

Az elektrosztatikus feltöltődés elleni védelem felülvizsgálata

Milyen új és régi feladataink vannak az elektrosztatikus feltöltődések elkerülésében? Milyen veszélyekkel kell szembenéznünk és ezek, hogyan kerülhetők el? Ezekre és az új jogszabályokból eredő feladatokra hívja fel a figyelmet szakértő szerzőnk.

I. Az elektrosztatikus feltöltődés folyamata

Az ipari elektrosztatikai feltöltődések tűzvédelmi veszélyessége abban rejlik, hogy a töltések felhalmozódása, és a térerősség megnövekedése miatt villamos kisülések jönnek létre. A kisülések robbanásveszélyes légtérben gyújtóforrásként szerepelnek, és robbanást idézhetnek elő.

A töltések többféle mechanizmus útján keletkezhetnek:

- érintkezés, szétválás
- emisszió, felhalmozódás,
- mechanikai hatások (aprózódás, dörzsölés)
- halmazállapot-változás
- gerjesztett folyamatok (megosztás, ionok összegyűjtése, koronakisülés)
- részeckskefeltöltődés

A leggyakoribb, legjellemzőbb feltöltődési mechanizmusok az ipari gyakorlatban és a tűzvédelemben az érintkezés-szétválás, az aprózódás, a súrlódás, és a megosztás. Az ember mozgása során lépésenként érintkezik és elválik a padozattól, anyagszállítás során a szállított porszerű anyag folyamatosan súrlódik, a feltekereselt szigetelőanyag érintkezik –szétválik. A feltöltődött testek, felületek megosztással újabb töltésselkülönülést generálnak. Az őrléssel járó technológiai folyamatok, a kétfázisú anyagok (folyadék-szilárd, gáznemű-szilárd) áramlása, különösen a nagynyomással kiáramló gáz-folyadékcsepp és a gáz-por fázisok nagymértékű elektrosztatikus feltöltődést okozhatnak, ami környezetében lévő felületek feltöltődését is előidézhetik.

II. Veszélyek

Az elektrosztatikus okra visszavezethető tűz és robbanás keletkezéséhez több feltétel egyidejű teljesülése szükséges. A töltések keletkezése csak akkor okoz veszélyt, ha azok fel tudnak halmozódni. Megnö a villamos térerősség, és ez elektrosztatikus kisüléshez vezethet (gyújtóforrás). A veszély másik feltétele a robbanásveszélyes közeg. Ezek azonban különböző gyakorisággal, valószínűséggel következnek be.

II.1. Kisülések

Általánosan tekintve a villamos kisülés az a fizikai folyamat, amikor az elkülönült töltések – esetleg jelentős energia-felhasználás miatt – fény- hő- és hangjelenségek kíséretében kiegyenlítődnek. (elektronlavina, pamatos kisülés, csatornakisülés, villamos ív).

Az elektrosztatikus kisülésnek van egy lényeges jellemzője. A kisüléshez rendelkezésre álló össztöltés mennyisége korlátozott. Így az elektrosztatikus kisülések egy feltöltött kondenzátor kisülésének fizikai folyamatához hasonlíthatók. A kisülés áramkörének impedanciája általában nagyon kicsi, így 10-100 A csúcsertékű, de rendkívül rövid idejű ($10^{-7} - 10^{-8}$ sec.) áramimpulzusok gyakran előfordulnak.

