

## بررسی استفاده از نانو ذره اکسید روی، بر روی شیرین سازی گاز ترش خروجی از ستون چاه

مسلم محمدیان<sup>۱</sup>، پرویز درویشی<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup> کارشناس ارشد مهندسی شیمی، دانشگاه آزاد اسلامی ماهشهر، Moslemmohamadi64@gmail.com

<sup>۲</sup> دکتری تخصصی مهندسی شیمی، عضو هیئت علمی دانشگاه یاسوج، Parvizdarvishi@yahoo.com

چکیده

روش حذف سولفور از گاز ترش با استفاده از نانو کاتالیست یک روش جدید می باشد. در این پایان نامه نانو کاتالیست اکسید روی با قطر ۳۵ نانومتر جهت شیرین سازی گاز ترش مورد استفاده قرار می گیرد. بنابراین گاز ترش در حضور نانو کاتالیست اکسید روی، شیرین می شود. در این پایان نامه شرایط عملیاتی مختلف و همچنین اثر آنها در فرآیند شیرین سازی گاز ترش مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار می گیرد. از آنجا که این آزمایشات برای نانو ذرات اکسید روی، به عنوان نانو کاتالیست، با سایز ۳۵ نانومتر انجام شده اند لذا نتایج آزمایشگاهی نشان می دهد، بهینه ترین حالت برای شیرین سازی گاز زمانی حاصل می شود که دمای عملیاتی ۸۰ درجه سانتی گراد و فشار عملیاتی ۱۲ اتمسفر باشد. همچنین بررسی ها بیانگر آن است که ارتفاع ۷۰ میلی متر و قطر ۳۰ میلی متر به عنوان بهینه ترین شرایط هندسی بستر نانویی، جهت شیرین سازی گاز ترش می باشد. در نهایت، با توجه به میزان بسیار کم سولفید هیدروژن در جریان گاز شیرین شده خروجی از بستر نانویی به کار گیری فرآیند پیشنهاد شده در مقیاس صنعتی نیز توصیه می شود. لذا فرآیند معرفی شده می تواند جایگزین مناسبی با فرایندهای متداول امروزی در زمینه شیرین سازی گاز باشد.

واژه های کلیدی: سولفورزدايي، فرآیند شیرین سازی، اولتراسونیک، نانو کاتالیست، تصفیه کاتالیستی

## The use of zinc oxide nanoparticles on the sweetening of sour gas wells output column

M.Mohammadian,P.Darvishi

### Abstract

Removal of sulfur from sour oil is a new method using nano-catalyst. In this thesis, nano-zinc oxide catalysts for sweetening of sour gas with a diameter of 35 nm is used. The sour gas in the presence of nano-zinc oxide catalyst, sweet. In this thesis, various operational conditions and their effect on sour gas sweetening process of analysis, is placed. Since these experiments for ZnO nanoparticles as catalyst nanoparticles, with a size of 35 nm have been doing so experimental results show that the optimum situation for gas sweetening when the operating temperature is 80 °C, and the pressure throughput is 12 atm. Studies also show that the height of 70 mm and a diameter of 30 mm as the most optimal geometric conditions for nano platform for sweetening of sour gas. Finally, given the very low levels of hydrogen sulfide in the gas stream exits the bed sweetened nano to use the proposed process on an industrial scale is recommended. The introduction of a suitable alternative to conventional processes for gas sweetening is today. Keywords: desulfurization, sweetening process, ultrasonic, Nano katalyst, refining catalyst

مسلم محمدیان کارشناس ارشد مهندسی شیمی؛ آدرس: خوزستان - ماهشهر - دانشگاه آزاد اسلامی واحد ماهشهر

شماره تماس: ۰۹۱۰۱۴۸۲۹۴۵ پست الکترونیکی: Moslemmohamadi64@Gmail.com



## ۱ - مقدمه

فناوری نانو گاهی اوقات به صورت کوتاه "nano tech" معرفی می شود که دستکاری ماده در مقیاس اتمی و مولکولی می باشد .

اول اینکه شرح گسترده ای از فناوری نانو با هدف های تکنولوژیکی خاصی که دقیقاً دستکاری اتم ها و مولکولها برای ساخت محصولات با مقیاس کلان می باشد اشاره شده است همچنین در حال حاضر به عنوان فناوری نانو مولکولی ، شرح کلی از فناوری نانو متعاقباً توسط ستاد فناوری نانو ملی ، که به عنوان مطالعه و استفاده از ذرات ریز که اندازه آنها از ۱ تا ۱۰۰ نانومتر می باشد و در تمام زمینه های علم فناوری نانو و منابع را که تعریف می کند تاسیس شده است [۱].

در فرآیند جذب گازهای اسیدی بر روی جامد، یک بستر ثابت از ذرات جامد در مسیر جریان گاز قرار می گیرد. در این فرآیند قسمت اعظم هیدروژن سولفاید و مقادیری از دی اکسید کربن و آب از گاز حذف می شوند زمانی که نیاز به خلوص بالایی برای گاز باشد یکی از فرآیند های جذب بر روی جامد مورد استفاده قرار می گیرد [۲]. در این زمان فرآیند جریان گاز از روی بستر ثابت عبور می کند و گازهای اسیدی جذب ذرات جامد می شوند. زمانی که بستر از گازهای اسیدی اشباع شد نیاز است که بستر احیاء و یا جایگزین شود. بنابراین از این روش معمولاً به صورت ناپیوسته استفاده می-شود. سه نوع فرآیند معمول جذب بر روی جامد وجود دارد: ۱. غربال مولکولی ۲. آهن اسفنجی ۳. اکسید روی که گزینه سوم (اکسید روی) بحث مورد مطالعه و تحقیق ما می باشد [۳].

