

聚乙烯管材热熔对接接头性能的研究

铁文安<sup>1</sup> 杨冬莹<sup>1</sup> 孙芳莉<sup>2</sup> 周春联<sup>3</sup> 王兵部<sup>3</sup>

(1.陕西华山胜邦塑胶有限公司,西安 710043; 2.西安北方华山机电工业有限公司,西安 710043;  
3.陕西省产品质量监督检验所,西安 710054)

**摘要** 通过使用两种不同聚乙烯(PE)原料制成的管材热熔对接接头试样进行(5±1)mm/min、(50±1)mm/min 恒定速度拉伸试验,阐述了 PE 管材热熔对接接头的性能低于管材本体;利用对 PE 管材热熔对接接头试样加热的方法,以及对热熔对接接头试样焊缝四周切口后进行的(5±1)mm/min 恒定速度拉伸试验,判定 PE 管材热熔对接接头的性能,这种方法与其它破坏性试验的统计结果相一致;并介绍了国外对 PE 管材热熔对接接头质量的评价方法。

**关键词** 聚乙烯 热熔对接 接头 焊缝系数

随着高分子材料技术的飞跃进步,管材领域发生了一场“以塑代钢”的新型革命,聚乙烯(PE)管材备受青睐。特别是用 PE 管道输送燃气、给水的各种优越性及 50 年的使用寿命已受到工业界的广泛重视,在我国,大规模铺设 PE 燃气、给水管道已势在必行。从原材料生产厂家对原料定级的长期静液压试验及耐蠕变性能的研究,到管材生产厂家的严格出厂检验,使 PE 管材的性能得到层层把关。但管道系统的整体安全性取决于系统中最薄弱的环节,PE 管材焊接接头的性能是否会影响管道系统 50 年的使用寿命,如何用科学经济的测试方法评价焊接管材的接头质量,只有促进管材焊接工艺的不断发展才能保证 PE 管道系统的长期安全性,这对 PE 管道在各行业中的应用和发展有着重要作用。笔者主要研究了 PE 管材热熔对接接头的性能。

1 实验部分

1.1 原材料

PE 管材:SDR(标准尺寸比,即管材的公称外径与公称壁厚的比值)11, 110、200 mm,熔体流动速率(MFR)为 0.76 g/10 min(190℃、50 N),原料为北欧化工公司产 ME3441,自制;

PE 管材:SDR11, 110、200 mm,MFR 为 0.37 g/10 min(190℃、50 N),原料为上海石化公司产 YGH041T,自制。

1.2 仪器、设备

多角焊机:WD400 型,意大利 Ritmo 公司;  
智能型万能试验机:WD-10 型,上海万龙试验机厂;

MFR 测定仪:RR0400/154 型,英国 Ray-Ran Polytest 公司;

数码相机:DSC-T9 型,日本 SONY 公司。

1.3 试验方法

PE 管材热熔对接工艺参数见表 1。拉伸试样见图 1,由 PE 热熔对接管材上轴向截取。取样位置如图 2 所示。试样编号及相应的组成见表 2。

表 1 PE 管材热熔对接工艺参数

| 规格/mm | 焊接温度/℃ | 焊接压力/MPa       | 卷边凸起高度/mm | 吸热压力/MPa | 吸热时间/s | 转换时间/s | 加压时间/s | 冷却时间/min |
|-------|--------|----------------|-----------|----------|--------|--------|--------|----------|
| 110   | 220    | $p_0^{1)}+0.4$ | 1.5       | 0.03     | 110    | 6      | 7      | 14       |
| 200   | 220    | $p_0+1.2$      | 2.5       | 0.08     | 200    | 8      | 11     | 23       |