ELEKTROSZTATIKUS KISÜLÉSEK

Elektrosztatikai kisülések	A kisülések és az elektródok kapcsolata	Az elektrosztatikai kisülésben előforduló kisülések
Korona kisülés Szigetelő felület kisülése Terjedő kisülés Feltöltött réteg kisülése	Részleges kisülés	Elektronlavina Pamatos kisülés Csatorna kisülés
Szikrakisülés	Átütés vagy ívelés	Csatorna kisülés

A koronakisülés és a feltöltött szigetelő felület kisülése (az ún. fojtott szikrakisülés) klasszikus jelenség az ipari elektrosztatikában. A koronakisülés erősen inhomogén térben kialakuló részleges kisülés. Általában kissugarú elektródokon (csúcs, él) megjelenő elektronlavina. A kisülésben felszabaduló energia időben rendkívül elnyújtva jelentkezik, így a gyújtó hatása csekély. A feltöltött szigetelő felület kisülésekor a feltöltött szigetelő felülethez közeledő földelt elektródról induló kisülés a felületet elérve, azon szétágazva, egyrészt kisüti a felületnek mintegy dm^2 -nyi részét, másrészt ellentétes polaritással fel is töltheti a kisütött felületet. A kisülés energiája 0,1 mJ-1 mJ nagyságrendbe esik. A feltöltött réteg kisülését igen jó szigetelő részecskék nagy tömegű és gyors mozgatására vagy kezelésére épülő technológiákban figyeltek meg. A lerakódó rétegekben nagy töltésmennyiség halmozódhat fel, mert az apró részecskék miatt nagy a fajlagos töltés, valamint a szigetelő anyag a töltését a rétegben is megtartja. A lerakódó réteg vastagságának növekedésével nő a határfelületen kialakuló télerősség, ami villamos kisüléshez vezethet. A terjedő kisülés a nagyon vékony szigetelő anyagok felületén, a nagy kapacitások miatt erőteljes feltöltő folyamatok (pneumatikus anyagszállítás, folyadékáramlás) hatására igen nagy energia halmozódhat föl. A terjedő kisülés gyújtó hatása nagy, 1- 10 J nagyságrendű.

Szikrakisüléskor (feltöltődött vezető test kisülésekor) az áram hirtelen megnövekszik, majd utánpótlás hiányában lecsökken. A kisülés gyakran tüzet, robbanást okoz, mert a kisülés energiája térben és időben rendkívül koncentráltan jelentkezik. Nagy kiterjedésű fémfelületek kisülése a Kis Szikraérzékenységű anyagokat is képes berobbantani, de ez durva hiba lenne vagy tűzvédelmi, vagy munkavédelmi szempontból.

II.2. Robbanásveszélyes légtér

Elektrosztatikai okra visszavezethető tűz, vagy robbanás keletkezéséhez több feltétel egyidejű teljesülése szükséges. Ezek azonban különböző gyakorisággal következnek be. Akkor, ha egy feltétel, a robbanásveszélyes közeg állandóan megvan (0-s zóna), a valószínűséget 1-nek kell venni. Ilyen helyen a szikrakisülést ki kell zárni.

Abban az esetben, ha a robbanásveszélyes közeg csak véletlenszerű hiba következtében jön létre, a hibák bekövetkezését matematikai szempontból Poisson folyamatnak kell tekinteni, a hibás szakaszok közötti hibamentes idő hossza exponenciális eloszlású.

Az elektrosztatikus feltöltődésből keletkező veszély szempontjából azt kell ismerni, hogy a szikra keletkezésének időpontjában mekkora valószínűséggel van robbanásveszélyes környezet. Ez az eloszlásfüggvény is számolható (P_t). Robbanás azonban csak akkor jön létre, ha egyidejűleg gyújtóképes szikra is létrejön. Ennek valószínűsége két tényezőtől függ. Az egyik az elektrosztatikus feltöltődés fennállásának valószínűsége (P_e), a másik annak a valószínűsége, hogy a feltöltődésből eredő szikra energiája meghaladja-e a veszélyes közeg

gyújtási energiáját. Akkor, ha a feltöltődés legalább t ideig fennáll, akkor $P_e=1$, ha csak hiba esetén lép fel feltöltődés, akkor a veszélyes közeghez hasonlóan Poisson folyamatnak tekinthetjük, és az eloszlásfüggvény is hasonló alakú. A szikra energiája nem függ attól, hogy a kisülés milyen t időpontban jön létre, hanem az időtől független gyakorisági eloszlása van, amit legegyszerűbben normális eloszlásúnak tekinthetünk (P_s). A robbanás eredő valószínűségét a három valószínűség szorzata fejezi ki. $P_{er}=P_t P_e P_s$

A bekövetkezés valószínűsége még nem jellemzi teljesen a kockázatot, mert a következmény lehet kicsi, de jelentős is. A kockázatot a várható kár fejezi ki, aminek átlagos értéke K Ft/esemény alakban a statisztikai adatokból becsülhető. A káresemény valószínűségének, ill. a kockáztatott értéknek a megengedhető határait nehéz meghatározni (pl. emberélet). A gyakorlat számára $P_{er}=10^{-6}$ valószínűséget még elfogadhatónak tartanak.

Az MSZ EN 60079-14 szerinti zónabeosztás a veszélyes közeg jelenlétének a valószínűségére (P_t) ad a gyakorlat számára útmutatást. A szikraérzékenységi osztályok a gyújtóképes kisülés valószínűségét (P_s) rejtik, ill. veszik figyelembe. A szabványokban és a jogszabályokban meghatározott műszaki követelményekben meghatározott védelmi intézkedések az említett valószínűségek befolyásolásával a kár bekövetkeztének valószínűségét kívánják a megengedhető értékre korlátozni.

III. Védekezés a veszélyek ellen

A körülmények szinte korlátlan változatossága miatt, a feltöltődést kiváltó okok, és a kialakuló veszélyhelyzetek is nagyon különbözőek lehetnek, ezért általánosan érvényes védekezési módszer nincs. A védekezés módját mindig az adott körülményekhez kell illeszteni, megtalálni a leghatékonyabb eszközt, vagy módszert. Sok esetben csak több különböző védekezési eljárás együttes használatával lehet a kívánt eredményt elérni.

A védekezés módjának kiválasztása előtt mindig meg kell vizsgálni a problémát előidéző jelenségeket; mi idézi elő a feltöltődést, hogyan és milyen körülmények hatnak rá, milyen következményei vannak, és ezek milyen tényezőktől függenek.

Védekezési módok:

Töltések szétválasztásának kiküszöbölése. A különböző anyagok érintkezésekor és szétválásakor keletkező feltöltődés megakadályozásának legegyszerűbb módja, hogy legalább az egyiket olyanra cseréljék, hogy ne keletkezzen töltés szétválás.

Töltésfelhalmozódás korlátozása elektrosztatikusan disszipatív anyagok alkalmazásával. A vezető testet ilyen anyaggal földeljük, és nem jön létre szikrakisülés.

Kisülési energia csökkentése földeléssel. A feltöltődés akkor is veszélytelen, ha keletkezik ugyan kisülés, de az energiája kisebb, mint a közeg minimális gyulladási energiája.

Szigetelő anyagok feltöltődésének korlátozása levezetéssel. Ez lehetséges az anyag mozgási sebességének csökkentésével, a levegő páratartalmának növelésével, vagy antisztatikus adalékanyagok alkalmazásával.

Töltések semlegesítése aktív vagy passzív eliminátorokkal. Bizonyos esetekben nem lehet megakadályozni a feltöltődés keletkezését. Ebben az esetben a veszélyes következmények kiküszöbölésére kell törekedni, aminek a legbiztosabb megoldása a robbanásveszélyes légtér keletkezésének megakadályozása. Aktív szellőztetéssel biztonságosan az alsó robbanási határérték 40%-a alatt tartjuk a koncentrációt. Inert gáz használatával kizárható az oxigén, mint az égést tápláló anyag. Ez a megoldás zárt technológiák alkalmazásával a vegyiparban a legelterjedtebb.

A védekezési módszerek részletes leírására az előadás nem tud vállalkozni, mert minden egyes védekezési módról külön előadást lehetne tartani, így csak az alapelvek felsorolását tűztem ki célul.

