

水性聚氨酯研究进展

曹 堃 吴建芬 孙建中 顾培韵

(浙江大学高分子科学与工程学系,杭州,310027)

提要 本文较系统地介绍和评价了国内外水性聚氨酯的制备、性能、应用及其发展。

关键词 水性聚氨酯,涂料,粘接剂

聚氨酯(PU)^[1]具有耐磨、耐化学药品、耐低温柔韧性好及粘合强度大等性能,其弹性体、泡沫塑料、涂料及粘接剂等已获得广泛应用。60年代以来本体型、溶剂型聚氨酯得到各行各业的承认,但有机溶剂及残留异氰酸酯均有毒、易燃,带有公害问题,随着环保法的出现,开发并应用水性聚氨酯产品已是目前及今后的方向。

水性聚氨酯是以水作介质,具有不燃、无毒、不污染环境、节省能源及易加工等优点,而且其粘度及流动性能与聚合物的分子量无关,可将分子量调节到所希望的最高水平,故日益受到人们的重视。早在四、五十年代^[2],已有少量的研究,但由于贮存稳定性差等原因,这项研究工作进展不大。直到1972年德国Bayer公司^[3]正式将聚氨酯水分散体作为皮革涂料,才开始迅速发展,从试制到应用,目前已有千余篇专利报道,而且也有水性聚氨酯商品出售。

1 水性聚氨酯的研制

1.1 原料选择^[4,5]

水性聚氨酯和溶剂型聚氨酯一样,使用的主要原料是多异氰酸酯和多羟基化合物,反应生成的高分子链上含有氨基基($-\text{NH}-\text{CO}-\text{O}-$)和脲基($-\text{NH}-\text{CO}-\text{NH}-$)的结构单元。

1.1.1 异氰酸酯的选择 异氰酸酯的种类决定聚氨酯的类型,常用的异氰酸酯见表1。

1.1.2 多元醇的选择 理论上,任何二元醇或多元醇都可以用,但最常用的原料只有聚酯二

醇、聚醚二醇、聚碳酸酯二醇,其优缺点见表2。短链的二醇和多元醇可调节聚氨酯键的含量和支化度。

表1 可供选择的异氰酸酯

异 氰 酸 酯	优 点
芳香族	TDI 便宜、强度高、易控制
	MDI 毒性小、强度较高
脂肪族 HDI, TMXDI, IPDI, H-MDI	光稳定、韧性较好

TDI—甲苯二异氰酸酯;MDI—二苯基甲烷二异氰酸酯;HDI—六亚甲基二异氰酸酯;TMXDI—四甲基二甲苯二异氰酸酯;IPDI—异佛尔酮二异氰酸酯;H-MDI—二异氰酸酯。

1.1.3 扩链剂的选择 常用的是脂肪族多元醇,如1,4-丁二醇。胺类扩链剂反应活性高,毒性大。常用的胺类扩链剂是脂肪族和脂环族二胺或三胺、胺封端的聚醚、肼和它的衍生物。

1.1.4 交链剂的选择 为了提高涂膜的耐溶剂性、耐水性、低表面能附着力常采取交联的措施。交联是在使用分散体前进行的,常用的外交联剂有多官能团氮丙啶、甲氧甲醇化蜜胺、脲树脂、碳化二亚胺、多元异氰酸、封闭异氰酸、多官能团的1-氮杂丙烷、氨基塑料、环氧型交联剂等。

1.1.5 催化剂的选择 脂肪族异氰酸酯反应活性较差,往往需要加催化剂。常用的催化剂是脂肪族、脂环族的叔胺和有机锡类。而且叔胺类催化剂以不同比例混合时,具有协同效应,催化

表 2 二醇的优缺点

类型	代表	优 点	缺 点
聚醚 二醇	聚乙二 醇,聚	柔软度和韧性优越	对表面能低的表面
	丙二醇	湿气透速率优越	附着力差
		水解稳定性良好	耐紫外线和耐候
		大多比聚酯二醇	性不及聚酯二醇
		便宜	硬度比聚酯二醇
聚酯 二醇	己二酸	极性高,对表面能	耐溶剂性差
	聚酯二	低的表面附着力好	与其他二醇相比
	醇及其	分子量高低皆可	水解稳定性差
	他共聚	韧性和耐磨性优越	湿气透率低
	物,聚	柔韧性和柔软度好	原料成本比聚醚
聚碳 酸酯 二醇	己内酯	户外稳定性较好	二醇高
	二醇	物理性能比聚醚	
		二醇好	
		水解稳定性好	成本高
		柔韧性好	使用价值不高
		耐磨性好	

