

用少机架可控芯棒 连轧工艺改造 $\phi 76$ 无缝机组的试验研究

卢于速 申明凯

(北京钢铁学院)

邱永泰 王玉霞*

(安阳钢铁厂无缝钢管分厂)

一、引言

钢管连轧工艺目前在国外已从第二代(全浮芯棒)向第三代(可控芯棒、限动芯棒或半浮芯棒)发展。1978年意大利达尔明工厂投产一组八机架可控芯棒连轧管机以后,可控芯棒连轧管工艺在国外钢管界引起了极大重视。可控芯棒连轧管工艺在保持全浮芯棒连轧管工艺优点的同时,解决了全浮芯棒长度大、重量大、加工难度大的问题。同时可控芯棒连轧管工艺由于芯棒运动学特点所形成的异向区轧制现象可以基本上消除“竹节”外,还可以降低轧制压力,强化变形,而且可以限制横向变形促进钢管纵向变形,因此可以使用较窄的孔型,降低钢管横向壁厚不均,提高钢管内外表面质量。

可控芯棒连轧管工艺适用于各种规格的轧机,也适用于我国 $\phi 76-100$ 小型无缝机组的技术改造。我国小型无缝机组在我国无缝钢管生产中占有重要地位,为此对它们进行技术改造,是我国钢管生产挖潜的重要方面。众所周知, $\phi 76$ 无缝机组具

有冷热结合的特点,因此为冷加工提供合理坯料是 $\phi 76$ 无缝机组热轧部分技术改造的方向。所谓“合理”坯料是指 $\phi 76$ 无缝机组提供的荒管规格应尽量接近成品管的规格,在一般情况下,要求加大热轧变形量,使荒管外径减小,特别是要使荒管壁厚压薄以减少冷拔道次,或者经过一、二道冷拔后,即可出成品管。与此同时,要求加大荒管长度,这样可以减少冷加工环节,有效地提高冷加工效率,对于提高质量,降低能耗以及金属和材料消耗都具有直接的效果。同时,为了使减少冷拔道次成为可能,热轧荒管还必须具有较高的壁厚均匀度和内外表面质量。而较高的壁厚均匀度更具有重要意义,我们在实验室的试验轧机上就少机架可控芯棒连轧工艺中的几个主要工艺参数对荒管壁厚不均的影响进行了试验研究。应该指出,小型机组中延伸机的特点是必须具有一定的灵活性,即是它能适应穿孔机毛管的几何形态的波动(包括外径、壁厚、壁厚不均等)以及毛管温度的波动等。另一方面它又必须适应对荒管规格尺寸变动的要求。为

* 参加本工作的还有:

北京钢铁学院叶玉生、吴晰、李立中、刘剑

安阳钢铁厂无缝钢管分厂李永仓、崔平雷

此，我们在实验室的条件下，对少机架可控芯棒连轧工艺在这两个方面的适应性也进行了试验研究。

二、试验研究

1. 试验条件及达到的主要变形指标

试验工作是在北京钢铁学院的三机架连轧管试验机组上进行的。试验机组具有芯棒速度液压控制系统，各机架由直流电机单独传动，轧辊辊径为300mm，孔型采用带圆弧侧壁的圆孔型系，芯棒速度可控范围为25—125mm/S，液压缸最大负荷36吨，芯棒采用材质为3cr2w8v的两节组合芯棒。试验管料分别采用铝试件和钢试件。精车铝试件为 $\phi 59.5 \times 5.5$ ，经三机架轧成 $\phi 50 \times 2 \sim 3.5$ mm荒管；钢试件为 $\phi 60 \times 5.5$ 、 $\phi 60 \times 6$ 、 $\phi 62 \times 5.5$ 、 $\phi 63.5 \times 7$ 、 $\phi 64.5 \times 7.5$ mm，经单机跟踪轧制和三机架连轧轧成 $\phi 50 \times 3$ mm的荒管。除此以外还轧制了不同偏心度的来料。轧制钢管时用箱式电阻炉加热，实际轧制温度范围为 $900^{\circ}\text{C} \sim 1,150^{\circ}\text{C}$ 。轧制时分别测试了轧制压力、扭矩、芯棒力、芯棒速度、第一、二、三机架的轧辊转速和第一、二机架轧件的出口速度等。

