

ROBBANTÁSOS FÉMMEGMUNKALÁSI ELJÁRÁSOK

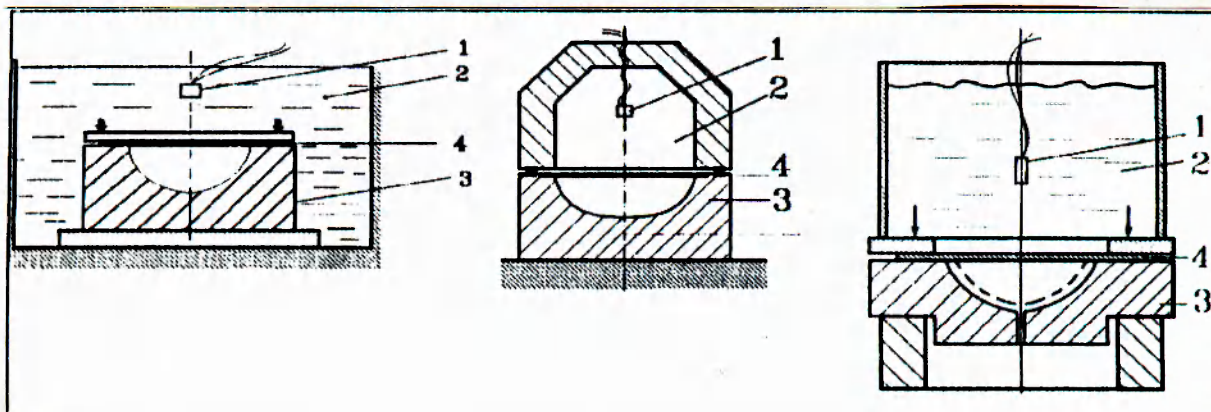
A robbantásos eljárások energiaforrása valamilyen vegyi robbanóanyag. Ezen anyagok olyan kémiai rendszerek, melyek hőfejlődés és gázformájú reakciótermékek képződése közben alakulnak át. Az átalakulás három lényeges formáját különböztetjük meg: égés, robbanás, detonáció.

A robbantásos eljárások a detonáció kiváltásával elérhető nagy nyomást hasznosítják. A detonáció igen nagy és egyenletes sebességgel (1000-10 000 ms⁻¹) haladó átalakulás ami ütés, lökés hatására jön létre a robbanóanyagban. A nyomás a detonáció frontjában a 10⁵ bart is elérheti. A detonáció kiváltásával létrehozott nyomást különféle közvetítő közegek- levegő, víz, homok, műanyag, stb. segítségével juttatjuk el "transzformáljuk" az alakítandó anyaghoz.

Robbantásos lemezalakítás

Elve: az alakítandó lemezt a megfelelően kiképzett szerszáműreg fölé helyezzük. A lemeznek az űreggel átellenes oldalán nyomást hozunk létre, ami a lemez anyagát képlékenyen alakítja és a szerszáműreg által meghatározott alak felvételére kényszeríti. Az alapelv megvalósítására még ugyanazon alkatrész gyártása esetén is többféle megoldás lehetséges (1.ábra). Az alakítás mértéke két alapvető paraméterrel a robbanóanyag energiatartalmával, valamint a nyomásközvetítő közeg energiaátadási hatásfokával szabályozható.

Alkalmazási területei: Számos külföldi alkalmazás ismeretes, ezzel az eljárással repülőgépek, űrhajók burkolóelemeit, üzemanyagtartályait készítik alumínium, acél vagy titánötvözetekből. Tartálykocsi alkatrészeket, hajógyártásban alkalmazott acél és alumínium szerkezeti elemeket, nyomástartó edényeket és kazánfenekeket állítanak elő robbantásos lemezalakítással.

