少机架限动芯棒连轧管机孔型设计的探讨

王鹏飞，连毓平，秦建新
(太原重型机械(集团)有限公司设计研究院，山西 太原 030024)

摘 要：少机架限动芯棒连轧管机孔型设计是连轧管工艺的核心，对轧制过程的建立和产品质量起着极其重要的作用。介绍了少机架限动芯棒连轧管机组的独特优点，并对其孔型设计进行了初步探讨。

关键词：无缝钢管；少机架限动芯棒连轧管机；优点；孔型设计
中图分类号：TG333.8 **文献标识码**：A **文章编号**：1001-2311 (2000) 01-0018-04

Cursory Review of Groove Design of Fewer-Stand Mandrel Retained MPM

WANG Peng-fei, LIAN Yu-ping, QIN Jian-xin
(Taiyuan Heavy-Duty Machinery Design and Research Institute, Taiyuan 030024, China)

Abstract: As the most critical factor of MPM process, the groove design of fewer-stand mandrel-retained MPM significantly affects the rolling course as well as product quality. Presented in the paper are the unique advantages of the said MPM and a cursory review on groove design of the mill.

Key word: Seamless steel tube; Fewer-stand mandrel-retained MPM; Advantage; Groove design

0 前 言

众所周知，限动芯棒连轧管工艺即MPM工艺是无缝钢管生产领域中的最新技术，它克服了全浮芯棒连轧管工艺存在的因不稳定的芯棒速度所引起的“竹节”缺陷和荒管沿长度方向外径、壁厚的严重不均，同时减少了芯棒工作段的长度及重量，扩大了成品规格范围，提高了荒管质量，降低了生产成本，因此得到了广泛的应用。

少机架限动芯棒连轧管（Mini-MPM）技术是MPM技术的进一步发展，它除了具备MPM的所有优点之外，还具有自己的独特优点：

(1) 轧机机架数量减少，减轻了设备重量，缩短了轧制线长度，减少了装机容量，从而降低了工程投资和生产成本，增强了产品的市场竞争力。

(2) Mini-MPM轧机可提高毛管入口速度及芯棒限动速度，降低工具消耗，提高工具寿命和荒管的内表面质量。

(3) Mini-MPM采用粗轧机架（大机架）与精轧机架（小机架）相组合，从而使轧机结构紧凑，有利于改善金属的流动及变形，可进一步减少芯棒及限动行程长度，从而改善钢管壁厚公差，简化芯棒限动操作。

(4) 轧辊轴承座的结构既利于换辊，又可减少备件库存；平衡缸直接安装于机架上，既节省费用，又简化操作。

(5) 主传动装置及电控柜布置于轧机同侧，大大减少了电缆布置、土建施工作业量。

(6) 用液压压头代替机电系统调整轧辊设定，并采用液压自动控制系统(HCCS)，可实现轧辊的在线调整，改善钢管的壁厚公差；并可根据工艺要求实现对轧件头尾的辗轧，减小头尾部的壁厚，减小轧件在张力减径机中的管壁增厚，提高金属的收得率。

鉴于Mini-MPM的上述优点，90年代国外新建机组大都采用这种机型，因而对该技术的变形工艺进行研究是非常必要的。

王鹏飞(1967-)，男，山西忻州人，高级工程师，硕士，主要从事轧制工艺理论研究、轧钢设备的设计开发工作。

© 1995-2005 Tsinghua Tongfang Optical Disc Co., Ltd. All rights reserved.

1 Mini - MPM 的孔型设计

目前，五机架 Mini - MPM 技术比较成熟，它具有 MPM 的所有优点。本文主要分析五机架 MPM 的变形工艺。

根据在各种孔型中金属的变形特点，五机架连轧管机的孔型选择椭圆孔型与圆孔型。第一架的压下量大，且毛管壁较厚，不存在钢管抱芯棒的问题，故采用有利于咬入的椭圆孔型。第二至第五架采用圆弧侧壁圆孔型，其中第四、五架精轧机架采用的孔型相同。

