

**FIRE SAFETY ISSUES OF
THERMOFORMING TECHNOLOGY****MELEGALAKÍTÁSI TECHNOLÓGIA
TŰZBIZTONSÁGI KÉRDÉSEI**HORVÁTH-KÁLMÁN Eszter¹ –ELEK Barbara²– KOVÁCS-SZELECZKI Xénia³**Abstract**

Thermoforming technologies are gaining more and more space in the automotive industry. The materials to be processed are usually heated to 850-950 °C in the process and then cooled during pressing. The leakage of the hydraulic oil of the press, which is an integral part of the technology, is a common phenomenon, which can increase the probability of a fire occurring in a given plant. In our study we investigate in a laboratory test whether the flammability of the press machine's hydraulic oil is affected by changes in the quality of the oil. After that, we analyze the consequences of oil ignition in a fictitious plant only partially equipped with fire protection equipment, and the spread of fire and smoke. We will then propose a technical solution to reduce the risk of fire at plant, primarily keeping in mind the aspects of life protection, supplemented by compliance with property protection requirements.

Keywords

thermoforming technology, hydraulic oil, press machine, fire safety, spread of fire and smoke

Absztrakt

Az autóiparban egyre nagyobb teret nyernek a melegalakítási technológiák. A megmunkálandó anyagokat általában 850-950 °C-ra hevítik az eljárásban, majd préselés közben hűtik. A technológia szerves részét képező présgép hidraulika olajának elfolyása gyakori jelenség, mely növelheti tűz kialakulásának valószínűségét adott üzemben. Tanulmányunkban laborvizsgálat során vizsgáljuk, hogy a présgép hidraulikai olajának éghetőségét befolyásolják-e az olaj minőségében bekövetkező változások. Ezt követően elemezzük tűzvédelmi berendezésekkel csak részben ellátott fiktív üzemben az olaj meggyulladásának következményeit, a tűz- és füstterjedést. Majd műszaki megoldási javaslatokat teszünk az üzemi tűzkockázat csökkentésére elsődlegesen az életvédelmi szempontokat szem előtt tartva, kiegészítve a vagyónvédelmi elvárásoknak való megfeleléssel.

Kulcsszavak

melegalakítási technológia, hidraulika olaj, présgép, tűzbiztonság, tűz- és füstterjedés

¹ kalman.eszter@ybl.uni-obuda.hu | ORCID: 0009-0003-5199-3751 | PhD, associate professor, Department of Infrastructure Development, Ybl Miklós Faculty of Architecture and Civil Engineering, University of Óbuda | PhD, egyetemcens, Infrastruktúra-fejlesztési és üzemeltetési tanszék, Ybl Miklós Építéstudományi Kar, Óbudai Egyetem

² elek.barbara@bgk.uni-obuda.hu | ORCID: 0000-0001-7515-6374 | Óbuda University, Donát Bánki Faculty of Mechanical and Safety Engineering, Institute of Safety Science and Cybersecurity | PhD egyetemi docens Óbudai Egyetem, Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar, Biztonságtudományi és Kibervédelmi Intézet

³ xeniaszeleczi@googlemail.com | ORCID:0009-0005-2177-3568 | EHS manager, ESAB-Mór Kft. | EHS vezető, ESAB-Mór Kft.

BEVEZETÉS

A fosszilis energiahordozók kimerülése, valamint a környezeti emissziók csökkentése miatt az elmúlt években erőteljes optimalizálási folyamat indult el a gépjárművek üzemanyag-hatékonysága terén. Ennek érdekében az autóiipari fejlesztések az ütközésbiztonság növelésével párhuzamosan a járművek tömegének csökkentését helyezték előtérbe. A tömegcsökkentés egyik módja könnyebb anyagok, mint például magnézium ötvözetek, alumíniumötvözetek, illetve korszerű nagy szilárdságú acélok (AHSS) alkalmazása a járművek karosszéria gyártásában. A melegalakítási eljárásokat speciális gyártási technológiaként fejlesztették ki a nagysszilárdságú acél alkatrészek előállítására, amely révén a hagyományos hidegalakítási technológiáknál tapasztalt hiányosságok kiküszöbölhetővé váltak. A technológia szerves részét képező présgép hidraulika olajának elfolyása gyakori jelenség, mely növelheti tűz kialakulásának valószínűségét adott üzemben. Tanulmányunkban vizsgáljuk, hogy milyen körülmények alakulhatnak a tűzvédelmi szempontból egy autóiipari gyártó üzemben a présgépből szivárgó hidraulikai olaj meggyulladására. Keresünk a választ arra, hogy a hidraulikai olaj minőségében bekövetkező változás gyakorol-e hatást a tűzkockázatra.

SZAKIRODALMI ÁTTEKINTÉS

Az autóiipari fejlesztések során kimagaslóan nagy szerepet tölt be a járművek tömegének csökkentése, mivel 10%-os tömegcsökkentés csaknem 2,5%-os üzemanyag fogyasztás csökkenéshez vezet [1]. A tömegcsökkentést teszi lehetővé korszerű nagyszilárdságú acélok alkalmazása az autóiiparban. Ennek egyik figyelemreméltó korai példája a 2014-es Volvo XC90, ahol a karosszéria körülbelül 38 %-a melegen préselt nagyszilárdságú acéllemezéből készült. Egy másik példa a 2014-es Honda MDX, amelyben szintén melegen préselt nagyszilárdágú acélt használtak az A és B oszlopok, továbbá a tető- és küszöberősítések gyártásánál [2].

Az autóiipari gyártói és üzemeltetői tapasztalatok alapján hidraulika olaj elfolyás mutatkozhat a hidraulikus présgépeknél a melegalakítás során. A szivárgó olaj gyújtóforrással (pl. közel 900 °C -os fémmel) érintkezve tüzet okozhat [3].

Az autóiiparban egy tüzeset igen komoly anyagi veszteséggel járhat. A berendezésekben, építményekben bekövetkezett károk, valamint magas helyreállítási költségek mellett a tűzkárok értékének sokszorosát kitevő termelés kieséssel is számolni kell.

A melegalakítási technológiát alkalmazó üzemeknél a tűz bekövetkezésének és szétterjedésének valószínűségét, valamint az esetlegesen bekövetkező tűz által okozott károk mértékét jelentősen mérsékelheti beépített tűzjelző- és oltóberendezés alkalmazása.

A tűz kifejlődésének korai szakaszában akkor lehet megbízható jelzést generálni, ha a tűzjelzők kiválasztásakor és elhelyezésekor a védett terület környezeti feltételeit (pl. rezgésterhelés, porszennyezés) és a technológiai sajátosságokat messzemenőig figyelembe veszik [4]. A technológiai sajátosságok tűzvédelmi szempontú mérlegelése tervezői kompetencia, amihez a technológia igen alapos ismerete is szükséges [5].

Fentiekén túl a tűz keletkezésének megelőzésében fontos szerepet tölthet be a normál, mérsékelt tűzveszélyes hidraulikai olajok helyett tűzálló (HF típusú) hidraulika olajok alkalmazása a présgépekben.

Mivel tűzvédelmi szempontból az autóiipari technológiák egyik kritikus pontja a szivárgó hidraulika olaj meggyulladása, így számos cég kezdett bele tűzálló hidraulika olaj kifejlesztésébe.

A Quaker Houghton amerikai cég kísérletet végzett 2019-ben különböző hidraulika olajok 900 °C-os fémmel való érintkezésekor létrejövő égési jelenségének feltárására. Mérsékeltén tűzveszélyes olajként HLP-46 típusú olajat, míg tűzálló olajként saját fejlesztésű HF típusú, QUINTOLUBRIC® 888-46 megnevezésű olajat alkalmaztak a kísérletek során [6]. A kísérleti eredményeket az alábbi 1. és 2. képek mutatják.

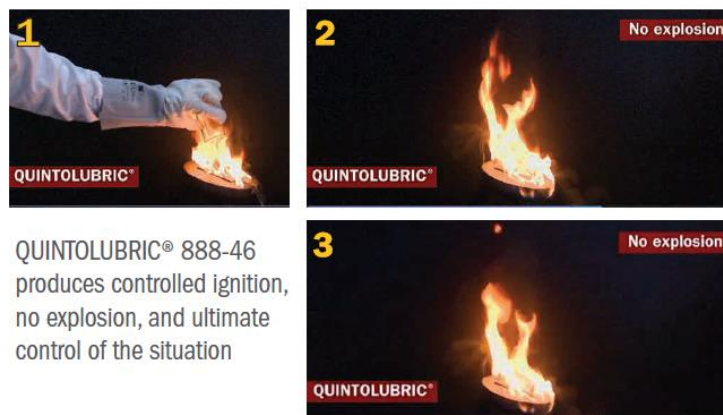
20 ML OF MINERAL OIL (HLP-46) POURED ON A 900°C PANEL



Mineral oil forms vapours which results in explosive ignition

1.kép: Mérsékeltén tűzveszélyes (HLP-46 típusú) hidraulika olaj égése [6]

20 ML OF QUINTOLUBRIC® 888-46 POURED ON A 900°C PANEL



QUINTOLUBRIC® 888-46 produces controlled ignition, no explosion, and ultimate control of the situation

2.kép: Tűzálló (QUINTOLUBRIC® 888-46 megnevezésű) hidraulika olaj égése [6]

Jól látható, hogy a tűzálló (HF típusú, QUINTOLUBRIC® 888-46 megnevezésű) hidraulika olaj esetében is bekövetkezett ugyan a lánggal égés, de a láng kisebb kiterjedésű és kontrolláltabb volt, mint a HLP-46 típusú olaj esetében. A kísérlet felhívta a figyelmet arra, hogy milyen jelentőséggel bírhat a szivárgó hidraulika olaj tűzállósága a tűzmegeelőzésben.

Még manapság is számos autóiipari üzemből mérsékelt tűzveszélyes hidraulikai olajokat alkalmaznak a présgépeknél. Vizsgáltuk, hogy az olaj éghetőségét befolyásolja-e az olaj minőségében esetlegesen bekövetkező változás. Ezt követően elemeztük beépített tűzjelző berendezéssel és hő-és üstelvezetéssel ellátott fiktív üzemből az olaj meggyulladásának következményeit, a tűz és füst szétterjedését adott tűzszakaszban. Ezt követően műszaki megoldási javaslatokat tettünk az üzemi tűzkockázat csökkentésére.

VIZSGÁLATI ANYAG ÉS MÓDSZERTAN

Hidraulika olajok vizsgálata

A hidraulikus présgépeknél alkalmazott mérsékelt tűzveszélyes hidraulika olajok esetében arra kerestük a választ, hogy használatukkor mi az, ami növelheti a tűz létrejöttének valószínűségét. A vizsgálatainkhoz az alábbi 4 féle hidraulika olaj mintát készítettünk elő (3. kép):

- hidraulika olaj minta: MaxLube HLP-46 használt olaj (sötét színű),
- hidraulika olaj minta: MaxLube HLP-46 használt olaj (vizes, zavaros, tejkaramell színű),
- hidraulika olaj minta: Maxlube HLP-46 (tisztá, új),
- hidraulika olaj minta: Madit OH -HM-46 (tisztá, új).



3. kép: A vizsgálat során vizsgált 4 féle hidraulika olaj (balról jobbra: 1. minta, 2. minta, 3. minta, 4. minta)

A lobbanás- és gyulladáspont mérést három ismétlésben végeztük el mind a 4 féle hidraulika olaj minta esetében.

Hidraulika olajok lobbanáspontjának és gyulladáspontjának meghatározása

A vizsgált hidraulika olajok lobbanáspontjának meghatározását az MSZ EN ISO 2592:2002 szabvány [7] előírásai szerint Cleveland CLA 2 típusú automata nyílttéri lobbanáspont mérő készülékkel (4.kép) hajtottuk végre, mely hidraulika olajok esetében alkalmas gyulladáspont meghatározásra is.

A vizsgálat menete a következő volt:

A tiszta és száraz réz tégelybe a vizsgálati mintát óvatosan a jelölésig töltöttük. Ügyelve arra, hogy a minta ne fröccsenjen, ne legyen buborékos, a tégely fala a töltési szint fölött ne legyen nedves és a kondenzátor ne érjen a falhoz.

A megtöltött tégelyt óvatosan légfürdőbe helyeztük, ezt követően megkezdtük a tégely fűtését. Az elektromos fűtés szabályzó kapcsolóját úgy állítottuk be, hogy a fűtés se-

bessége 5-6 °C/perc legyen. A várható lobbanáspont alatt kb. 30-35 °C-kal a fűtés sebességét csökkentettük úgy, hogy a minta hőmérsékletének emelkedése 1-2 °C/perc legyen. Ekkor 1 °C-onként a gyújtólángot átvezettük a tégely fölött és megfigyeltük az olaj felszínén végbemenő jelenséget. Amikor az olaj teljes felszínére kiterjedő lobbanást észleltünk és az 5 másodpercen belül megszűnt, feljegyeztük a hőmérsékletet. Ezt követően a melegítést tovább folytattuk. A gyújtólángot minden 1 °C hőmérséklet emelkedésnél kb. 1 másodperc alatt átvezettük a minta fölött. Feljegyeztük azt a legalacsonyabb hőmérsékletet, amelyenél az olaj belobbanása után annak gőzei legalább 5 másodpercig folyamatosan égtek. Ez volt a minta gyulladási hőmérséklete, azaz gyulladáspontja.



4. kép: Lobbanáspont mérés CLA 2 típusú készülékkel (saját kép)

Tűzszimuláció

Tűzszimulációs vizsgálatot végeztünk annak érdekében, hogy a fiktív melegalakító technológiájú üzem esetén megállapíthassuk, hogy adottak-e a feltételek az üzem biztonságos kiürítéséhez, valamint a tűzoltói beavatkozáshoz.

A fiktív üzem jellemzése tűzvédelmi szempontból

A szimuláció tárgyát képező fiktív üzem csarnokszerkezetű, mely 500 MJ/m² tűzterhelés alatt méretezett védelem nélküli acélszerkezet, fémlemez vértetű szendvicspanel borítással. Az üzemben talajszint alatt létesült helység nincs. A tető magas hullámú trapézlemez. Fedésére ásványgyapot hőszigetelést és vízszigetelést építettek be. A csarnoktérben beton padozat található. A csarnok egy tűzszakaszt képez, melybe hő- és füstelvezető kupolák kerültek beépítésre. A létesítmény ipari rendeltetésű, ahol fém autóipari termékek gyártása és átmeneti tárolása történik. A csarnokban tűzjelző rendszer működik és kézi jelzésadó működteti a hő- és füstelvezető rendszert. A füstszakaszolásnál figyelembe vették az épület tartószerkezeti rendszerét. A légutánpótlást a megfelelő méretű, szabadba nyíló, tűzjelző által is vezérelt szekcionált kapuk biztosítják.

Modell adatok

A modell felépítéséhez a Pyrosim programot használtuk, mely az FDS (Fire Dynamics Simulator) grafikus tervezői felülete [8]. Az így elkészített modellt kiexportáltuk az FDS számára felhasználható formátumba, majd az FDS programmal lefuttattuk.

A Pyrosim programban 0,4 méteres cellaméret került betáplálásra az alábbi 1. és 2. táblázatban ismertetett mérethálóban. A méretezésnél a jobb modellezhetőség érdekében a teret két részre osztottuk.

min X [m]:	-2,0	min Y [m]:	-4,0	min Z [m]:	0,0
max X [m]:	48,0	max Y [m]:	56,0	max Z [m]:	14,4
cellák száma X:	125	cellák száma Y:	150	cellák száma Z:	36
cella méret X [m]:	1,0	cella méret Y [m]:	1,0	cella méret Z [m]:	1,0

1. táblázat: Üzemcsarnok egyik felének méretezése (saját szerkesztés)

min X [m]:	-248,0	min Y [m]:	-4,0	min Z [m]:	0,0
max X [m]:	98,0	max Y [m]:	56,0	max Z [m]:	14,4
cellák száma X:	125	cellák száma Y:	150	cellák száma Z:	36
cella méret X [m]:	1,0	cella méret Y [m]:	1,0	cella méret Z [m]:	1,0

2. táblázat: Üzemcsarnok másik felének méretezése (saját szerkesztés)

A szimuláció modellterét úgy határoztuk meg, hogy az a tűz- és füstterjedés szempontjából vizsgált teret és annak a környezetét is tartalmazza olyan módon, hogy a modellter határoló felületei a tűzfejlődést csak elhanyagolható mértékben befolyásolják.

A modellezés során a tűzhelyszín esetén két különböző (500 kW és 5 MW) tűz hőteljesítményt vettünk fel Y. J. Ko [9] és B. Truchot et al. [10] vizsgálatai alapján, majd elvégeztük a szimulációt.

A tűzhelyszín esetében a tűz alapterületét 4 m x 2 m=8 m²-ben adtuk meg, mely a modellben (1. ábra) a pirossal jelölt terület.

A tűzhelyszín esetén 500 kW tűz hőteljesítményt feltételezve az alábbi jellemzőkkel végeztünk modellezést. A felhasznált reakcióegyenlet: heptán.

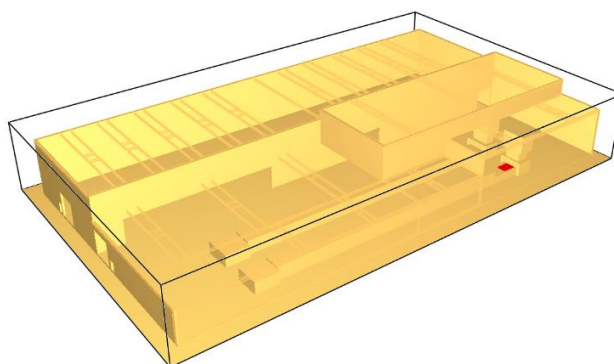
Modellezés során figyelembe vett adatok:

- Az épületben oltórendszer nem került kialakításra.
- Az épületben tűzjelző rendszer (pontoszerű füstérzékelőkkel) került kialakításra teljes lefedettséggel.
- A tűzjelző rendszer vezérli a légpótló, hő és füstelvezető rendszereket.

A tűzhelyszín esetén 5 MW tűz hőteljesítményt feltételezve az alábbi jellemzőkkel végeztünk modellezést. A felhasznált reakcióegyenlet: heptán.

Modellezés során figyelembe vett adatok:

- Az épületben oltórendszer nem került kialakításra.
- Az épületben tűzjelző rendszer (pontoszerű füstérzékelőkkel) került kialakításra teljes lefedettséggel.
- A tűzjelző rendszer vezérli a légpótló, hő és füstelvezető rendszereket.



1. ábra: Tűz feltételezett keletkezési helye (saját szerkesztés)

A szimulációban szereplő, feltételezett tűzhelyszínen fémek, nem éghető padozat, valamint nem jelentős mennyiségű kábelvezeték található. Emiatt a szimulációban a hidraulika olaj elfolyását és meggyulladását tócsatűzként értelmeztük. A szimulációba beillesztettük a lényegesebb méretű technológia eszközöket, illetve a hő és füstelvezető felületeket, melyek kézi jelzésadóra nyíltak.

A szimulációhoz kiválasztott folyadék anyagjellemzői

Az anyagtulajdonságok a lángterjedés modellezéséhez nélkülözhetetlenek. Ehhez meg kellett adni bemeneti adatként az anyagok gyulladási hőmérsékletét, hővezető képességét, fajhőjét, sűrűségét, a HRRPUA (heat release rate per unit) számértékét.

A tűzszimuláció során a Pyrosim adatbázisában fellelhető heptán tűzzel számoltunk, mivel az adott hidraulika olajok pontos összetétele, fizikai-kémiai jellemzői nem álltak rendelkezésünkre. Mivel a heptán égése kissé gyorsabb, mint a hidraulikai olajoké, így ez a biztonság javára történő eltérést jelentett a modellezésnél.

VIZSGÁLATI EREDMÉNYEK

Hidraulika olajminták lobbanás- és gyulladáspontja

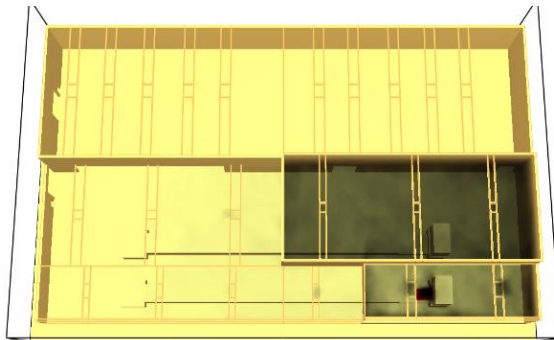
A 3. táblázatból kitűnik, hogy a 2. hidraulika olaj minta esetén meglepően alacsony lobbanás- és gyulladáspontot mértünk mindhárom mérés során. Ezt vélhetően az olaj egyéb anyaggal való szennyezettsége okozta, mely szabad szemmel is jól látható volt, mint ahogy azt a 3. képen láthatjuk. Ez mutatja azt, hogy a présgép üzemelése folyamán esetlegesen szennyeződő hidraulika olaj lobbanáspontja és gyulladáspontja csökkenthet idővel. Ez pedig kiváló oka lehet a tűz keletkezésének.

Hidraulika olajok	I. mérés		II. mérés		III. mérés	
	Lobbanáspont	Gyulladáspont	Lobbanáspont	Gyulladáspont	Lobbanáspont	Gyulladáspont
1. olaj	230 °C	256 °C	236 °C	258 °C	234 °C	256 °C
2. olaj	115 °C	124 °C	116 °C	124 °C	118 °C	126 °C
3. olaj	238 °C	268 °C	234 °C	260 °C	236 °C	262 °C
4. olaj	230 °C	256 °C	227 °C	245 °C	226 °C	248 °C

3. táblázat: különböző hidraulika olajok lobbanás- és gyulladáspontja (saját szerkesztés)

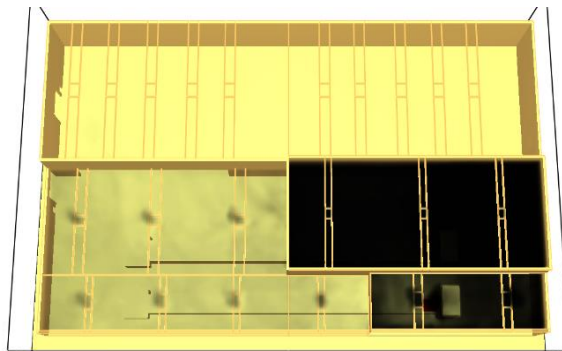
Tűzszimulációs eredmények

A szimuláció alapján a füstterjedés a következőképpen alakult 5 MW-os tűz esetén 300 s és 600 s elteltével:



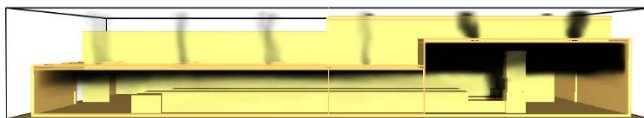
Time: 300.0

2. ábra: 5 MW-os tűz esetén füstterjedés 300s-nál felülnézetből (saját szerkesztés)



Time: 600.0

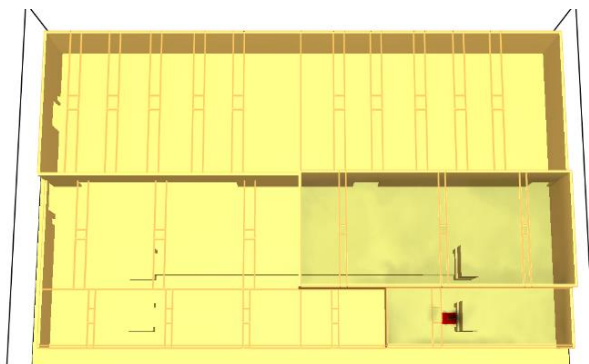
3. ábra: 5 MW-os tűz esetén füstterjedés 600s-nál felülnézetből (saját szerkesztés)



Time: 600.0

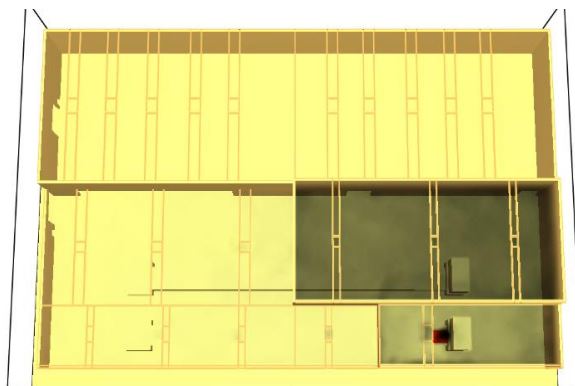
4. ábra: 5 MW-os tűz esetén füstterjedés 600s-nál oldalnézetből (saját szerkesztés)

A szimuláció alapján 500 kW-os tűz esetén a füstterjedés alakulását láthatjuk az alábbiakban 300 s és 600 s elteltével:



Time: 300.0

5. ábra: 500 kW-os tűz esetén füstterjedés 300s-nál felülnézetből (saját szerkesztés)



Time: 593.4

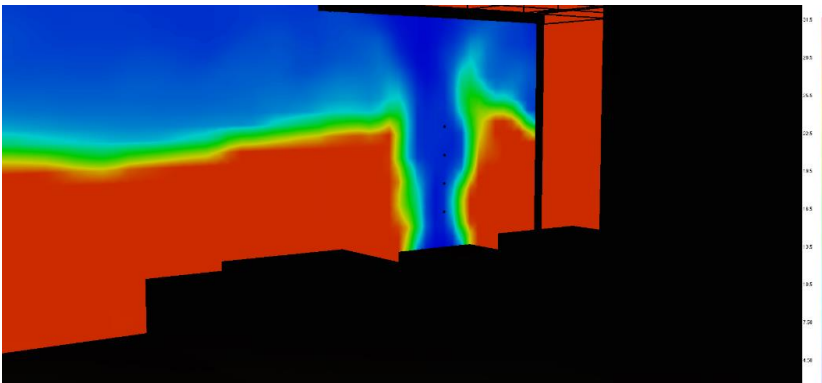
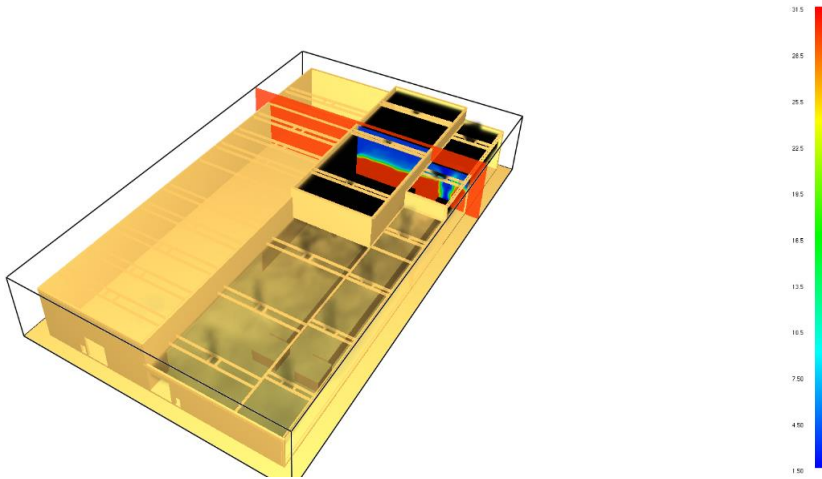
6. ábra: 500 kW-os tűz esetén füstterjedés 600s-nál felülnézetből (saját szerkesztés)



