دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهر
فصلنامه‌ی کاربرد شیمی در محیط زیست

سال نهم، شماره‌ی ۳۶
پاییز ۱۳۹۷، صفحات ۱۹-۱۳

گازی‌سازی پسماند و زیست توده و تاثیرات آن بر محیط زیست

سامان صلواتی
گروه مهندسی مکانیک، دانشکده مکانیک، دانشگاه تبریز، ایران
Visa.saman@Gmail.com

چکیده

مطالعات و محاسبات نشان داده که از ۱/۲ کیلوگرم بیومس، حدود ۱ کیلو وات الکتریسیته، ۲/۵ مترمکعب سین گاز و به‌صورت کمینه ۴۰۰۰ کیلو ژول بر متر مکعب انرژی گرمایی حاصل می گردد. به دلیل غیرمصرفی بودن ضایعات کشاورزی و زیست توده‌های مشابه که ارزش چندانی ندارد و مشکلات زیست محیطی را به همراه دارند در نتیجه تولید انرژی الکتریکی یا حرارتی بسیار ارزان قیمت به‌واسطه گاز تولید شده امکان‌پذیر است، همچنین استفاده از این ضایعات در فرآیند تولید انرژی و احداث نیروگاه‌های زیست توده می‌تواند در صنعت کشاورزی، مورد استفاده قرار گیرد. از این رو تاثیر چشمگیر آن بر محیط زیست بواسطه کاهش آلاینده‌ها و کاهش و یا حذف کامل حجم بازیافت و زباله‌ها از طریق فرآیند گازی‌سازی و تبدیل آن به محصولات پر بازده شامل: گاز، بیواویل و بیوچار مشخص می‌باشد و دلیل دیگر نیز راندمان حرارتی بالای آن که حداقل ۸۰ درصد است، توجیه اقتصادی آن را در بر دارد.

کلید واژه: گازی‌سازی، گازساز، زیست توده، سین گاز، محیط‌زیست.

مقدمه

با شناخت محدودیت‌های بسیاری از تکنولوژی‌های تولید سوخت‌های زیستی فعلی، از لحاظ پتانسیل منابع، کاهش گازهای گلخانه‌ای و قابلیت اقتصادی، توجه زیادی به محدوده پتانسیل گسترده مواد اولیه مورد استفاده می‌شود،که اثرات گازهای گلخانه‌ای بسیار کم‌تر و هزینه‌های پایین تامین خوراک اولیه را ارائه می‌دهند. گازی‌سازی جزء مهم چندین مسیر پیشنهادی نسل دوم تامین انرژی است، مانند مسیرهای کاتالیزوری به دیزل، بنزین، نفتا، متانول، اتانول و دیگر الکل-ها و مسیرهای تخمیر همگام‌سازی به اتانول و بسیاری از فناوری‌ها مانند آماده‌سازی مواد اولیه گازی‌سازی، فیشر تروپش یا سنتز متانول، از لحاظ تجاری قابل قبول یا به لحاظ فنی برای سایر کاربردها کاملا قابل توجیه است. با توجه به این شرایط این سیستم سریعاً در سراسر جهان به اثبات رسیده است. امروزه با توجه به کاهش منابع فسیلی و افزایش آلاینده‌ها و نوسانات قیمت سوخت، تولید انرژی ارزان قیمت با آلایندگی پایین هدف اصلی متخصصین انرژی در مراکز تحقیقاتی و دانشگاه‌های دنیاست. رویکرد پژوهشگران به استفاده از زیست توده نشان از پر بازده بودن روند داشته خصوصا در کشورهایی که دسترسی مستقیم به منابع فسیلی ندارند.

