

MAG orbitális hegesztés porbeles huzallal – gazdaságosan gyártott hegesztett kötések a legjobb minőségben

írta: Dr.-Ing. E. Engindeniz
fordította: Pásztor Csaba (Hegpont Kft)

1. Bevezetés

Az orbitális hegesztés mint elnevezés a latin ‚orbit‘ szótöböl eredeztethető, ami körpályát jelent (mint például egy műhold pályája a Föld körül). Az orbitális hegesztés jellemzően két, vízszintes tengelyű forgásszimmetrikus alkatrész (túlnyomórészt cső) közötti tompavarrat előállítását jelenti. Tipikusan a kőolaj-, földgáz-, távfűtés-, vízvezetékek, csőszervezetek, tartályok stb. építése és javítása során találkozhatunk ezzel a technológiával. Az orbitális varratkészítésnél jellemzően a következő eljárásokat alkalmazzák:

- kézi ívhegesztés bevont elektródával (111),
- volfrám elektródás ívhegesztés (AVI / TIG:141),
- aktív védőgázos fogyóelektródás ívhegesztés (MAG:135).

Elsősorban a gyártandó alkatrész darabszámának, geometriájának és az ebből eredő gazdaságossági megfontolásoknak megfelelően szokás kiválasztani a hegesztési technológiát, természetesen az egyes eljárásokkal elérhető varratminőség és az előírt minőségi követelmények szem előtt tartásával.

A cellulóz bevonatú elektródák kifejlesztése / fejlesztése a bevont elektródák kimagasló tértnyerését eredményezte a csőtávvezeték építésben. A termék-specifikus tulajdonságoknak köszönhetően a varratok PG pozícióban készülnek. A bevont elektródás technológia jelentős hátránya, hogy a hegesztőnek nagyon magas elvárásokat kell teljesíteni a kezűgyességet illetően, amennyiben hibamentes varratokat kíván készíteni. A minőségi elvárások növekedése (például az alapanyagokat illetően), a konkurencia keltette növekvő nyomás, a rövidülő technológiai idők az üzemeket gazdaságos, gépesített, nagy folyamatbiztonságú eljárások bevezetésére kényszerítik a kézi ívhegesztő eljárásokkal szemben.

Ezen elvárások nyomására kezdődtek meg a TIG (AVI) eljárások gépesítésére szolgáló berendezések fejlesztései. Mára az orbitális TIG hegesztés – hegesztőanyaggal vagy anélkül – a berendezés-, cső- illetve tartályépítésben jelentős teret nyert. Az eljárás sajátossága, hogy szigorú kritériumokat támaszt a varratelőkészítéssel szemben, és teljesítménye miatt csak a kis átmérők hegesztésére használatos. Az orbitális MAG hegesztés viszont számos felhasználási példát tudhat magáénak a klasszikus csővezeték-építésben.

2. Az orbitális MAG hegesztés technikai feltételei

Hegesztési pozíciók tekintetében bármilyen kényszer-pozíció szóba jöhet. Az orbitális MAG hegesztés fentről lefelé pozícióban a hegfürdő korlátozott mérete miatt kis fajlagos teljesítménnyel dolgozik, jellemzően kisebb nyitási szögű varratelőkészítést alakítanak ki, így kevesebb hegesztőanyag kerül a varratba. A kötési- veszélye fennáll. Függgőlegesen emelkedő pozícióban porbeles huzalokat szokás alkalmazni, amivel jóval nagyobb teljesítmény érhető el, valamint csökken a porozitás veszélye.



1. ábra: MAG orbitális berendezés üzem közben

Az orbitális MAG hegesztés számára az áttörést a megfelelő portöltetű huzalok fejlesztése hozta meg: ezek az „újgenerációs” salakú rutil-bázikus porbéléses huzalok. Orbitális MAG hegesztés esetén a hegesztőhuzalok hasonlóan nagy jelentőséggel bírnak, mint az eljárás berendezései, ezért a szóban forgó technológia esetén mindkettőt fokozott figyelemmel kell kiválasztani.

A berendezéssel szemben támasztott követelmények:

- robusztus építésmód, de kis súly,
- érzéketlen a környezeti változásokra (hőmérséklet, páratartalom),
- gyors fel- és leszerelési lehetőség,

- fokozatmentesen állítható lengetési frekvencia, szélesség és hegesztési sebesség, távirányítási lehetőség,
- fokozatmentesen állítható feszültség, áramerősség és hegesztési sebesség, távirányítási lehetőség
- kis huzaltekercsekkel való kompatibilitás (~5 kg huzaltömeg)
- integrált huzalelőtolóegység,
- oldalirányban és függőlegesen is állítható hegesztőfej.

A porbéléses huzallal szemben támasztott követelmények:

- gyorsan dermedő rutilos salak,
- leolvadási teljesítmény: 5 kg/h,
- megfelelő hegfürdő kontroll PE és PF pozícióban is,
- magas porozitással-, repedéssel-, kötésihibával szembeni biztonság,
- kielégítő ütőmunka -40°C -on is,
- fröcskölésmentes cseppátmenet,
- előtolható legyen 2 huzalvezető görgővel,
- torziós feszültségek ne legyenek a hegesztőhuzalban,
- HD < 3 ml/100g
- ne legyen nedvességfelvétel a raktározás / tárolás illetve a felhasználás során.

Fenti követelményeket teljesíti a jelen cikkben tárgyalt porbeles huzalos orbitális MAG hegesztés technológia, és kiválóan használható az általános csővezeték-építési munkákban $\varnothing 300$ mm feletti csövek hegesztésénél.

3. Berendezéstechnika

A berendezés a következő egységekből áll:

1. Orbitális hegesztőkocsi vezérlődobozzal,
2. Vezető szalag edzett acélból ,
3. MAG-áramforrás körülbelül 350 A-rel 60%-os bekapcsolási időnél.

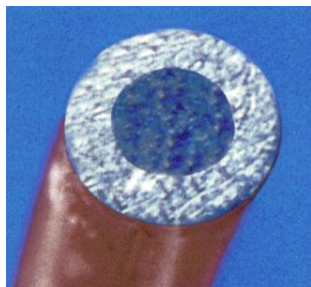
A vezérlés építhető az áramforrásba integráltan is. A távvezérlő lehet különálló egység illetve az orbitális fejre is szerelhető. A léghűtésű hegesztőfej haladó és ívelő mozgást végez.

4. Porbeles huzalok

Az 1a és 1b táblázat tartalmaz az orbitális hegesztési feladatokhoz alkalmas porbéléses huzalokat különböző acélokhoz X100-ig. Ezek a hegesztőhuzalok zárt csőkeresztmetszetűek, varratmentesek és rezegett felületűek, az ebből fakadó előnyök:

- abszolút érzéketlen a nedvességfelvételre (HD < 5 ml/100g).
- visszaszárítás egyáltalán nem szükséges.

- a rezeztett felületnek köszönhetően jó áramátadás.
- kiváló formastabilitás, nincsenek előtolási problémák,
- akár két „sima” (nem recézett) görgővel is előtolható.
- nincsenek torziós feszültségek („drallfrei” - elcsavarodásmentes), stabilan égő ív.
- csekély áramátadó kopás.