在实验条件下，基本上顺利地建立了稳定的连轧过程，最大单机延伸系数可达1.7，三机架总延伸系数最大达到2.8，最大减径量和减壁量分别达到23.4%、55.6%。最小壁厚铝试件轧到2.5mm，钢试件轧到2.8。经三机架轧制后铝管最小壁厚不均只有3%，钢管最小壁厚不均也只有6%。

2. 关于荒管壁厚不均度的实验研究

在实验室条件下，对 V_D/V_{m1} 值的变化和各机架延伸系数的不同分配对壁厚不均的影响分别进行了试验研究。研究情况分析如下：

(1) V_D/V_{m1} 对荒管壁厚不均的影响

在孔型不变的条件下，分别使 $V_D/V_{m1} = 0.25, 0.13, 0.10, 0.083$ （其中 V_D —芯棒速度， V_{m1} —第一架金属出口速度）对铝试件进行了三机架全浮轧制。通过试验得到了 V_D/V_{m1} 值对轧件三向变形影响的规律。其中： V_D/V_{m1} 值与荒管壁厚不均（ $A_3\%$ ）的关系见图1。

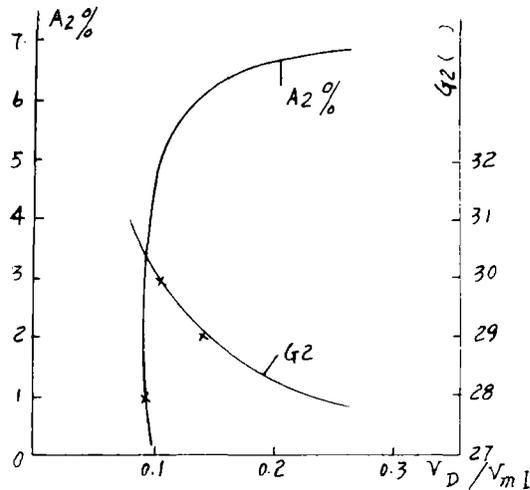


图1 V_D/V_{m1} 与 $A_3\%$ 的关系

V_D/V_{m1} 对轧件三向变形的影响是通过芯棒作用于轧件摩擦力的变化来实现的。由于芯棒作用于第一、第二机架变形区的摩擦力不同，以及 V_D/V_{m1} 对异向轧制区大小的影响，所以 V_D/V_{m1} 对轧件变形的影响程度在各机架有它自己的规律。 V_D/V_{m1} 降低时，延伸系数 μ 增加，它可以强化管子的均匀变形，使壁厚不均

减小。根据试验结果并考虑到芯棒寿命，认为 V_D/V_{m1} 值调整在0.13~0.07为宜。

(2) 各机架延伸系数的不同分配对荒管壁厚不均的影响

本试验是在来料毛管尺寸，芯棒直径和 V_D/V_{m1} 值不变的条件下进行的，其

主要目的是找出以提高荒管横向壁厚均匀度为工艺目标的最佳延伸系数分配方案，改变各机架的延伸系数分配是通过改变各机架的辊缝来实现的。采用了三种延伸系数分配方案，共做了七组试验（见表1）。

表 1

方案特点	试验方案	μ_1	μ_2	μ_3	μ_4	μ/μ_1	μ_2/μ_3	μ_3/μ_4	μ_2/μ_1
$\mu_1 < \mu_2$	I	1.351	1.471	1.05	2.087	0.647	0.705	0.503	1.09
	II	1.351	1.515	1.03	2.103	0.641	0.719	0.489	1.121
	III	1.312	1.515	1.04	2.053	0.638	0.734	0.505	1.152
	IV	1.383	1.422	1.07	2.106	0.657	0.675	0.508	1.028
$\mu_1 = \mu_2$	V	1.383	1.403	1.05	2.045	0.676	0.689	0.513	1.018
$\mu_1 > \mu_2$	VI	1.447	1.411	1.02	2.03	0.696	0.678	0.49	0.975
	VII	1.447	1.439	1	2.08	0.696	0.692	0.48	0.994

通过试验，得到了各架延伸系数的不同分配对轧件三向变形的影响，以及相应地对荒管壁厚不均的影响的规律，当 $\mu_2/\mu_1 = 1.05 \sim 1.15$ 时，轧出的荒管有较高的壁厚均匀度（见图2）。试验结果说明，在合理分配第一、第二架延伸系数的情况下，应尽可能地降低第三机架的变形量。通过合理分配各机架延伸系数可以达到提高荒管壁厚均匀度的目的。

