

SZAKDOLGOZAT

FARNADI ÁGNES
Ipari gépek biztonsága
szakmérnök/ szakember
szakirányú továbbképzési
szak

Gödöllő
2023



Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
Szent István Campus
Műszaki Intézet

Ipari gépek biztonsága szakmérnök/ szakember
szakirányú továbbképzési szak

Automata festősor biztonsági rendszerének átalakítása a
robbanásvédelmi előírásoknak megfelelően

Belső konzulens: Dr. Földi László József
egyetemi docens
tanszékvezető

Belső konzulens
intézete/tanszéke: Műszaki Intézet
Mechatronika Tanszék

Külső konzulens: Parádi Ervin
Ex- Advice Kft., ügyvezető

Készítette: Farnadi Ágnes
UO4RZ2
levelező tagozat

GÖDÖLLŐ

2023

**MŰSZAKAI INTÉZET
IPARI GÉPEK BIZTONSÁGA SZAKMÉRNÖK**

DIPLOMADOLGOZAT

feladatlap

Farnadi Ágnes (UO4R22)

részére

A diplomadolgozat címe:

Automata festősor biztonsági rendszerének átalakítása a robbanásvédelmi előírásoknak megfelelően

Feladatkiírás:

Bevezetés, Cégbemutató, Szakirodalom feldolgozása, Probléma bemutatása, Robbanásbiztonság-technikai műszaki megoldások a vizsgált gépsor ismeretében, Robbanásveszélyes gépsor működtetésének feltételei, Gazdasági számítás, Összefoglalás

Közreműködő tanszék: Mechatronika


Külső konzulens: *Parádi Ervin, ügyvezető, szakirányú munkavédelmi és tűzvédelmi igazságügyi szakértő, Ex-Advice Kft.*

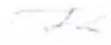
Belső konzulens: *Dr. Földi László, egyetemi docens, MATE, Műszaki Intézet*

Beadási határidő: 2023. november 06.

Gödöllő, 2023. szeptember 04.

Jóváhagyom


(tanszékvezető)


(szakfelelős)

Átvettem


(hallgató)

A dolgozat készítőjének külső konzulense nyilatkozom arról, hogy a hallgató az előre egyeztetett konzultációkon megjelent.

Gödöllő, 2023. 11. hó 03. nap


(külső konzulens)

Tartalomjegyzék

1. Bevezető	5
2. Célkitűzés	6
3. Szakirodalmi áttekintés	7
3.1 Általános gép és egyéb biztonsági előírások.....	7
3.2 Robbanásbiztonság- technikával kapcsolatos jogszabályi előírások	9
4. Vizsgálati téma ismertetése	10
4.1 Szakdolgozat témáját képező gépsor rövid bemutatása.....	10
4.2 Megváltozott vevői igények miatt érintett főbb műszaki előírások.....	13
5. A robbanásveszélyes technológiák biztonságtechnikai kérdései.....	15
5.1 Az oldószeres és vízbázisú festés követelményrendszerének főbb eltérései	15
5.2 Robbanásveszélyes technológiák tervezésének és gyártásának főbb állomásai a vizsgált gépsor tükrében	16
5.2.1 Robbanásveszélyes zóna meghatározása az MSZ EN IEC 60079-10-1: 2021 szabvány alapján	18
5.2.3 Kibocsátó források meghatározása	20
5.2.4 A szellőzés, elszívás típusának, fokozatának meghatározása	22
5.2.5 A nyílások fokozatainak meghatározása	24
5.2.6 Műszakilag tartósan tömörített készülék megoldások megfelelése	24
5.2.7 Robbanásvédelmi dokumentáció és üzembe helyezés	25
5.2.8 Vizsgált gépsor előzetes térségbesorolása.....	27
6. Robbanásbiztonság- technika műszaki megoldások a vizsgált gépsor ismeretében.....	30
6.1 Robbanás elleni mechanikus védelem és al- biztonsági funkciók.....	30
6.1.2 Elsődleges védekezési mód.....	31
6.1.3 Másodlagos védekezési mód	34
6.2 Robbanásterjedés megakadályozása.....	36
6.2.1 Harmadlagos védekezési mód.....	36
6.3 Robbanásterjedés szakaszolása.....	38
7. Robbanásveszélyes gépsor működtetésének feltételei.....	40

7.1 Személyi feltételek.....	40
7.1.1 Tervezés, felülvizsgálat.....	40
7.1.2 Működtetés, karbantartás	43
7.2 Tárgyi feltételek	43
7.2.1 Egyéni védőeszközök.....	43
7.2.2 Kéziszerszámok.....	44
7.3 Dokumentációs követelmények	45
8. Gazdasági számítás.....	48
9. Következtetések	50
10. Összefoglalás	51
11. Summary.....	52
12. Nyilatkozatok.....	53
14. Melléletek	58
1. melléklet: A robbanásveszélyes terek besorolásának vázlatos folyamata a MSZ EN 60079-10-1:2021 szabvány értelmében	58
2. melléklet: Robbanásvédelmi jelölések összefoglaló táblázata.....	59
3. melléklet: Robbanásbiztonság- technikai felülvizsgálati jegyzőkönyv- minta.....	61
4. melléklet: Kockázatbecslés: Festékkeverő és szóró rendszer feltöltése	64

1. Bevezető

Egy új berendezés, gépsor, vagy technológia tervezése során számos előírásnak kell megfelelni. Ahhoz, hogy a gépgyártó a vevői elvárások mellett maradéktalanul tudja teljesíteni a jogszabályi előírásokat is, gondos igényfelmérés és tervezés előzi meg a gyártási folyamatot. Szakdolgozatom szempontjából kiemelt szerepet töltenek be a gépbiztonsági előírások, ezen belül is az elemzett technológia kapcsán a robbanásbiztonság- technika speciális követelményrendszere.

Választott témám egy már legyártott automata gépsor elemzése, amelyet a vevő eredeti szándéka szerint vízbázisú festésre terveztek. Ennek megfelelően végezte el a gépgyártó az előzetes igényfelmérést, kockázatelemzést, amelynek eredményeképpen a gyártás is megtörtént. A gyártást követően azonban a megrendelő eredeti szándékán változtatva, oldószeres festési technológiára kívánta volna felhasználni a gépsort, amely gyakorlatilag teljesen más megvilágításba helyezte a tervezési, kockázatelemzési és gyártási folyamat komplexét.

A géptervező cég természetesen a változás következményeit vázolta a megrendelőnek. Ennek értelmében a korábban nem robbanásveszélyes technológiára tervezett festősor átalakítását kezdeményezte. A feladat komplexitását jellemzi, hogy a 2018-ban legyártott gépsort, a mai napig nem alakították át, amelynek vélhetően nem csak műszaki, de gazdasági okai is vannak.

A meg nem valósult átalakítás kapcsán, szakdolgozatomban kiemelem azon lényegi pontokat, amelyeket érint a két technológia követelményrendszere közötti eltérés, ugyanakkor, ha nem is tervezői és szakértői gondossággal, de kifejezetten munkabiztonsági szempontból, javaslatokat teszek az átdolgozást igénylő műszaki tartalommal illetően, nem megfélelmezve azon szervezési feltételekről, amelyek kötelezően követendők robbanásveszélyes technológia használata során.

2. Célkitűzés

Szakdolgozatom alapvető célja a bevezetőben említett gépsor biztonságossá tétele a megváltozott vevői igényeknek megfelelően.

Vizsgálatom célja, feltárni mindazon jogszabályi előírásokat, amelyek a két eltérő – vízbázisú és oldószeres festési- technológia biztonságtechnikai kérdéseit befolyásolja. Dolgozatomban kitérek a tervezést megelőző, géptervezésben kötelezően előírt kockázatértékelési eljárásra, a robbanásbiztonság- technika legfontosabb jogszabályi előírásaira, illetve javaslatot teszek a vizsgálat gépsor tekintetében azon műszaki és szervezési intézkedésekre, amelyek lehetővé teszik annak biztonságos, egészséget nem veszélyeztető használatát.

Fentiek tükrében különös hangsúlyt fektetek a kockázatok korai felismerésére a már kidolgozott kockázatelemzési eljárásoknak megfelelően. Célom, hogy felhívjam a figyelmet a gondos tervezés jelentőségére, valamint arra, hogy a gyártási folyamat során leadott jelentéktelennek tűnő változtatás miként és milyen mértékben befolyásolja egy ipari gép biztonságtechnikáját. A gyártás során felhasználásra kerülő veszélyes anyagok időben történő pontos meghatározása a kockázatelemzés egyik kulcs eleme, hiszen nem csak jelentős extra energia és anyagi ráfordítást kerülhetünk el ily' módon a későbbiekben, de életvédelmi szempontból is elfogadhatatlan következményekkel járhat egy olykor csekélynek tűnő változás nem megfelelő kezelése a technológia alkalmazása során.

3. Szakirodalmi áttekintés

A vonatkozó jogszabályok értelmezése során általánosságban elmondható, hogy kiemelten fontos a naprakész, hatályban lévő előírások használata. A műszaki vonatkozású jogszabályok, szabványok életvédelmi szempontból is kiemelt jelentőséggel bírnak, sokszor tartalmaznak az új kutatási eredményeknek megfelelő intézkedéseket, ezért ezek nyomon követése nem csak hasznos, de kötelezően elvárható minden szakembertől, akik a géptervezés és -gyártás folyamatában részt vesz.

3.1 Általános gép és egyéb biztonsági előírások

Bár dolgozatom központi témája a robbanásvédelem, nem mehetünk el általános érvényű gép és egyéb előírások mellett, amelyek értelmezése nélkül a robbanásbiztonság-technikai követelmények sem nyernének valós értelmet.

Ipari gépek biztonsága lévén legfőbb követendő és általános érvényű törvény Magyarországon a Munkavédelemről szóló 1993. évi XCIII. törvény (továbbiakban Mvt.) [5], amely definiálja nem csak a szervezett munkavégzés fogalmát, de követelményeket is megfogalmaz az egészséget nem veszélyeztető és biztonságos munkavégzéshez. Nagyon fontos megjegyezni, hogy ezen törvény minden teljes egészében magyar nyelvű munkavédelmi vonatkozású szabvány használatát kötelezővé teszi.¹ Kibújni ezen előírás alól kizárólag akkor lehetséges, ha a munkáltató bizonyítani tudja, hogy az általa alkalmazott megoldások egyenértékű a vonatkozó szabványban előírtakkal.

Az Mvt. másik jelentős követelménye, hogy a munkáltató köteles minden veszélyesnek minősülő technológia üzemeltetését írásban elrendelni², vizsgálatát pedig szakirányú munkabiztonsági szakértői engedéllyel rendelkező személlyel elvégeztetni.³

A törvény terjengőssége miatt további paragrafusok ismertetése a dolgozat releváns pontjainál folytatódik.

¹ 1993. évi XCIII. törvény a munkavédelemről 11. §-a értelmében: Munkavédelemre vonatkozó szabálynak minősül a nemzeti szabványosításról szóló törvény figyelembevételével a teljes egészében magyar nyelvű munkavédelmi tartalmú nemzeti szabvány.

² 1993. évi XCIII. törvény a munkavédelemről 21. §-a értelmében.

³ 1993. évi XCIII. törvény a munkavédelemről 23. §-a értelmében.

A munkavédelmi vonatkozás mellett nem kerülhetjük ki legfőbb tűzvédelmi szempontú előírásainkat sem, így kiemelendő az 1996. évi XXXI. törvény a tűz elleni védekezésről, a műszaki mentésről és a tűzoltóságról [6], amely szintén kitér a tűzvédelmet érintő nemzeti szabványok és tűzvédelmi műszaki irányelvek kötelező használatára, azzal a kitéttel, hogy legalább egyenértékű megoldások igazolása esetén azoktól el lehet térni.⁴

A géptervezés során is kiemelten fontos értelmező rendelkezéseket tartalmaz az 54/2014. (XII. 5.) BM rendelet az Országos Tűzvédelmi Szabályzatról [7], illetve az anyagok tűzveszélyességi osztályba sorolását is itt találhatjuk meg. Ez különösen a vizsgált technológia tükrében nagy jelentőséggel bír, hiszen a legfőbb változást a felhasználásra kerülő anyagok tulajdonságai okozzák.

A gépbiztonság területén 2006/42/EK irányelv a gépekről [14], mint fő követendő irány került megfogalmazásra. Mi sem mutatja jobban jelentőségét, hogy a vonatkozó gépbiztonsági szabványok mellékletükben visszautalnak a gépdirektíva vonatkozó pontjaira. A Gépdirektíva mellékletei fontos formai és tartalmi elemeket határoznak meg a gépek megfelelőségi eljárásához, amelyek nélkül ipari környezetben azokat használatba venni szigorúan tilos. Ezen a ponton fontos megemlíteni a Gépdirektíva alapján kiadott 16/2008. (VIII.30.) NFGM rendeletet [8], mint harmonizált magyarországi jogszabályt, amely magába foglalja a megfelelőség és forgalomba hozatal feltételeként az alapvető egészségvédelmi és biztonsági követelményeket, dokumentációs elvárásokat, valamint előírja a CE jelölés használatát, vagy éppen annak tilalmát.

A gépbiztonsági szabványok kiemelt szerepet töltenek be a géptervezésben, hiszen az általános jogszabályi előírásokon túl, nem csak nagyvonalakban, de sokkal részletesebb, gépspecifikus elvárásokat is megfogalmaznak. A gépek biztonsága szempontjából az EN ISO 12100 A- típusú szabvány⁵[23] rendelkezik a kialakítás általános elveiről, a kockázatfelmérés és kockázatcsökkentés módjairól, így bár önmagában nem kellően informatív, a tervezési folyamat főbb pillérjeit megadja. Nem feledkezhetünk meg a B- és C- típusú szabványokról sem, amelyek már sokkal konkrétabb iránymutatást adnak a műszaki tartalmakat illetően, így például

⁴ 1996. évi XXXI. törvény a tűz elleni védekezésről, a műszaki mentésről és a tűzoltóságról 2. és 3/A. §-ok értelmében.

⁵ Valamennyi gépkategóriára általánosan alapfogalmakat, terminológiai és tervezési elveket fogalmaz meg.

biztonsági berendezésekről, vagy konkrét gépcsaládra vonatkozó előírásokról.

Fenti összefoglaló természetesen a teljesség igénye nélkül készült. Dolgozatom későbbi fejezeteiben további jogszabályi utalásokat teszek.

3.2 Robbanásbiztonság- technikával kapcsolatos jogszabályi előírások

Dolgozatom központi témája a robbanásvédelem, így fontos tisztáznunk azon előírásokat, amelyek kimondottan e veszélyes technológiára vonatkoznak.

A téma vonatkozásában korábban említett Gépdirektíva mellett, egy másik, igen jelentős tartalommal rendelkező irányelvet is ki kell emeljünk, ami nem más, mint a 2014/34/EU ATEX direktíva [15], amely útmutató a robbanásveszélyes légkörben való használatra szánt felszerelésekre és védelmi rendszerekre vonatkozó tagállami jogszabályok harmonizációjáról szóló irányelvének használatához.

A magyar jogszabályi előírásokat vizsgálva kell megemlítenünk a 3/2003. (III. 11.) FMM-ESzCsM együttes rendeletet (az 1999/92/EK direktíva harmonizált jogszabálya) [9] a potenciálisan robbanásveszélyes környezetben levő munkahelyek minimális munkavédelmi követelményeiről, amely a robbanásvédelmi zónák besorolása és dokumentálása kapcsán is rengeteg hasznos információval szolgál.

Tűzvédelmi vonatkozásban a TvMI 13.3:2022.06.13. Robbanás elleni védelem címmel Tűzvédelmi Műszaki Irányelv [16] került kiadásra, amely olyan követelményeket fogalmaz meg, mint például a robbanás elleni védelem módszertana, folyamata, létesítési feltételek, robbanási nyomást levezető felületek méretezése, vagy éppen a zónabesorolás folyamata.

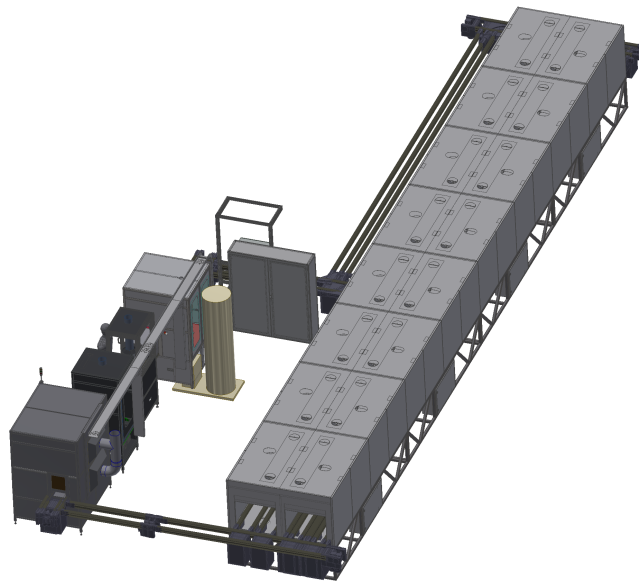
A robbanásbiztonság- technika területén bár rengeteg írás fellelhető főleg az online felületeken, a nyomtatott formában kiadott szakanyagok tekintetében, mindenféleképpen kiemelném a témában talán legátfogóbb ismeretanyagot nyújtó összegzést a vonatkozó jogszabályi keretéről Parádi Ervin tollából Robbanásbiztonság- technika [3] címmel. A gyakorlati példákon túl a szerző rávilágít a különböző előírások esetleges ellentmondásaira, ugyanakkor gondolkodásra sarkallva az olvasót, stabil alapokat nyújt a robbanásvédelmi témákat illetően.