Az ipari gyakorlatban, ahol a robbanásveszélyes közeget gáz, vagy éghető folyadék jelenléte, feldolgozása, tárolása, használata okozza, a legelterjedtebb védekezés az elektrosztatikusan vezető padló, védőcipő és antisztatikus ruházat használata. (Töltésfelhalmozódás korlátozása, kisülési energia korlátozása)

IV. Jogszabályi környezet

Az új, hatályos OTSZ 3. rész IV. fejezete hiánypótló rendelkezés. A korábbi szabályozásban a rendszeres felülvizsgálati kötelezettség csak a villamos és a villámvédelmi berendezésekre terjedt ki. Sőt, nem csak a felülvizsgálat nem volt előírva, hanem az üzembe helyezés előtti ellenőrzés sem. Egy halvány utalás volt a régi OTSZ-ben, hogy megfelelő védelemről kell gondoskodni [40. § (4) bek.], illetve a padozat és lábazat burkolatát úgy kell kialakítani, hogy az bármilyen más anyaggal, illetve tárggyal történő érintkezése során ne okozzon tüzet vagy robbanást [21. §], de a burkolat ellenőrzéséről nem esett benne szó. Az MSZ 16040-ben van egy pont, amely előírja, hogy a padlóburkolatot lefektetés után méréssel kell ellenőrizni, de a szabvány betartása nem kötelező. A beruházón, a kivitelezőn, vagy a tűzoltóságon múlt, hogy az átadás előtt elvégezték-e az antisztatikus padlóburkolat mérését. A védőruhák esetében jobb volt a helyzet, mert ezek minősített védőruházatok, és csak bevizsgálás után kerülhettek antisztatikus minősítéssel forgalomba. A munkavédelem mindig is előrébb volt és erősebb, mint a tűzvédelem.

Ilyen előzmények után a 2008. május 22-én hatályba lépett új OTSZ egyértelműen szabályoz. OTSZ 3. rész IV. fej. 2.2. pont

Az elektrosztatikus feltöltődés elleni védelem felülvizsgálatot el kell végezni:

- a) az építmény, helyiség használatba vétele előtt;
- b) az építmény, helyiség átalakítása, bővítése után;
- c) a technológia változása után;
- d) ha a gyártó a műszaki leírásban, dokumentációban vagy a telepítési technológiai dokumentációban nem rendelkezik a felülvizsgálat idejéről, akkor legalább 3 évente.

Felmerül viszont a kérdés, hogy miért e szabályzás.

A kérdést ketté kell választani:

- Miért kell felülvizsgálatot végezni?
- Miért az végezheti a felülvizsgálatot, akit a jogszabály megnevez? (villamosmérnök, szakértő)

V. A felülvizsgálat oka, meghibásodási lehetőségek

Az elektrosztatikai védelmet szolgáló megoldások, eszközök felülvizsgálatának szükségessége egyértelmű. Ugyanúgy, mint a villamos berendezések, ezek az eszközök is meghibásodhatnak, romolhat a hatékonyságuk, öregedhetnek. Miért kellene különbséget tenni a villamos berendezések és az elektrosztatikai védelmi eszközök között, hiszen csak megfelelő műszaki állapotban tudják biztosítani az üzemszerű működést, a biztonságot. Ugyanez vonatkozik az elektrosztatikai földelésekre is. A villamos kötések, a földelést eddig is felül kellett vizsgálni, legfeljebb a földelési ellenállás értéke lehet más nagyságrendű, mint amit az érintésvédelmi földelésnél megszoktunk (10^4 - $10^6 \Omega$ nagyságrend)

A töltésfelhalmozódást megakadályozó burkolatok esetében a helyzet bonyolultabb. A kiválasztásnál a cél, hogy a keletkező töltéseket elvezesse a földbe, „földelje a burkolaton

mozgó vezető testeket (ember, targonca, egyéb gép)”. A földelés biztonságos, ha a töltéselvezetési folyamat gyorsabb, mint a töltéskeletkezési folyamat. A kisülési időállandónak legalább egy nagyságrenddel kisebbnek kell lenni, mint a feltöltődési időállandó. Földelési ellenállást tekintve, ha az nem haladja meg a 10^6 ohm értéket, akkor az ezzel földelt vezető test nem töltődhet fel annyira, hogy róla kisülés induljon meg. Ennél nagyobb érték esetén vizsgálni kell a környezetet, technológiát.

