دانشگاه آزاد اسلامی
واحد علوم و تحقیقات تهران

دانشکده مکانیک و هوافضا

موضوع مقاله: بررسی فرآیند تجزیه گرمایی بر ضایعات پلاستیک

(A review on pyrolysis of plastic wastes)

استاد راهنما : جناب آقای دکتر پیام سرائیان

گردآورنده : رسول فرزانه

چکیده

تولید جهانی پلاستیک طی سالها با توجه به کاربردهای گسترده پلاستیکی در بسیاری از بخشها افزایش یافته است. تقاضای مداوم مصرف پلاستیک موجب تجمع زباله های پلاستیکی در محل های دفن زباله و اشغال مقدار زیادی از فضای زمین شده که به مشکل زیست محیطی منجر شده است. افزایش در تقاضای پلاستیک منجر به کاهش نفت به عنوان بخشی از سوخت های فسیلی غیر قابل تجدید شده زیرا پلاستیک از جمله مواد نفتی می باشد . برخی از گزینه هایی که به مدیریت زباله های پلاستیکی کمک می کنند روشهای بازیافت و بازیابی انرژی هستند. با این حال، برخی از اشکالاتی در روش بازیافت وجود دارد، از این قبیل میتوان به هزینه نیروی کار بالا برای جداسازی و آلودگی آب اشاره کرد که پایداری این روش را کاهش میدهد. به دلیل بروز این اشکالات، محققان توجه خود را برای جبران تقاضای انرژی بالا به روش بازیابی انرژی معطوف کرده اند . از طریق توسعه پژوهش و فناوری ،فرآیند تبدیل ضایعات پلاستیک به انرژی توسعه داده شد. نفت به عنوان منبع اصلی تولید پلاستیک ، بازیابی پلاستیکی به روغن مایع از طریق فرایند تجزیه در اثر حرارت ، پتانسیل بسیار زیادی داشته و از لحاظ ارزش گرمایی بالا با سوخت تجاری قابل مقایسه است. در این مقاله روند پیرولیزبرای هر نوع از پلاستیک بررسی شده و پارامترهای فرآیند اصلی که این محصول نهایی نفت، گاز را تحت تاثیر قرارمیدهند. پارامترهای کلیدی که در این مقاله مورد بررسی قرار گرفتند شامل درجه حرارت، نوع راکتور، زمان اقامت، فشار، کاتالیزور، نوع گاز مایع سو سرعت جریان آن است. علاوه بر این، چندنظریه برای بهینه سازی تولید روغن مایع برای هر پلاستیک نیز در این مقاله مورد بحث قرار گرفته است.

۱. معرفی

پلاستیک برای بیش از ۵۰ سال نقش حیاتی در بهبود بخشیدن به زندگی استاندارد انسان ایفا کرده است. این کلید ابداع بسیاری از محصولات در بخش های مختلف مانند ساخت و ساز، بهداشت و درمان، الکترونیکی، خودرو، و بسته بندی و ... است. تقاضا برای کالای پلاستیکی به دلیل رشد سریع جمعیت جهان افزایش یافته است. از ۲۰۱۲ تولید جهانی پلاستیکی به حدود ۲۹۹ میلیون تن در سال ۲۰۱۳ با افزایش ٤٤ درصدی رسیده است [۱]. افزایش مداوم تقاضای پلاستیک منجر به رشد هر ساله در تجمع زباله شده است. بر اساس آمار سال ۲۰۱۳ گزارش شده است که ۳۳ میلیون تن از زباله های پلاستیکی در ایالات متحده تولید شده است [۲]. همانطور که در اروپا، ۲۵ میلیون تن پلاستیک در طول سال ۲۰۱۲ تبدیل به زباله شد [۱]. بر اساس آماردر اروپا، حدود ۳۸٪ از زباله

های پلاستیکی به محل های دفن زباله منتقل شد، ۲۶٪ بازیافت شدند در حالی که ۳۶٪ برای بازیابی انرژی استفاده شد [۱]. این نشان می دهد که درصد زباله پلاستیکی انباشه شده در محل دفن زباله هنوز هم بسیار بالا است که آن را فضای بزرگی را اشغال کرده است. پلاستیک ممکن است میلیاردها سال طول بکشد تا به طور طبیعی تجزیه شود.

پیوندهای مولکولی حاوی هیدروژن، کربن و تعداد کمی از عناصر دیگر مانند نیتروژن، کلر و سایر ترکیبات موجب دوام بالای پلاستیک شده است. دفع مداوم پلاستیک در محل های دفن زباله قطعا باعث مشکل جدی زیست محیطی خواهد شد.

به منظور کاهش دفع پلاستیکی به محل های دفن زباله، روش بازیافت به عنوان جایگزین دیگری برای مدیریت دور ریختنی های پلاستیکی در نظر گرفته شده است. با برگشت به آمار ذکر شده در بالا، درصد بازیافت هنوز هم در کمترین میزان است. بازیافت پلاستیک دشوار بوده است و آن را می توان به دلیل محدودیت در آلودگی آب و جدایی ناکافی قبل از بازیافت که کار آزمایشگاهی سختی است پر هزینه دانست [۳]. به دلیل ترکیبات مختلف پلاستیک شامل ساختار رزین ، شفافیت و رنگ آن ، جداسازی و تجزیه لازم است . به طور معمول، رنگدانه و یا پلاستیک رنگی دارای ارزش بازار پایین تر است. پلاستیکهای شفاف نزد تولید کنندگان محبوب هستند از آنجایی که آنها را می توان تبدیل به محصولات جدید کرد، در نتیجه انعطاف پذیری بیشتری دارند [٤]. امروزه بازیافت پلاستیک کاملا به چالش کشیده شده زیرا نیاز دقیق به دریافت محصول با ارزش بالا، احساس می شود.

اگرچه بازیافت پلاستیک که منجر به کاهش برخی از مقدار پلاستیکی زباله میشود، روش قابل اعتماد تر و پایدار است. از آنجا که هرساله تقاضای بالا از پلاستیک دریافت شده است ، با کاهش سوخت های فسیلی مانند زغال سنگ، گاز و به خصوص نفت رو به رو شده ایم بسیاری از محققان به کشف و توسعه منابع انرژی پتانسیل با توجه به افزایش در تقاضای انرژی علاقه زیادی نشان میدهند . برخی از منابع انرژی جدید شامل انرژی خورشیدی، قدرت باد، زمین گرمایی و تکنولوژی برق آبی بررسی شده اند. به تازگی، تبدیل انرژی از زباله یک راه هوشمند بوده که منجر میشود زباله بتواند به طور کامل نیاز انسانها به انرژی را تامین کند. تبدیل پلاستیک به انرژی مشتق شده از منبع پتروشیمی، اساسا دارای ارزش گرمایی بالایی است. از این رو، تولید کردن گاز یکی از مسیرهای به حداقل رساندن اتلافات است که به تازگی منافع بسیاری نیز دارد.

تولیدگاز فرآیند حرارتی تجزیه پلیمر زنجیره ای طولانی به مولکولهای کوچکتر و مولکول های ساده تر از طریق حرارت و فشار است. این فرآیند

نیاز به گرمای شدید با مدت زمان کوتاه تر و در غیاب اکسیژن دارد .سه محصول عمده که در طول تولید گاز تولید می شود نفت، گاز و زغال سنگ برای صنایع تولیدی و پالایشگاهی می باشند . از آنجا که این روند قادر به تولید مقدار بالای روغن مایع تا ۸۰ وزنی٪ در درجه حرارت متوسط حدود 500_C است، تولید گاز توسط بسیاری از محققان انتخاب شده علاوه بر این، تولید گاز نیز بسیار انعطاف پذیر است زیرا می توان با دستکاری عملکرد محصول را بر اساس پارامتر بهینه سازی نمود . روغن مایع را می توان در چندکاربردهای مانند مجمر، دیگهای بخار، توربین و دیزل موتورهای بدون نیاز به ارتقا یا درمان مورد استفاده قرار داد [٦]. برخلاف بازیافت، تولید گاز آلودگی آب ایجاد نمی کند وبه عنوان فن آوری سبز در نظر گرفته شده که حتی محصول جانبی پیرولیز است که گازی است با ارزش گرمایی قابل توجهی که آن رامی توان به جبران انرژی مورد نیاز کلی کارخانه تولید گاز مورد استفاده مجدد قرار داد [۷]. مدیریت روند نیز بسیار ساده ترو انعطاف پذیر تر از روش بازیافت مشترک است زیرا نیاز به مرتب سازی فرایند ندارد ، در نتیجه فشردگی کار کمتر است.

با توجه به پتانسیل اقسام مختلف پلاستیک در فرآیندهای تولید گاز در تولید مایع تحقیقات بسیاری منتشر شده است. لازم به ذکر است که عملکرد محصول و کیفیت به شدت به پارامترهای تنظیم بستگی دارد. بنابراین، این بررسی بر انواع مختلف تولید گاز پلاستیکی متمرکز شده استکه با پارامترهای اصلی موثر در فرآیند تجزیه پلاستیک در اثر حرارت مطرح شده و نیاز به توجه به منظور به حداکثر رساندن تولید نفت مایع و افزایش کیفیت نفت دارد. پارامترهای اصلی شامل درجه حرارت، نوع راکتور، زمان اقامت، فشار، استفاده از کاتالیزور های مختلف و نوع گاز مایع با سرعت جریان آن است. علاوه بر این، برخی از مباحث نیز در مورد بهینه سازی عملکرد روغن مایع نیز در این مقاله ارائه شده است.

۲. تولید گاز از پلاستیک

اساسا، انواع پلاستیک ترکیبات گوناگونی دارندکه به طور معمول از نظر آنالیز تقریبی خود گزارش شده است.

آنالیز تقریبی می تواند به عنوان یک روش برای اندازه گیری تعریف خواص شیمیایی پلاستیک بر اساس چهار عنصر خاص شامل رطوبت، کربن ثابت، فرارماده و خاکستر در نظر گرفته شود [۸]. عوامل اصلی که عملکرد روغن مایع در فرایند تجزیه در اثر حرارت را تحت تاثیر قرار میدهند مواد فرار و خاکستر هستند.

مواد فرار بالا ، تولید روغن مایع را افزایش داده در حالی که خاکستر بالا مقدار روغن مایع را کاهش میدهد ، متعاقبا تشکیل گاز و زغال سنگ را افزایش میدهند [۷]. جدول ۱ خلاصه شده تجزیه و تحلیل تقریبی از پلاستیک های مختلف را ارائه میدهد. بر اساس جدول ۱، مشاهده شد که ماده فرار برای تمام پلاستیکها بسیار بالا است در حالی که خاکستر در نظر گرفته شده کم است.

Table 1
Proximate analysis of plastics [7].

Type of plastics	Plastics type marks	Moisture (wt%)	Fixed carbon (wt%)	Volatile (wt%)	Ash (wt%)	Ref.
Polyethylene terephthalate (PET)	1 PET	0.46 0.61	7.77 13.17	91.75 86.83	0.02 0.00	[9] [10]
High-density polyethylene	2 HDPE	0.00 0.00	0.01 0.03	99.81 98.57	0.18 1.40	[11] [10]
Polyvinyl chloride (PVC)	3 V	0.80 0.74	6.30 5.19	93.70 94.82	0.00 0.00	[12] [10]
Low-density polyethylene	4 LDPE	0.30 –	0.00 –	99.70 99.60	0.00 0.40	[13] [14]
Polypropylene	5 PP	0.15 0.18	1.22 0.16	95.08 97.85	3.55 1.99	[15] [10]
Polystyrene	6 PS	0.25 0.30	0.12 0.20	99.63 99.50	0.00 0.00	[16] [13]
Polyethylene (PE) Acrylonitrile butadiene styrene (ABS) Polyamide (PA) or Nylons Polybutylene terephthalate (PBT)	7 OTHER	0.10 0.00 0.00 0.16	0.04 1.12 0.69 2.88	98.87 97.88 99.78 97.12	0.99 1.01 0.00 0.00	[15] [17] [17] [10]

این ویژگی نشان می دهد که پلاستیک دارای پتانسیل بالا برای تولید مقدار بزرگ روغن مایع از طریق فرایند تجزیه در اثر حرارت را داراست. از آنجا که نتایج آنالیز تقریبی پلاستیک بسیار قانع کننده هستند، در بر داشت زیر تمرکز بحث بیشتر بر پارامترهای فرایند درگیر در طول فرایند پیرولیز که نفوذ زیادی در تولید مایع دارند است.

۲,۱. پلی اتیلن ترفتالات (PET)

PET یک انتخاب عالی برای بسته بندی های پلاستیکی برای محصولات مختلف غذایی، به طور عمده نوشابه آب معدنی، بطری نرم نوشیدنی ها و ظروف آب میوه است. این به خاطر آن خواص ذاتی است که برای ظرفیت بزرگ بسیار مناسب بسیار سبک وزن و مقاوم در برابر فشار ظروف هستند. کاربردی های دیگر از PET شامل عایق الکتریکی، ورق های چاپ، نوار مغناطیسی، ایکسری و دیگر فیلم عکاسی است [۱۸]. کاربردی های گسترده از PET به یک انباشت زباله PETT در محل های دفن زباله منجر می شود.

بازیافت ضایعات PET در حال حاضر به مدیریت انباشته زباله های پلاستیکی کمک میکند . با این حال، بزرگی ظروف باعث فرکانس بالا از مجموعه و در نتیجه، افزایش هزینه حمل و نقل میشود . برای سهولت در فرآیند بازیافت زباله های PET نیازبه تعداد و رنگ های مختلف است که بهبود آن ناکارآمد و غیر اقتصادی طبقه بندی شده اند . از این رو، جایگزین دیگر برای بازیابی PET مانند فرایند تجزیه در اثر حرارت با کاوش ها و محصول عملکرد توسط چندین محقق استفاده شد. Cepeliogullar و Putun [19] پتانسیل PET را بررسی کرده است در فرایند تجزیه در اثر حرارت به تولید روغن مایع با استفاده از راکتور بستر ثابت در ۵۰۰ _C. میزان حرارت شد ۱۰ _C / min و گاز نیتروژن مورد استفاده قرار گرفت به عنوان گاز گسترده در این آزمایش است. مشاهده شد که عملکرد روغن مایع کمتر از گاز بود. روغن مایع به دست آمده ۲۳,۱ ٪ وزنی بود. در حالی که محصول گازی ۷۶,۹ ٪. وزنی بود. بدون پسماند جامد باقی مانده است. عملکرد کم مایع می تواند از طریق آنالیز تقریبی بر اساس جدول ۱توضیح داده شود ، نشان دادن محتوای نسبتا کم فرار PET حدود ۸۶,۸۳ درصد در مقایسه با پلاستیک های دیگر که در آن محتویات فرار همه بالا بود ۹۰٪. ، تقریبا نیمی از ترکیب روغن موجود بنزوات که حدود ۴۹,۹۳٪ بر اساس chromatography– گاز بود طیف سنجی جرمی (GC-MSS) تجزیه و تحلیل. ویژگی های اسیدی در روغن تجزیه در اثر حرارت نامطلوب بود به علت خورنده آن که کیفیت سوخت [۱۹] بدتر شده است. علاوه بر این، اسید بنزوئیک متعالی به طور کلی می تواند لوله کشی و مبدلهای حرارتی را مسدود کند ، بنابراین اگر در حال اجرا در مقیاس صنعتی باشذ نیاز به یک توجه جدی دارد [۲۰، ۲۱۱].

از سویی دیگر، Fakhrhoseini و Dastanian [۵] عملکرد کمی بالاتر روغن مایع را در همان درجه حرارت و میزان حرارت پیدا کرده اند . عملکرد مایع به دست آمده ۳۹,۸۹٪ وزنی بود گاز ۵۲,۱۳ ٪ وزنی بود و پسماند جامد ۸,۹۸ ٪ وزنی بود . بنابراین، به این نتیجه رسیدند که تولید نفت مایع از تجزیه در اثر حرارت PET به دست آمده در محدوده ۲۳ – ۴۰ وزنی٪ در حالی که عملکرد گازی درمحدوده ۵۲ – ۷۷ وزنی٪. بر اساس این نتایج، PET ممکن است به عنوان پلاستیک مناسب برای در تجزیه در اثر حرارت استفاده شود اگر کالا گازی شد اولویت، به عنوان مثال برای تامین انرژی برای گرم کردن راکتور در دمای مورد نظر قرار داده می شود..

۲,۲. پلی اتیلن با چگالی بالا (HDPE)

HDPE به عنوان یک زنجیره پلیمر خطی طولانی با درجه تبلور بالا و شاخه شاخه پایین مشخص شده که منجر به مقاومت بالای آن میگردد . با توجه به

خواص قدرت بالا، HDPE به طور گسترده ای در ساخت بطری شیر، بطری های مواد شوینده ، ظروف روغن، اسباب بازی و بیشتر استفاده می شود. برنامه های مختلف کمک‌حدود٪ ۱۷,٦ در ضایعات پلاستیکی است که سومین‌نوع پلاستیکی موجود در زباله های شهری (MSW) [22] . HDPE ضایعات یک پتانسیل بسیار خوبی برای در فرایند تجزیه در اثر حرارت از استفاده می شود آن می تواند تولید عملکرد بالا مایع بستگی به پارامترهای تنظیم شده است.

مطالعات زیادی بر روی تولید گاز HDPE در مختلف انجام شده است عامل پارامترهای بررسی عملکرد محصول به دست آمده است.

احمد و همکاران [۲۳] به کاوش در مطالعه تجزیه در اثر حرارت HDPE با استفاده از راکتور فولاد میکرو پرداخته که تغییر در دمای تجزیه در اثر حرارت در ۳۰۰- بودند ٤۰۰ _C در نرخ حرارت از ۱۰/٥ _C / دقیقه است. گاز نیتروژن به عنوان مورد استفاده قرار گرفت متوسط fluidizing است. از این آزمایش، آنها دریافتند که بالاترین تبدیل که اتفاق افتاده است به ۳٥۰ _C با مایع باشد عملکرد محصول غالب (۸۰,۸۸ درصد وزنی) مانده جامد بود بسیار بالا در ۳۰۰ _33.05) C درصد وزنی) اما مقدار آن به ۰,٥٤ وزنی٪ در بالاترین دمای ٤۰۰ _CC کاهش یافت.

