

# Szíkra, vagy lézer, vagy... 1. rész

## Lézergyújtás alkalmazása Otto-motorokon – a fejlesztések áttekintése

Láttunk már gyújtórendszereket (pl. Delphi CSI, Delphi MFZ, Mercedes ECI, Saab Trionic T7), amelyek valamilyen cél érdekében többet tudtak a hagyományosoknál. A jövő egyértelmű célja a fogyasztás és a károsanyag-kibocsátás csökkentése – ezek összefüggenek egymással –, és többfajta tüzelőanyag (alternatív folyékony és gáz tüzelőanyagok) – levegő keverék gyújtására alkalmas rendszer létrehozása. Ennek érdekében olyan gyújtóberendezéseket fejlesztenek ki, amelyek jelentősen hozzá tudnak járulni a célok eléréséhez. Számos kutatóintézet, egyetem és autógyártó is végez fejlesztéseket annak érdekében, hogy az elektromos gyújtógyertyát lecserélhessék. Kétrészes írásunkban először bemutatjuk a lézersugárral működő gyújtás fejlesztéseinek helyzetét, majd pedig szólnunk egy másik érdekes megoldásról, amelynek során a mikrohullámú sugárzást teszik próbára a keverék gyulladásának elérése érdekében.

### Bevezetés

A tüzelőanyag-levegő keverék lézersugárral való gyújtásának folyamata már viszonylag régóta ismert. A technikai átalakítások fejlesztése mellett még ma is fontos a téma alapvető kutatása is. Amíg a korábbi kutatások az elvi megvalósíthatóságra, a különböző tüzelőanyagokhoz szükséges minimális gyújtási energia meghatározására, a lézerek szükséges sugárminőségének meghatározására irányultak, addig a jelenlegi törekvések már egy lépéssel továbbléptek.

### Elmélet

Ezen írásnak nem célja, hogy részletesen bemutassa annak elméletét, hogyan lehet lézersugárral tüzelőanyag-levegő keveréket gyújtani, azonban mégis egy pár mondat erejéig nézzük meg a lényegét.

A lézersugár egy fénysugár, amelynek három fő tulajdonsága az irányíthatósága, rendezettsége és nagy teljesítménye az, amely megkülönbözteti a napsugártól vagy az izzólámpa fényétől. Egy lézersugarat az égéstér egy pontjában fókuszálnak, ahol ha a körülmények adottak, akkor egy ún. optikai áttörést hoz létre (ködfénykisüléses tartomány). Ebben a kis kiterjedésű pontban keletkezik egy világító plazmaréteg, amelyen belül extrém nagy hőmérsékletek és nyomások uralkodnak. Ebből a plazmamagból kiindulva, amelynek hőmérséklete nagyságrendileg  $10^5$ - $10^6$  K, kialakul egy nyomáshullám, amely a hangsebességnél nagyobb sebességgel a gázon áthalad és felmelegíti azt. Emellett a molekulák kis részénél ionizációt is létrehoz. A nyomáshullámmal együtt a plazmamagból kiinduló hővezetés és hőszugárzás, és a képződött gyökök diffúziója vezet végül a plazmag közvetlen közelében található keverék gyulladásához.

### A lézergyújtás előnyei és hátrányai

A lézergyújtás előnyeihez tartoznak a következők:

- extrém szegény keverék, illetve extrém nagymértékű kipufogógáz-visszavezetéssel rendelkező keverék gyújtása lehetséges, amely során a csökkent láng hőmérséklet miatt az  $\text{NO}_x$ -képződés redukálódik.
- nincs eróziós hatás, mint az elektromos gyújtógyertya esetében → hosszabb élettartam
- nagyobb hengerközpnyomások lehetségesek
- lehetővé teszi a gyújtási hely szabad megválasztását:
  1. gyújtás lehetőleg az égéstér közepén következzen be → csökkenhet a lángfront útja → rövidebb égéstartam → hatásfok nő → fogyasztás csökkenhet
  2. az égéstér falától távoli gyújtás: → csökkenhet a hővesztesség és a kopás
- a fogyasztás csökkenthetősége miatt stacioner gázmotorokon való alkalmazhatósága tekintetében is nagyon vonzó megoldás

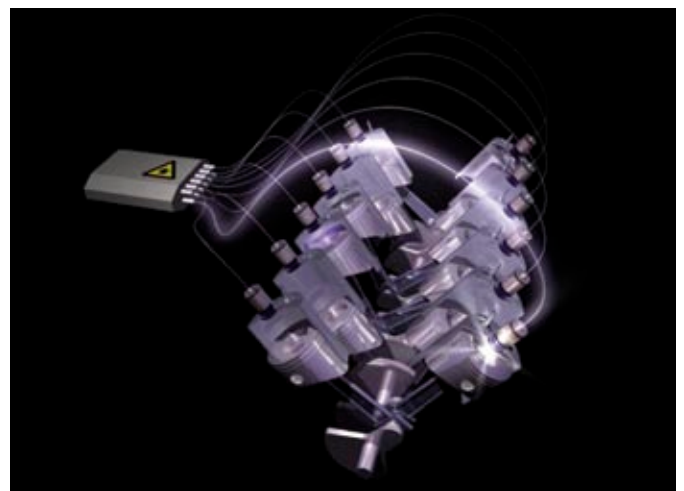
A lézergyújtás hátrányai:

- a fejlesztéseknek jelenlegi szintjén még drága, és nem elég robusztus a szériagyárthatósághoz.

### A lézersugárral való gyújtás fejlesztéseinek mai állása

A rendszer fejlesztésében, kutatásában kiemelkedők a TU Wien, a Bayreuth Engine Research Center, a Carinthian Test Research, az AVL List és a BMW.

Körülbelül 5 évvel ezelőtt a TU Wien és az AVL List együttműködésével egy olyan motort helyeztek üzembe, amelyben a keverék gyújtását lézersugárral oldották meg. Az ezzel történő vizsgálatok

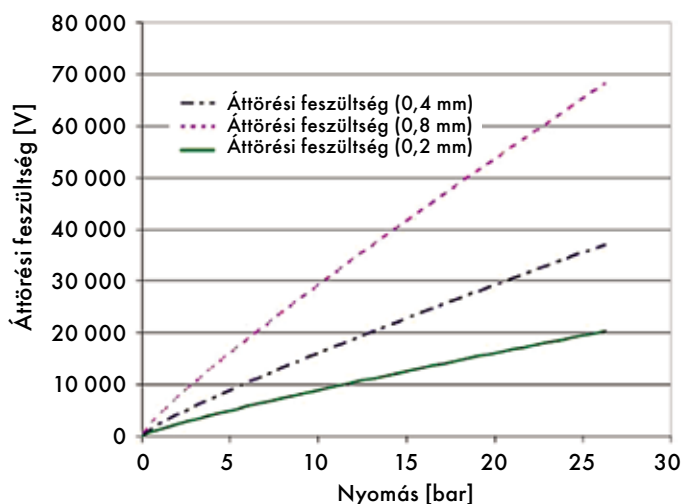


1. ábra

teljesítették az elvárásokat, a lézergyűjtés alkalmazásával lehetséges volt extrém szegény keverék gyulladását, illetve az eddigieknél nagyobb mértékű kipufogógáz-visszavezetést realizálni. Ugyanezen vizsgálatok alkalmával a rendszer jó „állóképességet” mutatott a nagy sebességű áramlások és a turbulenciák ellen, amely mint ismert, az elektromos szikra kialakásához vezethet. Ebből kifolyólag jelentkeztek előnyök a fajlagos fogyasztásban és a HC-emisszióban. Az 1. ábra (Forrás: [3]) mutatja a kezdeti elképzelt a lézergyűjtőrendszerrel kapcsolatban.

Ennek a kutatásnak célja volt továbbá a motor hatásfokának a növelése lézer alkalmazásával.

Térjünk itt ki részletesebben arra, hogyan gondolták ezt elérni. A motor hatásfokának növelése többek között az effektív középnyomás növelésével vagy a légfesleltényező növelésével érhető el. Ezen célok mellett a jelenlegi gyűjtőrendszerek egyre inkább elérik technikai határaikat. Nagy kompresszióviszony és szegény keverékű töltet mellett fennálló termodinamikai feltételek a szikrával való gyűjtés számára gyakorlatilag legyőzhetetlen problémákat okoznak. Az effektív középnyomás növelésével a szikraképzéshez nagyobb áttörési feszültség szükséges. A 2. ábra (Forrás: [3]) mutatja az áttörési feszültségek nagyságát a nyomás függvényében, a szikraköz pedig mint paraméter szerepel.

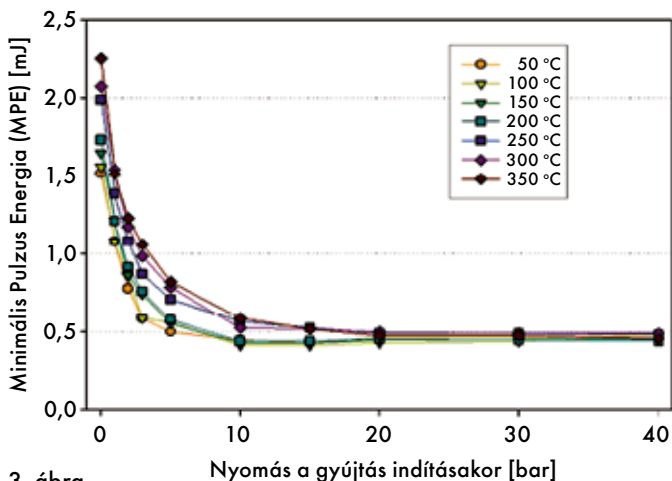


2. ábra

Ez a növelt feszültség egy jelentős mértékű elektródaeróziót okoz, amely a gyertya élettartamát csökkenti. Mint ismert, szegény keverék gyűjtése a keverék rétegezésével lehetséges, de most nem erről van szó. A gyűjtéshez szükséges minimális pulzusenergia a középnyomás növekedésével csökken. Erről ad tájékoztatást a 3. ábra (Forrás: [3]).

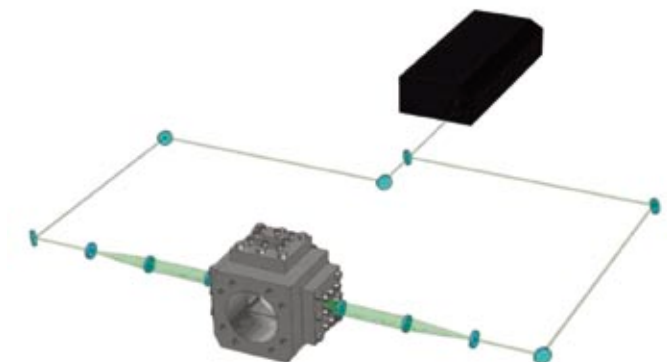
A TU Wien kutatásai szerint az optikai áttörés nem elegendő a megbízható égés létrehozásához. A kísérleteik alapján legalább 6 mJ pulzusenergia szükséges 5 ns időtartammal. ( $P = W/t = 6 \text{ mJ}/5 \text{ ns} = 6 \times 10^{-3} \text{ J}/5 \times 10^{-9} \text{ s} = 1,2 \text{ MW}$  lézerteljesítmény szükséges!)

A minimális pulzusenergia a nyomáson kívül függ még a hőmérséklettől és a légfesleltétől is. Számos vizsgálat, amelyet különböző tüzelőanyagok levegőkeverékeivel végeztek (metán-levegő, hidrogén-levegő, izooktán/n-Heptán-levegő, biogáz-levegő) megmutatta, hogy a minimális pulzusenergia független a tüzelőanyag fajtájától.



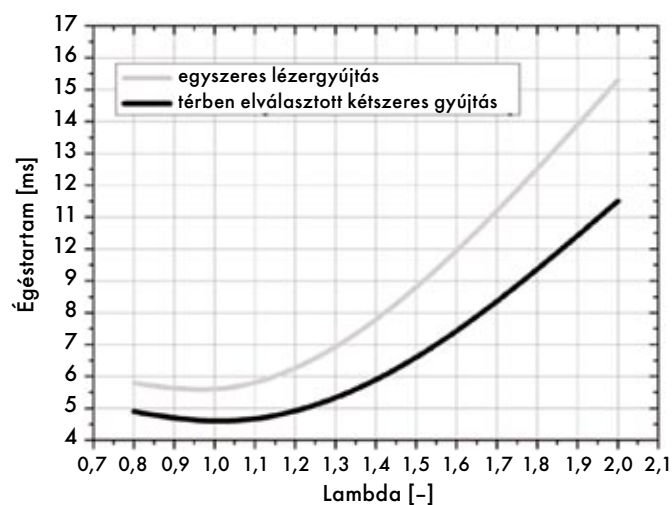
3. ábra

A Bayreuth Engine Research Center foglalkozik olyan kutatásokkal is, mint a célzott égésbefolyásolás, és a térben és időben elválasztott többszörös gyűjtés. Ennek megvalósítására szolgáló rendszer elvi rajzát a 4. ábra mutatja (Forrás: [1]).



4. ábra

Vizsgálatokat végeztek homogén keverékképzésű üzemben hidrogén-levegő, metán-levegő keverékekkel, azért, hogy az égéslefutás alakításához további lehetőséget felderítsenek. A metán-levegő keverék különböző összetételével elért különböző égéstartamok összehasonlítását az 5. ábrán lehet látni (Forrás: [1]).



5. ábra

E szerint az ábra szerint a lézergyújtás eszközével több gyújtópont alkalmazásával az égéstartam még tovább rövidíthető.

Mivel a lézergyújtási koncepció alapvetően nagyon ígéretes, a következő cél egy olyan rendszer előállítás, amely mind a szükséges teljesítménnyel rendelkezik, mind az építési nagyságok (méretek), mind az ár tekintetében is elfogadható.

Időközben ennek a rendszernek már a második generációja is rendelkezésre áll, amelyet speciálisan belső égésű dugattyús motorokon való alkalmazásra fejlesztettek ki. Ezt az ún. lézergyújtógyertyát a Carinthian Test Research az AVL List-tel együttműködésben tudta megvalósítani. A „lézergyújtógyertyának” nevezett elem, mely a 6. ábrán látható (Forrás: [2]), alkalmas lehet az elektromos gyújtógyertya kiváltására, mely mérföldkő lenne a motorfejlesztésben.



6. ábra

Ez a „gyertya” annak a lézerfejlesztésnek az eredménye, melynek célja a kis méret, a robusztusság és a nagy teljesítmény volt. A világon elsőként kifejlesztett lézer, mely a gyújtógyertyát formában és teljesítményben is felcserélheti, a kisméretű szilárdtest lézerek területén egy speciális know-how-t jelent. Ennek az eszköznek meg kellett felelnie a belső égésű motor további követelményeinek: kis helyszükséglet, alkalmazási hőmérséklet-tartomány (max. 300 °C), a motor által gerjesztett rezgések.

Az eddigi kutatások során mindig a motort kellett szükséges módon a lézerhez illeszteni, vagy a lézersugarat fénykábel segítségével az égéstérhez juttatni. Az AVL az említett követelmények teljesítése mellett a lézer hatásfokát is jelentős kérdésnek tartja. Az elektromos energia hatásos átalakítását úgy érték el, hogy közben a lézerrendszer elektronikáját a normál 12 V feszültségű hálózatról működtetik. További előny, hogy a lézergyertyának nincsenek égéstérbe elhelyezkedő részei, ebből kifolyólag relatív teljes, és káros anyagban szegény égést tesznek lehetővé.

