维普资讯 http://www.cqvip.com

ERW钢管焊缝冲击韧性影响要素分析

冯钊棠 谢仕强 苏腾太
（广州番禺珠江钢管有限公司）

摘 要 如何提高ERW钢管焊缝冲击韧性是制管技术中的一大难题。在大量生产实践的基础上分析了影响ERW直缝电阻焊钢管焊缝冲击韧性的各种因素。指出，为了进一步提高焊缝的冲击韧性，满足长输管线对ERW钢管提出的高韧性要求，需要从控制原材料钢卷质量入手，结合制管工艺，加强成型、焊接及焊后在线热处理的质量控制。

关键词 ERW钢管 焊缝 冲击韧性 原材料 成型 焊接 热处理

1 ERW钢管焊缝冲击韧性的特点

ERW钢管的焊接工艺是采用高频电流产生的集肤效应原理把热轧卷板边缘进行加热至熔融状态，再通过机械挤压方法进行焊接。通过此工艺生产的钢管其焊缝中心会出现一条白色熔合线，熔合线两侧的热影响区会产生由中部向内外表面方向延伸的金属流线。由于ERW钢管是采用母材作为焊接材料，因此其焊缝的性能与母材的性能有较大关系。图1是普通材料与高韧性材料中焊缝及母材的韧脆转变温度曲线。在普通材料中，焊缝与母材的夏比冲击试验吸收能量值差异很小。相反在高韧性材料中则有较大差别，焊缝冲击韧性明显劣于母材，但明显优于普通材料的焊缝。由此可知ERW钢管焊缝中心的冲击韧性一般情况下低于母材冲击韧性，即使采用高韧性材料，虽然焊缝的韧性得到提高，但也不能彻底改善焊缝中心的冲击韧性。

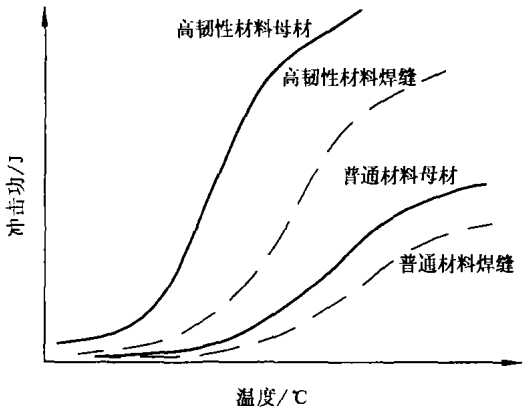


图1 普通材料与高韧性材料的冲击性能比较

2 焊缝冲击韧性的影响要素

影响焊缝冲击韧性的主要因素有：①原材料的理化性能；②原材料的晶粒度及非金属夹杂物；③焊缝热处理条件；④成型条件；⑤焊接条件。

2.1 原材料的理化性能

ERW钢管是采用母材作为焊接材料，因此原材料的理化性能直接决定了焊缝的理化性能。

为了研究不同化学成分材料，其母材及焊缝冲击性能受化学成分变化的影响，采用两种不同化学成分的材料制成钢管后进行夏比冲击试验。为了排除制管过程对试验结果的影响，所有试样均进行正火处理。化学成分如表1所示，韧脆转变温度曲线如图2所示。

表1 钢卷的化学成分 %

材料	w(C)	w(Si)	w(Mn)	w(P)
普通材料	0.16	0.20	0.83	0.018
纯净材料	0.10	0.20	0.90	0.010
材料	w(S)	w(Nb)	w(V)	
普通材料	0.010	0.043	0.056	
纯净材料	0.003	0.030	0.040	

图2显示出纯净材料的焊缝冲击韧性明显优于普通材料，纯净材料的焊缝冲击韧脆转变温度

维普资讯 http://www.cqvip.com

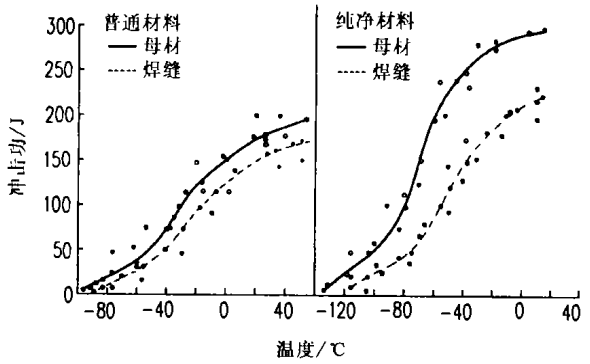


图 2　普通材料与纯净材料的冲击性能比较

明显低于普通材料。这是由于高纯净材料在焊接过程中,焊缝不容易产生氧化物和夹杂物。焊缝中的氧化物和夹杂物越多,则焊缝的韧性值越低。其中 C,S,P 含量影响最大,所以选用低 C,S,P 系列的原材料可提高焊缝冲击韧性。

