

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2015.02.022

超声波检测 PE 管道热熔焊接缺陷的实验研究^{*}

张琳

(重庆市特种设备检测研究院, 重庆 401121)

摘要:采用超声波测试了模拟制备的典型热熔焊接缺陷,分析了缺陷的超声波特征,测试了缺陷对管道力学性能的影响。结果表明,超声波对面积型和孔洞型缺陷有良好的检测能力,并能准确测定缺陷的深度;超声波检测结果与力学性能检测结果具有良好的关联性,可以采用距离-波幅曲线灵敏度评判指标进行缺陷的质量分级评价。

关键词:聚乙烯;热熔;焊接;超声波

中图分类号: TG115.28 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2015)02-0090-05

Experimental Study on Ultrasonic Testing of Butt Fusion Joint Defects of Polyethylene Pipes

Zhang Lin

(Chongqing Special Equipment Inspection and Research Institute, Chongqing 401121, China)

Abstract : Ultrasonic testing was used to measure the butt fusion joint defects which were typically simulated. The fractal properties of ultrasonic signal was analyzed, and the influence of butt fusion joint defects to mechanical behavior was measured. The results show that using ultrasonic can test planarity and porosity defects well. Also it can accurately determine the depth of defect. The result of ultrasonic testing and mechanical behavior testing are well correlated. Therefore by using sensitivity of distance-breadth calendar is able to evaluate the quality of PE pipes.

Keywords : polyethylene ; butt fusion ; joint ; ultrasonic

随着城市化和工业化进程的加快,燃气聚乙烯(PE)管道已大量运用在天然气工程中,呈现出数量多、分布广的特点。《压力管道安装安全质量监督检验规则》的颁布实施,将新建、改建、扩建的天然气输配工程已纳入到各地特种设备检验机构的检验范畴,而在PE燃气管道安装监检的过程中,相关规程、安全技术规范未明确规定如何进行非金属管道(燃气PE管道)热熔对接焊缝内部质量的检测,使得开展此项目的研究迫在眉睫。PE燃气管道热熔焊接具有简便的优势,工程实际采用很多。但是由于焊接工艺、焊接环境及焊工技术^[1]等因素的影响,在焊接过程中不可避免地会产生一些焊接缺陷,如假焊、虚焊、过热、气孔、错边、夹杂和未熔合等,这直接影响到管道系统的安全和寿命^[2]。

目前,对PE管道热熔焊接缺陷的检测主要采用压力检测法,检测过程较长,成本较高,而且难以评定较小的缺陷。因此,PE管道热熔焊接缺陷的检测需要有基于现场的非破坏性检测方法,超声波检测方法在这方面具有较大的优势,并且相关研究也已获得了一些进展^[3-4]。但是,由于超声波在PE管道材料中的传播速度明显小于金属材料,缺陷反馈信息不明显,缺陷回波与缺陷的对应关系难以明确,

使得超声波准确检测PE管道热熔焊接缺陷仍存在困难。笔者通过模拟制作典型PE管道热熔焊接缺陷试块,采用专用超声波探伤仪及专用探头对各类试块进行无损检测,得出对应的缺陷特征曲线;并对各类缺陷试块进行力学性能研究,分析其失效模式,以期根据缺陷特征曲线及其失效模式得出非金属管道热熔焊接对接焊缝内部质量检测方法。

1 试验方法

1.1 模拟缺陷的制备

超声波检验PE管道热熔焊接缺陷是利用声波遇到缺陷会反射的原理,主要是对于缺陷的尺寸和形状的检测反应。为了更加合理地研究不同种类、不同规格尺寸的热熔焊缝缺陷的超声波特征,实验通过机加工方式在PE管热熔对接焊缝上制备了不同规格尺寸的孔洞缺陷和面积型缺陷。模拟试件加工示意图如图1所示。

