

## ایمنی ذرات قابل احتراق

بنظر نمی رسد که ذرات گردوغبار به تنهایی قابل انفجار باشد. اما هر نوع ماده قابل احتراق (وبعضی از مواد که در شرایط معمول غیرقابل احتراق محسوب میگردند) وقتی که ساختار ذره ای پیدا می کنند یا به فرم پودری در می آیند به سرعت دچار حریق میگردند. گرد غلات، کودهای شیمیایی، شکر، زغال و بعضی از فلزات مانند آلومینیوم، منیزیم و کروم در حالت پودری نمونه هایی از گردانفجار ها می باشند.

در صورتیکه این ذرات در یک فضای بسته باغلظت مناسب و بصورت معلق درآیند قابلیت انفجار پیدا میکنند. نیروی حاصله/آزادشده از چنین انفجاری می تواند سبب کشتن وزخمی شدن انسان ویا تخریب ساختمانها گردد. چنین حوادثی در طول دهه های گذشته سبب زخمی شدن صدها نفر گردیده و مرگ افراد زیادی را باعث شده است.

پنج ضلعی گردانفجار



به زبان ساده، گرد انفجار، احتراق بسیار سریع و یا اشتعال ذرات هنگامیکه در هوا معلق می باشد، تعریف می شود. علاوه بر مثلث شناخته شده آتش یعنی اکسیژن، حرارت و منبع سوخت (ذرات گردوغبار)، انتشار ذرات گردوغبار به غلظت و میزان کافی سبب احتراقی سریع می گردد که از آن تحت نام deflagration یاد می شود. در صورتیکه این واقعه در یک محیط محصورى مانند یک اتاق، ساختمان، وسل و یا تجهیزات فرایندی اتفاق بیافتد، با افزایش فشار حاصله امکان انفجار فراهم می شود. تمامی پنج فاکتور ذیل پنج ضلعی گردوغبارات انفجاری را تشکیل می دهد:

آتش و انفجار حاصل از این ذرات قابل انفجار دارای مخاطرات مهلکی بر روی سلامتی و ایمنی می باشد. فی الواقع گردانفجار ها دارای ماهیت مصیبت باری هستند که منجر به مرگ و صدمات ساختاری شدیدی شده و تاثیرات ویرانگری بروی جامعه از خود به جا می گذارد. در صورتیکه شرکت یا مجموعه شما در معرض تهدیدات بالقوه این خطرات قرار دارد هم اکنون تدبیری بیاندیشید تا از عواقب زاینبار آن در امان باشید.

انفجار های ثانویه

انفجارهای ثانویه که عموماً بعد از گردانفجارها روی می دهد، نتایج ویرانگرتری را به همراه دارد. انفجار اولیه، ذرات انباشته شده بیشتری را وارد هوا نموده و یا به سیستمهایی مثل کانال ها، وسل ها و کلکتورها که به این ذرات آلوده هستند، صدمه وارد می نماید و سبب انتشار مجدد ذرات گرد و غبار در محیط میگردد. در نتیجه، بواسطه اشتعال احتمالی، ذرات گرد و غبار مضاعفی در محیط آزاد می شود که یک یا چند انفجار بعدی را در پی خواهد داشت.

بواسطه افزایش حجم و غلظت گرد انفجار های انتشار یافته در محیط، این انفجار بسیار مخرب تر از انفجار های اولیه می باشد. بسیاری از مرگ و میرها و صدمات زیانبار حوادث پیشین بواسطه انفجارهای ثانویه روی داده است. درمورد بسیاری از گردانفجارها عوامل کارگری و کارفرمایی حتی از حیث وجود چنین خطری در محیط کار خود مطلع نبوده اند. اما شما در شرایط فعلی نسبت به وجود این مخاطرت آگاهی کافی دارید پس خطر گرد انفجار ها را جدی بگیرید.

