

# A hegesztés során képződő UV-sugárzás egészségkárosító hatásának elemzése

## Analysis of the Harmful Effects of UV Radiation Generated During Welding

Schramkó Márton,<sup>1</sup> Kafi Abdallah,<sup>2</sup> Kovács Tünde Anna<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Óbudai Egyetem, Anyagok és Technológiák Doktori Iskola, Budapest, Magyarország, [schramko.marton@bgk.uni-obuda.hu](mailto:schramko.marton@bgk.uni-obuda.hu)

<sup>2</sup> Óbudai Egyetem, Biztonságtudományi Doktori Iskola, Budapest, Magyarország, [abdallahkafi1994@gmail.com](mailto:abdallahkafi1994@gmail.com)

<sup>3</sup> Óbudai Egyetem, Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar, Anyagtechnológiai Intézeti Tanszék, Budapest, Magyarország, [kovacs.tunde@bgk.uni-obuda.hu](mailto:kovacs.tunde@bgk.uni-obuda.hu)

### Abstract

Arc welding produces several harmful health effects on the welder. The authors aimed to determine the intensity of ultraviolet (UV) radiation as a function of distance from the welding. The research focused on the UV radiation generated during the arc welding process as it is a widely used process in industrial practice today. During the experiment, several tests were performed on the gas metal arc welding process (GMAW). This procedure is also used automated in the industry, so research can help to designate a specific safety zone in an industrial area so that there is no need to separate the welder robot with a curtain, but at the same time be able to move around them. Where the production is not fully automated yet, it highlights the problems which cause possible damage to health and helps create safer working conditions.

**Keywords:** *ultraviolet radiation; arc welding; safety zone.*

### Összefoglalás

Az ívhegesztésnek számos egészségkárosító hatása van a hegesztőre. A szerzők az ultraibolya (UV) sugárzás intenzitását határozták meg a hegesztőtől való távolság függvényében. A kutatás az ívhegesztési folyamat során keletkező UV sugárzásra fókuszált, mivel az ívhegesztés ma már széles körben alkalmazott eljárás az ipari gyakorlatban. A kísérlet során több mérést is végeztek a védőgázos ívhegesztés hatására keletkező UV sugárzás meghatározására. A védőgázos ívhegesztési eljárást az iparban automatizáltan is alkalmazzák, így a kutatás célja ipari alkalmazás esetén a biztonsági zóna kijelölése a káros sugárzás intenzitása alapján, hogy ne kelljen függönnyel lehatárolni a hegesztőrobotot munkavégzés során. A virtuális biztonsági zóna határhoz közeledő személyt jelzés figyelmezteti. A robotok között ez a megoldás könnyű mozgást tesz lehetővé. Amennyiben a gyártás még nem teljesen automatizált, ott a kísérleti eredmények rávilágítanak azokra a problémákra, amelyek egészségkárosodást okozhatnak, és segíthetik a biztonságosabb munkakörülmények megteremtését.

**Kulcsszavak:** *ultraibolya sugárzás; biztonsági zóna; ívhegesztés.*

### 1. Az UV sugárzás hatásai

Az ultraibolya, röviden UV sugárzás a látható fénynél kisebb, a 100 és 400 nm közti hullámhossztartományba eső elektromágneses sugárzás.

Az UV-tartomány tovább bontható a 315–400 nm közti UV-A, a 315–280 nm közti UV-B, illetve a 280–100 nm közötti UV-C sugárzásra [1]. Az UV-sugárzás fő forrása a földön a napsugárzás. A földfelszínre legnagyobb mennyiségben

UV-A érkezik, az UV-B nagy részét, az UV-C teljes egészét elnyeli a sztratoszférában található ózonréteg. Azonban az ívhegesztés során a készülék az UV sugárzás teljes spektrumát kibocsátja [2].

Az UV sugárzás erős kölcsönhatásba lép élő organizmusokat felépítő molekulákkal, károsítva azokat, így komoly egészségügyi kockázatot jelent az UV sugárzásnak történő fokozott kitettség.

Az akut egészségügyi hatásaira jól ismert példák közé tartozik a keratoconjunctivitis és az erythema.

Az UV-C sugárzást a szaruhártya, az UV-B és UV-A sugárzást szintén a szaruhártya, illetve a szemlencse nyeli el, a retinát csak csekély mennyiségű UV sugárzás éri el [3]. A keratoconjunctivitis a szaruhártya gyulladással állapota, mely kellemetlen tünetekkel jár, mint a fájdalom, idegen test érzése a szemben, homályos látás, fényérzékenység, könnyezés és szemhéjgörcs. A tünetek 2 napon belül maguktól elmúlnak [4].