选择最小壁厚所对应的最大外径毛管及荒管作代表规格进行孔型计算，其计算步骤如下：

(1) 计算总延伸系数 μ_z。$\mu_z = A_0 / A_5$，其中 A_0 为毛管断面积，A_5 为荒管断面积。

(2) 分配各机架的延伸系数。各机架延伸系数的分配涉及到金属流动过程中孔型各部分的应力状态、应变平衡及体积不变等诸多因素，目前尚不具备精确求解的条件，只能按经验数据来确定。其分配原则及示例见图 1 及表 1。第一架的延伸系数较大，可以补偿由于穿孔机设定不当引起的毛管尺寸偏差；第二架可包容第一架的延伸；

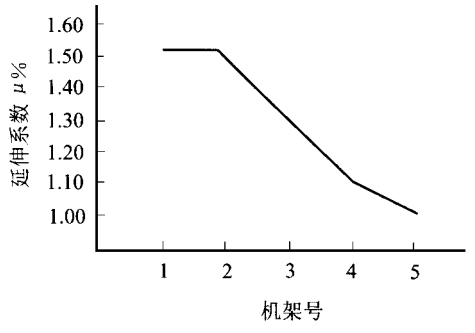


图 1 五机架连轧机延伸系数的分配

第四架的延伸系数一般取 1.13 左右。

连轧管机孔型设计通常是按孔型顶部的延伸系数进行分配。根据二辊纵轧原理，奇数架毛管的减壁系数等于偶数架毛管的减壁系数。五机架连轧管机孔型顶部延伸系数的分配原则及示例见图 2 和表 1，图中，$C_{\mu i}$ 为第 i 架孔型顶部延伸系数的对数百分比，即 $C_{\mu i} = \ln \mu_{\delta i} / \ln \mu_{\delta z}$。$\mu_{\delta i}$ 为第 i 架孔型顶部延伸系数，$\mu_{\delta z}$ 为毛管到荒管孔型顶部总延伸系数。

表 1 五机架连轧机延伸系数分配表

机架号	平均延伸系数				孔型顶部延伸系数			
	173 孔型系列		266 孔型系列		173 孔型系列		266 孔型系列	
	系数	对数百分比%	系数	对数百分比%	系数	对数百分比%	系数	对数百分比%
1	1.576	35.29	1.550	35.14	1.872	52.52	1.857	53.25
2	1.525	32.74	1.504	32.72	2.400	73.33	2.335	72.97
3	1.302	20.47	1.297	20.85	1.679	43.40	1.654	43.30
4	1.137	9.96	1.133	10.01	1.375	26.67	1.369	27.03
5	1.020	1.54	1.016	1.28	1.050	4.08	1.041	3.45
合计	3.629	100	3.481	100	3.3	100(奇数架) 100(偶数架)	3.197	100(奇数架) 100(偶数架)

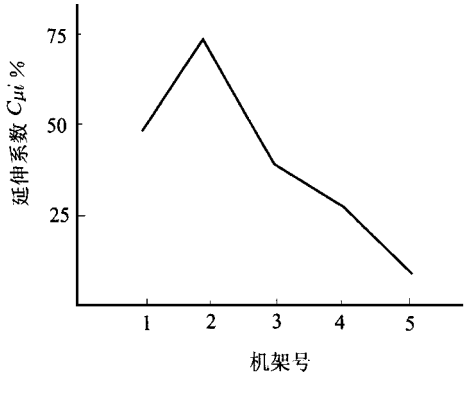


图 2 五机架连轧机孔型顶部延伸系数分配

显而易见，第二架的减壁量最大，不同的孔型系列对应机架的孔型顶部延伸系数基本相同 。

(3) 根据各机架的延伸系数确定该架轧后金属的横截面积。

(4) 根据孔型结构及各机架孔型顶部延伸系数，确定各机架孔型半径 R_{1i}。五机架连轧管机各机架孔型结构示意如图 3 所示，其中部分系数为经验值（详见表 2）。

孔型半径的计算步骤如下：

© 1995-2005 Tsinghua Tongfang Optical Disc Co., Ltd. All rights reserved.

