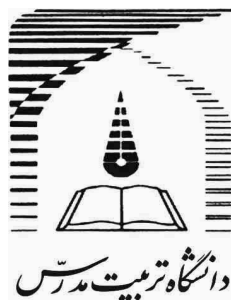


سلام الغزالي



دانشگاه تربیت مدرس

دانشکده مهندسی شیمی

پایان نامه کارشناسی ارشد

گرایش ترموسنتیک

بررسی آزمایشگاهی ریفورمینگ متان در میکروراکتور
جهت تولید گاز سنتز

نگارش:

نسیبه حسینی

استاد راهنمای اول:

دکتر جعفر توفیقی

زمستان 1388

تقدیم بہ دو عشق پاک زندگی ام: پدر و مادرم

موفقیت امروز ثمرہ رحمت و عشق آن ہاست

ای استاد گرانید، جناب دکتر توفیقی:

ورای تمام نگرانی های دنیازمانی درازدوستان خواهم داشت.

ای سرو همیشه سبز شمارا در باغچه ذنم برای همه لحظه ها کاشته ام. شما که بزرگ، مستید و فرشتگان در آسمان غیبتان می خوانند. به شما اطمینان می دهم که روزی خواهد آمد، روزی که خورشید پهنه دیار خواهد شکست. آنگاه به سکرانه همه تلاشهایتان، اخلاق خوبتان، فداکاری و ایثارتان در هر کجا که باشم از پای نخواهم نشست؛ مگر آنکه با استعانت از خدای بزرگ و به کمک توان و ثبات و پایداری که به من آموخته اید که هستی را بگشایم و مشکلی را از پای محرومی بردارم. باور کنید روزی این چشم های ناتمام به هست شمارا برای رویت آن باغهای سبز شوق به هم گره خواهند خورد؛ و از گل های نیایش و دانش با هم دسته گلی خواهیم ساخت برای آرایش محراب بی ریایان.

ای خدای بزرگ

ساکر اصلی تو هستی و خود گفتی که: ساکر را افزونی بنختم به پاس همه پاس ها

اگر چه زبانم قاصر بودم آن ده که به صلاح من است و شاید دیش های بی منت تو

بر خود لازم میدانم از استاد کرامتقدر آقای دکتر فرزاد بهادران که بی
شمر رسیدن این تلاش،

راهنمایی ها و مساعدت های ایشان بسیار کار ساز بوده نهایت سپاسگذاری و تشکر را داشته باشم.

همچنین از جناب دکتر زمانیان و دیگر کارکنان در پژوهشگاه صنعت نفت که این امکان را فراهم نمودند تا

در انجام پایان نامه از امکانات پژوهشگاه استفاده کنم، تشکر و قدردانی می نمایم.

در پایان از کلیه اساتید و دوستانم که به هر نحوی در اتمام پایان نامه مرا یاری نمودند، تشکر می نمایم

