

## بررسی مدل‌های ترمودینامیکی و محاسبه شرایط تشکیل آسفالتین در نفت خام

رسول حسنعلی زاده<sup>۱</sup>، محمدرضا سرمستی امامی<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup> کارشناسی ارشد مهندسی شیمی، دانشگاه علم و فناوری مازندران، rasul.h.1989@gmail.com

<sup>۲</sup> دکترای مهندسی شیمی، دانشگاه علم و صنعت ایران واحد بهشهر، m\_r\_emami@iust.ac.ir

### چکیده

آسفالتین ترکیبات سنگینی هستند که با ساختار مولکولی پیچیده‌ای در نفت خام تشکیل می‌شوند. امکان تشکیل آسفالتین در مخازن نفتی، چاه‌های نفت و تجهیزات انتقال نفت وجود دارد. همواره تشکیل آسفالتین هزینه‌های ناخواسته زیادی را به تاسیسات تحمیل می‌کند. برای تعیین کمی مقدار آسفالتین و شرایط تشکیل این پدیده حرارتی ناخواسته همواره مدل‌های ترمودینامیکی و سنتیکی مختلفی طراحی و عملیاتی شده است که در این پژوهش برخی از این مدل‌ها بررسی شده است. همچنین شبیه سازی شرایط تشکیل آسفالتین با استفاده از معادله حالت SRK و با نرم‌افزار PVTsim برای ترکیب درصد نفتی مشخصی انجام شد.

بر اساس نتایج حاصل از شبیه سازی با ترکیب درصد ارایه شده، امکان تشکیل آسفالتین در شرایط عملیاتی وجود ندارد. همچنین تغییرات فشار بر حسب دمای تشکیل آسفالتین نشان می‌دهد که با افزایش دما، فشار مورد نیاز برای تشکیل آسفالتین کاهش می‌یابد.

### واژه های کلیدی

آسفالتین، مدل، PVTsim، SRK، نفت خام

### مقدمه

آسفالتین‌ها به طور کلی ترکیبات سنگینی هستند که در نفت یافت می‌شوند. این ترکیب دارای ساختار مولکولی پیچیده‌ای است که می‌توان از آن به عنوان مجموعه مولکول‌های غیر هیدروکربنی قابل حل در بنزن و غیرقابل حل در حلال‌های با جرم مولکولی کم و نیز نرمال آلکان‌ها یاد کرد. بر اساس مطالعات آزمایشگاهی گمان می‌رود این ترکیبات به صورت بخشی حل شده و بخش دیگر در حالت کلوئیدی در نفت وجود دارند. عوامل تشکیل رسوب در مخازن، تغییرات فشار، دما و ترکیب نفت می‌باشند. این عوامل سبب به هم خوردن تعادل شیمیایی موجود در مخزن می‌شود که پیامد آن تشکیل رسوب خواهد بود. در ایران مخازن متعددی دچار مشکل رسوب ترکیبات سنگین شامل آسفالتین می‌باشند که باعث کاهش نفوذپذیری و تغییر ترشوندگی سنگ مخزن و در نهایت کاهش تولید نفت از مخزن می‌شود [۱].

پتانسیل رسوب‌گذاری در نفت‌های سبک به شدت به طبیعت مولکولی آن، حجم رزین موجود در نفت و اثرات متقابل اجزای سبک یا آسفالتین بستگی دارد. نفت‌های سبک در رسوب‌گذاری، رفتار

پیچیده‌تری نسبت به نفت‌های سنگین از خود نشان می‌دهند. نفت‌های فرار بسیار ناپایدار هستند و نسبت رسوب به مقدار محتوی اجزای سنگین در آنها بیش‌تر از نفت‌های سنگین است [۲]. قابلیت رزین برای حل کردن پیوندهای بین مولکولی آسفالتین منجر به کاهش اندازه تجمع می‌شود. در حلال‌هایی که کمتر آروماتیک هستند، آسفالتین‌ها به خاطر ناسازگاری حلال با حل شونده تشکیل تجمع‌های بزرگ‌تری می‌دهند. نفت‌های خام با نسبت آسفالتین به رزین بالاتر تمایل بیشتری به رسوب ترکیبات آلی نشان می‌دهند. نکته این‌که وقتی مقدار رزین نفت خام کمتر از غلظت بحرانی است، افزایش مقدار رزین نمونه منجر به کاهش رسوب آسفالتین در نفت می‌شود تا زمانی‌که آسفالتین رسوب نمی‌کند. پس از این مرحله خود رزین رسوب می‌کند و میزان رسوب آن افزایش می‌یابد. برای کمی کردن همه این متغیرها باید مدل پیش‌بینی کننده‌ای ارائه شود که همه این اثرات را دخالت دهد. بنابراین اهمیت مدل‌سازی پدیده رسوب آسفالتین در صنعت استخراج و فرآوری نفت مشخص می‌شود. این ترکیبات را می‌توان به صورت تجمعی از ترکیبات سنگین در نظر گرفت و لذا مدل‌های ترمودینامیکی که برای مطالعه تجمع مولکولی به کار می‌روند نیز برای مدل سازی رسوب آسفالتین نیز به کار می‌روند [۳]. مدل‌های مختلف همواره برای تخمین رفتار فازی ترکیبات آسفالتینی ارایه شده است که مدل حلالیت پلیمری، مدل کلوییدی، مدل معادله حالت و مدل قطبیت از آن جمله هستند.

گروه تحقیقاتی هیشبرگ، مدل حلالیت پلیمری بر فرآیند لختگی آسفالتین را برای بررسی اثر دما و فشار ارایه کردند. بر اساس اطلاعات تجربی، در این مدل امکان بازگشت فرآیند رسوب‌گذاری آسفالتین وجود دارد. اساس محاسبات این مدل معادله حالت Soave است. این مدل از نظر پیش‌بینی‌های کیفی آسفالتین مناسب است، اما در پیش‌بینی مقادیر کمی نیاز به اصلاح دارد [۴].

مدل کلوییدی بر اساس ترمودینامیک کلوییدها ارایه گردیده است. در این مدل فرض شده است که ذرات نامحلول جامد آسفالتین در نفت خام معلق هستند و از طریق جذب رزین‌ها بر روی سطح آن‌ها پایدار می‌شوند. در این مدل ابتدا محاسبات تعادلی مایع بخار به کمک معادله حالت انجام می‌گیرد تا مشخصات فاز مایع که امکان رسوب آسفالتین در آن وجود دارد به دست بیاید. نتایج مدل بازگشت پذیری فرآیند لختگی را نشان می‌دهد که با فرض اساسی این مدل متفاوت است [۵]. در مدل معادله حالت، سنگین‌ترین جز نفت به دو بخش رسوب کننده و غیر رسوب کننده تقسیم شده است. برای محاسبه مقدار رسوب