از سوی دیگر، کومار و سینگ در خصوص تجزیه در اثر حرارت HDPE با استفاده از راکتور نیمه دسته ای در درجه حرارت بالاتر وسیعی از ٤۰۰- ٥٥۰ _C [۲٤] یک سری مطالعه حرارتی انجام داده اند مشاهداتشان نشان می دهد که بالاترین مایع عملکرد (۷۹,۰۸ درصد وزنی) و محصول گازی (۲٤,۷٥ درصد وزنی) به دست آمده در درجه حرارت از ٥٥۰ _C است که این در حالی است که موم شروع به تسلط در محصول کسری در درجه حرارت بالاتر از ٥۰۰-٥٥۰ _C است و روغن قهوه تیره رنگی به دست آمده است که از تجزیه حرارتی مانده قابل مشاهده و نقطه جوش ۸۲-۳٥۲ _C حاصل شده است. این دستاورد از مخلوط های مختلف جزء نفت مانند بنزین، نفت سفید و گازوئیل درنفت که خواص سوخت معمولی نشان داده شده درجدول همسان ۲۲ آورده شده است. علاوه بر این، میزان گوگرد در نفت پیرولیتی HDPE بسیار پایین بود (۰,۰۱۹۹٪) که از آن پاک کننده برای محیط زیست ساخته شده است.

علاوه بر آن، Marcilla و همکاران [۲٦] همچنین به مطالعه در رابطه با تجزیه HDPE در اثر حرارت در ٥٥۰ _C با استفاده از راکتور دسته ای دست زده اند. . عملکرد روغن مایع ۸٤,۷ WT٪ بود و کالا گازی اطراف ۱٦,۳ WT٪. این نتایج اثبات می کند که روغن مایع بیشتر می تواند در درجه حرارت بالاتر به دست آید و در این مورد یک محدودیت است وجود دارد. لازم به ذکر است که درجه حرارت بیش از حد بالا عملکرد روغن مایع را

کاهش می دهد و افزایش گازی کالا از روند حداکثری میگذرد ونقطه تخریب حرارتی را به بار می آورد.

Mastral و همکاران [۲۷] با انجام HDPE تولید گاز در یک راکتور بستر سیال در ۶۵۰ _C ، دریافتند که تولید روغن مایع حدود ۶۸,۵ WT٪ و ۳۱,۵ WT٪ گازی تولید می شود.. این امر نشان می دهد که مایع به گاز بدل شده و تا درجه حرارت بسیار بالای ۵۵۰ _C گرم می شود.

۲,۳. پلی وینیل کلرید (پی وی سی)

بر خلاف ترموپلاست هایی مانند پلی اتیلن (PE) و پلی استایرن (PS) و پلی پروپیلن (PP) که می تواند توسط گرمایش نرم و صرفا حاصل از نفت گردد، پی وی سی که از مخلوطی از ۵۷٪ کلر (مشتق شده ازنمک صنعتی درجه) و ۴۳٪ کربن (مشتق شده از هیدروکربن خوراک مانند اتیلن از نفت یا گاز طبیعی) تولید شده است[۲۸]. ویژگی کلر ، پی وی سی مقاومت عالی در آتش است و در نتیجه برای عایق الکتریکی بسیار مناسب است. پی وی سی با مخلوط بسیاری از مواد که افزودنی آن پلاستیکی همه کاره است. سازگاری زیادی دارد. کاربردی های پی وی سی شامل سیم و عایق کابل، قاب پنجره، چکمه، فویل مواد غذایی، دستگاه های پزشکی، کیسه های خون، فضای داخلی خودرو، بسته بندی، کارت های اعتباری، چرم مصنوعی، و غیره است. حتی کاربردهای گسترده ای در تحقیقات انجام شده در تجزیه در اثر حرارت PVC نیز دارد با توجه به که این ماده بسیار کمتر خطرناک است و تمایل به آزاد که در درجه حرارت بالا در زمان گرم شدن دارد.

میراندا و همکاران [۲۹] تجزیه در اثر حرارت پی وی سی در یک دسته انجام راکتور در محدوده دمای ۲۲۵-۵۲۰ _C و نرخ حرارت از ۱۰ _C / دقیقه را مورد بررسی و آزمایش قرار داده اند. آزمایش تحت خلاء و فشار کل انجام شد از ۲ کیلو پاسکال فشار استفاده شد.روغن مایع به دست آمده بود از ۰,۴۵ درصد وزنی به ۱۲,۷۹۹ درصد وزنی متنوع به عنوان درجه حرارت افزایش یافته است.

تجمع قیر حتی بالاتر از روغن مایع به دست آمده بود و مقدار کلرید هیدروژن (هیدروکلراید) تا ۱۹,۶ WT٪. افزایش داشته است با توجه به محصول اصلی به دست آمده از این آزمایش مشخص شد با بالاترین عملکرد ۵۸,۲ WT٪. هیدروکلراید تمایل به خورندگی داشته و سمی متوسط گرمی ای است که باعث آسیب به فرایند تجهیزات میشود.

Table 2
Comparison of HDPE pyrolytic oil and conventional fuel properties.

Type of oil	HDPE pyrolytic oil properties [24]		Conventional fuel properties [25]	
	Boiling point (°C)	Cv (MJ/kg)	Boiling point (°C)	Cv (MJ/kg)
Gasoline	82–352	42.9	40–200	43.4–46.5
Kerosene			150–300	43.0–46.2
Diesel			150–390	42.8–45.8

این یکی از دلایل اصلی است که به خاموش کردن پایلوت تولید گاز در Ebenhausen، آلمان منجر شد [۲۹].

بنابراین، می توان نتیجه گرفت‌که پی وی سی تمایلی به تولید گاز ندارد زیرا عملکرد روغن مایع در آن حداقل مقدار بود . علاوه بر این، زباله های پی وی سی انباشته در MSW بسیار کم بود، کمتر از ۳٪ زباله های پلاستیکی‌بوند که بسیار ناچیز بود [۲۲]. علاوه بر این، انتشارمواد مضر مانند هیدروکلرایدوحضور ترکیب کلر مانند کلرو بنزین درمایع پیرولیز می تواندبرای محیط زیست خطرناک و عاملی سمی باشد. فائق آمدن بر این مشکل، نیازمند یک پروسه دکلره بر روی پی وی سی به منظور کاهش محتوای کلر در روغن مایع است. این فرایند می تواند از طریق روش های مختلف از جمله تحلیل گام به گام‌تولید گاز ، کاتالیزوری‌تولید گاز و بخار تولید گاز را در بر گیرد [۳۰]. از این رو، تجزیه پی وی سی در اثر حرارت نیازمند هزینه اضافی است که به برداشتن گام اضافی‌برای دکلر برای این کار منجر شده و یکی از معایب این صنعت به حساب می آید.

۲,٤. پلی اتیلن با چگالی کم (LDPE)

در مقابل HDPE، LDPE انشعاب بیشتری دارد که منجر به‌نیروی ضعیف بین مولکولی، استحکام کششی و در نتیجه کاهش سختی خواهد شد

با این حال، LDPE دارای شکل پذیری بهتری نسبت به HDPE از لحاظ انشعاب است که باعث ایجاد ساختار بلوری کمتر و آسان بودن‌تولید آن است. از مقاومت عالی آن در برابر آب، به طور گسترده ای استفاده می شودبه عنوان کیسه های پلاستیکی، ورقه کاغذ بسته بندی برای بسته بندی، کیسه های زباله و بسیار کارایی های دیگر نیز دارد. همه این موارد به طور معمول در زندگی روزمره ما استفاده می شود وبنابراین، زباله LDPE روز به روز انباشته شده است که آن را به عنوان دومین زباله های پلاستیکی در MSW پس از PP شناخته اند [۲۲۲].

امروزه تجزیهLDPE در اثر حرارت به یک محصول نفتی به عنوان یک راه برای بازیابی انرژی و کاهش ضایعات، بدل شده است که توجه زیادی توسط محققان را به خود جلب کرده است.

Bagri و ویلیامز [۳۱] تجزیه LDPE در اثر حرارت را بررسی کرده اند راکتور بستر ثابت در ۵۰۰ _C با نرخ حرارت از ۱۰ _C / دقیقه مورد بررسی قرار گرفته شده است. آزمایش برای مدت زمان ۲۰ دقیقه انجام شد و نیتروژن به عنوان گاز مایع مورد استفاده قرار گرفت. مشاهدات نشان می دهد که عملکرد مایع بالای ۹۵ درصد وزنی با عملکرد گاز کم و ناچیز ذغال به دست آمد. عملکرد بالای روغن مایع از ۹۳,۱ درصد وزنی نیز توسط Marcilla و همکاران میسر است. [۲٦٦] هنگامی که آزمایش در یک راکتور دسته ای انجام شد ۵۵۰ _C بود، اما این بار با نرخ حرارت پایین تر از ۵ _CC / دقیقه انجام شد.

همچنین برخی از محققان وجود دارند که تجزیه در اثر حرارت LDPE در دمای کمتری کمتر از ۵۰۰ _C را مورد مطالعه قرار دادند. این پژوهش توسط الدین و همکاران انجام شده است. [۳۲] USI راکتور بسته نانوگرم در ٤۳۰ _C ازعملکرد مایع به دست آمده حدود ۰,٦۷۵ WT٪. بود. آگوادو و همکاران [۳۳] یک عملکرد نزدیک تر با الدین و همکاران [۳۲] داشتند که ۷٤,۷ WT٪، در هنگام استفاده از همان نوع از راکتور در ٤۵۰ _C بود. با این حال، مایع عملکرد روغن را به دست آوردند . تحت فشار مطمئن گشتند که در راکتور مورد استفاده قرار گرفته در طول فرآیند، حتی اگر در دمای پایین تر باشد. این مهم توسط توسط Onwudili و همکاران [۳٤] ثابت شده بود که استفاده از راکتور بسته تحت فشار (۰,۸ - ٤,۳ مگاپاسکال) در تجزیه در اثر حرارت LDPE در ٤۲۵ _C را بررسی نمودند. از این آزمایش، آنها ۸۹,۵٪ روغن مایع به دست آوردند که ۱۰ WT٪ گازی و ۰,۵ WT٪ ذغال داشتند. پس از آن موارد مورد بحث قرار گرفته در این مقاله نشان می دهد که فشار دوباره ممکن است بر تولید گاز هفتم تأثیر بگذارد

۲,۵. پلی پروپیلن (PP)

PP یک پلیمر اشباع شده با زنجیره هیدروکربن خطی است که دارای مقاومت شیمیایی و حرارت خوب است. بر خلاف HDPE، PP کند که در دمای زیر ۱٦۰ _C ذوب شدن است. از این رو است که چگالی آن کمتر از HDPE اما دارای سختی و سفتی بالاتری را دارا است که آن را در صنعت پلاستیک برتر می سازد . PP در مورد ۲٤,۳٪ در دسته ضایعات پلاستیکیکه بزرگترین مقدار از پلاستیک موجود در MSW [22] را شامل می شود. کاربردهای متنوع شامل

گلدان، اداری، ضربه گیر اتومبیل، سطل، فرش، مبلمان، جعبه ذخیره سازی و ... دارد

میزان تقاضای بالا از PP در زندگی روزمره باعث می شود که مقدار ضایعات PP برای هر سال افزایش داشته و در نتیجه، تجزیه در اثر حرارت PP یکی از روشهایی است که می تواند برای بازیابی انرژی استفاده می شود. چندین محقق، تجزیه PP در اثر حرارت را در پارامترهای مختلف، در رابطه با عملکرد روغن مایع و خواص آن اندازه گیری کرده اند .

در یک مطالعه انجام شده توسط احمد و همکاران [۲۳] در تجزیه در اثر حرارت PP در ۲۵۰-۴۰۰ _C با استفاده از راکتور فولاد میکرو این نتایج حاصل شد که بالاترین روغن مایع که در دمای ۳۰۰ _C به دست آمده، حدود ۶۹,۸۲ درصد وزنی دارد که با تبدیل کل ۹۸,۶۶٪. افزایش در درجه حرارت تا ۴۰۰ _C تنها کاهش تبدیل کل کالا به ۹۴,۳٪ می شود و پسماند جامد ۱,۳۴-۵,۷ درصد وزنی افزایش یافته است. این نشان می دهد که تشکیل یک شروع به استحکام و استقرار در دمای بالاتر است.

با این حال، ساکاتا و همکاران [۳۵] تجزیه در اثر حرارت PP را بررسی کرده و نه این مهم دست یافتند که در درجه حرارت بالاتر از ۳۸۰ _C عملکرد مایع بیشتر از ۸۰,۱ درصد وزنی، ۶,۶ درصد وزنی گازی و ۱۳,۳ درصد وزنی پسماند جامد باقی مانده است. از سوی دیگر، Fakhrhoseini و Dastanian [5] به دست آمده، مایع عملکردی برابر با مورد ۸۲,۱۲ درصد وزنی دارد که PP تولید گاز در ۵۰۰ _C انجام شده است. با این اوصاف، افزایش بیشتر در دمای بیش از ۵۰۰ _C تنها کاهش عملکرد مایع جمع آوری شده را در پی خواهد داشت. Demirbas [۳۶] ثابت کرد که تولید گاز PP در دمای شدید از انجام ۷۴۰ _C در یک راکتور دسته ای انجام میث شود که منجر به ۴۸,۸ درصد وزنی عملکرد مایع، ۴۹,۶۶ درصد وزنی گازی و ۱,۶ درصد وزنی ذغال می گردد .

۲,۶. پلی استایرن (PS) PSS مونومر استایرن حاصل از پتروشیمی مایع

PS ساختار متشکل از یک زنجیره هیدروکربنی طولانی با گروه فنیل به هر اتم کربن دیگر متصل شده است. به طور طبیعی بی رنگ است اما می توان آن را با رنگ های رنگین کرد. انعطاف پذیری در برابرگرما دارد که به آن دوام مناسب، استحکام و سبکی بخشیده است و این پلیمر را برای استفاده در بخش های مختلف از جمله در مورد استفاده بسته بندی مواد غذایی، الکترونیک، ساخت و ساز، پزشکی، لوازم خانگی و اسباب بازی مطلوب ساخته است. طیف گسترده ای از زباله بزرگ مقدار PS در MSW هر سال انباشته شده است. متاسفانه، PS در برنامه بازیافت کنار جاده ای

گنجانده شده است که در آن سطل های بازیافت تنها شامل عینک، مقالات، قوطی و پلاستیک است.

یک دسته مواد پلاستیکی وجود دارد، به طور معمول مردم خواهد شد بسته بندی مواد غذایی فوم به بن پلاستیک بازیافت نمی شود و اغلب به سطل های زباله عمومی پرتاب می شوند. بنابراین، به طور کلیPS از هم جدا نیست و نه از لحاظ اقتصادی برای جمع آوری برای بازیافت و تبدیل فوم پلی استایرن به دلیل چگالی کم آن است از این رو، تنها راه که زباله PS بتواند به طور کامل مورد استفاده قرار گیرد، از طریق فرایند تجزیه در اثر حرارت است که در آن می توان محصول بیشتری با ارزش نفت تولید کرد و برای همیشه به نیاز محل های دفن زباله پایان داد.

Onwudili و همکاران [۳٤] تجزیه در اثر حرارت PS در یک بررسی شده است دسته ای تحت فشار راکتور اتوکلاو در ۳۰۰-۵۰۰ _C به مدت یک ساعت مدت زمان. میزان حرارت مورد استفاده قرار ۱۰ _C / min و تجربی بودفشار داده شده ۰,۳۱ مگاپاسکال تا ۱,٦ مگاپاسکال بود. از این آزمایش، آنها دریافتند که تجزیه در اثر حرارت PS تولید بسیار بالا عملکرد روغن مایع حدود ۹۷,۰ درصد وزنی در درجه حرارت مطلوب ٤۲۵ _C. حداکثر مقدار گاز تولید شده تنها ۲,۵۵ درصد وزنی بود.

عملکرد بالای محصول مایع نفت نیز توسط لیو و همکاران [۳۷] بررسی شد. تفاوت در زمان اجرا بود در این مورد هم، تجزیه در اثر حرارت PS با استفاده از تبدیل به مایع انجام شد راکتور بستر D در دمای ٤۵۰ - ۷۰۰ _C. قرار داشت. بالاترین صابون مایع و نفت با ۹۸,۷ WT درصد بود که در ٦۰۰ _C تولید شد. با این وجود، مقدار از روغن مایع تولید نیز در دمای پایین بالا در نظر گرفته شده بود که در دمای ٤۵۰ _C شکل گرفت و دارای ۹۷,٦ WT ٪بود و آن را با تنها ۰,۱۱ WT ٪ تفاوت به دست آوردند. در بازه زمانی که صرفه جویی انرژی در اولویت بود، دمای آن عامل ارجحبت قرار داده شد و نشان داد که کاهش هزینه های انرژی را در پی دارد بر اساس مطالعه انجام توسط Demirbas [۳٦]، روغن مایع به ۸۹,۵ WT ٪ کاهش می یابد درست زمانی که PS تولید گاز در ۵۸۱ _C ، در یک راکتور دسته ای انجام شود. بنابراین توصیه نمی شود که PS تولید گاز در دمای بیشتر از ۵۰۰ _C ، برای بهینه سازی تولید نفت مایع استفاده شود.

۲,۷. پلاستیک های مخلوط

همانطور که قبلا ذکر شد، امتیاز روند پیرولیز این است که نیازی به مرتب سازی فشرده ندارد. در فرآیند بازیافت، سازگار ترین پلاستیکها با یکدیگر به هم در طول بازیافت پردازش می شود. به عنوان

مثال، مقدار کمی از پی وی سی آلاینده حاضردر پت در جریان بازیافت با طیف رزین PET توسطتبدیل به ماده ای زنگ زده و شکننده که نیاز به فراوری مجدد دارد[۳۸۸].

این نشان می دهد که فرایند بازیافت بسیار حساس به آلودگی استکه نیاز به تمام پلاستیک را بر اساس نوع رزین، رنگ طبقه بندی شده اند و شفافیت. با این حال، روند تجزیه در اثر حرارت به نظر می رسدپایدار تر از روغن مایع هنوز هم می توان از تولیدپلاستیک های مخلوط در مواد اولیه. این شده است توسط چندین مواجه می شوند محققان که مطالعات از پلاستیک مخلوط بخار تولید گاز انجام شده است.

