



B5/T10

Változat: 12.1

Kiadva: 2020. március 31.

**BUDAPESTI MŰSZAKI ÉS GAZDASÁGTUDOMÁNYI EGYETEM
GÉPÉSZMÉRNÖKI KAR
POLIMERTECHNIKA TANSZÉK**

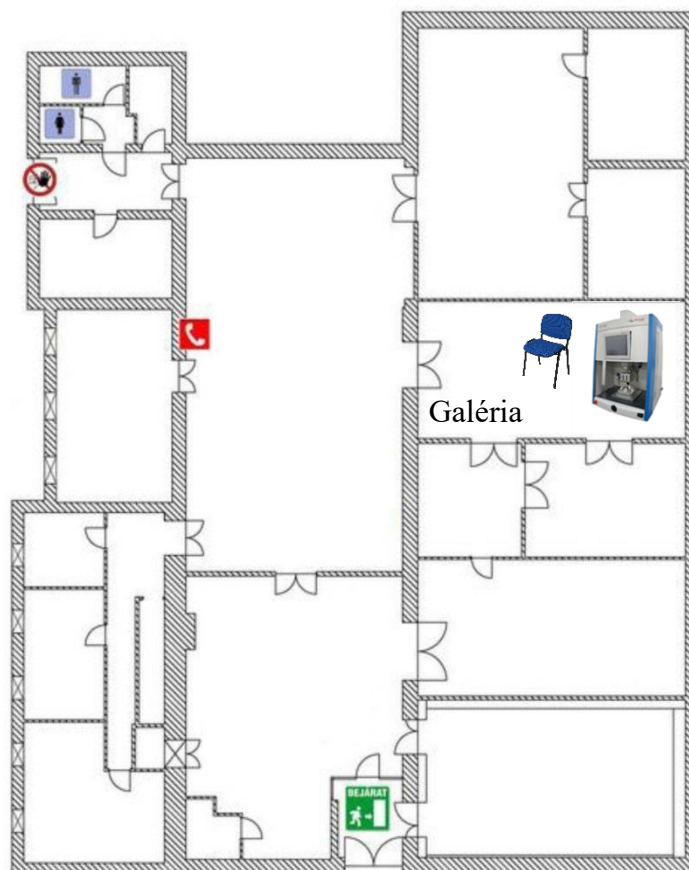
MT épület

Kötések

POLIMEREK KÖTÉSI TECHNOLÓGIÁI

**A JEGYZET ÉRVÉNYESSÉGÉT A TANSZÉKI HONLAPON KELL ELLENŐRIZNI!
WWW.PT.BME.HU**

A LABORGYAKORLAT HELYSZÍNE

MT
épület

TARTALOMJEGYZÉK

1.	A LABORGYAKORLAT CÉLJA	3
2.	ELMÉLETI HÁTTÉR	3
2.1.	ERŐVEL ZÁRÓ KÖTÉSEK	3
2.2.	ALAKKAL ZÁRÓ KÖTÉSEK	4
2.3.	ANYAGGAL ZÁRÓ KÖTÉSEK	6
3.	A MÉRÉS SORÁN HASZNÁLT GÉPEK, BERENDEZÉSEK	14
4.	A TÉMÁHOZ KAPCSOLÓDÓ FONTOSABB SZAVAK ANGOLUL, NÉMETÜL	15
5.	FELHASZNÁLT IRODALOM	15
	MÉRÉSI JEGYZŐKÖNYV	17

1. A laborgyakorlat célja

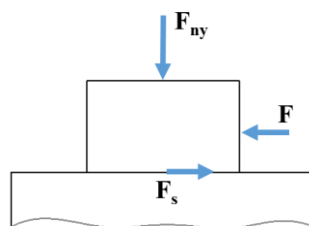
A laborgyakorlat célja a polimerek kötési technológiáinak bemutatása, illetve rendszerezése. A laborgyakorlaton megismerkedünk a polimerek kötéstechológiáinak csoportosítási rendszerével, létrehozunk kötéseket, majd nyíróvizsgálattal összehasonlítjuk ezek teherbíró képességét. Az anyaggal záró kötési technológiák közül bemutatásra kerül a hőtükrös csőhegesztés, az ultrahanghegesztés, valamint különböző típusú ragasztóanyagokkal készült kötések.

2. Elméleti háttér

A műanyag szerkezeti elemek kötéstípusai egyrésztől fizikai vagy kémiai hatáselvük szerint csoportosíthatók: ennek megfelelően megkülönböztetünk erővel, alakkal és anyaggal záró kötéseket (fizikai hatáselv), és adhéziós, valamint kohéziós kötéseket, amiket az atomok között kialakuló kémiai kötések típusa alapján lehet megkülönböztetni egymástól (kémiai hatáselv). A kötéseket emellett oldhatóságukkal (roncsolásmentesen oldható, illetve nem oldható kötések) is jellemezhetjük, amely újrahasznosíthatóságukat is befolyásolja.

