

国外动态

耐热的有机-无机杂化物

普通的散热片是硅橡胶和无机填料的混合物,这种混合物不适用于需要耐高温的场合。日本 Suzuka 富士施乐公司开发出一种主要用聚二甲基硅氧烷(PDMS)和陶瓷填料制成的有机-无机杂化物,该杂化物具有高度的柔韧性和至少能耐 200℃ 高温的性能。该杂化物的原料是聚二甲基硅氧烷和四乙氧基硅烷,这 2 种物料经水解反应生成溶胶,将其中所含的端基进行改性,使 95% 的溶胶成为整块材料。

富士施乐公司的子公司要将新开发的杂化物制成产品,如散热片和耐热弹性材料。通过选择不同类型的陶瓷填料(如氧化铝、氮化硼等),能制成各种不同的有机-无机杂化物。

JCW, 2005, 46(2341): 2

用于手机燃料电池的 固体甲醇燃料

日本 Kurita 水工业公司开发出世界上第 1 类能用于燃料电池的固体甲醇燃料,并可以根据需要加工成珠状、粒状或片状。在与电子产品制造商共同促使此产品工业化后,该公司将在 2007 年开始销售此产品。

由于直接甲醇燃料电池体积小、重量轻,故有望用于手机和笔记本电脑中,但由于甲醇的可燃性,且可能会泄漏,故出于安全考虑甲醇燃料的应用受到一定的限制。

该公司开发出的固体甲醇燃料用的是笼形包含技术,将客体化合物甲醇包入用天然物料作为基料的主体化合物中,这就抑制了其挥发性,从而避免了甲醇液体的泄漏。当该固体甲醇燃料与水接触时,甲醇就进入水中,为直接甲醇燃料电池发电。

JCW, 2005, 46(2341): 3

离子交换树脂催化制生物柴油

作为轻质燃油替代品的生物柴油(脂肪酸酯)现行生产方法是用植物油和动物油脂(甘油三酯)与低级醇进行酯交换反应,使用的催化剂是氢氧化钠(苛性

钠)。原料中含有的游离脂肪酸会降低反应速率,并与氢氧化钠生成皂,皂能抑制生物柴油与甘油的相分离从而降低生物柴油的收率。因此为了减少原料中游离脂肪酸的量,需要将原料进行预处理,这样会提高成本。同时因为甘油中含有催化剂,要有效利用甘油也会增加成本。

日本 Tohoku 大学工程系研究院和三菱化学(Mitsubishi Chemical)公司组成的研究组开发成功一种用离子交换树脂作固体催化剂的生物柴油生产工艺。该新工艺并不因为原料中含有游离脂肪酸而降低了生物柴油的收率,同时因为产生的甘油不与催化剂相混,故可得到工业上能使用的甘油。

JCW, 2005, 46(2340): 1

低温制造透明石英玻璃

目前,透明石英玻璃的生产一般是在 2 300 ~ 2 600℃ 高温下熔融石英玻璃粉而后进行加工,这种方法会消耗大量能量,还因为有湿气残留在石英玻璃中需要用氢气作细致加工,因此需要有专门的加工工艺。

日本 Kyushu 大学跨学科工程科学研究院的研究组开发出生产透明石英玻璃的粉末烧结工艺,操作如下:将高纯度石英玻璃粉浆用粉浆浇注成型,然后在 1 500℃ 下真空烧结,2 mm 厚的样片于 F₂ 激光(波长为 157 nm)下透射率达 76%。

该研究组称,生产操作经过简化、节能后,可降低生产成本 10% ~ 20%。该研究组还将进行控制光学性能的研究工作及建立相应的评价方法。

JCW, 2005, 46(2338): 4

搅拌法制吸氢合金

由日本首都工业技术研究所(Tokyo Metropolitan Industrial Technology Research Institute)、日本工业技术协会(Japan Industrial Technology Association)和 Tokai 大学等组建的研究组成功地用“机械合金化”(MA)法制备出一种铁-钛合金(FeTi),此合金有望用作燃料电池等领域中的储氢材料。

