

الجمهورية العربية السورية
وزارة النفط والثروة المعدنية
الشركة العامة لمصفاة حمص
مديرية الجودة والسلامة المهنية والبيئة

خطر الانفجار الغباري

Explosion Dust Hazard

ترجمة وإعداد/ المهندس سمير خالد

مدير الجودة والسلامة المهنية والبيئة

خطر الانفجار الغباري The Dust Explosion Hazard

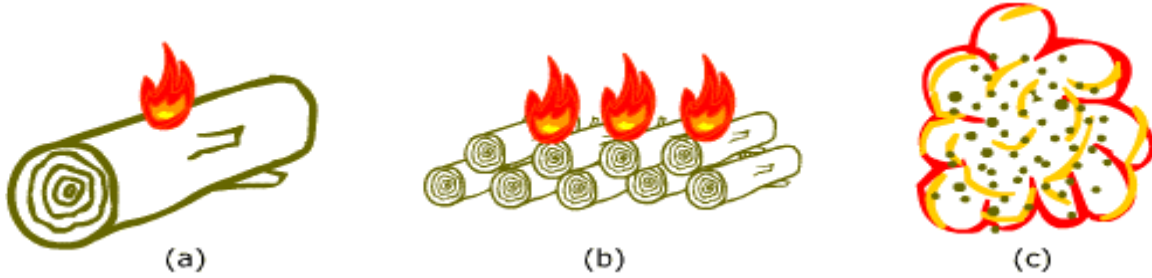
تتناقش هذه النشرة أسس الانفجارات الغبارية وتعطي فكرة عن ماهية هذه الانفجارات .

١- الانفجارات - Explosions

هي تحرر مفاجئ للطاقة وفي حالة الغبار تكون ناتجة عن تفاعل كيميائي يؤدي إلى ارتفاع مفاجئ للضغط بشكل كبير ويمكن تصنيف هذا التفاعل كتفاعل انفجاري إذا كانت سرعة جبهة اللهب أكبر من سرعة الصوت أو كتفاعل احتراقي مصحوب بفرقعة إذا كانت سرعة جبهة اللهب أقل من سرعة الصوت .
إن الانفجارات الناتجة عن الغبار لا يمكن أن تسبب تفاعل انفجاري وذلك لأن عملية احتراق الجزيئات الصلبة بطيئة نسبياً

٢- الانفجارات الغبارية - Dust Explosions

إن الانفجار الناتج عن الغبار مشابه للانفجار الذي قد ينتج عن غاز أو بخار مادة قابلة للاحتراق ، أي عندما يشتعل حجم من مزيج قابل للاحتراق ، حيث تنتج زيادة هائلة للضغط تؤدي إلى تحريك النار معه .
يحدث الانفجار الغباري عندما تكون مادة قابلة للاحتراق منتشرة في الهواء على شكل غيمة قابلة للاحتراق ويتقدم اللهب من خلالها وهذا يعتمد بالطبع على تزويد النار بالأكسجين وتركيز المادة وإذا كان أي من هذه البامترات غنية جداً" أو منخفضة فإن الانفجار لن يحدث



يبين الشكل مراحل الاحتراق وصولاً للانفجار

- (a) - يكون الاحتراق بمعدل منخفض حيث أن النار تكون بطيئة .
- (b) - احتراق أسرع .
- (c) - انفجار .

إن أي مادة صلبة قادرة على الاحتراق بالهواء سوف تحترق بمعدل يزداد مع ازدياد مساحة السطح فإذا كانت المساحة المتوفرة للاحتراق كبيرة بدرجة كافية فإن اللهب عندئذ يمكنه الانتشار من خلال المزيج القابل للاحتراق بسرعات مرتفعة وإذا كانت كمية الحرارة كافية لإحداث احتراق جديد عندئذ فإن تفاعل الاحتراق سوف يستمر .
إذا كان تحرر الحرارة يؤدي إلى زيادة معدل الاحتراق وبالتالي ستولد النار التي ستتمو بسرعة كبيرة جداً" ،

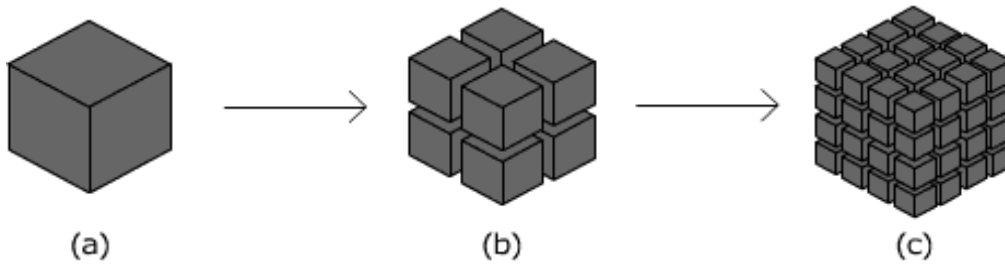
وإذا كان نمو النار سريعاً بشكل كافي عندئذ يحدث الانفجار . إن الضغط الأعظمي اللازم لحدوث أي انفجار غباري هو ما بين (٥ - ١٢ بار) و يحدث الانفجار عادة على ثلاث مراحل :

١- نزع المواد القابلة للتطاير (حيث تتبخر المواد القابلة للتطاير من جزيئات الغبار أو أن الجزيئات تتبخر بذاتها)

٢- تشكل مزيج غازي نتيجة المرحلة الأولى .

٣- احتراق المزيج الغازي .

٣- مساحة السطح النوعية - Specific Surface Area



الشكل رقم /٢/

من خلال الشكل رقم /٢/ نرى أن نفس المكعب مقسم بشكل مختلف . ففي الحالة (a) فهو مؤلف من قطعة واحدة أما في الحالة (b) فقد تم تقسيمه إلى /٨/ مكعبات لها نفس الشكل أما في الحالة (c) فقد قسم إلى /١٦/ مكعباً لها نفس الشكل . يمكننا أن نرى بأن درجة التقسيم الثانوي للمادة الصلبة يحدد إمكانية الانفجار لذلك فإن قياس مساحة السطح النوعي مفيد ويسمح لنا بتحديد مقدار السطح الموجود في وحدة الكتلة بدقة فعلى سبيل المثال :

$$S = 6x^2 / x^3 = 6/x$$

أما بالنسبة للجزيئات ذات الشكل الدائرية (على اعتبار أن x هو قطر الدائرة) فإن مساحة السطح النوعي يحدد بـ :

$$S = \pi x^2 / (\pi x^3 / 6) = 6/x$$

وبالنسبة للجزيئات على شكل رقائق فإن مساحة السطح النوعي يحدد بـ :

$$S = 2/x$$

ومن أجل الألياف التي يكون طولها أكبر من قطرها فإن مساحة السطح النوعي يحدد بـ :

$$S = 4/x$$

لذلك لدينا طريقة مريحة لتخمين مساحة السطح النوعي بسرعة من القطر وخصائص الجزيئة الأساسية . بشكل أساسي فإن مساحة السطح النوعي الأكبر يعني أن الخطر أكثر لذلك فإن الغبار يكون مشتمل على خطر انفجار غيمة غبارية مع انه هناك احتمالية أن تتجمع بعض الجزيئات الصغيرة على شكل كتل وهذا يخفض من احتمالية خطر انفجار الغبار .

٤-العوامل التي تؤثر على حساسية الاشتعال وشدة الانفجار

Factors Affecting Ignition Sensitivity and Explosion Violence

مع أن حجم/مساحة السطح النوعي للجزيء هي العامل الرئيسي في تخمين احتمالية انفجار الغبار فهناك عوامل أخرى مؤثرة وهي كالتالي :

- التركيب الكيميائي للغبار (ومحتواه من الرطوبة)
- التركيب الكيميائي ، الضغط ودرجة الحرارة للغاز .
- شكل الجزيء وحجم التوزيع .
- درجة التشتت لغيمة الغبار .
- تركيز توزع الغبار في الغيمة الغبار .
- الحركة الاضطرابية في الغيمة الغبارية .
- مقدار الحركة الاضطرابية الناتجة عن انفجار الأجزاء الغير محترقة في الغيمة الغبارية .
- مقدار انتشار جبهة اللهب الناتجة عن الآليات الأخرى غير الحركة الاضطرابية .
- انتقال حرارة الإشعاع من اللهب (اعتمادا" على الكيمياء) .

٥- خصائص الغيمة التي تؤثر على خطر انفجار الغبار

Cloud Properties that affect the Dust Explosion Hazard

هناك عدة عوامل رئيسية تؤثر على قابلية الاحتراق للغبار ، العديد منها ما تزال غير مدروسة بشكل جيد وهناك عادة طريقة واحدة فقط للحصول على البيانات المتعلقة بنوعية الغبار وهي القيام بتجارب تحليلية على المادة . معظم الكتب التي تتحدث عن الانفجارات الغبارية استقت معلوماتها من تراكيز انفجارية صغرى وخصائص أخرى لأنواع معينة من البودرة . والموجز الذي سيناقتس هنا سيكون حول العوامل المختلفة التي تؤثر على قابلية الانفجار للغبار وهذا لا يعني بان هذه المناقشة هي دليل كامل ولكنها نقطة في الاتجاه الصحيح.

