

日本住友金属公司开发的菌式穿孔机

侯凤桐 编译

(重庆钢铁设计研究院)

1. 前言

二辊斜轧穿孔机是曼内斯曼兄弟于1883年根据孔腔形成的原理发明的。自1886年用于工业生产以来,它已发展成为目前最广泛应用的穿孔方法。随着人们对斜轧穿孔过程中的孔腔形成现象认识的不断深化,经过试验研究,已经认识到孔腔形成的现象已成为曼内斯曼法中提高毛管质量和扩大穿孔钢种范围的致命弱点。为了满足近代工业发展对无缝钢管高级化、品种多样化和采用连铸坯直接轧管的要求,近十多年来,轧钢工作者曾经探索各种方法,乃至打破某些穿孔原理,力求从根本上改变斜轧穿孔的应力状态条件。日本住友金属公司历经基础研究到工业性试验长达十几年的不断努力,终于研制成功新的菌式穿孔机,并于1983年1月在该公司海南钢管厂第三钢管车间的连轧管机轧制线上正式投入生产,本文将该公司菌式穿孔机的开发经过、特点及试验研究成果介绍如下。

2. 菌式穿孔机开发的经过及其特点

住友金属公司最近开发了一套从根本上否定了曼内斯曼穿孔机穿孔原理的菌式穿孔机,并在实际生产中获得成功。

2.1 开发经过

从1967到1970年的四年期间进行基础研究,在取得国内外专利后,又在1978年到1983年的五年期间进行了工业性试验研

究,于1982年10月进入实际操作,1983年1月正式投产,现正在顺利地运转中。

2.2 穿孔原理的特点

曼内斯曼穿孔机是一种利用旋转横锻效应(曼内斯曼效应)进行穿孔的穿孔机。而住友金属公司独自开发的菌式穿孔机的穿孔原理则从根本上否定了曼内斯曼穿孔原理。即:1)一方面进行斜轧,同时又极力控制曼内斯曼现象的产生;2)尽量控制穿孔时圆周方向剪切变形及表面扭转剪切变形的产生。这样,在进行斜轧的同时可以实现与挤压管同样或者类似的金属流动。

2.3 穿孔机的特点

菌式穿孔机的结构特点是,轧辊形状呈菌形,轧辊轴线与轧制线(投影面)既倾斜又交叉,并且可以进行大送进角及大碾压角穿孔,此外,为了最大限度地发挥上述穿孔原理的效果,废除导板而采用导盘。

2.4 菌式穿孔机的效果

由于抑制了旋转横锻效应并消除了剪切应力区,因此,除了易切削钢、不锈钢外,还可以对因科耐尔耐热合金、哈斯特洛依合金等高合金进行斜轧穿孔。过去一直靠挤压法生产的难加工钢管,现在全都可以用这种穿孔机进行生产。另外,使用具有中心疏松的连铸坯也可以生产出无表面缺陷的钢管,这对降低钢管成本,提高

经济效益有极为显著的效果。

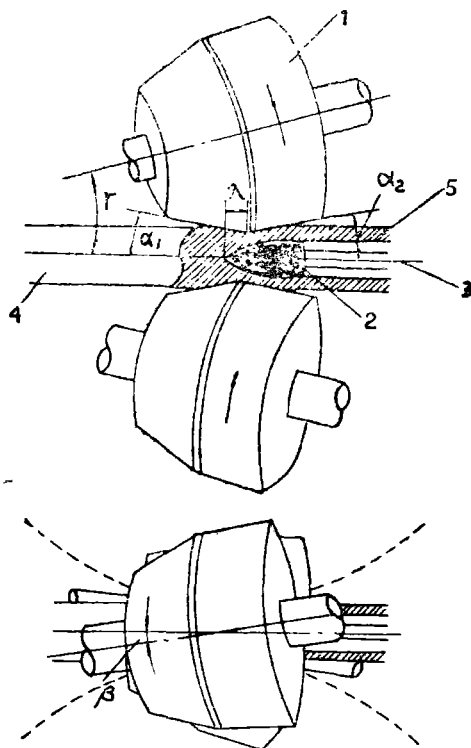


图1 斜轧旋转穿孔机的概念图

1—轧辊 2—顶头 3—顶杆 4—管坯 5—毛管 α_1 —入口锥角 α_2 —出口锥角 β —送进角 γ —碾压角

2.5 实际生产情况

从1983年1月开始正式投入生产到年末,实际生产了约30万吨无缝钢管。通过实际生产,还积累了生产易切削钢、奥氏体系钢、双相不锈钢和高合金钢的实际生产经验,同时还证实了对连铸圆管坯也能进行直接穿孔,壁厚均匀特性也很好,菌式穿孔机的开发获得完全成功。

