

Schramkó Márton¹, Kovács Tünde², Pinke Péter²

Az ultraviola (UV) sugárzás veszélyei és lehetséges mérési eljárásai a hegesztéstechnológiában

The dangers of ultraviolet (UV) radiation and possible measurement methods in welding technology

¹ Óbudai Egyetem, Anyagtudományok és Technológiák Doktori Iskola

² Óbudai Egyetem – Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar

Absztrakt

A vizsgálatok célja az irodalomban szereplő UV-sugárzási mérési adatok és laboratóriumi körülmények között végzett saját mérések összehasonlítása volt. Az alapul szolgáló irodalmi adatokat O. E. Otokpa és Y. B. Usman kutatócsoportja publikálta, akik CO₂ védőgázzal, 200 (A) áramerősség mellett végeztek méréseket S235-ös acél hegesztése során. A saját mérések hasonló körülmények között történtek, huzalelektrodás védőgázos ívhegesztési technológiával. A mért UV-sugárzás intenzitása a távolság függvényében hasonló jelleggörbét mutatott, azonban az adatok jelentős szórást (kb. 10%) mutattak, amelyet több tényező is befolyásolhatott, például az elszívás hiánya, ívinstabilitás és geometriai eltérések. A pontosabb és megbízhatóbb eredmények érdekében a mérések TIG hegesztési eljárással, argon védőgázzal folytatódtak. Ez stabilabb ívviszonyokat biztosított, a szórás mértéke 3–5%-ra csökkent. Ezt követően hélium védőgázzal is történt vizsgálat, mivel a hélium alacsony UV-sugárzási hajlamú, és kedvező ívstabilizáló tulajdonságokkal rendelkezik. A mérések során a távolság állandó maradt, és kizárólag az áramerősség változott. A mért adatok alapján az UV-sugárzás intenzitása az áramerősséggel közel négyzetes arányban nő, míg a távolsággal csökken. Ez alapján javasolható egy becslési modell, amely segítségével meghatározható az adott eljáráshoz és gázhoz tartozó biztonsági zóna.

Kulcsszavak: Ultraviola sugárzás (UV), hegesztés veszélyei, hegesztés közbeni sugárzások, UV-A, UV-B

Abstract

The investigation aimed to compare UV radiation measurement data available in the literature with results obtained under laboratory conditions. The reference data were published by the research group led by O. E. Otokpa and Y. B. Usman, who conducted measurements during the welding of S235 steel using CO₂ shielding gas and a current of 200 (A). The in-house measurements were performed under similar conditions using gas metal arc welding (GMAW). The measured UV radiation intensity as a function of distance showed a similar characteristic curve; however, the data exhibited significant deviation (approximately 10%), likely due to factors such as insufficient fume extraction, arc instability, and geometric variations during welding. To achieve more accurate and reliable results, subsequent measurements were performed using tungsten inert gas (TIG) welding with argon shielding gas. This ensured more stable arc conditions and reduced the deviation to 3–5%. Further measurements were also carried out with helium shielding gas, due to its low UV emission potential and excellent arc-stabilising properties. During these tests, the distance from the arc remained constant, and only the current was varied. Based on the measured data, UV radiation intensity was found to increase approximately quadratically with current and decrease with distance. These results support the proposal of an estimation model that can be used to define safety zones for specific welding methods and shielding gases, based on expected UV radiation levels.

Keywords: Ultraviolet radiation (UV), welding hazards, radiation during welding, UV-A, UV-B

1. Bevezetés

A hegesztéstechnológiában többféle káros hatás érheti a hegesztést végrehajtó, illetve hegesztést előkészítő személyeket. Ezen káros hatásokból két főcsoport emelhető ki, a fényhatás által okozott expozíciós sérülések és szövödményeik, illetve füstgáz belégzés következtében kialakuló egészségügyi károsodások és szövödményeik.

Az évek során egyre többen foglalkoznak a hegesztés során tapasztalható káros hatásokkal, melynek eredményeképpen egyre nagyobb hangsúly kerül a hegesztők és a kiszolgáló személyzet védelmére. Az elektromágneses sugárzásból származó roncsoló hatásokat több csoportba oszthatjuk a fény hullámhossz szerinti spektrumai szerint. Az 1. ábra a fény hullámhossz szerinti spektrumait mutatja be, a hegesztés során a látható fény és a nem látható fény csoportjába sorolható hullámhosszú fény keletkezik. Két olyan a nem látható fény spektrumba tartozó sugárzás az, ami a legnagyobb egészségügyi kockázatot jelenti: az ultraviola (UV) és a lézersugárzás [1].

Az utóbbi időben egyre többen foglalkoznak a hegesztés során tapasztalható káros hatásokkal, melynek eredményeképpen hangsúlyosabban kerül előtérbe a hegesztők és a kiszolgáló személyzet védelme. A fény hullámhossz szerinti spektrumában több olyan hullámhosszú sugárzás található mely az élő szövetre súlyos kockázatot jelent,

erről a spektrumbontásról az 1. ábra ad átfogó képet. Az ábrán jól elkülönülnek a látható féynél nagyobb és kisebb hullámhosszúságú tartományok, melyek mindig megjelennek a hegesztés esetében. Ez alapján két fő csoportot különböztetünk meg a hegesztés során. Az 1. ábrán jól beazonosíthatók az elektromágneses sugárzás spektrumai között az ultraviola (UV) és az infravörös sugárzás spektrumai [1].

Az infravörös sugárzás elhanyagolható az ívhegesztési technológiák esetében, ellentétben a lézeres hegesztési eljárásokkal, amelyek során főleg az infravörös sugárzás tartományában keletkezik káros sugárzás. Az ívhegesztési technológiák esetén azonban az UV sugárzást és káros hatásait nem lehet figyelmen kívül hagyni. Ezen kívül érdemes megemlíteni a nemrégiben megjelent zöld és kék lézeres technológiákat, melyek gyakorlatilag UV tartományban állítanak elő lézersugarat [3].