2.2　原材料的晶粒度和非金属夹杂物

ERW 钢管在焊接过程中,由于机械加压作用,在焊缝两侧的热影响区会产生由钢板中部向内外表面方向延伸的金属流线,靠近焊缝中心的金属流线的方向基本与熔合线平行并与熔合线重合。金属流线是钢板热轧时沿轧制方向延伸的带状组织和夹杂物,金属流线的粗细与原材料的晶粒度大小和非金属夹杂物的多少有关。原材料的晶粒度越大或非金属夹杂物越多,则金属流线越粗越明显。当非金属夹杂物较多且呈不均匀分布时,母材偏析严重。高频焊接时,在挤压辊的挤压力作用下,偏析带内的大量非金属夹杂物会沿着金属流线进入到焊接熔合区,从低倍热酸试样可以明显看到偏析线以一定的角度交汇于熔合线。在这种情况下,将会严重降低焊缝的冲击韧性,使冲击吸收功大大降低。因此,在原材料钢卷冶炼、轧制阶段应采取措施减少夹杂物,并细化晶粒,在制管过程中也应对金属流线上升角进行合理控制,一般要求金属流线与熔合线的夹角控制在 25° ~45°,最好上下左右能基本对称。

2.3　焊缝热处理条件

焊缝及热影响区的金属流线可以通过热处理方法进行消除。为研究在同一条件下焊接,经热处理和不经热处理的两种焊缝试样的冲击韧性的差异,分别取两组试样,一组经过热处理,金属流线基本消失,另一组不经热处理,有明显的金属流线。分别在各种温度下做试验,图 3 显示出两组试样的冲击试验结果,经热处理后的焊缝冲击韧性得到明显改善。

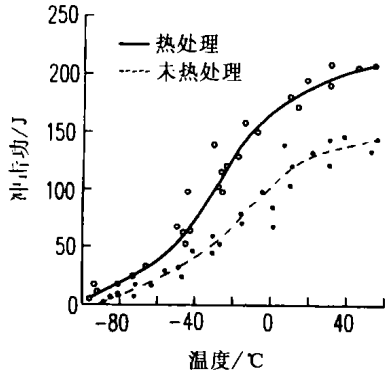


图 3　热处理与未热处理焊缝的冲击性能比较

焊缝热处理工艺是对焊缝再次加热,将焊接时形成的硬化组织改善成适当组织,细化晶粒。但如何控制热处理温度,才能达到细化晶粒,改善焊缝韧性的目的。据国外有关资料统计,焊缝在正火处理温度区域 Ac3 + 50 ℃ ~ Ac3 + 150 ℃之间加热,可望得到微细铁素体 + 珠光体组织,改善焊缝韧性。图 4 为焊缝热处理温度与焊缝韧脆转变温度的关系图。

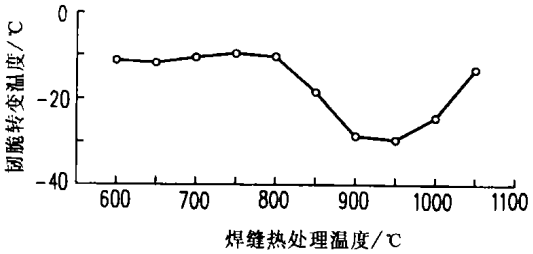


图 4　焊缝热处理温度与焊缝韧脆转变温度的关系

关于热处理条件的其中一个重要因素就是水冷开始温度。钢管焊缝经过热处理加热后,要经过一段长距离的空冷,为了缩短空冷段的距离及防止定径后的钢管变形,在进入定径前要对钢管进行水冷。如图 5 所示,如果水冷开始温度过高,就会产生贝氏体组织,从而降低焊缝的冲击韧性。从图中可以看出水冷开始温度应控制在低于 400 ℃为宜。

