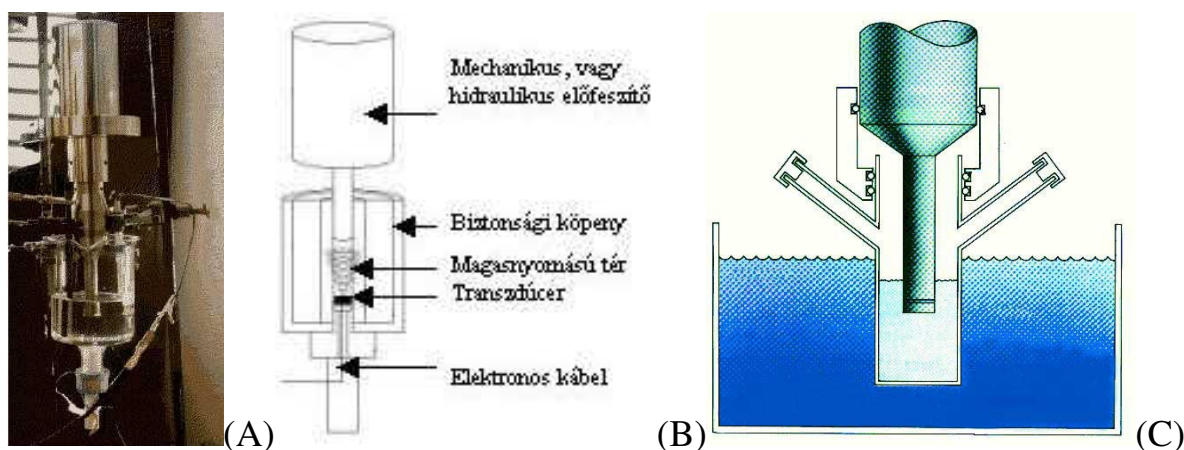


#### 4.2.2. AZ ULTRAHANG KÉMIAI ALKALMAZÁSAI

A kémia speciális területe a szonokémia, melyben speciális reakciókat, új reakció utakat és reakciótermékeket nyerhetünk ultrahang hatására, és az eljárásokat pedig szonokémiai reaktorokban folytatjuk (41. ábra). A szonokémia tudományterületének napjainkban az egyik legnagyobb nemzetközi kutatója K. S. Suslick Professzor. A szonokémia szakterületének XX. század elején történő hazai és nemzetközi megalapozásában, a Nobel-díjas Szent-Györgyi Albert szegedi kutatói teamében kezdő, Greguss Pál Professzor is alapvető szerepet játszott.



**41. Ábra:** Szonokémiai reaktor sémák (A, légköri nyomású reaktor, B, 1000bar feletti nyomásokhoz alkalmazott reaktor C, Suslick-féle reaktor)

A 41. ábra a legáltalánosabb szonokémiai reaktortípusokat mutatja be. Talán nagyképű, vagy szűklátókörű a kifejezés, hogy legáltalánosabb, mivel a tanulmány teljes terjedelme sem lenne elegendő ahhoz, hogy nagy vonalakban sikerüljön felvázolnom a „legáltalánosabb” szonoreaktorokat és alkalmazásukat. A tanulmány jelen szakasza inkább gondolatébresztésre, a legelterjedtebben alkalmazott laboratóriumi ultrahang berendezések kiegészítő, vagy más típusú alkalmazásának megvilágítására alkalmas. Az ultrahang fő kémiai szerepe a

kavitációs buborékon kialakuló katalízis, vagyis a reakciók aktiválási energiájának csökkentése, szonokemikáliák kialakítása, reakciók gyorsítása, reakciópartnerek diszpergálása, diffúziós felület növelése és az enzimaktivitás szabályozása, preparatív termékek előállítás, stb. Az ultrahang befolyásolja a biokémiai reakciók sejtbeli lefolyását, a biopolimerek kötéseit átalakíthatja szonokemikáliákon (például:  $H^+ + OH^-$ ) és a mechanikai molekularoncsoló hatásokon keresztül (2.6.1. fejezet). Sugárzás hatására megváltozik a sejtmembrán permeabilitása, ionáteresztő képessége is (2.6.4. fejezet). A 41. ábrán tehát egy légekőri, valamint egy magas nyomású szonokémiai reaktor sémája látható, illetve egy úgynevezett „Suslick” típusú reaktor, amely a legtöbbször alkalmazott és hivatkozott szonokémiai reaktortípus.

