

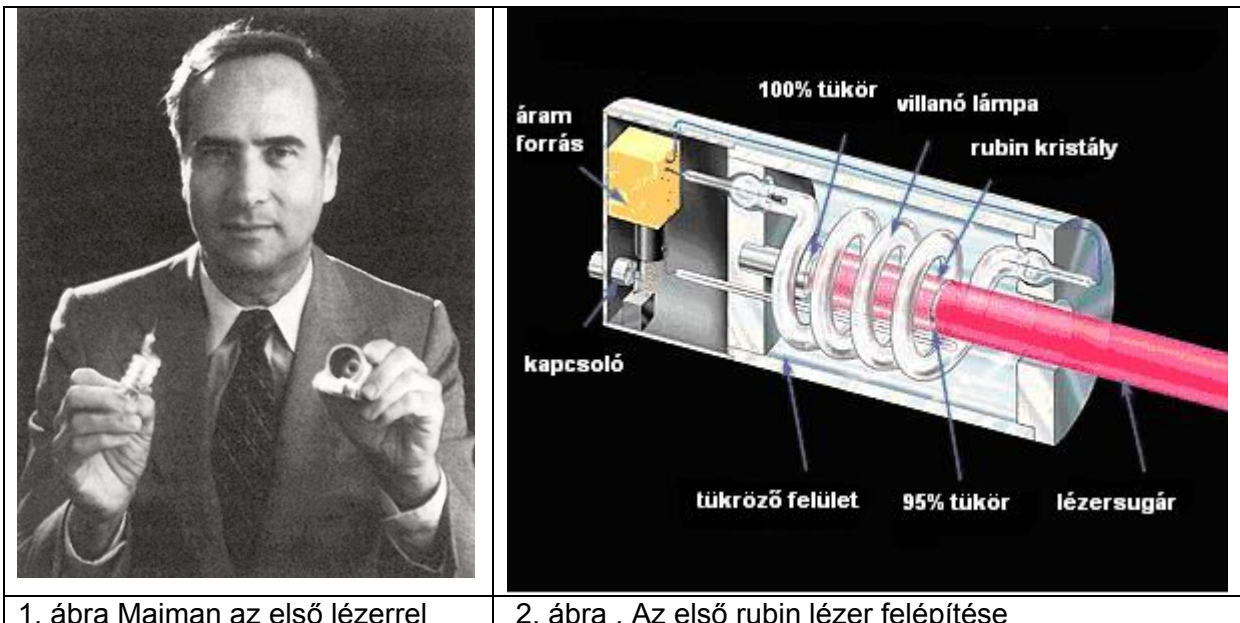
## Ipari lézerek Magyarországon I. rész

A cikk első felében megemlékezünk az 50 éves lézersugárról és a különböző lézerek felfedezőiről, akik elindították a lézer sikertörténetét. Ezt követően egy rövid áttekintést adunk a magyarországi helyzetről, az ipari lézerek elterjedéséről az elmúlt tizenöt évben, a területi eloszlásáról, és alkalmazási területeiről. Bemutatásra kerül néhány érdekesebb alkalmazás, továbbá a napjainkban használatos lézerek sajátosságai. Különböző szempontok alapján összehasonlítjuk a napjainkban alkalmazott lézereket felhasználásuk, teljesítményük és hatásfokuk szerint.

### Az új „fény” – a lézer története, a kezdetek

A lézersugárzás elméleti alapjait Albert Einstein rakta le még 1917-ben. Einstein kimutatta, hogy az anyag és az elektromágneses sugárzás kölcsönhatásának leírásánál figyelembe kell venni az atomok elektromágneses tér általi gerjesztését, és az ezzel összefüggő energiaelnyelést és leadást.

