公式计算出来的轧制功率为 6545kw, 即电机过载仅 1.33 倍, 没有达到电机设计可超载 2.5 倍的值, 因此电机完全可以满足 $\phi 177.8\text{mm}$ 套管的穿孔要求。

3) 由于缺乏减速机的资料, 无法进行验算。根据试轧的情况看, 此减速机结构性能甚差, 齿轮中心距仅 815mm, 齿宽仅 350mm 且为斜齿轮, 因此, 有可能要进行改造。

5. 扩大品种

在设计的产品方案中已规定了生产油井管和高压锅炉管的低合金钢品种,其最高的合金含量为5.75%,其中含铬量最高为3%。按照目前机组的性能,适当提高一些合金总含量中的含Cr量($>5\%$)还是有可能的,在操作上作适当调整即可不必改造设备,问题是必须解决和增添热处理设备。

6. 改变连轧管机操作方式

将连轧管机改为半浮动式或者全浮动式兼有半浮动功能,对扩大品种、增加产量、提高质量和降低消耗等肯定有更大的效果,但由于宝钢 $\phi 140$ 机组在穿孔机至连轧管机之间和张力减径机周围,设备布置密集紧凑。并且在设备基础方面除了主设备外其他

设备均把基础做在+5.3m的高架平台上,并与高架平台连成一体。因此,给改造可能带来意想不到的困难,所以对此改造应进一步深入研究,慎重地进行可行性研究后才能最后确定。

7. 结语

近十年来连轧管机组生产无缝钢管技术取得了突破性发展,宝钢连轧管机组同八十年代各国新建的连轧管机组相比,在工艺技术上和设备先进性上是落后了,进一步改造宝钢连轧管机组是有条件的,也是必要的。本文对宝钢连轧管机组提出的改造内容仅为初步探讨,尤其是将全浮动连轧管机改为半浮动式或全浮动兼有半浮动式功能,难度较大,有待今后进一步探讨。

· 简讯 · 大冶钢厂 $\phi 76\text{mm}$ 改进型阿塞尔轧管机试轧成功

SUCCESSFUL TRIAL ROLLING IN THE IMPROVED ASSEL MILL OF 76mm OD PIPES AT DAYE STEEL PLANT

大冶钢厂 $\phi 76\text{mm}$ 三辊轧管机组,主机改进型阿塞尔轧管机由联邦德国曼内斯曼德-马克米尔公司设计制造;辅机由国内配套。

经过近两年的设备设计、制造和施工安装,该机组已于1988年4月29日轧出了第一根钢管。接着又进行了两个月的调试、试轧和考核。热负荷试车的钢种有轴承钢(GCr15)、合金结构钢(35CrMoSi、20CrMo)、碳素结构钢(10、20、40)及不锈钢等。规格有 $\phi 83 \times 2.85\text{mm}$ 、 $\phi 83 \times 2\text{mm}$ 、 $\phi 77 \times 15\text{mm}$ 、 $\phi 56 \times 8\text{mm}$ 、 $\phi 60 \times 2.5\text{mm}$ 、 $\phi 62 \times 14\text{mm}$ 等。

通过热负荷试车和质量考核,证明了这台轧机结构好、刚度好,因此轧出的管子精度高,大部分管子的壁厚偏差在 $\pm 0.3\text{mm}$ 以下,其中轴承钢管($\phi 61 \times 6\text{mm}$)的壁厚偏差为 $\pm 0.2\text{mm}$ 。该机组的另一重要特点

是它的液压传动快速抬辊装置具有很高的灵敏度和准确性,当轧制薄壁钢管时,它可在0.1秒时间内快速抬起轧辊,有效地避免钢管尾三角的产生,顺利地轧出薄壁钢管。试轧中曾轧出 $\phi 83 \times 2\text{mm}$ ($D/S = 41.5$)的特薄钢管。该机组可以有效地控制尾部长度,从上述轧制规格的统计数字看,其平均尾部长度为46mm,有的甚至仅长20~30mm,而考核指标为尾长50~70mm。

试车情况证明了该机组轧出的毛管具有表面质量好、壁厚偏差小、规格范围宽、成材率高等优点。

试轧管实践证明,该机组设计先进、工艺合理,不但对今后生产高质量轴承钢管创造了良好的条件,而且将为冷轧冷拔提供合理的毛管,具有很好的经济效益和社会效益。

(武汉钢铁设计研究院 陈永福供稿)