به طور کلی هدف از عملیات شیرین سازی تبدیل مرکاپتان های اسیدی ( با بوی نامطبوع) موجود در فرآورده های نفتی به دی سولفیدهای کم ضرتر است. ضمناً احتمال حذف یا تبدیل سایر ترکیبات گوگردی نیز وجود دارد. غالباً گازی که از منابع نفتی و یا از صنایع نفت، گاز و پتروشیمی حاصل می شود دارای مقادیر متفاوتی سولفید هیدروژن ، دی اکسید کربن ، مرکاپتانها و سایر مشتقات گوگرد است. این گاز اصطلاحاً گاز ترش<sup>۱</sup> نامیده می شود [۴].

ترکیبات گوگرد در سوخت هایی مانند گاز متان باعث مشکلات در دو جبهه می شود: آنها گازهای سمی را به هنگام احتراق آزاد می کنند و به فلزات و کاتالیست ها در موتور و سلولهای سوختی آسیب می رسانند. آنها معمولاً با استفاده از یک مایع که جذب گوگرد از گاز متان است حذف می شوند. اما این روند دست و پاگیر است و مستلزم آن است که گاز سرد شده و دوباره گرم شود [۵]. مطالعات

قبلی نشان داده است که بهترین کار جذب گوگرد در سطح اکسید فلز جامد صورت می گیرد. بنابراین در این مقاله اقدام به ایجاد ماده ای با حداکثر سطح، واکنش پذیری بالا، یکپارچگی ساختاری در یک جاذب گوگرد با کارایی بالا کرده ایم که دانه های کوچک نانو ذرات اکسید روی مد نظر می باشد. اکسید روی به طور متعدد برای از بین بردن سولفید هیدروژن از جریان گاز استفاده شده است. [۶]. واضح است این کار با استفاده از روش های طراحی، تجربی برای شناسایی شرایط بهینه برای سولفید هیدروژن حذف شده توسط نانو کاتالیست روی اختصاص داده شده است اکسید روی در اندازه نانو، واکنش پذیرتر از همان مواد به صورت فله است. چون امکان حذف گوگرد با مواد کمتر با استفاده از یک راکتور کوچکتر را دارا می باشد، زیرا نانو ذرات پس از چند چرخه در راکتور، پایدار و فعال هستند [۷].

بازسازی نوسانات حرارتی برای شیرین سازی گاز طبیعی روند رایج مورد استفاده در صنعت می باشد.

در این فرآیند از ماده شیمیایی به نام جاذب برای حذف گازهای سمی و قابل اشتعال مانند سولفید هیدروژن که بوی تخم مرغ فاسد را می دهد از گاز طبیعی استفاده می شود. گاز ابتدا باید در سیستم با محلول جاذب شیمیایی در آب حل شود. به منظور آماده سازی جاذب برای حذف سولفید هیدروژن باید این محلول گرم شود. [۸]. هنگامی که سولفید هیدروژن به عنوان جاذب گرم می شود و سپس سرد شده و آماده برای استفاده می باشد. دانشمندان می گویند گرمایش و سرمایش مکرر نیاز به مقدار زیادی از انرژی و به طور قابل توجهی بهره برداری (راندمان) فرآیند را کاهش می دهد. [۹]. در فرآیند جذب توسط نانو اکسید روی، شیرین سازی طبیعی با حداقل شار گرمایی در مقایسه با روش های شیرین سازی دیگر رخ می دهد [۱۰]. همچنین حدود ۷۰ تا ۸۰ درصد مقدار اولیه سولفید هیدروژن از متان توسط فرآیند جذب پیشنهاد شده حذف می شود و کاتالیست روی از نظر صرفه اقتصادی از کاتالیست های دیگر بهتر است و حتی قابل مقایسه نمی باشد. بدون شک نانو ذرات اکسید روی به عنوان جاذب سطحی فعال استفاده می شود و می توان آن را دوباره مورد استفاده مجدد قرار گیرد. این روش در اسرع وقت توسعه یافته خواهد شد. و در مقیاس صنعتی استفاده می شود. این کار شامل برآورد هزینه، و عوامل مختلفی مانند فشار و درجه حرارت در مقایسه با نتیجه شرایط بهینه معرفی شده است [۱۱].

## ۲ - سنتز نانوذرات اکسید روی

برای تهیه نانو اکسید روی با کنترل pH توسط سود (NaOH) از مواد و حلال های زیر استفاده شده است.

### ۲-۱- مواد لازم جهت سنتز

الف- روی استات دو آبه  $Zn(CH_3COO)_2 \cdot 2H_2O$

ب- سود NaOH

ج- حلال آب دو بار تقطیر

### ۲-۲- شرح فرآیند سنتز

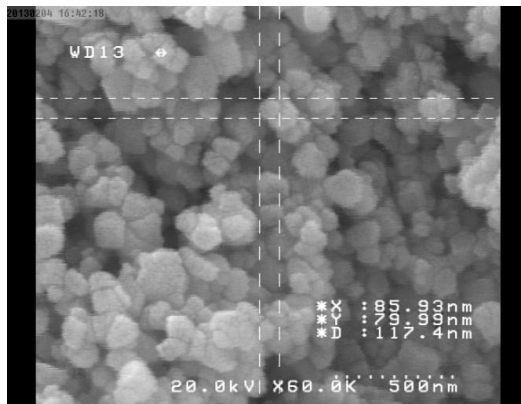
در این روش ابتدا ۶/۷۵ گرم نمک روی استات را در ۱۰۰ میلی لیتر آب دو بار تقطیر حل کرده بر روی هم زن مغناطیسی قرار داده می شود طوری که رسوبی در آن مشاهده نشود، سپس سود قطره قطره به محلول اضافه می شود تا pH آن به ۱۳/۲ برسد، سپس محلول به مدت یک ساعت در حضور امواج اولتراسونیک در حمام اولتراسونیک تحت دمای ۷۵ درجه سانتیگراد قرار می گیرد در انتها با استفاده از دستگاه سانتریفیوژ رسوب را از محلول جدا کرده و در دستگاه اتوکلاو در دمای ۱۰۰ درجه سانتیگراد به مدت یک ساعت خشک می شود. ساختار های نانو بدست آمده به رنگ سفید شیری تولید شده وبه وسیله پراش اشعه X، میکروسکوپ الکترونی پوشی<sup>۲</sup> و میکروسکوپ الکترونی عبوری<sup>۳</sup> مشخص شد. ذرات کروی با قطر متوسط در حدود ۳۰-۶۰ نانومتر مشاهده شد و در نهایت کریستال اکسید روی خالص با ساختار تقریباً کروی تولید شده است نانو ذرات با اندازه ی ۳۵ نانومتر در این آزمایش مورد استفاده قرار گرفته است. برای نمونه ۲ گرم از نانو ذره اکسید روی ۳۵ نانومتر که از روش اولتراسونیک با کنترل pH سنتز شده، در شکل (۳-۶) آمده است.