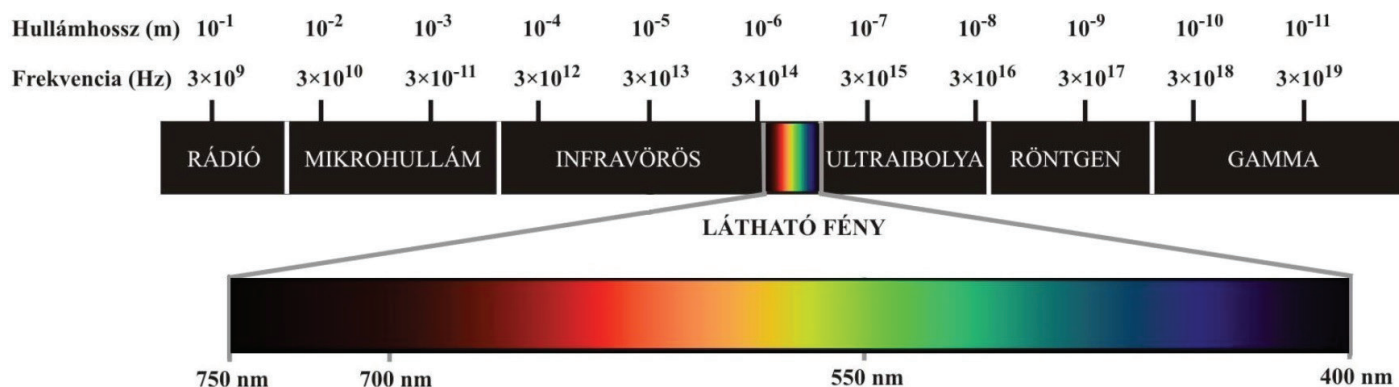
Ez a tanulmány a hegesztés során keletkező UV sugárzást taglalja részletesen, bemutatja annak veszélyeit és lehetséges mérési eljárásait. Célunk, hogy áttekintést adjunk az UV sugárzással kapcsolatos problémakörrel, valamint a sugárzásból adódó veszélyekről, amelyek khatással lehetnek a hegesztéstechnológiát alkalmazókra, azok kiszolgáló személyzetére, illetve a környezetében lévő felületekre is [4].

Az elmúlt években számos kísérlet és vizsgálat [5-9] foglalkozott már

az UV sugárzás veszélyeivel, ezeket alapul véve szeretnénk röviden részletezni az UV sugárzás hatását az emberi szervezetre.

Az UV sugárzás az elektromágneses spektrum azon tartománya, amely a látható fény (kb. 400–750 (nm)) és a röntgensugárzás hullámhossza között helyezkedik el. A fény spektrumában az UV sugárzás elhelyezkedését tekintve a 10–400 (nm) hullámhossz-tartományba esik. Az emberi szem számára nem érzékelhető, mivel rövid hullámhossza és ezzel együtt nagy frekvenciája miatt kívül esik az érzékelhető spektrális tartományon (lásd az 1. ábrát). Az „ultraviola” elnevezés arra utal, hogy a látható spektrumon túl az ibolyántúli sugárzásról beszélünk. Az infravörös (IR) (infrared) sugárzás megnevezése a vörös színtartomány feletti, nagyobb hullámhosszúságú sugárzást jelöli [5, 6]. Az IR olyan elektromágneses sugárzás, amelynek hullámhossza kb. 700 (nm) és 1 (mm) közé esik. Az emberi szem számára nem látható, de hőérzetet kelt, mivel az anyagok melegedését okozza.

Az UV sugárzás többféle módon is csoportosítható, a két legelterjedtebb szempont a hullámhossz távolság szerinti csoportosítás, mely a sugárzás látható fénytartománytól vett távolságával jelöli a sugárzást és az ennél elterjedtebb áthatoló képesség (energiaszint) alapján történő csoportosítás, mely a hullám felületeken való áthatoló és DNS károsító tulajdonságait emeli ki (1. táblázat) [6, 7].



1. ábra A fény hullámhossz spektruma [2]

1. táblázat

Az UV sugárzás csoportosítása [6-9].

Az Ultraviola sugárzás csoportosítási módjai			
A látható fénytől vett távolság alapján		Energia szint alapján	
Extrém ultraviola sugárzás	10-100 (nm)	EUV vagy XUV	10-100 (nm)
Távoli Ultraviola sugárzás FUV	100-200 (nm)	UV-C	100-280 (nm)
Közepes Ultraviola sugárzás MUV	200-300 (nm)	UV-B	280-320 (nm)
Közelí Ultraviola sugárzás NUV	300-400 (nm)	UV-A	320-400 (nm)

Az elterjedtebb csoportosítás, amivel a mindennapokban is találkozhatunk, az energia szint alapján történő besorolás. Amikor nyáron bejelentik az UV riasztást az az UV-A és UV-B kategóriába értelmezhető, ezen kívül az iparban alkalmazott gépek és berendezések mérési vagy kibocsátási tartománya is általában az UV-A vagy UV-B tartományba esik. Ennek az az oka, hogy az UV-C tartománnyal alapvetően kevés esetben találkozunk a mindennapokban ugyanis a föld atmoszférája elnyeli ezt a sugárzás tartományt, valamint a sugárzás előállítása is nehezebb, mint az UV-A és UV-B sugárzásnak.

Részletesebben elemezve ezeket a tartományokat:

UV-A (320–400 (nm)): Az UV-sugárzás ezen spektruma rendelkezik a legnagyobb hullámhosszal és a legkisebb energiával, ennek megfelelően ez a legkevésbé káros tartomány. Ennek az elterjedt megnevezése a „fekete fény”, mivel fluoreszcens hatást vált ki a különböző anyagokban, így gyakran alkalmazzák díszletekben és szórakoztatóipari célokra. Embernél ritka, de előfordulhat, hogy képes érzékelni ezt a fényt, UV-A észlelés például afákiás (szemlencse nélküli) egyénekénél lehetséges.