چکیده

در سال‌های اخیر استفاده از راکتورهای منولیتی در واکنش‌های به شدت گرمازا و گرماگیر مثل فرآیند ریفرمینگ بخار متان، به دلیل داشتن کنترل بسیار خوب دما و بهبود انتقال جرم، گسترش یافته است. در این تحقیق یک مطالعه کامل روی بهینه‌سازی عوامل مختلف آماده‌سازی دوغاب آلومینا مثل pH، ویسکوزیته، درصد جسم جامد و مقدار چسب، به منظور یک پوشش‌دهی با چسبندگی بالا روی پایه‌های منولیتی کوردایرات با کانال‌های مربعی با چگالی سل 400 cpsi صورت گرفته و در فرایند ریفرمینگ بخار متان مورد آزمایش قرار گرفته است. این عوامل تاثیر زیادی در ویژگی‌های پوشش دارند. به منظور کنترل درصد پوشش‌دهی آلومینا روی منولیت، ویسکوزیته دوغاب را با اضافه کردن درصد مناسبی از پلی‌وینیل‌الکل یا هیدروکسی‌اتیل سلولوز تنظیم می‌کنیم. به نظر می‌رسد که ترکیب پودر آلومینا و پیشگام بوهامیت و چسب هیدروکسی‌اتیل سلولوز پوشش‌دهی قابل قبولی را از نظر یکنواختی و چسبندگی می‌دهد. این منولیت پوشش‌دهی شده با آلومینا، در غلظت‌های مختلف نترات نیکل تلقیح شده و سپس در دمای 800 درجه سانتی‌گراد به مدت 2 ساعت کلسینه شد. نتایج حاصل از بررسی‌های شیمی فیزیکی کاتالیست از قبیل XRF، ICP، XRD، SEM، TEM، TPR و BET در این تحقیق ارائه شده است. تست راکتوری کاتالیست نیکل بر پایه آلومینا در محدوده دمایی بین 750 تا 850 درجه سانتی‌گراد و دبی حجمی خوراک بین 205 تا 557 $l/g_{Ni} h$ با نسبت بخار به متان ورودی بین 2 تا 4 مورد آزمایش قرار گرفت. تاثیر این شرایط عملیاتی روی فعالیت، گزینش‌پذیری و بازده کاتالیست‌های منولیتی در فرایند SMR بررسی شد. درصد تبدیل متان در کاتالیست منولیتی Ni/Al_2O_3 در $10000 GHSV (h^{-1})$ ، محدوده دمایی 650 تا 800 درجه سانتی‌گراد و نسبت بخار آب به متان 3 به 1، نزدیک به حالت تعادلی بود. کاتالیست منولیتی با کاتالیست قرصی که در شرایط مشابه ساخته شد مقایسه گردید. درصد تبدیل متان بالاتر در کاتالیست‌های منولیتی با وجود بارگذاری مقدار کمتری از کاتالیست (0/285 گرم در مقابل 1/5 گرم کاتالیست قرصی)، نشان‌دهنده آن است که پوشش‌دادن کاتالیست Ni/Al_2O_3 روی منولیت، به طور قابل توجهی انتقال جرم در سطح کاتالیست را بهبود می‌بخشد.

کلمات کلیدی: کاتالیست منولیتی؛ پوشش‌دهی؛ $Ni/\gamma-Al_2O_3$ ؛ دوغاب؛ تبدیل متان توسط

بخار

فصل اول - راکتورهای منولیتی و فرآیند تبدیل هیدروکربن ها	1
1-1 فرآیند تبدیل هیدروکربن ها	2
1-1-1 فرایند تبدیل بخار متان	5
2-1 کاتالیست ها و راکتورهای منولیتی	7
1-2-1 ساختار منولیتی	7
2-2-1 فواید راکتورهای منولیتی	8
فصل دوم - مروری بر مطالعات انجام شده	11
1-2 روش های ساخت کاتالیست های منولیتی	12
1-1-2 ویژگی های لازم یک منولیت به منظور استفاده به عنوان پایه کاتالیست	15
2-1-2 نشانیدن مواد پایه به روی منولیت	16
1-2-1-2 پوشاندن پایه با استفاده از دوغاب (سوسپانسیون)	18
2-2-1-2 روش سل ژل	22
3-1-2 نشانیدن فاز فعال به روی پایه منولیتی	24

25	1-3-1-2 نشانندن فاز فعال با استفاده از تلقیح.....
25	1-1-3-1-2 خشک کردن مونولیت تلقیح مرطوب شده.....
30	2-3-1-2 نشانندن فاز فعال به روش نشست رسوبی.....
31	4-1-2 مونولیت‌های فلزی.....
32	2-2 تبدیل متان توسط بخار آب.....
43	فصل سوم - فعالیت‌های آزمایشگاهی.....
44	1-3 مقدمه.....
44	2-3 مواد شیمیایی.....
45	3-3 آماده سازی دوغاب.....
47	1-3-3 مراحل پوشش دادن آلومینا روی منولیت.....
49	4-3 تلقیح نیکل روی منولیت پوشش‌دهی شده با آلومینا.....
49	5-3 روشهای تعیین مشخصات فیزیکی و شیمیایی.....
49	1-5-3 آزمایش چسبندگی.....
49	2-5-3 بررسی خواص رئولوژی دوغاب.....
50	3-5-3 اندازه‌گیری مساحت سطح ویژه نمونه‌ها.....
50	4-5-3 اندازه‌گیری ضخامت پوشش‌دهی و شکل ظاهری آلومینای پوشاننده شده.....
51	5-5-3 تعیین درصد عناصر.....

