بررسی عملکرد نانو ذرات اکسید آهن به عنوان کاتالیست فرایند فیشر – تروپش در رآکتور بستر ثابت

تاریخ دریافت: ۸۹/٤/۱۵ ؛ تاریخ پذیرش: ۹۰/٦/۲۳

کاوه کلانتری و مرتضی سهرابی دانشگاه صنعتی امیرکبیر تهران، دانشکده مهندسی شب Sohrabi@aut.ac.ir

چکیدہ

در این پژوهش، نانو ذرات اکسید آهن (a-Fe₂O₃) با گستره ۵۰–۲۰ نانومتر به عنوان کاتالیست سینتز فیشر – تروپش در رآکتور بستر ثابت مورد ارزیابی قرار گرفت. آنالیزهای XRD, SEM و BET بر روی نانو ذرات اکسید آهن تازه XRD, SEM و قرص نانو کاتالیست آهن تهیه شده انجام شد، تا اثر روش تهیه بر فعالیت کاتالیست بررسی گردد. نانوکاتالیست تهیه شده، فعالیت و گزینش پذیری مناسبی در شرایط معمولی سنتز فیشـر – ترویش از خود نشـان داد. به منظور بهینهسازی شرایط عملیاتی سنتز FT به کمک نانوکاتالیست آهن از روش طراحی آماری تاگوچی بهره گرفته شـد. برای تشـکیل جدول طراحی آزمایش ها سه فاکتور دما، نسبت مولی H₂/CO و سـرعت فضایی گاز ســنتز ورودی به رآکتور به ترتیب در محدودههای C° ۳۰۰ ۲۱۰ ، ۲۲۰–۲۷ و ۳۰۰ ۳-۱۵ NL gFe⁻¹h⁻¹ و در سه سطح انتخاب شد. آزمایشها در فشار ثابت ۲۰ bar انجام شدند. میزان تولید _{+C} به ازای مقدار مصرف گاز CO (بازده توليد ₊₅) به عنوان تابع هدف انتخاب گرديد. شرايط بهینے عملیاتی حاصل از نتایج طراحی آماری بهصورت زیر می باشد: دما ^C ۲٦۰، نسبت مولی ۲۷/ ۹۰ H₂/CO و سرعت فضایی C_{5+} NL gFe⁻¹h⁻¹ . بازده تولید C_{5+} در شرایط بهینه (g/g cat. mol CO consumed) ۳۵/۵۹٤۸ (بهدست آمد.

برای مقایسه عملکرد نانو کاتالیست تهیه شده با کاتالیستهای دیگر از پارامتر a که از مدل ASF بهدست آمده، استفاده شد. نانو کاتالیست آهن به کار برده شده در رآکتور بستر ثابت در مقایسه با نانو کاتالیستهای NANOCAT, BASF و کاتالیست صنعتی UCI گزینش یذیری _{۲۰}۰۰ بالاتری از خود نشان داد.

سال بیست و یکم شماره ۶۷

صفحه ۱۳–۳،

189.

واژههای کلیدی: نانو ذرات اکسید آهن، نانوکاتالیست، سنتز فیشر– تروپش، طراحی آماری تاگوچی

مقدمه

فرایند فیشر – تروپش (FT) بهدلیل تولید هیدروکربنهای مایع به عنوان سوختهای پاک، امروزه مورد توجه فراوان میباشد. واکنش فیشر – تروپش، هیدروژناسیون کاتالیستی مونوکسید کربن است که محصول آن محدوده وسیعی از هیدروکربنهای پارافینی و الفینی و همچنین ترکیبات اکسیژندار را در بر می گیرد [۱]. از میان کاتالیستهای فرآیند فیشر – تروپش، کاتالیستهای بر پایه آهن به دلیل هزینه کم و گزینش پذیری بالا برای تولید الفینهای سنگین مورد توجه می باشند [۲ و ۳].