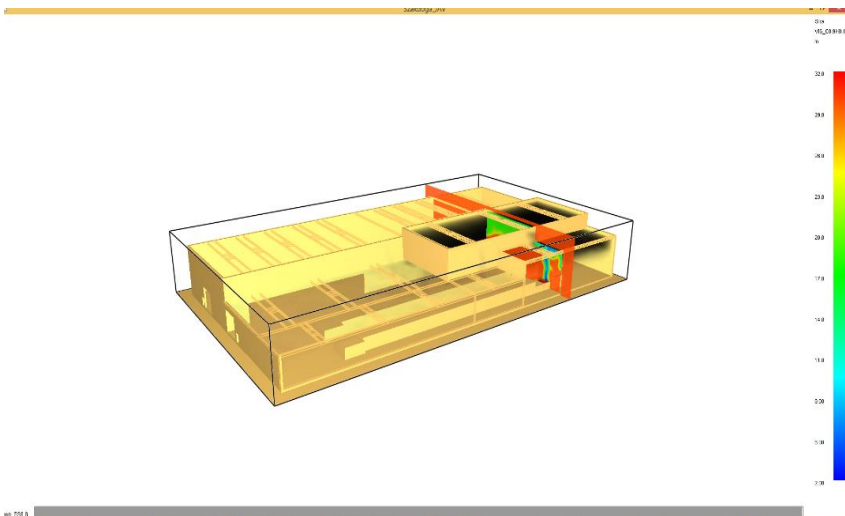
Time: 593.4

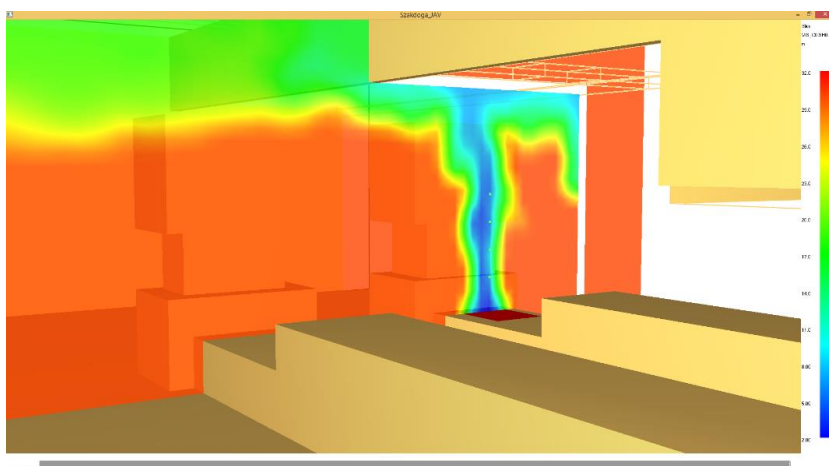
7. ábra: 500 kW-os tűz esetén füstterjedés 600s-nál oldalnézetből (saját szerkesztés)

A szimuláció alapján a láthatósági viszonyok a következőképpen alakultak az üzem területén a tűz keletkezését követő 600 s-nál.



8.ábra: Melegprés üzemből a láthatósági viszonyok alakulása 5 MW-os tűzterhelésnél 600 s-nál (saját szerkesztés)





9. ábra: Melegprés üzemben a láthatósági viszonyok alakulása 500 kW-os tűzterhelés esetén 600 s-nál (saját szerkesztés)

A modellezés eredményeképpen megállapítottuk, hogy az épületben a korábbiakban ismertetett feltételek teljesülése esetén – amely vonatkozik a tűz méretére, a kezdeti helyszínére, a hőfelszabadulás mértékére, a hőfelszabadulás lefolyására – milyen körülmények várhatók életvédelmi szempontból. A melegprés üzemben műszaki hibából eredő hidraulika olaj elfolyás során keletkező tűz esetén a látótávolság megfelelőnek adódott, a kiürítési útvonalon 25 m alatti látótávolság nem alakult ki. Megállapítottuk, hogy a tűzoltók kiérkezéskor (kb. 8 perc) meg tudják közelíteni a tűzfészket és nem kell 10 méternél kisebb látótávolságú területen áthaladniuk a beavatkozás során.

KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK

A szimulációs vizsgálati eredmények alapján megállapítottuk, hogy tűz esetén a csarnokban a füstterjedés során kialakuló láthatósági viszonyok lehetővé teszik, hogy az ott tartózkodó kezelő személyzet (50 fő) a tűz jelzését követő 2 percnél belül elhagyja az épületet.

A lényegesen drágább tűzálló hidraulika olaj használata esetén a gyulladáspont emelkedése miatt a tűzkockázat ugyan csökken, de a 900 °C -os fém felülete mégis elég gyújtási energiát adhat ahhoz, hogy a tűzálló hidraulika olaj is meggyulladjon. Tehát a tűz keletkezés nem zárható ki teljes mértékben ebben az esetben sem. Számos üzemben még mérsékelt tűzveszélyes hidraulika olajat alkalmaznak, melynél a gyulladáspont alacsonyabb mint a tűzálló olajnál, valamint használat közben fennáll a kockázata az olaj szennyeződésének. Ez tovább növelheti a tűzkockázatot.

Emiatt a beépített tűzjelző rendszer mellett beépített oltórendszer kiépítését is javasoltuk az üzemben, mely ugyan drágább megoldás, de garantálja a tűzkár minimálisra csökkentését és az esetleges termelés kiesésből származó anyagi károkat is mérsékli.