作用大大增强。常用的有三亚乙基二胺、N-烷基二胺、N-烷基吗啡啉;有机锡类催化剂催化NCO-OH反应比NCO-H₂O反应强的多,但会余留在制品中。常用的有二丁基锡二月桂酸酯、辛酸亚锡等。

1.2 制备方法

一般聚氨酯疏水性很强,既不能直接溶于水中,也很难分散在水中。又由于异氰酸酯基(—N=C=O)很容易与含活泼氢的化合物(如水)发生亲核反应,因此很难在水中进行反应直接制备高分子水性聚氨酯。目前所采取的方法就是将异氰酸酯基降低活性和(或)在分子链中引入亲水基团,归纳起来主要有以下几种制备方法。

1.2.1 自乳化法^[6~9] 在聚氨酯树脂结构中引入部分亲水基团,使其自乳化。这种亲水基团有非离子性的—OH、—O—、—NH、—CO—NH—、—CO—、离子性的—SO₃⁻、—COOH、—NR₂·HX,这些基团都能与水相作用,形成氢

键,或直接生成水合离子溶于水中。根据亲水基性质,自乳化法可分为非离子型和离子型(阳性、阴性、两性)。

非离子型用聚乙二醇型代替部分疏水性二醇似乎是可行的。只要在聚乙二醇聚醚型聚氨酯主链上保持一定的亲水基团,就可达到自乳化的效果。阳离子型则是在聚氨酯主链上引入叔胺基,使其产生质子化胺盐或季碱化铵盐。阴离子型就是在主链上引入—SO₃⁻、—COO⁻或—PO₃⁻等,这些酸根一般均以盐的形式存在于聚合物链中。两性离子型为利用高分子链的聚氨酯或聚脲与蔡迫磺内酯反应,再季碱化可转变为阳离子聚合物,通过与碱作用转变为阴离子聚合物。

1.2.2 封端法^[10] 用一种或几种复合低分子量的化合物,事先将预聚体NCO端基保护起来,使其能在水中乳化,一般pH>9时氨基键是很稳定的。然后通过一定温度及特种催化剂下解蔽,再生成NCO端基,扩链以制备水性聚氨酯,或直接使用伯胺或仲胺发生胺解反应,生成脲素衍生物。这种低分子量的化合物叫封端剂,如酚类、醇类、酰胺类、脲类、亚甲基类、亚硫酸氢钠等。另外,封端的NCO预聚物也是控制多胺扩链的方法之一。

其他还有强制乳化法^[11]、溶液法^[12]、熔融分散缩聚法^[13]、酮亚胺和酮连氮法^[14]、与水直接混合法^[15]、固体自发分散法^[16]。这些方法共同点就是第一步先合成带NCO端基的中分子量预聚物,各法的不同在于高分子量的形成,主

表 3 制备水性聚氨酯各类方法的优缺点

制备方法	优点	缺点
强制乳化法	制备工艺较简单	反应时间长 乳化剂用量大 产物粒径大,贮存 稳定性差 产物物理性能低劣
自乳化法	分散过程不需强 搅拌 粒径小,分散体稳定	耐水性能较差

(续表)

制备方法	优点	缺点
封端 NCO 法	对基质粘结性高 耐溶剂性, 耐水性、耐酸碱性好 改善涂膜温度	所得高分子链亲水性差 一般不能单独使用 涂膜强度不够
丙酮法	乳液结构和粒径可调整 产品质量高, 重复性好	耗能, 需要大量的丙酮 仅限于可溶于丙酮的线性聚氨酯 涂膜耐溶剂性差
熔融分散缩聚法	不需使用大量溶剂 避免了分子量快速升高带来的问题	甲醛反应不易控制 副反应不能排除
酮亚胺(或酮连氮)法	反应定量、平稳 涂料质量可与丙酮法相媲美	需使用有机溶剂
与水相混合法	线性、交联聚合物都可制备	产物弹性比丙酮法的差
固体自然分散法	贮存、运输方便 分散无强搅拌、乳化剂	制备工艺复杂

