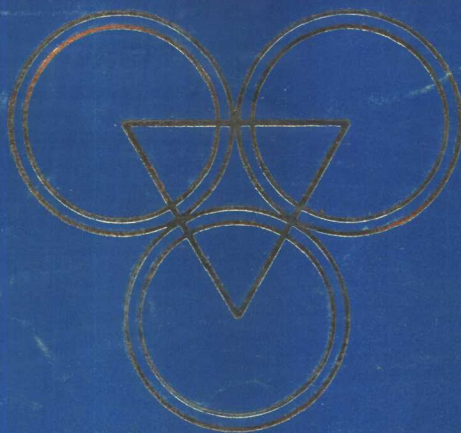


冷轧管设备及工艺研究会

第一届年会论文集



一九八一年

目 录

一、冷轧管设备及工艺研究会简述·····	(1)
二、冷轧管设备及工艺研究会章程·····	(2)
三、宁波机床厂冷轧管机生产的发展·····	(5)
四、LGS—25二辊双线环孔型冷轧管机 ·····	西安重型机械研究所 陈宏弟 (7)
五、多辊式冷轧管机摇杆系统的计算 ·····	西安重型机械研究所 耿志升 (17)
六、冷轧管机动平衡分析 ·····	东北重型机械学院 吴 坚 (23)
七、二辊斜轧穿孔时圆坯断面的变形发展和分布 ·····	北京钢铁学院 卢于速 王先进 (34)
八、二辊斜轧穿孔时金属的裂断机理及斜轧穿孔的工艺实质 ·····	北京钢铁学院 王先进 卢于速 (44)
九、采用可控芯棒连轧技术改造小型轧管机组的方案设想及其试验基础 北京钢铁学院 卢于速 王先进 叶玉生 韩观昌·····	(57)
十、小型二辊穿孔机及穿孔工艺小结 ·····	陕西钢铁研究所 林 松 (75)
十一、钛的三辊斜轧穿孔稳定性的研究 ·····	宝鸡有色金属加工厂 吕培成 (88)
十二、S/SJ2钢管试制小结 ·····	长城钢厂一分厂 睦本才 (98)
十三、冷轧薄壁管材滑道曲线设计 ·····	天津冶金材料研究所 张天林 (103)

十四、用LD型三辊冷轧管机轧制薄壁锥形管

.....天津冶金材料研究所 邢铁森(108)

十五、自行车前叉不等壁立管液压机

.....杭州自行车厂动力科 钱渭康(111)

十六、英国航空钢管生产技术

.....陕西钢铁研究所整理(118)

十七、SG30三辊冷轧管机的改进

.....上海第五钢铁厂 丁来友(169)

十八、铜管轧制

.....宝鸡有色金属加工厂 刘伯臣(171)

十九、国外冷轧管机的发展动向

.....西安重型机械研究所 白连海(185)

廿、摇杆传动的多辊式冷轧管机的动力学和动平衡计算

.....西安重型机械研究所 耿志升(202)

500

冷轧管设备及工艺研究会简述

宁波机床厂承受中华人民共和国第一机械工业部的计划安排，1974年起试制我国冶金急需的短线专用设备——多辊式冷轧管机。

在部、省市局的关怀和直接支持下，在西安重型机械研究所的指导下，在其他有关单位的密切合作下，宁波机床厂先后试制、或改进设计并制造了LDD12、GLD—30A、LDD15、GLD30A—接长多辊式冷轧管机共37台，以及LG30二辊冷轧管机4台。现已在许多使用单位正式投入工业生产。并于80年下半年试制DPG—30多排辊冷轧管机二台。

根据上级机关指示精神，宁波机床厂几乎每年都邀请有关的设计、制造、使用单位的行家们云集宁波市，参加关于冷轧管机的审定会或技术座谈会。会议内容极为丰富，收效显著。归纳起来①对宁波机床厂制造的冷轧管机提出许多有价值的改进意见。②交流各单位的生产经验、科研成果和技术情报。③展望我国今后的冷轧管机及小口径无缝管材生产发展方向。

实践表明：这种专业性的聚会有益于我国小口径管材生产技术的发展；有利于制造厂产品质量的提高；有利于设计单位收集素材；有利于各单位相互学习交流经验。总之早已形成每年一次例会研究讨论我国小口径无缝管材生产技术问题。

与会代表在1980年4月25日的GLD30A接长型三辊冷轧管机的座谈会上一致呼吁尽快成立《小口径无缝管材生产技术研究会》这专业技术组织，对具体细节问题进行讨论与研究，并责成宁波机床厂、西安重型机械研究所、天津冶金材料研究所、陕西钢铁研究所的有关人员代为起草《关于成立小口径无缝管材生产技术研究会的意见》。