## دستورالعمل های قابل اجرا

سازمان ایمنی و بهداشت حرفه ای (OSHA) هنگام اعمال تجدید نظر در استاندارد مدیریت مواد شیمیایی خطرناک، ذرات قابل انفجار را جزء مواد شیمیایی خطرناک تعریف نموده است تا مقررات سیستم هماهنگ جهانی ((GHS درطبقه بندی و برچسب گذاری مواد شیمیایی را لحاظ نماید. مواد شیمیایی نظیر گرد انفجار ها بایستی دارای برگه های اطلاعات ایمنی (MSDS) و برچسب گذاری مناسب GHS باشد. افرادی که در معرض گرد انفجار ها قرار می گیرند بایستی براساس استاندارد مدیریت مواد خطرناک، آموزش لازم را در این زمینه دیده باشند.

ذرات قابل انفجاری موجود در تاسیسات حمل غلات تحت پوشش الزامات استاندارد ۲۹ CFR 1910.272 قرار می گیرد. بعلاوه OSHA نیز دارای استاندارد هایی در این حوزه می باشد:

۲۹ CFR 1910.22: نظافت محیط یا در صورت امکان:

۲۹ CFR 1910.176(c): نظافت انبار ها

این مستندات ممکن است بر اماکنی غیر از تاسیسات و سیلوهای غلات اعمال شود اما نتایج آزمایشگاهی حاکی از قابلیت انفجار ذرات گرد و غبار می باشد و انباشت گرد انفجار ها در تاسیساتی که دارای سیستم های کنترلی نمی باشد و یا در موقعیتهایی مثل اتاقک سیلوه، زمینه را کاملاً برای وجود مخاطرات انفجار یا اشتعال فراهم می نماید.

قسمت ۵(1)(a) قانون ایمنی و بهداشت حرفه ای (OSHA) :

OSHA بموجب این قانون، که معمولا از آن بعنوان بند استفاده از تجهیزات حفاظت فردی با کاربری چند گانه یاد می شود، مستنداتی را در ارتباط با خطرات آتش و انفجار ارائه نموده است.

این بند کارفرما را ملزم می کند که "شریط استخدام فرد را فراهم نموده و بعلاوه محل کار عاری از هر گونه مخاطرات شناخته شده ایجاد نماید که سبب آسیب های فیزیکی جدی و مرگ می شود."

این بند پرسنل و افراد شاغل را ملزم می کند که مطابق با استانداردها، قوانین، قواعد و دستورات ایمنی و بهداشت حرفه ای عمل نمایند که متعاقب قانون ایمنی و بهداشت حرفه ای (OSHA) وضع شده و قابل اعمال بر عملکرد و رفتار آنها می باشد.

نکته: بیست و پنج ایالت، پورتریکو و جزایر ویرجین ایالات متحده از طرحهای تصویبی OSHA پیروی کرده و استاندارد ها و خط و مشی های اجرایی خود را بر اساس آن اتخاذ می نمایند. در بیشتر موارد این ایالت ها استاندارد هایی را اتخاذ می نمایند که مشابه استاندارد های فدرال OSHA می باشد. معهدا بعضی از ایالت ها استاندارد های متفاوتی را اتخاذ می نمایند که بر بسیاری از صنایع مشابه قابل اعمال می باشد و یا ممکن است رویکرد های اجرایی سخت گیرانه تری را در پیش بگیرند.

دیگر استانداردهای OSHA در ارتباط با گرد انفجار ها :

- ۱۹۱۰، تبصره D، پیاده روی بر روی سطوح در حین انجام کار (Walking-working surface)
- ۱۹۱۰.۳۸، طرح های واکنش در شرایط اضطراری
- ۱۹۱۰.۹۴، تهویه
- ۱۹۱۰.۱۴۶، محوطه های محصور که جهت ورود به اخذ مجوز کار نیازمندیم.
- ۱۹۱۰.۲۶۹، تولید، انتقال و توزیع نیروی برق
- ۱۹۱۰.۲۷۲، تاسیسات حمل غلات
- ۱۹۱۰، تبصره S، تجهیزات الکتریکی
- ۱۹۱۰.۳۰۷، موقعیت های طبقه بندی شده خطرناک
- ۱۹۱۰، تبصره Z، مواد خطرناک و سمی