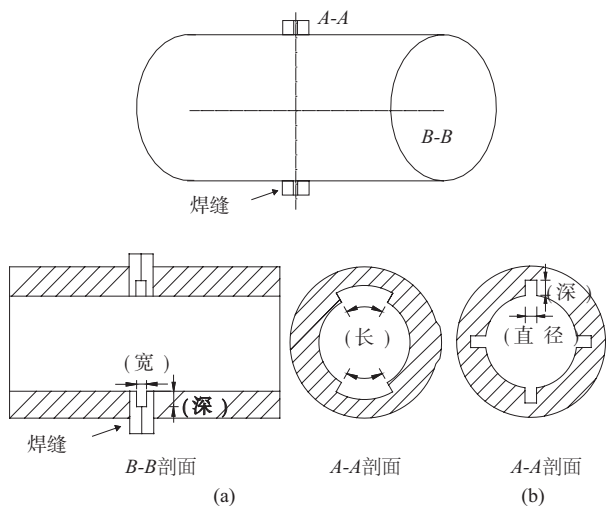
1.2 探头类型及测试参数

超声波检测的探头按照结构可分为直探头、斜

^{*} 国家质检总局科技计划资助项目(CQQTs_2011QK353)

联系人:张琳,硕士研究生,主要研究方向为压力管道检验、无损检测

收稿日期:2014-11-19



a—面积型缺陷; b—孔洞型缺陷

图1 孔洞型缺陷和面积型缺陷模拟制备示意图

探头等,按照波型可分为横波探头、纵波探头等。由于横波声速较小、声衰减较大,在PE管探伤中,横波信号很弱,选择了纵波斜探头,根据PE材料的声波衰减系数^[5],采用聚砒作为透声斜楔,并选用聚砒斜楔、入射角为 45° 、 60° 的探头。超声波检测频率一般在 $0.5 \sim 10$ MHz,对于小缺陷、厚度不大的试件,宜选择较高频率,对于大厚度工件、高衰减材料,应选择较低频率,PE材料为高衰减材料,应选择较低频率^[6],故试验制备了1.25、1.5、2.25 MHz频率的纵波斜探头。由于PE管道探测面为曲面,探头边缘声束会产生散射,晶片愈大,散射愈严重^[7],为了减少这种散射的不利影响,晶片尺寸不宜太大,试验选择 $\varnothing 6$ mm和 $\varnothing 8$ mm的小尺寸晶片。

1.3 力学性能试验

将 $\varnothing 160$ mm $\times$ 16 mm $\times$ 400 mm PE管热熔焊接管件,经外观检验合格后,按照GB/T 8804.1—2003进行拉伸试验取样。清除拉伸试样内卷边,在焊缝中心上分别从内向外加工不同规格尺寸的孔洞型缺陷和面积型缺陷。

2 超声波检测热熔焊缝缺陷的特性

PE管道热熔焊接缺陷对管道力学性能影响较大的是未熔合型缺陷,根据未熔合的形状,主要研究 $\varnothing 160$ mm $\times$ 16 mm的PE管热熔对接焊缝上制备的各种规格尺寸的孔洞型缺陷和面积型缺陷的超声波检测结果。面积型缺陷的超声波图如图2所示,孔洞型缺陷的超声波图如图3所示。表1和表2分别为不同尺寸的面积型缺陷和孔洞型缺陷的超声波测试深度的结果。