كيمياء الغبار ومحتوى الرطوبة - Dust Chemistry and Moisture Content

إذا لم يكن الغبار قابل للاحتراق فليس هناك إمكانية لحدوث الانفجار لذلك فان كيمياء الغبار تتأثر بالعناصر التي تشكل جزيء الغبار وشكل هذه العناصر الخاص داخل الجزيء ، فكيمياء الغبار تعتبر من أهم الاعتبارات الأساسية عند التحقيق في الانفجارات الغبارية . إنها تؤثر مباشرة على الحسابات الترموديناميكية وعلى مقدار الحرارة المتحررة وعلى الطاقة الحركية ومقدار سرعة تحرر الطاقة وعلى التفاعل والتي جميعها تؤثر مباشرة على شدة الانفجار .

إن كمية الحرارة الناتجة عن احتراق مول واحد من الأوكسجين معروفة عادة" وهي تستخدم في حساب كمية الحرارة الكلية الناتجة عن الانفجار الغباري (هذه البيانات متوفرة في جداول خاصة تحدد هذه الكميات) . إن محتوى الرطوبة في الغبار سيؤثر على مقدرة الغيمة الغبارية على الاشتعال وعلى مقدرتها في مؤازرة الانفجار فزيادة محتوى الرطوبة يؤدي إلى زيادة الطاقة اللازمة للاشتعال بشكل أسي في بعض أنواع الأغبرة وتعمل الرطوبة بعدة طرق رئيسية فالتسخين والتبخير للرطوبة يؤدي إلى استهلاك الحرارة المتوفرة (الحرارة الناتجة عن احتراق الغبار) وعندما تتبخر الرطوبة فان بخار الماء الناتج يمتزج مع الغازات الناتجة عن الانحلال الحراري

لجزيئات الغبار ويجعلها اقل فاعلية . وقد يزيد من تماسك جزيء الغبار من الداخل وهذا يعني حجم جزيء فعال بشكل اكبر .

حجم الجزيء ومساحة السطح النوعي - Particle Size and Specific Surface area

لا يوجد خلاف حول كيفية احتراق الأعبرة فإذا كانت على شكل كتل كبيرة فإنها لن تسبب انفجار غباري ، مع انه هناك اعتماد واضح على حجم ومساحة سطح جزيئات الغبار فإن الحجم لن يتغير خطيا" مع قابلية الانفجار لأنواع الأعبرة . فعالبا" ما يصبح الغبار (وبالأخص غبار الفحم الخشبي) أكثر وأكثر انفجارا" عند حد حجمي محدد والذي عنده يبلغ حالة الاستقرار . إن السبب الذي يجعل مساحة السطح تؤثر على شدة الانفجار هو أن حجم أو مساحة سطح الجزيء يؤثر على سرعة انتزاع المواد المتطايرة من الجزيء (أو ما يسمى بسرعة تبخر الجزيء) قبل احتراق هذه المواد . مادام الحجم عامل حدي في عملية الاحتراق فان تخفيض حجم الجزيء سيزيد من شدة الانفجارات وعندما يكون سرعة مزج الطور الغازي أو الاحتراق الفعلي للمواد المتطايرة هو العامل الحدي فان حجم الجزيء يصبح لا علاقة له بالموضوع (ينطبق ذلك على حجوم جزيئية اقل من $50 \mu m$ بكثير) . قد يكون هذا الحد مختلف أيضا" من اجل التراكيز الغبارية العالية حيث الانفجارات تكون أكثر حدة" .

تركيز الغبار - Dust Concentration

تحدث الانفجارات في الغيمة الغبارية فقط إذا كان تركيز الغبار ضمن حدود معينة وهذا مشابه لمفهوم حدود قابلية الالتهاب العلوي والسفلي للمزائج الغازية (أو الأبخرة) مع الهواء و بشكل عام فان اخفض تركيز لغبار يحدث عنده انفجار غباري هو ما بين (٥٠ - ١٠٠) غ / م^٣ والتركيز الاعظمي هو ما بين (٢-٣) كغ/م^٣ . تعتمد هذه الحدود على المادة الكيميائية الخاصة المنتشرة وعلى حجم الجزيء و تكون أسوأ الحالات عادة عندما يكون تركيز الغبار أعلى بقليل من تركيز (stoichiometric) . تحدد الحدود العلوية بكمية الأوكسجين الاصغرية المطلوبة لحدوث الانفجار أما الحدود الدنيا فتحدد بكمية الجزيئات الاصغرية المطلوبة لاستمرار الاحتراق .

الاضطراب - Turbulence

الحركة الاضطرابية الزائدة ستؤدي إلى زيادة حدة الانفجار وذلك لان التراكيز المتجانسة ودرجة التشييت المنخفضة سوف تؤدي إلى الحد من تحرك جبهة اللهب في الغيمة الغبارية . أما الغيمة ذات الاضطراب المنخفض فتكون أكثر سهولة بالاشتعال بالرغم من أن تبدد الحرارة يكون بمعدل منخفض وبالتالي يكون تسرب الحرارة الأولي متركز موضعيا" وهذا يقود إلى احتمالية أعلى للاشتعال من أي مصدر آخر للطاقة .

محتوى الأوكسجين في الغاز المؤكسد - Oxygen Content of Oxidizing Gas

نقصان الأوكسجين في الهواء يقلل من شدة الانفجار كثيرا" لان ذلك يحد من معدل احتراق الغبار وهكذا فان الحد من وجود الأوكسجين في أوعية العملية الإنتاجية يخفض من إمكانية الانفجار الغباري (تبقى النار مستمرة إذا كان تركيز الأوكسجين أعلى من ١٠% فقط) .

درجة انتشار الغبار - Degree of Dust Dispersion

إن التشتت ودرجة التكتل تؤثر على احتراق الغبار لأنها تغير من تراكيز الغبار الموضعية الفعالة وحجم الجزيئات الفعالة على التوالي فالغبار المنتشر بشكل أكثر انتظاماً سوف يحترق بسهولة أكثر . إن درجة التشتت تعتمد عادة على أسلوب انتشار الغبار والاضطراب في الدارة .

درجة حرارة غيمة الغبار الأولية - Initial Dust Cloud Temperature

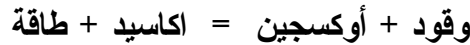
عندما تكون درجة الحرارة الأولية للغيمة الغبارية مرتفعة تكون الغيمة أكثر سهولةً بالاشتعال و يكون تركيز الغبار الأصغري المطلوب لحدوث الانفجار اخفض ، و كلما كان تركيز الأوكسجين بوحدة الحجم اخفض ودرجة الحرارة الأولية أعلى يكون ضغط الانفجار الأعظمي اخفض وبذلك يحدث الاحتراق بشكل اقل (لعدم وجود الأوكسجين الكافي) .

الضغط الأولي لغيمة الغبار - Initial Pressure of Dust Cloud

زيادة الضغط في الغيمة الغبارية يجعل الانفجار أكثر حدة ذلك لان كل المواد القابلة للاحتراق تكون اقرب إلى بعضها البعض وكذلك فان زيادة الضغط يخفض طاقة الاشتعال المطلوبة أيضا .

الغاز القابل للاحتراق الممزوج مع الغيمة الغبارية - combustible gas mixed with dust cloud

إضافة إلى أن الغازات أو الأبخرة القابلة للاشتعال تستطيع أن تخفض من قيمة الطاقة اللازمة لاشتعال الغيمة الغبارية النقية وترفع من ضغط الانفجار الأعظمي ، هناك مواد أخرى تستطيع أن تسبب الانفجارات الغبارية أيضا ولاسيما أن هذه الانفجارات تحدث عادة حسب معادلة الاحتراق البسيطة التالية :



فبعض أغبرة المعادن تتفاعل أحيانا (التفاعل ناشر للحرارة) مع النتروجين أو غاز ثاني اوكسيد الكربون (لكن هذه حالات خاصة جدا) حيث تكون هذه الأغبرة على شكل أكاسيد غير ثابتة موجودة في الانفجارات الغبارية . وهناك مركبات كيميائية لا تسبب الانفجارات الغبارية كـ : السيليكات - السولفيتات - النترات - الكربونات - الفوسفاتات . وبذلك لا يوجد خطر من الانفجارات الغبارية في صناعات مثل تصنيع الاسمنت - استخراج الرمل - استخراج الحجر الكلسيالخ.