4. Vizsgálati téma ismertetése

Az alábbiakban bemutatásra kerülő festő gépsor a megtervezett és legyártott berendezést részletezi, amely a kiinduló folyamatok és állapot megértését szolgálja. A változtatási javaslatok a későbbi fejezetekben kerülnek bemutatásra.

4.1 Szakdolgozat témáját képező gépsor rövid bemutatása

Az említett gépsor, mint integrált gyártórendszer (IMS)⁶, négy külön állomásból került felépítésre, amelynek feladata, hogy a korábban legyártott termék (fékmunkahenger) javító festésre történő előkészítését (zsírtalanítás, tisztítás), valamint fényezését elvégezze. A gyártósor az alábbi főbb szekciókból áll össze: sorja eltávolító kamra, előkészítő kamra, festő kamra és a szárító kamra.



1. kép- Automata festősor előkészítő állomásokkal és szárító kamrával⁷

A sorja eltávolító kamrában kerül sor a formázás során képződött sorja eltávolítására mindkét fedélen. A fékmunkahenger folyamatos forog az ülékben, miközben oldalról két sorjázó kefe közelíti meg fedeleinek formázott részeit. A sorjázás megkezdése előtt a termék meg kell

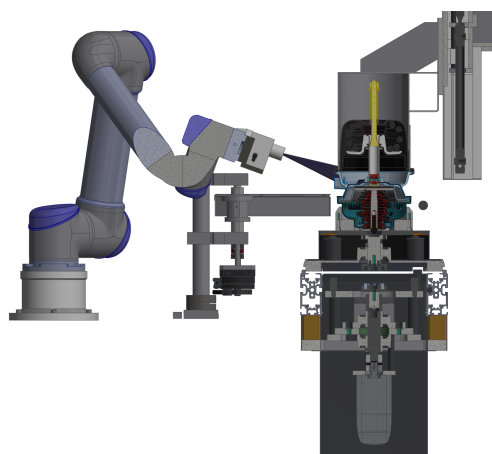
⁶ Az integrált gyártórendszerek gépek csoportja, amelyek együtt vezérelve dolgoznak egy meghatározott cél érdekében.

⁷ Gyártói által rendelkezésre bocsátott tervrajz

támasztani, hogy sorjázás közben ne tudjon elfordulni. Sorjázás után, vagy azzal egyidejűleg az érintett felületekről sűrített levegővel le kell fúvatni a szennyeződésekét és csak így haladhat tovább a munkahenger az előkészítő kamrába.

Az előkészítő kamrában történik a formázott felületek zsírtalanítása. A munkahenger szintén forog az ülékkel együtt, míg oldalról közelíti meg a két fedelet egy-egy szórófej, ami a zsírtalanító anyagot juttatja a felületre. A zsírtalanító anyagnak mindenképp gyorsan elpárolgó fajtának kell lenni, hogy lehessen tartani a ciklusidőt (az anyag fajtájáról végleges megoldás a gyártás végéig sem született megállapodás, bár a kockázatértékelés során már ezen a ponton fontolóra kellett volna venni, hogy ezen az állomáson már megjelenhet az oldószer, így a robbanásveszély kérdése is). A zsírtalanítás után mindkét felületről szintén sűrített levegővel kell lefúvatni a még esetlegesen megmaradt szennyeződésekét.

A festő kamrában történik a felületek festése, eredetileg a TEKNOPLAST HS 150 elnevezésű festékekkel, valamint a márkához tartozó edzővel. Nevezett festék és a hozzá tartozó edző oldószer alapú, erősen gyúlékony vegyi anyagok azok biztonsági adatlapjai értelmében. Ipari felhasználásuk során robbanásbiztonság szempontjából már első olvasatra is vélelmezhető az ATEX követelmények alkalmazása. A festendő munkahenger ülke ezen az állomáson is forog, így biztosítva, hogy a robotkaron található szórófej (EAOT- end of arming tool, azaz végberendezés) a termék kritikus pontjain is képes legyen elvégezni a feladatát.



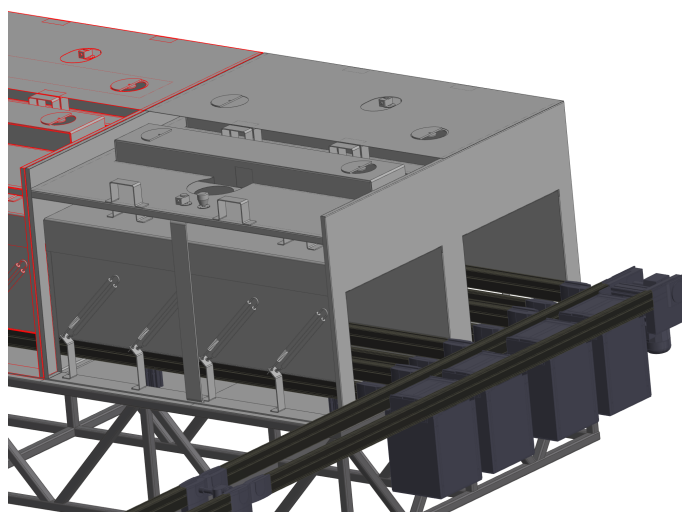
2. kép- Universal UR 5 ipari robot szórófej végberendezéssel⁸

⁸ Gyártói által rendelkezésre bocsátott tervrajz

A festéshez szükséges anyagok betáplálást kétkomponensű fix 4:1 keverési arányú berendezéssel ellátott festékszóró rendszer látja el. A rendszer főbb részei a festékkeverő és festékszóró berendezés, befecskendező rendszer, mosószivattyú, rozsdamentes nagynyomású csap, folyadékszabályozó csatlakozó, tömlők és egyéb csatlakozók.

Az állvánnyal és a rögzítésekkel, levegő csatlakozókkal szerelt rozsdamentes kármentő mérete 2800 x 500 cm, amelyen a komplett mosó és ellátó rendszer elhelyezésre kerül. A hordók emelését speciális hordóemelő berendezéssel tervezték végezni.

A szárító kamrát 60 (+-3) Celsius fokon 60 percig hőn kell tartani. Ez két duplapályás kialakítású (kb. 3x16m) alagút kemencében történik. A burkolt nikecell szigeteléssel ellátott fallal szerelt szárítókamrában négy láncos görgős pályán halad át a termék. (A nikecell éghető anyag, ezért nem beépíthető robbanásveszélyes technológiába, ahol A1, vagy A2 tűzvédelmi osztályú anyag lehet határoló falszerkezet.)



3. kép- Duplapályás szárítóalagút láncos görgőpályával⁹

A szárítás elektromos fűtőszálak és ventilátorok segítségével történik. A megengedhető fűtési hőmérséklet maximalizálásáról különböző műszaki megoldásokkal gondoskodnak: a termosztát vezérli a ventilátorok működését a TC Direct hőmérsékletszabályozó által megfigyelt, előre beprogramozott értékek szerint. A keletkezett hőt fentről ventilátorral (Moro típusú, alacsony nyomású)¹⁰ normál levegővel juttatják a termék felületére, így azok lehűlnek

⁹ Gyártói által rendelkezésre bocsátott tervrajz

¹⁰ https://leghuzam.hu/leghuzam_pdf/mn.pdf
Letöltés ideje: 2023. 09. 19. 16:27

kb. 30-35 Celsius fokra. Ezután a terméket a csomagoló állomásra továbbítja a szalag. A megrendelő az elszívás kialakítását nem kérte, csupán a csatlakozási pontok megtervezését és kialakítását rendelte meg, amelyek alsó elszíváshoz kialakításra is kerültek.

4.2 Megváltozott vevői igények miatt érintett főbb műszaki előírások

A megváltozott vevői igények miatt jelentős változtatásokat szükséges eszközölni a műszaki tartalmakat és szervezési intézkedéseket illetően, hiszen az oldószeres festés veszélyes technológiának minősül.

Bár az Mvt., illetve egyéb jogszabályok nem határozza meg konkrét, teljeskörű felsorolással, hogy mely technológiák minősülnek veszélyesnek, az Mvt. 87. § 11. pontja értelmében: „Veszélyes: az a létesítmény, munkaeszköz, anyag/keverék, munkafolyamat, technológia (beleértve a fizikai, biológiai, kémiai kóroki tényezők expozíciójával járó tevékenységeket is), amelynél a munkavállalók egészsége, testi épsége, biztonsága megfelelő védelem hiányában károsító hatásnak lehet kitéve.” A 3/2003. (III. 11.) FMM-ESzCsM együttes rendelet értelmében ugyanakkor potenciálisan robbanásveszélyes környezet a munkatérnek azon része, ahol robbanóképes légtér kialakulhat. Továbbiakban az 1999/92/EK 1. számú melléklete szerint[13]:

„Az a hely, ahol olyan mértékben fordulhat elő robbanásveszélyes légkör, ami különleges óvintézkedéseket követel meg az érintett munkavállalók egészségének és biztonságának védelme érdekében, ezen irányelv értelmében veszélyesnek minősül.

Az a hely, ahol várhatóan nem fordul elő olyan mértékben robbanásveszélyes légkör, ami különleges óvintézkedéseket követelne meg, ezen irányelv értelmében nem minősül veszélyesnek.

A gyúlékony, illetve éghető anyagok olyan anyagoknak tekintendők, amelyek robbanásveszélyes légkört képesek alkotni, kivéve, ha tulajdonságaik vizsgálata azt mutatja ki, hogy levegővel alkotott elegyük önmagában nem képes a robbanás tovább terjesztésére.”

Fenti három értelmezés és a felhasznált anyagok ismeretében egyértelműen kijelenthetjük az oldószeres festés veszélyes technológia, mert a technológia által felhasznált anyagok és a technológiát felépítő eszközök, gépek és berendezések is veszélyesek, így a tervezés korai szakaszában, valamint a kockázatértékelési eljárás során is alkalmazni szükséges az

robbanásbiztonságra vonatkozó előírásokat.

A technológia veszélyessé történő minősítése alapjaiban változtatja meg a műszaki tartalmakat illető jogszabályi előírások körét, nem beszélve a bevonásra kerülő szakemberek, szakértők kötelező kompetenciáiról.

5. A robbanásveszélyes technológiák biztonságtechnikai kérdései

A festési technológia megválasztásakor fontos tudnunk, hogy a fényezésre kerülő termék milyen hatásoknak lesz kitéve használata során, illetve milyen minőségbiztosítási követelményeknek kell megfeleljen. Ez határozza meg elsősorban, hogy a hagyományos oldószeres, vagy a jóval környezet- és emberbarátabb vízbázisú festést részesítik előnyben a gyártók.

5.1 Az oldószeres és vízbázisú festés követelményrendszerének főbb eltérései

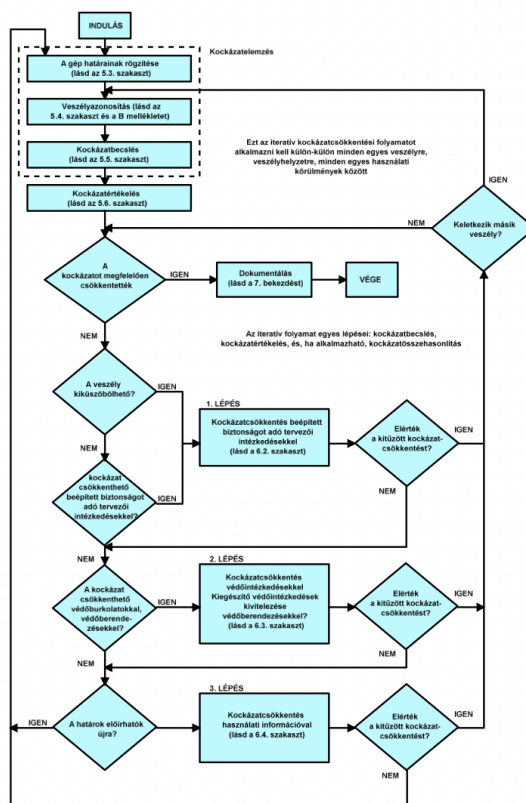
A festési technológia megválasztásakor fontos tudnunk, hogy a fényezésre kerülő termék milyen hatásoknak lesz kitéve használata során, illetve milyen minőségbiztosítási követelményeknek kell megfeleljen. Ez határozza meg elsősorban, hogy a hagyományos oldószeres, vagy a jóval környezet- és emberbarátabb vízbázisú festést részesítik előnyben a gyártók.

Jelen esetben a gépsort megrendelő vállalat saját partnerének nyomására az eredetileg tervezett vízbázisú festést oldószeres technológiára kívánta cserélni. Nem számolt azonban azzal, hogy a két technológia teljesen más követelményrendszert támaszt a gépsort tervező és gyártó, sőt felhasználó felekkel szemben is. Egy ilyen jelentős változásnál tudomásul kell venni, hogy nem csak maga a gépsor érintett a változások okozta előírások miatt, de az a környezet is, amelybe az beépítésre kerül. Tágabb értelemben nem csak maga a befogadó helyiség, de akár az egész épület és annak tűzvédelme jelentősen módosulhat, nem megelégedezve a sokkal szigorúbb felhasználási feltételekről sem.

Fontos tudnunk, hogy a hagyományos festési eljárás során szerves oldószert használnak, hiszen a festék a benne lévő oldószerek elpárolgásával köt meg. A szerves hígítók viszonylag gyorsan párolognak, ezért a festékek gyorsan kötnek, ugyanakkor ez is az egyik legveszélyesebb mozzanata a folyamatnak. A vizes festékek esetében a víz váltja fel a hígító szerepét, azonban itt is meg kell említenünk, hogy a vízbázisú festékek is tartalmaznak szerves hígítót 10 m/m%-ban, míg az oldószeres festékek esetében ez az arány 50-60 tf% körül van. Ez a jelentős különbség az arányok tekintetében gyakorlatilag teljesen más tervezési folyamatok és műszaki tartalmak alkalmazását vonja maga után.

5.2 Robbanásveszélyes technológiák tervezésének és gyártásának főbb állomásai a vizsgált gépsor tükrében

Mint minden tervezési folyamatnál, a pontos vevői igények meghatározását itt is a kockázatfelmérés követi, amelynek legfontosabb állomásaival az MSZ EN ISO 12100 jelzetű, A- típusú szabvány¹¹ foglalkozik. A gépek biztonságát, kialakítás általános elveit, valamint a kockázatfelmérés és csökkentés módjait előíró szabvány segítségével pontosan feltárhatók azok a veszélyforrások, amelyekkel a gép használata során, annak minden életciklusában, számolni kell. Ezen veszélyek feltárása nélkül, nem tudunk olyan védőintézkedéseket meghozni, amelyek biztosítják a biztonságot és egészséget nem veszélyeztető munkavégzés feltételeit.



4. kép- A kockázatcsökkentési folyamat iterációs modellje az MSZ EN ISO 12100 szabvány szerint [1]

¹¹ Az A-típusú szabványok olyan alapszabványok, amelyek minden gépkategóriára általánosan alkalmazhatók. Tartalmazzák az alapfogalmakat, terminológiai és tervezési elveket, kockázatfelmérést és kockázatértékelést.

A vizsgált gépsor tükrében a gép határainak rögzítése a szabvány szerint bár amúgy is kiemelten fontos, egy robbanásveszélyes technológia esetében azonban kimondottan központi szerepet játszik. Amikor a határok rögzítéséről beszélünk, nem csak a fizikai határokat, de jelen esetben kémiai határokat is vizsgálni szükséges, hiszen nem kizárólag a géptesten belül, de akár azon túl is megjelenhet olyan koncentrációban veszélyes anyag, amely kellő feltételek mellett robbanáshoz vezethet. Ezzel a következő alfejezetben részletesen foglalkozok.

A gép határainak rögzítését követően minden egyes veszélyt azonosítani szükséges, majd a kockázatbecslést követően értékelni kell minden kockázatot, mind minőségileg, mind pedig mennyiségileg. A kockázatértékelés során figyelembe vesszük a már megtett intézkedéseket. Amennyiben a kockázat csökkentése nem éri el az elfogadható szintet, úgy újabb intézkedések bevezetése válhat szükségessé. A kockázatcsökkentő intézkedések hierarchiájában a kollektív, műszaki védelem mindenképp felett áll, azonban elképzelhető, hogy így is vannak fennmaradó kockázatok, amelyek ellen egyéni védőeszközökkel, szervezési intézkedésekkel kell fellépni. Ezekre szakdolgozatom további részeiben, ha terjedelmi okok miatt nem is teljeskörű, de megoldási javaslatokat nyújtok.

Bár központi témám nem a vizsgálat gépsor egzakt kockázatértékelésének elkészítése, az MSZ EN ISO 12100:2010 szabványon alapuló kockázatelemző program [27] segítségével az alábbiakban a kockázatbecslés egy részletét mutatom be egy konkrét munkafázison keresztül. Alábbi példában a robbanásveszély kockázatát kívánom megbecsülni a karbantartó munkakör esetében. A munkavégzés helye a festékkeverő állomás, amely a szórófülke anyagellátását biztosítja. Az állomás alapanyaggal történő feltöltése, automata gépsor lévén karbantartási feladat, erre külön fényező képesítésű munkavállaló alkalmazása nem indokolt. A karbantartást, vagy jelen esetben a berendezés „betetését” egyidejűleg két munkavállaló végzi. A tervezett gépkihasználás és normál működés mellett erre naponta egyszer van szükség. A kockázatbecslés során megállapításra került, hogy intézkedés hiányában az előfordulás valószínűségének, a veszély gyakoriságának és veszélyeztetett személyek számának figyelembevételével, mind az anyagi, mind pedig a mechanikai veszély tekintetében elfogadhatatlan kockázat áll fenn, így a kockázatcsökkentő intézkedések bevezetését szükségesszerű. A kockázatbecslést tartalmazó táblázat a 4. mellékletben található meg.

A szabvány értelmében, amennyiben a kockázatok a megfelelő mértékre csökkentettük, úgy a megfelelő tesztek és dokumentálást követően a gépsor megfelelőségi értékelését lezártnak tekinthetjük és forgalomba hozható. Ez utóbbi eljárásnak természetesen további szigorú szabályai vannak, azonban a téma terjedősége miatt, ennek kifejtésére nincs mód.

5.2.1 Robbanásveszélyes zóna meghatározása az MSZ EN IEC 60079-10-1: 2021 szabvány alapján

A robbanásveszélyes zónák meghatározása több szempont alapján történik, amelynek alapját képezi a káros anyagot kibocsátó források meghatározása, a légcserét biztosító műszaki tartalmak paraméterei, üzembiztonsága és fokozata, valamint a nyílások fokozatai és a műszakilag tartósan tömörített készülékek megfelelősége. Az alábbi alfejezetekben részletesen foglalkozok ezen feltételek vizsgálatával.

5.2.2. Robbanásveszélyes, vagy potenciálisan robbanásveszélyes térések besorolása

A robbanásbiztonság- technika kulcsfontosságú eleme a térségbesorolás, amely alapján meg tudjuk határozni a beépítendő műszaki tartalmakat, ki tudjuk választani a megfelelő robbanásbiztos kivitelű berendezéseket, meg tudjuk tervezni a villám- és túlfeszültségvédelmet, kialakíthatók az épületszerkezetek, festékvastagságok, műanyag felületek, oltórendszerek stb., illetve meghatározhatók azok üzemeltetésének feltételei.

A térések zónabesorolását a szellőzés fokozatának, üzembiztonságának, valamint a kibocsátás fokozatának a figyelembevételével kell meghatározni.

Az anyag halmazállapota lehet por, vagy gáz/ gőz/ köd. Jelen szakdolgozat témáját tekintve a gőz, illetve köd állapot vizsgálata áll a fókuszban.

A 3/2003. (III. 11.) FMM-ESzCsM együttes rendelet 1. számú mellékletének értelmében:

0. zóna: Az a munkatér, ahol az éghető gázok, gőzök vagy ködök (aerosolok) levegővel alkotott keverékéből álló robbanóképes légtér állandóan, hosszú időtartamban vagy gyakran van jelen.

Konkrét esetünket tekintve ez lehet maga a festőrobot közvetlen környezete, azaz a szórókabin belseje, feltételezve, hogy nem történik légcserre (azonban robbanásveszélyes technológia létesítése tilos szellőztetés nélkül). Mivel esetünkben a szellőzés kiépítését ugyan nem, de az elszívó rendszerre történő csatlakoztatást kérte a megrendelő, feltételezhető, hogy mesterséges légcserre biztosított lesz -ahogyan azt a jogszabályi keretek elő is írják-, így a 0. zóna helyett, elképzelhető, hogy ez a térrész 1. zónába kerülhet. Azonban az, hogy konkrétan milyen zónabesorolást kap az adott térrész, azt robbanásvédelmi zónákat tervező szakemberek együttesen kell, hogy meghatározzák a tervezés első fázisában.

1. zóna: Az a munkatér, ahol normál üzemi körülmények között az éghető gázok, gőzök vagy ködök (aerosolok) levegővel alkotott keverékéből álló robbanóképes légtér fordulhat elő.

A gépsor esetében ez lehet a „festékkonyha”, azaz az a terület, ahol a festék keverése és betáplálása történik.

2. zóna: Az a munkatér, ahol normál üzemi körülmények között az éghető gázok, gőzök vagy ködök (aerosolok) levegővel alkotott keverékéből álló robbanóképes légtér ritkán és rövid időtartamban van jelen.

Ilyen hely lehet az oldható kötésekkal szerelt térrész, ahol meghibásodás esetén juthat ki robbanásveszélyes folyadék.

Robbanásveszélyes- technológia megtervezésénél mindig az a cél, hogy a meghozott intézkedésekkel a robbanásveszélyes térségeket Zóna 0-ból Zóna 1-be, Zóna 1-ből Zóna 2-be tudjuk átsorolni.

Sajnos a megrendelői oldal a gépsor megtervezésénél és legyártatásánál megállt, az elszívórendszer, szűrők, tetőtéri kibocsátási pontokkal gyakorlatilag nem foglalkozott, ami egyébként környezetvédelmi oldalról sem elhanyagolható szempont a környezetszennyező pontforrások miatt. Feltehetően ezt a gépsor telepítése során „belső berkekben” kívánta volna megvalósítani, azonban robbanásveszélyes technológia lévén, a kompetens szakemberek, szakértők bevonása rendkívül fontos lett volna e részrendszerek tervezési szakaszában is, hiszen ezek is zónák lesznek, amelyek műszaki, sőt építészeti oldalról nézve is rendkívül szigorú előírások és feltételek mellett üzemeltethetők.

Mivel a jogszabály által definiált 20., 21. és 22. zóna a lebegő porok jelenlétével foglalkozik, témámból adódóan ezeket a zónákat nem vizsgálom.

Fontos megjegyezni, hogy a fentiekben, a zónabesorolásra adott példák közvetlenül a festőállomásból kiragadott példák, azonban a jogszabály szerint elkészítendő zónakalkuláció és zónatérkép alapján akár a többi kiszolgáló állomás, különös tekintettel a szárító kemencére, „festékkonyhára”, szintén beleeshetnek a potenciálisan robbanásveszélyes térségekbe.

Fenti jogszabály bár elősegíti a zónabesorolás alapvető értelmezését, az MSZ EN 60079-10-1:2021 szabvány[18] konkrét segítséget nyújt olyan robbanásveszélyes térségek besorolásában, ahol éghető gázok, gőzök, ködök jelenlétével számolni kell, ugyanakkor megoldást nyújt az ezen térségekbe installálendő műszaki tartalmak és telepítésük elősegítésére. A robbanásveszélyes terek besorolásának vázlatos folyamatát az MSZ EN 60079-10-1:2021 szabvány értelmében az 1. számú melléklet tartalmazza.

5.2.3 Kibocsátó források meghatározása

A technológia kibocsátó forrása az MSZ EN 60079-10-1:2021 értelmében többféle lehet.

Folyamatos fokozatú a kibocsátó forrás, ha folyamatos, gyakori vagy hosszú ideig tartó. Jelen esetben a szárító kemencében találkozhatunk ilyen jellegű kibocsátással.

Elsőrendű fokozatú kibocsátásról akkor beszélhetünk, ha normál üzemi körülmények között várhatóan rendszeresen, vagy esetenként fordulhat elő a kibocsátás, például amikor a festékkeverő- és szóró rendszer tartályainak és csővezetékeinek tisztítása folyik. Ez a példa egyébként jól rávilágít a géptervezés gyakran elfelejtett, ugyanakkor fontos elemére, miszerint a gép teljes életciklusát tekintve kell a kockázatokat mérlegelni és nem csak a használat, de többek között a karbantarthatóság idején is jelentős veszélyekkel kell számolni.

Másodrendű kibocsátás esetén várhatóan a normál üzemi körülményeket tekintve ritkán, vagy rövid időtartamba juthat ki a környezetbe veszélyes anyag. Ilyen lehet például az oldható kötések közvetlen környezete.

A szellőztető rendszerek nyomásviszonyainak tisztázása szintén kardinális kérdés a tervezés korai szakaszában. A szellőztetési technológia lehet kiegyenlített, depressziós és túlnyomásos.

Kiegyenlített szellőzés esetén nincs mérhető nyomáskülönbség a „zárt tér” és környezete között. Ezt egy befúvó-elszívó, azaz kétventilátoros megoldással érhetjük el. Előnye, hogy igény szerint enyhe depressziót, vagy túlnyomást is beállíthatunk vele.

Amennyiben meg szeretnénk akadályozni a szennyezett levegő kijutását a zónából, depressziós szellőzést kell biztosítanunk. Ha a belső térben kisebb nyomást hozunk létre, mint a szomszédos helyiségekben, környezetben, a robbanásveszélyes anyagot bent tartjuk egy fizikailag korlátozott térben, így csökkentve annak lehetőségét, hogy például a szórókabinon kívül is zóna alakuljon ki. Ennek előnye, hogy a kabin környezetében nem kell a belső tér zónájának megfelelő és drágább műszaki tartalmakat beépíteni, ugyanakkor nem megfelelő tömörség esetén esetleges szennyeződések is bejuthatnak a szórótérbe. [4]

Túlnyomásos szellőzés a belső tér levegőállapotát védjük a külső szennyeződésektől, hiszen ilyenkor a belső tér nyomása nagyobb a környező terek nyomásánál. Ezáltal a termék minőségét tudjuk védeni ugyan, de fennáll annak a veszélye, hogy a robbanásveszélyes anyagból a kabinon kívülre is jut, így ott is zónával és ezzel egy időben annak megfelelő műszaki tartalmak beépítésével kell számolnunk. A gépsor be- és kitáplálása jelen esetben konvéjor pályán történik, amelyet villanymotorok hajtanak. Nem mindegy, hogy a villanymotor, vagy akár a pálya környezete zónába esik-e és ha igen pontosan melyikbe, hiszen így az ATEX előírásoknak megfelelő kivitelű műszaki tartalmakat kell beépíteni. Ugyanez a probléma jelentkezik a szárítókemence tetején lévő ventilátorok esetében is, ahol az eredetileg betervezett Moro ventilátorokból bár létezik robbanásbiztos kivitel, értelemszerűen az eredeti koncepció miatt nem az került beépítésre.



5. kép- MORO hűtőventilátor a szárítókemence- befűvés¹²

Amikor a zóna típusát és kiterjedését és alakját meghatározzuk, nem szabad megfeledkezni róla, hogy ha több ilyen forrásunk is van, azokat összegezni szükséges. Ugyanakkor, ha több különböző típusú éghető anyaggal kell számolnunk, minden anyag esetében külön meg kell vizsgálni a kibocsátás tulajdonságait – például kilépő tömeg- és térfogatáram- az összegzés előtt.

Fontos megjegyezni, hogy a szabotázs, katasztrofális jellegű meghibásodások nem a robbanásvédelem hatálya tartoznak. A havária esetekben a katasztrófavédelmi előírások a mérvadók.

5.2.4 A szellőzés, elszívás típusának, fokozatának meghatározása

Fentebb már tettünk róla említést, hogy a szellőzés, elszívás biztosítása befolyásolhatja a zónabesorolást, így alkalmazásával jelentősen tudjuk csökkenteni a kockázati szintet.

A szellőzésnek két típusát különböztetjük meg: természetes és mesterséges.

¹²https://leghuzam.hu/leghuzam_pdf/mm.pdf
Letöltés dátuma. 2023. 10. 31. 15:05

A természetes szellőzés előnye, hogy folyamatosan, tudjuk biztosítani és nem igényel különösebb ráfordítást, vagy karbantartást. Ez utóbbiból adódik üzembiztonsága is, hiszen gyakorlatilag folyamatosan biztosított.

A mesterséges szellőztetés esetében komoly tervezési háttérrel igényelnek, hiszen folyamatos üzembiztonságuk sok esetben csak redundanciával érhető el.

A kibocsátó felületeknél -legyenek azok a szellőztetésből, vagy egyéb forrásokból eredők- figyelembe kell vennünk azt is, hogy milyen halmazállapotú, hőmérsékletű és nyomású (ezen belül is túlnyomásos, kiegyenlített, vagy depresszív) a kibocsátott éghető anyag. A jelen esetben vizsgált technológia kapcsán fókuszálnunk kell gőzökre, amelyek magas nyomáson és/vagy hőmérsékleten lehetnek, illetve folyadékokra, amelyekből nagyobb mennyiségű éghető gőz (oldószer) párologhat ki.

A szellőzés esetében nem csak annak fajtáját, de üzembiztonságát is meg kell határozzuk. Ha folyamatosan tudjuk biztosítani a szellőzést, akkor jó üzembiztonságról beszélhetünk. Jelen esetben például, ha a szárító kemence üzemi ventilátora meghibásodna, automatikusan el kell induljon egy tartalék ventilátor. Ahhoz, hogy ezt biztosítani tudjuk, nem csak monitorozni szükséges a munkafolyamatot (például egy gázérzékelő segítségével, amely az oldószerkoncentráció határértéket meghaladó jelenléte esetén jelez), de figyelni kell azt is, hogy az üzemi ventilátor forog-e.

Megfelelőnek minősíthető az a szellőzés, amely normál üzem közben működik. Ritkán és rövid idei előforduló kimaradások még elfogadhatók.

Ha a jó és megfelelő szellőzést nem tudjuk elérni, vagy hosszabb idejű kimaradásokkal kell számolni, akkor gyenge szellőzésről beszélünk.

A szellőzés üzembiztonsága mellett annak fokozatát is meg kell határozni, hiszen ebből láthatjuk, hogy milyen hatással van a robbanásveszélyes térre. A szellőzés fokozatai lehetnek:

- Erős szellőzés (VH)
- Közepes szellőzés (VM)
- Gyenge szellőzés (VL).

A fokozat meghatározását számítással lehet egzakt módon igazolni.

5.2.5 A nyílások fokozatainak meghatározása

Legyen az szellőzés, vagy egyéb nyílás egy gépsoron és annak szerelvényein, a nyílásokat mindig potenciális kibocsátó forrásként kell kezelni, amelyek jelentősen befolyásolják a kibocsátás fokozatát. A nyílásokat A, B, C, D típusokba sorolhatjuk, attól függően, hogy milyen a kibocsátó forrás geometriája, nyílása, valamint felülete.

Az A típus nem felel meg a B, C, D típusok jellemzőinek. A B típus normális üzemmódban zárt állapotot feltételez, csak ritkán nyit és szoros az illeszkedése, a C típus szintén zárt normál helyzetben, de ritkán előfordulhat, hogy nyit, de teljes pereme tömítéssel van ellátva, míg a D típus normál állapotban zárt és csak speciális eszközzel, vagy havária esetén nyitható.