Az UV sugárzás okozta erythema, vagyis bőrpír fokozott véráramlás a bőrfelszíni kapillárisokban. Az UV-B és UV-C sugárzás direkt DNS-károsító hatása révén jön létre. A károsodást a szervezet felismeri, majd számos védekező mechanizmust indít be, beleértve a DNS-javítást a károsodás visszafordítása érdekében, az apoptózist és a hámleadást a helyrehozhatatlanul károsodott bőrsejtek eltávolítása céljából, valamint a fokozott melanintermelést a jövőbeli károsodások megelőzésére [5].

Az UV sugárzás számos krónikus folyamatot is indukálhat a szervezetben.

Az UV-B és UV-C sugárzás közvetlenül, illetve az UV-A-val együtt közvetve, reaktív oxigén gyököket létrehozva károsítják a DNS-t. Ez korai bőröregeledést, a bőr tónusvesztését, ráncok kialakulását okozza, metalloproteinázok indukálódnak, amik hasítják a bőr rugalmasságát biztosító strukturális fehérjét, a kollagént [6].

Az UV sugárzásnak való hosszú távú kitettség és az ennek következtében létrejövő DNS-károsodásnak az idő előtti bőröregeedésnél sokkalta súlyosabb következményei is lehetnek. Az UV sugárzás köztudottan karcinogén, speciális DNS-szekvenciák, úgynevezett protoonkogének és immunszuppresszor gének károsodása, és nem megfelelő javítása rák kialakulásához vezethet [7].

A UV sugárzás továbbá immunszuppressziót is indukál, ami súlyosbítja a fertőző betegségek lefolyását, illetve tovább növeli a bőrrák kialakulásának valószínűségét [8].

A szembe jutó UV sugárzás komoly rizikófaktora olyan súlyos, látásvesztést okozó betegségek kialakulásának is, mint a szürkehályog és makuladegeneráció [9].

### 1.1. UV sugárzás megengedett mértéke

Az UV sugárzásra értelmezhető egy napi maximális határérték, mely megadja, hogy az adott dolgozó mennyi időt tartózkodhat egy adott intenzitás mellett az UV-nak kitett területen. Ez a határérték  $\text{mW/cm}^2$ -ben van megadva, és a napi megengedett érték  $3 \text{ mW/cm}^2$ , ennél nagyobb mennyiség már károsíthatja a dolgozót. Ennek értelmezésében segítséget adhat az egyik mérésünk, melyet egy borús téli napon a szabadban végeztünk, ahol a napból származó UV sugárzás mértéke  $0,001\text{--}0,002 \text{ mW/cm}^2$ -v volt. Ebből következne, hogy  $30\text{--}60$  percet lehetne tölteni a szabadban. Ez azonban módosul, ugyanis a határérték megadásánál az UV-C sugárzást is figyelembe vesszük, amit az ózonréteg teljes mértékben kiszűr, így az értékek pozitívan módosulnak [3].

Az ultraviola sugárzásra megállapíthatunk egy napra értelmezhető biztonsági értéket. Ennek kiszámítására a következő két összefüggés ismertére van szükség (1), (2):

$$E_{eff} = \sum_{180}^{400} E_{\lambda} \cdot S(\lambda) \cdot \Delta\lambda \quad (1)$$

$$t_{max} = \frac{3 \text{ mJ/cm}^2}{E_{eff}} \quad (2)$$

Az első összefüggés megadja a sugárzás hatásfokát, a második pedig a napi megengedett határértéket. A sugárzás hatásfokát megadó összefüggésben a betűk a következőket jelentik:  $E_{\lambda}$  speciális sugárzás,  $\text{W}/(\text{cm}^2 \cdot \text{nm})$ ;  $S(\lambda)$  relatív spektrális hatékonyság;  $\Delta\lambda$  a középső hullámhossz, nm. A második összefüggésben a  $3 \text{ mJ/cm}^2$  értéke a napi megengedett értéknek felel meg, ezt, ha értelmezni szeretnénk a mérőműszerrel, azt kapjuk, hogy  $1$  másodpercig tehetjük ki magunkat  $3 \text{ mW}/(\text{cm}^2 \cdot \text{nm})$ -es UV sugárzásnak egy nap során [10].

Ezt az értéket a szervezet a nap során gyűjti össze, és védőfelszerelés nélkül gyorsan elérheti a határértéket. Itt érdemes megemlíteni, hogy ahogyan a sugárzás terjed, a levegőben a sugárzás mértéke nagymértékben csökken a távolság függvényében. Továbbá hegesztés közben az ívfény hullámhossz-kibocsátása változik a közeg (védőgáz) függvényében aszerint, hogy a közeg milyen tartományban bocsát ki nem látható, illetve látható fényt [3].

