

Egyre jobban terjed a műanyagok lézerhegesztése

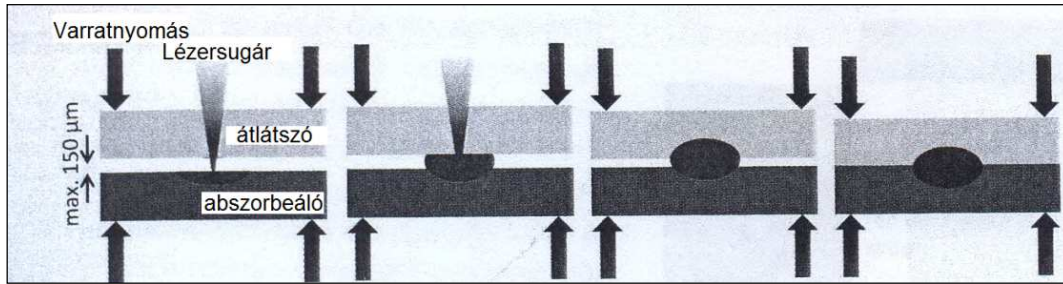
A hőre lágyuló műanyagok szinte mindegyike összeerősíthető lézersugaras hegesztéssel. Alkalmazása számos előnnyel jár más eljárásokhoz képest, de ezek közül legfontosabb az esztétikus varratkép mellett a rendkívül jó reprodukálhatóságon alapuló kis selejtarány és a számítógépes gyártási- és minőségbiztosítási rendszerekbe történő in-line beilleszthetőség.

Tárgyszavak: műanyag-feldolgozás; hegesztés; lézerhegesztés; hőre lágyuló műanyagok.

A lézerhegesztés elve

A hőre lágyuló műanyagok szinte mindegyike összeerősíthető lézersugaras hegesztéssel. Ehhez arra van szükség, hogy az összeszorított, a hegesztési varratnál átlapoló két anyagdarab közül a beeső lézersugárhoz közelebbi (felső réteg) a lézer hullámhosszán átlátszó legyen, azaz ne, vagy csak minimális mértékben nyeljen el energiát, míg a távolabbi (alsó réteg) jó hatásokkal nyelje el a lézersugár energiáját, és ezáltal felhevülve megolvadjon. A forró műanyagömladék ezután (hővezetéssel) megolvasztja a másik anyagdarab felületét is, és az olvadt részek a varratnyomás hatására összehegednek (1. ábra). Mivel a levegő jó hőszigetelő, a hegesztendő felületek között max. 0,15 mm (azaz 150 µm) légrés lehet.

A legtöbb adalékotlan műanyag a lézersugár számára átlátszó, ezért alkalmas felső réteggé az eljárás használatára. Az, hogy a látható tartományban egy műanyag nem átlátszó, nem jelenti azt, hogy a lézersugár hullámhosszán nem az. Az ipari gyakorlatban a színezékek és lézerparaméterek helyes megválasztásával szinte tetszés szerinti színű és átlátszó alkatrészeket is sikeresen lehet hegeszteni. Korom vagy bizonyos fém-oxidok bekeverésének hatására viszont a műanyagok elnyelik a lézersugárzás energiáját, így alkalmazhatók alsó réteggé. Az eljárással nem csak azonos polimerek, de eltérőek is összeköthetők, ha olvadáspontjuk közel azonos és elég távol esik bomláspontjuktól.



1. ábra A lézerhegesztés sémája

Összehasonlítva más kötési módszerekkel (2. ábra) nyilvánvalóvá válnak a módszer előnyei. Anyagfelhasználása gyakorlatilag nincs, egyes változatai kis darabszámok esetében is gazdaságosan alkalmazhatók. *Használatával a hegesztendő anyag(ok) szilárdságát megközelítő varratszilárdság érhető el.* Fontos szempont, hogy az eljárás rendkívül jól reprodukálható, és vezérlése inline beilleszthető a termelési és minőségbiztosítási rendszerekbe. A lézerhegesztés varratai esztétikusak (3. ábra). Nincs idegen anyag (oldószerek, gázok) és por kibocsátása, ezért munkavédelmi és környezetvédelmi szempontokból is kitűnő minősítést kaphat.

