

# 植物(秸秆)改性纤维资源化利用

罗学刚

(西南科技大学, 四川绵阳 621010)

**[摘要]** 文章概述了植物(秸秆)纤维助膨化改性的研究状况, 以及几种目前最有发展潜力的应用技术, 简要介绍了植物(秸秆)纤维助膨化技术在相关领域中的最新应用进展。

**[关键词]** 技术创新; 植物纤维; 秸秆; 改性; 资源化利用

**[中图分类号]** X71 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1009-1742(2004)06-0091-04

## 1 秸秆改性纤维资源化利用的意义

据统计, 全世界每年秸秆纤维产量约为  $40 \times 10^8$  t。据联合国粮农组织统计, 全世界作物秸秆纤维有 66% 直接还田或作为生活能源而被烧掉, 19% 做房屋建筑材料或蔬菜生产覆盖材料等, 12% 作为草食家畜的饲料, 另有 3% 左右作为手工业的原料。真正形成工业化规模生产的秸秆纤维资源化利用技术项目不多。据报道, 在我国约有 70% 的秸秆纤维作为生活能源的燃料后还田, 或就地燃烧还田, 或直接翻入土层中还田, 20% 左右作为家畜的饲料, 另有 10% 左右作为造纸工业、建筑业及手工业的原料。在全国不少地区, 大量的秸秆纤维没有得到充分利用, 多数在田(地)间付之一炬。这种处理方法, 不但浪费资源, 而且造成了严重的环境污染<sup>[1]</sup>。

利用可再生性资源(包括秸秆纤维资源)是当前环境绿色高技术的重要内容, 是保护环境的一个长远的发展方向, 具有深远与现实的重要意义。秸秆纤维是地球上巨大的再生性生物高分子资源。从资源的可持续利用、保护环境和生物体亲和性与生物分解性特点出发, 人们对于能再生的秸秆纤维的利用寄予了很大的期望, 从而秸秆纤维资源化利用, 开发环境友好的绿色产品, 已形成环境绿色高技术研究与开发中的热点领域<sup>[1]</sup>。

可再生性生物资源(如秸秆纤维等)绿色高技术与地球环境、资源、能源有着十分密切的关系, 其实质是资源和能源消耗少, 对生态环境影响小, 可以再生利用或者降解循环使用, 从根本上解决资源日益短缺、大量废弃物造成生态环境日益恶化等问题, 以保证人类社会的可持续发展。1996年美国总统绿色化学挑战奖中的学术奖授予 Texas A & M 大学 Holtzaple M 教授, 就是由于他开发了一系列技术, 把废生物质(可再生性生物资源)转化成燃料、工业化学品和动物饲料。近来报道利用生物或农业废弃物如天然多糖类(包括秸秆纤维)制造新型聚合物的工作, 合成了一系列含天然产物的互穿聚合物网络(IPN)绿色涂料, 制备了多种具有防水性的再生纤维素环境材料。由于同时解决了多个环保问题, 因此引起了人们的特别关注。其优越性在于聚合物原料单体实现了无害化, 减轻了环境的负荷<sup>[1]</sup>。

近年来, 大力发展环境绿色材料和绿色高技术产业, 保护大自然、保护人类的生存环境, 已成为当今世界人类共同关心的重大课题。国家实施西部大开发战略, 已把生态建设和环境保护列为战略重点, 并列为西部大开发的重要内容。发展秸秆纤维资源化利用绿色高技术, 完全符合国家产业发展的需要, 对西部生态建设具有极其重要的意义。

**[收稿日期]** 2003-11-07

**[基金项目]** 国家 863 计划资助项目(2002AA322050)

**[作者简介]** 罗学刚(1957-), 男, 四川中江县人, 博士, 西南科技大学教授, 从事生物大分子材料改性及深加工

## 2 秸秆改性纤维资源化利用研究与技术创新

秸秆改性纤维资源化利用研究属于改进型和应用型的综合创新,项目本身涉及农业废弃物的资源化利用、化工技术、机械制作等多学科领域,具有起点高、多学科交叉运用的特点。本项目的科技创新,有助于改变我国目前尚未实现农业废弃物工业化生产的现实,对类似的研究及开发具有明显的启迪作用,有数项技术达到国内领先水平并获得国家发明专利,先后得到国家 863 计划项目、国家自然科学基金项目和国家科技型中小企业技术创新基金项目的支持。针对目前国内外在植物纤维膨化改性技术上存在的设备投资大、生产成本低、膨化度低、产品利用率低等现实问题,通过设备、膨化助剂的开发,工业化生产改性秸秆纤维的主要工艺技术参数研究及产品质量控制指标研究、多项产品的应用开发等,逐渐形成了具有自主知识产权的改性秸秆纤维助膨化技术体系,为产品的工业化生产和进入市场奠定了坚实的基础<sup>[2]</sup>。