注:1)系统拖动力。



图 1 拉伸试样

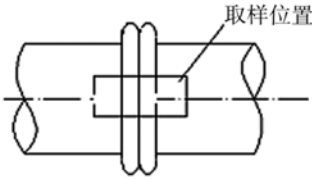


图 2 取样位置示意图

表 2 试样编号及相应的组成

| 试样号 | 试样对接情况                            | 备注               |
|-----|-----------------------------------|------------------|
| A01 | SDR11, 110, ME3441 + YGH041T 热熔对接 | 去掉焊环             |
| A02 | SDR11, 110, ME3441 + YGH041T 热熔对接 | 保留焊环             |
| B01 | SDR11, 200, ME3441 + YGH041T 热熔对接 | 去掉焊环             |
| B02 | SDR11, 200, ME3441 + YGH041T 热熔对接 | 保留焊环             |
| C01 | SDR11, 110, ME3441 + YGH041T 热熔对接 | 去掉焊环,沿热熔对接接头四周切口 |
| C02 | SDR11, 200, ME3441 + YGH041T 热熔对接 | 去掉焊环,沿热熔对接接头四周切口 |
| D01 | SDR11, 110, ME3441 管材本体           | 沿试样中部横向四周切口      |

将拉伸试样热熔对接接头侧面(非内外壁)在酒精灯上来回加热 30 ~60 s。

## 2 结果与讨论

### 2.1 性能测试结果

A01、A02、B01、B02 等 4 个试样在  $(5 \pm 1)$  mm/min 的恒定速度下的拉伸试验如图 3 所示。热熔对接试样破坏点随机分布, 为全韧性破坏。



图 3 恒定速度拉伸试验

A01、A02、B01、B02 等 4 个试样在  $(50 \pm 1)$  mm/min 的恒定速度拉伸试验中, 热熔对接试样的破坏点分布在热熔对接接头附近, 也为全韧性破坏, 如图 4 所示。

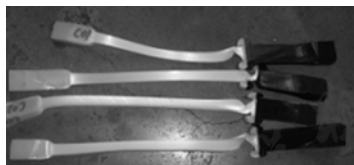


图 4 热熔对接接头破坏点分布情形

而 C01、C02、D01 等 3 个试样在  $(5 \pm 1)$  mm/min 的恒定速度拉伸试验中, 热熔对接试样从切口处破坏, 其中 C01、D01 试样为全韧性破坏; C02 试样的韧性破坏占 80% 左右。

拉伸试样热熔对接接头侧面经酒精灯加热 30 ~60 s 后出现 X 形图案, 见图 5。

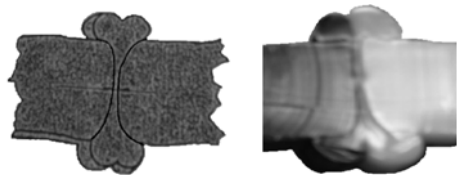


图 5 拉伸试样对接接头加热后出现的 X 形图案

### 2.2 管材热熔对接接头的质量分析

通常, 人们对 PE 管材热熔对接接头的质量是通过以下 3 种试验来评价的: ①对带热熔对接接头(通常位于试样中部)的管材进行静液压试验; ②对带热熔对接接头的试样进行常规速度的拉伸试验; ③对带热熔对接接头的试样进行 180° 的弯曲试验。人们可以在 80℃ 对带热熔对接接头的管材进行长期静液压测试, 但不应以此作为接头性能评价的充足依据。这是因为静液压测试时通过两端封堵传递到管材的轴向应力只有环向应力的一半, 因此即便

在该试验中热熔对接接头不发生破坏, 也只能说明接头焊缝系数不小于 0.5。对于压力管材来说, 这个系数显然是不够的, 因为实际管材往往会因为温度下降或弯曲变形等原因而受到附加的轴向力。有些实验者往往通过常规速度拉伸试验发现破坏点不在热熔对接接头处, 便断言 PE 管材热熔对接接头的强度大于管材本体, 显然是不合适的。在本研究的 PE 管材加速拉伸热熔对接试验中, 试样破坏点则分布在热熔对接接头附近, 充分说明该管材热熔对接接头的性能低于管材本体。

