

喷涂聚脲弹性体技术的发展历程*

黄微波 王宝柱 陈酒姜 刘培礼 刘东晖

(海洋化工研究院 青岛 266071)

摘 要

本文重点介绍喷涂聚脲弹性体技术的发展进程和推广普及情况。

关键词: 喷涂、聚脲、弹性体、发展

前 言

喷涂聚脲弹性体 (Spray Polyurea Elastomer 以下简称 SPUA) 技术是国外近十年来,继高固体份涂料、水性涂料、光固化涂料、粉末涂料等低(无)污染涂装技术之后,为适应环保需求而研制、开发的一种新型无溶剂、无污染的绿色施工技术。该技术自 1999 年在我国投入商业应用以来,已经在钢结构防腐、建筑物防水、影视道具制作等领域,得到了广泛的应用。

随着 SPUA 技术的发展,越来越多的人希望了解这一高新技术的发展情况。国外在组织机构、人员培训、设备研发、推广宣传等方面,开展了大量卓有成效的工作,非常值得我们借鉴。

笔者从大量的国外资讯中去粗取精,并结合在我国研制和开发 SPUA 技术中的体会,撰写本文,以期进一步推动我国 SPUA 技术的发展。

一、关于喷涂聚氨酯、聚氨酯(脲)聚脲的定义

早期对喷涂聚氨酯、聚氨酯(脲)聚脲的定义比较含混,即:将 R 组份中端氨基树脂和端氨基扩链剂含量在 80% 以上的体系,称为聚脲;将 R 组份中端羟基树脂和端羟基扩链剂含量在 80% 以上的体系,称为聚氨酯;介于两者之间的称为聚氨酯(脲)或混合体(hybrid)。

随着喷涂聚脲弹性体技术的发展,其定义也越来越清晰。根据最近美国“聚脲发展协会”(Polyurea Development Association,简称 PDA)对喷涂聚氨酯、聚氨酯(脲)聚脲的定义是:

喷涂聚氨酯:是由异氰酸酯组份(简称 A 组份)与树脂组份(简称 R 组份)反应生成的一种弹性体物质。异氰酸酯既可以是芳香族的,也可以是脂肪族的。其中的 A 组份可以是单体、聚合物、异氰酸酯的衍生物、预聚物和半预聚物;预聚物和半预聚物是由端羟基化合物与异氰酸酯反应制得。其中的 R 组份一定是由端羟基树脂(例如:二元醇、三元醇、多羟基聚合物多元醇等)和端羟基(芳香族或脂肪族)扩链剂组成,在端羟基树脂中,一定含有用于提高反应活性的催化剂。

喷涂聚氨酯(脲):也叫混合体,它是由异氰酸酯组份(简称 A 组份)与树脂组份(简称 R 组份)反应生成的一种弹性体物质。异氰酸酯既可以是芳香族的,也可以是脂肪族的。其中的 A 组份可以是单体、聚合物、异氰酸酯的衍生物、预聚物和半预聚物;预聚物和半预聚物是由端氨基或者端羟基化合物与异氰酸酯反应制得。其中的 R 组份既可以是端羟基树脂(或扩链剂),也可以是端胺

* 2003 年科技部攻关计划引导项目

* 2001 年青岛市科技重点发展项目

基树脂（或扩链剂）；在 R 组份中，可以含有用于提高反应活性的催化剂。

喷涂聚脲：是由异氰酸酯组份（简称 A 组份）与氨基化合物组份（简称 R 组份）反应生成的一种弹性体物质。异氰酸酯既可以是芳香族的，也可以是脂肪族的。其中的 A 组份可以是单体、聚合体、异氰酸酯的衍生物、预聚物和半预聚物。预聚物和半预聚物是由端氨基或者端羟基化合物与异氰酸酯反应制得。其中的 R 组份一定是由端氨基树脂和端氨基扩链剂组成，在端氨基树脂中，不得含有任何羟基成分和催化剂，但可以含有便于颜料分散的助剂。

