اثر تعداد نازل، تراکم گاز آمونیاک و فشار مایع شستشو دهنده آب بر کارایی حذف گاز آمونیاک در هوا در یک برج پاشنده

محمد جواد جعفری[۱]، امیر حسین متین[۲]، علیرضا رحمتی*[۳]، منصور رضا زاده آذری[۱]، سید سعید حسینی[۴]، داود پناهی[۵]

تاریخ دریافت: ۹۵/۱۰/۰۶ تاریخ ویرایش: ۹۶/۰۹/۰۳ تاریخ پذیرش: ۹۶/۱۰/۰۳

چکیده

زمینه و هدف: برج پاشنده یکی از ساده‌ترین و کم‌هزینه‌ترین روش‌های پالایش گاز آمونیاک می‌باشد. اما کارایی مناسب آن در حذف گاز آمونیاک جای سؤال دارد. در این مطالعه اثر تعداد نازل، تراکم گاز آمونیاک و فشار مایع جاذب آب بر کارایی حذف گاز آمونیاک در یک برج پاشنده در دمای اتاق و فشار هوای معمولی مورد بررسی قرار گرفت.

روش بررسی: در این مطالعه از یک برج پاشنده برای حذف گاز آمونیاک از جریان هوا استفاده شد. گاز آمونیاک در میانگین تراکم‌ها و فشارهای عملیاتی مختلف در درگذر حجمی ثابت فراهم شد. گذر حجمی جریان هوا در ۳۷۳۷/۸۲ لیتر بر دقیقه توسط هواکش دور متغیر تنظیم شد. جریان مایع جاذب از طریق ۳ نازل ۲۰ میکرونی به داخل برج پاشیده شد. برای تحلیل نتایج از آزمون آماری One-Way ANOVA استفاده شد. نتایج با استفاده از نرم‌افزار SPSS تجزیه‌وتحلیل شدند.

یافته‌ها: بیشترین و کمترین کارایی به ترتیب ۸۸/۳۸ و ۵۱/۴۷ درصد به دست آمد. آزمون آماری One-Way ANOVA نشان داد افزایش تعداد نازل‌های نصب‌شده در برج پاشنده باعث افزایش معنی دار کارایی حذف نمی‌شود($p=۰/۰۶$).

نتیجه‌گیری: کارایی حذف گاز آمونیاک در برج پاشنده با افزایش تراکم ورودی، کاهش می‌یابد. افزایش تعداد نازل‌ها، کارایی حذف را افزایش می‌دهد. توصیه می‌شود برای رسیدن به کارآیی بالاتر از ۹۰ درصد اندازه دهانه نازل‌ها افزایش یابد و از مایع شستشو دهنده حاوی مواد شیمیایی استفاده شود.

کلیدواژه‌ها: برج پاشنده، تعداد نازل، کارایی حذف، فشار مایع شستشو دهنده.

مقدمه

آمونیاک گازی بی‌رنگ با بوی تند، دارای آستانه بویایی ۵-۲۰ قسمت در میلیون است [۱]. حد مجاز شغلی این ماده برای یک نوبت کاری هشت ساعته ۲۵ قسمت در میلیون اعلام شده است [۲]. تراکم‌های بیش از ۳۰۰ قسمت در میلیون این ماده، منجر به آسیب‌های دائمی و مرگ می‌شود [۳]. آمونیاک در صنایع بزرگ و مهمی اعم از صنایع فلزی، صنایع داروسازی، صنایع دباغی و چرم‌سازی، صنایع لاستیک و پلاستیک‌سازی و... استفاده شود [۴]. تاکنون روش‌های مختلفی جهت حذف آمونیاک موردتوجه قرارگرفته است. ازجمله این روش‌ها می‌توان به استفاده از چگالش، پالایش زیستی و شستشو دهنده‌های تر اشاره کرد. در روش چگالش، ماده شیمیایی پس از تقطیر دوباره بازیافت و مورد استفاده مجدد قرار می‌گیرد. از معایب این روش می‌توان به هزینه بالای این روش و تولید مواد زائد ثانویه که ممکن است مشکلات زیست‌محیطی را ایجاد نماید اشاره کرد. یکی دیگر از روش‌های پالایش آمونیاک، روش‌های پالایش زیستی می‌باشد. این روش‌ها ارزان و ساده هستند. کارایی پالایش این روش‌ها ممکن است تحت تأثیر عوامل آلاینده‌های سمی که تحت عنوان مداخله‌گر در پالایش آمونیاک مطرح هستند، PH، دما و تراکم آمونیاک قرار گیرند[۵].