2.1. Erővel záró kötések

Az erővel záró kötések létrejöttéhez olyan működő erők szükségesek, amelyek hatására súrlódásos kapcsolat jön létre két test között. Ez a súrlódási erő (F_s) biztosítja a testek közötti elmozdulás-mentes kapcsolatot (1. ábra).



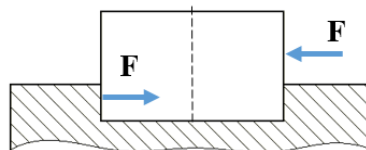
1. ábra Erővel záró kötés elvi vázlata

Az erővel záró kötések családjába a csavarkötés tartozik. A csavarkötés legfontosabb előnye, hogy alkalmazásával oldható kötést lehet kialakítani, emellett különböző anyagpárosításoknál (pl.: fém és műanyag alkatrészek összekötésekor) is jól alkalmazható. Polimer termékek esetén a csavarkötésnek többféle típusa alkalmazható. Amennyiben a termékek alkatrészeinek csatlakozása kis igénybevételnek van kitéve, úgy a kötések kialakítása önmetsző fémcsavarok segítségével is megvalósítható. Speciális betétek, ún. *insertek* alkalmazásával lehetőség nyílik metrikus

csavarmentes kötések kialakítására. Ezek előnye, hogy roncsolásmentesen oldhatók és nagyobb kötésszilárdságot biztosítanak, mint az önmetsző csavarok, mivel az insertek nagy felületen illeszkednek a műanyag termékek falába és érdesített felületükön keresztül nagy erőhatásoknak is ellenállnak. Az insertek készülhetnek ún. körbefröccsöntéssel, ekkor a fröccsöntő szerszámba a fröccsöntési ciklus előtt behelyezett insertre ráfröccsöntik a műanyagot, illetve utólagos megmunkálással, ekkor pneumatikus sajtolással vagy ultrahanghegesztő berendezés alkalmazásával illesztik be ezeket a műanyag termékbe. A csavarkötés hátránya, hogy a kötés létrehozása előtt megmunkálást (furatolást, insert besajtolást) igényelhet, az összekötött szerkezet tömegét és az alkatrészek számát megnöveli, továbbá feszültséggyűjtő helyként funkcionál.

2.2. Alakkal záró kötések

Az alakkal záró kötések alapvető tulajdonsága, hogy a kötést két (vagy több) elem geometriai kialakítása biztosítja, amely meggátolja az elmozdulást (ábra).



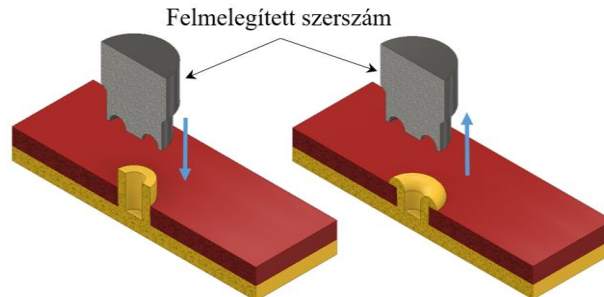
2. ábra Alakkal záró kötés elvi vázlata

2.2.1. Szegecskötések

A szegecskötések alkalmazásával nemcsak azonos anyagból készült polimer termékek között tudunk kapcsolatot létesíteni, hanem eltérő típusú vagy szerkezeti felépítésű műanyagok, illetve polimerek és fémek is összekapcsolhatók. A módszer előnye, hogy gyors és olcsó; hátránya, hogy a kialakult kötésszilárdság jóval kisebb a gyakorlatban alkalmazott más kötéstípusoknál, a kötés roncsolásmentesen nem oldható, valamint nem esztétikus.

Polimer anyagok esetén a saját anyag felhasználásával történő szegecskötéseket használják elterjedten, mivel a polimerek formázása és akár megömlesztése viszonylag kis hőmérsékleten is elvégezhető. Ilyen szegecskötés létrehozásához az egyik munkadarabon ellapítandó csapot alakítanak ki a darab gyártása során, erre illesztik a furattal ellátott ellendarabot. Egy felmelegített szerszám segítségével nyomást fejtenek ki a csapra, ami könnyen formázható állapotba kerül, felveszi a szerszám alakját, kitölti a rendelkezésre álló réseket, így létrejön a kötés (3. ábra). Szegecskötés létrehozható szabványos fém szegecs felhasználásával is, ezt legtöbbször hidraulikus prés