喷涂弹性体最早起源于上世纪 70 年代，初期的品种是喷涂聚氨酯弹性体（简称 SPU）。但由于在施工时，体系容易与周围环境中的水分、湿气反应，产生二氧化碳，生成泡沫状弹性体（foamy elastomer），造成材料力学性能不稳定。因此，人们很快想到在树脂组份中引入端氨基化合物，即喷涂聚氨酯（脲）弹性体（简称 SPU[A]）。这样，可有效地阻止异氰酸酯与水分、湿气的反应，材料力学性能得到很大改善，工程应用明显增加。

但是，喷涂聚氨酯（脲）弹性体仍然没有从根本上解决体系的发泡问题，在工程实践中，还是经常出现一些缺陷。上世纪 80 年代中期，美国 Texaco 公司 Dudley J Primeaux 先生在上世纪 80 年代中期，在美国率先开发出喷涂聚脲弹性体（简称 SPUA），因而从根本上解决了困扰施工界的重大技术难题。国内在海洋化工研究院的带领下，SPUA 技术得到了良好的发展，日益受到人们的关注。

我国的喷涂弹性体技术也经历了比较曲折的发展过程：上世纪九十年代，山西化工研究所张全升等人，使用 Bayer 公司的 G31 喷涂机开展喷涂聚氨酯弹性体技术的研究与开发。但是，由于技术和市场的原因，未能得到大规模的商业应用。1995 年海洋化工研究院黄微波等人，在国内率先开展喷涂聚脲弹性体技术的研究与开发，商品牌号为 SPUA，获得了很好的商业应用业绩，系列产品涉及防腐、防水、防滑、装饰、布景、道具、耐磨、耐酸、耐碱、耐老化、抗冲击等众多领域，并陆续发表了大量文章，申请了发明专利。2000 年江苏化工研究所郁为铭等人开始喷涂聚氨酯（脲）弹性体的探索，商品牌号为 JSU，应用领域涉及隧道防水、水闸防腐等。2001 年湖南湘江涂料集团有限公司贺光辉等人，开展了喷涂聚脲弹性体技术在皮卡车耐磨衬里的研制，商品牌号为“优力”；同年烟台华特聚氨酯公司李洪剑等人开展了喷涂聚氨酯弹性体技术在屋面防水、管道防腐的应用，商品牌号为 HTpu7001-SF。与此同时，美国 SPI 公司、联合涂料公司、韩国一山聚氨酯公司、国都化学公司等企业，也陆续将它们的产品销往国内市场。

在喷涂聚脲弹性体技术的发展过程中，具有重要历史意义的进展情况见表 1

表 1 喷涂聚脲弹性体技术发展大事记

年代	重大事件
1937 ~ 1940	合成高分子工业诞生，制成二异氰酸酯、二元醇、二元胺
1940 ~ 1950	聚氨酯弹性体和胶粘剂投入商业应用
1953	采用高压设备，制造出第一个具有商业价值的聚氨酯泡沫
1957	生产出第一批 MDI 及硬质聚氨酯产品
1960 ~ 1965	硬质聚氨酯泡沫投入建筑隔热保温应用
1968 ~ 1973	RIM 技术诞生，高压设备用于制造大型模压零部件
1970 ~ 1980	JEFFAMINE [®] 聚醚工业化，并用作环氧固化剂
1978 ~ 1985	聚脲专利开始进入商业应用，JEFFAMINE [®] 聚醚用于 RIM
1986	第一个芳香族喷涂聚脲弹性体配方在美国 Taxco 公司喷涂成功

1989	第一个脂肪族喷涂聚脲弹性体配方在美国 Taxco 公司喷涂成功
1991	喷涂聚脲弹性体技术在北美地区投入商业应用
1991 ~ 2000	喷涂聚脲弹性体技术在世界各地蓬勃发展
1995	海洋化工研究院开始喷涂聚脲弹性体技术前期研究
1996	海洋化工研究院率代表团赴美国考察弹性体喷涂设备
1997	海洋化工研究院引进第一台喷涂聚脲弹性体设备
1998	第一个芳香族喷涂聚脲弹性体配方在海洋化工研究院喷涂成功
1999	黄微波等人在国内连续发表专业文章,喷涂聚脲弹性体技术在我国投入商业应用,青岛海豚表演馆成为第一个应用实例
2000	美国“聚脲发展协会”成立,第一届 PDA 年会召开;国内第一个喷涂聚脲弹性体技术专业网站 (http://mcri.yeah.net) 建立
2001	海洋化工研究院开始在国内申请喷涂聚脲弹性体发明专利
2002	第三届 PDA 年会召开,海洋化工研究院被接纳为会员,黄微波被接纳为海外理事
2003	中国聚脲网站 (www.polyurea.con.cn) 建立,黄微波应邀出席第四届 PDA 年会及理事会
2004	由黄微波等主编的第一部关于喷涂弹性体的专著“喷涂聚脲弹性体技术”即将出版