要区别在于控制快速的 NCO-OH 反应和在扩链时控制随分子量急增的粘度。各类方法的优缺点见表 3。

2 国内研究进展

我国从 1972 年开始研究水性聚氨酯, 详细情况见表 4^[17]。由表可见研制工作的特点。

(1) 从产品结构来看, 主要是乳液型, 水溶性次之, 胶乳型则不常见。

(2) 从原料情况来看, 多元醇主要用聚醚型, 聚酯型次之, 聚碳酸酯极少见。氰酸酯的品种更少, 只有 TDI、HDI、MDI 仅见报道。扩链剂多用醇类, 胺类较少使用。

(3) 从制备方法及种类来看, 一般是自乳化、羧酸型、阴离子体系; 外乳化、磺酸型、季铵盐型乳化体系较少; 熔融分散、固体自发分散法等则未涉及。

(4) 从理论与应用角度来看, 着重应用开发, 理论研究很少。

表 4 我国水性聚氨酯研制概况一览表

体系/用途	主 要 原 料				主要研制过程及结论
	多元醇	异氰酸酯	扩链剂	亲水物质	
水溶性/丝织物后整理	① ②	TDI	1,4-丁二醇		所得二种水性聚氨酯分别由多元醇①, ②制得。产品为微黄色透明粘稠液体, 与水可以任何比例充分混溶, 化学稳定性优良
乳液/皮革涂饰	聚醚多元醇	TDI	二元醇	H ₂ SO ₄	磺酸型乳液, 讨论 NCO/OH 对乳液成膜的影响、单体的反应活性、磺化特点及胶体分散行为等
乳液/胶粘剂	聚乙二醇, N-330	TDI	二乙烯基三胺	扩链剂同冰醋酸的中和产物	阳离子乳液, 其粘接性能、水解稳定性良好, 随固化时间延长, 剥离强度增大
乳液/破乳剂	聚丙二醇硬脂酸单甘油酯, ③	TDI	2,2-双羟甲基丙酸	2,2-双羟甲基丙酸	将多元醇与羧基酸混合均匀, 再滴加 TDI 制得带 COOH 的聚氨酯, 皂化即成乳液

(续表)

体系/用途	主 要 原 料				主要 研 制 过 程 及 结 论
	多元醇	异氰酸酯	扩链剂	亲水物质	
乳 液	环氧丙烷 聚醚二醇 E-51,E-44,E-20	TDI	三羟甲基 丙烷	乳化剂	二元醇、TDI 在 90~100 ℃ 反应 2h 后,降温至 60 ℃ 以下,加入环氧树脂,在 60~80 ℃ 反应 1~2h,将混有乳化剂的树脂加热滴入剧烈搅拌的水中,乳液在-3~50 ℃ 稳定,无味无毒不燃烧
乳液/皮革 涂饰	PPG	TDI	小分子二 元醇、三元 醇		主要对合成工艺的影响因素(原料、助剂、亲水基团)对产品的结构影响作了探讨,论述了树脂在水中的分散行为、水溶性与分散性差异,以及产品浓度与系统粘度的相互关系
乳液/皮革 涂饰	PTMG	TDI	2,2-双羟 甲基丙酸	2,2-双羟 甲基丙酸	自行合成聚四氢呋喃、2,2-双羟甲基丙酸;二者混合后滴加 TDI;皂化得稳定的白色乳液
乳液/皮革 涂饰	聚醚二醇	TDI	1,4-丁二 醇,三羟甲 基丙烷, 303 聚醚	羟基羧酸	讨论了聚合物中羧基含量对乳液稳定性的影响;不同 NCO/OH 对比对涂膜性能的影响;不同扩链剂、扩链系数的选择;聚醚分子量的影响等
水溶性/防 水涂层粘 合剂	聚醚	TDI	乙二醇,二 乙烯基三 胺	顺丁烯二 酸酐	聚醚真空脱水;TDI 预聚;将二者混合后加乙二醇;N ₂ 下加丁酮与二乙烯基三胺的混合液;滴加丁酮与环氧氯丙烷的混合液;加丁酮与顺丁烯二酸酐的混合液;室温下加 NaOH 和水乳化得到
乳液	聚氧亚丙 基三醇			顺丁烯二 酸酐	多元醇与顺丁烯二酸酐反应生成半酯,再与含 NCO 的预聚体反应,加 NaOH 乳化而成
乳液	PTMG PBAG	HDI	MDEA (N- 甲基二乙 醇胺)	MDEA	合成了粒子化不同的阳离子自乳化热塑性 PU 乳液,并对乳液的粒径、流变性以及乳胶膜的动态力学性能进行了探讨
乳液/皮革 涂饰	聚酯二醇	二异氰酸 酯			聚酯二醇与过量二异氰酸酯在有机溶剂中生成端 NCO-基预聚物,然后扩链,再引入亲水基团。使之在水中呈稳定状态。着重考察了制备工艺、配方选择、工艺条件控制应用效果
乳液/涂层 剂	己二酸丙 二醇酯	HDI TDI MDI	乙二醇	N-(2,4- 二羧基苯 甲酰)二乙 醇胺	探讨了分散体稳定性和成膜性能的因素,应用效果比聚丙烯酸酯类为佳
水溶性/涂 料	330 聚醚 PPG 聚醚	HDI TDI MDI			系统讨论了亚硫酸钠封端剂对不同聚醚型聚氨酯合成效果

