

■ **robbanásvédelem**

■ **író:** Parádi Ervin
okl. bányagépész és bányavillamosági mérnök,
okl. munka- és tűzvédelmi mérnök, munka-, tűzvédelmi és igazságügyi szakértő

Robbanásbiztonság-technika VII. Amit tudni érdemes a

robbanásveszélyes porokról

Bizonyos feltételek teljesülése mellett minden éghető anyag pora robbanásveszélyes. Egyre több az olyan technológia, ahol az alapanyagok por formájában fordulnak elő, így a porrobbanásveszélyes technológiák száma is ugrásszerűen nő. A tapasztalatok ennek ellenére lesújtóak. Meg merem kockáztatni, hogy hazánkban a porrobbanás veszélyével érintett területek 70-80%-a semmilyen robbanásvédelemmel nem rendelkezik, sőt még azt sem tudják, hogy az üzemeltetett technológiák porrobbanásveszélyesek.



Azok a területek, ahol a fent említett porok jelen vannak, potenciálisan robbanásveszélyes tereknek minősülnek, így az MSZ EN 60079-10-2:2015 szabvány alapján kell az adott terület térségbesorolását (zónabesorolását) elvégezni. Ez a szabvány jelenleg csak angol nyelven érhető el. Szomorú tény, hogy a porrobbanással foglalkozó, hazánkban megjelent szabványok közül még egy sem került magyar nyelven kiadásra.

■ **Porrobbanás kialakulásának feltételei**

A porrobbanás kialakulásához hét feltételnek kell egyszerre teljesülnie. Ahhoz, hogy az éghető por porrobbanást tudjon előidézni, jelen kell lennie:

- éghető anyagnak,
- oxidáló anyagnak (pl. levegőben levő oxigén),
- gyújtóforrásnak (mely elegendő energiát hordoz ahhoz, hogy a porfelhő begyulladjon),
- a légtérben a porszemcséknek lebegő állapotban kell lenniük (diszpergált),
- a por koncentrációjának AÉH-FÉH között kell lennie,
- a porfelhőnek zárt térben vagy félig zárt térben kell kialakulnia,
- 0,5 mm-nél kisebb szemcseméret szükséges.

A hazai és a nemzetközi irodalom jelentős része csak öt feltételt említ, de üde foltként,

azért néhány esetben megjelennek olyan anyagok is, ahol hét feltételről beszélnek. Mondanom sem kell, hogy ha valamelyik feltétel nincs meg, akkor a porrobbanás nem következik be, így a porrobbanás elleni védekezést is ez alapján kell kialakítani.

A porrobbanásveszélyes zónatérképeken alapvető hiba szokott lenni, hogy szabadtéren egy siló környezetében, ahol esetleg kiporzás is van, Zóna 21 és/vagy Zóna 22 térfogatot jelölnek ki. Szabadtéren (mivel nem zárt vagy félig zárt tér) nincs porrobbanásveszély, így e

térfogatok besorolása robbanásveszélyes térfogatba nélkülözi a szakmai hozzáértést, ráadásul jelentős többletköltséget eredményez amellelt, hogy a biztonságra semmilyen hatással sincs. Annak, hogy nyitott téren nincs meg a porrobbanáshoz szükséges feltételrendszer, az az alapja, hogy szabad téren porok esetén még sehol nem történt robbanás (heves égés azonban igen).

A porrobbanást ugyanúgy, mint a gázok, gőzök és ködök esetén a következő gyújtóforrások idézhetik elő az MSZ EN 1127-1:2012 szabvány szerint:

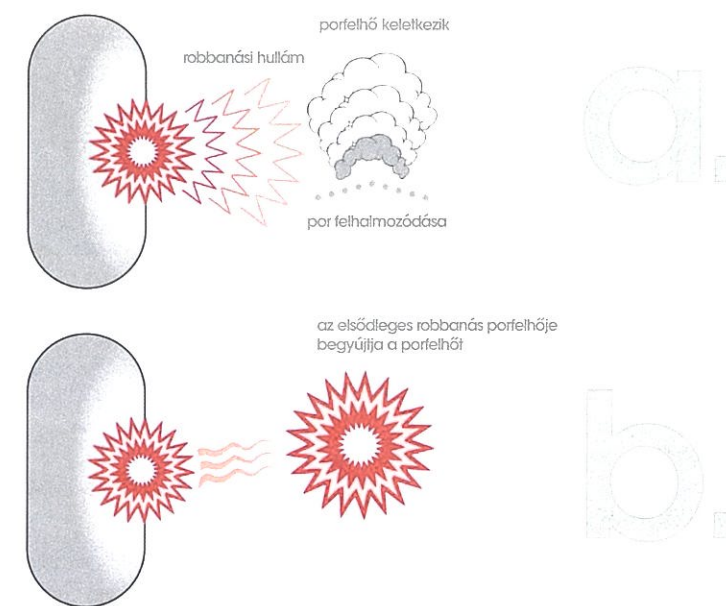
- forró felületek,
- lángok és forró gázok,
- mechanikai eredetű szikrák,
- villamos gyártmányok,
- villamos kóboráramok, katódos korrózióvédelem,
- sztatikus elektromosság,
- villámcsapás,
- rádiófrekvenciás elektromágneses hullámok, elektromágneses hullámok,
- ionizáló sugárzás,
- ultrahang,
- adiabatikus kompresszió,
- exoterm reakció, porok gyulladása.

■ **Porrobbanás bekövetkezését befolyásoló tényezők és a megelőzésére tett intézkedések**

A porrobbanás bekövetkezésének kockázata több tényezőtől függ. Alapvetően meghatá-

porrobbanás

A porrobbanások mechanizmusa. A másodlagos porrobbanás általában sokkal rombolóbb hatású, mint az elsődleges robbanás.



éghető por robbanása

a. elsődleges robbanás
b. másodlagos robbanás



rozóak a por fizikai és kémia tulajdonságai, valamint az a környezet, ahol a porfelhő kialakul, az a légtér, amelyben a por diszpergálódott, a porfelhő kialakult. A porrobbanás bekövetkeztének legfontosabb meghatározó elemei a por tulajdonságai, úgymint:

■ **Porok összetétele**

Néhány por (pl. a szénpor) nem homogén (a nem homogén kifejezés ebben az esetben azt jelenti, hogy a szénpor egyes szemcséinek kémiai összetétele nagyban eltérhet egymástól), ezáltal robbanási tulajdonságai is

a porszemcsek eloszlásával hozható összefüggésbe.

■ **A szemcseméret és a szemcseméret-eloszlás**

A finomabb szemcsek nagyobb fajlagos felülettel rendelkeznek, ezáltal a robbanási veszélyük is nagyobb. Könnyebben diszpergálódnak, jobban keverednek a levegővel.

■ **A por koncentrációja**

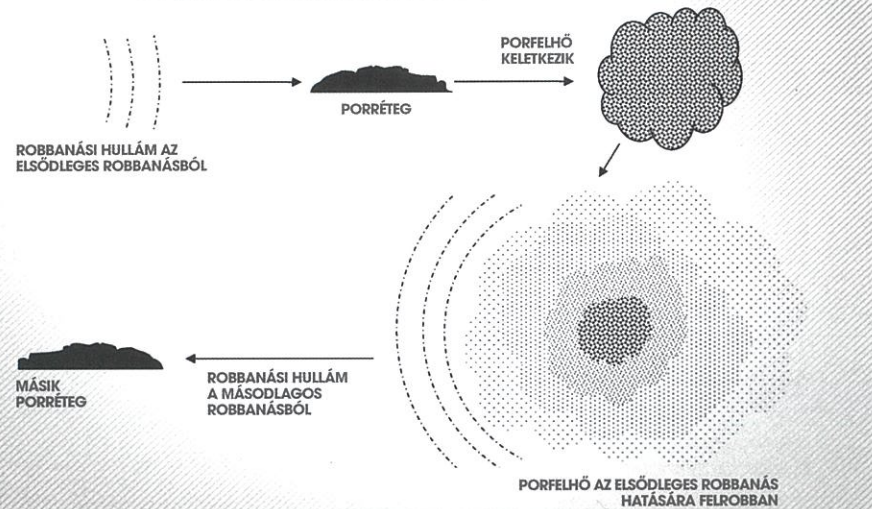
A lebegő porkoncentrációt g/m³-ben mérjük. A porfelhő porkoncentrációja általában nem



■ Amit a robbanásveszélyes porokról tudni érdemes

porrobbanás terjedése

A porrobbanás láncreakció szerűen terjed tovább, ha van leülepedett por.