کامینسکی و همکاران[۳۹] در این مورد مطالعه کرده اند که تجزیه در اثر حرارت پلاستیکی مخلوطضایعات جمع آوری شده از خانه های آلمان که تشکیل شده بودحدود ۷۵ درصد از پلی الفین (PE، PP) و ۲۵٪ PS. تشکیل شده است در واقع یک مقدار کمی از محتوای پی وی سی در مواد باقی مانده پس از مرحله تفکیک موجود است که کمتر از ۱ درصد وزنی آن را تشکیل می دهد و این نشان دهنده وجود مقداری کلر در عملکرد محصول می باشد. آزمایش در یک راکتور بستر سیال در ۷۳۰۰ انجام شد _Cکه در نهایت منجر به تولید ٤٨,٤ درصد وزنی روغن مایع شد. میزان روغن مایع به دست آمده بسیار شبیه به مطالعه انجام شده توسط Demirbas بود [۳٦] در تجزیه در اثر حرارت پلی الفین (PP، PE) و مخلوط PS جمع آوری از محل های دفن زباله که در حدود ٤٦,٦ درصد وزنی است، گازی و بازده جامد گزارش شده به ۳۵ درصد وزنی و ۲,۲۲ درصد وزنی است.

از نظر ترکیب نفت، آن را حاوی ٤ برگ در دقیقه کلرحاصل از پی وی سی باقی مانده در سمت چپ در مواد. با این حال، آیا کیفیت نفت از سال حداقل کلر بدتر نیستمحدودیت در پردازش پتروشیمی کمتر از ۱۰ ppm بود. علاوه بر این، مقداری کلر به عنوان بزرگترین پسماند جامد حاصل شد. بنابراین، این نتیجه رسیدند که کلرموجود در خوراک می تواند بیشتر از ۱ درصد وزنی برای اطمینان از نفت با کیفیت بالا تولید شد.

پتانسیل پلی الفین پلاستیک مخلوط در تجزیه در اثر حرارت بودمطالعه ای بود که توسط Donaj همکاران به آن پرداخته شده است. [٤۰]. از پلاستیک مخلوط با ۷۵ درصد وزنی LDPE، 30 درصد وزنی HDPE و ۲٤ درصد وزنی PP تشکیل شده بودند آزمایشدر دمای بالا از ٦۵۰ _C و ۷۳۰ _C و در یک راکتور بستر سیال متلاطم اجرا شد و نتایج حاصلنتایج نشان داد که مایع به دست آمده در دمای پایین تر از ٦۵۰ _C بالاتر بود که حدود ٤۸ درصد وزنی بود. با این حال، این بخش نفت شامل ۵۲٪کسر سنگین مانند نفت سنگین، موم و کربن سیاه و سفید. در تضاد، آن را به ۷۰٪ بود کسری نوری از مایع موجود درنفت تولید گاز (٤٤ درصد وزنی) در حال اجرا در ۷۳۰

_C می باشد. این بدان معنی است که از درجه حرارت بالاتر ، هیدروکربنی مایع سبک تر یا گاز تولید شده است. بنابراین، باید توجه داشت که یک تغییر فوق العاده ای در توزیع محصول وجود داشته است هنگامی که درجه حرارت پیش افزایش یافت.

در مقایسه با پلاستیک تکتولید گاز، می توان گفت که تجزیه در اثر حرارت از پلاستیک مخلوط P کاهش یافته و عملکرد پایین تر مایع کمتر از ۵۰ WT ٪. را در پی داشته است با این وجود، کیفیت نفت تولید شده در مقایسه به تجزیه در اثر حرارت پلاستیکی تک، از نظر ترکیب نفت ساخته شده است که آن را ایده آل برای پردازش در پتروشیمی پالایشگاه می دانند.

۳. پارامترهای فرایند شرایط

پارامترها نقش عمده ای در عملکرد محصول وترکیب در هر پروسه دارند. فرآیند کلیدی پارامترهای ممکن در PLA تولید کننده گاز STIC، است تحت تاثیر P قرار میگیرد . از محصولات نهایی مانند روغن مایع، گاز و C دهکده میباشد. این پارامترهای مهم ممکن است به عنوان دما، نوع O خلاصه راکتور F، فشار، اقامت زمان، کاتالیزور، نوع F گاز و سرعت آن باشد. محصول مورد نظر را می توان با کنترل پارامترها در دست تنظیمات مختلف قرار داد. در عمق فایرفاکس از پارامترهای عملیاتی در بخش های زیر بررسی می شود.

۳,۱. درجه حرارت

دما یکی از پارامترهای عملیاتی مهم در تجزیه در اثر حرارت است که کنترل واکنش ترک خوردگی پلیمر زنجیر را از آن مشخص میکنند. مولکول ها با هم توسط نیروی واندروالسی جذب و مانع از فرو رفتن مولکول از آن میشود. هنگامی که درجه حرارت در افزایش سیستم، ارتعاش مولکولهای درون سیستم بیشتر بود و مولکول تمایل به تبخیر دور از سطح جسم داشت این اتفاق می افتد . زمانی که انرژی ناشی از نیروی واندروالسی همراه زنجیر پلیمر بیشتر است از آنتالپی پیوند C-C در زنجیره ای، منجر به شکسته شدن زنجیره کربن میشود[٤١١].

می توان از رفتار تخریب حرارتی پلاستیک با استفاده از فلاسک تجزیه و تحلیل گراویمتری اندازه گیری کرد. تجزیه و تحلیل تولید دو نوع از نمودار که تجزیه و تحلیل (TG) منحنی و مشتق فلاسک تجزیه و تحلیل گراویمتری (DTG) منحنی را دارد . منحنی TG اندازه گیری تغییر وزن ماده به عنوان تابعی از دما و زمان است[٢٤]. از سوی دیگر، منحنی DTG

در مرحله تخریب در طول فرآیند رخ داده است اطلاعات میدهد که توسط تعدادی از قله ها[۲٤] نشان داده شده. مطالعه انجام شده در PET توسط تولید کننده گاز و پوتون، مشاهده شده است که تخریب PET اصلی در ٤۰۰ _C با آغازتغییر وزن بسیار کوچک رخ داده است. هنگامی که درجه حرارت در محدوده ۲۰۰-٤۰۰ _C بود حداکثر کاهش وزن از ماده در دمای ٤۲۷,۷ _C اتفاق افتاده است. تغییرات در دمای بیش از ٤۷۰ _C مشاهده نشد. از این رو،نویسندگان نتیجه گرفتند که تخریب حرارتی از PET در محدوده دمای ۳۵۰-٥۲۰ __C اتفاق افتاده است.

همانطور که برای HDPE، چانه و همکاران[٤۲] به گزارش تخریب حرارتی آغاز شده در ۳۷۸-٤۰٤ _C و تقریبا در ٥۱۷- ٥۳۹ _C تکمیل شد بر اساس فلاسک‌تجزیه و تحلیل گراویمتری (TG) در نرخ مختلف‌حرارت در محدوده ۱۰-٥۰ _C / دقیقه مشخص شد نرخ گرمایش عالی‌سرعت کاهش وزن، سرعت واکنش را افزایش می دهد. که دریکی دیگر از مطالعه رفتار حرارتی که توسط مارسیا و همکاران انجام شده است[٤۳۳]، دریافتند که حداکثر نرخ تخریب HDPE در ٤٦۷ _C رخ داده است. این درجه حرارت مهم نیاز برای قرار دادن به‌توجه به زمانی که در حال اجرای آزمایش تجزیه در اثر حرارت برای اطمینان از عملکرد مایع مطلوب ترین بوده است میباشد.

از سوی دیگر، پی وی سی ممکن است رفتار حرارتی مختلف داشته و زمانی که از دست دادن وزن عمده در دو حالت مختلف رخ داده درجه حرارت محدوده به عنوان گاز و پوتون گزارش شده است.

اولین محدوده دمایی بین ۲٦۰ و ۳۸٥ _C که در آن‌حداکثر کاهش وزن ٦۲,۲٥٪ از وزن اولیه رخ داده است درمحدوده دمای دوم اتفاق افتاده است و به بین ۳۸٥ و٥۲۰ _C که در مورد ۲۱,۷٤٪ کاهش وزن از وزن اصلی است.

همانطور که تا درجه حرارت ۸۰۰ _C، از دست دادن وزن مطرح شدماده ناچیز شد (۱,٦۲٪). بنابراین، نتیجه گرفته شدکه دمای تخریب های پی وی سی در محدوده ۲۲۰- ٥۲۰ _C بوده است(۱۹).

مارسیا و همکارانش، [٤٤] مشاهده کردند که در تجزیه در اثر حرارت LDPE کوچک، مقدار تشکیل روغن مایع آغاز شده در دمای ۳٦۰-۳۸٥ _C. حداکثر عملکرد مایع در ٤٦۹-٤۹٤ _C جمع آوری میشود.

اون وودنی و همکاران[۳٤] مشاهده کردند که تبدیل نفت به ماده مومی شکل قهوه ای در LDPE آغاز شده و در ٤۱۰ _C تشکیل و در دمای‌زیر ٤۱۰ _C نشان داد که تبدیل ناقص از نفت صورت گرفته است. آنها به این نتیجه رسیدند که دمای بهینه ترین در به دست آوردن بالاترین‌مایع در ٤۲٥ _C برای LDPE بود. در مطالعه دیگری که توسط مارسیا و همکاران[۲٦]، صورت

گرفت به این نتیجه رسیدند که دمای بهینه دربه دست آوردن روغن مایع بالا در ۵۵۰ _C بود. افزایش بیشتر در درجه حرارتبه ۶۰۰ _C تنها عملکرد مایع به دست آمده [۴۵] کاهش می یابد. از این رو، می توان آن را خلاصه که در محدوده دمای ۳۶۰-۵۵۰ _CC تخریب حرارتی LDPE رخ داده است.

یونگ و همکاران مطالعه کردند که [۱۵] دمای تخریب حرارتی کمتر در مقایسه به حال HDPE با توجه به که اثر دما در HDPE و PP تولید کننده گاز در یک راکتور بستر سیال آنها پیدا شده است که تجزیه اصلی HDPE و PP در محدوده ۴۰۰-۵۰۰ _C بر اساس فلاسک مشتق گراویمتری تجزیه و تحلیل (DTG) منحنی اتفاق افتاد. با این حال، مشاهده شد که از دست دادن وزن کسری PP زیر ۴۰۰ _CC در مقایسه با کسری پلی اتیلن HDPE شروع به در درجه حرارت پایین تر رخ می دهد. مارسیا و همکاران [۴۳] کشف کردند که حداکثر درجه حرارت تخریب برایPP ، 447 _C بود در حالی کهHDPE ، 467 _C بود که در آن از دست دادن وزن عمده اتفاق افتاده است. از لحاظ تئوری، PP سریع تر از HDPE از نیمه تخریب از کربن در زنجیره PP کربن سوم است، در نتیجه سهولت تشکیل اتم سوم در طول تخریب [۱۵۵].

در میان تمام پلاستیک، PS در پایین ترین درجه حرارت در طول تخریب فرآیند تجزیه در اثر حرارت. Onwudili و همکاران [۳۴] PS بررسی قرار داده اند تولید کننده گاز در یک راکتور دسته ای. از مطالعات خود را، آنها دریافتند که هیچ واکنش به نظر می رسد به اتفاق در ۳۰۰ _C. با این حال، آنها دریافتند که PSبه طور کامل به نفت تیره رنگ بسیار چسبناک تخریب در کمتر درجه حرارت از ۳۵۰ _C. بالاترین روغن مایع در به دست آمد ۴۲۵ _C. افزایش درجه حرارت به ۵۸۱ _C تنها کاهش مایع تولید نفت و افزایش کالا گازی [۳۶]. بنابراین، آن است شایان ذکر است که حرارتی دمای تخریب PS در محدوده ۳۵۰-۵۰۰ _CC حدود باشد.

بنابراین، آن را ثابت شده است که درجه حرارت بزرگترین است تاثیر بر سرعت واکنش که ممکن است ترکیب محصول را تحت تاثیر قرار از مایع، گاز و char برای همه پلاستیک از بحث قبلی.

درجه حرارت عامل مورد نیاز متکی به شدت در اولویت محصول می باشد. اگر گازی و یا محصول کاراکتر، ترجیح داده شد درجه حرارت بالاتر بیش از ۵۰۰ WA _C بازدید کنندگان پیشنهاد شده است. اگر مایع به جای آن ترجیح شد، تی کمتر emperature در محدوده ۳۰۰ - ۵۰۰ _C توصیه می شود و این وضعیت برای همه است پلاستیک.

۳,۲. نوع راکتور

نوع راکتور دارای تاثیر مهمی در مخلوط کردن پلاستیک و کاتالیزور، زمان اقامت، انتقال حرارت و بهره وری واکنش به سمت دستیابی به محصول نهایی مورد نظر.

ترین تولید کننده گاز پلاستیکی در آزمایشگاه مقیاس در بسته انجام شدنیمه دسته ای و یا جریان پیوسته راکتور مانند بستر سیال، راکتور بستر ثابت و مخروطی راکتور بستر spouted (CSBR). مزایا و جنبه های منفی از EACساعت راکتور می شود در بحث در ادامه،.

۳,۲,۱. دسته ای و نیمه دسته ای راکتور

راکتور بسته است که اساسا یک سیستم بسته با ورود و خروج از واکنش دهنده ها و یا محصولات در حالی که واکنش است که انجام است. تبدیل بالا در راکتور بسته می توان با ترک دست واکنش در راکتور برای یک زمان طولانی است که یکی ازمزایای آن است. با این حال، معایب راکتور بسته هستندتنوع محصول از دسته ای به دسته ای، هزینه نیروی کار بالادر هر دسته و مشکل از تولید در مقیاس بزرگ [٤٦٦].

در مقابل، یک راکتور نیمه دسته ای اجازه می دهد تا واکنش دهنده علاوه بر این وحذف کالا در همان زمان. انعطاف پذیری از اضافه کردن رجنتس در طول زمان یک مزیت اضافه شده از راکتور نیمه دسته ای است از نظر انتخاب واکنش. ضرر نیمه دسته ای راکتور مشابه با راکتور بسته از نظر هزینه نیروی کار است، در نتیجه آن را مناسب تر برای تولید در مقیاس کوچک است.

برخی از محققان ترجیح به استفاده از راکتور دسته ای و یا نیمه دسته ای راکتور در آزمایش مقیاس آزمایشگاهی تولید کننده گاز پلاستیکی با توجه به ساده ترین طراحی و توانایی کنترل پارامترهای عملیاتی به راحتی [٤٧-٥٦]. تولید کننده گاز در راکتور بسته و یا راکتور نیمه دسته ای به طور معمول در محدوده دمای ۳۰۰-۸۰۰ _C برای هر دو انجام تولید کننده گاز حرارتی و کاتالیزوری. برخی از محققان کاتالیزور اضافه به پلاستیک برای بهبود عملکرد هیدروکربن و برای محصول به روز رسانی. در تجزیه در اثر حرارت کاتالیزوری، کاتالیزور با هم مخلوط شدبا نمونه های پلاستیکی در داخل راکتور دسته ای. نقطه ضعف این فرایند می تواند یک تمایل زیاد تشکیل کک در سطح کاتالیزگر که بیش از کاهش بهره وری کاتالیست زمان و باعث مانده بالا در روند. علاوه بر این، آن را همچنین یک چالش برای جدا مانده از کاتالیزور در پایان آزمایش.

ساکاتا و همکاران [۳۵] استفاده راکتور بسته به مطالعه تجزیه در اثر حرارت PP و HDPE در ۳۸۰ _C و ۴۳۰ _C بر این اساس با استفاده از کاتالیزورهای مختلف و همچنین بدون کاتالیزور. آنها دریافتند که روغن مایع به دست آمده از تجزیه در اثر حرارت کاتالیزوری حتی پایین تر از گرمایی بود تولید کننده گاز برای برخی از کاتالیزور. عملکرد مایع از PP در حرارتی تولید کننده گاز ۸۰,۱ درصد وزنی بود و از HDPE 69.3 درصد وزنی بود. با استفاده از چند کاتالیزور مانند سیلیس-آلومینا (SA-1) و HZSM-5، عملکرد مایع برای هر دو PP و HDPE کاهش می یابد به ۴۷-۷۸ درصد وزنی و ۴۹,۸-۶۷,۸ درصد وزنی است. با این حال، استفاده از برخی از کاتالیزور مانند سیلیس-آلومینا (SA-2) و سیلیس مزوپورکاتالیزور (FSM) بهبود عملکرد مایع برای هر دو پلاستیک کمی از تجزیه در اثر حرارت حرارتی با افزایش بسیار کمی از اطراف ۱,۰-۷,۰ درصد وزنی. بنابراین، کاتالیزور های مختلف ممکن است متفاوت داشته باشند واکنش به نوع پلاستیکی. با این حال، آن را به ذکر است که گرایش تشکیل کک روی سطح کاتالیست در همچنین ممکن است یکی از دلایلی است که اثر از کاتالیزور تخریب در راکتور بسته در طول زمان استفاده می شود.

با این وجود، از تماس مستقیم از کاتالیزور با پلاستیک در برخی موارد نیز ممکن است عملکرد مایع را بهبود بخشد. عباس آبادی و همکاران [۵۷] انجام تجزیه در اثر حرارت PP در راکتور نیمه دسته ای با استفاده FCC کاتالیزور در ۴۵۰ _C. از آزمایش، آنها دریافتند که بسیار بالا عملکرد مایع ۹۲,۳ درصد وزنی به دست آمد. برخی از دسته ای و semibatch راکتور نیز با همزن که در حال اجرا در مختلف مجهز شدند سرعت بستگی به تنظیمات مورد نیاز همانطور که در شکل نشان داده شده است. ۱۱.

بهینه سازی و همکاران [۵۸] مورد مطالعه تجزیه در اثر حرارت HDPE با استفاده از راکتور بسته در ۴۵۰ _C مجهز به همزن. سرعت همزن ۲۰۰ دور در دقیقه بود. روغن مایع بالاتر از ساکاتا و همکاران به دست آمد. [۳۵] در حرارتی تولید کننده گاز که در اطراف ۸۴,۰ درصد وزنی بود. علاوه بر این، مقدارمحصول مایع به دست آمده از طریق تجزیه در اثر حرارت کاتالیزوری با استفاده از مشابه کاتالیزور سیلیس- آلومین نیز بالاتر از ساکاتا و همکاران بود. [۳۵] که در حالی که ساکاتا ال آل بود ۷۸ درصد وزنی. [۳۵] به دست آمده ۷۴,۳ درصد وزنی.

بنابراین، آن را به وضوح دیده می شد که همزن در راکتور دسته ای کمک به منظور افزایش عملکرد روغن مایع از طریق بهبود اختلاط برای کاتالیزور و پلاستیک داخل راکتور. مطالعات بیشتر از راکتورهای نیمه

دسته ای با همزن هم عباس آبادی انجام شد و همکاران [۵۹] و کیونگ و همکاران [۶۰،۶۱].