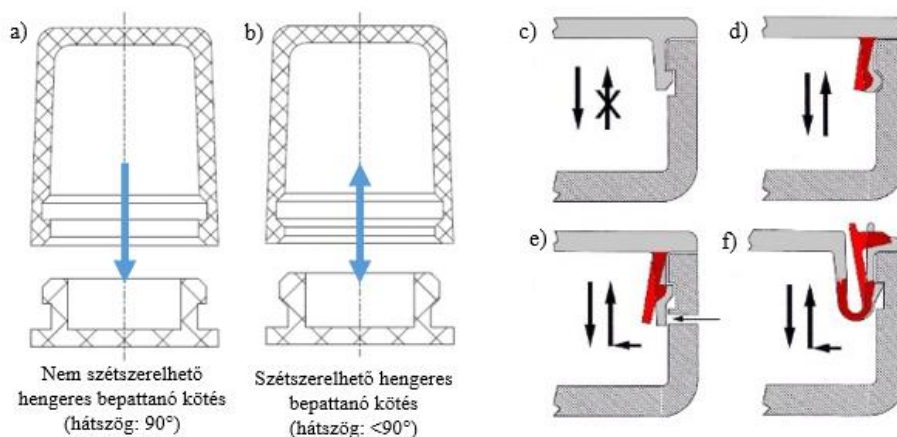
segítségével sajtolják át az összekötendő anyagokon, ennek hatására a szegecs deformálódik, alakkal és erővel egyszerre záró kötés jön létre.



3. ábra Szegecselési eljárás elvi vázlata hőre lágyuló műanyagra

2.2.2. Bepattanó kötés

A műanyagoknál igen gyakori a bepattanó kötés alkalmazása. A kötés kialakításakor a két alkatrész között túlfedés áll fenn, mindkettő rugalmasan deformálódik, amíg az alakváltozás egyenlő lesz a túlfedés mértékével. Ennek hatására az alkatrészek „összepattannak”, terheletlen állapotba kerülnek. A bepattanó kötések oldhatóság szempontjából oldható- és nem oldható bepattanó kötésekre csoportosíthatók, ezek között a deformálódó elem alakjának kialakítása, a hátszög nagysága alapján lehet különbséget tenni. A nem oldható bepattanó kötések esetén a szerkezet úgy van kialakítva, hogy a 90° -os hátszögű deformálódó elemhez nem férünk hozzá (4./a és c ábra). Az egyszerű oldható kötéseknel a hátszög 90° -nál kisebb, az összeszereléshez és a bontáshoz szükséges erő hatásvonalára megegyezik (4./b ábra). A komplexebb oldható kötéseknel a hátszög nagysága 90° , azonban a szerkezet és/vagy a deformálódó elemek geometriai kialakításának köszönhetően a deformálódó elemre kifejtett, a szerelési hatásvonalra merőleges irányú erő alkalmazásával a kötés továbbra is oldható marad (4./d-f ábra).



4. ábra Bepattanó kötések, hengeres nem szerelhető (a), szerelhető (b) és a rugózó horog nem szerelhető (c) és szerelhető típusai (d-f)

A bepattanó kötés előnye, hogy az alkatrészek gyorsan és egyszerűen szerelhetők; hátránya, hogy alkalmazása csak nagysorozatú gyártás (fröccsöntés) esetén gazdaságos, a bonyolult szerszámkialakítás nagy költségvonzata miatt.

2.3. Anyaggal záró kötések

Az anyaggal záró kötéstechnológiák közé a ragasztás és a különböző hegesztési technológiák tartoznak.

2.3.1. Ragasztott kötések

A ragasztás során két szilárd testet ragasztóanyag segítségével erősítünk egymáshoz. A ragasztott kötések szilárdságát döntően két erőtípus befolyásolja: a ragasztandó anyagok, valamint a ragasztó belső szilárdsága, ún. **KOHÉZIÓ**ja, és a ragasztandó anyag és ragasztó határfelületén fellépő erőhatások, az ún. **ADHÉZIÓ**. A ragasztandó felületek tisztasága elsődleges fontosságú a ragasztás minőségének szempontjából.

Egy jó minőségű ragasztott kötésben az adhéziós erők legalább olyan nagyok, mint a kohéziós erők, azaz a ragasztott kötés tönkremenetele az alkatrészek anyagában vagy a ragasztóanyagban megy végbe (ez az ún. kohéziós tönkremenetel). Amikor a ragasztott felületek kohéziós tönkremenetel nélkül elválnak egymástól, akkor a tönkremenetel adhéziós típusú.

A ragasztott kötések előnyei... :

- + Ragasztással különböző szerkezeti felépítésű anyagok (fém, műanyag, fa, üveg, stb.) egymáshoz rögzítése is megvalósítható,
- + a terhelés nagy felületen adódik át, emiatt jobban eloszlik, a fajlagos terhelés lényegesen kisebb az erővel és alakkal záró technológiákkal létrehozott kötésekhez képest,
- + ez súlycsökkentésre (geometriai változtatások, más anyagok használata) vagy akár a szerkezet terhelésének növelésére is lehetőséget ad,
- + továbbá ragasztással két alkatrész összekötésén túl egyben szigetelés (nedvesség, rezgés, hő, elektromos stb.) is megvalósítható.

... és hátrányai:

- a ragasztott kötések csak roncsolásos módszerrel oldhatók, ami a javíthatóságot nehezíti,
- a felületek előkészítése, tisztítása és ragasztása során egészségre, környezetre káros anyagok is felszabadulhatnak.

A ragasztási technológiákat alapvetően két nagy csoportba lehet sorolni: ragasztószalagos (öntapadó ragasztós) technológiák, illetve folyékony ragasztós technológiák. Ez utóbbi csoporton belül megkülönböztetünk térhálósodó és nem térhálósodó ragasztóanyagokat.

A nem térhálósodó ragasztók csoportjába az alábbi ragasztók tartoznak:

- AZ OLDÓSZERES RAGASZTÓK, amelyeknek kétféle típusa van:
 1. A *kötőanyag nélküli* oldószeres ragasztók csak hőre lágyuló polimerek ragasztásához használhatók. Az oldószer feloldja a ragasztandó anyagok egy vékony felületi rétegét, amelyek megfelelő összenyomó erő esetén összekapcsolódnak, a polimer molekulaláncok között interdiffúzió jön létre: a molekulaláncok egymásba hatolnak és összeakadnak. Kötőanyag nélküli oldószeres ragasztóval csak azonos anyagból készült testek ragaszthatók össze, mivel a molekulaláncok összeférhetősége alapkövetelmény.
 2. A *kötőanyagot tartalmazó* oldószeres ragasztóanyagok esetén a kötés a ragasztandó felületekre felhordott ragasztó oldószerének kipárolgását követően, a rövid oligomer (maximum néhány tíz molekula hosszúságú) láncsegységek hosszú molekulalánccá történő összekapcsolódása (a ragasztó „kikeményedése”, polimerizációja) folytán jön létre.
- ÉS AZ ÖMLEDÉKRAGASZTÓ: Az ömledékragasztók esetében a kötés a ragasztóanyag megfelelő hőmérsékletre való felmelegítése után hozható létre, kihasználva az ömledék állapotban lévő polimerek ragacsosságát, jó tapadóképességét. Az ömledékragasztók előnye a gyors, termelékeny, oldószermentes ragasztás, hátránya a korlátozott kötésszilárdság és bizonyos műanyagok (tipikusan a poliолеfinek: PE, PP) rossz ragaszthatósága.

A térhálósodó ragasztók csoportjába tartoznak az alábbi ragasztók:

- KÉTKOMPONENSŰ (2K) RAGASZTÓK: A ragasztóanyag két komponens, egy folyadék állapotú oligomer (maga a ragasztóanyag), valamint ennek polimerizációját vagy térhálósítását végző ún. edző anyag megfelelő arányban történő összekeverésével állítható elő. Ilyen típusú ragasztók például az epoxi, poliuretán, valamint az akrilbázisú 2K ragasztók.
- CIANO-AKRILÁTOK („PILLANATRAGASZTÓK”): A két komponens a csomagolásban előre összekeverve áruulják, a ragasztóanyag polimerizációját egy nedvességre érzékeny adalékanyag (a második komponens) gátolja meg. Ennek hatását a levegő nedvességtartalma képes semlegesíteni, ami beindítja az igen gyors, néhány másodperc alatt lejátszódó polimerizációs láncreakciót a ragasztóanyagban.

Az itt felsoroltakon kívül számos más mechanizmus is létezik, amelyek felhasználásával ragasztott kötés alakítható ki, például ilyen a fénysugárzás (UV ragasztók), az emelt hőmérséklet (egy komponensű (1K) szerkezeti ragasztók), vagy az oxigénmentes környezet (ún. anaerob ragasztók).

2.3.2. Hegesztett kötések

A polimerek hegesztésén kizárólag a hőre lágyuló polimerek olyan kötését értjük, amely **hő és nyomás** együttes hatására jön létre hegesztőanyag (hozaganyag) alkalmazásával vagy anélkül. A hegesztett kötés kialakításához szabad részecskemozgás, vagyis folyékony halmazállapot szükséges, amely hőbevitellel, a polimer láncmolekulák között szilárd állapotban fennálló szekunder kötések felszakításával érhető el. A hegesztett alkatrészekre kifejtett nyomás elősegíti a polimer láncok egymás közé diffundálását, amely a nagy szilárdságú kohéziós kapcsolat alapja.

A hegesztés feltételei:

- **Összeférhető anyagok** (azonos, vagy közel azonos molekulaszervezet),
- A kellően viszkozus, ugyanakkor rugalmas fizikai állapotot biztosító **hőmérséklet**,
- A hegesztendő felületek közelségét biztosító, megfelelő ideig fenntartott **nyomás**,
- A hegesztett kötés **kontrollált lehűtése**.