关于热处理条件的另一个重要因素就是加热后的保温时间。在线焊缝热处理与在热处理炉中整体加热不同,它有两个特点:一方面,它是通过

维普资讯 http://www.cqvip.com

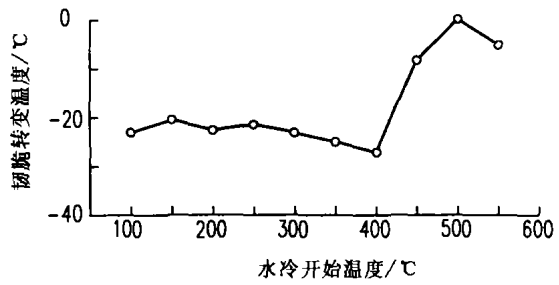


图5 水冷开始温度与焊缝韧脆转变温度的关系

中频感应加热,加热速度快,管壁方向的温度不均匀;另一方面,它是采用局部加热,冷却速度快,在热处理温度下生成的γ晶粒少。这两个问题可采用两台或多台中频热处理机进行连续加热的方式解决。这种方法既可以使管壁方向的温度均匀一些,又可以使保温时间延长。但要增加设备投资,还要考虑空冷段的距离是否够长,能否满足水冷开始温度不能太高的要求。

2.4 成型条件

ERW钢管是在焊管机组上连续轧制成型及焊接,钢带边缘成型的好坏直接影响焊接质量。因此钢管成型必须要稳定,尽量减少边缘的波动量,使钢带两边缘在进入挤压辊前尽量平行,保证两板边以"I"字型进行高频焊接,以便于焊接时氧化物及夹杂物排出,提高焊接质量。

2.5 焊接条件

高频焊机一般为自动焊机,可自动根据焊接温度及焊接速度控制焊接功率的输出,因此焊接时只要控制好挤压量、焊接速度、焊接区V型开口角等要素,即可很好地控制焊接质量。

(1)挤压量

控制挤压量的方法,就是调整挤压辊的挤压力。增大挤压辊的挤压力,可增加挤压量,有利于氧化物及夹杂物的排出,提高焊缝的冲击韧性。但是如果挤压量过大,也有害处。首先,挤压量过大会使焊接点偏离挤压辊中心,两板边提前接触,到挤压辊中心时,焊接点的温度已降低,不易排出氧化物和夹杂物。其次,挤压量过大时,需要输出的焊接功率会增大,如果输出的焊接功率不足,则焊接温度不够,形成冷焊。挤压量应控制在0.4~0.6 t为宜。

另一方面,挤压量的大小也可以从金属流线与熔合线的夹角大小反映出来。金属流线与熔合线夹角小,说明挤压量大;金属流线与熔合线夹角大,说明挤压量小。

(2)焊接速度

提高焊接速度,有利于焊接温度的稳定,但焊接速度受设备能力的限制,包括成型机功率及高频焊机功率。不能无限提高,应在允许的范围内选择最高速进行焊接。

(3)焊接区V型开口角

V型开口角大小的选择与材料强度、厚度及焊接挤压量有关,一般为3°~6°。材料越薄,强度越低,焊接挤压量越大,应选择较大的开口角,否则应选择较小的开口角。最理想的V型开口角,应使焊接点尽量靠近挤压辊中心处,这样才有利于氧化物及夹杂物的排出,改善焊缝冲击韧性。

3 结 论

通过对影响ERW钢管焊缝冲击韧性的基本要素的分析,可以发现在生产实践中合理控制各相关因素的最终目的都是为了减少焊缝的氧化物及夹杂物,细化晶粒,从而改善冲击韧性。生产冲击韧性要求较高的ERW钢管时,应从原材料、成型、焊接及焊缝热处理等方面考虑,综合各方面的因素,使焊接质量达到最佳状态。通过以上各方面的合理调整,生产出来的ERW钢管,其母材和焊缝的冲击韧性、韧脆转变温度等可大致达到同一水平。

第一作者 冯钊棠,男,1973年出生,1996年毕业于广东工业大学机械制造工艺与设备专业,国际焊接工程师,现任广州番禺珠江钢管有限公司工艺部经理,主要从事制管工艺设计及产品开发。通讯地址:广东番禺珠江钢管有限公司工艺部 邮编:511450 电话:020-84558888-2312

(收稿日期:2003-12-19)

编辑 黄蔚莉