Ø100 斜轧延伸机限动芯棒技术应用

夏郑渠
（第一钢厂）

【摘要】　通过对二辊斜轧延伸机限动芯棒改造，扩大了 Ø100 穿孔机组的产品范围，使其能够对冷拔（轧）合理供坯，从而减少了冷加工道次，缩短生产周期，降低各种消耗，改善产品质量，提高了成材率。

1　概况

长期以来，钢管分厂为冷加工提供坯料的热轧机组，为 Ø100 穿孔机组，实践证明这套机组存在着产品范围狭窄（荒管壁厚 S≥6.5mm），不能为冷加工提供小口径薄壁的合理坯料，从而导致冷加工工序繁锁，能源消耗较大，工模具消耗大，冷加工费用高，而成材率较低。

为了降低生产成本，充分开发 Ø100 穿孔机组的潜力，减少冷加工道次，以达到为冷加工合理供坯的目的，我们采用了国家科委重点推广项目“多功能斜轧延伸新工艺”，该工艺在原 Ø100 穿孔机上进行了技术改进，将二次穿孔机改造成了斜轧延伸机，以达到荒管减径减壁（以下简称“双减”）提高表面质量的效果，该机既可使用限动芯棒，又可使用固定芯棒，还能用于等径穿孔，可谓一机多用，为了达到工艺要求，我们对该项技术进行了多次改进，做了大量工作，在课题组全体同志的共同努力下，该项技术应用在钢管分厂获得成功，94 年全年采用该工艺共生产荒管 107.25t，其中不锈钢 70.25t，合结钢 37t，取得了良好的经济效益。

2　限动芯棒延伸机简单原理

2.1　变形过程分析

将两次穿孔改为多功能斜轧延伸机主要是改造锁门架和设计相应的特殊工模具，而保留原两次穿孔工艺。

限动芯棒延伸机的变形区是由特殊形状的轧辊，较长的圆柱形芯棒和导板所构成，轧辊倾斜放置且同向旋转而造成管子边旋转，边前进的斜轧方法，芯棒做限动轴向运动，减小轴向阻力（见图 1）

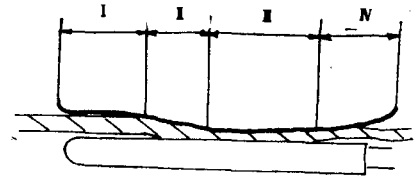


图 1　限动芯棒延伸机变形区

变形过程是：首先毛管被旋转运动的轧辊带入轧辊中实现一次咬入进入Ⅰ区，此区中主要是减径变形，以建立足够的轧辊带入力，使管子顺利地进入减壁区Ⅱ，防止不咬入和轧卡，并在此区中实现减径减壁和延伸变形，继后进入Ⅲ区，即展轧区，Ⅲ区的作用是改善管子尺寸精度和表面质量，最后管子进入Ⅳ区（出口区）；在此区中将管子转圆，使芯棒与管子脱离，防止出现尾四角和后卡。

芯棒运动可减小轴向滑动，提高扎制速度，加上可取较大的倾角轧制，为与穿孔机的能力达到平衡创造了条件。

多功能是指在该延伸机上，同时可以实现限动芯棒（浮动距离 380mm 左右）和固定芯棒操作，采用固定芯棒（两次穿孔）可以实现扩径轧制；采用限动芯棒可以实现减径减壁轧制，还能

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

进行等径减壁轧制，有利于扩大产品规格，满足了冷加工对荒管规格的需要，生产中两种方式可交替使用，保证了生产的可靠性并提高作业率。

2. 变形区金属流动分析

金属流动可由变形区中轧件横断面形状的变化来分析（如图 2 所示）在变形区中的金属流动受变形区形状（辊型、导板形状）和芯棒运动状态所制约）。

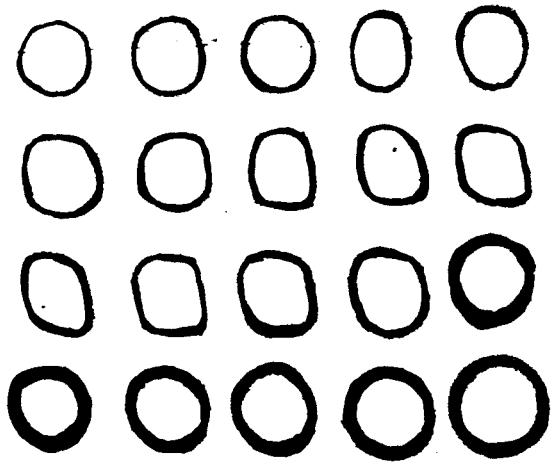


图 2　管子断面形状在变形区中的变化

其宏观变形的基本方程式如下：

径向变形：

$$E1 = \ln \frac{S_o}{S_n}$$

纵向变形

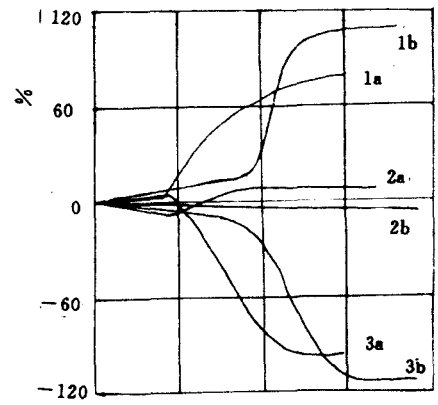
$$E2 = \ln \frac{L_a}{L_o} = \frac{(D_o - S_o)S_o}{(D_a - S_a)S_a}$$

周向变形：

$$E3 = \ln \frac{D_a - S_a}{D_o - S_o}$$

式中 D_o，S_o，L_o 为轧前管子的直径，壁厚，长度；D_a，S_a，L_a 为轧后直径，壁厚，长度，根据体积不变定律有：

$$\ln \frac{S_o}{S_a} + \ln \frac{L_o}{L_a} - \ln \frac{D_o - S_o}{D_a - S_a}$$



a—固定芯棒　　b—限动芯棒

1—$\ln(S_o/S_a)$　　2—$\ln(L_o/L_a)$　　3—$\ln(D_o - S_o)/(D_a - S_a)$

图 3　主变形沿变形区的变化

如图 3，为主变形沿变形区变化图，由图可知，限动芯棒有利于纵向延伸变形，在变形区任一点外径都是减小的，即 E3 是负值，从而横向变形减小，这对实现稳定轧制是很重要的。

3　限动芯棒延伸机技术性能及主要参数

3.1　限动芯棒延伸机技术性能（如表 1）

根据上表可知，限动芯棒延伸机技术性能与我厂二次穿孔机的技术性能是相匹配的，在实际生产中，限动芯棒的浮动距离只需达到 350mm 就完全满足工艺要求了。

3.2　限动芯浮动距离计算

（1）锁门架技术参数为：

（a）电机功率　　18.5kW

（b）转数　　720r/min 用于轧制过程中锁门架舌头后退浮动

1420r/min 用于轧后舌头快速返回原位

（c）减速机　　ZD20—8—7 速比 4.5

（d）大链轮　　节圆直径 D 大 Ø253.32mm

（e）小链轮　　节圆直径 D 小 Ø202.66mm

（f）D 大/D 小 = 1.25（增速比）

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

(g)螺丝螺距　9mm

表 1　限动芯棒延伸机技术性能

序号	名　称	数　值
1	辊身最大直径(mm)	Ø590
2	轧辊辊身长(mm)	350
3	轧辊倾角(0)	8°
4	轧辊转数(rad/min)	70—124(基速)—195(无级调速)
5	荒管最大直径(mm)	125
6	荒管最小直径(mm)	68
7	最大轧制力(t)	100
8	固定芯棒最大轴向力(t)	30
9	限动芯棒轴向力(t)	15—20
10	最大浮动距离(mm)	385
11	主电机功率 kW	1050

(2)芯棒浮动距离计算公式:

浮动距离 = [720/(60 × 4.5)] × 1.25X9 = 30mm/s

延伸机轧制时间计算

$T = (L \times 60/\pi D\eta) \times \sin 8°$ (L—延伸后管长,η—轴向滑移系数)