UV-B (290–320 (nm)): Ez a tartomány már biológiailag károsodást okozhat, hosszabb idejű expozíció esetén égési sérülést, bőr irritációt eredményez, továbbá fokozza a bőrrák kialakulásának veszélyét és a sejtszintű roncsolás mértéke is jelentős lehet. A Föld ózonrétege azonban az UV-B sugárzás mintegy 95%-át

elnyeli, ezáltal jelentősen mérséke-li annak egészségre gyakorolt káros hatásait a földfelszínen.

UV-C (100–280 (nm)): Ez a legrövidebb hullámhosszúságú, ugyanakkor legnagyobb energiájú, ezáltal legkárosabb hatású sugárzás. Az atmoszféra ezt is kiszűri, különösen az ózonréteg, mely szinte teljes mértékben elnyeli, így természetes körülmények között nem találkozunk ezzel a sugárzással. Az UV-C mesterséges forrásait sterilizálásra és fertőtlenítésre használják, mivel képes a mikroorganizmusok DNS-ét és RNS-ét roncsolni. Az ipari környezetben, például ívhegesztés során azonban ez a sugárzás lokálisan keletkezhet, közvetlen expozíció esetén, megfelelő védelem nélkül, komoly egészségügyi kockázatot jelent [8-9].

A fentiek alapján látható, hogy az UV sugárzás többnyire nem kedvező az emberi szervezetre. Mielőtt az UV sugárzásnak kiemelnénk a káros hatásait, érdemes megjegyezni, hogy megfelelő dózisban van jó hatása is, egy fontos szerepet vállal ugyanis a D vitamin előállításához, azonban a szervezetnek szüksége van UV sugárzásra a D-vitamin előállításához azonban ez a szint elérhető heti 10-15 perc napozással és ezen belül is főleg az UV-A sugárzás felső tartományát érinti. Az élő szervezetre gyakorolt pozitív hatásán kívül van még más hasznos tulajdonsága is, főként az antibakteriális hatása felülettisztítás esetében. Érdemes megemlíteni, hogy egyes betegségeknél a gyógyulás támogatásához szokták alkalmazni az UV sugárzást,

ilyen betegségek például a pikkelysömör, ekcéma, sárgaság, vitiligo, atópiás dermatitisz és lokalizált szkleroderma. Azonban a káros hatások lényegesen háttérbe szorítják a pozitív hatásokat, ha nem figyelünk a megfelelő kitettségi időre. Az emberekénél a túlzott UV-sugárzás akut és krónikus káros hatásokat okozhat a szem dioptriás rendszerében és a retinában. A bőr, a cirkadián rendszer és az immunrendszer is érintett lehet. Ez a kockázat nagyban növekedhet azoknál, akik olyan környezetben dolgoznak vagy élnek, ahol az UV sugárzás nagyobb mértékű, például: nagy tengerszint feletti magasság; havas vidéken élők; vízfelszín közelében dolgozók, hegesztéssel foglalkozók esetében [8-9].

A különböző hullámhosszúságú sugárzásnak az emberi szaruhártyára és bőrre gyakorolt hatásai eltérőek. A hatásspektrum azt mutatja, hogy az UV-A nem vált ki azonnali reakciót, hanem az UV-sugárzás fotokeratitist és bőrpírt okoz (a világosabb bőrűek erre érzékenyebbek) a 315 (nm)-es UV-B sávtól kezdődően a 300 (nm)-re csökkenő hullámhosszokon. A bőr és a szem a legérzékenyebb a 265–275 (nm)-es UV-sugárzásra, amely az alsó UV-C sávban van. Szerencsére ezt a tartományt a légkör kiszűri, viszont olyan munkavégzés során, ahol helyben keletkezik az UV sugárzás (pl. hegesztés), erre nincs lehetőség. Ezért a védőfelszerelés, vagy megfelelő krémek használata igen fontos. Sajnos a szem az egyik leginkább kitett az UV sugárzás károsító hatásának. Az emberi szem a nemlátható spektrum alsó tartományában, például UV-C sávban, 265–275 (nm)-en a legérzékenyebb az UV-sugárzásra, amely főként hegesztési eljárások során vezethet károsodáshoz. Az ilyen hullámhosszúságú sugárzás szinte hiányzik a földre érkező napfényből, így szervezetünknek semmilyen védelme nincs ellene. Ez a sugárzás „hegesztővillanást” vagy „ívszemet”

(fotokeratitist) okozhat, és szürkehályoghoz, pterygium és pinguecula képződéshez vezethet. A fotokeratitis jelentése: retina gyulladás, mely homályos látás, fényérzékenység, fájdalom jellemez, így evvel a megnevezéssel több betegséget jellemzünk a témakörben. A 280 (nm) és 320 (nm) közötti fényben lévő UV-B kisebb mértékben fotokeratitist ("hóvaksgot") is okoz, és károsodhat a szaruhártya, a lencse és a retina is [10].

Az eddig leírtak alapján látható, hogy milyen fontos a hegesztési fény nyel szembeni védelem. Amennyiben nem védekezünk megfelelően az UV sugárzással szemben, károsodások nagyon könnyen alakulhatnak ki. Érdemes megemlíteni továbbá, hogy az UV sugárzás egy kumulatív sugárzás, mely egész életünk során gyűlik, és minden túlterhelés egyre rosszabb helyzetbe hozza szervezetünket, növelve a rák és egyéb, már említett veszélyek kockázatát. Az UV sugárzás napi határértéke $3 \left(\frac{mJ}{cm^2}\right)$. Ez annyit jelent, hogy minden nap ekkora terhelésnek tehetjük ki szervezetünket anélkül, hogy maradandó károsodást szenvednénk (például leégnénk) [11].