کاتالیست آهن در فرآیند FT با گاز سنتز حاصل از زغال سنگ و یا تودههای حیاتی، بهدلیل فعالیت بالا برای انجام

پژوش نفت • شماره ۶۷

واکنش جابجایی آب – گاز مناسب میباشد، زیرا امکان استفاده از گاز سنتز با نسبت H₂/CO پایین را فراهم میسازد [۳ و ٤]. از سویی، بازده زمان – فضایی (STY)⁽ کم، گزینش پذیری پایین محصولات، تجمع کاتالیست و تف جوشی^۲ آن کاربرد کاتالیست آهن را در بازه دمایی C۰۰۰۳-۲٦۰ محدود میکند [۱ و ۵].

از آنجا که در ذرات نانو نسبت سطح به حجم ذرات بالا مي باشد، استفاده از أنها به عنوان كاتاليست قابل توجه اســت. مطالعات اندکی در مورد سنتز فیشر-تروپش در فاز دوغابی (رآکتورهای دوغابی) در شرایط عملیاتی معمولی با نانو ذرات ۲۰ [٦] و ۳ نانومتری [۷-۱۳] آهن گزارش شده است. با این حال در واکنش های گرمازا مثل هيدروژناسيون مونوكسيد كربن، نانو كاتاليستها احتمالاً مؤثرتر و گزینش پذیرتر بوده یا خرواص جالب دیگری با کاهش دما نشان می دهند. ماهاجان و همکارانش [۱۲–۱۰] از نانو ذرات α-Fe₂O₃ با اندازه ذرات متوسط ۳ نانومتر (NANOCAT) و ۸۰-۲۰ نانومتر (BASF) در یک رآکتور دوغابی جهت ســنتز فیشــر- تروپش استفاده کردند و نشان دادند که عملکرد این سیستم قابل مقایسه با کاتالیستهای با پایه شرکت UCI برای سنتز فیشر – تروپش با ترکیب (۲/۲ Fe₂O₃، ٥/۱ K₂O، ٨/۳ SiO₂، ۲/٦ CuO) با ترک می باشــد. بــا وجودی که در این سیســتم از یایه اســتفاده نمی شود، بهدلیل ریز بودن ذرات Fe₂O₃، مساحت سطح کاتالیست های NANOCAT و BASF به ترتیب برابر m²/gr و ۲۰۰ m²/gr و ۲۰۰ m²/gr گزارش شده است. محققان فوق مزیت این سیستم را کار در دمای کمتر (C° ۲۲۰) و توقف فعاليت واكنش جابجايے آب گاز بيان كردند. سارکار[؛] و همکارانش [۱۳] از نانو ذرات ۵-۴e₂O₃ با اندازه ذرات متوسط ۳ نانومتر در رآکتور دوغابی برای بررسی تغييرات فازي و ريختشناسي نانوكاتاليست آهن طي سنتز فیشر – ترویش استفاده کردند. آنها مشاهده کردند که نانو ذرات آهن طی واکنش فیشر– تروپش در مقیاس نانو رشد کرده است. ماهاجان و همکارانش نیز چنین رفتاری را برای NANOCAT و BASF گزارش کردهاند [۱۱ و ۱۲]. در تحقیق حاضر، از نانو ذرات α-Fe₂O₃ با اندازه متوسط ۵۰-۲۰ نانومتر برای اولین بار در رآکتور بستر ثابت برای سنتز

فیشر – تروپش استفاده گردید. نانو ذرات برای استفاده در رآکتور دانهبندی شدند. آنالیزهای XRD, BET و SEM برای بررسی ساختار نانوکاتالیست انجام شد. شرایط عملیاتی بهینه برای نانوکاتالیست توسط روش طراحی آماری تاگوچی تعیین گردید. در خاتمه، کارایی نانوکاتالیست بهکار رفته با نانوکاتالیستهای NANOCAT و BASF و کاتالیست صنعتی UCI مقایسه شد.

