

# Lézertechnika a textil- és ruházati iparban

Kutasi Csaba

*Kulcsszavak: Szilárdtestlézer, Gázlézer, Lézeres hibaészlelés, Lézer-gravúra, Lézervágás, Textilhegesztés, Testszkennelés, Raman-spektroszkópia, Lézerhatás elleni védelem*

A lézertechnika hétköznapijaink részévé vált. Így működik többek között a vonalkód-leolvasó, a közlekedési sebességmérő (traffipax), a lézernyomtató, a CD-lemezjátszó és az internetvonal. Az orvos lézerszikkével akár egytized milliméteres pontossággal tud a hajszálerekkel sűrűn ellátott szerveken is beavatkozásokat végezni (a vékony véredényeket a lézer hője egyúttal lezárja). Az anyagmegmunkálásoknál széleskörűen alkalmazzák az ipari lézereket. A bűnüldözésben lézer segítségével lehet az alig látható ujjlenyomatokat azonosítani, továbbá a lézeres gázdetektor a szagnyomok objektív felismerését teszi lehetővé. A haditechnikában lézeres eszköz irányítja a bombát a célpontra. A textil- és ruházati iparban több területen alkalmazzák a lézeres technológiákat, ahol az alakhűség és méretpontosság alapvető követelmény.

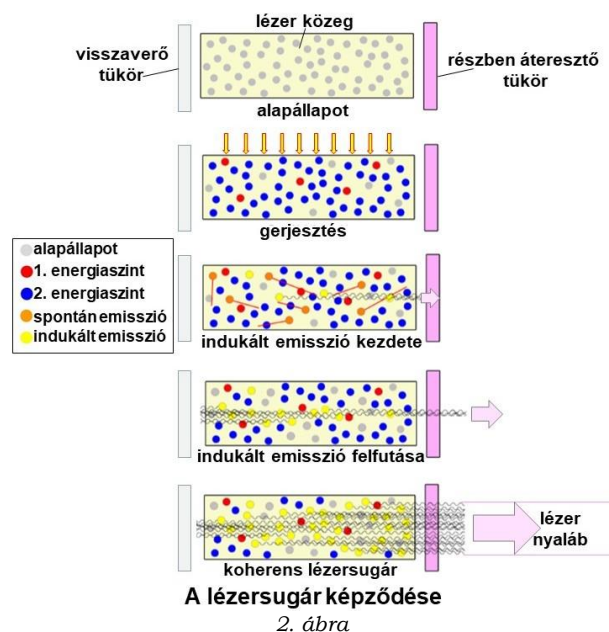


Theodore Harold Maiman  
(1927 – 2007) amerikai mérnök és fizikus

1. ábra

A lézersugárzás elméleti alapjait 1917-ben Albert Einstein rakta le, azonban a korabeli technikai fejlettség miatt elméletét nem tudták a gyakorlatban hasznosítani. 1958-ban Charles Hard Townes és Arthur Leonard Schawlow az indukált emisszió lve szerint működő fényerősítőről tett közzé egy tanulmányt. Ennek alapján az első működő lézersugarat előállító készülék Theodore Harold Maiman (1927-2007) amerikai mérnök és fizikus nevéhez fűződik (1. ábra). Ez az eszköz szilárdtestlézer volt, rubinkristályt villanólámpával gerjesztve hozott létre lézer sugárnyaláb. 1960 végén Ali Javan állított elő először hélium-neon gázlézert. Ez volt az az első folytonos sugárzású lézer, amelyben az elektromos energiát alakították át lézersugárrá. 1961-ben a Columbia Presbyterian Hospital kórházban került sor a lézer első orvosi alkalmazására. Robert Hall 1962-ben megalkotta az első félvezető lézert, Kumar Partel nagyteljesítményű, folytonos sugárzású széndioxid gázlézert hozott létre. Az angol The Welding Institut kutatóintézetben 1967-ben ipari méretű lemezvágáshoz fejlesztettek ki lézerdaraboló berendezést, majd 1970-ben a Messer Griesheim cég elkezdte gyártani az első CNC lézersugaras vágóberendezéseket.

