

2.4 | Tűz- és robbanásveszély tartályokban 4.1 | és lángvágásnál

Tárgyszavak: munkabiztonság; robbanásvédelem; tűzvédelem; baleset; tartály; lángvágás; veszélyforrás; veszélyelemzés.

Tartályokkal kapcsolatos balesetek analízise

A vegyiparban és a kőolajiparban többnyire nagy mennyiségben tárolnak veszélyes és/vagy éghető, esetleg robbanásveszélyes anyagokat. Még kisebb balesetek is több millió USD kárt okozhatnak, vagy napokra megszakíthatják a folyamatos termelést. A nagyobb baleseteknek hosszadalmas jogi következményei vannak, ami tőzsdei leértékelődést, esetleg csődöt eredményezhet.

Az elmúlt 50 évben számos amerikai hatóság és mérnöki egyesület bocsátott ki szigorú biztonsági, anyagkiválasztási, tervezési és üzemeltetési irányelveket az ilyen balesetek megelőzésével kapcsolatban. A legtöbb vállalat alkalmazza ezeket az alapelveket, de a balesetek mégsem szűntek meg. A bekövetkezett balesetek analízise mindenesetre hozzájárul a továbbiak megelőzéséhez. Az alábbiakban az utóbbi 40 évben bekövetkezett 242, tartályokkal kapcsolatos balesetek kategorizálásáról lesz szó – elsősorban a kiváltó okok és a következmények szempontjából.

Általános adatok

A vizsgált 242 balesetből 114 az USA-ban, 72 Ázsiában, 38 Európában következett be (1. táblázat). A 2. táblázat a balesetek iparágon belüli megoszlását mutatja az USA-ban. A legtöbb baleset a kőolaj-finomítókban fordult elő (47,9%), a második leggyakoribb előfordulás a kiszolgáló és tárolóállomásokon volt (26,4%). A balesetek gyakorisága 12,8% volt a petrokémiai üzemekben, 2,5% az olajmezőkön és 10,3% egyéb ipari területeken (pl. erőművekben, gázgyárakban, csővezetékekben, műtrágyagyárakban stb.).

1. táblázat

A tartálybalesetek megoszlása földrajzi hely szerint

Év	Észak-Amerika ^a	Ázsia és Ausztrália ^b	Európa ^c	Dél-Amerika	Afrika ^d	Összesen
1960–1969	3	7	6	1	0	17
1970–1979	18	9	6	1	2	36
1980–1989	26	9	9	5	4	53
1990–1999	36	33	12	2	2	85
2000–2003	31	14	5	0	1	51
Összesen	114	72	38	9	9	242

^aUSA: 105, Mexikó: 6, Kanada: 3

^bTajvan: 19, Japán: 10, Kína: 6

^cEgyesült Királyság: 6, Olaszország: 4

^dDél-Afrika: 5

2. táblázat

A tartálybalesetek megoszlása az iparágon belül

Év	Finomító	Kiszolgáló/tároló	Vegyű üzem ^a	Olajmező	Egyéb ^b	Összesen
1960–1969	10	5	1	0	1	17
1970–1979	22	11	0	0	3	36
1980–1989	25	17	5	2	4	53
1990–1999	41	22	16	1	5	85
2000–2003	18	9	9	3	12	51
Összesen	116	64	31	6	25	242

^apetrolkémiai üzemekkel együtt

^begyéb üzemek, pl. erőművek, gázgyárak, csővezetékek, műtrágyagyárak, galvanizáló üzemek

A 3. táblázat mutatja a balesetekben szereplő anyagok típusát. A legtöbb a nyersolajjal és a kőolajszármazékokkal kapcsolatos tartálybaleset. A 4. táblázat a balesetekben előforduló tartálytípusokat és azok tartalmát mutatja be. A két leggyakrabban érintett tartálytípus az atmoszférikus mozgótetős és a kúpos tetejű tartály voltak, amelyeket leggyakrabban használnak nyersolaj, dízelolaj és benzin tárolására.

A balesetek jellegét az 5. táblázat mutatja. A tűz és robbanás együtt az esetek több mint 85%-át teszi ki. E két leggyakoribb esemény után

jön a kiömlés és a toxikus vegyületek felszabadulása. A kárértéket csak ritkán közölték, de a 10 legsúlyosabb esetben az átlagos veszteség 2002-es USD árfolyamon számolva 114 millió USD volt. A balesetek okainak statisztikáját a 6. táblázat foglalja össze.

3. táblázat

A tartálybalesetekben szereplő tárolt vegyi anyagok típus szerinti megoszlása

Év	Nyersolaj	Olajszármazék ^a	Benzin	Feldolgozott termékek	LPG ^b	Olajos szennyvíz	Ammónia	HCl	NaOH	Kén	Összes
1960–1969	6	3	0	3	3	2	0	0	0	0	17
1970–1979	8	7	13	3	3	2	0	0	0	0	36
1980–1989	17	14	17	4	1	0	0	0	0	0	53
1990–1999	23	19	21	11	5	4	0	1	0	1	85
2000–2003	12	16	6	6	1	1	3	2	3	1	51
Összes	66	59	55	27	15	9	3	3	3	2	242

^afűtőolaj, dízel, kerozin, kenőanyag

^bpropán és bután is beleértve

4. táblázat

Az elemzett tartálybalesetekben szereplő tartályok típusai, ill. azok tartalma

Tartálytípus	Külső mozgó tető	Kúpos tető	Gömb	Kúpos tető, belső mozgó fedél	Hűtött tartály	Fatető	Üveg-szálas	Összes
Nyersolaj	23	5	0	2	0	2	0	32
Olajszármazék	3	10	0	1	0	0	0	14
Benzin	20	3	0	3	0	0	0	26
LPG	0	0	11	0	0	0	0	11
Propán	0	0	0	0	1	0	1	2
HCl	0	0	0	0	0	0	2	2
Metil-cianát	0	0	0	0	1	0	0	1
Összesen	46	18	11	6	2	2	3	88

5. táblázat

Az elemzett balesetek típusai

Év	Tűz	Robbanás	Kiömlés	Mérgező gáz kibocsátása	Egyéb	Összesen
1960–1969	8	8	0	0	1	17
1970–1979	26	5	5	0	0	36
1980–1989	31	16	3	2	1	53
1990–1999	59	22	2	1	1	85
2000–2003	21	10	8	10	2	51
Összesen	145	61	18	13	5	242

6. táblázat

A tartályokkal kapcsolatos balesetek okai

Év	1960– 1969	1970– 1979	1980– 1989	1990– 1999	2000– 2003	Összesen
Villámlás	4	10	19	37	10	80
Karbantartás, forró eszközökkel végzett munka	1	5	9	12	5	32
Üzemeltetési hiba	1	5	6	8	9	29
Berendezés meghibásodása	3	1	5	7	3	19
Szabotázs	2	5	2	6	3	18
Törés/repedés	0	3	3	3	8	17
Szivárgás és vezeték eltörése	0	3	2	5	5	15
Sztatikus elektromosság	2	1	2	2	5	12
Nyílt láng	1	0	4	2	1	8
Természeti katasztrófa	1	2	1	1	2	7
Megfutó reakció	2	1	0	2	0	3
Összesen	17	36	53	85	51	242

A balesetek okainak részletes elemzése**Villámcsapás**

A tűzzel kapcsolatos balesetek két fő oka a közvetlen villámcsapás, illetve a sztatikus töltések kisülése, esetleg más áramütés. Ha a közvetlen villámbeccsapódás zónájában éghető anyaggal teli tartály van, a hőhatás miatt éghető gázok szabadulnak fel, és azok rendszerint meg is gyulladnak.

A 80, villámmal kapcsolatos balesetből kb. tucatnyi esetben fordult elő „telitalálat”, ami robbanással és nagy kárral járt. 1995-ben Indonéziában volt egy ilyen baleset, amelynek során (2002-es árfolyamon) 38 millió USD kár keletkezett, a finomító jó fél évig csak 70%-os kapacitással működött, és a teljes helyreállításra csak 1997-ben került sor.

A viharok során a földfelszín feltöltődik, és a feltöltött terület nagysága (15–150 km²) sokkal nagyobb, mint a közvetlen becsapódás területe. A másodlagos hatásokkal kapcsolatos kár valószínűsége sokkal nagyobb, mint a közvetlen becsapódásé. Ha a villám a közelben csap be, egy jól földelt tartály még mindig vesz fel töltést, de azt gyorsabban adja le.

A mozgó tető tömítő/szigetelő pereme az a hely, amelynek meggyulladása a legvalószínűbb egy zivatarban. A legtöbb ilyen tüzet általában hamar eloltják, de 1989-ben Dar Es Salaam-ban (Tanzániában) egy 80 000 hordós kőolajtároló tartály szigetelése körben végig meggyulladt, és az oltás több mint 5 napig tartott. A jó szigetelésre mindenképpen szükség van, hogy minél kevesebb éghető anyag szabaduljon ki a környezetbe. A lefúvató- és szellőzőszelepek is gyakran válnak tűzforrásokká, ezért tűzfogóval kell ellátni azokat. A jelenlegi szabványos villámvédelem a petrokémiai iparban nem sokat ér, ha közvetlen becsapódás történik.

Karbantartás

Hegesztés során 18 baleset következett be. Ha a tartályban levő éghető gőzök és gázok felrobbannak, a föld feletti tartályok általában összeomlanak. Egy 1995-ös hegesztési balesetben, ahol egy tartály külsejét hegesztették, két, 10 m magas és 10 m átmérőjű tartály robbant fel. 1986-ban Thessalonikiben egy lángvágó lángjáról a tűz más területekre is áttért, és 12-ből 10 olajtároló tartály kiégett, 5 fő meghalt.

Ilyen munkák esetében fokozottan ügyelni kell a forró eszközökkel végzett munka szabályaira, beleértve a megfelelő engedélyezést, a tűzfigyelést, a tűzoltó eszközök előkészítését, a robbanékonyság helyi ellenőrzését, a szivárgások megszüntetését (gondolni kell a csatornák lefedésére, aknák lezárására stb.). A mechanikai súrlódás is okozhat szikrát, ami ugyancsak berobbanthatja a gyúlékony gőzöket.

Előfordultak robbanások szerelési munka közben, de pl. személylift közlekedésének hatására is. Köszörülés hatására 1994-ben egy olajos zagyot tartalmazó tartály felrobbant, 17 dolgozót megsebesített, és tartalma beleömlött egy közeli folyóba. 2000-ben egy tömítésben maradt

könnyűbenzin gyulladt be tisztítás során. 1973-ban 40 dolgozó halt meg egy robbanásban, amikor egy cseppfolyós földgáz tartályt tisztítottak, és a tisztításhoz használt vegyszer gyulladt be.

A villamos szikrák is gyakran okoznak robbanást, amelyek származhatnak motoroktól, más villamos eszközöktől (pl. forrasztópákától). A villamos veszély csökkentése érdekében minden egyes helyiség veszélyességi besorolását külön meg kell fontolni.

Üzemeltetési hibák

Ebben a kategóriában a túltöltés a leggyakrabban előforduló hiba. A 15 túltöltésből eredő balesetben 9 esetben benzin, 2 esetben nyersolaj, 2 esetben kőolajtermék, egy esetben fenol, egy esetben pedig benzol volt az éghető anyag. Ha egy éghető anyagot tartalmazó tartályt túltöltenek, a tűz gyakorlatilag elkerülhetetlen, hiszen bármilyen szikra lángra lobbanthatja a felszabaduló gőzöket. 13 esetben a 15-ből be is következett a tűz vagy a robbanás.

A gőzök maguktól is terjedhetnek, de arra is volt példa, hogy a benzingőzt a szél vitt el egy 300 m-re levő égetőműhöz, és ott robbant be. Volt példa arra is, hogy járműmotor vagy villanykapcsoló robbantotta be a túltöltésből származó éghető gőzöket. A túltöltés oka lehet pl. az adagolórendszer hibás kézi beállítása vagy túlnyomás.

A túlnyomás nemcsak túltöltést, de vezetékrepedést is okozhat, amire példa is volt Mexikóban, ahol észlelték ugyan a nyomásesést, de nem tudták azonosítani az okot, ezért a cseppfolyósított gáz 5–10 percen át ömlött, és ez az idő elég is volt a lángra lobbanáshoz. A kialakuló tüzek és robbanások az egész telepet lerombolták, és 500 halálos áldozat is volt. A baleset ellen jobb gázdetektáló és elzáró rendszerekkel lehetett volna védekezni.

A cseppfolyós gáz és propán töltésekor bekövetkezett balesetek 80%-ában üzemeltetési hibák okozták a baleseteket. Volt rá eset, hogy a töltő kocsis vezetője figyelmetlenségből hamarabb indult, leszakadt a töltővezeték, és kiömlött, majd begyulladt a cseppfolyós gáz. Arra is volt példa, hogy töltés során hibásodott meg a töltővezeték, de sajnos arra is, hogy töltés alatt a tartály alján levő leeresztő vezetékét nyitva felejtették (ez Braziliában 1972-ben 21 tartály leégését eredményezte).

Hasonló tragédiákat eredményezhetnek véletlenül kinyitott csapok, szelepek is – nemcsak éghető, de toxikus gázok esetében is. Egy brit üzemben pl. 300 l nátrium-hipoklorit oldatot engedtek bele véletlenül egy 6000 l-es sósavtartályba, aminek eredményeként 170 dolgozót kellett

evakuálni. Egy tetőfedő cégnél az aszfaltforraló tartály túlmelegedése okozott tüzet és robbanást az USA-ban.

Szabotázs

A negyedik leggyakoribb ok a szabotázs. 15 alkalommal fordult elő baleset terrorista támadások vagy hadműveletek következtében, 1 szándékos gyújtogatást és 3 lopást tartanak nyilván. Kuvait 1991-es megszállása során számos tartályt gyújtottak fel, de a háborús helyzet miatt csak néhány esetben próbálkoztak az oltással, a többi kiégett. Az elmúlt években a vízmentes ammónia lopása egyre súlyosabb problémává vált az USA-ban, több jelentős ammóniaszivárgás is lopásra vezethető vissza.

Meghibásodás

11 esetben jegyezték fel megsüllyedt tetőszerkezetet, 4 szelepmeghibásodást, 2 fűtőegység hibát, 1 analizátormeghibásodást és 1 termosztáthibát. A mozgó tetős szerkezetek rendszerint egy acél hengerből és egy mozgó tetőből állnak, amely a tárolt folyadék tetején úszik. A tartály szélével érintkező szigetelés meggátolja a tárolt folyadék elpárolgását. A szigetelés a folyadékszint változásával súrlódik a tartály falához, és adott esetben meg is hibásodhat (pl. ha rosszul van kiegyensúlyozva, vagy ha a tartály fala deformálódik).

Előfordult, hogy a nem megfelelő vízvezetés miatt megsüllyedt a tető, vagy villámcsapás miatt berobbant a tartály. 1962-ben Japánban fordult elő, hogy egy szellőzőszelep hibája miatt behorpadt egy mozgó tetős tartály fala. Franciaországban egy cseppfolyós gáz mintavételi szelep lefagyott a gáz párolgása miatt és nem tudott elzárni, a felszabaduló gáz pedig meggyulladt, 19 ember halálát és 5 tartály kiégését okozva. Tajvanban egy olvadt ként tartalmazó tartály robbant fel amiatt, hogy a biztonsági szelep nem működött. Kínában egy tönkrement szelep miatt ammónia szabadult fel 13 embert megsebesítve.

Nagyon fontos a tartályok és alkatrészeik állandó karbantartása és állapotellenőrzése. 1990-ben fordult elő, hogy egy meghibásodott oxigéndetektor miatt, amely egy szennyvíztároló edényben ellenőrizte a nitrogénáramlás arányát, felhalmozódott az oxigén és robbanást eredményezett, súlyos károkat okozva a berendezésben. A nehézőlajokat általában melegíteni kell, hogy viszkozitásuk kezelhető tartományba kerüljön. Ha ilyenkor meghibásodik a fűtőberendezés vagy a termosztát, túlmelegedés léphet fel, ami gyúlékony gőzök képződéséhez vezet.

Repedés és törés

13 tartályrepedést és 2 tartálytesttörést jegyeztek fel, valamint egy tetőlyukadást és egy peremrepedést mozgó tetők esetében, ezeknek a következménye 13 kiömlés lett (olaj, sósav, kénsav, olvadt kén, nátrium-cianid-oldat), 3 esetben tűz és robbanás következett be, egy esetben pedig egy kezelő esett le. Az ilyen meghibásodások többsége anyagöregedés, korrózió vagy szeizmikus mozgás következménye.

A repedések többsége a tartály alján vagy a hegesztési vonalak mentén következik be. A tartályrepedés lehet rossz alapozás és meg-süllyedés következménye is. A hibásan végzett hegesztés esetében a korrózió is gyorsabb, tehát a fizikai és kémiai hatások összeadódhatnak. A hegesztési varratok különösen erős igénybevételnek vannak kitéve, ha pl. cseppfolyós gázt tárolnak a tartályban, vagy olyan helyeken, ahol erősebb a mikrobiológiai korrózió (szulfátredukáló baktériumok jelenléte). A kiömlő anyagok lehetnek toxikusak vagy gyúlékonyak, ami tovább növeli a balesetek súlyosságát.

Korróziós folyamatok és gyártási hibák egyébként előfordulhatnak nemcsak fémtartályok, hanem üvegszál-as poliészter tartályok esetében is. A tartályok általában kármentővel vannak ellátva, ezért a kiömlő anyag (hacsak nem gyúlékony) korlátozott kárt okoz, de folyó vagy tavak mellett elhelyezkedő üzemeknél ilyenkor is előfordult komoly környezetkárosítás. Nem egyszer fordult elő benzin vagy nehézőlaj szennyezés ilyen esetekben, amit a tengerparton a dagály még vissza is juttatott a folyótorkolatokba.

Sztatikus elektromosság

12 tartálybalesetet hoztak kapcsolatba sztatikus elektromossággal, ezek közül 6 mintavétel közben történt, gyúlékony anyagokat tartalmazó tartályból. A balesetek többsége nyitott hozzáférésű mintavevő helyeken fordult elő és azzal volt összefüggésben, hogy a fémtárgyakat vagy edényeket nem vezető anyaggal kötötték össze.

Ha ilyen helyen elkerülhetetlen a mintavétel, célszerűbb nem vezető tárgyakat használni. A nem vezető folyadék áramlása vagy a szivattyúban fellépő turbulencia is okozhat sztatikus töltésfelhalmozódást – mind a folyadékban, mind a csővezetékben, ill. a szivattyúban. A fémrészek között előfordulhat szikrázás, különösen ha a szivattyút behelyezik vagy kiemelik. A tartályokat célszerű közösen földelni, és azt az edényt, amelyből töltünk, mindig célszerű leföldelni. Hasonló problémák jelentkeznek éghető granulátumok (pl. műanyag) vagy porok pneumatikus továbbításánál is.

Szivárgás és vezetéktörés

1997-ben Indiában egy LPG tartályhajó kiürítése után órákig szivárgott a tartály, 37 ember halálát, 100 sebesülését és 64 millió USD kárt okozva. 1990-ben szivárgás következtében gyulladt be egy szivattyú motorja, aminek hatására 7 tartály égett ki Denverben a nemzetközi repülőtéren. Törés előfordulhat pl. gépkocsi véletlen ütközése miatt, de előfordulhat csőtoldatoknál, illetve szint- és áramlásvizsgáló szakaszokon is. Adott esetben a tűzvédelmi hasadótárca meghibásodása is okozhat szivárgást vagy kiömlést.

Nyílt láng

Különbféle nyílt lángok, parázs vagy izzó részecskék is lángra lobbanthatják a gyúlékony folyadékokat a tartályok körül. Az izzó részecskék származhatnak pl. hegesztésből, vágásból vagy akár biztonsági fáklyák működéséből is, amelyeket pedig kőolajkitermelő és -feldolgozó üzemekben gyakran alkalmaznak. Arra is volt sajnos példa, hogy egy dolgozó, amikor éjjel ellenőrizni akarta az olajsintet a tartályban, gyufát gyújtott, ami természetesen robbanást eredményezett.

Természeti katasztrófák

Ha pl. egy olajtartály földrengés hatásának van kitéve, az igen komplex igénybevétel jelent. Az elmúlt 40 évben szerencsére mindössze 4 esetben okozott földrengés katasztrófális kifolyást vagy tüzet. Eből 3 Japánban, 1 Törökországban történt.

Niigatában (Japán) 1964-ben a földrengés által generált szikrák robbantottak be kiszabadult szénhidrogéngőzőket. 1978-ban Shiogatában két nehézolajtartály repedt meg a földrengés során, és nagy mennyiségű olaj ömlött a tengerbe. 1999-ben Törökországban több ezer ember halt meg a földrengésben, és lángba borult egy olajfinomító is, ahol 3 benzintartály elégett. 2003-ban Hokkaido szigetén volt egy földrengés, amely egy kőolajfinomító 29 tartályát megrongálta, egy pedig meg is gyulladt. A 2005-ös kobei földrengés során ugyan számos föld feletti tartály megsérült, de szerencsére sem nagyobb tűzre, sem komolyabb környezetszennyezésre nem került sor.

Hurrikánok eddig három esetben okoztak nagyobb kárt tartályokban. 2003-ban Puerto Rico-ban egy lángra kapott tartály 5 napig égett, mert nem volt megfelelő mennyiségű víz az oltáshoz. 1989-ben a Virgin Szi-

geteken egy hurrikán 14 tartályt rombolt le, 1970-ben pedig egy 200 km/h-nél nagyobb sebességű hurrikán Texas államban pusztított el 30 tárolótartályt.

Megszaladt reakciók

Megszaladó exoterm reakciók akkor fordulhatnak elő, ha valamilyen szennyezés marad a tartályban, ami reagálni képes a tárolt anyaggal. 1993-ban Ausztráliában egy rögzített tetejű tartály tetejét röpítette le az a robbanás, amelyet a csővezetékek tisztításhoz használt nátronlúg és a dízelolaj közötti pirolitikus reakció okozott. 1979-ben az USA-ban egy olajfinomítónál indult be piroforos reakció egy hulladéktartályban, amelynek eredményeként három tartály pusztult el.

1962-ben véletlenül kis adag ammóniagáz került egy nagy etilén-oxid-tartályba, amely az exoterm polimerizáció következtében felrobbant. 1968-ban Hollandiában abból származott baleset, hogy forró olaj és vizes emulzió érintkezett, aminek az eredménye felhabzás, gőzölgés és túlforrás lett. A keletkező tűzben krakkolók, egy kénfeldolgozó üzem és 80 tartály égett le. Az 1984-es bhopali tragédia során a metil-izocianát gáz kiszabadulását víz és cseppfolyós izocianát reakciója okozta.

A különböző balesetek lehetséges okait a 7. táblázat, a megelőzés módjait a 8. táblázat foglalja össze.

Lángvágással kapcsolatos balesetek és veszélyforrások

A bontási munkákban a lángvágás kitüntetett szerepet játszik, mind alkalmazhatóságának sokoldalúsága, mind (sajnos) a baleseti statisztikákban előforduló gyakorisága miatt (a munkahelyi balesetek mintegy 17%-a). A balesetek egy része a leeső darabokból, más része a tűzeselekből és robbanásokból származik. A problémát az jelenti, hogy igen nagy energiák szabadulnak fel, forró részecskék, salak repül vagy folyik szét.

Az építkezéseken használt autogén láng sokkal nagyobb igénybevételnek van kitéve, mint amikor üzemben, hegesztésre használják (elszennyeződés, időjárási körülmények, mechanikai igénybevétel és sérülés veszélye). Ezzel megnő a lángvisszacsapás veszélye is, valamint nagyobb a valószínűsége a szivárgásnak az égőnél, az armatúránál és a csöveknél. Nemrég 100 nagyobb, ilyen jellegű balesetet értékelték ki abból a célból, hogy levonják a tanulságokat. Az alábbiakban ennek a tanulmánynak a főbb megállapításairól lesz szó.

A tartályokkal kapcsolatos balesetek kiváltó okai

Üzemeltetési hiba
<ul style="list-style-type: none"> • Leeresztőszelepek véletlen kinyitása • Túltöltés • Biztonsági rendszabályok figyelmen kívül hagyása • A tartálykocsi töltés alatt véletlenül elmozdul • A szelep véletlenül lezár a töltés során • Üzemeltetési hibából származó szivárgás • Magas beömlési hőmérséklet
Berendezés-/készülékhiba
<ul style="list-style-type: none"> • Leeresztőszelep meghibásodik, véletlenül kinyit • Fűtési hiba • Befagyott cseppfolyós gáz szelep • Szintjelző hibája • Termosztáthiba • Oxigénanalizátor-hiba • Mozgó tető megsüllyedése • Leeresztőszelep eltörik • Gőzfűtés túlfűtése • Rozsdás szelep nem nyit ki
Villám
<ul style="list-style-type: none"> • Éghető folyadék szivárog a szigetelés mentén • Rossz földelés • Körszigetelés hibája • Közvetlen villámcsapás
Sztatikus elektromosság
<ul style="list-style-type: none"> • Gumitömítés meghibásodása • Rossz földelés • Fluid közegek továbbítása • Nem megfelelő mintavétel • Szilárd anyag továbbítása
Karbantartási hiba
<ul style="list-style-type: none"> • Szikrák • Nem robbanásbiztos motorok és eszközök alkalmazása • Rövidzárlat • Hegesztés • Hegesztőberendezés nem megfelelő földelése • Szikrázó transzformátor

7. táblázat folytatása

Tartály repedése vagy törése
<ul style="list-style-type: none"> • Hibás hegesztés/forrasztás • Tartályfal deformációja • Gyártási hiba • Korrózió • Megsüllyedés • Nagynyomású folyadék visszacsapása az előző tartályba • Szulfátredukáló baktériumok
Csővezeték törése/szivárgása
<ul style="list-style-type: none"> • Alacsony hőmérséklet • Szivattyú szivárgása • Vezeték megcsapolása (lopás) • Véletlen átvágás (pl. építkezés során) • Éghető folyadék szivárgása tömítésnél
Egyéb
<ul style="list-style-type: none"> • Öngyulladás • Megszaladó reakciók • Terrorista támadás • Lopás • Gyújtogatás • Elemi kár (földrengés, forgószél) • Nyílt láng

8. táblázat

A tartályokkal kapcsolatos balesetek megelőzésének főbb módjai

Tervezés
<ul style="list-style-type: none"> • A mérnöki szabványok és a törvényi szabályozás betartása • Veszélyek azonosítása • Biztonsági távolságok • A helyszín megtekintése
Karbantartás
<ul style="list-style-type: none"> • Forró eszközökkel végzett munka engedélyezése • Kockázatfelmérő biztonsági bejárások • Megfelelő berendezések használata • Személyi védőfelszerelések használata • Környezet monitorozása • Űrlapok használata • Rutin bejárás • Szellőztetés • Robbanásbiztos villamos eszközök használata

8. táblázat folytatása

Berendezések
<ul style="list-style-type: none">• Műszaki szabványok betartása• Riasztórendszerek• Tűzvédelmi/tűzoltó berendezések• Vészjelző csapok• Nyomásellenőrzés• Korrózióállóság• Nyomásleeresztő rendszer• Vibrációs kontroll• Földelés
Üzemeltetés/Irányítás
<ul style="list-style-type: none">• Biztonsági utasítások követése• Automatikus ellenőrzés• Tréning/továbbképzés• Biztonsági auditálás• A menedzsment folyamatos helyszíni jelenléte• Tűzforrások szigorú ellenőrzése• Biztonsági rendszabályok
Munkahely
<ul style="list-style-type: none">• Sztatikus elektromosság elleni védelem• Monitorozás és mérés• Kiválasztás, karbantartás, szabványosítás• Olajjal szennyezett szennyvíz kezelése• Feliratozás• Védőgátak• A veszélyekkel kapcsolatos kommunikáció
Egyebek
<ul style="list-style-type: none">• Kockázatfelmérés• Vészhelyzeti riasztás• Földelés• Tűzvédelem

Veszélyforrások a lángvágás során

A *lángvisszacsapás* fő oka a nem megfelelő égés, az égő elszennyeződése. A következmény a láng kicsapása az égőfejen, csöveken, armatúrán és a gázpalackon. Ez többnyire súlyos, gyakran halálos balesetet eredményez.

A *szivárgások* hatására nemcsak maga az autogén berendezés gyulladhat meg, de zárt terekben robbanóelegy képződését is eredményezheti. A levegő és acetilén keveréke rendkívül széles összetétel-tartományban (1,2–82 % (V/V)) robbanásveszélyes. Ha a levegő oxigéntartalma bármilyen okból meghaladja a normál 21%-ot, jelentősen nő az égés sebessége. Az oxigéntartalom megnövekedése különösen veszélyes olajjal vagy zsírral szennyezett munkaruha esetében, mert ez nagy felületen hirtelen megégést eredményezhet.

A munkahely környékén előfordulhatnak *éghető folyadékok* hordókban, tartályokban, csővezetékekben. Az is elég, ha egy-egy hordóban kis mennyiségben marad éghető és alacsony forráspontú folyadék, annak gőzei már magukban is robbanóelegyet képezhetnek a levegővel. A lángvágás körülményei között számos szerves anyagból éghető gázok és gőzök szabadulnak fel, amelyek mérgezők is lehetnek. Ez egyébként nehezen éghető anyagok esetében is bekövetkezhet (nehézolajok, zsírok, száraz festékek, műanyagok).

A különböző fémes és szerves *lebegő porok* szikra jelenlétében már viszonylag kis mennyiségben is kiválthatják a robbanást. Különösen figyelni kell a szén-, élelmiszerporra és a falisztre. Köszörlésből származó izzó részecskék, vagy elrepülő salakdarabok porokra esve hosszan elhúzódó parázslást eredményezhetnek, amelyek a levegő oxigénjével érintkezve lángra lobbanhatnak.

Számos *műanyag* könnyen éghető és füstölve ég. A menekülési útvonalakat a gyorsan terjedő tűz könnyen elzárja. A füst belélegzése köhögést, fulladást, eszméletvesztést okozhat. Az átláthatatlan, sűrű, sokszor mérgező füst a mentést végzők munkáját is megnehezíti. A tűzzel végzett munkák esetében különösen nagy veszélynek teszi ki magát az, aki hegesztő védőruha helyett olajjal, zsírokkal szennyezett vászon vagy szintetikus ruhát hord. A szintetikus ruha különösen veszélyes, mert viszonylag kis tűz esetén is megolvad, és mélyen beég a bőrbe.

Amikor lángvágással vasbetonszerkezeteket *bontanak le* és az erősítőacélokat vágják, a szomszédos helyiségekben is tüzek keletkezhetnek. Hasonló hatásuk lehet a beépített víz-, elektromos- és gázvezetékeknek a lángvágás során. A környező helyiségek ezért veszélyeztetett területnek számítanak, ahol másodlagos tüzek keletkezhetnek. Gondolni kell a *kéményhatásra* is pl. csővezetékek, üregek, többretegű tetők stb. esetében. A kéményhatás miatt az áramló levegő a keletkező tüzet könnyen tovább viheti.

Példák lángvágás során bekövetkezett balesetekre

Porrobbanás épületbontás során

Egy korábban leállított fékbetétgyártó üzemből az épület lerombolása előtt először a műszaki berendezéseket próbálták eltávolítani. A csővezetékek lángvágással végzett darabolása előtt a port eltávolították az üzem padlójáról, és a magasan fekvő csővezetékeket alulról vízszugár segítségével megtisztították – az a por azonban, ami a csővezetékek tezején volt, ilyen módon elérhetetlen maradt.

Egy hosszirányba futó csövön lángvágás során kigyulladt a rajta levő porréteg, a vágás során felszabaduló por felhőt képezett a környező levegőben, és porrobbanás következett be. Az egész épület lángba borult és a vágást végző dolgozó harmadfokú égési sérülést szenvedett, majd egyheti kezelés után bele is halt sérüléseibe.

Az eset tanulsága, hogy hegesztési munkát csak olyan térben szabad végezni, ahol nincs lehetőség tűz kialakulására és ahonnan kizárható a gyúlékony atmoszféra. Az éghető porokat igen gondosan (pl. elszívással) el kell távolítani, vagy igen alaposan vízzel át kell itatni. Amennyiben a robbanékony atmoszféra nem zárható ki, a tűzforrásokat kell gondosan kiküszöbölni.

Lángvisszacsapás el nem távolított törmelék miatt

Egy szénnel működő távfűtőmű bontásakor, amely előregyártott betonelemekből készült (az erősítő acélokot összehegesztették, a réseket kibetonozták), először a fugázott betont távolították el, hogy utána a szabaddá váló acélszálakat lángvágással darabolni lehessen. A lángvágásnál lángvisszacsapásra került sor az égőfejben, majd nem sokkal ezután felrobbant a gázvezeték kb. 50 mm-rel a vágófej fogantyúja mögött. A szúróláng megégette a munkás arcát, aki két hétre munkaképtelenné vált.

Az utólagos vizsgálat kiderítette, hogy maga a berendezés kifogástalan állapotban volt. A vágást végző szakmunkás 10 éves tapasztalattal rendelkezett, ezért a kezelési hiba sem valószínű. Feltételezhető, hogy betontörmelék okozta a balesetet, amely beékelődött az égőfejbe. A lángvágás során a betonban levő kötött víz robbanásszerűen párolog el, ami felgyorsíthatja a keletkező részecskéket. A lángvágás előtt célszerű a felületet megtisztítani minden rátapadt anyagtól. Vastag rozsdaréteg is okozhat hasonló problémákat.

Robbanások tartályok felnyitásakor szennyeződés miatt

Egy korábbi üzem bezárása után rengeteg hulladék maradt, többek között olyan fémhordók, amelyeknek korábbi tartalmáról semmilyen megbízható információ nem állt rendelkezésre. A hordók ugyan ki voltak ürítve, de némelyikben voltak folyadékmaradványok. A darabolással megbízott munkások kalapáccsal és vésővel lyukakat ütöttek a hordókra és kieresztették a maradványokat – annak vizsgálata nélkül, hogy milyen folyadékot eresztenek ki belőle.

