

张力减径在焊管无缝化工程中的应用

赵刚 汪汉明 周民生

Application of the Stretch Reducing Mill in ERW Tube Production

Zhao Gang Wang Hanming Zhou Minsheng

摘 要 采用光学显微镜、扫描电镜、Gleeble—1500 热模拟试验机等试验手段,主要研究了焊管加张力减径对焊管母材和焊缝显微组织及力学性能的影响。试验结果表明,张力减径显著改善焊缝的组织 and 强韧性,在生产上有显著的优越性。

ABSTRACT The effect of stretch reduction on microstructure and mechanical properties of base metal and weld seam has been investigated by optical microscopy, SEM and Gleeble—1500 machine. It is shown that stretch reduction obviously improves the microstructure and mechanical properties of weld seam, and has many advantages.

1 前 言

一般来说,与无缝管生产相比,电焊管生产具有以下优点:设备重量轻,建设投资少,生产成本低,可生产高精度薄壁管,机械化自动化水平高,生产率高,劳动条件好。因此,电焊管生产,特别是高频直缝焊管生产在近几十年内有了非常迅速的发展^[1]。随着纯净钢、连铸板坯、非金属夹杂物球化处理、控制轧制、控制冷却、高频电阻焊和微合金钢的发展^[2]以及电子计算机自动控制和在线多头探伤技术、高频电阻焊管的质量进一步提高,从而使电焊管进入被 UOE 和无缝管所垄断的使用领域。在世界钢管产量

中,高频直缝焊管所占比例不断增加,甚至在一些重要的使用部门,高频直缝焊管已取代了无缝管。本文主要研究高频直缝焊管后接张力减径对母材和焊缝组织和性能的影响,并讨论了此工艺在生产上的优越性及其应用前景。

2 试验材料和试验方法

2.1 试验材料

试验材料采用生产普通结构管的普碳钢(S1)和生产 T55 套管的微合金钢(S2),其化学成分如表 1 所示。

表 1 试验用钢化学成分, %

钢	C	Mn	Si	P	S	Cu	Ti	Nb	V	CE ^①
S1	0.11	0.37	0.14	0.021	0.010					0.17
S2	0.06	1.30	0.38	0.010	0.005	0.25	0.02	0.045	0.05	0.28

① CE=C+Mn/6。

2.2 试验方法

(1) 轧卡试验

对同一卷带钢生产的 $\phi 114\text{mm} \times 4\text{mm}$ 的 S1 钢焊管在生产线上的 114 张力减径机上进行轧卡试验。对不同机架次的轧卡管进行母材和焊缝的力学

性能试验并观察组织。

(2) 轧制模拟试验

首先在 Gleeble—1500 试验机上进行 S2 钢焊接过热区热模拟,然后对 S2 钢母材和过热区试样进行张减模拟压缩试验。在 Gleeble 模拟试验的基础上,

取 $\phi 219\text{mm} \times 7.72\text{mm}$ 的套管,沿纵向切取带焊缝的管材条状试样,冷展平后加热进行轧制。

对焊缝和母材试样进行拉伸和冲击试验。取样时先腐蚀显示出焊缝以便准确制样。拉伸试验采用纵向试样。冲击试验采用横向试样($10\text{mm} \times 3.3\text{mm} \times 55\text{mm}$),开口方式为贯穿管壁型。用光学显微镜、扫描电镜、透射电镜等观察显微组织。

3 试验结果和讨论

3.1 焊缝的组织 and 性能

焊态的焊接接头经腐蚀后其低倍组织呈双曲线腰鼓形。腰鼓形中轴线即为熔合线,可分为熔合区、热影响区和母材三个区域。正常的熔合区是一条竖直的、中间稍细两头稍粗的等轴细晶粒区。由于在高频焊接过程中,带钢边缘被加热到熔化温度,易发生金属的氧化和碳的烧损,加上碳向高温区扩散,因此在熔合区形成一定宽度的脱碳层。热影响区是在焊接热循环影响下、熔合区两侧组织发生相变和晶粒度变化的区域。由于被加热温度高、温度梯度大,所以与母材组织差别较大且组织不均匀,同时由于挤压力的作用而产生弯曲的金属流线。焊缝的组织形态直接地、真实地反映出管坯的边缘状态、成形对接状态、焊接温度、输入热量、焊速和挤压力等情况。焊缝和母材在组织上差异明显,因而其力学性能也表现出较大差异。由图1可看到,焊缝区硬度不一且均