آزمایشها

آمادهسازي كاتاليست

نانو پودر اکسید آهن (Fe₂O₃) از شرکت نانو آمور امریکا با مشخصاتی که در جدول زیر ذکر گردیده خریداری شد. **جدول ۱**- مشخصات نانو پودر اکسید آهن (Fe₂O₃)

α	نوع ساختار كريستالي
۲۰-٥۰ nm	اندازه متوسط ذرات (APS)
۹۸ درصد	ميزان خلوص
٥٠ m²/g	سطح ویژہ (SSA)

با توجه به اینکه نانو پودر اکسید آهن جاذب رطوبت است، بعد از خریداری در دستگاه اتوکلاو نگهداری شد. برای استفاده از نانو ذرات اکسید آهن در رآکتور، لازم است که قرص هایی از ذرات مذکور تهیه گردد. برای این منظور با استفاده از دستگاه قرصزنی در فشار ماه ۲۰، نانو پودر به صورت قرص درآمد. از آنجا که خاصیت تراکمپذیری این نانو ذرات بسیار بالاست، هیچ ماده دیگری به عنوان چسباننده به ذرات افزوده نگردید، تا بتوان صرفاً اثر اکسید آهن را به عنوان کاتالیست در این فرآیند مورد بررسی قرار داد. قرص های حاصل، خرد شده و با مش های استاندارد داد. قرص های حاصل، خرد شده و با مش های استاندارد ذرات باقی مانده روی الک مش ۱۰۰ به عنوان کاتالیست از دیگر ذرات جدا شدند.

آنالیز پراش اشعه ایکس (XRD)

بهوسیله آزمون پراش اشعه ایکس، میتوان به فازهای بلوری موجود در ساختار کاتالیست و نحوه ترکیب عناصر

- Mahajan
- 4. Sarkar

^{1.} Space Time Yield

^{2.} Sintering

بررسي عملكرد نانو ذرات اكسيد...

با یکدیگر پیبرد. آنالیز XRD کاتالیست توسط یک دستگاه شكست سنجي فيليپس از نوع XPert MPD با لامپ Cu/Kα انجام شد.

آنالیز تعیین اندازه سطح (BET)

برای اندازهگیری مسماحت سمطح، اندازه و حجم حفرات نانو کاتالیست از آنالیز BET توسط دستگاه ۲۲۰۰ NOVA مدل ۷/۱۱ ساخت شرکت Quantachrome استفاده گردید. آناليز SEM

دستگاه میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM)، دستگاهی است که بهوسیله آن می توان اطلاعات میکرو ساختاری را از سطح نمونه بهدست آورد. این آنالیز توسط دستگاه SEM مدل XL30 ساخت شركت Philips انجام شد.

سنتز فيشر – تروپش

جهت انجام آزمایش های راکتوری به منظور بررسی فعالیت و گزینش پذیری نانوکاتالیست، از یک راکتور لولهای با قطر داخلي ١/٦cm و ارتفاع ٧٠ cm استفاده شد. ١gr نانو كاتاليست با gr کوارتز هماندازه مخلوط و در رآکتور بارگیری میشود تا پس از فعالسازی، برای انجام آزمایش آماده باشد. فعالسازي نانوكاتاليست توسط گاز مونوكسيد كربن با سرعت فضایی ۳ NL gFe⁻¹h⁻¹ در دمای C° ۲۸۰ و فشار

(الف)

v.

(ب)

٥٠

2θ

2.0 شکل۱- طیفهای XRD نانو ذرات، الف) قبل از قرصزنی و ب) بعد از قرصزنی

٤ bar به مدت ۱۲ ساعت انجام شد. سنتز FT در فشار ثابت ۲۰ bar صورت گرفت.

برای تعیین نوع و میزان محصولات از دو دستگاه گاز کروماتو گراف که به صورت موازی با یکدیگر عمل می کردند، استفاده شد. گازهای خروجی از رآکتور توسط یک سے راهی T شکل به دستگاههای گاز کروماتو گراف که بهصورت پیوسته مواد راکتور را آنالیز میکنند، فرستاده می شد. دستگاه گاز کروماتو گراف اول، Agilent مدل ٦٨٩٠ ساخت کشور آمريکا بود که براي آناليز محصولات واکنش به استثنای مونوکسید کربن به کار می رفت. دستگاه گاز کروماتو گراف دوم که از آن برای آنالیز مونو کسید کربن استفاده می شد، Shimadzu مدل ۱٤ B بود.