A számos hazai vonatkozás közül célszerű többek között megemlíkezni arról, hogy 1966-ban Dr. Mester Endre orvosprofesszor a kisteljesítményű (lágy) lézer hatásának – világszenzációt jelentő – kutatási eredményét publikálta, Gábor Dénes 1971-ben Nobel-díjban részesült (a holográfia alapelve az elektronmikroszkópiában, majd később kivitelezés lézerekkel), 1977-ben prof. dr. Jakó Géza (az Amerikai Egyesült Államokban élő magyar orvos, sebész, fül-, orr- és gégegyógyász) megkapta az Amerikai Lézersebészeti Társaság tudományos nagydíját (lézerenergia alkalmazása a rákgyógyításban, mikrosebészetben). Első hazai hélium-neon gázlézert a Központi Fizikai Kutató Intézetben 1963-ban Bakos József, Csillag László, Kántor Károly és Varga Péter hozta létre. Hazánkban először (1964) Farkas Győző, Náray Zsolt és Varga Péter állított elő

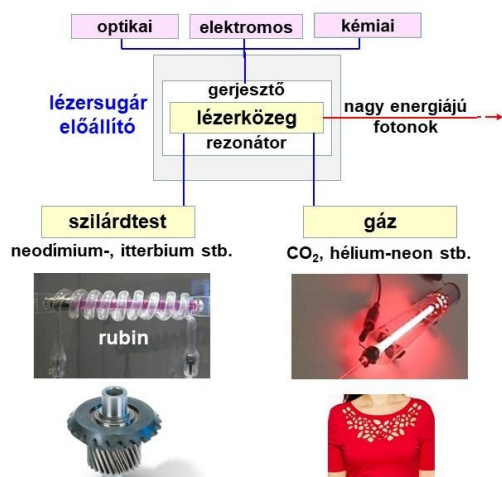


rubin szilárdtestlézert.

## A lézersugarat előállító készülékek elvi felépítése

A lézer mozaikszó: az angol LASER (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation – fényerősítés kényszerített fénykibocsátás útján) kifejezés kezdőbetűs rövidítése. Lézernek olyan elektromágneses sugárzásforrást neveznek, amely indukált emissziót használ egybefüggő látható és nem látható elektromágneses sugárzás előállítására. Ennek érdekében valamilyen lézermódozat (médiumot) energia befektetésével („pumpálással”) gerjesztett állapotba hoznak. Az aktiválás elektromos kisüléssel, fény- vagy egyéb elektromágneses impulzusokkal, ill. kémiai úton érhető el. A gerjesztett atomból egy foton repül ki, amikor az alapállapotába visszaalakul. A foton akkora energiával rendelkezik, amely a gerjesztett és az alapállapot közötti energiakülönbséggel egyenlő. A lézersugár keskeny, nagyon kis széttartású és szóródási szögű nyaláb. Így nagy energiasűrűség érhető el a szűk sugárban és nagy távolságokban, amely kis térrészben koncentrálódik (a lézersugár teljesítménysűrűsége a hagyományos fényforrásokénak sokszorosát elérheti) (2. ábra).

A lézermódozat – amelyet koncentrált energiahatásnak tesznek ki – lehet szilárd anyag vagy egy gáz ill. gázkeverék. A szilárdtestlézer közege általában kristály, pl. neodímiummal bevont iztrium-alumínium-gránát kristályrács (Nd:YAG), itterbium (Yb) stb. A sugárnyaláb előállításánál a gerjesztést nem nagyfeszültségű árammal, hanem félvezető lézerdiodák (a hordozók az N és P részbe kerülnek az aktiváláskor) által kibocsátott elektromágneses sugárzással végzik. Ezekhez nem kell sugárkamra (érzékeny tükrök és lencserendszerek), mivel a sugárnyaláb optikai szálon vezetik a felhasználás helyére (ezért „fiber-”, szálllézernek is nevezik). A létrejövő lézersugár

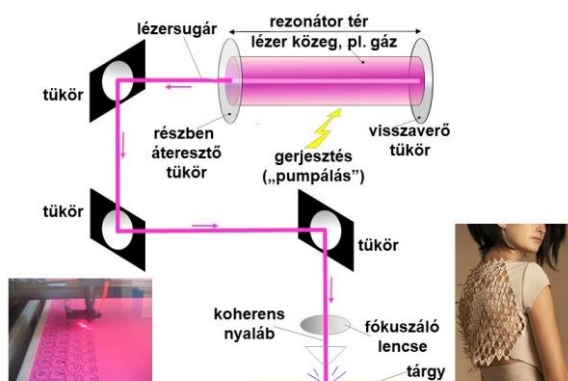


### Lézersugár előállító eszközök elvi felépítése

3. ábra

hullámhossza kb. 1064 nm. A szilárdtestlézereket főleg a gépiparban alkalmazzák (egy 2,5 kW teljesítményű szilárdtestlézer által létrehozott sugár energiasűrűsége a fókuszpontban ötszöröse lehet egy 4 kW-os széndioxid-lézerének) (3. ábra).

