

بررسی اثر فرایند فیلتراسیون در کاهش پدیده تولید کف در سیستم های جذب و دفع آمین از نوع MDEA

محمد شاری^۱، عباس عباسی^۱، علی زایر پور^۲، مهدی تجدد^۳

^۱ تحقیق و توسعه پتروشیمی فن اوران، ماهشهر، خوزستان، ایران.

^۲ گروه مهندسی شیمی، دانشکده مهندسی شیمی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد ماهشهر، خوزستان، ایران.

^۳ آزمایشگاه پتروشیمی فن اوران، ماهشهر، خوزستان، ایران.

نام و نشانی ایمیل نویسنده مسئول:

محمد شاری

moh.sharee@gmail.com

چکیده

با گسترش صنایع نفت، گاز و پتروشیمی در جهان، جداسازی گاز های اسیدی مانند دی اکسید کربن و سولفید هیدروژن بیش از پیش مورد اهمیت قرار گرفته است. استفاده از گروه حلال های آمین جهت حذف آلودگی گازهای اسیدی یکی از روش های مورد توجه در همین راستا می باشد. تولید کف در این گونه سیستم ها از مشکلات رایج و شناخته شده ای است و روش متداول در کنترل کف در صنایع استفاده از مواد کف زدا می باشد. از طرفی به دلیل موقتی بودن اثر ماده کف زدا بر پدیده تولید کف، استفاده از فیلترهای مکانیکی و کربنی بسیار پر اهمیت می باشد. فیلترها وجود الاینده هایی شبیه اکسیژن، سولفور دی اکساید و اسیدها در خوراک ورودی به پروسس را کاهش داده و پدیده تجزیه حلال و وجود ناخالصی ها را کنترل می نمایند. آزمایش انجام گرفته نشان داد که در ۹۰ ثانیه اول سطح محلول فیلتر شده از ۱۵۰ میلی لیتر به ۱۸۰ میلی لیتر می رسد. این درحالی است که در مدت زمان مشابه سطح کف در محلول آمین بدون فیلتراسیون از ۱۵۰ به ۴۰۰ میلی لیتر رسید. به علاوه الودگی روغنی اضافه شده به حلال باعث بالارفتن سطح کف بیش از ۵۰۰ میلی لیتر شد که نشان گر افزایش ارتفاع کف در زمان وجود آلودگی می باشد. **واژگان کلیدی:** حلال آمین، کف، فیلتر، واحد جذب و دفع، گازهای اسیدی، شیرین سازی گاز.

