

## A VOLFRÁMELEKTRÓDA JELENTŐSÉGE A PLAZMAÍVHEGESZTÉSBN

### IMPORTANCE OF THE TUNGSTEN ELECTRODE AT PLASMA ARC WELDING

**Dobránszky János**

MTA–BME Fémtechnológiai Kutatócsoport

**Nagy Hinst Adrián**

BME Gépészmérnöki Kar

**Eichhardt Antal Géza**

BME Gépészmérnöki Kar

**Székely Richárd**

BME Gépészmérnöki Kar

*Absztrakt: Auszteniyes acél vékony lemezekből hengerített hengerpalástok hosszvarratainak és körvarratainak hegesztése impulzusívű plazmasugaras hegesztéssel történhet hegesztőanyag adagolásával vagy a nélkül. A technológiai jellemzőket értékeljük a varrathibák képződésének szemszögéből, különös tekintettel a volfrámelektrodára.*

*Abstract: Welding of the longitudinal and circular seams of thin-walled stainless steel cylindrical housings by pulsed, non-transferred plasma arc welding can be done with adding filler wire or without them. Our paper presents evaluation of technological aspects from the point of view of the formation of weld defects, mainly the role of the tungsten electrode.*

#### 1. Bevezetés

A vékony lemezek automatikus hegesztésének egyik jól ismert és elterjedt technológiája a plazmaívhegesztés. Az eljárás kifejezetten alkalmas az auszteniyes acélok tompavarratainak hegesztésére, ugyanis a jól fókuszált plazmaív, illetve plazmasugár koncentrált hőforrása kis hőbevitelt tesz lehetővé a hőhatásövezetbe, és ezért lecsökken a korrózióállóságot hátrányosan érintő kiválások képződésének lehetősége.

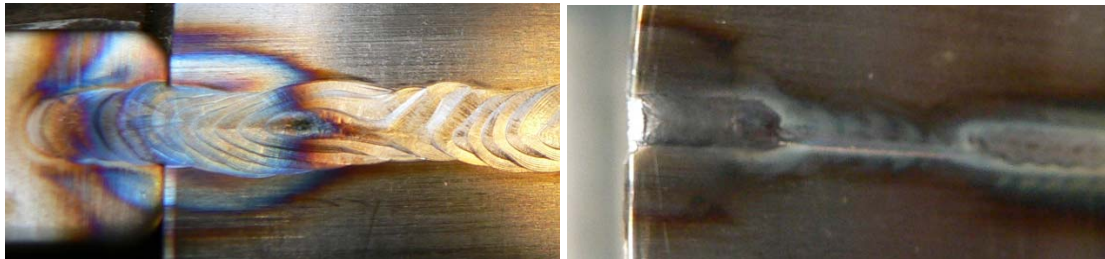
A hengerített palástok hosszvarratának hegesztésénél a plazma-hegesztőpisztolyban az elektródatávolságot tizedmilliméteres pontossággal szokás előírni. Ennek beállítása és ellenőrzése lényeges részét képezi a technológiának. Ugyancsak fontos az anódfolt optimális helyének hegesztés előtti ellenőrzése, pl. lézersugaras célzóberendezéssel. A hegesztőpisztoly-távolság zavar jellegű megváltozása az elektródatávolságot is érinti. Az optimumtól való eltérés kihat a lemezzel érintkező plazma hőmérsékletére, és így befolyásolja a beolvadást meg az esetleges átlukadást.

Előfordul, hogy nincs előírás a hegesztőpisztoly döntési szögére vonatkozóan, pedig érdemi hatást fejt ki a pisztolynak akár csak néhány fokok előre vagy hátra való döntése is, amelyet kísérleti úton célszerű optimalizálni. A hegesztési paraméterek közül gyakran nem megfelelő az előgázáramlási idő, amelyet legalább 2 s-ra célszerű választani: szerepe a fúvóka és az elektróda, valamint a hegesztendő anyag hatékony védelme.

A cikkben 1 mm vastag, 904L típusú, szuperauszteniyes acéllemezből hengerített palástok hossz- és körvarratainak hegesztésénél szerzett tapasztalatainkat mutatjuk be. A hosszvarratok huzaladagolás nélkül, a körvarratok huzaladagolással készültek, impulzusos plazmasugár-hegesztéssel. A hosszvarratok végein sárgarézből készült alátétlemezek voltak elhelyezve, a lemez éleit a hegesztőkészülék végig leszorítva és összenyomva tartotta.