یکی از انواع شستشو هنده‌های تر، برج پاشنده است. برج پاشنده دارای مزیت‌هایی ازجمله افت فشار پایین (۱/۵-۰/۵) اینچ آب (Water Gauge)، هزینه

۱- استاد، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران.

۲- مربی، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت کار، ایمنی، محیط زیست، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران.

۳- (نویسنده مسئول) کارشناسی ارشد مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران. alrahmati@aol.com

۴- کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک سیالات، دانشکده مهندسی مکانیک سیالات، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

۵- استادیار، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران.

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2025-04-05]

تجهیزات و نگهداری اندک و هزینه ساخت و راه‌اندازی پایین می‌باشد[۶] سادگی طراحی باعث شده است که آن‌ها به‌عنوان یک گزینه ارزان قیمت برای حجم بالایی از جریان گاز (بیش از ۱۰۰۰۰۰ cfm) حاوی آلاینده گازی و ذرات انتخاب شوند [۷]. از معایب این روش می‌توان به کارایی پایین در حذف آلاینده‌های گازی اشاره کرد.

ازجمله پارامترهای طراحی برج پاشنده می‌توان به ارتفاع و قطر برج پاشنده، نوع نازل‌ها، فشار هیدرولیکی مایع شستشو دهنده اشاره کرد [۸].

فاکتورهایی مانند فشار هیدرولیکی، نوع نازل می‌توانند در میزان کارایی برج پاشنده تأثیر به سزایی داشته باشند. ویژگی نازل‌ها یکی از متغیرهای مهم در کارایی و ملاحظات اقتصادی برج پاشنده می‌باشد [۹]. برای بهبود عملکرد برج پاشنده، استفاده از قطرات ریز با سرعت‌بالا معیار مطلوب می‌باشد [۱۰]. لذا در این مطالعه اثر تعداد نازل، تراکم گاز آمونیاک ورودی به برج و فشار مایع شستشو دهنده آب بر کارایی حذف گاز آمونیاک در یک برج پاشنده مورد بررسی قرار گرفت.

روش بررسی

این مطالعه کاربردی– آزمایشگاهی فقط تاثیر متغییرهای فشار مایع شتشو دهنده و تعداد نازل بر کارایی حذف گاز آمونیاک توسط یک برج پاشنده در دمای اتاق و فشار جو معمولی تهران انجام گردید. مشخصات برج مورد استفاده در جدول ۱ نشان داده‌شده است. به‌منظور بررسی اثر تعداد نازل، تراکم گاز آمونیاک و فشار مایع شستشو دهنده بر کارایی حذف، از آب به عنوان مایع جاذب استفاده شد. گاز آمونیاک در آب جذب میشود و پس از انجام واکنش شیمیایی به شکل محلول خود NH_4^+ تبدیل می‌شود. (معادله ۱)

$$NH_{3(g)} + H_2O_{(l)} \rightarrow NH^{4+}{}_{(aq)} + OH^-{}_{(aq)}$$

سرعت جریان هوای توصیه شده در برج های پاشنده بین ۲۰۰ تا ۳۰۰ فوت بر دقیقه (fpm) می‌باشد [۱۱]، که در این مطالعه میانگین این دامنه سرعت، یعنی ۲۵۰ فوت بر دقیقه در نظر گرفته شد. با توجه به قطر داخلی برج و سرعت جریان هوا، گذر حجمی هوا ۱۳۲ فوت مکعب بر دقیقه (cfm) برآورد گردید. گذر حجمی مایع شستشو دهنده با توجه به مقدار توصیه شده، ۱۰ گالن بر دقیقه به ازای هر ۱۰۰۰ فوت مکعب بر دقیقه گذر حجمی جریان هوا محاسبه و معادل ۵ لیتر بر دقیقه تعیین شد.