المواد التي تسبب الانفجارات الغبارية - Materials That Can Cause Dust Explosions

- المواد العضوية الطبيعية (الحبوب - الكتان - السكر - ... الخ) .
 - المواد العضوية الصناعية (أنواع البلاستيك - أنواع المبيدات الحشرية - أنواع الأصباغ العضوية) .
 - الفحم الحجري والخث (نسيج نباتي نصف متفحم) .
 - المعادن (ألومنيوم - زنك - حديد الخ)
- إن شدة الانفجارات الناتجة تتعلق بالحرارة الناتجة من احتراق هذه المواد . والطريقة المثلى لتحديد هذه الشدة هي بتحديد كمية الحرارة الناتجة من احتراق مول من الأوكسجين . يبين الجدول رقم /1/ كمية الحرارة الناتجة من تفاعل مول من الأوكسجين مع بعض المواد وتشكل الاكاسيد . حيث يلاحظ انه كلما كانت درجة الحرارة الناتجة عن

الاحتراق أعلى كلما كانت إمكانية حدوث الانفجار متوفرة بشكل أكبر ، كما يلاحظ من الجدول السابق أن المعادن غالباً ما تشكل أغبرة خطيرة وذلك من وجهة النظر المتعلقة بالطاقة حصراً . نستطيع من أجل الغازات المثالية أن نربط كمية الحرارة المنطلقة مع ازدياد الضغط باستخدام المعادلة التالية :

$$P = T.n.R / V$$

حيث أن : P - ضغط الغاز T - درجة الحرارة n - عدد المولات الموجودة

R - ثابت الغاز العالمي (يساوي ٨,٣١٤٥ جول / مول كلفين عند STP

(8.3145 Joules per mole Kelvin at STP -

V - حجم الغاز .

عند حجم ثابت يكون الضغط متناسب مع عدد المولات ودرجة الحرارة من هنا ومن خلال معرفة درجة الحرارة الناتجة عن احتراق الغبار بالإمكان تخمين ارتفاع الضغط الناتج عن الاحتراق (بافتراض أن الحجم ثابت) . إن تغيير درجة الحرارة غالباً ما يؤثر على ارتفاع الضغط ، كما أن عدد المولات الموجودة يعتمد على كيمياء التفاعل

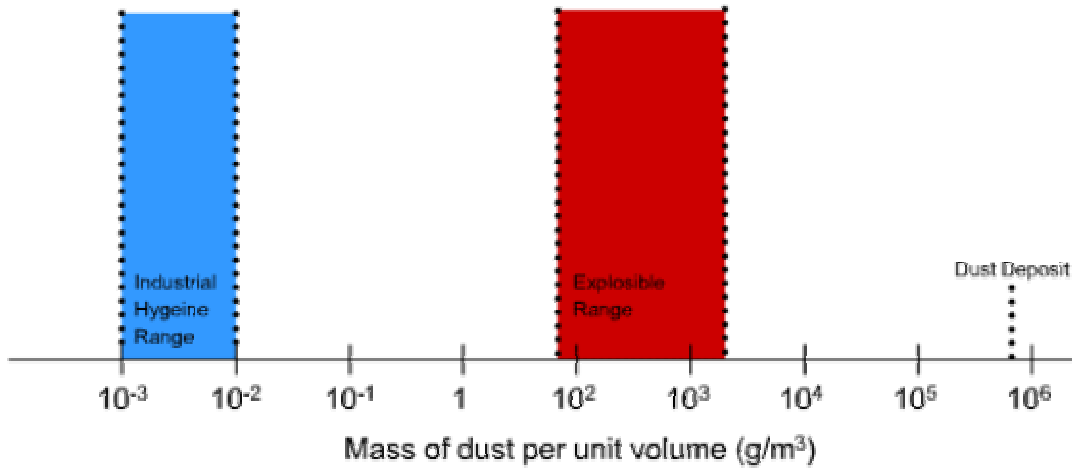
| المادة | الأكسيد الناتج | الحرارة الناتجة كيلو جول /مول أكسجين |
|---------------------|---|---|
| كالمسيوم - Ca | أكسيد الكالمسيوم - CaO | ١٢٧٠ |
| مغنيزيوم - Mg | أكسيد المغنيزيوم - MgO | ١٢٤٠ |
| ألومنيوم - Al | أكسيد الألومنيوم - Al ₂ O ₃ | ١١٠٠ |
| سليكون - Si | أكسيد السليكون - SiO ₂ | ٨٣٠ |
| الكروم - Cr | أكسيد الكروم - Cr ₂ O ₃ | ٧٥٠ |
| الزنك - Zn | أكسيد الزنك - ZnO | ٧٠٠ |
| الحديد - Fe | أكسيد الحديد - Fe ₂ O ₃ | ٥٣٠ |
| النحاس - Cu | أكسيد النحاس - CuO | ٣٠٠ |
| سكروس - sucrose | Co ₂ +H ₂ O | ٤٧٠ |
| ستارش - Starch | Co ₂ +H ₂ O | ٤٧٠ |
| البولي ايثلين | Co ₂ +H ₂ O | ٣٩٠ |
| الكربون | Co ₂ | ٤٠٠ |
| الفحم الحجري - coal | Co ₂ +H ₂ O | ٤٠٠ |
| الكبريت - sulfur | So ₂ | ٣٠٠ |

الجدول رقم /١/

مثال : إذا احترقت أغبرة معدن فأنها ستستهلك كل الأكسجين متحولة إلى أكاسيد ، إنفاص عدد مولات الأوكسجين لن يؤدي إلى إنتاج غازات تحل محل الأوكسجين . ومع ذلك و في حال تفاعل احتراق غبار عضوي (مكون من كربون و هيدروجين) فان ازدياد الحجم سيكون كبيرا" . ومن كل جزيء أوكسجين محترق سينتج جزيئين بخار ماء أو جزيئ واحد من غاز ثاني أكسيد الكربون مع افتراض أن الاحتراق كامل لكل الأوكسجين بدلا" عن أي توليد لأول أكسيد الكربون أو أية منتجات أخرى . لذلك فان العامل الهام الأول في اتخاذ قرار فيما إذا كانت المادة تسبب الانفجار الغباري هو **حرارة الاحتراق** .

التراكيز القابلة للانفجار - Explosion able Concentrations

تحدث انفجارات الغيمة الغبارية إذا كان تركيز الغبار ضمن حدود معينة فقط وهذا يتطابق مع مفهوم حدود قابلية الالتهاب العلوية والسفلية لأي مزائج غازية مع الهواء وبشكل عام فان اخفض تركيز للغبار يسبب الانفجار يتراوح ما بين ٥٠ - ١٠٠ غ / م^٣ واكبر تركيز ما بين ٢ - ٣ كغ / م^٣ . تعتمد هذه الحدود على كيمياء المادة وعلى حجم الجزيء المنتشر . من السهل عادة معرفة فيما إذا كانت الغيمة قابلة للانفجار وذلك من خلال إمكانية الرؤيا ضمن الغيمة الغبارية (حتى في التراكيز المنخفضة جدا") إذ تكون الرؤية ضعيفة . وعلى أية حال فان هذه التراكيز تكون اقل بكثير من تلك الموصى بها من قبل المراجع الخاصة بعلوم الصحة الصناعية . لذلك فإنها لن تتشكل في بيئة العمل بأي شكل من الأشكال . يبين الشكل رقم / / التراكيز المحددة من قبل المراجع التي تهتم بعلوم الصحة ومجال قابلية الانفجار .



وكقانون عام انه يمكن القول إذا كان بالا مكان رؤية لمبة استطاعتها ٢٥ واط من مسافة مترين ضمن غيمة غبارية عندئذ يكون تركيز الغبار في هذه الغيمة اقل من ٤٠ غ/م^٣ وغيمة بهذا التركيز غير محتمل وجودها في مكان العمل لكن قد توجد فقط في أوعية العملية التشغيلية .

منع تشكل الغيوم الغبارية القابلة للانفجار - Preventing Explosion able Dust Clouds

هناك ثلاثة طرق رئيسية لتجنب خلق غيمة غباريه قابله للانفجار بدون تخفيف الغبار نفسه :

- ١- إضافة غاز خامل إلى الجو .
- ٢- التأكد من أن تركيز الغبار خارج الحدود القابلة للاشتعال .
- ٣- إضافة غبار خامل

١ - إضافة الغاز الخامل.

إن تخفيض محتوى الأوكسجين في منطقة أو وعاء معالجة الغبار يقلل من فرصة الانفجار الغباري والطريقة الأسهل لإنجاز ذلك هي بإضافة غاز خامل إلى المنظومة والخيارات الممكنة للقيام بذلك تتضمن استخدام الغازات التالية :

النتروجين - ثاني أكسيد الكربون - الغازات الناتجة عن الاحتراق - بخار الماء - الغازات النادرة .
استخدمت سابقا" أنواع الهالونات وذلك قبل أن يتم منع استخدامها لأسباب بيئية . وعادة يعتبر النتروجين و ثاني أكسيد الكربون من أفضل الخيارات ، ومع ذلك فإن هذه المواد قد تكون غير قابلة للامتزاج مع بعض أنواع الأغبرة لذلك من المستحسن استخدام مواد أعلى ثمنا" كالغازات النادرة . لإدخال جو جديد لعملية معالجة الغبار (process) بشكل فعلي فإنه من الموصى به أن تكون المنظومة مخلخلة (تحت ضغط تخلخلي بسيط) ومن بعدها يتم تعبئتها بالغاز الخامل حتى تعود قيمة الضغط إلى ضغط جوي . هذه العملية يجب أن تتكرر حتى يتم الحصول على الجو المطلوب . إذا كانت المنظومة المستخدمة ذات ضغط عالي فإن الغاز الخامل يجب أن يضخ إلى داخل أوعية العملية حتى يتم الوصول إلى الضغط المطلوب . وحالما يتولد الجو المطلوب فإنه من المهم التأكد من انه ليس هناك رشوحات للهواء إلى داخل العملية الإنتاجية . وإذا كان هناك غاز داخل مع الغبار الداخل كتغذية فيجب أن يكون هذا الغاز خامل أيضا" . وغالبا" ما يستخدم التخميل الجزئي حيث يكون التخميل الكلي مكلف وهذا لن يزيل فرصة حدوث الانفجار بشكل كامل لكن يقلل من ذلك كثيرا" .