در ادامه مشخصات اصلی نانو ذره اکسید روی در جدول (۱) آمده است. تصاویر مربوط به نانوذرات اکسید روی که توسط پراش پودر اشعه X و میکروسکوپ های الکترونی SEM و TEM گرفته شده است.

شکل (۲)، تصویر SEM از نانوذرات اکسید روی و شکل (۳)، تصویر TEM از نانوذرات اکسید روی و شکل (۴) تصویر XRD از نانو ذرات اکسید روی می باشد.

جدول (۱): مشخصات نانوذره اکسید روی

Zinc Oxide (ZnO) Nano Powder	
اندازه متوسط (nm)	۳۵
خلوص	+۹۹ درصد
چگالی (Kg/m <sup>3</sup> )	۵۶۰۶
گرمای ویژه (J/mol.K)	۴۰/۳
رسانش حرارتی (W/m.K)	۲۰
سطح ویژه (m <sup>2</sup> /g)	۲۰-۶۰
مورفولوژی	تقریباً کروی
Cu	کمتر از ۰/۰۰۳ درصد
Mn	کمتر از ۰/۰۰۵ درصد
Cd	کمتر از ۰/۰۰۹ درصد
Pb	کمتر از ۰/۰۰۹ درصد

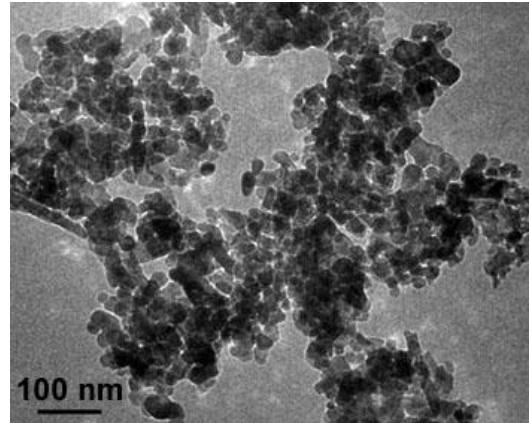


شکل (۲): تصویر SEM از نانو ذره اکسید روی



شکل (۱): تصویر نانو ذره اکسید روی ۳۵ نانومتر

آنگاه توسط کمپرسور به فشار عملیاتی مورد نظر (حداکثر ۱۲ اتمسفر) رسیده و جریان توسط فلومتر تنظیم میگردد. جریان گازی حاصل پس از عبور از کویل حرارتی وارد بستر حاوی نانو ذرات اکسید روی میشود. با توجه به ولو های تنظیم فشار، میزان فشار جریان گاز بر روی اعداد دلخواه تنظیم میشود. جریان گاز ترش شده پس از عبور از بستر حاوی نانو ذرات، وارد کیسول جمع آوری شده و سپس این نمونه های گازی از آنجا به آنالیزگرهای سولفید هیدروژن (GC) ارسال میگردد. از آنجا که نانو ذرات، سطح انتقال جرم بالایی دارند، عملیات انتقال سولفید هیدروژن از گاز ترش به نانو ذرات در خلل و فرج بستر نانو کاتالیستی انتقال میابد.



شکل (۳): تصویر TEM نانو ذره اکسید روی

### ۳- فرآیند شیرین سازی گاز ترش

آزمایش در راکتور استوانه ای در درجه حرارت های مختلف فشار، ارتفاع بستر، قطر بستر، و اکسید روی با قطر کاتالیزور مورد بررسی قرار میگیرد.

#### ۳-۱- وسایل مورد نیاز ساخت پایلوت آزمایشگاهی

الف) کمپرسور

ب) ترمومتر

پ) سلکتور

ج) ترموکوپل

د) هیتر گرمایشی و کلید دیمر

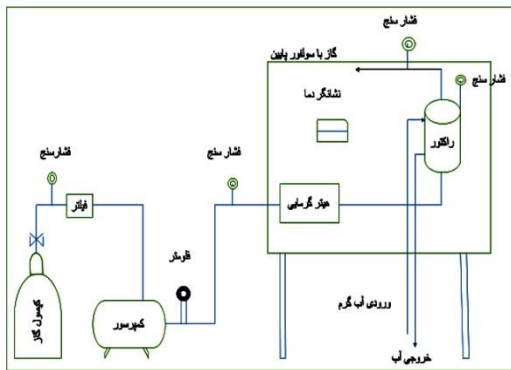
و) روتا متر

ه) راکتور آزمایشی

ی) فشار سنج

#### ۳-۲- شرح فرآیند شیرین سازی گاز ترش

اشکال (۴) و (۵) پایلوت مورد مطالعه را بترتیب به صورت شماتیک و تصویری نمایش میدهند. یک لوله آزمایشگاهی استوانه ای شکل پر شده توسط نانو ذرات اکسید روی جهت انجام فرآیند جذب سولفید هیدروژن در این مقاله مورد استفاده قرار گرفته است. دمای داخلی راکتور توسط جریان آبی که از پیش گرمکن وارد ژاکت راکتور شده تنظیم میگردد. با توجه به خاصیت خورنده بودن گوگرد و مشتقات آن از ابزارها و تجهیزاتی از جنس فولاد ضد زنگ استفاده شده است. در مرحله اول ابتدا شیر مخزن گاز ترش را باز میکنیم.