جریان هوا با استفاده از هواکش دور متغیر مدل HVDLT-MK2 تأمین شد. با استفاده از فشارسنج مدل ۵۰۴ متصل به ونتوری نوع H و نمودار مربوطه، گذر حجمی جریان هوای مورد نظر روی محور افقی تعیین و فشار معادل با آن در محور عمودی قرائت شد.

در این مطالعه برای اندازه‌گیری مجموع افت فشار مایع شستشو دهنده در لوله و اتصالات، شیرها و نازل‌های موجود در جریان مسیر آب، از فشارسنج مدل TG، بعد از خروجی الکترو پمپ استفاده شد.

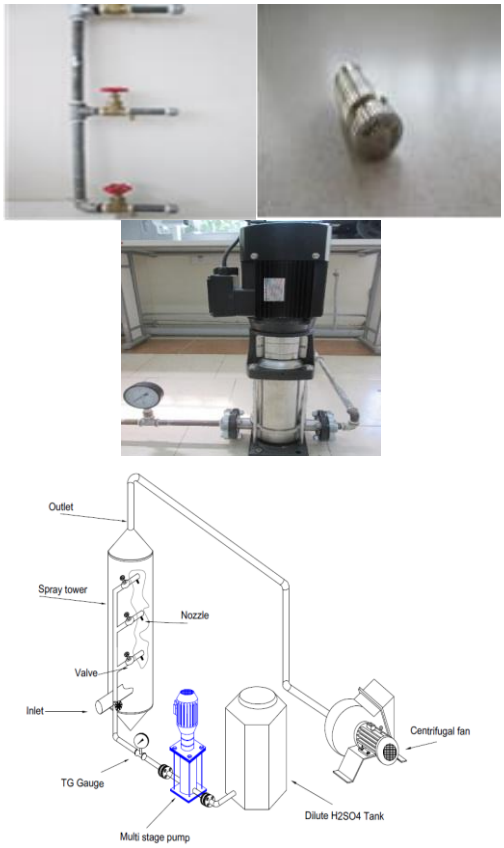
برای پاشیدن مایع شستشو دهنده از ۳ عدد نازل مخروطی توپر[1] ۲۰ میکرونی در ۳ محل مختلف، در داخل برج اسپری استفاده شد. با استفاده از الکترو پمپ فولاد ضد زنگ طبقاتی مدل CDLF2-13-M فشار آب مورد نیاز و گذر حجمی مایع جاذب تأمین گردید. در شکل شماره ۲ نازل های ۲۰ میکرونی، سیستم لوله کشی نازل ها و الکترو پمپ فولاد ضد زنگ طبقاتی نمایش داده شده است.

[1] Solid Cone Nozzle

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2025-04-05]

جدول ۱- مشخصات برج پاشنده

متغیر	مقدار
گذر حجمی جریان هوا (لیتر بر دقیقه)	۳۷۳۷/۸۲
گذر حجمی مایع (لیتر بر دقیقه)	۵
نسبت گاز به مایع	۷۴۷/۵۶
سرعت جریان هوا (متر بر ثانیه)	۱/۲۷
قطر (متر)	۰/۲۵
سطح مقطع (مترمربع)	۰/۰۴۹
ارتفاع برج (متر)	۱/۳۸
زمان‌ماند (ثانیه)	۱/۰۹۵



شکل ۱- نازل فولاد ضد زنگ ۲۰ میکرونی، برج پاشنده، الکترو پمپ فولاد ضد زنگ طبقاتی و لوله کشی نازل‌ها

