

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2015.05.005

流化床换热用 PTFE/SiO₂ 固体颗粒的制备及性能^{*}

臧秀艳¹, 张少峰^{1,2}, 段连群³, 李栋³

(1. 河北工业大学化工学院, 天津 300130; 2. 河北工业大学海水资源高效利用化工技术教育部工程研究中心, 天津 300130;

3. 天塑科技集团技术中心, 天津市天塑科技集团有限公司, 天津 300073)

摘要: 综合考虑二氧化硅(SiO₂)微粉和聚四氟乙烯(PTFE)的优良特性,在PTFE粉末中添加不同含量的SiO₂,对其进行填充改性,采用糊膏挤出方式,制备不同SiO₂含量的复合型PTFE/SiO₂惰性固体颗粒,考察了SiO₂含量对PTFE密度、硬度和摩擦磨损性能的影响,并将复合固体颗粒应用于汽-液-固三相循环流化床换热器,进一步研究不同SiO₂含量下复合固体颗粒的传热性能。结果表明,在PTFE中添加SiO₂能显著提高PTFE的密度和硬度,降低PTFE的摩擦系数和磨痕宽度;在SiO₂质量分数为12%时,将制成的复合固体颗粒应用于循环流化床换热器中,能够使其膜传热系数相比添加纯PTFE颗粒的增加4.7%,强化传热效果最好;适宜加入流化床换热器的复合固体颗粒体积分数为4%。

关键词: 聚四氟乙烯; 二氧化硅; 糊膏挤出; 流化床换热器; 惰性固体颗粒; 传热系数

中图分类号: TQ327, TQ051.5 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2015)05-0023-06

Preparation and Properties of PTFE/SiO₂ Solid Particles Used in Fluidized Bed Heat Exchanger

Zang Xiuyan¹, Zhang Shaofeng^{1,2}, Duan Lianqun³, Li Dong³

(1. Chemical Engineering Institute, Hebei University of Technology, Tianjin 300130, China;

2. Engineering Reserch Center of Seawater Utilization Technology, Ministry of Education, Hebei University of Technology, Tianjin 300130, China;

3. Technology Center of TIANSU Technology Group, Tianjin TIANSU Science & Technology Group Co., Ltd., Tianjin 300073, China)

Abstract : Considering the excellent characteristics of silica(SiO₂) and polytetrafluoroethylene(PTFE), adding different content of SiO₂ in PTFE powder by filling modification and adopting paste extrusion method, composite PTFE/SiO₂ inert solid particles with different SiO₂ content were prepared. The effects of SiO₂ content on the density, hardness, friction and wear properties of the solid particles were investigated, and the solid particles were applied to the vapor-liquid-solid three-phase circulating fluidized bed heat exchanger, the heat transfer properties of the solid particles with different SiO₂ content were further studied. Experiment results show that adding SiO₂ in PTFE can significantly increase the density and hardness, reduce the friction coefficient and wear width of PTFE. When the mass fraction of SiO₂ is 12%, the composite solid particles used in circulating fluidized bed heat exchanger can make the film heat transfer coefficient increasing by 4.7% comparing with that of pure PTFE solid particles, the heat transfer effect is best. Suitable volume fraction of the composite solid particles adding in fluidized bed heat exchanger is 4%.

Keywords : PTFE ; SiO₂ ; paste extrusion ; circulating fluidized bed heat exchanger ; inert solid particles ; heat transfer coefficient

列管式换热器在工业应用中相当广泛,在操作过程中为防止换热器管内结垢,研究者从20世纪70年代开发了流化床换热技术^[1-4],在换热器管内加入惰性固体颗粒,依靠惰性固体颗粒在管内的运动破坏流动边界层,在防垢的同时强化传热,与单相传热模式相比,其传热系数可提高10%~30%^[4],大大提高了设备的传热性能。

流化床换热技术的核心之一是换热器中添加的惰性固体颗粒的选择。不同惰性固体颗粒的物性不同,其对垢层的破坏作用和强化传热的效果也不

同,所添加的颗粒必须满足以下几点^[4]:颗粒与介质在操作条件下不能发生化学反应;综合考虑颗粒的种类、形状、密度、导热系数等因素,其既要有较高的力学性能,又要有良好的强化传热和防、除垢性能;颗粒密度要适当,即对管壁的碰撞力要足够大但对壁面的磨损量要小。