3. 菌式穿孔机的穿孔原理

3.1 轧辊碾压角和送进角对旋转横锻效应的影响

曼内斯曼穿孔机是利用所谓旋转横锻

效应进行穿孔的穿孔机,其原理是先将圆管坯斜轧成容易穿孔的状态,然后再放进顶头进行穿孔。这种穿孔方式,当其旋转横锻效应越大,则更易在空心毛管的内表面产生折叠缺陷。为解决这个问题,住友公司开发了菌式穿孔法,并进行了实验。

3.1.1 实验内容

针对轧辊碾压角和送进角对旋转横锻效应的影响进行了模拟试验。实验条件如下:

轧辊碾压角 $0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 15^\circ$

轧辊送进角 $6^\circ, 8^\circ, 10^\circ, 12^\circ, 14^\circ, 16^\circ, 18^\circ$

减径量 9.2% ($\phi 60 \sim 54.5\text{mm}$)

钢种 HCM₂ (2.3Cr, 1.0Mo) 等

加热温度 1200°C

3.1.2 实验结果

(1) 在斜轧毛管的机械性能中,根据轧辊碾压角 γ 和送进角 β 的不同,抗拉强度和屈服强度虽然变化不大,但是应当引起注意的是延伸率和断面收缩率的变化非常大;当 γ 和 β 越大,延伸率和断面收缩率则明显提高。

(2) 采用大碾压角和送进角进行穿孔,可以得到超过母材延伸率和断面收缩率的塑性。如以HCM₂钢为例,在 $\gamma = 10^\circ$, $\beta > 12^\circ$; $\gamma = 15^\circ$, $\beta > 10^\circ$ 条件下,其结果则超过母材的塑性。

(3) 越是难加工的材料,延伸率和断面收缩率的绝对值就越低。特别是热加工条件恶劣的情况下,将对抗拉强度和屈服强度产生影响。

3.2 轧辊碾压角和送进角对金属流动的影响

采用曼内斯曼穿孔机进行圆管坯穿孔时,众所周知,要出现圆周方向的剪切应力

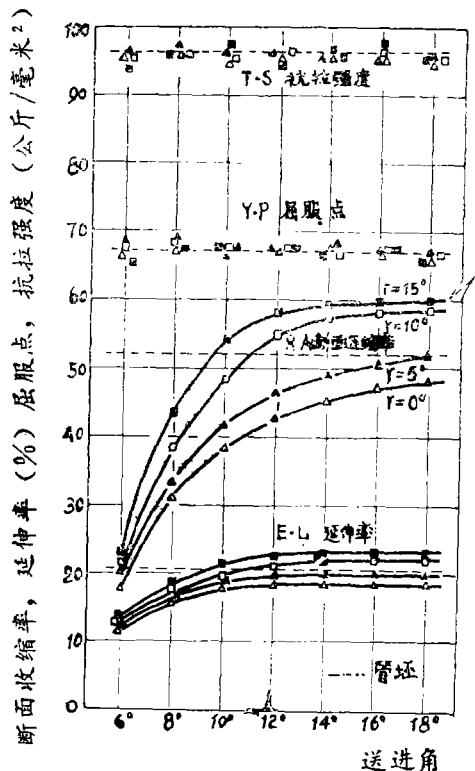


图2 轧辊送进角和碾压角对旋转横截效应的影响

γ_{11} , 表面扭转剪切应力 γ_{12} 及纵向剪切应力 γ_{13} 。其中纵向剪切应力 γ_{13} 在挤压管生产工艺中也会出现。为了开发既能进行斜轧又能尽量控制产生附加剪切变形的穿孔法, 曾进行了实验。

3.2.1 实验内容

轧辊的准备除了送进角外, 新采用了轧辊碾压角。采用在轴向埋有销钉的圆管坯做试料。一边变化轧辊碾压角和送进角, 一边进行穿孔。试验中详细研究了轧辊碾压角和送进角对于圆周方向剪切应力 γ_{11} 及表面扭转剪切应力 γ_{12} 的影响。实验条件如下:

轧辊碾压角 $0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 15^\circ, 20^\circ$

