

Füstgázok és füstreszecskék

Írta: Börje Wemmert, AB Ph Nederman & Co., Helsingborg, Svédország

Számos ipari folyamat okoz légszennyezést. Az ívhegesztés széles körben használt eljárás, amely igen jelentős mennyiségű füst keletkezésével jár a dolgozó közvetlen környezetében. Ez a füst jelentős hatást gyakorol a dolgozó komfortérzetére és egészségi állapotára.

A hegesztési füst gázokat és igen parányi szilárd részecskéket tartalmaz. Az 1. ábra bemutatja a hegesztési füstben található részecskék mérettartományát, összehasonlítva néhány más ipari folyamatban keletkező, illetve természetes részecske méretével.

Szilárd részecskék

Az ívhegesztés során villamos ív keletkezik a hegesztőelektróda és a munkadarab között. Az AWI-hegesztés kivételével, minden más eljárás esetén olvadt fémcseppek jutnak át az elektróda anyagából a munkadarabon lévő hegfürdőbe. (2. ábra)

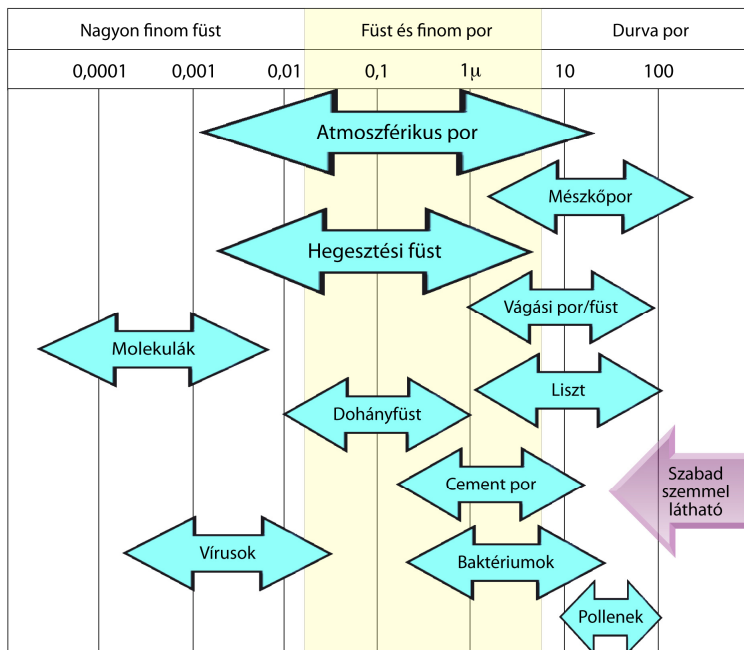
A villamos ív hőmérséklete rendkívül magas (kb. 6000-8000 °C), így ebben az elektródáról leváló fémcseppek túlhevített állapotban vannak, hiszen hőmérsékletük jóval meghaladja acél forráspontját (2400 °C), és fémgőz is megjelenik. Mikor a fémgőz az ív közelében

kondenzálódik, nagyon parányi fémrészecskék jönnek létre (0,001-0,1µm méretűek; 1µm = 1/1000mm). Ezek a kicsiny, a magas hőmérséklet által létrehozott részecskék gázmolekulák módjára terjednek térben, (Brown-féle mozgást végeznek), ütköznek egymással, egymáshoz tapadva láncokat és csomósodásokat hoznak létre, amelyek mérete 0,5 és 2,0 µm között szór. (3. ábra)

Ezen kívül valamivel nagyobb részecskék is kilökődnek az ív körüli térbe, mikor a fémcseppek leválnak az elektródáról. A nagyobb olvadt fémrészecskékkel együtt ezek mind hozzájárulnak a fémgőzök kibocsátó összfelület, és így a füstreszecskék mennyiségének növekedéséhez.

Fogyóelektródás, védőgázos (MIG/MAG) hegesztés esetén a hegfürdő védelme érdekében az ívet védőgázzal veszik körül, illetve a bevont elektródás ívhegesztés (MMA) esetében a védőgázt az elektróda bevonata generálja. A védőgázon kívül a fémrészecskék reakcióba tudnak lépni a környező levegő oxigénjével. Ennek következtében MIG/MAG hegesztés esetén a füstreszecskék elsősorban fénoxidokból állnak, míg MMA vagy portöltéses huzallal végzett hegesztés esetén a fénoxidokhoz az elektróda bevonatából vagy a huzal por töltetéből származó kémiai anyagokból álló szemcsék adódnak. A szub-mikron méretű részecskék nagy koncentrációban füst alakjában jól láthatók, de a levegővel való keveredés után már nem lesznek láthatók. Igen lassan ülepednek le, hosszú időn át lebegve a levegőben maradnak. Ennek eredményeként szétterjednek a műhely légterében, és a hegesztő munkahelytől távoli dolgozók levegőjét is károsan befolyásolják.

