Archive of SID

بررسی آزمایشگاهی تاثیر ممانعت کننده ها جهت کنترل رسوب نمک در چاه های تزریقی

سید عمید حسینی[۱]، فریدون اسماعیل زاده[۲]، داریوش مولا[۳]

[۱] دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی شیمی، دانشگاه شیراز

amid.hosseini@yahoo.com

چکیده

رسوب های نمک از مشکلات گسترده چاه های نفتی در سطح جهان می باشند، این رسوبات موجب تاخیر در تولید می شوند. گاز خشک تزریق شده در درون چاه منجر به تبخیر آب نفوذ کرده در دهانه چاه می‌شود. با تبخیر آب، محلول آب نمک فوق اشباع شده که این امر موجب ته نشینی رسوب می گردد. با افزایش میزان این رسوب ها، میزان دبی نفت تولیدی کاهش می یابد .در این مقاله در مورد مزایای استفاده از ممانعت کننده های شیمیایی به منظور کاهش انتقال جرم بین جریان گاز و آب سازند بحث شده است. جهت انجام آزمایشات از دستگاهی در مقیاس آزمایشگاهی استفاده شده که در آن گاز طبیعی و آب سازند در تماس با یکدیگر قرار می گیرند. با محاسبه اختلاف بین رطوبت های ورودی و خروجی جریان گاز ، مقدار آب تبخیر شده محاسبه می شود. با توجه به مقدار آب تبخیری، مقدار نمک رسوب شده بدست می آید. در این پژوهش از دو ممانعت کننده پلیمری با نام های تجاری Poly-100 و Poly-200 جهت کنترل میزان رسوب تولید شده، استفاده شده، این ممانعت کننده ها به جریان گاز ورودی تزریق می شوند. همچنین تاثیر پارامترهایی چون تغییر دمای مایع ورودی و دبی جریان گاز ورودی بر میزان رسوب تولیدی مورد بررسی قرار گرفته است.. نتایج آزمایشات نشان داده که ممانعت کننده Poly-200 بسیار موثرتر از ممانعت کننده Poly-100 جهت کنترل میزان رسوب تولیدی می باشد

واژه های کلیدی: رسوب نمک، ممانعت کننده ها، چاه های تزریقی، ستون دیواره مرطوب

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی شیمی، دانشگاه شیراز

www.SID.ir

Archive of SID

۲- دانشیار بخش مهندسی نفت، دانشگاه شیراز
۳- استاد بخش مهندسی شیمی، دانشگاه شیراز

۱- مقدمه

صیانت از مخازن نفتی به منظور افزایش طول عمر آن ها همواره از دغدغه های کشورهای دارنده نفت بشمار می رود. سالانه مبالغ زیادی در جهان صرف بودجه های تحقیقاتی برای بررسی روش های ازدیاد برداشت از مخازن نفتی می شود و دارندگان این مخازن می کوشند تا با بکارگیری روش های مختلف، با هزینه کم ولی با کارایی بالاتر از منابع خود بهره جویند. در حال حاضر عمده روش های ازدیاد برداشت بکار برده شده در مخازن نفتی ایران، تزریق آب و تزریق گاز می باشند. یکی از معضلات حاصل از تزریق گاز در چاه های نفتی تشکیل رسوب در جداره لوله مغزی می باشد، افزایش میزان این رسوب ها انسداد جریان در لوله مغزی را در پی خواهد داشت که این امر موجب کاهش در میزان دبی نفت تولیدی می شود. در حقیقت. بعلت رشد رسوب در سطوح داخلی چاه های نفت میزان زبری این سطوح افزایش و میزان قطر داخلی چاه ها کاهش می یابد ، میزان و موقعیت رسوبات تشکیل شده به فاکتورهای مختلفی از جمله : درجه اشباع، سینتیک، PH، ترکیب درصد محلول، دما و فشار وابسته می باشد.گاز خشک تزریق شده در درون چاه منجر به تبخیر آب نفوذ کرده در دهانه چاه می‌شود که این مکانیزم تبخیر آب ناخواسته نامیده می شود. در واقع جریان گاز در تعادل با محلول آب نمک است و افت فشاری که در دهانه چاه وجود دارد، منجر به تبخیر بیشتر آب خواهد شد. با تبخیر آب، محلول آب نمک فوق اشباع شده و موجب ته نشینی رسوب می گردد. هزینه حذف مستقیم رسوب از یک چاه بمراتب بیشتر از هزینه به تعویق انداختن آن می باشد. در نتیجه ، جلوگیری از ایجاد رسوب بهتر از حذف رسوب می باشد، از جمله روشهای شناخته شده برای جلوگیری از ته نشینی و تجمع رسوب استفاده از بازدارنده ها می باشد. به همین منظور برای جلوگیری از این امر باید مانع انتقال آب به گاز و یا مانع پذیرش آب بواسطه گاز شد. در تعدادی از چاه های تزریق گاز در منطقه خوزستان از جمله میدان‌های مارون و کوپال با مشکل ایجاد رسوب مواجه هستند، این رسوبات در برخی موارد موجب انسداد کامل مسیر جریان می شوند. با آنالیز رسوبات ایجاد شده مشخص گردید که بیش از ۸۰٪ ترکیب رسوبات را سدیم کلرید تشکیل می دهد. با توجه به اینکه در این چاه ها برای افزایش فشار مخازن از تزریق گاز استفاده می شود پس ما باید بگونه ای عملکرد گاز را در پذیرش میزان آب تصحیح کرده تا به میزان کمتری آب جذب کند. مروری بر مقالات علمی مرتبط با موضوع ، نشان می دهد که مقالات و گزارشات بسیار کمی در مورد بررسی اثر ممانعت کننده ها در روش تزریق گاز صورت گرفته است. به عبارت دیگر در اکثر مقالات ارائه شده ، تاثیر ممانعت کننده ها در روش تزریق آب مورد توجه قرار گرفته است. حال به بررسی موارد ارائه شده در این خصوص می پردازیم.