3

a robbanási tulajdonságokat befolyásoló

tényezők

- a) Az oxigénkoncentráció növekedése növeli a porrobbanás sebességét, ezáltal nő a robbanási végnyomás (p_{max}), a robbanási nyomásemelkedés maximális értéke ($(dp/dt)_{max}$), valamint a K_{st} explóziós együttható is.
- b) Kialakulhat porrobbanás abban az esetben, ha oxigén, illetve levegő helyett más oxidáló hatású gázban lebeg az éghető por: klór, fluor keveréke fémporral, műanyag porral.
- c) Hosszú állási, raktározási idő alatt a por felülete gázadszorpció, oxidáció és egyéb hatások miatt megváltozik, így a por veszélyesebbé válhat, a porrobbanás hevesebb lehet.

homogén. A porszemcsék a nehézségi erő hatására (Stokes-szabály) állandó sebességgel ülepednek, bár a szabály finom szemcsékre pontatlan, hiszen az esés sebességét a légáramlat is befolyásolja. Bizonyos légáramlási sebesség felett az ülepedés teljességgel lehetetlenné válik. Ha a porfelhő görbült pályán mozog, por válik ki belőle, pl. porleválasztó ciklonokban.

A nehéz, nagy porszemek gyorsabban ülepednek ki a porfelhőből, emiatt a porkoncentráció a kiülepedés első szakaszában nagymé-

tékben csökken. Ekkor a porszemcsék száma és az összes porszemcséfelület nagysága csak kis mértékben változik, mert a durva szemcsék száma és fajlagos felületük a finomakhoz viszonyítva igen csekély. Alsó éghetőségi határérték (AÉH) a poroknál általában 20–60 g/m³ koncentráció érték között található. Felső éghetőségi határérték (FÉH): általában 2–6 kg/m³, az e feletti porkoncentrációt már nem lehet begyűjteni. A robbanóképes porkoncentráció az AÉH és FÉH közötti tartományban található.

■ A nedvességtartalom

A nedvességtartalom növekedésével (a nedvesített felület növekedése miatt) a porrobbanás kialakulásának valószínűsége csökken.

a) Gyúlékony gáz/gőz jelenléte a porfelhőben (hibrid robbanásveszélyes térfogatok): A hibrid keveréknél a robbanás határfoka jelentősen növekedik. A hibrid keverék abban az esetben is robbanásveszélyes légkört alkot, ha a különböző robbanásveszélyes összetevők koncentrációja nem haladja meg az alsó éghetőségi határkoncentrációt. A robbanásbiztonság-technikában a porok robbanásveszélyének csökkentését megelőzési és védelmi módszerek alkalmazásával érik el. A megelőzési módszerekkel biztosítják, hogy ne tudjon kialakulni robbanásveszélyes térfogat, a védelmi módszerekkel pedig minimalizálják az esetlegesen kialakult robbanásveszélyes térfogat begyűjtését.

A porrobbanás veszélyének csökkentési módszerei:

- b) éghető anyag cseréje nem gyúlékonyra, ha a technológia engedi (veszélyest a veszélytelenre),
- c) a porlerakódással érintett területek minimalizálása,
- d) magasabb nedvességtartalmú porok használata,
- e) a portároló terek inertizálása,
- f) megfelelő robbanásbiztos berendezések alkalmazása, időszakos karbantartása és felülvizsgálata,
- g) a robbanásveszélyes por előállításai vagy felhasználási technológiája jól lehatárolt vagy elszigetelt legyen,
- h) veszélyes terek – az esetlegesen előforduló robbanás miatt – a tervező által javasolt helyen történő kialakítása (dominóhatás csökkentése, járulékos veszélyek csökkentése),
- i) nyitott vagy majdnem félig zárt terek alkalmazásával. A megelőzés és a megfelelő védelmi rendszerek kiválasztása elengedhetetlen a robbanásveszélyes porok technológiájának tervezésekor, kivitelezésekor, üzemeltetésekor.

■ Porrobbanást jellemző adatok

■ Porkoncentráció

A porrobbanási jellemzőket anyagi tulajdonságán (éghető anyag) kívül elsősorban a lebegő porkoncentráció szabja meg az égést tápláló gázban, hasonló módon az éghető gáz/gőz koncentrációjához.