A gázlézer közegét két tükör között helyezik el, ez az ún. rezonátor tér. Az egyik tükör tökéletes visszaverő képességű, a másik részben áteresztő, így az adott hullámhosszúságot elért lézersugár kiengedi, ami ezután fókuszáló lencsén áthaladva nagy energiájú fénynyalábbá alakul. A keletkező lézersugárzás egyre jobban felerősödik és meghatározott hullámhosszúságú lézernyalábbá alakul. Az iparban elterjedt széndioxid-lézer folytonos gázlézer, amelyben a rezonátor közegét széndioxid ( $\text{CO}_2$ ), nitrogén (esetleg még hélium és hidrogén) gázkeverék alkotja (ezt nagyfeszültségű árammal gerjesztve jön létre a lézersugár). A kibocsátott sugárzás hullámhossza 10 600 nm, amely a távoli infravörös tartományba esik. Az aktív közeg érdekében az „elhasználódott” gáz cseréjéről folyamatosan gondoskodni kell, a gerjesztő nagyfrekvenciás áramkörnél vízűtő működik (4. ábra).



### A gázlézeres megmunkáló elvi felépítése

4. ábra

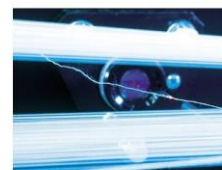
### Textilipari alkalmazásokra példa (5. ábra).

A különböző kelmeképzések (pl. szövés, kötés) során a textilanyagot kialakító fonalak folyamatosságának biztosítása (szakadásmenetsége) termelékenység és minőségmegvalósítási szempontok miatt rendkívül fontos. Amennyiben mégis bekövetkezik szakadás, úgy a fo-

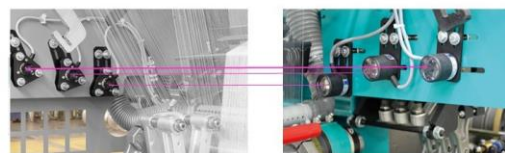


### Lézer alkalmazása a textil- és ruházati iparban

5. ábra



lézersugaras fonalór szövőgépén



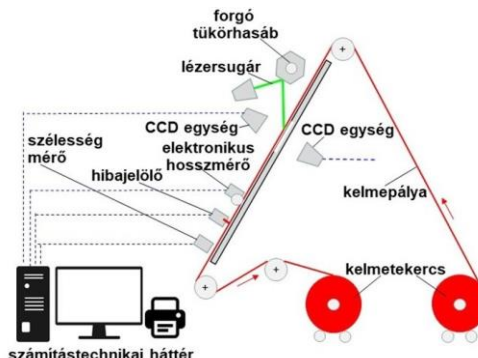
lézersugaras fonalór raschel lánchurkológépén

### Lézeres fonalórszerkezetekre példa a kelmeképzésnél

6. ábra

**nalórszerkezetek** feladata a berendezés azonnali leállítása. Az érintésmentes szerkezetek egyik korszerű változata lézerrel működik (6. ábra).

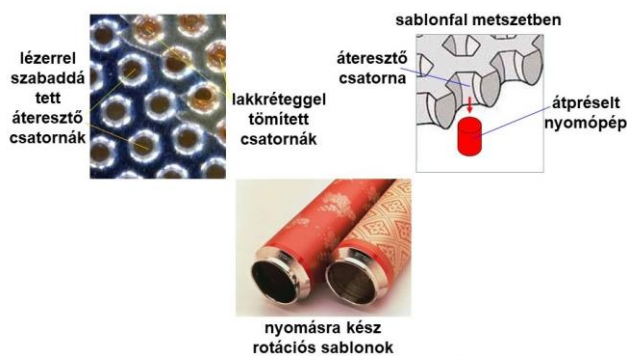
Az automatikus **kelme-külsőképi hibaészlelő** rendszerrel (7. ábra) a letapogató egy gyorsan forgó, tükör oldallappokkal ellátott sokszögalapú hasábra irányított és onnan a haladó kelmepályára vetített lézersugár. A futó kelmepálya alatt és fölött, teljes szélességben elhelyezett érzékelők (CCD egységek) az áteresztett ill. visszavert sugárzás intenzitását értékelve megfelelő elektromos jelet generálnak és továbbítanak. A számítógépes program a megfelelő háttérrel felismeri, hogy milyen információk felelnek meg a szabályos, hibátlan kelmeképzésnek és felületnek, milyen jelek árulkodnak rendellenességről. (Az utóbbi esetben a rendszer beazonosítás után a hibát kategorizálja ill. az elektronikus hosszmérő segítségével a végén belüli hosszirányú előfordulási helyet is meghatározza és rögzíti.) A lézeres rendszerrel az automatikus átnézés 100 m/min sebességgel végezhető (akár 400 cm kelmeképzésséggig) nagyfokú biztonsággal,