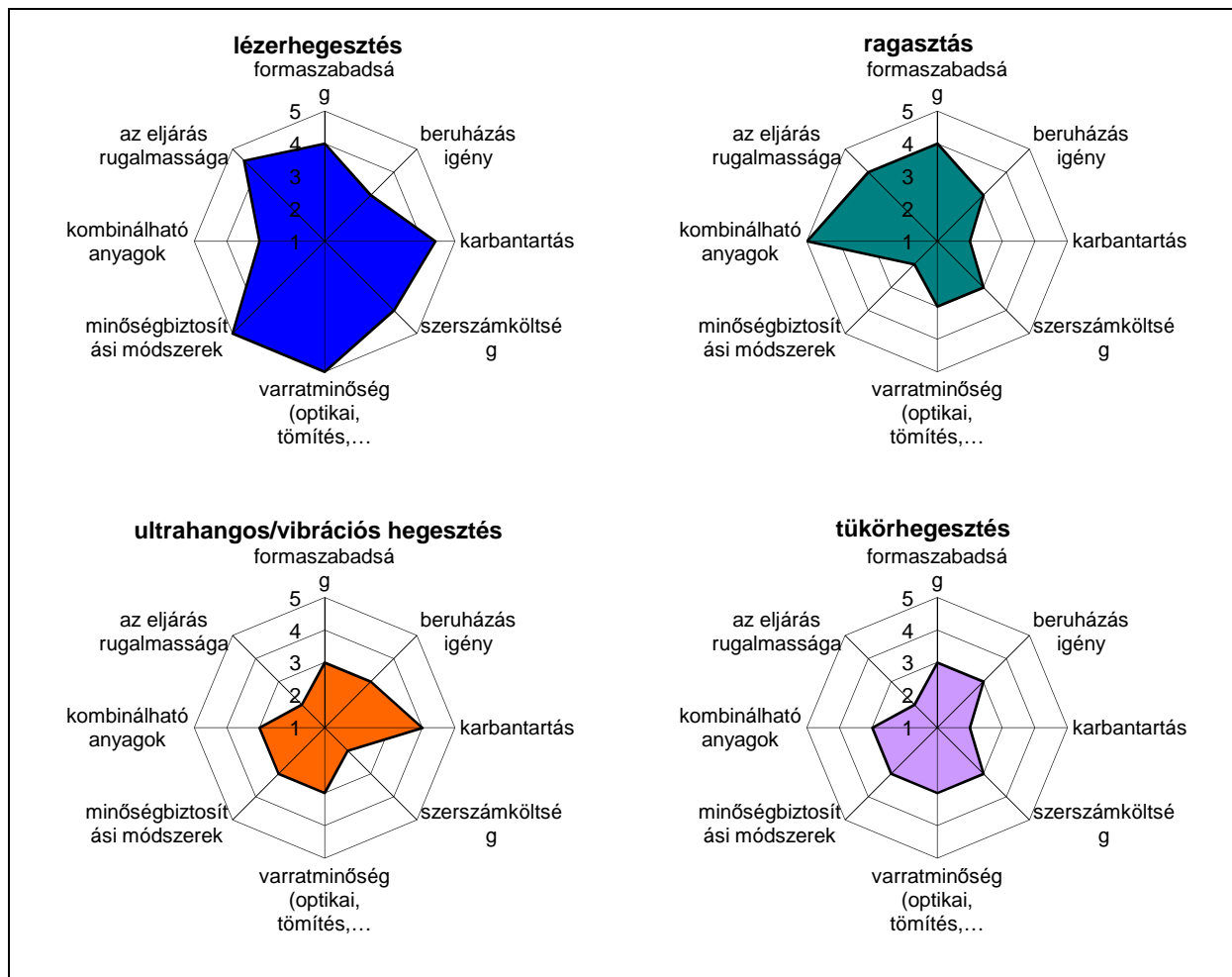
A leggyakrabban alkalmazott lézerhegesztési technológiák

A lézerhegesztés módok együttesen fejlődtek az egyre bővülő alkalmazásokkal. Jelenleg négyféle technológiát használnak elterjedten (1. táblázat).