^{*} 河北省科学技术研究与发展计划项目(12276711D),河北省自然科学基金项目(D2014202074)

联系人: 臧秀艳, 硕士, 主要从事化工过程强化与优化研究

收稿日期: 2015-03-03

目前所采用的固体颗粒材质有玻璃、陶瓷、不锈钢、聚四氟乙烯 (PTFE)、刚玉、石英砂等,其均为单一材质,尺寸为 $1 \sim 4 \text{ mm}^{[3-4]}$ 。由于这些颗粒物性不同,在不同程度上都存在缺陷,为了克服现有颗粒缺陷,且能更好地防垢和强化传热,笔者综合 PTFE 和石英 (化学组成为 SiO_2) 的优良特性,采用填充改性再糊膏挤出的方法,研制满足一定操作条件的复合型 PTFE/ SiO_2 惰性固体颗粒,这对流化床换热技术进一步推广应用具有重要意义。

1 实验部分

1.1 实验原料

PTFE 粉: 山东东岳集团有限公司;

球形 SiO_2 微粉: 粒径约 $2.35 \mu\text{m}$, 蚌埠鑫源材料科技有限公司;

120# 溶剂油: 天津盛通泰化工有限公司;

二水合硫酸钙: 天津科密欧化学试剂公司。

1.2 仪器与设备

滚动式搅拌机: HLJ-1001 型, 天津市二锻机械有限公司;

电热鼓风干燥箱: 101-0N/BN 型, 天津市华北实验仪器有限公司;

预成型机: AB 型, 广东董氏机械科技有限公司;

糊膏挤出机: L 型, 广东董氏机械科技有限公司;

高速混合机: SHR-5A 型, 北京塑料机械厂;

PTFE 专用烧结炉: RFX 型, 乐清市虹港炉业有限公司;

邵氏硬度计: D 型, 北京时代之峰科技有限公司;

排水法密度仪: MH-300S 型, 台湾 Matsu Haku 公司;

塑料滑动摩擦磨损试验机: MH-20 型, 长春市智能仪器设备有限公司;

扫描电子显微镜 (SEM): Novanano SEM450 型, 美国 FEI 公司;

循环流化床蒸发装置: 自制。

1.3 制备方法

(1) 复合惰性固体颗粒制备方法。

PTFE/ SiO_2 复合固体颗粒制备的主要流程如图 1 所示。将过筛后的 PTFE 粉加入到洁净的光口瓶中, 加入计量过的 SiO_2 和助剂油, 采用的助剂油为 120# 溶剂油, 混匀后放在滚动式搅拌机上滚动搅

拌 15 min。混料温度在 19°C 以下, 混合完毕的料筒在 45°C 下保存 20 h, 这一过程称为熟化^[5]。

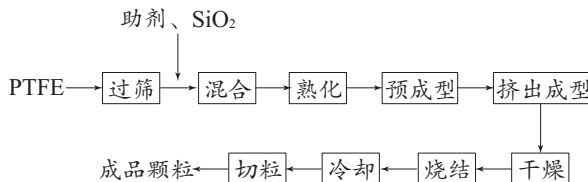


图 1 复合固体颗粒制备流程

将熟化后的混合料均匀倾倒入预成型机坯料腔。制坯压力 2 MPa, 保压 60 s。压制的坯体以表面光亮, 无毛边为优^[5]。将压制好的坯体立即加入糊膏挤出机的推压模腔, 口模直径为 3 mm。将坯体加入后预热一段时间即可开始推压挤出棒材, 推压压力为 5 MPa。棒材开始挤出时截取一部分观察, 合格则继续推压, 不合格重新调整。整个过程要求推压速度平稳均一。

将推压好的试样进行干燥, 干燥温度设为 300°C , 时间为 8 h, 干燥的目的主要在于把试样中的助剂油除去, 避免助剂油影响成品颗粒的相关性能, 故设定的干燥时间较长。干燥后再放入烧结炉中进行烧结, 烧结温度为 375°C , 升温 2 h, 保温 2 h, 再自然冷却。将冷却后的成品试样切成长度为 3 mm 的颗粒, 即得 PTFE/ SiO_2 复合固体颗粒。

