

空拔管直径缩小量的研究

张才安 莫礼隆 唐先培
(重庆大学) (成都无缝钢管厂)

研究了不同变形量、钢种、硬化程度、模角和拔制速度对空拔管直径缩小量的影响。实验表明,直径缩小量随减径量和模角的增大而增大;非连拔道次比连拔道次对直径缩小量的影响大;低速拔制时直径缩小量的影响较小。

关键词 空拔钢管 直径缩小量 研究

INVESTIGATION ON DIA. SINKING IN SINKING-DRAWING

Zhang Caian
(Chongqing University)
Mo Lilong Tang Xianpei
(Chengdu Seamless Steel Tube Plant)

The effects of various amounts of deformation, steel grades, degrees of hardenability, die entry angle and drawing speeds on dia. sinking drawing are studied. The experiment shows that the magnitude of dia. sinking is increased with the increase of reduction and die entry angle; the influence of discontinuous drawing passes on dia. sinking is greater than that of continuous ones; low-speed drawing has less influence on dia. sinking.

Key words pipe sinking-drawing dia. reduction investigation

1 前言

生产实践表明,空拔时,钢管的变形始于与外模接触之前,而当钢管离开外模入口锥进入定径带后,钢管仍继续受到一定程度的变形。空拔后,钢管的外径往往小于外模

定径带的直径。通常,我们把外模定径带直径 d_0 与钢管外径 D 之差值 $\Delta (=d_0 - D)$ 称为直径缩小量。在空拔钢管生产中,欲想获得外径偏差很小的高精度冷拔管,就必须精确控制空拔时钢管的直径缩小量,弄清不同材质、变形量、硬化状态、模角及变形速度

注:参加本研究工作的还有重庆大学张俊河同志。

生产时,生产率为18~20m/h;采用LD-120Ⅱ型轧机生产时,生产率为20~25m/h。轧辊平均使用寿命达到250~350支/副。目前已轧制泵筒管1.3万余支,约10万m,其质量均优良。

制高精度厚壁的泵筒管。

6.2 采用小减径、小间隙、小送进量、大减壁量和中速轧制的工作制度及减壁段轧制压力遵循等压力分配的原则是LD型轧机稳定轧制泵筒管的必需条件。

6 结论

6.1 轧制试验表明,LD型轧机能够轧

(收稿日期:1991-05-18)

等因素对直径缩小量的影响。

2 减径量和材质对直径缩小量的影响

2.1 实验方法

分别用20钢和45钢的冷轧半成品管作管料，并将同一材质的管料切成五段，每段管料经锤头、退火、酸洗和润滑后在300kN可调速的冷拔机上以不同的减径量 ΔD （分别为2、4、6、8、10mm）空拔。空拔前先按图1测量外模定径带四个位置的直径并取测量平均值。空拔后将各试样分为大致等长的八小段，随机测量每小段任意四个位置的直径，并取其平均值。

2.2 实验结果和讨论

20钢和45钢试样以不同减径量空拔后，其外径尺寸及偏差列于表1，减径量对空拔

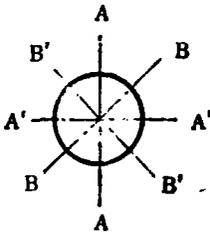


图1 外模测量方法示意图

以不同减径量空拔后的钢管尺寸 (mm) 表 1

钢号	拉模直径	拔前尺寸	拔后尺寸	减径量 ΔD	直径缩小量	同管直径差	同管壁厚差
20	54.95	$\phi 57 \times 4.0$	$\phi 54.34 \times 4.21$	2	0.61	0.07	0.16
	52.95		$\phi 52.30 \times 4.11$	4	0.65	0.11	0.16
	51.60		$\phi 50.76 \times 4.27$	6	0.84	0.05	0.13
	48.80		$\phi 48.13 \times 4.29$	8	0.67	0.08	0.11
	46.75		$\phi 46.03 \times 4.27$	10	0.72	0.06	0.11
45	54.95	$\phi 57 \times 4.5$	$\phi 54.31 \times 4.90$	2	0.64	0.03	0.06
	52.95		$\phi 52.29 \times 4.90$	4	0.66	0.07	0.12
	51.60		$\phi 50.73 \times 4.98$	6	0.87	0.15	0.03
	48.80		$\phi 48.08 \times 5.04$	8	0.72	0.06	0.14
	46.75		$\phi 46.00 \times 5.10$	10	0.75	0.06	0.05