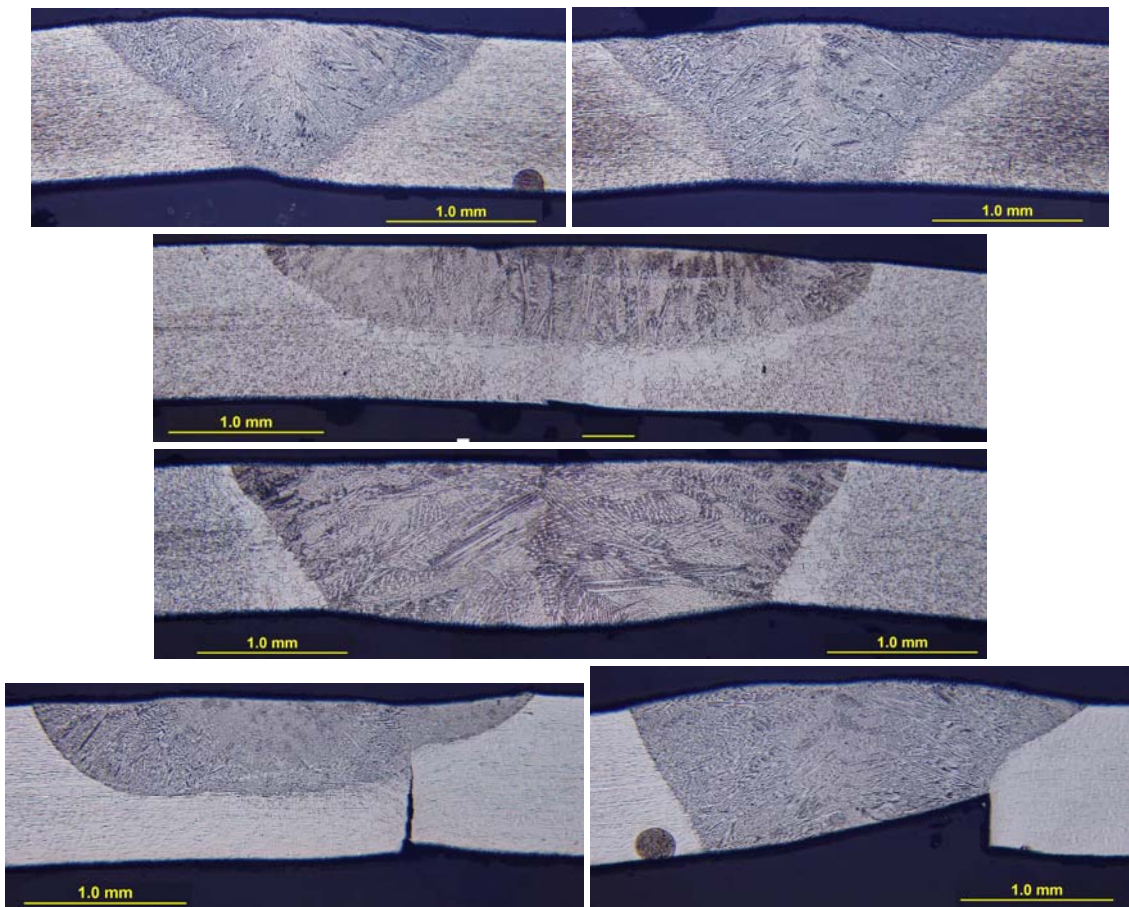
## 2. A hosszvarratok hegesztéstechnológiai sajátosságai

Vizsgálataink szerint a hosszvarratoknál előforduló lyukadások legnagyobb része a varrat befutási és kilépési szakaszán képződik. A lyukadást gyakran az idézi elő, hogy a hengerpalást a befutólemezről reá átlépő plazma hőökését nem tudja elviselni, ha nem adhatja át az alatta lévő réz alátétnek, mivel jellemző hiba, hogy a hegesztendő élek egy nem fekszenek fel rá pontosan. Ennek a fel nem fekvésnek az az oka, hogy a plazma belépési zónájában a hengerítés egyenetlenségeket hagy, és az erőteljes kalapálással végzett egyengetés deformálja a hosszvarrat végein az alátétsíneket. Az olyan helyeken, ahol a palást nem fekszik fel az alátétre, a hegesztési varrat gyöke többnyire túlzott mértékben átolvad, a felfekvési helyeken viszont nem olvad át a gyök, és ez számos problémát vethet föl (1. ábra). A hosszvarratoknál gyakran előfordul, hogy a hegesztési varrat egyes szakaszai érintkeznek az alátétlemezzel; az ilyen helyeken hirtelen megnő a hőelvonás, és ez erősen lecsökkenti a beolvadási mélységet.