轧辊送进角 $6^\circ, 8^\circ, 10^\circ, 12^\circ, 14^\circ, 16^\circ, 18^\circ$

管坯直径 $\phi 70$ 及 72mm

顶头直径 $\phi 50$ 及 57mm

扩管率 0% 及 8%

穿孔比 $2.2-2.5$

3.2.2 实验结果

(1) 轧辊碾压角 γ 和送进角 β 对圆周方向剪切应力 γ_{11} 的影响 实验中看得很清楚。 γ 和 β 值越大, 则 γ_{11} 就显著减少。值得引起注意的是, 当采用大碾压角和大送进角进行穿孔时, 则可使 $\gamma_{11} = 0$, 这样就可以实现圆周方向没有剪切变形的金属流动。

(2) 轧辊碾压角 γ 和送进角 β 对表面扭转剪切应力 γ_{12} 的影响也很明显。其倾向是 γ 越大则 γ_{12} 也变大, 但其绝对值小。应当注意的是, 如果 γ 和 β 选择得适当, 则可使 $\gamma_{12} = 0$, 这样, 就可以实现没有表面扭转剪切变形的金属流动。如将扩管率

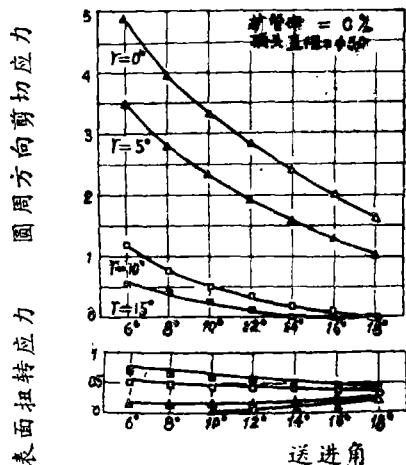


图3 轧辊送进角和碾压角对圆周方向剪切应力及表面扭转应力的影响

取大,则可实现大碾压角、大送进角的穿孔条件。

(3)上述倾向,取决于轧辊表面的刻痕条件。如果刻痕突出,则 γ_{e} 变小,相反。则 γ_{e} 有变大的趋势。

4. 菌式穿孔机的穿孔特性及其效果

4.1 轧辊碾压角、送进角对连铸坯中心疏松的影响

如果采用曼内斯曼穿孔机进行连铸坯的穿孔,则中心疏松不能被压紧而变成微小的缺陷。这种极微小的缺陷用超声波检查不出来;如果进行着色渗透探伤,就可以看到有无数长度1—2毫米左右的微小缺陷。为了证实大碾压角、大送进角对连铸坯中心疏松压紧特性的影响,进行了大量的实验工作。

4.1.1 实验内容

从住友公司和歌山钢铁厂供应的直径282毫米连铸圆管坯中心部刨出直径70毫米的圆管坯。在实验中,选用三个钢种研究轧辊碾压角和送进角对微小缺陷的影响,另外,对电磁搅拌的效果也进行了研究与比较。实验条件如下:

轧辊碾压角 $0^\circ, 15^\circ$

轧辊送进角 $8^\circ, 16^\circ$

管坯直径 $\phi 70\text{mm}$

顶头直径 $\phi 50, 54, 57$

扩管率 $0\sim 4\%, 5\sim 8\%$

穿孔比 $1.8\sim 3.1$

钢种 H20, H50, HS,

电磁搅拌 有,无(两种情况)

加热温度 1200°C

4.1.2 实验结果

(1)采用大碾压角、大送进角的穿孔方法能够显著减少微小缺陷的产生。

(2)虽然还有一部份不太清楚,但

就总体来看,电磁搅拌具有明显的效果。采取大送进角、大碾压角穿孔法与电磁搅拌法相配合的办法进行穿孔能够消除微小缺陷的产生。

(3)在穿孔比1.8~3.1之间进行了各种实验,但在此范围内看不出穿孔比有什么影响。

4.2 轧辊碾压角和送进角对不锈钢毛管内表面缺陷的影响

如果采用曼内斯曼穿孔机对铁素体系、奥氏体系或二相系的不锈钢进行穿孔,则明显地产生内表面折叠缺陷。为了考查大碾压角和大送进角对不锈钢毛管内折叠缺陷的影响,曾进行大量的实验工作。