注：中式拔模拔制，非连拔。

后直径减小量的影响如图2所示。从表1和图2可以看出：同一材质和同一规格的钢管，随着空拔减径量的增大，直径缩小量增大；在同一减径量下，45钢的直径缩小量比20钢的大。

金属挤压与空拔变形有类似之处，例如，金属从变形区的压缩锥进入定径带时，存在一个非接触变形区，在这个区域中，变形金属出现细颈（图3）。细颈现象是由于金属在流动时不能“急转弯”流动，而因继续发生“惯性”变形所致。在金属由压缩锥进入定径带的速度达到较高值时，细颈现象更为明显。金属的这种流动特性实际上与液体的流动特性很相似。

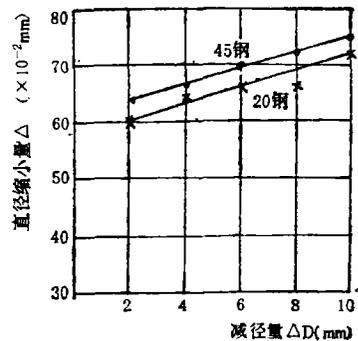


图2 减径量与直径缩小量的关系

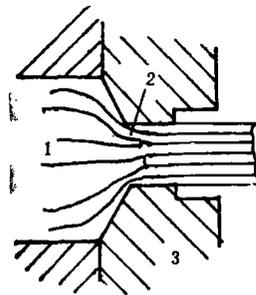


图3 挤压变形的细颈示意图

1—模坯 2—细颈 3—挤压膜

当金属出模孔后，细颈或直径缩小量由于反弹性后效而消失或缩小。但是，非接触变形有可能引起空拔或挤压棒外形不规则。为了消除非接触变形的不良影响，拔模的压缩锥到定径带的过渡部分应设计成圆角，而

且应使定径带宽一些。在冷拔钢管生产中，用锥形模空拔时，由于定径带窄和入口锥角大以及入口锥到定径带的过渡部分圆角半径小，而使空拔的钢管尺寸产生较大的波动。

显而易见，在外摩擦条件、模角大小、材料和冷加工硬化程度相同时，减径量和延伸系数越大，金属的流动速度和离入口锥进入定径带时的变形“惯性”也就越大，此时金属就更难于“急转弯”。在变形区出口的这个非接触变形区内，钢管外径和壁厚继续减小。所以，空拔管的直径缩小量与减径量成正比关系。

3 冷加工硬化对直径缩小量的影响

3.1 实验方法

取样方法同2.1节，试验材料为20钢和45钢冷轧管，空拔减径量 ΔD 分别为2、4、6、8、10mm，拔前管料尺寸及减径量见表1。连拔道次所用模具为中式模，其变形量分配如表2所示。

各试样变形量分配 表2

试样编号	1	2	3	4	5
非连拔减径量(mm)	2	4	6	8	10
连拔减径量(mm)	10	8	6	4	2

各试样及拔模尺寸测量和取值方法同2.1节。

3.2 实验结果和讨论

拔制后的试样尺寸列于表3，减径量与直径缩小量的相关图如图4所示。从表3和图4可以看出：连拔时空拔管的直径缩小量随变形量的增大而增大；随着变形量的增大，45钢的直径缩小量也随之增大，但20钢的直径缩小量则增大不明显；45钢的直径缩小量在相关图上的分布比较弥散。

