

## بررسی اثر نانو ذرات فلزی در ارتقاء ویسکوزیته نفت‌های سنگین

سعیدسلطانعلی<sup>۱</sup>، غزال حاتمی فرد<sup>۲</sup>، مهدی محمدی<sup>۱</sup>

۱. پژوهشگاه صنعت نفت، پژوهشکده توسعه فن‌آوری‌های پالایش

۲. دانشگاه تهران، بخش مهندسی شیمی

### چکیده

با توجه به مطالعات انجام گرفته مبنی بر کاهش ویسکوزیته نفت خام‌های سنگین به کمک نانوذرات فلزی (فلزات واسطه) تعدادی نانو فلز مختلف (آهن، نیکل و مس) به همراه میکرو ذره مس، به جهت مقایسه، انتخاب و پس از افزودن آنها به نفت سنگین، ویسکوزیته نفت سنگین در دو دمای  $50^{\circ}\text{C}$  و  $100^{\circ}\text{C}$  اندازه‌گیری شد و با نتایج محقیقن دیگر مقایسه شد. مقایسه نانوذره مس و میکرو ذره مس نشان می‌دهد که اندازه میکرو در کاهش ویسکوزیته نفت خام موثرتر از نانو می‌باشد.

**واژه‌های کلیدی:** نانوذرات، نفت سنگین، ویسکوزیته، درجه API

soltanalis@ripi.ir

### ۱- مقدمه

میزان ذخایر نفت خام سنگین و فوق سنگین دنیا بیش از دو برابر نفت خام متعارف است و بیشترین مخازن نفت خام سنگین و فوق سنگین دنیا در کانادا و ونزوئلا است [۱]. به طور کلی بیش از سی کشور دارای مخازن نفت سنگین هستند. هزینه استحصال و پالایش این نفت خام سنگین پیچیده‌تر و پرهزینه‌تر از نفت خام سبک است. در پالایشگاه‌های معمولی، فرآیندهایی مانند شکست حرارتی، آسفالتین زدایی با حلال و شکست هیدروژنی برای نفت سنگین نیز استفاده می‌شود. اما، به دلایل زیر، این فرآیندها برای ارتقاء نفت سنگین نامناسبند: شکست حرارتی: این فرآیند، جرم زیاد از محصول جانبی کک است که مدیریت آن نیاز به امکانات ویژه دارد. آسفالتین زدایی با حلال: بدون انجام ارتقاء خاصی، ذرات آسفالتین از خوراک سنگین جدا می‌شوند. شکست هیدروژنی: کاتالیست در معرض غیرفعال شدن است. همچنین، این فرآیند نیاز به هزینه‌های گسترده سرمایه در تجهیزات فشار بالا و نیاز به یک واحد تولید هیدروژن دارد [۲-۴]. این موارد، بررسی تکنولوژی جدید ارتقاء کیفیت، مانند افزودن نانو ذرات، را برای بکارگیری در سرچاه توجیه می‌کند.

جدول ۱: مخلوط خوراک

ویسکوزیته $25^{\circ}\text{C}$ در	API	سیال
cP100000	8/2	نفت سنگین
cP136	58/6	دودکان
cP5839	12	مخلوط

در این آزمایش، از نانو ذرات آهن، نیکل و مس استفاده شده است. همچنین، میکروذره مس نیز جهت تاثیر سطح ویژه بکار برده شد. مشخصات نانوذرات استفاده شده در جدول ۲ آمده است.

جدول ۲: مشخصات ذرات

ذره	اندازه [nm]	سطح [m <sup>2</sup> /g]
آهن	50	9/5
نیکل	50	13
مس	50	12
مس	500	3

برای اطمینان از توزیع مناسب ذرات در خوراک، از امواج التراسونیک به مدت ۳۰ دقیقه استفاده شد.