دادسون و استندینگ[1] اولین کسانی بودند که بررسی‌های آزمایشگاهی در دستگاه PVT Cell برای محاسبه مقدار آب تبخیر شده در دما و فشارهای مختلف در سال ۱۹۴۴ انجام دادند. آن ها به این نتیجه رسیدند که سرعت تبخیر آب با افزایش دما و کاهش فشار و غلظت ذرات جامد در آب، افزایش می‌یابد[۱].

در سال ۱۹۷۰ یوشیدا و هیودو[2]، سرعت تبخیر آب را در هوای خشک ، هوای مرطوب و بخار فوق گرم تخمین زدند. آزمایشات نشان داد که وقتی سرعت جرمی ثابت بوده در یک "نقطه معکوس[3]"، سرعت تبخیر برای میزان رطوبت های متفاوت یکسان می‌شود. [۲].

بت و هینمان[4]، در سال ۱۹۸۹ آزمایش هایی برای تبخیر آب در مغزه (میدان آرون) با تزریق گاز انجام دادند. مقدار آب در مغزه، بعد از تزریق گاز بسیار کم بود و گاهی اوقات نیز مغزه کاملاً خشک می شد[۳].

شوارتز و بروکر[1] در سال ۱۹۹۹ فرآیند تبخیر آب به درون هوا با میزان رطوبت های مختلف و هم چنین پدیده دمای معکوس را با ستون دیواره مرطوب بررسی کردند[۴].

[1] Dodson and Standing
[2] Yoshida and Hyodo
[3] Inversion Point
[4] Bett and Heinemann

www.SID.ir

Archive of SID

شیخ الاسلامی و واتکینسون[2] نیز در همان سال سرعت تبخیر آب به درون بخار فوق گرم و هوای مرطوب را به وسیله ی ستون دیواره مرطوب اندازه گیری نمودند[۵].

فریگو و جکسون در سال ۲۰۰۰ ، تحقیقات خود را بر روی تجهیزات سطح الارضی انجام دادند ، آن ها تاثیر ممانعت کننده های شیمیایی بر تشکیل رسوب در کمپرسورهای گاز را مورد بررسی و ارزیابی قرار دادند. کامات و لاروچ[3] در سال ۲۰۰۰ و ماهادوان و شارما[4] در سال ۲۰۰۵، آزمایشات خود را در محیط متخلخلی که در ابتدا کاملاً از آب نمک اشباع پر شده بود، انجام دادند. آن ها جریان گاز خشک را به گونه‌ای وارد محیط متخلخل کردند که جایگزین آب شود. گاز هم جایگزین آب می‌شد و هم آب را تبخیر می‌کرد. آن ها در این حالت، تبخیر آب را مورد بررسی و ارزیابی قرار دادند[۶].