51	6-5-3 تعیین فاز بلوری در کاتالیست.....
51	7-5-3 تعیین میزان احیاء TPR.....
52	6-3 سیستم آزمایش راکتوری.....
54	1-6-3 راکتور.....
55	2-6-3 سیستم آنالیز محصولات.....
55	3-6-3 روش‌های آزمایش.....
55	1-3-6-3 بررسی اثر تغییرات درصد وزنی کاتالیست بر فعالیت و پایداری کاتالیست.....
57	2-3-6-3 بررسی اثر دما، سرعت حجمی و نسبت خوراک ورودی بر فعالیت و گزینش- پذیری محصولات.....
57	3-3-6-3 بررسی اثر پوشش کاتالیست بر پایه‌های مونولیتی در مقایسه با کاتالیست‌های پودری.....
59	فصل چهارم - نتایج ، بحث و بررسی
60	1-4 مقدمه.....
60	2-4 نتایج آنالیز شیمی فیزیکی کاتالیست‌ها.....
60	1-2-4 تاثیر pH دوغاب بر کشش سطحی.....
61	2-2-4 تاثیر مدت زمان ماند دوغاب بر تغییرات pH.....
62	3-2-4 تاثیر دوغاب‌های گوناگون بر درصد بارگذاری پوشش روی منولیت.....
65	4-2-4 اندازه گیری مساحت سطح ویژه نمونه ها.....

- 5-2-4 نتایج تست چسبندگی پوشش 66
- 6-2-4 نتایج ویژگی رئولوژی دوغاب و تاثیر آن در مقدار بارگذاری آلومینا روی منولیت... 67
- 1-6-2-4 اثر نرخ تنش برشی بر ویسکوزیته دوغاب 68
- 2-6-2-4 اثر غلظت چسب در دوغاب 69
- 3-6-2-4 تاثیر درصد جسم جامد بر ویسکوزیته دوغاب و مقدار بارگذاری 72
- 7-2-4 نتایج تعیین ضخامت پوشش توسط SEM 74
- 8-2-4 تلقیح نیکل روی منولیت پوشانده شده با آلومینا و آنالیز تعیین کمی و کیفی عناصر 78
- 9-2-4 نتایج تعیین فاز بلوری در کاتالیست‌ها 82
- 10-2-4 نتایج تعیین میزان احیاء TPR 85
- 3-4 نتایج آزمایش عملکرد کاتالیست‌ها در راکتور 86
- 1-3-4 بررسی اثر دما بر فعالیت و گزینش پذیری کاتالیست 88
- 2-3-4 بررسی اثر شدت جریان خوراک (GHSV) بر فعالیت و گزینش پذیری کاتالیست .. 90
- 3-3-4 بررسی اثر نسبت بخار آب به متان بر فعالیت و گزینش پذیری کاتالیست Ni/Al_2O_3 92
- 4-3-4 بررسی اثر تغییرات درصد وزنی کاتالیست و آزمایش پایداری کاتالیست 94
- 5-3-4 مقایسه کاتالیست قرصی Ni/Al_2O_3 با کاتالیست منولیتی پوشش داده شده با Ni/Al_2O_3 97
- 4-4 نتیجه گیری 101

102	..... 5-4 پیشنهادات
104	..... مراجع

47	..... جدول 3-1 منولیت‌های پوشش‌دهی شده در دوغاب‌های مختلف آلومینا
63	..... جدول 4-1 مشخصات منولیت‌های پوشانده شده با آلومینا
78	..... جدول 4-2 میانگین ضخامت پوشش روی منولیت‌ها (μm)
	..... جدول 4-3 مشخصات منولیت‌های نیکل بر پایه آلومینای پوشش داده شده طبق منولیت $M_2-0.3$
80	.....
87	..... جدول 4-4 نتایج حاصل از آزمایش کاتالیست $17/5\text{wt\% Ni/Al}_2\text{O}_3$
91	..... جدول 4-5 تاثیر GHSV بر فعالیت کاتالیست $17/5\text{wt\% Ni/Al}_2\text{O}_3$ در SRM
	..... جدول 4-6 اثر نسبت بخار آب به متان بر فعالیت و گزینش پذیری کاتالیست $10\text{wt\%Ni/Al}_2\text{O}_3$ در
92	..... نسبت $\text{H}_2\text{O/CH}_4$ برابر با 2، 3 و 4
	..... جدول 4-7 مقایسه فعالیت کاتالیست‌های $\text{Ni/Al}_2\text{O}_3$ در نسبت‌های مختلف Ni در واکنش SRM در
96	..... دمای 1023K ؛ نسبت بخار آب به متان سه و GHSV برابر با $400\text{ l/h.g}_{\text{Ni}}$

.....

