



FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA XVIII.

Kolozsvár, 2013. március 21–22.

A LÉZERES ANYAGMEGMUNKÁLÁS VESZÉLYESSÉGE

BAGYINSZKI Gyula, BITAY Enikő

Abstract

The laser is not just a technical managers (installation, operation) and technological (eg, parameter choices), but safety (accident and health) matters should be sufficiently knowledgeable about the relevant regulations must be observed. This brief overview aims to contribute to this, especially in raising awareness and highlighting the most important aspects.

Keywords:

laser radiation, power density, materials technology, laser equipment, hazard class, wavelength range, emission limits

Összefoglalás

A lézerüzemeltetőknek nemcsak technikai (telepítési, működtetési) és technológiai (pl. paraméterválasztási), hanem biztonságtechnikai (baleset- és egészségvédelmi) kérdésekben is kellően tájékozottnak kell lenni, a vonatkozó előírásokat be kell tartaniuk. Ez a rövid áttekintés ehhez kíván hozzájárulni, elsősorban a figyelemfelhívás és a fontosabb szempontok kiemelésének célzatával.

Kulcsszavak:

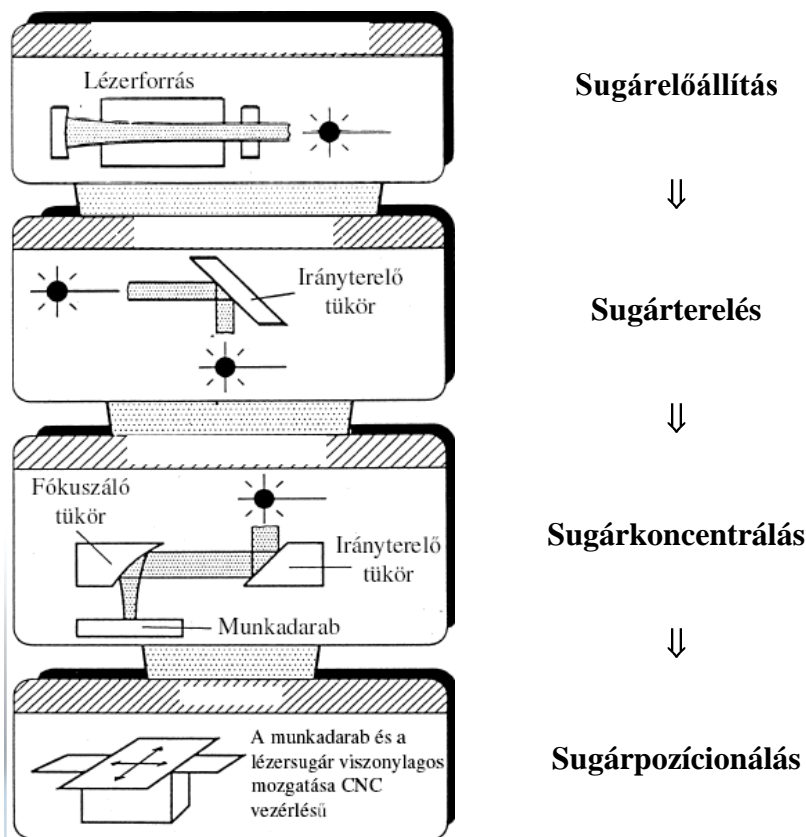
lézersugárzás, teljesítménysűrűség, anyagtechnológia, lézerberendezés, veszélyességi osztály, hullámhossz-tartomány, kisugárzási határértékek

1. Bevezető

A nagy teljesítménysűrűségű ($> 10^2\text{--}10^4 \text{ W/mm}^2$) lézersugaras hőforrások és a velük megvalósuló anyagtechnológiák (pl. vágás, hegesztés, felületkezelés) főbb jellemzői (1. ábra):

- gyorsan ki-be kapcsolhatók, pontosan, tehetetlenség nélkül, kontaktusmentesen adott helyre és mélységre (bonyolult geometriák követésére) pozícionálhatók;
- az egyébként nehezen hozzáférhető megmunkálási helyek is egyszerűen elérhetők (a sugárforrás – munkadarab távolság nincs szűk tartományra korlátozva);
- pontosan beállítható és jól ellenőrizhető a fókuszpozíció és a fókuszméret, illetve a sáv-követés;
- a teljesítmény nagy pontossággal szabályozható (csak az melegszik, amit kezelni akarunk);
- könnyen (tisztán elektronikus úton) valósul meg a folyamatszabályozás (a folyamatparaméterek egyszerűen, flexibilisen, gyakran fokozatmentesen változtathatók, adott berendezésnél jól reprodukálhatók), a megmunkálási ciklus gyorsan irányítható, illetve jól automatizálható (minden eljárás-paraméter számítógéppel vezérelhető);
- a folyamatos működés mellett impulzusos üzemmód is lehetséges;