将原料铁粉、纯钛粉与搅拌球一起放入容器中进行搅拌,使 2 种物料结合成合金,这种合金的储氢能力接近理论

值。该新工艺由于成本低、操作过程简单,故十分实用,该研究组将使此工艺实现工业化。

所用的 MA 法是低成本制造铁-钛合金的一种方法。通常,制合金需要加热、熔融与混合,而 MA 法只要将粉末原料和搅拌球放入容器中,用转动和振动的能量便可制作合金。虽然用这种方法比较费时,但是设备简单,生产装置很容易放大,而且被杂质污染的危险性极小。

在 MA 法中,搅拌球与原料粉体反复碰撞,混合的粉体受撞击生成合金。此合金只是在加热到 300℃ 时才开始吸收氢。

JCW, 2005, 46(2339): 3

同时进行过滤和干燥的 真空压滤机

德国拜耳技术服务(Bayer Technology Services, BTS)公司与 Strassburger 过滤器公司共同开发的加热过滤装置于 2005 年 10 月在过滤技术(Filtech)展览会上首次商业性展出。该装置能安装到普通的压滤机上,将过滤和干燥结合在一起,这就大大节省了过滤时间和设备投资。另外,悬浮物和滤槽的洗涤操作能与过滤后的操作一体化,如果使用普通热板这是达不到的。

该装置是由一组夹在金属盒之间的膜过滤器片所组成。热水通过金属盒进行循环将金属加热并将滤饼干燥。新装置使用的过滤板两面都能过滤(而普通的过滤板只能单面使用),故能节省过滤时间。在滤板加热的情况下也能够将其放入真空中,将滤饼干燥到残余含湿质量分数低于 1%。使用该金属板时的导热率能达到 60 ~ 66 W/(m²·K),而用聚丙烯制的普通板导热率只有 15 W/(m²·K)。

在低于 100℃、4 kPa 下使用该装置干燥厚约 20 mm 的石灰石滤饼,干燥约 1 h 便可使含湿质量分数低于 1%,而普通的真空干燥器在同等条件下则需要花 4 倍的时间。但该二合一装置并不适用于所有场合,只有涉及黏性的悬浮液和浆状物,使用该新装置才能明显地起到节能作用。新装置对年产 1 000 ~ 5 000 t 的精细化学品和制药工艺是比较经济的。Chemical Engineering, 2005, 112(10): 18

热敏性磁性纳米粒子的产业化

日本チッソ株式会社为了产业化和神户大学(神戸大学)共同开发的热敏性磁性纳米粒子(商品名 Therma-Max),而与该大学工学部教授近藤昭彦氏合作成立了检验药、诊断药材料的マグナビート实业公司(Magnabeat Inc.)。注册资金是3 000万日元,投资比例为チッソ公司95%,近藤昭彦氏5%。

诊断药等使用的是粒径为几微米的磁性颗粒,如果减小粒径则可提高分子识别性,但是如果粒径在几百纳米以下则因其磁性减弱,存在用磁铁难以分离的问题。该热敏性磁性纳米粒子粒径为以往磁性颗粒的1/30以下(100 nm左右),在水溶液中不沉降,而呈完全分散状态,通过变化水溶液的温度使之迅速凝集,可通过具有高分子识别性的磁铁进行分离。预期其可用作功能分离材料,使基因、蛋白质的分析与解析、抗原抗体的诊断和环境甲醛的检测等能在短时间内以高灵敏度完成。

化学工业时报(H),2005,(2574):4

高功能性异氰酸酯单体

日本昭和电工(昭和电工)株式会社开发了用于液晶显示器制造和光致抗蚀膜微细加工的异氰酸酯单体1,1-(双丙烯酰氧基甲基)乙基异氰酸酯(商品名:カレンズBEI),并已开始对外销售。

カレンズBEI在同一分子中同时具有(甲基)丙烯酸酯基和异氰酸酯基。使用时主要通过向聚合物中添加カレンズBEI,利用和各种物质容易结合的异氰酸酯基使之与聚合物反应来赋予聚合物光固化性能,该性能是为了支持液晶显示器和半导体等电子领域中制品的小型化和功能的急速高度化而进行的精细及微细表面加工中必不可少的。该公司在此前曾销售带有甲基丙烯基的产品“カレンズMOI”,2004年曾销售固化速度是MOI产品的2倍、带有丙烯基的产品“カレンズAOI”。カレンズBEI相对于具有1个异氰酸酯基的化合物,其同一分子中具有2个聚合性丙烯基,能够赋予其较高的光固化性,其光固化速度比カレンズAOI大2倍以上,比玻璃、金属、