٢ - التأكد من أن تركيز الغبار خارج الحدود القابلة للاشتعال .

هذا الموضوع صعب تحقيقه عمليا" جدا" ولا يستخدم عادة ، مثله مثل تقنية تركيز الغبار في الأوعية لا يمكن التنبؤ به ومن الصعب جدا" قياسه بدقة ، يمكن استخدام طريقة لجعل تركيز الغبار أعلى من الحد العلوي وذلك بعدم سحب الغبار من المنطقة لكن من الصعب تحقيق ذلك إذا كان الأغبرة من النوع الرقيق رقيقة جدا" (حيث يحدث ترسب للغبار) . يجب ملاحظة أن هذا الإجراء يساعد في تجنب حدوث الانفجارات الرئيسية لكن الانفجارات الثانوية تكون سهلة الحدوث إذا تشكلت السحب الغبارية نتيجة تحريك الغبار المترسب بشكل كافي .

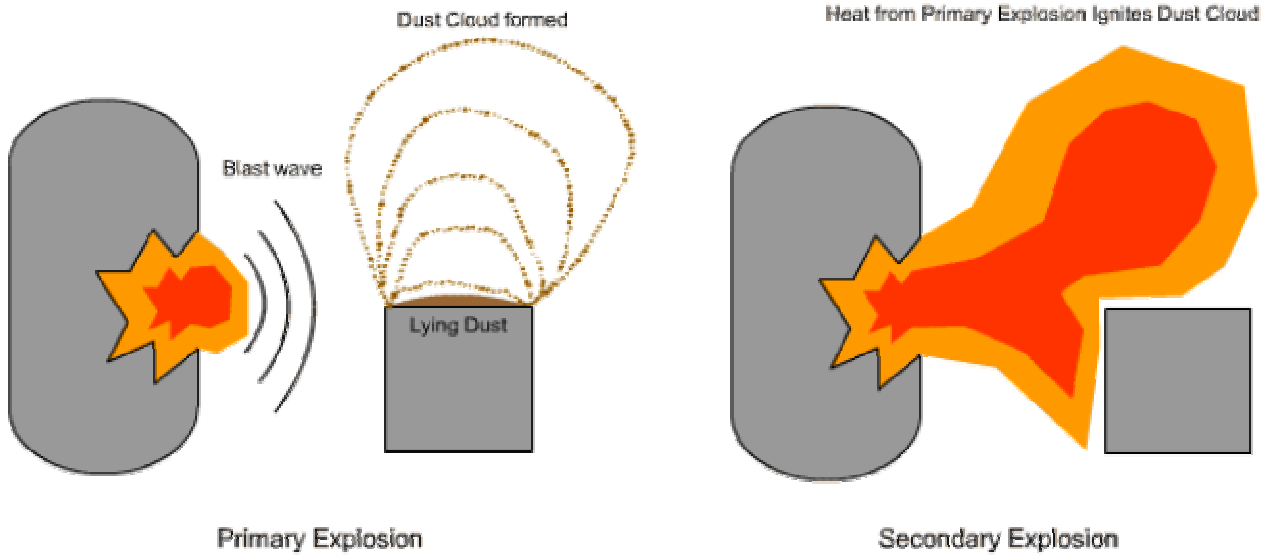
٣ - إضافة غبار خامل

تستخدم هذه الطريقة بفعالية في مناجم الفحم الحجري لتجنب تشكل الغيوم الغبارية المنفجرة إذ يتم إدخال غبار صخري إلى منطقة العمل باستخدام موجة السفع حيث أن الغبار الصخري يشكل أجواء غير قابل للاشتعال كما انه يقوم بإخماد اللهب . هذا الوسيلة للتخميل غير مفيدة عادة حيث أن استخدامها يؤدي إلى تلويث المنتج .

الانفجارات الرئيسية والثانوية - Primary and Secondary Explosions

إن التراكيز المطلوبة لحدوث الانفجار الغباري نادرا" ما تتشكل خارج أوعية العملية الإنتاجية حيث أن معظم الانفجارات الشديدة تحدث ضمن معدة من المعدات (مثل الطواحين ، المازجات ، المصافي ، المجففات ، الحزونات ، الأوعية ، الفلاتر ، المصاعد الحاملة للشحنة ، الصوامع ، قنوات الشفط وأنظمة النقل الهوائية) . من المهم ملاحظة أنه من أهم الاختلافات الرئيسية ما بين خطر الانفجار الغباري وخطر انفجار غاز القابل للاشتعال هو

أن الانفجارات الناتجة عن غاز أو بخار قابل للاشتعال نادرة الحدوث داخل أوعية العملية الإنتاجية بسبب عدم تواجد الهواء بنسبة كافية لحدوث الانفجارات . بينما يكون الغبار معلق في الهواء داخل معدات العملية الإنتاجية عادة " (مالم تكن هذه الأوعية تعمل في أجواء حاوية على النتروجين النقي والذي يعمل على إزالة الخطر الناتج عن أغبرة المعادن) والذي يسمح بتوفير شروط الانفجار الغباري . وحدث الانفجار في مثل هذه الحالة بسبب تمزق الوعاء إذا لم تكن معدات تنفيس الضغط الزائد أو معدات تهوية الوعاء كافية أو إذا كان الضغط التصميمي للوعاء منخفض جدا" . يبين الشكل التالي الانفجار الرئيسي والانفجار الثانوي .



الاشتعال - Ignition

إذا لم يتم لم تزود الغيمة الغبارية وهي ضمن حدود التراكيز القابلة للاشتعال بطاقة كافية لإشعالها فإنها لن تحترق ومصادر الاشتعال المحتملة هي :

- اللهب المفتوح (لحم ، قص ، كبريتالخ)
- السطوح الساخنة (المجففات ، المساند ، المسخناتالخ)
- الحرارة الناتجة عن الصدمات الميكانيكية
- الشحنات الكهربائية.
- الشحنات الكهربائية الساكنة.
- الغبار المدخن أو المحترق .

وفيما يلي شرح لكل مصدر من مصادر الاشتعال بشكل مفصل :

- **اللهب المفتوح** : إن اللهب الناتج عن عمليات القص واللحام كافي ليحدث الانفجار الغباري .

تشكل مشاعل الأوكسجين مع الاستيلين (الشلمون) خطورة بشكل خاص حيث أنها تزود المنطقة بالأوكسجين ووجود الأوكسجين بشكل زائد يعني أن الحرارة المطلوبة لحدوث الانفجار اقل . لذلك يجب عدم استخدام رؤوس القص أو اللحام في العمل بالوحدات التي تعالج الغبار . ويجب منع التدخين في أي مكان في الوحدة حيث إن لهب عود الكبريت يولد ١٠٠ واط من الطاقة الحرارية . والذي هو أكثر من الكافي لإشعال الغيمة الغبارية.

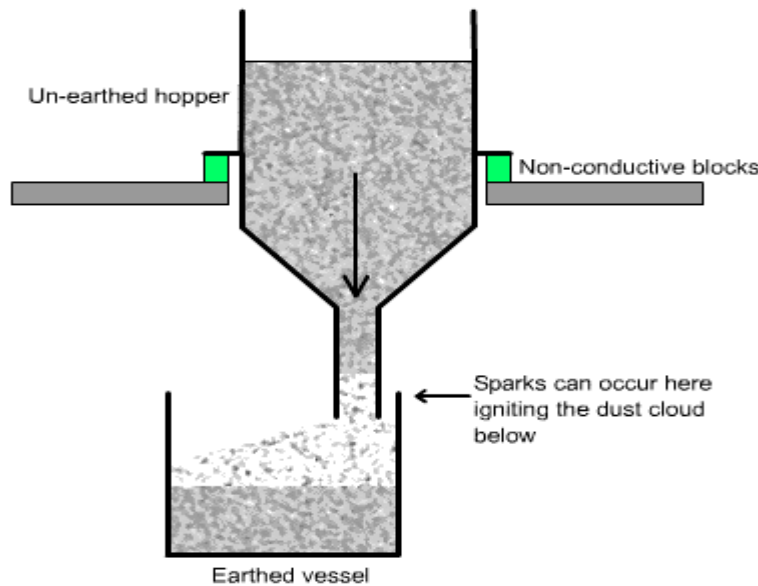
- **السطوح الساخنة** : تستطيع السطوح الساخنة إحداث الانفجارات الغبارية بطريقتين الأولى بحرق الغبار المتوضع عليها والثانية بالتلامس المباشر مع الغيمة الغبارية .
إن فرص اشتعال الغيمة الغبارية اقل وذلك لأنها تتطلب درجة حرارة للسطح أعلى من ٤٠٠ م حتى يحدث الاشتعال .