研究共进行了 4 组配方试验, SiO_2 的质量分数分别为 0%, 4%, 8%, 12%, 具体配方见表 1。

表 1 复合固体颗粒配方

SiO_2 用量	PTFE 用量	助剂油用量
0	1000	210
40	960	220
80	920	230
120	880	240

由表 1 可看出, 随着 SiO_2 用量增加, 助剂油用量也要相应增加, 这是由于 SiO_2 的加入会破坏 PTFE 的纤维结构, 而糊膏挤出主要是利用 PTFE 的纤维拉伸原理^[6], 过多加入其它杂质会使挤出不连续, 发生断裂现象。适当增加助剂油的用量会改善这一现象, 但是不能在 PTFE 中过多的添加 SiO_2 , SiO_2 的质量分数超过 12% 时, 会导致挤出时产品发生卷曲, 甚至会堵塞口模。

(2) 性能测试试样制备方法。

由于制备的复合固体颗粒体积太小, 不方便对其进行密度、硬度和摩擦磨损等性能测试, 故采用“冷压成型+烧结”的方式制备相关试样。

制备方法为按表 1 配方 (不加助剂油) 用高速混合机直接混合, 将混合好的粉末直接放入制好的

模具中,压力设为 4~5 MPa,冷压成型^[7]后制备的试样尺寸为 28 mm×7 mm×6 mm,然后再烧结,烧结温度、升温速率和降温速率与复合固体颗粒制备工艺相关参数一致。

1.4 性能测试与结构表征

(1) 形貌分析。

将复合固体颗粒取较薄的横截面做为试样,表面真空喷金后采用 SEM 进行观察并拍照。

(2) 密度、硬度及摩擦磨损性能测试。

密度采用排水法密度仪进行测试;

硬度按 JJG 1039-2008 测试^[8];

摩擦磨损性能按 GB/T 3960-1983 测试,测试中上转轴保持静止,下转轴以 200 r/min 转动,做滑动摩擦,对磨 30 min,负荷 20 kg,试验环境温度 23±5℃。

(3) 传热性能测试。

将不同 SiO₂ 用量的复合固体颗粒加入自制的循环流化床蒸发装置^[9]中进行传热实验,并和原有刚玉球颗粒及纯 PTFE 颗粒进行对比试验,循环料液为二水合硫酸钙在水中静置一天形成的饱和硫酸钙溶液。实验装置流程图如图 2 所示^[9]。

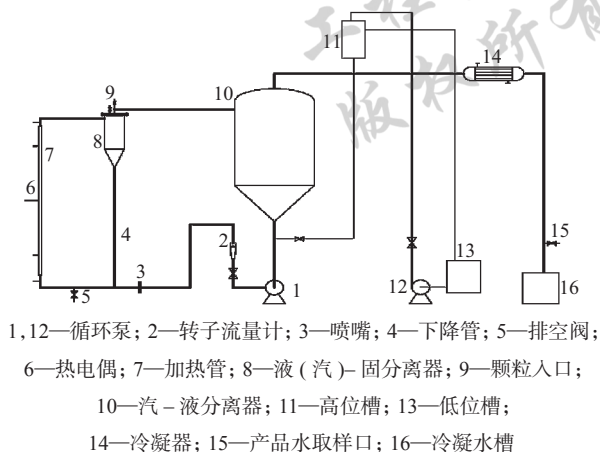


图 2 循环流化床换热器蒸发流程

试验中加热管采用电加热,加热圈外面包裹保温层。在加热管上安装四个 PT100 热电偶,焊接在管外壁,测量管外壁温;在加热管上下两端安装两个 PT100 热电偶,通过小孔安插在管内,测量流体的出、进口温度。采用计算机实时采集温度数据。

流化床换热器的膜传热系数 α 可用式 (1) 和式 (2) 计算:

$$\alpha = \frac{q}{\bar{T}_w - \bar{T}_f} \quad (1)$$

$$q = k \frac{UI}{A} \quad (2)$$

式中: q ——加热通量, W/m^2 ;

