مطالعه آزمایشگاهی استفاده از میدان‌های آکوستیکی با تراز فشار صوت بالا در حذف میست‌های اسیدسولفوریک از جریان هوا

اصغر صدیق زاده[۱]، محمد جواد جعفری[۲]، لیلا امیدی[۳]، حسن محمدپور[۴]

تاریخ دریافت: ۹۴/۰۶/۲۴ تاریخ ویرایش: ۹۴/۱۲/۱۲ تاریخ پذیرش: ۹۵/۰۲/۰۱

چکیده

زمینه و هدف: توسعه تکنیک‌های جدید در جهت کنترل آلودگی هوا، همواره از موضوعات مورد علاقه محققان می‌باشد. هدف از پژوهش حاضر، مطالعه آزمایشگاهی استفاده از میدان‌های آکوستیکی با تراز فشار صوت بالا در حذف میست‌های اسیدسولفوریک از جریان هوا است.

روش بررسی: در این مطالعه آزمایشگاهی از یک محفظه انباشت در مقیاس آزمایشگاهی استفاده شد. این مطالعه تحت امواج ایستا در گذر حجمی ۴۰ لیتر بر دقیقه، فرکانس تشدید ۸۵۲ هرتز، غلظت ورودی ۵- ۳۰ پی‌پی‌ام و تراز های فشار صوت ۱۱۵-۱۶۵ دسی‌بل انجام یافت. جهت بدست آوردن کارایی محفظه انباشت، غلظت‌های ورودی و خروجی محفظه انباشت با استفاده از روش استاندارد شماره ۸ سازمان حفاظت از محیط زیست آمریکا به طور ایزوکنتیک نمونه‌برداری و تعیین مقدار گردید. جهت آنالیز داده‌ها از نسخه ۲۲ بسته نرم‌افزاری SPSS استفاده شد.

یافته‌ها: نتایج حاصل از آزمایش ها نشان داد که با افزایش تراز فشار صوت در محفظه انباشت کارایی فیلتراسیون آکوستیکی به طور معنی‌داری افزایش یافت ($P=۰/۰۰۱$)، به طوریکه که میانگین کارایی فیلتراسیون آکوستیکی به ترتیب در تراز های فشار صوت ۱۱۵، ۱۳۵، ۱۵۵ و ۱۶۵ دسی‌بل برابر ۲۲/۷۵، ۴۲/۵۴، ۶۴/۲۷ و ۷۸/۶۹ درصد بدست آمد. نتایج آزمون آماری نشان داد که تفاوت معنی‌داری در میزان کارایی در محدوده‌های مختلف غلظت ورودی مورد مطالعه وجود نداشت ($P=۰/۹۸۵$).

نتیجه‌گیری: نتایج مطالعه حاضر تأثیر میدان‌های آکوستیکی در انعقاد آکوستیکی میست‌های اسید سولفوریک را ثابت نمود. به نظر می‌رسد استفاده از این روش رویکرد مناسبی برای حذف میست‌ها و کاهش سطوح انتشار این آلاینده به محیط زیست باشد.

کلیدواژه‌ها: میدان های آکوستیکی، میست اسید سولفوریک، غلظت، کارایی.

مقدمه

افراد در طی زندگی و به ویژه در محیط‌های کاری خود با عوامل زیان آور گوناگونی مواجهه می یابند. برخی از این مواد دارای خطرهای بهداشتی بالقوه زیادی برای سلامتی بوده و مواجهه با آنها می‌تواند سبب ایجاد اثرات مختلفی بر سلامتی شاغلین گردد (۱).

میست‌های اسیدی خصوصاً میست‌های اسید سولفوریک اثرات بسیار منفی بر روی محیط زیست و انسان دارند. میست‌های اسید سولفوریک در کوتاه مدت می‌توانند بر چشم، مخاط، مجرای بینی و تراشه‌ها تاثیر داشته باشد. در مواجهه های بلند مدت میست‌های اسید سولفوریک سبب خوردگی مزمن در بینی و برونش‌ها و مجاری تنفسی می شوند. میست‌های اسید سولفوریک به عنوان یک سرطانزای انسانی شناخته شده است و به طور خاص با سرطان حنجره و مجاری تنفسی در ارتباط است (۲ و ۳).

سازمان حفاظت از محیط زیست آمریکا انتشار میست‌های اسید سولفوریک در هوا را در سال ۲۰۰۱ از ۱۱۶۳ کارخانه گزارش نموده است. این کارخانه‌ها بیش از ۶۷ هزار تن اسید سولفوریک وارد محیط زیست کرده‌اند (۳). اسید سولفوریک به طور گسترده در صنایعی چون صنایع هسته‌ای (کانه‌آرایی)، ساخت مواد شیمیایی (تولید اسیدسولفوریک و نیتریک اسید)، صنایع

۱- دانشیار، گروه فیزیک، پژوهشکده پلاسما و گداخت هسته‌ای، پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای، سازمان انرژی اتمی، تهران، ایران.
۲- استاد، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران.
۳- دانشجوی دکتری، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران.
۴- (نویسنده مسئول) کارشناس‌ارشد، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، عضو کمیته تحقیقات دانشجویی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران
mohammadpour_hse@ymail.com

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-10-11]

تولید کود شیمیایی فسفاته و آمونیوم، پالایش نفت، صنایع مس و روی، صنایع باتری‌سازی و دیگر صنایع مورد استفاده قرار می‌گیرد (۴-۶).

انباشت آکوستیکی فرآیندی است که در آن فشار بالای امواج صوتی سبب ایجاد حرکت نسبی میان ذرات معلق موجود در گاز حامل و نهایتاً برخورد میان آنها می‌شود. ذرات جدید تولید شده دوباره با یکدیگر برخورد کرده و این روند در کسری از ثانیه بارها و بارها تکرار می‌شود. این برخوردها سبب می‌شود دامنه توزیع اندازه ذرات از مقدار کوچک موجود به مقدار قابل توجهی افزایش یابد و به این ترتیب احتمال جداسازی این ذرات در سیستم‌های متداول کنترل ذرات به شدت افزایش می‌یابد (۷-۹).

در فرآیند انعقاد آکوستیکی با شدت بالا، ساز و کارهای پیچیده‌ای برای برخورد ذرات وجود دارد. مهمترین این مکانیزم‌ها برهمکنش اورتوکینتیک، برهمکنش هیدرودینامیک و آشفتگی‌های آکوستیکی می‌باشد (۷ و ۱۰).

از مزیت‌های روش انباشت آکوستیکی می‌توان به عدم وابستگی آن به سایز ذرات مه و دود و غبار، کارایی تصفیه گاز مستقل از خصوصیات الکتریکی گازها، عدم محدودیت در شرایط وجود مواد خورنده و یا دما و فشار بالا و عدم وجود خطر انفجار یا ولتاژ بالا اشاره نمود. تجهیزات سیستم انباشت آکوستیکی ساده بوده و مصرف انرژی آن بسیار پایین است. همچنین هزینه راه اندازی اولیه سیستم بسیار پایین است (۱۱ و ۱۲).

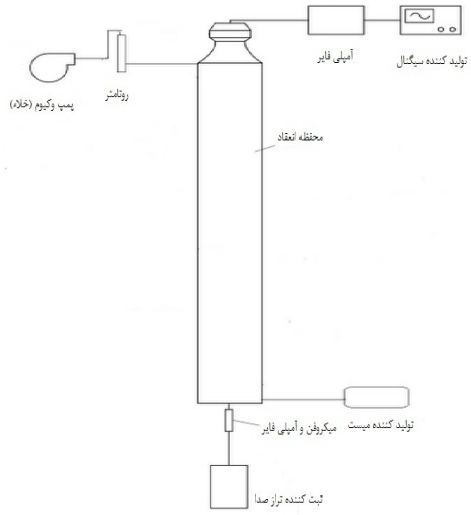
امروزه توسعه تکنیک‌های جدید و یا بهینه‌سازی تکنیک‌های موجود در کنترل آلودگی هوا به منظور هماهنگ شدن با قواعد و قوانین تدوین شده جدید که حد مجاز انتشار آلاینده ها را در اتمسفر مورد توجه قرار می‌دهد و نسبت به گذشته چه از نظر تعداد، تنوع و چه به لحاظ دقت گسترش روز افزونی یافته‌اند، همواره از موضوعات مورد علاقه محققان بوده است. هدف از مطالعه حاضر مطالعه آزمایشگاهی استفاده از میدان‌های آکوستیکی با تراز فشار صوت بالا در حذف میست‌های اسیدسولفوریک از جریان هوا است.

روش بررسی

در این مطالعه آزمایشگاهی از یک محفظه از جنس شیشه در مقیاس آزمایشگاهی به قطر داخلی ۴۸ میلی‌متر و قطر خارجی ۵۴ میلی‌متر به طول ۱/۵۳ متر استفاده شد (به دلیل سختی جنس شیشه، مرزهای محیطی rigid در نظر گرفته شد؛ بدین معنی که امواج پس از برخورد با این مرزها به طور کامل منعکس شده و در مرزها تداخل محیطی بوجود نخواهد آمد) و به همراه آن از دستگاه تولید میست (نبولایزر) التراسوند، روتامتر، دماسنج، فشار سنج (KIMO Micro manometer MP-202) و پمپ مکش (Air Compressor, Model No: TC-63) و همچنین یک سیستم تولید امواج آکوستیکی ایستا (آمپلی‌فایر (XPA 6010, ECHO CHANG)، مولد ایجاد سیگنال (ARMA AGA-101)، فرکانس‌سنج (FC-7011, South Korea)، تراز سنج صوت (CEL-450, CEL Instruments, USA)، و بلندگو (Compressur Driver ND-50B)) استفاده گردید (شکل ۱). دستگاه مولد سیگنال وظیفه ایجاد سیگنال در فرکانس‌های متفاوت و شکل موجی خاص را دارد. این دستگاه توانایی ایجاد فرکانس‌هایی از ۱ تا 10^6 هرتز را دارا می‌باشد. نظریه‌های موجود در مورد انعقاد و آزمایش‌ها نشان می‌دهد که بالاترین اثر امواج در فرکانس‌هایی است که حداکثر شدت صوتی ایجاد می‌گردد (۸). به این فرکانس‌ها، فرکانس تشدید می‌گویند که میزان آن تابع شکل هندسی محفظه‌هایی است که موج در آن انتشار می‌یابد. از این رو به منظور دستیابی به فرکانسی که در آن حداکثر شدت آکوستیکی ایجاد می‌گردد (فرکانس تشدید)، باید فرکانس‌های مختلف را آزمایش نمود. برای دستیابی به این هدف، فرکانس در محدوده فرکانس‌های به‌دست آمده از روابط تئوری تغییر داده شد و میزان تراز فشار صوت با استفاده از دستگاه اندازه‌گیری تراز فشار

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-10-11]

آکوستیکی تعیین گردید. فرکانس تشدید در این مطالعه ۸۵۲ هرتز بود. در این مطالعه کلیه اقدامات لازم به منظور اعتباربخشی و کالیبراسیون دستگاه‌ها صورت گرفت.



شکل ۱- نمای کلی چیدمان تجهیزات آزمایشگاهی

جهت تعیین کارایی محفظه انباشت، در حین انجام کلیه آزمایش ها، به طور همزمان غلظت ورودی و خروجی میست اسید سولفوریک محفظه تحت شرایط ایزوکنتیک با استفاده از روش استاندارد شماره ۸ سازمان حفاظت از محیط زیست آمریکا، به روش تیتراسیون با پرکلرات باریوم و معرف تورین بدست آمد (۱۳ و ۱۴).

سپس با استفاده از فرمول، کارایی محفظه با توجه به متغیرهای مورد مطالعه بدست آمد (۱۵-۱۷).

$$\eta_1 = \left(1 - \frac{N_1}{N_0}\right) \times 100\%$$

η=کارایی سیستم محفظه صوتی (٪)

N_0= غلظت آلاینده‌ها در ورودی (پی‌پی‌ام)

N_1= غلظت آلاینده‌ها در خروجی (پی‌پی‌ام)

جهت کنترل کیفی نمونه برداری، دقت و صحت نمونه برداری طبق دو ممیزی پیش‌آزمون و حین نمونه‌برداری بررسی و کنترل گردید. به این منظور، صحت روش آنالیز با کنترل نمونه‌ها و دقت نیز با تکرار هر دو نمونه کنترل و نمونه اصلی تعیین گردید. قابل قبول بودن دقت و صحت باید قبل از آنالیز نمونه اصلی در آنالیز نمونه کنترل به اثبات رسیده باشد. در این مطالعه روش تیتراسیون نمونه‌ها با استفاده از محلول سولفات آمونیوم و با دو بار تکرار جهت کنترل کیفی نمونه‌ها انجام گردید. بر همین اساس صحت حدود ۲±۱۰۰٪ و میزان دقت روش ۲٪ تعیین شد.

با مشخص شدن متغیرها و محدوده آن‌ها سعی گردید اثر هر کدام از آن‌ها بر میزان انعقاد و همچنین انباشت آکوستیکی بررسی گردد. از این رو، به منظور بررسی یک متغیر بقیه متغیرها، ثابت در نظر گرفته شد. گذر حجمی هوا بر اساس مقادیر گزارش شده در مطالعات گذشته انتخاب گردید (۱۸). همه آزمایش‌ها در دما و فشار هوای محیط یعنی دمای ۲۵ درجه سلسیوس و فشار هوای تقریبی ۸۳۰۰۰ پاسکال انجام شد. دامنه توزیع سایز میست اسیدسولفوریک در این مطالعه ۲۰-۰/۴ میکرون بود. اثر متغیر مستقل تراز فشار صوت در ۴ تراز شامل ۱۱۵، ۱۳۵، ۱۵۵ و ۱۶۵ دسی‌بل و غلظت‌های ورودی در سه دامنه شامل ۱۰-۵، ۲۰-۱۵ و ۳۰-۲۵ پی‌پی‌ام در فرکانس تشدید ۸۵۲ هرتز و گذر حجمی ۴۰ لیتر بر دقیقه با سه بار تکرار در هر آزمایش بر روی متغیر وابسته (غلظت خروجی میست اسید سولفوریک) با تحلیل واریانس بررسی شد. جهت آنالیز داده‌ها از نسخه ۲۲ بسته نرم‌افزاری SPSS استفاده شد.

یافته‌ها

اثر ترازهای فشار صوت مختلف بر کارایی فیلتراسیون آکوستیکی

اثر ترازهای فشار صوت مختلف بر کارایی فیلتراسیون آکوستیکی در حذف میست‌های اسید سولفوریک و تفاوت‌های آماری مشاهده شده بین ترازهای مختلف در جدول ۱ و شکل ۲ ارائه شده است. این آزمایش با هدف تأثیر ترازهای فشار صوت ۱۱۵، ۱۳۵، ۱۵۵ و ۱۶۵ دسی‌بل بر کارایی فیلتراسیون

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-10-11]

آکوستیکی در کاهش میست‌های اسید سولفوریک از جریان هوا انجام شد. با توجه به ثابت نگه‌داشتن متغیرهای گذر حجمی هوا، فرکانس تشدید و غلظت ورودی هوا و با سه بار تکرار، تعداد آزمایش‌ها در ۴ تراز فشار صوت ۳۶ مورد ثبت گردید.

جدول ۱- مقایسه آماری کارایی محفظه انباشت آکوستیکی در کاهش میست‌های اسیدسولفوریک در ترازهای مختلف فشار صوت

تراز فشار صوت (دسی‌بل)	میزان کارایی بر حسب درصد				P
	میانگین	خطای استاندارد	حداقل	حداکثر	
۱۱۵	۲۲/۷۵	۰/۹۶	۲۰/۹۸	۲۴/۳۰	۰/۰۰۱
۱۳۵	۴۲/۵۴	۱/۱۹	۴۱/۰۲	۴۴/۹۰	
۱۵۵	۶۴/۲۷	۰/۵۶	۶۳/۱۶	۶۵/۰۰	
۱۶۵	۷۸/۶۹	۱/۰۹	۷۶/۵۳	۸۰/۰۴	

نتایج حاصل از آزمایش‌ها نشان داد که میانگین کارایی فیلتراسیون آکوستیکی به ترتیب در ترازهای فشار صوت ۱۱۵، ۱۳۵، ۱۵۵ و ۱۶۵ دسی‌بل برابر ۲۲/۷۵، ۴۲/۵۴، ۶۴/۲۷ و ۷۸/۶۹ بدست آمد. نتایج آزمون آماری نشان داد که تفاوت معنی‌داری در میزان کارایی در ترازهای مختلف فشار صوت وجود دارد (P=۰/۰۰۱).

شکل ۲- تغییرات کارایی انباشت آکوستیکی در ترازهای مختلف فشار صوت

اثر غلظت‌های مختلف ورودی بر کارایی فیلتراسیون آکوستیکی

اثر غلظت‌های مختلف ورودی بر کارایی فیلتراسیون آکوستیکی در حذف میست‌های اسید سولفوریک و تفاوت‌های آماری مشاهده شده بین غلظت‌های مختلف در جدول ۲ و شکل ۳ ارائه شده است. از آنجایی‌که تولید مقدار ثابت آلودگی و دستیابی به میزان غلظت خاص آلاینده امری ناممکن می‌باشد، تراکم ورودی میست اسیدسولفوریک در سه "محدوده" (نه مقدار خاص) مورد آزمایش قرار گرفت. در این آزمون متغیرهای تراز فشار صوت، فرکانس تشدید و گذر حجمی هوا تا حد ممکن ثابت نگاه داشته شدند و فقط غلظت ورودی هوا در سه دامنه ۱۰-۵، ۲۰-۱۵ و۳۰-۲۵ پی‌پی‌ام توسط منبع تولید میست تنظیم گردید و اثر غلظت ورودی هوا بر روی کارایی فیلتراسیون آکوستیکی مورد بررسی قرار گرفت.

جدول ۲- مقایسه آماری کارایی محفظه انباشت آکوستیکی در کاهش میست‌های اسید سولفوریک در غلظت‌های مختلف ورودی

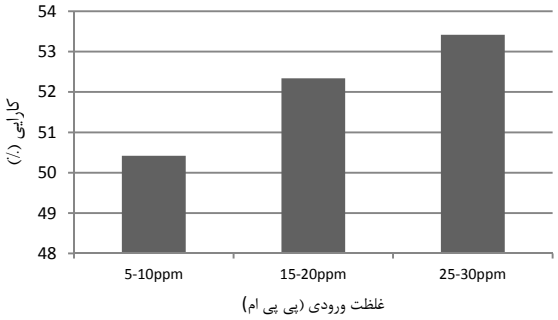
غلظت ورودی (پی‌پی‌ام)	میزان کارایی بر حسب درصد				P
	میانگین	خطای استاندارد	حداقل	حداکثر	
۵-۱۰	۵۰/۴۲	۱۲/۲۴	۲۰/۹۸	۷۶/۵۳	۰/۹۸
۱۵-۲۰	۵۲/۳۴	۱۲/۵۶	۲۲/۹۹	۷۹/۵۰	
۲۵-۳۰	۵۳/۴۲	۱۲/۰۲	۲۴/۳۰	۸۰/۰۴	

میانگین کارایی فیلتراسیون آکوستیکی به ترتیب در غلظت‌های ورودی ۱۰-۵، ۲۰-۱۵ و ۳۰-۲۵ لیتر بر دقیقه برابر ۵۰/۴۲، ۵۲/۳۴ و ۵۳/۴۲ بدست آمد. در این آزمایش بیش‌ترین کارایی با ۸۰/۰۴٪ در غلظت ورودی ۳۰-۲۵ پی‌پی‌ام و کم‌ترین کارایی با ۲۰/۹۸٪ در غلظت ورودی ۱۰-۵ پی‌پی‌ام حاصل گردید. نتایج آزمون آماری تفاوت معنی‌داری در میزان کارایی در محدوده‌های غلظت های مختلف ورودی نشان نداد (P=۰/۹۸۵).

بحث

یکی از روش‌های نوین در حذف ذرات و آلودگی هوا سیستم فیلتراسیون آکوستیکی با ترازهای فشار صوت بالا می‌باشد که از مزیت‌های این سیستم می‌توان به عدم محدودیت در کوچک بودن اندازه ذرات مه، دود و غبار، کارایی تصفیه گاز مستقل از خصوصیات الکتریکی گازها، امکان استفاده در شرایط وجود مواد خورنده و یا

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-10-11]



شکل ۳- تغییرات کارایی انباشت آکوستیکی در غلظت‌های مختلف ورودی

دما و فشار بالا، عدم وجود خطر انفجار یا ولتاژ بالا، ساده بودن تجهیزات سیستم انباشت آکوستیکی، مصرف انرژی پایین، هزینه راه اندازی اولیه و نگه‌داری پایین اشاره نمود (۷، ۱۲ و ۱۹).

نتایج مطالعات آزمایشگاهی انجام یافته نشان داد که افزایش تراز فشار صوت بدون هیچ محدودیتی منجر به انباشت آکوستیکی می‌گردد. افزایش تراز فشار صوت منجر به توربولانس و جابه‌جایی ذرات شده و در نتیجه منجر به افزایش شانس برخورد ذرات با یکدیگر، انعقاد و انباشت آکوستیکی می‌گردد. نتایج مطالعه حاضر همسو با نتایج دیگر مطالعات در رابطه با حذف ذرات با استفاده از انباشت آکوستیکی می‌باشد. در مطالعه‌ای که در سال ۲۰۰۹ توسط ژانگ لیو و همکاران و با هدف مطالعه آزمایشگاهی انباشت آکوستیکی ذرات خاکستر در فرکانس‌های پایین انجام پذیرفت، مشخص گردید که در ترازهای فشار صوت کمتر از ۱۳۲ دسی‌بل کارایی انعقاد آکوستیکی ناچیز بوده و به منظور دستیابی به انباشت آکوستیکی با کارایی بالاتر، به ترازهای فشار صوت بالاتر از ۱۴۰ دسی‌بل نیاز است (۸). همچنین در مطالعه دیگری که در سال ۲۰۱۵ توسط دانگ ژو و با هدف مطالعه آزمایشگاهی اولیه انباشت آکوستیکی ذرات ریز کوره‌های ذغال انجام پذیرفت، مشخص گردید که با کنترل فرکانس در محدوده ۱۰۰۰ تا ۲۴۰۰ هرتز، با افزایش تراز فشار صوت از ۱۳۳ تا ۱۴۴ دسی‌بل کارایی انباشت آکوستیکی به صورت خطی افزایش می‌یابد (۲۰). نتایج مطالعات گذشته همسو با نتایج مطالعه حاضر می‌باشد.

در این مطالعه زمان ماند میست‌های اسید سولفوریک در محفظه انباشت با توجه به حجم محفظه، ۶ ثانیه با گذر حجمی ۴۰ لیتر بر دقیقه بود.

یکی از پارامترهای مهم مورد بررسی در مطالعه حاضر اثر غلظت ورودی اسید سولفوریک بر راندمان حذف فیلتراسیون آکوستیکی بود. نتایج این آزمایش‌ها نشان داد که با افزایش دامنه‌های غلظت ورودی میست اسید سولفوریک، کارایی فیلتراسیون آکوستیکی افزایش یافت، اما این افزایش بین محدوده‌های غلظتی مورد بررسی، با توجه به آزمون‌های آماری معنی‌دار نبود (P=۰/۹۸۵). از مهم‌ترین دلایل افزایش کارایی فیلتراسیون آکوستیکی در اثر افزایش غلظت ورودی میست‌های اسید سولفوریک، می‌توان به کاهش فاصله بین میست‌های اسید سولفوریک و متعاقب آن افزایش شانس برخورد میست‌ها با یکدیگر اشاره نمود. نتایج مطالعه حاضر همسو با نتایج دیگر مطالعات می‌باشد. ژانگ لیو در مطالعه خود بر روی ذرات خاکستر نشان داد که با افزایش غلظت ورودی ذرات، به طور پیوسته انباشت آکوستیکی نیز افزایش پیدا نمود (۸). همچنین در مطالعه دیگری که توسط دانگ ژو و همکاران انجام پذیرفت مشخص گردید که افزایش غلظت ورودی آئروسل‌ها منجر به کوتاه‌تر شدن میانگین فاصله میان ذرات شد که به این ترتیب احتمال برخورد بین ذرات افزایش پیدا نمود. در مطالعه آنان کارایی انباشت آکوستیکی برای غلظت‌های ورودی ذرات cm^{-3} $۱/۳۳\times۱۰^{۵}$، $۲/۴۰\times۱۰^{۵}$، $۲/۷۷\times۱۰^{۵}$، $۳/۴۴\times۱۰^{۵}$ به ترتیب٪ ۸۹/۷، ٪ ۴۳/۲، ٪ ۳۴/۸ و ٪ ۲۹/۳ بدست آمد

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-10-11]

که نشان دهنده کاهش کارایی با کاهش غلظت ورودی ذرات بوده و همسو با نتایج مطالعه حاضر می‌باشد (۲۰).

نتیجه گیری

نتایج مطالعه حاضر که از پژوهش های پیشرو در زمینه فیلتراسیون آکوستیکی میست‌های اسید سولفوریک است، تأثیر میدان‌های آکوستیکی در انباشت آکوستیکی میست‌های اسید سولفوریک را ثابت نمود. به نظر می‌رسد استفاده از این روش رویکرد مناسبی برای حذف میست‌ها و کاهش سطوح انتشار این آلاینده به محیط زیست باشد. از جمله مهم‌ترین متغیرهای اثرگذار بر این فرآیند نیز می‌توان به تراز فشار صوت اشاره نمود.

تقدیر و تشکر

این مقاله حاصل اجرای طرح پژوهشی (پایان‌نامه) آقای حسن محمدپور به راهنمایی جناب آقای دکتر اصغر صدیق‌زاده و دکتر محمد جواد جعفری به شماره ۱۰۱/۱۱/۱۹۰۴۱۴۰ مصوب شورای پژوهشی پژوهشکده علوم و فنون هسته‌ای می‌باشد. نگارندگان مقاله مراتب تشکر و قدردانی خود را از معاونت پژوهشی پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای تهران به دلیل تأمین منابع مالی این طرح ابراز می‌دارند.

منابع

1. Jafari MJ, Khajevandi AA, Najarkola SAM, Yekaninejad MS, Pourhoseingholi MA, Omidi L, et al. Association of sick building syndrome with indoor air parameters. Tanaffos. 2015;14(1):55.

2. Herber RF, Duffus JH, Christensen JM, Olsen E, Park MV. Risk assessment for occupational exposure to chemicals. A review of current methodology (IUPAC Technical Report). Pure and Applied Chemistry. 2001;73(6):993-1031.

3. National Institute of Environmental Health Sciences. Report on carcinogens. US Department of Health and Human Services. Public Health Service, National Toxicology Program. 2005.

4. Eller PM. NIOSH manual of analytical methods. 4th edition. Cincination (OH): DIANE Publishing. 1994.

5. Bahadir T, Bakan G, Altas L, Buyukgungor H. The investigation of lead removal by biosorption: An application at storage battery industry wastewaters. Enzyme and Microbial Technology. 2007;41(1):98-102.

6. Wood S, Cowie A, editors. A review of greenhouse gas emission factors for fertiliser production. IEA bioenergy task; 2004.

7. Sadig Zadeh A. Étude de l'efficacité de captation des aérosols par un lit granulaire en l'absence et en présence d'ondes acoustiques: Paris 12; 1990.

8. Liu J, Zhang G, Zhou J, Wang J, Zhao W, Cen K. Experimental study of acoustic agglomeration of coal-fired fly ash particles at low frequencies. Powder Technology. 2009;193(1):20-5.

9. Guo Q, Yang Z, Zhang J. Influence of a combined external field on the agglomeration of inhalable particles from a coal combustion plant. Powder Technology. 2012;227:67-7.

10. Dong S, Lipkens B, Cameron T. The effects of orthokinetic collision, acoustic wake, and gravity on acoustic agglomeration of polydisperse aerosols. Journal of aerosol science. 2006;37(4):540-53.

11. Noorpoor A, Sadighzadeh A, Habibnejad H. Experimental Study on Diesel Exhaust Particles Agglomeration Using Acoustic Waves. International Journal of Automotive Engineering. 2012;2:252-60.

12. Asghar S. Increasing the efficiency of a pellet bed of acoustic waves. Journal of Nuclear Science and Technology of Iran. 1372;11(12):67-73.)Persian(

13. US Environmental Protection Agency. Method 8—Determination of sulfuric acid mist & sulfur dioxide emissions from stationary sources. Fed. Reg. 41754. 1977. http://www.epa.gov/ttnemc01/promgate/m-08.pdf (accessed October 16, 2013).

14. Zhang Y. Indoor air quality engineering: CRC press; 2004.

15. Jafari MJ, Omidi L, Azari MR, Massoudi Nejad MR, Namdari M. Raschig Rings Versus PVC as a Packed Tower Media in Scrubbing Ammonia from Air. Iranica Journal of Energy and Environment. 2014;5(3):270-6.

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-10-11]

16. Jafari M, Omidi L, Rezazadeh Azari M, Massoudi Nejad M, Namdari M. The comparison of ammonia removal from air by a wet scrubber packed with ceramic raschig rings and PVC. tkj. 2013; 5 (3) :11-19.)Persian(

17. Omidi L, Jafari M, Rezazadeh Azari M, MassoudiNejad M, Namdari M. Chemical Absorption of Ammonia from Air in a Packed Tower.J health. 2015; 6 (2):218-225.)Persian(

18. Noorpoor A, Sadighzadeh A, Habibnejad H. Influence of acoustic waves on deposition and coagulation of fine particles. International Journal of Environmental Research. 2012;7(1):131-8.

19. Sadigzadeh A. Air cleaning by low frequency acoustic wave. Journal of Aerosol Science. 1994;25:21-2.

20. Zhou D, Luo Z, Fang M, Xu H, Jiang J, Ning Y, et al. Preliminary Experimental Study of Acoustic Agglomeration of Coal-fired Fine Particles. Procedia Engineering.2015;102:1261-70.

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-10-11]

An experimental study on the use of acoustic fields at high sound pressure levels for the removal of sulfuric acid mist from the air stream

Asghar Sadighzadeh[1], Mohammad Javad Jafari[2], Leila Omidi[3], Hasan Mohammadpour[4]

Received: 2015/09/15 Revised: 2016/03/02 Accepted: 2016/04/20

Abstract

Background and aims: Development of new air pollution control techniques have always been the main concern of the researchers. The purpose of this experimental study was to investigate the effects of using acoustic fields at high sound pressure levels on the removal of sulfuric acid mist from the air stream.

Methods: In this experimental study, an experimental scale agglomeration chamber was used. This study was conducted using standing waves at a total flow rate of 40 l/min, resonance frequency of 852 Hz, concentration of sulfuric acid mist in the range of 5-30 ppm, and sound pressure level (SPL) in the range of 115-165 dB. In order to measure the concentration of sulfuric acid mist in the acoustic agglomeration chamber, the US Environmental Protection Agency (EPA) standard method 8 was used for sampling air isokinetically. The data were analyzed with SPSS 22 for Windows.

Results: The results showed that the removal efficiency of sulfuric acid mist in the acoustic agglomeration chamber significantly increased with increasing sound pressure level (P=0.001). The average efficiencies at 115, 135, 155, and 165 dB SPL were 22.75, 42.54, 64.27, and 78.69 percent, respectively. The results of statistical test did not show any significant differences in the removal efficiency of sulfuric acid mist in the acoustic agglomeration chamber at different input concentration ranges (P=0.985).

Conclusion: The results of this study indicate that acoustic fields have effects on agglomeration of sulfuric acid mists. It seems that the approach is appropriate for removing mists and reducing the level of emissions of contaminants into the environment.

Keywords: Acoustic fields, Sulfuric acid mist, Concentration, Efficiency.

1. Associate Professor, Department of Physics, School of Plasma Physics and Nuclear Fusion, Nuclear Science and Technology Research Institute, Atomic Energy Agency, Tehran, Iran.
2. Professor, Department of Occupational Health Engineering, School of Health, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran.
3. Ph.D. Student, Department of Occupational Health Engineering, School of Public Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran.
4. **(Corresponding author)** Msc, Department of Occupational Health Engineering, School of Health, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran. mohammadpour_hse@ymail.com

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-10-11]