A vizsgált gépsor tükrében pár gyakorlati példa:

- Festékadagoló szivattyú biztonsági lefúvató szelepe- B
- Nyomásmérő csatlakozások- D
- Tömszelencék, „O”-gyűrűk, gömbcsapok- D

5.2.6 Műszakilag tartósan tömörített készülék megoldások megfeleltetése

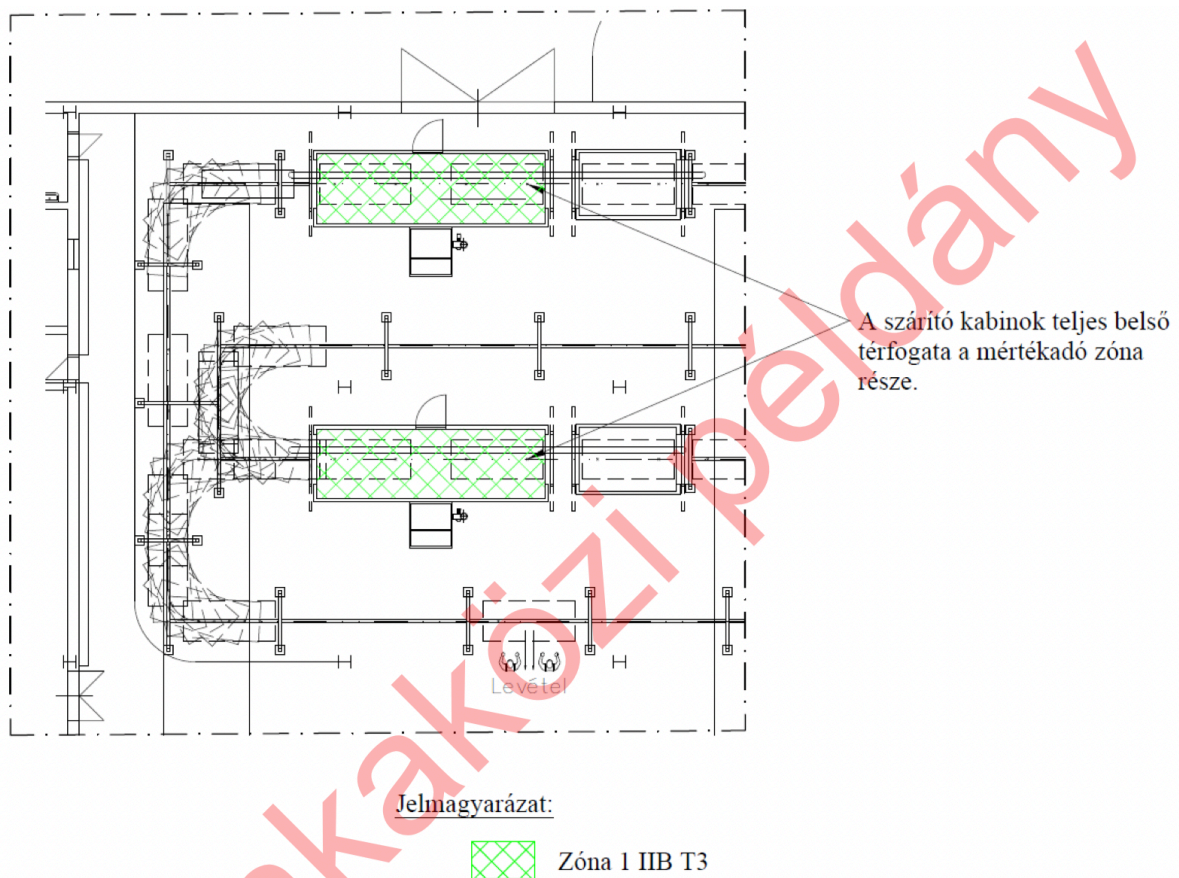
Ha egy készüléket műszakilag tartósan tömörnek tekinthetünk, ott nem várható kibocsátás, ezért nem alakulhat ki robbanásveszélyes légtér sem. Fontos azonban megjegyezni, hogy ezen készülékek gyári tömörségét meg kell őrizni, ezért karbantartással, felügyelettel kell biztosítani, hogy az eredeti állapot megtartott. A folyamatos ellenőrzés ezeknél a készülékeknél kardinális, ugyanúgy, ahogy az oldható kötések esetében is. Felszerelhetünk például olyan riasztó funkcióval rendelkező mérőeszközt, amely folyamatosan és automatikusan végez méréseket és a beállított értéket elérve riasztást küld, vagy akár le is állítja a folyamatot. A műszaki megoldások tárháza meglehetősen széles, hiszen a szivárgásjelző, vagy a korábban említett gázdetektor szintén hasonló funkciókat látnak el, de már a vizuális ellenőrzés (például folyási nyomok), vagy akár a zaj- és szaghatások is árulkodhatnak a tömítettség állapotáról. Jelen esetben a szivárgás -legyen az folyékony, vagy gáz/gőz halmazállapotú- két állomáson is komoly veszélyt jelenthet: egyszer a festékszóró kabin és tartozékai esetében, másfelől a szárítókemencében kipárolgó oldószer nem megfelelő kezelése is könnyen ahhoz vezethet, hogy zóna lehet a gépsor olyan környezete, amelyet eredendően nem annak kalkuláltunk, vagy ha mégis, esetleg másik zónának megfelelő műszaki tartalmakkal került installálásra. Ez azért

is teremthet kvázi váratlan veszélyhelyzeteket, mert ha nem számítunk potenciálisan robbanásveszélyes légkörre például egy betápláló konvéjor pálya esetében, előfordulhat, hogy súrlódás következtében – láncos görgőpálya és termék között, vagy akár a pályát meghajtó villanymotor forgó alkatrészei között-, amelyek gyújtószikraként működhetnek.

5.2.7 Robbanásvédelmi dokumentáció és üzembe helyezés

Az MSZ EN IEC 60079-10-1:2021 Robbanóképes közegek. Térségbesorolás. Robbanóképes gázközegek című szabvány értelmében elkészült zónakalkulációt alapul véve elkészül a zónatérkép. A térkép segítségével háromdimenziós rajzi megjelenítést kapunk arról, hogy az egyes zónák határai meddig tartanak. Ennek megfelelően az egyes zónák előírásainak megfelelően és a kibocsátott anyagok jellemzőinek, a kibocsátás tulajdonságainak megfelelően kerülnek meghatározásra az egyes műszaki tartalmak.

A képen látható jelmagyarázat értelmezését jelen dolgozat 9. képe részletesen is kifejti.



6. kép- Zónatérkép példa: Szárító kabin zónájának kiterjedése az emissziós pontok környezetében¹³

¹³ Parádi Ervin: Robbanásbiztonság- technikai zónaszámítás (munkaközi anyag)

A robbanásvédelmi dokumentáció, amelyet a potenciálisan robbanásveszélyes környezetben levő munkahelyek minimális munkavédelmi követelményeiről szóló 3/2003. (III. 11.) FMM-ESzCsM együttes rendelet ír elő, kötelező tartalmi eleme a zónakalkuláció, valamint a zónatérkép. Lényegében ez a dokumentáció foglalja össze mindazon műszaki és egyéb intézkedéseket, feltételeket, amelyek ahhoz kellenek, hogy a munkáltató a potenciálisan robbanásveszélyes munkakörnyezetben is biztosítani tudja a biztonságot és egészséget nem veszélyeztető munkavégzés feltételeit, így vázlatosan az alábbiakat):

- a kockázatok felmérését és értékelését;
- azoknak a megtett intézkedéseknek a felsorolását, amelyek a rendeletben foglalt kötelezettségek teljesítését szolgálják;
- a munkaterületek zónákba történő besorolását és azon területek felsorolását, amelyek esetében a munkáltatónak alapvető munkavédelmi kötelezettségei vannak a robbanóképes légtér veszélyeivel szemben
- a munkaeszközök és használatuk biztonsági és egészségügyi követelményeinek minimális szintjére vonatkozó intézkedéseket.¹⁴

A robbanásvédelmi dokumentáció elkészítését megelőzően a munkavégzést szigorúan tilos megkezdeni. Amennyiben a munkahelyet átalakítják, bővítik, vagy az alkalmazott technológiában változás történik, így például a felhasznált anyagokban, úgy a robbanásvédelmi dokumentációt is módosítani szükséges.

A dokumentáció bár előfeltétele a technológia használatának, sőt, tartalmát tekintve az egyik legjelentősebb bizonyítéka annak, hogy a kockázatkezelés megtörtént, önmagában nem elegendő az üzembe helyezéshez. Veszélyes technológia üzeme helyezéséhez szakirányú végzettséggel rendelkező munkavédelmi szakértő kirendelése szükséges, aki a műszaki tartalmak és a szükséges felülvizsgálatok (például érintésvédelmi, villámvédelmi felülvizsgálat) megfelelőségét is vizsgálja. Amennyiben a szakértő mindent rendben talál, javasolhatja a technológia üzembe helyezését, a munkáltató képviselőjében megbízott személy

¹⁴ 3/2003. (III. 11.) FMM-ESzCsM együttes rendelet a potenciálisan robbanásveszélyes környezetben levő munkahelyek minimális munkavédelmi követelményeiről 9. §

pedig elrendelheti az üzembe helyezést.

5.2.8 Vizsgált gépsor előzetes térségbesorolása

Ahogy már korábban többször említettük, hogy tudjuk, hogy pontosan hol és milyen védőintézkedéseket kell meghatározniuk a szaktervezőknek és üzemeltetőknek zónakalkulációt és zónatérképet kell készíteni, amely megmutatja, hogy hol jelennek meg robbanásveszélyes zónák, azok milyen minőségűek, milyen a gázcsoportjuk és a hőmérsékleti osztályuk, azok pontosan meddig terjednek és milyen alakúak. Mivel szakdolgozatomban célja nem egy említett kalkuláció és térkép egzakt elkészítése, ezért feltételezzük, hogy a gépsor festékszóró állomása az egyik leginkább robbanásveszélyes térség, ahol folyamatosan, hosszú ideig, vagy gyakran jelen lehet ködállapotú éghető anyag levegővel alkotott keverékből álló robbanóképes közeg. Ha csupán ezen definíció alapján sorolnánk be a térséget, akkor 0- zónába kerülne az állomás, azonban mint fentebb tárgyaltuk számos más kritériumot is figyelembe kell vennünk, így például, ha a robbanásveszélyes keverék előfordulása meghaladja az évi 1000 órát, biztosan ebbe a zónába esik.

Mivel a festékszóró állomásról tudjuk, hogy szakaszosan működtetik, azaz nem üzemel 8 órán át folyamatosan műszakonként, ráadásul egy műszakos munkarendbe kívánják beállítani, így az 1000 óra elérése szinte teljesen kizárható. Amennyiben beavatkozunk egyéb műszaki, vagy szervezési intézkedésekkel is, például hosszabb ciklusidőkkel számolunk, vagy a használati utasításban gyakoribb leállási időket tervezett be a gyártó a karbantartási és tisztítási folyamatokra, már szinte teljesen bizonyos, hogy nem tudjuk elérni a robbanásveszélyes légkör folyamatos és évi 1000 órát meghaladó fennmaradását. Természetesen a korábban említett kibocsátási jellemzők is befolyásolják a zóna besorolását, de egzakt számítás nélkül arra következtethetünk, hogy jelen esetben a festékszóró kabin feltehetően 1-es zónába esik, ahol normál üzemben várhatóan, esetenként ködállapotú éghető anyag levegővel alkotott keveréke robbanóképes elegyet alkothat.

A festék- és segédanyag betáplálását Mercur márkájú szóróberendezés látja el, amelyet a szórókabinon kívül, de közvetlenül annak környezetében helyeztek el.



7. kép- Mercur márkájú szóróberendezés¹⁵

Mivel a rendszer teljesen zárt, a robbanásveszélyes légkör folyamatos fennmaradásával itt nem kell számolnunk, ugyanakkor az újratöltés, karbantartás, vagy rendellenes üzemállapot esetén előfordulhat kibocsátás, ezért itt is feltehetően számolni kell az 1-es zónával. Itt azonban nem az előfordulás gyakorisága indokolja az 1-es zónát feltétlen, mind inkább a robbanásveszélyes térfogat nagysága, illetve a töltés nem másod-, hanem elsőrendű kibocsátásként kezelendő.

A kibocsátás fokozata	Szellőzés						
	Fokozat						
	Erős			Közepes			Gyenge
	Üzembiztonság						
	Jó	Megfelelő	Gyenge	Jó	Megfelelő	Gyenge	Jó, megfelelő vagy gyenge
Folyamatos	Nem robbanás-veszélyes	Zóna 2	Zóna 1	Zóna 0	Zóna 0 + Zóna 2	Zóna 0 + Zóna 1	Zóna 0
Elsőrendű	Nem robbanás-veszélyes	Zóna 2	Zóna 2	Zóna 1	Zóna 1 + Zóna 2	Zóna 1 + Zóna 2	Zóna 1 vagy Zóna 0
Másodrendű	Nem robbanás-veszélyes	Nem robbanás-veszélyes	Zóna 2	Zóna 2	Zóna 2	Zóna 2	Zóna 1 és Zóna 0

1. táblázat- Példa szellőzés fokozatára az MSZ EN 60079-10-1:2021 szabvány D1. táblázata szerint¹⁶

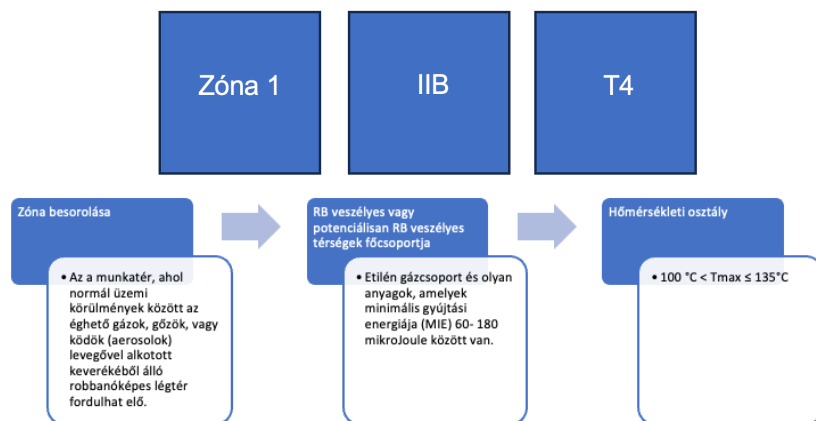
¹⁵ <https://www.graco.com/content/dam/graco/ipd/literature/flyers/340004/340004HU-F.pdf>
Letöltés ideje: 2023. 10. 22. 11:20

¹⁶ Parádi Ervin: Robbanásbiztonság- technikai zónaszámítás (munkaközi anyag)

A gépsor szárító kemencéje szintén központja lehet egy esetleg robbanásveszélyes térség kialakulásának, hiszen a szárítás során kipárolgó oldószer normál üzemben szintén képes esetenként előidézni gőzállapotú éghető anyag levegővel alkotott keverékből álló robbanóképes közeg előfordulását. Ily' módon a szárítókemence -számítások nélkül feltehetően szintén 1-es zónába eshet.

Hogy fenti állomások zónája meddig terjed ki és hogy abba esetleg egyéb állomások is bele eshetnek-e, kizárólag komoly számításokkal és a kibocsátási jellemzők figyelembevételével határozhatók meg.

Fontos megemlítenünk, hogy a zónabesorolás önmagában nem elegendő, a robbanásveszélyes térfogatok három jellemzővel kell megadni. Az alábbi példa segít értelmezni egy robbanásveszélyes térfogat besorolását:



1.ábra- Példa robbanásveszélyes térfogat besorolására és értelmezésére¹⁷

Jelen leegyszerűsített zónabesorolás célja csupán, hogy a szakdolgozatomban későbbiekben javasolt műszaki megoldásokkal könnyedebben dolgozzunk, nem a vizsgált gépsor kontextusában készült.

¹⁷ A jelölések értelmezését az 1. mellékletekben található összefoglaló táblázatok segítik.

6. Robbanásbiztonság- technika műszaki megoldások a vizsgált gépsor ismeretében

Ahol potenciálisan robbanásveszélyes légkör alakulhat ki, a munkavédelmi törvény értelmében a munkáltató köteles a feltárt veszélyekkel szemben védekezni. A védekezési módok hierarchiájának legfelsőbb fokán a kollektív, műszaki védelem áll. Ezt követik a szervezési intézkedések, majd legvégül az egyéni védelem.

6.1 Robbanás elleni mechanikus védelem és al- biztonsági funkciók

A védőintézkedések közül a kollektív, vagy műszaki védelem egyik legalapvetőbb módja a mechanikus védelem kialakítása, amelyet különböző al- biztonsági funkciókkal kiegészítve tehetünk igazán hatékonyá.

A robbanás elleni védekezés három módszere alapszik. Elsődleges cél mindig, hogy lehetőség szerint a robbanásveszélyt okozó anyagokat kevésbé veszéllyessel kell helyettesíteni, vagy az égést tápláló közeg mennyiségét kell korlátozni.

Amennyiben a fentiek nem biztosíthatók maradéktalanul, úgy – második módszerként- a gyújtóforrásokat kell kizárni a robbanásveszélyes légtérből. Gyújtóforrásként kell kezelni az MSZ EN 1127-1:2019 [17] értelmében a:

- Forró felületeket (például csapágyaknál)
- Mechanikus szikrákat (például nem szikramentes kéziszerszámok esetében)
- Kóbor elektromos áramot és katódos védelmet
- Elektrosztatikus feltöltődést (nem megfelelő védőbakancs használata karbantartás során)
- Villámot (épület villámvédelmi nem-megfelelősége esetén)
- Elektromágneses hullámokat
- Ionizáló sugárzást
- Nagyfrekvenciás sugárzást
- Ultrahangot
- Adiabtikus kompressziót
- Kémiai reakciókat, vagy az öngyulladást

Az 1999/92/EK irányelve alapján a 3/2003 FMM- ESzCsM együttes rendelet értelmében - ahogyan arra a TvMI 13.3:2022.06.13. is kitér- a harmadik módszer előírja, hogy amennyiben várhatóan robbanás fog bekövetkezni, annak hatásait kontrollálni szükséges.