نتايج و بحث

۳.

۳.

طیفهای XRD نمونهها در شکل ۱ نشان داده شده است. همان گونه که از تصاویر برمی آید، طیفهای مربوط به ذرات و قرص اکسید آهن تفاوت چندانی با هم ندارند. از آنجا که خاصیت کاتالیستی به ساختار کریستالی مواد ارتباط دارد، لذا باتوجهبه نتايج شكل ١،انتظار مي رودكه فشار ناشى از قرص زنى تغييري در خاصيت كاتاليستي ذرات به وجود نياورده باشد.



۱. ۵.

۲0.

۲.,

ت بل اور

٥٠

پژوش نفت • شماره ۶۷

نانو پودر در رآکتور بستر ثابت و جلوگیری از خروج آن

انجام قرص زني الزامي است، لذا مي توان كاهش سطح

تصاویر SEM نمونهها در شـکلهای ۲ و ۳ ارائه شـده

است. تصویر شماره ۲، نانو یودر اکسید آهن را قبل از

قرصزنی نشان میدهد. همانگونه که در تصویر مشاهده

نتایج حاصل از انجام آنالیز BET برای قرص کاتالیست و نانو پودر اکسید آهن در جدول ۲ ارائه شده است.

کاهش سطح فعال نانوکاتالیست، بهدلیل قرصزنی و دانهبندی نانو پودر اکسید آهن میباشد. همانطور که ذکر شد، قرصزنی نانو پودر باعث از بین رفتن خاصیت نانویی ذرات اکسید آهن نمیشود. هر چند کاهش سطح فعال قرص کاتالیست نسبت به ذرات اولیه باعث کاهش فعالیت کاتالیست میشود، اما از آنجایی که برای بارگذاری

) میباشند. متوسط	، این ذرات دارای ساختار کروی	عث كاهش مىشود	سبت به ذرات اوليه با
رمتر قرار دارند.	ذرات نیز در محدوده ۵۰–۲۰ نانو	، بارگذاری اندازه [.]	د، اما از آنجایی که برای
	ودر و نانوکاتالیست	سه سطح BET برای نانو پ	جدول۲ - مقايد
	نانو پودر اکسید آهن (تازه)	قرص كاتاليست	ویژگی
	٥٠	۲۸/۷٦٩	ساحت سطح (m²/g)
	-	•/1٣٩	حجم حفرات (cc/g)
	_	۲/٤٤	انداره حفرات (nm)

نانوكاتاليست را يذير فت.



شکل۳- نانوکاتالیست Fe₂O₃

بررسى عملكرد نانو ذرات اكسيد...

در شکل شماره ۳، تصویر قرص نانوکاتالیست اکسید آهن ارائه شــده اســت. چنان که از تصویر مشخص است، قرصزنی باعث تجمع خوشههای نانو پودر میشود.

به منظور بهینهسازی شرایط عملیاتی نانوکاتالیست آهن، از روش طراحیی آماری تاگوچی بهره گرفته شد. برای تشکیل جدول طراحی آزمایش،ها، سه فاکتور مهم و اثر گذار يعنی دما، غلظت خوراک ورودی (نسـبت مولی H₂/CO) و سرعت فضایی گاز در سه سطح انتخاب شدند.

جدول ۳ طراحی آزمایش ها را در این مورد نشان میدهد. نتایے حاصل از انجام آزمایشات در جدول ٤ ارائه

سرعت فضایی گاز سنتز (NL gFe ⁻¹ h ⁻¹)	نسبت مولی H ₂ /CO	دما (C°)	شماره آزمایش	
٣	•/٦٧	۲٦.	1	
٩	1/44	77.	۲	
١٥	ř	77.	٣	
٩	•/٦٧	77.	٤	
١٥	1/٣٣	۲۸۰	٥	
٣	7	۲۸.	٦	
10	•/٦٧	۳	v	
۳ , ۷	١/٣٣	۳	٨	
٩	٢	۳	٩	
جدول٤ – نتایج ازمایشهای بهینهسازی				

م جدما ۳- ط احم آزمان های به زمین از م

شده است.