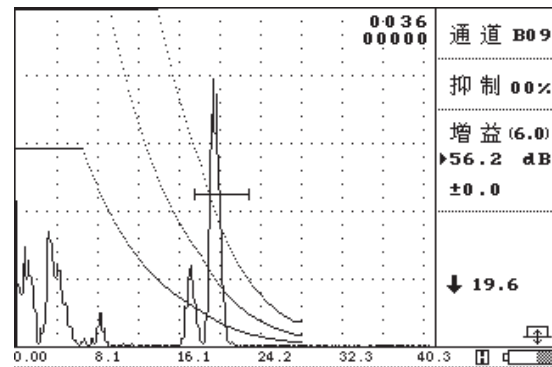
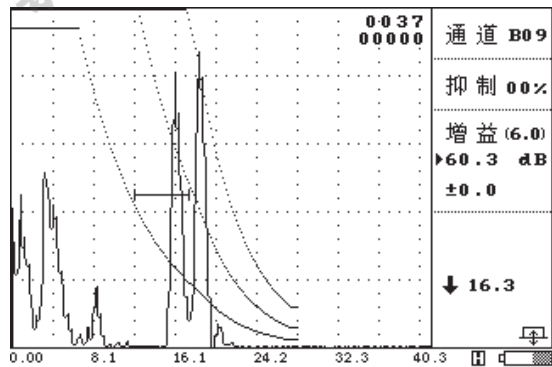
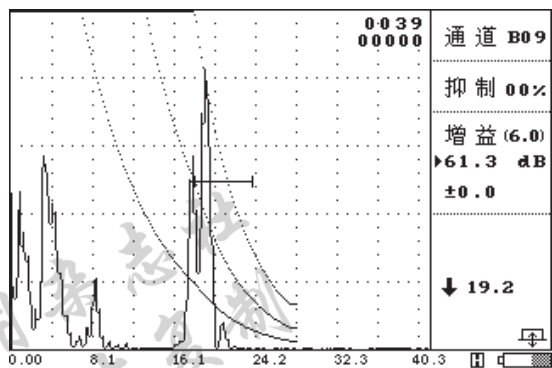
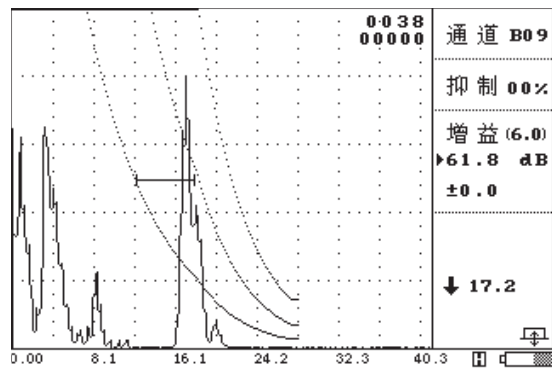
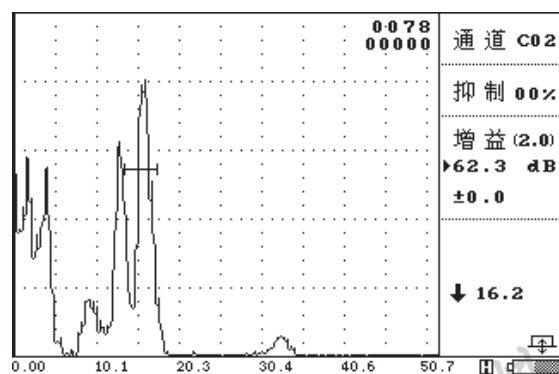
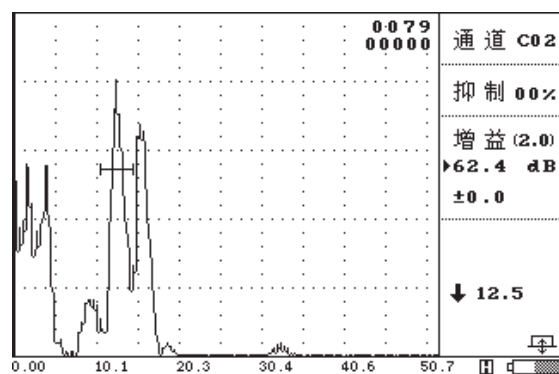
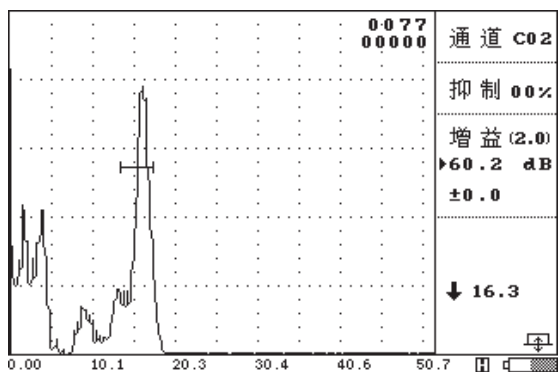
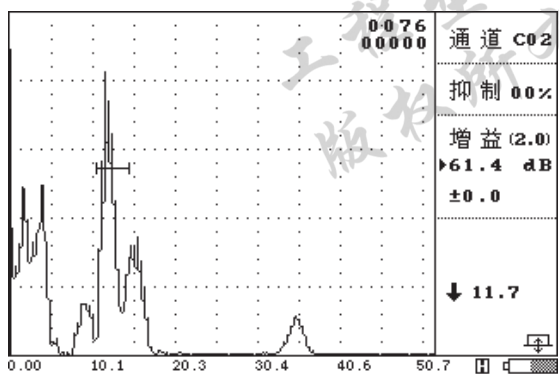
缺陷尺寸: a—1 mm (宽) $\times$ 2 mm (深) $\times$ 80 mm (长);b—1 mm (宽) $\times$ 3 mm (深) $\times$ 80 mm (长)