## 2. Kísérlet

Az ívhegesztés esetében az UV sugárzás egy elkerülhetetlen veszélyforrás. Jelenleg is alkalmaznak emiatt egyéni védőeszközöket, például: a bőrfelületek ruhákkal való eltakarása vagy a hegesztőmaszkok, -pajzsok vagy védőszemüvegek. Ezeket a védőfelszereléseket sok éve használják, melyek főleg az UV fény elnyelésére, kitakarására koncentrálnak, és csak a közvetlen viselőt védik. A hegesztőcsarnokokban függönyökkel, paravánokkal választják le az egyes hegesztőállomásokat, így védve a többi hegesztőt. A felvetésünk abból adódott, hogy az adott sugárzási intenzitásnak az ismeretében kialakítható egy biztonsági zóna, miközben nincs szükség az állomások teljes eltakarására. Így, ha valaki szeretne közöttük közlekedni, ezt könnyen megteheti, és nem kell viselnie védőfelszereléseket, csak tartania kell a kijelölt útvonalakat.

### 2.1. A kísérlet menete

Irodalomkutatásban találtunk mérési eredményeket, melyeket referenciaként használtunk kísérleteink értékelésénél. A kísérlet fő célja, hogy mérje az adott idő alatt leadott ultraviola sugárzás mértékét, és ennek segítségével a távolság függvényében megadjon egy napi maximum értéket, melynek a szervezetre ki lehet téve. Ennek a mennyiségnek a betartása fontos, hiszen az ajánlás figyelmen kívül hagyása könnyen okozhatja a már előzetesen ismerttetett egészségügyi problémák kialakulását.

A varratokat egy hegesztőgép segítségével hegesztettük, melyen könnyen szabályozhatók mind a hegesztési paraméterek, mind a gázkeverékek kiválasztása tekintetében. A cél a kísérlet során a különböző gázkeverékek UV kibocsátására gyakorolt hatásának megismerése volt. A kísérlet elrendezését az 1. ábra szemlélteti.

A mérések során megállapítottuk, hogy az egyes védőgázkeverékek befolyásolhatják az ultraviola sugárzás mértékét. Ezen kívül végeztünk méréseket, hogy más hegesztési eljárás esetében hogyan változhat az UV-kibocsátás, és érdekes volt megfigyelni, hogy egy TIG-hegesztés esetében azonos anyag és védőgáz mellett sokkal alacsonyabb értékeket tudunk mérni, ami pozitívum, hiszen ez az eljárás még nagyon széles körben manuális hegesztési eljárás.

Kapott mérési eredményeink közül néhány jellemző értéket az 1. táblázat tartalmaz a teljesség igénye nélkül. A mérést több pontból végeztük, és az ív mozgása miatt a távolság változott, így a ka-

pott értékeink egy tartományként jelennek meg. Ezen adatok segítségével bemutatható a fény terjedése. A gáz, melyet védőgázként használtunk a teszthez, szén-dioxid (CO<sub>2</sub>) volt, és az alkalmazott alapanyag S235 acél. A hegesztést SG2 hozaganyaggal végeztük, 7 m/perc-es előtolással és 18 l/perc-es védőgáz-adagolással, valamint 171 A áramerősség beállításával.

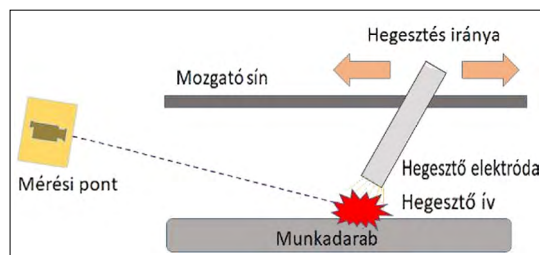
Az eredményekből jól látható, hogy a távolság függvényében milyen nagy változás következik be már 1 m távolság esetében az ultraviola sugárzás intenzitásában. Ahogy a sugárzás terjed a közegben (levegőben), viszonylag gyorsan csökken az intenzitása a távolság függvényében. Ha helyesen jelöljük meg a távolságokat, könnyen kézben tartható lehet a probléma.

A szakirodalomban találtunk olyan kutatást, ahol azonos védőgázzal végeztek kísérleteket, ezekkel vetettük össze az eredményeinket. Az Otokpa O., E., Usman Y. B. kutatócsoport által végzett eredményeket a 2. ábra tartalmazza [11].