زاگولا و مونسالو[5] در سال ۲۰۰۳، آزمایشات خود را در محیطی متخلخل در فشار ۱۰۰ تا ۲۰۰۰ psia و دمای ۱۹۴ تا ۲۱۲ درجه فارنهایت انجام دادند. آن ها سعی کردند که در آزمایشات، گاز جایگزین آب نشود. آن ها به این نتیجه رسیدند که دو دوره تبخیر اتفاق می‌افتد. دوره سرعت ثابت تبخیر و دوره‌ای که سرعت تبخیر آب، کاهش می‌یابد[۷].

زاگولا و لیک[6] در سال ۲۰۰۴، بررسی و ارزیابی‌های قبلی را ادامه داده و تبخیر آب به دلیل تزریق گاز را مدلسازی کردند[۸].

کبازرت و سلمان در سال ۲۰۰۵ ، تحقیقات خود را بر روی میزان رسوب تشکیل شده در روش تزریق آب انجام دادند. آن ها با استفاده از داده های جمع آوری شده از میادین نفتی کویت ، بواسطه برنامه های کامپیوتری میزان رسوب ایجاد شده را پیش بینی کردند [۹].

در این پژوهش با انجام آزمایشات تجربی ، تاثیر حضور ممانعت کننده ها ترزیقی به جریان گاز و اثر پارامترهای دمای مایع و دبی گاز را بر میزان تشکیل رسوب سدیم کلرید مورد بررسی قرار داده ایم.

۲- مواد مورد استفاده در آزمایش

در این پژوهش از دو ممانعت کننده پلیمری با نام های تجاری Poly-100 و Poly-200 استفاده شده، همچنین از آب سازند و گاز تزریقی که از شرکت بهره برداری مارون تحویل گرفته شده ، استفاده شده است. در جداول ۱و ۲ ، مشخصات آب سازند و گاز تزریقی نشان داده شده است.

جدول ۱. نمونه گاز تزریقی

ترکیبات	فرمول شیمیایی	درصد مولکولی
انیدریک کربنیک	CO_2	۰/۰۷
هیدروژن سولفور	H_2S	جزئی
نیتروژن	N_2	۶/۶۷
متان	CH_4	۸۸/۰۴
اتان	C_2H_6	۳/۲۱
پروپان	C_3H_8	۱/۱۳
ایزوبوتان	iC_4H_{10}	۰/۱۹
نرمال بوتان	nC_4H_{10}	۰/۳
ایزوپنتان	iC_5H_{12}	۰/۱
نرمال پنتان	nC_5H_{12}	۰/۰۸
هگزانها	C_6H_{14}	۰/۱
هپتان ها به بالا	C_7^+	۰/۱۱
جمع		۱۰۰

[1] Schwartze and Brocker
[2] Sheikholeslami and Watkinson
[3] Kamath and Laroche
[4] Mahadeva and Sharma
[5] Zuguaga and Monsalve

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۲. نمونه آب سازند

یون	(ppm)
سدیم	۷۰۸۳۶
پتاسیم	۹۳۴۵
کلسیم	۱۸۸۰۰
منیزیم	۹۳۰۹
کلر	۱۸۰۴۲۵
سولفات	۴۷۲
بیکربنات	۳۷۵
آهن	۰

