Archive of SID

بررسی ویژگی‌های رآکتور بافلدار بی‌هوازی (ABR) در تصفیه پساب‌های صنعتی و شهری

جواد امیرفخری* جلال‌الدین شایگان**

(دریافت ۸۲/۷/۱۵ پذیرش ۸۳/۳/۱۶)

چکیده

رآکتورهای ABR از چندین اتاقک تشکیل شده‌اند که این ویژگی باعث می‌شود مواد سمی و ..... با تغییرات در شرایط محیطی مثل pH و دما در اتاقک اول متعادل شده و در نتیجه باکتری‌های متانزا که نسبت به شرایط محیطی متغیر، بسیار حساس هستند، به راحتی در اتاقک‌های بعدی رشد نمایند. از مهم‌ترین ویژگی‌های این رآکتور می‌توان به پایین بودن HRT و در نتیجه حجم کمتر، زیاد بودن SRT، پایداری نسبت به شوک‌های هیدرولیکی و آلی و هم‌چنین توانایی تفکیک فازهای اسیدوژن و متانوژن اشاره کرد. توانایی در تصفیه فاضلاب‌های حاوی سولفات و هم‌چنین پساب‌هایی که به سختی تشکیل گرانول می‌دهند و در نتیجه تصفیه آن‌ها با رآکتور UASB مشکل است از دیگر ویژگی‌های این رآکتور می‌باشد.

واژه‌های کلیدی : رآکتور ABR؛ تصفیه بی‌هوازی؛ پساب؛ باکتری‌های اسیدوژنیک و متانوژنیک

The Use of Anaerobic Baffled Reactor (ABR) for Industrial and Municipal Wastewater Treatment

Amirfakhri, J. (M.Sc.) and Shayegan, J. (Ph.D)
Department of Chemical Engineering, Sharif University of Technology

Abstract

This paper reviews the recent advances in the development of ABR, which is one of the new types of anaerobic reactors capable of handling different kinds of industrial and municipal wastewaters. This reactor consists of some compartments in which environmental conditions such as pH and temperature or toxic material are stabilized in first compartment. Therefore, methanogenic bacteria that are very sensitive to environmental conditions can grow easily in the next compartment. An important property of this reactor is the low hydraulic retention time (HRT) of wastewater, that reduces the reactor volume and increases solid retention time (SRT). Also, the reactor is more stable to hydraulic and organic load shocks and there is no need to gas-solid separation devices. There is indeed, ability to separation of methanogenic and acidogenic phases. Economical studies show that these systems are also cost effective.The ABR reactor has shown good performance in the treatment of low strength and low temperature wastewater and those containing sulfate.

---

* دانشجوي كارشناسي ارشد مهندسي شيمي دانشگاه صنعتي شريف
** دانشيار دانشكده مهندسي شيمي و نفت دانشگاه صنعتي شريف

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

بروز بحران انرژی در جهان در اوایل دهه پنجاه شمسی باعث شد که محققین به استفاده از سیستم‌های بی‌هوازی بیشتر توجه کنند؛ زیرا در این سیستم‌ها، بر خلاف روش هوازی که احتیاج به انرژی زیادی جهت هوادهی دارد، نه تنها انرژی مصرف نمی‌شود، بلکه در نهایت متان نیز به وجود می‌آید که می‌تواند به عنوان منبع انرژی مورد استفاده قرار گیرد. از دیگر خصوصیات سیستم‌های بی‌هوازی می‌توان به تولید لجن کمتر و امکان عملکرد متناوب لجن با غلظت بیشتر نسبت به سیستم‌های هوازی اشاره کرد. رآکتور بافلدار بی‌هوازی (ABR) معمولاً از چند محفظه چسبیده به هم تشکیل شده است که هر اتاقک شامل دو بخش جریان رو به پایین و رو به بالا می‌باشد. فاضلاب از بخش اول وارد اتاقک شده و از بخش دوم که سطح مقطع آن معمولاً چند برابر بخش اول می‌باشد صعود کرده و در انتها به بخش اول محفظه بعدی سرریز می‌کند. اگرچه در حالت یکنواخت، هر محفظه به صورت اختلاط کامل عمل می‌نماید اما رفتار مجموعه این رآکتور می‌تواند با رآکتور پلاگ قابل مقایسه باشد. اتاقک اول دارای نقش بسیار مهمی در رشد باکتری‌های متان‌زا در اتاقک‌های بعدی است، زیرا مواد سمی و یا تغییرات در شرایط محیطی مانند pH و دما در اتاقک اول متعادل شده و در نتیجه این باکتری‌ها در اتاقک‌های بعدی رشد نمایند. این رآکتور از اوایل دهه شصت هجری مورد توجه قرار گرفت و تا به امروز تحقیقات مختلفی بر روی ویژگی‌های آن صورت گرفته است که در این مقاله به صورت مختصر به آنها پرداخته می‌شود.

www.SID.ir

Archive of SID

ویژگی‌های رآکتور ABR

جدول ۱ مزایای رآکتور ABR را نسبت به سایر رآکتورهای بی‌هوازی نشان می‌دهد. شاید بتوان مهم‌ترین مزیت این رآکتورها را در دو فازی کردن عملیات دانست که باعث افزایش فعالیت باکتری‌های اسیدوژنیک و متانوژنیک به میزان ۴ برابر می‌شود. با این عمل، باکتری‌های اسیدوژنیک در فاز اول جمع شده و باکتری‌های متانوژنیک فرایند متانزایی را در فاز بعدی انجام می‌دهند. این رآکتور در مقایسه با رآکتورها دارای فضای مرده کمتری است. فضای مرده ABR در حدود ٪۱۰ حجم کل است در حالی که در سایر سیستم‌های بی‌هوازی بین ٪۹۰-۱۰ متغیر می‌باشد. در جدول ۲ میزان فضای مرده چند رآکتور بی‌هوازی مقایسه شده است.

به واسطه طبیعت متغیر پساب‌های صنعتی، پایداری رآکتور مورد استفاده نسبت به شوک‌های بار آلی، یکی از پارامترهای بسیار مهم در طراحی بیورآکتورهاست. رآکتور ABR به خاطر دارا بودن زمان ماند بالای سلولی، که گاهی اوقات به ۱۰۰ روز می‌رسد، شوک‌های آلی را به خوبی تحمل می‌کند و تغییرات در توده میکروبی هنگام عبور از یک حالت پایا به حالت دیگر کم می‌باشد. شکل ۱ نمایی از این رآکتور را نشان می‌دهد. مطالعات اقتصادی صورت گرفته نشان می‌دهد که هزینه لازم برای ساخت رآکتور UASB برای شهرکی با جمعیت ۲۵۰۰ نفر ٪۲۰ بیشتر از رآکتور ABR و هزینه لازم برای ساخت یک رآکتور لجن فعال، ۵ برابر هزینه لازم برای ساخت رآکتور ABR است. در ادامه نتایج حاصله از بررسی عملکرد این رآکتور در تصفیه فاضلاب‌های خاص آورده شده است [۲].

جدول ۱- ویژگی‌های رآکتور ABR [۱]

ویژگی ساختمانی	ویژگی بیومس	ویژگی عملیاتی
- طراحی ساده - هزینه ساخت کم - کاهش انبساط بستر لجنی - کاهش گرفتگی - نداشتن قسمت‌های متحرک - حجم خالی زیاد - هزینه عملیاتی و اولیه کم	- بالا بودن زمان ماند جامدات - تولید لجن کمتر - ماندن بیومس بدون احتیاج به آکنه[1] و بخش ته‌نشین ساز - عدم نیاز به جداسازهای گاز و جامد	- امکان کارکرد در زمان‌های ماند هیدرولیکی کم - قابلیت عملیات متناوب و کارکرد زیاد بدون از دست دادن لجن - پایداری نسبت به شوک‌های آلی هیدرولیکی و سمی

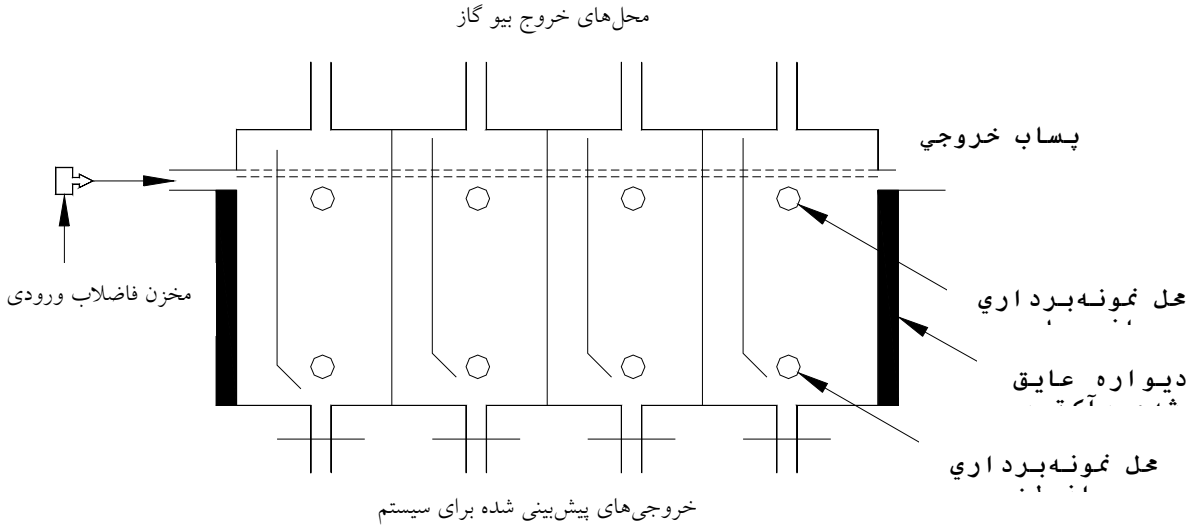
جدول ۲- مقایسه میزان فضای مرده در چند رآکتور بی‌هوازی [۲]

نوع رآکتور	میزان فضای مرده
فیلتر بی‌هوازی	٪۹۰-۵۰
اختلاط کامل با جریان پیوسته[1]	٪۸۲-۱۰
بافلدار بی‌هوازی	٪۲۲-۵

[1] Packing

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱- شمایی از رآکتور ABR

توانایی رآکتور ABR برای تصفیه پساب‌های خاص

پساب‌های حاوی سولفات

اگرچه وجود سولفات در پساب مزایایی را به همراه دارد، اما در نهایت سبب کاهش راندمان سیستم‌های تصفیه بی‌هوازی می‌گردد. آزمایش‌های انجام شده بر روی رآکتور ABR نشان می‌دهد که این رآکتور چنین پساب‌هایی را به خوبی تصفیه می‌کند [۳].

پساب‌های حاوی نیتروژن

پساب کارخانه‌های مختلف از جمله کودسازی، چرم‌سازی، صنایع غذایی و ساخت مواد منفجره، حاوی غلظت بالایی از نیتروژن هستند. برای حذف نیتروژن، چنانچه به صورت آمونیاک باشد، ابتدا به وسیله هوادهی آن را به نیترات تبدیل کرده و سپس به وسیله یک سیستم بی‌هوازی، نیترات را به گاز نیتروژن تبدیل می‌کنند. در آزمایش انجام شده با استفاده از یک رآکتور ABR در بار آلی ۰/۸۵kgNO$_3$/kgvss.d میزان ۹۶٪ حذف مشاهده شد که در نتیجه به جای استفاده از یک سیستم دو مرحله‌ای، می‌توان از یک رآکتور بافلدار بی‌هوازی برای تصفیه چنین پساب‌هایی سود جست [۴].

پساب‌های رقیق با دمای پایین

سیستم‌های بی‌هوازی برای تصفیه پساب‌های با COD کمتر از ۱۰۰۰mg/l و دمای کمتر از ۳۰°C چندان مناسب نیستند. طبق معادله آرنیوس پیش‌بینی می‌شود که کاهش ۱۵°C در دما باعث کاهش فعالیت باکتری‌ها به میزان ٦٦٪ می‌گردد. در حالی که در رآکتور ABR ، کاهش دما از ۳۵°C به ۲۰°C باعث کاهش ۲۵٪ در میزان فعالیت باکتری‌ها شده است که نشان می‌دهد این رآکتور دارای بیومس فوق‌العاده فعالی بوده و توانایی تصفیه چنین پساب‌هایی را دارا می‌باشد [۵].

پیش تصفیه پساب‌هایی که به سختی مورد تجزیه بیولوژیکی قرار می‌گیرند

تصفیه پساب‌هایی که دارای BOD$_5$ / COD کمتر از ۰/۱ هستند، به طریق بیولوژیکی مشکل است. در تحقیقات صورت گرفته از یک رآکتور ABR برای

1- CSTR تصفیه پساب

استفاده شد که در تمام حالات مورد ازمایش، نسبت BOD$_5$ / COD تا حدود دو برابر افزایش یافت. علت آن نیز به خاطر وقوع واکنش‌های هیدرولیز و اسیدی در داخل رآکتور و تشکیل اسیدهای آلی فرار می‌باشد. هم‌چنین تا حدود ۴۰٪ حذف COD مشاهده شد که در

www.SID.ir

Archive of SID

نتیجه پساب فوق آماده تصفیه به روش بیولوژیکی گردید [۶].

پساب‌هایی که به سختی تشکیل گرانول می‌دهند

عملکرد بهینه رآکتور UASB تا حدود زیادی وابسته به تشکیل گرانول می‌باشد و در نتیجه تصفیه پساب‌هایی که به سختی تشکیل گرانول می‌دهند، با این رآکتور مشکل است. در حالی که در رآکتور ABR به علت جدا شدن فازهای اسیدزا و متانزا از یکدیگر، چنین محدودیتی وجود نداشته و عملاً تشکیل گرانول تأثیر چندانی بر عملکرد رآکتور ندارد [۷].