Akár a fal-, akár a padlóburkolatokat egy technológiai előírás szerint kell lefektetni, felhordani. A gyártó hiába garantálja a burkoló anyag elektrosztatikai tulajdonságait, ha a beépítést ember végzi. Az ember közreműködése miatt be van építve a hiba lehetősége.

A burkolat szerkezete: burkolandó felület, kiegyenlítő réteg, egyenpotenciált biztosító vezetőképes réteg, fedőréteg. Ezt még ki lehet egészíteni más összetevőkkel (köztes réteg, nagy kopásállóságú vékony fedőréteg, stb.), de alapjaiban ebből áll a burkolat szerkezete. A földelést, a felhalmozódott töltések elvezetését biztosító „rézháló” a vezetőképes rétegre kell letenni, a fektetési technológia szerinti távolságra egymástól. Falburkolatként alkalmazott vezetőképes festékek esetén a festékréteg alá kell elhelyezni a földelő rézcsíkokat.

Az elkövethető hibák:

- Hiányzik a vezetőképes alsó réteg, vagy nem vezetőképes réteget fektetnek le.
- A rézháló nincs végig lefektetve
- A borító, vagy fedőréteg nem „antiszztatikus”, hanem jó villamos szigetelő vagy a helyiségben előforduló robbanásveszélyes anyaghoz nem megfelelő a villamos tulajdonsága.

Ezeket a hibákat a használatba vétel előtti méréssel ki lehet szűrni, és ez a megbízó, beruházó elemi érdeke is. Találkozik a tűzvédelem, a beruházó és az üzemeltető érdeke.

A burkolat a használat során szennyeződhet, és az idők folyamán olyan szennyezésréteg alakulhat ki rajta, ami elrontja az eredeti elektrosztatikai tulajdonságát (megnő a levezetési ellenállás). A burkolat öregedhet, a helyiségben olyan agresszív anyagokat dolgozhatnak fel, tárolhatnak, ami megtámadja a burkolat anyagát, megváltoztathatja a tulajdonságait. A folyamatos használat okozta károsodást figyelni kell, ezt a célt szolgálja a rendszeres felülvizsgálat, ugyanúgy, mint a villamos és villámvédelmi berendezéseknél.

A hibásan lerakott burkolat, elöregedett, elszennyeződött felület, a rosszul működő védelem nagyobb veszélyt okozhat, mint a védelem hiánya, mert hamis biztonságérzetet ad, és ennél nincs nagyobb veszély. A rendszeres felülvizsgálattal lehet biztosítani a biztonságos üzemmenetet.

A kisülési energiát korlátozó védekezési mód esetén már a tervezés is egy bonyolult folyamat. A maximális földelési ellenállás meghatározásához a különböző szikraérzékenyséű anyagok esetében ismerni kell a feltöltődő vezető test kapacitását. A kapacitás csökkentésével egyre nagyobb földelési ellenállás engedhető meg. Ez különösen a kis méretű fémtárgyak esetén fontos, amelyek fémes földelése nehezen megoldható. (kilincs, bútoralkatrész, stb.) A természetes levezetőként használt anyagok (amelyek villamos értelemben szigetelők) maximális fajlagos térfogati ellenállását kell meghatározni a szikraérzékenységi tartományokban.