#### **4.2.2.1. KRISTÁLYOSODÁSI FOK, VALAMINT ANYAGI MINŐSÉG MEGHATÁROZÁS ULTRAHANGGAL**

A fizikai kémia számára a kristályosodási fok meghatározására egyedülálló lehetőséget biztosít az ultrahang. Az abszorpciós koefficiens és a hangsebesség ugyanis változik a kristályok, szemcsék méretének és hangtérbeli koncentrációjának az arányában. Így kalibráció után a kristályosodottságról információt kaphatunk.

A kristályosodási fok, a [14]. egyenlet szerint vizsgálható paraméter:

$$Q = \left( \frac{1/v^2 - 1/v_1^2}{1/v_s^2 - 1/v_1^2} \right) * \Phi. \quad [14]$$

A képletben szereplő (Q) a számított térfogataránya a szilárd anyagnak, amely megtalálható a szabad rendszerben, ( $\Phi$ ) a diszpergált fázis térfogataránya (v) a mért hangsebesség, ( $v_s$ ) extrapolált hangsebesség, ami olyan emulzióra (szuszpenzióra) vonatkozik, amely csak szilárd szemcséket (kristályokat) tartalmaz, ( $v_1$ ) pedig olyan emulzióra vonatkozó extrapolált hangsebesség, amely

csak folyékony cseppeket tartalmaz. Magától értetődően itt egy bizonyos kristályosodó emulzióról van szó, nem különböző anyagok kalibrációjáról.

Amennyiben kellő mennyiségű önbizalommal rendelkezünk, úgy számítással meghatározható a szuszpenziókra a hang sebessége is, a következő [15-17]. képletek segítségével, Urik (1947) [15]. egyenlete szerint:

$$v = \sqrt{1/\kappa\rho} \quad [15]$$

$$\kappa = \sum \Phi_i \kappa_i \quad [16]$$

$$\rho = \sum \Phi_i \rho_i \quad [17]$$

A képletekben az  $(\Phi_i)$  az i-edik komponens térfogatmennyisége a keverékben,  $(\kappa)$  az adiabatikus kompresszibilitás,  $(\rho)$  pedig a sűrűség. Amennyiben két anyag alkotja a kétfázisú a rendszert, úgy a következő [18-20]. képletekhez jutunk:

$$\kappa = \sum \Phi_i \kappa_i = (1 - \Phi) \kappa_1 + \Phi \kappa_2 \quad [18]$$

$$\rho = \sum \Phi_i \rho_i = (1 - \Phi) \rho_1 + \Phi \rho_2 \quad [19]$$

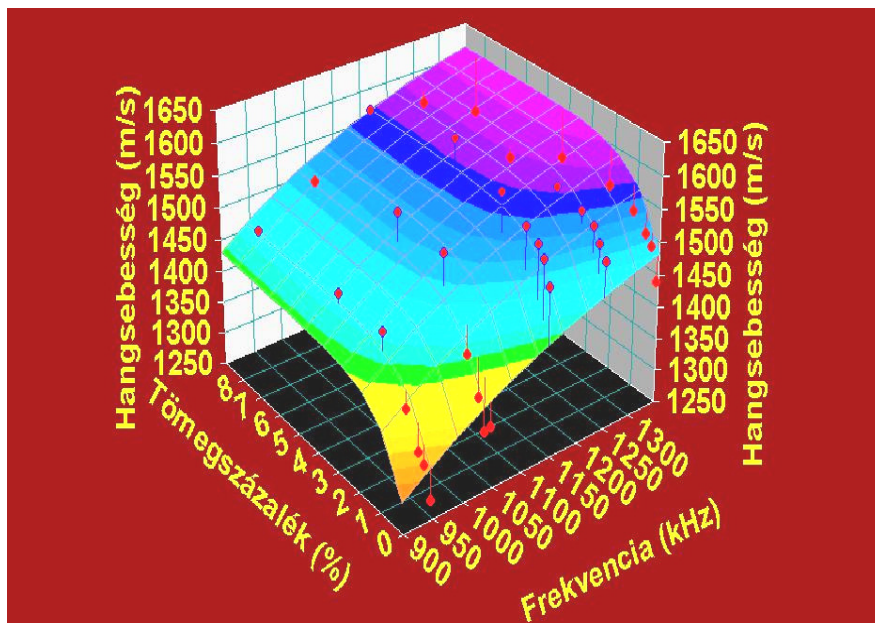
$$\kappa_i = 1/v_i^2 * \rho_i^2 \quad [20]$$