شکل 1-1 نمونه ای از مونولیت‌ها در سه دانسیته 200، 400 و 600 سلول در هر اینچ مربع (cpsi) 7

شکل 1-2 انواع راکتورهای قابل ساخت از مونولیت‌ها 8

شکل 1-3 مساحت سطح هندسی در هر واحد حجم راکتور بر حسب اندازه ذرات کاتالیست با شکلهای هندسی گوناگون و در منولیت بر حسب تابعی از اندازه کانال. مختصات محور سمت راست طول نفوذ ویژه مربوطه است..... 10

شکل 2-1 مسیرهایی که منجر به یک کاتالیست منولیتی می‌شوند 13

شکل 2-2 تفاوت بین روش‌های دوغابی و پر کردن خلل و فرج. 17

شکل 2-3 اساس روش دوغابی 20

شکل 2-4 منحنی برهمکنش خالص، حاصل از تفاضل منحنیهای جاذبه و دافعه 21

شکل 2-5 نمای داخلی مونولیت، تاثیر غلظت نیکل موجود در محلول تلقیح روی شکل توزیع تلقیح، غلظت نیکل متناسب با میزان تیرگی است..... 27

- شکل 2-6 (الف) سطح مونولیت، بیانگر (از چپ) پرفایل تلقیح حاصل از خشک کردن ساکن، خشک کردن انجمادی به مدت 1 ساعت و خشک کردن استاتیک به دنبال آن، خشک کردن انجمادی به مدت 24 ساعت. (ب) نمایش توزیع نیکل در روش‌های مختلف خشک کردن. 28
- شکل 3-1 الگوی کلی از مراحل مختلف پوشش‌دهی مونولیت با آلومینا 48
- شکل 3-2 نمایی از سیستم راکتوری 52
- شکل 3-3 شمای کلی راکتور مونولیتی 53
- شکل 3-4 مونولیت پوشش داده شده و تعبیه شده درون راکتور کوارتزی 54
- شکل 4-1 منحنی کشش سطحی بر حسب pH در دوغاب اسیدی 16 درصد آلومینا حاوی 0/3 درصد چسب هیدروکسی اتر سلولوز 61
- شکل 4-2 تغییرات pH دوغاب در حال هم خوردن با گذشت زمان - (الف) در حالتی که آلومینا به آب و اسید اضافه شود - (ب) در حالتی که اسید به دوغاب آلومینا اضافه شود. 62
- شکل 4-3 مقدار آلومینای پوشش داده شده در محلول‌های مختلف بعد از چهار بار پوشش‌دهی (M_1 ، M_2 ، M_3 و M_4 درصد آلومینای پوشش داده شده است که به ترتیب بوسیله دوغاب‌های تهیه شده از روش اول، دوم، سوم و چهارم حاصل شده اند. 64
- شکل 4-4 کاهش وزن آلومینا در حمام مافوق صوت بر حسب زمان - M_2-1 یک بار، M_2-2 دو بار و M_2-3 سه بار در دوغاب تهیه شده از روش دوم پوشش داده شده است. 67

شکل 4-5 کاهش وزن آلومینا در حمام مافوق صوت بر حسب زمان M_1 ، M_2 ، M_3 و M_4 به ترتیب منولیت‌های سه بار پوشش داده شده از روش اول، دوم، سوم و چهارم 67

شکل 4-6 تغییرات ویسکوزیته دوغاب آلومینای 16 درصد جسم جامد و درصد‌های مختلف چسب HEC بر حسب سرعت برشی 69

شکل 4-7 شکل ظاهری مقطع طولی منولیت پوشانده شده با دوغاب آلومینا گرفته شده با میکروسکوپ دیجیتالی با بزرگنمایی 20 الف) درصد 0/6 چسب، که ترک خوردگی روی سطح منولیت را به وضوح نشان می‌دهد و ب) درصد 0/3 چسب که یکنواختی پوشش بدون ترک خوردگی را نشان می‌دهد. 71