بنابراین، از ادبیات ثانیه tudy، مشخص شد که دسته ای و یا نیمه دسته ای راکتوربهترین راکتور که در استفاده تولید کننده گاز حرارتی برای به دست آوردن مایع عملکرد بالا بازدید کنندگان اینس پارامترهای به راحتی می توان کنترل می شود. با این حال، هفتم راکتور ESE پیشنهاد نمی شدتجزیه در اثر حرارت کاتالیزوری در منفی ideration از کک بالقوه تشکیل در بیرونی کاتالیست سطح که برهم زدن عملکرد محصول به طور کلی. علاوه بر این، دسته ای عملیات مناسب نیست برای تولید در مقیاس بزرگ از آن تحقیق equired هزینه های عملیاتی بالا برای شارژ خوراک و در نتیجه، آن بود بیشتر مناسب برای آزمایشگاه آزمایش.

۳,۲,۲. راکتور بستر ثابت و سیال

در راکتور بستر ثابت، کاتالیزور است که معمولا در فرم پالت و بسته بندی شده در یک بستر ثابت همانطور که در شکل نشان داده شده است. ۲. این آسان برای طراحی است اما برخی از محدودیت های مانند اندازه ذرات نامنظم وجود دارد و شکل پلاستیک به عنوان خوراک که مشکل در طول باعث روند تغذیه. علاوه بر این، سطح موجود از کاتالیزور به توسط واکنش دیده می شود نیز محدود. با این حال، وجود دارد در مطالعات مختلف تصمیم به استفاده از راکتور بستر ثابت برای پلاستیک تولید کننده گاز [۱۹،۳۱، ۶۳-۶۶]. در شرایط خاص، راکتور بستر ثابت صرفا به عنوان راکتور تولید کننده گاز ثانویه به دلیل استفاده محصول از تولید کننده گاز اولیه را می توان به راحتی به تغذیه راکتور بستر ثابت که به طور کلی شامل مایع و گازی فاز [۴۶]. ONU و همکاران [۶۷] و واسیل و همکاران [۶۸] استفاده دو مرحله فرایند در این مطالعه از تجزیه در اثر حرارت های مختلف پلاستیکی. با این حال، وجود دارد مطالعات بسیار کمی در دو مرحله انجام می شود آن را به عنوان هزینه نیست موثر و نتایج به دست آمده کاملا قابل مقایسه با یک هستند فرآیند تک مرحله.

از سوی دیگر، راکتور بستر سیال را حل میکند تامن از مشکلات در راکتور بستر ثابت رخ می دهد. که دربرخلاف راکتور بستر ثابت، کاتالیزور در reac بستر سیال تور نشسته بر روی یک صفحه توزیع کننده همانطور که در شکل نشان داده شده است. ۳ که در آن F گاز luidizing از آن می گذرد و ذرات در یک مایع انجام حالت. بنابراین، وجود دارد دسترسی بهتر به کاتالیزور از کاتالیزور است که به خوبی مخلوط شده با مایع و در نتیجه سطح بزرگتر برای واکنش به رخ می دهند [۶۹] فراهم می کند.

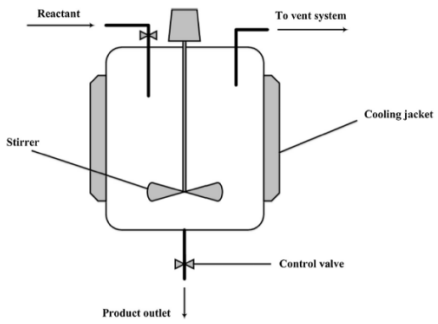

Fig. 1. Illustration of batch reactor with stirrer equipment [62].

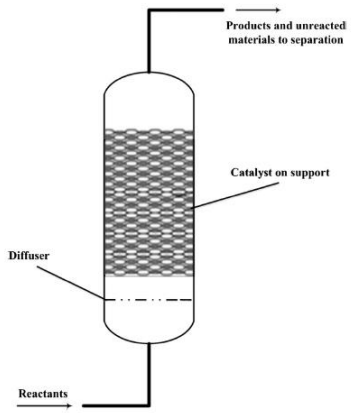

Fig. 2. Diagram of fixed-bed reactor [62].

این مسئله موجب کاهش تنوع شرایط فرایندبا انتقال حرارت خوب است. علاوه بر این، آن را نیز انعطاف پذیر تر از راکتور بسته از شارژ خوراک مکرر می تواند اجتناب شود و روند نیازی به از سرگیری اغلب. از این رو، برای معمولی مقیاس طراحی، راکتور بستر سیال خواهد بود که بهترین راکتور که در کارخانه آزمایشی با توجه به هزینه های عملیاتی پایین تر استفاده می شود. بسیاری از تحقیقات ترجیح به استفاده از راکتور بستر سیال در کاتالیزوریترک خوردگی از پلاستیک بیش از راکتور بستر ثابت [۳۷،۲۷، ٤٥، ۷۰-۷٦٦].

یونگ و همکاران [۱٥] تصمیم به استفاده از راکتور بستر سیال های PP و PE تولید کننده گاز به دلیل آن فراهم می کند تقریبا یک درجه حرارت ثابت با جرم بالا و انتقال حرارت، به زمان اقامت کوتاه در راکتور و طیف نتیجه یکنواخت تر از محصولات است.

تجزیه در اثر حرارت پلاستیکی در راکتور بستر سیال خارج به طور معمول انجام شد در دمای به عنوان کم ۲۹۰-۸٥۰ _C برای هر دو حرارتی وفرآیند کاتالیزوری. مقایسه بین HDPE و PP در کاتالیزوری تخریب در راکتور بستر سیال های Luo مورد مطالعه قرار گرفت و همکاران [۷۷] با استفاده از کاتالیزور سیلیس- آلومین. نویسنده گزارش داد که مایع تولید شده

توسط PP 87٪ وزنی بود در حالی که HDPE تولید پایین در ۸۵ درصد وزنی ترکیب مایع در ۵۰۰ _C. این نتیجه انتظار می رود شد از HDPE مقاومت بالاتر از PPP بود.

بنابراین، راکتور بستر سیال C است oncluded به بهترین راکتوربه انجام PYRO پلاستیکی کاتالیزوری‌لیز از کاتالیزور می تواندچند بار مورد استفاده مجدد قرار بدون N صندوق تخلیه، با توجه به کاتالیزگر یک substan بسیار گران قیمت است CE در صنعت. علاوه بر این، انعطاف پذیر تر از R دسته ای است eactor از خوراک مکررشارژ می تواند برای باهم اجتناب‌فرآیند مداوم و روندنیازی به از سرگیری اغلب. مرغ CE، راکتور بستر سیال راشود راکتور مناسب برای لاعملیات در مقیاس RGE از نظرنقطه نظر اقتصادی.

۳,۲,۳. راکتور مخروطی تخت (CSBR spouted)

راکتور مخروطی تخت (CSBR spouted) فراهم می کند مخلوط کردن خوب باتوانایی رسیدگی به توزیع اندازه ذرات بزرگ، ذرات بزرگتر و تفاوت در تراکم ذرات [٤٦]. برخی از محققان وجود دارد استفاده CSBR برای ترک خوردگی کاتالیزوری خود از آزمایش های پلاستیکی [۷۸-۸۳]. Olazar و همکاران [۸۱] ادعا کرد که CSBR فرسایشی کمتری داشتند و تفکیک تخت پایین تر از بستر سیال متلاطم. همچنین حال انتقال حرارت بالا بین فازها و defluidization جزئی‌مشکل زمانی که دست زدن به مواد جامد چسبنده. با این حال، انواع فنی‌چالش در طول بهره برداری از این راکتور اند مواجه می شوندمانند تغذیه کاتالیزور، افزودنی حباب کاتالیزور و کالا (جامد و مایع) مجموعه است که آن را کمتر مطلوب [٤٦]. علاوه بر این، طراحی پیچیده آن است که نیاز به پمپ های بسیاری در سیستم استفاده می شود باعث می شود آن نامطلوب به دلیل عملیاتی بالا هزینه های مربوط.

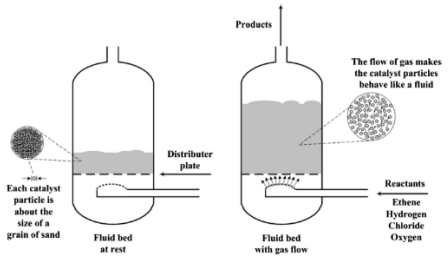

Fig. 3. Diagram of fluidized bed reactor [62].

Elordi و همکاران [٨٤] استفاده CSBR به انجام تجزیه در اثر حرارت HDPE با HY کاتالیزور زئولیت در ۵۰۰ _C که D resulte در ٦٨,٧ ٪ WT کسر بنزین (C10 – C5) و روند illustra بودتد در شکل ٤. بنزین بود عدد اکتان

RON از ۹٦,٥ CH WHI با استاندارد بسته شدکیفیت بنزین است. از سوی دیگر دست، Arabiourrutia و همکاران [۸۲] کاوش در واکس عملکرد و haracterization C از HDPE، LDPE و تولید کننده گاز PP 450 – ٦۰۰ _C USI پوکر CSBR. با توجه به آنها، CSBR تطبیق پذیری handlin حال گرم چسبنده جامد است که سخت به بود رسیدگی در راکتور بستر سیال. spou تد طراحی تخت ویژه بود مناسب برای درجه حرارت پایین RE تولید کننده گاز برای به دست آوردن موم. نویسندگان مشاهده کرد که AMOUN تی واکس عملکرد با کاهش درجه حرارت. در دمای بالاتر erature، واکس تر ترک خورده و به محصول مایع یا گازی. HDPE و LDPE واکس تولید بسیار شبیه حدود ۸۰ بود WT ٪ در حالی که PP تولید واکس بالاتر در درجه حرارت پایین تر حدود ۹۲ WT ٪.

۳,۲,٤. تکنولوژی مایکروویو کمک

بهره اخیر در تکنولوژی مایکروویو ارائه می دهد یک روش جدید برای بازیابی ضایعات از طریق فرآیند پیرولیز. در این فرایند، یک مواد بسیار مایکروویو جاذب مانند کربن ذرات با مواد زائد مخلوط می شوند. جاذب مایکروویوجذب انرژی مایکروویو به ایجاد انرژی حرارتی مناسب دربه منظور دستیابی به دمای مورد نیاز برای تجزیه در اثر حرارت گسترده به رخ می دهند [۸٥]. تشعشع مایکروویو ارائه می دهد مزایای متعددی نسبت به روش تجزیه در اثر حرارت معمولی مانند گرم شدن سریع، افزایش سرعت تولید و کاهش هزینه های تولید. بر خلاف مرسوم روش ها، انرژی مایکروویو به طور مستقیم به مواد عرضه از طریق تعامل مولکولی با میدان الکترومغناطیسی، در نتیجه هیچ زمان به هدر می رود به حرارت تا مناطق اطراف آن [۸٦٦].

با وجود مزایای استفاده از حرارت مایکروویو است، نیز وجود دارد عمده محدودیت که جلوگیری از به طور گسترده ای از این فن آوری در مقیاس صنعتی از قبیل عدم وجود اطلاعات کافی بررسی برای تعیین کمیت خواص دی الکتریک از جریان ضایعات.

بهره وری از حرارت مایکروویو به شدت وابسته به دی الکتریک خواص مواد. به عنوان مثال، پلاستیک پایینی دارند ثابت دی الکتریک و مخلوط با کربن به عنوان مایکروویو جاذب در طول تجزیه در اثر حرارت ممکن است انرژی جذب شده به بهبود در زمان کوتاه تر [۸٥] تبدیل به گرما. بنابراین، گرمایش بهره وری ممکن است برای هر یک از مواد متفاوت و آن را یک چالش بزرگ شده است به صنایع.

گرمایش مایکروویو توسط Undri و همکاران بررسی قرار گرفت. [۸۷] درفرآیند تجزیه در اثر حرارت از ضایعات پلی اولفین (HDPE و PP) با

استفاده از دونوع جذب مایکروویو که کربن و لاستیک بود. ناهمسان قدرت مایکروویو اعم ۱,۲-۶,۰ کیلو وات استفاده شده است. از جانب نتایج به دست آمده، بالاترین عملکرد مایع HDPE 83.9 وزنی بود٪ در حالی که PP 74.7 درصد وزنی بود. مشاهده شد که هر دو آزمایش با استفاده از کربن به عنوان جاذب مایکروویو با مایکروویو شدقدرت گرفته از ۳ تا ٦ کیلو وات. قدرت بالا کاهش می یابد محل اقامت زمان از پلیمرهای در فر، پلیمر در نتیجه بیشتر تبدیل شدبه گازهای مایع، به جای غیر تراکم. با استفاده از لاستیک به عنوان جاذب مایکروویو افزایش مقدار پسماند جامدتا ۳۳ درصد وزنی، که در آن پاسخگو تنها به مواد دیگر در تایرکه نمی تواند pyrolyzed شود. در مقایسه با استفاده از کربن به عنوان جاذب مایکروویو، مانده جامد انباشته به عنوان بودکم ۰,٤ درصد وزنی با توجه به فرآیند چخماق. مواد کربن خوب بود جاذب مایکروویو است که با ظرفیت بالا برای جذب و تبدیل انرژی مایکروویو به گرما. بنابراین، تاکید نیاز به داده می شود در قدرت مایکروویو و نوع جاذب منظور به حداکثر رساندن عملکرد مایع در فرایند تجزیه در اثر حرارت مایکروویو ناشی از.

در مطالعه دیگری، لودلو-Palafox و چیس [۸۸] انجام یکتجزیه در اثر حرارت مایکروویو ناشی در دو مواد مختلف: HDPE پالت و بسته بندی خمیر دندان که در ترکیبی از آلومینیوم بود و ورقه ورقه پلی اتیلن. کربن به عنوان مایکروویو مورد استفاده قرار گرفت جاذب با قدرت مایکروویو ٥ کیلو وات. این آزمایش این بود کاملا متفاوت از دیگران از یک راکتور کشتی کوارتز با ۱۸۰ سانتی متر در قطر، مجهز به ٦ RPM پروانه قرار داده شد در داخل مایکروویو. عملکرد محصول حاصل از تجزیه در اثر حرارت HDPE در دمای ٥٠٠-٦٠٠ _C ثبت شد. روغن مایع جمع آوری شده در اطراف ۷۹-۸۱ درصد وزنی، گازی ۱۹-۲۱ درصد وزنی و ۰ درصد وزنی بود پسماند جامد تشکیل شده است. برای آلومینیوم و پلی اتیلن ورقه، هیچ مقدار خاصی از محصول گزارش شده است. با این حال نویسندگان مذکور این بود که تفاوت معنی داری در وجود ندارد عملکرد محصول تولید شده از ورقه و گلوله HDPEE دردرجه حرارت عامل همان. تنها طور متوسط وزن مولکولی وزن کمی بالاتر اما توزیع وزن مولکولی بود برای هر دو مورد مشابه بود. در واقع، آلومینیوم تاثیر ندارد عملکرد محصول از آن به راحتی توسط الک و از هم جدا شدبه عنوان یک سطح براق و تمیز شود. در طول این آزمایش، آنها مشاهده ترکیب شناخته شده به عنوان دی اکسید تیتانیوم که به نظر می رسدبه عنوان پودر سفید پایبند به دیوار سمت راکتور. اکسید تیتانیوم به وضوح در سطح رنگ شده از لوله خمیر دندان ارائه شده است.

این نشان می دهد که این ماده هیچ تاثیری در تجزیه در اثر حرارت به حال محصول از سال آن را از محتوای آلی از ورقه ورقه از هم جدا شد در طول تولید کننده گاز. در نتیجه، زباله های واقعی مانند بسته بندی خمیر دندان با موفقیت از طریق pyrolyzed شد مایکروویو ناشی از روش تجزیه در اثر حرارت.

پارامترهای مختلفی که هفتم تحت تاثیر قرار و عملکرد گرم مایکروویو در تجزیه در اثر حرارت پلاستیک مانند عنوان اثر جریان نیتروژن نرخ، نوع جاذب های مختلف و طراحی چرخش مایکروویو شد همچنین بررسیKhaghanikavkani [۸۹]. بررسی در عمق حرارت مایکروویو در تجزیه در اثر حرارت ساعت همچنین خیابان فرناندز انجام شده است و همکاران [۸٦]، لام و چیس [۸۵] و Undri و همکاران [۹۰].

۳,۳. زمان فشار و محل اقامت

اثر فشار به کالا HDPE تولید کننده گاز مورد بررسی قرار گرفت توسط موراتا و همکاران [۹۱] در یک راکتور مخزن همزن پیوسته در بالا دمای ۰,۱-۰,۸ مگاپاسکال. بر اساس مطالعات، آنها کشف که این محصول گازی فوق العاده از افزایش حدود ٦ درصد وزنی تا ۱۳ درصد وزنی در ٤۱۰ _C اما تنها یک افزایش کوچک از ٤ درصد وزنی به ٦ درصد وزنی در ٤٤۰ _C به عنوان فشار از ۰,۱ رفت و به ۰,۸ مگاپاسکال. این نشان می دهد که فشار نفوذ بالا به گاز بود کالا در درجه حرارت بالاتر. فشار نیز تحت تاثیر قرار کربن توزیع تعداد کالا مایع را با جابجایی به سمت وزن مولکولی کمتر زمانی که آن را بالا بود. علاوه بر این، فشار همچنین یک اثر قابل توجهی در سرعت تشکیل پیوند دوگانه داشته است.

همانطور که توسط موراتا و همکاران گزارش شده است. [۹۱]، سرعت تشکیل پیوند دوگانه کاهش زمانی که فشار افزایش یافته و این نشان می دهد که فشار به طور مستقیم نرخ شکستن لینک C-C در پلیمر است.

آنها همچنین دریافتند که فشار تاثیر بیشتری بر اقامت حال زمان در دمای پایین تر است. با این حال، به عنوان درجه حرارت افزایش بیش از ٤۳۰ _C، اثر فشار به زمان اقامت کمتر آشکار شد.

زمان اقامت می تواند به عنوان مقدار متوسط زمان تعریف شده که ذره صرف در راکتور و ممکن است توزیع محصول را تحت تاثیر قرار [۲۷]. زمان اقامت طولانی تر تبدیل را افزایش می دهد محصول اولیه، محصول نتیجه حرارتی با ثبات تر را به همراه داشت به گونه ای است به عنوان هیدروکربن های سبک وزن مولکولی و گاز غیر تراکم [۸۸]. با این وجود، یک محدودیت دما در این فرآیند وجود دارد که ممکن است توزیع محصول که

در آن تا زمانی که تحت تاثیر قرار فوری، زمان اقامت اثر زیادی در توزیع محصول.