A képletekben a  $(\kappa_1)$  a szuszpendálószer adiabatikus kompresszibilitása, melynek sűrűsége  $(\rho_1)$ , amely a  $(\kappa_2)$  adiabatikus kompresszibilitású  $(\rho_2)$  sűrűségű szilárd szemcsés anyagot tartalmazza. Továbbá  $(\Phi)$  minden esetben a szuszpendált anyag térfogatmennyisége. A képletek a mai napig megállják a helyüket, a mért eredményekkel nagyon szoros egyezést mutatnak. Ugyanígy, vagy hasonló módon informálódhatunk egy fermentorban, vagy bármilyen kémiai- és bioreaktorban lejátszódó folyamatok dinamikájáról, azaz a sejtszám változásáról, a szubsztrátok konverziójáról, vagy éppen a termékképzésről.

#### **4.2.2.1.1. ANYAGI MINŐSÉG VIZSGÁLATÁRA IRÁNYULÓ GYAKORLATI MÉRÉSEK**

Visszatérve az ultrahangnak az aktív és a passzív jellegére, szíves figyelmükbe ajánlok egy nagyon hatékony analitikai és anyagminőség befolyásoló hibrid eljárást. Az általunk kifejlesztett legújabb laboratóriumi berendezés segítségével (25., 26. ábra) egyedülálló módon az aktív ultrahang besugárzás mellett passzív módon mérhető az abszorpciós koefficiens és a hangsebesség is, még hozzá a teljes technológiai időintervallumot átfogó módon, vagyis folyamatosan. Így az ultrahang anyagi minőség befolyásoló aktív hatásáról passzív mérés segítségével folyamatosan informálódhatunk. Továbbá amennyiben nem az ultrahang anyagminőség befolyásoló hatásának vizsgálata az elemzés célja, akkor az aktuális rendszerbeli változásokról kaphatunk információt, mint például az előzőekben említett kristályosodási fokról, sejttömeg változásról, terméképzésről, stb.

Az egyik alpmérésünk segítségével információt kaptunk a hangsebesség - szuszpenzió koncentráció – mérési frekvencia összefüggésről, mely a továbbiakban kalibrációként szolgál a fermentáció folyamán, így például az élesztőgombából történő SCP (Single Cell Protein) gyártás során kialakuló sejtszám változásról (43. ábra).



**43. Ábra:** Hangsebesség alakulása az alkalmazott frekvencia és *Saccharomyces cerevisiae* koncentráció függvényében (Forrás: Lőrincz, A., 2003<sup>\*)</sup>

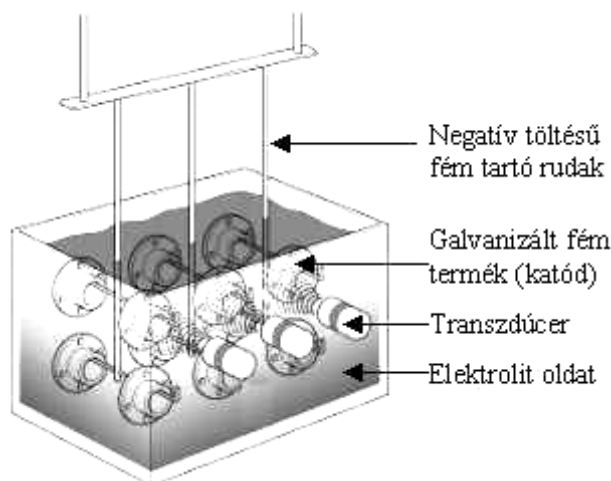
A 43. ábrán jól megfigyelhető, hogy a mért hangsebesség a vizsgáló frekvenciával és a sejtömeg növekedésével egyenes arányban növekedő tendenciát mutatott. Az egyes pontokat 20 mérési adat átlagaként kaptam és a mért pontok elenyésző szórást mutattak.