• ۱۹۱۰.۱۲۰۰، مدیریت مواد خطرناک

در سال ۲۰۰۸، OSHA اقدام به انتشار مجدد طرح اهتمام ملی در مورد گرد انفجارها نمود (NEP) که رئیس کلی خط مشی و رویه بازرسی از اماکنی که امکان تولید یا جابجایی گرد و غبار در آن وجود دارد را بیان میدارد. همانطور که OSHA مشخص کرده، این ذرات شامل موارد زیر بوده اما محدود به آنها نمی باشد:

ذرات و گرد و غبار فلزی مثل آلومینیوم و منیزیم، ذرات و گرد و غبار چوبی (خاک اره)، زغال سنگ و دیگر ذرات کربنی، ذرات پلاستیک و افزودنیها، بیو جامدات، دیگر ذرات ارگانیک مثل شکر، آرد، کاغذ، صابون، خون خشک شده و مواد منسوجاتی خاص.

OSHA در یازدهم مارس ۲۰۰۸ اقدام به انتشار مجدد طرح اهتمام ملی (NEP) که در آن تجدید نظر بعمل آمده بود نمود که اهمیت بازدیدها را گوشزد می کرد و بر روی ۶۴ مورد صنعتی که دارای توالی و شدت بیشتر حوادث مربوط به گردانفجارها بود تمرکز بیشتری داشت.

بر اساس تالیفی که در اکتبر ۲۰۱۱ توسط شرکت حقوقی Epstein Becker Green در ارتباط با طرح اهتمام ملی گرد انفجارها (OSHA) صورت گرفت، بیش از ۲۶۰۰ بازدید از بدو شروع اجرای طرح ۲۰۰۸ صورت گرفت که بیش از ۱۲۰۰۰ مورد تخلف ثبت گردید که ۸۵۰۰ مورد آن جزء موارد خطرناک طبقه بندی می شد. جرایم فدرالی آن \$۲۲,۷۳۸,۹۰۹ و جرایم ایالتی آن بر \$۱,۶۰۰,۰۰۰ بالغ می گردید.

طی این بازدیدها چندین تخلف مربوط به تجمع ذرات از چشم OSHA دور ماند و تحت پوشش قرار نگرفت. از جمله آنها کلکتورهای این ذرات که مجهز به تجهیزات مناسب حفاظتی انفجار نبودند و تهویه سیستم هایی که به یک موقعیت ایمن صورت نمی گرفت.

## استاندارد های NFPA

در راستای تلاش برای معرفی استاندارد های گردانفجارها، NFPA 654 شروعی خوب برای مدیریت یا مهندسی یک مجموعه بوده و استاندارد مناسبی برای جلوگیری از وقوع آتش سوزی و گردانفجارها از مرحله ساخت، پروسس تا جابجایی ذرات گردانفجارها می باشد.

بعبارت ساده تر NFPA 654 استاندارد است که بصورت همه جانبه طراحی یک سیستم ایمن جمع آوری این ذرات را در بر میگیرد و از حیث اسنادی راهنمای خوبی در ارتباط با کلیات گردانفجارها می باشد و شما را در مراجعه به سایر اسناد و مدارک مرتبط راهنمایی میکند.

بسته به ماهیت و شدت خطرات موجود، استاندارد NFPA 654 به شرح ذیل شما را در مراجعه به استاندارد مناسب جهت تهویه انفجارها و /یا جلوگیری از آن راهنمایی میکند:

- NFPA 68 - این استاندارد درباره محافظت در برابر انفجار بواسطه تهویه اشتعال (deflagration) می باشد: این اسناد به تشریح تهویه حادثه انفجار می پردازد. بدین معنا که بر روی تجهیزات و سیستمهایی که کار تهویه گازهای قابل انفجار و فشارهای حاصله از عمل اشتعال در یک محیط محصور را بعهده دارند، تمرکز میکند تا میزان ضایعات مکانیکی و ساختاری را کاهش دهد. ویرایش موجود که در سال ۲۰۰۷ منتشر و در سال ۲۰۱۳ به روز گردید، الزامات سختگیرانه تری را نسبت به چاپ های پیشین شامل میشود که فی الواقع این امر سبب ارتقاء جایگاه آن از یک راهنمای صرف به یک استاندارد گردید.