①—四氢呋喃与环氧丙烷共聚物;②—己二酸与乙二醇和 1,2-丙二醇缩聚物;③—聚氧乙烯、聚氧丙烯嵌段共聚物。
PTMG—聚四氢呋喃;PRAG—聚己二酸丁二醇酯;N-330—聚氧化丙烯醚三醇。

3 水性聚氨酯的性质和应用

3.1 水性聚氨酯分散体物性

对于水性聚氨酯分散体来说,其稳定性和流变性都极为重要。有关流变性的报道极少,一般认为聚醚型为牛顿流体,而聚酯型以假塑性为主。Lorenz^[18]用双电层理论来解释离子型分散体稳定性。熵排斥理论^[19]可以解释非离子型分散体的稳定性,水合作用也会提高分散体的稳定性。稳定机理的不同使得宏观性能也不同,见表 5。

表 5 影响离子和非离子分散体稳定性的因素

影响因素	分散体类型	
	离子型	非离子型
电解质	不稳定	稳定
冻结	不稳定	稳定
强剪切	部分稳定	稳定
温度高于 70℃	稳定	不稳定

若同一大分子链上含有离子和非离子基团^[20],则分散体不受表中四因素的影响。这就扩大了配制宽容度。

离子和非离子基团对分散稳定性有协同效应^[21],用少量的内乳化剂即可达到稳定的要求,由此制备的涂膜亲水性可降低至溶剂型聚氨酯的水平。

3.2 水性聚氨酯的成膜性

水性聚氨酯的成膜性能对其应用极为关键,文献报道^[22]其原材料和制备方法对其成膜性影响颇大。

3.2.1 原材料对成膜性的影响 原材料的选择决定成膜性能,聚氨酯键、脲键含量的提高,硬度、耐磨性、耐溶剂性提高;多元醇含量的增加,粘结性、弹性得以改善;聚酯多元醇增加,水解稳定性下降;用脂肪族异氰酸阴离子内乳化剂,而不用聚醚多元醇,光稳定性好。

3.2.2 工艺条件对成膜性的影响 交联度增加,成膜能力下降;干燥温度升高,成膜性能提高;加高沸点的凝结剂、增塑剂会提高水溶性聚

氨酯成膜性能;内乳化剂含量提高,抗水溶胀性、水解稳定性下降,但可改善机械强度、弹性^[23]。由水性聚氨酯制备的涂膜存在的不足是,在耐溶剂性、耐水性方面总不及溶剂型聚氨酯。改进措施是:

- a 制造者和使用者对分散体的后处理^[26];
- b 制造室温自交联的分散体^[25];
- c 制造烘干条件下能使官能团交联的分散体^[26]。

3.3 水性聚氨酯的应用

水性聚氨酯与溶剂性聚氨酯相比,其优点为无毒、易洗、阻燃、防爆、防污染。同溶剂型聚氨酯一样具有高度耐磨、高光泽、高弹性、高粘结性等特性。可用来涂覆、浸渍、喷涂和粘结各种纺织品、皮革、橡胶、纸张、木材、金属、陶瓷、石料、混凝土、塑料,甚至玻璃等基质^[27]。根据需要采用不同原料和工艺路线,可以使制品获得优良的机械性能、韧性、硬度、柔软性、回弹性、硬挺性、抗收缩、抗皱折、抗冲击、抗静电、耐水、耐溶剂、耐化学腐蚀、耐霉蚀、防水阻燃等性能。广泛用于涂料工业、^[28]、制革工业^[29]、印刷工业^[30]、纺织工业^[31]和建筑业^[32]。

