

به نام خدا

جایگاه و کاربردهای متانول از دیدگاه صنعتی و اقتصادی

مؤلفان:

زهره طاهری

لاله شیرازی

عرفان آقایی نوجویی



۱۳۹۶

سرشناسه: طاهری، زهرا، ۱۳۵۴-

عنوان و نام پدیدآور: جایگاه و کاربردهای متانول از دیدگاه صنعتی و اقتصادی/

زهرا طاهری، لاله شیرازی، عرفان آقایی نوجویی.

مشخصات نشر: تهران: اندیشه سرا، ۱۳۹۶.

مشخصات ظاهری: ص، ۲۱۶ ص.: مصور، جدول، نمودار

شابک: 978-600-5716-19-1

وضعیت فهرست نویسی: فیپا

موضوع: متانول -- صنعت و تجارت -- جنبه‌های اقتصادی

Methanol industry -- Economic aspects: موضوع

موضوع: متانول -- صنعت و تجارت

Methanol industry: موضوع

شماره افزوده: شیرازی، لاله، ۱۳۵۴-

شماره افزوده: آقایی نوجویی، عرفان، ۱۳۶۷-

رده‌بندی کنفر: ۱۳۵۶ ط ۲۳۳/م ۹۶۶۰ HD

رده‌بندی دیوید: ۳۳۸

شماره کتابشناسی ملی: ۴۷۸۴۴۷۸



انتشارات اندیشه سرا

جایگاه و کاربردهای متانول

از دیدگاه صنعتی و اقتصادی

مؤلفان: زهرا طاهری، لاله شیرازی، عرفان آقایی نوجویی

چاپ اول، ۱۳۹۶، شمارگان ۲۰۰، ۱۵۰۰۰ تومان

شابک: ۱-۱۹-۵۷۱۶-۶۰۰-۹۷۸-978-600-5716-19-1 ISBN

حق چاپ و نشر محفوظ و هرگونه استفاده از محتوای کتاب به هر شکل به اجازه‌ی کتبی نیازمند است.

تهران، میدان انقلاب، کوچه آبرو، پلاک ۲، واحد ۴۲ (ساعت ۹ تا ۱۴)

اندیشه سرا از انتشار کتاب‌های ارزشمند حمایت می‌کند. ۰۹۱۲۳۱۶۱۶۸۷

مسئولیت نوشته‌های کتاب یا نویسنده است.

www.andishehsara.org

فهرست مطالب

فصل ۱ متانول و خواص آن.....	۱۳
۱-۱ پیشینه تولید متانول.....	۱۳
۲-۱ خواص فیزیکی و شیمیایی متانول.....	۱۵
۳-۱ واکنش‌های مهم تبدیل متانول به محصولات مختلف.....	۱۶
۴-۱ خطرات متانول.....	۱۷
۱-۱ آتش‌گیری متانول.....	۱۷
۲-۱ سمومیت متانول.....	۱۸
۵-۱ ذخیره‌سازی، انتقال، متانول و استفاده از آن در تجهیزات و مخازن صنعتی.....	۱۸
فصل ۲ اقتصاد متانول.....	۱۹
۱-۲ مقدمه.....	۱۹
۲-۲ چشم‌انداز صنعت متانول.....	۲۰
۳-۲ عرضه و تقاضای متانول.....	۲۱
۱-۳-۲ تولید و مصرف متانول در چین.....	۲۴
۲-۳-۲ تولید و مصرف متانول در ایران.....	۲۷
۴-۲ عرضه و تقاضای مشتقات متانول.....	۳۳
۵-۲ قیمت متانول و مشتقات آن.....	۴۲
۶-۲ پروژه‌های تبدیل متانول.....	۴۷
فصل ۳ فرآیند تولید متانول.....	۴۹
۱-۳ مقدمه.....	۴۹
۲-۳ شیمی واکنش‌های تولید متانول.....	۵۱
۳-۳ فرآیند تولید متانول از گاز طبیعی و گاز سنتز.....	۵۲
۴-۳ راکتورهای فرآیند سنتز متانول.....	۵۵
۵-۳ صاحبان دانش فنی فناوری تولید متانول.....	۵۸
۱-۵-۳ توصیف فرآیند واحد Mega Methanol شرکت Lurgi.....	۵۹
۲-۵-۳ توصیف فرآیند سنتز متانول شرکت Haldor Topsoe.....	۶۵
فصل ۴ فرآیند تبدیل متانول به محصولات با ارزش افزوده.....	۶۹
۱-۴ مقدمه.....	۶۹

- ۶۹..... ۲-۴ فرآیند تبدیل متانول به الفین های سبک (MTO).....
- ۷۸..... ۱-۲-۴ کاتالیست‌های استفاده شده در فرآیند MTO.....
- ۸۱..... ۲-۲-۴ اصلاح کاتالیست در فرآیند MTO.....
- ۸۹..... ۳-۲-۴ غیر فعال شدن کاتالیست در فرآیند MTO.....
- ۹۰..... ۴-۲-۴ مکانیزم واکنش MTO.....
- ۹۰..... ۱-۴-۲-۴ تشکیل دی متیل اتر.....
- ۹۰..... ۲-۴-۲-۴ تشکیل محصولات هیدروکربنی اولیه.....
- ۹۲..... ۳-۴-۲-۱ تشکیل الفین‌های سنگین.....
- ۹۲..... ۵-۱-۴ سینتیک فرآیند MTO.....
- ۹۴..... ۶-۲-۴ انواع ستور-ما- فرآیند MTO.....
- ۹۶..... ۷-۲-۴ تأثیر پارامترهای عملیاتی بر فرآیند MTO.....
- ۱۰۱..... ۸-۲-۴ صاحبان صنایع نفتی فناوری تبدیل متانول به الفین ها.....
- ۱۰۱..... ۱-۸-۲-۴ توصیف فرآیند MTO شرکت UOP/Hydro.....
- ۱۰۶..... ۹-۲-۴ انتگراسیون فرآیند MTO [۱۰۳].....
- ۱۱۲..... ۳-۴ فرآیند تبدیل متانول به پروپین (MTP) [۱۰۴].....
- ۱۲۸..... ۱-۳-۴ توصیف فرآیند تبدیل متانول به پروپین شرکت Lurgi.....
- ۱۳۵..... ۱-۱-۳-۴ واحد فرآیند MTP در ایران.....
- ۱۳۷..... ۲-۳-۴ بحث و بررسی فرآیند MTP.....
- ۱۳۹..... ۴-۴ فرآیند تبدیل متانول به دی متیل اتر.....
- ۱۴۰..... ۱-۴-۴ روش های تولید دی متیل اتر.....
- ۱۴۰..... ۱-۱-۴-۴ آب‌گیری از متانول (روش تجاری تبدیل غیر مستقیم).....
- ۱۴۱..... ۲-۱-۴-۴ فرآیند تولید هم‌زمان متانول و دی متیل اتر.....
- ۱۴۲..... ۳-۱-۴-۴ تولید مستقیم دی متیل اتر از گاز سنتز.....
- ۱۴۴..... ۴-۱-۴-۴ تولید دی متیل اتر در فاز مایع.....
- ۱۴۵..... ۲-۴-۴ کاتالیست‌های فرآیند سنتز دی متیل اتر.....
- ۱۴۵..... ۱-۲-۴-۴ کاتالیست‌های فرآیند سنتز دی متیل اتر از متانول.....
- ۱۴۶..... ۲-۲-۴-۴ کاتالیست‌های فرآیند سنتز دی متیل اتر از گاز سنتز.....
- ۱۴۹..... ۳-۴-۴ شیمی فرآیند تولید دی متیل اتر.....
- ۱۴۹..... ۴-۴-۴ صاحبان دانش فنی فرآیند تولید دی متیل اتر.....
- ۱۵۲..... ۱-۴-۴-۴ فرآیندهای سنتز دی متیل اتر به روش دو مرحله‌ای.....
- ۱۶۲..... ۲-۴-۴-۴ فرآیند سنتز تولید دی متیل اتر به روش یک مرحله‌ای.....

۱۷۶	۵-۴	فرآیند تبدیل متانول به بنزین (MTG).....
۱۸۳	۱-۵-۴	شرح فرآیند MTG.....
۱۸۳	۱-۱-۵-۴	فرآیند تولید بنزین از متانول در راکتور بستر ثابت [۶۸].....
۱۸۶	۲-۱-۵-۴	فرآیند MTG در راکتور بستر سیال.....
۱۸۷	۲-۵-۴	کاتالیست مورد استفاده در فرآیند MTG.....
۱۹۰	۳-۵-۴	شرح فرآیند MTG شرکت Mobil.....
۱۹۴	۶-۴	تبدیل متانول به مواد شیمیایی.....
۱۹۴	۱۰-۱-۴	استیک اسید.....
۱۹۵	۱-۱-۶-۴	مکانیزم واکنش و کاتالیست آن.....
۱۹۷	۲-۶-۴	فرمالدهید.....
۱۹۷	۲-۶-۴	فرآیند صنعتی تولید فرمالدهید.....
۱۹۹	۳-۶-۴	الدهای سندن تر.....
۲۰۱	۵	فصل ۵ متانول به عنوان سوخت.....
۲۰۱	۱-۵	مقدمه.....
۲۰۲	۲-۵	متانول به عنوان جایگزین بنزین در موتورهای درون سوز.....
۲۰۳	۳-۵	متانول و دی متیل اتر به عنوان سوخت دیزلی در موتورهای احتراق تراکمی.....
۲۰۵	۴-۵	استفاده از متانول در پیل های سوختی.....
۲۰۹		مراجع.....

فهرست جداول

جدول ۱-۱	خواص شیمیایی متانول	۱۵
جدول ۲-۱	تعدادی از واکنش‌های صنعتی مهم انجام شده با خوراک اولیه متانول	۱۶
جدول ۳-۱	واکنش‌های خطرناک متانول	۱۷
جدول ۱-۲	واحدهای تولید متانول در ایران	۳۰
جدول ۲-۲	ظرفیت و میزان پیشرفت پروژه‌های متانول در حال ساخت در کشور	۳۰
جدول ۳-۲	محصولات مختلف تولیدی از متانول	۳۵
جدول ۴-۲	مقایسه مطالعات اقتصادی تولید متانول از زغال سنگ	۴۴
جدول ۵-۲	مقایسه بین هزینه‌های تولید فرمالدهید با فرآیندهای مختلف در سال ۲۰۰۳	۴۴
جدول ۶-۲	مقایسه بین مطالعات اقتصادی فرایند MTG با استفاده از زغال سنگ	۴۶
جدول ۱-۳	فرآیندهای کاتالیست‌های تجاری فرآیند سنتز متانول	۵۰
جدول ۲-۳	توسعه هندلینگ فناوری سنتز متانول	۵۹
جدول ۱-۴	میزان توزیع محصولات تولیدی بر مبنای وزنی توسط خوراک‌های مختلف	۷۲
جدول ۲-۴	مقایسه بین واحدهای FCC و DCU تجاری	۷۳
جدول ۳-۴	موازنه کلی مواد بر مبنای جرم به جهت تولید ۵۰۰/۱۰۰ تن در سال اتیلن	۷۷
جدول ۴-۴	موازنه کلی مواد و انرژی تولید اتیلن و ایزوپروپیلن با مبنای فرآیند IFP	۷۸
جدول ۵-۴	تبدیل متانول توسط کاتالیست SAPO-34 اصلاح‌یافته آن در دمای واکنش ۴۵۰°C و WHSV(MEOH) = 2	۸۵
جدول ۶-۴	تأثیر میزان رقیق‌سازی متانول با آب با استفاده از کاتالیست SAPO-34 در دمای ۴۵۰°C و WHSV = 2	۸۵
جدول ۷-۴	مراحل ابتدایی تشکیل اولفین‌های سنگین	۹۲
جدول ۸-۴	اثر فشار بر میزان انتخاب‌پذیری اولفین‌ها در دمای ۴۰۰°C	۹۸
جدول ۹-۴	تأثیر دمای واکنش بر توزیع محصولات در فرآیند تبدیل متانول به کاتالیست H-ZSM-5 در فشار ۱/۰۴ bar	۹۹
جدول ۱۰-۴	تبدیل متانول به اولفین‌ها توسط کاتالیست ZSM-5 با مقادیر متفاوت نسبت Si/Al	۱۰۰
جدول ۱۱-۴	صاحبان دانش فنی فناوری تولید اولفین‌ها	۱۰۱
جدول ۱۲-۴	میزان انتخاب‌پذیری محصولات واحد MTO	۱۰۵
جدول ۱۳-۴	خواص فیزیکی دی‌متیل اتر در مقایسه با LPG، LNG و Diesel	۱۴۰
جدول ۱۴-۴	توسعه‌دهندگان فناوری سنتز دی‌متیل اتر	۱۵۱
جدول ۱۵-۴	خلاصه‌ای از فرضیات طراحی فرآیند سنتز دی‌متیل اتر شرکت Toyo	۱۶۲
جدول ۱۶-۴	شرایط و خصوصیات خوراک و کاتالیزور فرآیند سنتز دی‌متیل اتر	۱۷۰
جدول ۱۷-۴	نحوه توزیع محصولات فرآیند MTG	۱۷۷
جدول ۱۸-۴	عملکرد کاتالیست‌های ZSM-5 و ZSM-5/MCM-48 در فرآیند MTG در دماهای مختلف	۱۸۰
جدول ۱۹-۴	مشخصات فیزیکی - شیمیایی کاتالیست‌های فرآیند تبدیل متانول به بنزین	۱۸۸
جدول ۲۰-۴	مشخصات کاتالیزورهای ژئولیتی	۱۸۹
جدول ۲۱-۴	مشخصات کاتالیست‌های ژئولیتی	۱۹۰
جدول ۲۲-۴	مقادیر محصولات خروجی از واحد MTG شرکت Mobil	۱۹۲

پیشگفتار

امروزه صنعت متانول یکی از پویاترین صنایع در دنیاست و متانول یکی از سه محصول بسیار مهم صنایع شیمیایی در دنیا می‌باشد. متانول یکی از مهم‌ترین محصولات بالادستی صنعت پتروشیمی محسوب می‌شود که می‌تواند جایگزین مشتقات نفت خام شده و در تولید طیف وسیعی از محصولات پتروشیمیایی مورد استفاده قرار گیرد. با توجه به کمبود قابل پیش‌بینی منابع انرژی در آینده، مصرف مستقیم متانول به عنوان سوخت پاک و یا در تولید هیدروژن مصرفی پیل‌های سوختی، بسیار مورد توجه است. متانول یک محصول کلیدی برای ایجاد ارزش افزوده از گاز طبیعی، زغال سنگ می‌باشد. خوراک اولیه برای تولید متانول گاز طبیعی، زغال سنگ و زیست توده می‌باشد. محصولات متنوعی از قبیل فرمالدهید، MTBE، الفین‌های سبک، بنزین، DME و ... از متانول تولید می‌گردد. به دلیل اهمیت بالای متانول در کشور و افزایش روزافزون تقاضای این محصول در جهان، ضرورت ایجاد می‌کند که جنبه‌های مختلف فرایندهای تولید متانول و نیز فرایندهای تبدیلی آن در کشور اقتصاد متانول مورد بررسی قرار گیرد.

در این کتاب تلاش شده است که صنعت متانول از دیدگاه صنعتی و اقتصادی در ایران و جهان و جوانب مختلف آن مورد بررسی قرار گیرد. در فصل ۱ مقدمه و تاریخچه‌ای در مورد متانول آورده شده است. در این فصل واکنش‌های مهم متانول به همراه خطرات متانول از جنبه‌های مختلف بیان شده است. در فصل ۲ متانول از دیدگاه اقتصادی مورد تحلیل و بررسی قرار گرفته است. در این فصل میزان عرضه و تقاضای متانول در ایران و جهان، بازار متانول در نقاط مختلف دنیا و نیز جزئیات دیگری در مورد اقتصاد متانول شرح داده شده است. در فصل ۳ فرایندهای صنعتی مختلف تولید متانول از گاز سنتز که توسط شردهای مختلف ارائه شده، مورد مطالعه و بررسی قرار گرفته است. در فصل ۴ فرآیند تبدیل گاز به محصولات مختلف با جزئیات کامل آورده شده است. در این فصل جنبه‌های مختلف فرآیندهای تبدیلی متانول به الفین‌ها، پروپیلن و بنزین از قبیل کاتالیست‌های استفاده شده، مکانیزم و سینتیک واکنش‌ها، شرایط عملیاتی، صاحبان دانش فنی و جزئیات کامل فرآیند آورده شده است. در انتهای این فصل تبدیل متانول به مواد شیمیایی دیگر از قبیل استیک اسید، فرمالدهید و الکل‌های سنگین‌تر آورده شده است. در فصل ۵ بحث استفاده از متانول به عنوان مکمل سوخت و جایگزین سوخت در موتورهای آورده شده است. همچنین استفاده از متانول در پیل سوختی در این بخش بیان شده است.