شکل (۴) شماتیک کلی دستگاه ساخته شده برای انجام فرآیند

شکل (۴) شماتیک فرآیند مورد نظر نشان داده شده است. برای تامین گرمایش راکتور از جریان آب گرم ورودی به ژاکت استفاده شده است.



شکل (۵) دستگاه ساخته شده جهت انجام آزمایش

سرعت جریان ۱/۶۷ میکرو متر مکعب بر ثانیه می باشد و راکتور مورد مطالعه دارای یک بستر به ارتفاع حداکثر ۱۰۰ میلی متر می باشد.

#### ۴-۱- نمودارهای مربوط به سنتز نانو ذره اکسید روی

نمودارهای ذیل از میکروسکوپ الکترون عبوری در دماهای ۳۵۰ درجه سانتیگراد، ۵۵۰ درجه سانتیگراد و ۷۵۰ درجه سانتیگراد برای ZnO سنتز شده گرفته شده اند. در شکل (۶) تصویر a نانو ذرات در دمای ۳۵۰ درجه سانتیگراد بازپخت شده اند و شکل (۶) تصویر b مربوط به نانو ذرات اکسید روی است که دمای بازپخت نانو ذرات ۵۵۰ درجه سانتیگراد می باشد. شکل (۷) نیز سنتز نانو ذرات در دمای بازپخت ۷۵۰ درجه سانتیگراد را نشان می دهد. همچنین تصویر گرفته شده توسط میکروسکوپ عبوری، مقیاس اندازه گیری ۵۰ نانومتر را برای تصویر a و مقیاس اندازه گیری ۱۶ نانومتر را برای تصویر b نشان می دهد. همچنین در شکل (۷) نیز مقیاس اندازه گیری برابر ۱۶ نانومتر می باشد.

همانگونه که در شکل (۵) نشان داده شده است، جهت کاهش اتلاف انرژی خط لوله متصل به بستر، حاوی پوشش عایق شده است. بستر حاوی نانو ذرات و خطوط انتقال مربوطه از فولاد ضد زنگ انتخاب شده اند.

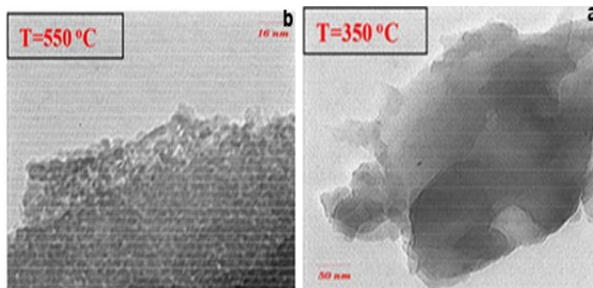
#### ۳-۳- واکنش های انجام شده در طول فرآیند

واکنش های انجام گرفته جهت حذف سولفید هیدروژن از گاز ترش و انتقال آن به نانو ذرات اکسید روی به قرار زیر است.

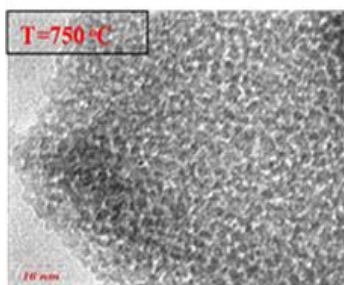
#### جدول (۲) واکنش های انجام گرفته جهت حذف سولفید هیدروژن

$ZnO + H_2S \rightarrow ZnS + H_2O$	(۱)
$ZnO + CH_4 \rightarrow Zn + CO + 2H_2$	(۲)
$ZnO \rightarrow Zn + 1/2O_2$	(۳)
$2O_2 + CH_4 \rightarrow CO_2 + 2H_2O$	(۴)

واکنش (۱) بیانگر تجزیه نانو ذرات اکسید روی به اکسیژن و روی میباشد. در این حالت گوگرد بر روی سطح روی مینشیند. از طرفی طبق واکنش (۲) گاز متان باعث تجزیه اکسید روی به هیدروژن، مونوکسید کربن و روی میشود. همچنین اکسید روی طی این فعل و انفعالات، طبق واکنش (۳) به اکسیژن و روی تجزیه خواهد شد. بر اساس واکنش (۴) اکسیژن حاصل از واکنش (۳) با متان ترکیب و دی اکسید کربن و آب تولید میگردد.



شکل (۶) مربوط به نانو ساختارهای ZnO حاصل از سنتز



شکل (۷) مربوط به نانو ساختار ZnO حاصل از سنتز

#### ۴ - تجزیه و تحلیل داده ها و نمودارها

در این مقاله اکسید روی به عنوان نانو کاتالیزور جهت حذف سولفید هیدروژن استفاده می شود. این اکسید فلزی در مقایسه با اکسیدهای فلزی دیگر گران قیمت نمی باشد، هدف از این آزمایش کاهش سولفید هیدروژن به زیر ۴ میلی گرم بر لیتر در جریان خروجی می باشد.