4.2.1 实验内容

以锻坯和连铸坯为试料(用四个钢种),就轧辊碾压角和送进角对毛管内折叠的影响

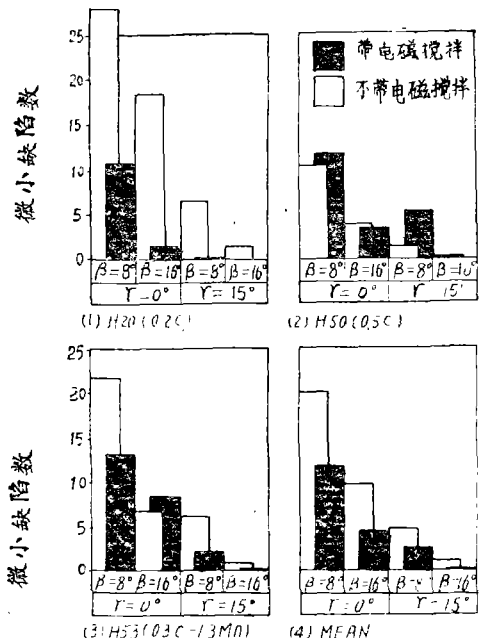


图4 轧辊送进角和碾压角对连铸坯穿孔后毛管内表面微小缺陷的影响

响进行研究。连铸坯试料是从住友公司海南钢管厂供给的 $\phi 187$ 毫米水平连铸坯的心部刨下来的 $\phi 60$ 毫米圆坯。实验条件如下:

轧辊碾压角 $0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 15^\circ$
 轧辊送进角 $12^\circ, 14^\circ, 16^\circ$
 管坯直径 $\phi 60\text{mm}$
 顶头直径 $\phi 42, 46.5\text{mm}$
 扩管率 $1.8\sim 3.8\%, 4.7\sim 8.3\%$
 穿孔比 $2.0\sim 2.9$
 钢种 $\text{ST4}, \text{ST}_3\text{cb}, \text{DP}_3, \text{HR}_3$
 加热温度 $1180^\circ\text{C}\sim 1200^\circ\text{C}$ (锻坯)
 $1240^\circ\text{C}\sim 1260^\circ\text{C}$ (连铸坯)

4.2.2 实验结果

(1) 采用锻坯时, 如果将送进角取大进行穿孔, 就可以得到内表面良好的质量, 反之, 如果采用小碾压角及小送进角进行穿孔, 就要产生内折叠。

(2) 使用连铸坯时, 在毛管的内表面容易产生大大小小的内折叠缺陷, 可见, 轧辊碾压角和送进角的影响是很明显的。如果采用大碾压角和大送进角穿孔法进行穿孔, 就能够控制旋转横锻效应并且还能消除在穿孔过程中产生的剪应力区, 从而, 不管是对什么钢种也能进行穿孔而不产生内折叠缺陷。

4.3 轧辊碾压角和送进角对高合金钢及超合金钢管内表面缺陷的影响

在用大碾压角和送进角对锻造的不锈钢进行穿孔取得成功后, 又对热加工更困难的高合金钢和超合金钢进行了交叉穿孔实验。一般采用曼内斯曼穿孔机对高合金钢进行穿孔时, 毛管内表面除有结疤缺陷外, 还会在壁厚中间处产生明显的夹层。

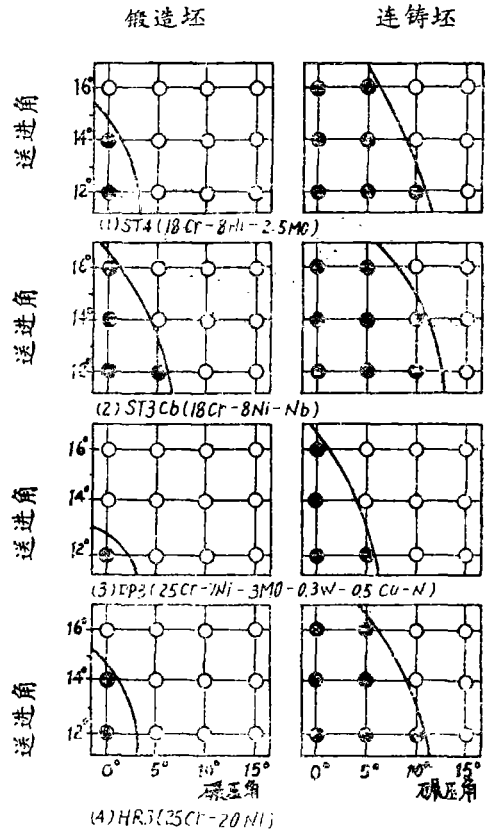


图5 轧辊送进角和碾压角对穿孔后不锈钢毛管内表面缺陷的影响

为了验证轧辊大碾压角和大送进角穿孔法对毛管内表面结疤和夹层的影响进行了大量的实验工作。

4.3.1 实验内容

从Cr、Ni、Mo系的高合金钢与超合金钢中选出4个难加工材料中有代表性的钢种, 用改变穿孔比的方法详细地研究了轧辊大碾压角和大送进角穿孔法对毛管结疤和产生夹层的影响。试料全部采用锻坯, 实验条件为:

轧辊碾压角 $10^\circ, 15^\circ$
 轧辊送进角 $12^\circ, 14^\circ, 16^\circ$
 管坯直径 $\phi 60\text{mm}$

顶头直径 $\phi 42, 46.5\text{mm}$
扩管率 $-2.0\sim 5.8\%$
穿孔比 $1.9\sim 3.2$
钢 种 $25\text{Cr}-35\text{Ni}-3\text{Mo}$
 $30\text{Cr}-40\text{Ni}-3\text{Mo}$
 $25\text{Cr}-50\text{Ni}-6\text{Mo}$
 $20\text{Cr}-50\text{Ni}-9\text{Mo}$
加热温度 $1210^{\circ}\text{C}\sim 1220^{\circ}\text{C}$

4.3.2 实验结果

(1) $25\text{Cr}-35\text{Ni}-3\text{Mo}$ 和 $30\text{Cr}-40\text{Ni}-3\text{Mo}$ 钢穿孔, 轧辊碾压角为 10° 或 15° 都没有多大差别, 而当轧辊送进角超过 14° 时, 穿孔稳定, 毛管内表面不产生结疤和夹层缺陷。

(2) 对于 $25\text{Cr}-50\text{Ni}-6\text{Mo}$ 来讲, 轧辊碾压角的影响很明显。例如, 在碾压角为 10° 、送进角大于 16° 或碾压角为 15° 而送进角大于 14° 的条件下, 可以使穿孔过程进行得很稳定。

(3) 对于 $20\text{Cr}-50\text{Ni}-9\text{Mo}$ 钢, 轧辊碾压角的影响更为明显。例如, 在碾压角 10° 进行穿孔时是很困难的, 但在碾压角为 15° 、送进角大于 16° 时穿孔, 却能保证穿孔稳定。

(4) 实验结果证明, 只要注意选择加热温度, 即使象因科耐尔合金、哈斯特洛依等高合金钢及超合金钢, 如果用大碾压角和大送进角穿孔法就能够达到穿孔稳定、不产生毛管内表面缺陷。

5. 菌式穿孔机的工业性生产

5.1 负荷特性

5.1.1 设备性能

主要设备性能列于表1。

为了下列原因, 主电机是可变速的:

- ① 不管轧辊直径大小, 必须确保穿孔速度;
- ② 为提高咬入抛出时穿孔的稳定性。

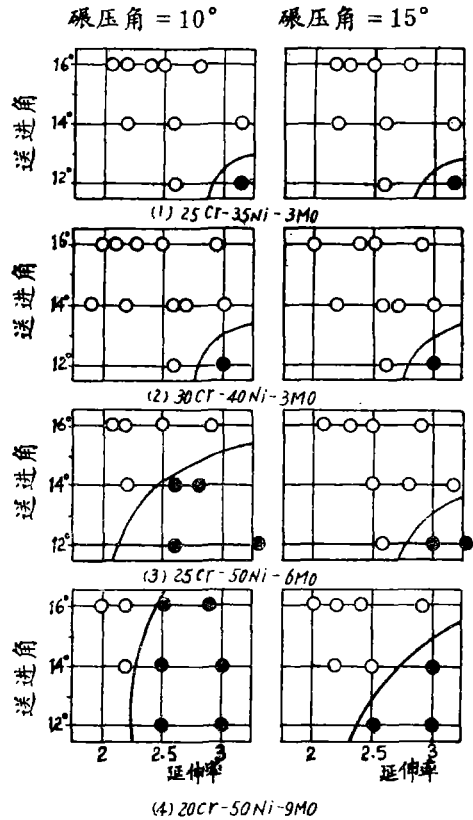


图6 高合金钢穿孔时轧辊送进角和碾压角对毛管内表面缺陷及夹层的影响

主要技术性能 表1

主 传 动	主 轧 辊	3000千瓦×2
	导 盘	250千瓦 (直流)
送 进 角		最大 20°
碾 压 角		最大 10°
轧辊直径	主 轧 辊	最大 1450毫米
	导 盘	最大 2700毫米