冷轧管设备及工艺研究会章程

I—冷轧管研究会第001号文件

第一章 总 则

第一条：冷轧管设备及工艺研究会（以下简称本会）是中国共产党领导下的本专业科技工作者学术性群众团体。

第二条：本会要坚持实事求是的科学态度，认真贯彻“百花齐放，百家争鸣”的方针，充分发扬民主，开展学术上的自由讨论，团结本专业广大科技人员，为发展我国冷轧管设备和生产工艺技术及理论努力作出贡献。

第三条：本会的主要工作

- 一、积极开展本专业的科技交流，组织学术会议。
- 二、编辑出版《本会年会文集》。
- 三、对我国冷轧管机和冷轧管生产的发展，向有关部门提出合理化建议，反映意见。
- 四、积极宣传本专业方面的先进技术，提高会员的科技水平。

第二章 会 员

第四条：承认本会章程，具备下列条件之一者，可申请为会员。

- 一、工程师、讲师以上的科技人员和从事本专业工作多年具有一定技术水平的科技人员。
- 二、具有丰富经验的工人。
- 三、热心支持本会工作的领导干部。

第五条：会员入会须由本人申请，本会会员介绍或单位推荐，经理事会批准，方可为会员。

第六条：会员的权利和义务

权利：

- 一、有选举权、被选举权。
- 二、对本会工作有建议、批评权。
- 三、参加本会有关的科技活动。
- 四、优先取得本会的科技资料。

义务：

- 一、遵守本会章程。

- 二、执行本会的决议和所委托的工作。
- 三、积极撰写科技文章和革新挖潜的技术总结等。

第三章 组织机构

第七条：本会最高领导机构是会员大会，会员大会每二年召开一次，必要时可延期和提前召开。

会员大会的职责：

- 一、决定本会的任务。
- 二、审查理事会的工作报告。
- 三、制定和修改本会章程。
- 四、选举新的理事会。

第八条：会员大会闭会期间，理事会是执行机构。

理事会的职责：

- 一、执行会员大会的决议。
- 二、组织学术活动，召开年会。
- 三、筹备召开下届会员大会。
- 四、审批会员。

五、讨论推荐优秀论文，有价值的技术建议和革新挖潜的经验，并建议有关部门和单位给予奖励。

第九条：理事会选举会长、副会长。

第十条：理事会根据工作需要，设立秘书组，由秘书组组长协助理事会工作，理事会常设办事机构设在浙江省宁波机床厂。

第四章 领导关系

第十一条：本会受浙江省科协领导，在业务上受中国机械学会和中国金属学会指导，并取得一机部和冶金部有关部门的积极支持。

第五章

第十二条：本会章程经会员大会通过后施行，并上报浙江省科协。
本会章程的解释权属理事会。

冷轧管设备及工艺研究会

一九八一年三月十八日

第一届冷轧管设备和工艺研究会组织 机构工作人员名单

I—冷轧管研究会第003号文件

名誉会长：芦于述教授、中国金属学会轧钢分会副主任钢管副博士
会 长：白连海工程师，西安重型机械研究所五室副主任陕西省人大代表
副 会 长：周贤芳厂长，宁波机床厂厂长
 王嘉省工程师，重庆钢铁设计院
理 事：王克明副教授，东北重机学院轧钢教研室副主任
 王先进讲师，北京钢铁学院，中国金属学会会员
 丁来友 上海第五钢铁厂六车间工段长
 上海市劳动模范
 阮道献工程师，洛阳矿山机器厂
秘 书 组：组长 林 松工程师，陕西钢铁研究所
 组员 耿志升工程师，西安重型机械研究所
 虞一新 宁波机床厂
 张天林 天津冶金材料研究所

宁波机床厂冷轧管机生产的发展

座落在宁波近郊的宁波机床厂，原是小批量生产X53T铣床，C620-1车床的小型工厂，七四年，在一机部重型矿山局和省市上级机关的重视和启发下，为及时解决冶金行业急需的短线产品，开始研制冷轧管机，七年来，全厂职工艰苦创业，奋发图强，在西安重型机械研究所热情指导和上钢五厂、上海钢铁研究所，陕西钢铁研究所等单位密切配合和支持下，前后试制成功六种新产品，自行设计了LDD—15二线三辊冷轧管机，荣获省科技三等奖。为冶金行业的冷轧管材生产作出了应有的贡献。为尽快改变我国冷轧管材生产的落后面貌、缩短我国冷轧管机与世界先进水平的差距，宁波机床厂不遗余力的积极倡导科研设计，制造和改造、生产实践三结合，根据上级机关指示精神，宁波机床厂每年都邀请有关设计、制造、使用单位的行家云集宁波市，召开冷轧管机专业技术审定会和技术座谈会，共同探讨各单位的生产经验，科研成果和技术情报，展望今后我国无缝管材生产的发展方向，全面评价宁波机床厂生产的冷轧管机性能和改进意见。宁波机床厂几年来毫无保留的支持冷轧管机的新产品、新技术研制，只要在科研上有试验价值，不管是否近期能不能采用，只要用户欢迎的新产品，不管对厂生产影响如何，宁波机床厂都满腔热情，一视同仁，宁波机床厂为我国冷轧管设备的科研所研制工作，为我国冷轧管机的更新换代作出了可喜的成绩。