Az egyik hordót úgy melegítették elő a lángvágáshoz, hogy még kb. 20 l folyadék volt benne. A két fedőlap a robbanástól lerepült, és intenzív szúróláng alakult ki. A munkást beborította az égő folyadék, és annak ellenére, hogy a tüzet gyorsan eloltották, igen súlyos égési sérüléseket szenvedett.

Üreges testek vágásakor/hegesztésekor mindent el kell követni annak érdekében, hogy ne alakulhasson ki veszélyes túlnyomás. Olyan tartályok, hordók esetében, amelyek éghető folyadékot tartalmaztak, biztonsági intézkedéseket kell hozni annak érdekében, hogy a maradék ne gyulladhasson be (gondos tisztítás, töltés vízzel vagy inert gázzal). Egyetlen kanál benzin egy 200 l-es hordóban elég ahhoz, hogy robbanó gázkeverék alakuljon ki. Még a beszáradt maradványok is elegendő megkötött folyadékgőzt bocsáthatnak ki ahhoz, hogy robbanás következzen be. Ha egy tartály korábbi tartalmát nem ismerjük, mindig úgy kell kezelni, mintha éghető anyagot tartalmazott volna.

Egy másik esetben ipartelep felszámolásakor lángvágót használtak, és egy nem azonosított kenőanyag a lánggal való érintkezés során éghető gázokat képzett, meggyulladt, és a pirolízis termékek a dolgozó arcán és nyakán égési sebeket okoztak. Ebből az a tanulság, hogy még egyébként nem jól éghető szerves anyagok is képezhetnek az erős láng hatása alatt éghető gázokat és gőzöket, amelyek a levegővel robbanó elegyet képezhetnek. Olajjal vagy kenőzsírral borított tárgyakat lángvágás előtt zsírtalanítani kell.

Tűz a hűtőház bontása során

Ha egy lebontásra kijelölt épület leég, felületesen az ember azt gondolná, hogy nagy kár nem keletkezhet – de ez súlyos tévedés. A lángok ugyanis átterjedhetnek a szomszédos épületekre, az épület kontrollálatlanul összedőlhet, és veszélybe sodorhatja a tűzoltókat, vagy közlekedési káoszt eredményezhet.

Egy 25 m magas hűtőház bontása során (amely nagy mennyiségű, bitumennel összetapasztott polisztirol és parafa szigetelést tartalmazott) lángvágást alkalmaztak. Az épület természetesen meggyulladt, és közben megkezdtek az oltást, úgy nevezett „flashover” (gyorsan terjedő tűz) alakult ki, a tűzoltókat azonnal evakuálni kellett a négyszintes épületből.

Egy tűzoltó füstmérgezést szenvedett, és a várost órákon át sűrű füst borította – a látási távolság még a főútvonalakon is 2 m alá esett. Két nap múlva úgy látszott, hogy a tűz lecsendesedik, ekkor egy kotrógép elkezdte a bontást. Az addig gyakorlatilag légmentesen lezárt épületbe ezzel azonban friss levegő került, és az egész újra belobbant, úgyhogy újra kellett kezdeni az oltási munkát (összesen kb. 3 millió liter vizet és rengeteg habot használtak el az oltáshoz).

A lebontásra ítélt objektumok esetében is be kell tartani a tűzvédelmi rendszabályokat és meg kell akadályozni, hogy az esetlegesen keletkező tűz átterjedhessen a környezetre. Különösen óvatosan kell eljárni olyankor, ha a lebontandó épületben jelentős mennyiségű éghető anyag van.

Tanulságok

A fenti esetek analízise is azt mutatja, hogy minden tűzveszéllyel járó munka esetében (legyen szó lángvágásról, hegesztésről, akár csak nyílt lánggal való melegítésről, forrasztásról vagy szikrázással járó vágásról, köszörülésről), a vállalkozónak meg kell győződnie arról, hogy a közelben nincs sem éghető, sem robbanékony anyag. Gondolni kell arra is, hogy nehezen éghető anyagok is válhatnak éghető anyagok forrásává a lángvágás körülményei között.

Összeállította: Bánhegyiné Dr. Tóth Ágnes

Chang, J. I.; Lin, Ch-Ch.: A study of storage tank accidents. = Journal of Loss Prevention in the Process Industries. = 19. k. 1. sz. 2006. p. 51–59.

Korth, D.; Röbenack, K.-D.: Unfälle bei Abbrucharbeiten durch thermisches Schneiden. = Der Praktiker, 57. k. 11. sz. 2005. p. 330–333.

Shaluf, I. M.; Ahmadun, F.: Fire and explosion at mutual major hazard installations: review of a case history. = Journal of Loss Prevention in the Process Industries, 16. k. 2. sz. 2003. márc. p. 149–155.