图2 PE管热熔焊缝面积型缺陷的波形图



(a)



(b)

缺陷尺寸: a— $\text{Ø}2 \text{ mm} \times 3 \text{ mm}$ (深); b— $\text{Ø}3 \text{ mm} \times 3 \text{ mm}$ (深)

图3 PE管热熔焊缝孔洞型缺陷的波形图

从图2可以看出,两种尺寸规格面积型缺陷在超声波检测时,均明显出现两个反射回波。这是由于面积型缺陷的宽度较小,而探头发射的波束相对较宽,超声波在缺陷顶部和底部位置处分别产生反射回波,根据两个波形的位置差异,即可明显判别出面积型缺陷的状态。相比而言,缺陷尺寸较大时,缺陷产生的两个反射回波越容易分辨。从图3可以看出,与面积型缺陷检测结果相似,所有不同孔径和深度的孔洞型缺陷在超声波检测时,均出现两个反射回波。

表1 超声波检测面积型缺陷的深度 mm

缺陷实际尺寸	超声波检测出缺陷深度
1(宽) $\times$ 2(深)	2.0
1(宽) $\times$ 3(深)	2.9
1(宽) $\times$ 4(深)	3.7
1(宽) $\times$ 5(深)	4.7
2(宽) $\times$ 7(深)	7.1
2(宽) $\times$ 9(深)	9.2

表2 超声波检测孔洞型缺陷的深度 mm

缺陷实际尺寸	超声波检测出缺陷深度	缺陷实际尺寸	超声波检测出缺陷深度
$\text{Ø}2 \times 3$ (深)	3.5	$\text{Ø}3 \times 5$ (深)	5.7
$\text{Ø}2 \times 4$ (深)	4.2	$\text{Ø}3 \times 6$ (深)	6.3
$\text{Ø}2 \times 5$ (深)	5.4	$\text{Ø}4 \times 3$ (深)	3.6
$\text{Ø}2 \times 6$ (深)	6.3	$\text{Ø}4 \times 4$ (深)	4.8
$\text{Ø}3 \times 3$ (深)	3.6	$\text{Ø}4 \times 5$ (深)	5.5
$\text{Ø}3 \times 4$ (深)	4.5	$\text{Ø}4 \times 6$ (深)	6.6

试验通过缺陷两个反射回波显示的深度差计算出缺陷深度的大小。从表1可以看出,超声波检测出的缺陷深度与实际机加工深度基本一致,误差较小,而且对于不同长度的缺陷,可沿焊缝圆周方向移动,测试出缺陷的长度。从表2计算结果也可以看出,超声波检测出的缺陷深度与实际机加工深度基本一致,但是由于个别孔洞型缺陷实际机加工时存在一定误差而导致引起检测深度差异,与面积型缺陷相比,超声波检测孔洞型缺陷的误差稍大。总体上,超声波探伤对于平面状缺陷,不管其厚度如何薄,只要超声波是垂直地射向它就可以获得很高的缺陷回波,可以发现埋深非常小的面积型缺陷以及孔洞型缺陷,且发现缺陷的灵敏度高,探伤分辨力很高。

3 检测评判标准

PE管道热熔焊接缺陷对管道的影响最终表现在力学性能上^[8],试验测试了缺陷对管道力学性能的影响,以期通过力学性能结果与超声波检测结果的对应,建立超声波检测结果的评判标准。试验将各种尺寸的焊接缺陷拉伸试件与无热熔焊接缺陷试