۳- شرح دستگاه آزمایش

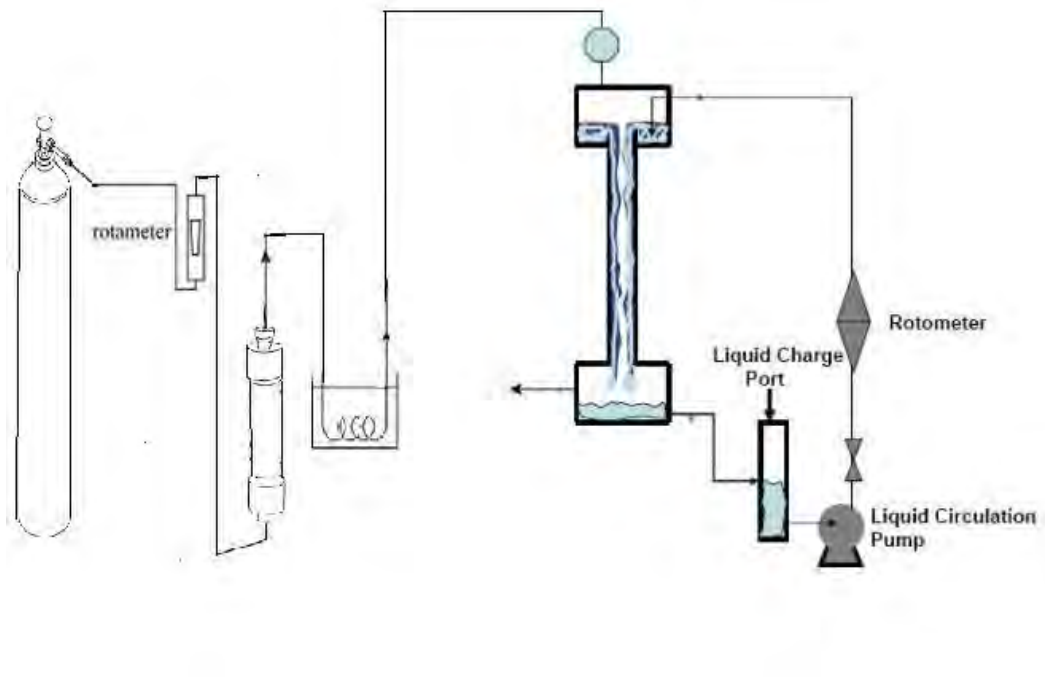
جهت بررسی تاثیر ممانعت کننده ها بر میزان رسوب تولیدی، از ستون دیواره مرطوب استفاده شده است. شکل (۱) نمای شماتیکی از پایلوت آزمایشگاهی ساخته شده را نشان می دهد. پایلوت زیر شامل بخش های مختلفی از جمله ظرف تزریق ممانعت کننده ها، ستون دیواره مرطوب، مخزن ذخیره آب، حمام آب گرم، بورد کنترل مجهز به قطعات الکترونیکی و دیجیتالی می باشد. دبی جریان گاز خروجی از سیلندر بواسطه روتامتر[1]تنظیم می شود ، برای تزریق ممانعت کننده ها از مخزنی استفاده شده است. گاز پس از عبور از قسمت تزریق ممانعت کننده، وارد حمام آب می شود. دمای حمام آب بواسطه هیتر الکتریکی (با توان حرارتی ۲ کیلو وات) موجود در ان تنظیم می گردد ،گاز پس از عبور از حمام آب گرم و رسیدن به دمای مدنظر ، وارد ستون دیواره مرطوب می گردد . در طراحی ستون دیواره مرطوب از شیشه‌های پلکسی استفاده شده، در واقع از دو شیشه پلکسی استوانه ای با قطرهای داخلی مختلف ۲۰و ۲۵ سانتیمتر بصورت هم مرکز در دستگاه استفاده شده است. جریان گاز ورودی از پایین ستون خارج می‌گردد. مایع مد نظر در مخزنی به ابعاد ۲۰*۳۰*۶۰ سانتیمتر، ریخته می شود ، دمای مایع را نیز میتوان بواسطه هیتر موجود در آن تنظیم کرد ، مایع بواسطه پمپ آب به بالای ستون هدایت شده و از بالا وارد ستون می گردد. مایع پمپ شده به فضای بین دو استوانه فرستاده می‌شود، مایع به علت سرریز شدن، بصورت فیلمی نازک در جداره داخلی استوانه خارجی جاری می شود و از پائین خارج شده و مجددا توسط پمپی وارد مخزن مایع می شود.. دبی مایع ورودی بواسطه روتامتر تنظیم می گردد.، جریان مایع بصورت چرخه در این مسیر جریان می یابد.

با توجه به مقادیر رطوبت جریان گاز، در مقطع ورودی و خروجی ستون دیواره مرطوب و با استفاده از معادلات انتقال جرم میزان مایع تبخیر شده محاسبه می شود. با استفاده از گراف های مربوط به حلالیت سدیم کلرید در آب، میزان رسوب تولید شده، محاسبه می شود.