聚酯(PET)树脂等基板的密封强度也大2倍。且由于大大减少了固化时的收缩,所以不会发生基板弯曲等现象。

化学工业时报(日),2005,(2576):2

太阳能电池用粘合膜的增产

由于太阳能电池的粘合用乙烯-醋酸乙烯共聚物(EVA)膜需求量的增加,日本普利司通(ブリヂストン)株式会社扩大了其在磐田工厂的EVA生产能力,包括附属设备在内的投资额约为12亿日元。

太阳能发电是在发电过程中不产生排放物的清洁发电方式,从保护地球环境的观点出发,其重要性与日俱增。近年来,随着世界范围内对太阳能电池需求量的不断增加,对粘合用EVA膜的需求量也急剧增加。EVA膜作为粘合剂使用时,是利用加热所引起的分子交联而将硅-铈固定在玻璃表面的,其中硅-铈的作用是将太阳光转变成电能。如果加热,EVA膜则呈无色透明状,不怕水,称得上是户外使用的太阳能电池粘合剂的最佳材料。该公司生产的EVA膜持久性强,硬度大,操作简单,有利于太阳能电池生产厂家提高生产性。该公司在磐田工厂有1台用于生产EVA膜的压光机,该机器是通过使材料流入滚筒来制造薄膜的。应需求量急剧增加的需要,该公司决定再增加1台压光机,以期实现约2倍于原生产能力的生产量,在2005年末实现800~1 000 t/月的EVA膜生产量。

化学工业时报(日),2005,(2577):5

光导波路用感光性环氧树脂

日东电工(日东电工)株式会社自行开发了光导波路用新型感光性环氧树脂。该感光性环氧树脂具有如下特征:近红外区域的透明性高,具有挠性,可利用紫外线曝光图案形成法来形成光回路。此外,因为不需要以往所必需的干腐蚀工序,所以预期该感光性环氧树脂光回路基板有更大的发展空间。

该公司依赖多年的透明聚合物设计技术和感光性工艺技术,开发出使用该感光性环氧树脂的嵌入型光导波路。当光通过该光导波路时,其表面的图案平

滑,断面是理想的矩形。包覆芯部分(金属包层)嵌入性良好,可在基板上形成厚为100 μm的膜。

从以上的研究结果可知,新开发的光导波路具有良好的光学特性和优良的透明性,在0.7~1.0 μm光波区域内传播损失小,仅为0.1 dB/cm,并且具有优良的挠性,可作为膜光导波路使用。

该感光性环氧树脂可根据紫外线曝光和显像的简单工艺形成光导波路,所以不需要以往的干腐蚀工序,预计其可在基板间连接和机器内部的零部件之间(几毫米至几十厘米)的光导波路中得到应用。化学工业时报(H),2005,(2575):4

有机自由基电池的开发

日本NEC株式会社成功开发了一种小型、高输出功率的有机自由基电池,其可在突然停电等电源故障导致的台式PC供电停止、存储作业中的数据到硬盘的时候,仅依靠电池的电力来驱动PC。

该有机自由基电池以有机自由基化合物作为活性物质(蓄电材料),利用氧化、还原反应进行充、放电。一般,自由基是不稳定、富于反应特性的物质,但是是在该电池中采用的是经特殊化学处理的聚甲基丙烯酸2,2,6,6-四甲基哌啶醇酯(PTMA),其是聚自由基(使自由基结合到高分子链上)的一种,由于对其进行了特殊的化学处理,所以耐久性高。该有机自由基电池的反应速度比其他电池的快10倍以上,可在短时间内充电,也可在强电流下使用。此次开发的自由基电池尺寸为:4个串连,5.5 cm × 4.5 cm × 1.6 cm,质量88 g,可内置于PC中。

化学工业时报(H),2005,(2575):4

利用光催化剂的防污染玻璃的开发与销售

日本セントラル硝子株式会社自2005年8月1日开始销售一种具有自动清洗功能的防污染玻璃(ファインセルフ)。这种防污染玻璃利用太阳光(紫外线)照射和光催化作用,使玻璃表面的污垢(有机物)分解,玻璃表面因光催化作用而具有亲水性。如果下雨,雨水就会在附着力变弱(分解导致)的污垢和亲水性玻璃表面的空隙之间进入,使污垢浮