مقدمه

امروزه با گسترش صنعت و لزوم ایجاد سیستم‌های گرمایشی مبتنی بر گاز طبیعی، مصرف این ماده به طور چشم گیری افزایش یافته است. در همین راستا و به منظور استفاده برای مصرف کنندگان، فرایند فراوری بر روی گاز طبیعی انجام می گردد [1]. از جمله ناخالصی هایی که طی فرایند فراوری و خالص سازی از سیستم جدا می گردد، گازهای دی اکسید کربن و سولفید هیدروژن می باشند که آثار مخرب خوردگی بر روی واحدهای عملیاتی داشته و بدینوسیله از سیستم جدا می شوند [2]. استفاده از گروه حلال های آمین جهت حذف آلودگی گازهای اسیدی مانند CO_2 و H_2S و شیرین سازی گاز در محیط آبی به عنوان یک فرایند جداسازی در صنایع کاربرد دارد [1] [3]. در خلال فرایند جداسازی این گازها توسط حلال آمین و به دلیل وجود الاینده هایی شبیه اکسیژن، سولفور دی اکساید و اسیدها در خوراک ورودی به پروسس، پدیده تجزیه حلال رخ خواهد داد. تجزیه آمین حلال خود باعث ایجاد مشکلاتی در عملیات بهره برداری واحد شیرین سازی خواهد بود. برای مثال اکسیداسیون آمین های سه گانه منجر به ایجاد شرایط نامساعد در جذب و دفع گازها از حلال می گردد [4]. شرایط نامساعد و مشکلات فرایندی که در نتیجه تجزیه حلال ایجاد می گردند، به علت تشکیل کف در سیستم به وجود می آیند [3]. کف ایجاد شده از محبوس شدن فیزیکی و مکانیکی حباب های گاز در مایع حلال ایجاد شده و در نهایت باعث افزایش هزینه های عملیاتی، کاهش کارایی فرآیند، افزایش مصرف انرژی و هدر رفت خوراک و حلال در این گونه فرایندها می گردد [1]. راه حل شناخته شده توسط صاحبان دانش فنی واحد های جذب و دفع آمین، تزریق مداوم آنتی فوم به سیستم و به منظور جلوگیری از پدیده تشکیل کف می باشد [3]. افزودن ضد کف تنها به عنوان یک اقدام موقتی و نه یک راه حل دائمی تاثیر گذار است [5]. بررسی مطالعات گذشته نشان می دهد که پدیده تشکیل فوم از نظر کیفی و نه کمی مورد ارزیابی قرار گرفته است [6]. تحقیقی که در سال ۱۹۹۰ در مورد محلول های آمین انجام گرفت نشان داد که آمین خالص تمایلی به تشکیل کف نداشته ولی در حضور مواد اضافی این تمایل در حلال به وجود می آید [7]. در سال ۲۰۰۳ نشان داده شد که هیدروکربن های غیر محلول پتانسیل تشکیل فوم در سیستم های شیرین سازی گاز مبتنی بر حلال آمین را افزایش می دهند [8]. در ادامه مطالعات روی مواد آلاینده، تاثیر محلول آبی رقیق استرهای اسید چرب دی گلیسرول در حلال آمین مورد بررسی قرار گرفت. در این مطالعات مشخص گردید که وجود این مواد در حلال روی تشکیل و ثبات کف اثر مثبتی دارند [9]. تحقیق سال ۲۰۰۹ نشان داد که ماهیت بسته حلقه گردش آمین می تواند منجر به تجمع مواد جامد، نمک ها، محصولات تجزیه آمین و سایر گونه های فعال سطحی شود که منجر به افزایش تمایل به کف می شود [10]. در سال ۲۰۱۱ بررسی اثر هیدروکربن های مایع و اسید های آلی صورت گرفت. در این بررسی مشخص گردید که این مواد با شدت متغییری نسبت به یکدیگر در تشکیل و پایداری فوم موثر می باشند [11]. طول عمر کف نسبتاً پایدار، تا حد زیادی به غلظت سورفکتانت زیر غلظت بحرانی میسل بستگی دارد، اما این اثر به صورت خطی با غلظت سورفکتانت قیاس نمی گردد [12]. به منظور شناخت بهتر پروسه تولید کف، در سال ۲۰۱۵ رابطه پارامتر های فرایندی در عملیات جذب دی اکسید کربن با حساسیت مقدار پارامتر تمایل تشکیل کف مورد ارزیابی قرار گرفت و مدل سازی شد [13]. در همان سال مطالعه ای در خصوص اثر مواد بازدارنده خوردگی در بالا بردن سرعت کاهش ستون کف و حجم آن در حضور حلال متیل دی اتانول آمین انجام شد [14]. رنجبر و همکاران نشان دادند که اضافه نمودن موارد نانو مانند اکسید منگنز و گاما آلومینا در حلال، کشش سطحی را کاهش داده و تولید کف زیادتیر می گردد [15]. از طرفی رفعتی و همکاران با انجام آزمایشاتی دریافتند که ذرات جامد مانند اکسید آهن و سولفات کلسیم به دلیل تخریب سریع حباب ها در حضور ذرات با چگالی بالا، کف را بی ثبات می کنند [16]. در سال ۲۰۱۶ تحقیق جامعی در خصوص مقدار دی اکسید کربن در حلال و اثر آن بر روی تشکیل کف انجام شد. در این تحقیق مشخص گردید که میزان جذب دی اکسید کربن با پدیده تولید کف نسبت مستقیم دارد [17]. در مطالعه دیگری فاطمی و همکاران علاوه بر تایید افزایش کف به دلیل وجود آلودگی در حلال آمین نشان دادند که نگه داشتن غلظت ذرات آلاینده زیر مقدار بحرانی میسل، فیلتراسیون مناسب حلال در گردش، جداسازی ذرات معلق از سیستم و جداسازی مکانیکی آلاینده ها در خوراک ورودی می تواند باعث کاهش تولید و کنترل کف در فرایند گردد [18].