Mastral و همکاران [۹۲] مطالعه اثر زمان اقامت و درجه حرارت بر توزیع محصول از ترک خوردگی حرارتی HDPE در راکتور بستر سیال. مشخص شد که عملکرد مایع بیشتر به دست آمده در زمان اقامت طولانی (۲,۵۷ بازدید کنندگان) هنگامی که درجه حرارت بیش از ۶۸۵ _C است. با این حال، زمان اقامت کمتر نفوذ در عملکرد های گازی و مایع در درجه حرارت بالاتر بالا ۶۸۵ _CC.

تی بنابراین، نتیجه گرفته شد فشار کلاه و زمان اقامت هر دو وابستگی به دما عواملی که ممکن است بالقوه نفوذ در توزیع محصول از تجزیه در اثر حرارت پلاستیکی در پایین درجه حرارت. incr فشار بالاتر کاهش عملکرد محصول گازی و تحت تاثیر وزن مولکولی istribution D برای هر دو مایع و محصولات و گاز اما تنها ظاهری در دمای بالا. بر اساس بررسی ادبیات، ترین rese کمانداران انجام پلاستیکی خود را مطالعات تولید کننده گاز در جو فشار IC و با تمرکز بر تر عامل درجه حرارت است. آنجا زمان sidence شد نمی آورد تا به توجه در حالی که انجام آزمایش از اثر را در کمتر آشکار دماهای بالاتر. علاوه بر این، از نظر نظر اقتصادی addi واحد بین مانند کمپرسور و فرستنده فشار نیاز به اضافه شده به سیستم به طور کلی، در نتیجه افزایش CO عملیات ST اگر عامل فشار است در نظر گرفته. این حال، باید که این دو عامل ذکر است باید تحت لیسانس نظر قرار sed در توزیع محصول اولویت ویژه EN WH حال اجرا در دمای زیر ۴۵۰ _C.

۳,۴. کاتالیزورها

۳,۴,۱. اهمیت کاتالیزور در تولید کننده گاز از پلاستیک

کاتالیست سرعت واکنش شیمیایی اما بدون تغییر باقی مانده در اواخر این فرآیند است. کاتالیزورها به طور گسترده ای در صنایع استفاده می شود تحقیقات و بهینه سازی توزیع محصول و افزایش گزینش محصول می باشد. از این رو، تخریب کاتالیزوری است که به خصوص جالب برای به دست آوردن محصول از علاقه زیادی تجاری مانند سوخت خودرو (دیزل و بنزین) و الفین C2-C4، که یک تقاضای زیادی در صنعت پتروشیمی [۸۰]. هنگامی که کاتالیزور استفاده می شود، انرژی فعال سازی این فرآیند پایین را کاهش داده، در نتیجه سرعت بخشیدن به سرعت واکنش. بنابراین، کاتالیزور کاهش می دهد مطلوب درجه حرارت مورد نیاز و این از تجزیه در اثر حرارت بسیار مهم استفرآیند نیاز به انرژی بالا (بسیار گرماگیر)

که نرم افزار تجاری خود مانع. استفاده از کاتالیزور ممکن است کمک در صرفه جویی در انرژی به صورت گرما یکی از هزینه های گران ترین در است صنعت. علاوه بر این، کاتالیزور نیز توسط بسیاری از محققان مورد استفاده قرار گرفت برای ارتقاء محصول به منظور بهبود توزیع هیدروکربن درمنظور به دست آوردن تجزیه در اثر حرارت مایع که خواص مشابه به حال سوخت معمولی مانند بنزین و گازوئیل.

۳,٤,۲. نوع کاتالیزور

دو نوع کاتالیزور همگن هستند که (وجود دارد تنها یک فاز شامل) و ناهمگن (شامل بیش از یک فاز). کاتالیزور همگن مورد استفاده برای تجزیه در اثر حرارت پلی اولفین است عمدتا اسید لوئیس کلاسیک مانند AlCl3 ،94 [93] بوده است. با این حال، رایج ترین نوع کاتالیست مورد استفاده ناهمگن از آنجا که مخلوط کالا مایع را می توان به راحتی از هم جدا جامد کاتالیزور. از این رو، کاتالیزور ناهمگن اقتصادی ترجیح داده شده است چون کاتالیزور های مختلف بسیار پر هزینه هستند و استفاده مجدد است خواستار است. کاتالیزور ناهمگن می تواند به عنوان خط نانوبلور طبقه بندی زئولیت، معمولی اسید جامد، کاتالیزور mesostructured، فلز در سایت آل کربن و اکسیدهای [۹۵] پشتیبانی می شود. برخی از نمونه از نانوبلورها زئولیت خط HZSM-5، HUSY، هموگلوبین و HMOR که به طور گسترده در تحقیقات تولید کننده گاز پلاستیکی استفاده می شود. علاوه بر این، کاتالیزور غیر زئولیت مانند سیلیس- آلومینا، MCM-41 و سیلیکا همچنین توجه زیادی در تحقیقات فعلی دریافت کرده است.

از این رو، سه نوع کاتالیزور که به طور گسترده در پلاستیکی استفاده می شود تولید کننده گاز که زئولیت، FCC و کاتالیزور سیلیس- آلومین هستند می شود در بخش های بعدی مورد بحث است.

۳,٤,۲,۱. کاتالیزور هر نوع سیلیکات ابدار. زئولیت ها به عنوان inosilicate آلوم کریستالی توصیف غربال داشتن منافذ باز و قابلیت های تبادل یونی [۹٦،۹۷]. ساختار توسط سه بعدی چارچوب تشکیل که در آن اتم اکسیژن پیوند دو طرف چهار ضلعی. این است که توسط مختلف ساخته شده است نسبت به SiO2 / Al2O3 به نوع آن بستگی دارد. نسبت به SiO2 / Al2O3 به تعیین واکنش هر نوع سیلیکات ابدار که محصول نهایی را تحت تاثیر قرار از تجزیه در اثر حرارت.

Artetxe و همکاران [۷۹] ثابت شده است که نسبت به SiO2 / Al2O3 به از HZSM-5 زئولیت بسیار تحت تاثیر قرار عملکرد بخش کالا در HDPE تجزیه در اثر

حرارت. پایین بودن نسبت به SiO2 / Al2O3 درنشانگر اسیدیته بالا از هر نوع سیلیکات ابدار. بالاترین CATA اسیدی lyst (SiO2 و / Al2O3 به = ۳۰) بود فعال در واکس ترک خوردگی، در نتیجه نرم افزار ducing الفین نور بالاتر وکسر سنگین پایین تر از C20 – C12 در مقایسه از پایین ترین اسیدی کاتالیزور (SiO2 و / Al2O3 به = ۲۸۰). قرمز uction نسبت به SiO2 / Al2O3 به از ۲۸۰–۳۰ بهبود عملکرد LIG اولفین 35.5-58.0 WT HT ٪ و کاهش عملکرد C20 – C12 28.0-5.3 WT ٪

Table 3
Comparison of fuel properties of gasoline fraction obtained using three type of HZSM-5 with different ratio of SiO_2/Al_2O_3 [79].

SiO_2/Al_2O_3	Octane number	Olefins (vol%)	Aromatics (vol%)	Benzene (vol%)
30	94.1	33.1	43.3	4.2
80	86.7	61.2	13.5	1.3
280	85.9	68.9	6.9	0.46
Required	95	<18	<35	<1

علاوه بر این، کاهش نسبت به SiO2 / Al2O3 در هر نوع سیلیکات ابدار نیز بالا می برد عملکرد از آلکان نور و آروماتیک. جدول ۳ سوخت مقایسه خواص کسر بنزین به دست آمده با سه نوع HZSM– ه هر نوع سیلیکات ابدار که داشتن نسبت های مختلف از SiO2 / Al2O3 به. به عنوان نشان داده شده، بالاترین کاتالیزور اسیدی با کمترین نسبت به SiO2 / Al2O3 به منجر به عدد اکتان بالاتر با محتوای بالای آروماتیک و بنزن، اما غلظت پایین تر از الفین. حتی اگر عدد اکتان پایین تر بود و الفین، آروماتیک و بنزن استاندارد بیش از مشخصات تعیین شده توسط اروپا اتحادیه (EU)، عدم وجود گوگرد در ترکیب بنزین ساخته شده ممکن است به این جریان پالایشگاه برای رسیدن به استاندارد مخلوط شود طرح ریزی شده توسط اتحادیه اروپا.

علاوه بر این HZSM-5، برخی از نمونه های بیشتری از کاتالیزور زئولیت هستند HUSY و HMOR که به طور گسترده در تولید کننده گاز کاتالیزوری پلاستیکی استفاده می شود.

Garfoth و همکاران [۷۰] به بررسی کارآیی های مختلف زئولیت کاتالیزور به تجزیه در اثر حرارت HDPE که HZSM-5، HUSY و HMOR با پلیمر نسبت کاتالیزور ۴۰ درصد وزنی به. در مطالعات خود، آن را مشخص شد که HZSM-5 فعالیت کاتالیزوری بالاتر از HUSY حال و HMOR، با اشاره به باقی مانده بسیار کمتر به جا مانده از HZSM-5 در اطراف ۴,۵۳ درصد وزنی در حالی که HUSY و HMOR را ترک می کردند در مورد ۷,۰۷ درصد وزنی و ۸,۹۳ درصد وزنی باقی مانده در پشت است. این نشان می دهد که HZSM-5 قادر به حداکثر رساندن تبدیل کل کالا در تولید کننده گاز پلاستیکی بیش از دیگر زئولیت.

از نظر انتخاب محصول، زئولیت های مختلف ممکن است متفاوت داشته باشند ترجیحات محصول. Marcilla و همکاران [۹۸] مورد مطالعه قرار HZSM-5 و عملکرد HUSY در HDPE و LDPE در دمای ثابت ۵۵۰ _C و ۱۰ درصد وزنی پلیمر نسبت کاتالیزور در یک راکتور دسته ای برای.

روغن مایع بالاتر هنگامی که با استفاده از کاتالیزور HUSY بازیافت شد (HDPE = 41.0٪ وزنی، LDPE = 61.6٪ وزنی) در مقایسه با HZSM-5 کاتالیزور (HDPE = 17.3٪ وزنی، LDPE = 18.3٪ وزنی) در مقابل، گازی بالاترکالا در هنگام استفاده از HZSM-5 کاتالیزور به دست آمده (HDPE = 72.6٪ وزنی، LDPE = 70.7٪ وزنی). این ثابت می کند که کاتالیزور مختلف باید انتخاب محصول متفاوت است. همین روند از محصول انتخاب نیز لین و ین [۷۱] در تجزیه در اثر حرارت PP گزارش شد با استفاده از HZSM-5 و HUSYY زئولیت.

بهینه سازی و همکاران [۵۸] همچنین اثر HZSM-5 در HDPE بررسی تولید کننده گاز با کاتالیزور نسبت پلیمر ۲۰ درصد در ۴۵۰ _C به. آنها مشاهده شده است که HZSM-5 تولید عملکرد بسیار کمتر مایع در اطراف ۳۵ درصد وزنی اما محصول گازی بالاتر از ۶۳,۵ درصد وزنی. هرناندز و همکاران [۹۹] به دست آمده عملکرد مایع حتی کمتر ۴,۴ درصد وزنی و ۸۶,۱ ٪ WT محصول گازی که در حال اجرا تولید کننده گاز HDPE در ۵۰۰ _C با همان کاتالیزور نسبت پلیمر به عنوان بهینه سازی و همکاران به. [۵۸]. لین و ین [۷۱] همچنین مقدار بسیار کمی از محصول مایع در تجزیه در اثر حرارت به دست آمده PP در ۳۶۰ _C با کاتالیزور نسبت پلیمر ۴۰۰ درصد وزنی به استفاده از HZSM-5 و کاتالیزور زئولیت HUSY. عملکرد مایع به دست آمده تنها ۲,۳۱ درصد وزنی و ۳,۷۵ درصد وزنی است. با این وجود، HZSM-5 بود مقاومت بیشتری به کک از کاتالیزور HUSY زمانی که محصول جریان مانند isbutane و isopentanes بی پیرایه باقی مانده در طول فرایند در حالی که الفین (بوتان و pentene) افزایش [۷۱،۱۰۰،۱۰۱۱].

علاوه بر این، استفاده از کاتالیزور زئولیت در تجزیه در اثر حرارت واقعی زباله های پلاستیکی شهری نیز ممکن است به کاهش ناخالصی های موجود در کمک نفت تولید شده و این در مطالعه انجام شده توسط ثابت شد

Miskolczi و همکاران [۱۰۲]. در این مطالعه، منبع HDPE زباله و PP از بخش های کشاورزی و بسته بندی جمع آوری شد. هر دو پلاستیک شسته شده و قبل از تجزیه در اثر حرارت خرد شد. ازگوگرد تجزیه و تحلیل خواص، هر دو پلاستیک موجود (HDPE = 238 میلی گرم / کیلوگرم، PP = 35 میلی گرم / کیلوگرم). با این حال، ناخالصی های بیشترمانند نیتروژن، فسفر و کلسیم (۹۶۳ میلی گرم / کیلوگرم، ۴۷ میلی گرم / کیلوگرم، و ۱۰۳۳ میلی

گرم / کیلوگرم) علاوه بر این در زباله های پلی اتیلن HDPE پیدا شده است به دست آمده از کشاورزی است. ناخالصی احتمالا آمده بودند از کود که شامل نیترات آمونیوم و فسفات که می تواند در زباله انباشته شده است که HDPE شکست خورده به روش شستشو حذف خواهند شد. تجزیه در اثر حرارت کاتالیزوری در ۵۲۰ _C در حضور ۵ درصد وزنی HZSM-5 کاتالیزور انجام شد. بعد از تجزیه در اثر حرارت، انجام شد ساختار کاتالیزور استفاده می شود مورد بررسی قرار گرفت توسط SEM و EDAX. نتایج نشان داد که اثری از گوگرد، نیتروژن و فسفر روی سطح کاتالیست در کنار متصل شدند ساختار سیلیس- آلومین از HZSM-5 هر نوع سیلیکات ابدار (سیلیس، آلومینیوم، اکسیژن، منیزیم، پتاسیم، سدیم و کلسیم). این نشان می دهد عناصر ناخالصی ها را از پلاستیک زباله آمد. با این اوصاف، ناخالصی متصل بر روی سطح کاتالیست نیست بر خواص محصول به دلیل خواص و نه بود متاثر از قطر دانه یا کاتالیزور ساختار منافذ. در حقیقت، کاتالیزور به دست آمده از تجزیه در اثر حرارت زباله های پلاستیکی می تواند دوباره استفاده می شود از قطر حفره ها را به مشابه با پیدا شد کاتالیزور تازه [۱۰۲]. در مدت خواص روغن مایع، استفاده از کاتالیزور به کاهش محتوای ناخالصی های موجود در نفت کمک کرده است. این به وضوح در نتایج نشان داده شده بود که گوگرد در HDPE تولید کننده گاز زباله فوق العاده از ۷۵ میلی گرم / کیلوگرم کاهش می یابد به ۳۷ میلی گرم / کیلوگرم با استفاده از HZSM-5 کاتالیزور. روند کاهش بود همچنین برای نیتروژن و فسفر قابل مشاهده است. بدون کلسیم محتوا را در بنزین و کسری نفت سبک پیدا شد، در حالی که آن می تواند تنها در بخش نفت سنگین در بر داشت.

علاوه بر ترک خوردگی مستقیم از پلاستیک، برخی از محققان نیز تجزیه و تحلیل عملکرد کاتالیزور زئولیت در واکنش دو مرحله فرایند شامل راکتورهای حرارتی و کاتالیزوری پی در پی [۶۸،۱۰۳]. آگوادو و همکاران [۳۳] تبدیل کاتالیزوری را بررسی کرده است از LDPE در فرایند واکنش دو مرحله شامل دسته ای و ثابت راکتور بستر. ترک خوردگی حرارتی پلاستیک می در را راکتور دسته ای و در عین حال، بخارات تولید شد را به راکتور بستر ثابت انجام که در آن ۱۰ درصد وزنی HZSM-5 کاتالیزور قرار داده شد. تجزیه در اثر حرارت در ۴۲۵- انجام شد ۴۷۵ _C. از نتایج، مشاهده شد که کاتالیزوری اصلاح بیش از هر نوع سیلیکات ابدار کاتالیزور به افزایش قابل توجهی از کسری گاز منجر شده است.

این محصول گازی به ۷۴,۳ درصد وزنی در بالاترین افزایش یافته بود درجه حرارت در حالی که تنها ۲۱,۹ درصد وزنی از هیدروکربن مایع جمع آوری شده. بنابراین، روند نتیجه مشاهده بسیار شبیه بود به ترک خوردگی

کاتالیزوری مستقیم که محصول بالا گازی تولید بیش از استفاده از HZSM-55 کاتالیزور.

به عنوان یک نتیجه گیری نهایی، شایان ذکر است که استفاده از هر نوع سیلیکات ابدارکاتالیزور در تولید کننده گاز پلاستیکی تنها به حداکثر تولید فرار هیدروکربن. همانطور که برای بهره وری بالاتر و زمان چرخه دیگر استفاده، HZSM از آنجایی که میزان غیر فعال کردن توصیه شده کاتالیزور بسیار کم و در نتیجه، کارآمد تر بود بازسازی.

۳,٤,۲,۲. کاتالیزور FCC (کراکینگ کاتالیزوری سیال بستر). کاتالیزور FCC از آن ساخته شده زئولیت و ماتریس اسید غیر زئولیت شناخته شده به عنوان سیلیس- آلومین با چسب [۱۰٤،۹۷-۱۰٦]. جزء اصلی از FCC کاتالیزور برای بیش از ٤۰ سال هر نوع سیلیکات ابدار-Y است با توجه به انتخاب محصول بالا آن و پایداری حرارتی [۱۰۷]. کاتالیزور FCC به طور معمول در استفاده صنعت نفت به کرک فراکسیون نفت سنگین از نفت خام به بنزین و مایع سبک تر و مطلوب ترگاز (LPG) فراکسیون [۱۰۷۷].

