Archive of SID

دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهر
فصلنامه‌ی کاربرد شیمی در محیط زیست

تکنیک پلاسما و کاربرد آن در دفع مواد زائد

احمد اصل هاشمی
عضو هیات علمی دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تبریز، تبریز- ایران
aaslhashemi@yahoo.com
شاکر خطیبی
عضو هیات علمی دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تبریز، تبریز- ایران

چکیده

با افزایش جمعیت و گسترش دائمی شهرها نیاز انسان به مواد مصرفی روزبه روز بیشتر می‌شود. زیاد شدن مواد مصرفی موجب افزایش پسماندها می‌گردد که بشر به طور فزاینده‌ای وارد محیط زیست می‌کند. این پسماندها یکی از عوامل مهم آلودگی به حساب می‌آید. امروزه مسئله مهم در مورد مواد زائد، موضوع کاهش و یا حذف سمیت و کاهش حجم باقی مانده‌های زباله سوزهای مواد زاید جامد شهری می‌باشد. ذوب کردن مواد باقی مانده در دمای بالا ترکیبات آلی سمی مثل دی‌اکسین‌ها را از بین می‌برد. علاقه‌مندی به استفاده از این تکنولوژی به طور چشمگیری افزایش پیدا کرده است و علت این امر هم بیشتر مربوط می‌شود به کاهش مقدار موادی که به محل های دفن فرستاده می‌شود. تولید گاز پلاسما فرایندی است که در تبدیل مولکول‌های کمپلکس آلی و کربن درهر دو حالت مایع و جامد بکار برده شده و گاز ساده تولید می‌کند. بیشتر گازهای تولید شده قابل اشتعال می‌باشند و سرانجام بعنوان یک سوخت در فرایندها یا کاربردهائی که گازهای قابل اشتعال نیاز می باشد بکار برده می‌شود. این روش از پیشرفته‌ترین و پرهزینه‌ترین روش ها است و برای همه نوع پسماند مخصوصاً برای پسماندهای ویژه نظیر زباله‌های بیمارستانی بکار برده می‌شود. این تکنولوژی قادر است انواع زباله‌ها را بدون توجه به نوع آنها به مواد قابل استفاده و سازگار با محیط زیست تبدیل کند. یکی از مزایای روش پلاسما نسبت به زباله سوزها کاهش حجم زباله‌های رادیواکتیو می‌باشد. تولید گاز پلاسما با انواع تولید گاز و پیرولیز متفاوت می-باشد. در این روش فلزات سنگین و خاکستر کربن که در سایر روش‌ها نیاز به دفع اصولی دارد به وجود نمی‌آید. علاوه بر این زباله سوزهای معمولی که حکم شومینه را دارند، زباله‌ها را با دمای پائین می‌سوزاند، ولی زباله سوزهای جدید از نوع پلاسما، دما را بالا نگاه داشته و زباله‌ها را در این دما می سوزانند. بنابر این فرایند دفع مواد زائد با کارایی بالاتری انجام می گیرد. انواع زباله سوزهای پلاسما که برای سوزاندن برخی مواد بیمارستانی خطرناک به کار می روند، دما را بالای ۴ هزار درجه برده و اجازه تولید دی‌اکسین و فوران را نمی‌دهد، لذا استفاده از روش پلاسما نسبت به زباله سوزهای معمولی و پیرولیز مطلوب تر می‌باشد. تولید گاز پلاسما روشی فنی است برای دفع پس‌ماند با محاسن زیاد ولی با این وجود پیچیدگی خاص خود را داشته و پرهزینه است. که در اصل مقاله به وضوح به این سیستم اشاره شده است.

کلید واژه: مواد زائد، پیرولیز، پلاسما

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه:

با افزایش جمعیت و گسترش دائمی شهرها نیاز انسان به مواد مصرفی روزبه روز بیشتر می‌شود. زیاد شدن مواد مصرفی موجب افزایش پس‌ماندها می‌گردد که بشر به طور فزاینده‌ای وارد محیط زیست می‌کند. این پسماندها یکی از عوامل مهم آلودگی به حساب می آید. [۱]

مدیریت مواد زائد جامد امروزه بعنوان یکی از مهم‌ترین دغدغه‌های جوامع بشری مطرح می‌باشد. افزایش حجم زباله-ها از یک سو و تنوع و گوناگونی آنها از سوی دیگر بر پیچیدگی نحوه جمع آوری و دفع آنها می‌افزاید. گسترش علوم و فن‌آوری در زمینه‌های مختلف شیمی، فیزیک، پزشکی و ... موجب ورود انواع زباله‌های خطرناک حتی در داخل زباله‌های خانگی شده است. هرچند اجزاء زباله ارزشمند تلقی می‌شود و زباله طلای کثیف نام گرفته است ولی خلاصی از این معضل جوامع را به راهکارهای مختلف واداشته است.

در سیستم مدیریت مواد زائد جامد با توجه به اهداف مورد نظر جهت پروسه کردن تکنیک‌های خاصی انتخاب می‌گردد که بازیافت انرژی از تبدیل مواد یکی از اهداف اصلی در پروسه کردن می باشد. برای بازیافت زباله‌ها و یا انهدام آنها بر حسب نوع زباله‌ها روش‌های مختلفی پیشنهاد شده است. متداول‌ترین روش انهدام زباله‌ها تبدیل مستقیم زباله‌ها به انرژی با احتراق شیمیایی است. [۱]

یکی از پیشرفته‌ترین و پرهزینه‌ترین روش‌ها روش پلاسما است. این روش برای همه نوع پسماند مخصوصاً برای پسماندهای ویژه نظیر زباله‌های بیمارستانی بکار برده می شود. پیرولیز پلاسما روشی است نوین برای انهدام سالم زباله‌ها و دورریزهای خطرناک و بیمارستانی. این تکنولوژی قادر است انواع زباله‌ها را بدون توجه به نوع آنها به مواد قابل استفاده و سازگار با محیط زیست تبدیل کند. این روش کاملا پاک و مقرون به صرفه بوده و منبعی مطمئن برای تولید گاز هیدروژن با خلوص بالا می‌باشد. برای انجام پیرولیز پلاسما، زباله تحت تاثیر قوس حاصل از الکترودهای گرافیتی قرار گرفته و واکنش‌های پیرولیز انجام می‌شود. برای پیرولیز پلاسما نیاز به اکسیژن وجود ندارد و محصولات واکنش نیز سرشار از هیدروژن می باشد. پیرولیز مواد با جرم سنگین باعث شکسته شدن مواد به اجزای سازنده آن شده، از ایجاد مواد سمی همانند NOx و یا Dioxin جلوگیری می‌کند. [۳]

تکنیک‌های گرمایشی دفع مواد زائد

از طرق مختلفی مواد آلی قابل سوخت به محصولات حد واسطه و انرژی نهایی تبدیل می‌گردند از جمله :

۱. سوزاندن و یا احتراق
۲. پیرولیز مواد و تولید گاز و سوخت مایع
۳. هضم بیولوژیکی همراه با لجن فاضلاب یا بدون آن و تولید گاز متان
۴. پیرولیز پلاسما

سوزاندن:

با توجه به کمبود زمین، سوزاندن مواد زائد به عنوان یک روش جایگزین برای دفن بهداشتی محسوب می شود. هر چند که این روش در مناطق شهری می‌تواند محاسنی از جمله کاهش هزینه حمل و نقل، کاهش حجم زباله و در صورت امکان تولید انرژی و عدم پخش مواد زائد عفونی به همراه داشته باشد، زباله سوزهای کنترل نشده می‌توانند بالقوه از نظر خروج آلاینده های متنوع، خطرناک باشند. [۱۰]

بسیاری از مواد زاید قابل سوزاندن بوده و محصول احتراق نیز گازهای بی ضرری است که به راحتی از دودکش‌ها به جو فرستاده می‌شود. زباله‌های شهری یا صنعتی در کوره‌های مخصوص سوزانده می‌شود. برخی از این کوره‌ها به گونه‌ای طراحی شده اند که گازهای داغ حاصل از احتراق برای تولید بخار مورد استفاده قرار می گیرد. حداقل درجه حرارت

www.SID.ir

Archive of SID

کوره زباله سوز معمولاً $750^{\circ}C$ می‌باشد .این حرارت معمولاً نباید از $1000^{\circ}F$ تجاوز کند زیرا با ذوب شدن برخی از مواد خمیرهای ویژه‌ای به وجود می‌آید که مزاحمت های خاص خود را در بر خواهد داشت. یکی از بهترین وسایل برای از بین بردن زباله‌های بیمارستانی استفاده از دستگاه‌های زباله سوز می‌باشد این دستگاه‌ها باید الزاماً تحت استاندارد قرار گرفته و به دودکش‌های خروجی بسیار قوی مجهز باشند. [۲]

پیرولیز:

تبدیل جامدات و مایعات به گاز معمولاً با گرم کردن مواد جامد یا مایع در حضور مقدار خیلی کم هوا یا بدون وجود هوا انجام می‌شود. وقتی در فرایند هوا وجود نداشته باشد پیرولیز (تجزیه حرارتی) یا تجزیه تقطیری نامیده می‌شود.

پیرولیز، تجزیه مواد آلی تحت حرارت در غیاب اکسیژن است. در این فرایند مبادرت به تولید گاز تهیه سوخت مایع و زغال می شود. با تغییر اکسیژن و فرایند پیرولیز میتوان به انواع مختلفی از مواد دست یافت. زیرا موادآلی در مجاورت با مقادیر مختلف اکسیژن مشتقات متفاوتی تولید می کند. قابل ذکر است که هر ماده آلی را می توان به وسیله این روش به هیدروکربن ها و سوخت های سبک تبدیل کرد. [۲]

تخمیر:

روش تخمیر زباله‌های حیوانی و گیاهی یکی از روش‌های سنتی در به دست آوردن سوخت مصرفی روستائیان بوده است. گازهای متصاعد شده از اینگونه زباله‌ها حاوی مقادیر زیادی متان یا گاز مرداب می باشد که منابع حرارتی خوبی هستند. [۲]

تکنیک پلاسما:

امروزه مسئله مهم در مورد مواد زائد، موضوع کاهش و یا حذف سمیت و کاهش حجم باقی مانده های زباله سوزهای مواد زاید جامد شهری می‌باشد. ذوب کردن مواد باقی مانده در دمای بالا ترکیبات آلی سمی مثل دی اکسین‌ها را از بین می‌برد علاقه‌مندی به استفاده از این تکنولوژی به طور چشمگیری افزایش پیدا کرده است و علت این امر هم بیشتر مربوط می شود به کاهش مقدار موادی که به محل‌های دفن فرستاده می‌شود. تولید گاز پلاسما فرایندی است که در تبدیل مولکول‌های کمپلکس آلی و کربن درهر دو حالت مایع و جامد بکار برده شده و گاز ساده تولید می کند. بیشتر گازهای تولید شده قابل اشتعال می‌باشند و سرانجام بعنوان یک سوخت در فرایندها یا کاربردهایی که گازهای قابل اشتعال نیاز می‌باشد بکار برده می‌شود.

پلاسما گاز ساده‌ای است که دستگاه تبدیل کننده (converter) آن را یونیزه می‌کند سپس آن یک هادی الکتریکی موثر ویک ماده نورانی مثل قوس الکتریکی تولید می‌کند که منبع انرژی زیادی است که به مواد پسماندها به عنوان انرژی پرتاوی منتقل می شود. قوس در توده پلاسما در داخل راکتور می تواند تا ۳۰۰۰۰ درجه فارنهایت (سه برابر حرارت سطح خورشید) بالا رود. وقتی مواد پسماند در داخل راکتور در معرض انرژی شدید انتقالی قرار می گیرد تهییج باندهای مولکولی پسماندها بسیار زیاد می‌شود به نحوی که مولکول‌های مواد پسماندها شکسته شده و به عناصر یا اتم‌های تشکیل دهنده تبدیل می‌شوند. جذب این انرژی بوسیله مواد پسماندها است که باعث تجزیه پسماندها و فروپاشی مولکول‌های پس‌ماند می شود. [۴]

دمای پلاسما خیلی بالاست و حتی می تواند به ۶۰۰۰- ۲۰۰۰ درجه سانتیگراد هم برسد. در چنین دماهای بالایی مواد زائدی مثل فلزات مواد سمی، سیلیکون و ... به طور کامل ذوب شوند و مواد غیر سمی تشکیل دهند.

ترکیبات شیمیایی و بیولوژیکی، پلاستیک به گازهای ساده‌تر مثل هیدروژن و دی اکسیدکربن تبدیل می‌شوند که هیدروژن می‌تواند به عنوان سوخت پاک مورد استفاده قرار گیرد و هزینه‌های ساخت و بهره برداری را کاهش دهد. [۹]

www.SID.ir

Archive of SID

پیرولیز پلاسما معمولاً دو سری محصول دارد:
گاز احتراق‌پذیر که ارزش گرماییش حدود MJ/Nm^3 ۹-۴ می‌باشد و پس‌ماند و باقی‌ماندهای کربن‌دار.
تحقیقات نشان داده است که پیرولیز پلاسمای حرارتی ممکن است روش مفیدی از مدیریت مواد زائد برای بازیافت مواد و انرژی باشد.
انواع متفاوتی از پلاسما وجود دارد:

۱. پلاسما با درجه حرارت بالا
۲. پلاسما با درجه حرارت پایین

پلاسما با درجه حرارت بالا به این معنی است که الکترون ها و یون ها و گونه‌های خنثی در مرحله تعادل گرمایی هستند.

پلاسما با درجه حرارت پایین به دو نوع تقسیم می شود:

۱. پلاسمای حرارتی که در یک مرحله LTE (تعادل گرمایی موضعی) قرار دارد.
۲. پلاسمای غیرحرارتی که پلاسمای سرد و پلاسمای نا متعادل نامیده می‌شود.

طبقه بندی انواع متفاوتی از پلاسما در جدول ۱ آورده شده است.

مثال		پلاسما
پلاسما با درجه حرارت بالا		
پلاسمای لیزر	$Te = Ti = Th,\ Tp = 10^6\ K–10^8\ K$	پلاسما با درجه حرارت بالا(پلاسمای متعادل)
	$ne \geq 10^{20}\ m^{-3}$	
پلاسما با درجه حرارت پایین		
پلاسمای قوسی ، تخلیه اتمسفری RF	$Te \sim Ti \sim Th,\ Tp = 2 \cdot 10^3\ K–3 \cdot 10^4\ K$	پلاسمای حرارتی
	$ne \geq 10^{20}\ m^{-3}$	(پلاسمای نیمه متعادل)
تخلیه هاله	$Te >> Th \sim 3 \cdot 10^2\ K^{-4} \cdot 10^2\ K$	پلاسمای غیر حرارتی
	$ne \sim 10^{10}\ m^{-3}$	(پلاسمای نا متعادل)

جدول۱- طبقه بندی انواع متفاوتی از پلاسما

دانسیته الکترون = ne دمای پلاسما ، = Tp دمای طبیعی = Th، دمای یون = Ti، دمای الکترون = Te

تولید پلاسمای حرارتی با استفاده از جریان مستقیم (DC) و جریان متناوب (AC) و با استفاده از القاء فرکانس رادیویی (RF) و تخلیه میکروویو حاصل می شود.
در یک پلاسمای قوسی DC دما در مرکز پلاسما می تواند بیشتر از k ۳۰۰۰۰° باشد در حالیکه در حاشیه ها دما به سرعت کاهش می یابد و دمای متوسط عملیاتی می تواند k ۵۰۰۰° باشد. در یک پلاسمایRF دما در کانال مرکزی به k ۶۰۰۰° هم می رسد.
مقایسه پروسه های متفاوت پلاسما برای تصفیه مواد زائد در جدول ۲ آورده شده است. [۱۱]

www.SID.ir

Archive of SID

پلاسمای RF	پلاسمای قوسی DC	آیتم
۳۰۰۰-۸۰۰۰	۵۰۰۰-۱۰۰۰۰	دما(k°)
خیر	بله در گاز ساکن ۳۰۰۰-۱۰۰۰ ساعت و در گاز اکسیداتیو ۵۰۰-۲۰۰ ساعت	خوردگی الکترود
مورد نیاز می باشد	مورد نیاز می باشد	خنک سازی پلاسما
ژ نراتور و راکتور		
مشکل	آسان	احتراق پلاسما
متوسط	کوچک	حجم پلاسما
بالا	بالا	سرعت گاز
رو به بالا	رو به پایین	موقعیت تغذیه مواد زائد
بله	نه خیر	تاثیر تغذیه مواد زائد روی پایداری پلاسما
۴۰-۷۰٪	۶۰-۹۰٪	بازده و کارایی وسایل تامین قدرت

جدول۲ – مقایسه پروسه های متفاوت پلاسما برای تصفیه مواد زائد

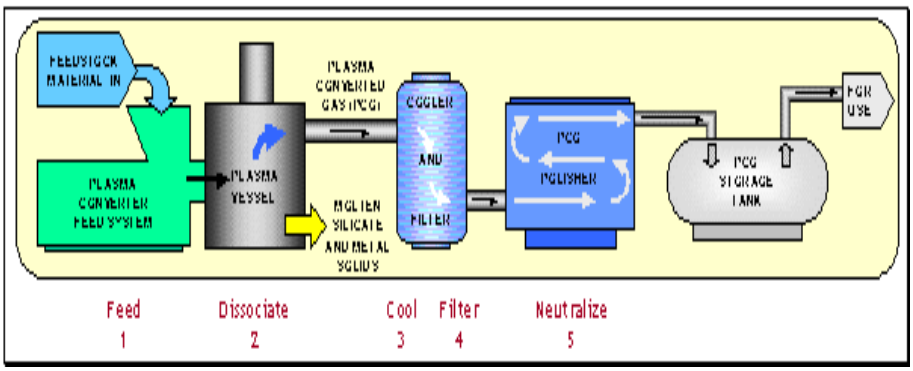
تقریباً چهار مرحله در فرایند پیرولیز پلاسما می‌تواند وجود داشته باشد:

۱. گرم کردن سریع ذرات در نتیجه تبادل گرمایی با جت پلاسما.
۲. خارج شدن مواد فرار از ذرات.
۳. به سرعت تبدیل به گاز شدن از فاز همگن و تبدیل سریع گرما و جرم.
۴. ادامه عمل تبدیل به گاز شدن ذرات زغالی با ترکیبات متفاوت گاز. [۱۱]

دستگاه تبدیل کننده پلاسما شامل بخش های زیر است:

- سیستم خوراک دهنده
- راکتور پلاسما
- جلا دادن گاز (تصفیه گاز)
- مرکز کنترل کامپیوتری
- سیستم برق رسانی

شماتیک بخش های دستگاه تبدیل کننده پلاسما در شکل (۲) ارائه شده است.



شکل (۲) شماتیک بخش های دستگاه تبدیل کننده پلاسما

www.SID.ir

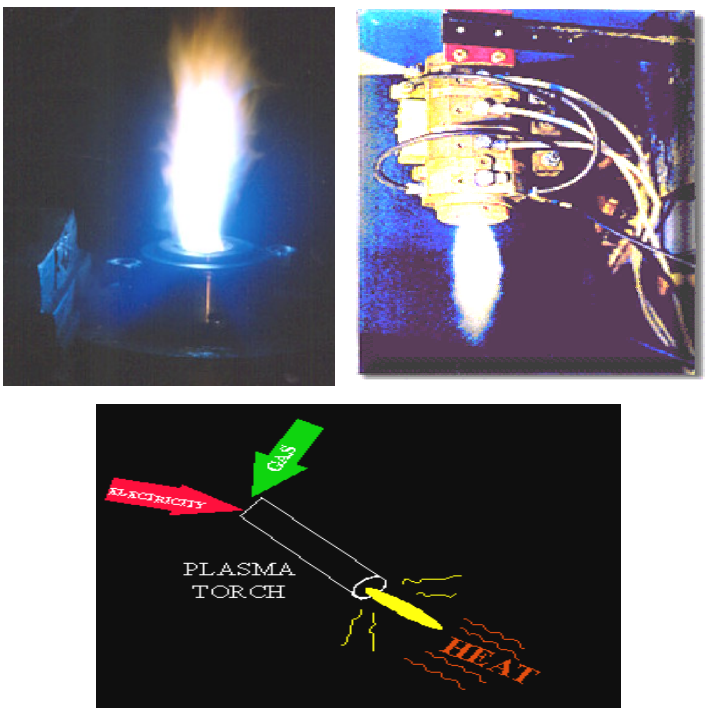
Archive of SID

خوراک دادن به سیستم می تواند به صورت جامد، مایع و گاز باشد و یا بطور همزمان مخلوطی از شکل های فوق به هر نسبت می‌تواند باشد.

راکتور پلاسما یک ظرف دو قسمتی استوانه ای شکل است که از فولاد ضد زنگ (stainless steel) ساخته شده و یک دریچه در سقف دارد که در میان آن مشعل پلاسما قرار داده شده است. راکتور با ایزولاسیون و مواد سخت که باعث حداکثر مقاومت در برابر انرژی داخلی شود وفولاد ضدزنگ مخزن را از گرمای شدید داخل راکتور حفظ کند پوشش داده می شود.

راکتورهای پلاسما بطور ویژه طراحی شده‌اند تا مواد اولیه طوری در راکتور قرارگیرد که ابتدا از میدان انرژی پلاسما عبور کند و جداسازی کامل مولکولی انجام شود و سپس به بخش خروجی راکتور برسد. بعلاوه راکتور پلاسما در فشار منفی کم پایه گذاری شده است به نحوی که هیچ گازی به محیط تخلیه نمی شود.

سیستم مبدل پلاسما همچنین به یک مشعل مجهز شده است که اجازه می‌دهد به اپراتور مشعل را در نقاط مختلف راکتور پلاسما هدف گیری کند. این سیستم به اپراتور اجازه می‌دهد که مواد اولیه را با سرعت و راندمان مناسب به محض ورودشان به داخل راکتور تصفیه کند و از جامد شدن مواد مذاب بر دیواره‌های راکتور اجتناب شود. شکل (۳) شماتیک مشعل پلاسما را نشان می دهد.



شکل (۲) شماتیک مشعل پلاسما

www.SID.ir

Archive of SID

اگر یک سیستم مشعل مناسب در موتوری که با دستگاه تولید گاز پلاسما کار می کند بکار برده شود غلظت عمومی آلاینده ها در گاز خروجی آن بشرح زیر می باشد:

برای مقایسه حداکثر غلظت مجاز استانداردهای ضایعات سوزهای اروپائی (سخت ترین استانداردهای انتشار) نشان داده شده است.

آلاینده ها	غلظت	استاندارد اروپائی ضایعات سوزها
اکسیدهای نیتروژن	$< ۵۰ mg/m^3$	$۲۰۰ mg/m^3$
منوکسید کربن	$< ۱۲ mg/m^3$	$۱۰۰ mg/m^3$
دی اکسید گوگرد	$< ۶ mg/m^3$	$۵۰ mg/m^3$
ذرات	$< ۵ mg/m^3$	$۱۰ mg/m^3$
فلزات	$< ۲۵\mu g/m^3$	$۱۰۰۰\mu g/m^3$
دی اکسین	$< ۰/۰۵ ng/m^3$	$۱ ng/m^3$
کلراید هیدروژن	$< ۱ mg/m^3$	۱۰mg/m

سیستم تصفیه گاز شامل ۶ مرحله است:

- سیکلون جداساز با دمای بالا برای حذف ذرات ریز
- مرحله خاموش کردن (با بازیافت گرما در صورتی که مقرون به صرفه باشد)
- کاتریج (فشنگی) جمع کننده گرد وغبار برای حذف ذرات ریز
- دستگاه کاتالیتیکی انتخابی کاهش یا حذف اکسیدهای نیتروژن (No_x)
- دستگاه اسکرابر ستونی برای حذف اسیدها و فلزات تصعید شده
- جلادهی نهائی [۴]

سیکلون جداساز با دمای بالا

مرحله اول فرایند تصفیه گاز مرحله قبل از خاموش کردن است که گاز پلاسما سرد می شود. این عمل با تزریق مستقیم آب از یک اسپری درایر معمولی دما را تقریباً از ۱۰۰۰ درجه سانتیگراد به ۶۵۰ درجه می رساند. گاز پلاسما سپس از داخل یک خط لوله مقاوم به سمت یک لوله معمولی یک سیکلون از جنس آلیاژ مخصوص که در دمای بالا مقاوم و ایزوله است جریان می یابد. هدف از این سیکلون حذف ذرات و برگرداندن آن ها به راکتور پلاسما می باشد.

خاموش کردن

سپس گاز تبدیل شده پلاسما به سمت یک اسپری درایر جریان می یابد که طراحی شده است که دمای گاز را بسرعت از ۶۵۰ تا ۱۲۰ درجه سانتیگراد کاهش دهد. اهمیت این کاهش دما در امان ماندن از تشکیل دی‌اکسین‌ها و فوران‌ها است که محصول فرعی مزاحم ضایعات سوزهاست. اصولاً دی‌اکسین‌ها و فوران‌ها در دمای بخصوصی (۳۳۰ – ۱۹۰ درجه سانتیگراد) و در مدت زمان مشخصی تشکیل می-شود که با خاموش کردن سیستم از تشکیل آن ها جلوگیری می‌شود.

www.SID.ir

Archive of SID

دستگاه جمع کننده گرد وغبار فشنگی شکل

گاز پلاسما سپس به جمع کننده گرد وغبار فشنگی شکل با دمای بالا و المنت‌های گرم شده که از تبدیل شدن به مایع جلوگیری شود جریان می‌یابد. این واحد می‌تواند بطور اتوماتیک با فشار باد به عقب جامدات جمع شده را به راکتور پلاسما منتقل نماید.

احیاء کاتالیتیکی انتخابی (SCR)

همراه با خارج شدن گرد وغبار از واحد جمع کننده گرد وغبار، گاز پلاسما مجدداً تا حدود ۳۱۰ درجه سانتیگراد گرم می‌شود برای احیاء کاتالیتیکی انتخابی NOx در یک واحد استاندارد طراحی شده برای این منظور هیدروژن موجود در گاز پلاسما با اکسیدهای نیتروژن NOx واکنش می‌دهد و گاز نیتروژن و آب تشکیل می‌دهد. در مواقعی که در گاز پلاسما هیدروژن وجود ندارد (برای مثال در زمان شروع وقتی که مواد فرایند حاوی کربن نباشد) اوره افزوده می شود تا NOx احیاء شود.

پکیج (بسته) اسکرابر ستونی

در زمان خروج مواد مرحله احیاء کاتالیتیکی انتخابی، گاز پلاسما با تزریق مستقیم آب تحت فشار خاموش شدن نهائی قرار می‌گیرد تا دما را تا زیر ۵۰ درجه سانتیگراد کاهش دهد. و شرایط رابرای حذف گازهای اسیدی در یک پکیج اسکرابر ستونی افقی استاندارد فراهم می‌کند. مواد معدنی دیگردر مایع اسکرابر مانند یون های عمومی شامل کلراید، فلوراید، سولفات، فسفات، سدیم و کلسیم حل می‌شوند. برای مدیریت تشکیل نمک ها محلول اسکرابر حذف و با آب شیرین دوباره پر می‌شود. فاضلاب معمولاً قبل از تخلیه به فاضلاب شهر نیاز به تصفیه بیشتری ندارد مگر اینکه بطور اتفاقی فلزات سنگین با غلظت زیاد از طریق خوراک دهی به سیستم وارد شود. تقریباً ۷۵٪ فلزات موجود در پسماندها وبه همراه پسماندها ذوب و تبخیر می شوند ودر گازهای پلاسما وارد می‌شوند ودر آنجا در اسکرابر و فیلتر کربن گرفتار می‌شوند (در زیر مشاهده کنید). فاضلاب همچنین حاوی ذرات زیر یک میکرون می‌باشد.

سرانجام یک فن با سرعت متغیر و استاندارد در خروجی تصفیه گاز، گاز پلاسمارا از میان کل سیستم می‌کشد و یک حالت ثابت با یک فشار کم قدرت در داخل رکتور پلاسما پایه گذاری می‌کند.

سیستم به نحوی طراحی شده است که بطور ساده بهره‌برداری می‌شود سطح مهارت اپراتور لازم نیست که خیلی بالاتر از کسی که یک تکنیک متوسط دارد باشد. [۴]

گازها معمولاً فقط وقتی که تا دمای خیلی بالا گرم شوند ($>۵۰۰۰^{\circ}C$) یونیزه می‌شوند بنابراین پلاسما معمولاً مواد خیلی داغ هستند. پلاسما با عبور یک جریان الکتریکی از میان گاز تشکیل می‌شود لازم به یادآوری است در شرایط نرمال گازها هادی الکتریسیته نمی‌باشند. اما وقتی یک ولتاژ خیلی قوی بکار برده شود اجزاء جدا شدنی (الکترون ها) شروع به جدا شدن می‌کنند با شروع عبور جریان الکتریسیته از گاز، گاز شروع به گرم شدن می‌کند و هدایت الکتریکی آغاز می‌شود سرانجام این گاز به مقدار زیادی گرم می‌شود و پلاسما تشکیل می‌شود.

در تولید گاز پلاسما مواد سوختی یا پسماند به داخل یک راکتوری که حاوی یک پلاسمای تولید شده الکتریکی در دمای ۲۰۰۰۰ درجه سانتیگراد می‌باشد تغذیه می‌شود. وقتی مواد سوختی یا پسماند در معرض پلاسمای ذکر شده قرار می‌گیرد تا دمای بسیار بالا (>۲۰۰۰۰) درجه سانتیگراد گرم می‌شود که باعث می‌شود ترکیبات آلی موجود در مواد سوختی یا پسماند به مولکول‌های خیلی ساده مانند هیدروژن، منوکسیدکربن، دی‌اکسیدکربن، بخار آب و متان تجزیه شوند. به این مولکول‌های ساده که همگی گاز هستند اجازه داده می‌شود تا بطور مداوم از راکتور به بخش خنک کننده گاز و تجهیزات تصفیه جریان یابند. خاکستر و مواد معدنی دیگر موجود در مواد سوختی یا پس‌ماند ذوب می‌شوند و با مایع سیلیکاتی کمپلکس ممزوج شده وبه ته راکتور جریان

www.SID.ir

Archive of SID

می‌یابد. فلزات موجود در مواد نیز ذوب شده و به ته راکتور می‌روند. به مواد مذاب اجازه داده می‌شود که بطور مداوم از راکتور به آب خاموش کننده جریان یابد بعضی از فلزات ذوب نمی‌شوند در عوض تصعید شده وبا گازهای تشکیل شده توسط مواد آلی از راکتور عبور می‌کنند. وقتی آن‌ها به بخش سردکننده گازها وارد می‌شوند سرد شده و به ذرات فلزی ریز تبدیل می‌شوند. ترکیبات هالوژنه و گوگردی موجود در مواد سوختی به هالیدهای هیدروژنه و سولفید هیدروژن تبدیل شده وبا گازهای دیگر به بیرون از راکتور برای مراحل بعد عبور می کنند. گاز حاصل از راکتور ارزش گرمائی پائین تا متوسط دارد و لذا برای سوخت یک نیروگاه گازی مناسب است. در هر صورت این گاز بعد از ترک کردن راکتور، هنوز با ترکیبات نامناسب مانند کلراید هیدروژن و ذرات فلزی که می‌تواند باعث صدمات به تاسیسات و دستگاه‌ها و همچنین محیط زیست شود آلوده شده است. بنابراین این گاز باید در فرایندهای مختلف تصفیه، تصفیه شود. گاز تصفیه شده در کیفیت شبیه گاز طبیعی است .عمومی‌ترین استفاده از این گاز مصرف آن بعنوان سوخت است که در تولید برق استفاده می‌شود اگرچه این گاز می‌تواند بعنوان مواد اولیه در فرایندهای شیمیائی مانند تولید الکل متیلیک (متانول) مورد استفاده قرار گیرد. وقتی این گاز به عنوان یک ماده سوختی در تولید برق استفاده می شود معمولاً برق بیشتری تولید می‌شود.

وقتی از سوخت های گازی برای تولید برق استفاده شود تولید گاز پلاسما محاسن زیادی دارد نمونه هایی از این محاسن به شرح زیر می باشد:

۱ – انتشار آلاینده‌ها به هوا:

در این روش معادل مقدار آلاینده‌های تولید شده در اثر سوخت گاز طبیعی می‌باشد. با توجه به اینکه کیفیت گاز ایجاد شده از طریق پلاسما مشابه گاز طبیعی است جزئیات آلاینده‌های انتشار یافته آن نیز مشابه گاز طبیعی است. کیفیت کامل مواد انتشار یافته به سیستم مشعل بکار برده شده بستگی دارد بنابراین سیستم بهتر کیفیت انتشار بهتری را ارائه می‌دهد.

۲– باتوجه به اینکه هر کربن موجود در مواد تغذیه شده در دستگاه تولید گاز پلاسما به گاز پلاسما تبدیل می‌شود بنابراین هرکربن این مواد می‌تواند به عنوان مواد سوختی عمل کند. لذا مواد سوختی زیادی تولید می‌شود و بهره‌برداری قابل انعطافی را برای استفاده کننده به دنبال دارد. زغال سنگ و سوخت سنگین نیز به نوبت می توان در آن استفاده نمود. هر نوع بیومس (توده بیولوژیکی) می تواند در دستگاه گاز پلاسما به عنوان سوخت تغذیه شود. این عمل فرصتی را ایجاد می کند تا بدون تغییر در سیستم های پیچیده به هدف انرژی تجدید پذیر برسیم.

در هر صورت وقتی گاز پلاسما به عنوان مواد سوختی برای تولید برق بکار برده می شود بطور طبیعی انتشار مواد آلاینده به هوا را به همراه دارد. مواد منتشره به هوا همان مواد ناشی از سوخت ها مانند اکسیدهای نیتروژن و منوکسید کربن است. بنابراین با توجه به اینکه گاز پلاسما قبل از مصرف تصفیه می‌شود رها شدن آلاینده‌ها مانند دی‌اکسیدگوگرد، ذرات، فلزات، ترکیبات آلی قابل تبخیر(فرار) و دی‌اکسین در مقایسه با فرایندهای اکسیداسیون گرمائی مستقیم نظیر ضایعات سوزها خیلی پائین‌تر خواهد بود. غلظت بعضی از آلاینده‌ها در گاز خروجی مانند اکسیدهای نیتروژن و منوکسیدکربن همیشه به نوع مواد سوختی مصرف شده بستگی دارد.

یکی از محاسن کلیدی تولید گاز پلاسما محصولات گازی مفید است و اینکه مواد ته نشینی یا خاکستر تولید نمی‌کند. خاکستر باقیمانده درته به عنوان یک توده برای مصالح ساختمانی استفاده می شود و خاکستر همیشه در لندفیل دفع می شود.

در فرایند تولید گاز پلاسما فلزات به آسانی بازیافت می‌شوند زیرا آن‌ها اصولاً در راکتور مبدل ذوب می‌شوند و به ته راکتور فرو می‌نشینند وقتی آن‌ها در بخش خاموش

www.SID.ir

Archive of SID

کردن جاری می‌شوند می‌توانند جمع‌آوری و بازیافت شوند تا به عامل بازیافت فلزات فرستاده شوند.

محاسن روش پلاسما:

تولید گاز پلاسما روشی فنی است برای دفع پسماند با محاسن زیاد که تعدادی از آن ها در زیر آمده است:

۱- گاز پلاسما می‌تواند در مورد پسماندهای خطرناک و غیر خطرناک عمل نماید. طرح گاز پلاسما می‌تواند پسماندهای شهری، سمی و بیمارستانی یا مخلوطی از این سه را با اثرات یکسان دفع نماید.

۲- کاهش حجمی مواد زاید با روش پلاسما تقریبا ۳۰۰۰ به ۱ می باشد در حالی که در زباله سوزهای متداول این رنج در حدود ۵ به ۱ می باشد که این هم به دلیل تولید مقادیر زیاد خاکستر می‌باشد.

۳-روش پلاسما برای مقادیر ۱۰-۵۰۰ تن زباله در روز کاربرد دارد.

۴- گاز پلاسما خاکستر ویا محصولات فرعی دیگر مانند بیومس تجزیه شده که هنوز هم نیاز به دفع در لندفیل (بعد از تصفیه اولیه) دارد تولید نمی کند بنابراین در این روش هزینه دفع محصول فرعی نیاز نمی‌باشد.

۵- تکنولوژی پلاسما برای بی خطر کردن خاکسترهای حاصله از زباله سوزها مورد استفاده قرار گیرد.

۶- بازیافت مواد در این روش بیشتر ازهر تکنیک گرمائی دیگر است در ضایعات سوز مواد خام نیز مصرف می‌شود در صورتی که در گاز پلاسما بعضی از مواد خام تولید می‌شوند.

۷- دراین روش بازیافت انرژی با نصب تجهیزات اصولی بیشتر از روش های دیگر پسماند است. بنابراین درآمد حاصل از فروش برق در این روش بیشتر است.

۸- ترکیب مواد منتشره به هوا (آلاینده ها) آب و زمین در این روش کمتر از سایر فرایندها است.

۹- میزان بالایی از تصفیه بازده انرژی و حجم کمتر سیستم از دیگر مزایای روش پلاسما می باشد. [۹و۶و۴]

معایب روش پلاسما:

۱- این روش پیچیدگی خاص خود را دارد.

۲- پرهزینه است.

۳- شرکت‌های تولید کننده این سیستم توسعه پیدا نکرده است.

۴- نیاز به نیروی متخصص و کارآمد در راهبری سیستم دارد.

۵- وابستگی صنعتی به دنبال دارد.

۶- جهت تجاری کردن تکنیک پلاسما، میزان تصفیه، بازده انرژی و استفاده مجدد از محصولات جانبی تولید شده، شناخت و آگاهی از مکانیسم اصلی فرایند تامین قدرت و بهینه کردن راکتور باید مد نظر قرار گیرد. [۶]

بحث و نتیجه گیری:

در اثر احتراق شیمیایی مواد، آلودگی هوا افزایش یافته و خاکستر زباله‌ها خود به عنوان زباله‌ای جدید تولید می‌گردد. این روش نمی‌تواند جواب‌گوی زباله‌های خاصی از جمله زباله‌های سمی و رادیواکتیو باشد.[۳]

یکی از مزایای روش پلاسما نسبت به زباله سوزها کاهش حجم زباله های رادیو اکتیو می باشد.

تولید گاز پلاسما با انواع تولید گاز و پیرولیز متفاوت می-باشد. در این روش فلزات سنگین و خاکستر کربن که در سایر روش‌ها نیاز به دفع اصولی دارد به وجود نمی‌آید. علاوه بر این زباله سوزهای معمولی که حکم شومینه را دارند، زباله‌ها را با دمای پائین می‌سوزاند، ولی زباله سوزهای جدید از نوع پلاسما، دما را بالا نگاه داشته و زباله‌ها را در

www.SID.ir

Archive of SID

این دما می سوزانند. بنابر این فرایند دفع مواد زائد با کارایی بالاتری انجام می گیرد.

انواع زباله سوزهای پلاسما که برای سوزاندن برخی مواد بیمارستانی خطرناک به کار می روند، دما را بالای ۴ هزار درجه برده و اجازه تولید دی‌اکسین و فوران را نمی‌دهد، لذا استفاده از روش پلاسما نسبت به زباله سوزهای معمولی و پیرولیز مطلوب تر می‌باشد.

در مجموع، روش پلاسما یک روش سالم، پاک و خیلی موثر می باشد. هر سازمان یا موسسه‌ای که مشکل دفع پسماند داشته و می‌خواهد آلودگی کمتر را در محیط زیست باعث شود وجوانب اقتصادی را نیز در نظر داشته باشد، می‌تواند از روش تولید گاز پلاسما استفاده کند. همچنین در کشورهائی که در ارتباط با دفع پسماندها، بویژه پسماندهای ویژه دارای مشکل هستند و یا زمین خشک کمتری در اختیار دارند روش مذکور راه گشا و بسیار قابل استفاده خواهد بود.

منابع:

۱- عمرانی، قاسمعلی - مدیریت مواد زاید جامد

۲- حسن‌پور، داود- شفیع، محمد علی- نرمانی، سیفعلی- چیتساز، جواد; انهدام زباله‌های خطرناک بیمارستانی با استفاده از فرایند پیرولیز پلاسما،۱۳۸۵

۳- جنیدی جعفری، احمد- عصاری، محمد جواد- صارمی، مهری،۱۳۸۰ ، اندازه گیری بعضی آلاینده‌های هوای خروجی از زباله سوزهای بیمارستانی درشهر همدان

٤-Tchobanoglous, George, Theisen, Hilary, Integrated Solid Waste Management: Engineering Principles and Management Issues, McGrow-Hill, 1993

۵- http://www.startech.net

۶-Tzeng,chin-ching , Kuo ,Yung-Yen , Huang Tsair-Fuh , Lin Deng-Lain , Yu, Yuh-Jenq,1998,Treatment of radioactive wastes by plasma incineration and vitrification for final disposal ,volume 58, 207-220

۷- Chang, Jen-Shih,2001, Recent development of plasma pollution control technology a critical review,volume2,571-576

۸- Katou, Koutaro- Asou ,Tomonori- Kurauchi, Yoshihito – Sameshima, Ryoji ,2001, Melting municipal solid waste incineration residue by plasma melting furnace with a graphite electrode,volume386,183-188

۹- Yasui .S, Adachi.K , Amakawa .T ,1998, Influence of atmospheric gases on the treatment of miscellaneous solid wastes by plasma melting technology,volume32,493-500

۱۰-www.plasmawastedisposal.com

11- Huang .H, Tang. L , 2007, Treatment of organic waste using thermal plasma pyrolysis technology, 1331–1337

www.SID.ir