شکل 4-8 شکل ظاهری مقطع عرضی منولیت پوشانده شده با دوغاب آلومینا گرفته شده با میکروسکوپ دیجیتالی الف) درصد 0/5 چسب، که عدم یکنواختی پوشش در تمامی کانال‌ها را نشان می‌دهد. ب) درصد 0/3 چسب که یکنواختی پوشش در تمامی کانال‌ها را نشان می‌دهد. 71

شکل 4-9 منحنی‌های ویسکوزیته ظاهری (η) بر حسب سرعت تنشی (γ) در دوغاب‌های حاوی 12، 16 و 20 درصد γ -آلومینا و 0/3 درصد وزنی چسب HEC 73

شکل 4-10 درصد بارگذاری پوشش‌دهی آلومینا روی منولیت بر حسب تعداد مراحل پوشش‌دهی در دوغاب‌های حاوی 12، 16 و 20 درصد وزنی جسم جامد 73

شکل 4-11 شکل ظاهری مقطع عرضی منولیت پوشانده شده با دوغاب آلومینا گرفته شده با میکروسکوپ دیجیتالی دوغاب آلومینا حاوی 0/3 درصد چسب HEC و الف) 20 درصد آلومینای جامد، که گرفتگی در بعضی کانال‌های کناری را نشان می‌دهد. ب) 16 درصد آلومینای جامد که یکنواختی پوشش در تمامی کانال‌ها را نشان می‌دهد. 74

- شکل 4-12 منولیت بدون پوشش آلومینا در دو بزرگنمایی (الف) - 117 و (ب) - 468 76
- شکل 4-13 نمایی از دیواره منولیت $M_2-0.3$ در (الف) - بزرگنمایی 200 و (ب) بزرگنمایی 800 بعد از یک مرحله پوشش دهی 76
- شکل 4-14 $M_2-0.3$ بعد از 2 مرحله پوشش دهی 76
- شکل 4-15 $M_2-0.3$ بعد از 3 مرحله پوشش دهی 77
- شکل 4-16 پوشش دهی آلومینا در گوشه های کانال (الف): در منولیت $M_2-0.3$ ، (ب): در منولیت $M_2-0.4$ که به ترتیب حاوی $0/3$ و $0/4$ درصد وزنی چسب HEC هستند 77
- شکل 4-17 M_4 بعد از سه مرحله پوشش دهی که از روش چهارم توسط پیشگام بوهامیت پوشش دهی شد، (الف): بزرگنمایی 117 (ب): بزرگنمایی 468 77
- شکل 4-18 اندازه ذرات آلومینای پوشش شده بر سطح منولیت M_2 در دو بزرگنمایی (الف) 23193 و (ب) 30000 78
- شکل 4-19 تصویر TEM گرفته شده از کاتالیست $5wt\%Ni/Al_2O_3$ 81
- شکل 4-20 مقایسه نمودار XRD آلومینا قبل و بعد از کلسینه کردن در دمای 800 درجه سانتیگراد 83
- شکل 4-21 نمودار XRD کاتالیست Ni/Al_2O_3 در سه درصد وزنی نیکل $9/4$ ، $15/7$ و $17/4$ 84
- شکل 4-22 نمودار XRD کاتالیست $9/4 wt\%Ni/Al_2O_3$ قبل و بعد از 700 دقیقه واکنش در دمای 800 درجه سانتیگراد 84