宁波机床厂很好的适应了我国工业发展的需求和现阶段的特点，端正办企业的思想迅速调整生产结构，调动广大科技人员积极性，彻底改变了原宁波机床厂的面貌。由单一产品发展至多品种、多规格的全新工厂，各类产品的质量通过多次全面彻底整顿，质量稳定，深受用户的欢迎，在自力更生的基础上宁波机床厂又兴建了冷轧管机生产车间和各种必要的生产手段，全厂文明生产蔚然成风。厂区整齐，受到了部、省市局上级领导单位的表扬和广大用户的赞扬。

75年，宁波机床厂根据西重所来图，首先试制成功了LDD—12四线三辊冷轧管机，此轧机采用了独特的运动平衡方式，能实现高速轧制，标志着我国向高速多线冷轧管机发展的起点。宁波机床厂在试制LDD—12四线三辊冷轧管机的基础上，在78年又连续试制成功GLD—30A三辊冷轧管机和LDD—15二线三辊冷轧管机。在西重所的指导下宁波机床厂对原LD—30三辊冷轧管机作了重大更改设计，在短短的一年时间内，便投入了批量生产，使该机结构紧凑、整机刚性强，高速轧制平稳，外形美观、占地面积少等优点，完全满足了生产的要求。为了弥补我国三辊冷轧管机的系列空白，宁波机床厂科技人员不畏艰难大胆研制成功了LDD—15二线三辊冷轧管机，深受用户的好评。80年宁波机床厂赶制了大量的工夹量具和专用设备，攻克了种种困难，试制成功了LG—30（Ⅱ）冷轧管机及其配套的 $\phi 32\text{mm}$ 无屑切管机，该厂交货及时，确守信用，给广大用户留下了深刻的印象。西重所研制成功多排辊冷轧管机给我国管材生产战线带来了喜讯，宁波机床厂为推广

我国独创的新型轧机投入工业生产作出了最大的努力。81年宁波机床厂在西重所积极指导下，集中了主要技术力量，仅在半年时间内完成2台 DPG—30 多排辊冷轧管机，高速轧制极其稳定，制造精细，用户满意。DPG—30多排辊冷轧管机轧制原理新颖，结构简单，轧制工具不需专用的孔型加工机床，是适用性极为广泛的高效冷轧管机；为满足用户需求，宁波机床厂当年又投入了批量生产。

在研制新产品同时，宁波机床厂积极开展对产品的完善和整顿及配套等工作，在新产品试制成功后本着认真和精益求精的精神，尽快使产品成熟和完善。适用工业生产。

在研制新产品的同时，宁波机床厂十分重视对老设备的挖潜改造。为了提高三辊冷轧管机的生产能力，宁波机床厂目前对 LD—30 三辊冷轧管机机头改造采用二种结构形式，积极配合用户进行老设备的改造，以求取得经验，在国内推广，满足管材增长的要求。

在积极研制新产品的同时，宁波机床厂认真研制冷轧管机的各种典型部件，为了提高轧制次数，全力以赴配合西重所和上钢五厂赶制 LG—30 (Ⅱ) 冷轧管机新型的液压迴转送进装置和多排辊冷轧管机液压迴转送进箱。以便在生产实践中考核解决目前国内冷轧管机普遍存在的薄弱环节。

目前，宁波机床厂已成为国内冷轧管机生产的主要定点厂，拥有我国全套多辊式冷轧管机和多排辊冷轧管机、LG—30 (Ⅱ) 冷轧管机等生产能力。系列产品及变形产品的设计和根据用户特殊要求进行各种专机设计的技术力量。配合研究所研制新型冷轧管机的能力。宁波机床厂计划在 82 年试制 SLG—30 双线二辊冷轧管机，为我国有色管材和轻工、民用管材生产提供高效新型冷轧管机。积极配合南京汽车厂研制 $\phi 105 \times 1.5$ 高精度的汽车汽缸可换衬套的冷轧工艺并设计提供必要的加工设备。宁波机床厂为解决冷轧管材的轧制孔型加工积极研制环孔型磨床。最近，宁波机床厂通过引进和返销产品，正着手试制澳大利亚比尼工程公司的弯管机及消音器的全套制造设备，为机械产品打入国际市场引进国外先进技术而努力。

回顾宁波机床厂短短几年的发展能清楚地反映我国冷轧管机生产的前进步伐。当前宁波机床厂欣欣向荣的局面就能从一个方面展望我国冷轧管机及管材生产的急速发展趋势。

今天，全国所有从事管材生产的科技人员和生产实践的主力，为加速我国冷轧管材生产的现代化汇聚一堂，成立了我国冷轧管设备及工艺研究会这是何等喜悦的大事，表明了我国将在不长的时间内实现冷轧管材生产的现代化和赶超世界先进水平的决心。在此，让我们衷心希望前进中的宁波机床厂为我国冷轧管材生产现代化作出更大贡献。

