بسم الله الرحمن الرحیم

دانشگاه پدافند هوایی خاتم الانبیاء (ص)

تبدیل پلاسمایی متان به هیدروکربن‌های سنگین توسط مدار متراکم‌کننده پالس مغناطیسی (MPC)

تألیف:

سید تقی محمدی بنهی

سال انتشار: ۱۳۹۵

www.ketab.ir

سرشناسه	محمد بنهی، سید تقی، ۱۳۵۸ -
عنوان و نام پدیدآور	تبدیل پلاسمای متان به هیدروکربن‌های سنگین توسط مدار متراکم‌کننده پالس مغناطیسی (MPC) / سید تقی محمدی بنهی؛ [برای] دانشگاه پدافند هوایی خاتم الانبیاء (ص).
مشخصات نشر	تهران : پژوهش پارسی ۱۳۹۵.
مشخصات ظاهری	۱۲۳ ص.
شابک	۹۷۸-۶۰۰-۹۶۹۹۷-۰-۴
وضعیت فهرست نویسی	فیپا
موضوع	پلاسما (گازهای یونیزه)
موضوع	Plasma (Ionized gases)
موضوع	متان
موضوع	Methane
موضوع	هیدروکربن‌ها
موضوع	Hydrocarbons
شناسه افزوده	دانشگاه خاتم‌الانبیاء(ص)
رده بندی کنگره	QC ۷۱۸ / ۳م ۲ ۱۳۹۵
رده بندی دیویی	۵۳۱/۴۴
شماره کتابشناسی ملی	۴۲۷۷۰۹۸

ناشر	انتشارات پژوهش پارسی
شابک	۹۷۸-۶۰۰-۹۶۹۹۷-۰-۴
ویراستار علمی تخصصی	حسن نعناکار
ویراستار ادبی	سید علی حسینی مرادی
نوبت چاپ	اول- ۱۳۹۵
تایپ و صفحه‌آرایی	سید علی حسینی مرادی
تعداد صفحه:	۱۲۳ صفحه
تیراژ:	۱۰۰۰ عدد
قیمت	۲۰۰۰۰ تومان

هرگونه تکثیر یا اسکن یا کپی‌برداری از تمام یا بخش از این کتاب حتی با ذکر منبع، بدون اجازه کتبی ناشرممنوع است. هیچ فرد حقیقی یا حقوقی اجازه‌ی تولید و انتشار لوح یا مجموعه‌ی آموزشی از این اثر را به هر نحو ندارد.