起脱落。将该光催化剂防污膜在高温下烧结到玻璃上,超越了日本工业规格(JIS R 3221 热射线反射玻璃)的耐久性实验 A 类,甚至符合绝热多层玻璃和高隔热绝热多层玻璃“ペアレックスツインガート”的规格,所以预计可用于办公楼的窗户和包装、道路隔音壁等的屋外设置材料。

化学工业时报(日),2005,(2575):6

碳化硅外延片

日本产业技术综合研究所(产业技术综合研究所)、电力中央研究所(电力中央研究所)、昭和电工(昭和电工)株式会社开始了为期3年、总投资额6亿日元的碳化硅(SiC)半导体外延片量产化的共同研究。按实用化水平试证了76.2 mm、大口径多层的高品质外延片的成长技术,并将共同研究的成果转让给新成立的企业,预计于2006年10月开始供给该晶片。

SiC是化合物半导体的一种,和Si相比具有如下的优异特性:①电子的饱和漂移速度、绝缘破坏电场高1个数量级以上;②热传导度高3倍;③耐热性、耐药品性优良,能用来制作比以往的Si半导体更小型、损失更低、更高效率的电力设备和高频设备。目前,美国、德国、日本的一些企业已经开始出售SiC晶片,但是外延片的制造技术还停留在研究水平上,在日本国内还没有稳定供给企业,几乎全部依赖于美国企业。

外延片是由在晶片之上堆积,经严格控制杂质浓度和厚度的SiC薄膜制作而成的。高品质且均一的精密外延成长技术是必要的,现有技术中尚存在下列不足:①相对于所要求的设备规格,结晶缺陷降低的程度尚不充分;②在晶片内,膜厚、杂质浓度不均一;③外延片成膜的再现性不好。SiC晶片从其结构上来讲,存在Si面和C面2种面。从外延片成长的难易程度的角度出发,设备开发一般在Si面进行;但是最近发现,如果设备开发在C面上进行,则设备特性有飞跃的提高,在使用了实用化大口径晶片的C面上,使外延片均一成长的技术日趋重要。因此,此次共同开发将重点致力于这些课题的研究。

化学工业时报(日),2005,(2577):4

高沸点氢氟醚的销售

日本住友スリーエム株式会社最近开始销售比以往制品沸点高的氢氟醚(HFE)7300。

氟类化合物,例如代替氟利昂产品的氢碳氟化物(HFC)、全氟碳化物(PFC)、六氟化硫和氢氟氯化碳(HCFC)等的一部分产品中,作为温室效应气体,根据京都议定书的规定被禁止排放(2005年2月发起),所以力争寻求一种全球升温潜能值低的产品。该公司于1997年开发并销售了环境友好型氟类产品HFE 7100(沸点61℃)、7200(沸点76℃)。HFE 7300的沸点为98℃,比现有产品高,不含有臭氧层破坏物质,全球升温潜能值仅为200,是无色透明液体,没有引火性,不燃烧,实用无毒,安全性优良,不会成为消防法和地球温暖化推进法等法律法规的限制对象。其用途如下:氟润滑油、氟涂料等溶剂的稀释剂,氟树脂的分散剂,半导体装置的冷却剂,恒温槽的热介质,电子零部件等的粗漏检测剂,精密洗涤剂。预计生产商小批量含税销售价格是7900日元/kg。

化学工业时报(H),2005,(2577):4-5

液浸曝光用高折射率液体的开发

日本三井化学(三井化学)株式会社开发了一种液浸曝光用高折射率液体(デルファイ),它使半导体制造中电路线宽为32 nm的微细加工成为可能。并对应下一代尖端半导体技术,推进了实用化技术的研究开发。

目前,在半导体制造中,电路线宽为130 nm的加工已经量产化,并以氟化氩(ArF)激光光源为光源,正在正规化线宽为90 nm的电路生产。一般,通过微细化电路线宽提高半导体处理能力,可使各种机器小型化。在半导体记忆元件的代表格动态随机存储器存在的情况下,如果实现了线宽32 nm的微细加工,则可得到存储容量16倍于130 nm(存储容量为2 G),即32 G的存储器。