[1] Gas rotameter

www.SID.ir

Archive of SID



شکل (۱). نمای شماتیک پایلوت آزمایشگاهی ساخته شده

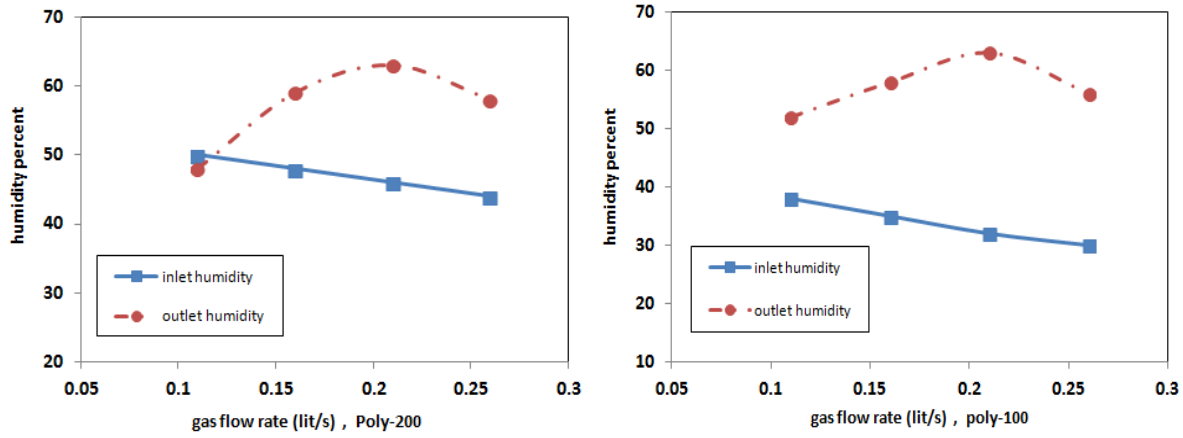
۴- نتایج و بحث

۴-۱- *تاثیر تغییرات دبی جریان گاز بر میزان رسوب تولید شده*

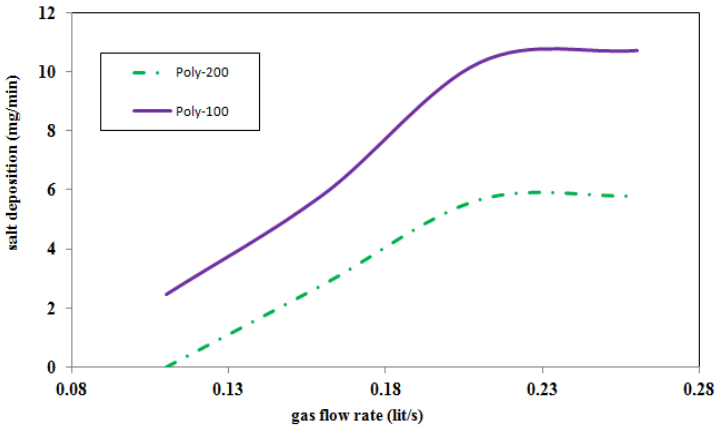
در اثر افزایش دبی گاز، سرعت جریان گاز عبوری از مقطعی خاص افزایش یافته که این امر موجب افزایش ضریب انتقال جرم می شود ولی از سویی دیگر حضور ممانعت کننده ها موجب افزایش میزان مقاومت در برابر انتقال جرم می شود. همانطور که در شکل (۲) مشهود است با افزایش دبی جریان گاز، اختلاف رطوبت های ورودی و خروجی، ابتدا افزایش یافته سپس کاهش می یابد. با افزایش دبی گاز میزان جذب ممانعت کننده ها در جریان گاز، بعلت افزایش سرعت عبوری جریان گاز از مخزن تزریق ممانعت کننده، کاهش یافته که این امر موجب کاهش میزان مایع موجود در جریان گاز ورودی شده است. با افزایش دبی جریان گاز تا حدود ۰/۲(لیتر بر ثانیه)، برای میزان رطوبت خروجی اثر افزایش سرعت موثرتر از اثر حضور ممانعت کننده ها بر میزان انتقال جرم بوده و میزان رطوبت خروجی افزایش می یابد، این امر موجب دوری رطوبت ورودی و خروجی شده، در نتیجه میزان رسوبات تولیدی افزایش می یابد.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل(۲). (a) اثر دبی بر روی رطوبت گاز خروجی در حضور ممانعت کننده Poly-100، (b) اثر دبی بر روی رطوبت گاز خروجی در حضور ممانعت کننده Poly-200