二、关于喷涂聚氨酯、聚氨酯(脲)配方设计要点:

虽然喷涂聚氨酯、聚氨酯(脲)存在一些不足,但由于其明显的价格优势,一直引起人们的浓厚兴趣。通过大量的实验室研究和工程实践积累,人们总结出一些提高喷涂聚氨酯、聚氨酯(脲)体系性能的方法。这些方法与制备浇注型聚氨酯弹性体非常相似,但更加强调喷涂过程中,对抗击遇水发泡问题的解决,现简要介绍如下:

(1) A 组份

在喷涂聚氨酯、聚氨酯(脲)弹性体组成中,为了减少异氰酸酯挥发对施工者和环境的损害,几乎都采用挥发性低、毒性小的二苯甲烷二异氰酸酯(MDI)及其衍生物,例如:碳化二亚胺化二异氰酸酯(俗称“液化 MDI”)、多亚甲基多苯基多异氰酸酯(PAPI)等,基本上不使用甲苯二异氰酸酯(TDI)作为异氰酸酯组份。

A 组份中异氰酸酯基团(NCO)的百分含量称为异氰酸酯含量,通常用(NCO%)表示。体系中的异氰酸酯含量对生成弹性体的性能有着非常重要的影响,在喷涂聚氨酯、聚氨酯(脲)弹性体组成中,异氰酸酯含量的变化范围在3%~30%之间。采用预先合成预聚物的方法有助于喷涂弹性体总体性能的提高,通常将异氰酸酯含量低于12%的合成产物称为预聚物;将异氰酸酯含量介于12%~25%之间的合成产物称为半预聚物或假预聚物。

A 组份中异氰酸酯的含量对其自身的粘度有着明显的影响,见表2。由于异氰酸酯与空气中水分的反应活性很高,通常需要将盛装异氰酸酯的容器中,充入氮气或干燥空气。

表2 异氰酸酯含量与粘度的关系

异氰酸酯含量(NCO%)	粘度(cps)
10	2500
16.5	600
18	550

23	675
27	600

为了减少水分对喷涂弹性体的影响，尽量选择半预聚物，少选纯异氰酸酯单体或预聚物。其优点是 对空气中水分的敏感性低；生成的弹性体力学性能好；粘度低，适合于喷涂作业；同时，体系中的异氰酸酯指数（NCO Index）控制在 1~1.05，这将有利于减少各种微量水分因素对材料性能的影响。

(2) R 组份

影响 R 组份的因素比较多，下面分别进行介绍：

聚合物多元醇

为了便于喷涂施工，聚合物多元醇常常选用液体聚醚多元醇，而不选用固体或半固体的聚酯多元醇、聚四氢呋喃聚醚（PTMEG）等原料。从耐水角度考虑，在选用液体聚醚多元醇时，尽量选择氧化丙烯封端，而不要选择氧化乙烯封端。

聚醚多元醇的羟值控制在 25~1050；官能度选择范围在 2~6 之间。总之，羟值高、官能度高的体系强度大、伸长率小、弹性差；反之则强度小、伸长率大、弹性好。

聚醚多元醇和扩链剂组成的树脂组份也有吸湿性，最大吸湿率可以达到 2%，因此，必须密封贮存，最好也像异氰酸酯组份一样，充入氮气或干燥空气。

扩链剂

在早期的喷涂纯聚氨酯体系中，扩链剂全部是含羟基的低分子醇，在湿度大时，难以喷出好的产品。之后，人们逐渐认识到需要引入低分子胺来调节反应速度和抵抗湿气的干扰，这就是所谓的聚氨酯（脲）混合体。胺扩链剂的引入还增加了喷涂体系的触变性和整体力学性能，更有利于在垂直面的施工。