رفیعی شادان و همکاران در تحقیقی که در سال ۲۰۲۱ انجام گرفت نشان دادند که برای حذف فوم و جلوگیری از آن، از ذرات جامد اکسید آهن و سولفات کلسیم، تغییر پارامترهای عملیاتی نظیر دبی گاز ورودی، کاهش ناخالصیها قبل از ورود به برج

جذب، استفاده از مواد ضد کف، فیلتراسیون مکانیکی و کربنی استفاده می توان استفاده نمود [1]. در این مطالعه سعی شده تا با گرد آوری تاریخچه مطالعات انجام گرفته و بررسی پدیده فومینگ، اهمیت روشهایی فیلتراسیون مکانیکی را نشان داد و فعالیت ها و تجربیاتی را که در پتروشیمی فن اوران در خصوص استفاده از فیلتر های کربنی و غشایی انجام شده را تشریح نمود.

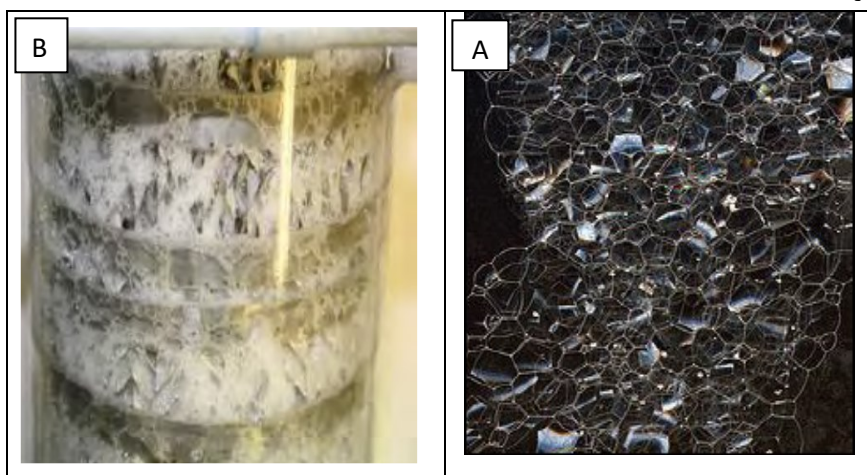
روش های جلوگیری از تولید کف

استفاده از ضد کف

یکی از مشکلات واحدهای شیرین سازی گاز و جداسازی دی اکسید کربن، پدیده کف می باشد که به منظور حذف این پدیده نامطلوب از محلولی شیمیایی به نام آنتی فوم (ضدکف) استفاده می شود. کف زایی یکی از متداولترین مشکلات در برج جذب است که باعث افزایش مصرف آمین، اختلاف فشار در بالا و پایین برج و در نهایت کاهش راندمان می شد. یک ضد کف مناسب در محیط کف سازی نامحلول است، کشش سطحی کمتری از محیط کف دارد و به سرعت در سیستم کف پراکنده می گردد [19]. کف کردن معمولا اولین علامت آلودگی در سیستم آمین است که میتواند با غلظت کمی از هیدروکربن های سنگین، ذرات جامد یا مواد شیمیایی تزریقی ایجاد شود [1]. نشانه های تشکیل کف در یک سیستم به قرار زیر می باشند [1]:

- ۱- افزایش اختلاف فشار در برج های جذب و دفع
- ۲- نشت محلول به پایین دست واحد جذب و دفع
- ۳- کاهش نامنظم و سریع سطح مایعات در برجها
- ۴- افزایش شدید جریان گاز فلاش
- ۵- دمای غیر طبیعی ستون جذب و دمای بالاتر در بالای ستون
- ۶- حذف دشوار گاز دی اکسید کربن و بار بالای آن در حلال آمین

قابل توجه ترین شکل کف، فوم شناور در سطح است که کنترل و رسیدگی به آن نسبتا آسان است (شکل ۱). مشکل اصلی مکانیکی زمانی است که کف وارد سیستم شود چراکه ماده دوفاز حلال و کف تولید شده، یک روان کننده ضعیفی است و باعث افزایش تماس سطح فلز-فلز می شود و همچنین ممکن است باعث بروز مشکلات مختلفی مانند کاویتاسیون در پمپ ها، ایجاد رسوب در سیستم گردد.



