



ارائه شده توسط:

سایت ترجمه فا

مرجع جدیدترین مقالات ترجمه شده

از نشریات معتبر

## احتراق لجن فاضلاب و پودر زغال سنگ

### چکیده

این تکنولوژی به منظور تسهیل دفع لجن فاضلاب مایع با حداقل مصرف انرژی برای خشک کردن اولیه قبل از سوزاندن در کوره پیشنهاد شده است. امکان استفاده از یک دیگ بخار صنعتی از نظر تجربی مورد مطالعه قرار گرفت. دکل-آزمون تجربی در Technion (موسسه تکنولوژی اسرائیل) توسعه داده شد و مفهوم پیشنهادی با موفقیت به نمایش گذاشته شد. لجن فاضلاب از کارخانه های فاضلاب شهری با رطوبت حدود 95-99٪ همراه با زغال سنگ ساییده شده و سوخت سبک مایع در نسبت های مختلف سوزانده شد. احتراق همزمان لجن فاضلاب منجر به کاهش درجه حرارت ناچیز درون کوره می شود و قادر به ارائه احتراق پایدار با خروجی های NOx و CO کم است.

**کلمات شاخص:** جزء، قالب بندی، لجن فاضلاب، مایع، سوزاندن.

### 1. مقدمه

هدف مطالعه حاضر، سوزاندن لجن فاضلاب مایع زباله توسط سوزاندن در کوره بدون خشک شدن مقدماتی است و این کار مستلزم مصرف انرژی اضافی [1]، [2] است.

با توجه به برآورد منابع صنعت جهان، بازار سالانه ایالات متحده آمریکا و اروپا برای خدمات زیست محیطی لجن بیش از 16 میلیون تن لجن فاضلاب (توده خشک) [3] است. انتظار می رود این بازار به صورت موازی با تصفیه خانه فاضلاب و افزایش استفاده مجدد رشد نماید. به تازگی، مقدار فاضلاب پردازش شده در تصفیه خانه های فاضلاب (STP) سالانه تا حدود 3 درصد افزایش می یابد [4]. بسیاری از این تصفیه خانه ها دارای تصفیه بیولوژیکی هستند. با توجه به پیش نیاز به حداقل رساندن تاثیر آلودگی محیط زیست، دفع لجن فاضلاب از تصفیه خانه فاضلاب شهری به یک مسئله مهم تبدیل شده است. از آنجا که پر کردن-زمین با توجه به نقطه نظر زیست محیطی، یک راه حل مناسب نیست، ثابت شده است که یک فرایند عملیات حرارتی مناسب ترین راه حل است. احتراق لجن فاضلاب مخلوط شده با زغال سنگ، در یک سیستم زباله سوز معمولی، یک جایگزین جذاب است که جبران نسبی برای هزینه دفع لجن و تولید انرژی همزمان را فراهم می کند.

احتراق لجن، یک ادغام از چندین مزیت است که نمی توان در سایر تصفیه های جایگزین یافت نمود. در میان این مزایا، یک کاهش بسیار قابل ملاحظه در حجم (به خاکستر) و کاهش هزینه فرایند لجن وجود دارد. خاکستر خشک حاصل، 10٪ از حجم اولیه را در بر می گیرد و عاری از ترکیبات آلی سمی است که سوخته می شوند [5]. علاوه بر این، ارزش گرمایی لجن خشک متناظر با ارزش گرمایی زغال سنگ قهوه ای است و می توان آن را از طریق [6] احتراق بهبود بخشید.