### ۲- هدف اصلی

هدف از این مقاله، انجام آزمایش به منظور بررسی امکان سنجی استفاده از ذرات فلزی در ابعاد نانو و میکرون برای ارتقاء کیفیت نفت سنگین، به منظور کاهش ویسکوزیته است. از اینرو، نانو و میکروذرات فلزی منتخب در نفت سنگین پراکنده شدند و اثر آنها بر کاهش ویسکوزیته نفت سنگین در شرایط اتمسفریک بررسی شد. این آزمایشات در دانشگاه NTNU نروژ انجام و نتایج آن منتشر شده است.

### ۳- روش آماده سازی

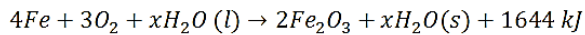
۱۰ گرم نرمال دودکان و ۹۰ گرم نفت سنگین به کمک یک همزن حرارتی باهم مخلوط و مقادیر ۰/۱ تا ۰/۵ گرم از نانوذرات فلزی به آن افزوده شد. کل مخلوط به جهت توزیع مناسب ذرات فلز در داخل نفت سنگین به مدت نیم ساعت در حمام اولتراسونیک قرار داده شد. و در نهایت، ویسکوزیته هریک از نمونه‌ها در دماهای  $50^{\circ}\text{C}$  و  $100^{\circ}\text{C}$  اندازه‌گیری شد.

### ۳- مواد و روش‌ها

خوراک این آزمایش شامل مخلوطی از ۹۰٪ نفت سنگین و ۱۰٪ نرمال دودکان در نظر گرفته شد. مشخصات خوراک در جدول ۱ آمده است.

### ۴- نتایج

نتایج حاصل از اندازه‌گیری ویسکوزیته برای هریک از نمونه‌ها در جدول ۳ آمده است. جهت تکرارپذیری، اندازه‌گیری ویسکوزیته



این واکنش به کندی انجام می‌گیرد اما وجود ترکیبات اسیدی در نفت سنگین سبب افزایش سرعت واکنش می‌شود.

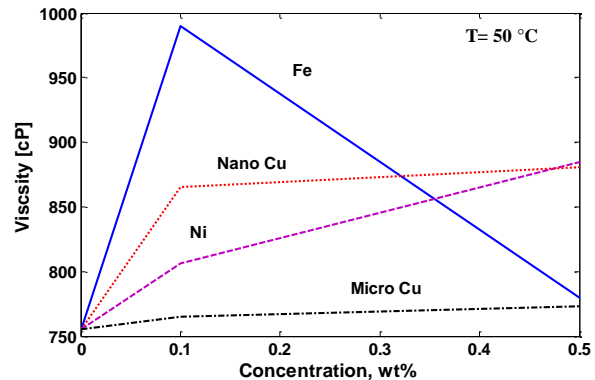
#### ۵- نتیجه‌گیری

مطالعات نسبتاً زیادی درباره اثر نانو ذرات بر ارتقاء کیفیت نفت سنگین انجام شده است. از اینرو، در این تحقیق نیز اثر برخی از نانوذرات فلزات واسطه مورد ارزیابی قرار گرفت. پس آماده سازی خوراک، از هریک از ذرات دو غلظت متفاوت در مخلوط خوراک به کمک حمام اولتراسونیک اضافه شد. نتایج بررسی ویسکوزیته مخلوط نفت سنگین نشان می‌دهد که نانو ذرات اثر چندانی مثبتی بر کاهش ویسکوزیته نفت سنگین مورد نظر ندارند و نکته جالبتر اینکه میکرو ذره مس در مقایسه با نانوذره مس دارای عملکرد بهتری است. محققین دیگر موفق به حداکثر کاهش کمتر از ۱۰ درصدی شده‌اند که نتایج آنها بهتر از نتایج این تحقیق است. اما در مجموع به نظر می‌رسد این روش بکارگیری نانو ذرات در کاهش ویسکوزیته تاثیر مثبتی ندارد و باید بتوان از روش‌های دیگر استفاده از نانو ذرات فلزی در ارتقاء نفت‌های سنگین بهره برد.