فعالیت بالای کاتالیست الزاماً به معنی مناسب بودن

كارایی كاتالیست نیست، بلكه گزینش پذیری كاتالیست

برای تولید محصولات هیدرو کربنی سنگین (_{+C}) دارای

اهمیت می باشد. از آنجا که هدف عمده انجام فر آیند FT

تولید سوختهای مایع است که باید با کاهش تولید CO₂

نامطلوب و افزایش تولید +C₅ همراه باشد، لذا به حداکثر

رساندن تولید _{۶+}C به ازای مقدار مصرف گاز CO به عنوان

تابع هدف انتخاب شـد. در این مورد اثـر متقابل درصد

تبدیل خوراک و تولید +C₅ مورد ارزیابی قرار می گیرد.

بهينهسازي	های	ازمايش	- نتايج	جدول٤-

(g/g cat. mol CO consumed) C ₅₊ بازده توليد	درصد تبدیل CO	شماره آزمایش	ترتيب انجام
15771	1./27	٤	١
٩/٨٢	۲•/V٤	٢	٢
٤/٧٨	٩٦/٤	٩	٣
०/١٩	٩٣/١٢	٨	٤
10/91	۲۸/۰٥	٣	0
٩/٥٤	۲۳	V	٦
30/JV	٣/٧٥	١	٧
٦/٢٥	٥٨/٨٢	٥	٨
٤/٨٩	٩٧/٥٤	٦	٩

برای بررسی اثر شرایط عملیاتی بر میزان تولید C_{s+} به ازای میزان مصرف Co یا به عبارت دیگر بازده تولید C_{s+} ، نتایج بر اساس ANOVA ⁽ تجزیه و تحلیل شد و رابطه (۱) برای بیان تأثیر پارامترها بر تابع هدف به دست آمد.

در رابطه فوق، T معرف دما و .S.V معرف سرعت فضایی گاز سنتز می باشد.

مقدار R² برای مدل ارائه شده برابر ۸۹۸۱ می باشد. در شکل ٤ مقایسه نتایج پیش بینی شده از مدل و نتایج حاصل از انجام آزمایش ها برای میران تولید _{۶+}C به ازای میزان مصرف CO ارائه شده است.

همانطور که از رابطه فوق مشخص است، اثر متقابل شرایط عملیاتی در میزان تابع هدف مؤثر میباشد. از میان پارامترهای عملیاتی بررسی شده در طراحی آماری، سرعت فضایی گاز سنتز، نسبت H₂/CO و دما به ترتیب پراهمیت ترین پارامترها میباشند.

شکل ٥ اثر نسبت H_2/CO و سرعت فضایی گاز سنتز در دمای $^\circ$ دمای $^\circ$ ۲٦۰ را بر بازده تولید $_{s+}^\circ$ نشان می دهد. با افزایش H_2/CO نسبت H_2/CO و سرعت فضایی گاز سنتز، میزان تولید $_{s+}^\circ$



ر محصر نفت • شماره ۶۷

شکل ٦ بیان گر برهمکنش پارامترهای دما و نسبت H2/CO بر میزان تولید د_{۶+} به ازای میزان مصرف CO در سرعت فضایی ۳ NL gFe⁻¹h⁻¹ میباشد.



1. Analysis of Variance



شکل۲- اثر نسبت H₂/CO و دما بر بازده تولید _{s+} C_{s+} (سرعت فضایی برابر با H₂/CO) (۳ NL gFe⁻¹h⁻¹)

کاهش سـه پارامتر دما، نسـبت H₂/CO و سرعت فضایی گاز سـنتز ورودی بـه رآکتور، باعث افزایـش بازده تولید هیدروکربنهای سنگین _{۶۰} میشود.