دما و فشار دو پارامتر مهم در فرآیند جداسازی می باشند. عملکرد غلظت جریان خروجی به ورودی در پنج دمای ۵۰، ۷۰، ۸۰، ۹۰ و ۱۰۰ درجه سانتیگراد در طول فشارهای مختلف مورد بررسی قرار گرفته است؛ بنابراین جهت یافتن بهترین درجه حرارت، فشار عملیاتی از ۵ اتمسفر به ۱۵ اتمسفر و قطر کاتالیزور ۳۵ نانومتر است، خوراک شامل ۱۰۰ میلی گرم بر لیتر از سولفید هیدروژن و



#### ۲-۴- مباحث و نتیجه گیری نمودارها در فشارهای

##### مختلف بر حسب دما

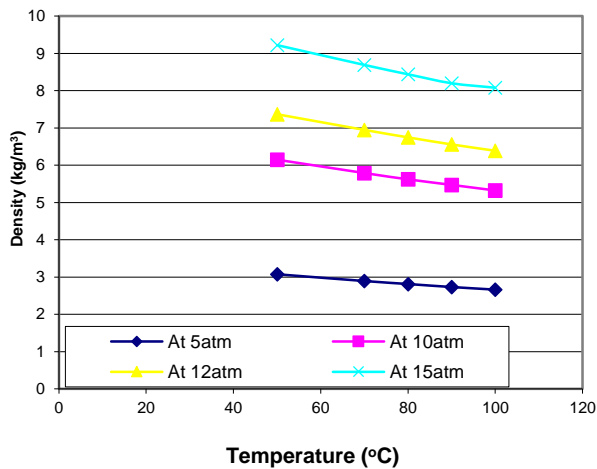
برای درک بهتر مقایسه نمودارها در شرایط مختلف فشار عملیاتی، نمودار سنخ به صورت فوق نشان داده شده است. همانطور که در این نمودارها مشاهده می شود، در فشار عملیاتی ۱۲ اتمسفر میزان تغییرات غلظت ورودی به غلظت خروجی به شدت کاهش می یابد. از آنجا که دستیابی به دمای ۸۰ درجه سانتی گراد راحتتر و کم هزینه تر از دمای ۹۰ و ۱۰۰ درجه سانتی گراد است، ولی ملاحظه می شود که در دمای ۸۰ درجه سانتی گراد هم نسبت غلظت ورودی به غلظت خروجی به شدت کاهش می یابد، که در این شرایط میزان سولفید هیدروژن در میان گاز خروجی از راکتور به شدت کاهش می یابد و به عبارت دیگر گاز خروجی از بستر در شرایط عملیاتی گفته شده به میزان قابل توجهی شیرین می شود.

با توجه به نمودار (۱) به نظر می رسد فرآیند در حال اجرا در زیر فشار ۱۵ اتمسفر امکان پذیر است و با توجه به نتایج موجود در نمودار (۱) بررسی درجه حرارت بالاتر از ۸۰ درجه سانتی گراد فقط بر روی کاهش میزان سولفید هیدروژن در ۱۲ اتمسفر موثر است. اگر چه غلظت خروجی در دو دمای ۸۰ و ۱۰۰ درجه سانتی گراد یکسان است، اما انرژی مصرف شده در محفظه بخار در ۱۰۰ درجه سانتیگراد در مقایسه با ۸۰ درجه سانتی گراد بالاتر است. بنابراین دمای ۸۰ درجه سانتی گراد و فشار ۱۲ اتمسفر به عنوان بهترین شرایط عملیاتی ترجیح داده شده است.

#### ۳-۴- تغییرات دانسیته جریان گاز در فشارهای

##### مختلف بر حسب دما

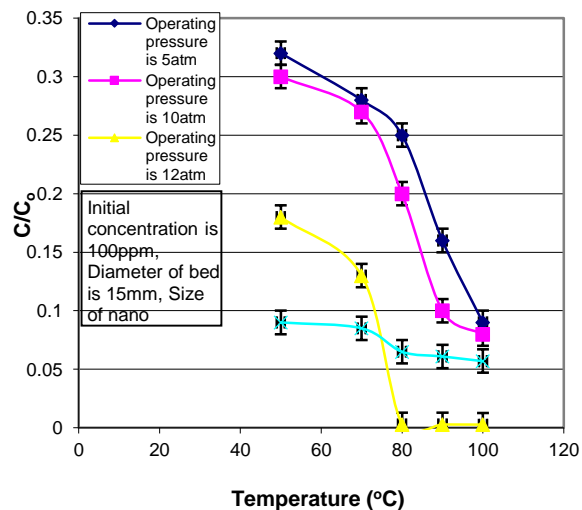
نمودار (۲) تغییرات دانسیته جریان گاز در شرایط عملیاتی داده شده را نشان می دهد. همانگونه که در نمودار (۲) نشان داده شده است، در فشار عملیاتی ۱۵ اتمسفر بیشترین چگالی را نسبت به سایر شرایط عملیاتی نشان می دهد. این نمودار نشان می دهد که با افزایش دما تا حدودی میزان دانسیته جریان خوراک کاهش می یابد و همچنین این نمودار نشان می دهد که میزان دانسیته حدود ۲،۸ تا ماکزیمم حدود ۹،۱ کیلو گرم بر متر مکعب افزایش می یابد.



نمودار (۲) مقایسه تغییرات دانسیته فشارهای مختلف بر حسب دما

#### ۴-۴- نمودار تغییرات غلظت بر حسب ارتفاع بستر

نمودار (۳) تغییرات غلظت ورودی به غلظت خروجی سولفید هیدروژن موجود در گاز را بر حسب ارتفاع بستر به ما نشان می دهد. این نمودار بیان می دارد که ارتفاع حدود ۷۰ میلی متر می تواند، یک ارتفاع بهینه برای حذف ترکیبات سولفید هیدروژن در جریان خوراک ورودی باشد، لذا از آنجا که هزینه های کلی یک واحد صنعتی برابر مجموع هزینه های عملیاتی و ثابت می باشد، به نظر می رسد که ۷۰ میلی متر برای بستر حاوی نانو ذرات یک ارتفاع بهینه باشد.

