

روش شناسی تعیین میزان جرم زنده و پودر کربن فعال در واحد هوادهی فرآیند PACT

دکتر نعمت اله جعفرزاده حقیقی^۱، دکتر علیرضا مصداقی نیا^۱، دکتر سیمین ناصری^۱، دکتر محمود شریعت^۱، دکتر اشرف السادات مصباح^۱

واژه های کلیدی: تکنولوژی پودر کربن فعال، فرایند لجن فعال، جرم زنده، افروزش جزیره جزیره

چکیده

در این پژوهش با استفاده از دو راکتور در مقیاس پیلوت و کاربرد فرایند تصفیه لجن فعال (AS) و فرایند ترکیبی استفاده از پودر کربن فعال در واحد هوادهی لجن فعال (PACT)، ضمن بررسی کارایی حذف بار آلی محلول در فاضلاب ساخته شده با مونواتیلن گلیکول به عنوان منبع کربن مورد نیاز باکتری ها، تغییرات میزان پودر کربن فعال و جرم زنده در هر یک از دو راکتور و در مخلوط ساخته شده مورد مطالعه قرار گرفت.

بررسی انجام شده نشان داد که استفاده از روش افروزش جزیره جزء جهت تعیین درصد فراریت پودر کربن فعال و جرم زنده در دماهای مختلف و محاسبه نسبت درصد فراریت در دو دمای ۳۵۰ و ۵۵۰ درجه سانتی گراد در زمان های ۳۰ و ۱۲۰ دقیقه می تواند با دقت قابل قبولی برای اندازه گیری مقادیر آنها در مقیاس آزمایشگاهی و پیلوت به کار رود. همچنین مقایسه یافته های بدست آمده در این مطالعه با یافته های دیگر نشان دهنده عدم تفاوت معنی دار آماری می باشد. براساس یافته های این پژوهش و با کاربرد معادلات ارائه شده می توان از طریق وارد کردن معادلات در یک نرم افزار محاسباتی و به شرط داشتن نسبت فراریت در دو دمای ۴۰۰ و ۵۵۰ و یا ۳۵۰ و ۵۵۰ درجه سانتی گراد مقدار جرم زنده و پودر کربن فعال موجود را در شرایط مختلف به دست آورد. این پژوهش همچنین نشان داد که برای تعیین سن لجن نیازی به اندازه گیری مقدار جرم زنده نمی باشد و با اندازه گیری کل جامدات معلق و کاربرد معادلات به دست آمده می توان زمان ماند جامدات و میزان لجن دفعی را محاسبه نمود.

سرآغاز

هرچند از اوایل دهه ۱۹۳۰ کاربرد پودر کربن فعال در انعقاد و لخته سازی جامدات، هضم بی هوازی، افزایش فشردگی و ساده سازی آبگیری لجن به ویژه در زمان افزایش بار هیدرولیکی

۱- گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت وانسنتو تحقیقات بهداشتی، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی تهران، صندوق پستی ۶۴۴۶ - ۱۴۱۵۵، تهران، ایران

سیستم های تصفیه زیستی فاضلاب مرسوم گردیده است (۱۲). اما استفاده از آن در محدوده واحد هوادهی سیستم لجن فعال برای تصفیه فاضلاب صنایع شیمیایی، رنگ، ترکیبات آلی دیر تجزیه شونده و مواد بازدارنده رشد میکربی از اوایل دهه ۱۹۷۰ آغاز شد و تجربیات انجام شده در مقیاس آزمایشگاهی و واقعی نشان داد که از جنبه فنی و اقتصادی، این روش افزون بر بهبود بازدهی حذف مواد آلی و معدنی، موجب افزایش کارایی و تسهیل عملیات بهره برداری و نگهداری سیستم های تصفیه فاضلاب صنایع نفت پتروشیمی، شیمیایی و فلزی می گردد (۹).

