دکتر عبدالرضا صمیمی
عضو هیئت علمی گروه مهندسی شیمی
دانشگاه سیستان و بلوچستان

اهمیت فناوری ذرات جامد در فرآوری گاز طبیعی

فرآوری گاز طبیعی یک عملیات صنعتی حیاتی است که گاز خام را با حذف ناخالصی‌هایی مانند آب، گازهای اسیدی و هیدروکربن‌های سنگین به یک محصول با ارزش تبدیل می‌کند. در حالی که ترمودینامیک و سینتیک شیمیایی به‌طور سنتی در مباحث فرآوری گاز مورد تأکید قرار می‌گیرند، فناوری ذرات جامد[1] شامل رفتار و کاربرد مواد ذره‌ای نیز نقشی اساسی و فزاینده‌ای در تضمین کارایی، ایمنی و پایداری این عملیات ایفا می‌کند. این فناوری با بررسی وجود ذرات جامد (مانند گرد و غبار، هیدرات‌ها و ذرات معلق حاصل از احتراق) در جریان گاز، اساساً در مراحل مختلف فرآوری گاز طبیعی دخیل است. گاز طبیعی حاوی ذرات جامد بوده که در عملیات بالادست می‌توانند به تجهیزات آسیب رسانده و در حمل و نقل مشکلاتی ایجاد کنند. این فناوری با حذف ذرات جامد قبل از ورود به خط لوله متضمن حمل و نقل، استفاده ایمن و کارآمد از گاز طبیعی خواهد بود. جداسازی مؤثر این جامدات برای جلوگیری از فرسایش تجهیزات، انسداد خطوط لوله و آسیب به سیستم‌های کاتالیزوری پایین‌دستی ضروری است. بدین منظور عموماً دستگاه‌هایی مانند جداکننده‌های سیکلونی، اسکرابرها و واحدهای فیلتراسیون که براساس اصول دینامیک ذرات سیال عمل می‌کنند استفاده می‌شوند. طراحی چنین دستگاه‌هایی نیاز به درک عمیقی از توزیع اندازه ذرات، اینرسی و نیروهای کششی در محیط‌های جریان چند فازی دارد. از طرفی دیگر تشکیل هیدرات‌ها شامل ترکیبات نیمه‌جامد که در خطوط لوله گاز طبیعی در دماهای پایین و فشارهای بالا تشکیل می‌شوند، می‌توانند منجر به انسداد گردند. در این راستا فرآیندهای جذب به کمک ذرات جامد متخلخل با حذف آب و سایر ناخالصی‌هایی که در تشکیل آن‌ها نقش دارند، به جلوگیری از تشکیل هیدرات کمک می‌کند. در فرآیند آب‌زدایی (با استفاده از غربال‌های مولکولی) و حذف گاز اسیدی، به‌عنوان مثال، از آلومینای فعال یا جامدات عامل‌دار شده با آمین استفاده می‌شود که ذاتاً مبتنی بر ذرات جاذب متخلخل هستند. عملکرد این فرآیندها به‌شدت با خواص جاذب‌های جامد، از جمله اندازه ذرات، تخلخل، مساحت سطح و استحکام مکانیکی آن‌ها مرتبط است؛ بنابراین، پیشرفت در مهندسی ذرات جامد مانند بهینه‌سازی تکنیک‌های گرانول‌سازی یا توسعه ذرات جاذب با ساختار سلسله مراتبی[2] برای بهبود قابلیت اطمینان و عملکرد فرآیند بسیار مهم هستند

علاوه بر جداسازی و جذب، فناوری ذرات در طراحی و بهره‌برداری از راکتورهای گاز/جامد، مورد استفاده در بازیابی گوگرد (به‌عنوان مثال، تصفیه گاز خروجی فرآیند کلاوس) و در کاربردهای جذب کربن ضروری است. راکتورهای بستر سیال که اغلب در این فرآیندها به کار می‌روند، نیاز به کنترل دقیق رفتار جریان ذرات تحت‌فشار، دما و محیط‌های شیمیایی مختلف دارند. ابزارهای محاسباتی نوظهور، از جمله دینامیک سیالات محاسباتی[3](CFD) که با مدل‌سازی المان گسسته

1. Particulate solid technology

2. Hierarchically structured adsorbent particles

3. Computational fluid dynamic (CFD)

(DEM)[4] ادغـام شـده‌اند، امـکان شبیه‌سـازی جریان‌هـای پیچیـده مملـو از ذرات را فراهـم نمـوده و پلتفرم‌هـای قدرتمنـدی بـرای بهینه‌سـازی طـراحی راکتـور و عیب‌یـابی مسـائل عملیـاتی ایجـاد می‌کننـد

بـا تغییـر صنعـت گاز طبیـعی بـه سـمت عملیـات کم‌کربن‌تـر و پایدارتـر، فنـاوری ذرات نقـش گسـترده‌ای ایفا می‌کنـد. به‌عنـوان مثـال، جاذب‌هـای جامـد بـرای جـذب CO_2 از جریان‌هـای گاز طبیـعی در حـال توسـعه هسـتند. تولیـد ایـن جاذب‌ها مسـتلزم کنتـرل دقیق بر سـنتز ذرات، مورفولـوژی و عامـل‌دار کـردن سـطح اسـت. به‌طور مشـابه، مدیریـت انتشـار ذرات جامـد آلـوده، مانند جامـدات مملو از جیـوه یـا جاذب‌های پسـماند، نیاز بـه تکنیک‌های پیشـرفته مشـخصه‌یابی ذرات (به‌عنـوان مثـال، پـراش لیـزر و پردازش تصویـر پویـا) و اسـتراتژی‌های نوآورانـه تصفیـه پسـماندها دارد

در نتیجـه، فنـاوری ذرات بایـد به‌عنـوان یـک عامـل حیـاتی بـرای فـرآوری کارآمـد، ایمـن و پایـدار گاز طبیـعی عمـل نمایـد. ایـن فنـاوری، عملیـات کلیـدی از جداسـازی جامد-مایـع-گاز گرفتـه تـا جـذب و تبدیـل شیمیـایی را پشـتیبانی می‌کنـد. ادغام روش‌های پیشـرفته مشـخصه‌یابی ذرات، مدل‌سـازی فرآینـد و سـنتز مـواد ذره‌ای جدیـد برای تـاب‌آوری و سـازگاری بـا زیسـت‌محیط ضـروری اسـت. تحقیقـات بین‌رشـته‌ای مـداوم کـه علـم مـواد و ذرات را بـا مهنـدسی شیـمی بـه هـم پیونـد می‌دهـد، بـرای دسـتیابی بـه پیشـرفت‌های متحـول کننـده در عملیـات فـرآوری گاز طبیـعی محـوری خواهنـد بـود

آدرس پست الکترونیکی: a.samimi@eng.usb.ac.ir

4. Distinct element method (DEM)