در این مطالعه، تراکم‌های مختلف توسط سیلندر گاز آمونیاک که مجهز به رگلاتور ویژه این گاز بود و قابلیت تغییرات داشت، تامین شد. تغییرات کارایی در سه میانگین تراکم ورودی ۲۴/۱، ۵۲ و ۶۸ قسمت در میلیون، سه فشار آب ۹، ۱۰ ۱۲ بار و سه وضعیت در نازل‌های چیده شده به‌صورت تکی، دوتایی و سه‌تایی در اندازه ۲۰ میکرون با ۳ بار تکرار و دو محل قرائت (در ورودی و خروجی برج) شد که درمجموع ۱۶۲ آزمایش انجام شد. برای تجزیه وتحلیل داده‌ها از از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۲ و روش آنالیز واریانس استفاده شد و سپس مقایسه‌های چندگانه با کمک آزمون توکی انجام گردید.

یافته‌ها

با نصب یک عدد نازل ۲۰ میکرونی در برج در فشارهای مایع مختلف و تراکم‌های ورودی متفاوت بیشترین کارآیی حذف برج در حالیکه از بالاترین فشار مایع (۱۲ بار) و کمترین تراکم ورودی گاز آمونیاک (۲۴/۱ قسمت در میلیون) استفاه شد معادل ۸۶/۷۲ درصد بدست آمد (جدول ۲). در همین شرایط کمترین کارایی حذف در کمترین فشار مایع مورد بررسی (۹ بار)، بیشترین تراکم گاز مورد آزمایش (۶۸ قسمت در میلیون) مساوی ۵۱/۴۷ درصد بدست آمد (جدول ۲).

در این هنگام استفاده از یک نازل کارآیی حذف آمونیاک از هوا با افزایش فشار مایع بطور خطی افزایش می‌یابد (شکل ۱).

با نصب دو نازل ۲۰ میکرونی در برج نیز بیشترین کارآیی حذف برابر با ۸۷/۵۵ درصد در فشار مورد بررسی (۱۲ بار) و کمترین تراکم ورودی مورد آزمایش (۲۴/۱ قسمت در میلیون) بدست آمد (جدول ۳). در همین شرایط، کمترین کارآیی حذف برابر با ۵۴/۱۱ درصد در کمترین فشار مورد آزمایش و بیشترین تراکم مورد بررسی بدست آمد (جدول ۳). همبستگی تغییرات کارآیی، حذف در سه تراکم بررسی شده نسبت به تغییرات فشار در شکل ۳ نشان می‌دهد که این تغییرات نیز تقریبا خطی است.

فشار مایع شستشو دهنده با دو نازل ۲۰ میکرونی در هنگام استفاده از سه نازل ۲۰ میکرونی نیز بیشترین کارآیی در بالاترین فشار مایع (۱۲ بار) مورد آزمایش و کمترین تراکم گاز آمونیاک تزریق شده به برج (۲۴/۱ قسمت در میلیون) مساوی ۸۸/۳۸ درصد بدست آمد

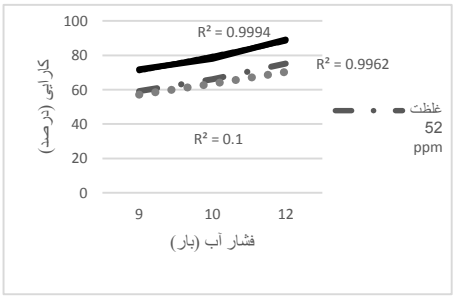
[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2025-04-05]