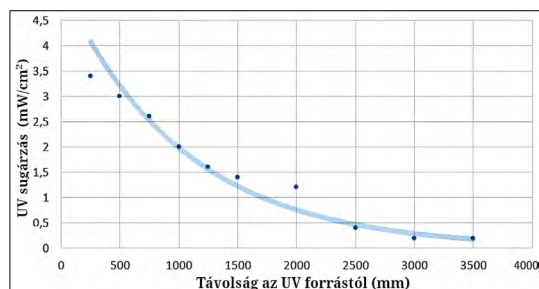
A diagram egy hasonló védőgázzal végzett kísérlet eredményeit mutatja, de az alkalmazott áramerősség nagyobb volt. A diagramból leolvasható az UV-terjedés jellege, azonban nem teljesen azonos a saját eredményeinkkel.

### 1. táblázat. UV-adatok a távolság függvényében

| Távolság (m)                         | 0,5     | 1        | 1,5       |
|--------------------------------------|---------|----------|-----------|
| UV sugárzás mW/(cm <sup>2</sup> ·nm) | 1,1–2,3 | 0,34–0,6 | 0,095–0,2 |



1. ábra. A mérés sematikus ábrája



2. ábra. Az UV-intenzitás a távolság függvényében

### 3. Következtetések

A kutatásunk jelenlegi állásaként elmondhatjuk, hogy a kísérletek eredményei alátámasztják a feltevést, miszerint a távolság függvényében a védőgáz és a hegesztési eljárás ismeretében ki tudunk alakítani egy adott biztonsági zónát. A zóna meghatározásához azonban szükséges ismerni, hogy egy adott dolgozó mennyi időt fog eltölteni a gépek között mozogva, ugyanis még 2,5 m távolságban is csak viszonylag kevés időt megengedett eltölteni a hegesztőberendezések mellett. Véleményünk szerint a gépek elhelyezésével érdemes lenne egy modellt készíteni, mely az útvonalat a haladási sebességgel együtt kiszámolhatóvá teszi.

### Szakirodalmi hivatkozások

- [1] Gallagher R. P., Lee T. K., Bajdik C. D. & Borugian M.: *Ultraviolet radiation*. Chronic diseases in Canada, 29/1. (2010) 51–68.  
<https://doi.org/10.24095/hpcdp.29.S1.04>
- [2] Dixon A. J. & Dixon B. F.: *Ultraviolet radiation from welding and possible risk of skin and ocular malignancy*. Medical Journal of Australia, 181. (2004) 155–157.  
<https://doi.org/10.5694/j.1326-5377.2004.tb06207.x>
- [3] Takahashi J., Nakashima H., Fujii N., Okuno T.: *Comprehensive analysis of hazard of ultraviolet radiation emitted during arc welding of cast iron*. Journal of Occupational Health, 62. (2019) 1–10.  
<https://doi.org/10.1002/1348-9585.12091>
- [4] Hussey M., Wu B., Moore L. A. & Ferrreira J. T.: *Review of photokeratitis : Corneal response to ultraviolet radiation ( UVR ) exposure*. African Vision and Eye Health, 69. (2010) 123–131.  
<https://doi.org/10.4102/aveh.v69i3.137>
- [5] Sklar L. R., Almutawa F., Lim H. W. & Hamzavi I.: *Photochemical & Photobiological Sciences*. Photochemical & Photobiological Sciences, 12. (2013) 54–64.
- [6] Berneburg M., Plettenberg H. & Krutmann J.: *Photoaging of human skin*. Photodermatology, Photoimmunology and Photomedicine, 16. (2000) 239–244.
- [7] Narayanan D. L., Saladi R. N., Fox J. L.: *Ultraviolet radiation and skin cancer*. International Journal of Dermatology, 49. (2010) 978–986.  
<https://doi.org/10.1111/j.1365-4632.2010.04474.x>
- [8] Norval M., Halliday G. M.: *The Consequences of UV-Induced Immunosuppression for Human Health*. Photochemistry and Photobiology, 87. (2011) 965–977.  
<https://doi.org/10.1111/j.1751-1097.2011.00969.x>
- [9] Roberts J. E.: *Ultraviolet Radiation as a Risk Factor for Cataract and Macular Degeneration*. Eye & Contact Lens: Science & Clinical Practice, 37. (2011) 246–249.  
<https://doi.org/10.1097/ICL.0b013e31821cbcc9>
- [10] *TLVs and BEIs Based on the Documentation Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents and Biological Exposure Indices*. American Conference of Governmental Industrial Hygienists, 2022.
- [11] Otokpa O. E., Usman Y. B.: *An assessment of ultraviolet radiation components of light emitted from electric arc and their possible exposure risks*. Global Journal of Pure and Applied Sciences, 19/2. (2013) 145–149.  
<https://www.ajol.info/index.php/gjpas/article/view/118658>