5.1.2 轧辊的配置

轧辊轴线与轧制中心线形成一个交叉角, 导盘是上下布置的。主轧辊的配置见图7。

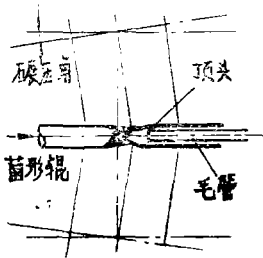


图7 主轧辊的配置

5.1.3 负荷测定结果

(1) 送进角对负荷的影响

采用送进角时负荷特性的实例示于图8。由于送进角的增大，顶头的推力随着增加，但主轧辊与导盘的荷重是一定的。此外，在穿孔坯料为Mn钢、穿孔比2.8、碾压角8°、主轧辊周速6米/秒的穿孔条件下，穿孔速度比曼内斯曼式穿孔机约高50%(可以确保1.5米/秒)，穿孔效率高90%以上。

(2) 碾压角对负荷的影响

采用碾压角时负荷特性示于图9。随着碾压角的增加，其推力荷重也增加，但是，主轧辊和导盘的荷重是一定的。此

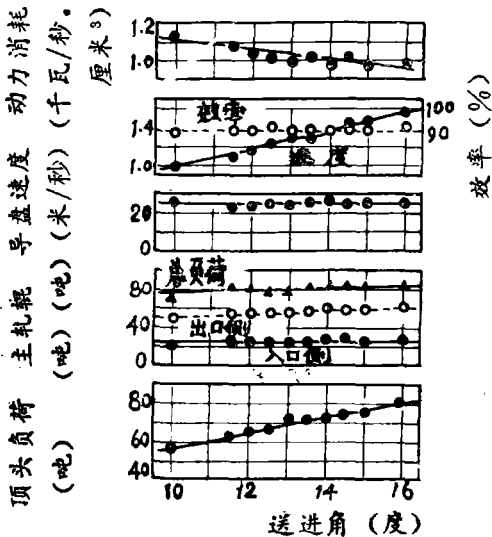


图8 送进角的效率

外，在穿孔管坯为低碳钢、穿孔比3.5、主轧辊周速4.5米/秒穿孔条件下，穿孔速度及穿孔率因采用了碾压角均所有增加。

5.2 用菌式穿孔机生产不锈钢管

采用曼内斯曼穿孔机对不锈钢穿孔，根据生产实践存在着三个大问题：①毛管内表面产生折叠；②毛管外表面划伤（导

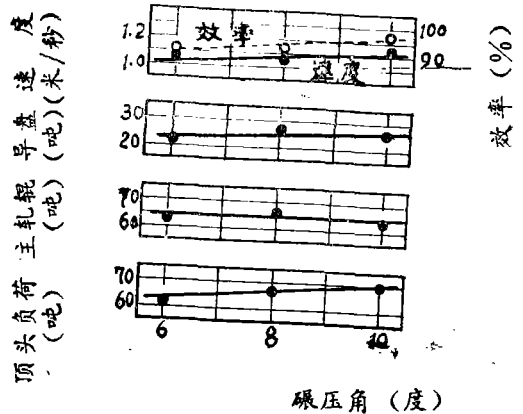


图9 碾压角的效率

盘引起的)：③当咬入、抛出时穿孔的稳定性差。为解决这些问题，日本住友公司海南钢管厂采用了具有各种新技术的带有大导盘的菌式穿孔机。经过生产实践证明，能够稳定地对不锈钢进行穿孔。

5.2.1 技术特点

海南钢管厂的菌式穿孔机中采用的新技术见表2。

5.2.2 生产不锈钢管

(1) 材质及穿孔条件

穿孔实际使用的材质示于表3。由于采用了新技术，穿孔稳定。穿孔时的动力消耗见图10。

(2) 钢管内外表面的质量

由于采用了带大导盘的菌式穿孔机，解决了过去曼内斯曼穿孔机存在的质量问

表2

存 在 的 问 题	采 用 的 新 技 术
内 表 面 缺 陷	减少附加的剪应力 } 采用大碾压角、大送进角的 提高咬入效果 } 穿孔方式、采用导盘
外 表 面 缺 陷	
毛 管 头 尾 部 穿 孔 时 不 稳 定	减少毛管与导板 } 采用导盘 之间的相对滑移 } 使毛管头尾两端部的 } 控制管坯两端部的 穿孔稳定 } 动态穿孔速度

穿 孔 条 件

表3

材 料 名 称	主 要 化 学 成 分	轧 辊 配 置		
		F·A	C·A	E·L
马 氏 体 不 锈 钢	0.2C—12Cr	15°	10°	3.0
	0.2C—13Cr	15°	10°	3.0
奥 氏 体 不 锈 钢	19Cr—10Ni	14°	10°	2.8
	18Cr—10Ni—0.5Ti	14°	10°	2.8
	17Cr—13Ni—2Mo	14°	10°	2.8
珠 光 体 不 锈 钢	12Cr—0.5Ni	14°	10°	2.8
两 相 不 锈 钢	22Cr—5Ni—3Mo	15°	10°	2.8
	25Cr—7Ni—Mo	15°	10°	2.8