جدول ۲- کارایی حذف گاز آمونیاک با یک نازل ۲۰ میکرونی

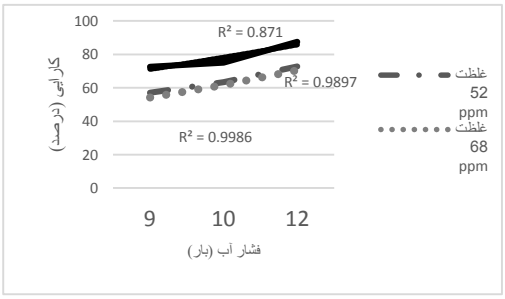
میانگین تراکم ورودی (ppm)	فشار آب (bar)	میانگین تراکم خروجی (ppm)	کارایی حذف (٪)
	۹	۷/۸	۶۷/۶۳
۲۴/۱	۱۰	۵/۶	۷۶/۷۶
	۱۲	۳/۲	۸۶/۷۲
	۹	۲۲/۶	۵۶/۵۳
۵۲	۱۰	۱۹/۲	۶۲/۸۸
	۱۲	۱۵/۲	۷۰/۷۶
	۹	۳۳	۵۱/۴۷
۶۸	۱۰	۲۷	۶۰/۲۹
	۱۲	۲۳/۵	۶۵/۴۴

جدول ۳- کارایی حذف گاز آمونیاک با دو نازل ۲۰ میکرونی

میانگین تراکم ورودی (ppm)	فشار آب (bar)	میانگین تراکم خروجی (ppm)	کارایی حذف (۰/۰)
	۹	۶/۶	۷۲/۶۱
۲۴/۱	۱۰	۶	۷۵/۱
	۱۲	۳	۸۷/۵۵
	۹	۲۲	۵۷
۵۲	۱۰	۱۹	۶۳/۴۶
	۱۲	۱۴/۲	۷۲/۷
	۹	۳۱/۲	۵۴/۱۱
۶۸	۱۰	۲۶	۶۱/۷۴
	۱۲	۲۰/۱	۷۰/۴۴



شکل ۳- نمودار کار آیی حذف گاز آمونیاک نسبت به فشار مایع شستشو دهنده با یک نازل ۲۰ میکرونی



شکل ۴- نمودار کار آیی حذف گاز آمونیاک نسبت به فشار مایع شستشو دهنده با دو نازل ۲۰ میکرونی

(جدول ۴). در همین شرایط، کمترین کارآیی حذف در کمترین فشار مایع مورد آزمایش (۹ بار) و بالاترین تراکم گاز آمونیاک تزریق شده به برج (۶۸ قسمت در میلیون) مساوی ۵۷/۲ درصد بدست آمد (جدول ۴).

در هنگام استفاده از سه نازل نیز تغییرات کارآیی حذف آمونیاک از هوا در سه تراکم مورد بررسی نسبت به فشار مایع تقریبا خطی بود (شکل ۴).

بررسی نتایج نشان داد که افزایش تراکم گاز آمونیاک از ۲۴/۱ به ۶۸ قسمت در میلیون با وجود یک، دو و سه نازل در فشار مایع ۱۲ بار به ترتیب کارایی حذف آمونیاک از هوا را ۲۱/۲۸، ۱۷/۱۱ و ۱۳/۰۸ درصد کاهش می‌دهد. افزایش فشار آب از ۹ بار به ۱۲ بار در تراکم های ۲۴/۱، ۵۲ و ۶۸ قسمت در میلیون با وجود یک نازل ۲۰ میکرونی کارآیی حذف را به ترتیب ۲۰/۰۹، ۱۴/۲۳ و ۱۳/۹۷ درصد افزایش داد. تغییرات افزایش کارایی با دو نازل ۲۰ میکرونی در تراکم های فوق با افزایش فشار از ۹ به ۱۲ بار به ترتیب ۱۴/۹۴، ۱۵/۷ و ۱۶/۳۳ درصد می‌باشد. افزایش کارایی در تراکم‌های ۲۴/۱، ۵۲ و ۶۸ قسمت در میلیون و تغییرات فشار فوق با ۳ نازل ۲۰ میکرونی به ترتیب ۱۰/۷۸، ۱۷/۱۱ و۱۸/۱ درصد است.