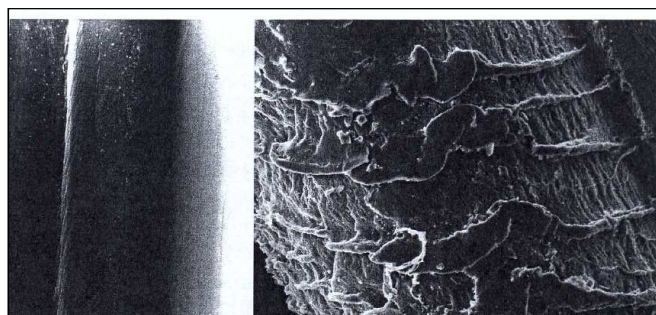
A **kontúrhegesztés** során egy előre beprogramozott, de gyakorlatilag a térben szabadon választható vonal (kontúr) mentén haladva folyamatosan olvasztják meg és hegesztik össze a két anyagot. Ipari robotok alkalmazásával nagyfokú rugalmasság és reprodukálhatóság érhető el. Használata különösen háromdimenziós varratok és nagy méretű termékek hegesztésénél, illetve kis darabszámoknál előnyös.

A **szimultán hegesztésnél** több lézerforrással a hegesztési varrat teljes hossza mentén egyszerre olvasztják meg az összehegesztendő darabokat. A bonyolult elrendezés és a lézerforrások száma miatt ez az eljárás csak nagy darabszámok esetében kifizetődő.

A **kvázi-szimultán hegesztésnél** nagy pontosságú tükörrendszer segítségével nagy sebességgel fókuszált lézersugarat mozgatnak a hegesztési varrat teljes hosszában. A sokszoros pásztázás során a lézersugár hatására az anyag a varrat teljes hosszában gyakorlatilag egyidőben felhevülve megolvad és az összeszorító erő hatására az alkatrészek összehegednek. A pásztázás hossza (általában néhányszor tíz cm) és irányíthatósága, illetve a lézersugár mélységi fókuszálhatósága természetesen behatárolja a módszerrel kialakítható varratok hosszát és geometriáját. Mivel a lézersugár mozgását a számítógépes program szerinti vezérlés végzi, közepes/nagy darabszámoknál alkalmazható gazdaságosan.



2. ábra A lézerhegesztés tulajdonságainak összehasonlítása más kötési módszerekkel (1 = gyenge, 5 = jó)



3. ábra Hegesztési varratok 150-szeres nagyítása lézerhegesztéses (balra) és vibrációs hegesztési módszerrel (jobbra)

A különböző lézerhegesztési eljárások jellemzői

	Kontúr	Kvázi-szimultán	Szimultán	Maszkolásos
Darabszám	kicsi/közepes	közepes/nagy	nagyon nagy	nagyon magas
Termék nagysága	bármilyen	közepes	bármilyen	közepes
Rugalmasság	nagyon nagy	nagy	kicsi	közepes
Varrat komplexitása	nagyon nagy	közepes/nagy	közepes	közepes/nagy
Tolerancia-kiegyenlítés	kicsi	nagy	nagy	kicsi
Gyártási idő	közepes/nagy	kicsi	nagyon kicsi	kicsi/közepes
Beruházási költség	közepes	nagy	nagy	közepes

A *maszkolásos lézerhegesztés* során a lézersugár folyamatosan végighalad az egész terméken a hegesztési varrat vonalán, de azokon a részeken, ahol nem kívánnak hegesztést kialakítani, útját leárnyékolják.