شکل (۳) - میزان رسوب ته نشین شده بر حسب دبی گاز

با افزایش دبی گاز به مقداری بیشتر از ۰/۲(لیتر بر ثانیه)، برای رطوبت خروجی اثر حضور ممانعت کننده ها موثرتر از اثر افزایش سرعت بر میزان میزان انتقال جرم بوده و میزان رطوبت خروجی کاهش می یابد، این امر موجب نزدیکی رطوبت ورودی و خروجی شده در نتیجه میزان رسوب تولیدی تقریبا به مقدار ثابتی می رسد.

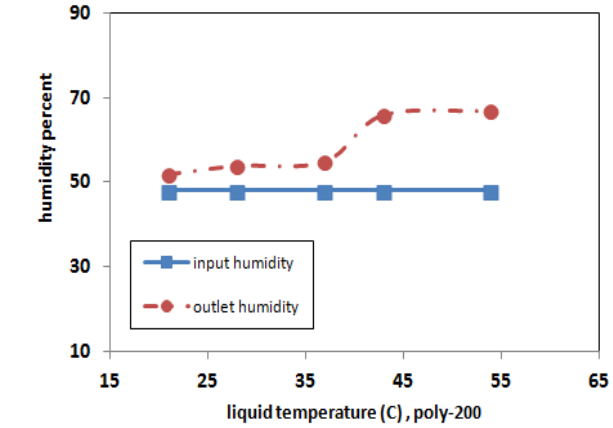
میزان رسوب تولید شده درشرایط عملیاتی که از ممانعت کننده استفاده نشده و از جریان گاز با حداقل دبی ممکن (۰/۱ ایتر بر ثانیه) استفاده شده ، ۱۳ (میلی گرم بر دقیقه) می باشد. همانطور که مشهود است حضور هر دو ممانعت کننده بر کاهش میزان رسوب تولیدی موثر بوده است ولی ممانعت کننده poly-200 تاثیر بیشتری از Poly-100 دارد.

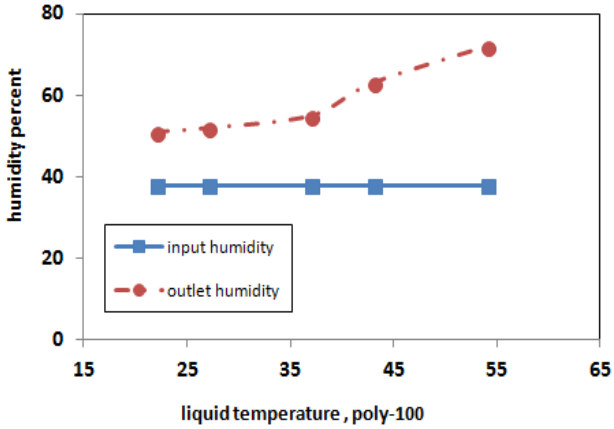
۴-۲- *تاثیر تغییرات دمای مایع بر میزان رسوب تولید شده*

بواسطه افزایش دمای مایع ورودی ، اختلاف دمای جریان های گاز و مایع افزایش می یابد . با افزایش میزان این اختلاف دمایی، میزان تبخیر آب افزایش یافته که این امر موجب افزایش میزان رطوبت گاز خروجی می شود. این مطالب در نمودار شکل (۴) مشهود می باشد.

www.SID.ir

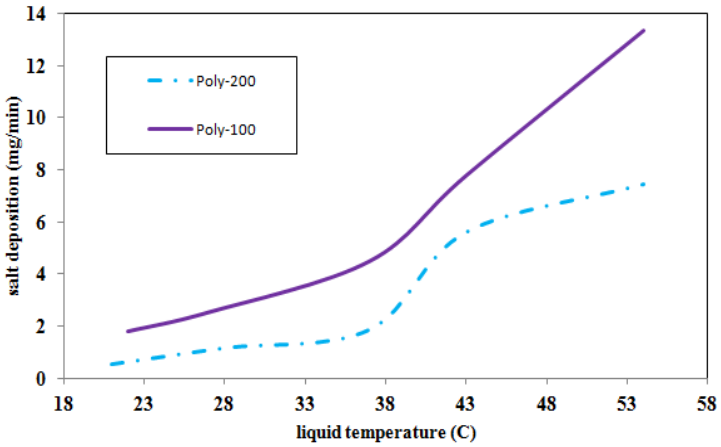
Archive of SID





(b) *(a)*

شکل(۴) - (a) اثر دبی بر روی رطوبت گاز خروجی در حضور ممانعت کننده Poly-100، (b) اثر دبی بر روی رطوبت گاز خروجی در حضور ممانعت کننده Poly-200