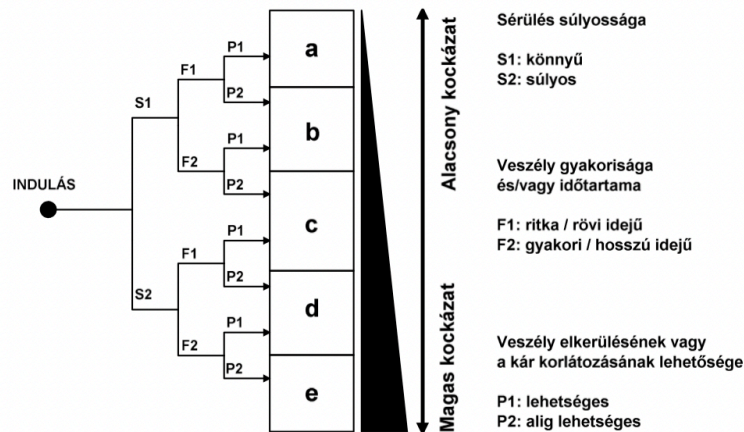
Fentiek mellett a vizsgált gépsor tükrében mindképpen figyelembe kell vennünk az MSZ EN 16985:2019 jelzetű termékszabványt [24], amely a festőkabinok és festőfülkék esetében konkrét biztonságtechnikai előírásokat tartalmaz.

6.1.2 Elsődleges védekezési mód

Az elsődleges védekezési mód szerint a robbanásveszélyt okozó anyagot kell kizárni, helyettesíteni, vagy mennyiségét redukálni. Jelen esetben fontos szerepet játszanak a burkolatok, határoló falak, csővezetékek, amelyek a robbanásveszélyes zónákat körül veszik, hiszen a hatékony légcserét csak ezek által tudjuk biztosítani. Amikor az imént felsorolt elemeket kiválasztjuk, fontos szempont, hogy azoknak mennyire kell hozzáférhetőnek lenni például karbantartás tisztítás alkalmával. Egy automata gépsor esetében, ahol nincs üzemszerű emberi beavatkozás, sokkal előnyösebb a rögzített védőburkolatok, és fix kötések (például hegesztett) alkalmazása, hiszen a műszakilag tartósan tömörített műszaki megoldások esetében nem kell normál körülmények között robbanásveszéllyel számolnunk. Így konkrét példaként megemlíthetjük a beépítésre kerülő villamos gyártmányokat, amelyeknek három kategóriája van. Az 1. kategóriában szereplő berendezések nagyon magas védelmi szintet képviselnek, így beépíthetők 0. zónában is, míg a 2. kategória magas védelmi szintje miatt 1. és 2. zónába (0. zónába már tilos). A 3. kategóriába tartozó berendezések normál védelmi szintet nyújtanak, ezért csak 2. zónában alkalmazhatók. Így elképzelhető, hogy míg a sorjázó állomás betáplálását végző konvéjor pálya, amely a pálya elején található, még zónán kívül, de rosszabb esetben is 2. zónába esve 3. kategóriájú villanymotorral meghajtható, addig a szárítókemence be- és kitáplálását végző motor feltehetően 2. kategóriába fog esni. Ugyanitt említhetnénk meg a légcserét biztosító ventilátorokat is, akár a festőszóró kabin, vagy szárítókemence esetében, amelyek a pontos zónakalkuláció eseményétől függően 1., vagy 2. kategóriába esnek.

A meghajtó villanymotorok, valamint a légcseréért felelős ventilátorok megtervezését egymással összefüggésben kell meghatározni, hiszen, ha a ventilátorok segítségével tudjuk csökkenteni a robbanásveszélyes koncentráció jelenlétét (nem beszélve a műszakilag tartósan tömörített megoldásokról), akkor a sokkal kedvezőbb áron beszerezhető, akár 3. kategóriás villanymotorok is elegendők lehetnek.

Nagyon fontos megemlítenünk, hogy a vezérlőrendszerek biztonsággal összefüggő részeiről és a tervezés során gépbiztonsági szempontból fontos általános elveket leíró MSZ EN ISO 13849-1:2016 jelzetű szabvány [25] a szükséges biztonsági szintek meghatározásához kockázati gráfot használ.



2.ábra- Szükséges teljesítményszint meghatározása kockázati gráffal

Ugyanakkor az MSZ EN 16985:2019 jelzetű szabvány 5. táblázatát is érdemes például a villamos gyártmányok tervezésénél is segítségül hívni, ahol egzakt módon meghatározásra kerül a festőfülke biztonsági funkcióinak teljesítményszintje különböző szituációkban. Jelen esetben a festékszórást nem ember, hanem robot végzi, így a szabvány előírja, hogy a teljesítményszint minimum Pl d kell, hogy legyen, azaz szinte a legmagasabb követelményeket támasztja a tervezők és gyártók felé.

Az alábbiakban a kockázati gráf segítségével a szükséges teljesítményszint meghatározását vizsgálom. Ehhez először az egyes jelöléseket. A szabvány a sérülés súlyosságát S-sel jelöli, a feltárt veszély gyakoriságát, valamint az expozíciós időt F-fel, míg a sérülés elkerülésének lehetőségét P-vel. A továbbiakban:

- A sérülés súlyossága:
S1: visszafordítható, gyógyítható sérülés (pl.: zúzódás, vágott sebek)
S2: visszafordíthatatlan sérülés (például csonkulás), állapot, haláleset

- A feltárt veszély gyakorisága, expozíciós ideje:
F1: nem gyakori (kevesebb, mint 15 perc), nem rendszeres
F2: gyakori, folyamatos expozíció
- Sérülés elkerülésének lehetősége:
P1: van reális esély a megelőzésre, káros hatás mérséklésére
P2: ha P1 nem megvalósítható

Mivel automata gépsorról beszélünk, a legveszélyesebb tevékenység a berendezés karbantartása, szóróanyaggal történő feltöltése. Mivel a kockázatértékelést még nem bevezetett műszaki intézkedésekkel együtt készítjük, nem számolhatunk például elszívó ventilátorokkal, vagy gázérzékelőkkel, amelyek a veszélyes, robbanóképes koncentráció kialakulásakor működésbe lépnének. Így vélelmezhető - a technológiai sajátosság ismeretében-, hogy a robbanás veszélye, amelynek visszafordíthatatlan következményei lehetnek, a sérülés súlyossága mindenképpen S2. A berendezés töltése bár rendszeres, az expozíciós idő nem feltétlen éri el az F2 kategóriában meghatározottakat, nem kizárható, hogy a hatókörben egyéb munkaállomások telepítése miatt folyamatos vagy hosszú idejű a veszély gyakorisága, így az F2 használata indokolt. Legvégül megállapítható, hogy a sérülés elkerülésére van reális esély, így P1 alkalmazható. Az MSZ EN 16985:2019 jelzetű szabvány korábban említett 5. táblázatának megfelelően Pld, mint szükséges teljesítményszint, visszaigazolható a kockázati gráf alapján is.

Mivel azonban teljesítményszintet a tervező, vagy C típusú szabvány is meghatározhatja, a tervező megteheti, hogy a minimálisan előírt PL d helyett felfelé eltérve PL e, azaz a legmagasabb teljesítményszintet választja (lefelé eltérni tilos). A PL d esetében ugyan már 2. vezérlési kategóriáról beszélhetünk, ennek megfelelően megjelenik a diagnosztika, amelynek segítségével bizonyos hibák könnyedén felderíthetők, a két tesztelés között azonban előfordulhatnak kockázatok. Mivel a két legveszélyesebb állomás, a szórófülke és szárítókemence esetében, kiemelten fontos, hogy a robbanásveszélyes koncentráció megközelítése esetén időben be tudjunk avatkozni, ezért fontosnak tartom a legmagasabb PL e teljesítményszint betervezését, ezen belül is lehetőség szerint a 4. vezérlési kategóriát, amely már kétcsatornás biztonsági komponenseket használva, biztosítja, hogy mindegyik csatorna képes legyen a veszélyes állapot leállítására (szórás leállítása), vagy egyéb beavatkozással (tartalék ventilátor indítása), annak csökkentésére. Ez a redundáns felügyelet folyamatosan

biztosítja, hogy hiba bekövetkezésekor a biztonsági funkció mindig megmarad. PL e esetén a diagnosztikai lefedettség, az MTTFd¹⁸ a redundáns csatornák mindegyikén magas és a CCF¹⁹ alkalmazása is kötelező. A végleges szükséges teljesítményszint meghatározását a zónabesorolás eredménye és kockázatértékelés fogja eldönteni. Amennyiben tudjuk biztosítani, hogy a betervezett mérő- és szabályozó rendszerek reakció ideje, megbízhatósága lehetővé teszi, hogy egyetlen önálló hiba esetén se dőljön meg a biztonsági koncepciónk, úgy nem feltétlenül szükséges redundáns szabályozó folyamat. Ugyanezt támasztja alá egyébként az ipari robotok biztonsági követelményeit összefoglaló MSZ EN ISO 10218-2:2011 jelzetű szabvány [26] 5.2.2-es pontja, amely kimondja, hogy „...amikor egy egyedi hiba bekövetkezik, a biztonsági funkció mindig végre van hajtva, és egy biztonságos állapotot kell fenntartani mindaddig, amíg az észlelt hibát ki nem javítják”.

Hogy az al-biztonsági funkcióról is említést tegyünk, érdemes jobban megvizsgálnunk például a szórás leállításának mechanizmusát, ahol a biztonságos nyomaték kikapcsolásnak (STO-Safety Torque Off) köszönhetően a sűrített levegős tápellátás, azaz a pneumatikus hajtás energiájának a leválasztásával egy időben a szóróanyag továbbítását és a veszélyes koncentráció elérését tudjuk megakadályozni. Természetesen ehhez szükség van egy gázérzékelőre, amely megfelelő értékre beállítva képes érzékelni a veszélyes koncentráció elérése előtt a beállított értéket (input), ekkor a vezérlő rendszer egy előre beprogramozott logika szerint végrehajtja a leválasztást. Mivel minimum 2. vezérlési kategóriáról beszélünk a korábban meghatározott teljesítményszint szerint, a folyamatban a hibafelismerés (diagnosztika) is kulcsszerepet játszik, amelyet folyamatos teszteléssel érhetünk el. Természetesen itt is fontos, hogy a diagnosztikai lefedettség (a diagnosztikával feltárható veszélyes meghibásodások viszonyítva az összes veszélyes meghibásodáshoz) önmagában nem elegendő, annak a lehető legmagasabbnak kell lennie.²⁰

6.1.3 Másodlagos védekezési mód

A másodlagos védekezési mód előírja a gyújtószikra- forrás elkerülését, így a nem robbanásbiztos kivitelű berendezések nem beépíthetők a robbanásveszélyes térségekbe.

¹⁸ MTTFd (mean time dangerous failure): átlagos idő a meghibásodásig, azaz mennyire valószínű adott komponens veszélyes meghibásodása annak élettartama alatt

¹⁹ CCF (common cause failure): ellenállóság a közös okú meghibásodásokkal szemben

²⁰ A diagnosztikai lefedettség akkor tekinthető magasnak, ha 99% feletti.

Mivel a gépsor teljes áttervezése e szakdolgozat terjedelmi határain túl állna csak meg, ismételtén a két legveszélyesebb térséget, magát a szórófülkét és a szárító kemencét emelném ki példaként. Mindkét térség esetében fontos, hogy a korábban már említett villamos és nem villamos gyártmányok a különböző zónáknak megfelelően kerüljenek beépítésre. Természetes az elhelyezésüknél fontos szempont az is, hogy amennyiben az lehetséges a zónán kívül, de legalábbis ne a legveszélyesebb zónában kerüljenek telepítésre. Egy festőrobot esetében például nem tudjuk megtenni, hogy a fülkén kívül dolgozzon, így egyértelmű, hogy a fülke zónájához kell alkalmazkodnunk. Azonban számtalan egyéb berendezés is szükséges a gépsor üzemeltetéséhez, amelyeket potenciális gyújtóforrások lehetnek. Elsődleges célunk kell legyen, hogy ezeket a gyújtóforrásokat, ha nem tudjuk elkerülni, gyújtásképtelenné kell tenni. A robbanásveszélyes keverékek be tudnak hatolni egy villamos gyártmány belső terébe, ahol az elektromágneses tér, vagy sűrűdésből eredő felületi hőmérséklet, szikra gyújtóforrásként működhet. Megfelelő tokozással el tudjuk érni, hogy a robbanásveszélyes anyag behatoljon a belső térbe. Gázok, gőzök esetében ilyen védelmi mód lehet a leszigetelt berendezés, így például az alábbi villanymotor:



8. kép- Robbanásbiztos villanymotor²¹

A gyártói leírás értelmében a termék robbanásbiztos motorral és fékekkel, szikramentes motorral került minősítésre. További jellemzői:

- saját hűtőventilátorral szerelve,
- ATEX kategóriák: 2G, 2D, 3G,
- Hőmérsékleti osztályok T3 (200 °C), T4 (135 °C), T5 (100 °C),

²¹ <https://chemplex.hu/hajtas technika/villanymotor/atex-robbanasbiztos-villanymotor/>
Letöltés: 2023. 10. 23. 17:31

- H megnövelt szigetelési osztály,
- Hőmérsékletérzékelők,
- IP66 motorvédelem.

A termék paramétereiből nem csak annak megnövelt szigetelését láthatjuk, hanem több jellemző is utal a megengedett felületi hőmérsékletek betartására. Esetleges túlmelegedés esetén a hőmérsékletérzékelők oldják a tápellátást, így nem fordulhat elő, hogy a motor a beállított hőmérsékleti értékeket meghaladva tovább dolgozzon. Esetünkben ez nem a motorvédelem miatt fontos, hanem mert így tudjuk a maximálisan megengedett érték alatt tartani a hőmérsékletet, elkerülve, hogy az gyújtóforrásként szolgáljon.

Az EX e fokozott biztonság védelmi elven alapuló három fázisú asszinkron motor szintén védelmi elv, hiszen a szerkezeti kialakításoknak is fontos szerep jut a robbanásbiztos kivitelek megtervezésénél. Ekkor a robbanásveszélyes légkör bejuthat ugyan a készülék belsejébe, de nem kerülhet meggyújtásra szerkezeti kialakításának köszönhetően.

6.2 Robbanásterjedés megakadályozása

Ahogy azt már korábban említettük, a 3/2003 FMM- ESzCsM együttes rendelet által előírt harmadik védelmi mód szerint, amennyiben várhatóan robbanás fog bekövetkezni, annak hatásait kontrollálni szükséges.

6.2.1 Harmadlagos védekezési mód

Az előző két módszer esetében láthattuk, hogy legfontosabb szempont, hogy a robbanás ne következhesse be. Mivel teljes mértékben ezt soha nem zárhatjuk ki, említett rendelet 4. § (1) az alábbiakat írja elő: „Ha a robbanás mégis bekövetkezne, a robbanás üzemen belüli továbbterjedésének munkahelyeket, illetve munkaeszközöket érintő hatása a lehető legkisebb mértékű legyen, és ellenőrzött módon következzen be. Az ilyen munkahelyeken a munkáltató tegyen meg minden szükséges intézkedést, hogy a robbanásból keletkező, a munkavállalókat érintő fizikai hatások szintje a lehető legalacsonyabb legyen.”

A várható robbanásokkal hatásainak csökkentése érdekében különböző technikai megoldásokat

alkalmazhatunk. A robbanásálló építési módok mellett, nem feledkezhetünk meg a robbanáselfojtásról, robbanási nyomás levezetéséről, valamint a láng- és robbanásterjedés megakadályozásáról sem.

Az alábbiakban a vizsgált gépsor tekintetében mindegyik technológiai megoldásra javaslatot teszünk.

Amikor egy gépsor megtervezésre kerül, többször is említettük már, hogy mindenképpen vizsgálni kell azt a környezetet is, ahol az végül telepítésre kerül. Különösen fontos ez olyan berendezések, technológiák esetében, amelyeknél a robbanásveszély potenciálisan megjelenik. Jelen esetben nem csak a gépsor közvetlen környezetét, de a befogadó épület szerkezeteit (például falak, födémek, nyílászárók stb.) is vizsgálni szükséges. Ez sokszor jelent kockázatot olyan esetekben, ahol az épületet eredendően nem az új technológia befogadására tervezték meg, így az sem garantálható, hogy robbanás esetén maradandó alakváltozást ne szenvedjen el. Ezen fejezetben ismét visszautalnánk a kockázatértékelés jelentőségére már a tervezés korai szakaszában, hiszen intézkedéseket időben, plusz költségek megjelenése nélkül csak a korai fázisban tudunk hozni.

Amennyiben szemebesültünk azzal, hogy a befogadó épület nem alkalmas e veszélyes technológia befogadására, falba építhető, redukált nyomásra nyíló paneleket építtethetünk meg. Ezek a panelek könnyűek, nyomásemelkedésre gyorsan nyílnak, így el tudjuk éni, hogy ne statikailag kiemelt fontosságú (például tartófalak) elemek károsodjanak.