www.ketab.ir

فهرست مطالب

عنوان | صفحه

فهرست مطالب ..... د

پیشگفتار ۱

فصل اول: مقدمه‌ای بر اهمیت موضوع ۳

فصل دوم: مروری بر فیزیک پلاسما ۷

۲-۱ مقدمه ۷

۲-۲ تعریف پلاسما ۱۰

۲-۳ تاریخچه مختصری از فیزیک پلاسما ۱۱

۲-۴ معیارهای اصلی پلاسما ۱۴

۲-۴-۱ خنثایی ماکروسکوپی ۱۴

۲-۴-۲ اثر تجمعی ۱۴

۲-۵ چگالی پلاسما ۱۵

۲-۶ مشخصات پلاسما ۱۶

۲-۷ گرمای اهمیک پلاسما ۱۸

۲-۸ خنثایی الکتریکی در پلاسما ۱۹

۲-۹ معادله‌ی ساها ۲۱

۲-۱۰ انواع پلاسما ۲۲

۲-۱۱ پلاسمای کوانتومی ۲۲

۲-۱۲ روش‌های تولید پلاسما ۲۳

۲-۱۳ کاربرد انواع پلاسما ۲۴

www.ketab.ir

عنوان | صفحه

فصل سوم: تبدیل متان توسط پلاسما ۲۷

۳-۱ مقدمه ۲۷

۳-۲ تبدیل متان توسط پلاسما ۳۰

۳-۳ پلاسمای غیر تعادلی ۳۱

۳-۴ مروری بر پلاسماهای تخلیه گازی ۳۳

۳-۴-۱ تخلیه‌های تابان جریان مستقیم ۳۳

۳-۴-۲ تخلیه‌های فرکانس رادیویی جفت شده ظرفیتی (CCRF) ۳۷

۳-۴-۳ تخلیه‌های تابان پالسی(PGD) در فشار اتمسفر ۳۹

۳-۴-۴ تخلیه‌های مانع دی‌الکتریک (DBDs) ۴۰

۳-۴-۵ تخلیه‌های کرونا (CD) ۴۳

۳-۴-۶ تخلیه‌های مگنترون (MT) ۴۴

فصل چهارم: تراکم پالس مغناطیسی و طراحی مدار MPC ۴۷

۴-۱ مقدمه ۴۷

۴-۲ تراکم پالس مغناطیسی (MPC) ۴۸

۴-۳ کد شبیه‌سازی ۵۲

۴-۴ طراحی MPC با بازده بالا ۵۴

۴-۵ نتیجه و برداشت ۵۸

فصل پنجم: تبدیل پلاسمای متان به هیدروکربن‌های سنگین‌تر ۵۹

۵-۱ مقدمه ۵۹

۵-۲ تبدیل متان جهت سنتز سوخت‌های هیدروکربنی با استفاده از پلاسما ... ۵۹

۵-۳ تبدیل مستقیم متان به استیلن و ترکیبات گازی در دمای اتاق ۶۲

www.ketab.ir

عنوان | صفحه

۵-۴ پلاسمای پالسی جهت تبدیلات شیمیایی ۶۳
۵-۵ تبدیل متان در دمای پایین با به‌کارگیری ترکیب کاتالیزور و پلاسما ۶۵
۵-۶ بررسی پلاسمای دمای پایین در فشار اتمسفر و کاربرد آن در تبدیل متان . ۶۶
۵-۷ اکسیداسیون جزیی پلاسمای متان جهت سنتز گاز در تخلیه مانع ۶۸
۵-۸ تبدیل متان به هیدروکربن‌های سنگین‌تر توسط تخلیه تابان پالسی ۷۱
۵-۸-۱ راکتور ۷۲
۵-۸-۱-۱ محفظه راکتور ۷۳
۵-۸-۱-۲ الکترودها ۷۳
۵-۸-۱-۳ پیشرونده ۷۴
۵-۸-۲ سیستم تغذیه الکتریکی ۷۵
۵-۸-۲-۱ ساختار تایراترون ۷۶
۵-۸-۲-۲ مشخصات تریگر ۷۸
۵-۸-۳ سیستم تغذیه گاز ۷۸
۵-۸-۴ سیستم آنالیز گاز ۷۹
۵-۸-۴-۱ مشخصات دستگاه GC جهت شناسایی هیدروکربن‌ها ۸۰
۵-۸-۴-۲ مشخصات دستگاهGC جهت آنالیز هیدروژن ۸۰
۵-۸-۵ اسیلوسکوپ ۸۰
۵-۹ تعریف و محاسبه پارامترهای مورد نیاز در آزمایش ۸۰
۵-۹-۱ محاسبه تعداد مول‌ها ۸۰
۵-۹-۲ درصد تبدیل متان ۸۲
۵-۹-۳ درصد گزینش‌پذیری محصولات ۸۲
۵-۹-۴ بازده انرژی ۸۲

www.ketab.ir

عنوان | صفحه

۵-۹-۵ مکانیزم واکنش‌ها ۸۳
۵-۹-۵-۱ واکنش‌های تولید اتان ۸۴
۵-۹-۵-۲ واکنش‌های تولید اتیلن ۸۵
۵-۹-۵-۳ واکنش‌های تولید استیلن ۸۵
۵-۹-۵-۴ واکنش‌های تولید دیگر هیدروکربن‌های سنگین ۸۶

فصل ششم: نتایج به دست آمده ۸۷
۶-۱ شرایط کارآیش ۸۷
۶-۲ اثر تغییر ولتاژ ۹۲
۶-۲-۱ قبل از کمپرسور ۹۲
۶-۲-۲ بعد از کمپرسور ۹۳
۶-۳ اثر تغییر فرکانس ۹۵
۶-۳-۱ قبل از کمپرسور ۹۵
۶-۳-۲ بعد از کمپرسور ۹۷
۶-۴ اثر تغییر فلو ۹۹
۶-۵ اثر تغییر پهنای پالس ۱۰۱
۶-۶ مقایسه نتایج قبل و بعد از کمپرسور ۱۰۳
۶-۶-۱ تغییر ولتاژ ۱۰۴
۶-۶-۲ تغییرفرکانس ۱۰۵
۶-۷ جمع‌بندی نتایج ۱۰۷