美国乙烯公司（Ethyl CO，即现在的雅宝公司，Albemarle）最先开发的两种液体胺类扩链剂：二乙基甲苯二胺（商品牌号 Ethacure®-100）、二甲硫基甲苯二胺（Ethacure® 300），对提高喷涂聚氨酯、聚氨酯（脲）弹性体性能发挥了重要作用。后来，美国 UOP 公司开发的 N,N'-二烷基甲基二苯胺（商品牌号 UNILINK® 4200），对进一步提高材料的性能也起到了关键作用。

催化剂

在喷涂聚氨酯、聚氨酯（脲）弹性体中，必须加入催化剂来提高树脂组份的反应活性。催化剂通常有两类：有机金属催化剂和胺类催化剂。在有机金属催化剂中最常使用的是有机锡和有机铋；在以半预聚物作为异氰酸酯组份的体系中，最好选用胺类催化剂，这样会有助于促进半预聚物与树脂组份反应的彻底进行。

为了有效地控制发泡，可以通过有机金属催化剂和胺类催化剂复配的方法，调节体系的凝胶时间在 20~60 秒之间。因为凝胶时间太短，会影响与底材的附着力；凝胶时间太长，会给 A 组份与水的反应创造条件。

其它助剂

在喷涂聚氨酯、聚氨酯（脲）弹性体中，除了上述必要的参与化学反应的原料外，还需要使用一些添加剂，诸如：抗氧剂、紫外光稳定剂、着色剂、分散剂、防沉降剂、吸水剂等。特殊用途的场合，还要加入抗静电剂、防滑粒料等。

总之，在喷涂聚氨酯、聚氨酯（脲）弹性体配方设计中，为了使体系中 A 组份与 R 组份的混合更加充分、完善，无论加入多少助剂，都应使两者的粘度尽量接近。

目前，由于端氨基聚醚依赖进口，价格昂贵，使得喷涂聚脲弹性体技术难以在短期内大规模普及。在一些用户要求不高、环境比较干燥的场合，喷涂聚氨酯

或者聚氨酯（脲）弹性体，也是一种较为经济实用的办法。但是，我们应该清醒地看到：要达到稳定的材料性能，尤其是耐介质性、耐久性、耐老化性等，必须使用喷涂聚脲弹性体技术，这一点毋庸置疑。

喷涂聚脲弹性体材料的出现，打破了以往环氧、丙烯酸、聚氨酯统领天下的局面，为施工界提供一种非常先进、实用的技术。特别是它对高水分、高湿度环境下的容忍度，深受户外施工者的称道。

三、关于 PDA

为了更好地推动 SPUA 技术在世界各地的蓬勃发展，及时交流信息，实现资源共享，2000 年美国成立了“聚脲发展协会”（Polyurea Development Association 简称 PDA），总部设在密苏里州的堪萨斯城。HUNTSMAN 公司的 Chris Godinich 先生担任首任理事长，2000 年 11 月 30 日在新奥尔良主持召开了第一届 PDA 年会，会议决定：今后每年召开一次 PDA 年会，每年出版四期季刊，刊物的名称定名为“讲坛”（Podium）；同时积极筹备 PDA 专业门户网站 www.pda-online.org。2001～2002 年，被誉为“世界喷涂聚脲弹性体技术之父”的 Dudley J. Primeaux 先生担任了第二任理事长，并分别主持了第二、第三届 PDA 年会，获得了巨大的成功。据介绍：截止到 2002 年底的统计：PDA 共有会员 164 个，比 2001 年增加了 36 个；参加第三届 PDA 年会的代表达到 255 人，比上届增加了近 50 人。2002 年全球聚脲的产量达到 1.13 万吨，销售额达 7500 万美圆；应用领域的分布是：混凝土保护占 60%、耐磨衬里占 15%、钢结构防腐占 10%、影视道具占 10%、防水保温占 5%。在聚脲的消费数量方面：美国占 85%、亚洲占 10%、欧洲占 4%、其它国家和地区占 1%。