- شکل 4-23 الگوی TPR کاتالیست $\text{Ni}/\text{Al}_2\text{O}_3$ در دو درصد بارگذاری الف) $17/5\text{wt}\% \text{Ni}/\text{Al}_2\text{O}_3$ و
 ب) $9/4 \text{ wt}\% \text{Ni}/\text{Al}_2\text{O}_3$ 86
- شکل 4-24 درصد تبدیل متان در GHSV برابر $400 \text{ l/h.g}_{\text{Ni}}$ روی کاتالیست $15/7\text{wt}\% \text{Ni}/\text{Al}_2\text{O}_3$
 در محدوده دمایی 650 تا 850 درجه سانتی‌گراد 89
- شکل 4-25 تاثیر دما بر بازده H_2 و CO در GHSV برابر $400 \text{ l/h.g}_{\text{Ni}}$ 89
- شکل 4-26 تاثیر دما بر نسبت H_2/CO در GHSV برابر $400 \text{ l/h.g}_{\text{Ni}}$ 90
- شکل 4-27 تاثیر GHSV بر درصد تبدیل متان روی کاتالیست $17/5\text{wt}\% \text{Ni}/\text{Al}_2\text{O}_3$ در SMR
 شرایط واکنش: $T=1023 \text{ K}$ ؛ $\text{H}_2\text{O}/\text{CH}_4=3$ 90
- شکل 4-28 تاثیر GHSV بر H_2/CO در دمای 800 درجه سانتی‌گراد در محدوده 200 تا 600
 $\text{GHSV}(\text{l/hg}_{\text{Ni}})$ 92
- شکل 4-29 تغییرات نسبت هیدروژن به منوکسید کربن و گزینش پذیری نسبت به CO در
 محصولات سنتز در نسبت‌های مولی مختلف بخار آب به متان 93
- شکل 4-30 تغییرات درصد تبدیل CH_4 در نسبت‌های مولی مختلف $\text{H}_2\text{O}/\text{CH}_4$ برای کاتالیست
 $10\% \text{ wt Ni}/\text{Al}_2\text{O}_3$ 94
- شکل 4-31 آزمایش پایداری کاتالیست $\text{Ni}/\text{Al}_2\text{O}_3$ با درصدهای مختلف نیکل بعد از گذشت 750
 دقیقه در GHSV برابر با $400 \text{ l/h.g}_{\text{Ni}}$ 95
- شکل 4-32 تغییر گزینش پذیری واکنش نسبت به متان و نسبت H_2/CO در درصدهای مختلف
 $\text{Ni}/\text{Al}_2\text{O}_3$ 96

شکل 4-33 تغییرات درصد تبدیل متان در کاتالیست‌های Ni/Al₂O₃ با درصدهای مختلف نیکل . 97

شکل 4-34 مقایسه منولیت پوشش داده شده با Ni/Al₂O₃ و کاتالیست‌های قرصی Ni/Al₂O₃ در دماهای مختلف در واکنش تبدیل متان توسط بخار آب، GHSV برابر با 10000 h⁻¹ 99

شکل 4-35 مقایسه منولیت پوشش داده شده با Ni/Al₂O₃ و کاتالیست‌های قرصی Ni/Al₂O₃ در GHSV مختلف در واکنش تبدیل متان توسط بخار آب، در دمای 800 درجه سانتیگراد 100

عامل تاثیر واکنش‌ها و ویسکوزیته (pa.s)	η
طول نفوذ ویژه (m)	l_d
آنتالپی (J/mol)	H
بخار آب	S
متان	C
کشش سطحی (mN/m)	γ
مساحت سطح ویژه (m ² /m)	BET
سرعت حجمی گاز به ازای واحد جرم کاتالیست (cm ³ /h.g _{catalyst})	GHSV
نرخ تنشی (1/s)	\hat{Y}
دما (k)	T

مقدمه

فرآیندهای شیمیایی نقش مهمی در صنعت و جامعه ایفا می‌کنند. روزانه محصولات متنوع و بسیاری در صنایع پالایشگاهی و پتروشیمی تولید شده و جهان از آن بهره می‌برد. امروزه استفاده از گاز سنتز برای تولید سوخت تمیز و مواد شیمیایی صنعتی مثل متانول، دی متیل اتر، سنتز فیشر تروپش¹، اتیلن گلیکول، تهیه الکل‌های سنگین، کتون‌ها و هیدروکربن‌ها، مورد توجه زیادی قرار گرفته است. مهم‌ترین فرآیند تولید گاز سنتز تبدیل متان است. اهمیت این فرآیند با کاهش ذخایر نفتی و مراجعه به ذخایر گازی، روز به روز در حال افزایش است.

