

چالش های پیش رو در بهره برداری از مخازن نفت سنگین

رضا آذین، دانشجوی دکتری مهندسی نفت
دانشگاه صنعتی شریف / دانشگاه صنعت نفت

مقدمه

نفت سنگین، نفت بسیار سنگین و قیر طبیعی به دسته ای از ترکیبات هیدروکربنی اطلاق می شود که دارای آسفالتین، چگالی (درجه API پایین) و گرانیروی بالا می باشد. عمده ذخایر نفت سنگین و نفت بسیار سنگین جهان در کشور ونزوئلا و عمده ذخایر قیر طبیعی جهان در کشور کانادا واقع شده است [1]. مطابق مطالعات انجام گرفته، مجموع ذخایر نفت سنگین و بسیار سنگین ایران حدود ۸۵ میلیارد بشکه برآورد شده است [2].

پیش بینی می شود که تولید نفت از کلیه ذخایر نفتی در جهان در سال ۲۰۲۰ به حداکثر مقدار خود می رسد [3]. با ادامه تولید از ذخایر نفت سبک و کاهش تدریجی این ذخایر در سطح جهان، همچنین باتوجه به حجم بسیار زیاد ذخایر نفت سنگین و قیر طبیعی در مقایسه با ذخایر نفت سبک، تولید و بهره برداری از این ذخایر به تدریج اهمیت می یابد. مطابق آمارهای موجود، مجموع ذخایر نفت سنگین و قیر طبیعی در جهان معادل ۴۰۰۰-۵۰۰۰ میلیارد بشکه برآورد می شود [4]. چنانچه فقط ۲۰٪ از نفت این ذخایر تولید شود، ذخایر قابل تولید از این مخازن در حدود ۱۰۰۰ میلیارد بشکه خواهد بود که برابر با ذخایر باقی مانده نفت متداول می باشد.

بر اساس برآوردهای مرکز بین المللی هیدروکربن های سنگین [5]، تولید نفت سنگین در سطح جهان حدود ۶ میلیون بشکه در روز در سال ۲۰۰۴ بوده که در مقایسه با تولید روزانه ۷۴ میلیون بشکه نفت در روز، حدود ۸٪ از کل تولید جهانی نفت را به خود اختصاص داده و حدود ۱/۲ میلیون بشکه از نفت سنگین در جهان با اعمال روش های ازدیاد برداشت (EOR) تولید شده است که این مقدار، ۲۰٪ از کل نفت سنگین تولید شده را شامل می شود. با وجود حجم زیاد ذخایر نفت سنگین و قیر طبیعی که در اصطلاح، ذخایر نامتداول (Reserves Unconventional) نامیده می شوند، تولید از این منابع انرژی به سادگی برداشت از ذخایر متداول نفت خام نیست. وجود درصد بالایی از ترکیبات آسفالتین و رزین در این هیدروکربن ها باعث بروز مشکلاتی در مراحل استخراج، انتقال و فراوری نفت سنگین می شود.

آسفالتین

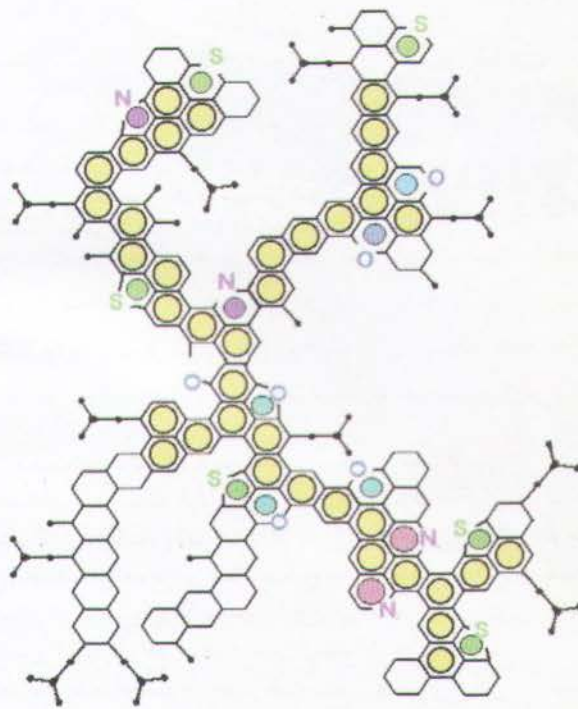
واژه آسفالتین برای نخستین بار در سال ۱۸۳۷ توسط دانشمندی به نام Boussingault به کار برده شد. او ماده به دست آمده از تقطیر برش باقی مانده نفت را که در الکل نامحلول بود، به دلیل شباهت آن با قیر (آسفالت) آسفالتین نامگذاری نمود. مطابق دسته بندی انجام شده توسط Marcusson در سال ۱۹۴۵، ترکیبات رزین و آسفالتین به سه دسته زیر تقسیم می شوند [6]:

- رزین طبیعی: برشی از نفت که در محلول های قلیایی و اسیدی نامحلول ولی با روغن های نفتی و برش های سبک به راحتی امتزاج پذیر است.
- آسفالتین ها: برشی که در بنزین و اتر نفت نامحلول است و برخلاف رزین ها، در حضور مقدار اضافی اتر رسوب می کنند.
- اسید آسفالتوژنی: برش نفتی قابل حل در محلول های قلیایی و حلال هایی نظیر بنزن می باشد.

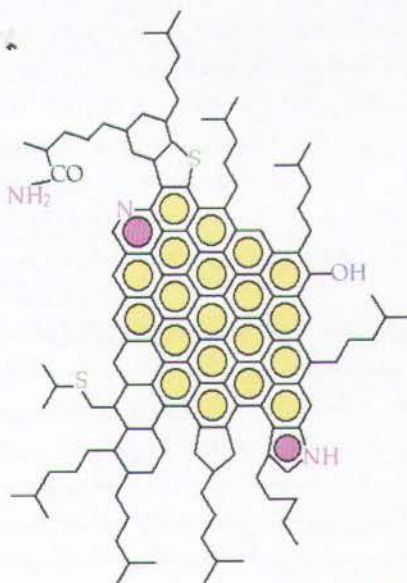
در تعریف جدید، آسفالتین به عنوان ترکیبی شناخته می شود که در حلال پارافینی با نقطه جوش پایین نظیر پنتان نرمال، نامحلول و در بنزن، محلول می باشد و از منابع هیدروکربنی نظیر نفت، زغال سنگ یا نفت شیل به دست آمده است.

رابطه نزدیکی میان ترکیبات آسفالتین و رزین با هیدروکربن های چندحلقه ای باجرم مولکولی زیاد وجود دارد. در اثر گرم کردن ترکیبات آسفالتین تا دمای بالاتر از ۳۰۰-۴۰۰ درجه سانتی گراد، این ترکیبات تجزیه می شوند و کربن و فراورده های فرار تولید می نمایند.

ترکیبات آسفالتین دارای ساختار مولکولی مشخص و ثابتی نیستند. ساختار مولکولی این ترکیبات می تواند از یک مخزن به مخزن دیگر وحتى از یک چاه به چاه دیگر در یک مخزن متفاوت باشد، لذا محققان برپایه روش های فیزیکی و شیمیایی سعی نموده اند تا ساختارهایی را برای ترکیبات آسفالتین ارائه دهند. نمونه ای از این ساختارها در



شکل ۱- ساختار مولکولی آسفالتین آرایه شده توسط Altamirano و دیگران برای نفت خام مایا در میکریک (8)



شکل ۲- ساختار مولکولی آسفالتین آرایه شده توسط Carbognani برای باقیمانده نفت خام ویتروئلا در دمای 510°C (9)

بسترهای کاتالیزوری واحدهای تبدیل در پالایشگاه‌ها موجبات کندشدن فعالیت کاتالیزورها شده و در مدت کوتاهی آنها را غیرفعال می‌سازند که در اصطلاح به مسمومیت کاتالیزور معروف است. علاوه بر این، وجود مولکول‌های بزرگ هیدروکربنی در نفت سنگین و قیر طبیعی، نسبت کربن به هیدروژن را در این ترکیبات

شکل‌های (۱) و (۲) نشان داده شده است. همچنین، مقدار این ترکیبات در نمونه‌های مختلف نفت سنگین متفاوت است که موجب چگالی و گرانشی بالا در نفت سنگین می‌شوند.