برای تعیین میزان جرم توده زنده در واحد هوادهی، برقراری موازنه جرم پایدار در یک سیستم اختلاط کامل با جریان ورود پیوسته پودر کربن فعال، نشان می دهد که میزان $MLSS$ تابعی از میزان پودر کربن فعال (PAC) ورودی و SRT می باشد. بنابراین با استفاده از موازنه جرم و به کمک دو رابطه زیر می توان میزان $MLBSS$ و $MLCSS$ را به دست آورد (۳).

$$MLCSS = C_0 \text{ SRT/HRT}$$

$$MLBSS = MLSS - MLCSS$$

متأسفانه کاربرد روابط ۱ و ۲ به دلیل عدم وجود شرایط پایدار ناشی از تغییرات میزان جریان و ترکیب فاضلاب در اکثر مواقع کارساز نبوده، از سوی دیگر چون کربن فعال در $55^{\circ}C$ فرار است، بنابراین امکان اندازه گیری مستقل آن نیز وجود ندارد (۸،۷).

به منظور حل این مشکل دو روش نسبتاً ساده برای اندازه گیری میزان جرمی توده زنده و کربن فعال در مایع مخلوط واحد هوادهی ارائه گردیده است. روش اول به نام افروزش جزءبجزء^۱ به وسیله شرکت زیمنرو در اوایل دهه ۱۹۷۰ ارائه شد و سپس در سال های ۱۹۷۳ و ۱۹۸۳ به وسیله بورانت^۲ و آربوکل^۳ توسعه یافت. اساس کار در این روش حرارت دادن کل مواد معلق مایع مخلوط در چندین دما برای فرار ساختن درصدهایی از مواد آلی و کربن فعال می باشد. با معلوم بودن درصدهای فوق و با کاربرد رابطه زیر می توان میزان پودر کربن فعال و جرم زنده را به دست آورد.

$$a_1^4 (MLBSS) + b_1^4 (MLCSS) = MLVSS_1 \quad (3)$$

1- $MLSS$: مجموع مواد معلق در مایع مخلوط واحد هوادهی

2- Powdered Activated Carbon; پودر کربن فعال

3- SRT : زمان ماند جامدات

4- $MLBSS$: غلظت جرم زنده در مایع مخلوط واحد هوادهی

5- $MLCSS$: غلظت پودرکربن فعال در مایع مخلوط واحد هوادهی

6- Differentiated Ignatition

7- Burant

8- Arbuckle

9- a_1 (a_{250} , a_{550}): نسبتی از جرم زنده که در دمای ۱ فرار می شود

10- b_1 (b_{250} , b_{550}): نسبتی از پودر کربن فعال که در دمای ۱ فرار می شود

روش دوم به نام هضم در اسید نیتریک^۱ مشابهت زیادی با روش افروزش جزء به جزء دارد. با این تفاوت که در ابتدای آزمایش کل مواد معلق در اسید نیتریک هضم شده و با افزایش دما تا میزان معین درصد فراریت هریک از مواد مشخص می گردد و با کاربرد روابط ۲ و ۴ میزان پودر کرین فعال و جرم توده زنده مایع مخلوط تعیین می شوند.

$$MLC_{SS} = \frac{MLVSS_t' - a_t (MLSS)}{b_t - a_t} \quad (4)$$

مقادیر a_t و b_t با مطالعات آزمایشگاهی و پاپلونی در دمای $400^{\circ}C$ با استفاده از روش افروزش جزئی برابر با $0/54$ و $0/07$ به دست آمده و با کاربرد روش هضم اسید نیتریک نیز به ترتیب معادل $0/9$ و $0/05$ تعیین شده است (۱۰).

در رابطه ۴ چنانچه مقادیر اندازه گیری شده a_t و b_t مساوی باشند، اصولاً اندازه گیری و تعیین مقدار جرم توده زنده و پودر کرین فعال غیرممکن خواهد شد و در صورت نزدیک بودن جواب ها، حاصل عبارت $b_t - a_t$ بسیار کوچک شده و کمترین اشتباه در تعیین مقدار هریک از آنها باعث بروز اشتباه بزرگی در محاسبه میزان MLC_{SS} خواهد شد. برای حل این مشکل پژوهشگران حل چهار معادله و پنج مجهول زیر را با استفاده از روابط ۱ تا ۵ به شرح زیر پیشنهاد نمودند (۸،۷،۲).