### 2.1 设备创新,提高了植物(秸秆)纤维膨化改性加工的质量与效率

目前世界上许多发达国家已研制生产出各种类型的膨化机,多数产品自动化水平较高,成套供应生产线,但设备价格十分昂贵,一般约数十万美元。由于技术和工艺的原因,用于秸秆纤维膨化和改性的膨化机,我国目前尚未推广应用,还没有定型设计的产品。西南科技大学研制的具有我国完全自主知识产权的 DKPH-400 膨化机的基本构造为:

在膨化机上安装了电磁感应加热装置,并在其中设置了高频转换器和自动控制器,所产生的高频电流,通过安装在膨化腔外的两组电磁感应加热圈产生 80~250 ℃ 以上的高温。膨化机中部是膨化腔,秸秆纤维在膨化腔内进行,加入一定比例的碳酸盐( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{NaHCO}_3$  等)作为助膨化剂,使膨化机内产生 6~7 MPa 高压。当腔内和外界之间产生巨大的压强差时,秸秆纤维的体积急剧膨胀,从膨化机后部膨化料出口喷出疏松和裂解的秸秆纤维。这种结构设计的优点是: a. 加入两级电磁感应加热装置,利用高频转换器产生高频电流,从而达到控制温度的作用。一级电磁感应加热(80~110 ℃)预热秸秆纤维,避免了因温度过高造成

进料口反喷,过低影响二级电磁感应加热效果;二级电磁感应加热(250~300 ℃),避免了温度过高使秸秆纤维炭化,堵塞膨化喷口,过低影响膨化效果和膨化量,彻底改变了国内外膨化机用于秸秆纤维膨化和改性时容易堵塞膨化机械,膨化机膨化腔内产生的温度不够(150 ℃ 以下),压强较低(2~3 MPa),秸秆纤维中的水分达不到过热状态,膨化改性效果较差的技术难题<sup>[3]</sup>; b. 将螺杆和螺套上螺纹宽度加宽、深度加深,改变了国内外同类产品大多不能连续化工业生产的问题,从而提高了秸秆改性纤维加工的产量和工业化规模; c. 对螺杆和螺套进行了硬质合金喷涂热处理,从而大幅度提高了螺杆和螺套的耐磨耐蚀性能,延长了易损件寿命,提高了设备利用率,降低了单位生产成本。

### 2.2 生产工艺创新,实现了植物纤维的规模化、工业化膨化改性生产

2.2.1 成功地开发出全新高效的膨化助剂 通过对不同化学原料的配制、选择、对比试验,最后确定以碳酸盐( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{NaHCO}_3$  等)为主体的助膨化剂。在秸秆纤维膨化时加入此膨化剂。膨化剂分解的二氧化碳气体能使膨化腔内产生 6~7 MPa 的高压,利用内外巨大的压强差,将纤维中的过热水分急剧汽化喷射出来,秸秆纤维的体积急剧膨胀,使结构坚硬的秸秆纤维得以疏松和裂解,解决了目前国内膨化机由于压强不够,造成秸秆纤维膨化指数低、膨化处理后粗纤维含量高的技术问题。该项目形成的植物粗纤维裂解剂及其使用方法,已获国家发明专利正式授权<sup>[6]</sup>。

采用高性能电磁感应加热改性植物纤维膨化机,加入 3%~5% 碳酸盐类助膨化剂,进料温度控制在 80~110 ℃,出料温度为 250~300 ℃,调整植物纤维原料含水率 25%, pH 7~8,并配套相应的预处理(如粉碎等)和后处理(如分级过筛等),实现了植物纤维的规模化、工业化膨化改性生产<sup>[2,3]</sup>。其主要工艺流程如图 1。