随着减径量增大，直径缩小量也增大。在相同条件下，45钢的直径缩小量比20钢的大，其原因已在2.2节中叙述。

连拔道次直径缩小量(mm) 表3

钢号	中式拔模直径	拔前尺寸 $D_0 \times S_0$	拔后尺寸 $D \times S$	减径量 ΔD	直径缩小量	同管直径差	同管壁厚差
20	45.60	46.03 × 4.27	45.09 × 4.29	2	0.51	0.26	0.08
		48.13 × 4.29	45.10 × 4.32	4	0.50	0.32	0.07
		50.76 × 4.27	45.08 × 4.32	6	0.52	0.33	0.21
		52.30 × 4.11	45.10 × 4.27	8	0.50	0.17	0.13
		54.34 × 4.21	45.10 × 4.33	10	0.50	0.25	0.20
45	45.60	46.00 × 5.10	45.19 × 5.16	2	0.41	0.10	0.08
		48.08 × 5.04	45.21 × 5.02	4	0.39	0.14	0.09
		50.73 × 4.98	44.97 × 5.01	6	0.64	0.23	0.05
		52.29 × 4.90	44.92 × 4.99	8	0.68	0.19	0.15
		54.31 × 4.90	44.93 × 5.02	10	0.67	0.11	0.06

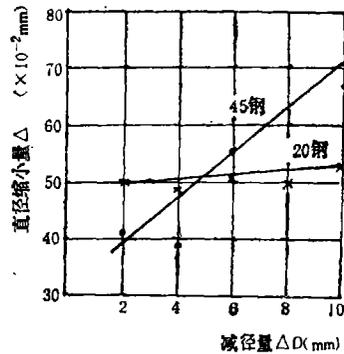


图4 减径量与直径缩小量的相关图(连拔)

3.3 钢管的同管直径差

在空拔管直径缩小量与诸因素的相关图上，各直线的线性关系不很明显，有时各因素的测量值分布较弥散。出现这种情况乃是可变因素太多和存在同管直径差。表4列出了20钢连拔管在减径量 ΔD 为10mm时所测10个横截面的平均直径。

从表4看出，钢管各截面的平均直径不相等，我们把同一支钢管上最大最小平均直径的差值定义为同管直径差。显然，在同一支钢管上，测量截面越多，测量的精度越高，所得同管直径差值越精确。上述例子10个截面的平均直径差值为0.26。

钢管同管直径差

表 4

测量截面编号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
平均直径(mm)	45.12	45.11	45.04	45.07	44.98	44.97	45.15	45.18	45.23	45.23

注：平均直径系每一横截面四个位置直径的平均值。

表 5 列出了20钢和45钢在不同减径量下经连拔和非连拔后的同管直径差及直径缩小量。实验结果表明，空拔管各横截面的椭圆度 e （长轴/短轴）都很小，一般在1.0019~1.0035之间。虽然各截面的椭圆度不相等，但它们相差极小，几乎可忽略不计。

同管直径差实测值 表 5

钢号	拔制方式	拔前尺寸 $D_0 \times S_0$ (mm)	项目	减径量 (mm)				
				1	2	3	4	5
20	非连拔	57 × 4.0	$\Delta \bar{D}$	0.07	0.11	0.05	0.08	0.06
			Δ	0.61	0.65	0.84	0.67	0.72
	连拔		$\Delta \bar{D}$	0.26	0.32	0.33	0.17	0.15
			Δ	0.51	0.50	0.52	0.50	0.50
45	非连拔	57 × 4.5	$\Delta \bar{D}$	0.03	0.07	0.15	0.06	0.06
			Δ	0.64	0.66	0.87	0.72	0.75
	连拔		$\Delta \bar{D}$	0.10	0.14	0.23	0.19	0.11
			Δ	0.41	0.39	0.64	0.68	0.67

注： $\Delta \bar{D}$ ——同管直径差、 Δ ——直径缩小量，mm。

4 拔制方式对直径缩小量的影响

在不同减径量下，不同拔制方式对空拔管直径缩小量的影响见图 5 所示。

从图 5 看出，非连拔道次的直径缩小量

比连拔道次的大，这是因为拔制过程中外模的内壁受径向压力，径向压力使模孔直径扩大，其扩大量与径向压力成正比。实验表明，空拔钢管金属的加工硬化程度、抗拉强度、外模内孔的直径扩大量和拔出钢管的外径增大与变形量的大小成正比，并且连拔道次比非连拔道次的外径扩大值大，直径缩小量小。