1. ábra

Plazmaívhegesztéssel készült hosszvarrat képe a koronaoldal és a gyökoldal felőli nézetben



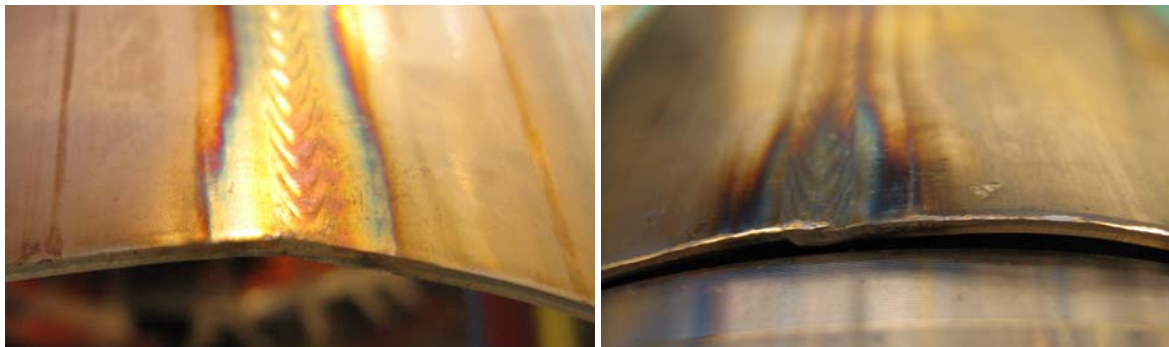
2. ábra

Hengerpalást-hosszvarratok jellegzetes keresztmetszeti képei

A varrat keresztmetszeti geometriája jelentősen befolyásolja a lemez esetleges átllyukadását. A varratkeresztmetszetek vizsgálati eredményeinek értékeléseként azt lehet jelezni, hogy a széles varratok nagyon kedvezőtlenek az átllyukadás ellen való védelem szempontjából. Nem ritka, hogy a varratok koronaoldali szélessége háromszor nagyobb, mint a lemezvastagság, és a gyökoldali varratszélesség is gyakran eléri a vastagság értékét (2. ábra). A varrat tehát nagyon széles, a gyökdudor magassága nagyobb, mint a koronamagasság, amely jellemzően 0,1 mm alatti érték.

Az átllyukadásnak éppen az a közvetlen oka, hogy a nagyon széles gyökoldali ömledékszóna beroskad. Ha mégsem, akkor is a lapos és széles varrat a vastagsághoz képest igen nagy ömledéktérfogatot jelent, amely a mikroszerkezetet is hátrányosan befolyásolja mind a mechanikai, mind pedig a korrózióállósági jellemzők tekintetében.

A hosszvarratok végei kritikus helynek számítanak a továbbiakban, amikor a körvarratok hegesztése történik. A körvarratok egyik fő hibaképződési helye a hosszvarrattal való találkozás. Ennek egyik oka a hosszvarratok környezetében bekövetkező alaktorzulás és az ennek következtében fellépő síkeltérés, amelyen a hosszvarratok végeinek egyengetése sem mindig segít (3. ábra).

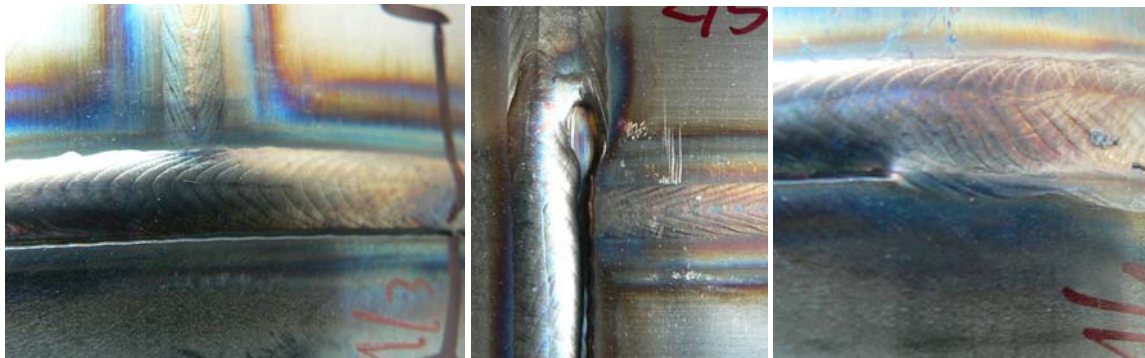


3. ábra

A hosszvarrat befutási oldala egyengetés előtt (balra) és egyengetés után (jobbra)