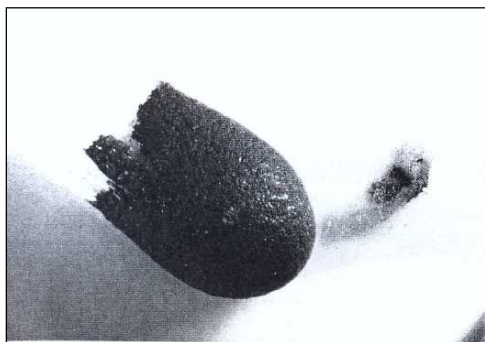
Minőség-ellenőrzési módszerek

Minőség-ellenőrzésre általában a lézersugár transzmisszióját mérő berendezést használnak, amely egy kis intenzitású lézersugár áthatolásának mértékét mutatja minden egyes alkatrészen. Amennyiben az áthatolás mértéke a toleranciahatárokon kívül esik, az adott alkatrész selejtnek minősül és kidobódik a rendszerből. Fontos kérdés, hogy az adott alkatrész mely pontjain mérik a transzparenciát, ami a gyártási hibákat kimutatja: pl. szálagglomerátumok keletkezhetnek a befröccsöntési ponton vagy részlegesen kristályosodó polimerek esetében a nem megfelelő hűtést is detektálhatják ily módon.

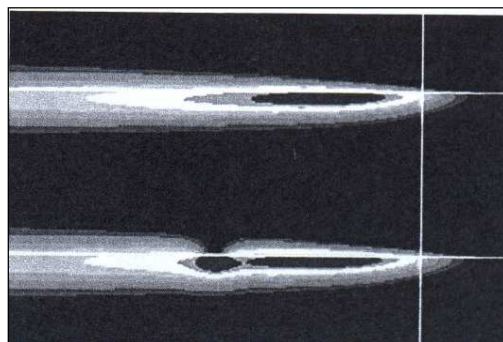
A lézerhegesztés általában az adott termék gyártási folyamatának végén történik, tehát az előző lépések során elkövetett gyártási hibák hatása itt jelentkezik. Ebből a szempontból különösen nagy hatása van azoknak a tényezőknek, amelyek megváltoztatják az összehegesztendő műanyag alkatrészek egyes pontjain a lézersugár abszorpcióját (pl. szennyeződések, anyaghiányok). Az ilyen hibák kiszűrésére speciális módszereket dolgoztak ki.

Az első tisztázandó kérdés az, hogy az összehegesztendő műanyag termékek gyártásánál a feldolgozó (fröccsöntő) gép adagolórendszere megfelelő arányban juttat-e be az alapanyag komponenseit az etetőtölcsérbe, azaz a termék kémiai összetétele a technológiai ablakban helyezkedik-e el. Az ipari gyakorlatban használatos adagolórendszerek szokásos ingadozásai nem befolyásolják károsan a hegeszthetőséget.

A lézerhegesztés során is képződhet selejt. Zárványok és szennyeződések egy adott ponton megváltoztatják a lézersugár abszorpcióját és beégéseket okozhatnak a felső alkatrészben, amelyet megfelelő optikai detektorral észlelhetnek (4. ábra).



4. ábra A beégés-detektor a szabad szemmel nehezen észlelhető hibahelyeket is kimutatja



5. ábra Pirométeres felvételek: felső képen hibamentes varrat, alsó képen anyagiányos varrat, ahol a hőátadás a termék alsó részéből nem jut fel a felsőbe

A hegesztési varrat vizsgálatára gyakran alkalmaznak pirométeres (hőkamerás) mérést (5. ábra), ahol tulajdonképpen a friss varrat által kibocsátott hőmérséklet-eloszlás egyenletességét vizsgálják. E módszer alkalmazhatóságát az alkalmazott műanyagok típusa és a felső alkatrész falvastagsága korlátozhatja. Optimális esetben a mérési jelet a hegesztőberendezéshez visszavezetve online szabályozhatók a hegesztési paraméterek.

Összeállította: Dr. Füzes László

Brunnecker F.: Flexibilität und Wirtschaft = Kunststoffe, 104. k 6.sz. 2014. p. 40–44.
Faißt B.: Ästhetische Schweißnähte = Kunststoffe, 105. k. 6. sz. 2015. p. 30–32.