■ Gyulladásí hőmérséklet

Azt a legkisebb hőmérsékletet, amelyen a por és levegő keveréke lebegő állapotban meggyullad, a lebegő por gyulladáspontjának vagy gyulladási hőmérsékletének nevezzük (MIT). A por-levegő keverék gyulladási hőmérséklete 300 és 600 °C között van, csak kevés anyag pora gyullad meg 300 °C alatt. A kis tömegű porfelhő gyulladáspontja nagyobb, mint a nagy tömegű lebegő porfelhőé, mert ez utóbbiban a szomszédos porszemcsékről visszaverődő hőenergia is hozzájárul a gyulladási hőmérséklet eléréséhez. A meggyulladó porszemek melegítik egymást, kis porfelhőben ez a melegítő hatás értelem szerűen kisebb. A porfelhő ugyanúgy gyűjtődik meg, mint a gáz/gőz + levegő keveréke, az egész porfelhő felmelegítésével vagy olyan gyújtóforrással, amely csak a porfelhő egy részét melegíti fel a gyulladási hőmérsékletig.

■ Minimális gyújtási energia

Az éghető, robbanóképes porok jellemzője a

minimális gyújtási energia (MIE). A minimális gyújtási energia porok esetén, annak a villamos szikrának az energiája, amely megfelelő feltételek teljesülése esetében, a kritikus koncentrációjú keveréket még meggyújtja.

■ Nedvességtartalom

A nedvességtartalom növeli a gyulladáspontot, mivel a nedvesített felület csökkenti a szemcsék közötti súrlódási energiát, illetve a felület hőmérsékletét. Az a nedvesség, amelyet a por normális körülmények között a levegőből felvesz, kb. 80 °C-kal növeli a gyulladáspontot. Nagyon fontos, hogy a nedvesítés inertizálja a port.

■ Szemcseátmérő

A szemcseátmérő csökkenésével fokozatosan csökken a gyulladáspont. A szemcséfinomság fokozásával a por veszélyesebbé válik, mivel nő a környező levegővel és a többi szemcsével érintkező felület nagysága. A porrobbanás hevessége függ a zárt térben kialakult maximális robbanási gáznyomástól (p_{max}), a robbanási nyomásemelkedés maximális sebességétől ($(dp/dt)_{max}$), valamint a K_{st} explóziós együtthatótól. A porrobbanás hevessége a szemcséfinomság csökkenésével növekszik, de csak egy határig.

A maximális robbanási gáznyomás (égéstermék) (p_{max}) hozzávetőleg 100 μ m szemcseát-

lebegő por gyulladásí hőmérsékletének meghatározása

MIT

Az ipari technológiákat forró felületek jellemzik, mint például működő kemencék, égők, szárítók felületei, ezenkívül a túlmelegedett csapágyak és egyéb nem villamos berendezések mechanikai hibái során, lokálisan forró felületek alakulhatnak ki. Ezek kiváltó okai különbözőek lehetnek, így gyújtóforrásként jelennek meg a robbanásveszélyes területen. A különböző helyeken leülepedett porok külső zavaró hatásra lebegő állapotba kerülhetnek. Robbanásveszély szempontjából a lebegő állapot a legveszélyesebb, mivel ebben az állapotban forró felülettel érintkezve elsődleges robbanás következhet be. Éppen ezért a potenciális robbanásveszély megítélése szempontjából a porok gyulladási hőmérsékletének meghatározása alapkövetelmény. A porok gyulladási hőmérséklete egy felmelegített felületnek azzal a legkisebb hőmérsékletével jellemezhető, mely a por és a levegő gyulladásra leghajlamosabb keverékében, meghatározott vizsgálati körülmények között gyulladást okoz.

SCAN FUNKCIÓ A WEBEN



- ✓ vonalkód, QR kód
- ✓ gyors keresés
- ✓ termékadatok azonnal

www.schrack.hu





■ Amit a robbanásveszélyes porokról tudni érdemes

mérőig nő, ennél finomabb porban a p_{max} már nem változik.

Mérési tapasztalatok szerint 20-30 μm szemcseátmérőnél válik állandóvá a robbanási nyomásemelkedés maximális értéke ($[dp/dt]_{max}$).

A különböző robbanóképes porok vizsgálata során megállapították, hogy 400-500 μm feletti szemcseátmérőjű gyúlékony porfelhő már nem robbantható fel (ezért ez az egyik feltétele a porrobbanásnak).

■ Porok fajlagos felülete

A finom poroknak mind a felületi energiája, mind pedig a felületi aktivitása igen nagy. Ilyen porokra jellemző az öngyulladás hajlam (pirofóros tulajdonság), mivel ezek az igen nagy fajlagos felületű porok, gyors felületi oxidációjuk következtében olyan mértékben felmelegednek, ami számos fém por esetén öngyulladáshoz vezet. A porok fajlagos felületén az egységnyi tömegű anyag szabad felületét értjük [m^2/kg]. A legfinomabb porok esetében a fajlagos felület elérheti a 100 m^2/gr nagyságrendet is.

■ Porfelhő + gáz/gőz/köd + levegő keverék (hibrid) robbanása

Azokat a porokat, melyek éghető gázt, gőzt vagy folyadékot tartalmaznak, hibridporok nevezik. A hibridporfelhő meggyújtásához sokkal kisebb energia szükséges, mint a tiszta porfelhő meggyújtásához. A durva szemcséjű porfelhő, amely még nagy energiájú szikrával vagy más hőforrással sem gyújtható be, 1-2 tff% oldószerzőz jelenlétében robbanásveszélyes hibridzónává válik.

A hibridporfelhő alsó robbanási határa is kisebb, mint a megfelelő tiszta porfelhőé.

Amennyiben a hibridpor 0,2 tömegszázaléknál kevesebb éghető anyagot tartalmaz, az porrobbanásról úgy viselkedik, mintha tiszta por lenne. A kis hevességgel robbanó gáz (pl. metán) sokkal erőteljesebben növeli a hibridpor veszélyes tulajdonságait, mint a nagy hevességgel robbanó gáz/gőz (pl. hidrogén). Ennek magyarázata az, hogy a gyors gázrobbanás véget ér még mielőtt a porfelhő robbanása elkezdődne.

■ Elsődleges és másodlagos porrobbanás

A porrobbanások különösen pusztító hatást tudnak kifejteni. A porrobbanások két lépés-

ben zajlanak. Azokat a porrobbanásokat, melyek zárt rendszerben alakulnak ki, és kialakulása gyújtóforrásra vezethető vissza, elsődleges robbanásnak nevezzük. Az elsődleges porrobbanás a robbanás helyén felkavarja a korábban lerakódott portömeget, amely robbanóképes koncentrációjú porfelhővé alakul. Ez a porfelhő a légteret teljesen vagy részben kitölti.

Az elsődleges robbanásból származó izzó porszemek és egyéb égési maradványok a felkavart porfelhő gyújtóforrásává válnak, s így másodlagos robbanás következik be (1. és 3. ábra). A folyamat révén a porrobbanás jelentős távolságra juthat el attól a helytől, ahol egyébként az elsődleges robbanás keletkezett. A nagy kiterjedésű zárt terekben bekövetkező robbanások másik jellemzője, hogy a robbanás pusztító ereje a kiindulási ponttól távolodva egyre jobban nő. Jól megfigyelhető ez a jelenség szénporrobbanás-veszélyes bányák esetében.

A másodlagos porrobbanás következményei, dominóhatást előidézve, katasztrófálisak lehetnek. A porrobbanások nemcsak ott fordulhatnak elő, ahol a port előállítják, hanem a végfelhasználóknál is.

A leülepedett por nagyon kevés helyet foglal el, pl. 1 mm-es porréteg, amelynek sűrűsége 500 kg/m^3 , ha felkeveredik, akkor a keletkező 5 m magas porfelhő koncentrációja elérheti a 100 g/m^3 -t.

■ Porvizsgálatok

A robbanásbiztonság-technikai zónák minőségének meghatározásához robbanásveszélyes porok esetén az alábbi adatok meghatározása szükséges:

1. a robbanásveszélyes por fajlagos ellenállására,
2. a leülepedett állapotra vonatkoztatott izzási (gyulladás) hőmérséklete (Layer Ignition Temperature = LIT),
3. a lebegő állapotra vonatkoztatott gyulladási hőmérséklet (Minimum Ignition Temperature = MIT),

A porok robbanástechnikai tulajdonságainak jellemzésére a fentiekén kívül a következő paraméterek szolgálnak (normál légkörre vonatkoztatott):

4. az öngyulladás hőmérséklet (Autoignition Temperature = AIT),

5. a hőhatásnak kitett porokból képződő svélgázok gyulladási hőmérséklete,
6. a minimális gyulladási energia (Minimum Ignition Energy = MIE),
7. a maximális robbanási túlnyomás (p_{max}),
8. maximális nyomásnövekedési sebesség ($[dp/dt]_{max}$),
9. explóziós együttható (K_{st}),
10. alsó éghetőségi határkoncentráció (AÉH; (LFL)),
11. felső éghetőségi határkoncentráció (FÉH; (UFL)) és
12. nitrogénnel/szén-dioxiddal inertizált légkörre vonatkoztatott oxigén határkoncentráció (LOC).