### Az automata külsőképi kelmeminősítő rendszer felépítése

7. ábra





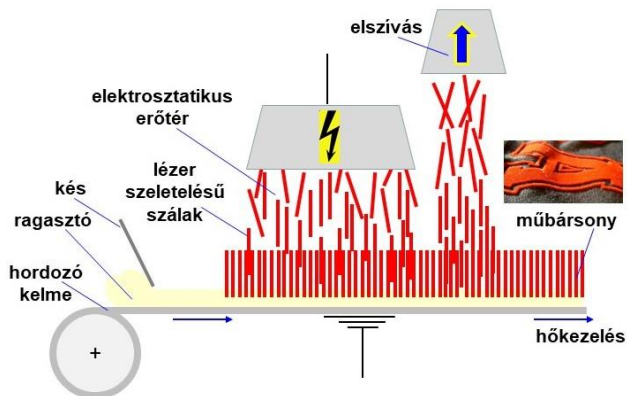
Rotációs filmnyomó-sablon lézertechnológiás mintázással

8. ábra

kifogástalanul megbízható minősítési reprodukálással. Természetesen rendkívül fontos a kelme ránc- ill. gyűrődésmentes vezetése, ellenkező esetben a deformált kelmefelületet is hibaként érzékeli a rendszer. Ugyanakkor a folyamatos fejlesztések eredményeként a lézeres technika egyre jobban háttérbe szorul az automata textil-át-néző rendszerekénél, a kamerás képfeldolgozás egyre elterjedtebb.

A **rotációs filmnyomósablonok** galvanoplasztikai úton előállított vékony „perforált”, varrat nélküli hengerpalástból épülnek fel. A véggyűrűvel merevített hengeres sablonok belsejébe adagolják a nyomópépet, amelyet a kés átprésel a mintázatnak megfelelően szabadon hagyott sokszög keresztmetszetű áteresztő csatornákon (a sablonpalást többi perforációját saválló lakkréteg tömíti). A modern megoldású, ún. „lézer-gravúra” a hengeres sablonok mintázását szelektív lakkelávolítással oldja meg. A kellően előkészített sabloncsövet a lakkozási módszernél alkalmazott, de fényérzékenyítőt nem tartalmazó polimer emulzióval teljesen bevonják. A szárítás után a kialakuló lakkot beégetik (hőkezeléssel polimerizálják), így a teljes sablonfelület tömített lesz. Ezután a forgó sabloncsövet számítógép vezérlésű, lézersugárral roncsoló fej pásztázza. A pl. széndioxid lézer sugár a kívánt helyeken kilövi (a mintázat igényeinek megfelelően akár a csatorna fél keresztmetszetére korlátozva) a lakkot a sablonfal áteresztő csatornáiból, így rendkívül finom (átmenetes) mintázatok, éles kontúrok állíthatók elő (8. ábra).

A **pehelyszórás** (flockozás) műbársonyozásnak is nevezik, miután a textilanyag megfelelő ragasztó-kötő anyaggal (pl. PVC pép) bevont felületére (pl. a leendő mintázatnak megfelelően) elektrosztatikus erőterben irányított száldarabkákat visznek fel, pontosan merőlegesen a szövet vagy kötött kelme síkjára. Az egyenletes bársony-



A pehelyszórás (flockozás) elve

9. ábra

hatás elérése érdekében rendkívül lényeges, hogy a száldarabkákat precízen azonos hosszúságúra vágják. Az ilyen minőségű szeletelést lézerszabással érik el (9. ábra).

A textil szakterület **műszerez analitikai anyagvizsgálatai** során a Raman-spektroszkópia is megjelenhet, pl. különböző szálanyagok vizsgálatánál. A mintát intenzív lézernyalábbal sugározzák be. A sugárzás nagy része változatlan hullámhosszal szóródik a mintán, ez a rugalmas szóródás. A beeső fotonok egy része a mintán a beesőtől eltérő hullámhosszával szóródik, ezt rugalmatlan szóródásnak nevezik. A beeső és a rugalmatlan szóródás hullámhossz különbsége a vizsgált anyag molekularezgéseivel függ össze, ezzel azonosítható.

## Példa a ruházati ipari alkalmazásokra

A ruházati iparban az adott termék egy méretnagyságához tartozó idomok (pl. ing esetében eleje részek, háta, ujjak, kézelők, gallér stb.) megfelelő vonalakkal határolt felületei a szabásminták. Hagyományos szabási módszer esetén ebből készül az ún. felfektetési rajz. Ezen az irányítottági követelmények betartásával, a szabásra elkészített teríték leendő felső lapjának (tkp. egy elnyújtott téglalap) megfelelően, a legkisebb hulladékképződéssel elhelyezik a termékhez szükséges összes szabásmintát. A méteráru alapanyagból képzett teríték felső rétegére kerülő szabásminta sorozat, pl. papíron megjelenő változata a terítékrajz.