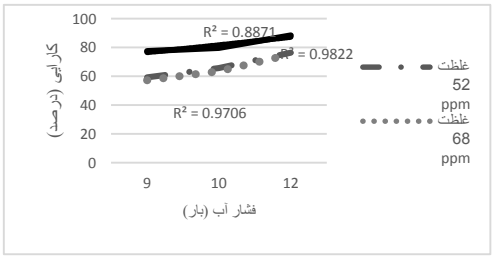
همچنین نتایج نشان می‌دهد که افزایش تعداد نازل‌ها از یک عدد به سه عدد، بیشترین کارآیی حذف را در حدود ۱/۶۶ درصد افزایش می‌دهد که قابل توجه نیست.

آزمون آماری One-Way ANOVA نشان داد که افزایش تراکم ورودی گاز آمونیاک بطور معنی‌داری ($p<۰/۰۰۱$) باعث کاهش کارآیی حذف آمونیاک از هوا توسط برج پاشنده می‌شود. گرچه افزایش تعداد نازل‌ها

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2025-04-05]

جدول ۴- کارایی حذف گاز آمونیاک با سه نازل ۲۰ میکرونی

میانگین تراکم ورودی (ppm)	فشار آب (bar)	میانگین تراکم خروجی (ppm)	کارایی حذف (۰/۰)
	۹	۵/۴	۷۷/۶
۲۴/۱	۱۰	۴/۹	۷۹/۶۶
	۱۲	۲/۸	۸۸/۳۸
	۹	۲۱/۲	۵۹/۲۳
۵۲	۱۰	۱۷/۸	۶۵/۷۹
	۱۲	۱۲/۳	۷۶/۳۴
	۹	۲۹/۱	۵۷/۲
۶۸	۱۰	۲۴/۸	۶۳/۵۲
	۱۲	۱۶/۸	۷۵/۳



شکل ۵- نمودار کار آیی حذف گاز آمونیاک نسبت به فشار مایع شستشو دهنده با سه نازل ۲۰ میکرونی

باعث افزایش معنی دار (p =۰/۰۶)، کارایی حذف آمونیاک توسط برج پاشنده می‌شود. همچنین افزایش فشار مایع باعث افزایش معنی دار کارایی حذف آمونیاک از هوا نشد (p=۰/۱).

بحث و نتیجه‌گیری

با بررسی جدول‌های ۲ تا ۴، مشاهده می‌شود که بیشترین کارایی حذف با وجود سه نازل ۲۰ میکرونی، تراکم ۲۴/۱ قسمت در میلیون فشار مایع شستشو دهنده ۱۲ بار، معادل ۸۸/۳۸ درصد و کمترین کارایی حذف باوجود یک نازل ۲۰ میکرونی، تراکم ۶۸ قسمت در میلیون و فشار مایع شستشو دهنده ۹ بار، معادل ۵۱/۴۷ درصد می‌باشد.

نتایج نشان داد با افزایش فشار مایع شستشو دهنده، کارایی حذف افزایش می‌یابد (جدول‌های ۲ تا ۴). با افزایش فشار مایع شستشو دهنده، تماس بین مایع جاذب و گاز آمونیاک، افزایش و گاز آمونیاک با میست‌های مایع جاذب که سرعت بیشتری دارند مواجهه می‌یابد که باعث افزایش کارایی حذف می‌شود [۷]. آزمون آماری One-Way ANOVA نشان داد که گرچه در این شرایط، افزایش فشار مایع شستشو دهنده باعث افزایش کارآیی حذف گاز آمونیاک از جریان هوا می‌گردد اما این افزایش معنی‌دار نیست (p=۰/۱). نتایج این مطالعه در زمینه افزایش فشار مایع جاذب که موجب افزایش کارایی می‌شود با مطالعه نورمن در سال ۲۰۰۳ سازگار است [۱۴].