A 4-12. pontokban felsorolt tulajdonságok, a robbanások hatásainak vizsgálatához szükségesek, vagyis technológiai tervezési, üzemeltetési, katasztrófavédelmi szempontokból érdekesek. Amennyiben a robbanásveszélyes porral foglalkozó jogi személy ebből fakadóan a katasztrófavédelmi törvény hatálya alá esik, úgy a robbanás hatásainak vizsgálatához szükségesek ezek az adatok is.

Fontos azonban megjegyezni, hogy a felső éghetőségi határkoncentráció és az inertizált légkörre vonatkozó oxigén határkoncentráció meghatározása csak speciális esetekben indokolt (pl. inertizálás mértékének meghatározásánál a LOC).

A továbbiakban csak a robbanásvédelem szempontjából fontos 1-3. pontokban felsorolt tulajdonságokkal foglalkozunk.

Azért, hogy a porok veszélyességével tisztában legyünk, a porok 1-3. pontban felsorolt tulajdonságainak meghatározása alapkövetelmény, hiszen csak ezek birtokában lehet meghatározni a robbanásveszélyes térfogatok porcsoportját és a zónában megengedett legmagasabb felületi határhőmérsékletet.

Amennyiben porokkal foglalkozunk, első lépésként el kell végezni a porok robbantókamrák vizsgálatait. Ha a por nem robbanásveszélyes (sok esetben ez vizsgálat nélkül is eldönthető: mészkőpor, dolomitpor, gránitpor stb.), úgy ezt a vizsgálatot kis költséggel megoldhatjuk, és van egy papírunk arról, hogy a por, amivel foglalkozunk vagy foglalkozni fogunk nem robbanásveszélyes. A legtöbb esetben azonban a por robbanásveszélyes lesz, és így a vizsgálatokat tovább kell folytatni (MIT, LIT, vezetőképesség stb.). Tervezés szempontjából robbanásveszélyes porok ese-

tén nagyon fontos adat a MIE = minimális gyújtási energia értéke, mivel ennek nagysága alapvetően befolyásolja a védekezést és annak költségét is.

■ Leülepedett por izzási hőmérsékletének (LIT) meghatározása

Természetes sajátosságukból következően a porok, a különféle termelési rendszerekben leggyakrabban leülepedett állapotban fordulnak elő, ezáltal rontják a technikai eszközök szabad légterrel kialakuló hőtranszport folyamatait (hőszigetelő hatásúak), melynek következményeként a termelőberendezések felmelegednek.

A berendezések felmelegedésének következménye, hogy:

- meghibásodásaik valószínűségét növeli, vagyis üzembiztonságuk nem lesz megfelelő, valamint
- burkolataikon a hőmérséklet növekedésével a por izzásba jöhet vagy meggyulladhat.

Izzási hőmérsékletnek nevezik azt a legalacsonyabb hőmérsékletet, amelynél az 5 mm vastag rétegben lerakódott éghető por:

- lángjelenség nélkül izzani kezd, illetve lángra kap, vagy
- felső határoló felülete eléri a +450 °C-os hőmérsékletet, vagy
- felső határoló felületének hőmérséklete legalább 250 °C-kal meghaladja a vizsgálókészülékét.

