هفته ملی پژوهش و فناوری

نمایشگاه هفته پژوهش و فناوری
دانشگاه صنعتی همدان
آذر 1402

شبیه سازی و بهینه سازی فرایند تولید پلی استایرن

رضا میرزایی، نسیم عباسی، مسعود وصالی ناصح

گروه مهندسی شیمی، دانشگاه صنعتی همدان
masood.vesali@hut.ac.ir

چکیده

در این مقاله فرایند تولید پلیمر پلی استایرن با استفاده از نرم افزار اسپن پلاس شبیه سازی و آنالیز شد. هدف از انجام این پژوهش دست‌یابی به حالت بهینه برای کاهش هزینه‌های تولید و افزایش میزان تولید است. اثر پارامترهای عملیاتی نظیر دما و طول راکتور بر میزان تولید پلی استایرن بررسی شد.

با دبی خوراک ۷۰۰۰ کیلوگرم برساعت، مقدار ۵۶۵۰/۶ کیلوگرم بر ساعت پلی استایرن با درصد خلوص ٪۹۶ تولید شده است. نتایج آنالیزها نشان داد با افزایش دما در راکتورهای هم‌زده، میزان دبی جرمی پلی استایرن تولید شده افزایش می‌یابد. همچنین طول راکتور پلاگ با دبی جرمی پلی استایرن رابطه مستقیم دارد. به عبارت دیگر می‌توان با ثابت نگه داشتن دمای راکتورهای هم‌زده اولیه و ثانویه به ترتیب برابر با ۱۵۰ و ۱۸۰ درجه سانتی گراد و کاهش طول راکتور پلاگ تا ۶۰ متر، به حالتی بهینه (۵۷۹۰ کیلوگرم) جهت تولید پلی استایرن دست یافت.

واژه های کلیدی : پلی استایرن، شبیه سازی، بهینه سازی، راکتور پلاگ، راکتور هم‌زده

مقدمه

پلی استایرن یک پلیمر آروماتیک ساخته شده از مونومر استایرن است که به صورت تجاری از خوراک نفتی بدست می آید. این ماده در دمای اتاق، معمولا یک ترموپلاستیک جامد است، اما می تواند در دمای بالاتر برای قالب گیری یا اکستروژن ذوب شود، سپس دوباره جامد شود. توسعه نرم افزارهای طراحی در مهندسی شیمی باعث شده تا از ساخت واحدهای صنعتی با نتایج پیش‌بینی نشده غیر مفید جلوگیری شود. یکی از شاخص‌ترین نرم افزارها در این زمینه Aspen plus است. در این مطالعه فرایند پلیمریزاسیون پلی استایرن در نرم افزار اسپن پلاس شبیه سازی و کاربردی شده است.

اهداف و روش پژوهش

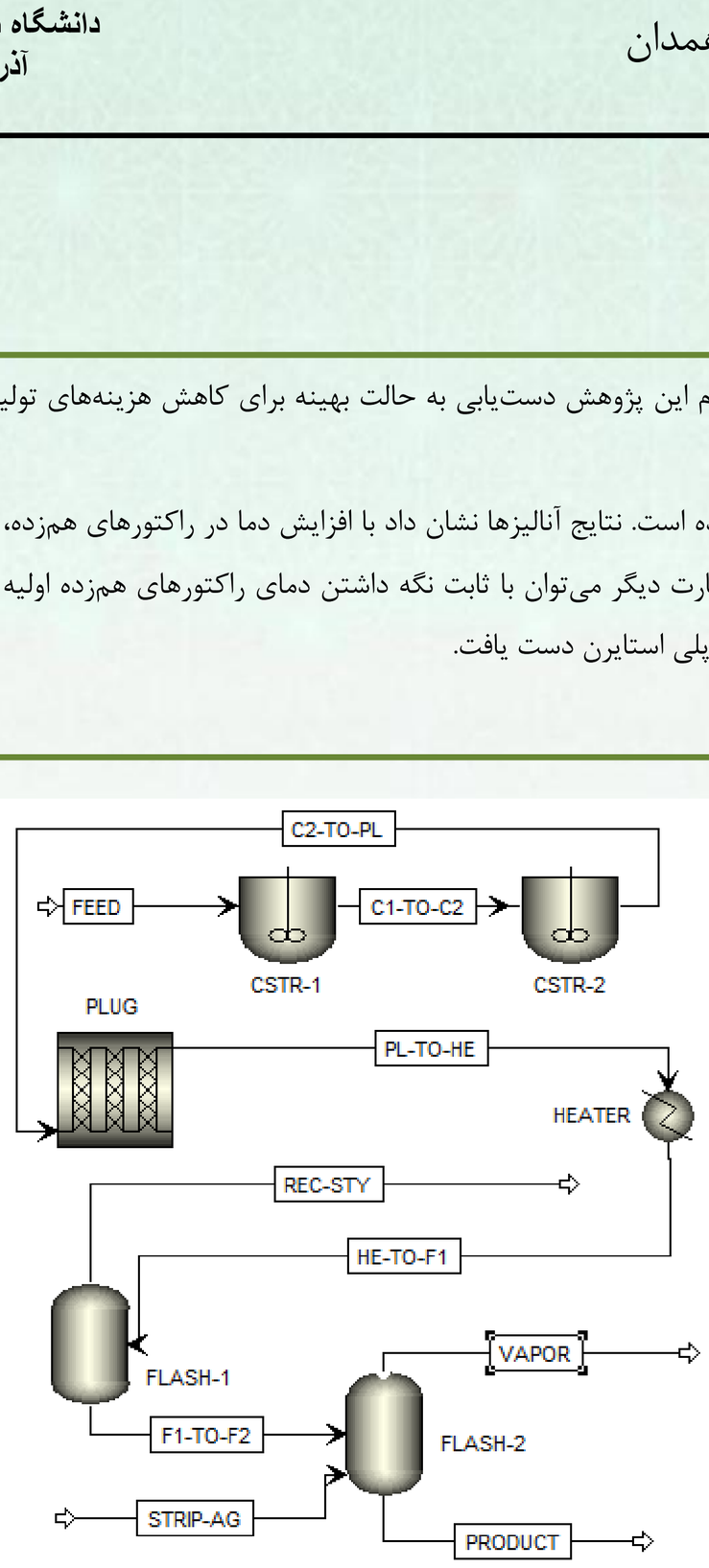
برای طراحی این فرایند صنعتی از نرم افزار شبیه سازی اسپن پلاس نسخه ۹ استفاده شد. در ابتدا از استایرن به عنوان مونومر، تری بوتیل فسفات(TBP) به عنوان آغازگر، اتیل بنزن(EB) به عنوان حلال و مرکاپتان(DDM) به عنوان عامل انتقال زنجیره استفاده شد. محصولات پلی استایرن با شاخص‌های عملکرد جامع متفاوت (میزان جریان محصول، میانگین عددی وزن مولکولی، وزن مولکولی متوسط، شاخص پراکندگی و غیره) را می‌توان با تغییر نسبت خوراک و مقدار خوراک هر ماده خام شبیه سازی کرد. برای انجام واکنش از راکتورهای پیوسته لوله‌ای و همزن‌دار، برای بالا بردن دما از گرم‌کن و برای جداسازی از برج فلش استفاده شد. در تمام مراحل فرآیند (در جریان‌ها و بلوک‌ها) فشار ۱ بار در نظر گرفته شد (شکل ۲).