بر پایه نتایج مطالعه حاضر، با افزایش تعداد نازل‌های ۲۰ میکرونی از یک عدد به سه عدد کارایی حذف گاز آمونیاک افزایش می‌یابد (جدول‌های ۲ تا ۴). افزایش تعداد نازل باعث افزایش مقدار مایع شستشو دهنده پاشیده شده می‌گردد و در نتیجه نسبت مایع جاذب به گاز افزایش می‌یابد که این موضوع افزایش کارایی حذف را به همراه دارد [۱۲]. بر اساس آزمون آماری One-Way ANOVA مشاهده شد، افزایش تعداد نازل‌ها از یک عدد به سه عدد، کارایی حذف افزایش خیلی نزدیک به سطح معنی‌داری پیدا می‌کند(P-Value=0.06). نتایج مطالعه حاضر در زمینه افزایش کارایی با افزایش تعداد نازل‌ها با نتایج مطالعه‌های کودولو ۲۰۱۳ و کانتز در سال ۲۰۱۱ مشابه می‌باشد، وجه اختلاف این مطالعه با پژوهش کودولو بیشتر بودن گذر حجمی مایع می‌باشد. [۱۲-۱۳].

مطالعه حاضر نشان داد که افزایش تراکم گاز آمونیاک در ورودی برج اسپری، باعث کاهش معنی‌داری کارایی حذف آمونیاک از جریان هوا می‌شود (Pvalue<0.001). با افزایش تراکم ورودی نسبت مولی مایع جاذب به آلاینده کاهش می‌یابد که همین موضوع موجب کاهش انتقال آلاینده از فاز گاز به فاز مایع می‌شود. نتیجه این مطالعه مطابق با پژوهش کینگ در سال ۲۰۱۱ می‌باشد. تفاوت این مطالعه با نتایج کینگ بیشتر بودن دامنه تراکم مورد بررسی است[۱۳].

استفاده از آب بعنوان مایع شستشو در برج اسپری

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2025-04-05]

نسبت به سایر مواد شیمیایی ترجیح داده می‌شود اما در صورت نیاز به کارایی حذف بالاتر، توصیه می‌شود مواد شیمیایی نظیر اسید سولفوریک رقیق به آب اضافه شود. استفاده از نازل‌های با انـدازه بزرگتـر نیـز احتمـال دارد کارآیی را افزایش دهد زیرا در یک فشار ثابـت از نـازل بزرگتر مایع بیشتری پاشیده شده و بـا افـزایش نسـبت مایع به گاز انتظار می‌رود کارآیی حذف افزایش یابد. لذا توصیه می‌شود ضمن اسـتفاده از نـازل‌هـایی بـا انـدازه مختلف اثر اندازه نازل بر کارآیی حـذف مـورد بررسـی قرار گیرد.

تقدیر و تشکر

این مقاله برگرفته از پایان نامه آقای علیرضا رحمتـی دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی بهداشت حرفـه‌ای دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشـتی است. پایان نامه فوق نیز بخشی از یک طرح پژوهشـی است که به تصویب معاونت پژوهشی دانشـگاه رسـیده اسـت. بـدین وسـیله از دانشـکده بهداشـت و معاونـت پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی تشـکر و قدردانی می‌گردد.

منابع

1. Batcha MFM, Yih LD, Raghavan VR. Design and Development of Liquid Spray Gas Scrubber for Odour Control. Engineering Conference on Energy & Environment. 2007; Kuching, Sarawak, Malaysia:48-51.

2. Threshold limit values for chemical substances and physical agents and biological exposure indices. 2014. American Conference of Governmental Industrial Hygienists. Available from: wwwACGIH org. Accessed 11, 2014

3.Department of health and human services, Niosh pocket guide to chemical hazards. 2005; Available from: wwwcdcgov/niosh. Accessed Jan 14, 2012.

4.Chungsiriporn J, Bunyakan C, Thepchai R. Ammonia Removal from Emission Air in Packed Column. Proceedings of the Fourth PSU Engineering Conference. 2005 Dec; Songkhla, Thailand: 49-53.

5.Phillips J. Control and pollution prevention options for ammonia emissions. VIGYAN, Inc., Vienna, VA (United States), 1995.

6.Bozorgi Y, Keshavarz P, Taheri M, Fathikaljahi J. Simulation of a spray scrubber performance with Eulerian/Lagrangian approach in the aerosol removing process. J Hazard Materials. 2006;137(1):509-17.