کاتالیزور FCC است که استفاده شده است که اغلب به عنوان «صرف FCC شناخته شده کاتالیزور و معمولا می توان از روند FCC تجاری به دست آمده در پالایشگاه های نفت. آن را با سطوح مختلف آلودگی می آید در عین حال هنوز ارزشمند است و می تواند در فرایند پیرولیز استفاده مجدد قرار.

کیانگ و همکاران [٦۰] اثر کاتالیزور FCC صرف بررسی تجزیه در اثر حرارت HDPE، LDPE، PP و PS در راکتور نیمه دسته ای هم زده در ٤۰۰ _C. ۲۰ گرم از کاتالیزور به ۲۰۰ گرم رجنتس اضافه شد و در نرخ ۷ _C / دقیقه گرم کردن. در نتیجه، تمام پلاستیک تولید بیش از ۸۰ درصد وزنی روغن مایع با PS بودن بالاترین (حدود ۹۰ درصد وزنی عملکرد مایع). بازده مایع بر اساس نوع پلاستیکی در این دستور انجام شد: PS> PP> (HDPE PE، LDPE). گازی عملکرد محصول جهت معکوس با مایع در این حال ترتیب زیر: PE> PP> PS. این نشان می دهد که PS کمتر ترک خورده بود به کالا گازی از PS موجود حلقه بنزن که ایجاد ساختار با ثبات تر. به طور کلی، آن است که این نتیجه رسیدند که صرف FCC کاتالیزور هنوز عملکرد کاتالیزوری بالا با عملکرد مایع به دست آمده بالاتر از ۸۰ wt٪ برای تمام نمونه های پلاستیکی. علاوه بر این، آن است که مقرون به صرفه تر از آن موثر یک مورد استفاده مجدد قرار، کاتالیزور است.

اثربخشی کاتالیزور FCC صرف بیش از تجزیه در اثر حرارت حرارتی HDPE بدون کاتالیزور بیشتر توسط کیانگ و همکاران بررسی قرار گرفت. [۱۰۸] با استفاده از دقیقا همان پارامترها به عنوان کیانگ و

همکاران [٦٠] اما اینبا درجه حرارت بالاتر از ٤٣٠ _C. از این آزمایش، آن رامشخص شد که عملکرد روغن مایع کمی از افزایش یافت ٧٥,٥-٧٩,٧ درصد وزنی در حالی که محصول گازی کمی از کاهش ٢٠,٠-١٩,٤ درصد وزنی که کاتالیزور استفاده شد. با این حال، مقدار از پسماند جامد چپ به شدت ٤,٥-٠,٩ درصد وزنی با کاهش حضور کاتالیزور. علاوه بر این، تولید کننده گاز کاتالیزوری نیز کاهش می دهد پایین درجه حرارت واکنش HDPE هنگامی که مایع اولیه سازند در حدود ٣٥٠ _C مشاهده شد. در غیر کاتالیزتولید کننده گاز، مایع اولیه تنها پس از ٣٠ دقیقه در ٤٣٠ _C تشکیل شده است. این نشان می دهد که استفاده از کاتالیزور FCC صرف شده در تولید کننده گاز حرارتی افزایش سرعت واکنش ضمن بهبود کلی محصول تبدیل.

جدای از آن، محدودیت نسبت پلیمر به کاتالیزور همچنین نیاز به منظور به حداکثر رساندن تجزیه در اثر حرارت در نظر گرفته شود تبدیل محصول می باشد. نسبت های مختلف از HDPE به کاتالیزور FCC بود بررسی توسط عباس آبادی و همکاران [٥٧] از طیف وسیعی از ١٠ تا ٦٠ درصد وزنی در دمای ثابت ٤٥٠ _C با استفاده از نیمه دسته ای راکتور هم زده است. از مطالعه، مشخص شد که بهترین بهینه نسبت تبدیل بالاتر به عملکرد مایع در ٢٠٠ درصد کاتالیزور بود / نسبت پلیمر. این محصول مایع به دست آمده در بسیار بالا بود ٩١,٢٪ وزنی با گاز و کک در اطراف ٤,١ درصد وزنی و ٤,٧ درصد وزنی به ترتیب. به عنوان نسبت کاتالیزور / پلیمر افزایش یافته بود بیشتر از ٢٠ درصد وزنی، کک و گاز بیشتری تولید شد، تولید در نتیجه مایع به حداقل برسد شد. این نشان می دهد که یک محدودیت خاصی وجود دارد از نسبت کاتالیزور / پلیمر به منظور افزایش محصول تبدیل عملکرد روغن به ویژه مایع و تشکیل کک کاهش در کاتالیزور.

علاوه بر این، شرایط مختلف FCC نیز ممکن است تحت تاثیر قرارتوزیع محصول از تولید کننده گاز پلاستیکی. به عنوان مثال، بخارکاتالیزور FCC به ساختار کاتالیزور و ترکیب را تغییر دهید.

این Olazar همکاران ثابت شده بود. [٨١] که یک مطالعه بر روی انجام بخار آب تازه، خفیف و شدید از کاتالیزور FCC. بخار خفیف در ٧٦٠ _C به مدت ٥ ساعت و بخار شدید در ٨١٦ _C انجام شد به مدت ٨ ساعت. نتیجه نشان داد که عملکرد کاتالیزوری از FCC توسط بخار بهبود یافته است. بخار شدید FCC افزایش تولید کسری دیزل (متشکل از C10 + هیدروکربن) و کاهش کسر گازی (متشکل از هیدروکربن C1-C4) . از سوی دیگر، کاتالیزور FCCC تازه تولید دیزل کمتر کسری در حالی که محصول بسیار بالا گازی. عملکرد محصول بود در جدول ٤٤.

اثربخشی کاتالیزور FCC به انواع مختلف پلاستیک‌توسط کیانگ و همکاران انجام شد. [٦٠] در ٤٠٠ _C با کاتالیزور /نسبت پلیمر ١٠ درصد وزنی. آنها مشاهده کردند که عملکرد مایع‌تولید در محدوده ٨٠-٩٠ درصد وزنی برای HDPE، LDPE، PP و PS. این نتیجه نشان می دهد که FCC قادر به حداکثر رساندن عملکرد روغن مایع در فرایند تجزیه در اثر حرارت برای بسیاری از انواع پلاستیکی. عباس آبادی و همکاران [٥٧] همچنین عملکرد روغن مایع بسیار بالا در مورد ٩٢,٣٪ وزنی در تجزیه در اثر حرارت به دست آمده PP در ٤٥٠ _C با نسبت٪ کاتالیزور / پلیمر ١٠٠ وزنی

در نتیجه، استفاده از کاتالیزور FCC در تجزیه در اثر حرارت پلاستیکی‌تشویق به حداکثر رساندن تولید نفت مایع است. علاوه بر این، استفاده از 'کاتالیزور FCC صرف، یک مزیت اضافه شده مقرون به صرفه است . با این حال، باید توجه داشت که کاتالیزور / پلیمرنسبت می تواند بیش از ٢٠ درصد برای جلوگیری از سلطه نیست‌کک و کالا گازی. ٣,٤,٢,٣. کاتالیزور سیلیس- آلومین. کاتالیزور سیلیس- آلومین یک گونه نامنظم است کاتالیزور اسید که شامل سایت های اسید برونستد با ionizable اتم هیدروژن و سایت اسید لوئیس، یک الکترون پذیرش سایت های.

غلظت اسید کاتالیزور آلومینیوم سیلیکا، توسط‌نسبت مولی از SiO2 / Al2O3 به. بر خلاف هر نوع سیلیکات ابدار، قدرت اسید سیلیس‌آلومینا مصمم است مخالف است که در آن نسبت بالایی از SiO2 و / Al2O3 به نشان می دهد قدرت بالا اسیدیته. برای مثال، SA-1 (SiO2 و / Al2O3 به = ٤,٩٩) اسیدیته بالاتر از SA-2 (SiO2 و / Al2O3 به = ٠,٢٧) و هر دو آنها را تجاری سیلیس-آلومین‌موجود در بازار [١٠٩٩].

قدرت های مختلف اسیدیته در کاتالیزور نفوذ زیادی در این محصول نهایی از تولید کننده گاز پلاستیکی. ساکاتا و همکاران [١٠٩] اثر کاتالیزور اسیدی (SA-1، SA-2، ZSM-5) در بررسی‌توزیع محصول از تولید کننده گاز HDPE. آزمایش انجام شد در ٤٣٠ _C در یک راکتور نیمه دسته ای که در آن ١ گرم از کاتالیزوربا ١٠ گرم از HDPE مخلوط شد. اسیدیته کاتالیزور هستند تست شده با استفاده از درجه حرارت NH3 دفع برنامه ریزی (TPD) و در این دستور به شرح زیر بود: SA-1> ZSM-5> SA-2. در نتیجه، آن رامشاهده شد که SA-2 کاتالیزور با اسیدیته پایین تر تولیدمیزان بالاتری از روغن مایع (٧٤,٣ درصد وزنی) و پس از SA-1 (67.8 WT ٪) و ZSM-5 (49.8٪ وزنی). ZSM-5 در اختیار سایت های اسید قوی، در نتیجه‌تولید محصولات و گاز بیش از دو کاتالیزور اسید دیگر اما عملکرد بسیار کمتر مایع. الدین و همکاران [٣٢] همچنین به مطالعه کرده اند اثر SA-2 به HDPE و LDPEE در دما و همان کاتالیزور /نسبت پلیمر. نتایج که آنها

برای نفت مایع به دست آمده عملکرد دور با یکی از به دست آمده توسط ساکاتا همکاران نبود. [۱۰۹].

HDPE و LDPE تولید کننده گاز هر تولید ۷۷,٤ درصد وزنی و ۸۰,۲ درصد وزنی‌به ترتیب زمانی SA-2 کاتالیزور استفاده شد. ساختار HDPE بود قوی تر از LDPE با توجه به زنجیره خطی آن، در نتیجه مقدار پایین تر عملکرد مایع به دست آمده انتظار بود.

علاوه بر این HDPE و LDPE، ساکاتا و همکاران [۳۵] بررسی کرده اند اثربخشی کاتالیزور سیلیس- آلومین در PP در ۳۸۰ _C، اما این زمان با حالت کاتالیزور تماس های مختلف: فاز مایع و بخارفاز. همانطور که برای فاز مایع، کاتالیزور با هم مخلوط شدبا پالت PP و لود شده را به راکتور دسته ای. مخالف‌برای فاز بخار، کاتالیزور در شبکه از فولاد ضد زنگ قرار داده شدبه حالت تعلیق ۱۰ سانتی متر از پایین راکتور. از مطالعه آنها، آنها دریافتند که کاتالیزور در حالت مایع تولید مایع بیشترمحصول (۶۸,۸٪ وزنی) از سال باقی مانده موم تجزیه به سبک تر هیدروکربن بیش از کاتالیزور سیلیس- آلومین. از سویی دیگر، کالا گازی بالا (۳۵۵٪ وزنی) پیدا شده است از کاتالیزور در بخارفاز از هیدروکربن های گازی بیشتر به تجزیه محصول بیش از کاتالیزور سیلیس- آلومین. بنابراین، حالت کاتالیزورنیز یک عامل مهم که نیاز به یک توجه بود چرا که تحت تاثیر قرار توزیع محصول نهایی در تولید کننده گاز پلاستیکی.

علاوه بر حالت تماس با کاتالیزور، واکنش کاتالیزور همچنین می توانید تحت O محدوده خاص بهینه سازی شده دمای F. لو و همکاران [۷۷] انجام pyrolysi HDPE و S PP با استفاده از سیلیکا - کاتالیزور اکسید آلومینیوم در درجه حرارت بالاتر از ۵۰۰ _C در FL راکتور بستر uidized. مایع روغن به دست آمده برای HDPE ABO بود WT UT 85.0 ٪ در حالی که در اطراف بود PP ۹۰ WT ٪ که بالاتر از این بود مطالعات صورت گرفته توسط ساکاتا و همکاران [۳۵] و الدین و همکاران [۳۲]. T نشان می دهد او که درجه حرارت نیزنقش مهمی در پیراهن زنانه دامن بلند بازی می کند قالبی عملکرد کاتالیست‌به منظور افزایش روغن مایع تولید در تولید کننده گاز پلاستیکی روند. به عنوان یک نتیجه گیری نهایی، بهترین کاتالیزور برای‌بهینه سازی تولید روغن مایع در تجزیه در اثر حرارت پلاستیکی خواهد بودکاتالیزور FCC. کاتالیزور FCC قادربرای تولید عملکرد بالا مایع ۹۰ WT ٪ برای DPE H و PP تولید کننده گازدر حالی که بالاترین Y کالا ield توسط سیلیکا - آلومینا برای HDPE و PP در محدوده ۸ بود ۵ - ۸۷ WT ٪ [۷۷،۵۹،۵۷]. این نشان می دهدکه این دو کاتالیزور همکاری شد mparable از نظر مایع تولید نفت اما FCC PERF کاتالیزوری بهتر

بود ormance. در کنارکه 'کاتالیزور FCC صرف' n CA نیز به جای تازه استفاده می شود FCC ساخته شده است که آن را بیشتر از لحاظ اقتصادی جذاب است.

۳,۵. نوع و سرعت گاز fluidizing

Fluidizing گاز یک گاز بی اثر (همچنین به عنوان گاز حامل شناخته می شود) که تنها در حمل و نقل محصولات بخار بدون در نظر گرفتن درگیر در تجزیه در اثر حرارت. بسیاری از گاز fluidizing نوع وجود دارد که را می توان برای تولید کننده گاز پلاستیکی مانند نیتروژن، هلیوم استفاده می شود، آرگون، اتیلن، پروپیلن و هیدروژن است. هر نوع از fluidizing گاز واکنش های مختلف بر اساس وزن مولکولی آن است. عباس- آبادی و همکاران [۵۷] گزارش داد که اندازه مولکول حامل گاز در تعیین ترکیب محصول و همچنین کمک کرد وابسته به دما است. جدول ۵ نشان می دهد که مولکولی وزن گاز حامل بود که توزیع محصول از کاتالیزوری را تحت تاثیر قرارتولید کننده گاز PP. گاز سبک تر قادر به مقدار بالا تولید ازکالا تغلیظ شده که روغن مایع بود. همانطور که در جدول ۵ نشان داده شده است، H2 بیشترین عملکرد مایع ۹۶,۷ درصد وزنی در حالی که تولید بدون هیچ گاز حامل، تنها ۳۳,۸ درصد وزنی مایع بدست آمد. این ثابت می کند اهمیت گاز حامل در بالا بردن عملکرد محصول در تجزیه در اثر حرارت روند. علاوه بر این، آن را نیز مشاهده شد که واکنش گاز حامل را تحت تاثیر تشکیل کک است. عملکرد کک H2 بودبسیار کم که حدود ۰,۳ درصد وزنی بود و پس از اتیلن، هلیوم و پروپیلن. اتیلن و نیتروژن داشتن شدند وزن مولکولی یکسان. با این حال، به نظر می رسد به تولید اتیلن میزان بالاتری از عملکرد مایع و تشکیل کک کمتر از نیتروژن است.

دلیل این است که اتیلن تر است واکنش پذیری آن نسبت نیتروژن که می تواند تغییرتعادل برای تولید بیشترعملکرد مایع [۵۷]. با این اوصاف، از تمام کسانی که گاز، نیتروژن معمولا توسط بسیاری مورد استفاده قرار گرفت محققان به عنوان fluidizing گاز در تجزیه در اثر حرارت پلاستیکی از آن EA بود نقره و امن تر برای رسیدگی از R بالاگاز eactivity مانند هیدروژن و پروپیلن به دلیل flammabili خود خطر TY. علاوه بر این، حتی اگر هلیوم قادر به تولید صابون مایع بالا عملکرد ID بعد از هیدروژن، آن بود به ندرت مورد استفاده قرار از در دسترس بودن محدود بود و بیشترگران از نیتروژن است. علاوه بر این نوع fluidizing گاز، هفتم E میزان جریان fluidizing همچنین ممکن است توزیع محصول نهایی را تحت تاثیر قرار. لین و ین [۷۱] بررسی اثر fluidizing گرم های مختلف به عنوان نرخ در

توزیع محصول از تجزیه در اثر حرارت PP بیش از lyst CATA HUSY در ۳۶۰ _C. آنها دریافتند کهمیزان تخریب قابل فهم کاهش یافته است tantly در کمترین fluidizing میزان ۳۰۰ میلی لیتر / دقیقه جریان است. ادامه بار عمل برای محصول اولیه بالا در ظرفیت پایین، باعث تشکیل پیشرو کک (BTX) برای افزایش باکالا ثانویه به دست آمده حتی بازدید کنندگان هر چند میزان کلی تخریب است پایین [۱۱۰]. این نشان داده شد توسط م مانده بالا به سمت چپ N پایین fludizing سرعت جریان بود کاربردی. بنزین و آبی گازهای کربن بخش نیز به حداکثر در بالاترین flui سرعت جریان dizing از ۹۰۰ میلی لیتر / دقیقه. از این رو، نوع و میزان fluidiz گاز ING نیز بسیار مهم است در تجزیه در اثر حرارت پلاستیکی به عنوان آنها به وضوح توزیع محصول نفوذ همانطور که در بالا بحث شده است.

٤. ویژگی های روغن تولید کننده گاز پلاستیکی

٤,١. مشخصات فیزیکی

جدول ٦ خلاصه خواص سوخت از نفت مایع تولید در فرایند تجزیه در اثر حرارت است. ارزش گرمایی تجربی HDPE، PP و LDPE همه ٤٠ MJ / کیلوگرم و در نظر گرفته شده برای تولید انرژی بالا است. به گفته احمد و همکاران [۲۳]، محاسبه ارزش گرمایی برای هر دو HDPE و PP بالا ٤٥ MJ / کیلوگرم بود، و در نتیجه بسیار نزدیک به معیارهای درجه سوخت تجاری بنزین و دیزل است. ارزش گرمایی PS معمولا کمتر از پلاستیکی پلی اولفین به علت وجود حلقه آروماتیک در ساختار شیمیایی که انرژی احتراق کمتر از حال هیدروکربن های آلیفاتیک [٣٤] تولید میکند بود . به طور کلی، PET و PVC کمترین حال ارزش گرمایی زیر ٣٠ MJ / کیلوگرم به دلیل حضور بنزوات اسید در پت و ترکیب کلر در PVC که وخامت کیفیت سوخت. بنزوات نیز از حلقه آروماتیک شامل ارزش گرمایی پایین در پت توضیح داد.

گرانش API روش ما بود اد برای اندازه گیری چگالی نفت نسبت به تصفیه ER که توسط تاسیس شد موسسه نفت آمریکا (API) و همچنین به عنوان خاص شناخته شده بود گرانش [١١٦]. بر این اساس [گرانش API از DPE H و PP 27.48 و ٣٣,٠٣ بود به ترتیب در حالی که ٠,٨٩ و ٠,٨٦ g / cm3 تراکمی بودند. ٢٣]. گرانش API پی وی سی W به عنوان بسیار نزدیک به API دیزل مقدار گرانش که ٣٨,٩٨ بود. از سوی دیگر، جاذبه های API از LDPE نزدیک شدن به GA سولاین مقدار استاندارد بود که ٤٧,٧٥ بود. بنابراین، همه این مقادیر ما RE مقایسه با تجاری سوخت دیزل به جز LDPE که مقایسه با استاندارد گازوئیل است را در بردارد. از نظر تراکم، در مقایسه

بامقدار استاندارد تجاری از هر دو بنزینی و دیزلی ارزش کامل به نظر می رسد.

Table 5
The effect of carrier gas on the product yield and the condensed product composition [57].

Carrier gas	Molecular weight	Condensed product yield (%)	Non-condensable product yield (%)	Coke yield (%)	Olefins (%)	Paraffins (%)	Naphthenes (%)	Aromatics (%)	Olefins/paraffin ratio
H_2	2	96.7	3	0.3	30.86	46.53	20.54	2.07	0.66
He	4	94.7	3.2	2.1	43.32	33.41	19.29	3.98	1.3
N_2	28	92.3	4.1	3.6	44.63	32.87	17.23	5.27	1.36
Ethylene	28	93.8	5.1	1.1	41.76	34.76	19.75	3.73	1.2
Propylene	42	87.8	9.7	2.5	42.36	31.85	20.92	4.87	1.33
Ar	37	84.8	9.8	5.4	45.21	25.27	21.93	7.59	1.78
No carrier gas	51.3	33.8	14.9	n.d.[a]	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.

T: 450 °C, stirrer rate: 50 r min^{-1}, catalyst/PP = 0.1.
[a] Not determined.

Table 6
Fuel properties of plastic pyrolysis oil.

Physical properties	Type of plastics (experimental typical value)						Commercial standard value (ASTM 1979)	
	PET [19,111]	HDPE [23]	PVC [19,112]	LDPE [113]	PP [23]	PS [114,115]	Gasoline [23]	Diesel [23]
Calorific value (MJ/kg)	28.2	40.5	21.1	39.5	40.8	43.0	42.5	43.0
API gravity @ 60 °F	n.a	27.48	38.98	47.75	33.03	n.a	55	38
Viscosity (mm^2/s)	n.a	5.08[a]	6.36[b]	5.56[c]	4.09[a]	1.4[d]	1.17	1.9–4.1
Density @ 15 °C (g/cm^3)	0.90	0.89	0.84	0.78	0.86	0.85	0.780	0.807
Ash (wt%)	n.a	0.00	n.a	0.02	0.00	0.006	–	0.01
Octane number MON (min)	n.a	85.3	n.a	n.a	87.6	n.a	81–85	–
Octane number RON (min)	n.a	95.3	n.a	n.a	97.8	90–98	91–95	–
Pour point (°C)	n.a	−5	n.a	n.a	−9	−67	–	6
Flash point (°C)	n.a	48	40	41	30	26.1	42	52
Aniline point (°C)	n.a	45	n.a	n.a	40	n.a	71	77.5
Diesel index	n.a	31.05	n.a	n.a	34.35	n.a	–	40

n.a., not available in the literature.
[a] Viscosity at 40 °C.
[b] Viscosity at 30 °C.
[c] Viscosity at 25 °C.
[d] Viscosity at 50 °C.

ویسکوزیته از سوی دیگر به عنوان یک اندازه گیری تعریف شده از مقاومت در برابر مایعات به جریان است. ویسکوزیته در صنعت نفت بسیار مهم است و تعیین چگونگی سال آن را آسان می تواند از جریان مخزن به خوبی در طول فرایند استخراج در آرود و نیز نقش بسیار مهم در فرآیند تزریق سوخت هم دارد[۲۳،۱۱۶]. در جدول ٦، ویسکوزیته ارزش در دماهای مختلف تعیین شد که در پایین جدول نشان داده است. بر اساس جدول ٦، ارزش به تصویر کشیده از لزجت سینماتیکی تمام پلاستیک بسیار نزدیک آن با دیزل ویسکوزیته شده به جز برای PS که ارزش ویسکوزیته نزدیک تر بود به ویسکوزیته بنزین تبدیل شده است. از نظر خاکستر محتوا، HDPE و PP خاکستر ناچیز بوده و این نشان داد که HDPE و روغن PP تولید کننده گاز عاری از هر گونه آلودگی فلز بود. خاکستر در PS نیز پایین تر از دیزل استاندارد بود که کمتر از ۰,۰۱ درصد وزنی بود. خاکستر LDPE کمی بالاتر از درصد وزنی حال ۰,۰۲۲ بود اما دارای ارزش قابل توجهی از تفاوت بود.

علاوه بر این، عدد اکتان پژوهش (RON) و موتورعدد اکتان (MON) که برای توصیف مهم شدبا کیفیت ضد ضربه برای محدوده بنزین (C6-C10) نیز تعیین شد.

عدد اکتان بالا نشان می دهد ضد ضربه با کیفیت سوختی که در اختیار دارد بهتر است که معمولا توسط احتراق بنزین سریع باعث شکستن در موتور میشود که تولید مواد منفجره سر و صدا و تنزل عملکرد موتور در طول زمان [۱۱۷]را دارد. از این رو، برای جلوگیری از آسیب به موتور کیفیت ضد ضربه بسیار مهم است.

ارزش MON و RON برای نفت تولید کننده گاز HDPEبرابر ۸۵,۳ بود و برای دیگری ۹۵,۳ بود. ارزش PP نفت تجزیه شده در اثر حرارت بالاتر MON و RON که ۸۷,٦ و ۹۷,۸ شد. بر این اساس بود که ارزش RON برای PS همسان نیز از ارزش بنزین استاندارد وسیعی دارا بود. این نشان می دهد که عدد اکتان HDPE، PP و PS در مقایسه با بنزین تجاری (MON = 81-85، RON = 91-955) بودند.

نقطه ریزش به عنوان درجه حرارت شناخته شده است که در آن مایع به جریان افتاده متوقف می شود [۱۱۸]. به طور کلی، افزایش ویسکوزیته ممکن است باعث زیان مایع مشخصه جریان آن شود. سوخت مایع که در نقطه کمتر دارای محتوای پارافین کمتر اما محتوای معطر بیشتر است [۱۱۹]. HDPE، PP و PS نفت تجزیه شده در اثر حرارت به حالتی پور کمتر نقطه در اطراف_٥، _۹ _C و _٦۷ _C به ترتیب از دیزل تجاری که با داشتن نقطه ٦ _C ریخته میگردد. این نشان می دهد که تولید کننده گاز روغن به دست آمده از تجزیه در اثر حرارت پلاستیکی غنی با محتوا معطر میشود و تحت تاثیر قرار میگیرد و این مربوط به ارزش گرمایی پایین تر از HDPE، PP و PS نفت تولید کننده گاز در مقایسه با بنزین تجاری و دیزل است.

یکی از خواص مهم در سوخت جلوگیری از خطر آتش سوزی در طول ذخیره سازی نقطه اشتعال بود. نقطه اشتعال از مایع به عنوان پایین ترین دمای تعریف شده که در آن ممکن است مایع تبخیر شده و به شکل یک مخلوط در هوا باشد که احتراق هنگامی است که یک شعله خارجی اعمال می شود [۱۲۰]. نقطه اشتعال HDPE، LDPE و پی وی سی تجزیه نفت در اثر حرارت بسیار نزدیک به بنزین تجاری بودند. این نشان می دهد که نقطه اشتعال آن سه پلاستیک در مقایسه با نفت نور سوخت تقطیر. نقطه اشتعال PP و PS بودند پایین تر از هر دو بنزین تجاری و دیزل. این نشان می دهد که PP و PSS نفت تجزیه در اثر حرارت بخار آسان تر و در نتیجه هنگام دست زدن نیاز به یک اقدام احتیاطی مضاف بر دیگر فعالیت ها است.

نقطه آنیلین درجه حرارت است که در آن ترکیب آنیلین (C6H5NH2) تک فاز با روغن مایع [۱۲۱] را تشکیل میدهد و نقطه آنیلین پایین تر وجود بالاتر از ترکیب معطر را نشان می دهد.

در مقابل، نقطه آنیلین بالاتر میزان بالاتری ازترکیب پارافین در روغن نشان می دهد. [۱۲۱].

جدول ٦، نقطه آنیلین HDPE تولید کننده گاز ٤٥ _C شد و PP نفت ٤٠ _C بود که بسیار پایین تر از بنزین تجاری و گازوئیل بود. بنزین و گازوئیل هر دو نقطه ٧١ _C و ٧٧,٥ _C را باداشتن آنیلین داشتند . این، بار دیگر ثابت می کند که نفت تولید کننده گاز به دست آمده از HDPE و PP با ترکیبات معطر غنی بود .

شاخص دیزل ارزیابی N با کیفیت بالاترسوخت و کیفیت سوخت دیزل که در شاخص دیزل بالاتر از EL نشان می دهد [۱۲۲ - ۱۲٤] دیزل شاخص از نفت HDPE تولید کننده گاز ۳۱,۰٥ بود در حالی که ازPP ، 34.35 بود.حتی اگر شاخص دیزل W مانند ملاقات ایستاده ASTM 1979 نیست ARD، با مواد افزودنی به نفت می توانید بهبود کیفیت احتراق سوخت دیزل و مخلوط کردن پذیرش رو به رشد نشان را نشان دهید[owadays 125 N]. بنابراین، احمد و همکاران [۲۳] این نتیجه رسیدند که پیشنهاد محصول مایع تولید شده توسط HDPE و PP دارای درجه سوخت تجاری و ترکیبی از بنزین و محدوده دیزل هیدروکربن است.

٤,۲. خواص شیمیایی

جدول ۷ ترکیب شیمیایی اصلی از پلاستیک را نشان می دهدتجزیه در اثر حرارت. ترکیب روغن مایع معمولا مشخص شدبا استفاده از تجهیزات FTIR و GC-MS برای تجزیه و تحلیل دقیق. که در PET تولید کننده گاز، Cepeliogullar و Putun [19] گزارش داد که تقریبا نیمی از روغن مایع در اطراف ٤٩,٩٣٣٪ موجود ترکیب بنزوات.

خورنده از اسید ساخته شده آن را نامطلوب می شودمورد استفاده در سوریه تبدیل ترموشیمی ساقه. وقتی واکنش آغاز در طول تولید کننده گاز، PET تمایل به از دست دادن ترکیبات آلیفاتیک بیشتر از اجزاء معطر UND و این منجر به بالاتر عملکرد مایع از پی وی سی.

Table 7
Main oil composition from the pyrolysis of plastics.

PET [19]	HDPE [15]	PVC [19]	LDPE [45]	PP[15]	PS [34]
1-Propanone	1-Methylcyclopentene	Azulene	Benzene	2-Methyl-1-Pentene	Benzene
Benzoic acid	3-Methylcyclopentene	Naphthalene, 1-methyl-	Toluene	3-Methylcyclopentene	Toluene
Biphenyl	1-Hexene	Biphenyl	Xylene	1-Heptene	Ethylbenzene
Diphenylmethane	Cyclohexene	Naphthalene, 1-ethyl-	Dimethylbenzene	1-Octene	Xylene
4-Ethylbenzoic acid	1-Heptene	Naphthalene, 1-(2-propenyl)-	Trimethylbenzene	C4–C13 hydrocarbon	Styrene
4-Vinylbenzoic acid	1-Octene	Naphthalene, 2,7-dimethyl-	Indane	Over C14 hydrocarbon	Cumene
Fluorene	1-Nonene	Naphthalene, 1,6-dimethyl-	Indene	Benzene	Propylbenzene
Benzophenone	1-Decene	Naphthalene, 1,7-dimethyl-	Methylindenes	Toluene	2-Ethyltoluene
4-Acetylbenzoic acid	1-Undecene	Naphthalene, 1,4-dimethyl-	Naphthalene	Xylene	Naphthalene
Anthracene	1-Tridecene	Naphthalene, 1,6,7-trimethyl-	Methylnaphthalenes	Ethybenzene	Diphenylmethane
Biphenyl-4-carboxylic acid	C4–C13 hydrocarbon	9H-Fluorene	Ethylnaphthalene	Indene	Anthracene
1-Butanone	Over C14 hydrocarbon	Naphthalene, 1-(2-propenyl)-	Dimethylnaphthalene	Biphenyl	1,2-Diphenylethane
m-Terphenyl	Benzene	Phenanthrene, 1-methyl	Acenaphthylene		2,2-Diphenylpropane
	Toluene	Fluoranthene, 2-methyl-	Acenaphthene		1,3-Diphenylpropane
	Xylene	1H-Indene, 2,3-dihydro-5-methyl-	Trimethylnaphthalenes		Phenylnaphthalene
		Naphthalene, 2-phenyl-	Fluorene		Diphenylbenzene
			Tetramethylnaphthalene		Triphenylbenzene

مطابق با Cepeliogullar و Putun [۱۹]، PET تولید کننده گاز به همراه داشت نفت ۲۳,۱ درصد وزنی مایع در حالی که پی وی سی تنها تولید ۱۲,۳ درصد وزنی روغن مایع. این نشان می دهد که عملکرد مایع PET تقریبا پی وی سی دو برابر شد. عملکرد مایع کم در پی وی سی نشان داد که بالاتولید محصول گازی در طول تجزیه در اثر حرارت. ساختارپی وی سی که از هالوژن (_Cl) با الکترونگاتیوی بالا تشکیل شده وضعیت توضیح داد. درجه حرارت بالا در طول تولید کننده گازبه dehydroo باعثکلر فرآیند رخ می دهد، در نتیجه افزایش کالا گازی و مایع کاهش می یابدعملکرد روغن [۱۲۶]. انتشار اسید هیدروکلریک و اسید کلرترکیب در طول تجزیه در اثر حرارت پی وی سی نشان داد که روغن مایع بود مناسب به عنوان سوخت مورد استفاده قرار گیرد از آن مستهلک سوختبا کیفیت. بر اساس جدول شماره ۷، آن را به وضوح دیده می شد که بسیاری از آمیزه PVC به نفتالن و مشتق شده از آن تجزیه شد در اطراف ۳۳,۵۵٪ [۱۹۹].

در PP و HDPE تولید کننده گاز نفت، یونگ و همکاران [۱۵] مشاهده کرد که روغن مایع موجود در درجه اول آلیفاتیک، monoaromatic و پلی آروماتیکترکیبات. همانطور که برای بخش PP، افزایش دردمای غلظت آلیفاتیک در روغن به کاهش۲,۹ درصد وزنی در ۷٤٦ _C. در مقابل، غلظت آلیفاتیک بالا بوددر روغن HDPE تولید کننده گاز در حدود ۲۰ درصد وزنی در ۷۲۸ _C پیدا شده است. این نشان می دهدپیچیدگی ساختار پلی اتیلن HDPEE به تنزل در طول حرارتیفرآیند تخریب. علاوه بر این، آروماتیک BTX در تجزیه در اثر حرارت PPنفت (۵۳ درصد وزنی) بالاتر از در کسری HDPE یافت شد (۳۲ WT٪) در همان دما به عنوان قبلا ذکر شد. بیشترین ترکیب فراوان تشکیل شده در آروماتیک BTXX بنزن بود.

از این رو، PP نفت پیرولیتی شد ارزش افزوده بیشتر از HDPEمایع به دست آمده از پارافین انرژی اضافی برای احتراق منتشراز دیگر گروه های هیدروکربنی مانند اولفینها و نفتی است.

همانطور که برای LDPE مشتق شده روغن مایع، ویلیامز و ویلیامز [٤٥] گزارش داد که ترکیبات آلیفاتیک که شامل آلکان ها، آلکینها و alkadienes ترکیب اصلی پیدا شده بود. به عنوان درجه حرارت افزایش یافته است، غلظت آلیفاتیک در کاهش بود روند. با این حال، ترکیبات آروماتیک نشان داد مخالف روند که در آن غلظت معطر با درجه حرارت افزایش یافته است.

در میان ترکیبات آروماتیک، بنزن و تولوئن غلظت افزایش چشمگیر به عنوان درجه حرارت افزایش به جز زایلن و این مشاهدات روند همسان مشاهده شده در PP و HDPE تولید کننده گاز به عنوان توسط Jung و همکاران گزارش شده است. [١٥]. با این حال، باید توجه داشت که غلظت شیمیایی بستگی دارد به شدت در درجه حرارت تجزیه در اثر حرارت. با توجه به ویلیامز و ویلیامز [٤٥]، روغن حاوی هیچ معطر و پلی هیدروکربنی آروماتیک در دمای ٥٠٠-٥٥٠ _C. با این اوصاف، افزایش قابل توجهی در ترکیب معطر تک حلقه و چند حلقه ای معطر ترکیب (PAH) زمانی رخ داد که درجه حرارت از ترکیب روغن مایع افزایش یافته و به ٧٠٠ _C که حدود ٢٥ درصد را شامل میشود .

نفت PS تولید کننده گاز، Onwudili و همکاران [٣٤] گزارش داد که بنزن، تولوئن و اتیل بنزن E سه جزء اصلی درکالا نفت PS که با درجه حرارت افزایش یافته است. در از سوی دیگر، منومر استایرن نگه داشته کاهش با درجه حرارت و این نشان می دهد که yrene ST رادیکال تشکیل شده در طول روند تخریب PS بسیار بود واکنش. لیو و همکارانش [٣٧] همچنین همان مشاهده گزارش شده است. استایرن و تک عطر CS در میان اجزای اصلی بودند در این محصول مایع نفت است که آنها حدود ٨٠ تحت پوشش WT درصد در لی بخش نشخوار. این قطعات در بو کم طبقه بندی شدند iling کسر نقطه کمتر و یا ٢٠٠ _C برابر [٣٧].

٥. سیرابی از تولید کننده گاز پلاستیکی

تولید کننده گاز از پلاستیک نیز تولید سفارشی ES کاراکتر و گاز به عنوان محصولات. نسبت محصول در SIS به شدت در چند پارامترهای مانند درجه حرارت داشتن، میزان حرارت، فشار و زمان اقامت.. بستگی دارد

٥,١. زغال

به طور کلی، میزان حرارت آهسته در دمای بسیار پایین و بلندزمان اقامت حداکثر تشکیل کاراکتر در فرایند تجزیه در اثر حرارت را تشکیل میدهد.

