



نهمین کنگره ملی مهندسی شیمی ایران

دانشگاه علم و صنعت ایران
۳-۵ آذر ماه ۱۳۸۳

بررسی آزمایشگاهی خواص الکتروشیمیایی رسوب آسفالتین در صنعت نفت و گاز

ابراهیم عباسی

کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی شیمی، دانشگاه صنعتی امیرکبیر

abbasi_ebi@yahoo.com

چکیده

رسوبات آسفالتین یکی از مشکلات اساسی و غیرقابل پیش‌بینی در صنایع نفت و گاز و پتروشیمی می‌باشد و باعث ایجاد مشکلات تکنیکی و ضررهای اقتصادی زیادی می‌شود. به منظور کنترل موثر رسوبات آسفالتین، محققین به ارائه مدل‌های مختلف و نظریات گوناگون در مورد روند تشکیل این رسوبات پرداختند. آسفالتین در نفت خام به صورت کلوئیدی پایدار شده توسط رزین موجود می‌باشد و رزین به عنوان یک عامل پایدارکننده عمل می‌کند و آسفالتین را در وضعیت سوسپانسیون نگه می‌دارد و هنگامی که رزین از نفت خام جدا می‌شود، پایداری این سیستم کلوئیدی دچار اختلال می‌شود و رسوب آسفالتین در نفت خام اتفاق می‌افتد. آزمایشات رسوب‌دهی الکتریکی ثابت کرده‌اند که آسفالتین در حالت کلوئیدی (میسِل) دارای بار الکتریکی مثبت می‌باشد که در حالت پایدار در نفت خام به علت توازن با بارهای مخالف رزین در یک میدان الکتریکی تحت تاثیر قرار نمی‌گیرد. هنگامی که این میسل‌ها با افزایش یک حلال پارافینی مانند هپتان ناپایدار می‌شود، رسوب‌دهی الکتریکی انجام می‌شود که میزان رسوب بستگی به آلکان مورد استفاده و نسبت رقت دارد. در این مقاله به بررسی رسوب‌دهی الکتریکی سه نمونه نفت خام و اثر اختلاط این سه نمونه با یکدیگر و الگوی سینتیکی رسوب‌دهی الکتریکی بررسی می‌شود.

کلمات کلیدی: رسوب‌دهی الکتریکی، کلوئید آسفالتین، رزین

مقدمه

خصوصیات شیمیایی و فیزیکی آسفالتین از سال ۱۹۲۰ تا کنون با استفاده از تکنیک‌های مختلف مورد بررسی قرار گرفته شده است و به عنوان موادی با خاصیت کلوئیدی معرفی شدند. Nellensteyn اولین کسی بود که یک مدل برای خوشه‌های آسفالتین در قیرهای نفتی ارائه کرد و این مدل شامل یک هسته مرکزی آسفالتین و رزین‌هایی است که هسته مرکزی را احاطه کرده‌اند.

پژوهش‌گران متعددی نیز از جمله آقای Yen توسط روش‌های آنالیزی پیشرفته پی به ساختار پلی‌آروماتیکی هسته‌های آسفالتین برده‌اند و تأیید شده است که هسته‌های آسفالتین نسبت به رزین دارای وزن مولکولی نسبتاً بالا و درجه آروماتیسیته بیشتری می‌باشد.

هسته‌های آسفالتین با این ساختار در یک محیط هیدروکربنی توسط رزین‌ها پایدار شده‌اند و تغییر از هسته آروماتیکی با وزن مولکولی بالا به آلیفاتیک‌هایی با وزن مولکولی پائین‌تر به صورت کاملاً پیوسته است و هیچ سطح مشترکی که بتواند آنها را کاملاً متمایز کند بدست نمی‌آید و تعریف نشده است.

یکی از مهم‌ترین ویژگی‌های آسفالتین که باید مورد توجه قرار بگیرد پایداری آن می‌باشد. از طریق مقایسه آسفالتین با سیستم‌های کلوئیدی کلاسیک، پدیده رسوب آسفالتین از نفت خام، نتیجه انعقاد ذرات کلوئیدی آسفالتین شناخته می‌شود و این فرضیه کاربرد مهمی در صنایع نفت و به ویژه کاهش رسوب آسفالتین در فرآوری، انتقال نفت و مخازن زیرزمینی دارد.

در عمل پایداری میسل‌های آسفالتین به تعدادی از عوامل بستگی دارد.