- NFPA 69 - این استاندارد درباره سیستمهای جلوگیری از انفجار می باشد و به شرح محافظت از انفجار ذرات موجود در کلکتورها در زمانیکه عمل تهویه امکان پذیر نمی باشد، می پردازد و روشهای ذیل را در ارتباط با محافظت از انفجار اشتعال پوشش میدهد:

کنترل غلظت اکسید کننده، کنترل تراکم قابل انفجار، جلوگیری از انفجار، محدود کردن فشار احتراق و کنترل سیستم اطفاء جرقه ها

بعلاوه استاندارد NFPA 654 خواننده را به سوی استانداردهای مناسب صنایع سازنده خاص راهنمایی میکند. متعارف ترین استانداردهای مورد استفاده در این صنایع به شرح زیر می باشد:

- NFPA 61 - استاندارد جلوگیری از وقوع حریق و گرد انفجارها در تاسیسات کشاورزی و فرآوری صنایع غذایی

- NFPA 484 - استاندارد فلزات قابل انفجار

- NFPA 664 - استاندارد جلوگیری از وقوع حریق و گرد انفجارها در تاسیسات و صنایع چوبی

استفاده از کدهای اجرایی: در سال ۱۹۹۵، NFPA یک تیم همکاری اجرایی را تشکیل داد تا در جهت ایجاد تغییر در اسناد و تبدیل آنها به مدارک کارتر با کمیته فنی همکاری نماید. از آن زمان به بعد NFPA گزینه های کارتر و اجرایی تری را در به روز کردن استانداردها لحاظ نمود. هنگام استفاده از کدهای اجرایی جدید، دیگر نیازی نیست که از جزئیات استاندارد های NFPA موبه مو پیروی کنیم .

بهترین راهکار : تمیز کاری مناسب محیط

کاهش یا حذف انباشتگی گردو غبار بواسطه تمیزکاری مناسب محیط یکی از راهکارهای اولیه در جلوگیری از گرد انفجارها تلقی می شود. نظافت اصولی در این زمینه در جلوگیری از گردانفجارها ضروری به نظر می رسد. حذف گردوغبار محیط بواسطه تهویه مناسب، سیستمهای تنظیف و جمع آوری کارا و یا نظافت دستی در مواقعی که امکان جمع آوری و تنظیف به روش مکانیزه وجود ندارد، کامل می گردد. در اینگونه محیط ها استفاده از جاروبرقی و لوازم الکتریکی بایستی از نوع ضدانفجار و ضد جرقه باشد و هرگز از دمنده های هوای فشرده نباید برای تمیزکردن گردوغبار استفاده نمود.

هرگونه نشستی کوچک اما مداوم در یک سیستم تولیدی بایستی مورد توجه قرار گیرد چراکه به مرور زمان سبب انباشت مقدار زیادی از ذرات میگردد بویژه اگر عملکرد سیستم موجود با افزایش تدریجی فشار همراه باشد. مقدار کمی از این ذرات می تواند ابرهای عظیمی از گردوغبار را پدید آورد. (ذرات گردوغبار همیشه در بعضی از فرایندها وجود دارد).

بهترین روش در جلوگیری از انباشت گردوغبار پایش مداوم محیط اطراف می باشد. توجه به خطرات و اعمال یک برنامه اصولی نظافت محیط در حذف خطر انفجار ضروری می باشد.

کارفرمایان بایستی یک رویکرد جامعی را در جلوگیری و کنترل مخاطرات گردانفجارها اتخاذ کنند. بعضی از این قواعد کلی بدین شرح می باشد:

- عدم استفاده از هوای فشرده، جاروی خشک و یا دیگر روش های تنظیف که گرد انفجارها را در هوا پراکنده میکند (یعنی به صورت قابل رویت در می آیند).
- توجه به آموزش پرسنل و برنامه های آموزشی در ارتباط با تشخیص و کنترل خطرات گردانفجارها و پیروی از دستورالعمل هایی که در جلسات آموزشی ارائه میشود.
- کنترل و محدود کردن منابع بالقوه احتراق در نواحی انباشت ذرات گردوغبار
- اجرای برنامه مناسب و موثر تنظیف جهت جلوگیری از تجمع و یا کنترل انباشت ذرات بر روی لبه ها، کانال ها و دیگر سطوح (انباشت ذرات ریز و کوچک حتی به اندازه اینچ در صورتیکه بر روی سطح کافی انتشار یابد، می تواند خطر انفجار را در پی داشته باشد)
- تعریف و اعمال یک برنامه مراقبت پیشگیرانه در راستای حفظ سلامت تجهیزات و کاهش انتشار ذرات فرار
- اطمینان از بکارگیری تجهیزات برقی مناسب در موقعیت های خطرناک (کلاس ۲) گردانفجارها براساس الزامات کدهای ملی انرژی برق