在第三届 PDA 年会上，UOP 公司的 Ray Scott 先生被推选为第三任理事长；会议期间，经上届理事长 Dudley J. Primeaux 先生的提名和全体理事表决，同意接纳海洋化工研究院为海外会员、黄微波（Weibo Huang）为海外理事，其他两位海外理事分别是意大利的 Umile Gianluca 和日本的 Toji Nagai，这是国际社会对海洋化工研究院在领导中国“喷涂聚脲弹性体技术”所取得的突出成就，给予的崇高荣誉。应本届理事长 Ray Scott 先生的邀请，黄微波总工程师原计划出席去年 8 月在美国内华达州里诺举行的第四届 PDA 年会及理事会议，并发表题为：“喷涂聚脲弹性体技术在中国的发展与展望”的大会演讲，后因签证问题搁浅。同时，应黄微波总工程师的邀请，Ray Scott 先生将于 2004 年 1 月 30 日至 2 月 5 日访问我国。

目前，PDA 正在积极筹备第五届年会及理事会议，日期为 2004 年 3 月 2～4 日，会议地点定为佛罗里达州的坦帕，本届会议的主题是：继往开来（That was then, This is now.），有关本次会议的详细情况，请读者浏览 PDA 专业网站：www.pda-online.org。

为了进一步满足国内用户对了解“喷涂聚脲弹性体技术”的迫切需要，我们在海洋化工研究院原有 SPUA 技术专业网站（<http://mcri.yeah.net>）的基础上，于 2003 年 8 月又正式开通了“中国聚脲网站”，网址为：www.polyurea.com.cn。该网站侧重普及基本的聚脲知识，设有聚脲技术、应用领域、应用实例、技术指南、相关知识和人物专访等栏目，并汇集了众多国内外知名公司的网址，极大地开阔了读者的视野，促进了 SPUA 基础知识在我国的普及。

四、关于喷涂设备进展

谈到 SPUA 技术，就必然会联系到 Gusmer 公司。该公司成立于 1961 年，总部位于美国东部的新泽西州雷克伍德市，长期从事聚氨酯泡沫、RIM 弹性体

设备制造，具有丰富的设计、研制和开发经验，是世界领先的弹性体喷涂设备制造商。该公司于上世纪八十年代中期，为了配合 Texaco（即现在的 Huntsman）公司开发 SPUA 技术，将早期用于喷涂聚氨酯泡沫的 H-2000 主机和 GX7-100 喷枪，进行喷涂弹性体的试验，并逐步完善为 H-3500 主机和 GX7-400 喷枪；之后，又分别于 2000 年和 2002 年成功推出 H-20/35 主机和 GX7-DI 喷枪。Gusmer 公司的喷涂弹性体设备曾长期在全世界处于领先的垄断地位，在全世界设有近 80 家经销商，主要分布为北美 35 个、欧洲 15 个、亚洲 15 个、南美 6 个。根据业务发展的需要，该公司计划于 2004 年成立“卡士马机械（南京）有限公司”，进一步扩大在华市场份额，完善技术支持、培训和服务体系。

技术创新是永无止境的，虽然 Gusmer 公司的设备拥有许多优点，但也存在着混合室容易磨损、拆卸烦琐、零配件多、主机笨重、实时监控困难等不足。面对 SPUA 技术不断推广和普及所带来的巨大商机，美国 Graco 公司利用其长期开发喷涂设备的优势，于 2003 年上半年推出了具有全新概念的新一代喷涂弹性体设备组合：Reactor 主机和 Fusion 喷枪，详情可浏览中国聚脲网：www.polyurea.com.cn。

Reactor 主机摒弃了 Gusmer 公司 H 系列主机采用液压驱动的设计理念，选用电机驱动作为动力源，通过对电机和控制元器件的有机组合，实现对开、关枪操作的瞬间控制，不再需要上百公斤的液压油，大大减少了设备体积和重量，整机重量 180 公斤，仅为 H-20/35 主机的一半，极大地方便了运输和现场施工。该主机配备有新颖的数据下载装置，能够对喷涂过程中 A 料、B 料和管道的温度、压力进行实时监控和纪录，有利于施工结束后的数据分析和查找事故原因。