$\bar{T}_w$ ——测试管平均内壁温度, K ;

$\bar{T}_f$ ——测试管内料液主体平均温度, K ;

k ——考虑热损失的校正系数,本实验中因保温措施优良, k 值取 1;

U ——加热电压, V ;

I ——加热电流, A ;

A ——测试管加热面积, m^2 。

本实验中,因热电阻安装在管壁外侧,其测得温度并不是测试管内壁温度,因此需做如式 (3)^[10]修正:

$$T_{wi} = T_i - \frac{\delta q}{\lambda_s} \quad (3)$$

式中: T_i ——测试管各测温点外壁温度, K ;

T_{wi} ——测试管各测温点内壁温度, K ;

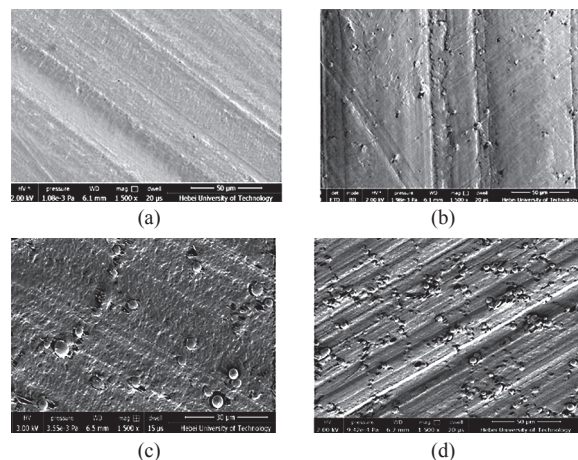
δ ——测试管壁厚, m ;

λ_s ——测试管材质不锈钢的导热系数,其值为 16.2 $W/(m \cdot K)$ 。

2 结果与讨论

2.1 复合固体颗粒形貌分析

图 3 为相同条件下纯 PTFE 颗粒和 3 种复合固体颗粒横截面的 SEM 照片。



SiO₂ 质量分数: a—0%; b—4%; c—8%; d—12%

图 3 不同惰性固体颗粒横截面 SEM 照片

由图 3a 可以明显看出纯 PTFE 经糊膏挤出再烧结后的纤维结构,由图 3b、图 3c 和图 3d 可以看出添加了 SiO₂ 后,球形 SiO₂ 在一定程度上破坏了 PTFE 的纤维结构,但是由于添加量很少,结构破坏并不严重。由图 3b 和图 3c 可观察到,由于只添加了质量分数为 4% 和 8% 的球形 SiO₂,其球形粒子分布并不均匀,尤其是 SiO₂ 质量分数为 4% 的颗粒,其横截面上只能观察到很少球形 SiO₂,这说明这两

种颗粒在最初混料时由于添加 SiO_2 量很少而很难混合均匀,这就导致相同配比颗粒的性能可能出现差异,使得产品性能不稳定。而由图 3d 可以看出,球形 SiO_2 分布较为均匀,故相比较来说, SiO_2 质量分数为 12% 的惰性固体颗粒之间的性能差异较小,相对稳定。