- پیروی از استاندارد NFPA654 در جهت جلوگیری از وقوع حریق و انفجار از مرحله ساخت، پروسس تا جابجایی ذرات گردانفجارها و همچنین دیگر استانداردهای پیشگیرانه NFPA در ارتباط با گردانفجارها در صنایع خاص تا آنجایی که مقدور باشد.

- اطمینان از کنترل مهندسی و طراحی مناسب تجهیزاتی که عملکردشان با تولید این ذرات همراه است.

- هنگام ورود ذرات به کلکتور (Collector)، یکی از الزامات ساده اما مهم، تعویض فیلترها در زمانی است که جریان هوا در سیستم به حد فشار متفاوتی از آنچه در دستورالعمل سازنده آمده میرسد. بعلاوه زمانیکه افت فشار در کلکتور دارای تاثیر منفی بر روی سیستم جمع آوری گرد و غبار و جذب ذرات بوده و سبب نفوذ آن به تاسیسات می شود، کار تعویض امری ضروری می باشد. از فیلترهای کارتریج دار موجود که دارای عمری طولانی هستند به مدت دو سال و حتی بیشتر میتوان استفاده نمود. اما در مورد فیلترهایی که در محیط هایی با ذرات سنگین کاربری دارند تعویض فیلتر به کرات صورت می گیرد. نتیجه اشتباهات مکرر در ارتباط با عدم نظافت محیط، انباشتگی ذرات در کیف کلکتور می باشد. این کیف باید مجهز به وسیله ای باشد تا در حین پروسه تعویض فیلتر، سبب تخلیه و جدایش ذرات به درون یک مخزن یا محفظه نگهداری جداگانه گردد. تخلیه این محفظه ها نیز از اهمیت بالایی برخوردار است تا از بازگشت ذرات به کیف جلوگیری شود. نشست ذرات در کیف، ریسک بالقوه ای از اشتعال و انفجار را ایجاد نموده و کارایی سیستم جمع آوری گرد و غبار را تحت تاثیر قرار می دهد.

آنچه که شما و شرکت مربوطه در جهت شناسایی خطرات موجود می توانید انجام دهید:

یک ارزیابی خطر جامع و فراگیر در شناسایی و حذف فاکتورهای موثر در انفجار ضروری می باشد. ارزیابی خطر یک روند رسمی و اداری است اما بسیار حائز اهمیت است که هر فرد روزانه بصورت غیررسمی آنرا در محیط کاری خود انجام دهد.

همیشه مواظب تجمع ذرات گرد و غبار باشید. این کار نباید صرفاً در محیط های باز صورت پذیرد و تمامی قسمتها از جمله بالا، پایین، قسمت های پشتی، داخل محفظه های انبارش، کانال ها و غیره را نیز شامل میشود.

منابع اشتعال را چک نمایید. تنها دو نمونه از گرد و غبارها همزمان در مجاورت با هوا دچار حریق (خود اشتعالی) میشوند اما اکثریت آنها نیازمند قرار گرفتن در مجاورت عامل دیگری از منبع اشتعال می باشند. منابع احتمالی اشتعال شامل موارد زیر می باشد:

- شعله های باز: جوش، برش، کبریت و غیره

- سطوح داغ: خشک کننده ها (Dryers)، یاتاقنها، هیترها و غیره ...