- **الحرارة الناتجة عن الصدمات الميكانيكية** : يشار إليها غالباً بشرارات الاحتكاك ، فالصدمات الميكانيكية تسبب الاشتعال . بينما إمكانية الاحتراق الناتج عن الاحتكاك (حيث السيور المنزلقة وارتفاع الحرارة ببطء) في أن يكون مصدراً للاشتعال هي ضعيفة جداً. إن الشرارات الناتجة عن الاحتكاك تكون خطرة بشكل رئيسي إذا كانت بين معدنين حيث أن هذه الشرارات تستطيع أن تؤمن الحرارة اللازمة لبدء الانفجار الغباري وهذا قد ينتج غالباً من سقوط الأشياء (كالعزق أو البراغي) أو بتحريك المعدات الكهربائية بحيث يحدث تلامس للأقطاب .

- **الشرارات الكهربائية** : الشرارات الكهربائية الناتجة عن عطل في المعدات الكهربائية تكون في بعض الأحيان المسببة للانفجارات الغبارية وخاصة إذا حدث عطل في معدة ذات فولت مرتفع ، أو إذا تأذى كبل .
إن الشرارة الناتجة عن أي سبب ما وذات طاقة أعلى من واحد ميلي جول تكون قادرة على إشعال الغيمة الغبارية وهذه القيمة من الطاقة سهلة الحصول وخاصة إذا تعطلت قطعة ما من معدات المصنع كتعطل محرك .

- **تصريف الشحنات الكهربائية الساكنة** : هذا النوع من الشرارات الساكنة كان يعتقد لفترة طويلة أنها غير قادرة على إشعال الغيمة الغبارية أما اليوم فقد عرف أن هذه الشحنات تسبب الانفجارات الغبارية في المعدات الغير مؤرثة بشكل صحيح . إن الكهرباء الساكنة المتجمعة في عملية معالجة الغبار قد تكون كبيرة وهي تنتقل على شكل شحنة كهربائية من الجزيئات إلى الوعاء .

هناك نماذج مختلفة لتصريف الشحنات الكهربائية الساكنة (الشرارة - الفرجون - الهالة - الفرجون المنتشر - السطح - البرق المنطلق) والوضع الأكثر خطورة هو عندما توجد إمكانية لتصريف الشرارات حيث تتجمع الشحنة في معدات ناقلة وغير مؤرثة ومن ثم تتصرف هذه الشحنة إلى الأرض عبر فجوة صغيرة على شكل شرارة .



يبين الشكل تصريف الشحنة الساكنة ما بين قمع غير مؤرث ووعاء مؤرث .

- **الغبار المدخن أو المحترق** : يدخن الغبار أو يحترق عندما يتوضع على شكل أكوام أو طبقات وفي حالات معينة يحترق داخليا" ببطء شديد وبسبب انتقال الحرارة البطيء من خلال الغبار فان درجة حرارة الكومة سوف ترتفع مما يسبب احتراق جديد طالما أن هناك أوكسجين كافي . إذا حدث انتشار للغبار المحترق فانه سيقوم بإشعال الغيمة الغبارية مما يؤدي إلى تشكيل خطر الانفجار الغباري وهذا سهل الحدوث فإذا تم تصريف جزء من الغبار محترق من قاعدة وعاء قمعي الشكل إلى وعاء ارضي فان الغبار المحترق الخارج من أسفل القمع وبالتالي سوف يقوم بإشعال الغيمة الغبارية كما هو موضح بالشكل أعلاه . و حتى يحدث أي احتراق في كومة غبارية فيجب أن يتوفر مصدر للاشتعال (من سيجارة أو عود كبريت) .

طرق الوقاية من الانفجارات الغبارية

حتى يكون الغبار قادر على إحداث الانفجار يجب أن تتوفر الشروط التالية :

- ١- يجب أن يكون الغبار قابل للاحتراق .
 - ٢- يجب أن يكون الغبار قادر على الانتقال في الجو .
 - ٣- يجب أن يكون الغبار ذو انتشار حجمي يسمح بتقدم اللهب .
 - ٤- يجب أن يكون تركيز الغبار ضمن حدود قابلية الانفجار .
 - ٥- يجب أن يكون هناك مصدر للاشتعال .
 - ٦- يجب أن يكون الجو حاوي على الأوكسجين لدعم واستمرار الاحتراق .
- إذا تحققت كل هذه المتطلبات فان الانفجار الغباري سوف يحدث ، تاريخيا" تم تسجيل أول انفجار غباري كان في طاحونة طحين إيطالية عام ١٧٨٥ . فالانفجارات الغبارية تشكل خطورة في صناعة الحبوب ، وهناك حوالي ٥٠ انفجار غباري يتم رصده سنويا" تتراوح شدتها من احتراق مصحوب بفرقة صغيرة إلى انفجارات تدمر الأبنية وتؤدي إلى عدد كبير من الوفيات . وهذه الانفجارات كانت مرتبطة بصناعة الحبوب والمناجم .

تجنب الانفجارات الغبارية - Avoiding dust explosions

يبين الجدول التالي طرق منع حدوث الانفجارات الغبارية (إيقاف حدوث الانفجار الغباري وتخفيض خطر الانفجار إلى الحد الأدنى) :

| Prevention - طرق المنع | |
|--------------------------------------|--|
| Mitigation | منع مصادر الاشتعال منع تشكل الغيوم الغبارية القابلة للافتجار |
| تحميل الجو جزئياً بواسطة غاز خامل | (التحميل) إدخال مادة خاملة كالنتروجين أو غاز ثاني اوكسيد الكربون أو أي غاز نادر |
| العزل | تحميل جوهري (ضمن المكان) |
| التنفيس | التحميل باستخدام غبار خامل |
| إنشاء مقاوم للضغط | تركيز الغبار خارج مجال قابلية الاحتراق |
| إخماد آلي | - |
| الترتيب الجيد (تنظيف وإزالة الغبار) | |

يتم منع الانفجار الغباري بطريقتين إما بمنع الاشتعال أو بمنع تشكل الغيمة الغبارية ويمكن التقليل من خطر الانفجار باستخدام عدة طرق والتي إما أن تقوم بإيقاف الانفجار أو تنفيس الضغط الذي يسبب الانفجار قبل أن يصبح خطيراً "جدا".

منع مصادر الاشتعال

إن الطاقة الاصغرية اللازمة لإشعال الغبار هي الطاقة الناتجة عن شرارة كهربائية الأكبر من ١٠ ميلي جول ، لذلك فإن إزالة مصادر الاشتعال هو حماية مناسبة من الانفجارات الغبارية و يمكن تصنيف مصادر الاشتعال ضمن مجموعتين ، المجموعة الأولى تتألف من تلك المصادر التي يمكن أن تنتج أثناء العمل الطبيعي في الوحدة وهي كالتالي :

- ١- التدخين.
- ٢- اللهب المفتوح .
- ٣- الضوء المفتوح (المصابيح) .
- ٤- اللحام .
- ٥- القص .
- ٦- الجلخ .

أما المجموعة الثانية من مصادر الاشتعال فهي ناتجة عن العملية الانتاجية بذاتها وهي على الشكل التالي :

- ١- اللهب المفتوح .

٢- السطوح الساخنة .

٣- التسخين الذاتي ، الأوكار المدخنة ، التفكك الناشر للحرارة .

٤- الحرارة الناتجة عن الصدمات الميكانيكية .

٥- التفكك الناشر للحرارة للغبار عن الصدمات الميكانيكية .

٦- الشرارات الكهربائية وتصريف الشحنات الكهربائية الساكنة .

- اللهب المفتوح .

بالإمكان تجنب اللهب المفتوح بسهولة وذلك بالتأكد على سياسة عدم التدخين في مناطق العملية الإنتاجية وتطبيق هذه السياسة بشدة . ويجب عدم تنفيذ أي عمل حار في أي منطقة تتأثر بشكل مباشر أو غير مباشر مالم يتم التأكد من أن هذه المنطقة خالية كلياً من الغبار . ويجب تجنب استعمال رؤوس القص الغازية التي تستخدم الأوكسجين الزائد حيث أنها تسبب الاشتعال بشكل أسهل مما لو كان الهواء مستعمل

- السطوح الساخنة .

تتشكل السطوح الساخنة على معدات العملية الإنتاجية التي تستخدم الحرارة كالمسخنات والمجففات وأنابيب البخار والمعدات الكهربائية . وهي تتشكل أيضاً بشكل أقل على معدات أخرى كالمحركات والنوافخ والنواقل الميكانيكية والطواحين والمازجات ومساند التحميل ولمبات الضوء الغير محمية . تستطيع السطوح الساخنة التي تتشكل أثناء إنجاز عمل حار أن تعطي حرارة كافية لإحداث الاشتعال .