热熔对接接头的形成是管材端面经过加热熔融后, 在一定的热熔对接压力下形成的。热熔对接接头处经酒精灯加热 30 ~60 s 后出现 X 形图案, 这形象地显现了在管材轴向压力下熔体的流动状态。熔化后再结晶的 PE 分子结构取向发生了变化, X 形图案就是两种不同结构取向的 PE 分子的交界线。通过对管材热熔对接接头的快速拉伸、四周切口拉伸、三点弯曲等大量破坏性试验结果的统计, 可以惊奇地发现 PE 管材热熔对接接头的质量与加热后出现的 X 形图案(见图 5)有密切的关系。X 形图案相交部分越长, 其焊接质量越差, X 形图案中两条曲线保持适当距离且不相交时, 其焊接质量往往比较理想。通过加热后出现的 X 形图案的样式, 可以快速判断管材热熔对接接头的焊接质量, 且判断准确度远远高于对单个管材接头进行的静液压、拉伸、弯曲等试验。该方法可以作为一种准确、快速评价 PE 管材热熔对接接头质量的可靠依据。

### 2.3 国外对 PE 热熔对接接头质量的研究情况

英国 British Gas 公司通过在常温下用常规速度拉伸热熔对接接头试样来评价热熔对接接头的质量: 韧性破坏表示焊接合格; 脆性破坏表示焊接不合格。该方法已成为 ISO 13953 - 2001 标准, 但仍然有许多争议。

德国的《DVS 2203 手册》中要求长期焊缝系数不得低于 0.8。其测试方法是, 在恒定温度下将热熔对接接头试样和管材本体的哑铃形试样分别在不同的载荷下进行恒载荷拉伸(其应力比为 0.8 : 1), 并用适当的表面活性剂加速试验进程。要求热熔对接接头试样的破坏时间不得低于管材本体试样的破坏时间。

瑞典 KP 协会通过在 80℃、2% 洗涤剂水溶液中进行 5 MPa 恒应力拉伸试验, 用试样破坏时间是否超过 100 h 作为管材热熔对接接头质量优劣的判断

依据,如果破坏发生在管材热熔对接接头处,还要求破坏是韧性的。该协会研究发现,热熔对接接头的焊缝系数随着时间的延长而略有增大。例如,对某试样进行1年(8760 h)时间的考察,其焊缝系数从1000 h时的0.82增大到1年后的约0.89。这种现象可能是热熔对接接头处重新结晶的PE分子在长期时效过程中逐步调整其分子取向,热熔对接接头性能与本体性能逐渐趋于相同造成的。

### 3 结论

(1) 对热熔对接接头试样加速拉伸试验的破坏点分布在热熔对接接头附近,充分说明热熔对接接头的性能低于管材本体。

(2) 热熔对接接头处经酒精灯加热30~60 s后出现X形图案的形状可以作为一种准确、快速评价PE管材热熔对接接头质量的可靠依据。

### 参考文献

- [1] 佚名. 塑料管材和管件 聚乙烯(PE)管材/管材或管材/管件热熔对接组件的制备[S]. GB/T 19809-2005. 北京: 中国标准出版社, 2005.
- [2] 佚名. 聚乙烯(PE)管材和管件 热熔对接接头拉伸强度和破坏形式的测定[S]. GB/T 19810-2005. 北京: 中国标准出版社, 2005.
- [3] 佚名. 燃气用埋地聚乙烯管道系统 第一部分: 管材[S]. GB 15558.1-2003. 北京: 中国标准出版社, 2003.
- [4] Lars-Eric Janson. Plastics pipes for water supply and sewage disposal[M]. 4th ed. [S. l.]: Borealls, 2003.
- [5] 李鹏. PE管道热熔连接、电熔连接的质量控制与检验[M] // PE压力管道(给水、燃气)系统国家标准宣贯会技术资料汇编. 北京: 中国标准出版社, 2005: 162-183.
- [6] 董孝理. 塑料压力管的力学破坏和对策[M]. 北京: 化学工业出版社, 2006.