Szemcseméreték



1. ábra. A hegesztési füst részecskéi más természetes és mesterséges részecskékkel összehasonlítva.

A szilárd részecskékből álló füst összetétele többé-kevésbé közvetlenül - az adott anyagok illékonyságától függően - a hegesztőanyagok összetételétől függ, maga az alapanyag kisebb mértékben járul hozzá a keletkező fűsthöz.

Az huzalelektroda összetétele általában hasonló a munkadarabéhoz, így ötvözetlen acélok MIG/MAG hegesztésekor főképp vasoxiddal találkozunk. Rozsdamentes és ötvözött acéloknál mangán, króm, és nikkel oxidjaival is találkozhatunk. Alumínium ötvözetek hegesztése során alumínium és magnézium oxidjai keletkeznek.

A portöltéses huzal por beléséből és elektrodabevonatból származó anyagok tartalmazhatnak kalciumot, fluoridokat, titán-dioxidot és báriumot.

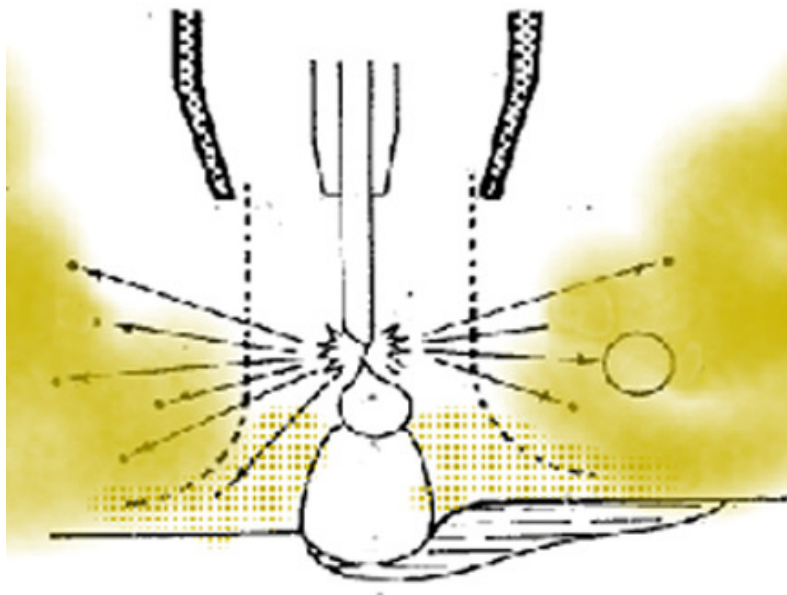
A festett, vagy valamilyen bevonattal rendelkező anyagok hegesztése nagyban növelheti a füstképződést. A festékanyagok tartalmazhatnak ólmot, cinket, krómot és szerves anyagokat. A bevonatokból származó füst tartalmazhatja cink-, ólom-, króm- vagy kadmium oxidjait.

Gázok

A magas hőmérséklet és az UV-sugárzás a hegesztés során gázok képződését is előidézik, mint például az ózon (O_3), nitrogénoxid (NO), nitrogén-dioxid (NO_2), vagy szénmonoxid (CO).

Az ózon a kis hullámhosszú UV-sugárzás hatására keletkezik oxigénből. Az ózon nagy része az ív közvetlen közelében keletkezik, de még néhány méteres távolságban is megfigyelhető a létrejötte. Az igen reakcióképes ózon eloszlik a füst részecskéikkel végbemenő katalitikus folyamatokban, vagy reakcióba lép a nitrogénoxiddal, amelyből ily módon nitrogén-dioxid keletkezik.

Mikor az ívet övező levegő oxigén- és nitrogéntartalma érintkezésbe kerül a forró ívvel, az olvadt fémszemcsékkel vagy az izzó munkadarabbal, nitrózus gázok keletkeznek. Ha a védőgáz túl kevés, az ív túl hosszú, vagy valamilyen egyéb zavaró körülmény lép fel, az ív érintkezésbe kerülhet a levegővel.



2. ábra. A hegesztési füst forrásai GMAW (Gas Metal Arc Welding) esetén. A fémcsepp leválásakor az elektróda vége „robban”, nagyobb fémcseppeket és parányi részecskéket szórva szét.

Ha a védőgáz CO_2 -t tartalmaz, szénmonoxid keletkezhet a molekulák magas hőmérsékleten bekövetkező szétesése miatt. Ennek szintje magasabb a keverék védőgáz nagyobb CO_2 tartalma mellett, valamint nagy áramerősségű FCAW hegesztés esetén.

Egyéb gázok is keletkezhetnek a munkadarab bevonatából illetve szennyeződéseiből. Klórozott szénhidrogének jelenléte esetén különös gonddal kell eljárni, mivel ezek foszgént, $COCl_2$ -t gerjeszhetnek, amely rendkívül mérgező.