نتایج حاصل از انجام آزمایش ها، بر هم کنش پارامتر های دما و سرعت فضایی گاز سنتز و همچنین نسبت H₂/CO و سرعت فضایی گاز سنتز را نشان می دهد که تأثیر زیادی بر بازده تولید ₊₅ دارند. شرایط بهینه عملیاتی حاصل از نتایج طراحی آماری در جدول ۵ ارائه شده است. نتایج آزمایشهای انجام شده، نشان میدهد که افزایش دما باعث افزایش درصد تبدیل CO و افزایش تولید CO می شود که با نتایج ارائه شده در مقالات دیگر در مورد کاتالیستهای متعارف آهن مطابقت دارد [۱۵]. از سویی دیگر با افزایش دما امکان رشد زنجیرههای هیدروکربنی کاهش مییابد. نمودارهای ٦ و ۷ نشان میدهد که برآیند دو اثر فوق باعث کاهش بازده تولید _ح5 می گردد.



در مطالعـه حاضر، توزیـع محصولات هیدرو کربنی به کمک مدل ASF مورد بررسی قرار گرفت. در شـکل A تغییرات ($_n$) در شرایط بهینه رسم شده است. هیدرو کربنهای مورد نظر برای رسم این نمودار محدود به C_2-C_4 میباشند. احتمال رشد زنجیر (n) برای این آزمایش برابر با 7۰/۰ محاسبه شد که مقدار نسـبتاً کمی است. باید به این نکته توجه داشت که تعداد محدود هیدرو کربنها (C_2-C_4) در محاسبه n یکی از دلایل محدود هیدرو کربنها (یر این نکته توجه داشت که تعداد فوق به علت فرار بودن، به آسانی از سطح کاتالیست دفع میشوند و در نتیجه احتمال رشد زنجیر برای این محدوده، کاهش می یابد.

نمودار تغییرات درصد تبدیل CO در طول زمان واکنش (TOS)^۱ در شرایط عملیاتی بهینه در شکل ۸ ارائه شده است. همان طور که از نمودار بر می آید در ۱/۵ ساعت اولیه درصد تبدیل بسیار کم می باشد. اما با گذشت زمان به طور پیوسته درصد تبدیل افزایش یافته و بعد از گذشت 20٦ دقیقه به حداکثر مقدار خود یعنی ۸/۱٪ می رسد. با ادامه واکنش، درصد تبدیل CO به تدریج کاهش یافته و نهایتاً بعد از پایدار شدن سیستم در مقدار ۳/۷۵٪ ثابت می شود.

همانگونه که در شکل ۸ مشاهده می شود، در ۵ ساعت پایانی آزمایش تغییری در درصد تبدیل CO ایجاد نمی شود. در تمام آزمایش های دیگر نیز در محدوده زمانی ۵-۳ ساعت، تغییری در درصد تبدیل مشاهده نگردید. لذا می توان نتیجه گرفت که نانوکاتالیست آهن دارای پایداری کافی برای انجام فرآیند فیشر - تروپش می باشد و در طول آزمایش، فعالیت آن کاهش نمی یابد.

^{1.} Time on Stream

^{2.} Anderson Schulz Flory



شکل۸- نمودار تغییرات درصد تبدیل CO با گذشت زمان، شرایط عملیاتی: دمای ℃ ۲۹۰، نسبت H2/CO=۰/۲۷ و سرعت فضایی M2/CP



دیگر از لحاظ گزینش پذیری هیدرو کربن های سنگین، مقادیر α در محدوده هیدرو کربن های C_2 - C_4 برای چند نوع کاتالیست در جدول ٦ ارائه شده است.

در سال ۲۰۰۳ ماهاجان مقایسهای بین عملکرد كاتاليست هاى NANOCAT و BASF با كاتاليست UCI در یک رآکتور دوغابی انجام داد [۱۱ و ۱۲]. نامبرده شرایط بهینے عملیاتے کاتالیسے ہای مذکور را نیے تعیین کرد $(SV = \xi / \circ - \xi / VNLgFe^{-1}h^{-1}, P = V / Abar \cdot H_2 / CO = \Upsilon, T = \Upsilon \xi \cdot \circ C)$ از جـدول ٦ ملاحظه مي شـود كـه نانوكاتاليسـت بهكار رفته در رآکتور بستر ثابت، دارای a بزرگتری نسبت به نانوکاتالیست های دیگر و همچنین کاتالیست صنعتی UCI مى باشد.