A korszerű 3D tervezőrendszerek, ill. a lézeres szabáshoz közvetlenül használható ruházati számítógépes rendszerek során elmaradnak a döntően manuális műveletek, nem készülnek tényleges szabásminták, nincs szükség külön felfektetési és terítékrajz készítésre.

A **3D tervező rendszerek** fejlesztésének célja a tervezés gyorsabbá és pontosabbá tétele, digitális kapcsolat létrehozása volt, a tervezés és a termelés körülményei között. A 2D-s szabásmintákat a tényleges testméretek (a konkrét személy antropometriai jellemzőit lézeres testszkeneléssel rögzítik) alapján szerkesztik meg, majd ezeket az idomdarabokat virtuálisan összevarrva öltöztetik fel a virtuális testmodellre (ez a virtuális ruhapróba). Így ellenőrizhető a konfekcionált termék testre-illősége és szemléltethető kinézete.

A 3D-s formából kiindulva három dimenzióban tervezik meg a termékhez szükséges kelmerészeket, ennek síkba terítésével érik el a kétdimenziós szabásmintákat. Ezzel már megvalósul a digitális kapcsolat a tervezés és a termelés konstrukciós részletei között. Ehhez kapcsolódik az ipari körülmények közötti személyre szabott, méretes ruhagyártás gyártási feltételeinek megvalósítása. A CAD rendszereket használók számára továbbfejlesztették a megoldásokat, többek között a „virtuális ruhabolt” megvalósítása érdekében. A 3D-s terméktervezés során a térbeli ruházat és a síkbeli geometrián alapuló szabásminta közötti kapcsolat megteremtése és az emberi test alakjának és mozgási bonyolultságának figyelembevétele

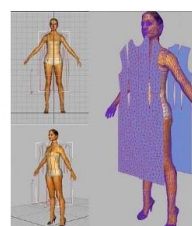


lézeres testszkenelés



A virtuális ruhabolt elve

10. ábra



virtuális felöltöztetés

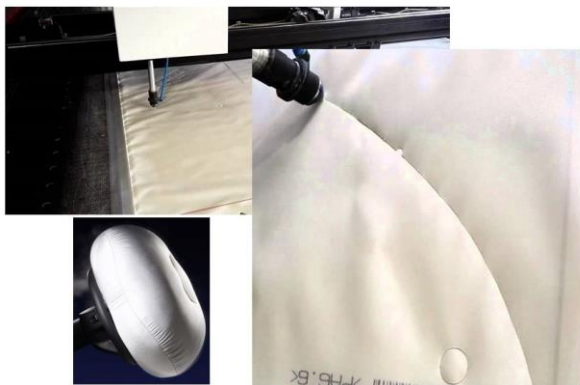
került előtérbe. A felajánlott méterárúválasztékból kiválasztott kelméből a testszkennelési adatok alapján egyénre igazítottan megjeleníthető az igényelt ruházati termék, rendelés esetén ennek alapján - személyes találkozás nélkül - nagyüzemi módon előállítható a konfekcionált termék, az ipari méretes ruhagyártás során (10. ábra).

A **lézersugárral történő megmunkálás (vágás)** a termikus, hőalapú vágási/szabási eljárások kategóriájába tartozik. A lézersugár nem meleg, hanem a vágandó anyaggal való találkozása, elnyelődése hozza létre a hőt. A művelet eredményessége független a vágandó tárgy anyagi minőségétől, mely lehet textilanyag, bőr, műanyag stb. A megmunkálandó anyag külön előkészítést nem igényel, a nagy teljesítménnyel és a tizedmilliméteres fókuszálással tökéletesen végrehajtható a művelet, amihez gerjesztőfeszültség, közbeiktatott optikai adapterek és szilárd lézerek esetében optikai kábel szükséges.

A **lézervágással működő szabásgép** megmunkáló „fejét” (általában szén-dioxid gázlézer nyaláb mozgótükörös irányítással, pl. 200 W teljesítménnyel) a tárolt elektronikus információk (pl. a hagyományos terítékrajznak megfelelő utasítások összessége) alapján számítógép vezérli. Az optimálisan fókuszált lézersugár hatására a szabásvonalak mentén a textilanyag részecskéi termoplasztikus alapanyagok (pl. poliamid, poliészter stb.) esetén megolvadnak, így válnak önálló idomokká. A vágási vonal – a sérülési zóna – szélessége néhány tized milliméter. A vágás minőségét a sugárteljesítmény, a fókuszálás mértéke, a sugár mozgási sebessége, az anyagréteg/ek (általában egy terítéklapot használnak) és a textilanyag szerkezete befolyásolja.