第一届冷轧管设备及工艺研究会年会文集出版组

LGS—25二辊双线环孔型冷轧管机

陈 宏 弟

〔提 要〕

LGS—25二辊双线环孔型冷轧管机是西重所与上海第二铜管厂共同设计，无锡西漳农机厂制造的我国第一台二辊多线冷轧管机。

本文阐述了该轧机的工作原理，主要性能参数，轧机的各部组成，孔型设计，轧机的试验与生产，力能参数测定及环孔型加工等。

一、前 言

在冷加工生产的管材中，主要采用的是冷拔与冷轧。在冷轧法中，二辊式和多辊式的冷轧管机及旋压机比较成熟。其中二辊式从1932年问世以来，获得不断的改进与完善，由低速到高速，由单线到多线，由半圆孔型到环孔型的采用等等，使其生产效率逐渐提高。目前，它正朝着高速、多线、长行程、长管坯和自动化的方向发展。

目前，我国的有色金属管材生产，多数中小型加工厂，均单一地采用冷拔制管，这是不够经济的。理想的方法应当是尽量利用冷轧、冷拔的各自特点，采用轧与拔联合制管工艺。

为探求新的加工设备，经改革轧机结构，研制了LGS—25二辊双线环孔型冷轧管机。

该轧机采用了开式机架、环孔型和双线结构。充分利用环孔型的特点，既保证了轧机的行程长度，又缩小了主机架的体积及其运动部分的重量，提高了轧制速度，确保了生产率。在回转送进机构方面，采用的光电—机械式回转送进机构，结构简单、可靠、寿命长。在轧机的其他部份上，也做到了不同程度的简化。

这台轧机经一年来的试验和生产表明，除送进量一项外，基本上达到了预期目的，可以满足有色管材生产的要求。它的主要性能参数见表1。

二、轧机的工作原理

本轧机是周期性工作制度的二辊式冷轧管机（图1），它的两对环孔型1套在轴2上并装在主机架的轴承座内，而主机架借助于曲柄连杆作往复运动。当主机架由A点运动到B点时，在环孔型上呈锥形形状的孔型逐渐缩小，使处在锥芯棒3和孔型1之间的管坯4

* 该轧机获得上海市和一机部一九七九年科技成果二等奖。

表 1

轧 机 主 要 性 能 参 数

序 号	项 目	数 量	单 位
1.	管坯尺寸：最大外径	32	毫 米
	最大壁厚	2.5	"
	最大长度	4.6	米
2.	管材尺寸：外 径	15~25	毫 米
	壁 厚	0.5~1	"
3.	允 许 变 形 量	80	%
4.	最 大 轧 制 压 力	2×10	吨
5.	机 架 双 行 程 次 数	120	次/分
6.	机 架 行 程 长 度	400	毫 米
7.	管 坯 送 进 量	2—8	"
8.	管坯回转角度调整范围	45—70	度
9.	同 时 轧 管 根 数	2	根
10.	轧 辊 直 径	170	毫 米
11.	轧 辊 回 转 角 度	297.3	度
12.	连 杆 长 度	1300	毫 米
13.	曲 柄 半 径	200	"
14.	曲柄中心线与轧制中心线之偏心距	125.2	"
15.	机 械 总 传 动 比	7.5	
16.	主电机功率（直流）	30	瓩
17.	轧机外形尺寸：长度	~9.22	米
	宽度	~2.5	"
18.	机架运动部分重量	~410	公 斤
19.	设备总重量（不包括电气部分）	8.847	吨

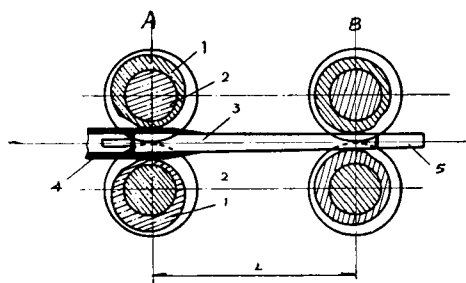


图 1 冷轧管机轧管示意图

1. 环孔型 2. 环孔型轴 3. 锥芯棒
4. 管坯 5. 管材

连续地受到辗压和均整、最后轧制成管材 5。

当轧辊由 B 点重新返回并接近 A 点时，孔型的锥形截面逐渐张大，在大于管坯截面时，借助于设置在轧机尾部的回转送进机构，管坯由芯杆带动先回转一个角度，接着将管坯向主机架的金属变形区送进一段距离。这样周而复始地运动，便是二辊式冷轧管机的工作过程。