注：F·A送进角 C·A碾压角 E·L延伸系数

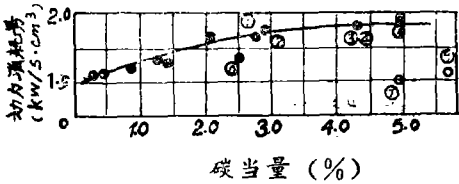


图10 动力消耗量

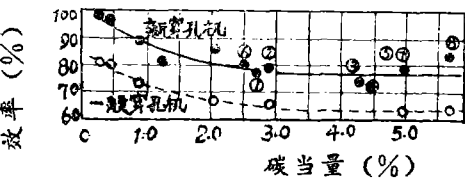


图11 送进角的效率对比

题。图11示出对毛管质量影响较大的穿孔效率与过去的一般穿孔机相比，约提高15%。

(3) 工具单位消耗

用导板式穿孔机进行不锈钢穿孔时，为防止毛管产生外表面缺陷，一般都使用软质的导板，因此，工具单位消耗量大大增加。而采用带有大导盘的菌式穿孔机穿孔，则工具的单位消耗如表4所示大幅度下降。

6. 菌式穿孔机的计算控制系统

住友公司海南厂第三钢管车间的轧管生产线计算机控制系统的特点，既充分体

工具消耗对比 表4

导板式	导盘式
8.5公斤/吨	0.001公斤/吨

现该生产线上各轧机固有的特色，又采取了各种功能的分级系统。

6.1 主机控制内容

- (1) 菌式穿孔机——尺寸控制，质量控制。
- (2) 连轧管机——延伸控制，壁厚控制。
- (3) 张力减径机——延伸控制，管端

壁厚控制。

6.2 控制系统的特点

6.2.1 通过对使用的轧制工具形状（穿孔机顶头、连轧管机芯棒）进行实测后向主机设定值前馈来提高控制精度。

6.2.2 通过对每个生产工序轧件形状（外径分布及长度）的实测，向上一工序进行反馈，向下一工序进行前馈。

6.2.3 用DDC计算机对待轧的轧件预测温度与实际温度的差值进行修正。

各工序的检测设备见表5。

各主机的简要控制系统见图12。

各工序的检测设备

表5

工 序	检 测 设 备	工 序	检 测 设 备
管坯检查	秤 量 机		外 径 仪
		毛管均整机	长 度 仪
			温 度 计
穿 孔 机	外 径 仪		压 力 传 感 器
	长 度 仪		
	温 度 计 (2台)	连 轧 管 机	外 径 仪 (2台)
	压力传感器 (轧辊、大导盘、推力轴承)		长 度 仪
			温 度 计 (2台)
顶 头、顶 杆	顶 头 形 状 仪		压 力 传 感 器
	温 度 计	芯 棒	外 径 仪
			温 度 计 (2台)
毛管定径机	长 度 仪	张 力 减 径 机	长 度 仪
	温 度 计		温 度 计 (2台)

7. 菌式穿孔机的计算机控制内容及其效果

住友公司海南钢管厂菌式穿孔机采用的计算机控制系统具有毛管尺寸控制的功能。

7.1 计算机控制的具体内容

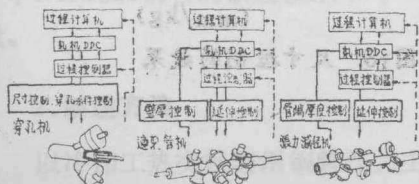


图12 主机控制系统概要

7.1.1 尺寸控制

利用顶头形状仪测出顶头长度的实测量,并根据受顶杆温度影响的顶杆长度求出顶头的位置变化量,再考虑因管坯温度变化而引起的尺寸变化,将轧机设定值的修正量进行前馈。再根据穿孔后毛管外径仪和测长仪测出的实际值进行自适应计算,将计算结果向下一根管坯反馈,这样使每一根毛管的长度和外径达到目标值。

尺寸控制的构成示于图13。

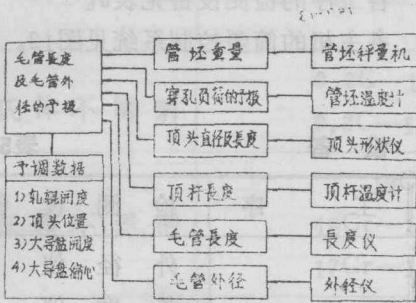


图13 尺寸控制的构成

7.1.2 质量控制

压下率控制主要是根据轧辊的开口度、顶头位置的调节,使与顶头前端刚要接触的压下率保持一定,以防止因旋转锻造效果毛管内表面缺陷的产生,并实现无误轧的稳定的穿孔轧制操作。