2. ábra: varratmentes zárt porbeles huzal

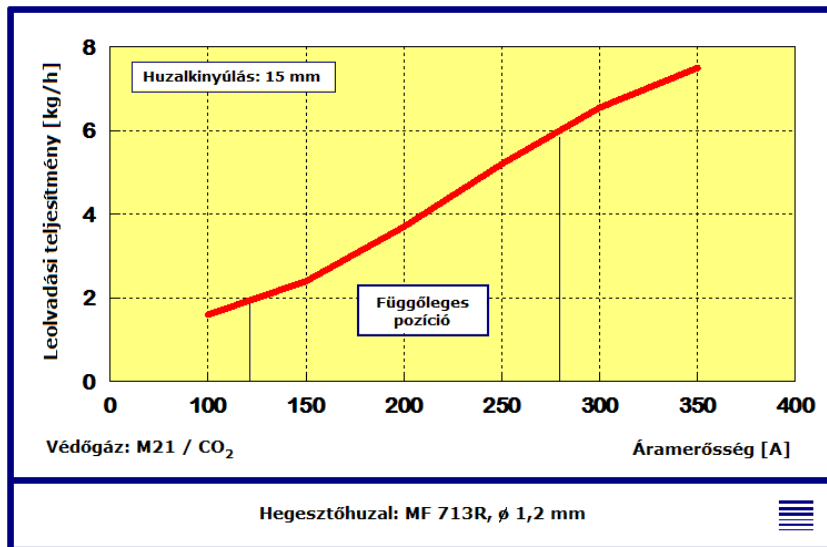
| Hegesztő-huzal | Alapanyag | Védő-gáz | Jóváhagyások | Alapanyag szabványok | |
|-----------------|---|-----------------|---|--|--|
| | | | | AWS 5.29 | EN ISO |
| MF 713 R | Folyáshatár \geq 460 MPa Pl: X 42 - X 65 Pl: St 35.8 - St 45.8 Pl: L210 - L485 | M21 / C1 | TÜV, DB, GL, BV, LR, DNV, RINA, ABS, PRS, CWB | E71T-1M H4 E71T12M H4 E71T-1C H4 E71T12C H4 | 17632-A T 46 4 P M 1 H5 17632-B T 55 4 T1 1MA H5 17632-A T 46 2 P C 1 H5 17632-B T 55 2 T1 1CA H5 |
| MF 821 R | Folyáshatár \geq 500 MPa Pl: X 42 - X 70 | M21 / C1 | TÜV, DB, GL, BV, LR, DNV, RINA, ABS, CWB | E81T1-NiMJ H4 | 17632-A T 50 6 1Ni P M 1 H5 17632-B T 57 6 T1 1MA N2M1 H5 17632-A T 46 4 1Ni P C 1 H5 17632-B T 55 4 T1 1CA N2M1 H5 |
| MF 550 R | Folyáshatár \geq 550 MPa Pl: X 42 - X 80 | M21 | - - - | E91T1-Ni2 H4 | 18276-A T 55 6 Mn1,5Ni P M 1 H5 18276-B T 76 6 T1 1M N3C1M2 H5 |
| MF 620 R | Folyáshatár \geq 620 MPa Pl: X 42 - X 80 | M21 | - - - | E91T1-K2M H4 | 18276-A T 62 4 1,5NiMo P M 1 H5 18276-B T 69 4 T1 1MA N2M2 H5 |
| MF 690 R | Folyáshatár \geq 690 MPa Pl: X 42 - X 100 | M21 | DNV, LR, GL, BV, ABS | E110T1-K4MJ H4 | 18276-A T 69 6 Z P M 1 H5 18276-B T 76 6 T1 1M N4M1 H5 |
| MF 781 R | Folyáshatár \geq 460 MPa Pl: WT St 37 - WT St 52-3 Pl: COR-TEN A, B, C Pl: Patimax 37 | M21 | - - - | E81T1M H4 | 17632-A T 46 2 Z P M 1 H5 |
| MF 825 R | Folyáshatár \geq 460 MPa Pl: 16Mo3 | M21 | TÜV | E81T1-A1M H4 | 17634-A T Mo P M 1 H5 17634-B T 55 T1 1M 2M3 H5 |

1a. táblázat: Porbeles huzalok MAG orbitális hegesztéshez
(a védőgázak az MSz EN ISO 14175:2008 szerintiék)

| Hegesztőhuzal | C | Si | Mn | Mo | Ni | Cu | Ti | B |
|-----------------|--------|-----|-----|-----|-----|-----|----|---|
| MF 713 R | 0,05 | 0,5 | 1,3 | - | - | - | + | + |
| MF 821 R | 0,05 | 0,5 | 1,3 | - | 0,7 | - | + | + |
| MF 550 R | < 0,08 | 0,5 | 1,7 | - | 1,4 | - | + | + |
| MF 620 R | < 0,08 | 0,5 | 1,4 | 0,2 | 1,7 | - | + | + |
| MF 690 R | < 0,08 | 0,5 | 1,7 | 0,2 | 2,0 | - | + | + |
| MF 781 R | 0,05 | 0,5 | 1,3 | - | 1,2 | 0,5 | - | - |
| MF 825 R | 0,05 | 0,5 | 1,3 | 0,5 | - | - | - | - |

1b táblázat: A varratfém kémiai összetétele (tipikus értékek)

Egyes típusok titánnal és bórral mikroötvözöttek, ennek köszönhetően a varratok nagyon jó tulajdonságokkal rendelkeznek, ütőmunka értékeik pedig kitűnőek. A 3. képen a leolvadási teljesítményre vonatkozó adatok a hegesztési pozíció és az áramerősség függvényében.