$$MLB_{SS} + MLC_{SS} = MLSS \quad (5)$$

$$a_{400} (MLB_{SS}) + b_{400} (MLC_{SS}) = MLVSS_{400} \quad (6)$$

$$a_{550} (MLB_{SS}) + b_{550} (MLC_{SS}) = MLVSS_{550} \quad (7)$$

$$a_{400} = f(a_{550}) \quad (8)$$

چنانچه بتوان میزان f را ثابت فرض نموده یا مقدار آن را از تجربیات قبلی به دست آورد و یا با انجام مطالعات آزمایشگاهی آن را تعیین کرد. بدون نیاز به اندازه گیری مقدار a_t ، معادلات حل شده و مقادیر MLB_{SS} و MLC_{SS} به دست می آیند. مقدار f در مطالعات دیگر پژوهشگران به ترتیب $0/63$ و $0/92$ به دست آمده است (۱۱،۲).

کاربرد پودر کرین فعال در واحد هوازنی سیستم لجن فعال (PACT)^۳ به منظور تصفیه فاضلاب صنایع نفت، پتروشیمی و نساجی در سال های اخیر در ایران نیز مورد توجه قرار گرفته و نتایج به دست آمده از بررسی ها در مقیاس پایلوت نشان دهنده کارایی بسیار مناسب این روش در کاهش بار آلی فاضلاب پالایشگاه های نفت و مقابله با ورود بار ناگهانی مواد بازدارنده رشد میکروبی مانند فنل و فورفورال بوده است (۶،۵). بنابراین هدف از انجام این بررسی تعیین دما و

1- Nitric Acid Digestion

2- غلظت جامدات معلق فرار در دمای t مایع مخلوط واحد هوادهی $MLVSS_t$

3- نسبت جرم زنده فرار در دمای 400 درجه سانتی گراد به دمای 500 درجه سانتی گراد f

4- فن آوری پودرکرین فعال (پک فرآیند ترکیبی از کاربرد پودر کرین فعال در واحد هوادهی سیستم لجن فعال) PACT

و زمان بهینه در روش افروزش جزء به جزء به منظور تعیین میزان پودر کربن فعال و جرم توده زنده و به دست آوردن مقدار f در مقیاس آزمایشگاهی و پایلوت با استفاده از فاضلاب مصنوعی دارای بار آلی معادل ۸۰۰ میلی گرم در لیتر برحسب SCOD^۱ می باشد.

نمونه گیری و روش بررسی

در این مطالعه به منظور تعیین MLBS و MLCSS در مایع مخلوط واحد هوادهی سیستم PACT از دو راکتور هوادهی با حجم مفید ۱۰۰ لیتر و زلال سازهای با حجم مفید ۶۰ لیتر استفاده گردید (نگاره ۱).

پودر کربن فعال مورد استفاده، ساخت ایران و با پایه چوب بوده که پس از دو بار شستشو با آب مقطر بدون یون، به مدت ۱۲ ساعت در دمای 103°C خشک گردیده و پس از سرد شدن مورد استفاده قرار می گرفت. لجن فعال مورد استفاده در شروع مطالعه از یک تصفیه خانه فاضلاب شهری تامین شده و فاضلاب مصنوعی با پایه مونواتیلن گلیکول ساخت مجتمع پتروشیمی اراک با میزان $\text{SCOD} = 800 \text{ mg/l}$ تهیه و در دوره مطالعه استفاده می شد. مواد کمکی برای تامین نیاز باکتری ها شامل نیترات آمونیم، فسفات آمونیم، کربنات سدیم، فسفات مونوسدیک، فسفات مونوپتاس، کلروفریک، کلرورنیزیم و کلروآمونیم با درصدهای لازم به محلول مونواتیلن گلیکول رفیق شده با آب شبکه آشامیدنی تهران اضافه می شد.