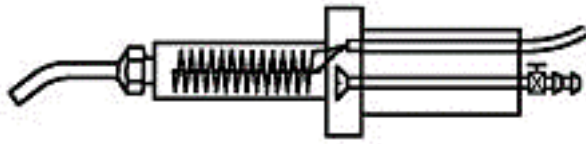
A legfontosabb hegesztési technológiákat három csoportba sorolhatjuk a hőátadás módja szerint:

- hővezetési,
- súrlódási,
- sugárzasi.

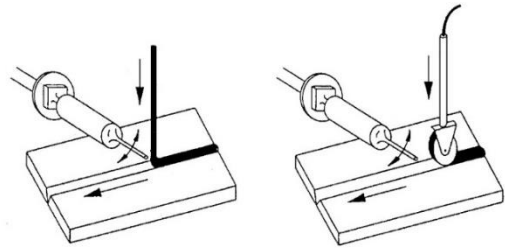
2.3.2.1. Hővezetési hegesztési eljárások

Hővezetéssel történő hegesztés esetén mind a hőforrás, mind a hőátadó anyag lehet légnemű, folyékony vagy szilárd halmazállapotú.

- **FORRÓGÁZOS HEGESZTÉS (VIDEÓ)**: Az eljárás lényege, hogy felhevített gázzal plasztikus állapotig melegítik a hegesztendő felületeket és a hozaganyagot úgy, hogy azok molekulaláncai képesek legyenek egymásba diffundálni. A hőátadó közeg általában levegő, azonban ún. inert gázokkal (pl. nitrogénnel, szén-dioxiddal) is lehetséges a hegesztés. A hegesztésre használt gázt általában elektromosan fűtött kézi hegesztőkészülékben (hőlégfúvóban) hevítik fel, és fúvókán keresztül vezetik a hegesztési helyhez (5. ábra).



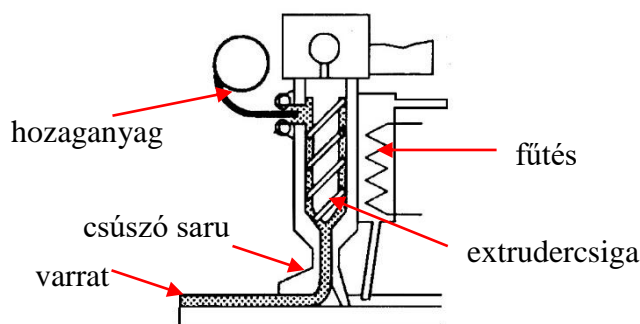
5. ábra Kézi hőlégfúvós hegesztőgép



6. ábra A hegesztés menete

Forrógázos hegesztés esetén a varrat létrehozásához hegesztőpálca formájában hozaganyagot használnak. Fontos, hogy mind a hegesztendő, mind pedig a hozaganyag azonos reológiai állapotban legyen a folyamat során, ezért a hőlégfúvó levegőáramát, valamint mozgatási sebességét úgy kell beállítani, hogy az összehegeszteni kívánt felületeket és a közük helyezett hegesztőpálcát közel azonos mértékben melegítse fel. A hozaganyagot kemény anyagok esetén kézzel, lágy anyagok esetén görgőn keresztül vezetik a hegesztés helyére (6. ábra).

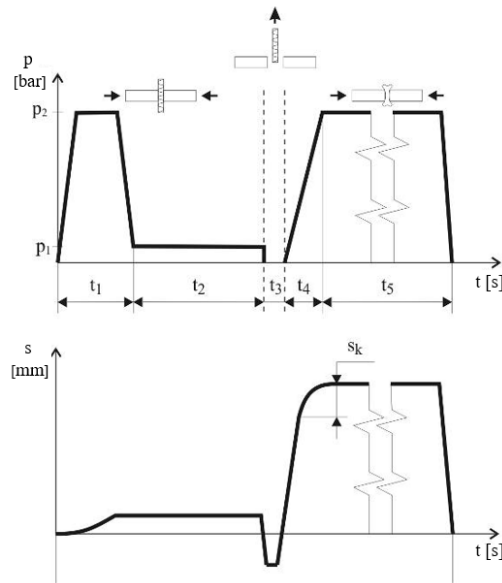
- FORRÓGÁZOS EXTRÚZIÓS HEGESZTÉS ([VIDEÓ](#)): A technológia célja nagy térfogatú varratok készítése hozaganyag felhasználásával, amit ömledék formájában juttatnak az előkészített varratprofilba. A hozaganyag az összekötésre kerülő alkatrészek anyagával kompatibilis extrudált zsinór, ezt az extrúziós hegesztőgépben forró gázáram vagy palástfűtés segítségével előmelegítik, majd forgó extrudercsiga segítségével megömlesztik és bepréselik a varratébe. A plasztikus anyag és a hegesztendő felületek közötti nyomást a mini-extruder végére szerelt csúszó saruval biztosítják, amivel a varratfelület minősége, kinézete is befolyásolható (7. ábra).