A lézergyújtások alkalmazhatóságát Otto-motorokon a közvetlen befecskendezéses eljárásoknál a BMW egy munkacsoportjának legfrissebb kutatási eredményei szerint mind homogén üzemben, mind pedig rétegezett keverékű üzemben sugárvezetett elégetési eljárás során vizsgálták. Itt is jelentkezett a már említett előny: a gyulladási sebesség nagyobb egy lézergyújtóforrás esetén, mint szikrával való gyújtás esetében. Adódott a rétegezett keverékű üzemben probléma is, a gyulladáskimaradás, amit a lézerindukált plazmának az elektromos szikrához képest rövid időtartamával magyaráztak.

## Összefoglalás

A lézersugárral működő gyújtásban rejlt nagy lehetőség, a fogyasztás és az emisszió csökkentése miatt töretlen az érdeklődés annak továbbfejlesztésére. Néhány kutatócsoport tevékenysége, valamint szabadalmak sokasága is alátámasztja ezt. A technológia mai állása szerint már vannak kereskedelmi forgalomban kapható rendszerek is. Az új, közvetlen befecskendezésű Otto-motoroknál a lézergyújtás sokoldalú lehetőségeket rejt magában. Ha az alkalmazott rendszerek költségeit sikerül tovább csökkenteni, akkor egyes alkalmazásokban a szikragyújtással igazi alternatívájává válhat. Reméljük, hogy a következő fejlesztési állapotokról szóló beszámolóiban már megismerhetünk a lézergyújtással elért és fent az előnyeként folyamatosan emlegetett emissziócsökkentési értékeket, diagramokat.

SZABADOS GYÖRGY

TUDOMÁNYOS SEGÉDMUNKATÁRS

LEKTOR: DR. FLAMISCH OTTÓ

TUDOMÁNYOS TANÁCSADÓ

KÖZLEKEDÉSTUDOMÁNYI INTÉZET

JÁRMŰTECHNIKAI, KÖRNYEZETVÉDELMI ÉS ENERGETIKAI TAGOZAT,

MOTORTECHNIKA TUDÁSKÖZPONT

Forrás:

[1] Stand der Entwicklung bei der Laserzündung MTZ 03/2009

[2] Carinthian Test Research ([www.ctr.at](http://www.ctr.at))

[3] TU Wien Arbeitsgruppe Laserzündung ([info.tuwien.ac.at/Laserzuendung](http://info.tuwien.ac.at/Laserzuendung))

(Folytatjuk.)

A következő rész egy másik érdekes megoldás leírása, mely mikro-hullámú sugárzás segítségével hoz létre gyulladást. Mivel ezt az egész égéstérre kiterjedően teszi, a térgyújtás nevet is kapta.

## Februári autóeladások

Európában 968 159 új autót regisztráltak 2008. februárban, ami 18,3 százalékkal kevesebb, mint egy évvel korábban – derül ki az ACEA közleményéből. Továbbra is a Volkswagen Európa legnagyobb autógyártója, az idei év első két hónapjában 216 ezer járművet értékesített a vállalat, de ez 13,2 százalékkal kevesebb, mint tavaly ugyanebben az időszakban, amikor több mint 250 ezer járműve fogyott. A

második az összesített eladási listán a Ford, amelynek a tavalyihoz képest 15,5 százalékkal kevesebb, 169 ezer személyautója kelt el két hónap alatt, megelőzve a FIAT-ot (138 260 darab, -23,2 százalék), az Opelt (136 778 darab, -23,2 százalék) és a Peugeot-t (134 924 darab, -26,8 százalék) is. Hármat kivéve a listán szereplő összes márka negatív számokat produkált idén, a Hyundai 0,7, az Alfa Romeo 9, a Jaguar 18,9 száza-

lékkal tudta növelni eladásait a tavalyi januárt és februárt összevetve az idei első két hónappal. A legnagyobb visszaesést a General Motors amerikai márkáinak értékesítése mutatta, csupán 330 ilyen autó kelt el Európában, a mai 73 százalékkal marad el a 2008-as adatoktól. A Land Rover -56,7, a SAAB -54,6, a Lexus -45,6, a MINI -40 százalékos esést tudhat magáénak.

Forrás: [www.fn.hu](http://www.fn.hu)