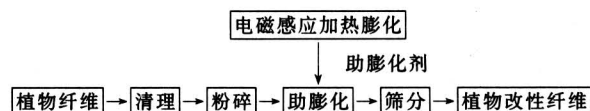


图 1 膨化改性工艺流程图

Fig.1 Flowsheet of the assist-expansion and alter-property technology

2.2.2 建立了标准的工艺技术参数及产品质量指标 利用上述设备及膨化助剂加工改性后的秸秆纤维, 可达到以下技术质量标准: 产品水分 $\leq 10\%$ , 粗纤维 $15\% \sim 45\%$  (根据不同的产品要求可调), 膨化指数 $6 \sim 8$ , pH $7 \sim 8$ , 粒度 $0.1 \sim 0.06 \text{ mm}$  ( $60 \sim 100$  目), 吸水率 $\geq 30\%$ , 代谢能 (ME)  $3529.47 \text{ J/g}$ , 无 N 浸出物 $\geq 20\%$ 。其工艺技术参数和产品质量指标体系的建立, 为产品的工业化奠定了基础。

### 2.3 项目产品的系列创新, 为农业废弃物的资源化利用和拓展工业化产品领域开辟了新路

上述设备及工艺生产的改性秸秆纤维, 具有组织结构疏松, 分子量小, 可塑性好, 热成型产品强度高, 产品表面光滑、有害成分少等优点, 同时具有加工成本低, 加工机械化程度高, 劳动强度小, 无三废污染, 经济效益高等特性, 可促进相关产业的迅速发展。

2.3.1 利用改性植物(秸秆)纤维研发钻井液用油气层保护暂堵剂 利用助膨化加工得到的不规则形状和长短级配的多裂解改性植物纤维初级产品, 配合刚性粒子、变形粒子等制成了钻井液用油气层保护暂堵剂。由于裂解的植物纤维不溶于水, 有利于在封堵中形成纤维网。架桥的刚性粒子具有不同粒径的骨架支撑; 变形粒子能进行有效填充, 当封堵剂和泥浆中的胶体颗粒进入地层时, 在井壁周围迅速形成薄且致密的屏蔽环, 保护油气层, 在测试或开采时, 降低井筒内液柱压力, 形成负压差, 可自动解堵。同时, 改性植物纤维快速封堵剂随钻加入泥浆, 不会被震动筛筛出, 对下部地层有防漏作用, 且具有其废弃物对环境无残留危害的绿色环保特性, 已在我国新疆、中原、江汉、大港、西南等油气田钻采、勘探保护中得到很好的应用<sup>[4]</sup>。

2.3.2 改性植物(秸秆)纤维吸附剂的研发 助膨化加工得到的植物改性纤维, 纤维含量高, 表面呈微孔状, 半纤维素、木素等填充在微孔网络中,  $\text{SiO}_2$  等网络点暴露等特点为理想的吸附剂制备原料。助膨化改性后的植物纤维经活化处理, 制成改性纤维系列吸附剂, 具有较好的吸附率和较强的吸附能力, 使秸秆改性纤维资源化利用范围扩大, 是新型吸附剂研发应用的有效技术途径之一。

2.3.3 改性植物纤维、木素高效分离与应用 地球上木素的数量仅次于纤维素, 估计每年全世界由

植物生长可产生  $1500 \times 10^8 \text{ t}$  木素。在国家 863 计划项目的支持下, 将助膨化改性后的植物纤维原料和专用有机溶剂、催化剂等机械密闭混合后, 经密闭回流浸渍, 有机溶剂渗透进植物纤维原料细胞间隙和细胞内, 分离、水解或溶解木素, 混合浆料经压(过)滤, 分离出高纯纤维, 滤液经密闭浓缩分离出高纯木素, 有机溶剂回收再利用, 真正从源头防治木素、纤维分离对环境的废水污染, 是实现无污染或低污染“绿色环保”木素、植物纤维分离的有效技术途径。为环境友好、低成本、完全降解, 同时为具有缓释、包囊和载体功能的改性木素控释材料的开发(如木素基长效缓释肥, 放射性、重金属、有机废水吸附分离材料等)和大量应用奠定了基础<sup>[5,6]</sup>。

2.3.4 改性植物(秸秆)纤维泡沫材料研发 泡沫材料导热系数低、质量小、施工方便, 在隔热、保温、食品、建筑等领域使用的越来越多, 但常用的如聚氨酯、聚苯乙烯、聚乙烯等泡沫材料存在着易燃烧、发烟量大、耐热温度低, 特别是废弃物降解性能差、污染环境等缺点, 在实际应用中受到越来越多的限制。以改性植物(秸秆)纤维为主要原料, 烯烃类有机物与有机酸混合后做粘结剂, 加入发泡剂制成的改性植物(秸秆)纤维泡沫材料, 具有质轻、容重小、省料、比强度高、导热系数小、隔音和隔热性能优良等特性, 可广泛应用于衬质包装材料、过滤材料、吸音防震材料、保温材料等<sup>[7~12]</sup>。