برای تعیین میزان فراریت پودر کربن فعال و توده زنده، از روش افروزش جزء به جزء استفاده گردید. ابتدا صافی واتمن GF/C با ۱۰۰ میلی لیتر آب مقطر شستشو داده شده و به مدت ۱۵ دقیقه همراه با بوته چینی در دمای 550°C قرار داده می شد و پس از سرد شدن وزن می گردید، پس از آن ده میلی لیتر نمونه مایع مخلوط از کاغذ صافی عبور داده شده و در 103°C درجه سانتی گراد خشک نموده و با وزن کردن میزان TSS به دست می آمد. سپس نمونه وزن شده در زمان های مابین ۱۵ تا ۱۲۰ دقیقه با فاصله زمانی ۱۵ دقیقه و در دمای ۲۰۰، ۳۰۰، ۳۵۰، ۴۰۰، ۴۵۰ و ۵۵۰ درجه سانتی گراد قرار داده شده و در سه بار تکرار برای هر دما و زمان، میانگین تغییرات وزن در هریک از دماها به دست آمده و میزان فراریت مواد معلق تعیین می شد. تمام عملیات مورد استفاده در تعیین وزن مواد معلق به کمک ماخذ مجموعه روش های استاندارد آزمایش های آب و فاضلاب انجام می شد (۱). با بدست آوردن اختلاف وزن ها در دماهای مختلف و با حل معادلات ۶ تا ۹ در شرایط معلوم بودن مقدار f ، میزان MLCSS و MLBS محاسبه گردیده و نتایج به دست آمده با هم مقایسه می شدند.

مقدار اکسیژن خواهی شیمیایی مواد آلی محلول; SCOD-1

ابزار مورد استفاده در این مطالعه شامل صافی فایبرگلاس واتمن، بوته چینی متخلخل، کوره حرارتی با محدوده ۱۰۰ تا ۷۰۰ درجه سانتی گراد، ترازو با حساسیت 10^{-4} گرم، دسیکاتور و وسایل شیشه ای درجه آزمایشگاهی بودند.

یافته ها

این مطالعه به منظور تعیین بهترین شرایط دما و زمان افروزش در اندازه گیری میزان پودر کربن فعال و توده زنده لجن فعال در دو مرحله آزمایشگاهی و پایلوت انجام شد. برای بدست آوردن دما و زمان بهینه در روش افروزش جزء به جزء در مقیاس آزمایشگاهی از پودر کربن فعال صاف شده و لجن فعال بدست آمده از یک راکتور هوادهی با کاربرد مونواتیلن گلیکول با عنوان منبع کربن استفاده شد. نمودار ۱ نشان دهنده نتایج به دست آمده در دمای بین ۲۰۰ تا ۵۵۰ درجه سانتی گراد و زمان ۰ تا ۱۲۰ دقیقه با فاصله زمانی ۱۵ دقیقه می باشد. طبق این نمودار تغییرات زمان به جز در دمای 400°C تاثیر مشخصی بر میزان فراریت پودر کربن و توده زنده ندارد و بیشترین تفاوت در فراریت بین دو ماده در دمای 300°C مشاهده می گردد. همچنین شترنگ ۱ نشان دهنده نتایج آزمایش با ۳ بار تکرار بر روی ۵ نمونه آماده شده لجن فعال با غلظت پودر کربن فعال ثابت و معادل 2000 mg/l می باشد. نتایج به دست آمده نشان می دهد که مقادیر اندازه گیری شده در نمونه شاهد با مقادیر به دست آمده از محاسبه برای پودر کربن فعال و توده زنده با حدود اعتماد ۹۵٪ دارای تفاوت آماری معنی دار نمی باشند. شترنگ ۲ نسبت بین مقدار پودر کربن فعال و جرم توده زنده در مایع مخلوط و فاضلاب خروجی از دو راکتور هوادهی مورد استفاده برای زمان ماند جامدات محاسبه شده معادل ۱۵ روز همراه با میزان SRT به دست آمده با استفاده از تعیین میزان پودر کربن فعال، میزان جرم زنده و غلظت کل جامدات معلق را نشان می دهد.

گفتگو و بهره گیری پایانی

بررسی یافته ها نشان می دهد که با توجه به آزمایش های انجام شده، روش افروزش جزء به جزء را می توان با دقت قابل قبولی برای تعیین غلظت پودر کربن فعال و جرم توده زنده در نمونه های ساخته شده در مایع مخلوط و خروجی فاضلاب از راکتورهای مقیاس پایلوت، مورد استفاده قرار داد. با توجه به این که مطالعات در مقیاس کوچک و در یک محدوده معین دما و زمان و غلظت ثابت از پودر کربن فعال انجام گردیده، بهتر است مطالعه در غلظت های دیگر از پودر کربن فعال در مقیاس پایلوت یا واحدهای تصفیه واقعی نیز انجام شود.

بر اساس نمودار ۱ می توان دریافت که بهترین دما برای تعیین میزان پودر کربن فعال و جرم توده زنده 350°C می باشد، زیرا در دمای بالاتر از آن (400°C)، تغییرات فراریت کربن فعال و توده زنده به شدت تابع زمان است. این نتیجه با یافته های سال ۱۹۸۷ مطابقت داشته (۱۳)

و با یافته های سال های ۱۹۸۲ و ۱۹۷۹ مغایرت دارد (۱۰۰۲). نمودار ۲ نیز نشان می دهد که در دمای 550°C تقریباً ۱۰۰٪ پودر کربن فعال به حالت فرار درآمده و در همین شرایط تنها ۷۸٪ از توده زنده فرار می باشد و به عبارت دیگر می توان دریافت که به دلیل وجود مواد معلق غیرآلی در لجن فعال، بخشی از مواد معلق غیرفرار می باشند. نتایج بدست آمده از مطالعه بر روی دو راکتور AS^۱ و PACT در مقیاس پیلوت در شترنگ ۲ ارائه شده و داده های مربوط به میزان جامدات معلق در مایع مخلوط و در خروجی از راکتورها و نیز SRT محاسبه شده با استفاده از

$$\text{رابطه } SRT = \frac{VX}{Q_w X + (Q - Q_w) X_c} \text{ نشان می دهد.}$$

باتوجه به یافته های بدست آمده از ۶ دوره پی درپی عملکرد پیلوت ها، تفاوت بین SRT محاسبه شده برپایه اندازه گیری کل جامدات معلق و میزان جامدات معلق توده زنده بسیار اندک (از ۰/۲- تا ۰/۰۷+ درصد) بوده و بنابراین سن لجن را می توان بدون نیاز به اندازه گیری های طولانی و مشکل ارائه شده در مراجع و تنها با کاربرد ارقام اندازه گیری MLSS تعیین نمود. مقایسه نتایج به دست آمده از این مطالعه با استفاده از پودر کربن فعال ساخت ایران برای تعیین f با نتایج حاصل از مطالعات دیگر پژوهشگران در شترنگ ۳ ارائه گردیده است. در این مطالعه نسبت فراریت توده زنده در دمای ۴۰۰ و ۵۵۰ درجه سانتی گراد و در دو حالت مختلف آزمایش برای زمان های ۳۰ و ۱۲۰ دقیقه در محدوده ۰/۸۲ تا ۰/۸۷ قرار داشته که با یافته های دیگر مطابقت دارد. درصد فراریت کربن فعال و توده زنده در دمای 550°C - ۳۰۰ و زمان های ۱۲۰ - ۳۰ دقیقه نیز نشان دهنده تطابق یافته ها با پژوهش های دیگر است.

باتوجه به نتایج به دست آمده پیشنهاد می گردد که مطالعات با کاربرد غلظت های متفاوت پودر کربن فعال و استفاده از دیگر روش های اندازه گیری مانند روش هضم اسید نیتریک تکمیل گردد. افزون بر آن در صورت امکان هر دو روش اندازه گیری در تصفیه خانه های فاضلاب با مقیاس واقعی نیز تجربه گردد. چون نتایج به دست آمده در این مطالعه حاصل استفاده از یک نوع پودر کربن فعال با پایه چوب و ساخت ایران می باشد، بنابراین درصد فراریت محاسبه شده برای پودر کربن فعال و نسبت فراریت در دماهای مختلف تنها برای همین نوع پودر کربن فعال و در شرایط مشابه صادق است و این مطالعه باید برای شرایط متفاوت و انواع کربن فعال تکرار گردد. می توان با وارد نمودن معادلات به کار رفته در این مقاله در فضای یک نرم افزار محاسباتی میزان PAC، توده زنده و SRT را با داشتن مقدار f به سرعت تعیین نمود.

1- سیستم لجن فعال AS;

2- SRT: زمان ماند جامدات; V: حجم واحد هوادهی; X: میزان جامدات معلق; X_c : زمان ماند جامدات;

جامدات معلق مربوط به کربن: X_c ; دبی لجن فعال: Q_w

شترنگ ۱- نتایج اندازه گیری توده زنده و پودر کربن فعال در ۵ نمونه مورد بررسی

غلظت (mg/lit)		نمونه مورد آزمایش
PAC	Biomass	
۲۰۰۰ ۲۱۷۸ + ۷۸/۵	۱۸۰ + ۲۱/۵ ۱۵۰ + ۲۰/۶۲	شاهد مایع مخلوط *
۲۰۰۰ ۲۱۰۵ + ۹۶	۵۶۰ + ۲۳/۷ ۵۷۰ + ۶۵	شاهد مایع مخلوط *
۲۰۰۰ ۱۸۸۰ + ۸۶/۴	۹۵۰ + ۱۷/۷ ۱۰۸۰ + ۲۱/۵	شاهد مایع مخلوط *
۲۰۰۰ ۲۱۷۳ + ۶۲/۴	۲۲۱۰ + ۳۳/۱۷ ۲۳۲۰ + ۷۶/۴	شاهد مایع مخلوط *
۲۰۰۰ ۲۱۶۵ + ۴۷/۷۶	۳۴۰۰ + ۵۸/۸۵ ۳۶۲۰ + ۷۷/۴	شاهد مایع مخلوط *

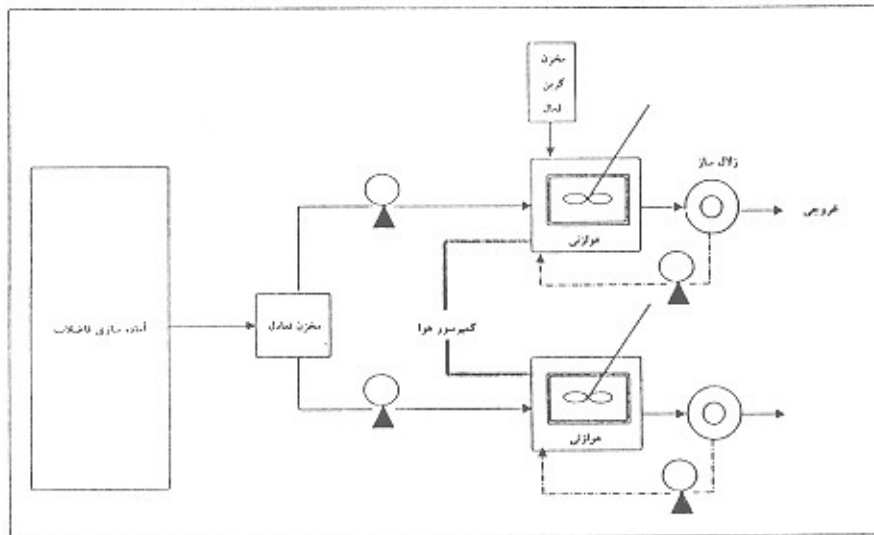
* : میانگین ۳ بار اندازه گیری به جز شاهد پودر کربن فعال که مقدار ثابت است.

شترنگ ۲ - جرم توده زنده و پودر کربن فعال اندازه گیری شده در واحدهای هوادهی و خروجی