### 3. A körvarratok hegesztéstechnológiai sajátosságai

A hengerpalást pereme mentén készítendő körvarratnál az illesztési hézagra nézve az előírás: az alkatrészek „legyenek teljesen összepréselve”. A hézagmentesség mindazonáltal gyakran nem teljesül, és ilyenkor számolni kell a varrat kilyukadásával annak ellenére, hogy a peremvarrattal a palásthöz hegesztendő alkatrészek többnyire vastagok. Mivel a hosszvarrattal való találkozás környezetében a legnagyobb a palást köralkhibája, ezért itt a legjellemzőbb a kilyukadás. A lyukadás jellemzően a palástlemez kilyukadását jelenti, mivel az a körvarrat egyes szakaszain – főként a hosszvarratnál (4. ábra) – nem fekszik fel a kapcsolódó hengeres felületre. A rés miatt nem jó a hőelvezetés, és a hőtorlódás miatt túlhevülő palást kilyukadhat. Ha a tökéletes felfekvés nem igazán biztosítható, a hegesztési paramétereket kell úgy meghatározni, hogy a varrat biztonságosan kivitelezhető legyen.

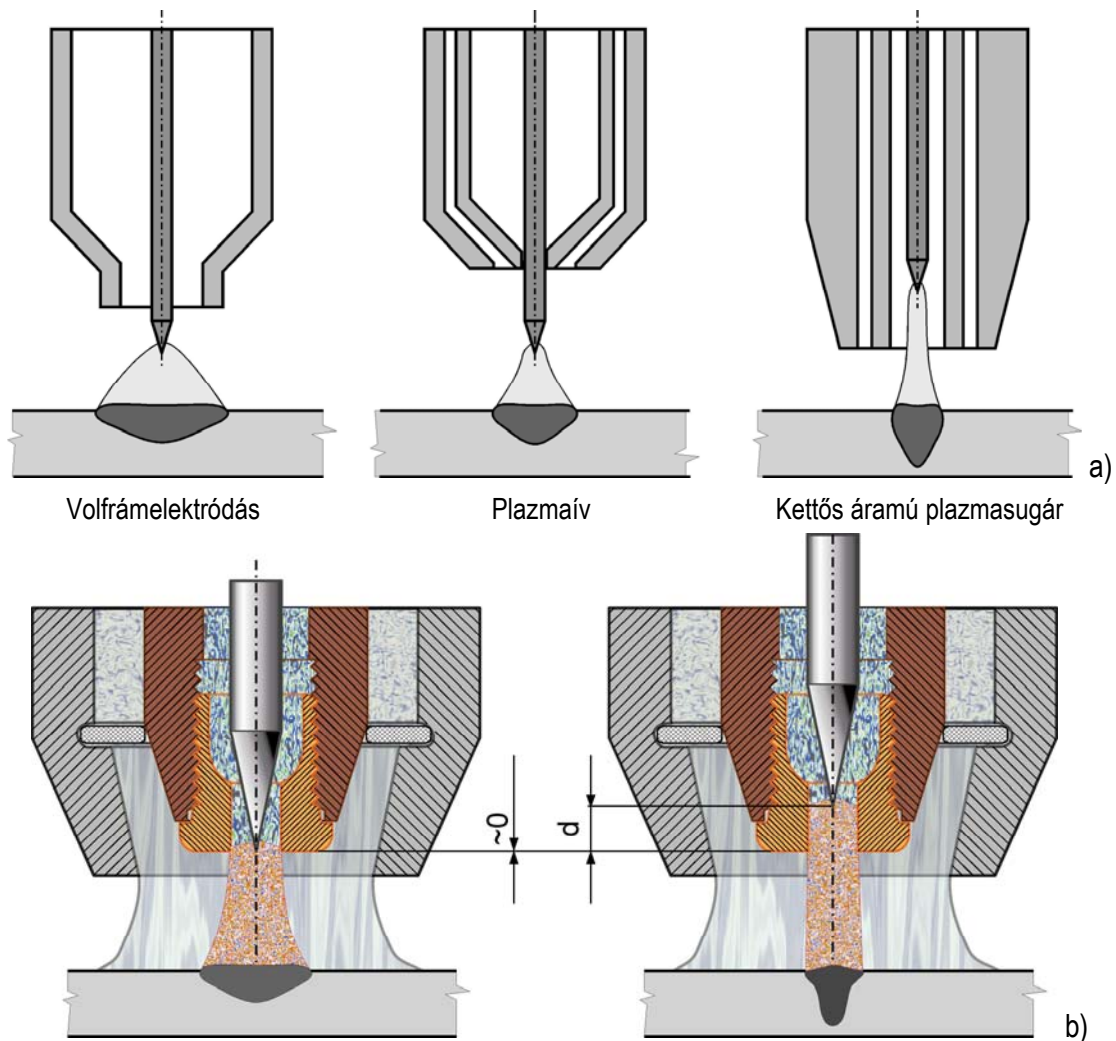


4. ábra

Hibátlan varrattalálkozás (balra) és hibás jellegzetes körvarrathibák (középen és jobbra)