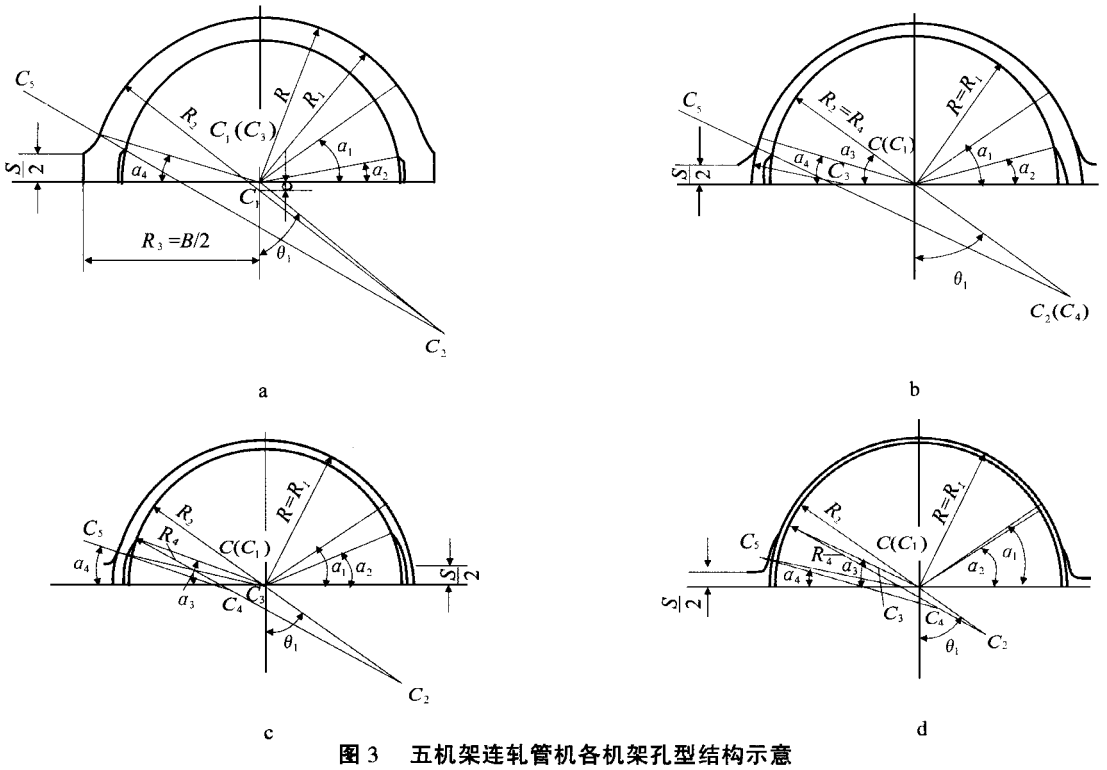


图 3 五机架连轧管机各机架孔型结构示意

a—第一架 b—第二架 c—第三架 d—第四，五架

表 2 五机架连轧管机孔型系列的部分经验数据

序号	参数名称	单位	第一架	第二架	第三架	第四架	第五架
1	偏心参数(R_1/R)		1.030	1.000	1.000	1.000	1.000
2	脱离角(α_1)	(°)	35	35	38	40	40
3	脱离比率(R_2/R_1)		2.50	2.50	2.00	1.75	1.75
4	第二级脱离比率(R_4/R_3)				1.15/1.10	1.20	1.20
5	连接角(α_4)	(°)	1.60/1.70	13.00	13.00	8.00/9.00	8.00/9.00
6	宽展系数(B/D_i-1)		1.00	1.030/1.025	1.025	1.015	1.017
7	最小辊缝	mm	14/21	14/21	11/17	8/13	8/13
8	固定辊缝	mm	25/35	25/35	25/35	15/20	15/20

1) 根据各机架孔型顶部延伸系数确定各机架孔型顶部壁厚 δ_i

$\delta_i = \delta_i - 2/\mu_{\delta i}$ (当 $i \leq 2$ 时，$\delta_{i-2} = \delta 0$)

2) 确定第 i 架的孔型高度 D_i

$D_i = D_m + 2\delta_i$

式中，D_m 芯棒热态直径 (D_m $D_5 - 2\delta_5$，D_5 与 δ_5 分别为第五架出口荒管的外径及壁厚)。

3) 计算各机架孔型半径 R_{1i}。第一架孔型的偏心系数一般取 $R_{11}/R_1 = 1.03$，第二至第五架孔型的偏心系数取 1，故

$R_{1i} = R_i$ ($i = 2,3,4,5$)

计算得第一架孔型半径 $R_{11} = 1.03R_1 = 1.03D_1/2$，第二至第五架孔型半径 $R_{1i} = R_i = D_i/2$($i = 2,3,4,5$)。

(5) 根据图 3 计算孔型各参数及各架孔型的金属断面积 A_i。

(6) 将所得孔型中金属断面积 A_i 与前述所确定的金属断面积进行比较，若误差在允许范围内，则通过上述各步计算的参数即为最终孔型参数。否则应以适当步长改变孔型半径 R_{1i}，重复进

© 1995-2005 Tsinghua Tongfang Optical Disc Co., Ltd. All rights reserved.