2.2 SiO_2 用量对 PTFE 性能的影响

SiO_2 用量对 PTFE 密度、邵氏硬度的影响如图 4 和图 5 所示。

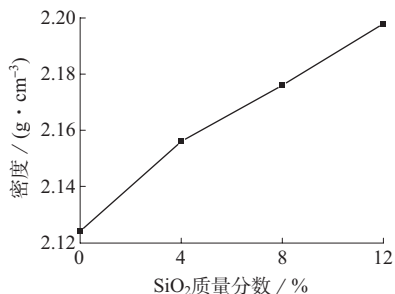


图 4 SiO_2 用量对 PTFE 密度的影响

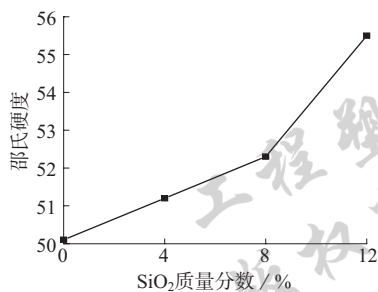


图 5 SiO_2 用量对 PTFE 邵氏硬度的影响

由图 4 和图 5 可看出,随着 SiO_2 用量增加,PTFE 的密度和邵氏硬度都呈增加趋势,且邵氏硬度增加的幅度较大。图 4 中,纯 PTFE 的密度为 2.124 g/cm^3 , SiO_2 质量分数为 12% 时,PTFE 的密度可达到 2.2 g/cm^3 ,这是由于 SiO_2 的密度较大而造成的;图 5 中,当 SiO_2 质量分数大于 8% 时,PTFE 的邵氏硬度有显著增加,质量分数为 12% 时,其邵氏硬度值可以达到 55.5,比纯 PTFE 增加了 10.8%,这是由于纯 PTFE 具有螺旋型结构,分子之间很容易滑动,导致 PTFE 硬度较低、承载能力差,外力作用下易发生形变^[11],而 SiO_2 作为硬质材料,分子结构较稳定不容易滑动, SiO_2 的加入可增加复合材料的承载能力。

SiO_2 用量对 PTFE 磨痕宽度及摩擦系数的影响如图 6 和图 7 所示。由图 6 和图 7 可看出,随着 SiO_2 用量增加,PTFE 的耐磨性明显提高,加入 SiO_2 后,磨痕宽度显著减小,相应摩擦系数也显著下降。这是因为纯 PTFE 本身耐磨性能差,PTFE 磨损的

本质是其在外力作用下,大分子链发生滑移或断裂,从而使材料被拉出结晶区并形成片状转移到对偶件表面,造成粘着磨损^[12]。而在 PTFE 中填充 SiO_2 后,其硬度和强度都得到了提高,当其与金属表面接触时,填料起承载作用,同时 PTFE 大分子受到填充物的牵连,不会容易脱离,因而耐磨性明显提高^[13]。

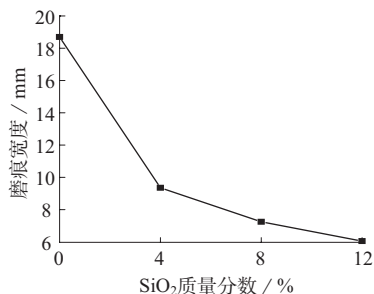


图 6 SiO_2 用量对 PTFE 磨痕宽度的影响

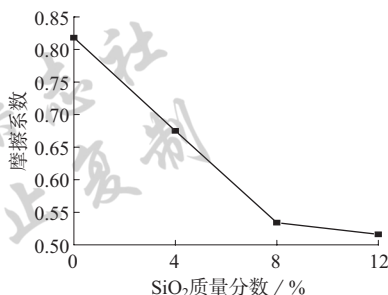


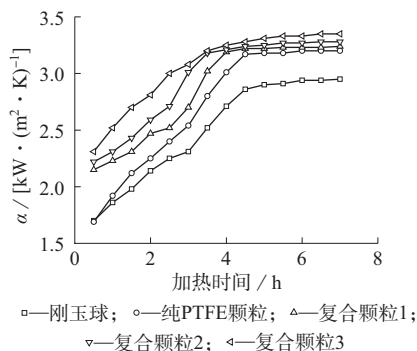
图 7 SiO_2 用量对 PTFE 摩擦系数的影响

综上可知,在 PTFE 中加入 SiO_2 可以明显提高其密度、硬度及耐磨性能,故用 SiO_2 和 PTFE 制备的复合固体颗粒能明显的改善纯 PTFE 固体颗粒硬度较低、耐磨性能差的缺陷。

2.3 SiO_2 用量对复合固体颗粒传热性能的影响

把不同 SiO_2 用量的复合固体颗粒加入循环流化床中进行传热试验,并与原有刚玉球的传热效果进行对比,加入的复合固体颗粒在循环料液中的体积分数均为 8%,热通量为 14.75 kW/m^2 。把测得的温度数据进行处理,可计算出添加不同固体颗粒的流化床换热器的 α ,结果如图 8 所示。图 8 中复合颗粒 1,2,3 表示 SiO_2 的质量分数分别为 4%, 8%, 12% 的复合固体颗粒。