### 3. A volfrámelektroda szerepe a plazmaívhegesztés minőségére

Mind a körvarratokat, mind a hosszvarratokat készítő hegesztőberendezés egyik legkényesebb alkatrésze a plazma-hegesztőpisztoly. Ennek gondos beállítása és karbantartása kitüntetett jelentőségű. Ezzel általában tisztában vannak a gépkezelők is, de fontos, hogy egyfajta állapotfelügyeleti rendszerbe illeszkedjen a karbantartás. A pisztoly egy ún. kettős áramlású pisztoly, amely javítja a varratalak beolvadás irányba való eltolását a szélesedés ellenében (ezért különös igazán a bemutatott, nagyon lapos varratalak). Az 5a ábra vázolja a TIG és a plazmahegesztések varratalak-jellemzőit. A plazma-hegesztőpisztolyban a volfrámelektroda és a fúvókacsúcs pereme közötti elektródatávolságot kalibrálócsappal állítják be az elektródacserék alkalmával. Ez az idomszer határozza meg, hogy milyen az elektródatávolság; kopása, helytelen pozicionálása következtében az 1,0 mm-re előírt elektródatávolság jelentősen megváltozhat. A volfrámelektroda elhelyezkedésének hatását az 5b ábra szemlélteti.



5. ábra

A volfrámelektroda helyzetének hatása a plazmasugár alakjára és a varratalakra

A pisztoly külső alkatrésze a kerámia gázterelő (6. ábra), amely a benne lévő gázlencsével a lamináris védőgázáramlást hivatott biztosítani. A gázlencse szitaszövege esetenként durván eltömődik, és ez erősen eltérítheti a kifújó plazmát is; ilyenkor a gyújtóív imbolyog, serceg. A gázlencsében olyan durva szennyeződések és eltömődések is előfordulhatnak, amelyek miatt indokolt a szennyező forrás megkeresése és lehetőség szerinti megszüntetése (a gázellátórendszer mellett a munkadarabról visszafröccsenő szennyeződések is szóba jöhetnek).



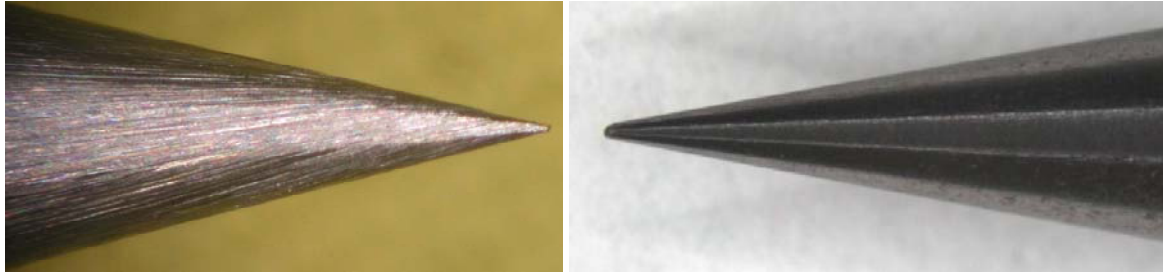
6. ábra  
A plazma-hegesztőpisztoly kerámia gázterelője