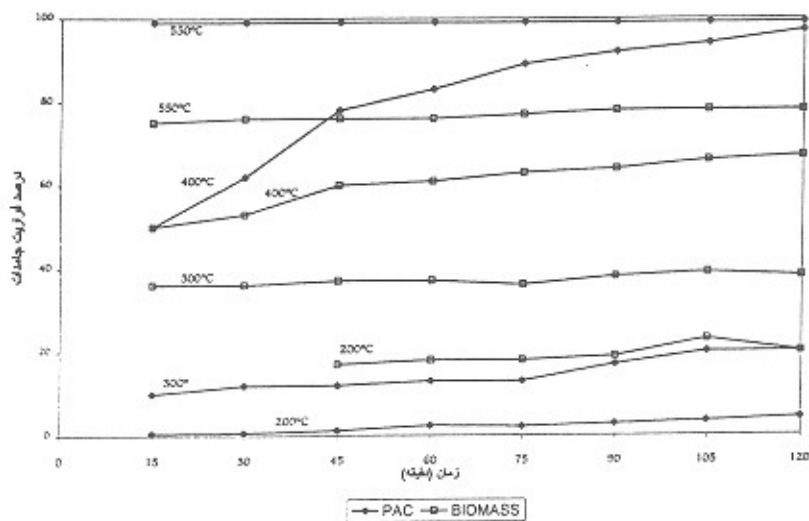
تعداد دور کارکرد پایلوت						اجزاء اندازه گیری
۶	۵	۴	۳	۲	۱	
جامدات معلق مایع مخلوط (mg/lit)						
۲۲۰۹ ۲۵۲۰	۲۱۸۷ ۲۳۸۰	۲۱۴۰ ۲۳۰۰	۲۰۷۳ ۲۲۹۲	۱۹۹۶ ۲۱۳۸	۱۹۸۵ ۲۱۵۰	کربن فعال توده زنده
۴۷۲۹	۴۵۶۷	۴۴۴۰	۴۳۶۵	۴۱۳۴	۴۱۳۵	مجموع
جامدات معلق فاضلاب خروجی (mg/lit)						
۲۷ ۱۶	۳۰ ۱۵	۲۸ ۱۷	۲۱ ۲۸	۲۳ ۱۵	۱۹ ۱۳	کربن فعال توده زنده
۴۳	۴۵	۴۵	۴۹	۳۸	۳۲	مجموع
زمان ماند جامدات (day)						
۱۴/۸۶ ۱۴/۹۲	۱۴/۸۵ ۱۴/۹۲	۱۴/۸۵ ۱۴/۹۱	۱۴/۸۸ ۱۴/۸۶	۱۴/۷۶ ۱۴/۸۵	۱۴/۸۰ ۱۴/۸۷	کربن فعال توده زنده
۱۴/۹۰	۱۴/۸۹	۱۴/۸۸	۱۴/۸۷	۱۴/۹۰	۱۴/۸۴	مجموع

شترنگ ۳ - درصد فراریت پودر کربن فعال و توده زنده محاسبه شده در مقایسه با مطالعات دیگران

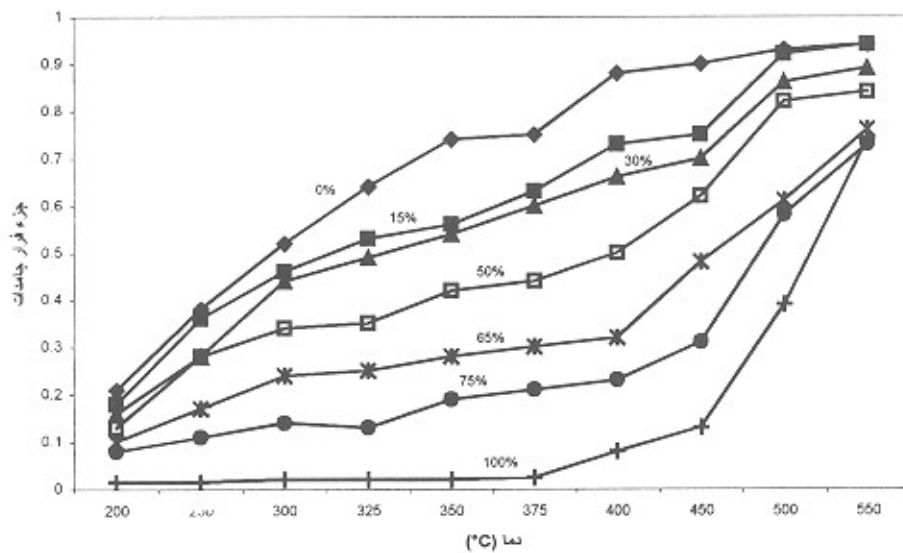
فراریت پودر کربن فعال (%)			f	فراریت توده زنده (%)			زمان انفرزش	ماخذ نتایج
دما (°C)				دما (°C)				
۵۵۰	۴۰۰	۳۰۰		۵۵۰	۴۰۰	۳۰۰	دقیقه	
۹۸	۶۸	۱۱	۰/۷	۷۹	۵۵	۳۵	۳۰	شولتز ۱۹۸۷
۹۸	۹۵	۱۷	۰/۹۱	۷۹	۷۲	۳۸	۱۲۰	
۸۹	۴۸	۳	۰/۶۴	۸۹	۵۷	۳۸	۳۰	سینلتانان ۱۹۸۷
۸۹	۴۵	۳	۰/۸۴	۸۹	۷۵	۴۰	۱۲۰	
۸۲	۱۸	۱۰	۰/۷۱	۹۲	۶۵	۱۵	۳۰	لو ۱۹۸۲ بدون پرورش بونه چینی
-	-	-	-	-	-	-	۱۲۰	
-	۲۷	-	-	-	۶۷	-	۳۰	لو ۱۹۸۴ باپرورش بونه چینی
-	۲۲	-	-	-	۷۷	-	۱۲۰	
۷۸	۴۸	۱۲	۰/۹	۹۸	۸۸	۵۲	-	آزیوکل ۱۹۸۲
۸۹	۴۶	۱۳	۰/۸۲	۹۰	۷۴	۲۸	۳۰	این مطالعه بدون پرورش بونه چینی
-	-	-	-	-	-	-	۱۲۰	
۸۵	۵۶	۱۴	۰/۸۴	۷۵	۶۳	۳۲	۳۰	این مطالعه باپرورش بونه چینی
۹۸	۹۷	۱۸	۰/۸۷	۸۴	۷۳	۳۷	۱۲۰	



