

A hegesztés, lángvágás, mint tűzkeletkezési ok

Ezeknél a munkáknál az üzemszerűen jelenlévő szikrák okozzák a tüzesetek többségét, kisebb része a hővezetésre vezethető vissza. Mivel az izzó anyagrészecskék okozzák a legnagyobb veszélyt, a veszélyességi övezet és gyújtás lehetőségét vizsgáljuk a külföldi szakirodalmi adatok alapján.

Szabályszegek

A hegesztés, lángvágás (darabolás), forrasztás, a tetőtéri munkák, a nyílt lánggal járó olvasztásos munkák (szigetelések), a gyorsdarabolóval végzett munkák a tűzveszélyes a leginkább tűzveszélyes tevékenységek. A tűzkeletkezési statisztikák ezt a megállapítást bőségesen alátámasztják. Gyakori, hogy a hegesztésnél az alapvető biztonsági előírásokat is megsértik. A biztosító társaságok statisztikái szerint a hegesztéssel járó munkavégzéseknél a tüzek 50 %-a szétrepülő izzó anyagrészecskék miatt keletkezik. A jelentős tűzkárokért a hegesztők figyelmetlensége és a munkahelyi tűzvédelmi szervezetek ellenőrző, engedélyező tevékenységének hibái mellett, döntő mértékben az izzó részecskék gyújtóhatásának figyelmen kívül hagyása, illetve téves megítélése okolható. Szakértői vizsgálatok során mérték az izzó anyagrészecskék kirepülési távolságát és felületi hőmérsékletét. Lángvágásnál például az izzó részecskék még 4 méter repülési távolság után is 1600 - 1700 °C hőmérsékletűek voltak. Ez lényegesen melegebb, mint amit eddig feltételeztek. A mérési eredmények alapján pedig meg lehet becsülni a különféle méretű izzó részek „gyújtási potenciálját”.

A technológiától függő tűzkeletkezési okok

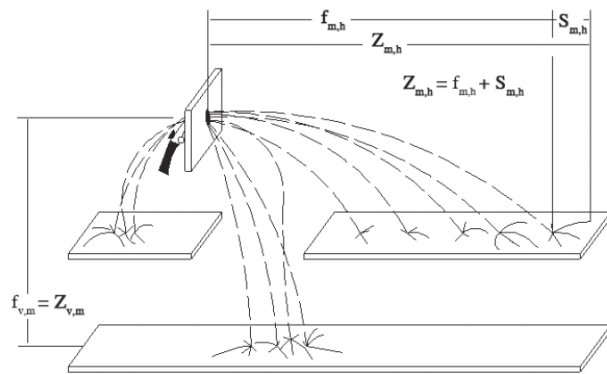
A hegesztési technológiánál az izzó anyagrészek a különböző röppályából eredően lehetnek gyújtóforrások. Ilyenek:

- A sugárzó hőforrás, beleértve a munkahely közvetlen közelében felmelegített gáztömeget.
- A hővezetés által felmelegedett munkadarab felületi hőmérséklete, ha éghető anyag érintkezik a munkadarabbal.
- A nagy mozgási energiával rendelkező repülő izzó részecskék, lecsöppenő izzó anyagok a röppályájuk függvényében.

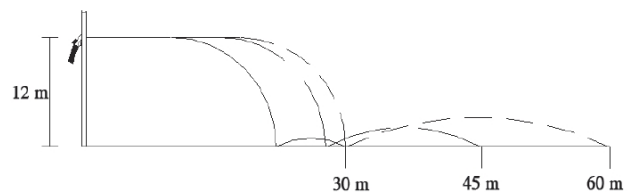
A leírtakon túl a technológiai zavarok, meghibásodások is okozhatnak tüzet, sőt robbanást pld. lánghegesztésnél/vágásnál a visszaégés, nyomásszabályozók meghibásodása, acetilén, vagy oxigén bejutása üreges helyekbe, esetleg kóboráram az ívhegesztésnél.

Acélok hegesztéssel történő kötéseinél majdnem mindig keletkeznek izzó anyagrészecskék.

1. A lángok okozta nyomásnövekedés az anyag felületén lévő oxidréteg kis részecskéinek lepattogzódásához vezet (az átmérője mikrométer). A lángokban ezek a részecskék fém részecskévé redukálódnak és az égő gázzal a környező levegőbe



1. ábra. Az izzó részecskék maximális vízszintes gyújtási távolsága



2. ábra. Az eddigi ábrázolások szerint a szétrepülés a hegesztési nyomástól függött

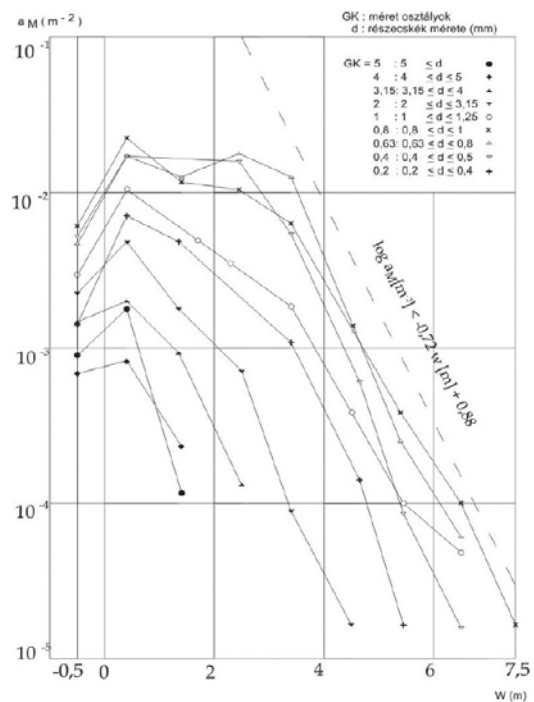
szállítódnak. Itt – a csekély energiával rendelkező – részecske egy karakterisztikus fénycsík formájában elizzik.

2. A megolvadt munkadarabból, vagy a hegesztésnél a hegesztőanyag átalakulása során a hegesztési illesztésnél az olvadék leválasztódik és az égő gáz mozgási energiájától szétfreccsen.
3. Ívhegesztésnél a részecskék szétszóródásáért, kirepüléséért az elektromechanikai erők felelősek. A megolvadt elektróda anyaga is szétfreccsenhet.
4. Az olvadt fém lecsöpög a hegesztőpálcáról, vagy az izzó munkadarabról. Az ilyen olvadék cseppek a nem szakszerű melegítésnél, olvasztásnál (lángvágás helyett) is keletkeznek. A fémolvadék szökőkútszerűen szétfreccsenhet, ha a hegesztőpisztolyt tévedésből az izzó anyagba merítik. Itt az égőfejben lévő gázkeverék a fűvókából kilépve robbanásszerűen meggyullad és a megolvadt anyagból izzó anyagcseppeket szakít le, amelyeknek átlagon felüli mozgási energiát és röppályát kölcsönöz.
5. Lángvágásnál acélok és más anyagok esetében is a munkadarab felülete hamar eléri a gyulladási hőmérsékletét. Az acél vonatkozásában a fűvókából hangsebességgel kilépő tiszta oxigén salakká ég el (reve) ez a vasoxidok keveréke FeO és a Fe_3O_4 és a nem oxidált vas részecskékből áll. A megolvadt oxidok magas hőmérséklettel (nagyobb, mint 1600°C) és alacsony viszkozitással rendelkeznek, így a hegesztési illesztésekből, fugákból a pisztolyból kilépő oxigénsugár könnyen kifújhatja ezeket az oxidokat. Az izzó salak szétömlik a munkadarab hátoldalán és szétszóródik a környéken.
6. A plazmahegesztésnél és vágásnál, illetve a védőgázos hegesztésnél hasonló hatások lépnek fel. Itt a szétrepülő részecskék túlnyomórészt nem oxidált fémrészecskék.

A gyújtóképes részecskék mennyisége függ a hegesztés, forrasztás és a vágás technológiai sajátosságaitól. Miközben a hegesztésnél az ember arra törekszik, hogy minél kevesebb anyagvesztés legyen, ezáltal az olvadékképződés is kisebb lesz, a termikus hegesztésnél az illesztési rést hozaganyaggal telítik, ezáltal nagy mennyiségű izzó részek keletkeznek és repülnek szét.

Milyen tüzeket okoztak a hegesztések?

Több mint 400 tüzeset tanulmányozása alapján értékelték a hegesztés technológiáját, a tűzkeletkezés helyét, a munka helyszínét és a munkahelyi szervezetet. Megállapításuk szerint az állandó, helyhez kötött hegesztő munkahelyeknél, lángvágó és forrasztó gépeknél szinte soha nem keletkezett tüzeset. A tüzek szinte kizárólag építési, bontási, javítási munkáknál keletkeztek, ahol a gyakran változó munkahelyekre a néha kaotikus munkahelyi feltételek a jellemzők. A tüzek keletkezése szempontjából vezető helyen van a lánghegesztés, villamos ívhegesztés, ezt követi a lángvágás, forrasztás, majd csökkenő számban vannak jelen más hőtechnikai munkafolyamatok pld. tetőszigetelés, betonvágás, olvasztások lánggal és más hőtermelő berendezésekkel, illetve újabban a védőgázos hegesztés. A gyújtóforrás szerinti csoportosításnál figyelemre méltó, hogy a tüzek 50 %-áért a munka helyszínén



3. ábra. A különböző méretű részecskék eloszlása a munkahelytől való távolság függvényében. (10 mm-es lemez, 3 m-es munkamagasság, 3,5 bar nyomás)

szétrepülő, vagy lehulló izzó anyagrészecskék voltak a felelősek. A „repülő szikrákat”, mint gyújtóforrást csak akkor zárták ki, ha a tűz keletkezési helye a munka helyszínétől nagyobb távolságra volt. A munka helyszínének oldalsó, alsó és felső területei meg lettek adva, mint gyújtási helyek. A tűzvizsgálati/kárszakértői jegyzőkönyvekben ezek a távolságok 15 m-ig lettek megnevezve. Jellemző, hogy a tényleges bekövetkezett gyulladáshoz képest a tűz keletkezését csak tetemes késedelemmel veszik észre.

A gyakorlatból is tudjuk s ezt a vizsgálatok is igazolták, hogy a tűz keletkezés veszélyére a falak mögött, mennyezetben, padlón, állmennyezet felett, a nehezen ellenőrizhető terekben, sőt a szomszéd helyiségekben különösen figyelni kell. A gyújtási veszély megelőzéséhez szükséges tűzvédelmi intézkedések be nem tartása az egyik legfontosabb oka a tűz keletkezésének. A vizsgálat megállapításai szerint, azoknál a tüzeknél, ahol a hegesztési munkálatokat megbízás alapján egy külső cég végezte a keletkezett károk nagyobbak voltak, mintha ezt saját szervezetben belül oldották volna meg. Nyilvánvaló, hogy egy belső ember a helyi lehetőségeket ismerve a keletkező tüzet hatékonyabban tudja oltani, mint egy külső vállalkozó.

Izzó részecskék - kirepülési távolságok

Mint említettük a szétrepülő izzó részecskék jelentik a legnagyobb veszélyt. A kérdés, hogy milyen távolságokra repülnek és mekkora ez a veszély.

A részecskék általában az elektródától ballisztikus törvényszerűségek szerint repülnek szét a munka helyszínén, majd a padlón, vagy egyéb akadályba ütközve a tulajdonságai (viszkozitás, hőmérséklet, nagyság), vagy a padló minősége alapján összegyűlnek, vagy további részecskékre esnek szét. A kirepülést befolyásolja a hegesztési munka magassága, a munkadarab alakja (hornyok, oszlopok), továbbá a hegesztő munkamódszere.

Két fajta repülési irányt kell megkülönböztetnünk:

1. vízszinteset a munka irányába és
2. függőlegeset lefelé.

Összesen az izzó részecskék maximális vízszintes gyújtótávolsága ($z_{n,m}$) az a vízszintes hatótávolság, amelynél a gyújtás még létre jöhet, ez a távolság a maximális repülési távolság ($f_{n,m}$) és a „szétfreccsenési” távolság ($s_{n,m}$) összegéből jön létre, ezt a „szétfreccsenési” távolságot alternatívaként a részecskék csúszási, gördülési távolságának is nevezhetjük (**lásd 1. kép**). A maximális függőleges gyújtótávolság ($z_{v,m}$) az a függőleges távolság a hegesztés helyétől a szilárd padlóig, ameddig a gyújtóképes szikra leeshet. A $z_{v,m}$ megfelel az esési, vagy függőleges repülési távolságnak $f_{v,m}$. Ezenkívül figyelembe kell venni, hogy a részecskék akadályoknál oldalirányban, illetve nem szakszerű hegesztésnél a hegesztés irányával ellenkező irányban freccsenhetnek szét.

A részecskék kirepülésével a hegesztéseknél, vágásoknál, illetve nem szakszerű olvasztásoknál több külföldi szakirodalom foglalkozik. Az idézett kísérletet kemény padlón végezték, aminél a legnagyobbak repülési távolságok. Az ilyen padlón az olvadt fémrészecskék szétrobbantak és a lerepedt részecskék tovább gördültek. A részecskék repülési mozgását röppályaszámításokkal is ellenőrizték. Ez igazolta, hogy a repülési távolságok alig függenek a vágásnál használt oxigén nyomásától. **A 1. kép sémája hitelesen ábrázolja lángvágásnál a részecskék szétrepülését, ellentétben az eddig ismert ábrázolásokkal szemben (2. kép).**

Néhány kísérletnél a részecskéket méretük alapján osztályozták, itt arra jutottak, hogy a legnagyobb részecskék rendelkeztek a legkisebb vízszintes gyújtótávolsággal, azonban a hőkapacitásuk miatt ezeknek volt a legnagyobb a függőleges gyújtótávolsága. A legnagyobb vízszintes gyújtótávolságot a 0,6-1 mm átmérő közötti részecskék érték el. **A 3. képen** egy empirikus határgörbe van ábrázolva, amelynek segítségével kiszámolható, hogy a részecske előfordulási valószínűsége a munka helyszínétől mért 10 m távolság után kevesebb, mint $5 \times 10^{-7} \text{ m}^{-2}$, ami elhanyagolhatóan kicsi értéket jelent.

Hőmérséklet és hőkapacitás

A részecskék gyulladási képessége mindenekelőtt a hőmérsékletüktől és hőkapacitásuktól függ. (Vizsgálatoknál mérik az izzó részecskék felületi hőmérsékletét, méretét és sebességét.) Egy vizsgálatnál a 10 mm és 20 mm vastag acéllemezek vágásánál a vágási helytől 4 méterig a keletkező részecskék maximális és minimális hőmérsékletét, a részecske halmaz számtani és súlyozott átlagértékét mérték. A hőmérsékleti középérték 1600-1750 °C között helyezkedett el, tehát lényegesen magasabban, mint amit ez idáig

gondoltak. Néhány részecske még ennél is magasabb hőmérsékletű volt. Itt felismerhető, hogy a sugárzás általi energiaveszteség ellenére a részecske hőmérséklet középértéke a nagyobb repülési távolságok után sem csökken számottevően, sőt vastagabb (20 mm-es) lemezek vágásánál hőmérsékletnövekedés volt megfigyelhető. Ez a melegeedés és a magasabb felületi hőmérséklet az utólagos oxidációval magyarázható, ugyanis repülés közben a levegő oxigén tartalma a részecskében lévő vasat oxidálja.

A vágási salak fajlagos negatív entalpiájának tömegére határozták meg a gyújtási potenciált. A tömeg fajlagos gyújtási potenciálból lett a különböző nagyságú részecskék ($H_{z,p}$) gyújtási potenciálja meghatározva. **4. képen** Extrapolációval megbecsülhető, hogy egy 5 mm átmérőjű anyagrészecske maximálisan 250 J gyújtási potenciállal rendelkezik. Ennél azonban figyelembe kell venni, hogy a vágás során keletkező anyagrészecskék gázz részecskékkel körülvett szerkezetűek, így az átmérőjük lényegesen kisebb, mint a tömör anyagoké.

Ugyancsak mérték a felületi hőmérsékletét a lánggal megolvasztott és felületi oxidréteggel rendelkező acél olvadékcseppeknek, amelyeknek a hőmérséklete 1500 -1750 °C közé esett, ez középértékben valamivel alacsonyabb, mint a vágásnál keletkezett részecskék hőmérséklete. Ennek ellenére az 5 mm átmérőjű olvadási cseppek gyújtási potenciálja a nagy tömeg miatt 1,1 kJ. Az ilyen olvadék cseppek hatékony gyújtóforrások.

Összegző megállapítások

Az izzó részecskék nem viselkedtek olyan rugalmasan, hogy a padlón tovább pattanjanak, mint egy teniszlabda. A repülési távolság és a vágási oxigén nyomása közötti szoros függőség – több szakirodalomban közöltekkel ellentétben - téves megítélés.

A maximális vízszintes repülési, illetve gyújtótávolságot a régi ábrázolásokban 10 méterrel jellemezték, ezt a kísérletek alátámasztották. A vízszintesen legmesszebb repült részecske viszonylag kis energiával rendelkezik. Ezzel szemben teljesen elhanyagolható, hogy a nagy energia tartalommal ezáltal nagy gyújtási potenciállal rendelkező részecskék jelentős szakaszt tesznek meg szabad esésben. 20 méteres függőleges távolság is előfordulhat a hegesztés helye és a tűz keletkezés helye között.

Irodalom:

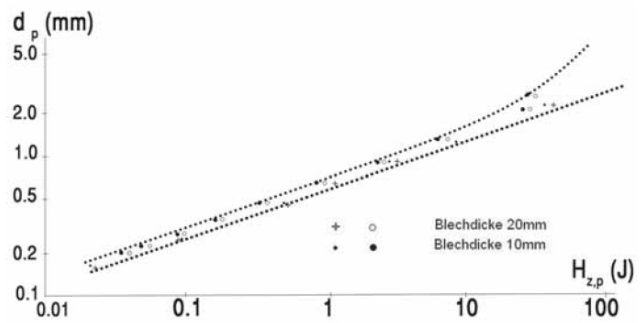
Schönherr, W: Brandgefahren beim Arbeiten mit Schweißbrennern, Der Praktiker 7/1981

Hölemann-Wolperberg: Brandursache Schweißen, Brennschneiden und Löten – Reichweite und Zündpotential glühenden Partikel, vfdb 2/92

Hölemann-Wolperberg: Brandursache Schweißen, Brennschneiden und Löten – Zündmechanismen glühenden Partikel, vfdb 2/94

Összeállította: Bajna Balázs tű. örgy.

Somogy megyei Katasztrófavédelmi Igazgatóság, Kaposvár



4. ábra. Az egyes olvadékrészecskék gyújtási potenciálja és a lemezvastagság közötti összefüggés vágásnál. (10 és 20 mm-es lemezvastagság)