轧制道次的控制主要是根据调节轧辊开口度、顶头位置及送进角和碾压角,使管坯的转数在接触顶头前保持规定的数值,以防止因旋转锻造效果管子内表面缺陷的产生。质量控制的构成示于图14。

7.2 控制的效果

图15—A 示出采取13根顶杆为一组进

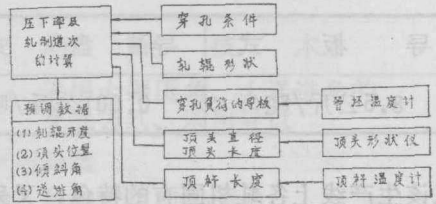


图14 质量控制的构成

行循环操作时每根毛管单位重量的延伸长度(LPUmm/kg)。在控制前所使用的每个工具是按周期性进行变化,而控制后其变化变小,如图15—B所示,其标准偏差得到改善,由 $\sigma_n = 0.134\text{mm/kg}$ 降低到 $\sigma_n = 0.084\text{mm/kg}$ 。

由于上述控制系统的开发与采用,消除了因各种工具产生的尺寸偏差。同时由于尽量控制了旋转锻造效果,也证实了可以进行稳定的穿孔轧制操作。

尺寸控制效果见图15。

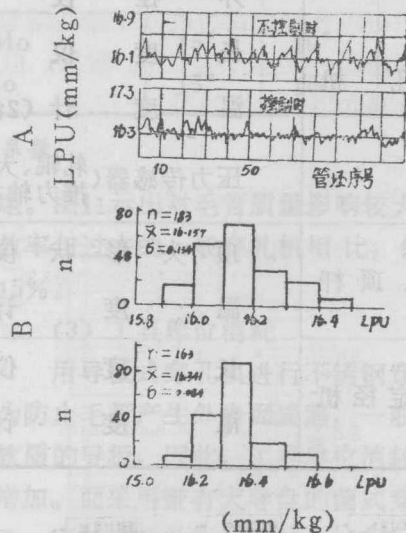


图15 尺寸控制的效果

新型穿孔机的发展及应用

作者: 宋本仁

钢 管 技 术
1985年第2期
P 33—39

本文介绍了六十年代中期以来科技工作者所提出并完善了的新型穿孔机的工艺和设备结构。七十年代以来,世界许多国家建设无缝钢管轧机一般都选择三辊穿孔机、大导盘二辊立式穿孔机、推轧穿孔机或双支承菌式穿孔机。这些新型穿孔机各有特点,许多国家在应用中继续试验研究,不断改革,使之完善。文章还对建设新钢管轧机时如何选择穿孔机的问题提出了看法。

日本石油管生产技术

作者: 江永进 杨守德

钢 管 技 术
1985年第2期
P 40—45

本文介绍了日本住友和歌山厂、海南厂、日本钢管京滨厂、川崎制铁知多厂的石油管生产情况,对于了解日本各钢管厂的高强度油井管调质处理作业线、套管和钻杆生产作业线及其检测技术有一定参考价值。

西班牙AMURRIO厂的CPE机组

作者: 张 梁

钢 管 技 术
1985年第2期
P 46—48

本文着重介绍西班牙Amurrio厂CPE机组的主要设备及其性能。该CPE机组是由6"顶管机组改造而来的,试生产表明,它在降低金属消耗、改善壁厚公差、减轻顶管机负荷等方面比传统顶管机组更加优越,同时,该机组还保留了顶管生产技术难度低、适合生产薄壁管、投资较低等特点。文章指出,CPE工艺对中小型无缝钢管技术改造,特别是对顶管机组进行技术改造更具有较大价值。

日本住友金属公司开发的菌式穿孔机

作者: 侯凤桐

钢 管 技 术
1985年第2期
P 57—66

随着人们对斜轧穿孔过程中孔腔形成现象认识的不断深化,认为曼内斯曼穿孔法已成为提高毛管质量和扩大品种的致命弱点。近十多年来,轧钢工作者力求从根本上改变斜轧穿孔的应力状态。经过十几年的努力,日本住友公司在海南厂的连轧管机轧制线上成功地开发了菌式穿孔机,并于1983年1月开始正式投产。本文详细地介绍了该公司菌式穿孔机的开发经过、特点、试验研究成果及生产情况。