شکل ۱- ساختار ایجاد کف (A) و شکل کلی کف در ستون (B) [1] [3]

مواد تشکیل دهنده ضد کف رایج مورد استفاده در صنعت روغن های نامحلول، پلی دی متیل سیلان ها و سایر سیلیکون ها، الکل های خاص، استئارات ها و گلیکول ها می باشند [3]. این افزودنی برای جلوگیری از تشکیل کف استفاده می شوند و یا برای شکستن کفی که از قبل تشکیل شده است اضافه می شود. انواع آنتی فوم ها شامل موارد زیر می باشند [3]:

- ۱- آنتی فوم با پایه روغنی

۲- آنتی فوم با پایه آب

۳- آنتی فوم با پایه سیلیکونی

۴- آنتی فوم با پایه EO/PO

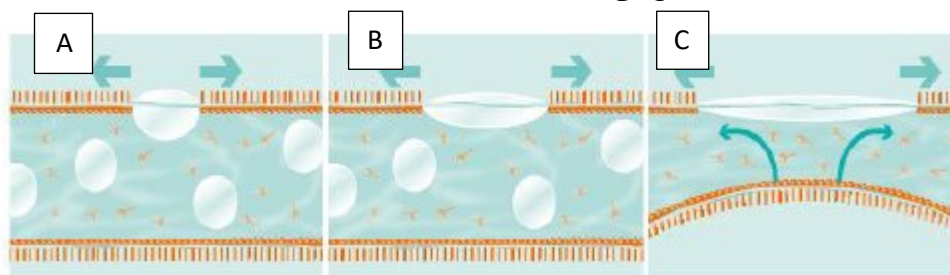
۵- آنتی فوم با پایه آلکیل پلی اکریلاتر

ضدکف های سیلیکونی، پلیمرهایی با اتصالات سیلیکون (عمدتا پلی دی متیل سیلوکسان) هستند. سیلیکون، ترکیبی آبگریز است که برای استفاده به عنوان ضدکف در سیالات غیرآبی، نظیر نفت مناسب است. ترکیب با پلی پروپیلن گلاپکول عملکرد آنها در محلول های آمین را بهبود داده است [2]. [2]

ضدکف هایی با پایه سیلیکونی انتخاب های رایج و مناسبی برای کنترل کف در واحدهای آمین می باشند و به طور کلی ضد کف هایی که در پالایشگاه های گاز مورد استفاده قرار می گیرند، از پایه های سیلیکونی و الکی تشکیل شده اند. از بین بردن سریع کف، مقاومت و دوام بالا، مقاومت گرمایی مناسب و بهره برداری آسان از جمله مزایای این ضدکف ها می باشند. توصیه هایی برای کاهش میزان مصرف مواد ضدکف در محلول های آمین وجود دارد چون در اثر حضور ماده ضدکف یا غیر فعال شدن مواد ضدکف با افزایش تمرکز در سطح، باعث کاهش کارایی حذف گازهای اسیدی توسط محلول آمین خواهد شد. بنابراین بهتر است که با تنظیم شرایط عملیاتی در واحد آمین سعی بر کاهش تمایل ایجاد کف شود [2]. تحقیقات جدید نشان داده که آنتی فوم پلی گلایکل در مقایسه با نمونه سیلیکونی و در سیستم های با حلال MDEA، عملکرد بهتری دارد [2].

مکانیزم تخریب کف توسط ضد کف

پس از تزریق ضد کف ها به سیستم آمین، این مواد از طریق نفوذ و تخریب لایه های کف در سیستم فعالیت می کنند. قطرات نا محلول روغنی معلق در محلول، وارد لایه ی سطحی می گردند که توسط مواد فعال در سطح تشکیل شده است. نیرویی که قطره نیاز دارد به درون لایه غشاء نفوذ کند بنام نیروی مانع یا مقاوم ورودی لایه غشاء نامیده شده است [3]. مطالعات نشان داده است که ذرات معلق نا سازگار با آب در ضد کف ها، نیروی مانع ورودی به لایه غشاء را کاهش می دهد و ضد کف را بسیار کارا و موثر می سازد. ساختار کف، بعد از اینکه لایه حباب کف ضعیف و لاغر می شود، بفوریت شروع به تخلیه می شود. قطره ضد کف، در طول لایه غشاء، یک عدسی روغنی می سازد. قطره کشیده می شود همانگونه که لایه های غشاء با یکدیگر تماس و فشرده می شوند و در نهایت با پاره شدن قطره کشیده شده حباب کف می ترکد. (شکل ۲). این عمل در حدود چند ثانیه رخ می دهد بطوریکه جزء مشخصه های ضد کف های سریع می باشد [3].