قد يشتعل الغبار المترسب على السطوح الساخنة وإذا كان هناك غيوم غبارية فان ذلك سيؤدي إلى حدوث الانفجارات كذلك فان الغبار المتوضع على السطوح الساخنة يعمل كطبقة عزل تسبب تعطل المعدات وفيما يلي بعض الإجراءات التي تساعد في تخفيض فرص الاشتعال الناتجة عن السطوح الساخنة :

١- إزالة كافة الغبار أثناء إنجاز عمل حار .

٢- منع أو إزالة الغبار عن السطوح الساخنة .

٣- وقاية أو عزل السطوح الساخنة .

٤- استخدم المعدات الكهربائية المعتمدة فقط للاستخدام بوجود الغبار القابل للاحتراق .

٥- استخدم معدات لا ترتفع درجة حرارتها أثناء استخدامها .

٦- القيام بالتفتيش الكامل والمنظم للمعدات وإجراء الصيانة اللازمة .

- التسخين الذاتي والتدخين للاغبرة .

تحدد استطاعة التسخين الذاتي للغبار بخصائصه الكيميائية وهناك عدة طرق للتقليل من فرص حدوث التسخين الذاتي وهي كالتالي :

١- مراقبة درجة حرارة الغبار ومحتوى الرطوبة ... الخ قبل وضعه بالتخزين .

٢- التأكد من عدم وجود أجسام ساخنة بحالة تلامس مع الغبار المخزن .

٣- مراقبة درجة حرارة الغبار المخزن بدقة .

٤- مراقبة مخزن الغبار من اجل الغازات القابلة للاحتراق .

٥- تخمیل المادة الضخمة بغاز خامل مناسب (النتروجين مثلاً) .

إن إضافة الماء غير موصى به حيث أن ذلك يسبب مشاكل ميكانيكية أثناء نقل الغبار (انه يلتصق مع بعضه) . و التخمیل بالنتروجين هو أفضل طريقة لتجنب الحرائق المدخنة لكنه يسبب خطر التخمیل (جعل الجو غير قابل للتنفس) . إذا تشكلت كتلة غبارية مدخنة فإن أول شيء يجب عمله هو إيقاف أية تفاعلات ناشرة للحرارة ومن ثم تخفيض درجة حرارة الغبار المتبقي ويجب البحث عن وجود أية منتجات سامة ناتجة عن الاحتراق . كذلك يجب البحث في معدات العملية كاملاً عن وجود حريق مدخن حيث أن ذلك يضعف الأوعية بشكل كبير .

- الصدمات الميكانيكية :

تؤدي الصدمات الميكانيكية إما إلى إحداث شرارات متطايرة أو إلى تشكيل بقع ساخنة في مكان حدوث الصدمة عادة هذه الشرارات لا تمتلك الطاقة الكافية لإحداث الاشتعال لكن في حال تكرار الصدمة أو عند استخدام معادن غريبة فإن هناك خطر لاشتعال الغيمة الغبارية ولتجنب حدوث هذه الشرارات فيجب القيام بما يلي :

١- إزالة الأشياء الغريبة من مسارات العملية الإنتاجية إذا كان ذلك ممكناً .

٢- تجنب أي مواد إنشائية قادرة على إعطاء شرارات حارقة أو ومضات ناتجة عن ترميد (مزيج لحام شديد الاحتراق مكون من مسحوق الألمنيوم وأكسيد الحديد) .

٣- التفتيش عن الأصوات الزائدة لمعرفة فيما إذا كانت ناتجة عن الصدمات .

- الشرارات الكهربائية والشرارات الناتجة عن الكهرباء الساكنة :

يمكن تخفيض الشرارات الكهربائية بتطبيق الاستندرات الخاصة بالمعدات الكهربائية في الأماكن المغبرة وتأكيد أن أي معدة كهربائية مركبة متوافقة مع هذه الاستندرات والتأكد من أن العمال متفهمين لهذه المعدات الكهربائية ويعرفون كيفية استخدامها بشكل آمن بينما الشرارات الناتجة عن الكهرباء الساكنة فهي غير مفهومة بشكل جيد وهناك عدة طرق لمحاولة تخفيض فرص تشكلها ونوصي بما يلي :

١- استخدم المواد الناقلة في صناعة معدات الوحدة لمنع تشكل الشحنة .

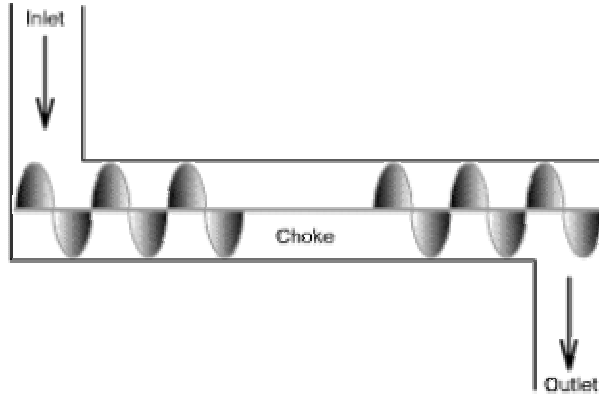
٢- تأريض أي معدة قد تصبح مشحونة

- عزل الانفجار :

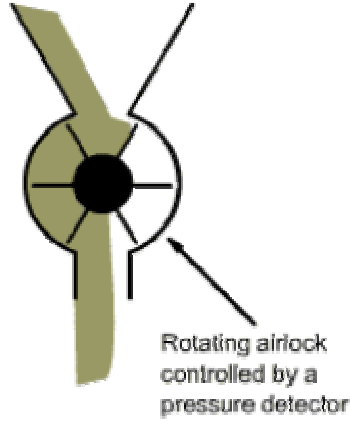
إن عزل الانفجار يحد من كمية الضرر الناتج بعدة طرق و يمنع العزل بشكل رئيسي الانفجار من الوصول إلى مناطق أخرى في الوحدة عن طريق قنوات أو أنابيب العملية الإنتاجية كما أنه يوقف إمكانية نفاثات اللهب التي تحدث في نهايات الأنابيب الطويلة ويوقف الضغط الناتج عن الانفجار الرئيسي والذي يجعل الانفجارات الثانوية في أوعية جديدة أكثر شدة ، يمكن تحقيق العزل بطريقتين مختلفتين إما بطريقة سلبية (تعمل بواسطة الانفجار نفسه) أو بطريقة إيجابية (يتطلب استخدام حساس لتفعيل العزل) .

إن المنظومات السالبة هي المفضلة لأنها أبسط وأكثر وثوقية وهي تعمل كما هو مراد منها ، عادة تقوم هذه المنظومات (اعتماداً على التفجير) برش الغبار من الأعلى على جبهة اللهب مع وسيط الإطفاء يؤدي ذلك إلى إيقاف أي انتشار جديد للهب وهناك خيار آخر وهو أن تقوم المنظومة بإغلاق صمام موجود قبل جبهة اللهب (مع أن ذلك قد يسبب مشاكل ضغط) . يوجد عدد من معدات الوحدة تقوم بتفادي انتشار اللهب في كافة أنحاء الدارة

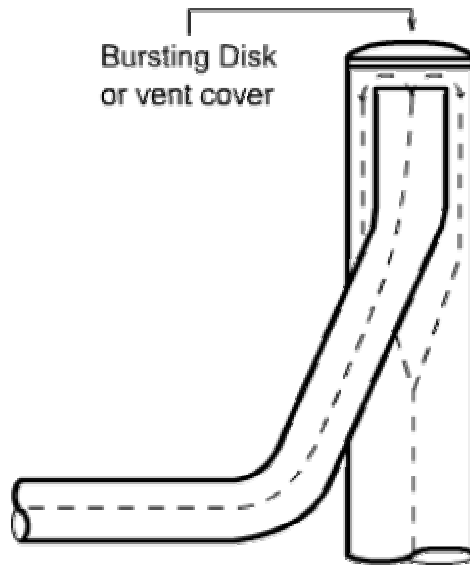
وهي تشمل هذه المعدات : نواقل مقلوطة خانقة ، دسامات هوائية دوارة ، منظومات ذات قرص تمزق خاصة،
يبين الشكل التالي أنواع هذه المعدات :



يستطيع الناقل المقلوظ ذو الاختناق أن يمنع مرور جبهة اللهب



يستطيع أي عائق هوائي دوار أن يوقف مرور جبهة اللهب



يوقف قرص التمزق المركب على خط الأنابيب تقدم اللهب وذلك بعكس اتجاه التدفق .

- المعدات المقاومة للضغط :

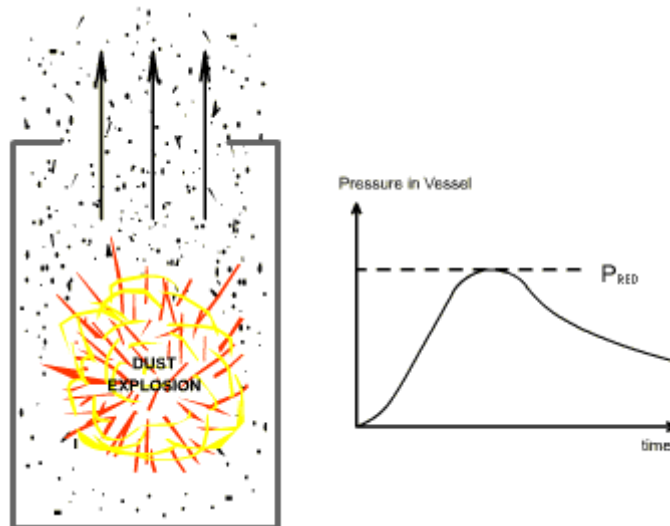
أفضل طريقة لاحتواء انفجار الغبار الرئيسي هو استخدام معدات ذات قوة كافية لمقاومة الانفجار حيث أن ضغوط الانفجار الغباري تتراوح عادة ما بين ٥ - ١٢ بار (على المقياس) إن المقاومة لصدمة الضغط مختلفة عن المقاومة للضغوط التشغيلية النظامية فصدمة الضغط ستدوم لفترة قصيرة مقابل ضغوط تشغيل عالية والتي قد تحتاج للتنشيط لعدة أشهر من الزمن .

إن تصميم معدات الوحدة بحيث تكون كمعدات ضغط مكلف جدا" . معظم الأوعية عند خطر الانفجار الغباري مصممة بحيث أن الضغط الأعظمي للانفجار يؤدي إلى تشوه المعدات ولا يؤدي إلى تشققها. من حين لآخر إذا كان خطر الانفجار الغباري عالي جدا" فإن المعدة تبنى بحيث أنها تقاوم ضغط الانفجار الكلي كما لو أن الخطر دائم .

- تنفيس الضغط :

يعتبر التنفيس واحدة من أرخص الطرق والأكثر فعالية لتهديب الضغط في حالة الانفجار ولكن من الصعب تحديد حجم التنفيس بشكل صحيح واللازم لتأمين تنفيس الضغط بشكل كافي . كما أنه يجب السماح بتدفق بعض الغبار المحترق مع الهواء إلى الخارج لتنفيس الضغط المتولد عن حرارة الانفجار . يصمم التنفيس عادة بحيث أن تتم المحافظة على الضغط عند قيمة معينة (تكون عادة أخفض من قوة التحمل للهواء أو البناء) .

إذا كان الغبار الموجود في العملية الإنتاجية سام فإن التنفيس إلى الجو غير ممكن لكن التنفيس إلى منطقة معزولة يكون ممكنا" . هناك العديد من التصاميم متوفرة للتنفيس لكل أنواع عمليات التعامل مع الغبار بما فيها الأبواب المفصلية والتي تقاوم العديد من الانفجارات . كما أن هناك لوحات بسيطة والتي يمكن أن تقذف . إن أغشية النفاث تربط إلى أوعية المعالجة بواسطة كليبسات أو موانع مطاطية والتي تنهار تحت حمل الانفجار عادة .

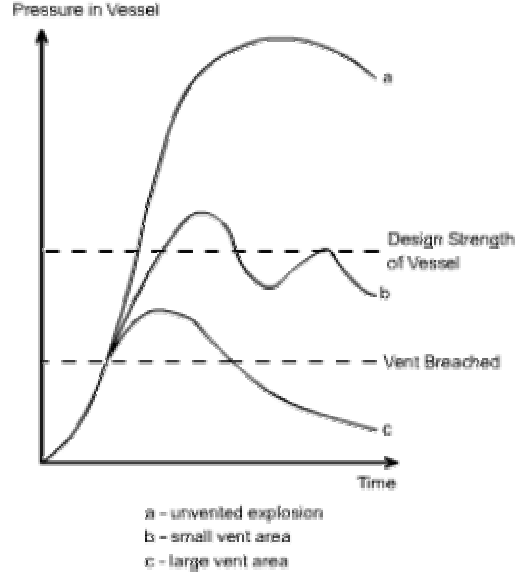


يبين الشكل انفجار غباري منفس

- حجم منطقة النفاث :

يعتمد حجم النفاث على :

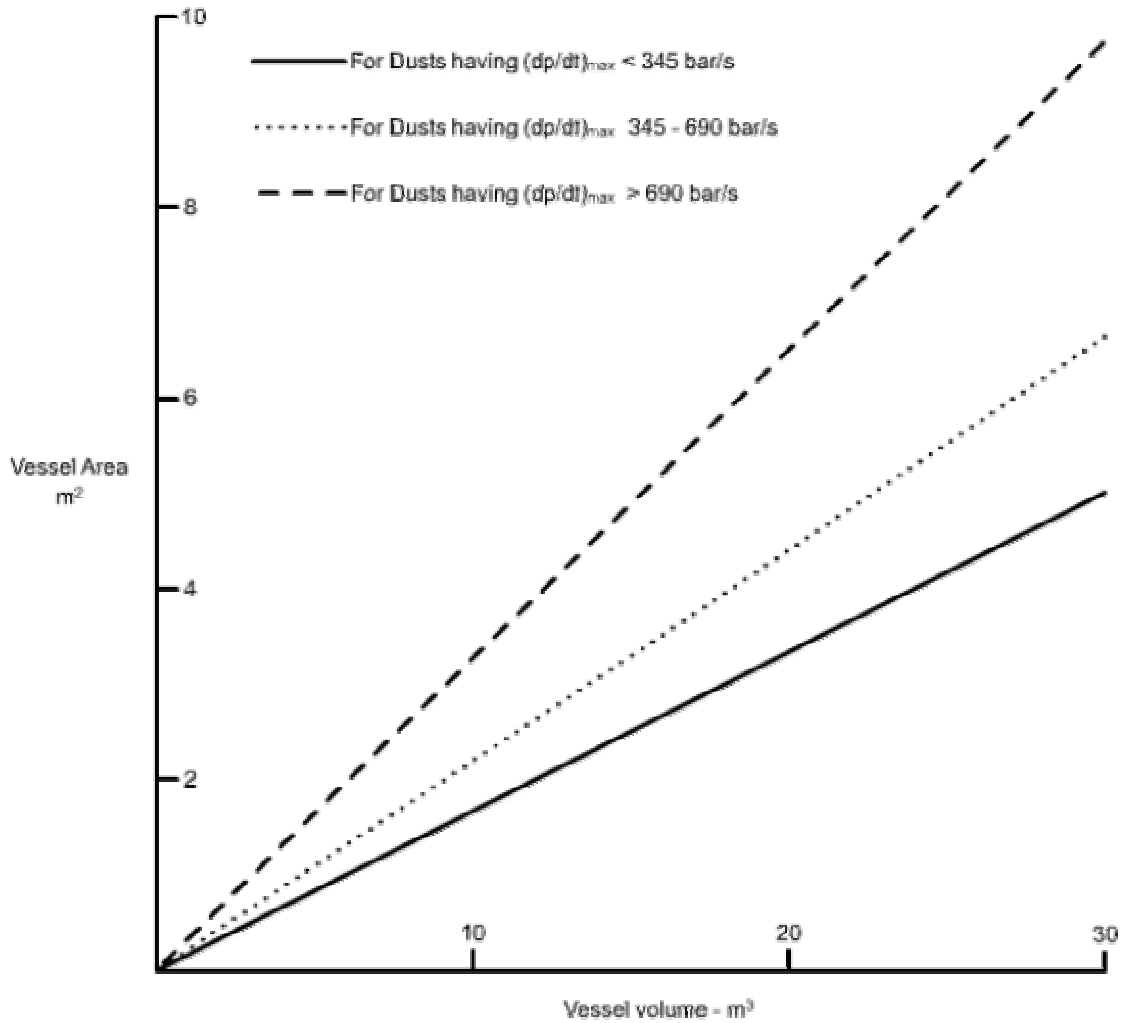
- حجم الغلاف
- قوة الغلاف
- قوة غطاء النفاث
- معدل احتراق الغيمة الغبارية



يبين الشكل حالة الضغط في حال عدم وجود تنفيس - وجود تنفيس غير كافي - وجود أوعية منفثة بشكل جيد هناك بعض القواعد تستخدم لترتيب أنواع النفاثات إذ يمكن استخدام نسبة النفاث من الجدول التالي :

| نسبة النفاث $1 / m$ Vent Ratio (m_1) | معدل ارتفاع الضغط الأعظمي (بار / ثانية) Max Rate of Pressure Rise (bar/s) |
|--|---|
| 1 / 6.1 | < 345 |
| 1 / 4.6 | 345 - 690 |
| 1 / 3.1 | > 690 |

إن نسبة النفاث هي نسبة مساحة النفاث إلى حجم الوعاء . ويمكن استخدام الرسم البياني التالي للحصول على الحجم المناسب للنفاثات .



- من أجل الأوعية الكبيرة ذات الحجم الأكبر من ٣٠ متر مكعب فإن النسبة لحجم النفاث بالإمكان اختزالها وذلك بسبب عدم وجود احتمالية أن الوعاء الكبير سيمتلى بمزيج قابل للانفجار حيث أن الضغط لن يرتفع بشكل خطي مع الحجم .