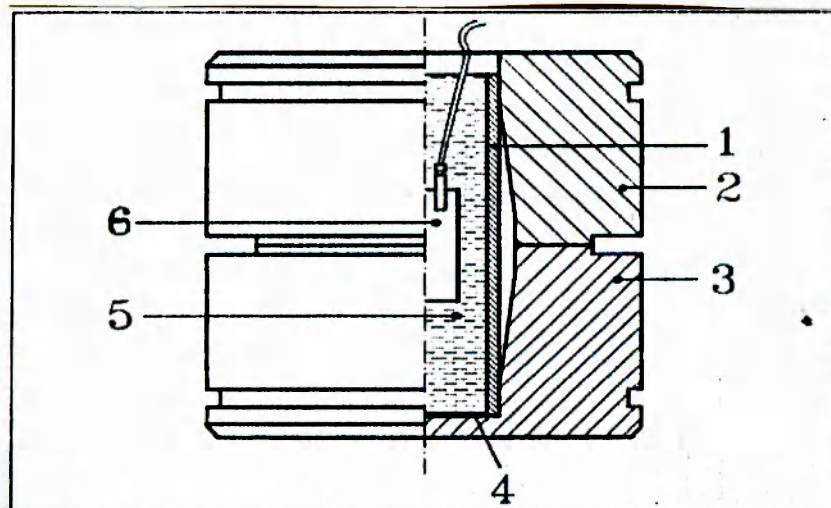


1.ábra

A robbantásos lemezalakítás gyakorlati megoldásai

1 - robbanóanyag, 2 nyomásközvetítő, 3 süllyeszték, 4 alakítandó lemez

Robbantásos csőalakítás



2.ábra

A robbantásos csőalakítás elve

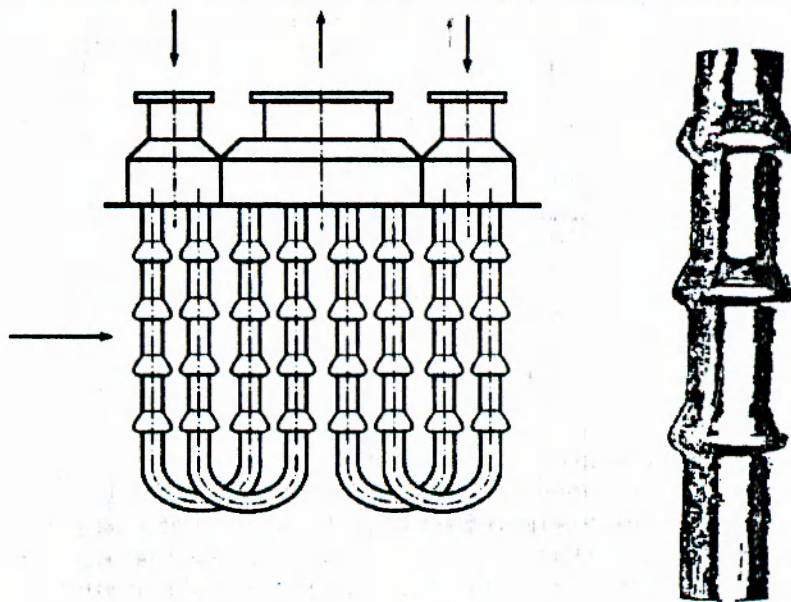
1 - alakítandó cső, 2,3 - alakító szerszám, 4 - csővéglezáró dugó, 5 - nyomásközvetítő víz, 6 - robbanóanyag

Elve: Az alakítandó csövet zárt szerszámba helyezük. A nyomást a cső belsejében hozzuk létre, ami a cső anyagát a szerszám által meghatározott alak felvételére kényszeríti. A robbantást vagy vizes tartályban elhelyezett szerszámban vagy hagyományos módon pl. hidraulikával működtetett szerszámban végzik (2.ábra).