A mért pontok segítségével ezután tökéletesen be lehet azonosítani egy fermentációs, kristályosodási, vagy élelmiszeripari, fizikai-kémiai üzemállapotot, illetve még pontosabb összefüggést kaphatunk, ha inkább sok állapot sorozataként folyamatosan követjük a változást, illetve a tendenciákat. Ekkor összefüggéseiben szemlélhető a folyamat és az egyes frekvenciákkal „beazonosíthatóak” a folyamatban részt vevő egyes anyagok, amelyeknek a változása így komplex módon folyamatosan követhetővé válik.

#### **4.2.2.2. ULTRAHANG A GALVANIZÁLÁSBAN**

A galvanizáló iparban már nagyon régen ismert, bevált és széles körben alkalmazott eljárás az ultrahangos zsírtalanítás. A zsírtalanítás a 3.4.2. fejezetben ismertetett módon és mechanizmus szerint zajlik. Ma már természetesen nem alkalmazhatnak a tisztításra freont, viszont nagyon jó ultrahangos tisztítószerrel állnak rendelkezésre, akár a különböző pH-val rendelkező környezetben található tisztítandó anyagokhoz, akár az eltérő specifikus körülményekhez szükségesek is.

Azonban egy igen érdekes új ultrahang felhasználás lehet a galvanizálás folyamatában, a katódon, vagyis a bevonandó negatív töltésű oldalra kapcsolt fémen történő redukció miatt képződő hidrogén buborékoknak az ultrahangos eltávolítása, melynek sémáját a 42. ábra mutatja be.



**42. Ábra:** Ultrahangos buborékmentesítés sémája a galvániparban

Az ultrahang alkalmazásának célja tehát a kezelt fémtárgyon keletkezett hidrogénbuborékok eltávolítása. Azért van szükség a hidrogénbuborékok felületről való eltávolítására, mert a hidrogénbuborékok elektromosan szigetelik a fém felületet az elektrolittól, vagyis az anódról érkező ionoktól, ami miatt azok egyenetlenül vonják be a felületet, ami ezáltal foltossá válik. Ez ellen az anyagot általában alternáló sínen helyezik el, mely mozgása során így megszabadul eme gázbuborékoktól, és viszonylag egyenletesen szóródik a felület az átlagolódo elektromos mező miatt. Egyes esetekben pedig az elektrolitot cirkuláltatják a fémek körül, hasonló céllal.

Az ultrahang alkalmazásával a buborékok eltávolítása, az elektrolit áramoltatása és kismértékben az anyag mozgatása is megvalósul, illetve az ultrahang a konvencionális technológiáknál sokkal egyszerűbb, megbízhatóbb (nincs mozgó, kopó alkatrész), de legalább annyira hatékony megoldás.

**4.2.2.3. A SZONOKÉMIÁVAL KAPCSOLATOS KÖVETKEZTETÉSEK**

Természetesen a szakterület hatalmassága megkívánná a bővebb tárgyalását a témának, azonban ezt a fejezetet inkább bevezető, figyelemfelkeltő jelleggel ajánlom szíves figyelmükbe, sem minthogy azt akarnám érzékeltetni,

hogy „ennyi” a szonokémia lényege. Nem említettem meg többek között a szonokémiai reakciómodelleket, a kavitációs buborékok felületén lejátszódó kémiai folyamatokat, az elektrosztatikus töltések kavitációs buborékokon való rendeződésének a molekulákra gyakorolt hatását, illetve rengeteg további érdekes és izgalmas adatot, befolyásoló faktort, amelyek felvillantásához a későbbiekben érdemes lenne külön tanulmánnyal adózni.

### **4.2.3. AZ ULTRAHANGTERÁPIA LEGÚJABB MÓDSZEREI**

Aktuális orvosi kérdés a korábban is említett hipertermia alkalmazhatósága a rákos sejtek elpusztítására az abszorpciós koefficiens miatti hőmérsékletemelkedés hatására kialakuló daganatsejt fehérjék denaturálása alapján (23. ábra). A XX. század első felétől kezdődően próbálkoznak az *in vitro* és az emberi testbeli rákos sejtek elpusztításával ultrahang hatására. Csakhogy a dolog nem ilyen egyszerű! Ugyanis, mi a rák? Sok-sok formája, megnyilvánulása, értelmezése van, így ez egy gyűjtő kifejezés. Emiatt nem lehet általános rákgyógyításról beszélni, sem a fizikai, sem a kémiai terápiában. Azonban nem szabad figyelmen kívül hagyni a kis lépéseket, az egyes daganatos betegségek gyógyíthatóságát, ami csak csepp a tengerben, mégis sokaknak lehet megváltás. Néhány ilyen ultrahangos sikerről szeretnék beszámolni a következőkben, a teljesség igénye nélkül, azonban arra felhívva a figyelmet, hogy micsoda szenzációs sikertörténet küszöbén állunk, melyet az ultrahang terápia, mint az aktív fizikai beavatkozások nagyon fontos zászlóshajója fémjelez.

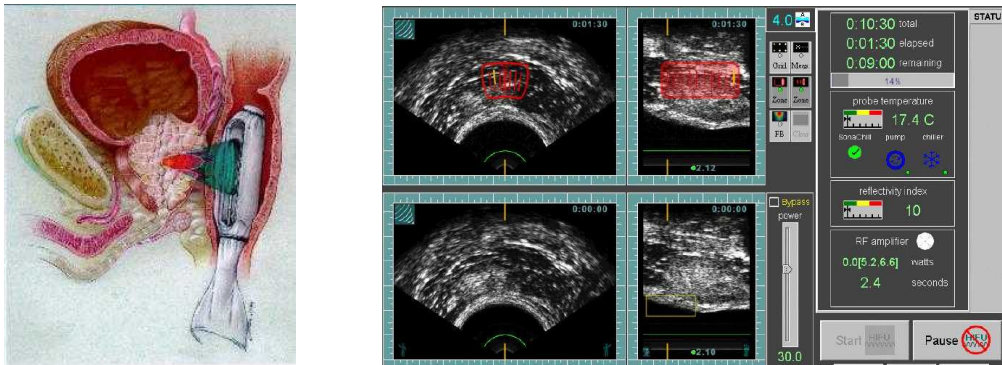
#### **4.2.3.1. MÁGNESES MAGREZONANCIÁRA (MR) ALAPOZOTT ULTRAHANGSEBÉSZET**

Néhány hónappal ezelőtt jelentették be, hogy a SOTE-n rendelkezésre áll az első MR, azaz mágneses magrezonancia képalkotás alapján számítógéppel vezérelt fókuszált ultrahangszugár segítségével működő sebészeti berendezés, mely több transzdúcer egy pontra fókuszált sugarának hő hatására kialakuló fehérje denaturációja (kicsapódása) alapján pusztítja el a daganatokat, melyek azután felszívódnak. Ennél a berendezésnél a műtét seb nélkül ambulánsan végezhető úgy, hogy a sebész az MR képen kijelöli a denaturálandó területeket, majd a sugár a környező szövetek túlmelegedése nélkül, on-line kontroll mellett a kijelölt területen koncentrálódva, azt hozzávetőleg 30°C-al felmelegítve elvégzi a kezelést. Tehát, ha futurisztikusan akarnék fogalmazni, ez azt jelenti, hogy miközben az emberi test egy teremben tartózkodik, azt folyamatosan átvilágítják, és nem csak egy képet érzékelnek, hanem a térben, akusztikai energia segítségével be is avatkoznak a testbe. Ennek kapcsán a „szkenner” állandóan informálja az orvost, aki előre automatikusan beprogramozza a kezelés paramétereit, hogy hol tart a kezelés menete, illetve, ha szükséges, akkor manuálisan, vagy automatikusan közbe lehet avatkozni, például a környező szövetek túlmelegedésének megelőzése, vagy a sugár térbeli pozicionálása érdekében. Eközben a páciensnek nincsenek fájdalmai és a beavatkozás után azonnal elhagyhatja a kórházat, munkaképes és nincsen rajta vágás és nincs fertőzésveszély sem.

#### **4.2.3.2. MAGASINTENZITÁSÚ FÓKUSZÁLT ULTRAHANG (HIFU)**

Az elmúlt ősszel New Yorkban az ultrahang sejtbiológiai hatásaival kapcsolatban tartottam előadást, az Ultrasonic Industrial Association világszervezet éves konferenciáján, ahol többek között módom volt megismerni egy különleges hibrid ultrahang alkalmazást, melyet a következőkben bemutatok. Az alkalmazás célja a prosztatata ultrahang diagnosztikára alapozott

terápiás célú fókuszált ultrahang sugár alkalmazása, a rákos szövetek kezelésére (44. ábra). Ebben az esetben is folyamatos kontroll mellett vágás nélkül végezhető a műtét, nagy pontossággal és igen jó hatékonysági mutatók mellett, csakúgy, mint az előző módszernél.



#### **44. Ábra:** Magas intenzitású fókuszált ultrahang (High Intensity Focused Ultrasound, HIFU) terápiás alkalmazása

Az előző módszerhez viszonyított különbség abban áll, hogy itt a test átvilágítását nem mágneses magrezonancia, hanem ultrahang segítségével végzik. Hasonlóan állandó beavatkozási lehetőséget biztosít a módszer automatavezérlés lehetősége mellett. Szintén folyamatos a hőmérséklet szkennelés, illetve a test átvilágítás.

#### **4.2.3.3. GÉNMANIPULÁCIÓ ULTRAHANGGAL**

Az ultrahang alkalmazható továbbá a szervezet célzott területére történő génbevitelre, szintén például a daganatos betegségek kezelése esetén. Ebben az esetben mikrobuborékokat és a beviendő géneket, gyógyszereket tartalmazó anyagot juttatnak a szervezetbe, majd az adott célterületre történő ultrahang sugárzás segítségével ezeket a mikrobuborékokat, mint kavitációs magokat felrobbantják, így a felsértett sejtmembránokon keresztül a gének és

terapeutikumok sejtbe jutása biztosítottá válik, majd a sejtek regenerálódnak. Ezután a gén expresszálódik, kifejeződik és a termelt fehérjéken (enzim, stb.) keresztül kifejti hatását.

Hasonló technológiát alkalmaznak az *in vitro* ultrahangos génbejuttatásra, génmanipulációra, melyet szonoporációnak (sonoporation) neveztek el, amivel a bejuttatott gének hagyományos eljárásokhoz képesti expressziós hatékonyságát jelentősen sikerült megnövelni.

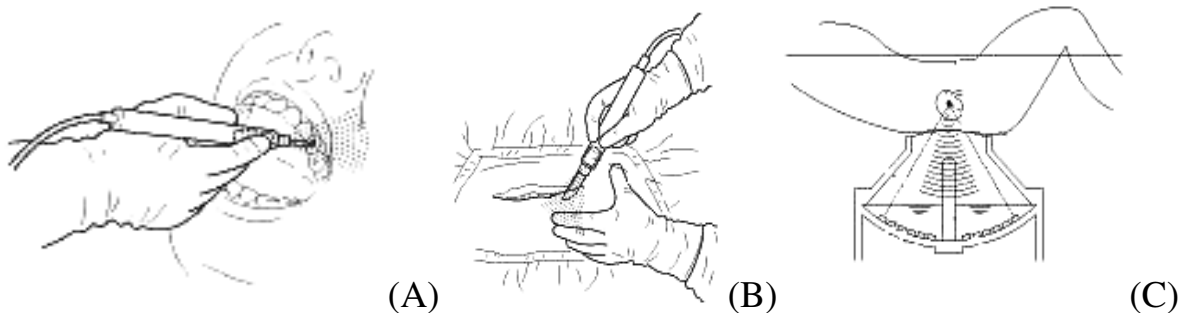
#### **4.2.3.4. ÁLTALÁNOS TERÁPIÁS ULTRAHANG ALKALMAZÁSOK**

Fogkö eltávolításra (45.A. ábra), illetve kozmetikai céllal mélymasszázsra széleskörűen alkalmazzák az ultrahangot hazánkban is.

Amerikában egyre elterjedtebb a kontakt ultrahangszike alkalmazása (45.B. ábra), melynek segítségével a vágás a hagyományos szikéhez hasonlóan történik, azzal a különbséggel, hogy itt a hanghullámok vibráltatják a pengét.

Magas nyomású vízszugár technológiához hasonló eljárás is létezik, ahol a vágást hanghullámok végzik, maga a szike pedig egy tompa végű fém pálcá.

A legtöbb ember által ultrahangos vesekőzúzásnak ismert terápia is szóba kell, hogy kerüljön itt, azonban erről jó tudni, hogy általában legtöbbször nem ultrahanggal végzik, hanem kondenzátorok kisütésekor keletkező parabolikus elemeken fókuszált, egy pontban koncentrálódó lökeshullámokkal tömlőkben lévő folyékony közvetítőanyagon át (45.C. ábra).