三、轧机组成

本轧机的主要组成部分包括主传动系统、

主机架、机座箱、床身和回转送进机构。现分述如下：

1. 主传动系统

它用来带动轧机的主机架，使其作往复运动。本系统采用可控硅整流、供电给Z₂—81型直流电机（n=1500rpm，N=30kw）带动三角皮带，经接手传动机座箱内一对齿轮、再经曲柄连杆带动机架作往复运动。其中主电机采用了电流小闭环和速度大闭环可控硅全控桥直流调速系统，能保证轧机在n=12~120次/分下正常运转，并采用了直流能耗制动，停机迅速，性能可靠，而且结构也比较简单。另外在大皮带轮座的侧面，配置了一对齿轮（速比与机座箱内齿数比相同），并在其低速轴上装有圆盘和滑环，与其配套的还有电刷和一对光电管。当主电机运转时，电刷和光电管分别发出信号，令回转用电机和送进用电机动作，通过回转送进箱来实现管坯的间歇回转与送进。

由于采用了这种传动形式，省掉了主传动中的减速箱和通往回转送进箱的长轴，极大地简化了结构，节省了占地面积。

2. 主机架

主机架在冷轧管机中占有重要地位，而轧辊又是其中一个关键另件。该轧机中采用了双线环孔型结构，它的优点是：

(a) 孔型圆周均可利用，显著地增大了轧制变形区的长度，而且孔型的平均锥度 γ_{cp} 小，轧管时使金属变形平缓，相对滑动小，为加大送进量和强化轧制提供了有利条件。

$$\gamma_{cp} = \frac{D_3 - D_T}{L} \approx 0.05 \sim 0.06$$

式中：D₃、D_T—分别为管坯和管材外径；

L—机架行程长度。

(b) 可以轧出较薄壁管材。根据轧辊直径D、摩擦系数f、轧材的屈服极限 σ_s 和壁厚t之间的关系式，即 $t = 0.93 \times 10^{-4} f \sigma_s D$ ，要轧出薄壁管、只有减小辊径。

(c) 极大地减轻了主机架运动部分重量，减小了往复运动时所产生的惯性力，加快了轧管速度，提高了产量。

(d) 减小了总的轧制压力，使驱动主机架的电机功率变小。

(e) 与半圆孔型相比，环孔型容易制造，安装在轴上牢固可靠，受力条件好，寿命长。

主机架在工作中作周期往复运动，将管坯不断地辗压成管材。主机架图2是由两个铸钢牌坊1用四根圆钢2焊接而成。两对环孔型3套在轧辊轴4上并安装在轴承座5中。在上、下轧辊的一端套有齿轮6，分别与机座箱上的齿条啮合，以保证轧管时上下轧辊同步。为换辊方便，机架是开式的，在机架上用两只螺栓7来承受轧制压力。机架的支撑面采用长滑板结构，运行平稳。轧辊传动齿轮和管坯采用稀油冷却。

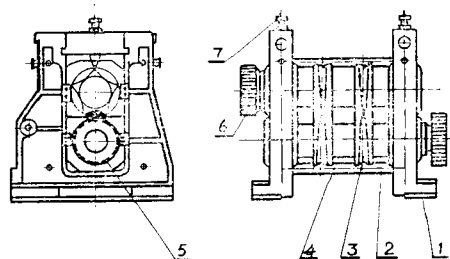


图2 主机架

3. 机座箱

焊接的机座箱在其下部装有主机架沿之运动的支撑板，在箱的两侧固定着齿条（分别与上、下轧辊齿轮相啮合）。此外，机座箱又是传动机构的箱体，里面装有两对主动齿轮和曲柄齿轮、并用护板封着，曲柄连杆联结着主机架，工作时使其在机座箱内作往复运动，在箱的底部还有两个油箱，其中清洁箱供大齿轮润滑。另外一个油箱，用油泵将油打入主机架底面的铜滑板腔内，再分别送往轧辊齿轮和管坯进行润滑和冷却。

4. 床身

床身是钢板焊接结构，由两段组成。其两端分别搭在机座箱和回转送进箱上。在床身里装有双轴承座、传动丝杠（T55—16/2）、内外托架和管坯顶盘等。设计时去掉了传统的转角轴和中间卡盘，实践证明不要是可以的。其中传动丝杠，如有条件时可以适当加长，以实现长管坯轧制，提高轧机的作业率。

5. 回转送进机构

回转送进机构，是将管坯间歇地向轧制区送进的重要机构。要求它在工作中只有当轧辊脱离管坯的瞬间，来完成管坯的转角和送进；而管坯的送进量应按需要可以适当的调整；还要求管轧完了时将顶盘快速的退回原处。总之，回转送进机构要配合主机架的运动做长期的频繁间歇运动。