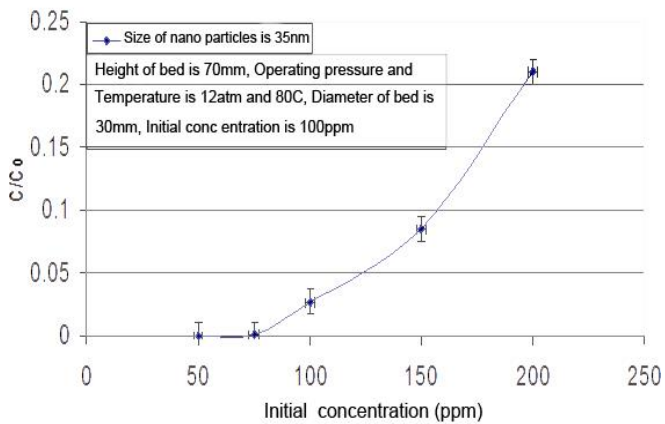


نمودار (۱) مقایسه فشارهای مختلف بر حسب دما

#### ۴-۶- تاثیر غلظت های متفاوت سولفید هیدروژن در

##### جریان خوراک فرآیند

نمودار (۶) نشان می دهد که روند تغییرات غلظت ورودی به غلظت خروجی سولفید هیدروژن موجود در گاز در شرایط بدست آمده فوق ( طول بستر ۷۰ میلی متر ، فشار و دمای عملیاتی هر کدام به ترتیب ۱۲ اتمسفر و ۸۰ درجه سانتی گراد و قطر بستر ۳۰ میلی متر) را نشان می دهد. ملاحظه میکنید زمانی که غلظت سولفید هیدروژن در جریان خوراک ورودی از ۵۰ تا حدود ۷۵ میلی گرم بر لیتر باشد، میزان غلظت ورودی به غلظت خروجی سولفید هیدروژن موجود در گاز تقریباً برابر صفر خواهد بود. در حالتی میزان شیب افزایش نسبتاً بالایی دارد که غلظت سولفید هیدروژن در خوراک ورودی از ۱۵۰ تا ۲۰۰ میلی گرم بر لیتر برسد و نسبت تغییرات غلظت ورودی به خروجی در این میزان بیشتر از هنگامی است که میزان سولفید هیدروژن موجود در خوراک بین ۷۵ تا ۱۵۰ میلی گرم بر لیتر باشد.

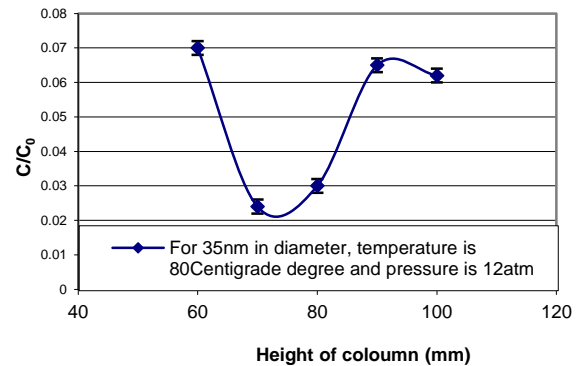


نمودار (۶) تاثیر غلظت های متفاوت سولفید هیدروژن در جریان خوراک فرآیند

#### ۵- نتیجه گیری کلی و پیشنهادات

##### ۱-۵- نتیجه گیری کلی

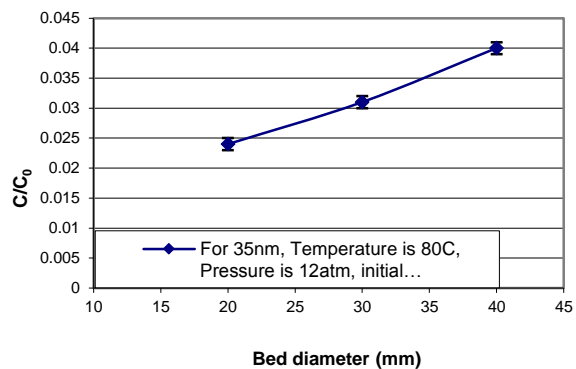
۱- در درجه حرارت کم شیرین سازی گاز با استفاده از نانو کاتالیست روی مورد بررسی قرار گرفته است و از لحاظ تجاری هنوز رتبه دهی نشده است.



نمودار (۳) تغییرات میزان غلظت نسبت به ارتفاع بستر

#### ۴-۵- نمودار تغییرات غلظت بر حسب قطر بستر

نمودار (۴) تغییرات غلظت ورودی به غلظت خروجی سولفید هیدروژن موجود در گاز را نسبت به قطر بستر به ما نشان می دهد، همچنین اثر تغییر در قطر بستر در حذف سولفید هیدروژن در نمودار (۴) برای نانو ذرات با قطر ۳۵ نانومتر نشان داده شده است. نمودار (۴) مقدار قابل توجهی از میزان افزایش عملکرد غلظت جریان خروجی به ورودی را نشان داده و تغییرات بستر کاتالیزور را برای ذرات ۳۵ نانومتری در قطرهای ۲۰ تا ۴۰ میلی متر نشان می دهد. این موضوع ممکن است مربوط به عبور جریان گاز در بستر باشد. منحنی نمودار (۴) نشان می دهد که افزایش در مقدار سولفید



نمودار (۵) تغییرات غلظت نسبت به قطر بستر

هیدروژن خروجی به علت افزایش در مقدار قطر بستر می باشد، اما نتایج عملی هستند و عملکرد تمام زیر ۰/۰۴ میلی گرم بر لیتر می باشد.

۴ - اثر تغییرات هندسی بستر حاوی نانو ذره بر عملکرد شیرین سازی گاز ترش.