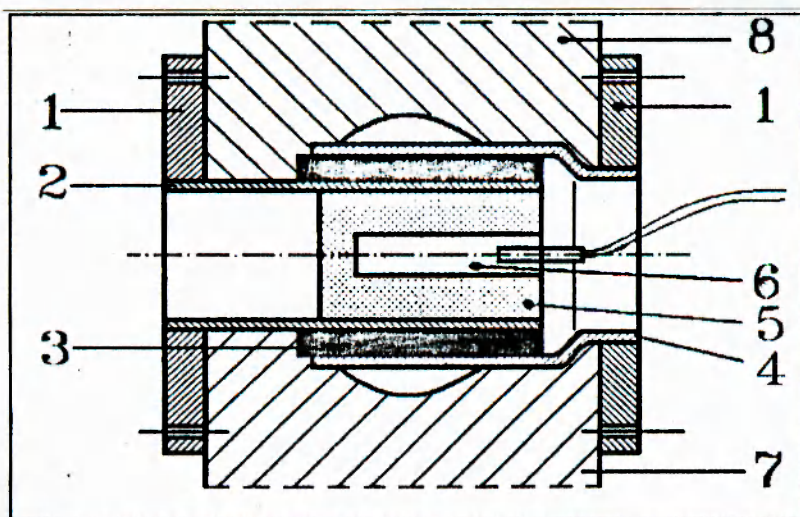
Alkalmazási területei: Az USA-ban repülőgépek és rakéták üzemanyagellátó rendszereinek csatlakozó elemeit készítik ötvözött acélcsövekből, gyártanak hangtompító csőidomokat. A volt NDK-ban teherautók hátsó hidjainak acélcsőből történő gyártását oldották meg robbantásos technológiával; ugyancsak az NDK-ban kifejlesztették a csavarszivattyúk alkatrészeinek acélcsőből való előállítását. Az NSZK-ban számos helyen alkalmaznak robbantással készített csőcsatlakozó idomokat.

A hazai alkalmazásokból az alábbiakat említhetjük:

- A VKI-ban (a TÜKI-vel kooperálva) alakos hőcserélő csöveket készítettek. A 3. ábra szerint kialakított csövekkel megépített kísérleti hőcserélőnél 30 %-kal növekedett a hőátadás az ugyanolyan méretű és anyagú, de alakítatlan csövekkel megépített hőcserélővel szemben.
- Az ipari bevezetés előtt áll az ugyancsak a VKI-ban kifejlesztett gázvezetési szigetelő közdarabok gyártása. A gyártás robbantásos csőalakítással történik, a 4. ábra szerint.



3. ábra
Alakos csövekkel megépített hőcserélő berendezés



4.sz. ábra

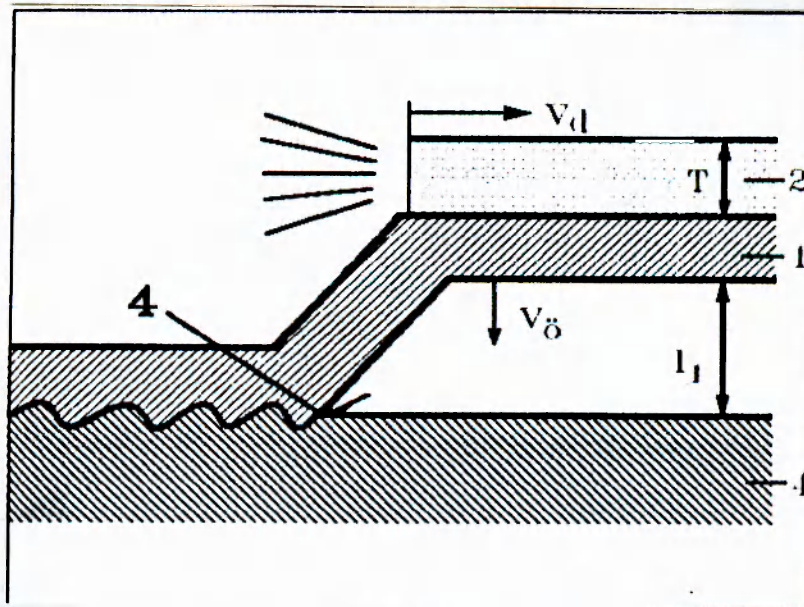
Szigetelő közdarab gyártása robbantásos csőalakítással

1- acélkarima, 2- acélcső, 3-szigetelőanyag, 4- acélcső,
5- nyomásközvetítő (műanyag), 6- robbanóanyag,
7,8- alakító szerszám

A robbantásos lemez- és csőalakítások hazai bevezetésének lehetőségei: A robbantásos alakítási eljárások bevezetésének lehetőségét akkor ítéljük meg helyesen, ha ezen eljárásokat a hagyományos sajtolási, mélyhúzási stb. eljárások kiegészítésének, nem pedig azok kiváltásának tekintjük. A külföldi alkalmazási példákból, valamint az eddig nyert hazai tapasztalatokból arra következtetünk, hogy a robbantásos eljárások széleskörű elterjedése nem várható. Bizonyos alkatrészek gyártásánál rendkívüli műszaki-gazdasági előnyöket nyújt ezen technológia, ám az ilyen alkatrészeknél a darabszám igény általában kicsi és ez is több vállalatnál szétszórtnan jelentkezik. Ezért a műszaki gazdasági igények, valamint a robbantásos technológiával kapcsolatos hatósági engedélyezési kérdések miatt a technológiát bázis jelleggel célszerű telepíteni, azaz - első lépésként létrehozni egy kutató-fejlesztő bázist az igények felderítésére és a technológiák kidolgozására:

- amennyiben a technológia alkalmazása iránti igény meghaladja a kísérleti bázis gyártási lehetőségeit, akkor második lépésként olyan ipari egységgel kell kialakítani kapcsolatot, amely egyéb tevékenysége mellett a bázis által kidolgozott technológiák alapján végzi a gyártást.

Robbantásos hegesztés



5. ábra

A robbantásos hegesztés elve

1- robbanóanyag, 2- burkolólemez, 3- alaplemez,
4- megolvadt fémsugár, v_d - a robbanóanyag detonációsebes-
sége, $v_ö$ - a lemezek összecsapódási sebessége

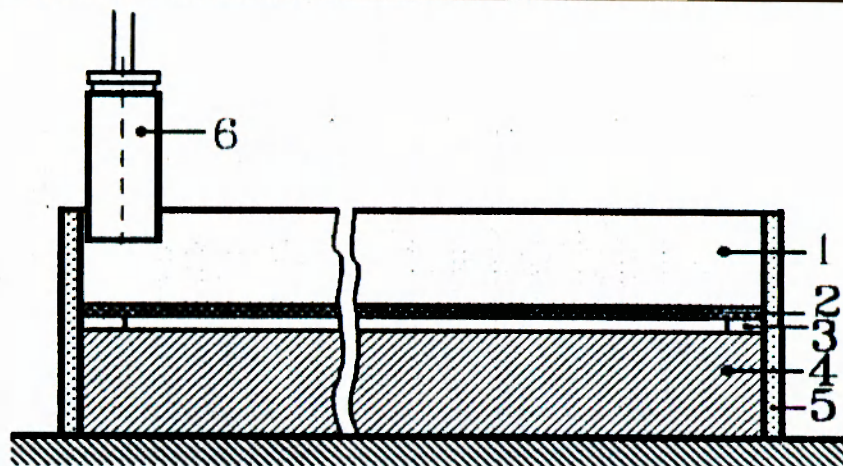
Elve: azonos vagy különböző anyagminőségű fémek felületi kötését alakítjuk ki oly módon, hogy a kötendő felületeket nagy sebességgel egymásnak ütköztetjük. Az eljárás energiaforrása a robbanóanyag, "szerszáma" a detonáció kiváltásával létrehozott nyomáshullám.