4 结束语

纵观国内水性聚氨酯的研究尚处于开发阶段,虽有一些单位陆续投入研制,也有少量产品投入市场,但与溶剂型相比,普遍存在很大不足,如性能较差、工艺不稳定、体系配套不全等。与国外发展水平相比,很有必要改变国内原料、制备方法单一,品种少,理论研究不足,应用开发不够等现状,大力发展多功能、高性能的系列化、工业化的水性聚氨酯,积累以前的经验,从理论到实践“一条龙”地系统发展我国水性聚氨酯的研究、应用及开发。

5 参考文献

- 1 Oertel G. PU handbook. Munich: Hanser Publishers, 1985
- 2 Bayer O. Angew. Chem, 1947, 59: 257
- 3 Dieterich D. Angew Makromol. Chem, 1981, 98: 133~

- 165
- 4 James W R, Nachtkamp K. Journal of coated fabrics, 1986, 16:39~79
- 5 Jim Goldsmith. Journal of coated fabrics, 1988, 18: 12~25
- 6 加纳泰作. 工业涂装, 1988, 90:36~42
- 7 Noll K, Pedain J. U S 4190566, 1980
- 8 Loewigkeit P. W, McGimpsey Thomas T. DE 2743479. 1978
- 9 Schneider W J, Gast L E. J. Coat. Technol, 1978, 50: 76
- 10 Yang C Z, Cooper S L. Macromol. Chem, 1983, 184(3): 651~658
- 11 Wicks Z. Progress in Organic Coatings, 1975, 3: 75
- 12 Dieterich D, Reiff H. Adv. Urethane Sci. Technol, 1976, 4: 112
- Dieterich D, Reiff H. Angew. Makromol. Chem, 1972, 26:85
- 13 Lorenz O, Hick H. Angew. Makromol. Chem, 1978, 72:115
- 14 Nachtkamp K, Pedain J. U S 4269748. 1981
- 15 Dieterich D. Angew. Makromol. Chem, 1981, 98: 133
- 16 Matsuda K, Ohmura H, Tanaka Y. J. Appl. Polym. Sci, 1979, 23: 141
- 17 程时远, 黄鹤. 聚氨酯工业, 1993, 1:3~6, 21
- 18 Lorenz O, Budde V, Reinmeller K U. Angew. Makromol. Chem. 1980, 87: 35
- 19 Mackor E C. J. Coll Sci, 1951, 6:492
- 20 Nachtkamp K, Pedain J, Noll K. US 4303774. 1981
- 21 Noll K, Grammel J. US 4092286. 1978
- 22 Tirpak R E, Markusch P H. Waterborne & Higher solids Coatings Symposium. New Orleans: LA, PROCEEDS, 1985
- 23 Dieterich D. Prog. Org. Coat, 1981, 9: 281
- 24 Dale Carpeater. US 4278578. 1981
- 25 Schwindt J, Nachtkamp K, Hohne K. GDE 3339580. 1983
- 26 Thomas C, Moriarity. US 4452681. 1984
- 27 Asai K, Takaguchi K. US 4163814. 1979
- 28 Nachtkamp K, Weider F, Noll K. US 4452834. 1984
- 29 谢朝忠, 邹掌珠, 王春英. 精细化工, 1989, 6:14~16
- 30 Donald M, Blake. US 4507426. 1985
- 31 Thoma W, Nachtkamp K. US 4543144. 1985
- 32 Roy C Williams, David R Rogemoser. US 4329490. 1982
- (下转第 180 页)

《《高分子科学的今天与明天》》

本书是国家自然科学基金委员会统一安排、由国家自然科学基金委员会化学部和中国化学会共同组织国内有关专家,在对国内外高分子科学的发展进行深入调研的基础上,着眼于探讨学科发展战略而编撰的一本论文集。本书提纲挈领地从小分子合成、高分子物理、高分子成型、功能高分子、天然高分子、高分子材料、计算机模拟技术等几个重要的分支领域介绍了高分子科学国内外研究现状、学术热点及研究发展趋势,并介绍了我国高分子工业发展的有关资料,涉及的专业面广、内容丰富。本书的作者均是国内高分子领域从事科研、管理的专家,其文在学术上有相当的深度和广度。总览全书,可以粗线条地看到高分子科学的纵横全貌及今后发展热点;择章选读,可了解各分支学科领域的概况及研究趋势。