مانند نیروگاه‌های ۴۸ MWth و ۱۷/۲ MWth در فنلاند و نیروگاه‌های ۸۵ MWth و ۴۴ MWth در سوئد. زیست توده یک منبع قابل تجدید خصوصا برای کشورهای در حال توسعه است. اخیرا علاقه به این فن‌آوری به عنوان وسیله‌ای برای استفاده از سوخت‌های زیست توده به جای سوخت‌های نفتی وارداتی در کشورهای در حال توسعه مطرح شده است .این علاقه ناشی از شواهد مستندی است که در طول جنگ جهانی دوم، بیش از یک میلیون وسیله نقلیه موتوری، کامیون‌ها، موتورسیکلت‌ها، قایق‌ها و قطارها با سوخت چوب، زغال، پیت یا زغال‌سنگ تغذیه می‌شدند. با این حال، پس از جنگ، یک بازگشت کامل به سوخت‌های مایع صورت گرفت، به دلیل قابلیت اطمینان، مزایای اقتصادی و مزایای زیست محیطی.

مواد و روش‌ها

ترکیب $CO + H_2$ را سین گاز می‌گویند. این ترکیب سوخت مناسبی است برای ژنراتورهای گازی و توربین‌ها و بسیاری از کاربردهای دیگر، در این فرآیند علاوه بر این که پسماندها اعم از کشاورزی ،بیمارستانی ،لاستیک و پلاستیک سوزانده می‌شود، syngas هم تولید می‌شود که یک نوع سوخت است. اصطلاح سین گاز به مخلوط‌های گازی اطلاق می‌شود که محتوی منوکسیدکربن و هیدروژن به نسبت‌های مختلف باشند.

هیدروژن و منوکسیدکربن دو مادهٔ مهم در صنایع شیمیایی محسوب شده و دارای مصارف و کاربردهای فراوانی می‌باشد. منوکسیدکربن در تولید رنگ‌ها، پلاستیک‌ها، فوم‌ها، حشره‌کش‌ها، علف‌کش‌ها، اسیدها و ...به‌کار می‌رود. از جمله مصارف هیدروژن نیز می‌توان به تولید آمونیاک، هیدروژنه کردن و هیدروکراکینگ اشاره نمود. همچنین سین گاز ماده اولیه بسیار با ارزشی جهت تولید مواد متنوع شیمیایی می‌باشد. با استفاده از این گاز و فرایندهای مختلف، می‌توان مواد متنوع شیمیایی را تولید نمود.

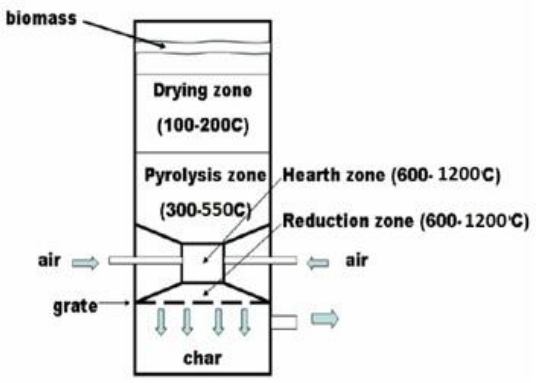
پس از تمیز کردن و خشک کردن، سین‌گاز می‌تواند به طور مستقیم برای تولید برق، استفاده شود یا به‌عنوان یک سوخت گاز مشابه با گاز طبیعی فروخته شود و یا به محصولات با ارزش مانند مواد شیمیایی، کود، جایگزین گاز طبیعی، هیدروژن، بخار و سوخت حمل و نقل تبدیل کرد. گازی-سازی بسیار متفاوت از احتراق است، مواد حاوی کربن (مواد اولیه) سوزانده نشده و آن‌ها به همگام‌سازی تبدیل می‌شوند. فناوری گازی سازی پاک‌ترین راه برای تولید انرژی از منابع فوق است.