本设计采用的是光电—机械式回转送进机构（图3），用两台直流电机1、2（Z2—42型，1.5kw， $n=750r.p.m$ ；Z2—52型，3kw， $n=750r.p.m$ ）分别与回转送进箱3之输入轴相连，通过箱内10个齿轮将扭矩传递给床身上送进丝杠，来带动管坯顶盘移动和箱体外部的三爪卡盘，使芯杆回转。控制两台电机的间歇运动是由主传动系统中的电刷和光电管发出的信号实现的。

这种回转送进机构和已往的形式相比，其优点是：结构简单，体积小，寿命长，很少维修，提高了轧机作业率。但是存在着送进量不够稳定的缺点。这种结构用于开坯是可以的；如用于精轧，则送进量不宜过大，今后应采取措改进。

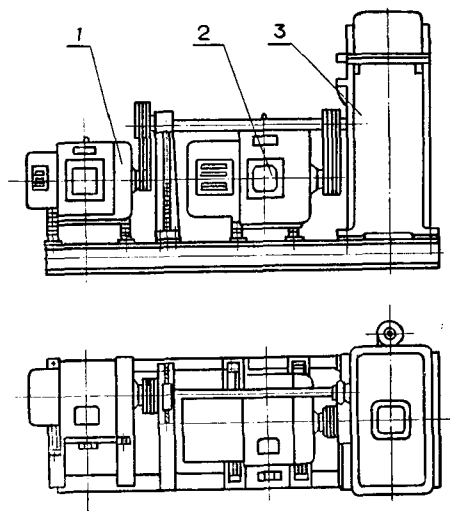


图3 回转送进机构

四、孔型设计

已知：轧辊环外径 $\phi 170mm$ ，周长为 $533.8mm$ ，主动齿轮节圆直径 $\phi 155mm$ ，节圆周长 = $486.7mm$ ，轧机主机架行程长度 $l \approx 400mm$ ，被轧材质为 H68，轧材规格为 $\phi 25 \times 1.5 \rightarrow \phi 16 \times 0.6mm$ ，

设孔型圆锥部份长度 $l_{p1} = 225mm$ ，其中减径段 $l_p = 50mm$ ，管壁压下段 $l_o = 175mm$ （分7段）。均整段 $l_k = 100mm$ ，回转送进段 $l_n = l - (l_p + l_o + l_k) = 75mm$ 。

图4是作孔型设计用的变形区简图，孔型顶部轮廓计算是从管坯尺寸起到成品管为止。

1. 孔型设计数据

$$\text{总延伸系数 } \mu = \frac{t_3(D_3 - t_3)}{t_f(D_f - t_f)} = 3.81$$

式中 D_3 、 D_f —分别为管坯和管材外径；

t_3 、 t_f 分别为管坯和管材壁厚。

$$\text{变形程度} = \left(1 - \frac{1}{\mu}\right) 100\% = 73.8\%$$

$$\text{管壁相对压下量} = \frac{t_3 - t_f}{t_3} 100\% = 60\%$$

$$\text{减径量} = D_3 - D_f = 9\text{mm}$$

2. 芯棒设计 (图5)

取芯棒锥度为0.015 (即 $2\text{tg}\alpha = 0.015$)；

均整段开始时对应芯棒直径：

$$d_a = D_f - 2t_f = 14.8\text{mm}；$$

芯棒对应孔型圆锥工作部分长度：

$$l_{pl} = 225\text{mm}；$$

芯棒圆柱处直径 $D_{pl} = d_a + l_{pl} \cdot 2\text{tg}\alpha = 18.175\text{mm}$ (实际加工时取 $D_{pl} = 19\text{mm}$)

3. 孔型顶部轮廓计算

管坯内径与芯棒之间的间隙：

$$\Delta P = (D_3 - 2t_3) - D_{pl} = 3.825\text{毫米}，$$

减径段上管壁增厚值：

$$\Delta t = 0.06 \times 3.825 = 0.23\text{mm}；$$

减径段结束的管壁实际厚度：

$$t_p = t_3 + \Delta t = 17.3\text{mm}；$$

$$\text{管壁压下率 } \mu_t = \frac{t_p}{t_f} = 2.88。$$

4. 用图6确定各检查截面上的管壁压下率 μ_x 及孔型直径：

检查截面序号：1、2、3、4、5、6、7

管壁压下率 μ_x 相应为：1.39、1.65、1.95、2.22、2.49、2.72、2.88

检查截面序号：0、1、2、3、4、5、6、7

管壁厚度 t_x 相应为：1.73、1.24、1.05、0.89、0.78、0.70、0.64、0.60

按 $d_x = d_a + l_x \cdot 2\text{tg}\alpha$ 计算各检查截面处芯棒直径 d_x (l_x —从定径开始到所求截面的距离)。