3. ábra: Az MF 713R huzal leolvadási teljesítménye

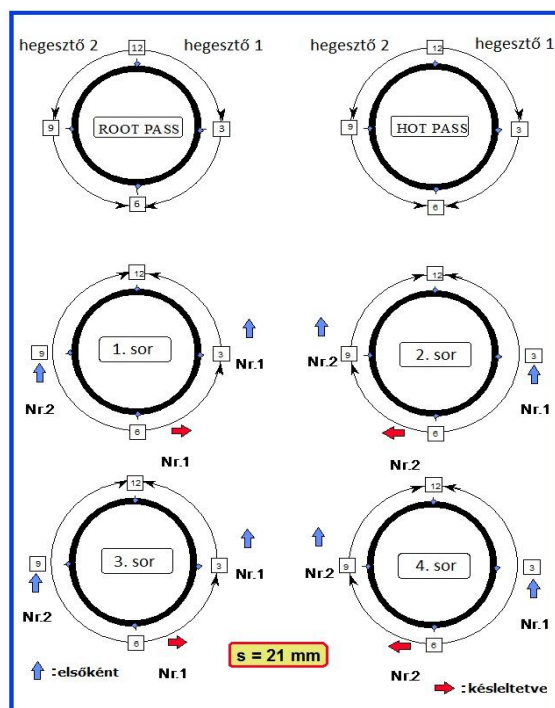
5. Felhasználási példák

A 2. táblázat mutatja a tipikus hegesztési paramétereket a lemezvastagság és a varratfelépítés / előkészítés függvényében. A gyök fizikai megtámasztása technikailag lehetséges, azonban sok országban nem engedélyezett. Ajánlatos a gyök és a második (hot pass cellulóz bevonatú elektróda esetén) sort bevont elektródás kézi ívhegesztéssel hegeszteni. Kézi TIG hegesztéssel készülő gyök esetén az alsó tartományban (3-tól 9 óráig) 2 sor szükséges. Alternatív megoldás lehet megfelelő fémporos portöltetű huzallal hegeszteni egysoros gyöksort emelkedő pozícióban. A töltősorok hegesztése porbeles MAG orbitális hegesztéssel 6 óra pozíciónál kezdődik és 12 óra pozíciónál fejeződik be, majd a 2. félcső szakaszt hegesztik. A hegesztés íveléssel történik, melynek paramétereit (szélesség, sebesség) minden egyes aktuális sorhoz illeszteni kell. Vízzintestől erősen eltérő varratokat ívelés nélkül kell hegeszteni. Élőlkészítésként „V” geometriájú előkészítést és 40...60° nyílásszöget szokás alkalmazni (lemezvastagságtól függően). A csövek illesztéséhez pneumatikus működtetésű belső illesztő (IPLC "Internal Pneumatic Line Clamp") vált be. Az illesztési hézag 2...2,5 mm, amennyiben a gyöksort cellulóz bevonatú elektródával felülről lefelé hegesztik. A porbeles huzalos gyökvarrat hegesztés kevésbé érzékeny az illesztési hibákra (például a csövek excentricitásából adódó pozíció eltérésekre), bevont elektródáknál viszont ez az érték legfeljebb 3 mm. További előnye a fémporos porbeles huzalos technológiának, hogy nem szükséges az egyes sorok hegesztése előtt tisztítás, ami rendkívül időigényes művelet.