- a kisebb hőbevitel, illetve kisebb termikus igénybevétel következtében a munkadarab nagyobb tömege hideg rugalmas állapotban marad, keskenyebb hőhatásövezet jön létre, kisebbek a deformációk és a méretváltozások, lehetővé válik előzetesen hőkezelt, illetve hőérzékeny állapotú anyagok megmunkálása is;
- a nagyobb alkalmazható relatív sebesség révén kisebb a fődő, nő a termelékenység, viszont magasak a beruházási és az üzemeltetési költségek, így jó kihasználtsági fokra kell törekedni a meglévő berendezésnél;
- de a „láthatatlan” sugárveszély egészségkárosító hatása ellen biztonságtechnikai eszközökre, illetve intézkedésekre van szükség.



1. ábra. Lézeres anyagmegmunkálás főbb sajátosságai

2. Lézerberendezések veszélyességi osztályai

A lézerberendezések igen intenzív, a látható vagy az infravörös, illetve az ultraibolya hullámhossztartományba (100 nm – 1 mm) eső, erősen nyalábolt elektromágneses sugárzást állítanak elő indukált emisszió útján. A lézersugárzás fotokémiai, termikus vagy optomechanikai hatásai károsodást idézhetnek elő. A sugárzás elsősorban a szemet károsíthatja, akár nem gyógyítható módon is. A balesetvédelmi előírás hatálya ezért kiterjed a lézersugárzás előállítására, továbbítására és alkalmazására, illetve az ezeket megvalósító berendezésekre vagy kísérleti eszközökre. A

lézersugárzás alkalmazásához tartozik a lézerberendezések próbaüzeme, rendeltetésszerű alkalmazása és karbantartása is.

Folyamatos működésű (folyamatosan sugárzó) a 0,25 s-nál hosszabb ideig működő lézer. Az impulzuslézer az energiáját egyedi impulzus vagy impulzusok sorozata formájában szabadítja fel, és egy impulzus hossza kisebb, mint 0,25 s. Az expozíciós idő egy impulzus, impulzussorozat vagy tartós folytonos működés időbeni hossza, amely alatt a lézersugárzás az emberi testre vetül.

Egy lézerberendezés veszélyességi osztálya a hozzáférhető lézersugárzás által feltételezhető veszélyeztetési mérték szerint a következő lehet (**2. ábra**):