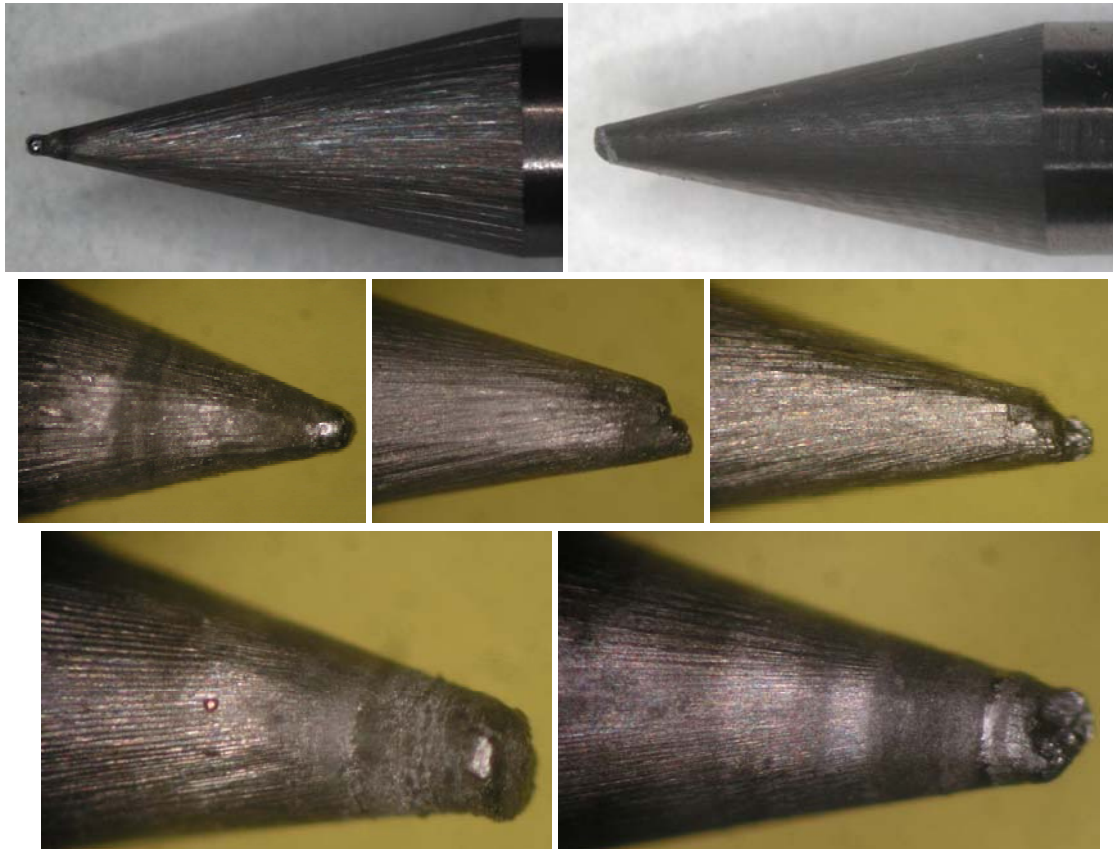
7. ábra  
A plazma-hegesztőpisztoly kerámia gázterelője

A kerámia gázterelőt levétele után esetenként visszaszerelik, ha nem találják cserére szorulónak, de ennek során a szitasövet deformálódhat, ami szintén gázáramlási zavarokat okoz. A kerámia gázterelőn belül helyezkedik el a rézötvényes anyagú fúvóka és a végébe becsavart fúvókacsúcs (7. ábra). Ez utóbbi a plazmapisztoly egyenletes működésének egyik legfontosabb eleme. A kicserélt fúvókákat megvizsgálva azt tapasztaltuk, hogy durva beégések, helyi olvadási göcök, volfrámfröcskölési nyomok és égéstermék-lerakódások szennyezik a fúvókát. Ennek az alkatrésznek a csereperiódusait, optimális ciklusidejét különösen fontos kísérleti úton meghatározni.

A W-elektroda csúcskialakítása a plazmaívhegesztésnél és a plazma-sugárhegesztésnél – talán nem méltánytalan ezt mondani – a VSG (volfrámelektrodás semleges gázos) hegesztéshez képest még nagyobb jelentőséggel bír: a W-elektroda állapota erősen kihat a plazmasugár és a varrat minőségére.



