

یک مدل جدید برای اختلالات میزان نفوذپذیری به دلیل رسوب آسفالتین

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۲/۰۵

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۳/۱۴

کد مقاله: ۳۳۵۸۷

سید بهروز کشاورز^۱، علی جلوه گر فیلبند^۲

چکیده

مدل‌های نظری و تجربی موجود برای توصیف رسوب آسفالتین در واسطه‌های متخلخل، ساختار پیچیده از شبکه حفره‌ها را در نظر نمی‌گیرند. کاهش میزان نفوذپذیری به دلیل رسوب آسفالتین عمدتاً به دلیل کاهش حجم حفره‌ها بوده است (کاهش نسبت خلل و فرج به حجم). با این حال، ذرات آسفالتین نیز می‌توانند دهانه حفره‌ها را متوقف می‌کنند که باعث کاهش شدید نفوذپذیری می‌شود، حتی اگر مقدار زیادی از حجم کل حفره ممکن است هنوز هم دست نخورده باقی بماند. بنابراین، نیاز به یک مدل‌های نفوذپذیری وجود دارد که به صراحت به صورت اتصالاتی از حفره / هیدرولیک عمل کنند. این مقاله به بررسی مدل‌های موجود و به بررسی مدل نفوذپذیری می‌پردازد که میزان اختلالات میزان نفوذپذیری به دلیل رسوب آسفالتین است. در این مطالعه، ما یک مدل نفوذپذیری جدید مبتنی بر تحلیل بحران را (CPA) ارائه می‌کنیم که یک تابع از میانگین تعداد هماهنگی (میانگین تعداد حفره‌های همسایه در دسترس / متصل) است. علاوه بر این، داده‌های تجربی در ادبیات مربوط به نمونه‌های سنگ آهک، سنگ ماسه و کربنات (دولومیت) به درک اثرات ترکیبی از سطح رسوب و اتصالات ضعیف به دلیل انسداد حفره با کاهش میزان نفوذپذیری است. ما مشاهده کردیم که سطح رسوب یک مکانیسم برتر در نمونه‌های سنگ آهک مورد مطالعه در اینجا با نسبت اندازه بزرگ از دهانه حفره در مقایسه با اندازه ذرات است. در نمونه‌های سنگ ماسه، هر دو سطح رسوب و مکانیزم اتصالات دهانه‌ی حفره نسبتاً سهم یکسانی در کاهش میزان نفوذپذیری دارند. برای نمونه‌های کربنات (دولومیت)، مکانیسم انسداد حفره یک روش برتر است که منجر به کاهش شدید سریع نفوذپذیری می‌شود. انتظار می‌رود که نتیجه این کار پیش‌بینی از رسوب آسفالتین را در منطقه نزدیک چاه بهبود دهیم.

واژگان کلیدی: رسوب آسفالتین، کاهش میزان نفوذپذیری، سطح رسوب، اتصالات حفره

۱- گروه مهندسی نفت، واحد گچساران، دانشگاه آزاد اسلامی، گچساران، ایران

۲- گروه مهندسی نفت، واحد گچساران، دانشگاه آزاد اسلامی، گچساران، ایران

۱- مقدمه

مسئله رسوب آسفالتین صنعت نفت و گاز را چند دهه است که مورد بررسی قرار داده است و به طوری که مورد شناسایی شده و به عنوان "آسفالتین" در سال ۱۸۳۷ نام گرفت. [۱] با توجه به هزینه های عظیم مربوط به تصفیه، درک مسئله رسوب آسفالتین و عوامل موثر بر آن بسیار مهم است [۲]. نفت خام دارای چندین بخش است و آسفالتین اساساً سنگین ترین بخش آن بوده و دارای عملکرد قطبشی است. آنها به علت توانایی آنها در رسوب به عنوان جامد و سپس با تغییر فشار رسوب و دما و ترکیبات تحت عنوان "کلوسترول بنزین" شناخته می شوند [۳]. رسوب آسفالتین به صورت فرآیندی نامیده می شود که آسفالتها تبدیل به یک مرحله جداگانه از نفت خام می شوند. آنها در فاز مایع به حالت تعلیق در می آیند به طوری که در آن مقدار و اندازه آسفالتین نسبتاً کوچک است. آسفالتین های رسوب شده با هم (تجمع) و ذرات بزرگتر نیز تشکیل می شوند که فلوکوس (توده جمع شده) نامیده می شود. آسفالتین جمع شده در ابتدا در نفت خام در حالت تعلیق هستند. بعداً توده جمع شده می توانند به هم متصل شوند و در سطوح مختلف انباشته شوند و موجب ایجاد یک فرآیند تحت عنوان رسوب آسفالتین شوند [۴]. در هر دو عملیات رسوب بالا و پایین ممکن است با چالش ها و مسائل های زیادی همراه باشند. آسفالتین ممکن است در سطوح خطوط لوله، پایین ستون تقطیر و مبدل های حرارتی نیز رسوب کند و همچنین بر کارایی و ایجاد هزینه های اقتصادی افزوده شده جهت بهبود تاثیر گذارد [۵].

همچنین در طی تولید، ذرات آسفالتین می توانند در مخزن ذخیره شوند و منجر به مسدود شدن جریان، به ویژه در نزدیکی منطقه چاه شود. مسئله رسوب آسفالتین در عمق پایین در مخازن سنگ بسیار مشکل و مسئله ساز است، و روش های مقابله با آن بسیار چالش برانگیز بوده و به عنوان یک مسئله تولید رسوب در لوله. مطرح است. [۶] نمونه های هسته ای مختلفی با ویژگی های مختلف سنگ در آزمایش های هسته سیل، با توجه به مسئله متخلخل مطالعه کرد. او نتیجه گرفت که نمونه متخلخل اتصالی نمونه برداری فقط به نظر می رسد پس از اینکه نفت به اندازه کافی از طریق نمونه نشت میکند رخ می دهد و آسیب هایی در اوایل زمان فقط در نمونه هایی با نفوذ پذیری اولیه پایین تر مشاهده شد [۷].

مکانیسم هایی که از طریق آسیب رسوب به دلیل رسوب آسفالتین رخ می دهد، عبارتند از رسوب سطح و اتصالات دهانه حفرة است. از آنجا که رسوبات آسفالتین در سطح منافذ انباشته می شود کاهش ناحیه سطح حفرة منجر به کاهش تخلخل می شود. علاوه بر این، هنگامی که رسوبات آسفالتین در برابر حفرة جمع می شوند، می توانند آنها را پلاگین کنند که باعث کاهش شدت نفوذ پذیری می شوند.