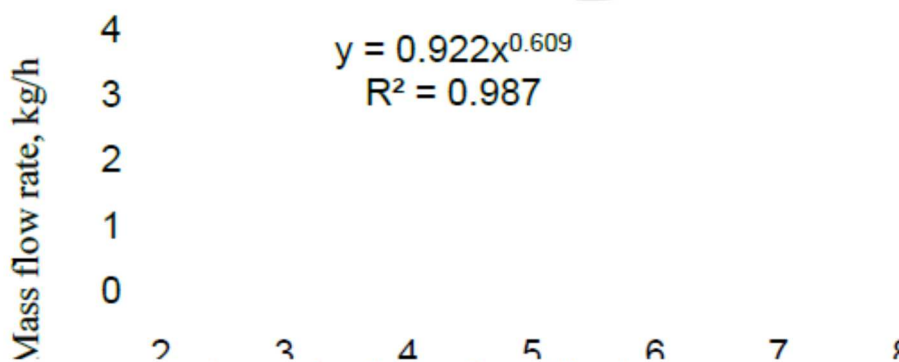
در چند سال گذشته، احتراق همزمان سوخت های زیستی همراه با با زغال سنگ و دیگر سوخت های فسیلی در تاسیسات، استفاده از ضایعات چوب و دیگر اشکال جامد زیست توده برای افزایش ظرفیت نیروگاه های تولید توان [7] - [11] علاقه ها را به خود جلب نموده است. در ابتدا، احتراق همزمان به عنوان یک وسیله برای کاهش انتشار گازهای گلخانه ای از عملیات های تولید انرژی فسیلی محسوب در می شه است. ثابت شده است که سوزاندن - همزمان زیست توده با زغال سنگ، ارزان ترین روش برای تولید برق سبز در یک کارخانه تاسیساتی است [7]، [12] - [17]. همچنین از نقطه نظر چشم انداز اقتصادی، احتراق مشترک لجن و زغال سنگ در نیروگاهها می تواند یک گزینه جذاب باشد، زیرا استفاده از زیرساخت های موجود را میسر می سازد که قبلاً با دستگاه های مناسب برای کنترل انتشار گازی دودکش [18] مجهز شده اند. علاوه بر این، در آینده نزدیک، مقررات جدید، رویه دفع واقعی لجن فاضلاب شهری را محدود خواهند کرد. بر اساس حفاظت از خاک و آبهای زیرزمینی، الزامات راسختر باید با توجه به سطح آلودگی لجن فاضلاب برآورده شوند که استفاده از آن به عنوان کود [19] را محدود می سازد. در مطالعه حاضر، لجن فاضلاب مایع در یک کوره بدون خشک شدن اولیه و احتراق همزمان آن با سوخت سبک سوزانده شد و زغال سنگ ساییده شده در شرایط آزمایشگاهی بررسی شده است. تازگی پژوهش حاضر، در دسترس بودن سوزاندن همزمان لجن مایع با سایر سوخت هاست که هنوز مشخص نشده است.

## II. روش ها

قطار تامین پودر ذغال سنگ شامل شامل یک گرم کن هوا که در آن هوای فشرده تا 70 درجه گرم می شود، ماده انتقال پمپ خلاء DF1-3 (شرکت Vaccon، ایالات متحده) و یک مخزن پودر ذغال سنگ می شود. با توجه به

فشار کم داخلی دفع کننده، که توسط هوای فشرده ایجاد می شود، پمپ، پودر ذغال سنگ را از یک سیلوی ذغال سنگ ایجاد می شود. پس از آن پودر ذغال سنگ / مخلوط هوا به مشعل تحویل داده می شوند. کیفیت عملیاتی دکل آزمون توسط اندازه گیری های بازده دیگ بخار مورد آزمایش قرار گرفت. بازده دیگ بخار با توجه به روش غیر مستقیم ASME PTC-4 محاسبه شد. اندازه گیری های دمای محصولات احتراق در خروجی که بیش از 200 درجه بود و دبی های توده ای زغال سنگ، سوخت مایع و هوا، محاسبه بازده دیگ بخار را میسر نمودند. این برابر با 89.9٪ بود (بر اساس مقدار حرارت پایین - LHV)

برای انتقال یکنواخت از سوخت سبک به عملیات زغال سنگ ساییده، امکان کاهش تدریجی دبی های سوخت سبک مورد مطالعه قرار گرفت. برای این آزمایش، کنترل اتوماتیک عملیات دیگ بخار خاموش شده است و یک کنترل دستی دبی سوخت سبک انجام شد. نتایج، سوختن ثابت و کیفیت رضایت بخش پاشش سوخت نشان داد. سوزاندن ثابت در محدوده فشار ورودی 2-10 بار برای نازل سوخت ورودی و دبی جرمی 1.5-3.4 کیلوگرم / ساعت مشاهده شد. نتایج کالیبراسیون در شکل 1 نشان داده شده است.