为了微细化电路线宽,可使用波长较短的光,但是对于45~65 nm线宽来讲,不需要将光源波长缩短也可推进液浸曝光技术的开发,实现微细图案。

液浸曝光是在曝光装置的投影镜头和晶片之间填满折射率(n)比空气更高的液体,实现高清晰度的技术,其原理在于:将曝光所通过的介质替换成折射率更高的液体,这样可使投影镜头的开口数变大,清晰度提高。液浸曝光表现波长为原来的 $1/n$,清晰度提高了 $1/n$,焦点深度为 n 倍,可实现微细化和有效利用率的提高。目前,液浸曝光的开发主流是使用折射率为1.44的水,开发线宽范围为45~64 nm。该公司所开发的高折射率液体是以环状碳化氢为基本骨架化合物,折射率为1.63,比水高。通过使用这种液体可实现32 nm线宽的微细加工,所以作为半导体材料中的新产品,该公司目标是早日实现产业化。

化学工业时报(日),2005,(2578):2

负载铂纳米粒子的二氧化钛光催化剂

日本硝子(板硝子)株式会社开发了负载铂纳米粒子的二氧化钛(TiO_2)光催化剂的量产化技术,它通过负载铂纳米粒子来发挥优异的性能。

光催化是二氧化钛经紫外线照射而发生电子化学反应的现象。该公司已销售可分解、除去有害物质的二氧化钛光催化剂产品,也正在销售防止窗玻璃结垢的自动清洁玻璃和光催化过滤空气清洁产品。一般的光催化现象是二氧化钛经紫外线照射之际,于表面上生成电子和空穴来发挥活性,但是,由于电子和空穴会按一定的比例进行重新结合,所以会导致活性下降。当使用铂微粒子负载时,由于铂微粒子具有集电性而吸引电子,从而抑制了电子和空穴的再结合,能够发挥高效率的催化活性。

该公司所开发的技术是通过使二氧化钛分散负载最小粒径为1 nm的均一尺寸的铂纳米粒子,所得的光催化剂比普通光催化剂的抗菌性、气体分解性等光催化性能高2倍至几倍。铂纳米粒子可以极少的使用量发挥极佳的效果,所以能够有效控制铂的使用量和原料成本。化学工业时报(日),2005,(2578):2-3

提高横流过滤性能的新技术

2005年10月,德国 Filtech 展览会上

展出了瑞士 fluXXion B V 公司新开发出的横流微过滤技术。该公司目前尚在进一步开发、并与拜耳技术服务(BTS)公司一起出售该项技术。该技术利用了硅晶片膜制的滤网,滤网的有效面积达30%;滤孔是先在硅晶片上精细加工而成,后涂覆上氮化硅以抗腐蚀。

在普通的横流过滤中,料液用泵送到用框板支撑的膜上。用动力横流脉冲(DCP)装置可使料液具有很高的比流速率,同时在此装置上施加高频(达20 kHz)反脉冲以保持孔隙不被堵塞。由于硅晶片很薄(只有1 μm),故该装置只能以低的过滤压力(约40 kPa)和低的压力降(约20 kPa)进行操作,此压力降是普通横流过滤系统的1/10,故装置的体积小,能耗低。

曾在此装置中以中试规模演示了啤酒中酵母的过滤操作,滤液的比流速于20 kPa过滤压力下达4 000~6 000 L/(m²·h)。硅晶片上的孔径目前能小至0.35 μm,该公司正在开发孔径为0.2 μm的横流微过滤技术,以过滤微生物(无菌过滤)。fluXXion公司和拜耳技术服务公司也正在开发由50~60片直径为15.24 cm的晶片构成的组件,供食品、药物和生物技术部门低流速(2~5 m³/h)过滤之用。

Chemical Engineering, 2005, 112(11):16

可改善微过滤的缝隙滤孔

德国 Filtech 展览会上展出英国微孔技术公司(Micropore Technologies Ltd)推出的一种称为 VibraFilter 的微过滤技术,该技术是用具有缝隙滤孔的振荡薄膜过滤的。由于滤孔是缝隙,过滤的颗粒只与膜在2个点上接触,所以与具有圆孔的表面过滤器相比,缝隙不容易堵塞,且滤料容易脱除。由于整张的膜呈线形振荡(频率40 Hz、振幅10 mm),可以避免产生阻力,振动产生局部的剪切速率为30 000 s。由于此高剪切只是发生在膜的表面,与需要高剪切泵将过滤料加压通过流道的普通横流过滤工艺相比,物料的精微结构不易受到破坏。