شکل ۲- ورود ذرات ضد کف به لایه سطحی (A,B) و ایجاد عدسی و فشرده سازی لایه های کف (C) [3]

مشکلات ناشی از تزریق بیش از اندازه آنتی فوم

ضد کف عوامل کف زا را حذف و یا از نظر شیمیایی غیرفعال نمی کند. ضد کف بطور موقت پایداری ساختار کف های تولید شده را کاهش می دهد [1]. همچنین ضد کف ها با تضعیف ساختار سلولی حبابها، از بین بردن آنها را تسهیل می کنند. اگرچه این امر ممکن است تولید کف را کنترل کند و شدت کف را کاهش دهد اما به طور دائم کف های ایجاد شده از بین نمی رود. علت این امر وجود آلاینده های عامل ایجاد کف است که هنوز در سیستم آمین به صورتی چرخشی در طی فرآیند وجود دارد و با گذشت زمان باعث می شود که افزودن ضد کف، اثر کمتری داشته باشد. وقتی قطرات ضد کف به قطرات بزرگتر تبدیل می شوند، راندمان

کمتری در از بین بردن کف دارند. همچنین ضد کف ها وقتی با مواد جامد معلق ترکیب شوند غیرفعال می شوند [8]. عمده ترین آلاینده های آمین که بهتر است از سیستم جدا شوند به قرار زیر می باشند [8]:

- ۱- ترکیبات هیدروکربنی
- ۲- سولفید آهن
- ۳- نمک های مقاوم در برابر حرارت
- ۴- محصولات حاصل از تجزیه آمین
- ۵- سولفید هیدروژن

فیلتراسیون

عملیات فیلتراسیون در واحد شیرین سازی، باعث کاهش گرفتگی در مبدل ها، جلوگیری از ورود آلودگی های هیدروکربنی به داخل محلول آمین و کاهش کف زایی می گردد. مطالعاتی که بر روی نمونه های جاذب انجام گرفته مشخص می کند که ذغال فعال، با راندمان بالا ضد کف های سیلیکونی را جذب می کند و مطالعات همچنین نشان داده است ذغال فعال، ضد کف های غیر یونی را جذب سطحی می کند. از طرفی هیدروکربنهای نامحلول و کثیف کننده می توانند باعث ایجاد خوردگی و ایجاد کف در واحد شوند [4]. در عملیات فیلتراسیون مکانیکی و کربن در جریان گردشی تقریب ۱۰ الی ۱۲ درصد از آمین در حال گردش باید از فیلتر مکانیکی عبور کند. ذرات سولفید آهن با فیلتراسیون مکانیکی و ضد کف و سایر مواد آلی محلول نیز توسط بستر کربن فعال از سیستم حذف می شوند. زمانی که سیستم ضد کف کاهش عملکرد داشته باشد، روش فیلتر مکانیکی و بستر کربن جایگزین می شود [2].

آزمایش و روش کار

وسایل و مواد

در این آزمایش از آمین MDEA ساخت شرکت Amino sol استفاده شد. آمین مورد استفاده شامل ۵۵ درصد آب و ۴۵ درصد آمین و ۵ درصد پایپرازین بود. به منظور ایجاد کف و طبق روش تست استاندارد ASTM از گاز ازت که در کپسول ذخیره سازی شده بود استفاده گردید. فلوی گاز ازت توسط یک فلومیترو روی ۳.۵ میلی لیتر تنظیم شد. برای اندازه گیری تاثیر آلودگی از یک میلی لیتر روغن پمپ استفاده شد از یک استوانه مدرج به حجم ۵۰۰ میلی لیتر به منظور اندازه گیری حجم و سطح مایع و کف تشکیل شده و همچنین یک نازل افشاننده گاز جهت توزیع ازت در مایع مورد آزمایش استفاده گردید. کربن اکتیو مورد استفاده برای عمل فیلتراسیون به مقدار ۴۵ گرم و از شرکت Neorsorb هند تهیه گردید. نمودار شماتیک دستگاه آزمایش در شکل (۳) نمایش داده شده است.

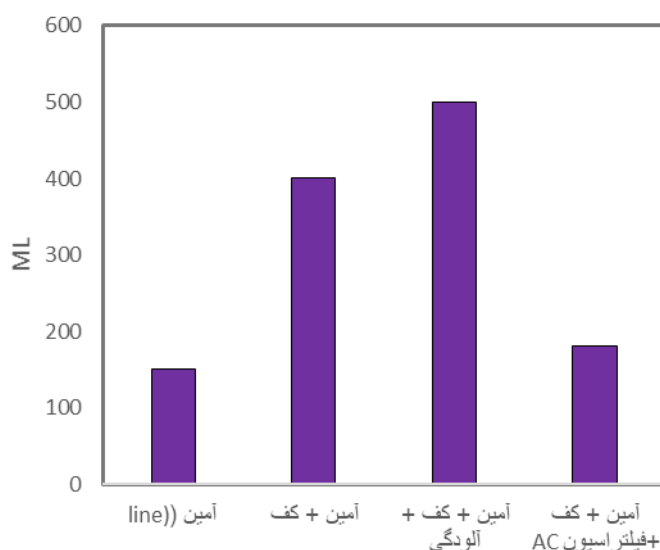
نتایج و بحث

به منظور انجام آزمایش و بررسی اثر آلودگی های کربنی و نیز نقش و اهمیت فیلتراسیون در فرایند جذب و دفع آمین ۵۰۰ میلی لیتر نمونه از محلول آمین MDEA تهیه گردید و در دستگاه آزمایش تزریق شد و جریان گاز ازت به مقدار ۳.۵ می لی لیتر در دقیقه به دستگاه برقرار گردید. گاز ازت از طریق افشانک در سیستم منتشر شد و مدت زمان ۵ دقیقه جهت تولید کف و طبق استاندارد ASTM برقرار گردید. سطح آمین و کف پیش از انجام آزمایش ۱۵۰ میلی لیتر اندازه گیری شد و پس از گذشت ۵ دقیقه و تزریق ازت به ۴۰۰ میلی لیتر رسید.

این امر به دلیل عبور گاز ازت از میان سیال آمین بوده که به مرور زمان و با افزایش حباب های تولید شده در فاز مایع و به دنبال آن رسیدن این حبابها به سطح آمین، کف ایجاد می گردد. در واقع مجاری مابین لایه های کف که به لاما معروف می باشند، باعث ایجاد مسیر های تخلیه مایع شده و مایع موجود در بین لایه ها تخلیه می گردد [3]. از دست دادن مایع باعث بالا رفتن غلظت سورفکتانت شده و زمانی که نیروهای دافعه الکترواستاتیک بین مولکولهای سورفکتانت مانع از جمع شدن لایه های لاما

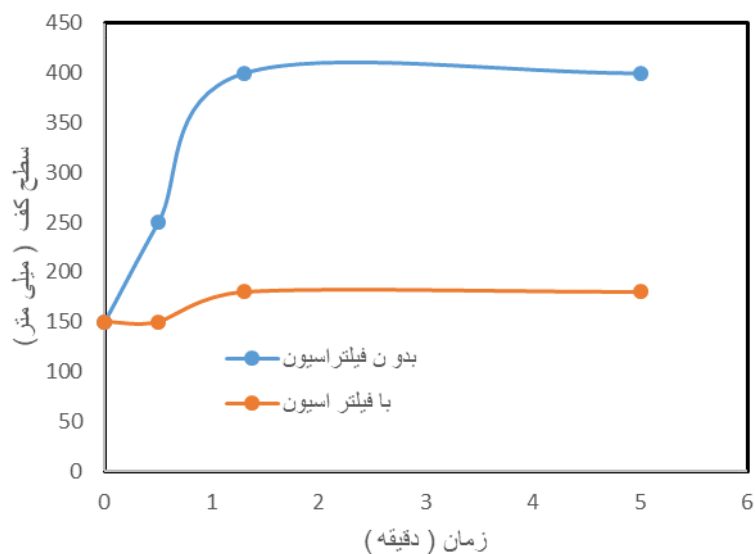
در کف ایجاد شده می گردند، عمل تخلیه بسیار کند و یا متوقف خواهد شد در این حالت کف توسعه یافته و پایدار می گردد [3].
[2]. توقف فرایند کف زایی زمانی به وقوع می پیوندد که یک تعادل ترمودینامیکی بین تخلیه مایع و مولکول امفیفیلیک ایجاد گردد [3].