8. ábra  
Volfrámelektrodák csúcsa hegesztés előtt

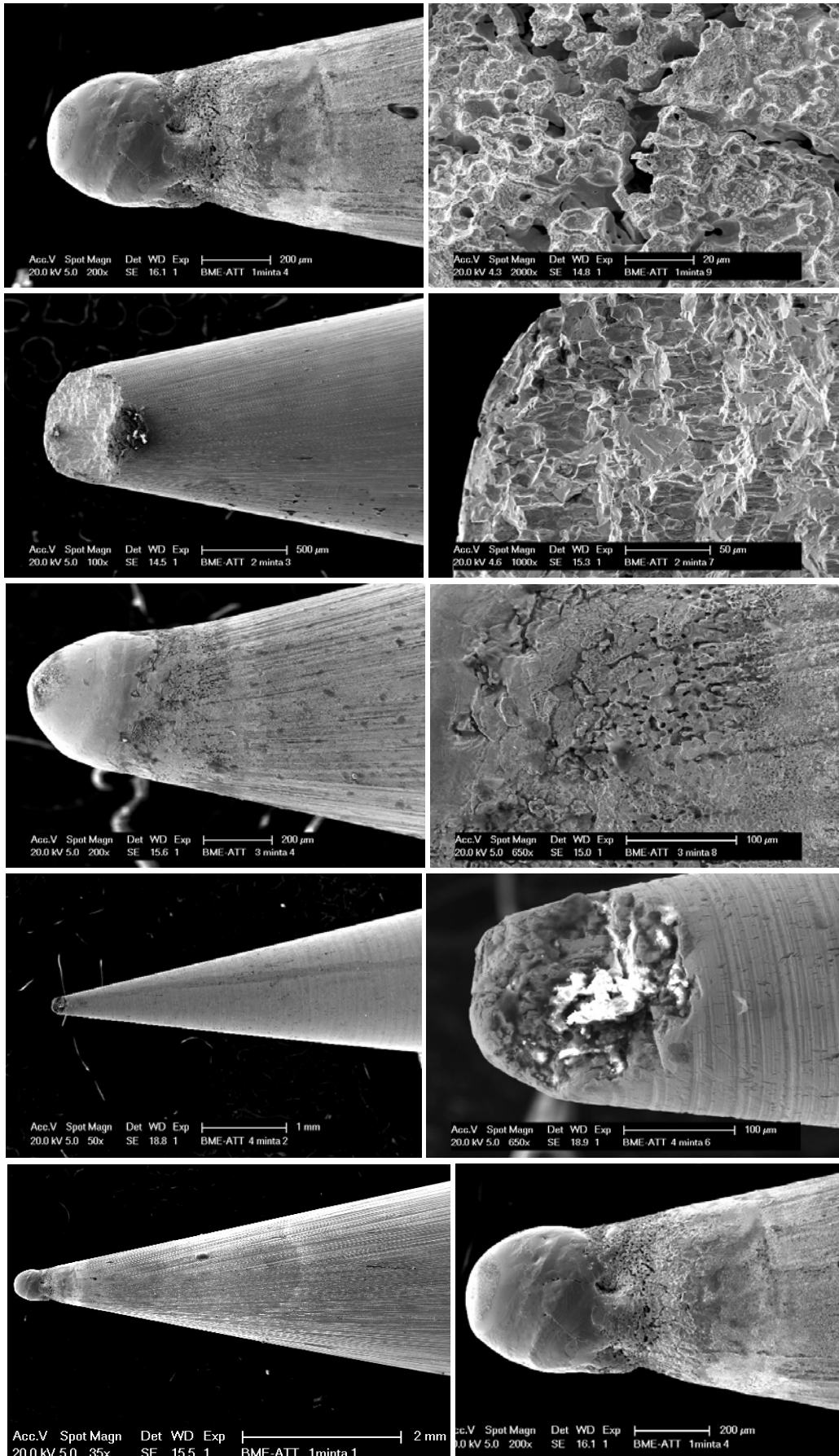


9. ábra  
Volfrámelektrodák csúcsa hegesztés után

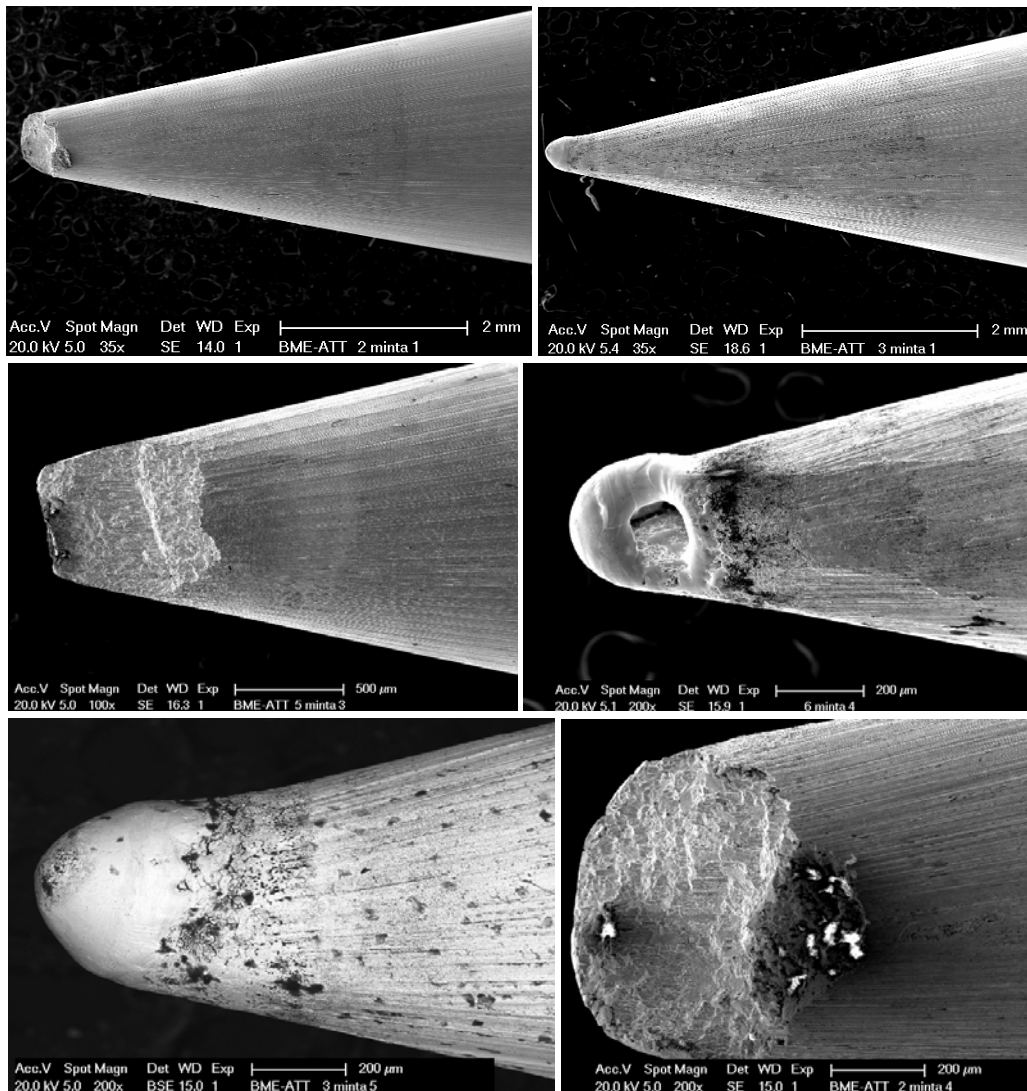
A W-elektroda csúcsát az esetek döntő többségében hegyesre köszörülik. A volfrámelektroda-köszörű használata a plazmaívhegesztést alkalmazó üzemekben általános, de a köszörűtárcsa szemcsefinomságának mérlegelése már ritkaságszámba megy. Talán még ennél is kevésbé jellemző az elektrodacsúcs tompítása, pedig a hegyes csúcs a legsérülékenyebb része az elektrodának, és amint a 9. ábra mutatja, itt a legerőteljesebb a kopás. A kopott elektrodából kilépő plazmasugár instabil, a hőbevitel ingadozhat, és emiatt a varrat átroskadásának veszélye fokozottabb. A 10-11. ábra elektronmikroszkópos képei ugyancsak jellegzetes kopásokat mutatnak.

#### 4. Összegzés

A volfrámelektroda szerepe a plazmaívhegesztésnél kettős: egyrészt a varrat geometriai jellemzőire gyakorol jelentős hatást azzal, hogy a plazma-hegesztőpisztolyban hogyan pozícionálják, másrészt pedig a csúcsának