2. A hegesztés során keletkező UV sugárzás mérési módszerei

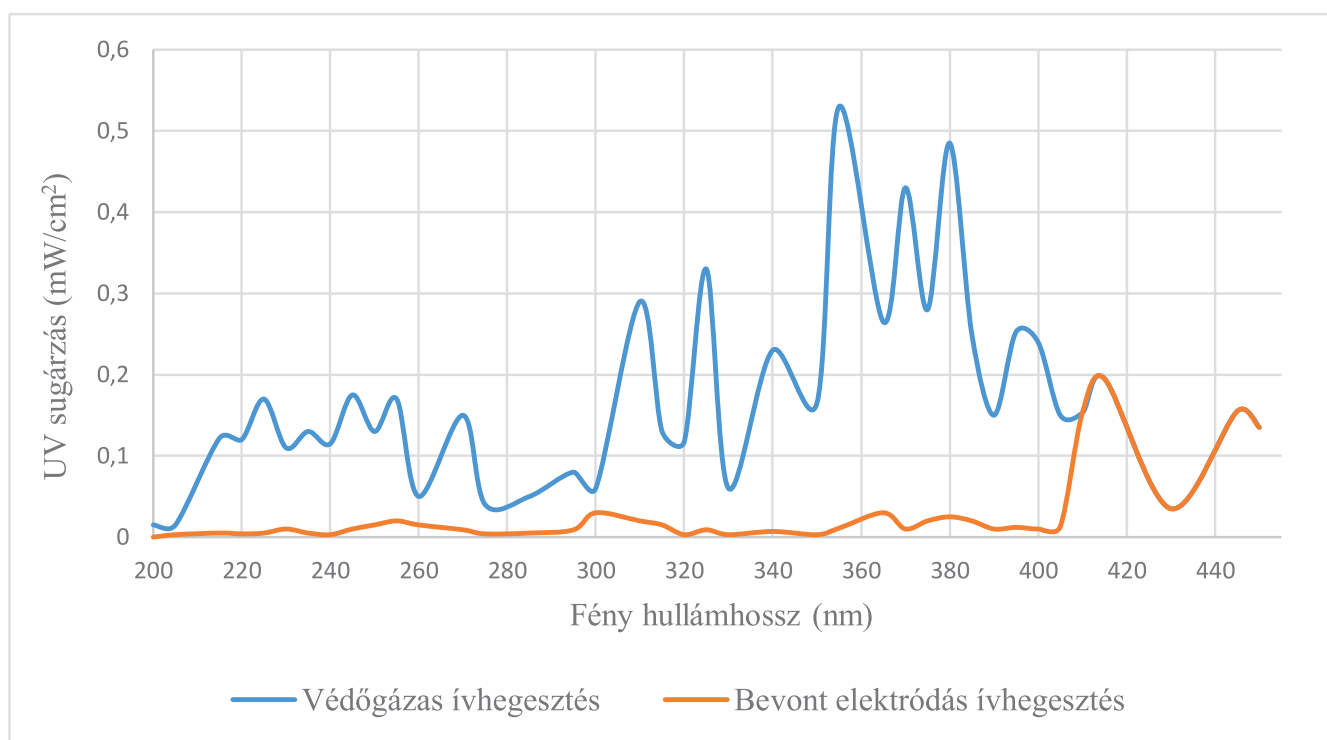
A hegesztési technológiák sorából kiemelhető a huzalelektrodás védőgázos ívhegesztés, amely a legnagyobb UV sugárzással járó hegesztési eljárás. Ezt a megállapítást jól alátámasztja a 2. ábra is, melyen látható, hogy a rutilos bevonatú kézi ívhegesztés esetén sokkal kisebb az UV sugárzás mértéke, mint a MAG-hegesztésnél. Az ábrán látható, a MAG hegesztésre jellemző nagyobb mértékű UV-sugárzásnak több oka is lehet. A bevont elektróda esetén a bevonat olyan mértékben befolyásolja az ívet, hogy annak UV kibocsátása csökken, például gázfejlesztés és az ív kialakulásának eltérő körülményei miatt, melyek nem olyan kedvezően hatnak a nagymértékű, stabil plazmaképződésre [11].

A szakirodalomban fellelhető eredmények [11; 12], továbbá saját méréseink alapján [14; 15; 17] elmondható, hogy az UV sugárzás mértéke leginkább a huzalelektrodás védőgázos ívhegesztés esetén kimagasló, így ezt a területet érdemes mélyebben vizsgálni.

Az UV sugárzás mérése esetén általánosságban egy skálát, úgynevezett spektrumot, mérünk, melynek eredményeként megkapjuk az adott tartományban mérhető UV sugárzás nagyságát egy adott mérési tartományban. Ez a tartomány a mérőműszertől függ, de elmondható, hogy a könnyen beszerezhető sugárzást mérő berendezések a 280-400 nm közötti tartományt mérik. Az UV sugárzás számítására az (1) összefüggés ad iránymutatást, amely alapján a napi határérték a (2) összefüggés segítségével értelmezhető. Az első összefüggés kifejezi, hogy az adott UV-sugárzási tartomány milyen effektív behatoló képességgel rendelkezik, majd ezt összegezi a teljes UV spektrumra, a mért eredményeket súlyozva károságuk alapján, még a napi limit az aznapi meghatározott egészségügyi határértéket jelzi [12].

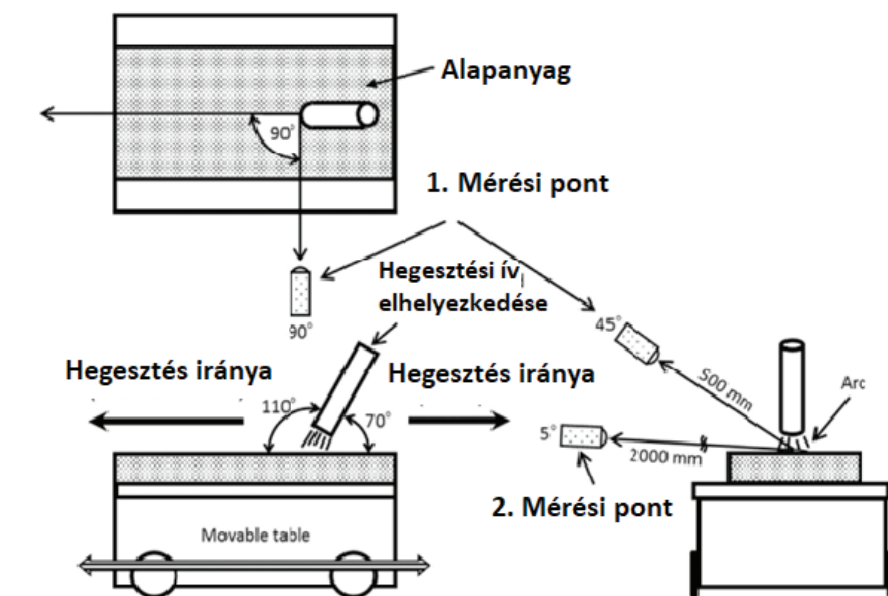
$$E_{eff} = \sum_{180}^{400} E_{\lambda} \cdot S(\lambda) \cdot \Delta\lambda \quad (1)$$

$$Napi\ limit\ (s) = \frac{3\left(\frac{mJ}{cm^2}\right)}{E_{eff}} \quad (2)$$



2. ábra A kézi ívhegesztés és a huzalelektrodás védőgázos ívhegesztés UV sugárzás eloszlása [11]

Az (1) képletben az E_λ adott hullámhossz sugárzás intenzitása, ($\frac{mJ}{cm^2 \times nm}$); $S(\lambda)$ relatív spektrális hatékonyság (-) mely megadja a spektrumba tartozó sugárzás sejt károsító képességét effektív hatékonyságát; $\Delta\lambda$ a közepső hullámhossz (nm), mely a mért tartomány átlaga melyre az előző paraméterek még érvényesek. A sugárzás intenzitás egy mért érték lesz a képletben még a relatív hatásfok egy szabvány adat mely több tartományra van megadva. A (2) összefüggésben a 3 ($\frac{mJ}{cm^2}$) a napi megengedett sugárzás értéke. A fenti összefüggések alapján számítható a napi UV sugárzási idő határértéke. A fenti összefüggések ismeretében már tervezhetők mérések az UV sugárzás károsító hatásának regisztrálására. Két mérési eljárás terjedt el jelenleg az UV sugárzás vizsgálatára. Az egyik módszer lényege, hogy adott kijelölt pontból vizsgáljuk az UV sugárzás mértékét (például UV lámpa kalibrálása) a másik módszer esetében pedig egy adott pontból eredő UV sugárzás mértékét mérjük változó tá-



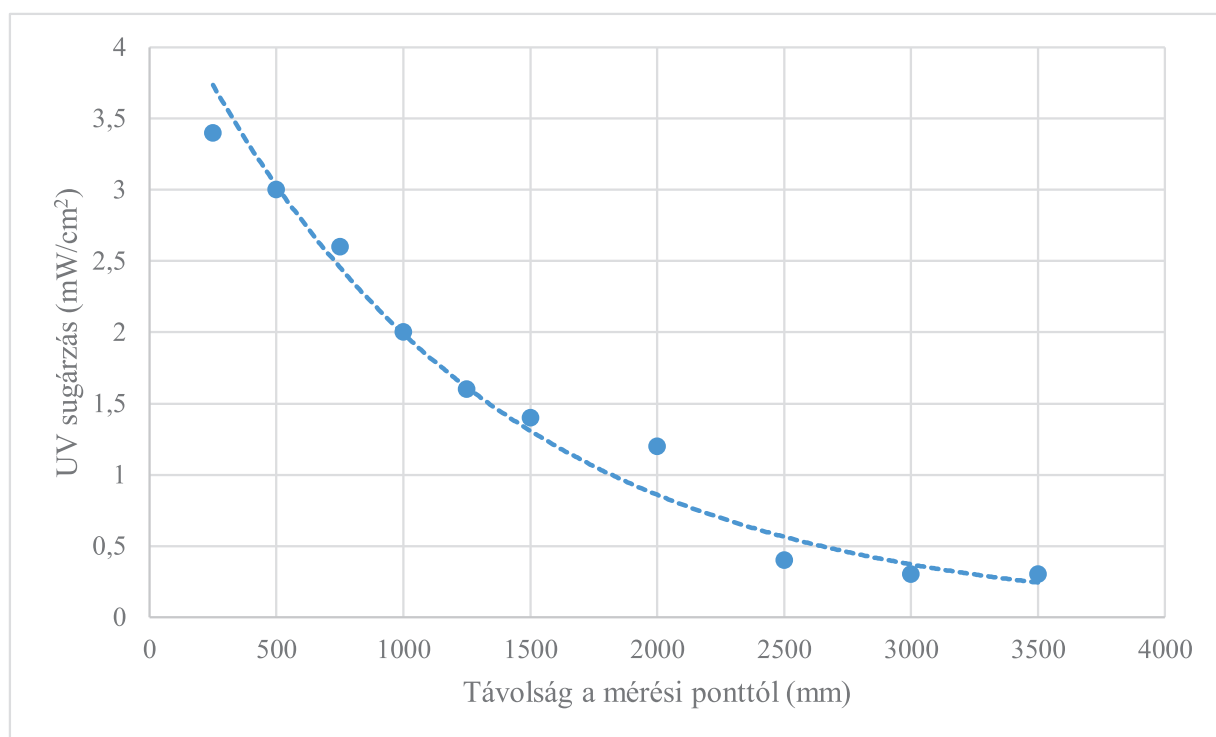
3. ábra UV mérési módszer és az elrendezés vázlatja [12]

volságokban (például UV sugárzás mérése hegesztésnél). A megfelelő módszert a mérés célja alapján kell kiválasztani. Az UV sugárforrás pontos méréseire egy pontból kell több mérést elvégezni, azonban a sugárzás terjedésére vonatkozóan érdemes több pontban mérést végrehajtani, különböző távolságokban a sugárzás forrásától [13].