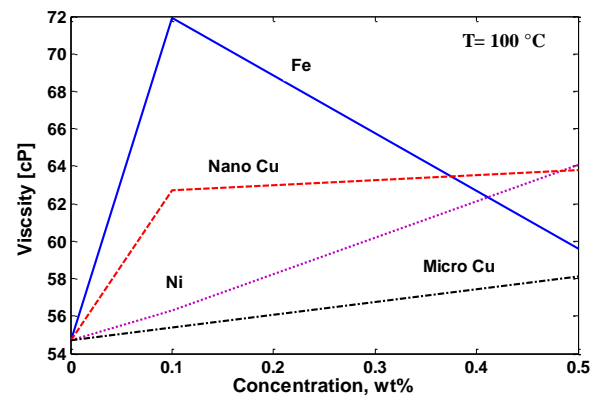
#### ۶- منابع

- [1] A. Saniere, I. Hénaut and J.F. Argillier, "Pipeline Transportation of Heavy Oil - a Strategic, Economic and Technological Challenge", Oil & Gas Science and Technology - Rev. IFP, Vol. 59 (2004), No. 5, pp. 455-466.
- [2] M. S. B. Mohd Shah, B. Periyasamy, "Binary cracking kinetics for thermal cracking of vacuum residues in Eureka process", Fuel, 134 (2014) 618-627.
- [3] K. Oh, T. A. Ring, M. D. Deo, "Asphaltene aggregation in organic solvents", J. Colloid Interface Sci., 271 (2004) 212-219.
- [4] R. Saha, B. J. Song, J. S. Ima, Y. Jeon, C. W. Lee, "A review of recent advances in catalytic hydrocracking of heavy residues", J. Ind. Eng. Chem., In Press, 2015.
- [5] Y. Hamed Shokrlu, SPE, and T. Babadagli, SPE, University of Alberta, "Effects of Nano-Sized Metals on Viscosity Reduction of Heavy Oil/Bitumen during Thermal Applications", presented at the Canadian Unconventional Resources and International Petroleum Conference, 19-21 October 2010, Calgary, Alberta, Canada

هریک از نمونه‌ها دوبار انجام شد. هریک از اعداد داده شده شکل‌های ۱ و ۲ ارتباط بین غلظت ذرات فلزی و ویسکوزیته خوراک را برای هریک از دو دمای مورد نظر نشان می‌دهند. آنچه از شکل‌ها دیده می‌شود اینست که هیچ کاهش ویسکوزیته‌ای نسبت به نمونه مرجع (نمونه بدون حضور ذرات) دیده نمی‌شود. حتی با تغییر در روش آماده‌سازی نمونه‌ها نیز تغییری مبنی بر کاهش ویسکوزیته دیده نشد.



شکل ۱: تغییرات ویسکوزیته در برابر غلظت، T=۵۰°C



شکل ۲: تغییرات ویسکوزیته در برابر غلظت، T=۱۰۰°C

در مقایسه نانوذره مس با میکرو ذره مس نیز می‌توان گفت که هردو این ذرات قادر به کاهش ویسکوزیته می‌باشند. اما نکته قابل توجه که می‌توان در شکل‌های ۱ و ۲ مشاهده کرد، اثر مثبت میکروذره مس نسبت به نانو ذره مس در کاهش ویسکوزیته است.

نتایج بدست آمده در این تحقیق در راستای بررسی تحقیقات حامدی شکرلو و همکاران [۵] انجام شد. با توجه به شکل‌های ۱ و ۲ می‌توان گفت که نتایج شکرلو (حداکثر کاهش ویسکوزیته کمتر از ۱۰٪) بهتر از نتایج این تحقیق است. شکرلو چندین روش در تحقیقات خود برای کاهش ویسکوزیته نفت سنگین پیشنهاد کرده است. در بین این روش‌ها، واکنش اکسیداسیون نانو ذرات آهن در تعامل با نفت سنگین جالب توجه است: