مجله مهندسی بهداشت حرفه‌ای
دوره ۳، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۵
مقاله پژوهشی

ارزیابی ریسک انفجار گردوغبار قابل اشتعال در برخی از صنایع مرتبط در شهرستان شاهرود

زهرا مرادپور [۱]، سجاد فرهادی [۲]، صدف علی‌محمدی [۳]، مریم شیریان [۳]، اکرم اورسجی [۳]، قاسم حسام [۱،*]

[۱] مربی، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، مرکز تحقیقات سلامت محیط و کار، دانشگاه علوم پزشکی شاهرود، شاهرود، ایران
[۲] کارشناس ارشد، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران
[۳] کارشناس، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی شاهرود، شاهرود، ایران

* **نویسنده مسئول:** قاسم حسام، مربی، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، مرکز تحقیقات سلامت محیط و کار، دانشگاه علوم پزشکی شاهرود، شاهرود، ایران. ایمیل: ghasem_hesam@yahoo.com

DOI: 10.21859/johe-03024

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۵/۰۱/ ۲۹
تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۵/۰۶/۰۱

واژگان کلیدی:
گردوغبار
انفجار
ارزیابی ریسک
صنعت

تمامی حقوق نشر برای دانشگاه علوم پزشکی همدان محفوظ است.

چکیده

مقدمه: گردوغبار قابل اشتعال ذراتی هستند که وقتی در هوا تحت شرایط خاصی پراکنده می‌شوند خطر انفجار را به همراه دارند. پراکندگی ذرات گردوغبار در مقدار و غلظت کافی می‌تواند سبب احتراق سریع و انفجار شود. هدف از این مطالعه ارزیابی ریسک گردوغبار قابل اشتعال در برخی از صنایع مرتبط در شهرستان شاهرود بود.

روش کار: در این مطالعه از روش NIOSH ۰۵۰۰ جهت بررسی غلظت گردوغبار در کارخانه‌های موردبررسی، استفاده شد. سپس جهت بررسی ریسک جرقه‌زنی، ارزیابی ریسک به روش تجزیه‌وتحلیل حالات خطر و اثرات ناشی از آن (FMEA) صورت پذیرفت. همچنین منابع اصلی احتمالی انفجار ثانویه نیز توسط مشاهده و مصاحبه با مدیران و سرپرستان مشخص شد.

یافته‌ها: نتایج بررسی غلظت گردوغبار قابل‌انفجار در بین صنایع موردبررسی نشان داد بیشترین تولید گردوغبار مربوط به صنایع PVC با غلظت ۴۳ ± ۷۴ میلی‌گرم بر مترمکعب می‌باشد. نتایج ارزیابی ریسک FMEA نیز نشان داد وسایل و تجهیزات انتقال مواد، خشک‌کن‌ها، تجهیزات برشکاری و سوراخ‌کاری، موتورها و تابلو برق‌ها از پر ریسک ترین وسایل و تجهیزات در ایجاد جرقه و اشتعال می‌باشند. همچنین بررسی‌ها نشان داد، سیلوها با ظرفیت نگهداری بالایی که دارند می‌توانند مهم‌ترین منابع احتمالی انفجار ثانویه باشند.

نتیجه‌گیری: نتایج این مطالعه نشان داد غلظت گردوغبار قابل‌انفجار نسبت به حداقل غلظت قابل‌انفجار بسیار پایین می‌باشد ولی با توجه به منابع وسیع جرقه‌زنی و منابع بزرگ ذخیره‌سازی محصولات پودری که وجود دارد، توجه به انفجار گردوغبار در برخی از این صنایع، بسیار حائز اهمیت می‌باشد.

مقدمه

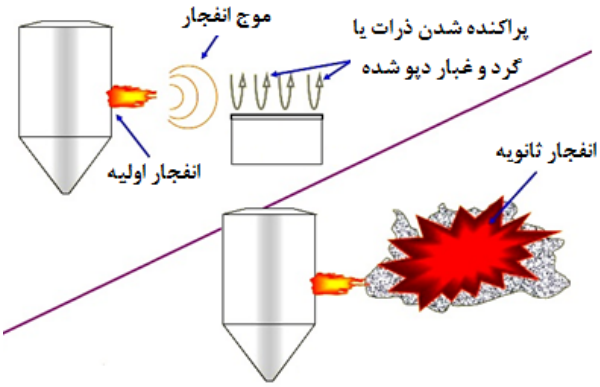
علاوه بر مثلث شناخته‌شده آتش یعنی اکسیژن، حرارت و منبع سوخت، پراکندگی ذرات گردوغبار در مقدار و غلظت کافی می‌تواند سبب احتراق سریع و شناخته‌شده‌ای به‌عنوان شعله‌وری انفجاری شود. اگر این رویداد توسط یک محفظه مثل ساختمان، اتاق، ظروف و یا تجهیزات فرایند محدود شود، می‌تواند منجر به افزایش فشار و انفجار شود. این پنج عنصر (اکسیژن، حرارت، سوخت، پراکندگی و فضای محبوس کننده) به‌عنوان پنج‌ضلعی انفجار گردوغبار شناخته‌شده‌اند[۱, ۲]. گردوغبار قابل اشتعال ذرات بسیار ریزی هستند که وقتی در هوا تحت شرایط خاصی پراکنده می‌شوند خطر انفجار را به همراه دارند. انفجار گردوغبار زمانی اتفاق می‌افتد که یک توده شناور گردوغبار مخلوط با هوا توسط یک عامل شروع‌کننده دریک محفظه بسته مشتعل شده و فشار گازهای حاصل از اشتعال به‌شدت افزایش یابد [۱, ۲]. خطر انفجار گردوغبار قابل اشتعال در صنایع مختلفی ازجمله مواد شیمیایی، مواد غذایی (مثل آب‌نبات، شکر، ادویه، نشاسته، آرد و علوفه) غلات، کود، تنباکو، لاستیک و پلاستیک، کاغذ و کارتن، چوب و مبلمان، منسوجات، آفت‌کش‌ها، مواد دارویی،

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-06-13]
[DOI: 10.21859/johe-03024]

رنگ، زغال‌سنگ، فلز (مثل آلومینیوم، کروم، آهن، منیزیم، روی)، عملیات بازیافت و .... وجود دارد [۱].

انفجار گردوغبار می‌تواند سبب رویدادهای فاجعه‌بار از دست دادن زندگی، صدمات و تخریب ساختمان‌ها شود. انجمن ایمنی شیمیایی و بررسی خطر آمریکا، ۲۸۱ حادثه ناشی از گردوغبار قابل اشتعال را در سال‌های ۱۹۸۰ تا ۲۰۰۵ بررسی کرد که این حوادث سبب مرگ ۱۱۹ کارگر، صدمه به ۷۱۸ نفر و آسیب گسترده به تأسیسات صنعتی متعدد شده است [۳, ۴]. ۱۱۵ کشته و ۲۰۰۰ زخمی در معدن زغال‌سنگ هلند، ۵۸ کشته و ۱۷۷ زخمی در کارخانه نساجی چین، ۴۳ کشته در کارخانه ذرت آمریکا، ۳۶ کشته و ۱۰ زخمی در کارخانه غلات آمریکا، ۱۴ کشته و ۳۶ زخمی در کارخانه شکر آمریکا، ۶ کشته و ۳۸ زخمی در کارخانه پلی‌اتیلن آمریکا، ۵ کشته و ۲۲ زخمی در کارخانه لاستیک ژاپن، ۴ کشته و ۳۷ زخمی در کارخانه آرد لندن و ۵ کشته و ۲ زخمی در کارخانه آلومینیوم نروژ، تنها نمونه‌هایی از خسارات انفجار گردوغبار قابل اشتعال می‌باشد. در بسیاری از این حوادث، کارفرما و کارگران از وجود خطر انفجار گردوغبار قابل اشتعال، غافل بوده‌اند [۵]. در مطالعه‌ای که عبادت و همکاران (۲۰۱۰) جهت بررسی ریسک انفجار گردوغبار قابل اشتعال انجام داده‌اند نتایج نشان داد، ۴ عامل شناسایی مکان‌های تجمع گردوغبار قابل اشتعال، مشخص کردن ویژگی‌های انفجاری گردوغبار، شناسایی منابع بالقوه جرقه‌زنی و طراحی سیستم به‌گونه‌ای که انتشار گردوغبار به حداقل برسد از عوامل مهم در کنترل ریسک انفجار می‌باشد [۴].

اداره ایمنی و بهداشت حرفه‌ای (OSHA) هنگام اعمال تجدیدنظر در استاندارد مدیریت مواد شیمیایی خطرناک، ذرات قابل‌انفجار را جزء مواد شیمیایی خطرناک تعریف نموده است. مواد شیمیایی نظیر گردوغبارهای قابل اشتعال باید دارای برگه‌های اطلاعات ایمنی مواد شیمیایی (MSDS: Material Safety Data Sheet) و برچسب‌گذاری مناسب باشند. افرادی که در معرض گردوغبارهای قابل اشتعال قرار می‌گیرند باید بر اساس استاندارد مدیریت مواد خطرناک، آموزش لازم را در این زمینه دیده باشند [۴, ۶]. انفجار اولیه یا اصلی در تجهیزات فرایندی در یک منطقه که گردوغبار در آن تجمع پیداکرده است ممکن است گردوغبار تجمع یافته بیشتری را در هوا رها سازد یا سبب آسیب به یک سیستم محدودکننده (مثل لوله، ظروف یا سیستم جمع‌آوری‌کننده گردوغبار) شود. درنتیجه گردوغبار انباشته‌شده، در هوا پراکنده می‌شود و ممکن است سبب یک یا چند انفجار ثانویه شود (تصویر ۱). این انفجارها به دلیل افزایش غلظت گردوغبار پراکنده‌شده، می‌تواند مخرب‌تر از انفجار اولیه باشد. بسیاری از مرگ‌ومیرها و صدمات در حوادث گذشته به دلیل انفجارهای ثانویه می‌باشد [۱, ۵].



تصویر ۱: نمای شماتیک انفجار ثانویه گردوغبار قابل‌انفجار

صنایعی که تولید گردوغبار قابل اشتعال می‌کند در ایران بسیار زیاد می‌باشد و اطلاعات کارگران و سرپرست‌ها در مورد گردوغبار قابل اشتعال و ریسک انفجار آن بسیار محدود می‌باشد. شهرستان شاهرود نیز دارای صنایع بسیاری می‌باشد که برخی از این صنایع ازجمله صنایع پلاستیک، چوب و کاغذ، آرد، خوراک دام، ذرت، نساجی، قند و شکر و صنایع فلزی، گردوغبار قابل اشتعال تولید می‌کنند و ریسک انفجار در این صنایع وجود دارد. بر این اساس مطالعه حاضر باهدف ارزیابی ریسک گردوغبار قابل‌انفجار در برخی از صنایع مرتبط در شهرستان شاهرود انجام‌شده است.

روش کار

این مطالعه به‌صورت مقطعی در شهرستان شاهرود صورت پذیرفت. غلظت گردوغبار در کارخانه‌های موردبررسی با استفاده از روش NIOSH ۰۵۰۰ که هم برای سنجش غلظت گردوغبار کل در منطقه تنفسی افراد و هم برای سنجش غلظت محیطی گردوغبار استفاده می‌شود، اندازه‌گیری شد. بر اساس این روش، نمونه‌برداری توسط پمپ و فیلتر ۳۷ میلی‌متری PVC انجام شد. دبی پمپ نمونه‌بردار بر روی ۲ لیتر بر دقیقه تنظیم گردید و با توجه به حجم هوای عبوری موردنیاز که طبق روش ۷ تا ۱۳۳ لیتر می‌باشد، مدت‌زمان نمونه‌برداری ۳۰ دقیقه تعیین گردید. پس از نمونه‌برداری، نمونه‌ها به آزمایشگاه انتقال داده شد و غلظت گردوغبار در محل‌های موردبررسی، بر اساس روش وزن سنجی و با استفاده ترازو آزمایشگاهی مدل KERN۷۷۰ محاسبه گردید. تعداد کارخانه‌هایی که برای نمونه‌برداری انتخاب شدند با توجه به تعداد کل کارخانه‌هایی که گردوغبار قابل‌انفجار منتشر می‌کنند و سطح اطمینان ۹۵ درصد، با استفاده از نرم‌افزار Stata، ۱۶ عدد محاسبه گردید.

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-06-13]

[DOI: 10.21859/johe-03024]

تعداد نمونه‌ها در هر کارخانه نیز بر اساس قانون سه نسخهٔ، سه نمونه اصلی و یک نمونه شاهد بوده است [۷] که نمونه‌های اصلی در پرغبارترین محل‌های کارخانه جمع‌آوری‌شده‌اند. جهت بررسی ریسک جرقه‌زنی نیز ارزیابی ریسک به روش تجزیه‌وتحلیل حالات خطر و اثرات ناشی از آن (FMEA) صورت پذیرفت.ارزیابی ریسک به روش FMEA رویکردی گام‌به‌گام برای شناسایی حالا بالقوه خرابی و شکست در فرآیند طراحی و تولید یک کالا یا ارائه یک خدمت و روشی سیستماتیک و سازمان‌یافته برای بررسی حالات شکست در سیستم می‌باشد [۸]. پس از انجام ارزیابی ریسک FMEA، ریسک‌های جرقه‌زنی از دیگر ریسک‌ها جدا گردید و نمره اولویت هر ریسک (RPN) با ضرب سه عدد احتمال، شدت و تشخیص محاسبه گردید و از بین آن‌ها ریسک‌های با بالاترین نمره اولویت ریسک انتخاب شدند. همچنین منابع اصلی احتمالی انفجار ثانویه نیز توسط مشاهده و مصاحبه با مدیران و سرپرستان مشخص شد. درنهایت بر اساس غلظت گردوغبار اندازه‌گیری شده توسط نمونه‌برداری، سطح ریسک جرقه‌زنی محاسبه‌شده توسط FMEA، منابع اصلی احتمالی انفجار ثانویه و شاخص شدت انفجار (Kst)که برای هر آلاینده‌ای محاسبه‌شده و در متون مختلف آمده است، نتایج تحلیل گردید.

یافته‌ها

نتایج ارزیابی غلظت گردوغبار قابل‌انفجار در جدول شماره ۱ ارائه‌شده است. نتایج نشان داد بیشترین میزان تولید گردوغبار قابل‌انفجار در بین صنایع موردبررسی مربوط به صنایع پلاستیک می‌باشد. صنایع کارتن‌سازی، آرد و چوب در رتبه‌های بعدی قرارگرفته‌اند. مقایسه غلظت گردوغبار قابل‌انفجار با حداقل غلظت قابل اشتعال نیز نشان داد، غلظت‌های اندازه‌گیری شده بسیار پایین‌تر از حداقل غلظت قابل اشتعال می‌باشند.

منابع اصلی دپوی ذرات و گردوغبار که می‌توانند منبع انفجار ثانویه باشد به همراه ظرفیت نگهداری در جدول شماره ۲ آمده است. نتایج نشان می‌دهد سیلوها با ظرفیت نگهداری بالایی که دارند می‌توانند مهم‌ترین منابع احتمالی انفجار ثانویه باشند.

جدول ۱: نتایج ارزیابی غلظت گردوغبار در صنایع موردبررسی و مقایسه نتایج با حداقل غلظت قابل اشتعال

نام صنعت	نوع گردوغبار تولیدی	تعداد کارخانه‌های موردبررسی	غلظت گردوغبار (g/m³)	حداقل غلظت قابل اشتعال (g/m³)	K_{St}
صنایع پلاستیک	PVC	۳	۰/۰۷۴ (۰/۰۴۳)	۲۰۰	ST۱*
صنایع کارتن‌سازی	کاغذ	۱	۰/۰۵۸ (۰/۰۱۵)	۶۰	ST۲**
صنایع آرد	آرد	۲	۰/۰۵۲ (۰/۰۳۱)	۶۰	ST۱
صنایع چوب	چوب	۱	۰/۰۴۴ (۰/۰۱۸)	-	ST۲
صنایع خوراک دام	گندم	۱	۰/۰۳۱ (۰/۰۱۲)	۸۰	ST۱
صنایع ذرت	نشاسته	۱	۰/۰۲۷ (۰/۰۱۵)	-	ST۲
صنایع نساجی	پنبه	۱	۰/۰۱۷ (۰/۰۱۱)	۱۰۰	ST۱
صنایع فلزی	آلومینیوم	۴	۰/۰۱۵ (۰/۰۱۲)	۳۰	ST۳***
صنعت قند و شکر	قند	۲	۰/۰۰۷ (۰/۰۰۷)	۲۰۰	ST۱

*St۱: قابلیت انفجاری ضعیف
**St۲: قابلیت انفجاری قوی
***St۳: قابلیت انفجاری بسیار قوی

جدول ۲: منابع اصلی دپوی ذرات و گردوغبار

نام صنعت	منبع	ظرفیت نگهداری (تن)
صنایع پلاستیک	دستگاه خردکن (crasher)	۰/۱-۰/۱۵
صنایع کارتن‌سازی	دستگاه خردکن (sheridder)	۰/۱-۰/۲
صنایع آرد	سیلوها	۱۰۰-۲۰۰
صنایع چوب	جمع‌آوری‌کننده گردوغبار	۰/۰۲-۰/۰۵
صنایع خوراک دام	سیلوها	۲۰-۵۰
صنایع ذرت	سیلوها	۱۰۰-۱۵۰
صنایع نساجی	دستگاه حلاجی	۰/۲-۰/۵
صنایع فلزی	جمع‌آوری‌کننده گردوغبار	۰/۰۳-۰/۰۵
صنعت قند و شکر	جمع‌آوری‌کننده گردوغبار	۰/۰۲-۰/۰۵

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-06-13]
[DOI: 10.21859/johe-03024]

نتایج ارزیابی ریسک FMEA جهت شناسایی نقاط با ریسک بالای جرقه‌زنی و اشتعال در جدول شماره ۳ آمده است. نتایج نشان می‌دهد تجهیزات انتقال مواد، خشک‌کن‌ها، تجهیزات برشکاری و سوراخ‌کاری، موتورها و تابلو برق‌ها از خطرناک‌ترین تجهیزات در ایجاد جرقه و اشتعال می‌باشند.

جدول ۳: نتایج ارزیابی ریسک FMEA جهت شناسایی نقاط با ریسک بالای جرقه‌زنی

نام صنایع	تجهیزات	RPN
صنایع پلاستیک	مارپیچ انتقال	۲۸۰
صنایع کارتن‌سازی	خشک‌کن	۳۶۰
صنایع آرد	موتورها	۴۲۰
صنایع چوب	تابلو برق	۳۰۰
صنایع خوراک دام	نوار نقاله	۲۸۰
صنایع ذرت	تابلو برق	۳۰۰
صنایع نساجی	تابلو برق	۳۰۰
صنایع فلزی	برشکاری و سوراخ‌کاری	۴۸۰
صنعت قند و شکر	خشک‌کن	۲۰۰

بحث

این مطالعه باهدف ارزیابی ریسک گردوغبار قابل‌انفجار در برخی از صنایع مرتبط در شهرستان شاهرود صورت پذیرفت. نتایج نشان داد که غلظت گردوغبار قابل‌انفجار در صنایع موردبررسی بسیار پایین‌تر از حداقل غلظت قابل‌انفجار یا اشتعال می‌باشد. بااین‌حال بیشترین غلظت گردوغبار قابل‌انفجار در صنعت پلاستیک و از نوع PVC بوده است. یکی از واحدهای صنعت PVC عمل بازیافت محصولات معیوب را بر عهده دارد و محصولات معیوب را پس از خرد شدن، مجدداً وارد چرخه تولید می‌کند. عمل خرد شدن، مخلوط کردن و انتقال مواد پودری جهت استفاده مجدد، سبب تولید گردوغبار زیادی می‌گردد. عدم کنترل منافذ انتشار گردوغبار، عدم استفاده از تهویه موضعی مناسب و عدم نظافت روزانه سطوح سبب پراکنده شدن گردوغبار در هوای محیط و تجمع گردوغبار بر روی سطوح می‌گردد که در صورت افزایش غلظت می‌تواند در اثر ایجاد جرقه توسط تجهیزات، سبب انفجار گردد. وردربروگن (۲۰۱۱) علت انفجار در کارخانه تولید قند و شکر در شهر ونت ورس آمریکا را موردبررسی قرار داد و نتایج نشان داد ۵ عامل نظافت نامناسب محیط کار، وجود مکان‌هایی برای انباشته شدن گردوغبارها، طراحی نامناسب تجهیزات انتقال شکر، ریسک جرقه‌زنی در نوار نقاله و عدم وجود سیستمی برای کنترل انفجار اولیه از مهم‌ترین عوامل انفجار در این صنعت بوده است [۹]. در صنعت قند و شکر موردبررسی در مطالعه حاضر نیز تمامی عوامل ایجادکننده انفجار که در مطالعه وردربروگن ذکرشده است، یافت می‌شد.

نتایج مقایسه شاخص شدت انفجار (Kst) در بین گردوغبارهای موردبررسی نیز نشان داد گردوغبار آلومینیوم با Kst برابر ۴۱۵ و درجه قابلیت انفجاری بسیار قوی، از خطرناک‌ترین گردوغبارهای موجود در صنایع موردبررسی می‌باشد که در صورت افزایش غلظت می‌تواند سبب انفجاری قوی شود. مولینگ (۲۰۱۲) و همکاران در مطالعه‌ای که بر روی گردوغبار قابل‌انفجار آلومینیوم انجام دادند، گردوغبار آلومینیوم را یکی از خطرناک‌ترین گردوغبارهای قابل‌انفجار معرفی کردند نتایج نشان داد ۴ پارامتر اندازه و غلظت گردوغبار آلومینیوم، میزان اکسیژن و اکسیداسیون، انرژی اشتعال اولیه و حالت انتشاری گردوغبار، از عوامل مهم در انفجار این گردوغبار می‌باشد [۱۰]. نتایج حاصل از بررسی منابع اصلی دپوی ذرات و گردوغبار که می‌تواند منجر به انفجار ثانویه گردد نشان داد سیلوها با ظرفیت نگهداری بالایی که دارند می‌توانند مهم‌ترین منابع احتمالی انفجار ثانویه باشند. ظرفیت نگهداری مواد پودری در برخی از سیلوها مانند سیلوهای ذخیره آرد، در حدود ۲۰۰ تن می‌باشد و درصورتی‌که موج انفجار اولیه بتواند این مخزن را متلاشی کند حجم عظیمی از گردوغبار قابل‌انفجار در محیط پراکنده می‌شود و انفجار این حجم از گردوغبار می‌تواند سبب تخریب بخشی از کارخانه یا حتی کل کارخانه شود. وردربروگن (۲۰۱۱) علت اصلی تخریب صددرصدی کارخانه تولید قند و شکر را انفجار ثانویه گزارش کرده است که ناشی از رسیدن موج انفجار به ۳ سیلوی بزرگ ذخیره شکر بوده است [۹]. جمع‌آوری‌کننده‌های گردوغبار، دستگاه خردکن و دستگاه حلاجی از دیگر تجهیزات مهمی هستند که می‌توانند در صنایع موردبررسی سبب انفجار اصلی شوند. در مطالعه‌ای که یوان و همکاران (۲۰۱۵) جهت بررسی تجهیزات درگیر در انفجار گردوغبار در صنایع مختلف انجام داده‌اند نتایج نشان داد مهم‌ترین عامل انفجار اصلی در صنایع غذایی، سیلوها، در صنایع فلزی و چوب، جمع‌آوری‌کننده‌های گردوغبار و در صنایع پلاستیک، خردکن‌ها می‌باشد که نتایج این مطالعه کاملاً منطبق با نتایج مطالعه حاضر می‌باشد [۱۱].

نتایج حاصل از ارزیابی ریسک FMEA نیز نشان داد، تجهیزات انتقال مواد، خشک‌کن‌ها، تجهیزات برشکاری و سوراخ‌کاری، موتورها و تابلو برق‌ها از پر ریسک‌ترین تجهیزات در ایجاد

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-06-13]

[DOI: 10.21859/johe-03024]

جرقه و اشتعال می‌باشند که تجهیزات و عمل برشکاری و سوراخ‌کاری در صنایع فلزی با ایجاد جرقه‌های بسیار در نقطه‌ای که گردوغبار فلزی نیز آزاد می‌گردد، بیشترین عدد اولویت ریسک را به خود اختصاص داد. تاواوو (۲۰۱۲) در مطالعه‌ای عوامل اصلی تأمین‌کننده جرقه و حرارت جهت شروع آتش‌سوزی و انفجار را موردبررسی قراردادند که نتایج نشان داد جرقه ناشی از ضربه با ۲۵ درصد، افزایش حرارت درونی با ۱۱ درصد، جرقه ناشی از اصطکاک با ۹ درصد، جرقه ناشی از الکتریسیته با ۹ درصد و شعله باز با ۸ درصد از مهم‌ترین عوامل تأمین‌کننده جرقه و حرارت جهت شروع آتش‌سوزی و انفجار می‌باشند. نتایج این مطالعه همچنین نشان داده است که سیلوها، سیستم‌های جمع‌آوری‌کننده گردوغبار، تجهیزات خردکننده، سیستم‌های انتقال مواد، خشک‌کن‌ها، کوره‌ها، میکسرها و تجهیزات صیقل دهنده به ترتیب از مهم‌ترین تجهیزات درگیر در انفجار گردوغبار می‌باشند [۱۲]. نتایج این مطالعه نیز با نتایج مطالعه حاضر همخوانی نزدیک دارد. داشتن اطلاعات اندازه ذرات پراکنده‌شده در هوای صنایع مختلف نیز می‌تواند در بررسی احتمال انفجار این گردوغبار کمک‌کننده باشد و اطلاعات دقیق‌تری برای ارزیابی ریسک در اختیار تیم ارزیاب قرار دهد. در مطالعه حاضر اندازه ذرات موردبررسی قرار نگرفت که می‌تواند به‌عنوان محدودیت این مطالعه مطرح گردد.

نتیجه‌گیری

در این مطالعه غلظت گردوغبار قابل‌انفجار و خطر انفجار در برخی از صنایع با ریسک بالای شاهرود موردبررسی قرار گرفت. نتایج این مطالعه نشان داد غلظت گردوغبار قابل‌انفجار نسبت به حداقل غلظت قابل‌انفجار بسیار پایین می‌باشد ولی با توجه به منابع وسیع جرقه‌زنی که وجود دارد و عدد ریسک بالای این منابع جرقه‌زنی، توجه به انفجار گردوغبار در برخی از این صنایع، بسیار حائز اهمیت می‌باشد. همچنین بررسی منابع احتمالی انفجار ثانویه نیز نشان داد ریسک انفجار ثانویه در صنایعی که دارای سیلوهای بزرگ جهت ذخیره‌سازی محصولات پودری می‌باشند بسیار بالا می‌باشد.

سپاسگزاری

این مقاله حاصل طرح تحقیقاتی دانشجویی با کد اخلاق IR.SHMU.REC.۱۳۹۴,۱۳۹ است که با حمایت دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی شاهرود اجرا شده است.

REFERENCES

1. Amyotte PR, Eckhoff RK. Dust explosion causation, prevention and mitigation: An overview. J Chem Health Saf. 2010;17(1):15-28. DOI: 10.1016/j.jchas.2009.05.002
2. Hassan J, Khan F, Amyotte P, Ferdous R. A model to assess dust explosion occurrence probability. J Hazard Mater. 2014;268:140-9. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2014.01.017 PMID: 24486616
3. Blair AS. Dust explosion incidents and regulations in the United States. J Loss Prev Process Ind. 2007;20(4-6):523-9. DOI: 10.1016/j.jlp.2007.03.012
4. Ebadat V. Dust explosion hazard assessment. J Loss Prev Process Ind. 2010;23(6):907-12. DOI: 10.1016/j.jlp.2010.05.006
5. Abbasi T, Abbasi SA. Dust explosions-cases, causes, consequences, and control. J Hazard Mater. 2007;140(1-2):7-44. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2006.11.007 PMID: 17194531
6. Joseph G, Team CSBHI. Combustible dusts: a serious industrial hazard. J Hazard Mater. 2007;142(3):589-91. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2006.06.127 PMID: 16971043
7. Lodge JP. Methods of Air Sampling and Analysis. 3rd ed: CRC Press; 1988.
8. Cody RJ. Anticipating risk for human subjects participating in clinical research: application of Failure Mode and Effects Analysis. Cancer Invest. 2006;24(2):209-14. DOI: 10.1080/07357900500524678 PMID: 16537191
9. Vorderbrueggen JB. Imperial sugar refinery combustible dust explosion investigation. Process Saf Prog. 2011:n/a-n/a. DOI: 10.1002/prs.10445
10. Maoling L. Research on Protection Measures and Explosion about Aluminum Dust. Procedia Eng. 2012;43:516-8. DOI: 10.1016/j.proeng.2012.08.089
11. Yuan Z, Khakzad N, Khan F, Amyotte P. Dust explosions: A threat to the process industries. Process Saf Environ Prot. 2015;98:57-71. DOI: 10.1016/j.psep.2015.06.008
12. Taveau J. Secondary dust explosions: How to prevent them or mitigate their effects? Process Saf Prog. 2012;31(1):36-50. DOI: 10.1002/prs.10478

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-06-13]

[DOI: 10.21859/johe-03024]

Journal of Occupational Hygiene Engineering **Original Article**

No 10, Volume 3, Issue 2

Risk Assessment of Combustible Dust Explosions in Some Related Industries in Shahroud

Zahra Moradpour [1], Sajjad Farhadi [2], Sadaf Alimohammadi [3], Maryam Shirian [3], Akram Avarseji [3], Ghasem Hesam [1,*]

[1] Instructor, Department of Occupational Health Engineering, Occupational and Environmental Health Research Center, Shahroud University of Medical Sciences, Shahroud, Iran
[2] MSc, Department of Occupational Health Engineering, School of Public Health, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran
[3] BSc, Department of Occupational Health Engineering, School of Public Health, Shahroud University of Medical Sciences, Shahroud, Iran

** Corresponding author: Ghasem Hesam, Instructor, Department of Occupational Health Engineering, Occupational and Environmental Health Research Center, Shahroud University of Medical Sciences, Shahroud, Iran. E-mail: Ghasem_hesam@yahoo.com*

DOI: 10.21859/johe-03024

Received: 17.04.2016

Accepted: 22.08.2016

Keywords:
Dust
Explosion
Risk Rssessment
Industry

How to Cite this Article:
Moradpour Z, Hesam G, Farhadi S, Alimohammadi S, Shirian M, Avarseji A. Risk Assessment of Combustible Dust Explosions in Some Related Industries in Shahroud. J Occup Hyg. 2016;3(2):27-32. DOI: 10.21859/johe-03024

© 2016 Hamedan University of Medical Sciences.

Abstract

Intoduction: Combustible dust particles when dispersed in the air under special conditions have a risk of explosion. Distribution of dust particles in sufficient amount and concentration can cause rapid ignition and explosion. The aim of this study was to assess the risk of combustible dust explosions, in the some related industries in shahroud.

Methods: To evaluate dust concentration, the NIOSH 0500 method was used. To determine the combustion risk, risk assessment was conducted using the Failure Mode Effects Analysis (FMEA). The main sources of possible secondary explosion were determined by observation and interviews with managers and supervisors.

Results: The concentration of combustible dust in industries showed that the most explosive dust generation was related to the PVC industry with a concentration of 43 ± 74 mg per cubic meter. The FMEA risk assessment results also showed that the most risky equipment in creating sparks and combustion include conveyors, dryers, cutting and drilling equipment, motors and switchgear lightning. Also, the study showed silos with their high storage capacity can be the most likely sources of secondary explosions.

Conclusions: This study showed that combustible dust concentration is much lower than the minimum explosive concentration. However, due to the existence of combustion vast resources and huge storage resources of powder products, dust explosion in some of these industries is very important.

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-06-13]

[DOI: 10.21859/johe-03024]