برای مدل سازی اختلال نفوذ پذیری در مدل متخلخل به دلیل رسوب آسفالتین، مدل های تخت خواب دودکش (DBF) اغلب استفاده می شود [۸]. با استفاده از نظریه DBF، وانگ [۹] مدل Civan را برای نزدیک شدن به تغییر رسوب آسفالتین چاه، با فرض فشار ناگهانی جزئی و یک جریان افقی یک بعدی به صورت زیر دنبال می شود:

$$\frac{\partial E_A}{\partial t} = \alpha C_A \phi - \beta E_A (v_L - v_{cr,L}) + \gamma u_L C_A \quad (1)$$

به طوریکه E_A کسری از حجم رسوب آسفالتین ها است؛ v_L سرعت شکاف ها، $(=u_L/\phi)$ سرعت شکاف بحرانی است؛ $v_{cr,L}$ سرعت سطحی است. α ضریب رسوب سطح است. β ضریب میزان جذب است. γ ضریب اتصالات دهانه حفرة ها است. اولین جمله در معادله (۱) نشان دهنده میزان رسوبدهی سطح حفرة ها است که به طور مستقیم متناسب با غلظت ذرات معلق در جریان مایعات است؛ اصطلاح دوم، تحریک ذرات آسفالتین (حذف را به دلیل نیروی کشش) است که بیان می کند که دارای برتری بالاتر نسبت به سرعت شکاف بحرانی دارد [۸]؛ و آخرین اصطلاح برای نسبت اتصالات دهانه حفرة ها، این است که در آن میزان پلاگین به طور مستقیم با سرعت سطحی متناسب است. وانگ [۱۰] تعریف ضریب اتصالات حفرة را به صورت زیر تعریف می کند تعریف کرد، γ :

$$\gamma = \gamma_i (1 + \sigma E_a), \text{ if } 0 > R > R_c \\ \gamma = 0, \text{ otherwise} \quad (2)$$

به طوریکه σ ثابت میزان رسوب است. R به نسبت اندازه ذرات به اندازه دهانه حفرة، R_c به نسبت بحرانی اندازه ذرات به اندازه دهانه حفرة اشاره دارد که طبق معادله (۲) دهانه حفرة در شرایطی است که قطر دهانه حفرة بحرانی بزرگتر از حد متوسط است قطر دهانه حفرة است.

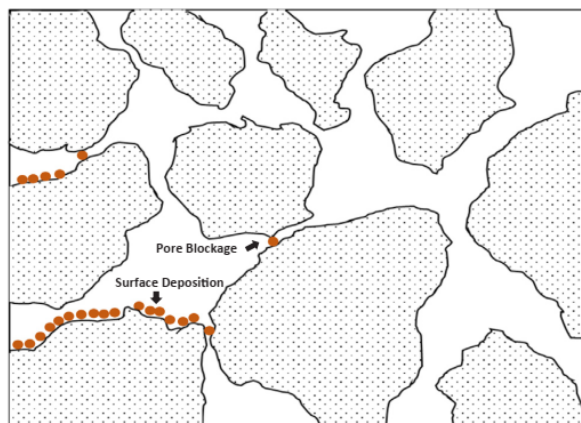
رسوب آسفالتین می تواند منجر به کاهش تخلخل و نفوذپذیری شود. با این حال، در اکثر مدل های موجود، کاهش نفوذپذیری تنها به کاهش حجم حفرة (کاهش تخلخل) منجر می شود. تخلخل پویایی محلی به صورت تفاوت بین تخلخل اصلی، ϕ_i و کسری از رسوبات آسفالتین، ε محاسبه می شود.

$$\phi = \phi_i - \varepsilon \quad (3)$$

علاوه بر این، تغییر نفوذ پذیری به عنوان یک عملکرد تخلخل و به عنوان یک تابع کاهش تخلخل تخمین زده می شود:

$$\frac{k}{k_i} = \left(\frac{\phi}{\phi_i} \right)^3 \quad (4)$$

با این حال، در معادله (۴) اتصالات ضعیف (اتصال متقابل) تا به حال در نظر گرفته نشده است و کاهش نفوذپذیری تنها به دلیل کاهش حجم حفره است. آن به خوبی شناخته شده است که تخلخل مؤثر می تواند به دلیل کاهش انبساط حجمی کاهش یابد و در نتیجه قابلیت نفوذ پذیری می تواند کاهش یابد. با این حال، نفوذپذیری نیز ممکن است به علت کاهش اتصالات ضعیف / و هدایت هیدرولیکی (کاهش تعداد هماهنگی) مکانیزم اتصالات حفره را تغییر دهد (شکل (۱)). در موارد افراطی ممکن است اثر انسداد معیوب قابل توجهی رخ دهد. حجم کل حفره ممکن است حتی زیاد تغییر نکند. همانطور که بعداً جزئیات بیشتری در مورد نمونه سنگ بررسی خواهد شد یک قطعه بزرگ از حفره با قطر قابل مقایسه با اندازه ذرات، دهانه حفره ها می توانند به راحتی وصل و مسدود شوند این منجر به کاهش شدت نفوذ پذیری حتی زمانی که مقدار زیادی از فضای حفره هنوز دست نخورده باقی مانده است خواهد شد. بنابراین، با توجه به مدل های نفوذپذیری که هر دو را در نظر می گیرند، مطالعه رسوب آسفالتین در رسانه های متخلخل حیاتی است کاهش تخلخل و اتصالات سست حفره ها، به ویژه برای مخازن با حفره کوچک که قابل مقایسه با اندازه ذرات مهم است.



شکل (۱): شبیه سازی از کاهش نفوذ پذیری به دلیل رسوب سطح و اتصالات حفره ها.

جدول (۱): نمونه پارامترهای اولیه.

Sample #	Asphaltene wt%	Initial Porosity, %	Initial Permeability, md	Initial Coordination Number, z
Limestone #1	6.56	48.54	1062.5	8.5
Limestone #2	16.3	22.5	106.6	6.4
Sandstone #1	6.56	49.16	1089.6	8.5
Sandstone #2	16.3	13.5	22.8	4.9
Sandstone #3	12.94	16.0	66.3	5.4
Carbonate #1	0.06	17.17	4.67	5.6
Carbonate #2	0.87	21.2	6.32	6.2
Carbonate #3	1.5	19.24	5.48	5.9

در این مطالعه، ما یک مدل نفوذپذیری مبتنی بر تجزیه و تحلیل مسیر بحرانی (CPA) را توسعه می دهیم که کسری از میانگین شماره هماهنگی (متوسط تعداد حفره های همسایه های موجود / متصل) را نشان می دهد. علاوه بر این، داده های تجربی در ادبیات مربوط به سنگ آهک، سنگ ماسه و نمونه های کربنات (دولومیت) برای درک اثرات متفاوتی از رسوب گذاری سطح و تلفات اتصال به دلیل انسداد حفره در کاهش نفوذ پذیری استفاده می شود.