- المخاطر الناتجة عن التنفيس :

يخفض التنفيس احتمالية الانفجارات المدمرة للأوعية الكبيرة لكنه يسبب بعض المخاطر والتي هي على النحو التالي

- ١- قذف اللهب من النفاث المفتوح .
- ٢- إصدار أمواج الانفجار من النفاث المفتوح .
- ٣- قوى رد فعل ناتجة عن عملية التنفيس على المعدات.
- ٤- إطلاق أشياء صلبة (أجزاء من الأوعية ، أغطية النفاث ،) .
- ٥- التنفيس الخارجي يقود إلى الانفجارات الثانوية .
- ٦- قذف كرات اللهب .

يحتاج النفاث الكبير جدا" إلى قوة أقل لكسره وهذا يشكل خطورة كبيرة حيث أن ذلك يزيد من فرصة قذف الغبار الغير محترق على شكل كرة نارية الذي سوف يحترق بعد ذلك في منطقة ما بالوحدة . استخدام مجاري التهوية

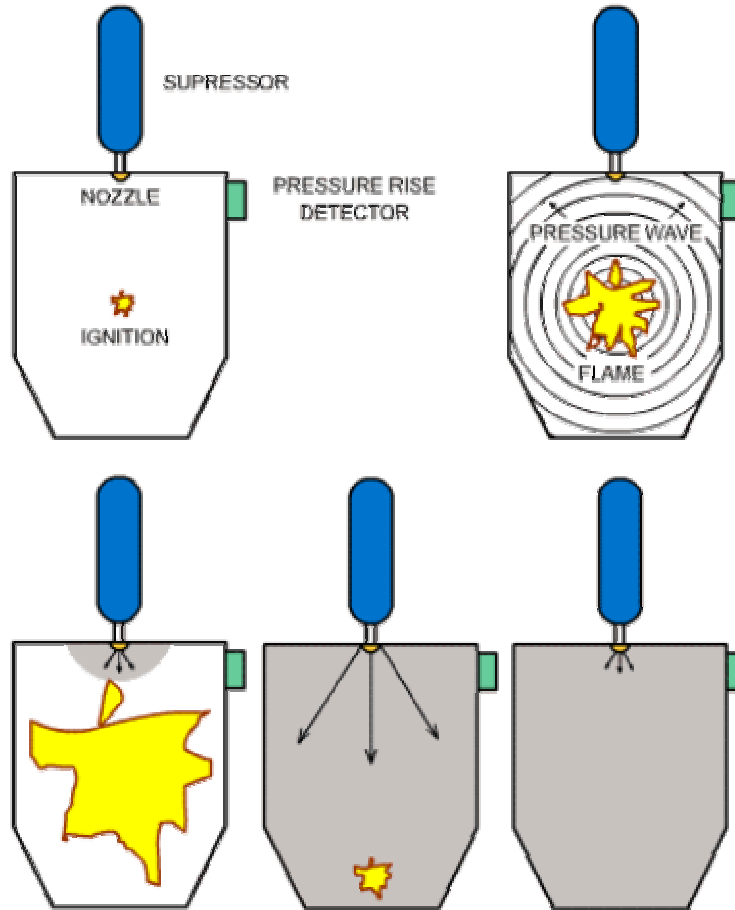
(مجاري التنفيس بعض المناطق هي كالنفاث) يخفض بعضا" من هذه المشاكل حيث يسمح للانفجار بالحدوث في منطقة معزولة لكن ذلك يحتاج إلى فراغ كبير ويبقى مطلوب تنفيس الضغط بطريقة ما (في نهاية المجرى الهوائي)

- إخماد الانفجار الغباري آليا" :

يمكن استخدام منظومات إخماد النار السريعة لإيقاف الانفجار الغباري وهذه منظومات تعمل وفق ثلاثة اعتبارات رئيسة هي :

- وسيط الإطفاء مضغوط بشكل دائم .
- أورفس التصريف ذو قطر كبير .
- فتح الصمام بسرعة عالية (يستخدم شحنة مفجرة).

والمخطط التالي يبين كيفية عمل منظومة إخماد الانفجار ، الوسيط المستخدم للإطفاء هو عادة البودرة ذات $NH_4 H_2 PO_4$. ومع بعض أنواع البودرة يعتبر البخار المحمص جيد أيضا" .



- الترتيب الجيد :

يعني الترتيب الجيد إزالة التراكمت الغبارية من داخل الوحدة و الحرص إزالة الغبار المترسب . يزيل إمكانية حدوث الانفجارات الغبارية الثانوية ويساعد أيضا" في منع تواجد بعض مصادر الاشتعال . ويمكن تحقيق ذلك بتركيب دارات لاصطياد الغبار بشكل جيد وذلك في المناطق المغبرة من الوحدة .

يجب إزالة الغبار المنسكب مباشرة باستخدام شفاط ضد الانفجار وذو استطاعة عالية أو باستخدام دارة تخلخل داخلية والتي تزيل الغبار وترسله إلى دارة فلتر مركزية . كذلك يجب البحث عن الرشوات حيث أن الرشوات قد تسبب تجمع كميات كبيرة من الغبار بعد فترة من الزمن وهذه الحالة قد تسبب مشكلة إذا كانت الوحدة تعمل على ضغط منخفض يجب عدم استخدام نوافخ الهواء المضغوط لإزالة الغبار حيث أن النوافخ تقوم بتغيير مكان الغبار فقط .

- التحكم بالغبار عن طريق إضافة سائل :

إضافة سائل للغبار يخفض من خطر الانفجارات الغبارية بعدة طرق فإنه يزيد من إمكانية إنتاج الكتل ويقلل من كمية الغبار الرقيق الناتج عن تصادم الجزيئات . يضاف الزيت غالبا" للقمع وذلك للمساعدة في تخفيض كمية الغبار الرقيق وهناك استعمالات أقل لهذا في الصناعة الكيمائية حيث أن معظم المواد تتطلب أن تكون غير ملوثة.

- توضع الوحدة :

إن الأبنية المستخدمة في المصانع التي تعالج الغبار تكون واقعة تحت خطر الانفجارات الغبارية لذلك يجب أن تصمم بحيث تكون مناسبة مع توقع حدوث الانفجار الغباري وعادة يجب أن تكون بعيدة عن الأبنية الأخرى وهي ضمن الوحدة يجب أن تكون بعيدة عن بعضها حسب الإمكانيات (بدون خلق مشاكل النقل) ويفضل أن تكون الأبنية منخفضة ومن طابق واحد حسب الإمكانيات إذا كان الجزء الخطر من الوحدة موجود خارج البناء فإن هذا الجزء يجب أن يدعم و يحمي من الصداً و أن يكون مزودة بوسائل التنفيس الكافية لتجنب الضرر الإنشائي الناتج عن الضغط المرتفع كما يجب أن تكون هناك ممرات للهروب بشكل آمن في حال الانفجار أو الحريق وإنشاءه يجب أن يكون من مواد مقاومة للحريق والأبواب مقاومة للحريق وأن يكون هناك عزل كهربائي عالي الجودة .

- العوامل البشرية :

هناك العديد من البشر المختلفين يعملون في الوحدة من مهندسين وفنيين وإداريين ... الخ و من المهم أن تكون الاتصالات في الوحدة متوفرة وأن تصل المعلومات بشكل صحيح و يجب أن يكون لدى العمال المعرفة والثقة في اتخاذ القرارات عند الحاجة و أن يكون هناك تدريب وتوضيح لكل العمال والذي يساعدهم على التطور وأن يكونوا قادرين على التعامل مع الواقع في حال الانفجار الغباري.

- اختيار الحل الآمن :

كما شاهدنا في المقطع السابق هناك عدة طرق لتجنب وتخفيض خطر الانفجار الغباري وعلى المهندسين معرفة ما هو المطلوب لوحدهم وهناك عدة طرق للقيام بذلك والتي تسبب تكلفة مقابل تحليل الأمان ولمعرفة ما هو الحل المطلوب يفترض أن المشكلة يجب أن تقع تحت الأجزاء الرئيسية التالية :

١- فعالية نظام الحماية .

- ٢- قابلية التنفيذ للتقنية .
- ٣- قابلية القبول بيئياً .
- ٤- قابلية القبول المالي .

إن فعالية النظام تخضع بشكل أساسي ودائم لكيفية فهم المنظومة بشكل جيد وفيما إذا تم تصميم منظومات الأمان بشكل جيد ويجب أن تكون هذه منظومات قابلة للتنفيذ تقنياً كما إن الاعتبارات البيئية يجب أن تكون من أولويات تفكير المهندسين ، أخيراً" فإن تصميم واختيار النظام يعتمد على ما الذي تم تحديده كشرط أساسي في تصميم الوحدة وهذا الشرط يجب أن يكون فعالاً" بشكل دائم في المنظومة ويجب أن يكون مقبول مالياً" ، يوضح المخطط الصندوقي اللاحق طريقة العمل لدى معالجة الغبار مع الأخذ بعين الاعتبار كل الاحتمالات الممكنة .

انتهى بعونه تعالى

ترجمة وإعداد
المهندس / سمير الخالد

مصدر البحث : Dust explosions in the process industries – R. K. Eckhoff - 1997