VibraFilter 由1个或多个被垂直固定、连接在导管和气动振荡器上的管形

膜所组成,装在底部的管子悬浮在要过滤的淤浆中。管内略抽真空,使滤液从缝隙中抽出,并在顶端加以回收。连续脱除通过膜振荡滤出的粒料,如果需要可用反脉冲加以脱除。穿过膜的滤液流速约为1 000 L/(m²·h),测得的穿过膜的压力降小于2 kPa。

管状膜的缝隙宽度不到2 μm,缝隙长度400 μm,总长度达0.5 m。膜由金属制成,故不需要密封,可以高温操作,并耐淤浆摩擦。该公司也能提供多达900根管子、功率达20 m³/h的多重组合件。此种装置已经用于从啤酒中过滤酵母、从海水中脱除原油和分离聚合物胶乳颗粒。 Chemical Engineering, 2005, 112(11):16

具有高效混合效率的微混合技术

澳大利亚 CSIRO 制造与基础工艺公司微射流研究组的科学家们将超声和气泡结合在一起,开发成功具有高效混合效率的微混合技术,并申请了专利。

此混合技术是基于称为“气穴微流动”的操作,使在液体内的气泡以不同的频率(包括其自然的频率)进行振荡。随着频率的不同,在气泡周围产生各种各样不同方式的流动,这种流动大大地强化了血样与试剂的混合。在这种情况下,气泡所引发的涡流使微射流装置中的离心分离器或混合器效率得到提高,而不必使用微型机械零件或复杂的微型结构件。

研究人员观察到以前从未见过和想象到的流动模式。例如,(1.188 ± 0.05) kHz 频率的声波使气泡沿圆形轨道运动,能在气泡周围产生涡流。当气泡在其自然频率附近受到振荡时,气泡就膨胀或缩小,在液体中产生径向脉动。研究组认为用控制频率的方法产生的不同流动模式能使液体周期性地伸缩,从而达到微小规模无序混合。

Chemical Engineering, 2005, 112(11):18

可提高顺丁烯二酸酐收率的新催化剂

瑞士 Lonza 公司在其位于意大利

Scanzoroscate 地区的研发装置中为其制造顺丁烯二酸酐(MA)的专利技术开发成功第4代流化床(FB)催化剂 X4。X4是以新的(专门的)掺杂剂改性的钒磷氧化物(VPO)为基础,并在新的有机溶剂体系中合成的。X4除了机械强度与前几代催化剂一样外,其形状不相同,它的颗粒大小能根据装置需要进行调节。

与前几代催化剂相比,X4选择性高4%,操作温度降低到约410℃,此温度在工业生产中是最低的,能使丁烷的转化率保持在80%~85%。预期在此相对低温下催化剂寿命可延长1年,甚至长达10年。

X4新催化剂已用于意大利的 Lonza Revenna 工厂,经1个月的运行,中试结果已得到重复。由于用新催化剂提高了收率并解决了几个瓶颈问题,工厂的产能已从5万 t/a 增加到6万 t/a。X4催化剂将很快上市,该公司希望其将能够在现有的顺丁烯二酸酐流化床反应器中得到应用。

Chemical Engineering, 2005, 112(11):21

废塑料制对二甲苯工艺

到目前为止,废塑料是用化学法(将聚烯烃转化成单体)或热解法(将塑料转化成液体燃料)回收的。现在日本 Ishikawajima-Harima 重工(IHI)公司开发成功将聚烯烃转化成苯、甲苯和二甲苯(BTX)的方法。此方法是用 Muroran 工艺研究所应用化学部开发出的含镓 MFI 型沸石催化剂(Ga-MHI),转化分2步进行:先将废塑料在0.1 MPa、450~510℃下热分解、气化(用涤气器除氯),然后于500~580℃下在 Ga-MHI 催化剂上转化成二甲苯。二甲苯的收率约50%(约15%苯、20%甲苯、15%二甲苯),剩余成分为其他的有机物如乙基苯(不到10%)、C₁₋₄的碳氢化合物气体(约30%)及残留物(如蜡和炭)。催化剂则周期性地经氧化除沉积炭后进行再生。

该公司现正在一个10 kg/h的中试装置中优化此工艺,此中试装置能从100 kg 聚烯烃废料生产约60 kg 芳烃。

Chemical Engineering, 2005, 112(11):16, 18