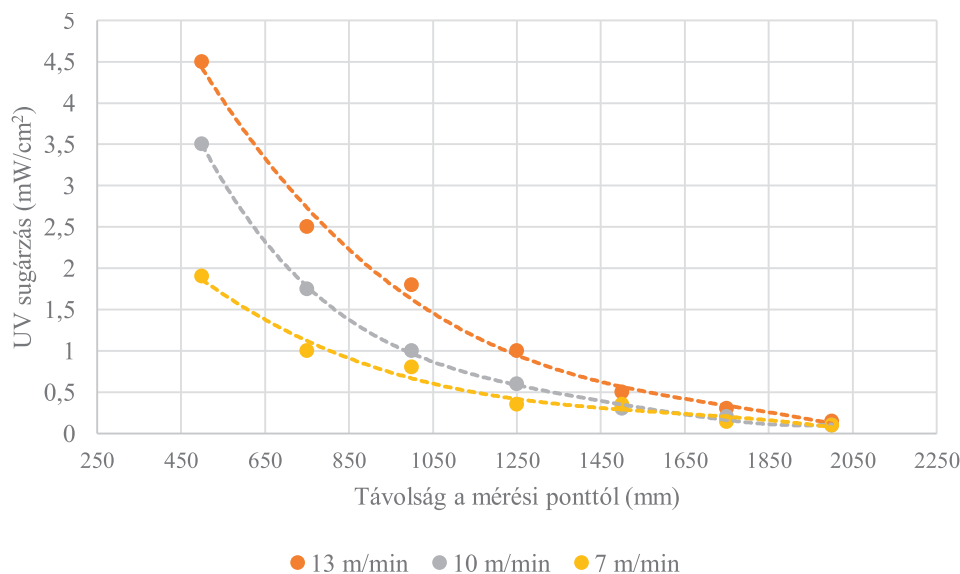
Jelenleg a hegesztéstechnikában

az UV sugárzás mérésére a második eljárás az elterjedt, a mérés elrendezését a 3. ábra mutatja.

A mérés során több pontban mérünk azonos beállítások mellett sugárzási értékeket, végeredményként kapunk egy átlagos sugárzási értéket, amely megmutatja az UV sugárzás mértékét a távolság függvényében egy adott hegesztési beállítás mellett.



4. ábra Az UV sugárzás mértéke a távolság függvényében irodalom alapján [12,14]



5. ábra Saját eredmények az UV sugárzás alakulására a távolság függvényében [15]

3. Eredmények bemutatása

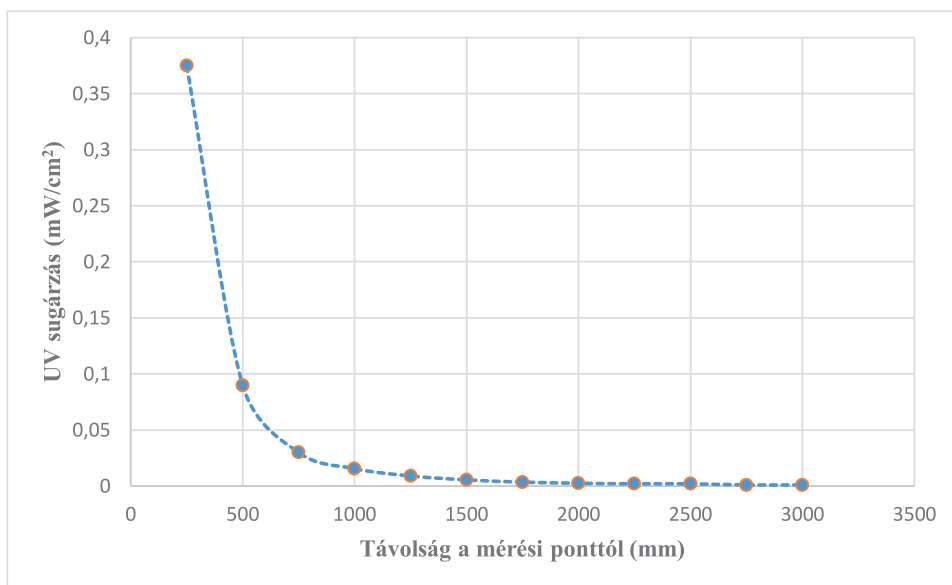
3.1. Saját eredmények és irodalmi eredmények összehasonlítása

A 3. ábrán vázolt összeállítás alapján saját kísérleteket végeztünk, mégpedig azért, hogy kísérleteink eredményét összevethessük a szakirodalomban megtalálható mérési eredményekkel. Az összevetés alapján az O. E. Otokpa és Y. B. Usman vezette kutatócsoport publikált eredményei szolgáltak, amelyek a 4. ábrán láthatók. Az ábrán látható méréseket 200 (A) áramerősség és CO₂ védőgáz használatával készítet-

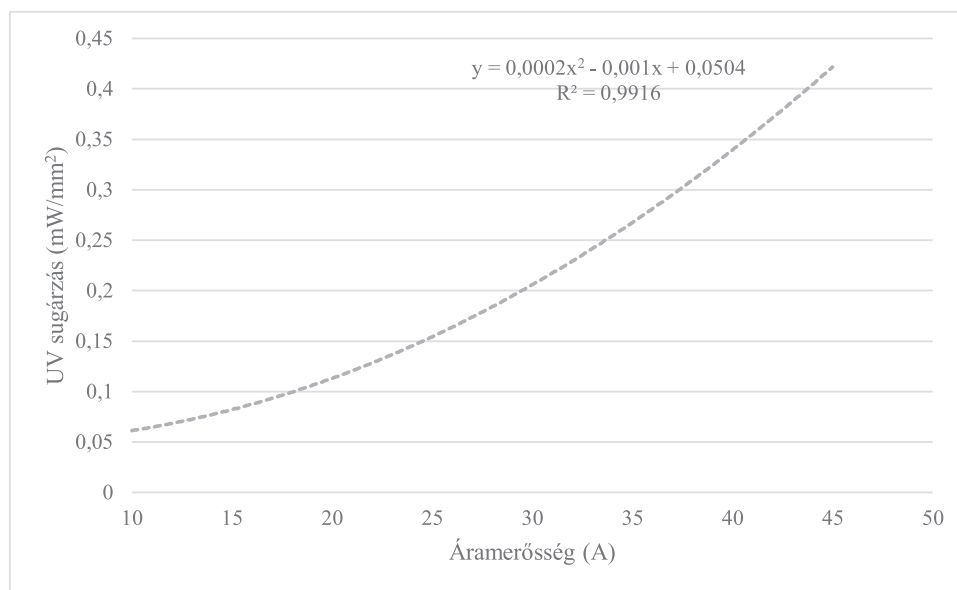
ték S235-ös acél hegesztése során, sajnos más adatokat nem közöltek. Az 5. ábra pedig a saját mérési eredményeinket mutatja CO₂ védőgáz alkalmazása során. A kísérletek során igyekeztünk állandó hegesztési paraméter-összeállítást használni. Kísérleteink paraméterei: széndioxid védőgáz (CO₂); alapanyag: SG2; huzaleltolások: 14 ($\frac{m}{perc}$); 10 ($\frac{m}{perc}$); 7 ($\frac{m}{perc}$); védőgáz mennyisége: 18 ($\frac{l}{perc}$) áramerősség ~ 171 (A); a sebesség az áramerősség függvényében változott [14].