件进行比较,试验结果如表 3 所示。

表 3 各种热熔焊接缺陷试件拉伸试验记录表

试样	拉伸强度 /MPa	断裂伸长率 / %
无缺陷 (未剥卷边)	21.542	428.399
无缺陷 (剥外卷边)	20.591	429.995
无缺陷 (剥内卷边)	20.288	454.139
Ø1 mm×1 mm(深)	21.506	480.074
Ø1 mm×2 mm(深)	20.763	446.011
Ø2 mm×2 mm(深)	21.624	439.606
Ø3 mm×1 mm(深)	20.190	362.015
Ø3 mm×2 mm(深)	21.443	360.548
Ø4 mm×2 mm(深)	19.989	489.343
Ø2 mm×3 mm(深)	21.501	294.083
Ø2 mm×4 mm(深)	21.322	81.629
Ø2 mm×5 mm(深)	22.237	67.724
1 mm(宽)×1 mm(深)	19.912	321.710
1 mm(宽)×2 mm(深)	18.278	81.746
1 mm(宽)×3 mm(深)	16.714	53.691
1 mm(宽)×5 mm(深)	12.438	15.793

从表 3 可以看出,无热熔焊接缺陷试件的断裂伸长率大于 350%,满足 GB 15558.1-2003 要求。剔除内、外卷边后,断裂伸长率仍然满足要求。剔除个别离散数据后,对于孔洞型缺陷拉伸试样:Ø1 mm×1 mm,Ø1 mm×2 mm,Ø2 mm×2 mm,Ø3 mm×1 mm,Ø3 mm×2 mm,Ø4 mm×2 mm 的断裂伸长率均大于 350%;其余更大尺寸的孔洞型缺陷断裂伸长率较小,不满足要求。对于面积型缺陷拉伸试样:所有尺寸的面积型缺陷断裂伸长率均较小,不满足要求。面积型缺陷的热熔焊接接头的拉伸性能较差。

由于缺乏 PE 管对接焊接接头超声检测和质量分级的标准^[9],因此,在利用距离一波幅曲线给缺陷定量时,需结合各种热熔焊接缺陷试件的力学性能试验结果。根据力学性能试验结果,无热熔焊接缺陷试件以及剔除内、外卷边的无热熔焊接缺陷试件的力学性能满足要求;Ø1 mm×1 mm,Ø1 mm×2 mm,Ø2 mm×2 mm,Ø3 mm×1 mm,Ø3 mm×2 mm,Ø4 mm×2 mm 孔洞型缺陷试件的力学性能满足要求,其余尺寸孔洞型缺陷的力学性能不能满足要求,试验选用所有尺寸的面积型缺陷试件的力学性能均不能满足要求。基于上述试验结果,可根据距离一波幅曲线灵敏度选择表 4 的评定标准。

表 4 距离一波幅评定标准

管厚/mm	评定线	定量线	判废线
10~20	Ø3×20-30 dB	Ø3×20-24 dB	Ø3×20-16 dB

4 结论

(1) 超声波检测出的缺陷深度与实际机加工深

度基本一致,对面积型缺陷和孔洞型缺陷都具备较好的探伤检测能力,特别是超声波探伤对于平面状缺陷,不管其厚度如何薄,只要超声波是垂直地射向它就可以获得很高的缺陷回波,探伤分辨力很高。

(2) 结合各种 PE 管热熔焊接典型缺陷试件的力学性能试验结果,以及各缺陷对应的超声波波形图,确定了距离一波幅曲线灵敏度,建立了 PE 管热熔焊接焊缝的质量判定依据。

(3) 缺陷试件的力学性能测试表明,超声波检测结果与力学性能检测结果具有较好的一致性,证实了超声波检测方法具有较好的可靠性。

参考文献

[1] 阳代军,霍立兴,张玉凤,等. 塑料压力管道热熔对接焊机的研制与开发[J]. 工程塑料应用,2003,31(1):55-57.
Yang Daijun, Huo Lixing, Zhang Yufeng, et al. Preparation and development of butt fusion welding machine for pressurized plastic pipes[J]. Engineering Plastics Application, 2003, 31(1):55-57.