VI. A felülvizsgálat menete, kiértékelési problémák

A felülvizsgálat során számos, helyben felmerülő problémával kell számolni, de én most csak azt a problémát szeretném felvetni, hogy milyen mérési elrendezést lehet alkalmazni, és hogyan kell, lehet kiértékelni a mérési eredményeket.

Az OTSZ, nagyon helyesen, műszaki részletekkel nem foglalkozik. A mérnök felelőssége, hogyan jut el a jogszabály által felállított célig.

A mérési eredmény és a mérési elrendezés szoros összefüggésben van egymással. A burkolat specifikációjában hiába van leírva, hogy mekkora levezetési vagy földelési ellenállást garantál a gyártó, ha nincs rögzítve a mérési elrendezés.

A szabványok előírásai sem igazítják el az elektrosztatikában nem jártas szakembert. Az MSZ 16041/2 szabványban leírt mérési elrendezéshez a kiértékelést, a maximális elfogadható levezetési ellenállás értékét, az MSZ 16040/3 szabványban lehet megtalálni. Az európai EN 61340-4-1:2004 szabványt a Magyar Szabványügyi Testület jóváhagyó közleménnyel magyar nemzeti szabvánnyá nyilvánította MSZ EN 61340-4-1 szabványszámmal (angol nyelven). Ebben a szabványban egészen más mérési elrendezés szerepel, de a mérés kiértékelése, az elfogadható határérték nincs benne, és utalás sincs, hogy hol található. Esetleg gyári műszaki leírásban, bizonyítványban található határérték, de az akkor használható, ha utal a szabványra a mérési elrendezés tekintetében. Az európai szabvány megjelenése előtti angol és német szabvány az MSZ 16040 és MSZ 16041 szabványhoz hasonlóan határozta meg a mérést és a kiértékelést.

Bonyolítja a helyzetet, ha az elektrosztatikai védelem, a földelés tervezése során a tárgyak földkapacitását is figyelembe veszi a tervező. A kisülési időállandó ($R \cdot C$) nagyságát határnak tekintve, az említett szabványok maximális levezetési ellenállás értékénél nagyobb ellenállás értékek is megengedhetők.

A térségben veszélyt okozó robbanásveszélyes anyag szikraérzékenységet figyelembe véve a feltöltött vagy feltöltődhető test földkapacitása szintén befolyásolja a maximális földelési ellenállást.

Negatív példaként említem azt az esetet, amikor rossz szabványra hivatkozva vizsgálták a padlóburkolat levezetési ellenállását. Egy veszélyes anyag logisztikai központ (felső küszöbértékű) „A” tűzveszélyességi osztályba sorolt helyiségeinek padlóburkolatát az MSZ EN 50014:2001 szabvány (Robbanásbiztos villamos gyártmányok. Általános előírások) szerinti mérési elrendezés alapján felületi ellenállást mérték egy akkreditált vizsgáló intézet szakemberei, és ez alapján készítették a használatba vétel előtti felülvizsgálati jegyzőkönyvet. Mindezek alapján úgy gondolom, érthető, hogy miért csak szakértő villamosmérnök végezheti el az elektrosztatikai felülvizsgálatot. A jelenlegi szabályozásban még a felülvizsgálatot végző személyek között van az elektromos tűzvédelmi szakértő, de a várható módosításból ez kimarad, mert a villamosmérnöki végzettség alapkövetelmény.

Olasz Lajos t. alez. okl. villamosmérnök
tűzvédelmi szakértő

Felhasznált irodalom:

Dr. Horváth T.-Dr. Berta I.- Pohl J.: Az elektrosztatikus feltöltődések. Műszaki Könyvkiadó 1984

Dr. Szedenik N.-Olasz L.: Az elektrosztatikus kisülések kialakulása és veszélyessége. Védelem 2000. 7. évf. 6. szám

Olasz Lajos: Az elektrosztatikus feltöltődés elleni védelem felülvizsgálata.

Védelem 2009. 16. évf. 1. sz. 30-31. o.