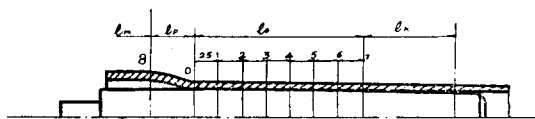


图4 金属变形区简图

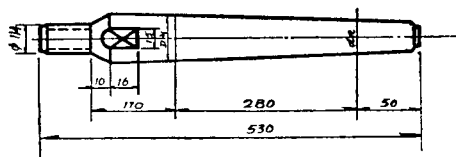


图5 芯棒示意图

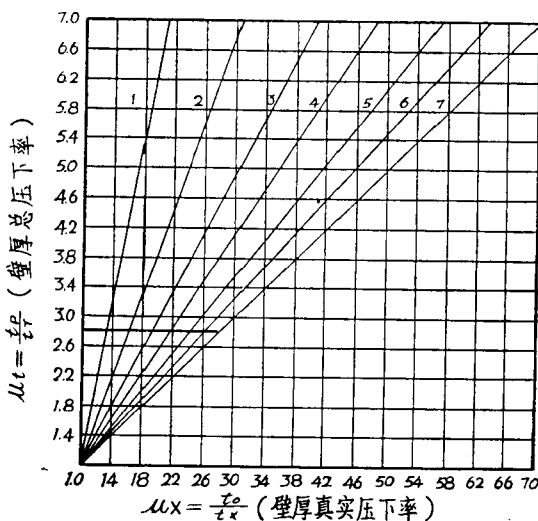


图6 确定工作锥任意(1—7)截面上延伸率的图表

检查截面序号：0、1、2、3、4、5、6、7

芯棒直径 d_x 相应为17.43、17.05、16.68、16.30、15.93、15.55、15.18、14.80

按 $D_x = d_x + 2t_x - \Delta k$ 计算各检查截面处的孔型直径 D_x ，其中 $\Delta k = 0.4$ ，为加工孔型时两环间隙。

检查截面序号：B、0、1、2、3、4、5、6、7

孔型直径 D_x 相应为：24.6、20.49、19.13、18.38、17.67、17.08、16.54、16.05、15.60

5. 确定孔型开口度及孔型宽度

孔型压下部分最后端（第七段）开口度 b_k ：

$$b_k = m \cdot \mu \cdot 2tg\alpha + 0.2 = 5 \times 3.81 \times 0.015 + 0.2 \approx 0.49$$

孔型压下部分最前端（第一段）开口度 b_H ：

$$b_H = m \cdot \mu \cdot 2tg\gamma + 1.0 = 5 \times 3.81 \times 0.0544 + 1 = 2.04$$

式中 m 为送进量，取 $m = 5$ ；

$$2tg\gamma = \frac{D_0 - D_1}{l_a} = \frac{20.49 - 19.13}{25} = 0.0544。$$

中间各段孔型的开口度由 b_k 和 b_H 的平均值确定，O—O 截面开口度等于 1—1 截面开口度，取1.4mm。

检查截面序号：1、2、3、4、5、6、7、

孔型开口度 b_x 相应为：2.04、1.78、1.52、1.26、1.00、0.74、0.48

按下式计算孔型宽度： $B_x = D_x + b_x$ 得：

截面序号：B、0、1、2、3、4、5、6、7

孔型直径 D_x 相应为：24.60、20.49、

19.13、18.38、17.67、17.08、16.54、16.05

15.60

孔型宽度 B_x 相应为：26、22.53、21.17、

20.16、19.19、18.34、17.54、16.79、16.08

图 7 为设计加工环孔型时，靠模样板曲线

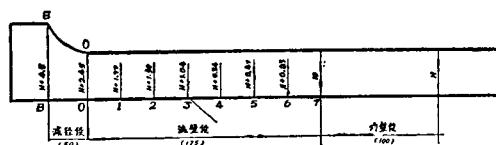


图 7 加工环孔形靠模样板曲线

五、轧制试验及生产

轧机于1978年11月一次试轧成功后进行了试生产。一年来，轧制了 $\phi 25 \times 1.5 - \phi 16 \times 0.6$ mm各种有色金属。牌号有：T₂、H68、HSn70—1、QSn4—04、HAL77—2、BZn15—20等，共27吨。平均小时产量为130~150米。

在轧机行程次数为120次/分时，连续三班生产青铜管（QSn4—04），证明轧机工作性能稳定、可靠，可以满足长期连续生产要求，在设计中规定的各项工艺参数，只有送进量一项未能达到上限指标。

通过轧机试验及生产体会到，采用轧—拔联合生产后得到的好处是：可以减化生产流程，缩短制管周期，节约劳力，改善劳动条件，减轻工人劳动强度，节约金属和能源，减

少废酸对环境的污染,提高了产品的成材率和产量质量,特别是在轧机上生产 HSn70—1, QSn4—04和 HAL77—2等塑性较差的有色金属是很有利的。

以青铜管(QSn4—04)为例,由 $\phi 25 \times 1.5\text{mm}$ 轧成 $\phi 16 \times 0.6\text{mm}$ 只要一个道次,而拔管时则要拉拔4次。据初步统计,被轧管材一次退火需要电力320度,而拉拔管材两次退火需要电力800度;轧制的成品率91%,拉拔的成品率86.5%。此外,在拔机上由于拔制道次多,其中打头、切头,酸洗和矫直等工序繁多,给生产带来很多麻烦。