A kötés kialakulásának mechanizmusát az 5.sz. ábra szemlélteti. A (2) burkolólemez és a (3) alaplemez összecsapódásánál fellépő nagy nyomás miatt az alaplemez benyomódik és a benyomódás mellett kidudorodás jön létre. Ugyanakkor az összecsapódási zónából kifröccsen egy megolvadt fémsugár (4), ami az alaplemez és a burkolólemez anyagából tevődik össze. A fémsugár létrejötte következtében a lemezekon fémtiszta felületek alakulnak ki, amelyek kötésbe kerülnek egymással. A fémsugarat a folyamat előrehaladása során az alapfém kidudorodása fokozatosan eltéríti és a rácsapódó burkolólemez bezárja. Ezután a becsapódási pont a kidudorodás tetejére tevődik át, majd az egész ciklus megismétlődik és jellegzetes hullám formájú kötés jön létre.

Jó minőségű kötés létrehozása érdekében a technológia paramétereit (v_d , detonációsebesség, v_w összeecsapódási sebesség, l , légrés, R = robbanóanyag /burkolólemez tömegarány) úgy kell méretezni, hogy az összeecsapódás pontjában a fémek képlékeny alakváltozása bekövetkezzék, de a létrejövő feszültségek a fémeket ne roncsolják.

Eljárások: A robbantásos hegesztés elvét alkalmazó eljárásokat - a kötendő fémek alakja szerint - négy csoportba sorolhatjuk. A négyfajta eljárást egy-egy példával mutatjuk be.

- **Lemez plattírozás** - Ez esetben a kötést lemezformájú anyagok között hozzuk létre. A bemutatott példa: réz-ezüst összetételű, kétrétegű villamos érintkezőanyag készítése. A robbantás előtti elrendezést a 6. ábra mutatja. A plattírozott tömbből hengerelhető ki az érintkezők alapanyagául szolgáló szalag.



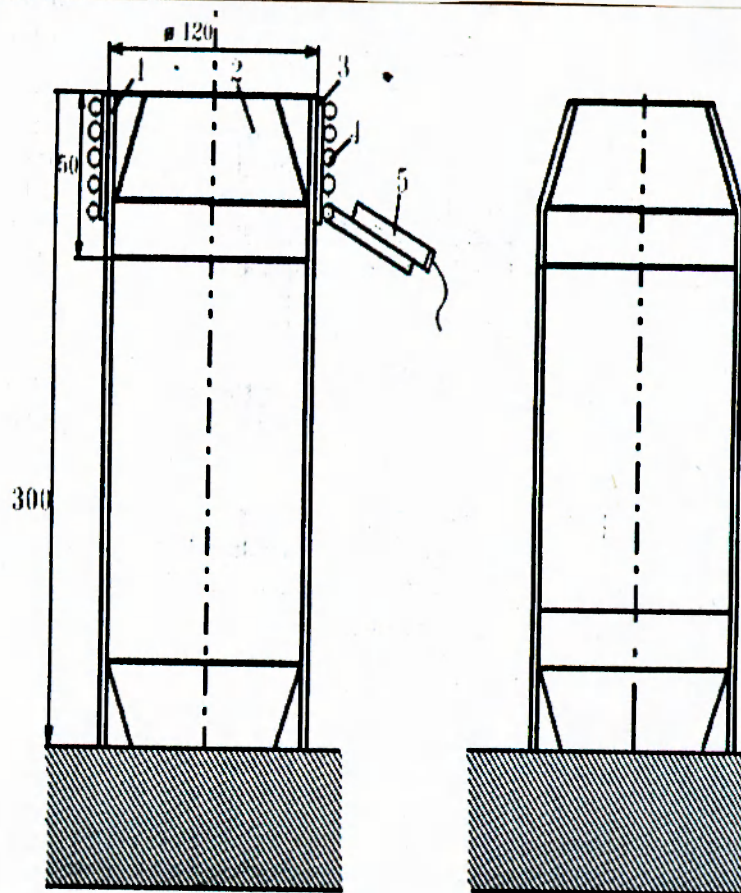
6. ábra

Villamos érintkezőanyag készítése lemezplattírozással

- 1- robbanóanyag, 2- ezüstlemez, 3- távtartó, 4- rézlemez, 5- robbanóanyag tartály, 6- villamosgyutacs