یافته‌های پژوهش

افزایش دما موجب افزایش میزان تولید پلی استایرن می‌شود که این کار را می‌توان با استفاده از راکتور-های هم‌زده دارای سیستم گرمایش درونی (حاوی المنت حرارتی) یا با استفاده از قرار دادن گرم‌کن قبل از ورود خوراک به راکتور هم‌زده انجام داد. از طرفی با ثابت نگه داشتن دمای راکتورهای همزده شماره ۱ و ۲ در ۱۲۰ و ۱۶۰ درجه سانتی گراد، افزایش دما در انتهای راکتور لوله‌ای موجب افزایش درصد تبدیل خوراک به پلی استایرن شد (شکل ۱). در ادامه حالت بهینه برای واحد تولید پلی استایرن بررسی شد که نشان داد با ثابت نگه داشتن دما برای راکتورهای هم‌زده ۱ و ۲ به ترتیب برابر با ۱۵۰ و ۱۸۰ درجه سانتی گراد، با کاهش طول راکتور لوله‌ای، کسر مولی پلی استایرن افزایش یافته اما دبی جرمی آن کاهش می-یابد.

دمای واکنشگرها در راکتورهای هم‌زده نمی‌تواند از دمای تجزیه اجزاء خوراک بیشتر شود چرا که در دمای بسیار بالا واکنشگرها تجزیه می‌شوند و همچنین افزایش دما باعث مصرف انرژی بیشتر می‌شود به نحوی که این امر باعث افزایش هزینه می‌شود. این در حالی است که اگر دما در راکتورها پایین باشد، مواد واکنش‌دهنده در راکتورها به طور مناسبی با همدیگر واکنش نمی‌دهند. در نتیجه دما باید به نحوی باشد که حالتی بهینه برای دما در نظر گرفته شود و موجب انجام واکنش‌های جانبی نشود. در این فرآیند افزایش طول راکتور پلاگ موجب افزایش هزینه‌های ساخت و نگهداری این تجهیز می‌شود.

شکل ۱. تغییرات دبی جرمی پلی استایرن نسبت به دما (A) و طول (B) در راکتور پلاگ



شکل ۲. شماتیک واحد پلیمریزاسیون پلی استایرن

راهبردهای پیشنهادی

با طراحی بهینه طول راکتور پلاگ می‌توان میزان تولید پلیمر پلی‌استایرن را افزایش داد. از این رو پیشنهاد می شود در طراحی و ساخت این واحد صنعتی و حتی واحد های مشابه، با توجه به توضیحات گفته شده، حالت بهینه ای برای سیستم پیدا کرده و سپس آن را اجرا نمود.

منابع

[1] G. Koerner, Y. Hsuan, and R. Koerner, The durability of geosynthetics. Geosynthetics in civil engineering, 2007: p. 36-65.
[2] A. Merrington, Michigan Molecular Institute, 1910 W. St. Andrews Road, Midland, MI 48640, USA. Applied Plastics Engineering Handbook: Processing and Materials, 2011: p. 177.
[3] G. Mehta & et al., Hard top soft bottom microfluidic devices for cell culture and chemical analysis. Analytical chemistry, 2009. 81(10): p. 3714-3722.
[4] V.R. Sastri, Regulations for medical devices and application to plastics suppliers: history and overview, in Handbook of Polymer Applications in Medicine and Medical Devices. 2010, Elsevier. p. 337-346.

تایید استاد راهنما

نام و امضا استاد راهنما :

تایید تحصیلات تکمیلی :

تایید امور پژوهشی: