Archive of SID

مجموعه مقالات هشتمین همایش ملی مبدل گرمایی
دوم دی ماه ۱۳۹۵، ایران، تهران، مرکز همایش‌های صدا و سیما
۰۹۱۹۷۵۵۶۴۲۴ - (۰۲۱) ۸۸۶۷۱۶۷۶
مجریان: انجمن علمی مهندسی حرارتی و برودتی ایران و هم اندیشان انرژی کیمیا
ثبت شده در پایگاه استنادی جهان اسلام ISC
www.Mobadel.ir

بررسی و تحلیل اثر پارامترهای عملیاتی بر راندمان جداسازی در برج جذب فرایند تصفیه اتان واحد الفین

پگاه کرمی: دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی شیمی، فرآیندهای جداسازی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد ماهشهر، دانشکده مهندسی شیمی، ماهشهر، ایران
مسعود آقاجانی : دکتری مهندسی شیمی،عضو هیئت علمی گروه مهندسی گاز دانشگاه صنعت نفت اهواز
Pegahkarami89@gmail.com

چکیده:

گاز طبیعی بسته به موقعیت و خواص سنگهای مخزن، حاوی مقادیر متفاوتی از دی اکسید کربن (CO_2)، سولفید هیدروژن (H_2S)، سولفید کربونیل (COS)، مرکاپتان‌ها (RSH) و... می‌باشد که وجود هریک از اینها در جریان گاز می‌تواند سبب بروز مشکلاتی گردد. استفاده از محلول که دارای خاصیت بازی بالایی می‌باشد در واحد شیرین‌سازی گاز با هدف حذف آلاینده‌های اسیدی (H_2S و CO_2) از گاز باعث کاهش این آلاینده‌ها از گاز در حد ppm می‌شوند. در این مقاله پارامترهای عملیاتی موثر جهت جداسازی CO_2 از گاز ترش بررسی شده است و با استفاده از رسم گراف به کمک داده‌های عملیاتی، نتایج حاصله مورد بحث و بررسی قرار گرفته است.

واژگان کلیدی: گاز ترش، شیرین‌سازی، آمین، سولفید هیدروژن، دی اکسید کربن

www.SID.ir

Archive of SID

مجموعه مقالات هشتمین همایش ملی مبدل گرمایی
دوم دی ماه ۱۳۹۵، ایران، تهران، مرکز همایش‌های صدا و سیما
۰۹۱۹۷۵۵۶۴۲۴ - (۰۲۱) ۸۸۶۷۱۶۷۶
مجریان: انجمن علمی مهندسی حرارتی و برودتی ایران و هم اندیشان انرژی کیمیا
ثبت شده در پایگاه استنادی جهان اسلام ISC
www.Mobadel.ir

DEMO
DEMO

۱-مقدمه :

گاز طبیعی بسته به موقعیت و خواص سنگهای مخزن، حاوی مقادیر متفاوتی از دی اکسید کربن(CO_2)، سولفید هیدروژن(H_2S)، سولفید کربونیل(COS)، مرکاپتان ها(RSH) و ... می باشد که وجود هر یک از اینها در جریان گاز می تواند سبب بروز مشکلاتی گردد [۱].

بر اساس استاندارد شرکت ملی گاز ایران، گاز شیرین دارای مشخصات زیر است:

سولفید هیدروژن(H_2S)	۴/۸ mg/Nm^3
دی اکسید کربن(CO_2)	۲٪ mol
مرکاپتان ها(RSH)	۱۵ mg/Nm^3
کل گوگرد همراه	۱۴۱ mg/Nm^3

از تکنیکهای مختلفی برای شیرین سازی گاز طبیعی استفاده می شود که می توان به شیرین سازی با حلالهای شیمیایی نظیر محلول آمین، استفاده از کربناتها نظیر محلول کربنات پتاسیم داغ، استفاده از حلالهای فیزیکی نظییر دی متیل پلی اتیلن گلایکول و کربنات پروپیلن و استفاده از جاذبهای جامد نظیر غربال مولکولی اشاره نمود. آمینها رایجترین و پر استفاده ترین محلولها برای جداسازی H_2S و CO_2 از گاز طبیعی هستند که بدلیل واکنش پذیر بودن با ناخالصی های مذکور موقعیت ویژه ای در صنایع شیرین سازی دارند [۳]. خانواده آلکانول آمین ها که در صنعت شیرین سازی گاز بکار می روند به ترتیب ساختار مولکولی چنین می باشند :

- مونواتانول آمین (MEA : $HO\text{-}C_2H_4\text{-}NH_2$)
- دی اتانول آمین (DEA : $(HO\text{-}C_2H4)_2\text{=}NH$)
- تری اتانول آمین (TEA : $(HO\text{-}C_2H4)_3\text{=}N$)
- دی گلا یکول آمین (DGA : $HO\text{-}C_2H_4\text{-}O\text{-}C_2H_4\text{-}NH_2$)
- دی ایزو پروپانول آمین(DIPA : $(HO\text{-}C_3H_6)_2\text{=}NH$)

www.SID.ir

Archive of SID

DEMO
DEMO

• متیل دی اتانول آمین ($(HO\text{-}C_2H_4)_2\text{=}N\text{-}CH_3$) : (MDEA) [۱]

جداسازی ناخالصیهای درون گازها و مایعات از نقطه نظر ایمنی، کنترل خوردگی، تنظیم ترکیب استاندارد محصولات گاز و مایع، پرهیز از تشکیل هیدرات در دماهای پایین، کاهش هزینه های تقویت فشار گاز، جلوگیری از مسمومیت کاتالیزورهای کارخانجات دریافت کننده محصولات گاز یا مایع و بالآخره رعایت حد مجاز انتشار مواد آلاینده محیط زیست، الزامی می باشد. علاوه بر ترکیبات هیدروکربنی سنگین و بخار آب، گاز طبیعی در اغلب موارد حاوی ترکیبات مضری نظیر CO_2 ، H_2S و ترکیبات گوگردی بوده و جداسازی آنها تا حد مطلوب ضروری می باشد. گازهای اسیدی ترکیبات بسیار خورنده و سمی بوده و به تجهیزات و محیط زیست صدمات جدی وارد می سازند. از ترکیبات CO_2 و H_2S و دیگر ترکیبات گوگردی را گاز ترش گویند و در صورت کمتر بودن میزان ترکیبات فوق در گاز طبیعی از حد مجاز، به آن گاز شیرین گفته می شود. حضور CO_2 و H_2S در گاز طبیعی موجب بروز خوردگی و کاهش ارزش حرارتی گاز (و در نتیجه نزول قیمت آن) شده و اثرات مخربی بر محیط زیست می‌گذارد [۴].

ترکیبات گوگردی آلاینده گازها و مایعات هیدروکربونی عباتند از:

•	H_2S	H – S – H	Hydrogen Suphide
•	COS	O = C = S	Carbony1 Sulphide
•	RSH	R – S – H	Mercaptan Suplhur
•	R_2 S	R – S – R	Dialky1 Sulphide
•	R_2 S_2	R – S – S - R	Dialky1Disulphide
•	R_2 S_2	R – S – S - R	Dialky1Disulphide
•	S		Elemental Sulphur
•	CS_2	S = C = S	Carbon Disulphide [۱]

۲-شرح فرایند :

خوراک اتان واحد که از B.L واحد (Battery limit) تامین میشود که شامل بیش از 0.82% حجمی CO_2 می باشد بعلت اینکه خوراک حاوی مقادیر زیادی از CO_2 می باشد یک پروسس شستشوی شیمیائی جهت حذف CO_2 با حلال مونواتانول آمین (MEA) در نظر گرفته شده است. [۵]

۲-۱-حذف CO_2 از خوراک گازی اتان:

در واحد شستشو با MEA جریان اتان عاری از CO_2 می گردد، بطور یکه درصد آن تقریبا به 50 ppm حجمی میرسد محلول MEA سبک از سینی ۲۲ وارد برج شستشو با MEA (T-2001) شده و جهت جدا سازی گاز اسیدی بطرف پایین جریان می یابد تر کیبات ترش نیز بوسیله جذب شیمیائی از اتان جدا می گردد.در بالای برج نیز ، مقادیر جزئی حلال از طریق شستشو با BFW در روی چهار سینی اضافی از گاز خالص سازی شده جدا می شود گاز اتان خروجی از برج T-2001 تحت فشار ۱۷ bar با گازهای بر گشتی از واحد اتیلن مخلوط شده و و تا دمای ۵۰ درجه در پیش گرم کن اتان بر گشتی (E-2113) گرم می شود سپس به کورهای کراکینگ ارسال می گردد. فشار جریان اتانی که از battery limit می آید در دمای ۳۷درجه

www.SID.ir

Archive of SID

مجموعه مقالات هشتمین همایش ملی مبدل گرمایی
دوم دی ماه ۱۳۹۵، ایران، تهران، مرکز همایش‌های صدا و سیما
۰۹۱۹۷۵۵۶۴۲۴ - (۰۲۱) ۸۸۶۷۱۶۷۶
مجریان: انجمن علمی مهندسی حرارتی و برودتی ایران و هم اندیشان انرژی کیمیا
ثبت شده در پایگاه استنادی جهان اسلام ISC
www.Mobadel.ir

توسط PIC-20107 (فشار Overhead برج T-2001) کنترل شده و این جریان وارد بخش پایینی برج جذب T-2001 می گردد تمامی عملیات تحت فشار ۱۷bar انجام می گیرد.گاز اتان بصورت جریان نا همسو با محلول MEA سبک که از بالای سینی ۲۲ وارد شده وبطرف پایین می آید، بسمت بالا جریان می یابد. محلول MEA سبک از طریق پمپ MEA سبک P-2071A/B وارد برج می گردد . مقدار جریان MEA سبک نیز توسط (FIC-20111) در دمای ۴۵ درجه کنترل می گردد. CO_2 موجود در جریان گازی اتان که از B.L واحد Battery limit می آید ، در محل جذب خود یک واکنش بر گشت پذیر با محلول MEA برقرار می کند. در نتیجه بطور مرتب و پی در پی گاز جریان یافته بسمت بالا ، عاری از هر گونه CO_2 شده وازطرف دیگر محلول MEA جریان یافته بسمت پایین برج انباشته از CO_2 خواهد شد. در نقطه تزریق محلول MEA سبک به برج نیز ۴ سینی تعبیه شده است . در این قسمت گاز مجددا با BFW (Boiler feed water) شستشو داده میشود تا همه محلول باقیمانده در گاز بازیافت شود و همچنین اتلاف محلول MEA بحداقل رسیده واز خوردگی تجهیزات مربوط به جریان پایین دستی جلوگیری شود BFW از پمپ کندانس P-5472A/B تامین می گردد و مقدار جریان آن قبل از وارد شدن به برج در قسمت بالائی سینی شماره ۲۶ توسط (FIC-20110) کنترل می گردد برج شستشو با MEA در قسمت بالائی نیز با یک رطوبت گیر یا نم گیر (Demister) تجهیز شده است. بنا براین محصول بالا سری برج، عاری از هر گونه قطرات مایع می گردد. [۵]

۲-۲-احیاء محلول MEA :

محلول آمین انباشته شده که محلول آمین غنی نیز نامیده میشود در برج احیاء MEA احیاء خواهد شد و در آنجا عاری از هرگونه CO_2 خواهد شد و دوباره به برج (T-2001) شستشو با MEA وارد میگردد. در برج احیاء MEA(T-2002)، CO_2 در فشار حدود 0.7bar و در محدوده دمای بین 100C-200C از حلال جدا می شود فشار مورد نظر توسط PIC-20505 کنترل میگردد. گاز عریان ساز (Stripping) مورد نیاز بخار می باشد که در ریبویلر E-2011 از تبخیر بخشی از آب موجود در حلال حا صل می گردد. فشار محلولMEA غنی شده در جریان ورودی مبدل E-2014 (lean/rich MEA) توسط-LV 20104 از فشار حدود 14.3 Bar به فشار 0.7 Bar تقلیل می یابد. (در اثر انبساط) در این فشار قابلیت انحلال CO_2 در محلول MEA بسیار کم است و بنابراین Flash (تبخیر نا گهانی) CO_2 رخ می دهد. در ورودی T-2002 یک جریان دو فازی نشان داده شده است. فاز گازی اساسا از گازهای ترشی sour gas تشکیل شده که به سمت بالا جریان می یابد. فاز مایعی که به سمت پایین حر کت می کند پس از عبور از یک توزیع کننده (Distributer) از میان Packing بالایی می گذرد. (دقیقا از جا ئیکه فاز مایع وارد یک توزیع کننده ثانویه و Packing پایینی می شود و اینکار قبل از جمع شدن آن در Chimney tray در بخش پایینی برج صورت می گیرد محلول MEA مایع که بسمت پایین می اید در بخشهایی از برج که با Packing پر شده است تحت تماس بسیار نزدیکی با گاز عریان ساز (Stripping gas) قرار می گیرد. بطوریکه ترکیبات ترش تقریبا بطور کامل از محلول جدا میشود و وقتی که محلول به Chimney میرسد کاملا از این ترکیبات عاری میگردد. این نکته برای فراهم کردن شرایط لازم جهت عریان سازی (Stripping)کامل و ضروری CO_2 در برج احیاء بسیار حائز اهمیت است تا از رها کردن اضافی CO_2 و نتیجتآ خوردگی در ریبویلر اجتناب شود. محلولMEA سبک در Chimney tray برج T-2002 به سمت ریبویلر E-2011 جریان می یابد و در آنجا بطور جزئی توسط بخار تبخیر شده و سپس به bottcm برج T-2002 هدایت میگردد. بخش مایع، محلول Lean MEA را تشکیل می دهد که وارد T-2001 می گردد. فاز گازی (عمدتا بخار)،گاز عریان سازی است که به سمت بالای برج جریان می یابد

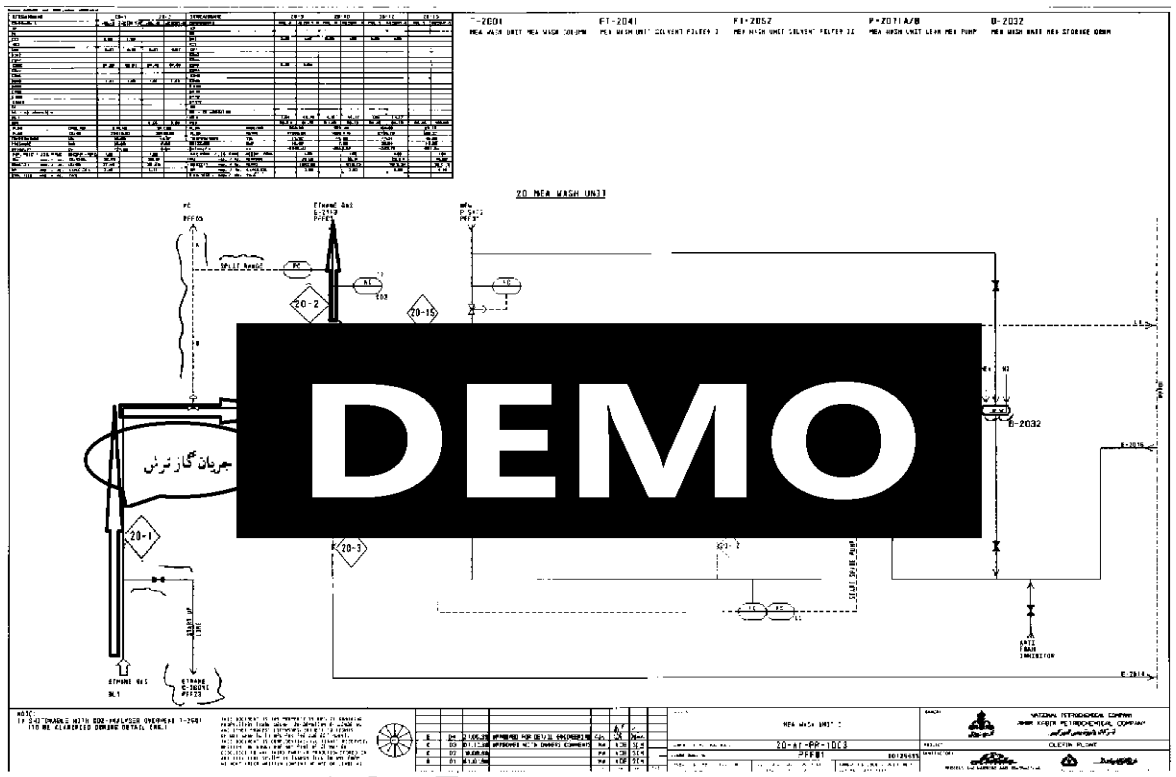
www.SID.ir

Archive of SID

مجموعه مقالات هشتمین همایش ملی مبدل گرمایی
دوم دی ماه ۱۳۹۵، ایران، تهران، مرکز همایش‌های صدا و سیما
۰۹۱۹۷۵۵۶۴۲۴ - (۰۲۱) ۸۸۶۷۱۶۷۶
مجریان: انجمن علمی مهندسی حرارتی و برودتی ایران و هم اندیشان انرژی کیمیا
ثبت شده در پایگاه استنادی جهان اسلام ISC
www.Mobadel.ir

DEMO
DEMO

و پس از عبور از هر دو پکینگ و مخلوط شدن با Sour gas آزاد شده از خوراک قبل از خروج از برج از ۴ سینی بالایی عبور می کند. [۵]



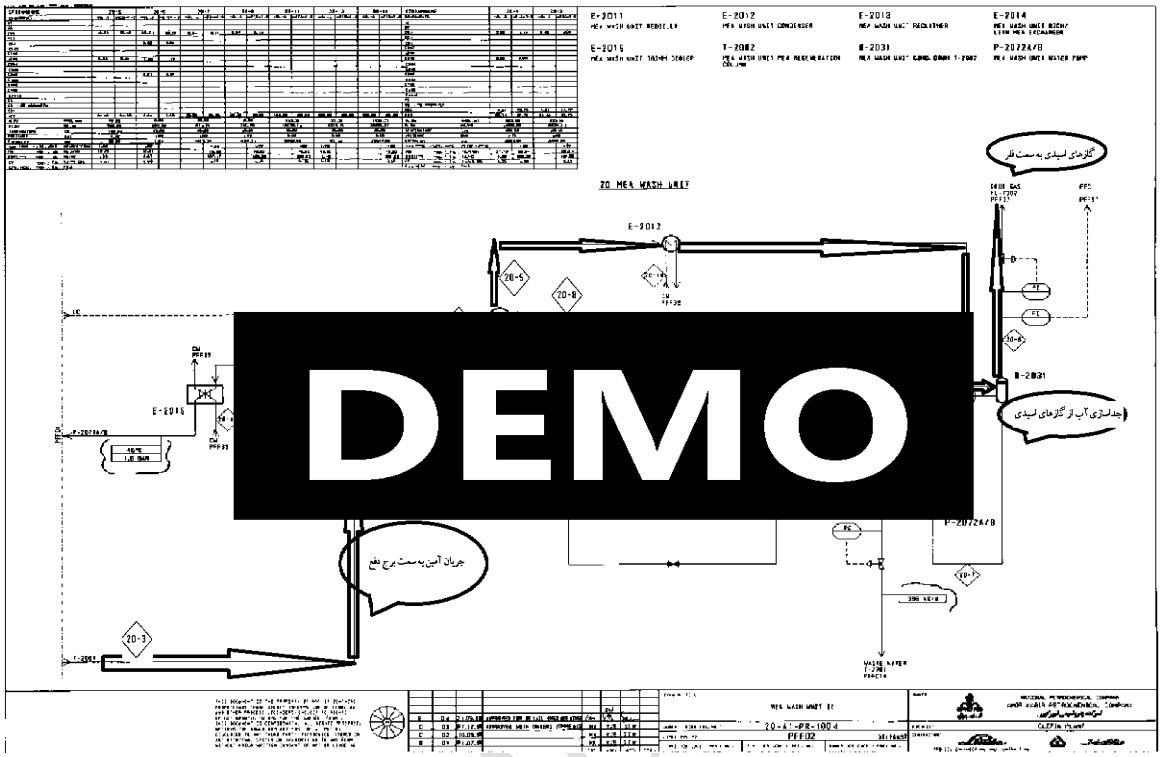
شکل۱–PFD برج جذب فرایند تصفیه گاز واحد گرم کارخانه الفین[۶]

www.SID.ir

Archive of SID

مجموعه مقالات هشتمین همایش ملی مبدل گرمایی
دوم دی ماه ۱۳۹۵، ایران، تهران، مرکز همایش‌های صدا و سیما
۰۹۱۹۷۵۵۶۴۲۴ - (۰۲۱) ۸۸۶۷۱۶۷۶
مجریان: انجمن علمی مهندسی حرارتی و برودتی ایران و هم اندیشان انرژی کیمیا
ثبت شده در پایگاه استنادی جهان اسلام ISC
www.Mobadel.ir

DEMO
DEMO



شکل۲–PFD برج دفع فرایند تصفیه گاز واحد گرم کارخانه الفین[۶]

۳- بررسی تغییرات پارامترهای عملیاتی:

در بررسی پارامترهای عملیاتی موثر در حذف آلاینده های اسیدی از گاز ترش، دما و دبی MEA موثرترین پارامترهای عملیاتی میباشند که منجر به افزایش راندمان جداسازی شده است. هنگامیکه دبی گاز ثابت باشد، پارامترهای آمین می تواند با بهره گیری از دبی کمتری از حلال در گردش، گازی به مراتب ترش تر از حالت اولیه را شیرین سازی نماید و این مسئله از نظر فرایندی از اهمیت خاصی برخوردار می شود. در واحد شستشوی گاز ترش جهت جداسازی آلاینده های اسیدی از محلول MEA با درصد وزنی ۱۴٪ استفاده میشود. در نتیجه عملیات این واحد؛ میزان آلاینده های H_2S گاز به PPM ۰ و و CO_2 گاز به ۲۰PPM تقلیل می یابد. برج جذب دارای ۲۶ سینی بوده و فشار آن ۱۶.۷bar میباشد گاز ترش با دبی ton/hr ۱۸ تا ۱۵ton/hr و دمای ۳۹c وارد برج می گردد، گاز فوق در جریان خروجی حاوی ۳PPM یا ۲PPM گاز H_2S و ۰.۸۲٪ مولی گاز CO_2 میباشد. مقدار دی اکسید کربن در جریان گاز ورودی شماره ۱-۲۰ با دبی ۲۹۴۱۹kg/hr به برج دفع T-2001 میزان ۰/۸۲ درصد مولی معادل دبی ۳۵۳kg/hr می باشد.

www.SID.ir

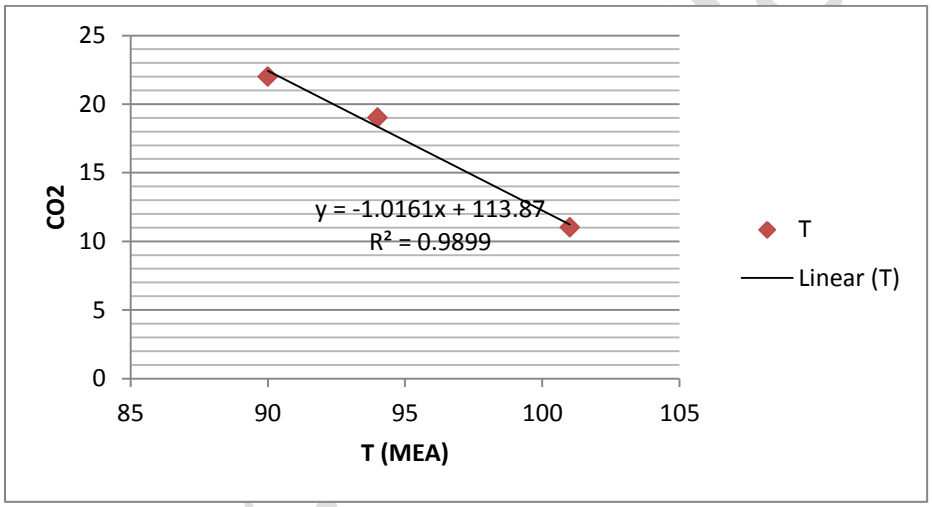
Archive of SID

مجموعه مقالات هشتمین همایش ملی مبدل گرمایی
دوم دی ماه ۱۳۹۵، ایران، تهران، مرکز همایش‌های صدا و سیما
۰۹۱۹۷۵۵۶۴۲۴ - (۰۲۱) ۸۸۶۷۱۶۷۶
مجریان: انجمن علمی مهندسی حرارتی و برودتی ایران و هم اندیشان انرژی کیمیا
ثبت شده در پایگاه استنادی جهان اسلام ISC
www.Mobadel.ir

راندمان جداساری تابع پارامترهای عملیاتی زیر می باشد :

۱- دمای آمین T_{mea}
۲- نسبت دبی گاز اتان به دبی آمین F/A
۳- غلظت آمین
٤- غلظت H_2S و CO2 موجود در محصولات

در نمودارهای زیر که بر اساس داده های واقعی فرایند می باشد تاثیر موارد فوق به خوبی مشخص است و از آنجا که داده برداری با تغییرات در فرایند واقعی واحد می باشد لذا امکان داده برداری محدود است چرا که تغییرات بیش از حد سبب Shut Down واحد میگردد.