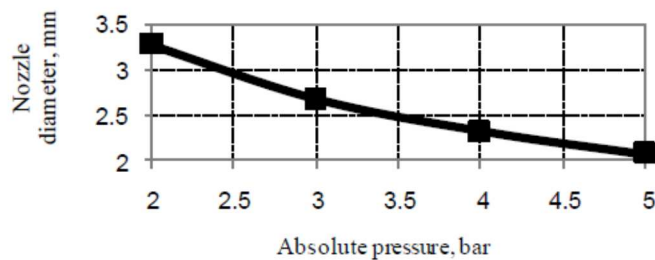


شکل 1. کالیبراسیون اتمایزر صنعتی

شکل 2، نتایج محاسبه فشار پمپ لجن فاضلاب به ازای قطر نازل را در هوای کاری برای یک دبی لجن فاضلاب معین 2G/S نشان می دهد. می توان دید که قطر کوچکتر نازل برای فشار افزایش یافته مورد نیاز است. توجه به این مورد مهم است که دبی جرمی هوا با افزایش فشار، بیشتر کاهش می یابد. برای مثال، وقتی مساحت سطح مقطع نازل هوا با ضریب 3 کاهش می یابد، فشار مورد نیاز، 2.5 برابر افزایش می یابد. توضیحش این است که در حالی که

سرعت هوا با فشار افزایش می یابد، اثر مکش پمپ را ارتقا می دهد و دبی هوای کمتری برای رسیدن به همان دبی جرمی لجن فاضلاب مورد نیاز است.

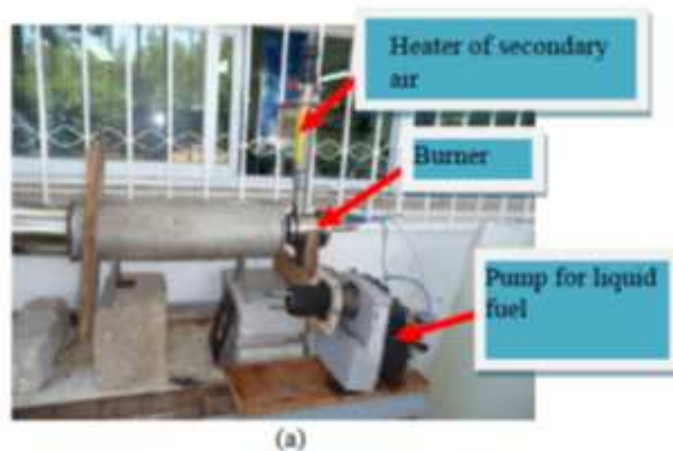
اندازه گیری های مقدماتی کسر جامد لجن فاضلاب نشان داد که جرم خشک در حدود 1٪ است. با توجه به این غلظت کم جرم، تصمیم گرفته شد تا از یک اسپری رنگ صنعتی برای تامین لجن استفاده شود. آزمایشات با این دستگاه نشان داد که این دستگاه قادر به ارائه کیفیت خوب اسپری لجن فاضلاب است.



شکل 2. قطر نازل در هوای کاری و اثر فشار روی پمپ انتقال لجن فاضلاب

### A. دکل آزمون باز

به منظور پیگیری دقیق فرایند سوزاندن، سیستم روی دکل-آزمون ویژه "باز" (شکل 3) نصب شد. باز دکل-آزمون باز برای مشاهده مستقیم بصری و اندازه گیری ها در طول آزمون های "سرد" و "گرم" طراحی و تولید شد. دکل آزمون دارای قطعات شفاف است و تمام مراحل سوزش مثل احتراق، تشکیل اسپری مایع و توزیع زغال سنگ به طور مستقیم قابل مشاهده است. شکل 3a، یک نمای کلی از دکل-آزمون تجربی را نشان می دهد. فرایند سوزاندن با حداقل دبی جرمی سوخت مایع، احتراق ثابت را میسر می سازد که در شکل 3b نشان داده شده است.





(b)

شکل 3. دکل-آزمون "باز" (الف) نمای کلی؛ (ب) آزمایش با حداقل دبی جرمی سوخت مایع که احتراق باثبات را

فراهم می کند.

مشعل ترکیبی، تامین سوخت سبک (مایع) و پودر ذغال سنگ را تامین می کند. سوخت سبک به یک اتمایزر چرخشی حمل می شود که به محور مشعل نصب شده است. انگیزه (نفت) سوخت مایع، تامین پایه ای برای سوختن است: با توجه به تلفات حرارتی بالا تحت شرایط عملیات خاص، مقدار مشخصی از سوخت مایع باید در دسترس نگه داشته شود. در عمل دیگ بخار تمام مقیاس، این مشکل وجود ندارد زیرا تلفات حرارتی نسبی داخل کوره به میزان قابل توجهی پایین تر هستند. پودر ذغال سنگ و مخلوط هوای اولیه از طریق 10 نازل با قطر 5 میلی متر واقع در داخل مشعل تحویل داده می شوند. بخش هوای ثانویه برای سوزاندن ذغال سنگ، از طریق چرخاننده حلقوی تغذیه می شود و منطقه چرخش دوباره ای را تشکیل می دهد که سوزاندن پایدار را فراهم می کند.