代入数值计算,得到

T = 12.7s

最大浮动距离为 12.7 × 30 = 385mm

考虑到芯棒顶杆旋转后再开动浮动电机,相差 0.7s,实际轧制时间约 12s 左右,则一般浮动距离为 360mm。

4　工模具设计

4.1 轧辊设计

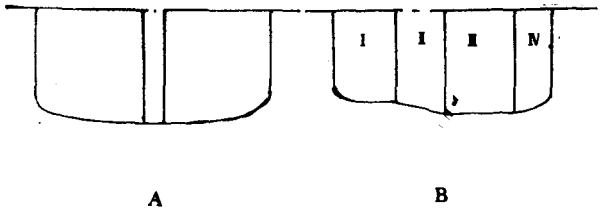


图 4　轧辊示意图

过去我们进行二次穿孔采用的轧辊为 A 型轧辊(如图 4A),而限动芯棒延伸机采用 B 型辊(如图 4B),A 型辊是管坯穿孔时采用的,如果进行毛管的斜轧延伸,因变形均集中在压轧带这个狭窄区域内,金属流动受阻形成后滑,严重后滑容易造成轧卡,有时甚至产生"链带",这样造成轧机负荷较大;不利于管子减壁及延伸;荒管表面质量无法得到改善,而且顶头,导板消耗量大。

采用(B)型辊,是根据管子在延伸机中的实际变形需要来设计的,毛管被轧辊咬入首先进入Ⅰ区,这时由于管子内径大于芯棒直径毛管先减径,进入Ⅱ区减径减壁同时进行,,Ⅲ区起均匀壁厚的作用,Ⅳ区进行转园,这样毛管变形分散于四个区中进行,大大降低了集中变形所带来的各种缺陷,同时也降低了工模具的消耗。

4.2 顶头设计

与上述 A 型辊配套,原固定芯棒(顶头)轧机采用顶头如图 3A,由于机辊采用集中变形,金属在变形区畸变较大,顶头温度迅速上升,使顶头容易变形,对顶头质量要求很高,而且顶头位置的调整相当困难,因辗轧区较窄,轧制过程不稳定,荒管表面质量难以保证。

限动芯棒原设计采用园柱形钼基顶头,考虑到钼基顶头消耗大,价格较高,经过多次测算决

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

定采用 3Cr2W8V 作为顶头材料，顶头采取水冷式，设计过程中我们又采取了两侧打孔加盖冒的方法克服了单侧打孔的不便，这样大大降低了顶头的的材料成本和加工费用，如图 5B，水冷顶头长度达 380mm，满足了浮动要求，实践证明，生产中这种水冷顶头使用效果很好，二次咬入非常顺利；采用长芯棒不必调整顶头位置，由于辗轧区加长，轧制过程较稳定，荒管内外表面质量明显提高。

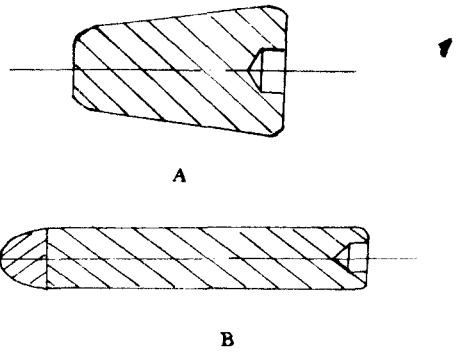


图 5　顶头示意图

4.3 导板设计

限动芯棒延伸机采用的导板是根据荒管"双减"变形原理，轧辊辊型以及安装倾角设计的，如图 6 所示，与穿孔机采用的导板主要有两点不同：(1)压缩带在导板的中间(2)导板的从断面图上入口锥与出口锥基本对称，其目的在于易于毛管的咬入，与轧辊的形状相对应易于金属流动，改善了荒管的外表面质量。