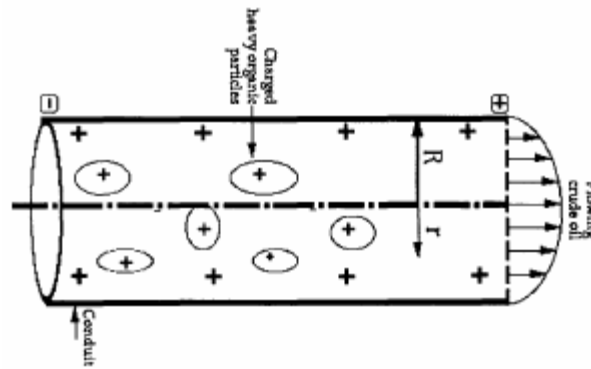
- قابلیت پایداری هسته‌های آسفالتین
- قدرت پایدارکنندگی رزین‌ها
- میزان نسبت آسفالتین به رزین
- آروماتیسیته فاز نفت

افزایش پارافین‌های سبک به نفت باعث ناپایداری خوشه‌های آسفالتین می‌شود که این مسئله نتیجه واجذب و انحلال رزین‌ها و سپس تجمع آسفالتین و تشکیل رسوب می‌شود. میزان رسوب وابسته به نسبت رقت بکار گرفته شده دارد.

محققین اندکی خواص الکتریکی آسفالتین را بررسی کرده‌اند. طبیعت الکتریکی آسفالتین اولین بار در سال ۱۹۴۰ که ناپایداری نفت‌های خام توسط میدان الکتریکی مورد بررسی قرار گرفت، پیشنهاد شد.

Dykstra و همکارانش اثرات الکتریکی روی پایداری آسفالتین را مورد بررسی قرار داده‌اند و از طریق بررسی جریان نفت‌خام بر روی بستر سیلیکا، پتانسیل جریان را اندازه‌گیری کردند.

انتقال ذرات باردار آسفالتین توسط جریان نفت باعث ایجاد یک پتانسیل جریانی می‌شود و نتیجه‌اش همان اختلاف پتانسیل می‌باشد و همان‌طور که در شکل دیده می‌شود اختلاف پتانسیل ایجادشده به صورت مثبت در بالادست جریان و منفی در پائین‌دست جریان می‌باشد و با انتقال ذرات باردار آسفالتین مخالفت می‌کند.



شکل ۱. نحوه ایجاد پتانسیل جریانی و تشکیل رسوب

در این تحقیق رسوب‌دهی الکتریکی اجزای نفت خام خصوصاً آسفالتین به عنوان تابعی از قدرت میدان الکتریکی و زمان رسوب‌گیری و نوع نفت خام مورد بررسی قرار می‌گیرد.

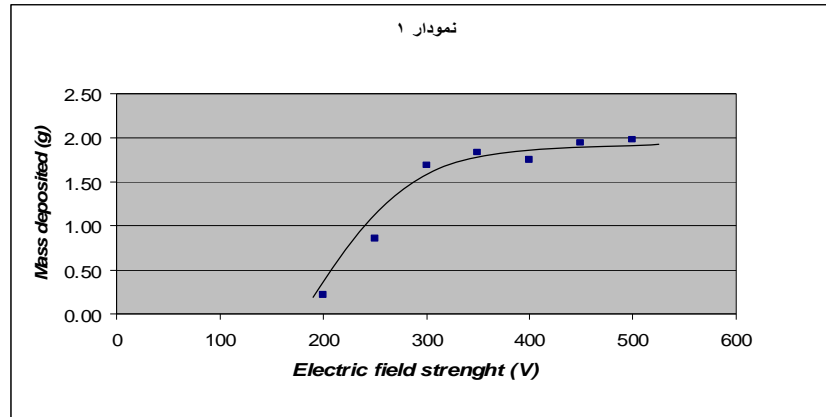
آزمایشات

منبع تغذیه مورد استفاده در این آزمایشات دارای ولتاژ متغیر از ۰ تا ۵۰۰ ولت می‌باشد و شدت جریانی به اندازه ثابت ۱٫۵ آمپر از این منبع تغذیه گرفته می‌شود. دو الکترود از جنس فولاد زنگ‌نزن به طول ۱۰ cm و عرض ۵ cm که به فاصله ۵ mm از یکدیگر به طور ثابت قرار گرفته‌اند.

محتوای آسفالتین نفت‌های خام نیز توسط روش استاندارد IP143 اندازه‌گیری می‌شود و اساس این روش اضافه کردن یک حلال که در اینجا هپتان می‌باشد به نفت خام است که نسبت حلال به نفت خام ۳۰ به ۱ حجمی به وزنی می‌باشد.

رسوب‌دهی الکتریکی نفت‌های خام مختلف در ولتاژهای متغیر در زمان ثابت مورد بررسی قرار گرفت تا میزان ولتاژ بهینه بدست آید و سپس در ولتاژ بهینه و زمان‌های متغیر و در انتها نیز مخلوط دوتایی نفت‌های خام مورد سنجش قرار گرفت.

نتایج و بحث



نمودار ۱. بررسی رسوب‌دهی الکتریکی نمونه شماره ۱ در ولتاژهای مختلف و زمان ثابت ۲۴۰ دقیقه

میزان آسفالتین: (w/w): ۳،۸٪

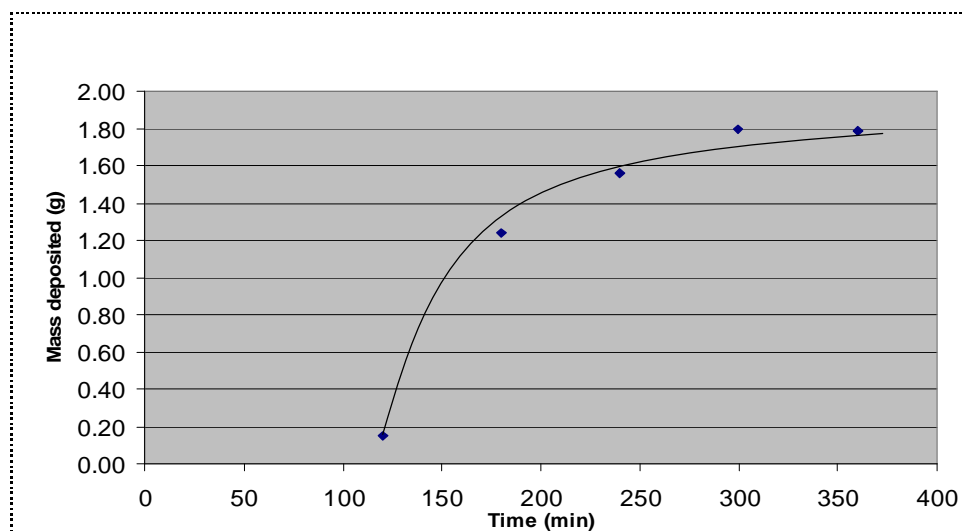
همان‌طور که در این نمودار مشاهده می‌شود در ولتاژهای مختلف و زمان ثابت میزان رسوب آسفالتین بر روی الکترود منفی تا میزان مشخصی افزایش می‌یابد و سپس روند ثابتی پیدا می‌کند و افزایش قدرت میدان الکتریکی تاثیر بسزائی بر روی افزایش میزان رسوب ندارد.

توسط رسم مماس بر روی منحنی میزان ولتاژ بهینه در این مدت زمان ۳۰۰ ولت محاسبه شد.

در نمونه شماره ۲ میزان ولتاژ بهینه در همان زمان مشابه ۳۶۰ ولت بدست آمد و میزان آسفالتین کل در این نمونه ۲،۷ درصد وزنی می‌باشد.

در نمونه شماره ۳ میزان ولتاژ بهینه در همان زمان مشابه ۳۴۰ ولت بدست آمد و میزان آسفالتین کل در این نمونه ۱،۲ درصد وزنی می‌باشد.

همان‌طور که مشاهده می‌شود در ولتاژ کمتر از ۲۰۰ ولت میزان رسوب آسفالتین بسیار ناچیز می‌باشد و در محدوده بین ۲۰۰ تا ۴۰۰ ولت میزان رسوب‌دهی آسفالتین افزایش سریعی دارد.



نمودار ۲. میزان رسوب آسفالتین نمونه شماره ۱ بر حسب زمان در ولتاژ ثابت ۳۰۰ ولت

همان طور که در نمودار شماره ۲ مشاهده می‌کنیم میزان رسوب بر حسب زمان بدست آمده است و اگر روند رسوب‌دهی الکتریکی را براساس سنتیک درجه ۱ بررسی کنیم می‌توان ثابت سرعتی برای روند رسوب‌دهی الکتریکی برای نمونه‌های مختلف بدست بیاوریم

$$-dm/dt = k(m_{\infty} - mt)$$

بعد از انتگرال گیری از معادله فوق

$$mt = m_{\infty}[1 - \exp(-kt)]$$

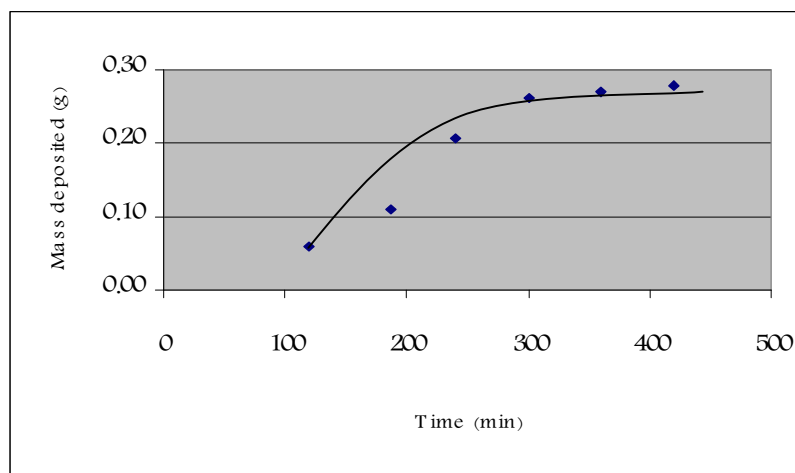
در اینجا m_{∞} میزان آسفالتین کل می‌باشد که به عنوان مثال در نمونه شماره ۱، ۳، ۸ درصد وزنی می‌باشد. با محاسبه ثابت سرعت برای هر سه نمونه نتایج به این صورت محاسبه شد.

$$k = 2.2 \times 10^{-3} \text{ (min}^{-1}\text{)} \text{ ۱ برای نمونه شماره ۱}$$

$$k = 1.16 \times 10^{-3} \text{ (min}^{-1}\text{)} \text{ ۲ برای نمونه شماره ۲}$$

$$k = 1.69 \times 10^{-3} \text{ (min}^{-1}\text{)} \text{ ۳ برای نمونه شماره ۳}$$

بعد از این مرحله مخلوط دوتائی رسوبات آسفالتین مورد بررسی قرار گرفت و در اینجا از ولتاژ ثابت ۵۰۰ ولت در زمان‌های مختلف استفاده شد و برای نسبت ۵۰ به ۵۰ نمونه های ۱ و ۲ نمودار زیر بدست آمد.



نمودار ۳. میزان رسوب مخلوط ۱ و ۲ بر حسب زمان در ولتاژ ثابت ۵۰۰ ولت

برای نمونه‌های مخلوط نیز با همان متد ثابت‌های سرعت رسوب‌دهی بدست آمد.

$$k = 9.14 \times 10^{-4} \text{ (min}^{-1}\text{)} \text{ ۱ و ۲ مخلوط ۱}$$

$$k = 8.07 \times 10^{-4} \text{ (min}^{-1}\text{)} \text{ ۳ و ۱ مخلوط ۱}$$

$$k = 1.03 \times 10^{-4} \text{ (min}^{-1}\text{)} \text{ ۳ و ۲ مخلوط ۲}$$

مشاهده می‌شود که نمونه شماره ۲ باعث کاهش سرعت رسوبدهی الکتریکی می‌شود و این موضوع موید این مطلب است که ساختار شیمیائی و فیزیکی این نمونه باعث ایجاد حالت پایدارتری برای کلوئیدهای آسفالتین در مخلوط می‌شود.

نتایج رسوبدهی الکتریکی آسفالتین وجود بار مثبت و هسته قطبی را ارائه می‌دهد و نشان می‌دهد که این بار مثبت توسط رزین‌های پایدار کننده با بار منفی احاطه شده است و با توجه به ساختار رزین در سیستم‌های مختلف خصوصاً قطبیت آن میزان احاطه بار مثبت متفاوت می‌باشد.

براساس این نظریه در سیستم‌های که به طور کامل توسط رزین‌ها پایدار شده اند میزان بار خالص صفر می‌باشد و با افزایش حلال نسبتی از این رزین‌ها حل می‌شود و توازن بار به هم می‌ریزد.

1. Lichaa, P.M. and Herra, L., Preprints, AIME Soc. Petrol. Eng. Dallas, TX, p. 107, January 1975.
2. Fotland, P., Andfindsen, H. and Fadnes, F.H., *Fluid Phase Equilibria*, 82, 157, 1993.
3. G.A.Mansoori, physicochemical Basis of Arterial Blockage / Fouling Prediction and
4. Prevention september 2001.
5. Abbas Firoozabadi, *Thermodynamics of Hydrocarbon Reservoirs* publ. McGraw-Hill
6. Dykstra, H., Beu, k. and Katz, D. L., *Oil & Gas J.*, 30,79, 1944.
7. Electrokinetic and adsorption properties of asphaltene S.Kokal , T. Tang, L.Schrman, S. Sayegh, *Colloids Surf. A.*, 94 , 253-265,1995.
8. Electrochemical properties of asphaltene particles in aqueous solutions. M. Szymula, W. Janusz, J. *Dispersion Sci & Tech*, 21[6], 785-802, 2000.