سرعت واکنش ریفرمینگ متان توسط بخار (SMR) نه تنها توسط سینتیک واکنش، بلکه توسط سرعت انتقال جرم از توده گاز به سطح ذره کاتالیست و سرعت نفوذ از میان منافذ کاتالیست کنترل می‌شود. گفته شده که در نهایت حدود 95 درصد کاتالیست بازگیری شده در لوله‌ها برای کاتالیز نمودن واکنش مورد استفاده قرار نمی‌گیرند؛ گرادیان غلظت درون کاتالیست کاملاً تند بوده و فقط لایه بیرونی مواد فعال در واکنش شرکت می‌کنند. از طرفی فرایندهای تجاری SMR مرسوم، واکنش‌هایی به شدت گرماگیر هستند و برای رسیدن به تبدیل بالا در دماهای بالا صورت می‌گیرند. از آنجا که واکنش SMR در چنین رژیمی با نفوذ کنترل می‌گردد، مهندسی و بهینه‌سازی ساختارهای کاتالیست نقش مهمی را در رسیدن به فعالیت و پایداری بالا ایفا می‌کند. با توجه با مطالب گفته شده، راکتورهای کاتالیست بستر ثابت معایب قابل توجهی دارند. از جمله معایب راکتورهای بستر ثابت مرسوم عدم توزیع مناسب واکنش دهنده‌ها به سطح کاتالیست، افت فشار بالا در طول بستر، ضرائب انتقال جرم پایین و سائیدگی و خورد شدن کاتالیست به علت قرار گرفتن در مسیر حرکت سیال می‌باشد. مطالعه روی راه‌هایی که موجب حذف این معایب می‌شود محققین را به سمت و سوی

¹. Fischer Tropsch

کاتالیست‌های ساختاردار و میکروراکتورها سوق داده است. راکتورهای مونولیتی که یکی از انواع کاتالیست‌های ساختاردار هستند بسیاری از مشکلات بالا را رفع می‌کنند. در واقع راکتورهای مونولیتی از یکسری کانال‌های به هم پیوسته تشکیل شده اند که دارای افت فشار بسیار پائینی هستند. به علت تماس مناسب مواد با هم و با سطح کاتالیست انتقال جرم نیز در این سیستم‌ها بسیار مناسب است و مشکل جداسازی محصولات از کاتالیست حل می‌شود. توزیع مناسب خوراک در ورودی راکتور، از دیگر فواید راکتورهای مونولیتی می‌باشد.

تاکید اصلی در این پژوهش، مطالعه و بررسی آزمایشگاهی تولید گاز سنتز از طریق تبدیل بخار متان در یک راکتور مونولیتی پوشش داده شده با کاتالیست Ni/Al_2O_3 است. در این پژوهش ابتدا مقدمه‌ای از فرآیند تبدیل متان و کاتالیست‌های مونولیتی آورده شده است. در فصل دوم این گزارش مطالعه کتابخانه‌ای گسترده‌ای بر روی سیستم‌های مونولیتی انجام گرفته است. انواع کاتالیست‌های مونولیتی، روش ساخت و کاربردهای راکتورهای مونولیتی به تفصیل تشریح شده است. همچنین اطلاعاتی درباره مهم‌ترین عوامل موثر بر فرآیند تبدیل بخار متان که تا کنون مورد توجه قرار گرفته، آورده شده است. انواع کاتالیست‌های تبدیل بخار متان، ترمودینامیک و سنتیک واکنش به طور خلاصه آورده شده است. فعالیت‌های آزمایشگاهی انجام گرفته شامل ساخت کاتالیست‌ها، آنالیز فیزیکی و شیمیایی آن‌ها، سیستم تست راکتوری و آزمایشات انجام گرفته در سیستم در فصل سوم آورده شده است. در فصل چهارم این گزارش نتایج تعیین مشخصات کاتالیست‌ها، بررسی اثر دما، سرعت حجمی خوراک، ترکیب نسبی خوراک و درصد وزنی کاتالیست بر فعالیت و گزینش‌پذیری کاتالیست آورده شده است. در نهایت به منظور مقایسه کاتالیست مونولیتی بهینه و قرصی نیکل بر پایه آلومینا آن‌ها را در شرایط یکسان دما، فشار، نسبت خوراک و دبی حجمی مورد آزمایش قرار دادیم؛ در نهایت نتیجه‌گیری نهایی، پیشنهادات اصلاحی و همچنین مسیرهای ادامه تحقیق فوق ذکر شده است.

فصل اول

راکتورهای منولیتی و

فرآیند تبدیل هیدروکربن ها