شکل (۵) - میزان رسوب ته نشین شده بر حسب دمای مایع

با افزایش میزان رطوبت خروجی، میزان اختلاف رطوبت های ورودی و خروجی افزایش می یابد، این امر همانطور که در شکل (۵) مشهود است موجب افزایش میزان رسوب تولیدی می شود. میزان رسوب تولید شده در شرایطی که از ممانعت کننده ها استفاده نشده و دمای مایع ۲۵ درجه سانتیگراد می باشد، ۱۳ (میلی گرم بر دقیقه) می باشد، با توجه به شکل (۵) مقدار

www.SID.ir

Archive of SID

رسوب تولید شده برای شرایط عملیاتی مشابه و تحت تاثیر حضور ممانعت کننده ها بمراتب کمتر می باشد. در نتیجه هر دو ممانعت کننده موثر بوده ولی ممانعت کننده poly-200 عملکرده بهتری داشته است.

۵ – جمع بندی و نتیجه گیری

در این پژوهش یک پایلوت آزمایشگاهی با موفقیت طراحی، نصب و راه اندازی شد. به کمک دستگاه فوق تاثیر ممانعت کننده ها و شرایط مختلف عملیاتی جهت کنترل میزان رسوب تولیدی بر اساس مکانیسم تبخیر، مورد بررسی قرار گرفت. در این مقاله از دو ممانعت کننده با نام های تجاری استفاده شده است. آزمایشات نشان داده که با افزایش دبی جریان گاز، میزان رسوب تولیدی افزایش می یابد. همچنین نشان داده شده که با افزایش دمای مایع، میزان رسوب تولیدی روند افزایشی را طی کرده تا اینکه به مقدار ثابتی می رسد. در شرایطی که دمای مایع ورودی و دبی جریان گاز ورودی را تغییر داده ایم، حضور هردو ممانعت کننده موجب کاهش میزان رسوب تولیدی شده است ولی ممانعت کننده Poly - 200 بسیار موثرتر واقع شده است

مراجع

[۱]. *Zuluaga E., Lake Larry W., "Modeling of Expriments on water Vaporization for Gas Injection", SPE 91393, 2004.*

[۲]. C. *R. Dodson and M. B. Standing, "Pressure-Volume-Temperature and Solubility Relations for Natural-Gas-Water Mixtures", Drilling and Production Practice, 1944.*

[۳]. *Bette, S., Heinemann, R.F., "Compositional Modeling of High-Temperature Gas-Condensate Reservoirs with Water Vaporization", SPE Symposium on Reservoir Simulation, 6-8 February 1989, Houston, Texas.*

[۴]. *Kamath, J. and Laroche, C., "Laboratory based evaluation of gas well deliverability loss due to waterblocking", Paper SPE 63161 presented at the SPE Annual Technical Conference and Exhibition, Dalls, 1-4 Oct., 2000.*

[۵]. *Mahadevan, J. and Sharma, M.M., "Factors Affecting Cleanup of Water Blocks: A Laboratory Investigation SPEJ, Volume 10, No. 3, Pages 238-246, 2005.*

[۶]. *Zuluaga E. and Monsalve, J.C. "Water Vaporization in Gas Reservoirs", Paper SPE 84829, Presented at the SPE Eastern Regional Meeting, Pittsburgh, Pennsylvania, Sep. 2003.*

[۷]. *E. Zuluaga, Larry W. Lake, "Modeling of Experiments on Water Vaporization for Gas Injection", presented at the SPE, Charleston, West Virginia, Sep. 2004.*

[۸]. *Gas Processors Suppliers Association, "Engineering Data Book", 12' ed. (2004).*

[۹]. *Walter I. Barnet and Kenneth A. Kobe, "Heat and Vapor Transfer in a Wetted-Wall Tower", University of Washington, Seattle, Wash. (1941).*

www.SID.ir