حتی اگر شکل گیری کاراکتر در فرایند تجزیه در اثر حرارت سریع است که معمولاپایین، آن را شایان ذکر خواص و نحوه استفاده از کاراکتر استبه طور کامل حداکثر رساندن پتانسیل تولید کننده گاز پلاستیکی. Jamradloedluk و Lertsatitthanakorn [127] تجزیه و تحلیل خواص کاراکتربه دست آمده از تجزیه در اثر حرارت زباله HDPE پلاستیکی. از نزدیکتجزیه و تحلیل، مواد فرار و کربن ثابت مشخص شد اجزای اصلی کاراکتر (< ۹۷۷٪ وزنی) در حالی که رطوبت وخاکستر اقلیت بودند. این قطعات از نزدیک مرتبط شدبه تجزیه و تحلیل تقریبی از مواد خام پلاستیکی که در جدول ۱ جدول،نشان می دهد که بسیاری از پلاستیک از تقریبا ۹۹۹ درصد وزنی تشکیل شده بودندمواد فرار. ارزش گرمایی کاراکتر بود ۱۸,۸٤ MJ /کیلوگرم. علاوه بر این، درصد گوگرد پایین ساخته شده آن را مناسب مورد استفاده قرار گیرد به عنوان سوخت، به عنوان مثال در احتراق با زغال یا سایر مواد زائد.

علاوه بر این، شکل گیری کاراکتر مشخص شد با افزایش یابد درجه حرارت و این روند توسط Jung و همکاران مشاهده شد. [۱۵] درتجزیه در اثر حرارت PE و PP مواد زائد. تشکیل کاراکتر افزایش یافته بود از ۲ درصد وزنی به ٤ درصد وزنی در تجزیه در اثر حرارت PP و از ۰,۷ درصد وزنی به ۲ درصد درتجزیه در اثر حرارت PE به عنوان درجه حرارت از ٦٦٨ _C به مطرح شد ۷٤٦ _C. متاسفانه، کاراکتر به دست آمده از هر دو پلاستیک شامل به طور عمده از مسائل معدنی تا ۹۸,۹ درصد وزنی که سرچشمه از این ماده معدنی در بخش خوراک. در این مورد، مسائل معدنی بالا ناشی از نرم افزار کاراکتر به عنوان سوخت به دشوار. با این حال، هنوز هم دارای پتانسیل به عنوان سطح جاده ها مورد استفاده قرار گیرد و به عنوان یک ماده ساختمانی [۱۵۵].

با این وجود، کاراکتر همچنین می توانید بE به عنوان جاذب در آب استفاده می شود درمان به حذف فلزات سنگین از طریق یک درمان به روز رسانی. ارتقاء چند مرحله ای از کاراکتر بودمورد مطالعه توسط Bernando [۱۲۸] در یکشرکت تولید کننده گاز از PE، PP و PS پلاستیکضایعات C، زیست توده کاج و استفاده لاستیک. خواص جذب تی او کاراکتر به روز رسانی مورد بررسی قرار گرفت و در نتیجه نشان داد که تی او کاراکتر عمدتا مزوپور ومنافذ درشتماده با ظرفیت جذب رنگ آبی متیلن در طیف وسیعی از ۳,۵۹ - ۲۲,۲ میلی گرم / گرم. این نشان می دهدکه کاراکتر به روز رسانی باید دارای خواص جذب خوببه سمت مولکول بزرگ. بنابراین، درمان ارتقاء انجامدر کاراکتر مجاز کربوهیدراتمانده

onaceous از تجزیه در اثر حرارت‌به عنوان پیش سازهای برای یک مورد استفاده مجدد به دست آمده باشد. دیگرکاربردهای بالقوه تولید کننده گازکاراکتر شامل استفاده از تولید کربن فعال و سوخت جامد به عنوان خوراک برای دیگ بخار است[۸٦].

۲,۵. گاز

با توجه به [129]، درجه حرارت بالا و اقامت طولانی, روند زمان بهترین شرایط برای به حداکثر رساندن تولید گاز در تجزیه در اثر حرارت بودند. با این حال، این شرایط مخالف با هستندپارامترهای به حداکثر رساندن تولید نفت است. به طور کلی، تولید گازدر فرایند تجزیه در اثر حرارت پلی الفین و پلاستیک PS در بسیار کم بودمحدوده ۲۰/۵ درصد وزنی و آن را به شدت بستگی به درجه حرارت‌و نوع پلاستیک مورد استفاده در تجزیه در اثر حرارت. اثر دما و انواع پلاستیک بیشتر توسط Onwudili و همکاران مورد بررسی قرار گرفت. [۳٤] در یک تجزیه در اثر حرارت LDPE، PS و مخلوط. در ۳۵۰ _C، آن‌کشف شد که محصول گاز از مخلوط بود از تجزیه در اثر حرارت پلاستیکی فردی است. گاز به ادامه افزایش به ۸,٦ درصد وزنی در ٤۲۵_ که در آن در این نقطه، محصول گازبالاتر از تجزیه در اثر حرارت PS تنهایی اما کمتر از LDPE بود. در همان درجه حرارت، تجزیه در اثر حرارت PS تولید برخی از مقدارکاراکتر اما نه هر محصول گاز قابل توجه است. با این حال، تولید کننده گاز از LDPEE تولید گاز بود اما هیچ کاراکتر در این دمانبود.

از این رو، نویسنده اشاره کرد که مقدار گاز تولید شده ازمخلوط به طور قابل توجهی جزء LDPE است ، در حالی که شکل گیری کاراکتر مربوط نزدیک به پی اس است. درگاز ٤۵۰ _C، تولید به طور مداوم به ۱۲,۸ درصد وزنی برای پلاستیک افزایش‌مخلوط صورت میگیرد. از سوی دیگر، تجزیه در اثر حرارت PET و PVC پلاستیک تولیدمقدار زیادی از گازهای در مقایسه با سایر پلی اولفین‌پلاستیک و PSصورت میگیرد. پوتون کشف کردند که مقدار گاز تولید شده در تجزیه در اثر حرارت PET (76.9٪ وزنی) و پی وی سی (۸۷,۷٪ وزنی) پلاستیک زباله بسیار بالاتر از عملکرد مایع است. همین روند توسط فخرحسینی مشاهده شد 55]] در تجزیه در اثر حرارت PET در همان دما وقتی ۵۲,۱۳ درصد وزنی محصول گاز از روند جمع آوری شده. این‌نشان می دهد که PET و PVC به طور عمده به محصول گاز در تجزیه این دما. PET مورد استفاده قرار انرژی بسیار کمتر برای تبدیل بهدیگر ساختارهای شیمیایی و این مکانیسم باعث بیشترتولید گاز در فرآیند پیرولیز. در مقابل، یک دهیدروکلریناسیون‌گام ممکن است در طول

تجزیه در اثر حرارت پی وی سی که باعث تولید - محصول یک مقدار بالا از گاز به جای مایع منتشر خواهد شد .

ترکیب گاز بستگی دارد در ترکیب مواد اولیه مواد. ویلیامز و ویلیامز [۱۳۰] مورد مطالعه تجزیه در اثر حرارت HDPE، LDPE، PP، PS، PET و PVC من ndividually و آنها دریافتند که اجزای اصلی گاز D تولید تولید کننده گاز uring هر پلاستیکی بودند هیدروژن، متان، و همکاران HANE، اتیلن، پروپان، prpene، بوتان و بوتن. با این حال، PET طرفدار اجزای گاز اضافی تولید می کردند دی اکسید کربن و مونوکسید کربن در حالی که هیدروژنکلرید نیز پی وی سی تولید شد. گاز تولید شده در تجزیه در اثر حرارت فرایند همچنین گرمایی V قابل توجه alue. یونگ و همکاران [۱۵] گزارش که گاز تولید شده از تجزیه در اثر حرارت PE و PP به تنهایی به حال ارزش گرمایی بالا بین ۴۲ و ۵۰ MJ / kg است. به این ترتیب، تجزیه در اثر حرارت گاز پتانسیل بالا بود مورد استفاده قرار گیرد به عنوان منبع حرارت در تجزیه در اثر حرارت کارخانه صنعتی. علاوه بر این، اتیلن و پروپن می توان مورد استفاده به عنوان مواد خام شیمیایی برای محصول یون پلی الفین اگر از هم جدا از اجزای گاز دیگر. PY گاز همچنین می تواند در توربین گاز برای تولید برق و تغییر دادن دیگهای بخار بدون نیاز به درمان گاز دودکش مورد استفاده قرارگیرد [۸۶].

۶. بحث و گفتگو در سناریوهای تولید کننده گاز پلاستیکی

این بررسی نشان داد که تحقیقات بسیاری به انجام شده است مطالعه پتانسیل فرآیند تجزیه در اثر حرارت پلاستیکی به منظور تولید محصولات با ارزش مانند روغن مایع و نتایج متقاعد کننده بود. این روش ارائه می دهد مزایای متعددی مانند افزایش هدر سیستم مدیریت، کاهش قابلیت اطمینان را به سوخت های فسیلی، افزایش منابع انرژی و همچنین به جلوگیری از آلودگی محیط زیست. این روش را می توان در پارامترهای که منجر به عملکرد مختلف روغن مایع و کیفیت میشود اجرا کرد.

علاوه بر این، این روش تطبیق پذیری زیاد و اقتصادی بهتر امکان سنجی از نظر مدیریت فرآیند و تنوع از محصول به دست آمده را درنظر میگیرد.

همانطور که در پاراگراف بالا ذکر شد، پارامترهای مختلف می تواند تاثیر گذاری در عملکرد روغن مایع و مهم ترین عامل بود درجه حرارت. پلاستیک های مختلف ممکن است تخریب مختلف داشته درجه حرارت بستگی دارد ساختار شیمیایی خود را. بنابراین، حرارت موثر برای بهینه سازی مایع در تجزیه در اثر حرارت همچنین برای هر پلاستیک و نیز متنوع

آن به شدت وابسته به سایرپارامترهای فرایند. چنین پارامترها شامل نوع کاتالیست استفاده می شود، نسبت کاتالیزور / پلیمر و همچنین نوع راکتور اداره می شود.

جدول ۸ خلاصه درجه حرارت مطلوب مورد نیاز برای بهینه سازی عملکرد روغن مایع در تجزیه در اثر حرارت حرارتی و کاتالیزوری در مختلف شرایط. پارامترهای دیگر را تحت تاثیر قرار شامل نوع راکتورها، فشار، میزان حرارت و مدت زمان تولید کننده گاز برای هر نوع ازپلاستیک. همه آزمایش های انجام شده با استفاده از گاز نیتروژن به عنوان بودند متوسط fluidizing. بر اساس جدول ۸، PET و PVC دو پلاستیک تولید عملکرد بسیار کم از روغن مایع در مقایسه با سایر انواع پلاستیکی، که این پلاستیک ها به ندرت توسط کاوش ساخته شده محققان. همچنین باید توجه شود که تمام انواع پلاستیک توصیه می شود تجزیه در اثر حرارت. پی وی سی در تجزیه در اثر حرارت بود ترجیح از آن تولید محصول اصلی از اسید هیدروکلریک مضر و عملکرد بسیار کم روغن مایع است. علاوه بر این، روغن تجزیه در اثر حرارت نیز شامل ترکیب کلر که کیفیت نفت تنزل و نیز به محیط سمی است.

همانطور که در جدول ۸ خلاصه، می توان نتیجه گرفت که بیشتر درجه حرارت موثر برای بهینه سازی عملکرد روغن مایع در پلاستیک تولید کننده گاز در محدوده ۵۰۰-۵۵۰ _C تجزیه در اثر حرارت حرارتی باشد. با این حال، با استفاده از کاتالیزور در تولید کننده گاز، بهینه درجه حرارت می تواند در ۴۵۰ _C و بالاتر کاهش عملکرد مایع به دست آمده بود. در اغلب پلاستیک، استفاده از کاتالیزوردر روند ممکن است عملکرد روغن مایع بهبود بخشد، اما PS استثنایی بود.

دلیل این است که PS V تخریب ERY به راحتی و بدون نیاز هر کاتالیزور برای سرعت بخشیدن به واکنش و در عین حال ۹۷ WT درصد از نفت بود تولید [۳۴]. بنابراین، PS بهترین پلاستیکی تجزیه در اثر حرارت از بود آن را تولید بالاترین میزان لیق تولید نفت UID در میان همه پلاستیک. همانطور که برای پلی اولفین نوع پلاستیک، LDPE تولید بالاترین عملکرد روغن مایع (۹۳,۱ WT ٪) و پس از (84.7 WT HDPE ٪) و (82.12 WT PP ٪) در PY حرارتی rolysis. با این حال، با علاوه بر این کاتالیزور مانند FCC و در t حق با او عامل دما، عملکرد مایع می تواند بیشتر به بالاتر از ۹۰ به حداکثر WT ٪.

Table 8
Summary of studies on plastic pyrolysis.

Reference*	Type of plastic	Reactor	Process parameters				Yield			Others
			Temperature (°C)	Pressure	Heating rate (°C/min)	Duration (min)	Oil (wt%)	Gas (wt%)	Solid (wt%)	
[19]	PET	Fixed bed	500	–	10	–	23.1	76.9	0	
[5]	PET	–	500	1 atm	6	–	38.89	52.13	8.98	
[23]	HDPE	Horizontal steel	350	–	20	30	80.88	17.24	1.88	
[60]	HDPE	Semi-batch	400	1 atm	7	–	82	16	2	Stirring rate 200 RPM, FCC catalyst 10 wt%
[48]	HDPE	Batch	450	–	–	60	74.5	5.8	19.7	
[59]	HDPE	Semi-batch	450	1 atm	25	–	91.2	4.1	4.7	Stirring rate 50 RPM, FCC catalyst 20 wt%
[77]	HDPE	Fluidized bed	500	–	–	60	85	10	5	Silica alumina catalyst
[26]	HDPE	Batch	550	–	5	–	84.7	16.3	0	
[27]	HDPE	Fluidized bed	650	–	–	20–25	68.5	31.5	0	
[19]	PVC	Fixed bed	500	–	10	–	12.3	87.7	0	
[29]	PVC	Vacuum batch	520	2 kPa	10	–	12.79	0.34	28.13	Also yield HCl = 58.2 wt%
[34]	LDPE	Pressurized batch	425	0.8–4.3 MPa	10	60	89.5	10	0.5	
[32]	LDPE	Batch	430	–	3	–	75.6	8.2	7.5	Also yield wax = 8.7 wt%
[5]	LDPE	–	500	1 atm	6	–	80.41	19.43	0.16	
[31]	LDPE	Fixed bed	500	–	10	20	95	5	0	
[26]	LDPE	Batch	550	–	5	–	93.1	14.6	0	
[45]	LDPE	Fluidized bed	600	1 atm	–	–	51.0	24.2	0	Also yield wax = 24.8 wt%
[23]	PP	Horizontal steel	300	–	20	30	69.82	28.84	1.34	
[35]	PP	Batch	380	1 atm	3	–	80.1	6.6	13.3	
[60]	PP	Semi-batch	400	1 atm	7	–	85	13	2	Stirring rate 200 RPM, used FCC catalyst 10 wt%
[57]	PP	Semi-batch	450	1 atm	25	–	92.3	4.1	3.6	Stirring rate 50 RPM, used FCC catalyst 10 wt%
[5]	PP	–	500	1 atm	6	–	82.12	17.76	0.12	
[36]	PP	Batch	740	–	–	–	48.8	49.6	1.6	
[60]	PS	Semi-batch	400	1 atm	7	–	90	6	4	Stirring rate 200 RPM, used FCC catalyst, cat/poly = 10 w/w
[34]	PS	Pressurized batch	425	0.31–1.6 MPa	10	60	97	2.50	0.5	
[49]	PS	Batch	500	–	–	150	96.73	3.27	0	Used Zn catalyst, cat/poly = 5 w/w
[36]	PS	Batch	581	–	–	–	89.5	9.9	0.6	64.9 wt% of liquid comprised of styrene

* All experiments used nitrogen gas as fluidizing medium.

۷. نتیجه گیری

این بررسی مختصر تولید کردن گاز پلاستیکی را برای هر نوع از این مواد و بحث در مورد عوامل موثر برای بهینه سازی عملکرد روغن مایع را فراهم کرده است. بر اساس مطالعات انجام شده در ادبیات، فرآیند تجزیه در اثر حرارت توسط بسیاری از محققان به دلیل انتخاب شد آن پتانسیل برای تبدیل بیشتر انرژی از زباله های پلاستیکی به ارزش روغن مایع، گاز و کاراکتر. بنابراین، آن را بهترین گزینه برای تبدیل ضایعات پلاستیک و همچنین از لحاظ بهره برداری اقتصادی است.

انعطاف پذیری است که آن را در شرایط از اولویت های محصول فراهم می کند می توان با تنظیم پارامترهای بر این اساس به دست آورد. تولید کننده گاز می تواند در هر دو فرایند حرارتی و کاتالیزوری انجام می شود.

با این حال، PROVI فرآیند کاتالیزوری DED دمای کمتری با عملکرد بیشتر از روغن مایع برای اکثر پلاستیک با حق انتخاب کاتالیزو دارد. پایداری روند غیر قابل انکار است از آنجا که مقدار زباله های پلاستیکی موجود در Y کشور به میلیون ها تن می باشد. با این حال با روش تجزیه در اثر حرارت، مدیریت زباله مسلم تر می شود ، و ظرفیت کمتر از محل های دفن زباله مورد نیاز است، آلودگی کمتر و همچنین COST موثرتر میشود. علاوه بر این، با وجود روش تجزیه در اثر حرارت تجزیه پلاستیک به ارزش سوخت

انرژی، وابستگی به سوخت F به عنوان سوخت غیر قابل تجدید شده انرژی را کاهش میدهد و این سبب افزایش تقاضای انرژی میشود.

قدردانی

می خواهم به طور کامل به باشگاه NK نویسندگان دانشگاه مالایا برای تامین مالی کار شرح داده شده در این نشریه از طریق تعداد پروژه PPP PG066– ۲۰۱۵ B برویم. یک تشکر ویژه هم از دانشگاه nologi TEK (درUiTM) و وزارت آموزش عالی (MOHE) برای روابط عمومی و حمایت مالی برای سخنران جوان و ازبازدید کنندگان طرح (TPM) هم تشکر و قدردانی داریم.