۲- مدل نفوذپذیری

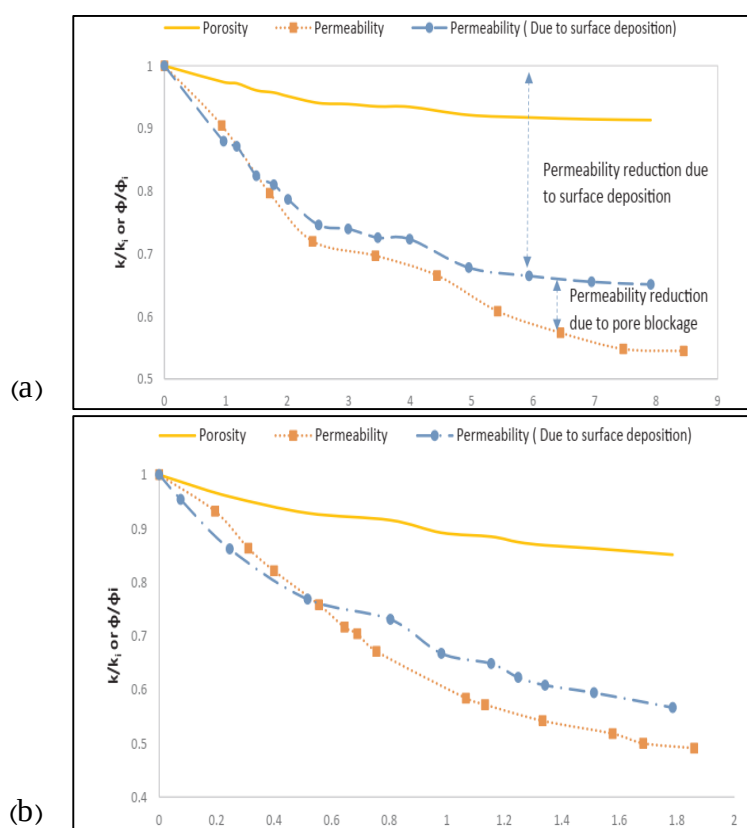
تعامل بین تخلخل / ذخیره سازی و نفوذ پذیری / هدایت هیدرولیک برای دهه ها است که مورد بررسی قرار گرفته است. [۲] یکی از مدل های نفوذپذیری اساسی معادله Kozeny-Carmen (KC) است که محیط متخلخل به عنوان یک بسته نرم افزاری از لوله های استوانه ای در نظر گرفته شده است:

$$k = \frac{1}{c} \frac{\phi}{\tau} \frac{1}{S_{gv}} \left(\frac{\phi}{1-\phi} \right)^2 \quad (5)$$

با این حال، سیوان [۵] پیشنهاد کرد که معادله KC به درستی نمی تواند اثر دروازه / شیر از واسط متخلخل (اتصال حفره ها / هیدرولیک) برای پیش بینی نفوذ پذیری زمانی که دهانه حفره مسدود شده و جدا شده را مورد مخاطب قرار میدهد. بنابراین، او مدل KC را با استفاده از پارامتر اتصال، Γ تغییر داد:

$$k = \Gamma \phi \left(\frac{\phi}{1-\phi} \right)^{2\beta} \quad (6)$$

Γ مقدار اندازه گیری از اتصال فضای حفره است و نشان دهنده آن است که اثر دریچه از کنترل دهانه ی حفره از اتصال حفره به دیگر فضاهای حفره است [۶]. پارامتر اتصال، یک عملکرد قوی از میانگین شماره هماهنگی، (شماره دهانه های حفره) زمانی صفر میشود اگر تمام دهانه حفره ها به علت مکانیزم هایی مانند حرکت خوب، رسوب از رسوبات از جمله ژل، موم و آسفالتین و فروپاشی دهانه های حفره تحت فشار مکانیکی است مسدود شود.



شکل (۲): تاثیر رسوب سطح و انسداد حفره بر کاهش نفوذپذیری برای (a) سنگ آهک شماره ۱ (b) آهک شماره ۲.

۳- مدل مبتنی بر CPA

اگر چه مدل های مبتنی بر فرض بسته نرم افزاری لوله های مویرگی به طور گسترده ای مورد استفاده قرار می گیرند، آنها به اندازه کافی پیچیده نیستند تا ساختار پیچیده از رسانه های متخلخل را نشان دهند. بنابراین، مدل مبتنی بر نفوذ پذیری برای حل مسائل مربوط به بسته نرم افزاری از فرضیه لوله های مویرگی است. اندازه حفره به محیط متخلخل طبیعی به فرکتال هندسه /

پوسته پوسته شدن بستگی دارد و استفاده از هندسه فراکتال برای پیش بینی موفقیت در میزان نفوذ پذیری را به دست می دهد. مدل کاتز و تامپسون یکی از اولین تلاش ها برای پیاده سازی نظریه نفوذ بود تجزیه و تحلیل مسیر بحرانی برای تعیین نفوذپذیری است. آنها بحث کرده اند که جریان سیال و هدایت الکتریکی از طریق رسانه متخلخل دارای فرایندهای نفوذپذیری هستند و میزان نفوذپذیری میتواند به هدایت الکتریکی و شعاع بحرانی دهانه مربوط میشود:

$$k = \frac{1}{c} \frac{\sigma_b}{\sigma_w} r_c^2 = \frac{r_c^2}{c} \frac{1}{F} \quad (7)$$

به طوری که σ_b میزان هدایت الکتریکی است، σ_w هدایت مایعات اشباع الکتریکی است، (r_c) و c یک مقدار ثابت است. در اینجا (r_c) شعاع دهانه حفره، که به عنوان بزرگترین مقدار r تعریف شده است، که برای آن یک مسیر اتصال ممکن است از یک طرف یک سیستم به دیگری وجود داشته باشد. کتز و تامپسون استدلال کرد که شعاع بحرانی حفره را می توان از طریق داده های نفوذی پذیری جیوه و تاثیر نقطه بر منحنی انفصال جیوه مربوط به این شعاع بحرانی حفره محاسبه کرد. شعاع حفره انتقادی را می توان با در نظر گرفتن یک مقدار آستانه برای میزان نفوذپذیری به صورت زیر بیان کرد:

$$r_c = r_{\max} (1 - p_c)^{\frac{1}{3-D}}, \quad (8)$$

به طوری که $r_{\max}$ حداکثر شعاع نفوذ پذیری حفره است، D قطر فراکتال است، و p_c مقدار آستانه نفوذپذیری بحرانی است. علاوه بر این، عامل تشکیل، F که نسبت هدایت الکتریکی به هدایت الکتریکی از مایع اشباع حفره است، همچنین ممکن است از نظر تخلخل کل و مقدار آستانه نفوذپذیری به صورت زیر بیان می شود.