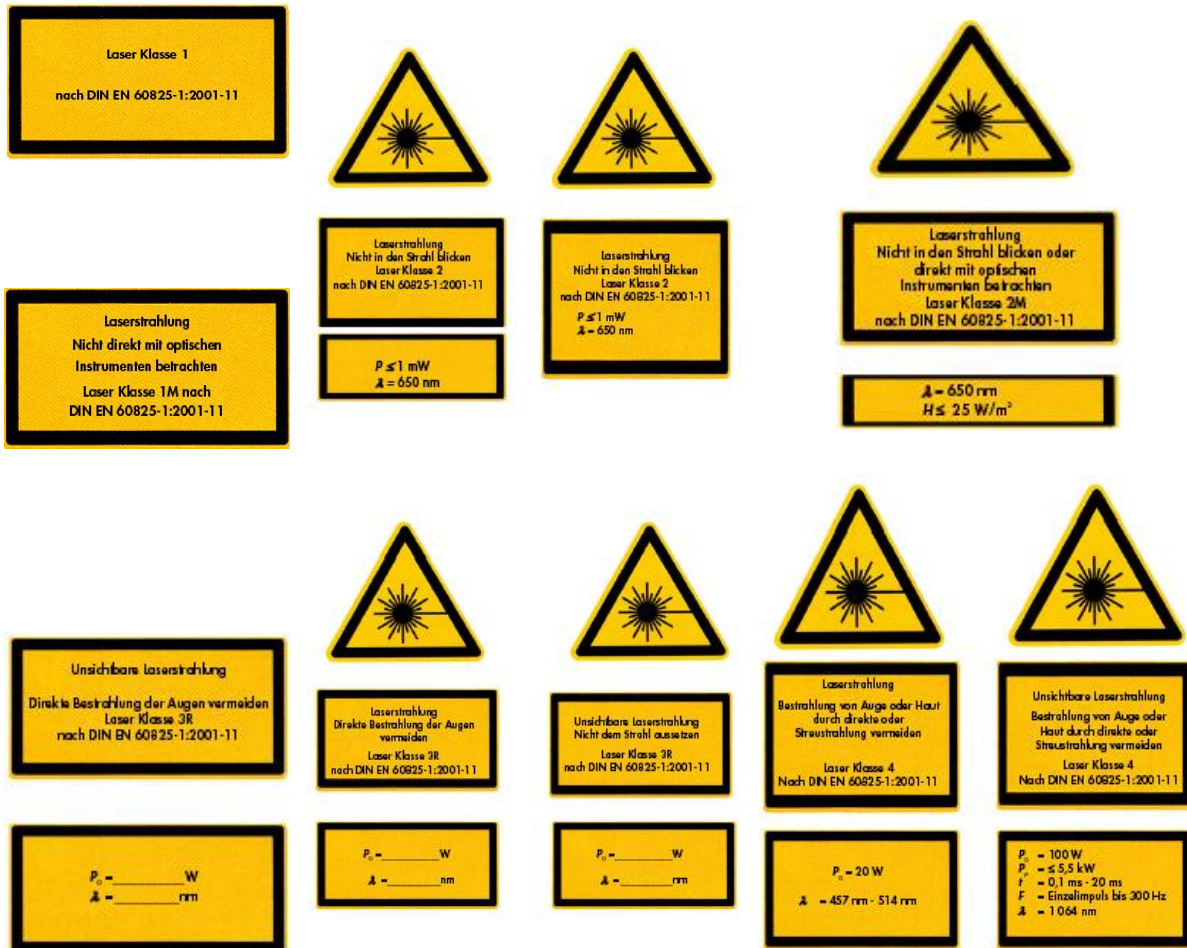
- 1. osztály: A hozzáférhető lézersugárzás veszélytelen.
- 2. osztály: A hozzáférhető lézersugárzás csak a látható hullámhossz tartományába esik (400 nm-től 700 nm-ig terjedően). Az ilyen sugárzás rövid ideig ($< 0,25$ s) a szemre veszélytelen.
- 3A osztály: A hozzáférhető lézersugárzás veszélyes a szemre, ha a sugárkeresztmetszetet optikai berendezés leszűkíti. Ha ez nem áll fenn, akkor a látható hullámhossztartományba (400 nm-től 700 nm-ig) eső rövid idejű ($< 0,25$ s) sugárzás, illetve más hullámhossz-tartományba eső hosszú idejű sugárzás veszélytelen (3R osztály).
- 3B osztály: A látható lézersugárzás veszélyes a szemre és különleges esetben a bőrre is ($P \leq 500$ mW).
- 4 osztály: A hozzáférhető lézersugárzás igen veszélyes a szemre és a bőrre. A szórt sugárzás szintén veszélyes, sőt a lézersugár égési vagy robbanási veszélyt idézhet elő.

Az 1-től 4-ig számozott osztályba sorolás tehát a lézersugárzás által feltételezhető veszélyeztetettségi mérték szerint növekszik. A szemre való veszélyességet külön veszik figyelembe, és ha a szemet és a bőrt azonos módon éri a sugárzás, akkor a szem a veszélyeztetettebb szerv.

Az 1. osztályú lézerberendezések többnyire magasabb osztályú beépített lézert tartalmaznak, amelynek sugárzása azonban olyan mértékben árnyékolt vagy legyengített, hogy a rendeltetésszerű alkalmazáskor kilépő lézersugár veszélytelen. Az 1. osztályú lézerberendezés karbantartásakor gyakran megváltozik a lézerberendezés veszélyességi osztálya; ekkor az így létrejött osztályra vonatkozó védőintézkedéseket kell megtenni. A 100 s feletti alapidejű 1. osztályú lézerberendezések csak rendeltetésszerű üzemeltetés esetén biztonságosak. Ez azt jelenti, hogy a lézersugárba való hosszabb idejű nézés veszélyes lehet.