有一批牌号为H96的管坯,曾因壁厚不均超差(0.5~0.6mm),不能拉拔而报废。但这批管坯上该轧机后除个别外,所轧出的管材均在冶标(YB793—71)规定的公差范围内,使废品得以挽救。

这台轧机使用一年来,除连杆与主机架联结处采用的滚针轴承(943/40型)的外环破损外,其余均正常。试轧时所采用的参数见表2。

表 2 轧 制 时 所 采 用 的 参 数

序号	材 质	管坯尺寸 mm	管材尺寸 mm	变形程度 %	延伸系数 μ	送 进 量 Smm	行程次数 n 次/分	小时产量 米/时
1	T2	25×1.5	16×0.6	73.8	3.81	3	120	131
2	H68	"	"	"	"	"	"	"
3	HSn70—1	"	"	"	"	"	"	"
4	QSn4—04	"	16.4×0.6	73	3.71	2.8	"	126
5	T2	28×3.15	16.26×0.59	88	8.36	2	100	170
6	QSn4—04	28×2.98	16.2×0.63	86.8	7.60	1.5	"	116
7	H68	28×3.5	16.35×0.64	88.2	5.53	1.4	90	110
8	HAL77—2	"	16.35×0.97	82.6	5.75	1.1	100	64.5
9	T2	"	16.2×1.45	75	4	5	90	183
10	Ni合金	23×1	16.72×0.51	62.4	2.66	3	100	76.6
11	T2	28×3.5	16.6×0.52	90.3	10.32	2	90	178

六、轧机力能参数测定

测定的主要项目有:轧制压力、主电机功率、连杆强度、芯杆力、管坯送进和回转时的电机功率。

测试时轧制管坯材质是:T₂、H96, H68、H62, QSn4—04, HSn70—1。为了便于比较,每次试轧选用的管坯和轧出的管材尺寸基本相同,有关数据是在两台八线示波器上同时显示记录的。得到的数据详见表3。

表 3

轧 制 测 试 分 析 记 录

案卷号	材 质	轧 制 工 艺	轧制参数		轧制压力 公 斤	主电机功 率KW	连杆应力 kG/cm ²		芯杆应力 kG/cm ²		送 进 扭 矩 kG · m	回 转 扭 矩 kG · m
			送进 量	行程 数			+	-	+	-		
2—I	T ₂	$\Phi 25 \times 1.5$ ↓	3	100	2×3508	13.87	15	12			0.87	
			3	120	2×3087	15.94	22	15			0.79	
			5	100	2×3649	16.41	20	8			0.96	
2—I		$\Phi 16.6 \times 0.6$	5	120	2×3508	17.16	22	11			0.87	
5—I	H96	$\Phi 25 \times 1.5$ ↓	3	100	2×3859	14.96	32	29	57	57		
			3	120	2×3859	16.94	37	37	48	67		
			5	100	2×4631	16.97	34	32				
5—I		$\Phi 16.6 \times 0.6$	5	120	2×4491	21.19	39	34			0.85	0.82
4—I	H38	"	3	100	2×5407	16.08			96	77	1.03	
			3	120	2×4912	16.54			96	48		
			5	100	2×6315	17.66			77	48	0.96	
4—I			4.5	120	2×6104	21.84			77	48	0.99	
6—I	H32	$\Phi 25 \times 1.5$ ↓	3	100	2×5403	15.18						
			3	120	2×5403	17.38						
			4.5	100	2×5894	19.34						
6—I		$\Phi 16.7 \times 0.6$	4.5	120	2×6104	21.48						
3—I	QSn4—04	$\Phi 25 \times 1.5$ ↓	3	100	2×5824	17.34					0.94	0.96
			3	120	2×5473	17.86					0.99	0.64
			5	100	2×6455	18.21					1.01	0.64
3—I		$\Phi 16.7 \times 0.65$	5	120	2×6315	21.62					1.08	0.96
9—I	HSn70—1	"	3, 3	100	2×6455	18.50	37	26	144	86	1.39	
			3	120	2×6034	20.24	42	37	96	67	1.25	
			5	100	2×6736	20.48	42	26	96	96	1.25	
9—I			4.5	120	2×7087	24.58			77	134	1.63	
10—I	T ₂	$\Phi 28 \times 3$	3	90	2×3649	16.04			96	57		
	H68	↓	3	90	2×5519	19.85			115	86	0.97	0.61
	HAL77—2	$\Phi 16.8 \times 1.1$	3	90	2×8140	28.88				134	1.28	0.87
10—I	Ni管	$\Phi 23 \times 1 \rightarrow \Phi 16.7 \times 0.5$	3	100	2×4631	11.9	32	24	105	182		