$$\frac{1}{F} = \left[\frac{\phi (1 - p_c)}{1 - \phi p_c} \right]^m \quad (9)$$

با ترکیب معادله ۷ و ۹، دیاگول میزان نفوذپذیری را به صورت زیر بیان میکند:

$$k = \frac{r_{\max}^2}{c} \left(\frac{\phi}{1 - \phi p_c} \right)^m (1 - p_c)^{\frac{2}{3-D} + m}, \quad (10)$$

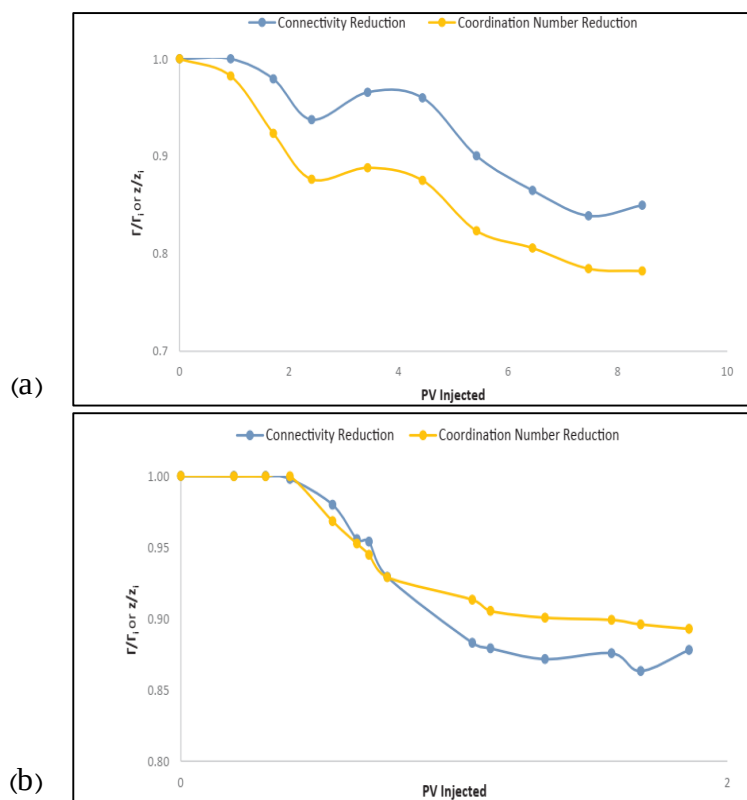
مقدار آستانه نفوذپذیری بحرانی را می توان از نظر تعداد هماهنگی به صورت $p_c = 1.5 / z$ بیان کرد، بنابراین معادله (۱۰) را می توان به صورت زیر بازنویسی کرد:

$$k = \frac{r_{\max}^2}{c} \phi^m \left(\frac{z}{z - 1.5\phi} \right)^m \left(1 - \frac{1.5}{z} \right)^{\frac{2}{3-D} + m} \quad (11)$$

بنابراین بافرض $1 - \phi p_c \approx 1$ معادله ی ۱۱ را می توان به صورت زیر ساده سازی کرد:

$$k = \frac{r_{\max}^2}{8} \phi^m \left(1 - \frac{1.5}{z} \right)^{\frac{2}{3-D} + m} \quad (12)$$

وقتی معادله (۱۲) با مدل Civan (معادله (۶) مقایسه شده است، واضح است که $r_{\max}^2 \phi^2 / 8$ دارای حداکثر میزان نفوذپذیری قابل دستیابی است به طوری که $(1 - 1.5/z)^{\frac{2}{3-D} + m}$ نشان دهنده رابطه بین گره (Γ) است. با شماره هماهنگی، Z می شود نزدیک به ۱،۵، میزان نفوذپذیری به دلیل بسته شدن اثرات فلکه شیر تقریباً صفر است.



شکل (۳): نسبت اتصال و کاهش تعداد هماهنگی برای (a) آهک # ۱ (b) آهک # ۲.

۴- کاهش قابلیت نفوذ پذیری - اثر رسوب سطح و انسداد حفره

اثرات کاهش حجم ضخامت حفره هر دو به دلیل رسوب سطح و اتصالات ضعیف به دلیل اتصالات حفره برای کاهش میزان نفوذ پذیری می تواند بر اساس مدل نفوذپذیری Civan توصیف شود (معادله ۶)، با در نظر گرفتن β به طور واحد داریم:

$$\frac{k}{k_i} = \pi \frac{\overbrace{\frac{\phi^3}{(1-\phi)^2}}^{\text{Surface Deposition}}}{\frac{\phi_i^3}{(1-\phi_i)^2}} * \underbrace{\frac{\bar{\Gamma}}{\Gamma_i}}_{\text{Pore Plugging}} \quad (13)$$

به طوریکه طرف اول و دوم در سمت راست معادله (۱۳) میزان کاهش نفوذ پذیری به دلیل قرار گرفتن در معرض سطوح و حفره را بیان میکند، به ترتیب اگر انسداد حفره ناچیز باشد، سپس رسوب سطح تنها مکانیسم کمک به کاهش تخلخل و میزان نفوذپذیری خواهد بود که به صورت زیر ساده میشود:

$$\frac{k}{k_i} = \frac{\frac{\phi^3}{(1-\phi)^2}}{\frac{\phi_i^3}{(1-\phi_i)^2}} \quad (14)$$

متناوبا فرض می کنیم $r_{max}^2/r_{max_i}^2 = \phi/\phi_i$ میزان کاهش نفوذپذیری از معادله ۱۱ به صورت زیر بیان میشود:

$$\frac{k}{k_i} = \left(\frac{\phi}{\phi_i}\right)^{m+1} \left(\frac{1-\frac{1.5\phi_i}{z_i}}{1-\frac{1.5\phi}{z}}\right)^m \frac{\left(1-\frac{1.5}{z}\right)^{\frac{2}{3-D}+m}}{\left(1-\frac{1.5}{z_i}\right)^{\frac{2}{3-D}+m}} \quad (15)$$

به طوریکه z_i شماره هماهنگی اولیه که می تواند به صورت کسری از میزان تخلخل اولیه داریم:

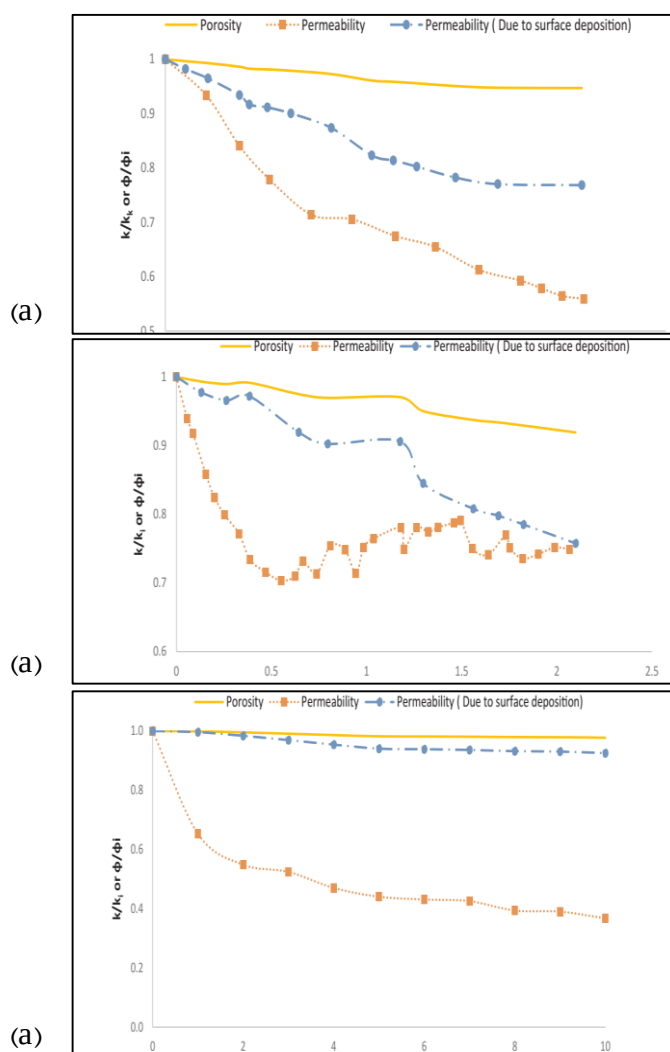
$$z_i = A + B \log(\phi) \quad (16)$$

جایی که هر دو A و B ثابت هستند. برای سیستم دو بعدی 10.4 A و B برابر با ۶/۲۵ باشد. در مورد $\phi_{pc} \approx 11$ ، معادله (۱۵) ساده‌تر خواهد شد:

$$\frac{k}{k_i} = \left(\frac{\phi}{\phi_i} \right)^{m+1} \frac{\left(1 - \frac{1.5}{z} \right)^{\frac{2}{3-D}+m}}{\left(1 - \frac{1.5}{z_i} \right)^{\frac{2}{3-D}+m}} \quad (17)$$

۵- مطالعات موردی - ارزیابی رسوبات سطح و اثرات اتصالات حفره

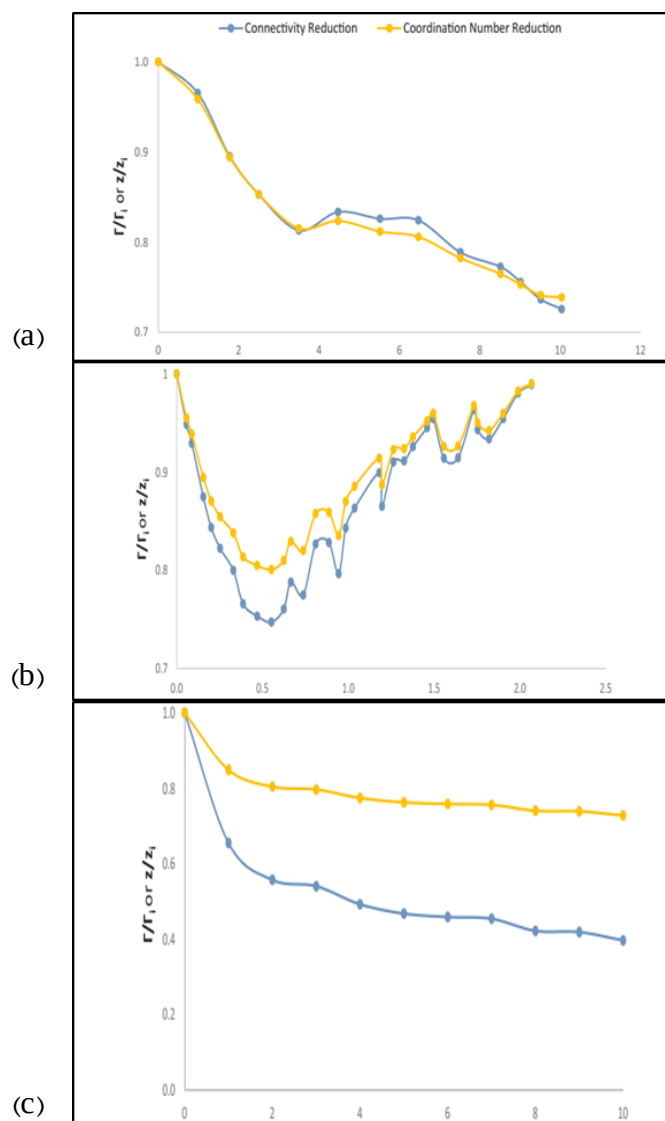
برای نشان دادن اثرات بیشتر رسوب سطح و اثرات متخلخل حفره برای کاهش قابلیت نفوذپذیری، از چندین مجموعه داده‌های تجربی استفاده شده است.



شکل (۴): تاثیر سطح رسوب و انسداد حفره بر کاهش نفوذپذیری برای (a) ماسه سنگ # ۱ (ب) ماسه سنگ # ۲ (ج) ماسه سنگ # ۳

اطلاعات بدست آمده از نمونه های هسته ای سنگ آهک، ماسه سنگ و کربنات (دولومیت) در اینجا مورد ارزیابی قرار می گیرد. در این آزمایش ها، رسوب آسفالتین (آسفالتین ماده ای است سخت مانند زغال سنگ که در ته مانده نفت کوره حاصل از تقطیر نفت خام باقی می ماند) از طریق اندازه گیری افت فشار در داخل ظرف اندازه گیری میشود. مقدار آسفالت های رسوب شده درون هسته از طریق تفاوت مقدار آسفالتین در جریان ورودی و خروجی مورد بررسی قرار گرفت. با استفاده از مجموعه داده های تجربی، هر دو نسبت خلل و فرج به حجم اولیه و همچنین تخلخل (نسبت خلل و فرج به حجم) آسیب دیده / کاهش یافته، با تخلیه حجم کل آسفالتین رسوب شده از حجم حفرات اولیه نمونه هسته محاسبه می شود. خواص نمونه اولیه و مقادیر میانگین مقادیر هماهنگی (معادله (۱۶) برای این نمونه ها در جدول (۱) آورده شده است.