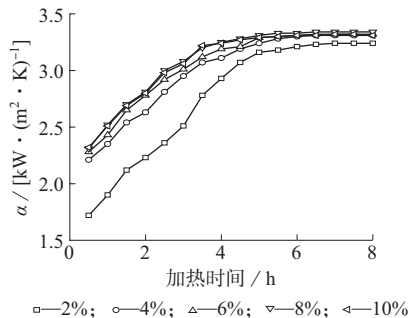
由图 8 可知,在相同操作条件下,随着温度的升高, α 均呈增大的趋势,随后慢慢达到稳定状态。添加的 3 种复合固体颗粒和纯 PTFE 颗粒的流化床换热器的 α 均大于添加刚玉球的 α ,这是由于在相同条件下,刚玉球的密度太大,流化效果不好,容易沉积,而 PTFE 颗粒流化效果好,增加了与管壁面碰撞的几率,能够产生大量的气泡,强化了核态沸腾,加快了流体之间的传热^[14]。


 图 8 添加不同固体颗粒的流化床换热器的 α 随加热时间的变化

由图 8 也可看出,随着颗粒中 SiO₂ 用量增加,流化床换热器 α 也是增加的趋势,并能较早达到稳定。当 SiO₂ 用量达到 12% 时,其 α 最高可达到 3.35 kW/(m²·K),比添加纯 PTFE 颗粒的提高了 4.7%。这是由于 SiO₂ 的导热系数比纯 PTFE 的导热系数大所致,加入 SiO₂ 后,增强了颗粒的导热性,加快了流体之间的传热。另外,在纯 PTFE 中选择加入 SiO₂,主要是为了调节颗粒的密度和增强颗粒的耐磨性能,加入流化床的复合固体颗粒对密度有一定的要求,若密度太小则与壁面的碰撞速率减小,不利于传热,若密度太大则不容易流化,而且对壁面的碰撞力太大易对加热管壁产生磨损,所以 SiO₂ 的用量不宜太多。同时,在 PTFE 中加入适量的 SiO₂ 能够增强颗粒的耐磨性能,有利于颗粒的循环使用,节约成本。

2.4 复合固体颗粒体积分数对其传热性能的影响

查相关文献 [3], [14], [15] 可知,适宜加入循环系统的惰性固体颗粒的体积分数为 3%~8%。为了确定复合固体颗粒的用量,把 SiO₂ 质量分数为 12% 的复合固体颗粒加入循环流化床中进行传热试验,加入的颗粒在循环料液中的体积分数分别为 2%, 4%, 6%, 8%, 10%, 热通量为 14.75 kW/m², 考查其 α 的变化,结果如图 9 所示。


 图 9 复合固体颗粒体积分数对 α 的影响

由图 9 可以看出,当复合固体颗粒的体积分数为 2% 时,流化床换热器的 α 明显低于其它体积分

数下的 α ; 当复合固体颗粒的体积分数为 10% 时,其 α 曲线几乎与体积分数为 8% 时的 α 曲线重合,并且在达到平衡时的最大 α 低于体积分数为 8% 时的 α ,这说明并不是加入的复合固体颗粒越多越能加快传热,因为粒子体积分数越大,流体阻力越大,粒子与固体壁面碰撞机会增多,粒子能量容易受到损失,使粒子的对流传热下降,不利于传热系数增加;当复合固体颗粒体积分数为 4%~8% 时, α 随着体积分数的增加而逐渐增大,但是增大幅度不明显,并且在达到平衡时,其 α 很接近,这说明在此区间内,其 α 变化不大,故可以考虑适当降低添加的复合固体颗粒的体积分数以节约成本,所以复合固体颗粒的适宜体积分数可定为 4%。

3 结论

(1) 随着 SiO₂ 用量增加, PTFE 的密度、邵氏硬度均增大,耐磨性能有明显改善。其中邵氏硬度增大幅度较大,当 SiO₂ 质量分数为 12% 时,其比纯 PTFE 增大 10.8%。

(2) PTFE/SiO₂ 复合固体颗粒的传热效果明显强于纯 PTFE 颗粒,而且随着颗粒中 SiO₂ 用量的增加,流化床换热器的 α 也呈增大趋势。

(3) SiO₂ 质量分数为 12% 时,制成的复合固体颗粒应用于循环流化床换热器中,能够使其 α 相比添加纯 PTFE 颗粒的增加 4.7%,强化传热效果最好。