A fenti esetekben, ha a reakció nem vezet izzáshoz vagy lángoláshoz, akkor a gyulladás nem tekinthető megtörténtnek. Számtalan por, mielőtt izzásba jöhetne, megolvad (festékpороk, porcukor, műanyag porok stb.), így ebben az esetben LIT-értékről nem beszélhetünk. A vizsgálati módszerrel meghatározott legkisebb gyulladási hőmérséklet értékei a vizsgálatok során alkalmazott rétegvastagságok esetén érvényesek. Amennyiben a lerakódott porréteg vastagsága jelentős, úgy a berendezések felületén megengedett maximális felületi hőmérsékletet a szabványban meghatározott táblázat szerint korrigálni kell. A legnagyobb megengedett porréteg vastagságokat a robbanásbiztonság-technikai zónatérképeken fel kell tüntetni. Ez a legtöbb esetben nem szokott a térképeken szerepelni, ebben az esetben az 5 mm leülepedett porréteg vastagság a mértékadó a felülvizsgálatok során. A megengedett legnagyobb porréteg vastagság értékét az üzemeltetővel egyeztetni kell, és annak eredményét a takarítási tervekben kell maradéktalanul betartani/betartatni.

Amennyiben a robbanásbiztos kivitelű berendezés időszakos felülvizsgálatánál a készülékre rakódott por vastagsága meghaladja a zónatérképen feltüntetett értéket, úgy a berendezést tovább üzemeltetni nem lehet, a felülvizsgálat végeredménye nem megfelelő minősítésű.

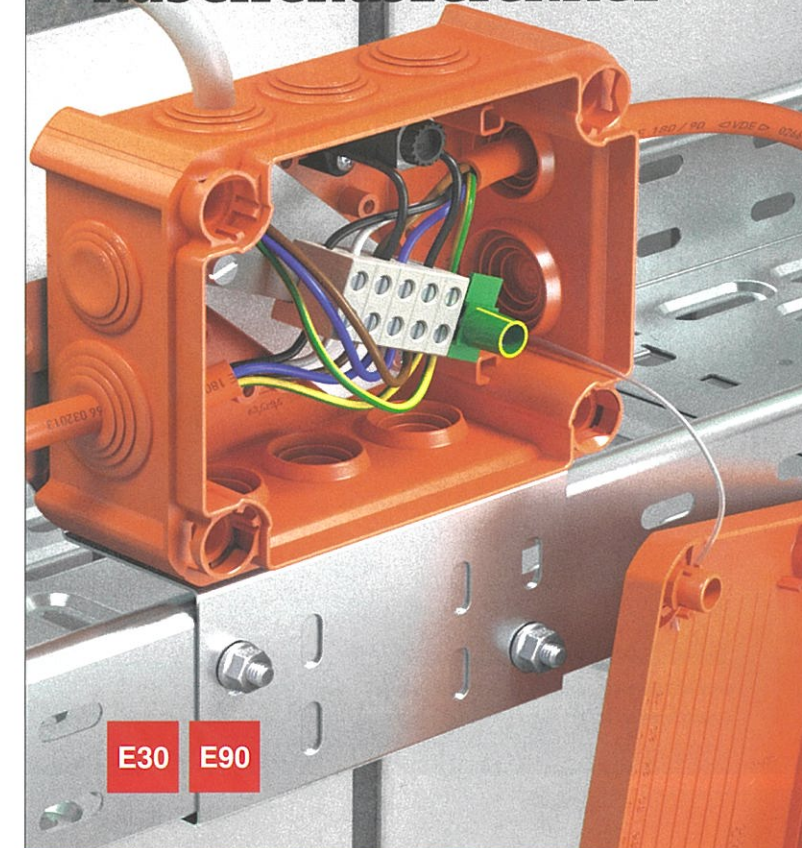
■ A por vezetőképességének a meghatározása

A porrobbanás veszélyes zónák minőségének meghatározásához elengedhetetlen a porok vezetőképességének a meghatározása. Attól függően, hogy a porok fajlagos ellenállás értéke 1000 Ωm alatt vagy felett van, úgy kell meghatározni a porcsoportot. E vizsgálat elvégzésére hazánkban mint szolgáltatást végző vállalkozás, tudomásom szerint, csak egy cég képes.

A porrobbanással érintett térfogatok zónáinak meghatározása korábban már ismertetésre került. ■

FireBox - Kötődoboz tűzálló kábelrendszerekhez

HALOGEN
FREE



Kötődoboz tűzálló kábelrendszerekhez

- Bevizsgált, tűzálló összekötési technika 16 mm^2 vezeték-keresztmetszettel
- Különböző rögzítési és kábelbevezetési lehetőségek
- kábelspecifikus kivitel
- Különböző szerelési kiegészítők

www.obo.hu

Building Connections

OBO
BETTERMANN