本书对高分子领域从事科研和生产的科技人员、管理人员及大专院校师生、研究生学习、了解高分子科学的发展现状和趋势,开拓新课题、开发新产品,都是一本有价值的参考书。

本书 16 开,42 万字,定价 18.00 元。

本书由化工出版社出版,欲购者请将书款及邮寄包装费(书款的 15%)直接邮汇或信汇至化工出版社期刊部。

地址:北京朝阳区惠新里 3 号 邮编:100029

开户银行:农业银行北京和平里分理处惠新里信用社

帐号:007078-58

- 9 C. F. ryan, papeer presented on June 6~7, 1969, et the
seminar of Brooklyn Polytechnic institute
- 10 Mark H F, et al. Encyclopedia of Polymer Science and
Technology, supplement Vol. 1, P307, John Wiley and
Sons, Inc, New York, 1976
- 11 Gesler B D. J. Appl. Polym. Sci, 1967, Vol. 11, 2499
- 12 Rosen S L. Polym. Eng. Sci, 1967, 7(2): 115
- 13 Ohtsuka S. Soc. Plast. Eng, Annual technical conference,
May 1967
- 14 Bucknall C B, Smith R R, Polymer, 1965, 6 437
- 15 A Takkaki, H Hosoi, and K Saito, Plastics Engineering,
1986, Vol. 42, No. 9, P45~48
- 16 К. И. Смирнова, В. И. Лебедев, Механика композитных
материалов, 1988, 3, С. 547
- 17 Hans -Georg Elias, Macromolecules; Structure and prop-
erties, Plenum press INC 1977, 235
- 18 张开, 高分子物理学, 北京: 化学工业出版社, 1981
- 19 Schildknecht C E and Skoist (ed.) I, Polymerization Pro-
cesses, Chapt 8, John wiley and sons, New York 1977
- 20 Ikeda, Satoru, Kamiya, Akira, et al. Kokai Tokkyo Koho
Jp, 1979, 7454~7492
- 21 日本公开特许公报, 昭47-15700
- 22 日本公开特许公报, 昭46-9474
- 23 (美) 尼尔生, 高分子和复合材料力学性能, 北京: 轻工业
出版社, 1981, P17
- 24 沈家瑞等. 塑料工业, 1988, 2: 36~40
- 25 Petrich R. Polymer Eng. Sci, 1973, 13(4): 248
- 26 张邦华. 高分子材料科学与工程, 1987, 5: 49~55
- 27 塑料. 1980, 2: 77
- 28 К. И. Смирнова, Захарова Т. В., Выход. соед., 1982, Т.
XXIV, NO. 4, С. 742
- 29 张贤德等. 塑料工业, 1981, 3: 13
- 30 荒川兴二, 长井晴夫. 高分子论文集, Vol. 33, No. 2: 70~
76
- 31 Шевчук, Л. М. др, Общество "Знание", 1977, С. 19
- 32 何培新. 合成树脂及塑料, 1988, 3: 56
- 33 孙载坚. 塑料增韧, 北京: 化学工业出版社, 1982
- 34 USP, 3, 426, 103
- 35 USP, 3, 579, 612
- 36 British P, 1046646
- 37 日本公开特许公报, 昭61-258850
- 38 张翠兰. 聚氯乙烯, 1983, 6: 54~59
- 39 栾瑛洁. 聚氯乙烯, 1983, 3: 51

Core - Shell Elastomers Toughen Thermoplastic Plastics

Ren Zhaoyu, Yu Zaizhang, Li Bogeng

(Macromolecule department of Zhejiang University, Hang Zhou 310027)

Summary This review expatiates on the mechanism for rubber particle to toughen thermo-
plastic plastics and the effect of the core - shell elastomer on the property of plastic blends. It is
referece to synthesize core - shell elastomers for impact modifier.

Key words Thermoplastic, Toughen, Impact, Core - shell elastomers, Core - shell parti-
cles

(上接第161页)

Recent Development of Waterborne Polyurethanes

Cao Kun, Wu Jianfen, Sun Jianzhong, Gu Peiyun

(Polymer Sci. and Eng. Dept., Zhejiang University, Hangzhou, 310027)

Summary Recent development of waterborne polyurethanes (PU) at home and abroad were
reviewed in a systematic way, according to its syntheses, aqueous dispersion and film perporities.
Moreover, perhaps most importantly, the quality of these waterborne PU has made them very
suitable for a myriad of application areas.

Key words Waterborne polyurethanes, Coatings, Adhesives