توزیع حاصل از نتایج تجربی با مدل ASF همخوانی کامل دارد. با افزایش فشار بخار CO، به دلیل كاهـش نسـبت H_a/CO احتمـال جـذب مجـدد الفين ها و انجام واکنش های ثانویه کاهش می یابد. بنابراین انحراف اتيلن از مدل ASF مشاهده نمي شود [١٦-١٩].

درصد مولي پيشبيني شده از مدل ASF براي متان در اين واکنش برابر با ۳۵/۰ و مقدار درصد مولى متان که از انجام آزمایش حاصل شده، برابر با ۰/۵۳ است. علت این اختلاف، وجود مسيرهاي گوناگون براي توليد متان است که توسط مدل ASF قابل پیش بینی نمی باشد. انحراف متان از مدل ASF در بسیاری از مقالات گزارش شده است [۱ و ۱۲–۱۹]. جهت مقایسه عملکرد نانوکاتالیست با کاتالیست های

بروش نفت • شماره ۶۷

R ² -Value	احتمال رشد زنجير (α)	كاتاليست
١	•/0٦	نانوكاتاليست آهن (Fe ₂ O ₃)*
٠/٩١	•/07	NANOCAT
• /AV	•/0٤	BASF
٠/٩٥	•/0•	UCI

جدول٦- مقایسه احتمال رشد زنجیر (α) و R²-Value

(*) مطالعه حاضر

گاز CO است، افزایش می یابد. شرایط بهینه عملیاتی نتایج آنالیزهای XRD ،BET و SEM بر روی نانو ذرات می صورت دما Co = ۰/٦۷، نسبت H₂/CO = ۰/٦۷ و سرعت كاتاليست صنعتي UCI، نشان داد كه نانو كاتاليست آهن از خود نشان میدهد.

نتيجهگيري

اکسید آهن و قرص نانوکاتالیست تهیه شده، نشان داد 🦳 فضایی ۳ NL gFe⁻¹h⁻¹، تعیین شد. مقایسه مقادیر احتمال ک قرص زنی تأثیر چندانی بر خاصیت نانو ذرات اکسید مشد زنجیر (a) در محدوده C₂-C₄ برای نانو کاتالیست آهن نداشــته و کاتالیست به کار رفته می تواند به عنوان یک به کار رفتــه و نانوکاتالیســتهای NANOCAT ،BASF و نانوكاتالیســت مورد اســتفاده قرار گیرد. نتایج بهینهسازی نشان داد که با کاهش دما، نسبت مولی H₂/CO و سرعت احتمالاً فعالیت بیشتری برای تولید هیدر و کرین های سنگین فضایی گاز ســنتز ورودی به رآکتــور، تابع هدف که میزان تولید هیدروکربن های سنگین (_{۲۰}۰) به ازای میزان مصرف

منابع

[1] Tavakoli A., Sohrabi M. & Kargari A., "Application of Anderson-Schulz-Flory (ASF) equation in the product distribution of slurry phase FT synthesis with nanosized iron catalysts", Chem. Eng. J., Vol. 136, pp. 358-363, 2008. [2] Van der Laan G.P. & Beenackers A.A.C.M., "Hydrocarbon selectivity model for the gas-solid Fischer-Tropsch synthesis on precipitated iron catalysts", Ind. Eng. Chem. Res., Vol. 38, pp. 1277-1290, 1999.

[3] Schulz H., "Short history and present trends of Fischer-Tropsch synthesis", Appl. Catal. A Gen., Vol. 186, pp. 3-12, 1999.

[4] Wan H.J., Wu B.S., Zhang C.H., Xiang H.W., Li Y.W., Xu B.F. & Yi F., "Study on Fe-Al₂O₂ interaction over precipitated iron catalyst for Fischer-Tropsch synthesis", Catalysis Communications, Vol. 8, pp. 1538-1545, 2007.