Amikor zárt térben robbanás következik be, különböző égéstermékek, el nem égett robbanásveszélyes keverékek kerülhetnek a légtérbe. Ezeket az anyagokat fontos, hogy mielőbb a szabadba juttassuk, így is csökkentve a robbanási nyomás maximumát. Ezt az úgynevezett méretezett lefúvató nyílások segítségével érhetjük el, amelyek lehetnek például hasadótárcsák, hasadópanelek, de akár robbanó ajtók is.

Az említett biztonsági elemek esetében fontos kritérium, hogy nem vezethetjük le a nyomást olyan védett terekbe, ahol emberek tartózkodhatnak, így például menekülési, vagy közlekedési útvonalra.

Bár eddig az épületszerkezettel foglalkoztunk, ugyanez az elv alkalmazható a gépek tervezése során is. Így például beépíthetünk olyan törő, vagy kihajló elemű védelmi eszközöket is,

amelyek tartalmaznak olyan elgyengített alkatrészt, amely bizonyos erő hatására deformálódik, esetleg törik, ezzel a mi esetünkben esetleg nem károsítja magát a festő robotot a fényező fülkében, hanem szabad utat enged, irányított módon a távozó égésterméknek.

6.3 Robbanásterjedés szakaszolása

Fontos szempont, hogy amikor a robbanásveszélyes technológia megtervezése megkezdődik, számoljunk azzal is, miként tudjuk megakadályozni esetleges robbanás hatására a lángfront áthatolását védett térbe, vagy géprészbe.

Mivel a tervezésnél a megrendelő az elszívás kérdésével nem kívánt foglalkozni, ezzel együtt a ventilátor tetőtéri kibocsátására sem helyezett hangsúlyt. Amennyiben azonban a technológia áttervezése megtörténik, vélhetően mérlegelni kell úgynevezett lángzár beépítését is. A ventilátorok robbanásvédelem szempontjából különleges berendezésnek minősülnek. Azok belső terében is kell számolni robbanásveszélyes közeg jelenlétével (ezt számítással kell igazolni), valamint a ventilátort kívülről is egy robbanásveszélyes zóna veheti körül. Így tehát a ventilátort mindkét feltételnek meg kell feleltetni. Ezért a ventilátorok kialakításával külön szabvány is foglalkozik.²² Ha egy csővezetékben meggyullad a robbanóképes gázkeverék, akkora lángfront terjedési sebessége nőni fog és robbanás, vagy detonációs sebességre gyorsul. Ez a robbanás így átterjedhet a csővezetékeken belül egyik technológiai helyről a másikra. A robbanás tovaterjedését meg kell akadályozni gátló berendezése, vagy technológiák segítségével, így például lángzárak beépítésével.

²²MSZ EN 14986: 2017 Potenciálisan robbanásveszélyes közegekben működő ventilátorok kialakítása



9. kép- Lángzár: éghető gázok/ gőzök csővezetékeibe építhető²³

Attól függően, hogy a lángzárak egy, vagy két irányból védenek, lehetnek egyirányú, vagy kétirányú lángzárak.

²³<https://www.hennlich.hu/termekek/biztonsagi-cso-es-tartaly-armaturak-langvedo-armaturak-langzarak-deflagraciozarak-detonaciozarak-langzarak-deflagraciozarak-426/rvn-ii-a-tipusu-langzar.html>
Letöltés dátuma: 2023. 10. 31. 15:13

7. Robbanásveszélyes gépsor működtetésének feltételei

A robbanásveszélyes technológiák esetében nem elegendő műszaki intézkedéseket hoznunk. Hiába minden szervezési intézkedés is, ha kihagyjuk a rendszerből az emberi tényezőt.

Itt is beleeshetünk abba a hibába, hogy a gépsor nem teljes életciklusát vesszük alapul a kockázatértékelésnél és így a tervezésénél sem. Nem gondolkodhatunk csupán normál üzemmódban, nem mondhatjuk soha ki egy automata gépsorra, hogy nincs kapcsolata az emberrel, sőt azt sem, hogy soha nem lesz olyan változás a berendezés, technológia életében, amely nem igényelheti akár a tárgyi eszközök komoly újragondolását.

Az alábbi fejezetben a vizsgált gépsor egyes pontjait érintve kívánok, ha nem is teljesen átfogó, de gondolatébresztő javaslatokat tenni.

7.1 Személyi feltételek

Amikor személyi feltételekről beszélünk, nem csupán a technológia, gépsor kezelőire, karbantartóira gondolunk, de azokra a személyekre is, akik a hatókörben tartózkodnak, tervezik, telepítik, felülvizsgálják, sőt üzembe helyezik azt.

7.1.1 Tervezés, felülvizsgálat

A kronológiai sorrendet tartva, mindjárt az elején fontos tisztáznunk a különböző jogosultságokat. Sajnos személyes tapasztalatom is azt mutatja, hogy rengeteg olyan technológia létesül, amelyeket nem jogosult személyek terveztek, vagy esetleg vizsgáltak felül.

Ahol robbanásveszélyes anyaggal végzett munka zajlik, technológiai terv készítése szükséges. Ez a terv pontosan meghatározza azokat a paramétereket (például hőmérséklet, robbanásveszélyes anyagok és azok térfogatszázalékának meghatározása, ventilátor teljesítmények stb.), amelyek alapján az elsődleges zónakalkuláció elvégezhető. Ehhez mindenféleképpen szakirányú végzettség, érvényes szakirányú tervezői jogosultság, robbanásbiztos berendezések tervezése, karbantartóinak és javítóinak műszaki vezetője

tanfolyami végzettség (öt évente igazolt továbbképzésen kell részt venni), valamint érvényes, 2-es típusú tűzvédelmi szakvizsga szükséges.

Ahhoz, hogy a megfelelő tervek elkészülhessenek, a technológiai leírás alapján következik a zónaszámítás és zónatérkép elkészítése, amelyet szakirányú munkavédelmi szakértői, és tűzvédelmi szakértői, vagy tűzvédelmi tervezői végzettséggel rendelkező szakember végezhet robbanásbiztos berendezések tervezése, karbantartóinak és javítóinak műszaki vezetője tanfolyami végzettséggel (öt évente igazolt továbbképzésen kell részt venni), valamint érvényes, 2-es típusú tűzvédelmi szakvizsgával. Ezekon túl a készítőnek meg kell felelnie az MSZ EN 60079-14:2014 jelzetű szabvány A. mellékletének A2.3 és A 3.4 tervezői kritériumainak [20].

A szakágú kivitelezési tervek, mint például villamos, gépészeti tervek tartalmazzák a zónakalkulációnak megfelelő műszaki tartalmakat, amelyekhez szintén szakirányú végzettség, érvényes szakirányú tervezői jogosultság, robbanásbiztos berendezések tervezése, karbantartóinak és javítóinak műszaki vezetője tanfolyami végzettség (öt évente igazolt továbbképzésen kell részt venni), valamint érvényes, 2-es típusú tűzvédelmi szakvizsga szükséges.

A továbbiakban táblázatos formában foglalom össze a teljesség igénye nélkül a további vonatkozó feladatokhoz szükséges végzettségeket, jogosultságokat:

Feladat megnevezése	Szükséges jogosultság
kifeszültségű kábelek szerelése	<ul style="list-style-type: none">• villanszerelő alapvégzettség• kisfeszültségű kábelszerelői végzettség• robbanásbiztos berendezések tervezése, karbantartóinak és javítóinak műszaki vezetője tanfolyami végzettség (öt évente igazolt továbbképzés)• 2-es típusú tűzvédelmi szakvizsga

<p>érintésvédelmi szabványossági felülvizsgálat</p>	<ul style="list-style-type: none"> • villanszerelő alapvégzettség • érintésvédelmi szabványossági felülvizsgálói végzettség (öt évente továbbképzés) • robbanásbiztos berendezés szerelői tanfolyami végzettség (öt évente igazolt továbbképzés) • 2-es és 14-es típusú tűzvédelmi szakvizsga
<p>robbanásvédelmi dokumentáció készítése</p>	<ul style="list-style-type: none"> • szakirányú végzettségű munkavédelmi szakértő • tűzvédelmi szakértő, vagy tűzvédelmi tervező • robbanásbiztos berendezések tervezése, karbantartóinak és javítóinak műszaki vezetője tanfolyami végzettség (öt évente igazolt továbbképzés) • MSZ EN 60079-14:2014 jelzetű szabvány A. mellékletének A2.3 és A 3.4 tervezői kritériumainak megfelelő kompetenciák • kockázatértékelés miatt Mvt. által előírt munkaegészségügyi szaktevékenységet ellátó jogi személy
<p>robbanásbiztos kivitelű berendezések első munkavédelmi szempontú üzembe vizsgálata</p>	<ul style="list-style-type: none"> • munkavédelmi szakember • legalább középfokú tűzvédelmi szakember • robbanásbiztos berendezések szerelője tanfolyami végzettség (öt évente igazolt továbbképzés) • Tűzvédelmi szakvizsga 2-es

	típus
--	-------

Terjedelmi okok miatt a tervezői és felülvizsgálói jogosultságok maradéktalan kifejtésére nincs mód, ugyanakkor fentiekből is kitűnik, hogy veszélyes technológia lévén, igen szigorúan szabályozott a jogosult szakemberek, szakértők köre.

7.1.2 Működtetés, karbantartás

Automata gépsor révén jelen esetben különösebb jogosultság vagy előképzettség nem kifejezetten szükségeltetik, ugyanakkor a Munkavédelmi törvény 51.§ (2) értelmében, ahol veszély fenyeget, egyedül munkát végezni nem szabad, valamint ilyen helyre csak oktatásban részesült munkavállalók léphetnek be (52.§). Ez egyébként nem csak az üzemeltetőkre, karbantartókra, de a felülvizsgálókra szintén vonatkozik.

A munkáltató feladata, hogy a gépsor esetében igazolható módon kioktassa munkavállalóit a biztonságos, egészséget nem veszélyeztető munkavégzés felételeire, amelynek szerves részét képezik nem csak a magatartási szabályok, de a tárgyi feltételek is. A dokumentált oktatáson túl, rendkívül fontos, hogy veszélyes munkavégzés esetén a munkáltató írásban is megbízza a delegált személyeket a feladat elvégzésével.

7.2 Tárgyi feltételek

Amikor a tárgyi feltételek meghatározásra kerülnek nem csak a szereléshez, karbantartáshoz szükséges eszközökről, de az egyéni védőeszközökről is beszélünk.

Itt megint csak vissza kell kanyarodjunk a robbanásvédelmi dokumentáció jelentőségéhez, ahol a zónáknak megfelelően meghatározott eszközök pontos definiálása megtörténik.

7.2.1 Egyéni védőeszközök

Legfontosabb feltétel, hogy az a munkavállaló, aki a robbanásveszélyes térrészben munkát végez, olyan öltözetet viseljen, amely megfelel az adott zóna jellemzőinek. Korábban a festékszóró berendezés táplálásáért felelős térrészt 1-es zónaként határoztuk meg. Ennek

megfelelően, az itt végrehajtott karbantartás során, elő kell írni a lángálló ruházat viselését. Mivel a tűz- és robbanásveszélyen túl, számolnunk kell a gyújtási kockázattal is, az egyéni védőeszközöknek antisztatikus kivitelben kell készülniük. Természetesen itt egyéb védelemmel is kell számolni, mint vegyi anyagokkal szembeni ellenállósággal, vagy fröccsenés ellen védő szemüveggel, azonban a további kockázatok feltárása most nem képezi dolgozatom részét. Az egyéni védőeszközök rendeltetésszerű használatát szintén dokumentáltan kell leoktatni. Fontos, hogy javításuk nem lehetséges, hiszen ezek a speciális anyagokból és eljárással készült egyéni védőeszközök azonnal elveszítik védelmi képességüket, ha azokat sérülés éri. Védőcipők, védőbakancsok esetében robbanásveszélyes térben vezető talpú, vagy antisztatikus védőbakancsot kell biztosítani. Villamos szerelést végzőknek antisztatikus képességű védőbakancs az előírás ilyen területeken, szigetelt talpú lábbelit az elektrosztatikus feltöltődés miatt nem szabad előírni, míg a vezető talpú védőbakancs áramütést okozhat.

7.2.2 Kéziszerszámok

A szikramentes szerszámok előírásait az MSZ EN 1127-1:2019 jelzetű szabvány A. melléklete [17] tartalmazza. Kiemelt jelentősége van a gépsor használati utasításának ilyen esetekben, azonban a tapasztalat azt mutatja, hogy a géptervezők csupán általános elveket fogalmaznak meg e kritériumokat illetően. Ilyenkor a robbanásvédelmi dokumentációnak ismét kiemelt szerep jut, ahol pontosan meghatározásra kerül az egyes zónákban engedélyezett szerszámok használata. Általánosságban elmondhatjuk azonban, hogy a szabvány értelmében zóna 0 és zóna 1 IIC gázcsoportban minden esetben szikramentes szerszámok használhatók, míg a többi zóna esetében megengedőbb a szabvány bizonyos feltételek mellett. Ezekben a zónákban az acél szerszámok használata engedélyezett.



10. kép- Csillag- villáskulcs szikramentes kivitelben²⁴

²⁴ <https://beta-szerszam.hu/42BA-Csillag-villaskulcs-szikramentes>
Letöltés dátuma: 2023. 10. 28. 20:48

A kéziszerszámok közül is a villamos kéziszerszámok esetében előírás, hogy 1000 V névleges feszültségen szigeteltek legyenek, így ezek állapotát használat előtt szemrevételezéssel mindenképpen ellenőrizni szükséges.

A szerszámok felsorolása végtelen terjedelemben folytatható, azonban nem feledkezhetünk meg a felülvizsgálatokhoz szükséges mérőműszerekről sem, vagy akár a folyamatos koncentrációt mérő gázérzékelőkről sem. A szárítókemence zónabesorolását követően például olyan robbanásveszélyes gázok/ gőzök mérésére alkalmas műszert kell beépítsünk, amely az adott zóna kritériumainak maradéktalanul megfelel.



11. kép- Infravörös éghető gáz detektor folyamatos optikai integritásellenőrzéssel
(Zóna 1)²⁵

7.3 Dokumentációs követelmények

A robbanásveszélyes technológiák, berendezések dokumentációs háttérét a korábbi fejezetekben már érintettük. Ezek szintén több szempontból vizsgálhatók kezdve a tervezéstől, az üzemeltetésen át egészen a javítási, felülvizsgálati feladatokig.

Fontos, hogy a robbanásbiztos berendezésekkel kapcsolatos dokumentumokat azok teljes életciklusa alatt meg kell őrizni, ezért javasolt egy nyilvántartó rendszer kidolgozása, amely nem csak a létesítés során keletkezett dokumentumokat, de az üzemeltetés során keletkezett releváns adathalmazt is tartalmazza.

²⁵ <https://stieberbt.hu/olct-ir-tavado/>
Letöltés dátuma: 2023. 10. 28. 21:10

Terjedelmi okoknál fogva, felsorolásszerűen említem meg a vonatkozó dokumentumokat, amelyek közül a legfontosabbakat korábban már részletesebben is kifejtettem.

Robbanásveszélyes technológiák az alábbi dokumentumok megfelelése esetén üzemeltethetők:

- Robbanásbiztos berendezés üzemeltetési, kezelési- és karbantartási utasítása
- Tűzveszélyes, vagy veszélyes munkavégzési engedély

Létesítéshez, üzemeltetéshez, felülvizsgálatokhoz szükséges dokumentumok:

- Zónakalkuláció, zónatérkép
- Robbanásbiztos berendezés és alkatrész ATEX bizonyítványa, vagy minőségi bizonyítványa
- Robbanásbiztos berendezés gépkönyve
- Mérési jegyzőkönyvek (RLC, kábelszigetelés, érintésvédelmi, tűzvédelmi, villámvédelmi szabványossági felülvizsgálat, elektrosztatikus feltöltődés és kisülés elleni védelem tűzvédelmi felülvizsgálata, „fokozott védelmi” módú motorok túláram védelmét ellenőrző mérés jegyzőkönyv, túlterhelésvédelem)
- Robbanásbiztos berendezések első/ üzembe helyezés előtti felülvizsgálat
- Robbanásbiztos berendezések munkabiztonsági üzembe helyezési jegyzőkönyve
- Robbanásvédelmi dokumentáció
- Hideg- és melegüzempróba jegyzőkönyvek
- Kivitelezési, megvalósulási tervek
- Tervezői nyilatkozatok
- Felelős műszaki vezetői nyilatkozatok
- Műszaki ellenőri nyilatkozatok
- Technológiai utasítások
- Üzemeltetési, kezelési és karbantartási utasítások
- Veszélyes technológia munkavédelmi üzembe helyezési eljárás lefolytatásáról szóló jegyzőkönyv
- Üzemeltető felelős műszaki vezetőjének írásos nyilatkozata az üzembe helyezésről
- Műszaki átadás- átvételi eljárás jegyzőkönyve

Üzemeltetéshez szükséges dokumentumok:

- Időszakos szabványossági felülvizsgálatok
- Elektrosztatikus feltöltődés és kisülés elleni védelem időszakos tűzvédelmi felülvizsgálata
- Robbanásbiztos villamos berendezések időszakos felülvizsgálata
- Javítási dokumentumok
- Robbanásvédelmi dokumentáció felülvizsgálata
- Kalibrálási, hitelesítési dokumentumok (pl.: gázérzékelők esetében)
- Időszakos biztonsági felülvizsgálati dokumentumok
- Ismételt munkavédelmi üzembe helyezési eljárások a munkaeszközökre és a technológiára vonatkozóan

Nem feledkezhetünk meg róla, hogy a fenti listában szereplő dokumentumoknak bár meglehetősen széleskörű a szabályozottsága egy robbanásveszélyes technológia esetében, szabálytalan javítások, szándékos szabotázs, vagy akár nem megfelelő kockázatértékelés esetén hamis biztonságérzetet nyújtanak. Karbantartás, javítás, vagy a technológia bővítése, megváltoztatása esetén a különböző felülvizsgálatokat, a jogosult szakemberekkel újra el kell végezteni. A technológia bővítése, változása esetén nem csak a kockázatértékelést, de a zónakalkulációt, valamint robbanásvédelmi dokumentációt is felül kell vizsgálni.