[2] 位延堂,王友印,徐斌. 聚乙烯管材的连接方法和技术[J]. 工程塑料应用,2003,31(3):31-34.
Wei Yantang, Wang Youyin, Xu Bin. Connecting method and technology of polyethylene pipe[J]. Engineering Plastics Application, 2003, 31(3):31-34.

[3] 石秀山,何仁洋,任峰,等. 埋地聚乙烯管道安全检验关键技术及工程应用[J]. 管道技术与设备,2011(1):23-25.
Shi Xiushan, He Renyang, Ren Feng, et al. Key inspection technology and application to buried polyethylene pipeline[J]. Pipeline Technology and Equipment, 2011(1):23-25.

[4] 郑津洋,郭伟灿,施建峰,等. 聚乙烯电熔接头冷焊缺陷的超声检测方法[J]. 焊接学报,2008(9):1-4.
Zheng Jinyang, Guo Weican, Shi Jianfeng, et al. Ultrasonic inspection to detect cold welding in electro-fusion joint of polyethylene pipes[J]. Transactions of the China Welding Institution, 2008(9):1-4.

[5] 于润桥,徐长英,罗水云,等. PE 管超声检测试验[J]. 无损检测,2008(2):112-114.
Yu Runqiao, Xu Changying, Luo Shuiyun, et al. The Applications of ultrasonic testing for PE pipe[J]. Nondestructive Testing, 2008(2):112-114.

[6] 徐家怡,王丽. 聚乙烯管道焊接接头的超声波检测[J]. 煤气与热力,2011(12):29-31.
Xu Jiayi, Wang Li. Ultrasonic detection of welding joint of polyethylene pipe[J]. Gas & Heat, 2011(12):29-31.

[7] 刘同文,麦少棠,黎志雄,等. 聚乙烯管道接头的超声波检测[J]. 科技与创新,2014(15):24-27.
Liu Tongwen, Mai Shaotang, Li Zhixiong, et al. Ultrasonic testing of polyethylene pipe welding joint[J]. Science and Technology & Innovation, 2014(15):24-27.

- [8] 铁文安,杨冬营,孙芳莉,等. 聚乙烯管材热熔对接接头性能的研究[J]. 工程塑料应用,2007,35(10):37-39.

Tie Wenan, Yang Dongying, Sun Fangli, et al. Performance research of polyethylene pipe heat fusion joint[J]. Engineering Plastics Application, 2007, 35(10): 37-39.

巴斯夫推出新 Styrodur 挤塑泡沫板

巴斯夫(BASF)日前推出了一款名为 Styrodur 3000 CS 的挤塑聚苯乙烯硬泡面板,厚度从 30~240 mm 的面板热导率均为 $33 \text{ mW}/(\text{m} \cdot \text{K})$,该绝缘面板的热导率比其它标准级别 Styrodur 高出 15%。

此项新的生产技术主要将几个具有优良特性的较薄面板拼接在一起,意味着超过 140 mm 厚的面板能具有更好的导热性。通过这项已经申请专利的技术,巴斯夫向施工员、建筑材料供应商、规划师以及建筑师都提供了集众多优点的高质量 Styrodur 挤压泡沫。

除了导热性更好以外,新技术还给建筑材料供应商和施工现场管理提供获得厚绝缘面板的更快途径。

Styrodur 3000 CS 提供给建筑师和规划师许多结构和土木工程上的应用。正因为所有厚度导热性都相同, Styrodur 3000 CS 简化了建筑上的计算。得益于更好的导热性,采用较薄的面板就能达到所要求的传热系数。此外,绝缘材料能安装在一层上,因此为工人节约了时间和成本。总之, Styrodur 3000 CS 绝缘材料能给建筑行业带来更好的经济效益。

(PUWORLD)