(4) 综合考虑传热和成本因素,适宜加入循环换热系统中的复合固体颗粒的体积分数为 4%。

参考文献

- [1] 姜峰,李修伦,齐国鹏,等. 三相流蒸发防垢节能技术[J]. 中国井矿盐,2012,43(1):2-6.
Jiang Feng, Li Xiulun, Qi Guopeng, et al. Technology for scale prevention and energy saving by three-phase flow evaporation[J]. China Well and Rock Salt, 2012, 43(1):2-6.
- [2] 马红钦,崔国良,娄红斌,等. 流化床自清换热技术在卤水预热器中的应用[J]. 中国井矿盐,2006,37(1):19-21.
Ma Hongqin, Cui Guoliang, Lou Hongbin, et al. Application of self-cleaning technology of fluidized-bed in brine preheater[J]. China Well and Rock Salt, 2006, 37(1):19-21.
- [3] Liu M Y, Qiang A H, Sun Y L. Characteristics of flow and heat transfer in a tube bundle evaporator with a vapor-liquid-solid flow[J]. Chemical Engineering Research and Design, 2007, 85(2):256-262.
- [4] 郭英凯,赵国华,姜峰,等. 三相流化床蒸发器在无机盐工业中的应用[J]. 无机盐工业,2005,37(8):55-57.
Guo Yingkai, Zhao Guohua, Jiang Feng, et al. Application of three-phase fluidized bed evaporator in inorganic salt industry[J].

- Inorganic Chemical Industry, 2005, 37(8):55-57.
- [5] 谢学民,段连群. 电厂锅炉氟塑料省煤器用聚四氟乙烯换热管加工工艺及难点解析[J]. 塑料技术, 2014, 42(3):22-26.
- Xie Xuemin, Duan Lianqun. PTFE heat exchanger tube processing technology and difficulty analysis of power plant boiler economizer fluorine plastic[J]. Plastics Technology, 2014, 42(3):22-26.
- [6] 杜小刚,刘亚青. 聚四氟乙烯的加工成型方法[J]. 绝缘材料, 2007, 40(3):67-69.
- Du Xiaogang, Liu Yaqing. Molding technologies of polytetrafluoroethylene[J]. Insulating Materials, 2007, 40(3):67-69.
- [7] 廖立. 聚四氟乙烯加工技术、填充改性及应用进展[J]. 当代化工, 2010, 39(6):723-725.
- Liao Li. Advances in processing technology, modification and application of polytetrafluoroethylene[J]. Contemporary Chemical Industry, 2010, 39(6):723-725.
- [8] 马芳,金石磊,王文东,等. PTFE 复合材料力学性能及摩擦磨损机理的研究[J]. 广州化工, 2011, 39(13):48-49.
- Ma Fang, Jin Shilei, Wang Wendong, et al. The research of mechanical properties and mechanism of friction and wear of PTFE composite materials[J]. Guangzhou Chemical Industry, 2011, 39(13):48-49.
- [9] 弓凯雷,王德武,刘燕,等. 固体颗粒对流化床多相蒸发海水淡化操作浓缩比及膜传热系数的影响[J]. 化工学报, 2012, 63(8):2392-2397.
- Gong Kailei, Wang Dewu, Liu Yan, et al. Effects of solid particles on experimental concentration factor of seawater desalination and film heat transfer coefficient in fluidized bed with multi-phase evaporation[J]. Journal of Chemical Industry and Engineering, 2012, 63(8):2392-2397.
- [10] 李洪彬,刘燕. Kenics 静态混合器在水平液固循环流化床中流动特性的研究[D]. 天津:河北工业大学, 2013.
- Li Hongbin, Liu Yan. Researches on the flow characteristics of liquid-solid horizontal circulating fluidized bed with Kenics static mixer[D]. Tianjin:Hebei University of Technology, 2013.
- [11] 李黎明,巴俊洲,蒋亚雄,等. PPS/MoS₂/PTFE 密封材料的制备及性能研究[J]. 舰船防化, 2014(1):9-12.
- Li Liming, Ba Junzhou, Jiang Yaxiong, et al. Study on preparation and performance of PPS/MoS₂/PTFE sealing materials[J]. Chemical Defence on Ships, 2014(1):9-12.
- [12] 王晓远. 颗粒/纤维增强树脂基复合材料摩擦磨损性能研究[J]. 巴音郭楞职业技术学院学报, 2011(2):64-67.
- Wang Xiaoyuan. Study on wear properties of particles/fiber reinforced resin matrix composite[J]. Bayin Vocational Education, 2011(2):64-67.
- [13] 范清,叶素娟. 石墨及纤维填充聚四氟乙烯复合材料的摩擦学研究[J]. 润滑与密封, 2008, 33(5):82-83.
- Fan Qing, Ye Sujuan. Study on tribological properties of graphite and fiber filled PTFE composites[J]. Lubrication Engineering, 2008, 33(5):82-83.
- [14] 李健,刘振义,李丁,等. 惰性粒子流化床蒸发器三相流流动与传热性能[J]. 化工装备技术, 2007, 28(2):9-15.
- Li Jian, Liu Zhengyi, Li Ding, et al. The flow and heat transfer performance of the three phase circulating fluidized bed evaporator[J]. Chemical Equipment Technology, 2007, 28(2):9-15.
- [15] Pronk P, Infante Ferreira C A, Witkamp G J. Mitigation of ice crystallization fouling in stationary and circulating liquid-solid-fluidized bed heat exchangers[J]. International Journal of Heat and Mass Transfer, 2010, 53(1/2/3):403-411.