Kiemelten fontos, hogy a tervezési fázistól kezdődően a megfelelő kompetenciákkal és jogosultsággal rendelkező szakemberek, szakértők körét vonjuk be a folyamatba.

8. Gazdasági számítás

A vizsgálat gépsor teljes átalakítása a jogszabályok és szabványok értelmében feltehetően gazdaságilag nem éri meg a megrendelő számára. Az átalakítások költségének kalkulációja bonyolult és több tényezőtől függő feladat. Mint azt többször említettem, a pontos technológiai leírás hiányában a zónakalkuláció és zónatérkép elkészítése felelősségteljesen nem elvégezhető, ezért jelen fejezetben feltételezve, hogy minden technológiai leírás rendelkezésre áll, az első zónaszámításra és zónatérkép elkészítésére - mint a kockázatértékeléshez és tervezéshez szükséges kiinduló dokumentum- az alábbi költségvetéssel kell hozzávetőlegesen számolni:

A 3/2003. (III.11.) FMM-EszCsM együttes rendelet 6. § szerint potenciálisan robbanásveszélyes környezetben létesített munkahely esetén a munkáltató az Mvt. 21. §-ban megjelölt munkavédelmi szempontú előzetes vizsgálatok során és az Mvt. 54. § (2) bekezdésében meghatározott kockázatértékelés keretében köteles munkabiztonsági és munkaeségügyei szempontból azonosítani a várható veszélyeket. Ehhez a rendelet a 8. § szerint a munkáltató köteles zónaszámítást és zónatérképet készíteni, amelyet köteles folyamatosan felülvizsgálni és szükség szerint módosítani.

Állomás megnevezése	Vállalási díj
Festékszóró kabin (1 db.)	405.000 Ft + ÁFA
Festékkonyha (1 db.)	315.000 Ft + ÁFA
Szárítókemence (1 db.)	405.000 Ft + ÁFA
Összesen	1.125.000 Ft + ÁFA

A zónakalkuláció és zónatérkép készítője az alábbi tartalmak elkészítését vállalja:

- ismerteti a robbanásvédelmi vonatkozású jogszabályi és szabványi környezetet,
- a robbanásbiztonság-technikai zónaszámítást technológiai helyenként olyan részletességgel dolgozza ki, hogy abból a megrendelő logikusan és racionálisan nyomon tudja követni annak menetét a peremfeltételek meghatározásától a robbanásveszélyes térfogat modellezéséig bezárólag,
- javaslatokat készít, hogy a robbanásveszélyes területen minimalizálni lehessen a

robbanásveszély kialakulásának lehetőségét,

- összefoglalja az üzemeltető robbanásvédelmi szempontú többletfeladatait.

A robbanásvédelmi zónaszámítás és zónatérkép elkészítéséhez az alábbi adatok szükségesek:

- Használt robbanásveszélyes anyagok MSDS lapjai
- Technológia pontos leírása
- Helyszínrajzok (pdf, dwg)
- Szükség esetén géprajzok
- Technológiai terek szellőztetésének mértéke (légsere, ventilátor teljesítmény)
- Szükség esetén egyéb kiegészítő információk, mértékadó hőmérsékletek stb.

9. Következtetések

Szakdolgozatom elsődleges célja volt, hogy a géptervezés során kiemelten fontos, jogszabályok és szabványok által pontosan és szigorúan leszabályozott előírások mentén rávilágítsak arra a gyakori hibára, miszerint a megrendelők, de sokszor a géptervezők sem veszik kellő komolysággal a tervezendő berendezés, technológia pontos paramétereinek definiálását. Sok esetben a gép alapfunkcióit önmagában tekintik kiindulási pontként, nem fektetnek kellő időt és hangsúlyt a megfelelő kockázatértékelési eljárásra.

A technológiai és egyéb műszaki tervek részletes kidolgozása bár roppant idő- és energiaigényes mind a megrendelői, mind pedig a tervezői oldalról, a tapasztalat azt mutatja, hogy megtérül a ráfordított erőforrás.

A vizsgált gépsor tükrében láthatjuk, hogy a hibás adatközlés eredményeképpen, rengeteg kidobott időt és pénzt követően, a gépsor használata már a beépítés előtt megghiúsult. Azokról a többletköltségekről nem is beszélve, amely a már öt éve legyártott és tárolt gépsor tárolásából azóta is folyamatosan fennáll.

Célgépről lévén szó, a technológia tovább értékesítése rendkívül problematikus, hiszen egyedi paraméterek szerint készült.

A megrendelő feladatát tovább nehezíti, hogy két teljesen eltérő technológia mentén hajtott végre módosítást, így a kevésbé veszélyes vízbázisú felületkezelői eljárás helyett az oldószeres festékszórást választotta, amely nem csak a festékszóró kabin és a szárító kemence előírásait tekintve jelentős változás, de azok teljes közvetlen és közvetett környezetét érinti.

10. Összefoglalás

Szakedolgozatomban egy olyan gépsor problematikáját vizsgálom, amelyet a megrendelő eredetileg vízbázisú festésre kívánt használni. A legyártást követően - feltehetően a vevői igények megváltozása miatt- oldószeres technológiára szerettek volna átállni. Mivel a két technológia között jelentős jogszabályi és műszaki előírások vannak hatályban, a gépsor használatbavétele nem történhetett meg.

Ahhoz, hogy az említett gépsor a megváltozott igényeket kielégítve, ugyanakkor a biztonságos működés jogszabályi kereteit betartva biztonságosan használható legyen, jelentős átalakításokat szükséges elvégezni, amelynek alapfeltétele egy teljesen új kockázatértékelés elvégzése az MSZ EN ISO 12100 gépbiztonsági szabványnak megfelelően.

Az általános gépbiztonsági előírások mellett, az egyes fejezetekben külön hangsúlyt fektetek a robbanásbiztonság- technikai kérdésekre, amelyek gyakorlatilag a gépsor megálmodásától kezdődően része kellett volna legyen a tervezési koncepciónak. Így különösképpen a robbanásveszélyes térségek zónabesorolásának jelentőségére hívom fel a figyelmet, amely alapvető feltétele minden további műszaki tartalom megtervezésének.

Bár a kollektív műszaki védelem a Munkavédelmi Törvény értelmében mindig elsőbbséget élvez az egyéni védelemmel szemben, kitérek a robbanásveszélyes technológia személyi, tárgyi és dokumentálási feltételeinek meghatározására is. Ezzel nem „csak” a biztonság maximális elérése a célom, de irányt is kívánok mutatni arra vonatkozóan, hogy milyen előírások mentén szükséges mérlegelni egy esetleges áttervezés lehetőségét, valamint annak gazdasági megtérülését.

11. Summary

In my thesis, I am investigating the problems of a production line that the customer originally wanted to use for water-based painting. After production, presumably due to changes in customer requirements, they wanted to change to solvent-based technology. As there are significant legal and technical differences between the two technologies, the line could not be commissioned.

In order to be able to use this line safely to meet the changed needs, while respecting the legal framework for safe operation, significant modifications are required, which needs a completely new risk assessment in accordance with the machine safety standard MSZ EN ISO 12100.

In addition to the general machine safety requirements, special emphasis is given in each chapter to the explosion safety issues, which should have been part of the design concept from the very beginning of the machine line. In particular, the importance of the zone calculation of hazardous areas, which is an essential prerequisite for the design of all other technical content, is highlighted.

Although collective technical protection always takes precedence over individual protection under the Occupational Health and Safety Act, I also discuss the definition of the personal, material and documentary requirements for explosive technology. My aim is not "only" to achieve maximum safety, but also to provide guidance on the standards against which a possible redesign and its economic viability should be considered.

12. Nyilatkozatok

NYILATKOZAT

Farnadi Ágnes (hallgató Neptun azonosítója: UO4RZ2) konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a szakdolgozatot áttekinttem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A záródolgozatot/szakdolgozatot/diplomadolgozatot/portfóliót a záróvizsgán történő védelemre javaslom / nem javaslom¹.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem

Kelt: 2023 év november hó 03. nap



Belső konzulens

¹ A megfelelő aláhúzendó.

NYILATKOZAT

a szakdolgozat nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

A hallgató neve: Farnadi Ágnes

A Hallgató Neptun kódja: UO4RZ2

A dolgozat címe: Automata festősor biztonsági rendszerének átalakítása a robbanásvédelmi előírásoknak megfelelően

A megjelenés éve: 2023

A konzulens intézetének neve: Szent István Campus Intézet

A konzulens tanszékének a neve: Mechatronika

Kijelentem, hogy az általam benyújtott szakdolgozat egyéni, eredeti jellegű, saját szellemi alkotásom. Azon részeket, melyeket más szerzők munkájából vettem át, egyértelműen megjelöltem, és az irodalomjegyzékben szerepeltettem.

Ha a fenti nyilatkozattal valótlan állítottam, tudomásul veszem, hogy a záróvizsga-bizottság a záróvizsgából kizár és a záróvizsgát csak új dolgozat készítése után tehetek. A leadott dolgozat, mely PDF dokumentum, szerkesztését nem, megtekintését és nyomtatását engedélyezem.

Tudomásul veszem, hogy az általam készített dolgozatra, mint szellemi alkotás felhasználására, hasznosítására a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem mindenkor szellemi tulajdonkezelési szabályzatában megfogalmazottak érvényesek.

Tudomásul veszem, hogy dolgozatom elektronikus változata feltöltésre kerül a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem könyvtári repozitori rendszerébe. Tudomásul veszem, hogy a megvédett és

- - nem titkosított dolgozat a védést követően
- - titkosításra engedélyezett dolgozat a benyújtásától számított 5 év eltelté után

nyilvánosan elérhető és kereshető lesz az Egyetem könyvtári repozitori rendszerében.

Kelt: 2023 év október hó 31. nap



Hallgató aláírása

13. Irodalomjegyzék

[1] Dr. Földi László József- Berencsi Bence: Ipari gépek CE jelölése és biztonsága az EU-s és hazai szabályozás tükrében, Magyar Mérnöki Kamara Kiadványsorozata 88., Budapest, 2022.

[2] Dr. Kósa Csaba: Gépek Biztonsága, ÓE BGK 3035, Budapest, 2011.

[3] Parádi Ervin: Robbanásbiztonság- technika, Rev 1, 2020.

[4] Rácz László: Légtechnika, klimatechnika, 2013.

[5] 1993. évi XCIII. törvény a munkavédelemről

[6] 1996. évi XXXI. törvény a tűz elleni védekezésről, a műszaki mentésről és a tűzoltóságról

[7] 54/2014. (XII. 5.) BM rendelet az Országos Tűzvédelmi Szabályzatról

[8] 16/2008. (VIII. 30.) NFGM rendelet a gépek biztonsági követelményeiről és megfelelőségének tanúsításáról

[9] 3/2003. (III. 11.) FMM-ESzCsM együttes rendelet a potenciálisan robbanásveszélyes környezetben levő munkahelyek minimális munkavédelmi követelményeiről

[10] 21/2010. (V. 14.) NFGM rendelet az egyes ipari és kereskedelmi tevékenységek gyakorlásához szükséges képzésekről

[11] 45/2011. (XII. 7.) BM rendelet a tűzvédelmi szakvizsgára kötelezett foglalkozási ágakról, munkakörökről, a tűzvédelmi szakvizsgával összefüggő oktatásszervezésről és a tűzvédelmi szakvizsga részletes szabályairól

[12] 16/2018. (IX. 11.) ITM rendelet a műszaki-biztonsági szempontból jelentős munkakörök betöltéséhez szükséges szakmai képzésről és gyakorlatról, valamint az ilyen munkakörben foglalkoztatottak időszakos továbbképzésével kapcsolatos szabályokról

[13]1999/92/EK irányelv a robbanásveszélyes légkör kockázatának kitett munkavállalók biztonságának és egészségvédelmének javítására vonatkozó minimumkövetelményekről

[14] 2006/42/EK irányelv a gépekről és a 95/16/EK irányelv módosításáról

[15]2014/34/EU útmutató a robbanásveszélyes légkörben való használatra szánt felszerelésekre és védelmi rendszerekre vonatkozó tagállami jogszabályok harmonizációjáról szóló irányelvének használatához

[16] Tűzvédelmi Műszaki Irányelv 13.3:2022.06.13: Robbanás elleni védelem

[17] MSZ EN 1127-1:2019: Robbanóképes közegek. Robbanásmegelőzés és robbanásvédelem.

[18] MSZ EN 60079-10-1:2021 Robbanóképes közegek. 10-1: Térésbesorolás. Robbanóképes gázközegek (angol nyelvű)

[19] MSZ EN 60079-11:2012 Robbanóképes közegek. 11. rész: Gyártmányok gyújtószikramentes védelemmel "i" (IEC 60079-11:2011)

[20] MSZ EN 60079-14:2014 Robbanóképes közegek. 14. rész: Villamos berendezések tervezése, kiválasztása és szerelése (IEC 60079-14:2013)

[21] MSZ EN 14994:2007 Gázrobbanás elleni szellőztetési védelmi rendszerek (angol nyelvű)

[22] MSZ EN 14986: 2017 Potenciálisan robbanásveszélyes közegekben működő ventilátorok kialakítása (angol nyelvű)

[23] MSZ EN ISO 12100:2011 Gépek biztonsága. A kialakítás általános elvei. Kockázatértékelés és kockázatcsökkentés

[24] MSZ EN 16985:2019 Szórófülkék szerves bevonóanyagokhoz. Biztonsági követelmények (angol nyelvű)

[25] MSZ EN ISO 13849-1:2016 Gépek biztonsága. Vezérlőrendszerek biztonsággal

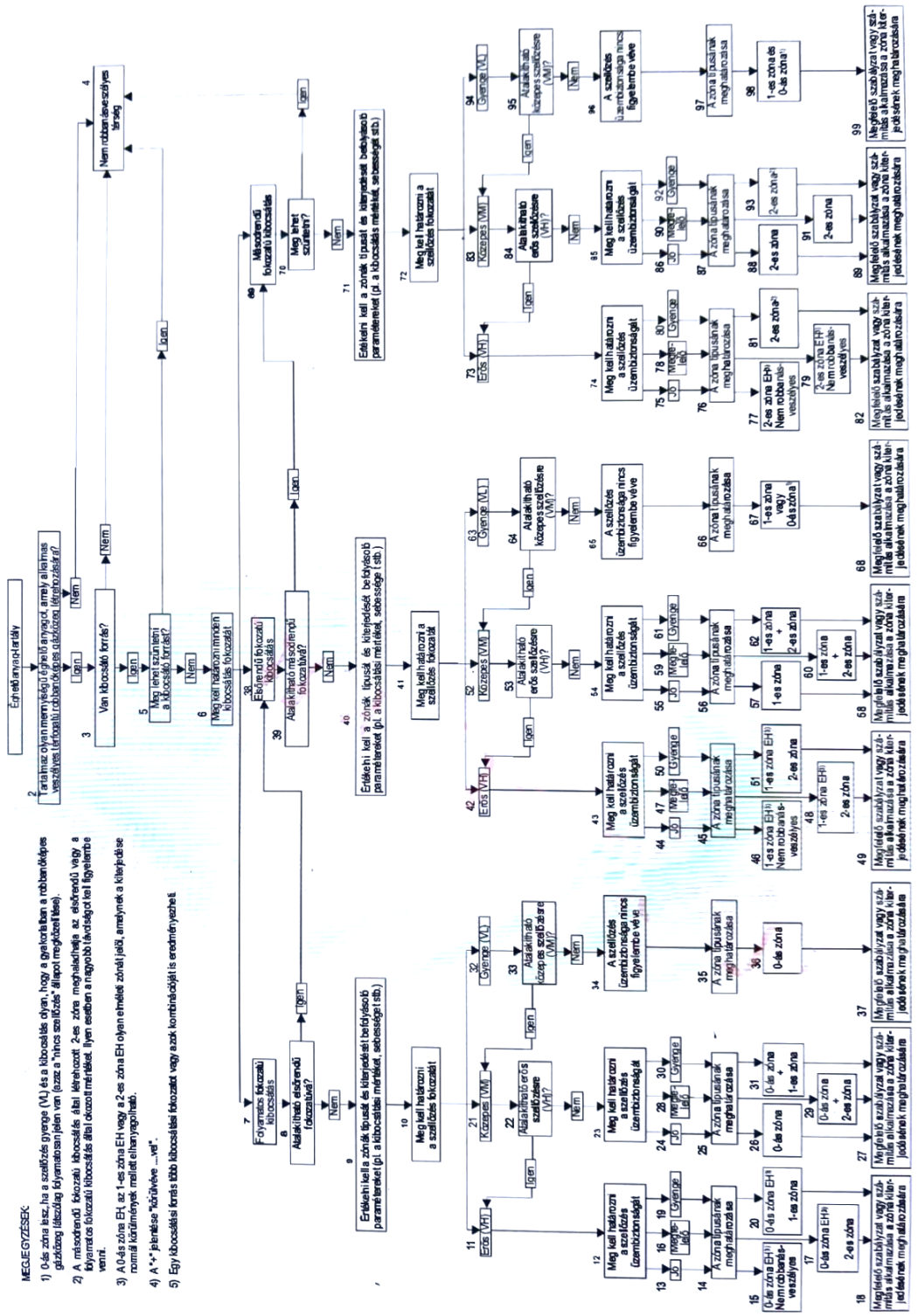
összefüggő részei. 1. rész: A tervezés általános alapelvei