空拔钢管时，金属在塑性变形的同时还伴随着弹性变形。弹性变形有正反弹性后效^[1]。所谓弹性后效就是指使金属产生和消除弹性变形的时间滞后于外力的施加和去除的时间的现象。弹性变形产生时间滞后于外力施加时间的现象称正弹性后效；弹性变形消除时间滞后于外力去除的现象称反弹性后效。空拔钢管在离开变形区后将因反弹性后效而使外径稍有扩大。

一般说来，连拔道次的加工硬化程度比非连拔道次的大。同一道次中，变形量越大，加工硬化的程度也越大。加工硬化将使变形金属的强度增高和塑性降低。当单位金属减径变形所需力越大，塑性变形的难度就越大，弹性变形的相对比率增大。由于连拔道次的加工硬化程度大，因此变形金属离开

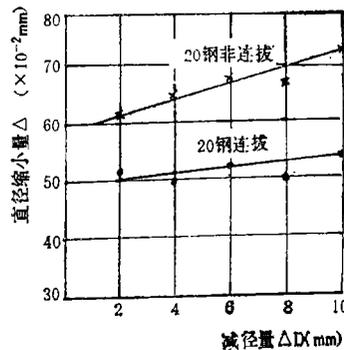
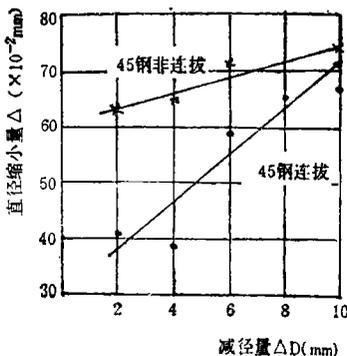


图 5 不同拔制方式减径量与直径缩小量的关系

变形区后的反弹性后效和外径扩大量也比非连拔道次的大。

由此可知，引起空拔管直径变化因素有三：①外模模孔因径向压力而使直径增大；②反弹性后效使直径扩大；③变形金属因变形“惯性”而使钢管直径减小。由于钢管是中空断面的，空拔的变形“惯性”使直径缩小的作用较大，因此空拔后钢管直径一般是减小，其值的大小取决于上述因素。在外摩擦条件、模角大小及减径量等条件相同时，连拔道次比非连拔道次对直径缩小量的影响小。

5 模角对直径缩小量的影响 [2]

将一支 $\phi 42.1 \times 3.44$ mm 的钢管切成四节，经中间工序后用模角分别为 6° 、 12° 、 18° 、 24° 的锥形模空拔，并测量外模定径带平均直径和钢管的平均直径，测量结果列于表6，模角与直径缩小量的关系示于图6。

模角对直径缩小量的影响 表 6

编号	外模锥角 (度)	定径带直径 d (mm)	拔后钢管实际直径 D (mm)	ΔD (mm)	直径缩小量 (mm)
1	6	35.75	35.55	6.0	0.20
2	12	35.96	35.11	6.0	0.85
3	18	35.82	34.55	6.0	1.27
4	24	35.90	33.94	6.0	1.96

注：管料尺寸 $\phi 42.1 \times 3.44$ 拔 $\rightarrow \phi 36 \times 3.5$ mm。

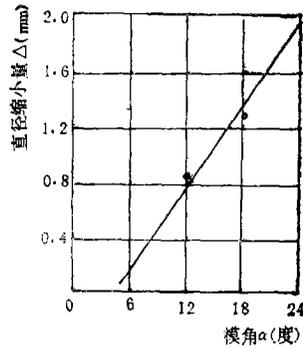


图 6 模角与直径缩小量的关系

从表6和图6看出，随着模角增大，直径缩小量显著增大。在减径量相同时，模角越大，变形区越短（图7），单位长度的变形量和直径压缩率越大，金属变形越剧烈，流动速度和变形“惯性”也越大，金属离开入口锥进入定径带时更难于“急转弯”，因而空拔管的直径缩小量也越大。