A 2. osztályú lézerberendezéseknél a szemet a nyalábba való akaratlan, rövid ideig tartó nézés ellen pislogási reflex védi. A 2. osztályú lézerberendezéseket ezért minden további védőintézkedés nélkül üzembe lehet helyezni, ha szavatolják, hogy nem követelmény sem a 0,25 s-nél hosszabb idejű szándékos belenézés, sem pedig a nyalábba való ismételt nézés, illetve nincs közvetlenül visszaverődő lézersugárzás. A folyamatosan sugárzó 2. osztályú lézer esetén a megengedett kisugárzási határérték 1 mW.

Amennyiben nem alkalmaznak semmilyen sugárkeresztmetszetet szűkítő optikai eszközt, akkor a csak látható hullámhossztartományban sugárzó 3A osztályú lézerberendezések veszélyeztetési foka megegyezik a 2. osztályúakéval (2M osztály). A láthatatlan hullámhossztartományban sugárzó 3A osztályú lézerberendezések veszélyeztetési foka megegyezik az 1. osztályúakéval (1M osztály).



2. ábra. Lézerberendezések veszélyességi osztályának jelölései

A 3B osztályú lézerberendezések fókuszolatlan lézersugárzása általi, látható tartományban emittálódó szórt visszaverődésének nézése veszélytelen 13 cm-nél nagyobb távolságú és 10 s-nál rövidebb idejű észleléskor. A bőr hozzáférhető lézersugárzás általi veszélyeztetettsége fennáll a 3B. osztályú lézerberendezéseknél a nagyobb teljesítmény-, illetve teljesítménysűrűség-tartományban, ha a legnagyobb megengedett maximális expozíció értéke meghaladja a vonatkozó előírás hullámhosszfüggő értékét. A 3B. osztályú lézerberendezések alkalmazásakor adott esetben égési és robbanási veszély állhat fenn.

A 4. osztályú lézerberendezések nagy teljesítményű lézerek ($P \geq 500 \text{ mW}$), amelyek kimenő teljesítménye, illetve energiája meghaladja a 3B. osztályú berendezésekre meghatározott megengedett kisugárzási határértéket. A 4. osztályú lézerberendezések sugárzása olyan erős, hogy az expozíció

mindenfajta típusa a szemet vagy a bőrt károsíthatja. Ezenkívül a 4. osztályú lézerberendezéseknél mindig vizsgálni kell, hogy tettek-e megfelelő intézkedéseket az égési és robbanási veszély elkerülése érdekében.

A nagy teljesítményű lézert – ha azt az alkalmazás módja nem zárja ki – zárt térben kell működtetni. A hatásterületet mentesíteni kell a jól visszaverő tárgyaktól vagy felületektől. Ha a 3B. vagy 4. osztályú lézerberendezések lézertartománya esetén ez nem lehetséges, akkor a vállalkozónak a szem vagy a bőr védelme céljából megfelelő szemvédőket, védőruházatot vagy védőkesztyűt kell rendelkezésre bocsátania. A biztonságos üzemeltetéshez szükséges védőberendezéseket és személyi védőfelszereléseket a foglalkoztatottaknak viselniük kell. Az arc védelme és kesztyű viselése különösen az ultraibolya sugárzás tartományában (pl. eximer-lézernél) követelmény. Mivel a lézer-védőszemüvegek kielégítő védőhatása általában csak egy keskeny hullámhossztartományban hatásos, a különböző hullámhosszú lézereket ne egy időben, avagy egymástól elválasztott lézertartományban üzemeltessék.

3. További veszélyforrások

Mielőtt egy anyag intenzív lézersugár hatásának lenne kitéve, vizsgálni kell, vajon képződhetnek-e elgőzölgés, elégés, kémiai reakciók vagy elporlasztás (aeroszolhatás) által egészségre veszélyes koncentrációjú gázok, gőzök, köd vagy robbanásveszélyes keverék. Például műanyagok lézerrel való megmunkálásakor mérgező bomlási termékek keletkezhetnek. Az impulzusos lézersugárzás az anyagokon nemcsak gázok képződéséhez, hanem az anyag elporlasztáshoz (aeroszolképződés) is vezethet.

Intenzív lézersugár alkalmazásakor – különösen hegesztéskor, vágáskor, anyagleválasztáskor és anyagok hevítésekor – intenzív, koherens másodlagos sugárzás jöhet létre. A foglalkoztatottaknak kiegészítő védőszűrőt (pl. hegesztő-védőszűrő) kell viselniük a veszélyeztetés ellen.