۵ - بررسی خصوصیات ترمو فیزیکی گاز شیرین بعد از عملیات حذف  $H_2S$  از گاز ترش نانو ذرات.

#### ۶- تقدیر و تشکر

با نام و یاد حضرت احدیت که اول آموزگار بشریت است، بدین وسیله شایسته است از استاد فرهیخته و فرزانه ام جناب آقای دکتر درویشی و پدر و مادرم مهربانم که همیشه و در همه حال یار و یاورم بوده اند و همچنین مهندس علی ارجمند عزیز که در این مقاله مرا یاری نمودند و با کرامتی چون خورشید، سرزمین دل را روشنی بخشیدند و گلشن سرای علم و دانش را با راهنمایی های کار ساز و سازنده شان بارور ساختند، تقدیر و تشکر نمایم.

#### ۷ - جدول ضمائیم و نشانه ها

نرخ انتقال حرارت	Q
ضریب انتقال حرارت جابجایی	H
ضریب انتقال حرارت جابجایی آب مقطر	$h_w$
انتقال حرارت	$q_x$
سطح	A
گرادیان	$\partial$
درجه حرارت	T
مکان	X
رسانش حرارتی	K
انتقال حرارت تشعشی	$q_{emitted}$
مقاومت گرمایی	R
میکروسکوپ الکترونی پویشی	SEM
میکروسکوپ الکترونی عبوری	TEM
منطقه انتخابی تفرق الکترون	SAED
پراش پودر اشعه ی X	XRD
طیف سنجی تفکیک انرژی	EDAX

۲ - توسعه نانو کاتالیزور در زمینه های مختلف از لحاظ اقتصادی و کارآمدی در بسیاری از فرایندهای مختلف پیشنهاد می شود، عملکرد فرآیند را نسبت غلظت خروجی به غلظت ورودی در نظر گرفته و به عنوان ارزش یا راندمان معرفی شده است.

۳ - آزمایش در راکتور استوانه ای در درجه حرارت های مختلف فشار ، ارتفاع بستر، قطر بستر، و اکسید روی با قطر کاتالیزور مورد بررسی قرار گرفته است.

۴ - نتایج آزمایشگاهی نشان می دهد که شرایط عملیاتی عملکرد جذب در ۸۰ درجه سانتی گراد و ۱۲ اتمسفر از کاتالیزور اکسید روی  $35nm$  و ارتفاع بستر ثابت در ۷۰ میلی متر و قطر بستر ۳۰ میلی متر مطلوب است خوراک ورودی در بستر کاتالیزوری حاوی ۵۰، ۷۵، ۱۰۰، ۱۵۰، ۲۰۰ بررسی شده است .

۵ - نتایج تأکید می کند که قابلیت نانو کاتالیزور اکسید روی با افزایش در غلظت سولفید هیدروژن اولیه کاهش می یابد و بهترین غلظت ورودی کمتر از ۱۰۰ میلی گرم بر لیتر از سولفید هیدروژن است.

۶ - مطالعات قبلی نشان داده است که بهترین کار جذب گوگرد در سطح اکسید فلز جامد صورت می گیرد بنابراین در این مقاله اقدام به ایجاد ماده ای با حداکثر سطح، واکنش پذیری بالا، یکپارچگی ساختاری در یک جاذب گوگرد با کارایی بالا کرده ایم که دانه های کوچک نانو ذرات اکسید روی مد نظر می باشد اکسید روی به طور متعدد برای از بین بردن سولفید هیدروژن از جریان گاز استفاده شده است.

۷ - در فرآیند جذب توسط نانو اکسید روی ، شیرین سازی گاز طبیعی با حداقل شار گرمایی در مقایسه با روش های شیرین سازی دیگر رخ می دهد همچنین حدود ۷۰ تا ۸۰ درصد مقدار اولیه سولفید هیدروژن از متان توسط فرآیند جذب پیشنهاد شده حذف می شود.

۸ - همچنین کاتالیست روی از نظر صرفه اقتصادی از کاتالیست های دیگر بهتر است و حتی قابل مقایسه نمی باشد.

#### ۶-۲-پیشنهادهات

۱ - استفاده تلفیقی از نانو ذرات اکسید های دو یا سه فلز جهت بررسی عملیات شیرین سازی

۲ - بررسی نانو ذرات کرومی و استوانه ای در فرآیند شیرین سازی گاز ترش

۳ - استفاده از نانو ذرات اکسید روی (مطالعه شده در این مقاله) جهت حذف ترکیبات گوگردی و مرکاپتان از میعانات گازی.