منابع مراجعه ۱۰۹

www.ketab.ir

پیشگفتار

اهمیت گاز طبیعی به خاطر استفاده آن در تولید محصولات شیمیایی که می‌توانند خوراکی برای تأسیسات مختلف پتروشیمی باشند، روز به روز در حال افزایش است. قسمت عمده‌ی گاز طبیعی از متان (CH_4)، تشکیل یافته است. مولکول متان کاملاً متقارن و پایدار است و به همین دلیل شکستن آن به منظور تبدیل به هیدروکربن‌ها کار مشکلی است. جداسازی یک هیدروژن از مولکول حدود ۴.۵ eV و ا[illegible] کردن مولکول از هیدروژن حدود ۱۷ eV هزینه‌ی انرژی دارد.

تبدیل گاز طبیعی به هیدروکربن‌های مختلف از قبیل متانول، اتیلن، استیلن و هیدروژن به دلیل استفاده‌ی آن‌ها به‌عنوان مواد اولیه در کارخانه‌های مختلف شیمیایی، دارای اهمیت بالایی است. امروزه با مطرح شدن کاربردهای مختلف هیدروژن در تأسیسات ایجاد برق و نیز در پیل‌های سوختی که پیش‌بینی می‌شود نسل آینده‌ی اتومبیل‌ها از آن استفاده کنند، تبدیل گاز طبیعی به هیدروژن به شیوه‌ای با بازده زیاد برای این کاربردها خیلی مهم خواهد بود. هیدروژن سوخت خیلی تمیزی است که حاصل احتراق آن بخار آب می‌باشد و بنابراین هیچ‌گونه آثار مخرب زیست محیطی ندارد. مطابق پیش‌بینی کارشناسان، هیدروژن در حدود تمیز قرن بیست و یکم خواهد شد.

تفکر فیزیکی استفاده از پلاسما به این دلیل مطرح شد که این شیوه امکان کاهش درجه حرارت واکنش را تا دمای اتاق فراهم می‌سازد، ضمن این‌که الکترون‌ها داغ و دارای درجه حرارت چند ده هزار کلوین هستند که به شکستن گاز منتهی می‌گردد. در ضمن سیستم‌های پلاسما می‌توانند در مقیاس‌های کوچک و در مکان‌های مختلف مورد استفاده قرار گیرند.

در این کتاب تبدیل پلاسمای متان در راکتور تخلیه الکتریکی تابان پالسی با پیش یونش کرونا در فشار اتمسفر مورد بررسی قرار می‌گیرد. با آنالیز گاز نشان داده خواهد شد که محصولات اصلی شامل هیدروژن، استیلن، اتیلن، اتان، پروپان و غیره می‌باشند. اما درصد بسیار ناچیزی

www.ketab.ir

هیدروکربن‌های سنگین‌تر از C_8 نیز مشاهده می‌شوند. در شرایط ولتاژ ۱۱/۱ KV، فلوی ۲۰ cc/min و فرکانس ۲۵۰ Hz، درصد تبدیل متان تا حدود ۳۲ درصد حاصل می‌شود. همچنین در شرایط ولتاژ ۴/۵ KV، فلوی ۱۰۴/۵ cc/min، فرکانس ۲۵۰ Hz و خازن‌های بانک ۶۹۰ PF بازده انرژی تا ۱۷ درصد به دست می‌آید که بالاترین رقم نسبت به پلاسماهای غیر تعادلی گزارش شده برای تبدیل متان می‌باشد.

یکی از پارامترهای مهم که در این کتاب بررسی می‌شود اثر پهنای پالس بر روی این فرآیند است. در فرکانس‌های بالاتر بهتر است با پهنای پالس کمتر کار شود، ولی در فرکانس‌های پایین‌تر، پهنای پالس پهن‌تر که تا حدود $\tau \approx 150$ ns مورد بررسی قرار گرفت، نتایج بهتری را ارایه می‌دهد. در ضمن با فشرده شدن پالس از گزینش‌پذیری محصولاتی همچون هیدروژن و استیلن کاسته شده و محصولات هیدروکربنی سنگین‌تر بیشتر تولید می‌شوند.

www.ketab.ir