kialakításától függően befolyásolja a plazmaív vagy plazmasugár stabilitását. Az elektrodacsúcs tompítása feltétlenül szükséges, mértéke 0,5 mm, az érdesség,  $R_a < 1 \mu\text{m}$  legyen.



10. ábra  
Volfrámelektrodák csúcsának kopása



11. ábra  
Volfrámelektrodák csúcsának kopása

## 5. Köszönetnyilvánítás

A kutatást támogatta az Országos Tudományos Kutatási Alap az NKTH-OTKA K61922 projekt keretében.

### Irodalomjegyzék

- [1] Böhme D: Plasmaverbindungsschweissen. DVS-Berichte Band 128, Düsseldorf 1989
- [2] Jensen B, Ussing S: Plasmasvejsning af aluminium. <http://www.sasak.dk/pdf/3%20-%20Svejsning%2018-01-02/RAP-SV-0035-00%20%20Plasmasvejsning.pdf> (2008. március 31.)
- [3] Gießler S, Indraczek R, Stempfer F, Bergmann U: Plazma ívponthegeztés - a technológia és az alkalmazási lehetőségek. *Hegeztéstechnika*, 15 (2004:3) 49-52.
- [4] Gáti J: Láng-, plazma-, lézer-, vagy vízsugár vágás? A vágási eljárások elemzése. *Hegeztéstechnika*, 14 (2003:2) 13-15
- [5] Matthes KJ, Kusch M: Plazma-AFI hegeztés - egy gazdaságos eljárás. *Gép* 51 (2000:6) 97-98