**45. Ábra:** Az ultrahang terápiás alkalmazásai (A, fogkő eltávolítás, B, ultrahangos szike, C, vesekő zúzás)

Az ultrahangos vesekőzúzás lényege, hogy a fent említett (9., 10. ábra) lökéshullámot (Shock Wave), folyadékkal töltött közvetítő tömlők segítségével egy pontra, vagyis inkább egy zónára koncentrálják. A lökéshullám a lágy szöveteken és a vizeleten keresztülhaladva az akusztikailag kemény kőfalba ütközik, ahol, mint egy „virtuális kalapács” munkát végez, amelynek kapcsán a vesekövek bizonyos típusai kisebb szemcsékre esnek szét, majd a vizelettel távoznak.

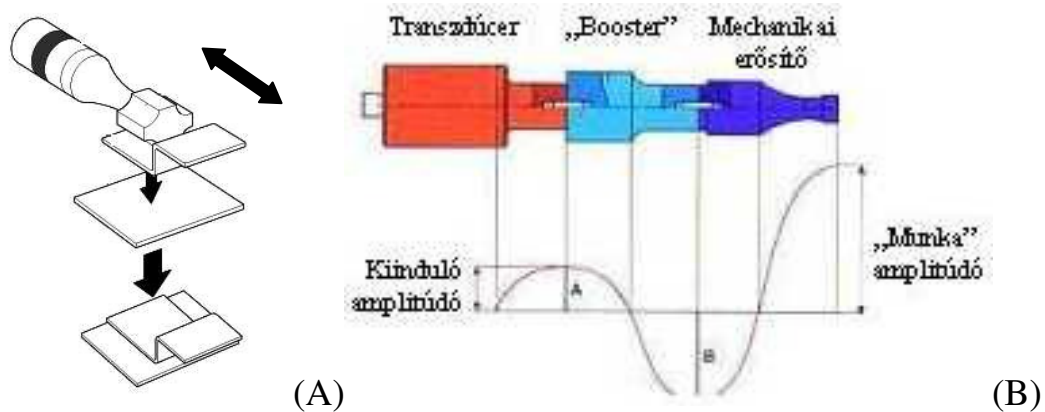
#### **4.2.4. HÉTKÖZNAPI ÉS HÁZTARTÁSI ULTRAHANG FELHASZNÁLÁSÁNAK LEHETŐSÉGEI**

Többek között ma a legtöbb tintasugaras nyomtató tintapatronjában is piezoelektromos kerámiákat alkalmaznak (Actuator-okat). Alkalmazható továbbá az ultrahang a háztartási és ipari mosogatóban, a zsíros odaégett szennyeződések eltávolítására, ékszerek tisztítására, ecsetmosásra, fagyott húsok felmelegítésére, inhalálásra, mosógépben, textilfehérítésre, autómosó fejben, textilfestő berendezésben, ultrahangos főzőlapban, szárítóban, autóról és más felületekről való vízlepergetőben, a használt tintasugaras és lézernyomtatóval nyomtatott lapokról való festékeltávolításra, stb.

##### **4.2.4.1. ULTRAHANGOS HEGESZTÉS, FORRASZTÁS**

Bár ez sem hétköznapi, de egyre elterjedtebb alkalmazás az ultrahangos hegesztés és forrasztás (46. ábra). Az ultrahangos hegesztés és forrasztás lényege, hogy a két egyesíteni kívánt felületre nagy nyomással rápréselik az ultrahangos hegesztőfejet, ami a felületekre merőleges oszcillációja, vagy

dörzsölése miatt azokat felmelegíti. Ezáltal a kisebb olvadáspontú fém megolvad, körbeveszi a nagyobb olvadáspontút, és a művelet után a fém megfagyásával kialakul a kötés.



**46. Ábra:** Ultrahanghegesztő séma (A, a hegesztés fizikai alapja, B, amplitúdó növekedése mechanikai erősítéssel ultrahanghegesztőben)

A témáról komoly tanulmányok születnek és egy nagyon gyorsan fejlődő, igen széles körben alkalmazott technológiáról van szó, amelyben mind a hazai ipari felhasználóknak, mind a kutatóknak, innovációnak kell, hogy legyen fantázia.