نگاره ۱- نمایش ساده سیستم آزمایشگاهی (PACT,AS) مورد استفاده



نمودار ۱- تاثیر زمان افروزش و دما بر میزان فراریت جامدات معلق مایع مخلوط



نمودار ۲- تاثیر تغییرات دما بر میزان فراریت جامدات معلق مایع مخلوط با درصدهای مختلف پودر کربن فعال با زمان ۱۲۰ دقیقه

کتابنامه

- 1- APHA, AWWA, WEF (1995): *Standard methods for examination of water and wastewaters*, 19th ed, USA.
- 2- Arbuckle WB and Geriggs AA (1982): Determination of biomass MLVSS in PACT sludges, *J WPCF*, **54**(12): 1553-7.
- 3- Dewalle FB , Chian ESK and Osmal EM (1989): Organic matters removal by PAC added to AS, *J WPCF*, **49**(4): 593-9.
- 4- Djaafarzadch N , Mesdaghinia AR and Nasser S (1992): Application of PACT system to increase Tehran oil refinery effluent, *Iranian Journal of Public Health*, **21**(1-4): 11-28.
- 5- Djaafarzadch N, Mesdaghinia AR and Nasser S (1997): Efficiency evaluation of conventional activated sludge (AS) and PACT treatment system under Phenol and Furfural shock loads , *J of Environmental Studies*, **23**(19): 1-12 (In Persian).
- 6- Flynn BP (1974a): A model for the PAC-AS treatment system, Proceeding of 29th Purdue University Industrial Waste Conference, PP 855-62.
- 7- Flynn BP (1974b): The determination of bacterial kinetics in a powdered activated carbon reactor, Proceeding of 29th Purdue University Industrial Waste Conference, PP 302-18.
- 8- Galil N and Rebhun M (1988): PAC biotreatment of hazardous compound from an integrated oil refinery , Proceeding of 43th Purdue University Industrial Waste Conference, PP 19-28.
- 9- Lee JS and Johnsor WK (1979): Carbon slurry activated sludge for nitrification-denitrification, *J WPCF*, **51**(1): 111-6.
- 10- Lu Y and Ganczarezyk J (1984): Discussion of determination of biomass MLVSS in PACT sludges, *J WPCF*, **56**(1): 102-4.
- 11- Scaramelli AB and Digiano FA (1973): Upgrading the AS system by addition of PAC, *J. Water and Sewage Works*, **116**(9): 90-4.
- 12- Schultz JR (1987) : Biomass determination in biophysical treatment systems, *J Environmental Engineering*, **113**(2): 395-406.
- 13- Senthilnathan PR and Ganczarezyk JJ (1977): Discussion of biomass determination in biophysical treatment systems . *J Environmental Engineering*, **115**(5): 1245-8.