بعد، کاهش نفوذپذیری به عنوان یک عملکردی از کل حجم حفرات تزریقی برای همان مجموعه داده‌های آزمایشی محاسبه می‌شود. همانطور که انتظار می‌رود، هر دو کاهش نسبت خلل و فرج به حجم و آسیب نفوذ پذیری به عنوان تابعی از حجم حفرات تزریق شده (PVI) در نظر گرفته شد. حجم تزریقی بزرگتر، کاهش بیشتر در هر دو نفوذ پذیری و تخلخل قابل تشخیص بود. از آنجایی که کاهش تخلخل به عنوان یک اثر حجم حفرات تزریقی شناخته شده است (از داده‌های آزمایشی)، کاهش نفوذپذیری ناشی از سطح رسوب را می‌توان با استفاده از معادله (۱۴) محاسبه کرد و نسبت بین مقادیر پیش بینی شده و واقعی نفوذپذیری که در مجموعه داده‌ها اندازه گیری شده است معادله (۱۳) که می‌تواند منجر به از دست دادن اتصال حفره‌ها شود.

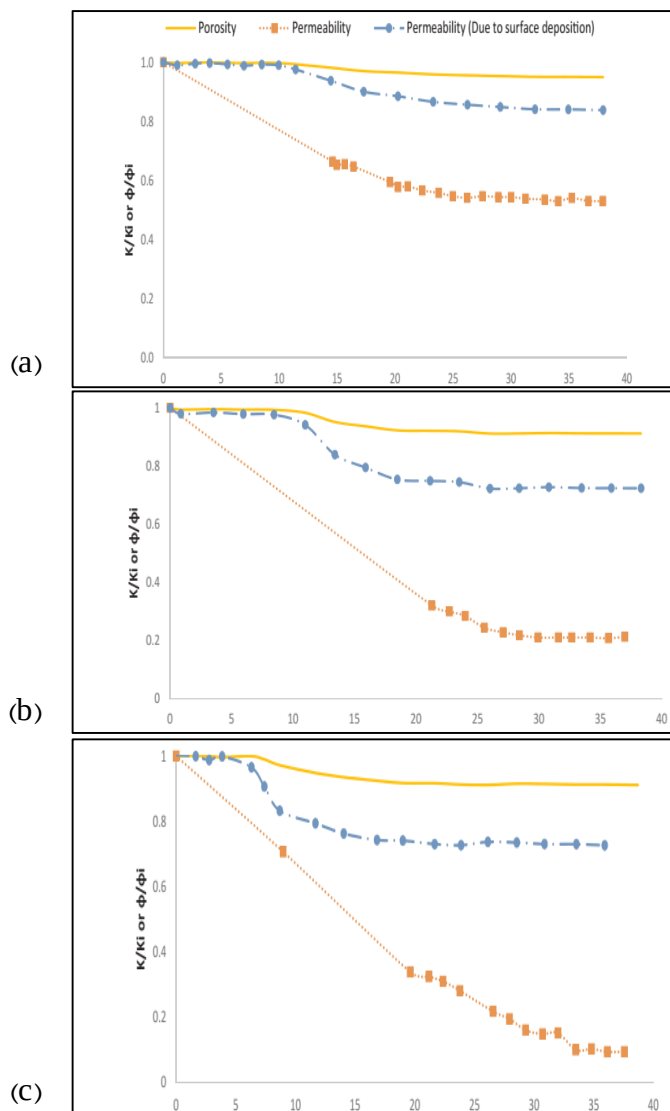


شکل (۵): نسبت اتصال و کاهش تعداد هماهنگی برای (a) ماسه سنگ # ۱ (ب) ماسه سنگ # ۲ (ج) ماسه سنگ # ۳ را نشان می‌دهد /

علاوه بر این، میانگین کاهش تعداد هماهنگی را می‌توان از معادله (۱۵) برای نمونه‌هایی با تخلخل اولیه بالا و از معادله (۱۷) برای نمونه‌هایی با تخلخل اولیه پایین به دست آورد.

۶- نمونه‌های سنگ آهک

به طور آزمایشی تخمین تخلخل و کاهش نفوذ پذیری (به عنوان یک تابع از افزایش فشار موثر) برای نمونه‌های سنگ آهک با مقادیر نسبت نفوذ پذیری پیش بینی شده صرفاً به دلیل رسوب سطحی (معادله ۱۴) همانطور که در شکل (۲) نشان داده شده است، مقایسه شده است.

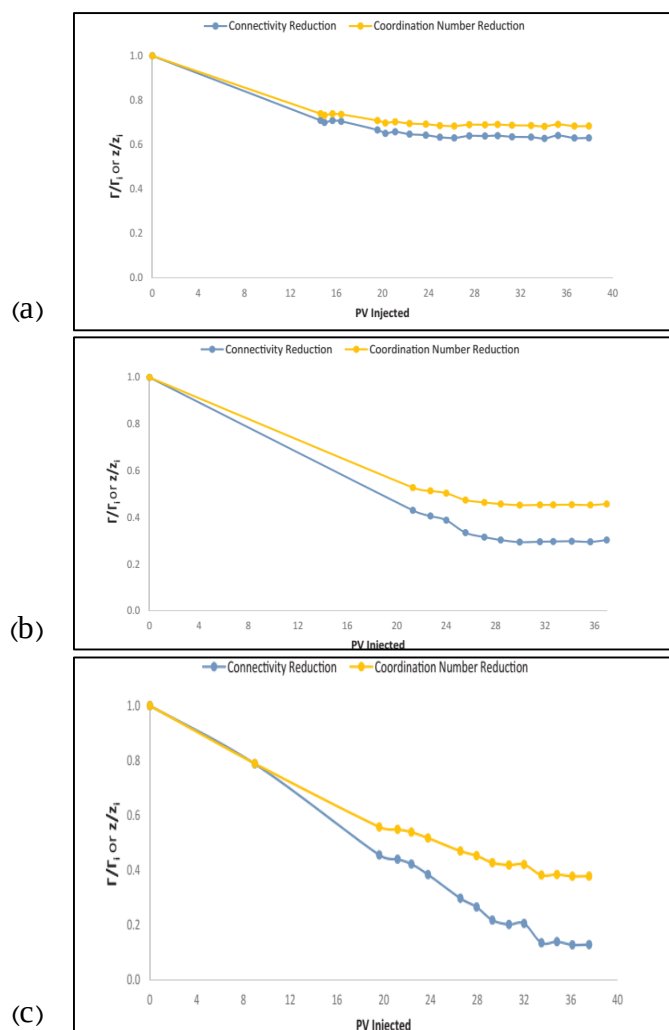


شکل (۶): تاثیر رسوب سطح و انسداد حفره ها بر کاهش نفوذپذیری برای (a) کربناته # ۱ (b) کربنات # ۲ (c) کربنات # ۳