俄罗斯第一季度聚碳酸酯产量下降 5%

根据 MRC ScanPlast 发布的报告,2015 年 1~3 月,俄罗斯生产了 17 400 t 聚碳酸酯(PC),同比下降 5%。

2015 年第一季度,俄罗斯挤出级 PC 产量为 14 300 t,同比上涨 11%,注塑级 PC 产量仅为 3 100 t,同比下降 43%。同时,注塑级 PC 并未出口至国外市场,其供应量已大幅超过国内市场需求量。

目前,Kazanorgsintez 是 CIS 市场中唯一一家 PC 生产商,该生产商主要聚焦于俄罗斯国内市场。不考虑卢布汇率和市场平衡,相比进口料,市场对俄罗斯国产料的需求更加可观,而且价格也很具竞争力。

Kazanorgsintez 发言人说道,今年的装置年度检修计划时间将不会按照往年定于 5 月,因 PC 市场需求强劲,在 7 月到来之前,装置将持续运营,不会停车。

PC 工程塑料的应用领域主要是玻璃装配业、汽车工业和电子、电器工业,其次还有工业机械零件、光盘、包装、计算机等办公室设备、医疗及保健、薄膜、休闲和防护器材等。

(石化网)

俄罗斯暂时取消高密度聚乙烯管材进口关税

俄罗斯管道工业发展基金会认为,随着俄罗斯国内对石油、天然气管道需求的不断增加,俄罗斯高密度聚乙烯(PE-HD)消耗量将呈日益上涨之势。因国内供给有限,PE-HD 进口量必将大幅增加。若 PE-HD 进口关税不取消,PE-HD 管的生产成本将上涨。因此,该基金会提议政府取消 PE-HD 管材进口关税。

对于这一提议,俄罗斯当局曾表示需要慎重考虑。因为当时俄罗斯本土企业 Rosnano 和 Metakley 正在着手一个纳米复合材料项目(即研制一种新型 PE 来取代 PE-HD 在大直径管道中的应用)。此外,当地一些 PE-HD 生产商坚称,为保护民族企业的利益,政府理应对进口 PE-HD 收取关税。

最终,对立双方答应各退一步,以 9 个月为限,暂时取消对进口 PE-HD 收取任何关税。对于这一结果,MRC 市场分析师 Sergei Karaichentsev 认为未来数月,北欧化工及俄罗斯塑料管道生产商将成为此次谈判结果的最大赢家。2013 年俄罗斯 PE-HD 进口总量为 73 800 t,其中很大一部分来自北欧化工。

(环塑网)