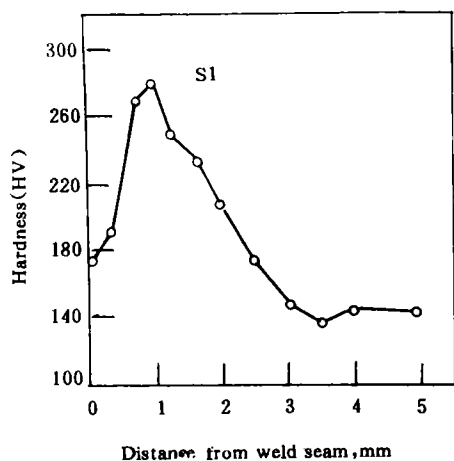


图1 焊缝区硬度分布曲线

高于母材硬度值,最高硬度值发生在距焊缝中心 $0.5 \sim 0.7\text{mm}$ 的热影响区内。由拉伸试验可知,焊缝抗拉强度 σ_b 远大于母材,约为母材的1.5倍,而伸长率

仅为母材的1/3左右。如图2所示,在距焊缝中心不同位置进行的冲击试验表明,焊缝区冲击韧性(CVN)低于母材,且熔合区冲击韧性最低。母材 $FATT_{50}$ 约 -53°C ,而焊缝 $FATT_{50}$ 为 -3°C 。

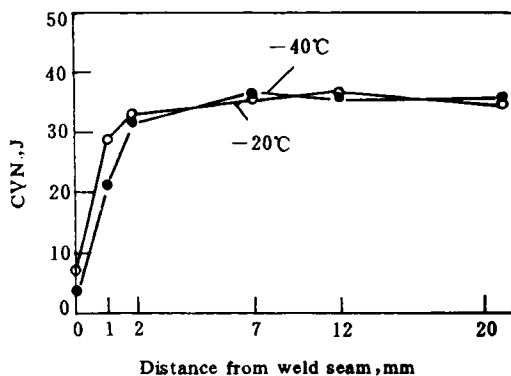


图2 S2钢距焊缝中心不同距离的冲击功曲线

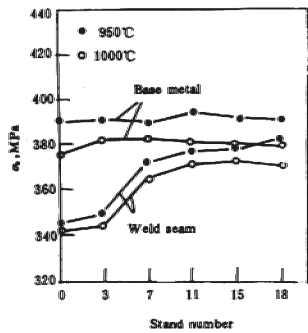
3.2 普碳钢焊管的组织和性能与张减工艺的关系

在未进入张减机前,加热到 950°C 时已改善了焊缝组织,热影响区组织已与母材趋于一致,但焊缝中心为细小铁素体珠光体组织。由于张减机轧制速度高,道次间隔时间短,道次之间来不及发生静态再结晶,因此各道次变形量得以累积。随变形量增加焊缝被压缩变细,到第11机架时发生动态再结晶而使母材和焊缝组织一致。同时,加热到 1000°C 时也有类似结果,但室温组织较加热到 950°C 时粗大。

随机架数(变形量)增加,母材的抗拉强度和伸长率变化不大,而焊缝的抗拉强度和伸长率却随机架数增加而增大。但在任一变形量下,焊缝抗拉强度均小于母材,零架时差距最大,约 30MPa ,而且伸长率也低于母材,如图3所示。同时随变形量增加,母材硬度值变化不大,而焊缝硬度值略有增加。焊管焊接时,在焊缝中产生脱碳现象,使焊缝碳含量低于母材。即使经张减前的加热促使碳向焊缝扩散,仍然不能完全消除焊缝和母材碳含量的差异。然而随着变形量增大,脱碳区被极大地压缩而变小,因此反映出以上趋势。经张减轧制后,焊缝和母材的组织 and 性能趋于一致。

3.3 微合金钢焊管的组织和性能与热压变形的关系

经热模拟后,S2钢过热区组织与母材差别较大。由于过热区被加热温度高,冷却速度快,因此过热区中母材原有的良好析出状态已不存在,大量铌、

图3 $\sigma_{0.2}$ 与轧机架次关系曲线

钒的碳氮化物固溶未析出,使过热区自由合金原子增多,且产生硬化相,因此过热区强度高于母材而韧性较低。在压缩试验中,当加热到1000℃、1050℃时,由于随变形增加发生了再结晶,使得随变形增大铁素体晶粒度变化不大,且均较原母材晶粒粗大。当加热到900℃时,随变形量增加铁素体晶粒细化。同时,热压缩变形后过热区和母材的组织 and 硬度一致。

在轧制模拟试验中,随轧前加热温度的降低,S2钢焊管的母材和焊缝的屈服强度和抗拉强度都减小,而冲击功和伸长率增大。并且轧制后母材和焊缝的强度基本一致,但焊缝冲击韧性略低于母材。在此试验条件下,变形量由30%增至50%对母材和焊缝性能的影响不显著。比较加热到900℃、压下50%和未压下的试样,发现变形后试样焊缝的冲击韧性高于未变形试样。金相观察表明,加热未变形的焊缝中仍然保留了焊接时的弯曲流线,而压下变形后则消除了这种流线。