نفوذپذیری حدود ۵۰ درصد کاهش یافته است و مقادیر پیش بینی شده از معادله (۱۴) نزدیک به داده های اندازه گیری شده است. این به وضوح نشان می دهد که کاهش میزان نفوذ پذیری در نمونه های آهکی می تواند تنها به کاهش حجم انبساط منجر شود. نسبت اتصال به یکدیگر بر اساس معادله (۱۳) و کاهش تعداد هماهنگی براساس معادله (۱۵) برآورد شده است که در شکل (۳) نشان داده شده است. نتایج نشان می دهد که اتصالات ضعیف برای هر دو نمونه آهک در محدوده ۱۲-۱۵٪ قرار دارد. علاوه بر این، مقدار هماهنگی برای مقدار اولیه ۸/۵-۶/۶۵ (۲۲٪ کاهش) برای سنگ آهک شماره ۱ و ۶/۴ تا ۵/۷ (کاهش ۱۱٪) برای سنگ آهک شماره ۲ کاهش می یابد که می تواند به راحتی نتیجه گرفت که برای نمونه های سنگ آهک ساز و کار آسیب اصلی به دلیل سطح رسوب است و اثر انسداد حفره ها جزئی است.

۷- نمونه های ماسه سنگ

برای نمونه های ماسه سنگی مورد مطالعه در اینجا، نتایج ما نشان می دهد که کاهش نفوذ پذیری در محدوده ۴۵٪ برای نمونه اولیه، ۳۰٪ برای نمونه دوم و ۶۳٪ برای آخرین نمونه (شکل ۴)، است.

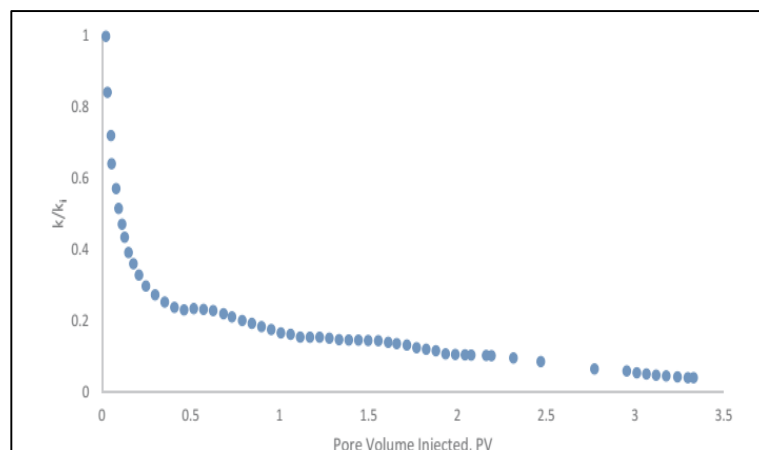


شکل (۷): نسبت اتصالات و کاهش تعداد هماهنگی برای (a) کربنات # ۱ (b) کربنات # ۲ (c) کربنات # ۳.

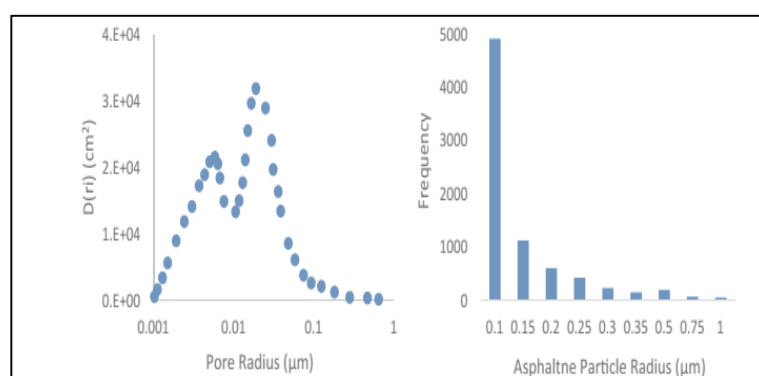
به طوری که اتصالات از دست رفته حدود ۲۷٪، ۲۵٪ و ۶۰٪ است (شکل (۵)). علاوه بر این، تعداد هماهنگی‌ها برای ماسه سنگ شماره ۱ از ۸/۵ به ۶/۳ کاهش یافته است (۲۶٪ کاهش)، برای ماسه سنگ شماره ۲ آن را از ۴/۹ به ۳/۹ (کاهش ۲۰٪) کاهش می‌دهد و برای ماسه سنگ شماره ۳ از ۵/۴ به ۴ (کاهش ۲۷٪). بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که برای نمونه‌های ماسه سنگی که در این مطالعه استفاده شده است، مکانیزم رسوب گذاری سطح و مکانیزم انسداد حفره نسبت به کاهش نفوذپذیری سهم قابل توجهی دارد. علاوه بر این، برای یکی از نمونه‌های ماسه سنگ (نمونه شماره ۲)، اتصالات از دست رفته پس از مقادیر کاهش اولیه بهبود می‌یابد (شکل (۵)). این بهبود ممکن است به دلیل افزایش فشار تزریق (احتمالاً برای حفظ میزان ثابت تزریق) به طوری که نیروی کششی کافی را برای حذف ذرات سپرده قبلی را تولید می‌کند.

۸- نمونه‌های کربنات

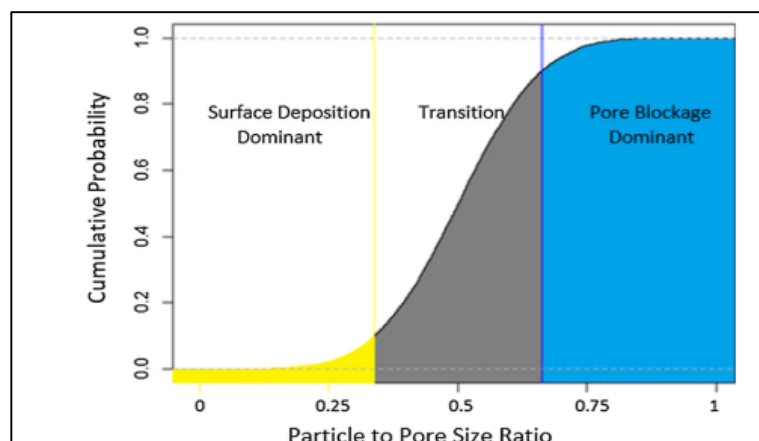
برای نمونه‌های کربناته مورد مطالعه در اینجا، نتایج ما نشان می‌دهد که کاهش نفوذ پذیری واضح تر از نمونه‌های سنگ آهک و سنگ‌های ماسه سنگی است، در حالی که تغییر تخلخل (نسبت خلل و فرج به حجم) کمتر است. شکل (۶).