یک سوخت جامد عموماً از عناصر هیدروژن و کربن تشکیل شده است که البته می‌تواند شامل نیتروژن و گوگرد هم باشد ولی از آن‌جا که این عناصر در مقادیر بسیار کم

موجودند شامل بحث و بررسی قرار نمی‌گیرند. تولید گاز مولد که گازی سازی نامیده می‌شود ناشی از احتراق جزئی سوخت بیومس بوده که راکتور مخصوص گازساز گازی‌فایر نامیده می‌شود. عمدتا گازهای حاصل شده ترکیبی از منواکسیدکربن، متان، دی‌اکسیدکربن و هیدروژن است. با آن‌که ارزش حرارتی این گاز کم‌تر از ارزش حرارتی گاز طبیعی است اما قابلیت احتراق در آن وجود دارد.

زیست توده به طور کلی شامل مواد گیاهی مانند محصولات زراعی، باقی‌مانده محصولات، جلبک‌ها، مواد زائد، زباله ساخت و ساز و تخریب، زباله‌های جامد شهری و لجن فاضلاب می‌باشد. این مواد اکثرا دارای کربن بالا هستند که برای گازی‌سازی عنصری لازم می‌باشد.

گازسازها دارای چهار بخش اصلی‌اند:



شکل ۱: بخش‌های مختلف راکتور گازی‌سازی

خشک کن Drying Zone

پیرولیز Pyrolysis Zone

محفظه سوختن Oxidation / Combustion Zone

محفظه گازی‌سازی Reduction / Gasification Zone

- منطقه خشک کن Drying Zone

خوراک ورودی معمولا در ابتدا دارای رطوبت زیادی است که رطوبت باید کاهش یابد (وابسته به نوع راکتور گازساز) که بهترین راه برای کاهش رطوبت استفاده از دمای مرحله سوختن است. در این مرحله خوراک ورودی کاهش رطوبت داده و آماده مرحله پیرولیز می‌گردد. دما در مرحله خشک کن کم‌تر از ۲۰۰ درجه سلسیوس است.

- منطقه پیرولیز Pyrolysis Zone

مرحله پیرولیز در دمای ۵۵۰-۲۰۰ درجه سانتی‌گراد و در نبود اکسیژن می‌باشد که نیاز به یک محفظه کاملا درزگیری شده دارد. پیرولیز یک واکنش برگشت‌ناپذیر شیمیایی است که در دمای بالا رخ می‌دهد. خروجی‌های پیرولیز می‌تواند جامد، مایع و گاز باشد در مرحله پیرولیز وزن خوراک به طور قابل ملاحظه‌ای کاهش می‌یابد.

در غیاب اکسیژن قطعات خوراک شکافته شده و انرژی آن آزاد می‌گردد. به صورت کلی در مرحله پیرولیز ما تولید مواد قیر مانند tar (قطران قیر) و مواد جامد پیرولیز شده یا زغال char داریم، که مواد تشکیل‌دهنده tar بیش‌تر مواد کربوهیدراتی(مواد دارای کربن، هیدروژن، اکسیژن) است که tar در شرایط آغاز و پایان شرایط پیوسته ایجاد می‌شود چون در آغاز و پایان عملیات دمای مرحله سوختن پایین است و در دمای کم tar تجزیه نمی‌شود ولی وقتی شرایط پایا شد و دمای مرحله سوختن افزایش یافت با عبور tar از مرحله سوختن تجزیه می‌شود و به ترکیبات کوچک‌تر تبدیل می‌گردد.

- منطقه سوختن Oxidation / Combustion Zone

در این مرحله سوختن انجام می‌شود. سوختن موادی که در مرحله پیرولیز تولید شده‌اند در این مرحله با تزریق هوا انجام می‌گیرد. در این مرحله کربن موجود در tar و char با اکسیژن موجود در هوا می‌سوزد و دی اکسید کربن تولید می‌گردد و همچنین تولید آب از واکنش بین هیدروژن و اکسیژن و واکنش بین متان و اکسیژن. دما در این مرحله ۱۲۰۰-۸۰۰ درجه سلسیوس می‌باشد.

$C+O_2= CO_2$ (+ 393 MJ/Kg mole)

$2H_2+O_2= 2H_2O$ (+ 242 MJ/Kg mole)

- منطقه گازی‌سازی Reduction / Gasification Zone

این مرحله که مرحله اصلی فرآیند و به قلب راکتور معروف است مهم‌ترین بخش راکتور است. در این مرحله محصولات مرحله سوختن در سطح داغ و سرخ charهای باقی‌مانده بالای سطح نگه دارنده واکنش داده و این مواد متحمل واکنش‌های Reduction می‌شوند که این واکنش‌ها در غیاب اکسیژن رخ می‌دهد.

$C + CO_2= 2CO$ (- 164/9 MJ/Kg mole)

$C + H_2O = CO + H_2$ (- 122/6 MJ/Kg mole)

$CO + H_2O = CO_2 + H_2$ (+ 42/3 MJ/Kg mole)

$C + 2H_2 = CH_4$ (+ 75 MJ/Kg mole)

$CO + 3H_2 = CH_4 + H_2O$ (- 205/9 MJ/Kg mole)

- ارزش حرارتی

راندمان گاز سرد خروجی می‌تواند تا ۸۵ درصد بوده و همچنین راندمان گرمایی تا ۹۵ درصد می‌تواند باشد.

مقدار ارزش حرارتی از رابطه‌های زیر حاصل می‌شود:

$$\eta_{thermal}=\frac{LHV_{gas}\,.\,\dot{V}_{gas}+C_{Pgas}\,.\dot{V}_{gas}\,.\,\rho_{gas}\,.\,\Delta T}{LHV_{gas}\,.\,\dot{m}_{Fuel}}.100(\%)$$

$$\eta_{CG}=\frac{LHV_{gas}\,.\,\dot{V}_{gas}}{LHV_{gas}\,.\,\dot{m}_{Fuel}}\,.100(\%)$$

یافته‌ها و بحث

ارزیابی تناسب انواع مختلف سوخت به‌عنوان سوخت گازساز

نیاز به انتخاب گازساز مناسب برای هر سوخت زیست توده در دسترس برای گازی سازی شامل زغال ، چوب و ضایعات چوب (شاخه‌ها، ریشه‌ها، پوست درخت، خاشاک و خاک‌اره) و همچنین بسیاری از بقایای کشاورزی (چوب ذرت، پوست نارگیل، پوسته نارگیل، کاه غلات، پوسته برنج و غیره) و زغال سنگ است. از آن‌جا که این سوخت‌ها در خواص شیمیایی، فیزیکی و مورفولوژیکی خود متفاوت هستند. روش‌های متفاوتی برای گازی‌سازی دارند و در نتیجه نیاز به طرح‌های رآکتور یا حتی فن‌آوری‌های گازی دارند. به همین دلیل است که در طول یک قرن تجربه گازی‌سازی، تعداد زیادی از گازسازهای مختلف توسعه‌یافته و به بازار عرضه شده‌اند، همه انواع آن‌ها مربوط به کنترل ویژگی‌های خاص یک سوخت و محدوده سوخت هستند. قبل از انتخاب یک گازساز برای هر سوخت، اطمینان از این‌که سوخت با الزامات گازساز مطابقت دارد مهم است. اگر سوخت قبلا موفق نشده باشد تست‌های عملی لازم است.

- زباله‌های جامد شهری (MSW)

در حالی که فناوری‌های گازی‌سازی با استفاده از زیست توده و یا MSW ساده هستند، اما عملکرد به شدت به ویژگی‌های منحصر به فرد مواد زیست توده یا MSW بستگی دارد. این مواد اولیه مقدار رطوبت بسیار بالاتری دارند و مقدار ارزش حرارتی آن پایین تر از زغال سنگ است. علاوه بر این، عدم یکسانی مواد و تغییرات ترکیبات خاص در طول زمان، نیاز به استحکام آلیاژی و انعطاف‌پذیر گازساز دارند.

- ضایعات کشاورزی

ضایعات کشاورزی دارای کربن بالایی هستند که گزینه بسیار مناسبی برای استفاده در گازسازها هستند که می‌تواند جهت استفاده در گلخانه‌ها، مزارع و... بسیار کارآمد و پربازده بوده، بصورتی که هم می‌توان ضایعات را به مراکز ثابت تولید گاز انتقال داد و یا در حجم‌های پایین توسط شخص از دستگاهای متحرک و قابل حمل بهره برد.

در اصل کشورهای در حال توسعه طیف گسترده‌ای از پسماندهای کشاورزی موجود برای گازی‌سازی دارند. بعضی از ضایعات مانند ساقه ذرت می‌توانند مشکلاتی در رابطه با خاکستر ایجاد کنند اما این ماده وقتی با مقدار

مشخصی از چوب مخلوط می‌شود می‌تواند بدون مشکل باشد. بیش‌تر کاه و غلات دارای خاکستر بالای ۱۰ درصد است و مشکلات سرباره در گازسازهای پایین‌گذر وجود دارد. برنج دارای محتوای خاکستر ۲۰ درصد و بالاتر است و این احتمالا سخت‌ترین سوخت در دسترس است. بهترین روش برای مقابله با خاکستر، تبدیل ضایعات کشاورزی به پیلت و پرس کردن آن‌ها و استفاده به‌صورت متراکم است.

- مزایا، معایب و کارایی

- زیست محیطی

گازی‌سازی مزیتی اصلی و طبیعی نسبت به احتراق کامل برای کنترل انتشارات گازهای مخرب دارد. کنترل انتشار در گازی‌سازی آسان‌تر از احتراق است زیرا تولید سین گاز در گازی‌سازی در دما و فشار بالاتر از گازهای خروجی تولید شده در احتراق است. این دماها و فشارهای بالاتر اجازه می‌دهد تا حذف آسان‌تری از سولفور، اکسید نیتروژن (SOX)، (NOX) و آلودگی‌هایی نظیر جیوه، آرسنیک، سلنیوم، کادمیم و غیره صورت گیرد به‌عنوان مثال گازی سازی زغال سنگ می‌تواند تقریبا یک ترتیب مقادیر کم‌تر از حد انتشار استاندارد مجاز فعلی ایالات متحده داشته باشد یعنی با حذف ۹۵٪ جیوه با حداقل هزینه، علاوه بر این، سیستم‌های گازی‌سازی بسیار نیاز به آب کم‌تری از سایر فناوری‌ها را دارند.

- بکارگیری و ذخیره کربن

همانند حذف سایر آلاینده‌ها، گازی‌سازی به دلیل دمای بالا و فشار تولید گاز سنتز کارایی خود را در حذف CO_2 ثابت کرده است. مطالعات نشان می‌دهد که در برنامه‌های کاربردی حذف CO_2، نیروگاه‌های ترکیبی گازی‌سازی یکپارچه IGCC کارایی بیش‌تری نسبت به سایر تکنولوژی های تجاری دارند. از طریق استفاده یا ذخیره CO_2 گرفته شده از ورود آن به جو جلوگیری می‌شود. دو گزینه‌ی رایج‌تر عبارتند از: بازیابی نفت و ذخیره کردن کربن شامل تزریق CO_2 به لایه‌های عمیق زمین برای ذخیره دائمی آن است.

(enhanced oil recovery)EOR

مخفف "بهبود بازیافت نفت" است. هنگامی که یک میدان نفتی به دلایل بسیاری از جمله افت فشار که باعث توقف جریان نفت از سفره‌های زیر زمینی به چاه تولید نفت شروع به کاهش تولید نفت خود می‌کند (یا به‌دلیل اینکه نفت موجود در مخزن باقی‌مانده بسیار غلیظ و قادر به جریان نیست)، روش‌های مختلفی برای افزایش تولید نفت از جمله EOR استفاده می‌شود. یکی از روش‌های شناخته شده EOR، "جریان آب" است که به موجب آن آب برای افزایش فشار میدان نفتی تزریق می‌شود و به فشار نفت برای جریان یافتن کمک می‌کند. از دیگر روش‌ها این است که تزریق بخار و تزریق حلال صورت گیرد که به وسیله آن گرمای بخار یا رقیقی حلال موجب می‌شود تا نفت بصورت آزادانه جریان داشته باشند. که در این‌جا CO_2 به عنوان یک حلال عمل می‌کند و نفت باقی‌مانده را جارو و به بیرون هدایت می‌کند.

- طراحی یک واحد گلخانه با تامین انرژی گرمایش تولیدی از گازساز

در طراحی زیر مجتمع گلخانه‌ای واقع در تبریز در نظر گرفته شده که دارای یک واحد پرورش گوجه فرنگی و یک واحد پرورش قارچ می‌باشد. در این طرح جهت تامین گرمایش سالن پرورش گوجه فرنگی پسماندهای سالن قارچ و سالن گوجه فرنگی و گازی‌سازی آن از طریق یک گازساز در نظر گرفته شده است.

طبق اتلاف حرارتی محاسبه شده ظرفیت مشعل مورد نیاز:

۹۰۱۸۴ kcal/hr

-مقدار مصرف سنتزگاز مشعل در هر ساعت طبق ارزش حرارتی سنتز گاز استاندارد

- بیشینه

$\frac{۹۰۱۸۴}{۱۵۵۰} = hr/m^3$ ⇦ در هر ۲۴ ساعت ۱۳۹۲ مترمکعب

- کمینه (۳۰ درصد کم‌تر از بیشینه مصرف مشعل)

۵۸ m^3 ×۳۰٪ = ۴۰/۶ m^3 ⇦ در هر ۲۴ ساعت ۹۷۴ متر-مکعب

مقدار پسماند طبق تحقیقات میدانی شامل کمپوست قارچ واقع در مجتمع مذکور، علف‌های هرز و بوته‌های پایان دوره برای مدت ۱ سال شامل ۵ دوره پرورش قارچ و ۲ دوره پرورش گوجه فرنگی شامل:

- پسماند هر دوره قارچ: ۱۰ تن ۵ دوره ۵۰ تن

- پسماند گلخانه گوجه فرنگی:

- پسماند هر دوره : ۴ تن ۲ دوره ۸ تن

-مجموع پسماندها: ۵۸۰۰۰ کیلوگرم

مقدار تولید گاز از هر کیلوگرم بیومس و میزان تولید گاز سالانه:

۲/۵ مترمکعب در هر کیلوگرم

۲/۵×۵۸۰۰۰=۱۴۵/۰۰۰ $m^3/year$

مقدار مورد نیاز سنتزگاز سالانه جهت مشعل با توجه به ۲ ماه اوج مصرف و ۳ ماه مصرف متوسط:

۳ ماه اوج مصرف ۹۰×۱۳۹۲=۱۲۵/۲۸۰ m^3

۲ ماه متوسط مصرف ۶۰×۹۷۴/۴ =۵۸/۴۶۴ m^3

- جمع کل گاز مورد نیاز جهت ۵ ماه سرد سال

۱۸۳/۷۴۴ m^3

- مقدار کمبود گاز

۱۸۳/۷۴۴-۱۴۵/۰۰۰= ۳۸/۷۴۴ m^3

مقدار ۷۹٪ از گاز مورد نیاز سالن گوجه فرنگی را می‌توان با پسماندها تامین کرد.

جدول ۱- ضرایب هدایت حرارتی مواد و ارزش حرارتی سوخت

ضریب هدایت حرارتی از جدارها (پلی کربنات)	۰/۲ w/mc°
ضریب هدایت حرارتی از کف	۹/۵ w/mc°
میانگین کم‌ترین دمای طرح خارج در زمستان	۱۰-
دمای طرح داخل	۲۰
دمای زمین در مناطق سردسیر	۵
ضریب تناوب	۰
ضریب جهت	برای شمال و شرق ۱۰ درصد- برای غرب ۵ درصد
ضریب موقعیت	برای سطوح بادگیر ۵ درصد
ضریب ارتفاع	۲/۵ درصد
تعداد دفعات تعویض هوا از منافذ	۲
ارزش حرارتی گاز طبیعی ایران	۸۶۰۰ $kcal/m^3$ یا ۳۶۰۰۰ kj/m^3
ارزش حرارتی استاندارد سنتز گاز حاصل از گازی‌سازی	۱۵۵۰ $kcal/m^3$ یا ۶۵۰۰ kj/m^3

نتیجه‌گیری

بسیاری از کشورها و شرکت‌ها برنامه گسترده‌ای برای انجام تحقیقات، توسعه و به حداکثر رساندن پتانسیل گازی‌سازی در آینده در نظر گرفته‌اند. گازی‌سازی راهی مطمئن است برای تولید انرژی کم هزینه مطابق با محیط زیست، طیف گسترده‌ای از مایعات و مواد شیمیایی با ارزش (از جمله دیزل و بنزین برای حمل و نقل) می‌تواند از سنتز گاز تولید شود، و انعطاف‌پذیری را برای سرمایه‌گذاری در آن مقدور ساخته. به این ترتیب راهی است برای کنترل قیمت نفت و نگرانی-های اقتصادی و محیط زیستی. انتظار می‌رود که مهم‌ترین کاربران در آینده در میان صنایع زیر پیدا شوند: متالوژی،

سرامیک، سیمان، آهک و خمیر کاغذ. در این شاخه‌های صنعتی تبدیل کوره‌ها، دیگ‌های بخار و خشک کن‌ها از سوخت نفت به گاز در اصل یک عملیات ساده است. در حالی‌که در خروجی گازی‌سازی مقداری آب است، گوگرد به اسید سولفوریک تبدیل می‌شود، سرباره در محصولات ساختمانی مورد استفاده قرار می‌گیرد و کربن استفاده شده برای افزایش تولید نفت ازچاه‌های قدیمی با استفاده از روش EOR و همچنین به طور همزمان و به طور دائم حذف CO_2 از جو زمین صورت می‌گیرد.

تحولات در چندین زمینه تحقیقاتی می‌تواند چشم انداز دراز مدت و سهم بازار بالقوه این فناوری را بهبود بخشد، که آن هم طبق جدیدترین تحقیقات سازمان ملل در امور انرژی‌های پاک در سال ۲۰۱۸ سرمایه‌گذاری در انرژی‌های نو و پاک بازگشت سرمایه و سود خوبی به همراه دارد. همچنین باتوجه به وضعیت بحرانی کشور که زباله‌های ویران کننده محیط زیست اما سازگار با فناوری گازی سازی اعم از لاستیک، پلاستیک، پسماندهای کشاورزی، زباله‌های خطرناک بیمارستانی تبدیل به تهدید امنیت جانی شده، توجه به این فناوری را پر اهمیت‌تر می‌کند. از طرف دیگر کاهش مصرف انرژی‌های حاصل از نفت و گاز در صنایع پر مصرف انرژی از طریق تبدیل مواد پسماند به انرژی از لحاظ زیست‌محیطی و اقتصادی راهی مطمئن و توجیه‌پذیر می‌باشد.

منابع

[1] Salavati, S., 2018, Design construction and testing of a Machin to produce combustion gas from biomass, Department of Mechanical Engineering, University of Tabriz, Iran.

[2] Axelsson, R., 1969 a, Summary of laboratory tests with producer gas operation of tractor Massey Ferguson 1100 (in Swedish). Statens Maskinprovningar, Umea, Sweden.

[3] Axelsson, R., 1969 b, Sweden. Summary of tests with producer gas truck Scania L80 (in Swedish). Statens Maskinprovningar, Umea.

[4] Bailey, M.L., 1979, Gas producers for vehicles - An historical review. Department of Scientific and Industrial Research, New Zealand. Rep. No. CD 2279.