A lézerek elméleti leírását és gyakorlati megvalósítását többen is megkísérelték az ötvenes évek végén. 1958-ban Charles Hard Townes és Arthur L. Schawlow publikáltak egy munkát az indukált emisszió elve szerint működő fényerősítőről. A két fizikus a technikai megoldást azzal az ötlettel találta meg, hogy egy tükrösített végekkel ellátott rudat választottak, amelyben a fénycsugár ide-oda vándorolnak mindaddig, amíg elegendően fel nem erősödnek ahhoz, hogy a rúd végén a féligáteresztő tükrön keresztül lézersugárként kitorjjenek. Az ilyen elképzelés szerint működő első készüléket Theodore Maiman építette meg 1960 májusában. Az első impulzus üzemi lézersugár egy villanólámpával gerjesztett rubin kristályból indult el világhódító útjára.



1960 decemberében Ali Javan állította elő az első hélium–neon gázlézert. Ez az első folytonos sugárzású lézer, amely az elektromos energiát alakítja át lézersugárrá.

1962-ben Robert Hall megalkotja a napjainkban legelterjedtebb lézerfajtáját, a félvezető lézert, amely olcsóságával és egyszerűségével valóságos forradalmat indított el az elektronikában és a telekommunikációban.

Újabb mérföldkő a lézerek fejlesztésében Kumar Partel nagyteljesítményű folytonos sugárzású szén-dioxid lézere. Ezzel kezdetét vette a nagyteljesítményű lézerek fejlesztése.

Napjainkban is ez a lézertípus az egyik leggyakrabban használt lézer mikró és makró megmunkálásokra egyaránt.

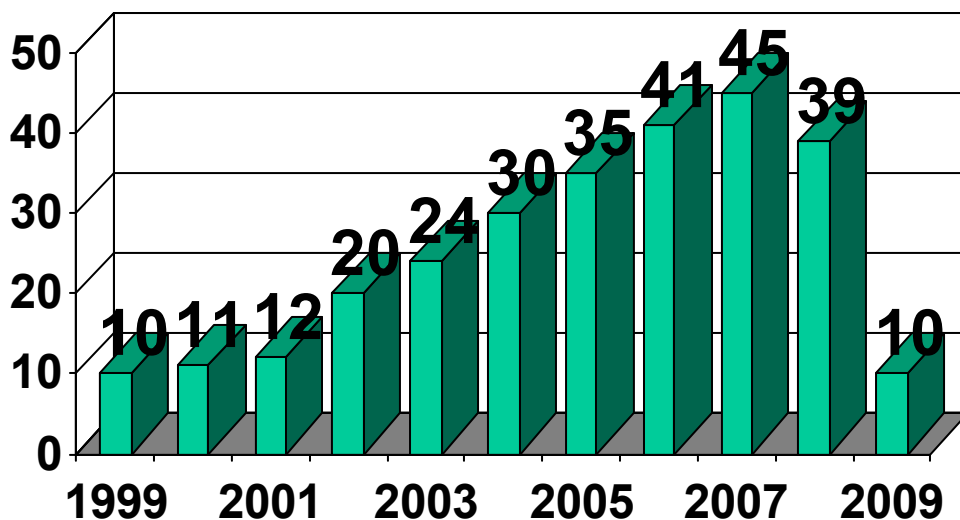
A nagyteljesítményű lézerek fejlesztésében 1967-ben Anglia játszotta a főszerepet. Az angol The Welding Institut kutató intézet, a német Messer Griesheim gépgyártó és az amerikai Coherent lézerforrás gyártó együttműködése révén egy új ipari alkalmazáshoz, lemezvágáshoz fejlesztettek lézereket. A fejlesztés eredményeként más eljárásokkal összehasonlítva a lézerrel lényegesen jobb minőségben és gyorsabban lehetett vágni a lemezeket. Az első lemezvágásra fejlesztett különleges lézert Birmingham-ben helyezték üzembe.

1970-ben a Messer Griesheim piacra dobja az első CNC lézersugaras vágóberendezést. Az úttörők után egyre több cég látott fantáziát a lézerek különböző alkalmazásokra történő fejlesztésében. Ezzel elindult egy azóta is páratlan sikertörténet. Napjainkban a lézereket számtalan helyen alkalmazzák az egészségügyben, telekommunikációban, szórakoztató iparban, a mikro megmunkálásoktól a magfúzió megvalósítását célzó kísérletekig.

### A Magyarországi ipari lézerek helyzete

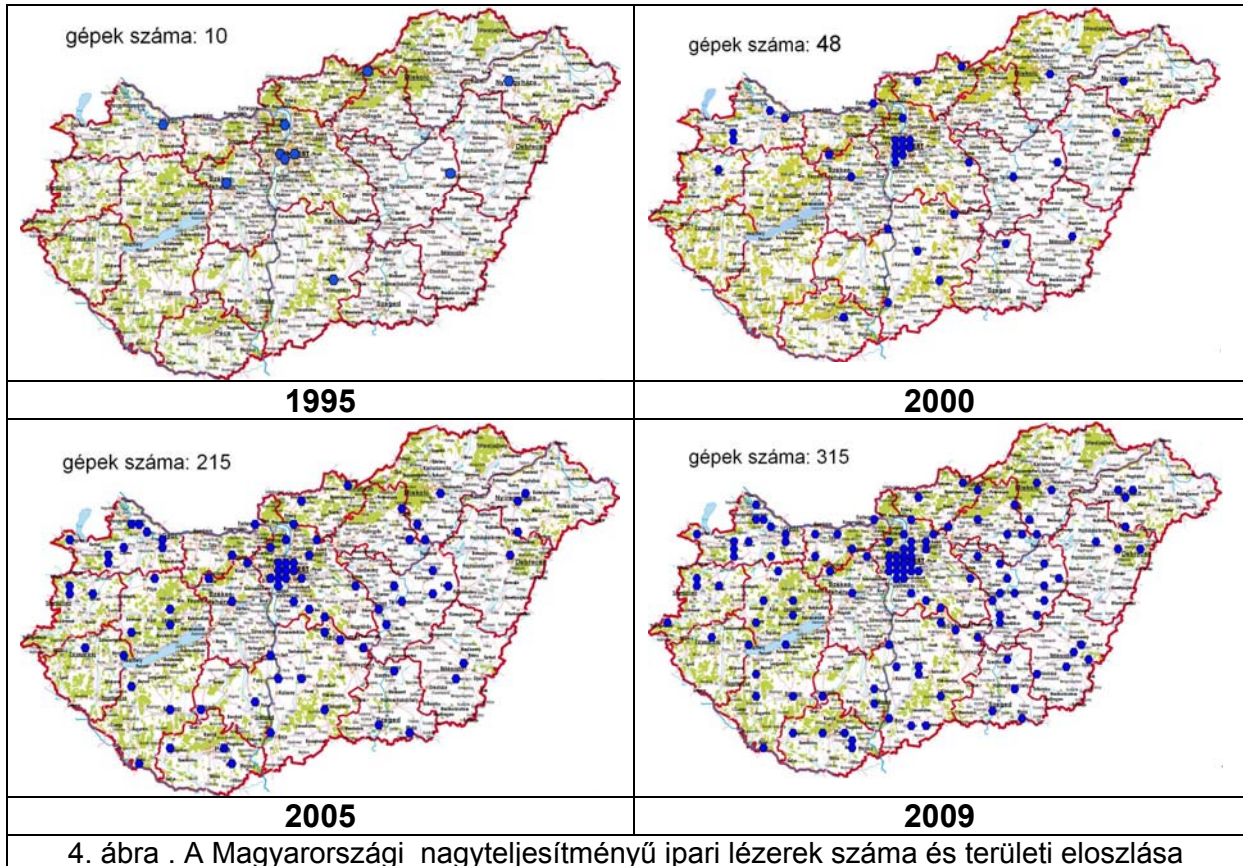
A lézeres megmunkálás az ipar számos területén már a bevett gyártástechnológiák szerves részévé vált. A lézertechnika rohamosan fejlődik, amit az ipari alkalmazások, ha nem is olyan sebességgel, de igyekeznek követni. A kutatás-fejlesztés eredményeként megjelenő újdonságok rövid időn belül megjelennek a feldolgozó iparban. Ez a folyamat nyomon követhető Magyarországon is.

Az első ipari alkalmazású lézerek a nyolcvanas évek közepén jelennek meg. Ezek főleg lyukasztás, vágás feladatokra alkalmas berendezések. A kilencvenes években lassan gyarapodott a lézerek száma, majd az ezredforduló környékétől rohamosan emelkedni kezdett. A nagyteljesítményű, főleg szén-dioxid lézerekről a kilencvenes évek végétől rendelkezünk többé-kevésbé pontos adatbázissal a forgalmazók és felhasználók együttműködésének köszönhetően.



3. ábra. Az elmúlt években telepített lézergépek számának alakulása

A 3. ábra diagramjából látható, hogy az ezredfordulót követően dinamikus fejlődés tapasztalható Magyarországon. Egyre több gépet telepítenek, melyeknek mintegy kétharmada új berendezés. Ezt a lendületet a 2008-as válság törte meg.



A területi eloszlást a 4. ábra szemlélteti. A kilencvenes évek elején néhány nagyobb cég ruházott be a kezdetben meglehetősen költséges technológiába. Az ezredfordulót követően országszerte egyre jobban elterjednek az ipari lézerek, a közepes és kisebb cégek is beruháznak, kihasználva a különböző támogatások és pályázatok adta lehetőségeket. A járműipari beszállítók, mezőgazdasági gépgyártók, kandalló- és kazángyártók körében egyre népszerűbb a lézer. Jelentős a bér munkát vállaló, úgynevezett job shop-ok száma, akik rövid határidőre vállalják a partnerek alkatrészeinek kivágását. 2008-ig a lézerek expanziója töretlen. A válság beköszöntével azonban drasztikusan csökken a lézergépek telepítése.

A Magyarországon telepített lézerberendezések, néhány kivételtől eltekintve, szinte mindegyike vágási feladatokat lát el. A vágási feladatokat ellátó berendezések síkgyas lézerek, amelyek lemezek vágására (5. ábra.), illetve megfelelő kiegészítőkkal csövek, zártszelvények vágására használhatók. (6. ábra.)



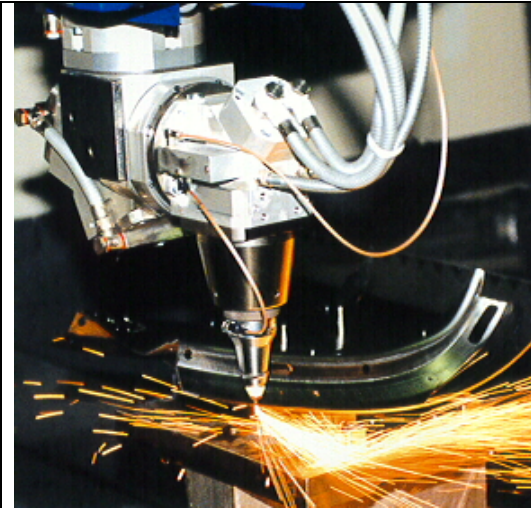
5. ábra Lézersugaras lemezvágás



6. ábra Lézersugaras csővágás



Különleges térbeli megmunkálásokra, vágásra (7. ábra.), hegesztésre (8. ábra), felületötvözésre, hőkezelésre alkalmas lézerekre is van példa. Ezek a berendezések vagy egy erre a célra kialakított lézermegmunkáló cellában, vagy robotra szerelve egy robotcellában végzik el a feladatokat. Autóipari alkalmazásoknál karosszéria elemek hegesztésénél, vagy hajtómű alkatrészeinek hegesztésénél alkalmaznak lézersugaras hegesztést. Magyarországon a sebességváltók esetében a hajtásláncok fogaskerekeinek, vagy kuplungtárcsák hegesztésénél találkozunk a gyártósorba integrált lézersugaras hegesztő berendezésekkel.



7. ábra Lézersugaras 3D vágás



8. ábra Lézersugaras hegesztés

Az ipari lézertechnológia elterjedésében fontos szerepet játszott és játszik a Bay Zoltán Anyagtudományi és Technológiai Intézet (BAYATI), amely 1995-ben nyitotta meg kapuit. A BAYATI Lézertechnológia osztálya megalakulása óta a felszereltségben és a teljesítménylézerek alkalmazásában egyedülállóan széleskörű tapasztalatra tett szert. Az intézetben három lézerberendezés üzemel, amelyek teljesítményük és alkalmazhatósági körük alapján az ország "legnagyobbibjai" közé tartoznak:

- 5 kW-os CO<sub>2</sub> gázlézer 5 tengelyes CNC sugárvezetéssel, ami térbeli megmunkálást is lehetővé tesz
- 2,7 kW lézerdiódás gerjesztésű Nd:YAG szilárdtestlézer üvegszál-robotos (7 tengelyes) sugárvezetéssel, +1 külső forgótengely munkadarabok mozgatására.
- 1,6 J/6 ns energiájú, villanólámpás gerjesztésű Nd:YAG szilárdtest-impulzuslézer

Néhány különleges feladat, amit a BAYATI Lézertechnológiai osztálya oldott meg az elmúlt években:

- Vastagfalú rozsdamentes acélcső 3D vágása (9. ábra.). A feladatot 5 kW-os lézerrel sikerült megoldani gyorsan és pontosan. Forgácsoló szerszámokkal ez nagyon nehezen és sokkal költségesebben, hosszabb idő alatt lehetett volna csak elvégezni.
- Vékonyfalú alumínium gömb 3D kivágása. A lágy alumíniumot forgácsoló szerszámokkal lehetetlen lett volna megmunkálni. A lézer segítségével sikerült a feladatot megoldani anélkül, hogy deformálódott volna. (10. ábra.)

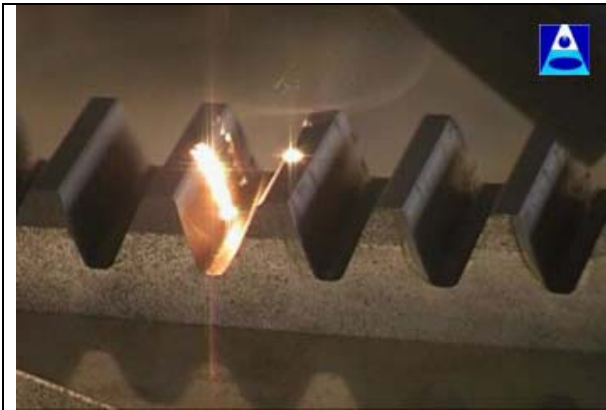


9. ábra Vastagfalú rozsdamentes cső vágása



10. ábra Vékonyfalú alumíniumgömb vágása

- Nagyméretű fogaskereket, vagy fogaslécet (11. ábra) fogait, illetve bordákat (12. ábra) rezgetett lézersugárral gyorsan és költségkímélően lehet edzeni.



11. ábra Fogasléc lézersugaras edzése



12. ábra Bordafelület lézersugaras edzése

- Az 1956-os emlékmű (13. ábra) több mint 100 t tömegű különleges acéloszlopainak felületötvözését (14. ábra) is a BAYATI végezte. Minden oszlop minden oldalának más és más a mintázata, amit felületötvözéssel értek el. A feladatra az idő rövidege miatt az intézet mindkét nagyteljesítményű lézert bevetették. A Nd-YAG lézert úgynevezett pásztázó (scan) fejjel látták el, amely lehetővé tette, hogy a vékony ötvöző porréteget a fej minimális mozgatása mellett a tükrökkel eltérített lézersugárral olvasszák bele az oszlopok felületébe (15. ábra). Így lényegesen gyorsabban lehetett az egyedi mintázatokat elkészíteni (16. ábra).



13. ábra Az 56-os emlékmű



14. ábra Az 56-os emlékmű oszlopai

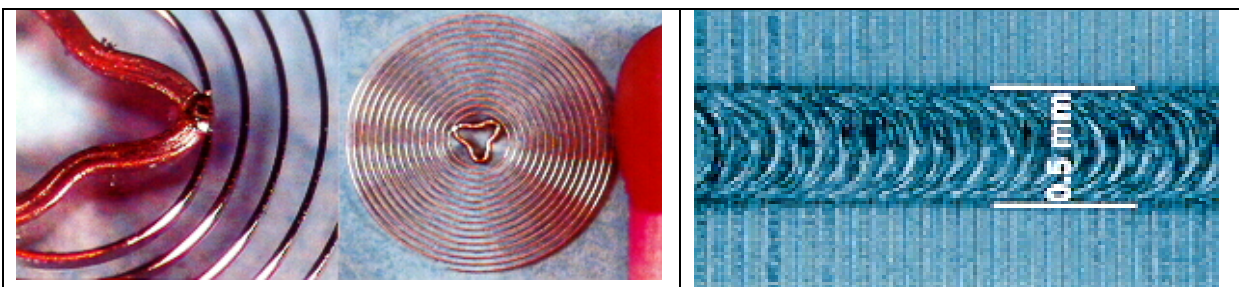


15. ábra A robotra szerelt scan fej munkában



16. ábra A beolvasztott mintázat

A mikro megmunkálásokhoz használt lézereknél, amelyek sugárteljesítménye 1000 W alatti, a nagy teljesítményű lézerekhez hasonlóan robbanásszerű fejlődés tapasztalható az elmúlt 10 évben. A mikro hegesztésre (17. ábra), gravírozásra, jelölésre használt lézerekről sajnos nem rendelkezünk pontos adatbázissal. Az ilyen típusú lézereket forgalmazók mintegy 500 - 600 darabra becsülik ezen berendezések számát Magyarországon.



17. ábra Mikro hegesztések



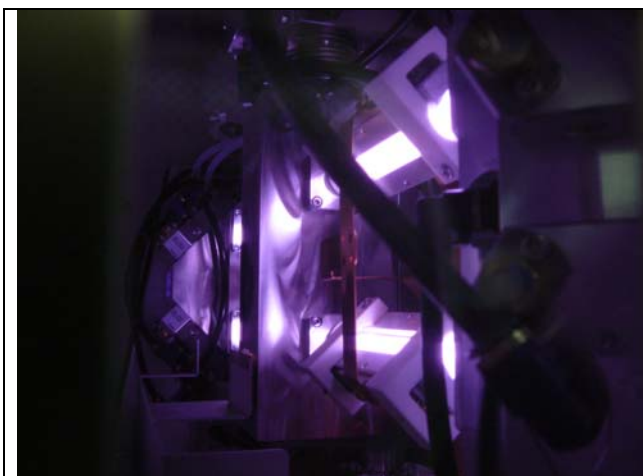
## Napjainkban használatos ipari lézerek

Ipari megmunkálásokra első sorban CO<sub>2</sub>, vagy Nd:YAG lézereket, illetve újabban dióda lézereket, szállézereket (fiber laser) és diszklézereket használnak.

A **CO<sub>2</sub> lézer** hullámhossza 10,6 μm. Az iparban használt különböző típusú és kialakítású CO<sub>2</sub> lézerek általában 2,5 - 20 kW-os teljesítménytartományban egyelőre még domináns szerepet töltenek be a lézeres megmunkálásokban.

A CO<sub>2</sub> lézerek sugárvezetése meglehetősen körülményes, a rézből készült tükrök és optikai (ZnSe) lencsék meglehetősen robusztus kialakítást igényelnek. A berendezésekhez minden esetben nagy teljesítményű hűtrendszer tartozik.

A rezonátorban nagyon tiszta gázkeverék gerjesztésével különleges csövekben állítják elő a lézersugarat (18. ábra). Ennek a gázkeveréknek legfontosabb alkotó részei a hélium, a nitrogén és a szén-dioxid. A berendezés típusától és gyártójától függően a gázkeverékben az alkotók aránya különböző lehet. Egyes speciális esetekben más alkotókat is, például szén-monoxidot, oxigént vagy xenont is tartalmaz a keverék.



18. ábra Szén-dioxid lézer rezonátor munka közben

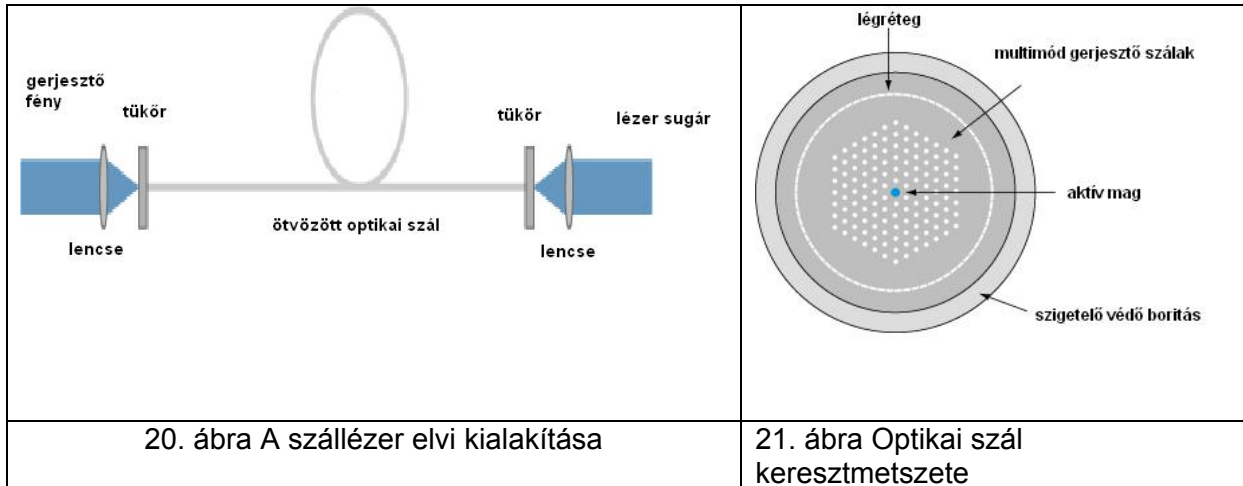


19. ábra Lézer rezonátorgázok és munkagázok lefejtői

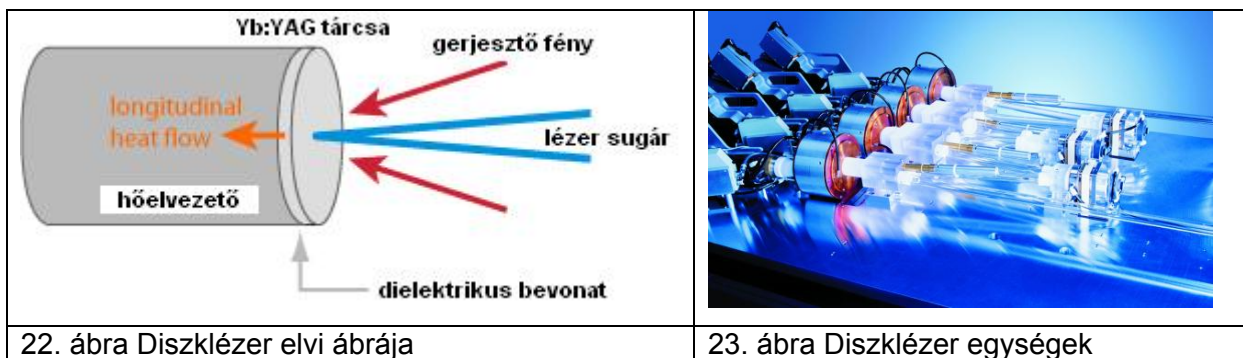
A rezonátorgázok különleges minőségű, tiszta terekben összeszerelt nyomáscsökkentőket igényelnek. A munkagázokhoz, a vágáshoz, hegesztéshez, felületötvözéshez, edzéshez stb. használt gázokhoz ipari tisztaságnak megfelelő szerelvényeket használnak (19. ábra).

A **szilárdtest lézerek**, mint pl. a Nd:YAG lézersugár, amelynek hullámhosszúsága 1,064 μm, 0,1-1 mm átmérőjű kvarc optikai szálban vezethető, és kvarcból készült lencsékkel fókuszálható. A régebbieket még villanó fénnel, az újabbakat már diódákkal gerjesztik. Napjaink szilárdtest lézerekre jellemző teljesítménye 1 - 4 kW.

A **szállézer (fiber laser)** esetében az ytterbiummal ötvözött optikai szálát diódalézerrel gerjesztik. A szállézer elvi felépítését a 20. ábra mutatja be. A rezonátor szerepét a hajszálnál is vékonyabb optikai szál tölti be (21. ábra.). A sugárzás hullámhossza 1.062 μm. A szállézerekben a kiváló sugárminőségű, jó hatásfokkal rendelkező lézeregységekből létrehozott moduláris felépítésű lézerforrások teljesítménye elérheti akár a 50 kW-ot is.



A **diszklézer** zseniális kombinációja a szilárdtest és dióda lézereknek (22. ábra.). A legújabb diszklézerek több egységből összerakva (23. ábra) akár 10 kW teljesítményre is képesek már. Nagy előnyük, hogy a sugárminőség a teljes teljesítménytartományban állandó, és nem érzékeny a reflexióra, továbbá a kiemelkedő sugárminőségű és nagy hatásfokú lézerteljesítmény optikai kábelben továbbítható.



A szilárdtest lézerek működtetéséhez szükség van a munkagázokra, amelyek alkalmazástól függően lehetnek oxigén, nitrogén, argon, vagy valamely semleges, vagy aktív komponenseket tartalmazó védőgáz keverék.

Az alábbi táblázatban a különböző lézerek legfontosabb jellemzőinek összehasonlítása látható. Ebből egyértelműen kiderül, hogy az új lézerek hatásfokban, tartósságban, teljesítményben, nagyon komoly kihívást jelentenek a szén-dioxid lézereknek (1. táblázat).

Ipari lézerek összehasonlítása				
	Szállézer	Nd:YAG	Szén-dioxid	Diszk
Hatásfok	30 %	1,5 - 2 % (lámpa) 10-20% (dióda)	5 -15 %	15 - 25 %
Kimenő teljesítmény	50 kW-ig	25 kW	20 kW	10 kW
Sugárminőség (4/5 kW)	2,5	25	6	8
Dióda élettartam (óra)	100.000	10.000	-	10.000
Hűtés	levegő/víz	deionizálás	víz	víz
Felállítási felület	~ 1m <sup>2</sup>	6 m <sup>2</sup>	3 m <sup>2</sup>	4 m <sup>2</sup>

1. táblázat



A szállézerék kezdeti mindent elsöprö lendülete napjainkban egy kissé megtorpanni látszik. Jelen állapot szerint vékony, pl. a 10 mm alatti falvastagságú szénacél lemezek kiváló minőségű vágására alkalmasak. E fölötti vastagságoknál még a szén-dioxid lézerek jobb felületi minőségű vágást produkálnak. A szállézerék egy nagy előnye még, hogy 6 mm-ig nagyon jó minőségben vághatók velük az alumínium, sárgaréz és vörösréz lemezek is. Másik dinamikusán fejlődő terület a lézersugaras hegesztés, illetve a lézer-hibrid hegesztés. Az új lézertípusok megjelenése ezen a területeket igen ígéretesnek látszik. Komoly kihívást jelent az eddig használt szén-dioxid, vagy szilárdtest lézereknek.

## **Összefoglalás**

Az 50 éves lézersugár sikertörténetének magyarországi fejezete mintegy húsz évet ölel át. Ezen időszak alatt nagy népszerűsége tett szert az új szerszám, és napjainkban már a legkorszerűbb gépek, a legújabb fejlesztések is jelen vannak hazánkban. Röviden áttekintettük az ipari lézerek elterjedését, területi eloszlását, alkalmazási területeit. Bemutatásra került néhány érdekesebb alkalmazás, továbbá a napjainkban használatos lézerek sajátosságai. A Magyarországon működő lézergépek további alkalmazásairól, érdekességeiről, a gyártók fejlesztési irányairól és újdonságairól az ipari lézerekről szóló cikk második részében olvashat.

Szerkesztette

Halász Gábor  
Messer Hungarogáz Kft.  
hegesztés-vágás szaktanácsadó