A részecskék hatása az emberi szervezetre

Az ember légzőszervei kiváló képességekkel rendelkeznek a por kiválasztására, de ez a képesség az $5-10\ \mu m$ -nél nagyobb méretű részecskékre korlátozódik. Ezek a részecskék fennakadnak az orr, a torok és a hörgőg nyálkahártyáján, és onnan végül ismét kijutnak a környezetbe. A kisebb méretű részecskék bejutnak a tüdőbe, és kutatások szerint kb. 20%-uk ott le is rakódik. Innen már csak a vér- vagy nyirokeringésen keresztül távozhatnak, illetve egyszer s mindenkorra a tüdőben maradnak.

A füst részecskék hatása az emberi szervezetre elsősorban vegyi összetételüktől, illetve a belélegzett levegőben való koncentrációjuktól függ.

Füst és por nagyobb, mint $5\text{mg}/\text{m}^3$ koncentrációban való belégzése a légutak irritációjához vezet, és a tüdőkapacitás csökkenését okozhatja. Hegesztő munkásoknál gyakoriak a krónikus köhögési tünetek és a fokozott váladékképződés.

A horgany, réz vagy kadmium oxidjait tartalmazó füst belégzése akut füstlázat okozhat, az influenzához hasonló tünetekkel.

Egyes fémek, mint az alumínium, az ólom és a mangán, zavarokat okozhatnak a központi idegrendszer működésében. A bárium izomgyengeséget okozhat. A rozsdamentes acélok hegesztése

különös figyelmet igényel, mivel rákkeltő nikkelt és a hat vegyértékű (hexavalent) króm belégzésével járhat. A következmény asztma, illetve hosszú időn át tartó kitettség esetén tüdőrák lehet.

A gázok hatása az emberi szervezetre

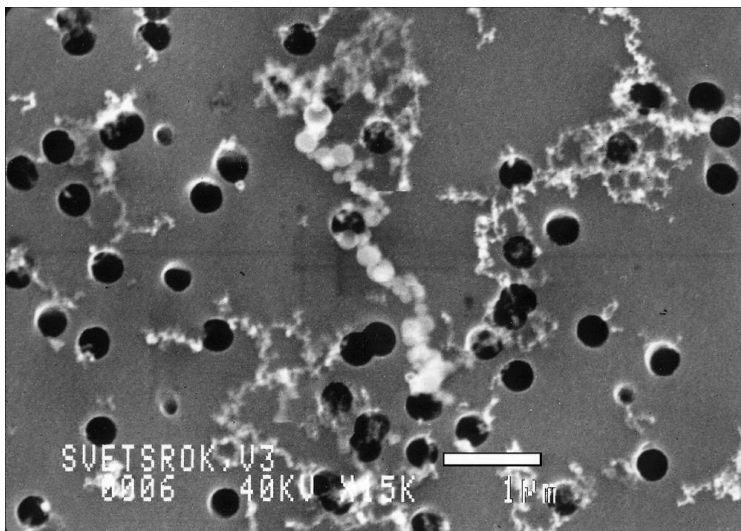
Az ívhegesztési eljárás során keletkező gázok közül az ózon ad okot a legnagyobb aggodalomra. Az ózonnak jellegzetes szaga van, és szaglással felismerhető már igen alacsony ($0,02\text{-}0,05$ ppm) koncentrációban is, azonban nagyon rövid idő alatt hozzá lehet szokni. A szag tehát nem a megfelelő indikátora az ózon jelenlétének. Az ózon a nyálkahártyákra hat, irritációt, égő érzést okoz a torokban, gyakori tünetek a köhögés, a mellkasi fájdalmak és a ziháló légzés.

A nitrogén gázok közül a nitrogén-dioxid a nyálkahártyák gyulladását okozhatja. A szénmonoxidról köztudott, hogy a vér hemoglobinjához tartósan kötődik, ezáltal meggátolja az oxigén felvételét. A tünetek fejfájás és fáradtság. Zárt, rosszul szellőztetett helyiségekben hegesztéskor igen magasra nőhet a szénmonoxid koncentrációja.

A védőgázzal kapcsolatban is tanácsos figyelembevenni a kockázatot, hogy rosszul szellőztetett terekben kiszoríthatja a friss levegőt és átveheti a helyét.

A terhelés meghatározása

A megengedhető munkahelyi expozíciós határértékeket általában egy 8 órás periódus



3. ábra. Hegesztési füst szemcséinek elektronmikroszkopos felvétele. Figyeljük meg a láncokba rendeződött igen apró részecskéket. Wubeshet Sahle, Svéd Nemzeti Munkaegészségügyi Intézet munkatársának felvétele.

során a légtérben előforduló legnagyobb átlagos koncentráció mértékében határozzák meg. Esetenként rövidebb időszakra, vagy semmiképpen túl nem léphető maximális értéként is meghatározhatják.