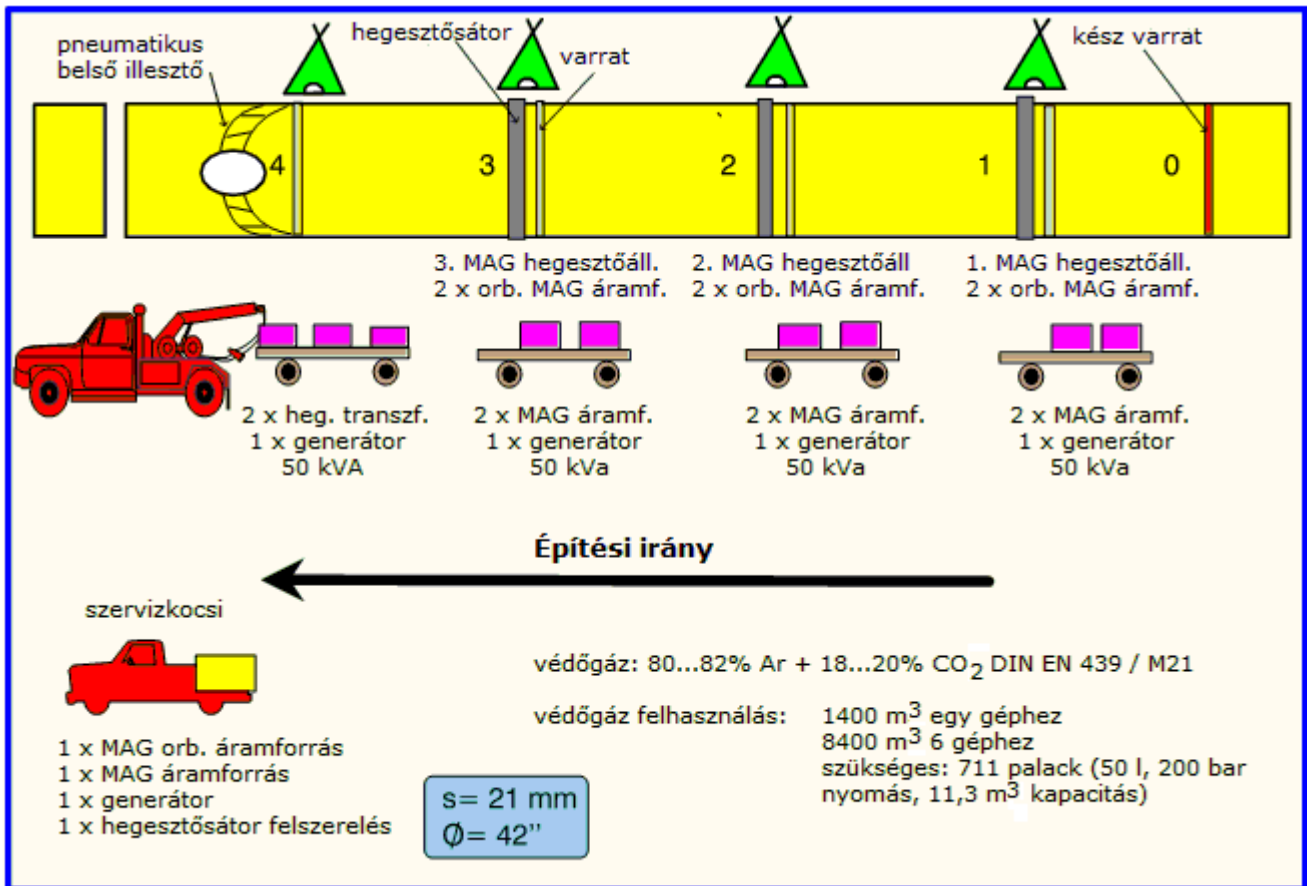
| Falvastagság [mm] | Nyitási szög | Sorok száma | Huzalátmérő [mm] | Áramerősség [A] | Feszültség [V] | Hegesztési sebesség [cm/min] | Leolvadási teljesítmény [kg/h] | Hegesztési idő [min/m] |
|-------------------|--------------|---------------|------------------|---------------------|----------------|------------------------------|--------------------------------|------------------------|
| 6 | 60° | 1 gyöksor + 1 | 1,0 | 160-180 | 21-22 | 10,5-12,0 | 1,89-2,16 | 9,52-8,33 |
| 10 | 60° | 1 gyöksor + 2 | 1,0 | 160-180; 200-210 | 22-23 | 11,0; 14,0-15,3 | 2,16; 2,52-2,75 | 17,0-16,3 |
| 15 | 60° | 1 gyöksor + 4 | 1,2 | 16-180; 220-240 | 22-24 | 11,0; 14,6-16,8 | 2,16; 2,97-3,42 | 29,6-27,0 |
| 20 | 50° | 1 gyöksor + 5 | 1,2 | 160-180; 200-240 | 22-24 | 11,0; 13,0-15,0 | 2,16; 2,97-3,42 | 40,5-39,1 |
| 25 | 40° | 1 gyöksor + 6 | 1,2 | 160-180; 200-240 | 22-24 | 11,0; 12,4-14,3 | 2,16; 2,97-3,42 | 49,4-44,1 |
| 30 | 40° | 1 gyöksor + 9 | 1,2 | 160-180; 220-240 | 22-24 | 11,0; 13,0-14,9 | 2,16; 2,97-3,42 | 70,6-62,8 |

2. táblázat: Hegesztési paraméterek, huzal: MF 713 R, hegesztőgáz: M21, ~15 l/min