(3) 关于少机架可控芯棒连轧工艺对 $\phi 76$ 机组适应性问题的试验研究

用少机架可控连轧管机代替自动轧管机的新工艺能否适应穿孔毛管尺寸的波动（直径和壁厚）以及用同一孔型能否轧制不同壁厚规格的荒管，这是必须考虑研究的问题。为此，我们进行了下列试验：

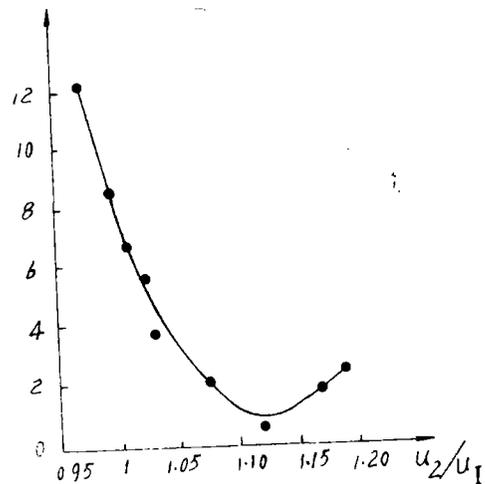


图2 μ_2/μ_1 值对第二机架壁厚不均的影响

1. 扩大荒管的规格范围

(a) 通过调整辊缝扩大荒管壁厚和外径的范围

本试验是在来料尺寸、芯棒直径和 V_1/V_{m1} 值不变的条件下进行的。试验表明, 用同一孔型通过改变三个机架的辊缝大小可以达到改变荒管规格的目的(同一规格 $\phi 59.5 \times 5.5$ 的来料, 可以轧出 $\phi 50 \times 3.5$ 和 $\phi 49 \times 3$ mm 规格的荒管)。用此方法轧出的荒管直径的规格范围较窄, 但对于改变壁厚规格来说却具有一定的灵活性, 并且对荒管壁厚不均的影响较小。

(b) 通过改变芯棒直径扩大荒管壁厚的范围

本试验在孔型高度不变的条件下, 共用了 $\phi 43, \phi 44, \phi 45, \phi 46$ mm 四种规格的芯棒, 分别由 $\phi 59 \times 5.5$ 毛管轧出 $\phi 50 \times 3.5, \phi 50 \times 3, \phi 50 \times 2.5, \phi 50 \times 2$ mm 四种规格的荒管。通过试验得到了改变芯棒直径时对各个机架轧件变形的影响规律, 改变芯棒直径时对各机架延伸系数的影响(见图3)。

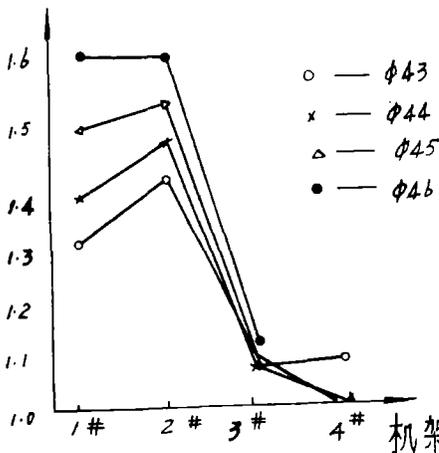


图3 芯棒直径变化时各机架延伸系数的分配

由图3可知, 芯棒直径的变化对第一机架管子的延伸影响最大, 第二机架次之, 对第三机架的影响则很小。虽然随着芯棒直径的增加, 轧后荒管的壁厚不均有所增加, 但仍然可以满足热轧成品管的精度要求。例如用 $\phi 46$ mm 的芯棒轧出 $\phi 50 \times 2$ 荒管时, 荒管的壁厚不均只有 0.30 mm。这说明, 通过改变芯棒直径完全可以达到改变荒管壁厚规格的目的。