## ۸ - مراجع

- [۱۱] R. Alvarez-cruz, B. E. Sanchez-Flores, J. Torres-Gonzalez, R. Antano-Lopez, F. Castanieda (۲۰۱۲) Insights in the development of a new method to treat  $H_2O$  and  $CO_2$  from sour gas by alkali Original Fuel, Volume ۱۰۰, Pages ۱۷۳-۱۷۶
- [۱۲] Quanyou Liu, Zhi'yun Jin, Jian Li, Anping Hu, Changchun Bi (۲۰۱۲) Origin of marine sour natural gas and gas-filling model for the Wolonghe Gas Field, Sichuan Basing China Original Research Article Journal of Asian Earth Sciences, Volume ۵۸, ۳۰, p.p ۲۴-۳۷
- [۱۳] Ma Q;ngchun, Zhang Laibin (۲۰۱۱) CFD simulation study on gas dispersion for risk assessment A case study of sour gas well blowout Safety Science, Volume ۴۹, issues ۸-۹, p.p ۱۲۸۹-۱۲۹۵
- [۱۴] Xiaoling Ren, Jizhong Ren, Maicun Deng (۲۰۱۲) Poly (amide- $\beta$ -ethylene oxide) membranes for sour gas separation Original Research Article Separation and Purification Technology, Volume ۸۹, ۲۲ p.p ۱-۸
- [۱۵] Yanhong wang, Xuemei Lang, Shuanshi Fan (۲۰۱۳) Hydrate capture  $CO_2$  from shifted synthesis gas, flue gas and sour natural gas or bionics Review Journal of Energy Chemistry, Volume ۲Z, issue ۱, p.p ۳۹-۴۷
- [۱۶] Wael A, Fouad, Abdallah S. Berrouk (۲۰۱۳) Phase behavior of sour natural gas systems using classical and statistical thermodynamic equations of states Original Research Article Fluid Phase Equilibria, Volume ۳۵۶, ۲۵, p.p ۱۳۶-۱۴۵
- [۱۷] Han Kamari, M-hamrnad Oyarhossein (۲۰۱۲) Experimental determination of hydrate phase equilibrium curve for an Iranian sour gas condensate sample Original Research Article Journal of Natural Gas Science and Engineering, Volume ۹, p.p ۱۱-۱۵
- [۱۸] Katarzyna Antoniak, Pawed Kowalik, WiesJaw Prochniak, Marcin Konkol, Anna Wach, Piotr Kustrowski,, Janusz Ryczkowski (۲۰۱۲) Effect of flash calcined alumina support and potassium doping on the activity of Combo catalysts in sour gas shift process Original Research Article Applied Catalysis A: General, Volumes ۴۲۳-۴۲۴, ۷, p.p ۱۱۴-۱۲۰
- [۱۹] Yazdan Shirvany, Gholamreza Zahedi, Mohsen Bashiri (۲۰۱۲) Estimation of sour natural gas water content Original Research Article Journal of Petroleum Science and Engineering, Volume ۷۳, issues ۱-۲, , p.p ۱۵۶-۱
- [۲۰] Zeng Shun-peng, Yang Xiu-wen, Zhang Qi-min, Xu Chun-bi, Liu Jingcheng, Han-yukun, Liang Xinyue, Yao Guang-ming (۲۰۱۲) Investigating on the Prediction Model of Sulfur Deposition in High Sour Gas-Well Original Research Article Procedia Engineering, Volume ۲۹, p.p ۴۲۶۷-۴۲۷۲
- [۱] Yuxiao Niu, Mingyang Xing, Baozhu Tian, jinlong Zhang, ۲۰۱۲, "Improving the visible light photocatalytic activity of nano-sized titanium dioxide via the synergistic effects between sulfur doping and sulfation," Applied Catalysis B: Environmen., ۱۱۵-۱۱۶ (۵) pp. ۲۵۳-۲۶۰.
- [۲] Zhang Yongguang, Zhao Yan, Konarov Qishuak, Gosselink Denise, Soboleski Hayden Greentree, Chen P., ۲۰۱۳, "A novel nano-sulfur/polypyrrole/graphene nanocomposite cathode with a dual-layered structure for lithium rechargeable batteries/" J. Power Source., ۲۴۱ (۱), pp. ۵۱۷-۵۲۱.
- [۳] Hosseinkhani M., Montazer M., Eskandarnejad S., Rahimi M.K., ۲۰۱۲, "Simultaneous in situ synthesis of nany silver and wool fiber fineness enhancement using sulphur based reducing agents," Colloids and Surfaces A: Physicochem. Eng. Aspect., ۴۱۵ (۵), pp. ۴۳۱-۴۳۸.
- [۴] Chri-toforidis Konstantinos C., Figueroa Santiago J.A., Fernandez-Garcia Marcos, ۲۰۱۲, "Iron-sulfur codoped  $TiO_2$  anatase nano-materials: UV and sunlight activity for toluene degradation," Applied Catalysis B: Environment., ۱۱۷-۱۱۸ (۱۸), pp. ۳۱۰-۳۱۶.
- [۵] Balouria Vishal, Kumar Arvind, Samanta S., Singh A., Debnath A.I., Mahajan Aman, Bedi R.K., Aswal D. K., Gupta S. K., ۲۰۱۳, " Nano-crystalline  $Fe_{2}O_3$  thin films for ppm level detection of  $H_2O$  Sensors Actuators a: Chemical, ۱۸۱, pp. ۴۷۱-۴۷۸.
- [۶] Jinghang Hu, Shunli He, Jinzhou Zhao, Yongming Li (۲۰۱۳) Modeling of sulfur plugging in a sour gas reservoir Original Research Article Journal of Natural Gas Science and Engineering, Volume ۱۱, p.p ۱۸-۲۲
- [۷] Bahman ZareNezhad, Ali Aminian (۲۰۱۲) Accurate prediction of sour gas hydrate equilibrium dissociation conditions by using an adaptive neuro fuzzy inference system Original Research Article Energy Conversion and Management, Volume ۵۷, p.p ۱۴۳-۱۴۷
- [۸] Mohammad Nikookar, Amir H. Mohammadi (۲۰۱۲) Prediction of sour gas compressibility factor using an intelligent approach Original Research Article Fuel Processing Technology, Volume ۱۱۶, p.p ۲۰۹-۲۱۶
- [۹] W.f.J. Burgers, P.S Northrop, H.S. Khesghi, J.A. Valencia (۲۰۱۱) worldwide development potential for sour gas Original Research Article Energy Procedia, Volume ۴, ۲۰۱۱, p.p ۲۱۷۸-۲۱۸۴
- [۱۰] Bahman ZareNezhad, Mohammad Ziaee (۲۰۱۳) accurate prediction of  $H_2S$  and  $CO_2$  containing sour gas hydrates formation conditions considering hydrolytic and hydrogen bonding association effects Original Research Article Fluid Phase Equilibria, Volume ۳۵۶, ۲۵ p.p ۳۲۱-۳۲۸