7. Zhang Y. Indoor air quality engineering. CRC press; 2004.P232-50.

8.Wang LK, Pereira NC, Hung YT, Li KH. Air pollution control engineering: Springer; 2004.

9.Matin A, Bayatian M. Collection Of Air Pollutants. 1389; Fanavaran: 230,88-92 [Persian].

10. Gutiérrez O, FJ. A simple realistic modeling of full-scale wet limestone FGD units. Chemical Engineering Journal [Internet]. 2010;165(2):426-439.

11. Industrial Ventilation A Manual of Recommended Practice For Design. 28 ed. ACGIH; 2013.

12. Kuntz J, Aroonwilas A. Mass-transfer efficiency of a spray column for CO sub 2/sub capture by MEA. Energy Procedia. 2009;1(1):205-9.

13. Qing Z, Yincheng G, Zhenqi N. Experimental studies on removal capacity of carbon dioxide by a packed reactor and a spray column using aqueous ammonia. Energy Procedia. 2011;4:519-24.

14. Norman K, Yeh and Gary, Rochelle T. Liquid-Phase Mass Transfer in Spray Contactors. Dept of Chemical Engineering, the University of Texas at Austin, Austin, TX 78712.

15. Codolo M, Bizzo W. International Journal of Heat and Mass Transfer Experimental study of the SO 2 removal efficiency and volumetric mass transfer coefficients in a pilot-scale multi-nozzle spray tower. International Journal of Heat and Mass Transfer.Elsevier Ltd; 2013;66:80–9.

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2025-04-05]

The effect of nozzle number, concentration of input ammonia gas and scrubbing liquid pressure on NH_3 removal efficiency of a spray tower

Mohammad Javad Jafari[1], Amir Hossein Matin[2], Ali Reza Rahmati*[3], Mansour Rezazadeh Azari[1], Seyed Saeed Hosseini[4], Davod Panahi[5]

Received: 2016/12/26 Revised: 2017/11/24 Accepted: 2017/12/24

Abstract

Background and aims: Spray tower is a cost effective and simple equipment for ammonia gas purification. However, its' appropriate performance in the removal of ammonia gas is under question. In this study, the effect of nozzle number, concentration of input ammonia gas and scrubbing liquid pressure over the removal efficiency of spray tower was studied.

Methods: In present study, a spray tower was used to remove ammonia from air at room temperature and barometric pressure of Tehran. Ammonia gas at average concentration of 24.1, 52 and 68 parts per million was injected into the tower. Water was applied at a volumetric flow rate of 5 liters per minute and at 9, 10 and 12 bar head as the scrubbing liquid. The air flow rate in 3737.8 liters per minute was adjusted by a variable speed fan. Scrubbing liquid was sprayed using 1, 2 and 3 nozzle settings with a 20 μm size. The collected data were analyzed using the SPSS software.

Results: The highest removal efficiency of 88.38% and the lowest removal efficiency of 51.47% were obtained. Increasing the number of nozzles did not increase the removal efficiency significantly (p= 0.06).

Conclusion: Removal efficiency of spray tower decreased by increasing the input ammonia gas concentration. Increasing the number of nozzles mounted on the spray tower from 1 to 3 increased the removal efficiency. Increasing the scrubbing liquid pressure increased the removal efficiency of ammonia gas by spray tower. It is advisable to increase the size of the nozzle outlet and apply caustic scrubbing solution to get removal efficiencies of higher than 90%.

Keywords: Spray tower, Nozzle number, Removal efficiency, Pressure of washing liquid.

1. Professor, School of Public Health, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran.
2. MSc, School of Health, Safety and Enviroment, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran.
3. (**Corresponding author**) MSc, School of Health, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran. alrahmati@aol.com
4. MSc, School of Mechanical Engineering, Tehran University, Tehran, Iran.
5. Assistant Professor, School of Public Health, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran.

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2025-04-05]