通过对焊缝金相和断口SEM观察发现,焊缝中存在的夹杂物,特别是焊接时产生的“灰斑”是降低焊缝冲击韧性的主要原因。灰斑是存在于熔合区内的一种平面缺陷,一般认为是焊接时产生在熔合区内的氧化物,其形貌如图4所示。灰斑轻微时对焊缝强度影响不大,但对韧性影响较明显。当焊接温度不当时,形成大片灰斑,使管坯两边缘不能有效焊合,称之为冷焊,对焊缝性能影响尤为恶劣,其断口形貌如图5所示。灰斑主要靠合理的焊接工艺和质量保证体系来避免。

从上述实验结果可看出,S1钢和S2钢焊管经

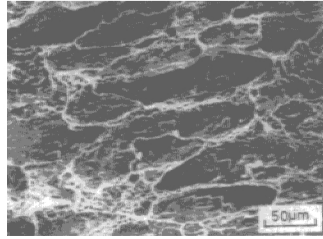


图4 灰斑断口形貌

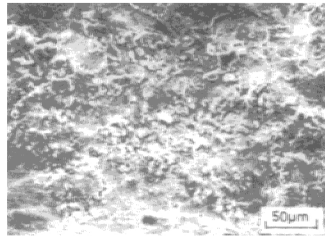


图5 冷焊断口形貌

张减后焊缝和母材的性能尚有较小差别。经分析表明,焊缝和母材主要差别在于韧性不等。为提高焊缝强韧性能,进一步减小其与母材的差异,主要从3个方面考虑:

- ①提高母材韧性以提高焊缝韧性;
- ②优化焊接工艺;
- ③优化焊后处理工艺。

3.4 焊管无缝化的主要方法及张力减径在生产中的应用

为了提高焊缝性能,使其与管体趋于一致,人们做了多方面的工作。按实际生产方式可将无缝化的主要方法归纳为以下4种:

- ①焊缝热处理;
- ②焊管整体热处理;
- ③冷拔(轧);
- ④张力减径。

以上4种方法各具特点。与其他3种方法相比,张力减径的优越性可归纳为以下几点:

- ①显著改善焊缝组织和性能;
- ②提高产量和生产率,扩大品种范围;
- ③缩短换辊时间,减少车间定员;
- ④内毛刺清除方便。

特别是当张减和冷拔相结合时,更具以下优越性:

- ①利用普通焊管机组即可生产多种薄壁管,不需建设特殊成形机组;
- ②减少冷拔道次和中间退火工序,具有较高的市场应变能力。

目前,我国共有焊管企业近 500 家,年生产能力在 $400 \times 10^4 \text{t}$ 以上,除从国外引进的设备外,普遍情况是设备简陋,配套不全,成形工艺落后。由于缺少热处理设备及去内毛刺设备,只能生产水煤气钢管和一般结构钢管,产品大部分质量不佳。存在的问题是原料带钢不足,特别是适于生产中高级电焊管的带钢供不应求,因此品种上无明显进步,许多可用焊管的地方采用了无缝管。在当前条件下,仅普通配管几乎全用电焊管,一般结构也用电焊管,而电焊管还没有进入其他领域。我国焊管生产具有广阔前景,生产厂家应开发高档次焊管,进行无缝化生产。就张力减径而言,有条件的厂家可考虑在焊管机后配置张力减径机,以生产需求量大的 $\phi \leq 100 \text{mm}$ 的中低压锅炉管,同时也可生产结构管和油管。并且当张减机

采用异形孔型时,还可生产质量好、尺寸精确的异型管,而这些在我国还未得到应用。

4 结 论

(1)原始焊态的焊缝在组织和性能上与母材差异较大,在组织和性能上存在一个梯度。

(2)按现生产工艺张减后焊缝和母材组织趋于一致,但就试验材料而言,焊缝和母材性能尚有微小差别。

(3)焊接时焊缝处产生的脱碳是张减后焊缝强度稍低于母材的主要原因。

(4)焊缝中的夹杂物特别是灰斑,是降低焊缝韧性的主要原因。

(5)对焊管生产各工序,包括张减精深加工进行综合优化,可进一步提高无缝化效果。

(6)张减工艺可提高生产率,扩大品种范围,缩短换辊时间,便于内毛刺的清除,在生产上有明显的优越性。

(1995 年 7 月 20 日收到)

参 考 文 献

- [1] 古里亚耶夫. 电焊管的生产. 北京:冶金工业出版社,1981
- [2] 雍岐龙等. 微合金钢. 北京:机械工业出版社,1989