Nagyobb átmérők esetén gazdaságosabb egyszerre 2 berendezéssel dolgozni, ezt a módszert a 4. ábra szemlélteti (42"-os (savanyú) földgáz vezeték, X 65 mod, s = 21 mm). A maximális kihasználtság eléréséhez célszerű a berendezéseket 90°-kal eltérítve indítani, hogy 12 óra pozíciónál ne tudjanak összeütközni. Az eljáráshoz szükséges feltétel, hogy a hegesztések a vázolt elrendezésben 3 hegesztő állomással történjen, ahol állomásonként 2 orbitális fej dolgozik. Ha a gyök- és 2. sor (hot pass) hegesztése bevont elektródás kézi ívhegesztéssel történik, ~17 óra alatt 30 körvarrat 3 állomáson készül el. Az 5. ábra hivatott szemléltetni az elrendezést. Ha 6 hegesztőgép-kezelőt, 1 villamos szakembert és 3 további munkatársat rendelünk a 3 állomáshoz, akkor összesen és egyidejűleg 10 szakemberre van szükségünk.



4. ábra: 2 géppel (Nr.1 és Nr.2) végzett orbitális MAG hegesztés



5. ábra. A vonalhegesztő csoport sematikus elrendezése

| Alapanyag | Varratelőkészítés és felépítés | Hegesztési eljárás / porbeles huzal típusa | Áramerősség | Feszültség | Sebesség | Vonalenergia |
|-----------|--------------------------------|--|-------------|------------|----------|--------------|
| X 65 mod | | $\varnothing 1,2 \text{ mm}$ Gyök: kézi porb.; MF 710 M | [A] | [V] | [cm/min] | [kJ/cm] |
| | | 1. sor: orb. porb.; MF 713 R | 120 | 18 | 10 | 12,96 |
| | | 2. sor: orb. porb.; MF 713 R | 170 | 21 | 9 | 23,8 |
| | | 3. sor: orb. porb.; MF 713 R | 180 | 21 | 10 | 22,7 |
| | | 4. sor: orb. porb.; MF 713 R | 180 | 22 | 12 | 19,8 |
| | | | 200 | 23 | 10 | 28,8 |

| Makrociszolat | Leolvadási Teljesítmény [kg/h] | Vegyi összetétel [%] | | Ütőmunka [J] ISO-V | | | |
|---------------|--------------------------------|----------------------|--------|--------------------|------|------|------|
| | | alapanyag | varrat | RT | 0 | -20 | |
| | Gyök: 2,0 | C: 0,029 | 0,05 | varratközép | 121 | 99 | 85 |
| | 1. sor: 2,3 | Mn: 1,42 | 1,25 | | 118 | 86 | 56 |
| | 2. sor: 2,5 | Si: 0,39 | 0,43 | | 122 | 86 | 81 |
| | 3. sor: 2,5 | P: 0,007 | 0,013 | átlag: | 120 | 90 | 74 |
| | 4. sor: 3,2 | S: 0,0006 | 0,009 | átmenet | >300 | >300 | >300 |
| | | Ni: - | 0,21 | | >300 | >300 | >300 |
| | Al: 0,046 | 0,027 | | >300 | >300 | >300 | |

6. táblázat: Vizsgálati eredmények a MF 713 R huzallal orbitális MAG hegesztéssel készített kötésekéről, alapanyag minőség: X 65 mod, falvastagság: 21 mm

5. Összefoglalás

A távfűtés, víz-, kőolaj-, földgáz vezeték stb. építésben mind nagyobb mennyiségben használnak fel acél csöveket, amelyek kötéstechológiája gyakran valamilyen ömlesztő hegesztő eljárás. A cellulóz bevonatú bevont elektródás kézi ívhegesztés továbbra is „domináns” eljárás, azonban a MAG orbitális hegesztés egyre nagyobb jelentőséggel bír, térhódítása meglehetősen gyors – az ez irányú fejlesztéseket minőségi és gazdaságossági megfontolások indokolják, illetve bizonyítják. A jelen cikkben tárgyalt porbeles huzalos orbitális MAG hegesztés alkalmas töltő és takaró sorok készítésére PE, PF, PA pozíciókban. Gyöksor (root- / hotpass) készítésére alkalmas lehet bevont elektródás kézi illetve TIG hegesztés, de mindenképpen meg kell említenünk, hogy kísérletek bizonyítják a gépesített porbeles MAG eljárás alkalmasságát is. További jelentős előny a munkát végzők kisebb terhelése.