[26] MSZ EN ISO 10218-2:2011 Robotok és robotszerkezetek. Ipari robotok biztonsági követelményei. 2. rész: Robotrendszerek és összehangolásuk

[27] Szilágyi J. Használati segédlet kockázatkiértékelés készítéséhez Sistema program használatával, Festo, 2016

14. Mellékletek

1. melléklet: A robbanásveszélyes terek besorolásának vázlatos folyamata a MSZ EN 60079-10-1:2021 szabvány értelmében



MEGJEGYZÉSEK
1) 0-es zóna: ha a szellőzés nyitva (M) és a kibocsátás olyan, hogy a gőzökön belül a robbanásveszélyes levegő arányát meghaladja az előírt érték (lásd az EN 60079-10-1:2021 szabvány 4.2.2. pontját).
2) A mértéktelen kibocsátás a kibocsátás mértékétől függően 2-es zóna meghatározásához elegendő vagy a kibocsátás mértékétől függően 1-es zóna meghatározásához elegendő lehet.
3) A 0-es zóna E_H az 1-es zóna E_H vagy a 2-es zóna E_H olyan értéke zónájába, amelynek a kibocsátás mértékétől függően a kibocsátás mértékétől függően 2-es zóna meghatározásához elegendő lehet.
4) A "*" jelölés "különleges" jelölés.
5) Egy kibocsátási forrás több kibocsátási fókuszot vagy azok kombinációját is eredményezheti.



	II	2G	EX	db	IIC	T4	Gb	MEGEGEDHETŐ KÖRNYEZETI HŐM. Csak akkor kerül feltekercsre, ha eléri a -20°C = +40°C tartományt!		T amb	-20°C	+60°C
II	II	2G	EX	db	IIC	T4	Gb			T amb	-20°C	+60°C

EU	JEL	KÉSZÜLKÉK VÉDELMI SZINT	KATEGÓRIA	ALKALMAZHATÓ ZÓNÁBAN					
				O-2-es	1-es	2-es	3	4	5
EN	Ga	kemellekedően magas (2 függ, hiba elleni) védelem	IG	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Db	magas szintű (1 hiba elleni) védelem	2G	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Dc	fokozott szintű védelem	3G	x	x	x	x	x	x

HŐMÉRSÉKLETI OSZTÁLY (T _{max} = max. felületi hőmérséklet)	ANYAG GYŰJTŐADASI HŐM.								
	T6	T7	T8	T9	T1	T2	T3	T4	T5
T _{max} ≤ 95°C	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
95°C < T _{max} ≤ 100°C	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
100°C < T _{max} ≤ 150°C	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
150°C < T _{max} ≤ 200°C	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
200°C < T _{max} ≤ 300°C	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
300°C < T _{max} ≤ 450°C	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

HŐMÉRSÉKLETI OSZTÁLY (T _{max} = max. felületi hőmérséklet)	MEGEGEDHETŐ KÖRNYEZETI HŐM.				
	Ta	Tb	Tc	Td	Te
T _{max} ≤ 95°C	✓	✓	✓	✓	✓
95°C < T _{max} ≤ 100°C	✓	✓	✓	✓	✓
100°C < T _{max} ≤ 150°C	✓	✓	✓	✓	✓
150°C < T _{max} ≤ 200°C	✓	✓	✓	✓	✓
200°C < T _{max} ≤ 300°C	✓	✓	✓	✓	✓
300°C < T _{max} ≤ 450°C	✓	✓	✓	✓	✓

HŐMÉRSÉKLETI OSZTÁLY (T _{max} = max. felületi hőmérséklet)	MEGEGEDHETŐ KÖRNYEZETI HŐM.				
	Ta	Tb	Tc	Td	Te
T _{max} ≤ 95°C	✓	✓	✓	✓	✓
95°C < T _{max} ≤ 100°C	✓	✓	✓	✓	✓
100°C < T _{max} ≤ 150°C	✓	✓	✓	✓	✓
150°C < T _{max} ≤ 200°C	✓	✓	✓	✓	✓
200°C < T _{max} ≤ 300°C	✓	✓	✓	✓	✓
300°C < T _{max} ≤ 450°C	✓	✓	✓	✓	✓

KÉSZÜLKÉK VÉDELMI SZINT	ALKALMAZHATÓ ZÓNÁBAN				
	IG	2G	3G	4	5
Ga	✓	✓	✓	✓	✓
Db	✓	✓	✓	✓	✓
Dc	x	x	x	x	x

KÉSZÜLKÉK VÉDELMI SZINT	ALKALMAZHATÓ ZÓNÁBAN				
	IG	2G	3G	4	5
Ga	✓	✓	✓	✓	✓
Db	✓	✓	✓	✓	✓
Dc	x	x	x	x	x

JEL	ALKALMAZHATÓ ZÓNÁBAN	KATEGÓRIA	T	G	K	S
0-2-es	1-es	2-es	3	4	5	
1	2	3	4	5		
1-es, 2-es	1-es, 2-es	1-es, 2-es	1-es, 2-es	1-es, 2-es	1-es, 2-es	1-es, 2-es
2-es, 2-es	2-es, 2-es	2-es, 2-es	2-es, 2-es	2-es, 2-es	2-es, 2-es	2-es, 2-es
3	3	3	3	3	3	3

KATEGÓRIA	ALKALMAZHATÓ ZÓNÁBAN	KATEGÓRIA	T	G	K	S
1	2	3	4	5		
1-es, 2-es	1-es, 2-es	1-es, 2-es	1-es, 2-es	1-es, 2-es	1-es, 2-es	1-es, 2-es
2-es, 2-es	2-es, 2-es	2-es, 2-es	2-es, 2-es	2-es, 2-es	2-es, 2-es	2-es, 2-es
3	3	3	3	3	3	3

KATEGÓRIA	ALKALMAZHATÓ ZÓNÁBAN	KATEGÓRIA	T	G	K	S
1	2	3	4	5		
1-es, 2-es	1-es, 2-es	1-es, 2-es	1-es, 2-es	1-es, 2-es	1-es, 2-es	1-es, 2-es
2-es, 2-es	2-es, 2-es	2-es, 2-es	2-es, 2-es	2-es, 2-es	2-es, 2-es	2-es, 2-es
3	3	3	3	3	3	3

KATEGÓRIA	ALKALMAZHATÓ ZÓNÁBAN	KATEGÓRIA	T	G	K	S
1	2	3	4	5		
1-es, 2-es	1-es, 2-es	1-es, 2-es	1-es, 2-es	1-es, 2-es	1-es, 2-es	1-es, 2-es
2-es, 2-es	2-es, 2-es	2-es, 2-es	2-es, 2-es	2-es, 2-es	2-es, 2-es	2-es, 2-es
3	3	3	3	3	3	3

3. melléklet: Robbanásbiztonság- technikai felülvizsgálati jegyzőkönyv- minta

Oldal: 500/508	FELADATOK	Készült: 2020. 01. 01.
-------------------	-----------	---------------------------

Robbanásbiztonság-technikai felülvizsgálati jegyzőkönyv

A beépítés helye:	Ex-Avice keverőtér
A berendezés megnevezése:	Kapcsoló
A berendezés egyedi azonosító jele, amennyiben van:	TB72
A berendezés gyártója:	EATON
A berendezés típusa:	GHG2 600007 R0001
A berendezés gyári száma:	-
A berendezés környezetében a robbanásveszélyes Zóna besorolása:	ZÓNA 1 IIB T2
A berendezés védelmi módja az MSZ EN 60079-14:2014 szabvány szerint:	II 2G Ex ed IIC T6
A berendezés felülvizsgálatát végző intézet és azonosító száma:	PTB 00 ATEX 1074
A berendezéshez tartozó robbanásbiztos kivitelű alkatrészek felsorolása:	2 db. gyári kábelbevezető
A mértékadó környezeti hőmérséklet:	+ 40 °C
A berendezés IP védettsége:	IP66
A felülvizsgálatot elrendelő szabvány:	MSZ EN 60079-14:2014

Felülvizsgálati program az Ex "e", „d” berendezéshez (x = vonatkozik, - = nem értelmezhető)

A következőket kell ellenőrizni:		Ex "e"; „d”	
		Felülvizsgálat fokozata: RÉSZLETES	
		Minősítés	
		Megfelelő	Nem megfelelő
A	ÁLTALÁNOS KÖVETELMÉNYEK (MINDEN GYÁRTMÁNY)		
1	A gyártmány megfelel az EPL követelményeknek/térségbesorolásnak	X	
2	Az alkalmazási csoport megfelelő	X	
3	A gyártmány hőmérsékleti osztálya megfelelő (csak gázok esetében)	X	
4	A gyártmány védelmi fokozata (IP) megfelel a védelmi/alkalmazási csoport/vezetőképességi szintjének	X	
5	A gyártmány áramkörökének azonosítása megfelelőek	X	
6	A gyártmány áramkörökének azonosítói rendelkezésre állnak	X	
7	A tokozás, az üvegrészek és az üveg-fém részek tömítései és/vagy tömítőanyagai kielégítők	X	
8	Nincs sérülés vagy jogosulatlan módosítás	X	
9	A csavarok, a vezetékbevezető eszközök (közvetlen és közvetett) és lezáróelemek megfelelő típusúak, sértetlenek és nincsenek kilazulva - fizikai ellenőrzés	X	
10	A tokozások menetes fedelei megfelelő típusúak, szorosak és rögzítettek - fizikai ellenőrzés	X	
11	A csatlakozófelületek tiszták és sértetlenek és a tömítések, ha vannak, kielégítők és megfelelően vannak elhelyezve	X	
12	A tokozás tömítései kielégítők	X	
13	Nincs szemmel látható víz- vagy porbehatolás a tokozásba az IP-fokozat szerint	X	
14	A peremek közötti rés méretei: - a gyártó dokumentációja szerinti értékhatáron belül vannak vagy - a telepítéskor vonatkozó szerkezeti szabványban megengedett legnagyobb értékeken belül vannak vagy - a helyszíni dokumentációban megengedett legnagyobb értékeken belül vannak	X	
15	A villamos csatlakozások szorosak	X	
16	A nem használt csatlakozókapcsok meg vannak szorítva	X	
17	A kiöntött alkatrészek sértetlenek	X	
18	A nyomásálló alkatrészek sértetlenek	X	
19	A szellőzés kielégítő	X	
20	A szellőző és leeresztőeszközök kielégítők	X	

Ez a dokumentum Parádi Ervin (1964.03.11., Takács Eszter) szellemi terméke. Másolatot készíteni, sokszorosítani, bármilyen nyomtatott vagy digitális formában történő felhasználása csak Parádi Ervin írásos engedélyével történhet.

Felülvizsgálati program az Ex "e", „d” berendezéshez (x = vonatkozik, - = nem értelmezhető)

A következőket kell ellenőrizni:		Ex "e"; „d”	
		Felülvizsgálat fokozata: RÉSZLETES	
		Minősítés	
		Megfelelő	Nem megfelelő
B	BERENDEZÉS – ÁLTALÁNOS KÖVETELMÉNYEK		
1	A vezeték típusa megfelelő	X	
2	A vezetékeken nincs szemmel látható sérülés	X	
3	A vezetékcsatornák, profilcsövek, csövek és/vagy védőcsövek tömítése kielégítő	X	
4	A véglezáró- és vezetékdobozok kiöntése megfelelő	X	
5	A védőcsőrendszer és a vegyes rendszerrel összekötő elemek sértetlenek	X	
6	A földelés csatlakozásai, beleértve bármilyen kiegészítő földelés csatlakozásait is, kielégítőek (pl. a csatlakozások szorosak és a vezetők keresztmetszete megfelelő)		
	– fizikai ellenőrzés	X	
7	A zárlati hurokimpedancia (TN rendszerek) vagy a földelési ellenállás (IT rendszerek) kielégítőek	X	
8	Az önműködő villamos védelmi eszközök beállítása megfelelő (automatikus visszaállítás nem lehetséges)	X	
9	Az önműködő villamos védelmi eszközök a megengedett értékhatáron belül működnek	X	
10	Az alkalmazás különleges feltételei (ha vannak teljesülnek)	X	
11	A használaton kívüli kábelek véglezárása megfelelő	X	
12	A nyomásálló peremek illeszkedő felületeihez közeli akadályok megfelelnek az IEC 60079-14-nek	X	
13	A szabályozható feszültség/frekvencia berendezés a dokumentáció szerinti	X	
C	KÖRNYEZET		
1	A gyártmány megfelelően védett a korróziótól, az időjárás hatásaitól, a rezgéstől és más káros tényezőktől	X	
2	Nincs indokolatlan por- és más szennyezőanyag - lerakódás	X	
3	A villamos szigetelés tiszta és száraz	X	

Az üzembe helyezés előtti részletes felülvizsgálat alapján a gyártmány üzemeltetésre:

ALKALMAS

NEM ALKALMAS

(A kívánt rész aláhúzendő)

A gyártmány az alábbiakban felsorolt pontoknál megjelölt és felsorolt hibák miatt:

Nincs feltárt hiányosság!

JAVÍTÁSRA SZORUL

SELEJTEZENDŐ

(A kívánt rész aláhúzendő)

A FELTÁRT HIÁNYOSSÁGOK ÖSSZEFOGLALÁSA:

Hiányosság a gyártmány első részletes felülvizsgálata során nem merült fel.

**A következő időszakos felülvizsgálat javasolt időpontja a várható állapot-
leromlás figyelembe vételével /: 2022. 01. 01.**

Kelt: 8330 Sümeg, 2020. január 01.

A felülvizsgálatot végezte: Parádi Ervin

Parádi Ervin Robbanásbiztos berendezés kezelő bizonyítvány száma: Aláírás
CXB B 101664/2012

Rendelkezési hatáskörű műszaki vezető: Parádi Ervin

Parádi Ervin Súlytólég -és robbanásbiztos berendezések kezelőink és javítóinak műszaki vezetője és tervezője
bizonyítvány száma: Aláírás
2015-RBV/09

4. melléklet: Kockázatbecslés: Festékkerő és szóró rendszer feltöltése

Azonosított veszélyek		Kockázatbecslés, kockázat értékelés									
Veszély száma	Veszély típusa	Veszély eredete	Lehetséges következmények	A gép életciklusának fázisa	A veszélyek, veszélyhelyzetek és veszélyes események példái	Megjegyzés	Eldőrtülési valószínűség (LO)	A veszély gyakorisága (FE)	A lehetséges károsodás mértéke (DPH)	Veszélyeztetett személyek száma (NP)	Eredmény HRN = LO*FE*DPH*NP
1	7 Anyag / anyag veszélyek	7.10	7.e	5	3.1		8	2,5	15	1	300
2	1 Mechanikai veszélyek	1.9	7.e	5	5.10		8	2,5	15	1	300
3	7 Anyag / anyag veszélyek	7.5	7.e	4	4.10		5	2,5	15	1	187,5

Diszajmer Input_selection

Ázonosított veszélyek

Gép száma: 1

A gép helye: Festékkerő állomás

Szerző(k): Farnadi Ágnes

Revízió szám: R0

Dátum: 2023.11.01

Veszély eredete: 3.1. Robbanás

Lehetséges következmény: 7.e. robbanás;

A gép életciklusa: 5 Karbantartás tisztítása

Veszélyes események példái: 2.6 Kiegészítő folyadékok (például kenőanyag, zsír, ragasztó)