Javasoltuk továbbá az épület statikai szakértővel történő felülvizsgálatát, mivel a teherhordó szerkezetek védelem nélküliek, ezért kérdéses a modellben szereplő tűzterhelés esetén a szerkezet állékonysága. Továbbá javasoltuk minél kevesebb éghető anyag csarnokban történő tárolását, illetve a hidraulika olaj minimum éves szintű labor vizsgálatát.

ÖSSZEFOGLALÁS

Tanulmányunkban laborvizsgálat során vizsgáltuk, hogy a présgép hidraulika olajának éghetőségét befolyásolják-e az olaj minőségében bekövetkező változások. Ezt követően szimuláltuk a tűzvédelmi berendezésekkel részben ellátott fiktív üzemben az olaj meggyulladásának következményeit, a tűz- és füstterjedést.

Elemzéseink által megállapítottuk, hogy a tűz keletkezés nem zárható ki teljes mértékben tűzálló hidraulika olaj alkalmazása révén sem. Ugyanakkor az égés lángja kisebb kiterjedésű, illetve kontrolláltabb, mely egy esetleges tűz térbeli szétterjedését lassíthatja. A mérsékelt tűzveszélyes olaj esetén a minőségében szennyezés miatt bekövetkezett változás valószínűleg hatást gyakorol annak tűzveszélyességi jellemzőire, csökkenti annak lobbanás- és gyulladáspontját.

A szimuláció rávilágított arra, hogy az üzemben a tűz- és füstterjedés során kialakuló láthatósági viszonyok lehetővé teszik ugyan, hogy az ott tartózkodó személyek a tűz jelzését követő 2 percnél belül elhagyják az épületet, azonban az anyagi kár így is számottevő lehet. Ezért a beépített tűzjelző berendezés mellett beépített oltórendszer kiépítését is javasoltuk az üzemben, mely ugyan drágább megoldás, de garantálja a tűzkár minimálisra csökkentését és a termelés kiesésből származó anyagi károkat is jelentősen mérsékelheti.

Összességében megállapítható, hogy az autóiipari gyártásnál a présgép hidraulika olajának szivárgásából eredő tűzkockázat a tűzálló hidraulika olaj és a beépített tűzvédelmi jelző- és oltóberendezések együttes alkalmazása révén csökkenthető.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] M. I., Kiani, Gandikota, M., Rais-Rohani, K., Motoyama, „*Design of lightweight magnesium car body structure under crash and vibration constraints*” J. Magnes Alloys, 2 vol., pp. 99–108., 2014.
- [2] T., Chenpeng, Q., Rong, V. A., Yardley, X., Li, J., Luo 2, G., Zhu and Z., Shi, *New Developments and Future Trends in Low-Temperature Hot Stamping Technologies: A Review. Metals*, 10 (12), 1652. pp 1-27.,2020.
- [3] Quad Fluid Dynamics Inc., „*Common Hydraulic Press Problems, Causes and Prevention Options*”, 2021. Elérhető: <https://www.quadfluidynamics.com/3-common-hydraulic-press-problems-causes-and-prevention-options> (Letöltve: 2023. május 19.)
- [4] Á. Zs., Mohai, „*A tűzjelző berendezések riasztási hatékonysága*”, Műszaki Katonai Közlöny, XXVII. évfolyam, 3. szám, pp.20-37., 2017.
- [5] Á. Zs., Mohai, és L., Beda, „*Gondolatok a tűzjelző berendezések hatékonyságáról*”, Védelem Tudomány, I. évf. 4. szám, 2016.
- [6] Quaker Houghton, „*Fire Safety In Hot Forming Hydraulic Presses*”, 2019. Elérhető:https://fireresistantfluids.com/wp-content/uploads/ps_quintolubric_888_fire-safety-in-hot-forming-hydraulic-presses_EN_EU.pdf. (Letöltve: 2023. május 18.)
- [7] MSZ EN ISO 2592:2002, A lobbanás- és a gyulladáspont meghatározása. Cleveland szerinti nyitott tégelyes módszer. Kiadva: Budapest, Magyar Szabványügyi Testület, 2002.
- [8] L., Valasek, *The use of PyroSim graphical user interface for FDS simulation of a cinema fire*” International Journal of Mathematics and Computers in simulation, Issue 3, Volume 7, 2013.

- [9] Y. J., Ko, „*A Study of the Heat Release Rate of Tunnel Fires and the Interaction between Suppression and Longitudinal Air Flows in Tunnels*”, PhD thesis. Department of Civil and Environmental Engineering, Carleton University, 2011.
- [10] B., Truchot, T. Durussel, S., Duplatie, „*Combustion Rate of Medium Scale Pool Fire, an Unsteady Parameter*”, 2010. Elérhető: <https://hal-ineris.archives-ouvertes.fr/ineris-00973598/document>. (Letöltve: 2023. május 14.)