Reactor 主机的控制面板可根据用户的需要，加装长度可达 91 米的延长线，实现施工人员对设备参数的零距离控制，减少了以往施工设备在远距离操作时的联络不畅和控制失灵，极大地改善了现场监控能力，提高了工程质量。该主机还设计有方便的回流系统，在 A 料、B 料出现压力不平衡时，能自动停机，防止将不合乎比例要求的原料喷涂到施工现场，保证施工质量。旋转相应的阀门，即可使压力快速平衡，不必象以往主机那样，必须经过拆卸喷枪后才能调整压力，方便了施工者。

Fusion 喷枪有两种，即空气自清洁枪（air-purge 简称 AP 枪）和机械自清洁枪（mechanical-purge 简称 MP 枪），其最突出的特点是：混合室耐磨损、拆卸简单、零配件少、维护方便。AP 枪的工作原理与 Gusmer 公司的 GAP 枪、Glas-Craft 公司的 Probler 枪相同，但拆卸和维护过程非常简单、方便，不需要使用任何工具，就可将枪头打开；短时间停机不需要洗枪，只要加注专用油脂即可；独特的金属混合室流体动力学设计，使得混合、雾化效果更好。MP 枪的工作原理与 Gusmer 公司的 GX7-400 枪、GX-DI 枪相同，除了具有 AP 枪的所有优点外，它的混合室采用聚碳酸酯材料，比采用尼龙混合室的喷枪更加耐磨，详情可浏览 Graco 公司网站：www.graco.com。

面对 Graco 公司的挑战，Gusmer 公司积极应对，将 FF-3500 和 H-20/35 主机进行必要的组合后，加装了数据下载系统，减小了设备体积和重量，于 2003 年下半年推出了最新机型 HV20/35，详情可浏览 Gusmer 公司网站：www.gusmer.com。

此外，为了满足管道安装现场对弯、接头部分的喷涂要求，美国 Elastomer Specialities 公司，在研制低压喷涂聚脲弹性体技术方面，走在了前沿，推出了牌号为“Condor”的低压喷涂设备，它省去了主机加热器和管道加热器，缩小了设

备体积。同时，采用静态混合杆替代对撞式混合室，减少了设备日常维护程序，消除了多孔物体表面（例如：混凝土、泡沫）容易出现针孔的弊病，并大大简化了喷涂聚脲弹性体施工设备的配置，降低了日常维护费用，便于运输和在狭小空间施工。

六、结束语

SPUA 技术在我国的研究和应用成功，无疑将带动我国新型涂料和涂装技术的迅速发展，将我国的高性能施工技术推向一个新台阶。

国外将 SPUA 技术用于长距离输送油（气、水）管道、跨海大桥、石油化工储罐、隧道、大型场地的防护等领域，已经有近 20 年的历史了，取得了非常好的防护效果和经济、社会效益，我国在这方面的研究和应用才刚刚起步。“十五”期间，我国将建设以“西气东输”、“南水北调”、“西电东送”、“青藏铁路”、“奥运场馆”、“世博园区”为代表的一大批基础设施工程，我们相信：通过大家的共同努力，SPUA 技术必将为国民经济和市政建设做出巨大的贡献。