7. ábra Extrúziós hegesztőkészülék

- TÜKÖRHEGESZTÉS ([VIDEÓ](#)): A fűtőelemes tompahegesztés – ami tükörhegesztésként is ismert – az egyik legfontosabb eljárás műanyag termékek sorozatgyártásában, illetve nagy tömegben történő hegesztésekor, mert nagyméretű kötések kialakítására alkalmas, jól automatizálható, kis bekerülési költségű és egyszerű, azonban hátránya, hogy ciklusideje hosszú. Az eljárás alkalmazási területe két fő részre osztható: csőhegesztés (pl.: polietilén, polipropilén) és egyéb termékek hegesztése (pl.:

autóiparban üzemanyagtartályok, akkumulátorok, hátsó lámpák stb.). A tükröhegesztési technológiát a két hegesztendő munkadarab, valamint a hegesztőtükör közötti nyomásviszonyokkal lehet jól szemléltetni (8. ábra).



8. ábra Nyomásviszonyok (p) és szerszámmozgás (s) a tükröhegesztés során az idő függvényében

A hegesztés legelső művelete a berendezésbe befogott csővégek homloklapjainak gyalulása egy körkörös mozgó, késekkel ellátott gyalugép segítségével. E művelettel az összekötendő csővégek párhuzamossága és a felületek tisztasága egyidejűleg biztosítható. Az általános tükröhegesztés esetében (8. ábra) a hegesztendő darabok melegítése két fázisra bomlik: az első fázisban a munkadarabokat az adott hőmérsékletre fűtött hegesztőtükörhöz szorítják előbb nagyobb (p_2 , t_1 ideig), majd kisebb (p_1 , t_2 ideig) nyomáson, így a kötési zónához közeli anyagréteg tökéletesen átmelegszik. A második fázisban a fűtőelemet eltávolítják a munkadarabok közül (t_3 időtartomány), majd a csővégeket egymáshoz szorítják (t_4 idő alatt, p_2 nyomáson). A lehülési idő (t_5) elteltével a kötés létrejött, az összehegesztett darabot el lehet távolítani a hegesztőkészületről.

2.3.2.2. Súrlódáson alapuló hegesztési eljárások

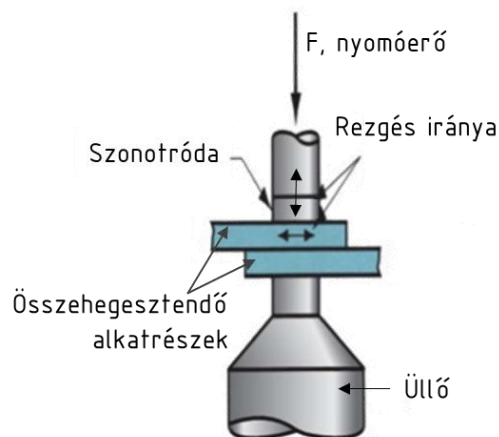
Az ebbe a csoportba sorolt eljárások a hegesztéshez szükséges hőt mechanikai vagy villamos energia felhasználásával, a hegesztett anyagban hozzák létre, tehát semmilyen külső hőforrást nem igényelnek. A szükséges hegesztési hőmérsékletet az összekötendő és egymáshoz szorított felületek között kialakuló súrlódás kelti.

- ROTÁCIÓS DÖRZSHEGESZTÉS (VIDEÓ): A módszer lényege, hogy az összehegesztendő alkatrészek egyike nagy fordulatszámon forgó mozgást végez, miközben megfelelő nyomással a másik, rögzített

(álló) alkatrészhez nyomják. A felületeken keletkező súrlódási hő hatására a felületek ömledék állapotba kerülnek. Ekkor a forgást megszüntetve, a hegesztett alkatrészeket állandó nyomás alatt tartva lehűtik. Polimerek mellett elterjedten alkalmazzák körszimmetrikus fém alkatrészek összehegesztésére is.

- VIBRÁCIÓS HEGESZTÉS (VIDEÓ): a rotációs dörzshegesztéshez hasonló eljárás, ahol az alkatrészek egymáshoz szorítva, apró translációs elmozdulásokkal hőt gerjesztenek. A rezgést elektromágnesek hozzák létre, egy rugókra felfüggesztett eszközön. A mozgást hirtelen leállítva a megolvadt felületek összehegednek. A módszer nem forgásszimmetrikus darabok hegesztésére jól alkalmazható, amennyiben az egyes alkatrészek néhány fokkal elfordíthatók egymáshoz képest. Az elfordítás helyett a súrlódást excentrikus mozgással, továbbá tengely vagy keresztirányú, egyenes vonalú mozgással is létre lehet hozni.