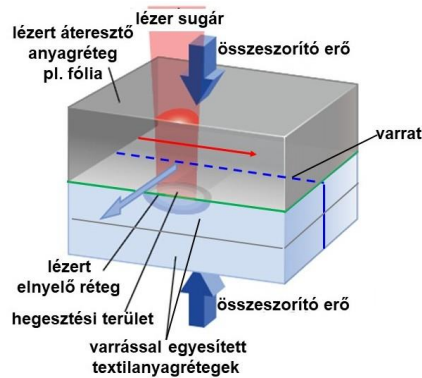
A lézersugarakkal olyan speciális műszaki és ruházati textilanyagok és bőrök, műbőrök vághatók, amelyek más módszerrel nem munkálhatók meg megfelelő minőségben. Pl. vitorlaváson, szénszálas textiliák, Kevlarból (aromás para-aramid) készült textilanyagok ezzel a módszerrel egyaránt megmunkálhatók. A helyi hőhatással végzett lézeres vágás a termoplasztikus (hőre lágyuló) anyagokat olvasztja, így a kivágott idom széle foszlammentesen lezáródik (11. ábra).

A lézeres vágásra alkalmas anyagok **gravírozhatók** is. Főleg a vastag, esetleg száltakaróval fedett – különösen a színezett – textiliák felületén lézergravírozással rusztikus hatások érhetők el. A színes (általában kék) láncfonalakból és nyersszínű vetülékfonalakból szövött farmeranyagokból konfekcionált termékeken koptatás-szerű hatások hozhatók létre, a bőrárúkon különleges, egyedi felület alakítható ki. A farmer- és a bőrtermékeken feliratok, grafikák, akár fotóminőségű képalakzatok képezhetők a lézergravírozással.



Gépkocsi légzsák lézeres szabása

11. ábra



A varrat fedése vízzáró fóliaszalaggal, hegesztéssel

12. ábra

A **hegesztés** különálló anyagrészek oldhatatlan kötéssel történő összeerősítése, amit számos szakterület hasznosít. A termoplasztikus textilanyagokat is hegesztik, amikor a hagyományos varrással végzett egyesítésnél bekövetkező tűsérülés zavaró lenne, amit a varrócérna nem tud megfelelően tömíteni. A zárás az egyes textillefelületek hegesztéses rögzítésével, vagy a varratot fedő műanyagfóliaszalaggal érhető el. A hegesztési varrat az arra alkalmas szálanyagú textiliák vékony rétegű meglágyításával, és egyidejűleg nagy erővel történő összenyomásával alakul ki, mert így az anyagrészecskék egymásba hatolnak. Műanyag bevonatos textilrészecskék egyesítéséhez hasonló kémiai összetételű töltőanyagot (mintegy „hegesztőpálcát”) használnak, ennek beolvasztása biztosítja oldhatatlan kapcsolatot. A megfelelően felmelegített (pl. perlon típusú poliamidnál 170–180 °C, nylon típusúnál 220–230 °C, poliészternél 220–240 °C) kelmeidomok részecskéi olyan mértékű mozgásba jönnek, hogy közöttük nyomás hatására erős kohéziós kapcsolat képződik. A hőközlés kontakt módon, forró levegővel, ultrahanggal elért rezgési energiával, nagyfrekvenciás erőterrel és lézersugárral valósítható meg. Az utóbbi eljárás előnye a nagyon pontosan kijelölhető hegesztési hely és a jól szabályozható energiaösszpontosítás (a lézersugár tökéletesen fókuszálható, a környező területet nem éri fokozott hőhatás). Az általában szén-dioxid lézersugaras ruhaipari hegesztés egy, a sugárnyalábot áteresztő (transzpárens) anyag és egy elnyelőképesseggel rendelkező (abszorbens) kelme összeerősítésére alkalmas. Utóbbi az áteresztő műanyaggal kémiaiilag megegyező, azonban elnyelést biztosító adalékkal (pl. korom) kialakított. Az infravörös elektromágnesessugárzás közeli tartományú lézersugarat a műanyagok döntően áteresztik, amely az elnyelő rétegben hőt fejlesztve megolvasztja mindkét anyagréteg felületét. Az ilyen állapotban nagy nyomással összepréselt anyagok között létrejön a hegesztett kötés, amely hűtés hatására megszilárdul. A lézersugaras hegesztést a sport- és védőruházatoknál a hagyományos varratok műanyag-szalaggal történő – vízhatlanító célú, vegyszerbehatolást akadályozó – lefedésére alkalmazzák, továbbá a gépkocsi légzsákok gyártásánál, műszaki textiliák, ponyvák, árnyékolástechnikai textilanyagok és textilépítészeti idomegyesítéseknél használják (12. ábra).