و- طراحی رآکتور ABR

برای پیش‌بینی عملکرد رآکتور ABR مدل‌های مختلفی ارائه شده است که از بین آن‌ها، می‌توان به مدل فیلم ثابت [۸]، مدل اکزینگ ، مدل کروی با کاربرد سینتیک مونود همراه با نفوذ مولکولی غلظت در توده بیومس اشاره کرد [۹ و ۱۰]. در جدول ۳ اطلاعات مربوط به رآکتورهای بافلدار بی‌هوازی، که تاکنون ساخته شده و مورد استفاده قرار گرفته‌اند، گردآوری شده است. اگرچه از این اعداد، برای طراحی‌های مقدماتی، می‌توان استفاده نمود اما توصیه می‌شود که برای هر فاضلاب آزمایش‌های پایلوت صورت گیرد و با توجه به نتایج به دست آمده، اعداد مناسب طراحی و استخراج گردد.

نتیجه‌گیری

با توجه به ویژگی‌های ذکر شده، رآکتور ABR گزینه بسیار مناسبی برای تصفیه انواع پساب‌ها می‌باشد. هم‌چنین طراحی ساده، هزینه ساخت کم و مشکلات کمتر در هنگام کار، باعث برتری این رآکتور نسبت به سایر رآکتورهای بی‌هوازی موجود می‌گردد.

جدول ۳ ـ پارامترهای طراحی برای رآکتور ABR

پارامتر	مقدار
تعداد اتاقک‌ها	۸-٤
بار آلی ($kgCOD/m^3.d$)	۱۵-۳
سرعت مایع (m/h)	٤-۲
زمان ماند هیدرولیکی (d)	٤-۰/۵
نسبت ارتفاع به عرض	۲/۵-۰/٦
زاویه انتهای بافل (درجه)	٤۵
نسبت طول به عرض	٤-۳

www.SID.ir

Archive of SID

منابع

۱- شاکری، وثوقی، *"مطالعه و بررسی فاضلاب کاغذسازی با استفاده از یک سیستم غیرهوازی و هـوازی"*، پروژه کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی شریف

2- Barber, W.P. and Stuckey, D.C., (1999). "*The Use of Anaerobic Baffled Reactor (ABR) for Wastewater Treatment",* Wat.Res, Vol. 33, No7, pp: 1559-1578A Review.

3- Shakeri, M. and Vossoughi, M., (2002). *"Coupled Anaerobic Baffled Reactor (ABR)/ Activated Sludge Treatment of Synthetic Wastewater with High Concentration of Sulfate and COD* ", 7th National Iranian Chemical Engineering Congress.

4- Barber, W.P. and Stuckey D.C., (2000). *"Nitrogen Removal in a Modified Anaerobic Baffled Reactor (ABR): 1, Denitrification*", Wat. Res, Vol. 34, No 9, pp : 2413-2422.

5- Langenhoff, A.A.M. and Stuckey, D.C., (2000). *"Treatment of Dilute Wastewater Using an Anaerobic Baffled Reactor : Effect of low Temperature*", Wat. Res, Vol. 34, No. 15, pp: 3867-3875.

6- Wang, B. and Shen, T., (2000). *"Performance of Anaerobic Baffled Reactor (ABR) as a Hydrolysis- Acidogensis Unit in Treating Landfill Leachae Mixed with Municipal Sewage*", Wat. Sci.&tech, Vol. 42, No12, pp: 115-121.

7- Uyanik, S., Sallis, P.J. and Anderson, G.K., (2002). *"The Effect of Polymer Addition on Granulation in an Anaerobic Baffled Reactor (ABR). Part : Process Performance*", Wat. Res. 36, pp:933-943.

8- Bachman, A., Beard, V.L. and McCarty, P.L., (1985). *"Performance Characteristic of the Anaerobic Baffled Reactor*", Wat. Res, 19(1), pp. 99-106.

d Tilche, A., (1991). *"Model Evaluation of Hybrid Anaerobic Baffled Reactor Treating Molasses Wastewater", Biomass and Bioenergy"*, 1(5), pp. 267-274.

10- Nachaiyasit, S., (1995). *"The Effect of Process Parameters on Reactor Performance in an Anaerobic Baffled Reactor*", Ph.D. Dissertation, Department of Chemical Engineering, Imperial College, London, U.K.

www.SID.ir