## **5. KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK**

E cikk megírásával számos aktív ultrahang alkalmazásra próbáltam rávilágítani. Törekedtem rá, hogy a leendő és az aktuális laboratóriumi és ipari felhasználók, az elméleti ultrahang iránt érdeklődők és a szórakoztató tudományos irodalmakat kedvelők, a szerteágazó igényeikhez mértén megtalálják a számukra legmegfelelőbb gondolatokat, ötleteket, alkalmazásokat. Azt látni kell, hogy napjainkban ez a tudományág fellendülőben van, és az „aki kimarad, az lemarad” elven futva be kell látni, hogy hazánkban néhány fent említett technológia és működési mód kuriózumnak számít, és valószínűleg az

marad még huzamosabb időn keresztül is. Tudjuk, látjuk, érzékeljük, hogy világszinten soha nem látott versenyhelyzet alakult ki, mind a globális tudományban, mind az ipari területeken. Be kell látnunk, hogy ma a fejlődés sebessége az egyedüli gátja, vagy az egyedüli szűk keresztmetszete a tudományos és technológiai versenynek, még akkor is, ha „csak kapkodjuk a fejünket” az újdonságokon az élet minden területén. Ennek a szűk keresztmetszetnek az oka „nyugaton” az innováció sebessége és az eredmények üzleti alapokon nyugvó hozzáférhetősége (hozzá nem férhetősége), hazánkban pedig a nagyon véges pénzügyi lehetőségek.

Persze egyértelmű, hogy csak az képes hatékony innovációra, akinek van miből erre fordítani. Világszinten a K+F ráfordítások tekintetében első helyen Japán áll, amely 5% körül fordít a GDP-jéből innovációra, míg második helyezett az USA 3,5-4%-al és harmadik az EU 3%-al. Magyarország világszinten az amúgy sem túl magas GDP-jéből 0,8% fordít erre, ami „testvérek között” sem túl sok.

Az EU a kutatási és fejlesztési ráfordításokról szóló adatok nyilvánossá tétele után, a „szívéhez kapott” és pánikszerűen belevetette magát a fokozódó nemzetközi versenybe (ide EU5, oda EU6 keretprogram) és kitalálta az ERA-t, ami tulajdonképpen szabadfordításban annyit tesz, hogy Európai Kutatási Terület (European Research Area). Ennek lényege az, hogy az eddig igen extenzíven működő kutatásokat megpróbálják akár helyileg, akár tevékenységüknél fogva bürokratikusán filozófiailag koncentrálni, majd célzottan ezekbe pumpálni a kutatási és fejlesztési pénzeket. Igen csúf hasonlattal élve, megpróbálják az „egy négyzetméterre” fordított kutatási pénzeket a négyzetméter számának csökkentésével arányaiban növelni. Ezáltal a következő statisztikai évben ki fog derülni, hogy az EU áll az első helyen az „egy négyzetméterre eső” ráfordításokat nézve.

Ebből, amit nekünk világosan látni kell az, hogy a kisebb intézeteknek, K+F cégeknek, illetve a központi projektekhez nem kapcsolódó témáknak nem

fog jutni támogatás, akár tud valaki pályázatot írni, akár nem, ugyanis rajtuk fogják megspórolni a kiadásokat. Tehát amennyiben talpon akarunk maradni, lépni kell, az EU központi vonulatainak irányába. Ez egyénre, vagy cégre, intézetre bontva azt jelenti, hogy mivel ma sincs pénzünk fejleszteni, és holnap még ennyire sem lesz, ezért valami viszonylag nem drága, de mégis hosszú éveken keresztül kuriózumnak számító tevékenységbe kell vágni a fejszénket, amire kiváló lehetőség az aktív ultrahang alkalmazott tudománynak a bevezetése, akár a laboratóriumban, akár iparilag is.

Cégünk, kutatócsoportunk konvencionális és speciális ultrahang berendezések tervezésével és kivitelezésével foglalkozik, gyártunk és forgalmazunk nagyteljesítményű ultrahangos zsírtalanítókat és tisztítókat kád és mobil beépíthető formában galván- és élelmiszeripari, illetve laboratóriumi berendezéseket, a külföldi cégekhez képest kedvezőbb árfekvésben, az adott célnak megfelelő kialakításban.

Inovációs, K+F tevékenységbe bárkivel szívesen együttműködünk.