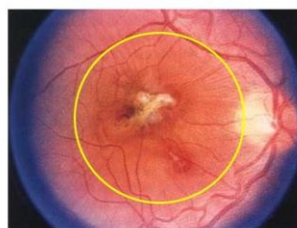
### A lézeres eszközök biztonságos használata

A lézersugárzás egészségkárosítása elsősorban a termikus hatásban nyilvánul meg, ugyanakkor bizonyos hullámhosszok esetén fotokémiai ártalmak is fennállhatnak. Az aránylag kisebb teljesítményű lézerek is károsíthatják a szemet, a nagy teljesítményűek égethetik a bőrt is.





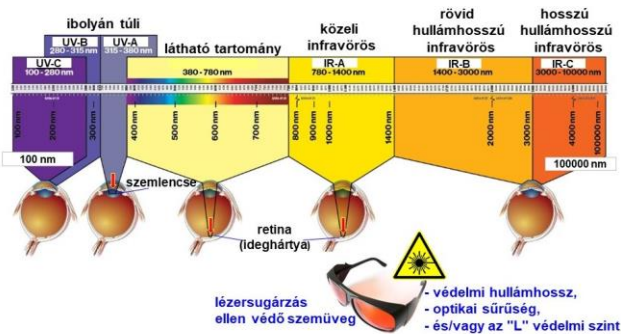
vörös lézerdiodás mutatópálca okozta retina elváltozás (jelentős látásvesztés)



Nd:YAG lézeres távolságmérő okozta retina „beégés” (közel teljes látásvesztés)

Lézersugár miatt bekövetkezett szem károsodás

13. ábra



Az elektromágneses sugárzás hullámhossz szerinti behatolási mélysége az emberi szembe

14. ábra

Egyes lézerek annyira nagy energiasűrűségűek, hogy egy felületről származó, diffúz módon visszaverődő sugarak is károsíthatják a látószervet. A koherens és kis eltérési szög, ill. a fókuszálás következtében a retina apró részére koncentrálódik a behatás. Már a 10 °C-os hőmérsékletnövekedés elpusztíthatja a retina fotoreceptor sejtjeit. A 400–1400 nm hullámhosszúságú, infravörös tartományban működő, nagyobb teljesítményű lézerek behatolnak a szemgolyóba és a retina hőmérséklet emelkedésével károsítanak (13. ábra). A 400 nm-nél kisebb és 1400 nm-nél nagyobb hullámhosszú lézersugárzást elnyeli a szaruhártya és a szelencse, ez szürkehályog kialakulásához, vagy égési sérülésekhez vezet. Az infravörös lézerek azért fokozottan veszélyesek, mert az ún. vakítóérzékenységi reakciót csak látható fény váltja ki. A nagy energiájú Nd:YAG lézer emberi szembe-hatolásakor a hatást elszívó nem érez fájdalmat (csak kattánásszerű hangot hall), de azonnal észleli a bekövetkezett látáskárosodását (14. ábra).

A lézerek tehát károsíthatják a biológiai szöveteket, a szemet kívül a bőrt is. A hó okozta behatás során a károsodás (pl. égés) annyira felmelegíti a szöveteket, hogy a fehérjék denaturálódnak (elvesztik biokémiai képességüket). A fotokémiai károsodás esetén a sugárzás kémiai reakciókat vált ki az élő szövetekben.

A lézereket az 1970-es évek óta a hullámhossz és a maximális kimeneti teljesítmény alapján négy osztályba és néhány alosztályba sorolják (2002-ben az addigi osztályozási rendszert felülvizsgálva módosításokra került sor).

A lézerek veszélyességi osztály meghatározásánál figyelembe veszik a lézer teljesítményét, hullámhosszát, a lézerhatás időtartamát és a hozzáférhetőséget (15. ábra).

**1 osztály** – Rendkívül alacsony teljesítményű (<0,4 μW) lézerek, védőeszközre nincs szükség, mert nem okoznak szemsérülést, látásromlást. A nagyobb veszélyességi osztályba sorolt berendezések is ide tartoznak, amelyeknél a lézersugárzás csak szervizelés során hozzáférhető.