سیستم استاندارد مشعل Cuenod NC6 برای عرضه سوخت سبک استفاده شد. سیستم کنترل استاندارد اصلاح شده است و کنترل و تغییر دبی سوخت سبک توسط شیر کنترل فشار کنارگذر فراهم شد. آزمون ها با دکل آزمون باز، منجر به نتایج زیر شد:

(1) حداقل دبی جرم سوخت سبک برای سوزاندن پایدار  $0.12-0.15 \text{ g/s}$  بود و افت فشار اتمایزر برابر با 0.2 -

0.3 بار است، اما کیفیت اسپری برای این مورد بسیار ضعیف بود (جریان های سوخت سبک به صورت جت مایع

بدون تشکیل قطرات). دبی جرمی هوا،  $8\text{g/s}$  بود. یک مخروط اسپری برای یک اختلاف فشار بیشتر از 3 بار تشکیل شد (دبی جرمی سوخت  $0.54\text{g/s}$  بود).

(2) گرمایش هوا تا حدود 200-250، ثبات سوختن را بهبود می بخشد. حداقل افت فشار اتمایزر با سوخت سبک برابر با 0.5 بار بود.

(3) سوزاندن ترکیبی زغال سنگ-سوخت سبک نشان داده شد.

(4) زغال سنگ، بدون پشتیبانی سوخت سبک، نسوخت. یک سوزش پایدار برای یک دبی جرمی زغال سنگ  $0.8-1.3\text{g/s}$  مشاهده شد که به فشار هوای پمپ خلاء برابر با 2.2-2.4 بار نیاز دارد.

### B. دکل آزمون آزمایشگاهی (LTR)

پس از دکل-آزمون باز، دکل آزمون آزمایشگاهی برای برای احتراق ذغال سنگ و لجن فاضلاب، توسط Technion طراحی، ساخت و نشان داده شد. اجزای اصلی دکل آزمون آزمایشگاهی و دستگاه های اصلی برای تامین سوخت ترکیبی در شکل 4b نشان داده شده است.

Boiler Logano G215 در مجموعه LTR استفاده شد. در درجه اول دیگ بخار فقط با سوخت سبک مورد آزمایش قرار گرفت. یک عملیات دیگ بخار پایدار به دست آمد. دبی جرمی سوخت در محدوده 3.7-4.1 کیلوگرم / ساعت بود که با داده های سازنده سازگار بود. پمپ خلاء انتقال ماده DF1-3 برای تامین زغال سنگ ساییده استفاده شد.



(a)



(ب)

شکل. 4. دکل آزمون آزمایشگاه. (الف) طراحی کلی (سمت چپ: برد کنترل و اندازه گیری، سمت راست: دیگ بخار)؛

(ب) دستگاه ها برای تامین سوخت ترکیبی (سمت چپ: تغذیه کننده لجن فاضلاب، تامین هوا و زغال سنگ

ساییده).

نظم تغییر از سوخت مایع به زغال سنگ ساییده، به شرح زیر انجام شد:

1) دیگ بخار زمان کوتاه عامل با سوخت مایع (گرمایش دیگ بخار)؛

2) ذغال سنگ ساییده زمان کوتاه تحویل داده شده با سوخت مایع؛

3) دبی سوخت مایع کاهش می یابد و دیگ بخار با زغال سنگ ساییده با حداقل حمایت از سوخت مایع عمل می

TarjomeFa.Com

کند.

LTR شامل سیستم های زیر می شود:

(الف) دیگ بخار.

(ب) مشعل ترکیبی (سوخت مایع / ذغال سنگ)؛

(ج) خط لوله برای تامین سوخت مایع؛

(د) خط لوله برای تامین پودر ذغال سنگ (خط 1)؛

(ه) خط لوله برای تامین لجن فاضلاب (خط 2)؛



دو گرم کن الکتریکی در 6.5 و 0.45 کیلو وات، حرارت هوای 300 درجه را برای گرداننده مشعل و 70 درجه سانتیگراد را برای تحویل زغال سنگ ساییده فراهم می کند. هوا در 300 درجه سانتیگراد به دو جریان با توجه به الزامات عملیات LTR تقسیم می شود. یک خط لوله، پودر زغال سنگ را فراهم می کند و خط لوله دوم، لجن فاضلاب را فراهم می کند. برای تحویل پودر ذغال سنگ و لجن فاضلاب به دیگ بخار، دو دستگاه جت نصب شد. هوا برای بهبود شرایط احتراق و سوزاندن پودر زغال سنگ گرم می شود.

### C. روش آزمون

هدف از این آزمایش ها، سوزاندن مخلوط سوخت زغال سنگ-سبک با قدرت حرارت کلی حدود 40 کیلو وات به عنوان استاندارد بود. دبی جرمی لجن حلال لجن باید نزدیک به جرم کلی میزان جریان سوخت باشد. رابطه بین سوخت سبک و زغال سنگ حدود 30:70٪ برای حمایت از احتراق است. با ارائه این شرایط، مشخص شد که دبی جرمی سوخت سبک باید با  $0.3 - 0.4 \text{ g/s}$  و یک دبی جرمی زغال سنگ در حدود  $1.1-1.2 \text{ g/s}$  برابر باشد. دبی جرمی لجن فاضلاب،  $1.2-1.5 \text{ g/s}$  بود. تحت این شرایط، قدرت حرارتی دیگ بخار و پارامترهای هوا محاسبه شد.

TarjomeFa.Com

مقادیر توان حرارتی P برابرست با:

$$P = 0.3 \cdot 10^{-3} \cdot 42350 + 1.1 \cdot 10^{-3} \cdot 25270 = 40.5 \text{ kW}$$

برای ماکزیمم سوخت سبک و دبی های جرمی زغال سنگ:

$$P_{\max} = 0.4 \cdot 10^{-3} \cdot 42350 + 1.2 \cdot 10^{-3} \cdot 25270 = 47.3 \text{ kW}$$

دبی جرمی هوای مورد نیاز برای ضریب معین هوای اضافی  $\alpha = 1.2$  (برابرست با  $\alpha$ )

$$m_{\text{air}} = \alpha(m_{l.f} \cdot 14.7 \cdot 42350 + m_c \cdot 9.43)$$

برای مقادیر نامی به دست آمده در هر دو سوخت:

$$m_{air} = 1.2 \cdot (0.3 \cdot 14.7 + 1.1 \cdot 9.43) = 17.8 \text{ g/s}$$

اندازه گیری های دبی های جرمی هوا و سوخت و حمل و نقل لجن حاصل به شرح زیر است: هوای حمل و نقل ذغال

سنگ  $1 \text{ g/s}$  ، هوای بیرون آمده  $1 \text{ g/s}$  (مورد نیاز برای افزایش سرعت در لوله حمل و نقل)، اسپری لجن  
فاضلاب -  $1 \text{ g/s}$

بنابراین، دبی جرمی هوای اصلی  $17.8 - 3 = 14.8 \text{ g/s}$  است

راه اندازی عملیات LTR:

1) دبی جرمی هوای اصلی را برابر با  $7-8 \text{ g/s}$  تنظیم نمایید.

2) فشار سوخت سبک را برابر با 10 بار تنظیم نمایید.

3) سوخت سبک را توسط جرعه زن گاز محترقه نمایید. بعد از احتراق، دبی جرمی هوا را تا  $18 \text{ g/s}$  افزایش دهید و یک بخاری از هوای اصلی را روشن نمایید. حداکثر درجه حرارت حجم کوره باید برابر با حدود 1000 درجه باشد.

4) حجم کوره را حرارت دهید به طوری که به درجه حرارت آب حدود 55-600 C برسد. این دما توسط ترموکوپل لوگومتریک تثبیت می شود.

5) دبی جرمی هوای اصلی را تا  $29 \text{ g/s}$  افزایش دهید.

6) پودر زغال سنگ را به حجم کوره تحویل دهید و فشار سوخت سبک را تا 4 بار کاهش دهید. کرونومتر را همراه با تامین پودر ذغال سنگ روشن کنید.

7) خط کنارگذر را باز کنید و دبی جرم هوای اصلی را تا  $19 \text{ g/s}$  کاهش دهید.

8) دبی جرمی سوخت سبک را تا  $0.3 \text{ g/s}$  کاهش دهید. این متناظر با فشار هوای ورودی 1.4 بار است.

LTR با 7 ترموکوپل نوع K واقع در چند نقطه از دیگ بخار مجهز شد. دبی های جرمی هوای ورودی توسط رئومترها مجهز شد. دبی جرمی سوخت سبک با توجه به خوانش فشار سنج تعریف شد و از طریق چارت کالیبراسیون، شکل

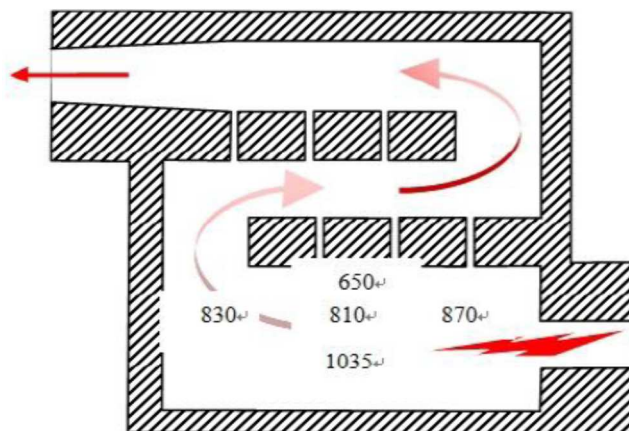
1 محاسبه شد. دبی جرمی زغال سنگ به صورت تفاوت وزن مخزن زغال سنگ قبل و بعد از آزمون و مدت زمان

آزمون مشخص می شود که توسط کرومومتر اندازه گیری شد. نسبت هم ارزی با توجه به محتوای اکسیژن محصولات سوزاندن محاسبه شد. این مقدار توسط دبی های جرم ورودی سوخت و هوا چک می شود. محتوای سوختن محصول توسط تحلیلگر گازی Biosystem PHD6 اندازه گیری شد. اندازه گیری های محتوای گازهای NOx، CO- (اصلاح شده تا 3٪ از O2) برای سوخت سبک، زغال سنگ (تصحیح شده تا 6 درصد از O2) با سوخت سبک حمایت شده و فرآیندهای سوزاندن لجن فاضلاب صورت گرفت.

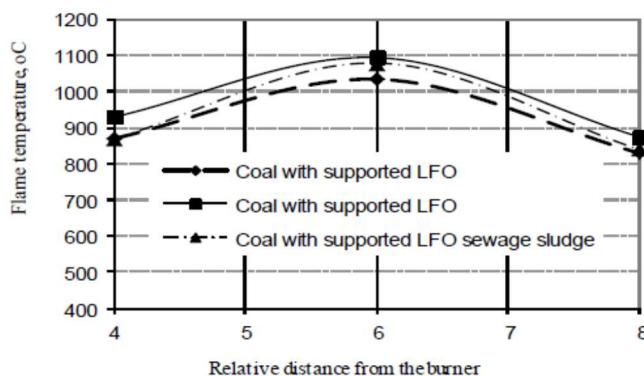
### III. نتایج و بررسی

توزیع دماهای شعله در محفظه احتراق در شکل 5 نشان داده شده است. توزیع دمای شعله از طریق طول شعله در شکل 6 نشان داده شده است. نقطه بهینه برای لجن فاضلاب با تحویل هوای اضافی، واقع در فاصله 2.5 از قطر مشعل زغال سنگ مشخص شد. همانطور که می توان از داده های تجربی دید، احتراق فاضلاب تقریباً بر درجه حرارت ثابت و شعله، از جمله شرایطی که در آن احتراق در کوره با تلفات حرارتی بالا برای دیواره کوره رخ می دهد، تاثیر نمی گذارد. حداکثر درجه حرارت برای نسبت هوای بیش از 1.1-1.2 به دست آمد.

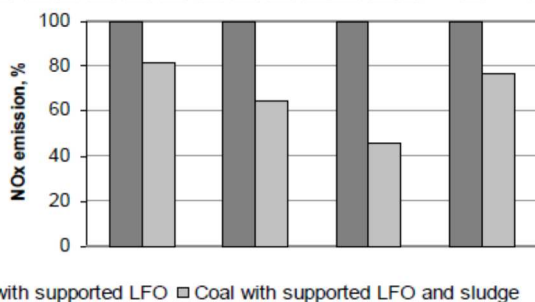
نتایج سوزاندن به طور همزمان سوخت ترکیبی (روغن سوخت سبک (LFO) + ذغال سنگ + لجن فاضلاب) نشان داد که اثر تغذیه لجن بر دمای سوزاندن بسیار نزدیک به مقادیری است در طول آزمایشات سوخت سبک به دست آمد. کسر زغال سنگ حداکثر در ترکیب با سوخت سبک / زغال سنگ، با 63٪ برابر بود. علل احتمالی این نتیجه، حذف حرارت بالای ارتقایافته توسط آب گرمکن، درجه حرارت پایین خروجی زغال سنگ مشعل و درجه حرارت نسبتاً پایین حمل و نقل هوایی برای برای ذغال سنگ (مشکلات با کنترل فشار و مکش هوا) بود.



شکل 5. دما در محفظه احتراق. زغال سنگ پشتیبانی شده با LFO و لجن فاضلاب.



شکل 6. توزیع دمای شعله در گستره شعله.



شکل 7. نتایج اندازه گیری های NOx.

اندازه گیری های NOx برای احتراق زغال سنگ با سوخت سبک حمایت شده و لجن فاضلاب در شکل 7 نشان داده شده است. همانطور که دیده می شود، اضافه نمودن لجن فاضلاب، آلاینده NOx را در 19-55٪ کاهش می دهد. دلیل این پدیده مشاهده شده، طراحی سیستم احتراق است که احتراق مرحله بندی شده برای فرایند سوختن

لجن و سوخت/زغال سنگ سبک فراهم می کند. همچنین اضافه نمودن آب که در لجن فاضلاب موجود است منجر به کاهش NOx می شود. بنابراین این مفهوم توسعه یافته، سوزاندن زغال سنگ و مخلوط لجن فاضلاب را میسر می سازد و در همان زمان تشکیل NOx را کاهش می دهد.

مقایسه نتایج انتشار CO نشان می دهد که مقدار CO به  $250 \text{ mg/m}^3$  رسیده است. علت افزایش CO در مقایسه با کوره های معمولی اینست که ابعاد کوره آزمایش متناظر با احتراق سوخت سبک است و متناسب با احتراق ذغال سنگ نیست. علاوه بر این، با توجه به تلفات حرارتی بالا در کوره، دمای شعله به اندازه واحدهای احتراق زغال سنگ معمولی کم است (تا حدود 1400-1500 درجه سانتیگراد). این نشان می دهد که سوزاندن سوخت سبک و لجن فاضلاب به صورت امولسیون حتی در یک دیگ بخار معمولی ممکن است. با توجه به انتشار NOx و حذف CO، نتایج ما موافق با آزمایشات سوزاندن لجن آب خشک است که در آلمان [19] انجام شده است.

#### IV. نتیجه گیری

لجن فاضلاب با هوای اضافی توسط اسپری صنعتی تا یک نقطه واقع در فاصله 2.5 از قطر مشعل زغال سنگ تحویل داده شد. این جایگشت، احتراق پایدار زغال سنگ در منطقه شعله اولیه را بدون تأثیر بر لجن فاضلاب در زمان سوختن زغال سنگ فراهم می کند. در همان زمان، کسری از هوای ثانویه با لجن فاضلاب تغذیه شد و قادر به ارائه احتراق مرحله بندی شده است. در نتیجه، حذف های NOx تا 20-55٪ کاهش یافت که وابسته به کسر ذغال سنگ است. انتشار CO در احتراق نفت سوخت سبک ناچیز بود. سوزاندن زغال سنگ منجر به افزایش محتوای CO می شود. دلیل اصلی این پدیده این است که دیگ بخار مورد استفاده در LTR برای احتراق LFO طراحی شده است؛ بنابراین بعد کوره برای ارائه یک احتراق کامل از زغال سنگ کافی نیست.

آزمایشات انجام شده نشان داد که مفهوم کلی از سیستم احتراق توسعه یافته برای سوزاندن همزمان از لجن زغال سنگ و فاضلاب امکان پذیر است. سوزاندن پایدار در طیف وسیعی از نسبت جرم سوخت / لجن 0.5: 1 ارائه شد. سوزاندن همزمان لجن فاضلاب منجر به کاهش درجه حرارت ناچیز داخل کوره می شود و قادر به ارائه یک احتراق پایدار با انتشار کم گازهای گلخانه ای است.

## REFERENCES

- [1] Y. Zimmels, F. Kirzhner, and G. Borodyanski, "Apparatus and method of burning sewage sludge and generating power thereof," USA Patent, WO2007138592 (A2).
- [2] G. Borodyanski, F. Kirzhner, and Y. Zimmels, "Methods and system for treating sewage sludge," USA Patent, Filled WO 2011024177 (A1).
- [3] H. Tarchevski, "Standards for using sewage sludge in Israel and in the world," *Water and Irrigation*, vol. 475, pp. 14-19, 2006.
- [4] J. Nadziakiewicz and M. Kozio, "Co-combustion of sludge with coal," *Applied Energy*, vol. 75, no. 3-4, pp. 239-248, 2003.
- [5] P. A. Vesilind and T. B. Ramsey, "Effect of drying temperature on fuel value of wastewater sludge," *Wastewater Management and Research*, vol. 14, pp. 189-196, 1992.
- [6] R. R mer, "Thermal treatment of sewage sludge-combustion, drying energy recovery, emissions," *Kl rschlamm Entsorgung I, Daten-Dioxine, Entw sserung, Verwertung*, VDI GbmH, pp. 250-271, 1991.
- [7] J. M. Ekmann, J. C. Winslow, S. M. Smouse, and M. Ramezan, "International survey of co-firing coal with biomass and other wastes," *Fuel Processing Technology*, vol. 54, pp. 71-88, 1998.
- [8] N. S. Harding and B. R. Adams, "Biomass as a reburning fuel - a specialized co-firing application," *Biomass Bioenergy*, vol. 19, pp. 29-45, 2000.
- [9] A. B. Ross, J. M. Jones, S. Chaiklangmuang, M. Pourkashanian, A. Williams, K. Kubica, and J. T. Andersson *et al.*, "Measurement and prediction of the emission pollutants from the combustion of coal and biomass in a fixed bed furnace," *Fuel*, vol. 81, pp. 571-582, 2002.
- [10] M. Sami, K. Annamalai, and M. Wooldridge, "Co-firing of coal and biomass fuel blends," *Progress in Energy and Combustion Science*, vol. 27, pp. 171-214, 2001.
- [11] G. Skodras, P. Grammelis, P. Samaras, P. Vourliotis, E. Kakaras, and G. P. Sakellariopoulos, "Emission monitoring during coal waste wood co combustion in an industrial steam boiler," *Fuel*, vol. 81, pp. 547-554, 2002.
- [12] J. J. Battista, E. Hughes, and D. A. Tillman, "Biomass co-firing at seaward station," *Biomass Bioenergy*, vol. 19, pp. 419-447, 2000.
- [13] C. Dong, B. Jin, Z. Zhaong, and J. Lan, "Tests on co-firing of coal and MSW in a circulating fluidized bed," *Energy Conversion and Management*, vol. 43, pp. 189-199, 2002.
- [14] E. Hughes and D. A. Tillman, "Biomass co-firing: status and prospects," *Fuel Processing Technology*, vol. 54, pp. 27-42, 1996.
- [15] P. J. Hus and D. A. Tillman, "Co-firing multiple opportunity fuels with coal at Baily generating station," *Biomass Bioenergy*, vol. 19, pp. 385-394, 2000.
- [16] B. Leckner, "Emissions from fluidized bed combustion of biomass," presented at IEA Workshop on FBC of Unconventional Fuels, 1999.
- [17] D. A. Tillman, "Cofiring benefits for coal and biomass," *Biomass Bioenergy*, vol. 19, no. 6, pp. 363-364, 2000.
- [18] D. O. Reimann, "Process for sewage sludge disposal," *Umwelt Bd.*, vol. 25, no. 5-6, pp. 238-241, 1995.
- [19] B. Roper and F. J. Kipshagen, "Operation experience with sewage sludge and waste wood co-combustion in the Berrenrath power plant," *VGB PowerTech*, vol. 8, pp. 60-64, 2003.



[tarjomeFa.Com](http://tarjomeFa.Com)

برای خرید فرمت ورد این ترجمه، بدون واتر مارک، اینجا کلیک نمایید.



این مقاله، از سری مقالات ترجمه شده رایگان سایت ترجمه فا میباشد که با فرمت PDF در اختیار شما عزیزان قرار گرفته است. در صورت تمایل میتوانید با کلیک بر روی دکمه های زیر از سایر مقالات نیز استفاده نمایید:

لیست مقالات ترجمه شده ✓

لیست مقالات ترجمه شده رایگان ✓

لیست جدیدترین مقالات انگلیسی ISI ✓

سایت ترجمه فا ؛ مرجع جدیدترین مقالات ترجمه شده از نشریات معتبر خارجی