- **Rúd plattírozás** - Ez esetben a kötés egy rúd külső felülete és az azt teljes hosszában vagy egy szakaszán körülvevő cső belső felülete között jön létre. Példaként acél rúd és rézcső kötését említhetjük.

- **Cső-csőfal kötés** - Ez esetben a kötést furatokkal ellátott lemezek (csőfalak) és az ezen furatokba illeszkedő csövek között alakítjuk ki. Az eljárást hőcserélők gyártásánál elterjedten alkalmazzák.
- **Szerkezeti elemek kötése** - Különbféle geometriájú és anyagminőségű alkatrészek kötésénél a hagyományos hegesztési vagy forrasztási eljárásokat helyettesítheti a robbantásos hegesztés. A rendkívül sok alkalmazási lehetőségéből bemutatjuk az alumíniumcső alumínium dugóval történő lezárását (7.ábra).



7.ábra

Alumíniumcső lezárása alumínium dugóval

- 1- cső, 2- dugó, 3- gumilemez, 4- robbanóanyag,
5- villamosgyutacs

Alkalmazási területek: A robbantásos hegesztéssel készített gyártmányokat a fejlett ipari országok mindegyikében alkalmazzák vagy különleges műszaki paraméterek elérése érdekében, vagy egyszerűen gazdasági megfontolásból. Egy információ szerint pl. a Japánban gyártott bimetalok mintegy 30 %-a robbantásos plattírozással készül. Az ismertebb alkalmazásokat az alábbiakban soroljuk fel:

a./ Két- vagy többretegű plattírozott alapanyagok gyártása, melyek a következő iparágakban kerülnek felhasználásra:

- Villamosipar: alumínium-réz, alumínium-acél, réz-acél síncsatlakozások és kábelösszekötő szerelvények; réz-ezüst, acél-ezüst, réz-acél érintkező anyagok.

- Vegyipar és reaktortechnika: acél-titán, acél-tantál, acél-bronz, stb. anyagú tartályok, autoklávok, hőcserélő csőfalak, csatlakozó idomok.

- Járműipar: szénacél-rozsdamentes acél, alumínium-acél, alumínium-titán anyagok, hajók és repülőgépek karosszériáihoz és szerkezeti elemeihez.

b./ Hőcserélő csövek csőfalba erősítése: atomerőművi hőcserélőktől az üzemek füstgáz hőjét hasznosító hőcserélőkig számtalan esetben alkalmazzák a robbantásos technológiát. A felhasznált csőanyagok: acél, bronz, titán, stb., a csőfalak az esetek többségében plattírozott acélok.

c./ Szerkezeti elemek rögzítése: csővezetékek elemeit kötik össze robbantással, villamos távvezetékek szakaszait egyesítik robbantásos hegesztéssel.

Hazai bevezetés: a hazai iparban a robbantásos hegesztési technológiát üzemszerűen nem alkalmazzák. A Villamosipari Kutató Intézetben többretegű érintkezőanyagok kísérleti gyártását végzik.

Viszonylag rövid időn belül meg lehet oldani a hazai alapanyag választék bővítését kis mennyiségben (100 kg-10 t) gyártott, különleges műszaki paraméterekkel rendelkező plattírozott termékekkel. A technológia bevezetése a műszaki paraméterek javításán túl, kifejezetten anyagtakarékossági célokat is szolgál. A következő plattírozott termékek gyártását látjuk a közeljövőben megvalósíthatónak:

- többrétegű érintkezőanyagok (acél-ezüst, réz-ezüst, réz-alumínium, stb.);
- acél-alumínium csatlakozóidomok alumíniumkohászati célokra;
- alpakka-ezüst, acél-nikkel szalagok gombakkumulátorok gyártásához;
- réz-acél, réz-alumínium, acél-alumínium kétrétegű csavaralátétek kontaktkorrózió csökkentése céljára.