- ULTRAHANGHEGESZTÉS (VIDEÓ): Ennél az eljárásnál a hegeszthetőség kritériuma a hegesztendő anyag mechanikai rezgéseket csillapító képessége: az anyag csillapítása miatt a rezgési energia csökken, miközben az anyagban hő fejlődik. A hőre lágyuló polimerek mechanikai rezgéscsillapító képessége olyan nagy, hogy az összes polimer anyag hegeszthető ultrahanghegesztéssel (9. ábra).



9. ábra Ultrahanghegesztés elvi ábrája műanyagoknál

Egy ultrahanghegesztő berendezés két részre osztható: a hegesztő asztalra (üllőre és befogószerkezetre) és a rezgéseket keltő és továbbító egységre (átalakító, erősítő, szonotróda). Az üllő feladata, hogy a hegesztendő anyagokat szilárdan rögzítse a hegesztési folyamat alatt. Az ultrahang frekvenciatartományba eső rezgések a következő módon hozhatók létre: egy generátor a hálózati áramot nagyfrekvenciás váltakozó árammá alakítja át, amit a rezgés-átalakító (konverter) egy piezoelektromos kristály felhasználásával mechanikai rezgéssé alakít át úgy, hogy a kristály a váltakozó feszültség hatására periodikusan kitágul és összehúzódik. A keletkezett rezgések amplitúdója ekkor általában még túl kicsi a hegesztéshez, így egy további elem, az ún. booster, vagy

erősítő beiktatására van szükség, ami geometriai kialakításának köszönhetően képes a rezgések amplitúdójának növelésére. A szonotróda feladata, hogy a rezgéseket továbbítsa a hegesztendő munkadarab felületére, valamint geometriai kialakításából fakadóan szintén képes a rezgések amplitúdójának növelésére.

A viszonylag puha, hőre lágyuló műanyagok, mint például a polietilén vagy a PVC, olyan csillapító tulajdonságokkal bírnak, hogy a rezgés csak kis távolságokra terjedhet át az anyagon belül. Ezekben az esetekben a hegesztett lemezek maximális vastagsága 3-6 mm lehet. A jobb ultrahangos átviteli tulajdonságokkal rendelkező anyagok, mint a PP, HDPE, ABS vagy PA6, 6 mm-nél nagyobb vastagságban hegeszthetők.

2.3.2.3. Sugárzáson alapuló hegesztési eljárások

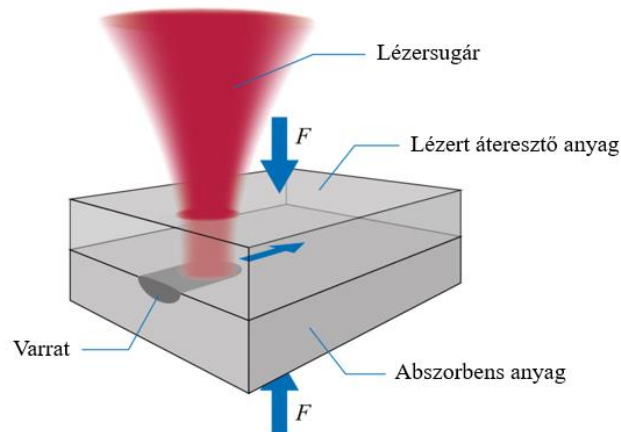
Sugárzáson alapuló hegesztésről van szó azokban az esetekben, amikor egy energiaforrásból kibocsátott sugárzás a hegesztendő testbe jutva elnyelődik, az elnyelés helyének környezetében lévő anyagot felmelegíti, megömleszti. Ebbe a hegesztési csoportba tartoznak a lézersugaras, a nagyfrekvenciás és a mikrohullámú hegesztések is.

- LÉZERSUGARAS HEGESZTÉS ([VIDEÓ](#)): A fényforrások egy speciális típusa a lézer (**L**ight **A**mplification by **S**timulated **E**mission of **R**adiation = fénykibocsátás sugárzás indukált emissziójával). Megkülönböztetünk folyadék- (ún. festéklézer), szilárdtest- (pl.: ND:YAG, diódalézer) és gázlézereket (pl.: CO₂ lézer). A lézerek által kibocsátott elektromágneses sugárzás **monokromatikus**, a sugárnyalábon belül a fotonok azonos hullámhosszú rezgőmozgást végeznek. A létrejött fényre jellemző továbbá a nagyfokú **koherencia**, azaz a lézersugár fotonjainak rezgéseke szinkronizált, emiatt a sugárzás időben és térben rendezett. A lézernyaláb kicsi átmérőjű és nagyon kicsi széttartású, az egyes lézerfotonok gyakorlatilag párhuzamosan mozognak, emiatt a teljes lézersugár vonalszerűen terjed (a lézersugárzás **divergenciája kicsi**).