شکل (۸): کاهش میزان نفوذپذیری به صورت یک تابع از تزریق PV برای نمونه کربنات



شکل (۹): (a) توزیع اندازه حفره ها و (b) توزیع اندازه ذرات.



شکل (۱۰): توزیع تراکم توزیع عمومی برای نسبت ذرات به اندازه حفره ها.

نتایج نشان می دهد که سهم مکانیسم متصل کردن دهانه حفره در کاهش میزان نفوذپذیری در محدوده ۳۷٪ برای نمونه اول است، که در آن مقدار برای نمونه های دوم و سوم، حدود ۷۰٪ و ۸۸٪ است، و تعداد هماهنگی به ترتیب از ۳۲٪، ۵۵٪ به ۶۳٪ کاهش می یابد (شکل ۷)). یکی از دلایل اصلی از دست رفتن ارتباط شدید در نمونه های کربنات، این است که برای تشکیلات با میزان نفوذپذیری کم، اندازه قطر حفره ها نسبتاً کوچک است و بنابراین بر متخلخل حفره ها غالب می شود. مکانیزم اتصال حفره ها منجر به کاهش شدید نفوذپذیری می شود و کسر زیادی از فضای خالی حفره ها را بدون آسیب می گذارد. علاوه بر این، وجود گروه های قطبی در سطح داخلی نمونه های کربنات، مولکول های آسفالتین را بیشتر به سطح سنگ متصل می کنند و از این رو در رسوبات آسفالتین افزایش می یابند.

۹- نسبت ذرات به نسبت اندازه حفره

بنابراین، می توان نتیجه گرفت که تفاوت نسبی بین اندازه ذرات آسفالتین و اندازه حفره های مخزن، یک اندازه گیری مناسب برای تعیین اینکه پارامتر در کنترل رسوب آسفالتین در مدل های متخلخل غالب میشود یا نه مورد بررسی قرار میگیرد. همانطور که در شکل ۱۰ مشاهده میشود اگر اندازه ذرات بزرگتر از اندازه ذرات رسوب شده باشد، در این صورت رسوب سطح عامل مهمی در کاهش نفوذپذیری است. اتصال دهانه های حفره به یکدیگر به شدت بر کاهش نفوذپذیری کمک می کند. این معمولاً در سنگ آهک رخ می دهد. همانطور که اندازه ذرات افزایش می یابد و یا اندازه دهانه حفره ها کاهش می یابد، از یک منطقه عبور می کند؛ در این مرحله اندازه دهانه حفره و اندازه ذرات نزدیک قابل مقایسه است؛ هر دو سطح رسوب و اتصال دهانه های حفره به میزان نفوذپذیری کمک می کنند. این معمولاً در سنگ ماسه اتفاق می افتد. در نهایت، افزایش بیشتر در اندازه ذرات منجر به ایجاد اتصال در دهانه ی حفره ها شده که تبدیل به پارامتر کنترل غالب در کاهش میزان نفوذپذیری می شود. در این مرحله کاهش نفوذپذیری سریعتر و واضح تر است و معمولاً در کربنات رخ می دهد [۲۳]. هیچ اقدام موثری برای بهبودی در منطقه غالب اتصال دهانه حفره ها به هم وجود ندارد. تنها روش پیشگیرانه این است که اجازه ندهید ته نشینی در وهله اول رخ دهد.

۱۰- نتیجه گیری ها

در این مطالعه یک رویکرد جدید برای رسوب آسفالتین در منطقه نزدیک چاه مورد بررسی قرار گرفته است. مدل اختلالات (نقض) میزان نفوذپذیری موجود (تنها مدل وابسته به تخلخل) از طریق کاهش اتصالات از دست رفته به دلیل انسداد حفره ها بهبود یافت. مکانیزم اختلال نفوذپذیری حاکم (که به رسوب سطح یا انسدادحفره به نسبت اندازه ذرات آسفالتین تا توزیع دهانه حفره بستگی دارد):

- کاهش نفوذپذیری در نمونه های سنگ آهک مورد مطالعه در اینجا به دلیل رسوب سطح بوده و اثر انسداد حفره ها ناچیز است. این به دلیل نسبت بزرگی دهانه حفره ها به اندازه ذرات است.
- برای نمونه های سنگ ماسه، هر دو سطح رسوب و مکانیسم میزان اتصالات دهانه حفره تقریباً دارای میزان کاهش نفوذپذیری یکسان هستند.
- برای نمونه های کربنات، انسداد حفره برتر است. بنابراین نمونه های تجربی دارای کاهش نفوذپذیری سریع تری هستند.

منابع

- [1] Sheu, E.Y. (1998), "Physics of asphaltene micelles and microemulsions-theory and experiment", J. Phys.: Condens. Matter 8, A125-A161.
- [2] Rogacheva, O.V., Rimaev, R.N., Gubaidullin V. Z. and Khakimov D. K. (2002), "Investigation of the Surface Activity of the Asphaltenes of Petroleum Residues", Colloid J. USSR, 490.
- [3] Leontaritis K., Mansoori G. (2003), "Asphaltene flocculation during oil production and processing. A thermodynamic-Colloidal Model", Proc SPE Inter. Symp. On Oilfield Chem., San Antonio, Texas, SPE Paper12699, 125-199
- [4] Burke N.E. et al. (2009), "Measurement and modeling of asphaltene precipitation. JPT, Nov., 1220-1222.
- [5] Yang Z., Ma C.-F., Lin X.-S., Yang J.-T. and Guo T.-M. (2000), "Experimental and modeling studies on the asphaltene precipitation in degassed and gas-injected reservoir oils", Fluid Phase Equilibria 194,123-199.
- [6] Alboudwarej, H., Akbarzadeh, K., Beck, J., Svrcek, W.Y., Yarranton, H.W. (2008), "Regular Solution Model for Asphaltene Precipitation from Bitumens and Solvents", AIChE Journal, November. Vol. 25, No. 11.
- [7] Chung F., Sarathi P., Jones R.. (2009), "Modelling of asphaltene and wax precipitation", Topical Report n° NIPER-259, DOE January
- [8] Andersen, S. I., Birdi, K. S. (2011), "Aggregation of asphaltenes as determined by calorimetry", Journal of Colloid and Interface Science 126, 254
- [9] Rassamdana H., Dabir B., Nematy M., Farhani M., Sahimi M., (2011) "Asphalt Flocculation and Deposition I.: The Onset of Precipitation," AIChE Journal, Vol. 26, No. 1, January.
- [10] Hirschberg A., deJong L., Schipper B., Maijer J. (2012), "Influence of Temperature and Pressure on Asphaltene Flocculation", SPE J., June, 693-653