ترکیبات آسفالتین در نمونه‌های مختلف نفت، مقادیر متنوع از عناصر گوگرد، اکسیژن، نیتروژن و فلزات به ویژه نیکل و وانادیم را دارند که در ترکیبات آسفالتین متجز به بروز مشکلاتی در مراحل مختلف استخراج، انتقال، ذخیره‌سازی و پالایش نفت سنگین می‌شود.

مشکلات زمان استخراج

تولید از برخی مخازن نفت سنگین به کمک روش‌های متداول نظیر چاه‌های عمودی، استفاده از پمپ و تقویت فشار (Pressure Maintenance) صورت می‌گیرد. استفاده از چاه‌های افقی که باعث ایجاد سطح مقطع بیشتر چاه در سازند تولیدی می‌گردد، فرایند را بهبود می‌بخشد. با وجود این، حضور ترکیبات آسفالتی بسیار سنگین در نفت مخزن موجب بالا رفتن چگالی و گرانشی نفت و کاهش پویایی آن می‌شود. پارامترهای محدودکننده چگالی و گرانشی بالای نفت سنگین، بازده تولید را

کنترل می‌نمایند. تاثیر این پارامترها در حدی است که در پاره‌ای موارد، جریان نفت در مخزن از سازند به سمت چاه صورت نمی‌گیرد، لذا به‌کارگیری روش‌های ازدیاد برداشت (EOR) به منظور روان‌سازی نفت سازند ضرورت می‌یابد. از سوی دیگر، عواملی نظیر جنس سنگ سازند، مقدار و ابعاد شکاف‌های موجود در سنگ سازند، بر کارایی انتخاب نهایی این روش‌ها تاثیر می‌گذارد.

مشکلات زمان انتقال

در صورتی که نفت سنگین در شرایط دما و فشار مخزن از سازند به چاه جریان یابد و تولید شده به سطح زمین منتقل شود، به دلیل کاهش دما در سطح چاه، گرانشی آن می‌تواند تا چندین برابر افزایش یابد. به دلیل این گرانشی بالا، انتقال نفت سنگین بدون اعمال فرایندهایی همچون حذف ترکیبات آسفالتی، بهبود کیفیت نفت با افزودن حلال‌های هیدروکربنی یا گرم‌نگهداشتن خط لوله انتقال نفت، منجر به رسوب ترکیبات سنگین و گرفتگی خطوط لوله می‌شود. در صورت مقرون به صرفه نبودن روش‌های بالا، احداث پالایشگاه در مجاورت میدان نفت سنگین می‌تواند نیاز به انتقال نفت و مشکلات ناشی از آن را مرتفع سازد.

مشکلات زمان فراوری

ترکیبات آسفالتین حاوی مقادیر قابل توجه از ترکیبات گوگردی و فلزات سنگین می‌باشند که در صورت تماس با

مطالعات فنی، اقتصاد فرایند یا بهای تمام شده هر بشکه نفت تولیدی از مخزن نیز عامل تعیین کننده در انتخاب روش بهینه (EOR) می باشد.

جمع بندی

نیمکره غربی جهان ۶۹٪ از نفت سنگین و ۸۲٪ از قیرطبیعی قابل تولید در جهان را در خود دارد. برخلاف نیمکره شرقی که ۸۵٪ از ذخایر نفت سبک جهان را در خود جای داده است [1]. باتوجه به این واقعیت، همچنین با کاهش ذخایر نفت خام متداول در جهان و شوک های پی در پی نفتی ناشی از ناآرامی در کشورهای نفت خیز جهان که بهای نفت را برای مدت زمان طولانی بالا نگه داشته، توجه کشورهای غربی به سمت استخراج و بهره برداری از ذخایر نفت سنگین و قیرطبیعی جلب شده است. از سوی دیگر، باتوجه به ویژگی های خاص مخازن نفت سنگین ایران همچون جنس کربناته سنگ مخزن، وجود شکاف ها (ترک ها) بسیار و در ابعاد مختلف در سراسر مخزن و فشار بالا در آن، بررسی فنی و اقتصادی روش های مختلف ازدیاد برداشت، انتخاب و اعمال روش بهینه (EOR) در این مخازن مستلزم برنامه ریزی و تحقیقات جداگانه در بعد تئوری موضوع و انجام آزمایش های مفصل در مقیاس های آزمایشگاهی و پیلوت (پایلوت) در مورد استخراج، تولید، انتقال و فراوری نفت سنگین می باشد. ■

منابع:

1. R.F. Meyer and E.D. Attanasi, Heavy Oil and Natural Bitumen-Strategic Petroleum Resources, USGS Fact Sheet FS-070-03, August 2003
2. R. Kharrat, S. Vossoughi, R. Azin, and S. Razzaghi, The investigation of Using Thermal Methods for Heavy Oil Recovery, Phase I. Petroleum University of Technology, 2003
3. J.H. Laherr, "Upstream potential of the Middle East in the world context", presented at Oil and Gas Project Finance in the Middle East, IBC Dubai, May 12-13, 1996
4. <http://heavyoil.rml.co.uk>
5. www.oildrop.org
6. http://tigger.uic.edu/~mansoori/HOD_html
7. www.centreforenergy.com

بالا می برد.

در فرایندهای بهبود کیفیت، اتم های هیدروژن به این مولکول ها افزوده و یا اتم های گرین از این مولکول ها زدوده می شود. در اثر اعمال این فرایندها، قیرطبیعی تبدیل به محصولی مشابه نفت خام سبک می شود.

ازدیاد برداشت نفت در مخازن نفت سنگین (EOR)

باتوجه به ویژگی های منحصر به فرد ذخایر نفت سنگین و قیرطبیعی و مشکلات زمان استخراج از این ذخایر، اعمال روش های (EOR) از مراحل آغازین تولید از این مخازن امری ضروری می باشد. باتوجه به مطالبی که در بالا آمد، از میان تمام روش های (EOR)، آن روش هایی که منجر به کاهش گرانیروی نفت سنگین و حذف ترکیبات آسفالتین در مخزن (درجا) می شوند برای اعمال در میدان نفت سنگین مناسب هستند. با وجود این، چنانچه ابعاد مولکول های آسفالتین بزرگ باشد، منجر به کاهش تراوایی، کاهش فضای منافذ فعال و تغییرات خواص ترشوندگی سنگ سازند می گردد که در نهایت بر بازده فرایند تاثیر می گذارد. در حال حاضر، روش های متداول (EOR) که در مقیاس عملی به کار گرفته می شوند شامل تزریق بخار، احتساق درجا، تزریق گاز CO₂، همچون ریزش ثقلی بکه کمک بخار (Steam Assisted Gravity Drainage-SAGD) و تحریک گردشی با بخار (Cyclic Steam Stimulation-CSS) می باشد. همچنین، باتوجه به محدودیت ها و تبعات زیست محیطی ناشی از بکارگیری روش های یاد شده در مخازن خاص، روش های نوین ازدیاد برداشت مانند فرایند نوین استخراج با بخار حلال (Vapour Extraction-VAPEX) نیز در دست مطالعه است. باید توجه داشت که تعیین روش بهینه ازدیاد برداشت برای تولید از یک مخزن نفت مستلزم مطالعه جامع فنی و انجام تحقیقات مفصل تئوری، آزمایشگاهی و پیلوت (پایلوت) با در نظر گرفتن کلیه ویژگی های سنگ و سیال مخزن و همچنین بررسی سازگاری روش انتخاب شده با شرایط مخزن و با محیط زیست است. همچنین، پس از انجام کلیه

Processing bitumen and heavy oil

If the upgrading process includes coking, the coke is removed from the bitumen and used for industrial applications. Another upgrading process will add hydrogen to the bitumen and break up the large hydrocarbon molecules - a process called hydrogen addition or hydrogen-coupling.

Hydrocarbons are stabilized by adding hydrogen in the presence of catalysts. After stabilization, they are separated into naphtha, kerosene and gas oil.

The utility plant provides steam, water and electric power to the rest of the plant.

Sulphur can be recovered to be used in fertilizer and other products.

A range of products, including light diesel and low sulphur oils and diesel products are blended and shipped to markets.



شکل ۴- نمای پیک واحد فراوری نفت سنگین و قیر طبیعی [7]

شماره ۲۲ - خرداد ۱۳۸۴