(Megj.: a határérték-fajták meghatározását l. a 25/2000-es rendeletben, célszerű azt idézni)

Munkahelyi terhelési határértékek

A munkahelyi terhelési határértékek országról országra változnak. A terhelés mértéke nagy mértékben változhat a káros anyag kibocsátásától és a hegesztés körülményeitől függően. Az is befolyásolja, hogy a hegesztő hogyan tartja a fejét a felszálló fűsthez viszonyítva, és hogy milyen óvintézkedéseket hoztak a szellőztetés illetve elszívás vonatkozásában. Az idővel súlyozott átlagos részecske-terhelés egy munkanap során sok hegesztő számára meghaladhatja a $10\text{ mg}/\text{m}^3$ értéket, ha a megfelelő helyi elszívás nincs megoldva.

Rozsdamentes acélok MMA hegesztése során a krómterhelés meghaladhatja a $2\text{ mg}/\text{m}^3$ -t is. Mind közül az MMA eljárás során szabadul fel a leginkább rákkeltő hat vegyértékű króm, míg a MIG/MAG hegesztés csupán 10-15% karcinogén hat vegyértékű krómot tartalmazó füstöt gerjeszt.

Az ózon problémája különösen MIG/MAG eljárással hegesztett alumínium esetén jelentkezik. A munkahelyi terhelési határérték többszörösét kitevő koncentrációt mértek a légzési zónában, de a MIG/MAG hegesztés is

kritikus lehet alumínium vagy rozsdamentes acél esetén. MMA hegesztés mellett ózon csak igen csekély mennyiségben keletkezik.

Az impulzusívű MIG/MAG hegesztés különös figyelmet igényel. A csökkentett füstképződés mellett megnövekvő UV-sugárzás más eljárásokhoz képest jelentősen megnöveli az ózonképződést. Mivel az UV sugárzás az ívtől nagyobb távolságra is ózon keletkezését eredményezi, a belégzési zónában az ózonkoncentráció többszörösen meghaladhatja a munkahelyi terhelési határértéket még akkor is, ha helyi elszívást alkalmaznak.

A nitrózus gázok általában kisebb gondot okoznak, mint az ózon és a szemcsés anyagok.

Hogyan minimalizáljuk a füstterhelést?

Mindig a munkáltató felelőssége, hogy meggyőződjön a munkahelyi kockázatokról, és gondoskodjon dolgozói megfelelő védelméről. A hegesztő munkahelyeken számos lehetőség adódik arra, hogy csökkentjük a füst és a gázok által okozott egészségi kockázatokat.

- Ha lehetséges, válasszunk olyan technológiát, amely eleve kevesebb füst képződését okozza, pl. MIG/MAG (vagy AWI) alkalmazása MMA helyett rozsdamentes acélnál.
- Mindig pontosan tartsuk be a technológiát, hogy stabil ívvel dolgozhassunk.
- Ne használjunk a kelleténél több hegesztőanyagot, védőgázt.
- Az alkalmazásnak leginkább megfelelő védőgáz-összetételt használjuk. Kis mennyiségű nitrogen-monoxid jelenléte a védőgázban csökkenti az ívközeli ózonképződést, de a hélium szintén ózoncsökkentő hatása van. Ne felejtjük el, hogy az ívtől távolabbi ózonképződésre a védőgáz összetétele nincs hatással.
- A hegesztő ne hajtsa fejét a füst útjába, légzési zónája legyen füstmentes.
- Megfelelő pajzsot vagy sisakot használjon a hegesztő, amely a torkot is takarja, így csökkentve a veszélyét annak, hogy füst kerüljön a pajzson belülre.
- Zárt légtérű munkahelyeken mindig használjunk mesterséges szellőztetést, és csakis frisslevegő ellátású pajzsot használjunk.

- Tisztítsuk le a munkadarabot, sohasse hegesztünk festett, vagy másfajta bevonattal rendelkező (kadmiumozott, horganyzott) munkadarabot.
- Sose használjunk klóros oldószereket, vagy ha ez nem elkürelhető, alaposan szellőztessünk a hegesztés megkezdése előtt.
- Használjunk egy könnyen pozícionálható, hatékony füstelszívó berendezést. A legjobb megoldás egy rugalmasan pozícionálható elszívókar, MIG/MAG hegesztés vagy portöltéses huzal alkalmazása esetén pedig pisztolyról történő elszívás.
- További védelmet nyújt a levegőszűrővel felszerelt vagy frisslevegő ellátással rendelkező pajzs vagy sisak. Nagy ózonterhelés esetén tanácsos sűrítettlevegős légzőkészülék használata.