4. Sugárvédelmi felelős

A 3B. vagy 4. osztályú lézerberendezés üzemeltetéséhez lézersugár-védelmi felelőst kell írásban megbízni. A lézersugár-védelmi felelős feladatkörébe elsősorban a következők tartoznak:

- tanácsadás a vállalkozó és felelős felettese számára a lézersugár-védelem kérdéseiben, a lézerberendezés beszerzésében és üzembe helyezésében, valamint az üzemi balesetvédelmi intézkedések meghatározásában, az egyéni védőfelszerelések szakszerű kiválasztásában;
- közreműködés a lézerberendezést üzemeltetők oktatásában és a lézerterületen kialakuló veszélyek, illetve védőintézkedések oktatásában;
- közreműködés a lézerberendezések vizsgálatában a vonatkozó előírásoknak megfelelően;
- a biztonsági és védőintézkedések betartásának ellenőrzése, különös tekintettel a szemvédők rendeltetésszerű használatára, a lézertartomány megjelölésére és behatárolására;

- a vállalkozó és a felelős felettesek informálása a lézerberendezés zavarairól és hiányosságairól;
- a lézersugárzás okozta balesetek üzemben belüli jelentése és azok kivizsgálása balesetvédelmi szakemberek bevonásával.

A lézersugár-védelmi felelős szakemberek képzésére szolgáló jóváhagyott tanfolyamoknak a következő tématerületeket kell tartalmazniuk: elmélet, gyakorlati alkalmazás, lézer biztonságtechnika. A „Lézer biztonságtechnika” szeminárium-blokk terjedelme 6 óra, de minimális óraszám legalább 4 óra legyen, és lebonyolítása során a következő témákat kell ismertetni: közvetlen, visszavert és szórt lézersugárzás; a szem károsodása; a bőr károsodása; lézerosztályok; veszélytelen lézersugárzás határértékei; tűz- és robbanásveszély; lézersugárzás általi gyúlékonyság; kémiai és toxikus veszélyeztettség; veszélyes anyagok keletkezése és elszívása; biztonsági berendezések, intézkedések és figyelő berendezések; lézer védőszemüvegek; lézer biztonságtechnikai előírások és rendelkezések; a lézersugár-védelmi felelősök feladatai és kötelességei.

5. Összefoglalás

A lézerről elhíresült mondás – „egy megoldás, ami keresi a problémát” – is kifejezi, rendkívül széles körű alkalmazhatóságát az élet szinte valamennyi fontos területén, így az ipari vállalkozásokban. Ez utóbbiakban is egyre bővül az ipari lézerek száma, amelyek akkor bizonyulnak hasznos „szerszámnak”, ha „helyesen” alkalmazzák azokat. A biztonságtechnikai ismeretek birtokában lehet elérni, hogy a „problémamegoldó” lézer ne okozzon egészséget veszélyeztető problémákat. Ez az összeállítás ezen ismeretek megalapozását szolgálja.

Irodalom

- [1] Berufsgenossenschaftliche Vorschrift für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit: BGV B2, Unfallverhütungsvorschrift – Laserstrahlung; BGFE (Berufsgenossenschaft der Feinmechanik und Elektrotechnik), Köln 1988, 1993, 1997, 1999.
- [2] Bagyinszki Gyula: *Lézerek alkalmazásának technológiai és biztonságtechnikai szempontjai*. XI. Nemzetközi és IV. GTE-MHtE-DVS Hegesztési Konferencia, Budapest, 2004. augusztus 23–26., 14-29. oldal
- [3] Bagyinszki Gyula – Bitay Enikő: *Lézeres anyagtechnológiák energiasűrűségi jellemzői*. X. Fiala Műszaki Tudományos Ülésszaka, Kolozsvár, 2005. március 18–19., 75–80.
- [4] Bitay Enikő: *Lézeres felületkezelés és modellezés*. Műszaki Tudományos Füzetek. EME, Kolozsvár/Cluj, 2007.

dr. Bagyinszki Gyula, egyetemi docens
Óbudai Egyetem, Bánki Donát Gépész és
Biztonságtechnikai Mérnöki Kar
H-1081 Budapest, Népszínház u. 8, Hungary
E-mail: bagyinszki.gyula@bgk.uni-obuda.hu

dr. Bitay Enikő, egyetemi docens,
Sapientia – Erdélyi Magyar Tudományegyetem,
Műszaki és Humántudományok Kar, 540485 Ro,
Marosvásárhely (Koronka), Segesvári út 1.C.
E-mail: ebitay@ms.sapientia.ro