A robbantásos plattírozási technológia bevezetése érdekében olyan bázist célszerű létrehozni, amely képes kielégíteni az ipar különböző területeiről jelentkező igényeket. A bázis kialakítása az alábbi lépésekben történhet:

a./ Kutató-fejlesztő bázis létrehozása, amely rendelkezik a szükséges képzettségű szakemberekkel, berendezésekkel, hatósági engedélyekkel. A bázis feladatai:

- felderíti, illetve fogadja az ipari igényeket, azokat műszaki-gazdasági szempontok alapján elemzi. Az elemzés alapján reálisnak tűnő igények kielégítésére technológiákat fejleszt, mintaanyagot készít;

- a mintaanyag megfelelő minőségének elérése után kidolgozza és bevezeti a sorozatgyártási technológiákat, kialakítja a szükséges kooperációkat;

- a sorozatgyártás beindítása után is elvégzi a robbantásos szakmunkát.

b./ Ipari egység bekapcsolása, mely - fejlesztő bázis tevékenységéhez kapcsolódva - elvégzi a robbantással plattírozott anyagok készrealakítását.

c./ Ipari bázis létrehozása, a mennyiségi igények jelentős növekedése esetén. Ekkor az ipari bázis átveszi a robbantásos sorozatgyártási tevékenységet a fejlesztő bázistól és az általa kifejlesztett technológiák szerint termel.

Robbantásos portömörítés

Elve: impulzusszerű nyomás alkalmazásával a legkülönfélébb anyagú fémporok, kerámiaporok, illetve porkeverékek tömöríthetők az adott anyag névleges sűrűségének 90-100 %-ára. A robbantásos tömörítő eljárásokat, két fő csoportba sorolhatjuk a nyomás hatásának iránya szerint:

- Egyirányú tömörítések: a tömörítendő port süllyesztékbe helyezük és bélyeggel megnyomjuk. A bélyeget mozgató nyomásimpulzust robbanóanyaggal hozzuk létre. A nyomás közvetlenül vagy közvetve hat a bélyegre.
- Izodinamikus tömörítések: a nyomásimpulzus a hengeres tartályban elhelyezett por teljes külső felületére hat. A tartályt robbanóanyaggal vesszük körül és ennek iniciálásával 10^3 - 10^5 bar csúcsnyomású nyomáshullámot hozunk létre. Ez a nyomáshullám D detonációsebességgel haladó "húzógyűrűként" mozog a henger tengelyével párhuzamosan. Ez a "húzógyűrű" a hengeres tartály anyagát képlékenyen alakítja és beszűkíti azt, ezáltal a benne lévő port tömöríti.

Alkalmazási területek: Robbantásos portömörítéssel alakos testeket készítenek porokból és porkeverékekből. Ennek a gyakorlatban legelterjedtebb példája: wolframpor tömörítése kész formatestekké vagy további feldolgozásra alkalmas rudakká. Több alkalmazási példa ismert a reaktorteknika területéről: különféle anyagok: MgO , $Be+W$, SiO_2 , $W+Ti$, $Cu+Ni$ stb.

Az eljárás széleskörű hazai elterjedésére nem számítunk. Hiánypótló technológiai megoldást azonban nyújthat különleges porkohászati mintaanyagok, reaktorteknikai szerelvények, kerámiaszigetelésű fém vezeték előállításánál. Ezen anyagok gyártása egyetlen kutató fejlesztő bázis keretein belül megoldható. Új alkalmazási lehetőségként említjük a kerámia alapú magas hőmérsékletű szupravezető anyagok technológiai alapkísérleteit, melyek a Villamosipari Kutató Intézetben elkezdődtek.