A méréseink alapján, ahogyan az 5. ábrán is látható, hasonló eredményeket kaptunk. Az UV sugár-

zás intenzitása a távolság függvényében hasonló jellegű görbével volt jellemezhető, mint amelyet Otokpa és Usman közölt. Voltak negatív tapasztalataink is a mérés során, mégpedig az, hogy nagy volt az eltérés a mért UV sugárzás intenzitás egyes mérései között és a mérések során. Az 5. ábrán látható sugárzás intenzitás értékek 10 mérésekből származó átlagot jelölnek minden ponton, a szórás 10 (%) körüli volt. Az eltérő értékek kialakulásának oka lehetett a nem megfelelő elszívás, továbbá az, hogy a géprészben árnyékolta a hegesztést mozgás közben, illetve az ív instabilitása,



6. ábra Az UV sugárzás mértéke a távolság függvényében TIG hegesztés esetén



7. ábra Az UV sugárzás és az áramerősség kapcsolata hélium védőgáz esetében [17]

valamint a mozgásból adódó szögváltozások is befolyásolhatták a mért intenzitás értékeket. Összességében, bár a mérési eredmények megfelelőek voltak, a végeredmény sok kérdést hagyott megválaszolatlanul. Ebből adódóan egy másik mérési eljárást is javasoltunk, amely már az ívre és a benne keletkező UV sugárzásra fókuszál.

Ennél a kísérletnél már nem huzalelektrodás védőgázos ívhegesztést választottunk, hanem volfrám elektrodás semleges védőgázos ívhegesztést (TIG) alkalmaztunk argon védőgáz használata mellett. Ez nehezítette az összehasonlítást, mivel így nem ugyanazt a védőgázt használtuk, mint az előző kísérletnél. Ebben az esetben a védőgáz adagolási sebessége $6 \left(\frac{l}{perc}\right)$ és a hegesztés sebessége $5 \left(\frac{m}{perc}\right)$ volt. A 6. ábrán látható az UV sugárzás intenzitásának változása a távolság függvényében. Hozaganyagot nem adtunk hozzá a hegesztés során a hegesztett az áramerősség 160 (A), a próbadarab ebben az esetben is S235 volt.

A mért UV intenzitás értékek szórása ebben az esetben kisebb volt csak 3-5 (%), amely feltehetően a stabilabb ív kialakulással hozható összefüggésbe. Ennek alapján úgy döntöttünk, hogy a további kísérleteket TIG/TAG hegesztéssel végezzük.

3.2. Hélium védőgáz vizsgálat a TIG hegesztéssel

A további kutatás során hélium védőgázzal végeztünk kísérleteket, ennek oka, hogy a hegesztőívben a héliumnak a legkisebb az UV sugárzó képessége, amely az elektronpotenciáljából ered, továbbá nagyon jó az ívstabilizáló hatása is, amely a mérési eredmények reprodukálhatóságát növeli [16].

A mérés során egy lényeges módosítást hajtottunk végre, nem a távolság függvényében vizsgáltuk az UV sugárzást, hanem az áramerősség függvényében (egy választott pontból), ezzel egy változót csökkentettünk a vizsgálat során. A mérés célja, hogy az adott gázt vizsgáljuk a hegesztési folyamat során, ezzel átfogó képet kaphatunk a hegesztési ívben a védőgáz UV sugárzási intenzitását illetően. Ennek alapján ajánlást tudunk adni adott hegesztési eljárás és védőgáz esetében az UV sugárzás szerinti biztonsági terület kijelöléséhez. A mérési eredmények a 7. ábrán láthatók. A vizsgálat során a távolság fix volt, a gáz $15 \left(\frac{l}{perc}\right)$ sebességgel áramlott, csak az áramerősséget változtattuk a mérési pontokban, és az ívet két volfrám elektróda között hoztuk létre.

A 7. ábrán jól látható, hogy az áramerősség növelésével közel

négyzetesen arányosan növekszik a gázok UV sugárzó tulajdonsága, melynek oka a plazma hőmérsékletének és az ionizáció mértékének a növekedése [16]. A mérések alapján megállapítható, hogy az UV sugárzás mértéke a távolság függvényében nagymértékben függ a hegesztés során használt áramerősségtől és az ív stabilitásától, ezek pedig erős összefüggésben vannak a védőgáz fajtájával. Tehát ha ismerjük a védőgáz fajtáját, valamint annak várható UV sugárzási intenzitását adott áramerősség mellett, akkor következtethetünk a káros sugárzás mértékére is az adott távolságban. Erre lehetséges egy olyan feltelezett függvény megalkotása, melynek alapja, hogy a mérések során tapasztalataink szerint az UV sugárzás az áramerősség növelésének hatására közel négyzetesen növekszik, a távolság függvényében pedig jó közelítéssel négyzetesen csökken. A mérési eredmények alapján feltehető, hogy a két paraméter összefüggését közel lineáris rendszerben lehet használni. Tehát ha veszünk egy távolságot, ami lehetővé teszi, hogy 10 percet töltsünk el hegesztés közben védelem nélkül, akkor az áramerősséggel négyzetesen kell a távolságot is növelni.