## 3 结语

利用农业废弃物秸秆资源, 原料本身为天然材料, 生产的产品对人无毒无害, 对环境没有破坏作用, 能有效地补充资源短缺和维持生态平衡。利用膨化改性技术生产的改性植物纤维, 具有组织结构疏松, 分子量小, 可塑性好, 热成型产品强度高, 产品表面光滑、有害成分少等优点, 同时具有加工成本低, 加工机械化程度高, 劳动强度小, 无三废污染, 经济效益高等特性, 可促进相关产业的迅速发展。作为原料, 可以广泛地用于石油钻探(钻井液用植物改性纤维油气层保护暂堵剂)、化工(改性纤维吸附剂)、材料(一次性餐具材料、家具中纤、高纤板材)、造纸(原料膨化处理)、园艺绿化材料等生产加工领域。为农作物秸秆的资源化利用

和拓展工业化产品领域开辟了新路。

#### 参考文献

- [1] 韩鲁佳, 闫巧娟, 刘向阳, 等. 中国农作物秸秆资源及其利用现状[J]. 农业工程学报, 2002, 18(3): 87~91
- [2] 罗学刚. 碳酸盐在稻壳挤压膨化加工中的应用研究[J]. 农业工程学报, 1998, 14(3): 235~239
- [3] 罗学刚. 植物粗纤维裂解剂及其使用方法[P]. 中国专利: ZL97107538.7
- [4] 刘宗泽, 罗学刚, 等. 钻井液用快速封堵剂[P]. 中国专利申请: 00120613
- [5] 罗学刚. 回收有机溶剂法分离木素制纸浆技术[P]. 中国专利申请: 01129051.X
- [6] 罗学刚. 高纯木素、纤维高效分离技术[P]. 中国专利申请: 200310110999.7
- [7] 罗学刚. 一种木素基控释材料[P]. 中国专利申请: 200310111001.5
- [8] 罗学刚. 一种木素热塑性改性工艺[P]. 中国专利申请: 200310111000.0
- [9] Sokhey, et al. Screw configuration effects on corn starch expansion during extrusion[J]. Journal of Food Science, 1994, 59(4): 895~898
- [10] Ratil R T, et al. Effect of processing conditions on extrusion cooking of soy-rice blend with a dry extrusion cooker[J]. Journal of Food Science and Technology, 1994, 27: 376~378
- [11] HUL. Food emulsifier effects on corn meal extrusion with dietary fiber [P]. Dissertation Abstracts International, B54(7)3412, No. DA9400033
- [12] Camire M Z, et al. Flavor formation during extrusion cooking[J]. Cereal Foods World, 1996, 41: 734

## Reuse Application on Alter-property of Plant (straw stalk) Fiber

Luo Xuegang

(Southwest University of Science and Technology, Mianyang, Sichuan 621010, China)

[Abstract] This paper summarized the study on the technology of assist-expansion and alter-property on plant (straw stalk) fiber, some most potentially applicable and exploitable technologies at present and described, the applications of plant fiber assist-expansion technology in the correlative fields.

[Key words] technical innovation; plant fiber; straw stalk; alter-property; reuse application

(cont. from p.67)

## Thermodynamic Analysis and Reaction Model of Combustion Synthesis in Al - Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> System with Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> and Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Diluents

Zhang Yancheng, Pan Ye, Zhang Chuan

(Department of Mechanical Engineering, Southeast University, Nanjing 210096, China)

[Abstract] The thermodynamic calculation and analysis of combustion synthesis reaction of Al - Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> system with Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> and Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> diluents were conducted, and the effects of reaction starting temperature  $T_0$ , diluents Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> and Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> on the adiabatic combustion temperature  $T_{ad}$  were also discussed. The near linear relation between  $T_0$  and  $T_{ad}$  was obtained and its application in directing the composition design was introduced. Furthermore, the correlation between Gibbs free energy  $\Delta G$  and reaction temperature  $T$  was displayed by above calculation and discussion. It shows the reaction of this system is controlled by diffusion. At last, combined with the analysis on the experiment results, the thermal explosive reaction micro-model was proposed.

[Key words] cermet; combustion synthesis; Al - Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> system; thermodynamics; reaction model