به منظور بررسی ارتفاع کف در حلال آلوده، مقدار یک میلی لیتر از روغن مخصوص روانکاری پمپ در حلال تزریق گردید و مجدداً آزمایش با ازت انجام شد. پس از ۵ دقیقه ارتفاع کف بالاتر از ۵۰۰ میلی لیتر که حد ماکزیمم استوانه مدرج دستگاه آزمایش بود رسید و از آن عبور نمود. دلیل افزایش ارتفاع ستون با در نظر داشتن الودگی موجود در حلال تشکیل لایه های ژلاتینی بوده که در حلالهای MDEA بیشتر از سایر گونه های آمین به چشم می خورد و باعث پایداری و توسعه فوم می گردد [2]. نتایج این آزمایش در نمودار (۱) نمایش داده شده است.



نمودار ۱- نتایج آزمایش ستون کف با آلودگی و با فیلتراسیون

با توجه به مطالعات انجام گرفته بر روی اهمیت و نقش فیلتراسیون [2]، از آنجا که استفاده از فیلتر نقش بسیار مهمی در سیستم های جذب و دفع با آمین ایفا می نماید [4]، مخلوط آمین یک بار از بستر آماده شده کربن اکتیو به مقدار ۴۵ گرم، عبور داده شد و سپس با استفاده از صافی یک میکرونی، فیلتر شد. ظرف دستگاه آزمایش با آب DM کاملاً شستشو گردید و مخلوط فیلتر شده مجدداً در استوانه تزریق شد. پس از گذشت ۵ دقیقه از انجام آزمایش سطح کف به ۱۸۰ میلی لیتر رسید. دلیل این امر جدا شدن ناخالصیها و آلودگیها شامل محصولات اکسید آهن ناشی از خوردگی، ذرات معلق، ترکیبات هیدروکربنی و ورودی از طریق خوراک و محصولات ناشی تجزیه انتی فوم و حلال می باشد [1] [3]. نتایج این آزمایش در نمودار (۱) نمایش داده شده است. به منظور مقایسه نتایج آزمایش با استفاده از فیلتر و بدون فیلتر نتایج آزمایشگاهی در نمودار (۲) گرد آوری شده اند. نمودار نشان می دهد که در شرایط بدون فیلتراسیون با افزایش زمان آزمایش از لحظه شروع و به مقدار یک دقیقه و سی ثانیه سطح کف به سرعت زیاد تر شده و از ۱۵۰ به ۴۰۰ میلی متر می رسد و پس از آن گذشت زمان تغییری در مقدار سطح کف ایجاد نمی کند. از طرف دیگر، در شرایطی که حلال از بستر کربنی و صافی مکانیکی عبور می کند، پس از گذشت زمان یک دقیقه و سی ثانیه سطح کف به کندی از ۱۵۰ به ۱۸۰ افزایش یافته و تا پایان آزمایش تغییر بخصوصی نمی کند. بنابراین استفاده از فیلتر مکانیکی و کربنی باعث می شود تا ذرات ریز معلق و هیدرو کربن های مضر که کشش سطحی در مخلوط آمین را تحت شعاع قرار می دهند و باعث توسعه و پایداری کف می شوند از چرخه آمین حذف گردند و پروسه جذب و دفع آمین با هزینه های پایین تر و اشکالات کمتری انجام گردد [1] [2].



نتیجه گیری

در این مطالعه عوامل موثر در ایجاد کف در سیستم های آمین مورد بررسی قرار گرفت و مشخص شد که وجود الاینده هایی شبیه اکسیژن، سولفور دی اکساید و اسیدها در خوراک ورودی به پروسس، پدیده تجزیه حلال رخ خواهد داد. تجزیه آمین حلال خود باعث ایجاد مشکلاتی در عملیات بهره برداری واحد شیرین سازی خواهد بود. از طرفی هیدروکربن های غیر محلول و وجود ذرات معلق در سیکل آمین و خوراک ورودی پتانسیل تشکیل فوم در سیستم های شیرین سازی گاز مبتنی بر حلال آمین را افزایش می دهند. تزریق انتی فوم به عنوان یک راهکار موقت، مناسب بوده ولی در اثر ازدیاد این ترکیبات در محلول و تجزیه آنها تشکیل و پایداری کف افزایش می یابد. از دیگر روش های موثر بر کاهش کف زایی سیستم استفاده از فیلترهای مکانیکی و کربنی می باشد. آزمایش انجام گرفته نشان داد که در ۹۰ ثانیه اول سطح محلول فیلتر شده از ۱۵۰ میلی لیتر به ۱۸۰ میلی لیتر می رسد. این درحالی است که در مدت زمان مشابه سطح کف در محلول آمین بدون فیلتراسیون از ۱۵۰ به ۴۰۰ میلی لیتر رسید. به علاوه الودگی روغنی اضافه شده به حلال باعث بالارفتن سطح کف بیش از ۵۰۰ میلی لیتر که گنجایش استوانه مدرج دستگاه آزمایش بود، گردید.