行迭代计算，直到误差在允许范围内。此时的 R_{li} 就是第 i 架孔型半径，根据该半径求出的孔型参数即为最终孔型参数。

(7) 各机架辊缝值的确定。各架的最小辊缝值约等于前一机架最小壁厚的 2 倍，一般第一、第二架的最小辊缝值相等。各机架的固定辊缝值应根据产品规格要求的辊缝调整量予以确定。

按上述孔型计算方法，现以某套 Mini - MPM 机组第一架、第五架孔型为例，对有关参数进行了计算，并将计算结果与原孔型参数值进行了比较，详见表 3。

表 3 173 系列孔型设计部分数据与原始数据的比较

项 目	计算结果		原始数据		项 目	计算结果		原始数据	
	第一架	第五架	第一架	第五架		第一架	第五架	第一架	第五架
孔型半径 R/mm	89.55	86.50	89.55	86.50	γ_2	7.657	3.612	7.656	3.681
辊喉半径 R_1/mm	92.24	86.50	92.25	86.50	β	25.433	36.386	25.434	36.319
脱离半径 R_2/mm	230.625	151.375	230.65	151.40	φ	28.716	13.118	28.718	13.112
第二级脱离角 α_3/(°)	/	33.68	/	33.57	圆弧圆心坐标值/mm				
第二级脱离半径 R_4/mm	/	97.30	/	97.15	X_{c1}	0	0	0	0
连接半径 R_5/mm	50.14	16.12	50.20	16.20	Y_{c1}	-2.70	-2.70	0	0
辊缝半径 R_3/mm	100.00	81.08	100.00	80.97	X_{c2}	-111.43	-49.70	-111.43	-49.72
轧辊脱开角 α_3/(°)	/	33.68	/	33.57	Y_{c2}	-84.77	-41.7	-84.78	-41.72
轧辊脱开高度/mm	15.22	48.10	15.20	48.00	X_{c4}	/	-6.17	/	-6.01
芯棒脱开角/(°)					Y_{c5}	/	-9.62	/	-9.59
α_2	13.55	40.00	14.00	40.00	X_{c5}	134.82	104.28	134.87	104.39
θ_1	53.627	50.00	53.626	50.00	Y_{c5}	50.14	16.12	50.17	16.13

2 结 语

对 Mini - MPM 孔型的设计计算，其结果与原始资料比较接近，证明其方法正确。但目前一些经验性数据难以确定，有待于通过实践不断摸索和总结。本研究有助于后续工作的研究和有关计算软件的编制。

(收稿日期：1999 - 01 - 07)

●信 息

攀钢集团成都无缝钢管有限责任公司设计出钢管外表面高效磨光机

在无缝钢管生产中，有的用户要求对某些品种进行外表面全面磨光(如一些高压锅炉钢管) 。对此，攀钢集团成都无缝钢管有限责任公司设备设计研究所开发出了大直径钢管外表面高效磨光机(已获国家专利，专利号 98229475.1)，并一次试车成功。

该高效磨光机采用浮动跟踪磨削原理，通过选用不同粒度的砂轮，对管体整个表面进行高效磨削。磨削时，钢管头尾相衔，连续磨削。该磨光机的速度快，效率高，操作方便。目前设计的 2 台磨光机已相继投入生产，磨削的钢管外径分别为 114～273mm 和 159～426mm，长度 4～12m，为中厚壁管，每道次磨削深度可达 0.5mm。

该设备投产一年多来，运行良好，已累积磨削各种牌号的钢管 1.5 万余 t。

(攀钢集团成都无缝钢管有限责任公司 马 骀 彭熙鹏)

© 1995-2005 Tsinghua Tongfang Optical Disc Co., Ltd. All rights reserved.