## PERFORMANCE RESEARCH OF POLYETHYLENE PIPE HEAT FUSION JOINT

Tie Wenan<sup>1</sup>, Yang Dongying<sup>1</sup>, Sun Fangli<sup>2</sup>, Zhou Chunlian<sup>3</sup>, Wang Bingbu<sup>3</sup>

(1. Shaanxi Huashan Shengbang Plastics Co. Ltd., Xi'an 710043, China; 2. Xi'an North Huashan Mechanical & Electric Co. Ltd., Xi'an 710043, China; 3. Shaanxi Province Institute of Product Quality Supervision and Inspection, Xi'an 710054, China)

**ABSTRACT** Through the equal speed tensile test of  $(5 \pm 1)$  mm/min and  $(50 \pm 1)$  mm/min for two joint specimens made by different grade PE material, the result that the performance of PE heat joint is lower than that of pipe is illustrated. The performance of PE pipe joint specimen is judged by heating and equal speed tensile test of notched specimen with the speed of  $(5 \pm 1)$  mm/min. The statistical result is accordant to other destructive test. In addition, some quality estimate methods abroad for PE pipe heat fusion joint are introduced.

**KEYWORDS** polyethylene, heat fusion joint, joint, derating factor

### 杜邦扩大亚太地区尼龙树脂的配混料生产能力

杜邦工程塑料部宣布位于韩国蔚山的制造厂已完成扩大Zytel 尼龙6和66树脂的配混生产能力。新增量为2万t/a,作用是配合亚太地区对增强尼龙树脂的快速增长需求,尤其是汽车工业的用量。玻璃或矿物增强尼龙树脂的特性是具有优良的强度、硬度和耐高温性,可以满足汽车引擎罩下各种装置如进气歧管和汽缸盖的严格要求,以及电子、电气设备的多种应用要求。

近年来,杜邦工程塑料部在亚太地区进行了多项投资。其中包括在新加坡拟建一座厂房,生产杜邦Zytel HTN高性能尼龙和杜邦Vespel 组件和型材。此外还有在中国上海投资建立的杜邦研发中心和日本名古屋的杜邦汽车中心,这些都证明了杜邦工程塑料部对亚太市场的信心和持续的承诺。杜邦工程塑料部制造和销售Crastin PBT及Rynite PET热塑性聚酯树脂、Delrin 聚甲醛树脂、Hytrel 热塑性聚酯弹性体、Minlon 矿物增强尼龙树脂、Tynex 尼龙丝、Vespel 组件、Zenite LCP液晶聚合物和Zytel 尼龙树脂。这些产品应用于世界各地和各行业,例如航空和航天、设备、

汽车、消费品、电子、电气、工业用品、运动用品及其它产业等。(代芳)

### 高性能聚烯烃复合材料技术及工艺开发成功

近日贵州省工程复合材料中心、贵州大学、贵州凯科特材料有限公司联合开发成功高性能聚烯烃复合材料技术及工艺。目前,该成果已通过了贵州省的专家鉴定。

针对我国聚烯烃中低档产品居多、缺乏核心技术、高性能产品开发能力不强等突出问题,科研人员围绕通用聚烯烃材料高性能化这一目标进行集成创新,提出兼顾材料使用性能和工艺性能的材料结构要求,形成聚烯烃材料分子结构与聚集态结构的调控集成技术。同时他们还进行了材料制备工艺流程的创新及优化,形成了具有自主知识产权、以国产聚烯烃为主要原料的改性材料生产技术。

科研人员以国产聚乙烯为基体材料进行强韧化、功能化改性,研制的军用特种包装专用料性能达到有关标准,成本降低15%,并以塑代钢、代木作包装箱材料,具有良好的生态效益。此外,以国产聚烯烃为主体材料研发的汽车仪表板、保险杠等材料已被广州本田、通用五菱等公司选用。

(中国石油化工)