5　生产工艺

5.1 新旧生产工艺流程比较

固定芯棒延伸工艺：

切棒→定心→剥皮→检验→加热→一次穿孔→二次穿孔

限动芯棒延伸工艺

切棒→定心→剥皮→检验→加热→一次穿孔→双减沿伸

5.2 管坯加热

管坯的加热在三段斜底式连续加热炉中进行的，管坯加热质量是决定热轧荒管，质量的关键因素之一，并对冷加工制管影响很大，为了保证斜轧延伸机的开轧温度，针对不同钢种，不同规格的管坯采用不同的加热工艺，以 1Cr18Ni9Ti 不锈钢 Ø75 管坯为例，采用图 6 加热工艺曲线，其中出炉温度取其加热温度的上限 1100℃。

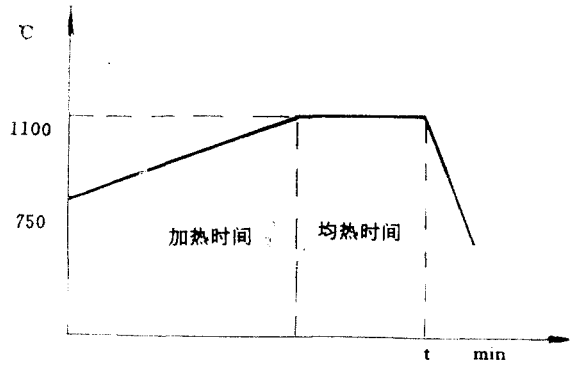


图 6　1Cr18Ni9TiØ75 管坯加热工艺曲线

5.3 穿孔工艺

在穿孔工艺中关键是控制好穿孔温度及轧制节奏，仍以 1Cr18Ni9Ti 不锈钢 Ø75 管坯为例，穿孔咬入温度控制在 1080℃—1110℃之间，延伸机开轧温度在 1000℃以上，如果延伸机开轧温度太低，会造成咬入困难，即使能咬入有时也会发生轧卡，而且荒管表面质量无法保证；如果开轧温度太高，则可能在穿孔时荒管尾部会产生过烧。

为了确保斜轧延伸机轧出的荒管质量，我们对一次穿孔的质量进行严格把关，在穿孔过程中对荒管进行逐支检查，一旦发现穿孔缺陷立刻停机检查，尽量减少斜轧延伸机无法消除的缺陷，同时注意了轧制节奏的控制，在延伸机荒管正常轧出以后，管坯才能出炉。

5.4　热轧工艺见表 2。

6　"双减"工艺对冷加工生产的意义

6.1　节省费用，降低成本

采用"双减"工艺，在冷加工生产中有很高的实用价值，它比原有工艺大大缩短了生产周期，减少冷加工道次，提高了成材率，而且还减少了原，辅材料的消耗，从而降低了生产成本。

现仅以 Ø75mm1Cr18Ni9Ti 管坯生产 Ø57 × 3mm 成品为例，将"双减"工艺与原工艺进行比较，冷加工变形工艺如下表 3。

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

表 2　热轧工艺参数

钢种	管坯规管	穿孔机						斜轧延伸机			
		毛管规格		调整系数				荒管规格	调整参数		
	直径	规格	公差	辊距	导板距	顶头位置	延伸率	外径 X 壁厚	辊距	导板距	芯棒直径
不锈钢，碳结合结	Ø75	Ø80 X 7	外径 ±1 壁厚公差 +0 -0.5	60	66—68	58 ± 1	2.79	75 × 4.5 76 × 5 77 × 5 78 × 5.5 79 × 5.5 80 × 5.5	70 70 71 71 72 72	77 78 78 80 80 82	Ø57

表 3　冷加工变形工艺

道次	模式	规格(mm)	各道次主要工序	设备	注
0		80 × 6.5	打头．酸洗．牛油石灰		穿孔工艺
1	苏	74 × 5.25	拔．去油．热处理．矫直．酸洗润滑	LB—45	
2	苏	68 × 4		〃	
3	苏	62 × 3	拔．打头	〃	
4	中	57	拔．去油．成品固溶．矫直．切管酸洗．检验入库	LB—20	
0		76 × 5.0	平头，酸洗，镀铜		双减工艺
1	轧	57 × 3	冷轧，去油，成品固溶，矫直，切管，酸洗，检验入库	LG—80	