以上实验研究表明，模角对直径缩小量的影响较减径量、钢种及冷加工硬化的大。实际生产中常采用普式模具和中式模具拔管。普式外模的模角 α 为 $12 \sim 13^\circ$ ，中式外模的模角为 $3 \sim 5^\circ$ 。虽然普式的模角大于中式的模角，但普式拔模与芯棒配合用于开坯拔制，而中式拔模用于成品管拔制。由于空拔钢管的拔模一是模型基本固定，二是入口锥角很小，所以拔模的模角对直径缩小量的影响很小，甚至可忽略不计。

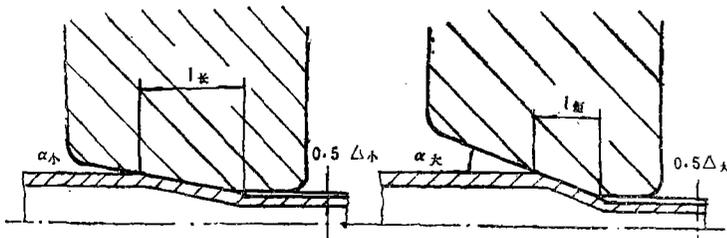


图 7 空拔变形区

6 拔制速度对直径缩小量的影响

拔制速度对拔管机的生产率有很大影响。

高速拔制可缩短拔制周期，提高拔机生产率。目前，国产拔机的拔管速度已达 40

（下转第36页）

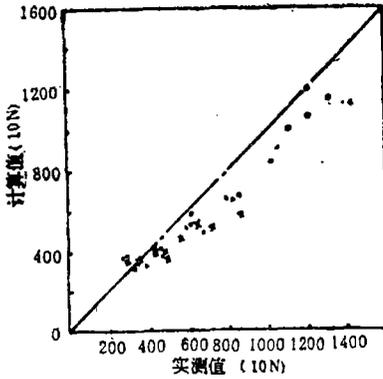


图15 轧制力、芯棒拉力计算与实测值对比

· — P_i × — Q_i

由图可知,当轧制力较小时,两者基本相等(分布在等值线两侧),当轧制力较大时,实测值大于理论值。

6 结语

以上用解析法求得了定径辊减壁区的单位轧制压力、总轧制力及芯棒轴向力的关系式。理论计算结果与实测结果基本一致。结果还表明管筒在成型过程中的延伸率与总定径力呈线性关系,这说明不但延伸率是衡量管筒成型质量的参数(国外),定径力也是控制成型质量的一个指标,而且是一个更直接的指标。这就为控制管筒的成型质量找到了一个新的途径,也为成型质量的在线控制提供了一个简单、实用的数学模型。

(收稿日期:1991-03-10)

(上接第25页)

m/min(可调速),国外拔机的拔管速度已达100m/min。

通常,拔制速度越高,金属在变形区中轴向移动速度越大,空拔管的直径缩小量也越大。但是,我们在300kN可调速拔机上的实验研究表明,拔制速度对空拔管直径缩小量的影响甚微,如图8所示。出现这种情况

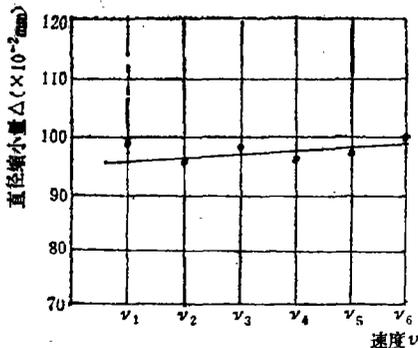


图8 拔制速度与直径缩小量相关图

也许是拔制速度太慢的缘故。因此可以认为,低速拔制对空拔管直径缩小量影响不大。

7 结论

7.1 空拔管的直径缩小量随着减径量增大而增大。

7.2 非连拔道次的直径缩小量比连拔道次的大。

7.3 模角越大,直径缩小量越大。

7.4 在拔制速度较低时,拔制速度对直径缩小量影响不大。

参考文献

- [1] 张才安.无缝钢管生产简明教程.重庆:重庆大学出版社,1988年:12
- [2] 张才安等.模角对空拔管几何尺寸的影响.钢管,1989年:4

(收稿日期:1991-05-27)