2. 关于对来料毛管尺寸波动的适应性问题

为了探讨少机架可控芯棒连轧管机对毛管外径和壁厚波动的适应性, 我们进行了试验。试验是在孔型不变的条件下, 采用四种来料(① $\phi 59.5 \times 5, \phi 59.5 \times 5.5, \phi 59.5 \times 6, \phi 59.5 \times 7$ 的铝管; ②不同偏心度的铝管; ③ $\phi 60 \times 6, \phi 62 \times 5.5, \phi 63.5 \times 7.5$ 的钢管; ④一批现场的 $\phi 60 \times 5.5$ 毛管经过一道次冷拔后的钢管。)轧成 $\phi 50 \times 3$ 的管子。

毛管壁厚变化时, 管子在三个机架的变形以及三向变形系数之间的关系都将随之变化。毛管壁厚变化时, 一、二、三机架的顶部压下、延伸系数随之而有单调变化, 其中第一机架的变化幅度最大, 第二、三机架的变化是逐渐减小的。荒管的壁厚不均随总减壁量的增加而增加, 但仍然小于 16% 。例如, 用 $\phi 59.5 \times 7$ mm 的毛管, 轧成 $\phi 50 \times 3$ 的荒管时, 其壁厚不均度最高为 15.26% 。试验证明, 本工艺对来料毛管直径和壁厚的波动有一定的适应性。上述多种试件都可以咬入, 但 $\phi 62 \times 5.5$ 的试件轧后出现“耳子”。来料毛管的偏心型壁厚不均在三机架轧制过程中形态依然保留, 但原始壁厚不均大于 20% 时, 荒管的壁厚不均较原始壁厚不均降低; 当原始

壁厚不均大于10%时,荒管壁厚不均将较原始值有所增大。

三、采用本工艺改造 $\phi 76$ 无缝机组的几点意见

根据实验室试验研究提供的数据和得出的规律,我们对于采用本工艺改造 $\phi 76$ 无缝机组提出下面几点意见:

1.本试验采用具有较窄宽度、较小侧壁开口角,带圆弧侧壁的圆孔型系,可以有效地达到强化延伸、限制横向宽展、促进均匀变形、提高荒管均匀度的目的。

采用这类孔型可以在一定范围内适应来料毛管外径和壁厚的波动,因此这类孔型在生产中是可用的。虽然如此,由于本工艺具有较高的工艺水平,来料毛管两端不稳定段的形态、偏心型壁厚不均的程度以及内表面质量都会给荒管质量和芯棒寿命带来影响,因此对毛管应有较严格的要求。

2.本工艺各机架在轧制过程中所起的作用是不同的,第一、二机架是主要变形机架,第三机架是均整壁厚机架,因此各机架孔型设计和延伸分配必须按一定的规律,这样才能达到使荒管壁厚具有较大均匀度的目的。

采用四机架对于在生产中留有调整余地和提高荒管壁厚均匀度是有利的。第三、四机架的延伸系数应控制在1.05以下, μ_2/μ_1 则应为1.05~1.15。

3.降低 V_1/V_{n1} 值有利于金属纵向延伸,限制横向宽度,因而有利提高壁厚均匀度。但与此同时,必须考虑到对芯棒使用寿命的影响, V_1/V_{n1} 可以控制在0.07~0.13的范围内。在设定轧辊转速时,使一、二机架间带有微推力,在二、三机架间带有微张力,这样有利于轧制过程的建立和稳定。

与上述数据相适应,60×5.5经过三道轧成50×3,毛管轧制温度在1,200℃左右,第一道最大轧制压力为91吨,扭矩为1,400公斤一米,第二道最大轧制压力为128吨,扭矩为1,034公斤一米,第三机架的扭矩为334公斤一米。在 V_1/V_{n1} 为0.1时,三机架连轧时的最大芯棒力可达250吨。

4.按照连轧管机的生产特点,可以采用二套或三套孔型系。相应轧制二种或三种外径的荒管,最小外径为60mm。通过改变芯棒直径可以轧制满足冷拔要求的各种荒管壁厚规格,调整辊缝,也可以在较小范围内达到改变荒管规格的目的,但壁厚不均将有所增高。

5.由于少机架可控芯棒连轧工艺是一个新工艺,实验室的试验只能提供一般规律,因此在投入生产时,必然要有一个与现场生产条件相适应的研试过程,为缩短这个过程,特别是对芯棒系统和润滑系统进行设计提供依据,我们建议在本工艺投入生产线前,在生产现场建立一套工业性的试验机组。