A lézersugár, mivel energiasűrűsége igen nagy, kiválóan alkalmas különböző anyagok megmunkálására. Az adott felületre jutó energiamennyiség megválasztásával meghatározhatjuk, hogy vágást, hegesztést, felületmódosítást (pl.: acél felületi edzése), vagy jelölést végzünk. Előnyei a nagy pontosság és reprodukálhatóság, a nagyfokú rugalmasság, valamint hogy érintésmentes és utólagos megmunkálást nem igényel. Ma az iparban többnyire az Nd:YAG, CO₂ és diódalézereket használnak, teljesítményük a felhasználástól függően igen széles tartományban mozoghat.

A lézersugaras hegesztés szabályozott hőbevitellel, kis deformációval és nagy hegesztési sebességgel történik. Lézerhegesztéskor a hőkeltés folyamatában nagy szerepe van az anyag

abszorpciós képességének, vagyis annak, hogy a lézersugár teljesítményének mekkora hányadát nyeli el a hegesztendő anyag. Ez az elnyelt energia fordítható a megmunkálás során a darabok megolvasztására, illetve megömllesztésére. Az abszorpciós képességet használjuk ki polimerek átlapolt, ún. transzmissziós hegesztésénél is: ez esetben az egyik alkatrész a lézersugárzás hullámhosszán áteresztő, a másik nem, így a lézersugárzásban tárolt energia a két alkatrész érintkezési síkjában nyelődik el (10. ábra).



10. ábra A transzmissziós lézersugaras hegesztés általános elrendezése

3. A mérés során használt gépek, berendezések



**HERRMANN ULTRASCHALL HiQ Evolution Speed Control ultrahanghegesztőgép és
ROTHENBERGER ROWELD P160B hőtükrös csőhegesztő gép**

A segédletben szereplő, a tananyag megértését segítő videók QR-kódja:

Forrógázos hegesztés



Forrógázos extrúziós
hegesztés



Tükörhegesztés



Rotációs
dörzshegesztés



Vibrációs hegesztés



Ultrahang hegesztés



Lézersugaras hegesztés



4. A témához kapcsolódó fontosabb szavak angolul, németül

Magyar	Angol	Német
Kötéstechnológia	Joining technology	Verbindungstechnik
Bepattanó kötés	Snap fit	Schnappverbindung
Csavarkötés	Threaded joints	Schraubverbindung
Szegecskötés	Riveted joints	Nietverbindung
Hegesztés	Welding	Schweissen
Forrógázos hegesztés	Hot gas welding	Warmgas Schweissen
Extrúziós hegesztés	Extrusion welding	Extrusions Schweissen
Tükrőhegesztés	Hot plate welding	Heizelementstumpfschweissen
Rotációs dörzshegesztés	Spin welding	Rotations-Reibschweissen
Vibrációs hegesztés	Vibration welding	Vibrations-Reibschweissen
Ultrahangos hegesztés	Ultrasonic welding	Ultraschall-schweissen
Lézerhegesztés	Laser welding	Laser-schweissen

5. Felhasznált irodalom

- [1] Jordan Rotheiser: Joining of plastics. Handbook for designers and engineers, Hanser Publishers, Munich, Germany 1999
- [2] Czvikovszky T., Nagy P., Gaál J.: *A polimertechnika alapjai*, Műegyetemi Kiadó, Budapest, Magyarország 2000 (455. oldal)
- [3] S. T. Amancio-Filho, L-A. Blaga: Joining of polymer-metal hybrid structures: principles and applications. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, NJ, USA 2018
- [4] S. Arungalai Vendan, M. Natesh, A. Gargh, L. Gao: Confluence of multidisciplinary sciences for polymer joining, Springer, Singapore 2019
- [5] Molnár I., Pető E., Seder J., Csikai I.: *Műanyagok hegedési folyamatai és a hegesztési eljárások problémái*, Műanyag és Gumi, 33, 1996 (339-348. oldal)
- [6] S. Ebnesajjad: Handbook of adhesives and surface preparation: technology, applications and manufacturing, William Andrew Inc., Oxford, UK 2011
- [7] G. Ezhard: *Konstruieren mit Kunststoffen*, Hanser, München 1993 (310. oldal)

Jegyzetek

MÉRÉSI JEGYZŐKÖNYV

Név:

Pont:

Neptun kód:

Dátum:

Ellenőrizte:

Gyakorlatvezető:

Ezt az oldalt
kinyomtatva
hozza
magával!

1. Polimer kötések összehasonlítása

A laborgyakorlaton megadott adatok és összefüggések segítségével töltsé ki az alábbi táblázatot!

Kötés típusa	Anyag	Kötési felület [mm²]	Vizsgálati sebesség [mm/perc]	Maximális Erő [N]	Kötés-szilárdság [MPa]	Tönkremenetel típusa

2. Hőtükros csőhegesztési eljárás ciklusdiagramja

Hegesztett cső átmérője: $d =$ [mm] SDR=Átmérő/falvastagság=