- گرما و حرارت ناشی از ضربات مکانیکی
  - تخلیه های الکتریکی (راه اندازی سوئیچ ها و پریزها)
  - تخلیه های الکتروستاتیکی
  - سوختن (بدون شعله و همراه دود) و اشتعال ذرات گرد و غبار
  - سیگار، پیپ و...
- بایستی خطرات مربوط به ذرات گرد و غبار در تاسیسات خود را پیدا نموده و سعی در حذف آن از محیط کار خود باشید. همانطور که یک روز کاری را سپری میکنید سئوالاتی از این قبیل از خودتان بپرسید:
- آیا تا جایی که امکان دارد از جاروبرقی بجای دمنده ها و جارو ب کردن گرد انفجارها استفاده می شود؟
  - آیا هیچ وسیله الکتریکی در محیط های خطرناک ذرات و بخار نصب شده اند؟ در صورت مثبت بودن آیا الزامات موجود در NEC (کد های ملی انرژی برق)، فصل پنجم در باره موقعیت های خطرناک، در مورد این تاسیسات رعایت شده است.
  - آیا تنظیف روتین انباشت گرد انفجارها از موقعیت های فوقانی نظیر سقفهای کاذب، قفسه ها و ... انجام میگردد؟
  - آیا از انباشت ذرات هادی و فلزی در محیط اطراف یا بر روی تجهیزات الکتریکی و یا از ورود آنها به این محوطه جلوگیری بعمل می آید؟
  - در چه موقعیت هایی این ذرات ممکن است تجمع پیدا کند که ما متوجه آن نشویم؟
  - گرد ریزه های چوبی به مرور زمان دچار فساد شده و از حرارت حاصله می توان بعنوان منبع احتمالی اشتعال نام برد. آیا این امر مورد توجه قرار گرفته است؟
- گردانفجارها از جمله حوادثی بشمار می آیند که به نظر می رسد بدون علت خاصی روی میدهد (Innocent-looking disaster)
- هر فردی در محیط کار خود بایستی از این خطرات بالقوه آگاه باشد و تمام تدابیر احتیاط آمیز را پیشه کند تا مطمئن شود که محیط کار در برابر گرد انفجارهای ناگهانی و سایر خطرات آن ایمن میباشد.

در ارتباط با محافظت در برابر گرد انفجارها، اولین قدم در تجزیه و تحلیل خطر این است که قابلیت انفجاری ذرات را مشخص نماییم. بسیاری از آزمایشگاه های تجاری هزینه کمتری را برای تشخیص قابلیت انفجاری ذرات طلب می کنند. در صورت مثبت بودن نتیجه تست، بایستی شاخص انفجار ( $K_{st}$ ) و افزایش حداکثری فشار ( $P_{max}$ ) ذرات گرد و غبار با استناد به استاندارد ASTM E 1226-10 (که یک تست استاندارد برای تعیین قابلیت انفجار ابرهای گرد و غبار می باشد) تعیین شود.

شما بایستی میزان  $K_{st}$  و  $P_{max}$  را در اختیار تامین کننده تجهیزات جمع آوری این ذرات قرار دهید تا بطور صحیح تناسب سیستم تهویه و اطفاء را برآورد نماید. هر گونه اشتباه در تهیه این اطلاعات، هزینه شما را بالا خواهد برد. زیرا تامین کننده تجهیزات مجبور است بدترین حالت ممکن را در مورد میزان  $K_{st}$  و  $P_{max}$  در نظر بگیرد و یا حتی از ساخت تجهیزات مورد نظر خودداری نماید. هر گونه سهل انگاری در ارتباط با ایمنی جان افراد، مسئولیت بسیار زیادی را متوجه سازندگان و خریداران تجهیزات مینماید.

واقعیت این است که اگر شاخص انفجار ذرات گرد و غبار بیشتر از  $K_{st} \cdot 0$  باشند، قابل انفجار تلقی میشود و تقریباً اکثر ذرات در این تقسیم بندی قرار میگیرند. در صورتیکه OSHA در یک تاسیسات، به وجود ذراتی با شاخص  $K_{st}$  بسیار پایین اما بدون تجهیزات حفاظتی انفجار پی برد، مدیریت را به بازپرسی احضار خواهد کرد. این یکی از بزرگترین تغییراتی است که در معرفی و شناساندن طرح اهتمام ملی (OSHA(NEP) در سال ۲۰۰۸ روی داد.