4. Összefoglalás

Összeségében elmondható, hogy az UV sugárzásmérés megfelelően megválasztott mérési paraméterekkel és környezetben könnyen megvalósítható, a szakemberek és a kiszolgáló személyzet védelmében. A mérési módszerek és az eredmények közzététele ráirányítja a figyelmet az UV sugárzásra, mint az egyik meghatározó ártalomra. A jelenleg elterjedt mérések, - bár el látják funkciójukat – sokszor csak felületes információt szolgáltatnak. Ennek egyik oka, hogy a pontos méréseket biztosító speciális, drága mérőberendezések alkalmazása nem terjedt el. Hozzájárul ehhez még az is, hogy a jelenleg alkalmazott védőfelszerelések megfelelő alkalmazás esetén elégségesek a hegesztő személyzet védelmére.

Érdeemes megjegyezni, hogy a hegesztési ívplazma vizsgálatára több kísérletet kell még végezni. Ezen vizsgálatok biztosíthatják, hogy adott hegesztési munkarend esetén előre tervezhető legyen az UV sugárzás terhelése. Ez utóbbi ismeretében tervezhetővé válhat a szükséges védelmi zóna és védőfelszerelés. Lehetőség nyílna egy UV sugárzás mérő berendezés (pl. UV méter) kifejlesztése, mely hasonlóan működne, mint az atomerőművekben a sugárzás mérő: jelzi, ha az érintett személyzet eléri a napi, még megengedhető határértéket és a dolgozó tudomására hozza a veszélyt.

Irodalomjegyzék

- [1] Dixon, A. J. & Dixon, B. F. Ultraviolet radiation from welding and possible risk of skin and ocular malignancy. *Medical journal of Australia* **181**, 155–157 (2004)10.5694/j.13265377.2004.tb06207.x
- [2] Gerencsér Zsolt: Az anyanyulak termelését befolyásoló néhány környezeti tényező vizsgálata; (PhD) értekezés, Kaposvári Egyetem Állattudományi Kar 2011.
- [3] Takahashi, J. Comprehensive analysis of hazard of ultraviolet radiation emitted during arc welding of cast iron. *Journal of Occupational Health* **62**, 1–10 (2019). <https://doi.org/10.1002/1348-9585.12091>
- [4] Hussey, M., Wu, B., Moore, L. A. & Ferreira, J. T. Review of photokeratitis : Corneal response to ultraviolet radiation (UVR) exposure *. *African Vision and Eye Health* **69**, 123–131(2010).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**, 54–64 (2013)
- [6] Berneburg, M., Plettenberg, H. & Krutmann, J. Photoaging of human skin. *Photodermatology, Photoimmunology and Photomedicine* **16**, 239–244 (2000).
- [7] Narayanan, D. L., Saladi, R. N. & Fox, J. L. Ultraviolet radiation and skin cancer. *International Journal of Dermatology* **49**, 978–986 (2010). [doi: 10.1111/j.1365-4632.2010.04474.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-4632.2010.04474.x)
- [8] Norval, M. & Halliday, G. M. Invited Review The Consequences of UV-Induced Immunosuppression for Human Health. *Photochemistry and Photobiology* **87**, 965–977 (2011). [doi: 10.1111/j.1751-1097.2011.00969.x](https://doi.org/10.1111/j.1751-1097.2011.00969.x)
- [9] Gallagher, R. P., Lee, T. K., Bajdik, C. D. & Borugian, M. Ultraviolet radiation. *Chronic diseases in Canada* **29**, 51–68 (2010).doi.org/10.24095/hpcdp.29.S1.04
- [10] Fakhri Khusaini; Arif Setyawan; Faktor Karakteristik Individu dan Pekerjaan yang Berhubungan dengan Keluhan Fotokeratitis pada Pekerja Pengelasan di Bengkel Las Kecamatan Jagakarsa Tahun 2024; [doi: 10.31004/science.v1i3.133](https://doi.org/10.31004/science.v1i3.133)
- [11] O., E. Otokpa, Y. B Usman: An assessment of ultraviolet radiation components of light emitted from electric arc and their possible exposure risks, *Global Journal of Pure and Applied Sciences* Vol.19. 2013:145-149 [doi:10.43146gjpas.v19i1.18](https://doi.org/10.43146gjpas.v19i1.18)
- [12] Jyunya Takahashi, Hitoshi Nakashima, Nobuyuki Fujii, Tsutomu Okuno. Comprehensive analysis of hazard of ultraviolet radiation emitted during arc welding of cast iron; *J Occup Health*. 2019,00:1–10.1002/1348-9585.12091
- [13] TLVs and BEIs Based on the Documentation Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents and Biological Exposure Indices, 2020 ACGIH, ISBN: 978-1-607261-12-4
- [14] Kafi Abdallah, Nyikes Zoltán, Schramkó Márton, Kovács Tünde Anna. welding safety zones determination as a function of the UV radiation JOURNAL OF PHYSICS-CONFERENCE SERIES 2315: 1 Paper: 012029, 5 p. (2022) [doi: 10.1088/1742-6596/2315/1/012029](https://doi.org/10.1088/1742-6596/2315/1/012029).
- [15] Schramkó Márton, Kafi Abdallah, Gyura László, Kovács Tünde Anna. Experimental Study of the Gas Metal Arc Welding Ultraviolet Effect as a Function of the Distance LECTURE NOTES IN MECHANICAL ENGINEERING Vehicle and Automotive Engineering 4 pp. 917-924. Paper: Chapter 76, 8 p. (2022) [doi: 10.1007/978-3-031-15211-5_76](https://doi.org/10.1007/978-3-031-15211-5_76)
- [16] Y Cressault, A Gleizes, G Riquel. Calculation of the radiation emitted by isothermal arc plasmas in air and air-metal mixtures Proceedings of the 20th International Symposium on Plasma Chemistry, Philadelphia Chapter 115, 4 p. (2011) <https://www.ispc-conference.org/ispcproc/ispc20/115.pdf>
- [17] Schramkó Márton; Prof. Dr. Kovács Tünde; Dr. Pinke Péter; EXAMINATION OF THE INTENSITY OF UV RADIATION BY TIG WELDING; XXXII. Nemzetközi Hegesztési Konferencia Dunaújvárosi Egyetem 2024. 06. 06 - 08., 166. oldal, ISBN 978-615-6260-02-4