منابع و مراجع

- [1] A. R. Shadan, "Foaming Mitigating in the Absorption Column of Natural Gas," in 2nd international conference new technologies in the oil and gas, petrochemical industries.
- [2] M. A. Rumaih, "Acid Gas Removal Unit Successful Switch from Silicon to Polyglycol Antifoam," in International Petroleum Exhibition & Conference, Society of Petroleum Engineers, Abu Dhabi, 2019.
- [3] Y. A. Gondule, "Control of Foam Formation in the Amine Gas," International Advanced Research Journal in Science, Engineering and Technology, vol. 4, no. 3, 2017.
- [4] V. Phul, "Sweetening Process Foaming and," in Laurance Reid Gas Conditioning Conference, 2001.
- [5] R. Rafati, "Experimental study on stability and rheological properties of aqueous foam in the presence of reservoir natural solid particles," Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects, vol. 509, pp. 19-31, 2016.
- [6] S. WL, "Filter DEA Treating Solution," Hydrocarbon Processing, vol. 52, pp. 95-96, 1973.
- [7] L. Gilyazetdinov, "Prevention of Foaming in Amine Treatment of Natural Gas," Chemistry and Technology of Fuels and Oils, Vols. 26, No. 5, pp. 250-258, 1990.
- [8] A. Cummings, "Contaminants and Their Effects on Operations," in The Brimstone Sulfur, Banff, Alberta, 2003.
- [9] L. Shrestha, "Foam Stabilized by Dispersed Surfactant Solid and Lamellar Liquid Crystal in Aqueous Systems of Diglycerol Fatty Acid Esters," Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects, vol. Vol. 293, pp. p-262-271, 2007.
- [10] D. Villiers, "DEA Treater Revamp Targets Foaming," in the 2009 Spring National Meeting, 2009.
- [11] Chen, "Foaming of Aqueous Piperazine and Monoethanolamine for CO₂ Capture," International Journal of Greenhouse Gas Control, vol. Vol.5, no. No. 2, pp. p. 381-386, 2011.
- [12] Lioumbas, "Foam Free Drainage and Bubbles Size for Surfactant Concentrations below the CMC," Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects, vol. Vol. 487, pp. p. 92-103, 2015.
- [13] B. Thitakamol, "Development of a Mechanistic Foam Model for Alkanolamine-based CO₂ Absorbers Fitted With Sheet-metal Structured Packing," International Journal of Greenhouse Gas Control, vol. Vol. 33, pp. p. 77-88, 2015.
- [14] Alhseinat, "Removal of MDEA Foam Creators Using Foam Fractionation: Parametric Study Coupled with Foam Characterization," Journal of Natural Gas Science and Engineering, vol. Vol. 26, pp. p. 502-509, 2015.
- [15] Ranjbar, "Experimental and Theoretical Investigation on the Nanofluid Surface Tension," Journal of Natural Gas Science and Engineering, vol. Vol. 27, no. No. 3, pp. p. 1806-1813, 2015.
- [16] Rafati, "Experimental Study on Stability and Rheological Properties of Aqueous Foam in the Presence of Reservoir Natural Solid Particles," Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects, vol. Vol. 509, pp. p. 19-31, 2016.
- [17] Y. Ke, "Study on Foaming of Formulated Solvent UDS and Improving Foaming Control in Acid Natural Gas Sweetening Process," Journal of Natural Gas Science and Engineering, vol. Vol. 28, pp. p. 271-279, 2016.
- [18] M. Fatemi, "An Experimental and Theoretical Analysis of Foam Formation in the Sour Gas Sweetening Process," Iranian Journal of Oil & Gas Science and Technology, vol. Vol. 7, pp. pp. 79-89, 2018.
- [19] R.J. Pugh, "Foaming, foam films, antifoaming and defoaming," Advances in Colloid and Interface Science, vol. vol. 64, pp. p 67-142, 1996.