德国大陆集团生态汽车内饰材料工厂在常州动工

德国大陆集团康迪泰克事业部旗下贝内克-卡里科业务单元近日在我国常州举行了新工厂奠基仪式。这是该公司史上最大的投资项目。

新工厂贝内克-长顺生态汽车内饰材料(常州)有限公司是由贝内克-卡里科与中方合作伙伴江苏长顺集团共同成立的合资企业。

新工厂将专门生产环保型、低排放、无致敏性汽车内饰材料 Acella Eco。

第一阶段投资近 4000 万欧元,将成为贝内克-卡里科有史以来的最大投资。新工厂占地面积 24000 m^2 ,将招聘 250 名员工。

常州工厂已接到首批订单,将于今年年底投入量产,每年最高可生产 1000 万 m^2 Acella Eco 产品。常州工厂破土动工的前一年,贝内克-长顺汽车内饰材料(张家港)有限公司完成一个重要的产能扩大项目,即新建生产线 TEPEO® 薄膜。

贝内克-卡里科股份有限公司执行董事会主席表示,我国汽车市场的客户越来越关注可持续绿色产品,主要原因有两点:汽车内饰排放新法规出台;社会在保护人类健康方面做出积极努力。几十年来,他们一直致力于开发低气味、低排放的表皮材料解决方案,同时检测车内污染物。如今,通

- [9] 施建峰,郭伟灿,师俊,等. 聚乙烯及其复合管道安全检测与评价方法[J]. 化工学报,2013(2):756-764.

Shi Jianfeng, Guo Weican, Shi Jun, et al. Development of non-destructive testing and safety assessment of polyethylene and composite pipes[J]. CIESC Jorunal, 2013(2): 756-764.

过建设新工厂,他们将把专业知识带给我国本土的业务合作伙伴。

Acella Eco 适合皮肤长期直接接触,不含锑和任何其它重金属。应用范围包括车内座椅、车门内饰板及装饰表面。

(中国聚合物网)

陶氏化学水性复合树脂铺装自行车绿道

近日,上海市相关领导对采用陶氏化学提供的易广道 TM 水性复合 AEH 树脂建设的上海首条自行车绿道示范工程予以肯定。该绿道示范工程全长 30 km,宽 2.9 m,是亚洲最大的自行车主题公园的重要组成部分,也是崇明岛整体绿道布局中的起步一环。该自行车道铺装高分子砂浆彩色路面,由承建方与陶氏化学紧密合作,陶氏化学提供创新型易广道 TM 水性复合 AEH 树脂。该产品含有独特的技术及工艺,具有优异的防滑、抗紫外线照射、耐热胎印痕等性能,以及出色的耐用性及较长的使用寿命,可将挥发性有机化合物影响降至最低。

(中国色母粒网)

挤出机行业发展具有较大的市场空间

我国塑料机械调整结构提升挤出机行业发展空间。当前国内塑料机械行业的发展现状是存在自主创新能力较低、高档与个性化专用品种较少,行业集中度低等问题。这些问题的存在导致我国的塑料机械行业还不能尽快地赶上国外塑料机械水平。

经过长期的发展,我国塑机行业的国际影响力不断提高,应对贸易保护主义能力增强,制造技术水平和整体实力进一步提高,因此,我国挤出机行业在外贸出口方面的有利条件很多。

由于我国挤出机产品与战略性新兴产业紧密相联,具有高效、节能的优势和较高的性价比,对发达国家出口以中低端为主,这部分消费需求呈现刚性,因而,挤出机行业发展仍然具有较大的市场空间。

从国内而言,我国仍处于工业化、信息化、城镇化、市场化、国际化深入发展阶段,仍处于发展的重要战略机遇期,这也将给挤出机行业提供不竭的发展动力。最后,国际市场的回暖,为挤出机企业带来了信心。

现在发达国家的挤出机行业已普遍采用现代电子和计算机控制技术,对整个挤出过程的工艺参数如熔体压力及温度、各段机身温度、主螺杆和喂料螺杆转速、喂料量,各种原料的配比、电机的电流电压等参数进行在线检测,并采用微机闭环控制。有的公司已采用网上远程监测、诊断和控制,对挤出成型生产线进行网络控制。这对保证工艺条件的稳定、提高产品的精度都极为有利。

(工程塑料网)