	<b>1 osztály</b>	<0,4 μW - védőeszközre nincs szükség
	<b>1M osztály</b>	1 osztály, de optikai elemek fókuszáló hatása miatt a szembe veszélyes sugárzás jut
	<b>2 osztály</b>	<1mW - szem csukásához szükséges reakcióidő alatt (kb. 0,25 s) még nem okozhat károsodást
	<b>2A osztály</b>	0,4 μW, hosszan belenézve (1000 s, kb. 17 min) sem veszélyes
	<b>2M osztály</b>	optikai elemek miatt a szembe a 2 osztálynál megengedettnél nagyobb intenzitás jut
	<b>3R osztály</b>	1-5mW - közvetlenül a szembe jutva 0,25 s-nál rövidebb időnél is látáskárosodást okoz; védőszemüveg ajánlott
	<b>3B osztály</b>	folyamatos működésnél 5-500 mW, impulzus üzemmódnál <10 J/cm <sup>2</sup> energiasűrűség; <b>védő szemüveg</b>
	<b>4 osztály</b>	folyamatos működésnél >500mW, impulzus üzemmódnál >10 J/cm <sup>2</sup> ; <b>szem- és bőrvédelem</b>

A lézerek veszélyességi osztályba sorolása

15. ábra

**1M osztály** – Olyan 1 osztályú lézersugárforrások csoportja, amelyeknél optikai elemek (pl. lencse, tükör stb.) fókuszáló hatása miatt a szembe már veszélyes sugárzási intenzitás kerülhet.

**2 osztály** – Kis teljesítményű (<1mW) látható tartományba lézerek, amelyek sugárzása az emberi szem becsukásához szükséges pislogási reakcióidő alatt (kb. 0,25 s) még nem okozhat látáskárosodást. Nem kell védőeszköz, ha optikai elem nincs közbe iktatva.

**2A osztály** – A lézersugárforrás maximális teljesítménye 0,4 μW, hosszan belenézve (1000 s, kb. 17 min) sem veszélyes (pl. a pénztárgépek vonalkódleolvasó szkennerei).

**2M osztály** – Olyan 2 osztályú lézersugárforrások, amelyeknél a közbeiktatott optikai elemek miatt a szembe a 2 osztálynál megengedettnél nagyobb intenzitású látható sugárzás juthat.

**3R osztály** –Közepes teljesítményű (1–5mW) lézerek. Közvetlenül a szembe jutva 0,25 s-nál rövidebb idő alatt is látáskárosodást idézhetnek elő. A sugárzás mértéke a nem látható hullámhossz tartományban az 1 osztály ötszöröse, a látható hullámhossz tartományban az 2 osztály ötszöröse lehet, védőszemüveg fokozottan ajánlott.

**3B osztály** – Mérsékelt teljesítményű lézerek (folyamatos működésnél 5-500mW), impulzus üzemmódban energiasűrűségük <10 J/cm<sup>2</sup>, ezek közvetlenül, vagy optikai eszközön keresztül (pl. reflexióval) a szembe kerülve látáskárosodást okozhat. Védőszemüveg használata kötelező!

**4 osztály** – Nagyteljesítményű (folyamatos működésnél >500mW, impulzus üzemmódban >10 J/cm<sup>2</sup>) lézerek, melyeknek a szembe kerülve rövid idő alatt is maradandó látáskárosodást, bőrfelületen súlyos égési sérülést okozhatnak (a gyúlékony anyagokat lángra lobbantathatják). Védőszemüveg és védőruha viselése kötelező. A zárható helyiségben elkülönített berendezés elektromos ellátását csak fixen bekötött kulcsos kapcsolóval indíthatja a feladatra kiképzett személy.

**A beépített lézerek esetén** valamely csoportba tartozó eszköz tartalmazhat magasabb osztályú lézerforrást is, ugyanakkor 1 osztályú lehet, ha megfelelő védőkamrával ellátott (kényszerkapcsolt ajtók stb.). Ilyenek többek között a ruhaipari lézeres szabásgépek, amelyek 4-es osztályú lézerrel működnek, ugyanakkor egyéni védőeszközök nélkül használhatók. A zárt borítás megbontásakor (pl. karbantartás során) ilyenkor magasabb osztályúként kell kezelni.

A szem védelmét biztosító lézerszemüvegek címkéjén szerepelnie kell a működési hullámhossznak (amelynél védelmet nyújt a szemüveg), az optikai sűrűségnek

(OD = mennyivel csökken a védőszemüveg lencsében áthaladó lézersugár energiája), ami elérhető és/vagy az "L" védelmi szintnek (Az EU szerinti „L” osztályozás hasonló az OD osztályozásához, számítása ugyan más módon történik). A veszélyesség megítélésakor ügyelni kell arra, hogy a különböző lézerberendezéseknél ún. lézerirányfényt is alkalmaznak. Irányfénynek számítanak lézeres mutatópálcák (általában 630–670 nm hullámhossz közötti piros sugárral).

### Felhasznált irodalom

- [1] Németh Endre és Tárnoky Ferenc: Ruhaipari kézikönyv. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1979
- [2] Farkas István: Ruhaipari technológia. Skandi-Wald Könyvkiadó Kft., Budapest, 2000
- [3] Ruhaipari szabásgép gyártók prospektusai
- [4] Wikipédia szócikkek