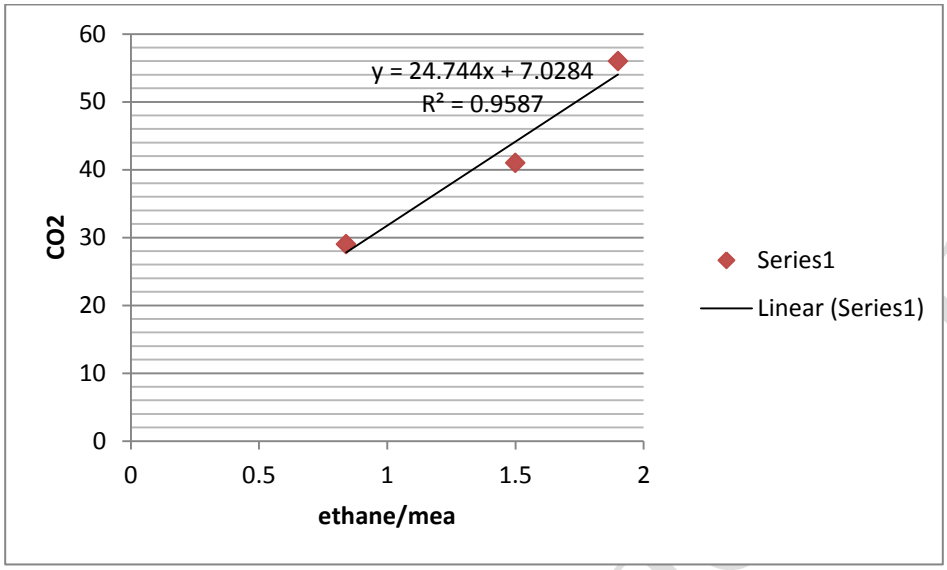


نمودار۱–میزان غلظت مولی دی اکسید کربن به دمای MEA

با افزایش دمای MEA غلظت CO_2 موجود در محصولات به صورت سهمی کاهش یافته است، این نتیجه از نمودار فوق حاصل شده است و باعث افزایش راندمان جداسازی میشود.

www.SID.ir

Archive of SID



نمودار ۲–میزان غلظت مولی دی اکسید کربن به نسبت دبی اتان به MEA

در نمودار فوق با افزایش نسبت دبی اتان به دبی MEA غلظت CO_2 افزایش یافته است که منجر به عدم جداسازی مناسب و بروز مشکلات عملیاتی شده است.

۴–نتایج و بحث :

۴-۱- با افزایش دمای MEA غلظت CO_2 موجود در محصولات به صورت سهمی کاهش یافته است، این نتیجه از نمودار ۱ حاصل شده است و باعث افزایش راندمان جداسازی می شود.

۴-۲- در نمودار ۲ با افزایش نسبت دبی اتان به دبی MEA غلظت CO_2 افزایش یافته است که منجر به عدم جداسازی مناسب و بروز مشکلات عملیاتی شده است.

۵–مراجع :

۱-تغییر در حلال آمین جهت فرایند شیرین سازی گاز، محمدمهدی آزما،کارشناس ارشد مهندسی شیمی- شرکت ملی گاز ایران، پالایشگاه پارسیان-۱۳۹۵.

۲-بررسی افزایش ظرفیت واحدهای شیرین سازی گاز طبیعی از طریق تغییرحلال آمین و استفاده از مخلوط آمین ها. محمدسلطانیه(استاد)، منصور بزمی(کارشناس) -مجموعه مقالات پژوهشی دانشکده مهندسی شیمی -دانشگاه صنعتی شریف-ص ص.۸۱-۷۵-۱۳۹۴.

3-Present status an Development Trends of LPG Deslfurization Technology in Refineries. Q Xiaolin-chemical Industry and Engineering process,VOL,PART2,2000, Pages 55-59.

www.SID.ir

Archive of SID

4.Process Heat Transfer, Donald Q.Kern,2002

5. Documents of Amirkabir Petrocemical Company

6. PFD & PID of Amirkabir Petrocemical Company

www.Mobadel.ir

www.SID.ir