表 4　荒管→成品的成材率

炉号	投料规格 (D × Smm)	投料重量 (t)	成品规格 (D × S)mm	成品重量 (t)	成材率% 坯→材	
144—470	76 × 5.0	4.300	57 × 3 48 × 3	1.743 1.342	71.37	不锈钢
14A—53	76 × 5.0	6.275	45 × 3 38 × 2 16 × 2 34 × 2	0.60 0.843 0.973 2.183	73.29	
14A—134	76 × 5.0	5.825	45 × 2.5 25 × 2	3.321 0.38	70.75	
14F—644L	76 × 5.5	19.01	14 × 2.5 16 × 1.2	5.892 9.453	70.84	碳合结
144—977	76 × 5.5	7.90	10 × 1 8 × 1 16 × 1.2	3.420 1.691 0.715	72.50	

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

从表中可以看出，原工艺热轧所供荒管规格是 Ø80×6.5mm，采用“双减”工艺后荒管规格变为 Ø76×5.0mm，减少了三个冷加工道次，这是因为经过斜轧延伸后，内外表面质量明显改善、无须经进行多次拔制，Ø80 冷轧机一道就可轧制成品。

实践证明，采用“双减”工艺供坯生产的成品比原穿孔工艺生产的成品要减少 1—3 个冷加工周期，工序减少 7—14 个，这样就大大节省冷加工费用，减少工模具消耗，降低了设备负荷。

6.2　提高成材率

94 年我们采用“双减”工艺共生产荒管 107.25t，现将正常生产后 1Cr18Ni9Ti 三个炉号及 20# 两个炉号的荒管→成品的成材率列表 4。

从上表可知，采用“双减”工艺生产的成材率均比原工艺提高 2% 以上，达到了提高钢管成材率的目的。

9　结论

采用限动芯棒“双减”工艺代替原固定芯棒工艺，在我厂钢管生产中取得如下效果：

1）由于使用限动芯棒，荒管内表面质量优良，可减少冷加工总减壁量，减少冷加工道次 1—3 个

2）不锈钢荒管可不经打头，直接送冷轧机轧制，可提高成材率 2—4%

3）由于冷加工道次减少，可降低能源和各种辅助材料的消耗。

4）热穿孔用水冷顶头代替钼基顶头生产不锈钢，大大降低了工模具成本

5）由于多功能斜轧延伸机既能减径，又能扩径，还能等径穿孔，为进一步扩大产品规格组距创造了条件。

操作条件对高碳钢连铸板坯表面缺陷的影响

日本住友金属工业公司和歌山厂为了抑制高碳钢（[C] = 0.50% ~ 0.60%）连铸板坯表面发生纵裂，进行改善保护渣和减少浸入式水口直径的试验。

1.改善保护渣。采用碱度高、凝固温度高和添加 CaSi 的保护渣，进行发热试验（见表 1）。结果表明，由于保护渣改进，铸坯纵裂发生率可比原来减少约 1/4。原因是采用改进的保护渣具有发热作用，使结晶器内钢水（主要是弯月面附近）得到保温，并且保护渣碱度大、凝固温度高、早期大量生成保护渣薄膜的不透明层（保护渣液层为结晶化层，具有防止热辐射效果），减少了结晶器内的热损失，使凝固壳得到缓冷。

CaSi（%）	传统型	改进型
CaO/SiO_2（-）	1.0	1.1
凝固温度（℃）	1100	1115

2.减少浸入式水口直径。采用直径比原来约小 7% 的水口，铸坯纵裂可减少约 1/2。据推测，原因是浸入式水口体积减小，从结晶器内钢水向水口的热传递减小，水口—结晶器长边间的保护渣熔融层厚度增加，长边宽 1/2 附近的保护渣薄膜的不透明层厚度增大，薄膜厚度成为一样，在凝固壳成长时消除了结晶器铜板的热传导不均匀的现象，纵裂减少。

摘自《世界金属导报》1996 年第 33 期

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