七、主要参考文献

- [1] D.J. Primeaux, Spray Polyurea Versatile High Performance Elastomer for the Polyurethane Industry. In : Polyurethanes 89, Proceedings of the SPI 32nd Annual Technical/Marketing Conference. San Francisco,1989,26
- [2] D. J. Primeaux, A Study of Polyurea Spray System. High Solids Coatings, 1994,15:2
- [3] D. J. Primeaux, Polyurea Spray Technology in Commercial Applications. 60 Years of Polyurethanes: International Symposium and Exhibition, 1997
- [4] D.J. Primeaux 在海洋化工研究院讲学笔记·青岛·1998.6.
- [5] 黄微波, 赴美国考察报告, 1997.1.
- [6] 黄微波等, 喷涂聚脲弹性体技术及应用, 第三届聚氨酯涂料暨第四届汽车涂料和涂装技术交流会论文集·昆明·1999, 9, P19~27.
- [7] 黄微波等, 喷涂聚脲弹性体技术, 聚氨酯工业, 1999, Vol.14, No.4, P7~11
- [8] 黄微波等, 喷涂聚脲弹性体技术在我国的发展, 涂料工业, 2000, Vol. 30, No. 11, P19-23.
- [9] 黄微波等, 喷涂聚脲弹性体材料, 材料导报, 2000, Vol. 14, No. 12, P33~35.
- [10] 黄微波等, 喷涂聚氨酯泡沫聚脲弹性体复合材料, 新型建筑材料, 2000,12,P7~9.
- [11] 黄微波等, 喷涂聚脲弹性体技术的发展, 中国涂料, 2001, No. 5, P31~37.
- [12] 黄微波等, 喷涂聚脲弹性体技术在我国的发展与展望, Utech Asia/Pu China 2002 国际会议论文集, P17~26, 深圳, 2002, 4。
- [13] 黄微波等, 防腐蚀领域新突破——喷涂聚脲弹性体技术, 第三届海峡两岸材料腐蚀与防护研讨会论文集, 青岛, 2002, 10。
- [14] 黄微波等, 喷涂聚脲弹性体技术的理论与实践, 上海涂料, 2003, 4, P8~12.
- [15] 黄微波, 喷涂聚脲弹性体技术及应用, 世界建筑, 2003, 9, P82~83.
- [16] 黄微波等, 中国专利 01114995.7
- [17] 黄微波等, 中国专利 01114996.5
- [18] 王宝柱等, 喷涂聚脲弹性体技术的应用, 聚氨酯工业, 2000, Vol. 15, No.1, P39~44.
- [19] 徐德喜等, 喷涂聚脲弹性体设备, 聚氨酯工业, 2000, Vol. 15, No. 2, P5~8.

- [20] 陈酒姜等, 喷涂聚脲弹性体材料的施工和工艺, 涂料工业, 2001, 3, p23 ~ 28
- [21] 吕平等, 喷涂聚脲弹性体在建筑中的应用, 施工技术, 2000, Vol. 29, No. 4, P45 ~ 46.

The Development History of Spray Polyurea Elastomer Technology

Weibo Huang, Baozhu Wang, Jiujiang Chen, Peili Liu and Donghui Liu
(Marine Chemical Research Institute, Qingdao, China, 266071)

Abstract MCRI is the pioneer to make research and development of Spray Polyurea Elastomer Technology in China. Much progress has been made in formulation and application. It is focused on development history in this paper.

Keywords spray, polyurea, elastomer, development

作者简介: 黄微波, 男, 1963年8月生, 重庆人, 博士, 研究员。1986年毕业于成都科技大学(今四川大学)高分子材料系, 长期从事国防尖端材料研究; 1995年至今主持“喷涂聚氨酯(脲)弹性体”研究、开发课题, 1996年赴美国考察并引进Gusmer公司设备, 1997年负责设备调试和产品开发, 1998年在国内率先研发成功“喷涂聚脲弹性体技术”, 1999年将该高、新技术推向了商业应用, 是我国“喷涂聚脲弹性体技术”的创始人和领路人, 被誉为“中国喷涂聚脲弹性体技术之父”。

先后荣获国家发明奖、科技进步奖、中国专利优秀奖各一项, 部级奖五项; 1994年被原化工部授予“全国化工科技先进工作者”, 1995年被原化工部破格晋升为高级工程师, 1998年被山东省授予“优秀青年知识分子”, 1999年被青岛市授予“青岛市十佳科技青年”, 2001年被青岛市授予“专业技术拔尖人才”称号, 2002年被授予“国家有突出贡献的中青年专家”, 享受国务院政府特殊津贴。

在国内外发表论文80余篇, 申请发明专利11项, 合作出版专著3部。现任海洋化工研究院总工程师, 美国“聚脲发展协会”(Polyurea Development Association 简称PDA)三名海外理事(International Directors)之一。

联系方式:

通讯地址: 青岛市金湖路4号, 邮政编码: 266071

传 真: 0532---5814740, 电 话: 0532---5845302

电子信箱: mcri@public.qd.sd.cn,

专业网站: <http://mcri.yeah.net>