Robbantásos felületkeményítés

Elve: a keményíteni kívánt felületre terített robbanóanyagréteg felrobbantása után a nyomáshullám áthalad a fémen, minek következtében az anyag dinamikus újrakristályosodása megy végbe. Ezáltal növekszik a folyáshatár és a szakítószilárdság, csökken a deformációra való hajlam.

Alkalmazási területek: Az eljárás előnye, hogy nagyteljesítményű hidegalakító berendezések nélkül megvalósítható az, hogy a munkadarabnak csak egy meghatározott részét keményítsünk. Ezt az előnyt használják ki, amikor vasúti sínek kereszteződéseit, elágazó szakaszait keményítik robbantással. Ismert további alkalmazások: a bányászatban használt vágó- és fúrószerszámok keményítése. Hazai alkalmazások és alkalmazási igények jelenleg nem ismeretesek.

Irodalom:

- 1./ W.J.Huppmann, H.Hassel: Explosive Werkstoffbearbeitung, insbesondere das Explosivverdichten pulvriger Substanzen. Powder Metallurgy Int. 17 (1985.) No.3.
- 2./ U.Gramberg, E.Horn, K.Cavalar: Explosionsplattierte Bleche in Anlagen der Chemie. Maschinenmarkt 90 (1984) 96.
- 3./ V.SZ. Szedih, J.P.Trikov: Robbantással hegesztett acél-aluminium kötések mechanikai tulajdonságai. Szvarocsnoje Proizvodstvo (1986) 2.
- 4./ B.SZ.Zlobin, J.D. Zaharenko, A.J.Kotljjar: Robbantásos hegesztéssel előállított acél-aluminium bimetall tulajdonságai Avtomaticheskaja Szvarka (1985) 3.
- 5./ B.T.Z. Blazynski: Explosive manufacture of bimetallic tubular transitionjoints. Journal of Mechanical Working Technology 12 (1985)
- 6./ W.Babul: A robbantásos fémmegmunkálás technikai fejlődése. Gaz. Cukrownicze 86. (1978) 3.
- 7./ J.Groschopp. V.Heine, M.Schwalbe: Explosivplattierung Zylindrischer Bauteile. ZIS Mitteilungen (1983/2).

- 8./ T.Z.Blazynski: Explosive welding. forming and compaction Applied Science Publishers, London (1983).
- 9./ G.Bohus, L. Horváth, J.Papp: Ipari robbantástechnika Műszaki Könyvkiadó, Budapest (1983)
- 10./ W.Walcczak: A robbantóhegesztés optimális paramétereit Przeglad Spawalnictwa 1. (1979).
- 11./ W.Babul: Fémek robbantásos kötése Przeglad Mechaniczny (1969) 15.
- 12./ V.J. Liszak, V.Sz. Szedih, J.P. Trikov: A robbantásos hegesztés megbízhatóságát meghatározó tényezők Szvarocsnije Proizvodstvo 3. (1979)
- 13./ J.Fukuyama: Explosive working of metals in Japan IV.th International Symposium, Gottwaldov (1980).
- 14./ H.Steinicke, S.Urbanke: Explosive forming axle housings in volume. Tooling and Production (1982/11).
- 15./ G.Arthur: Applications of Explosive Welding to Heat Exhangers. Material and Design, 6. (1985) No.1.
- 16./ A.I.Zverev, E.A. Asztahov: A robbantásos bevonatkészítés technológiája és berendezése. Szudosztroenie, (1978/4) 54-58.

Szalay András
Bérczes Imre

VKI-METALLTECH KFT*

*(A Villamosipari Kutató Intézet átalakítása során, az egyes részlegek KFT-kre bomlottak, a VKI bizonyos arányú részesezésének megtartásával. A robbantásos fém megmunkálással foglalkozó szakemberek, így alakították meg a METALLTECH KFT-t. -a szerk.)