[5] Mansker L.D., Jin Y., Bukur D.B. &, Datye A. K. Appl. Catal. A Gen., "Characterization of slurry phase iron catalysts for Fischer-Tropsch synthesis", Vol. 186, pp. 277-296, 1999.

[6] Itoh H., Hosaka H., Ono T. & Kikuchi E., "Properties and product selectivities of iron ultrafine particles as a catalyst for liquid phase hydrogenation of carbon monoxide", Appl. Catal., Vol. 40, pp. 53-66, 1988.

[7] Huang C.S., Xu L. & Davis B.H., "Fischer-Tropsch Synthesis: impact of pretreatment of ultrafine iron oxide upon catalyst structure and selectivity", Fuel Sci. Technol. Int., Vol. 11, pp. 639-666, 1993.

[8] Huang C.S., Ganguly B., Huffman G.P., Huggins F.E. & Davis B.H., "Fischer-Tropsch Synthesis: mossbauer studies of pretreated ultrafine iron oxide catalysts", Fuel Sci. Technol. Int., Vol. 11, pp. 1289-1312, 1993.

[9] Xu L., Bao S., O'Brien R.J., Houpt D.H., Davis B.H., "Iron Fischer-Tropsch catalysis- properties of an ultrafine

iron oxide catalyst", Fuel Sci. Technol. Int., Vol. 12, pp. 1323-1353, 1994.

[10] Mahajan D., Kobayashi A. & Gupta N., "Fischer-Tropsch synthesis catalysed by ultrafine particles of iron: cessation of water-gas shift activity", J. Chem. Soc., Chem. Commun., pp. 795-796, 1994.

[11] Mahajan D., Gutlich P. & Stumm U., "*The role of nano-sized iron particles in slurry phase Fischer-Tropsch synthesis*", Catal. Commun., Vol. 4, pp. 101-107, 2003.

[12] Mahajan D., Gutlich P., Ensling J., Pandya K., Stumm U. & Vijayaraghavan P., "*Evaluation of nanosized iron in slurry-phase Fischer-Tropsch synthesis*", Energy Fuels, Vol. 17, pp. 1210-1221, 2003.

[13] Sarkar A., Seth D., Dozier A.K., Neathery J.K., Hamdeh H.H., Davis B.H., "*Fischer-Tropsch synthesis: mor-phology*", Phase Transformation and Particle Size Growth of Nano-scale Particles, Catal Lett, Vol. 117, pp. 1-17, 2007.

[14] Davis B.H., "Fischer-Tropsch synthesis: relationship between iron catalyst composition and process variables", Catalysis Today, Vol. 84, pp. 83-98, 2003.

[15] Liu Y., Teng B.T., Guo X.H., Li Y., Chang J., Tian L., Hao X., Wang Y., Xiang H. W., Xu Y. Y. & Li Y. W., "Effect of reaction conditions on the catalytic performance of Fe-Mn catalyst for Fischer-Tropsch synthesis", Journal of Molecular Catalysis A: Chemical, Vol. 272, pp. 182-190, 2007.

[16] Ji Y.Y., Xiang H.W., Yang J.L., Xu Y.Y., Li Y.W. & Zhong B., "*Effect of reaction conditions on the product distribution during Fischer-Tropsch synthesis over an industrial Fe-Mn catalyst*", Appl. Catal. A Gen., Vol. 214, pp. 77-86, 2001.

[17] Van Der Laan G.P. & Beenackers A.A. C.M., "*Kinetics and Selectivity of the Fischer-Tropsch Synthesis: A Literature Review*", Catal. Rev. Sci. Eng., Vol. 41, pp. 255-318, 1999.

[18] Schulz H. & Claeys M., "*Kinetic modelling of Fischer-Tropsch product distributions*", Appl. Catal. A Gen., Vol. 186, pp. 91-107, 1999.

[19] Zimmerman W.H., Bukur D.B., Ledakowicz S., "*Kinetic model of Fischer-Tropsch selectivity in the slurry phase*", Chem. Eng. Sci., Vol. 47, pp. 2707-2712, 1992.