

Miskolci Egyetem
Gépészmérnöki és Informatikai Kar

Tudományos Diákköri Konferencia

Csaphegesztett kötés vizsgálata, minőségbiztosítása

Bodó Tibor
IV. éves gépészmérnök hallgató

Konzulens :
Dr. Török Imre
egyetemi docens
Mechanikai Technológiai Tanszék

Miskolc, 2011-11-07

TARTALOMJEGYZÉK

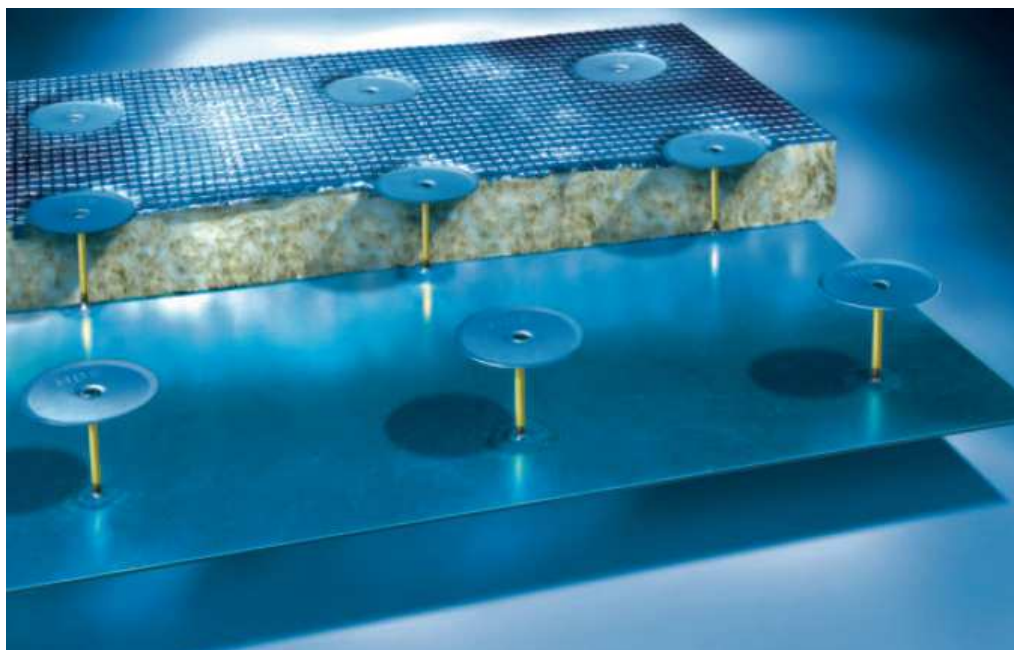
1. Bevezetés.....	3
2. Csaphegesztés eljárásváltozatainak bemutatása,fő alkalmazási területei.....	4
2.1. Ívhúzásos csaphegesztés.....	5
2.2. Ívhúzásos csaphegesztés kerámiagyűrűvel.....	6
2.3. Kondenzátor kisütéses ívhúzásos csaphegesztés.....	7
3. Csaphegesztés elemzése.....	9
3.1. A csaphegesztés minőségét befolyásoló tényezők.....	9
3.2. Kötéssel szemben támasztott előírások.....	10
4. Kerámiagyűrűs csaphegesztés során előforduló hibák, eltérések okainak feltárása...12	
4.1. MCE Nyíregyháza Kft.-nél alkalmazott kerámiagyűrűs csaphegesztés bemutatása.....	12
4.2. Az MCE Nyíregyháza Kft.-nél használt csaphegesztő berendezés.....	13
4.3. Hibák okainak feltárása	15
5. Hibás csapfelhegesztés elkerülésére javasolt segédeszközök.....	23
5.1. Négy lábas segédeszköz alkalmazása.....	23
5.2. Tekercses segédeszköz alkalmazása.....	24
5.3. A módosított négy rézlábas segédeszköz alkalmazása.....	28
6.Összefoglalás.....	32
7.Köszönetnyilvánítás.....	32
8.Irodalomjegyzék.....	33

1. Bevezetés

Az csaphegesztés elsősorban csap alakú alkatrészek adott fém munkadarabokra nagy mennyiségben történő felhegesztéséhez alkalmazott eljárás. A csaphegesztést többek között pl. hídépítésben, acélszerkezet-gyártásában, hajóépítésben, épülethomlokzatok burkolatának kialakításánál, tartályok-, gőzkazánok szigetelésénél alkalmazzák.

Csaphegesztéskor a csap homlokfelülete és a munkadarab között rövid ideig villamos ív jön létre: mindkét elem helyileg megolvad és létrejön a kötés. A hegesztési eljárásokat két nagy csoportba sorolhatjuk az egyik az ívhúzásos csaphegesztés, a másik a kondenzátor kisütéses csaphegesztés. Mindkét eljáráshoz megfelelő áramforrás, mozgatókészülék, csap és segédeszköz szükséges. A csaphegesztés jellegzetessége a nagyon rövid idejű (kb. 0,5 ms – 3,0 s) hegesztési idő és ezzel összefüggő nagy felhevítési és lehűlési sebesség. Általában a csapátmérő legfeljebb 8 mm a csúcsgyújtásos hegesztés és legfeljebb 25 mm az ívhúzásos hegesztés esetén.

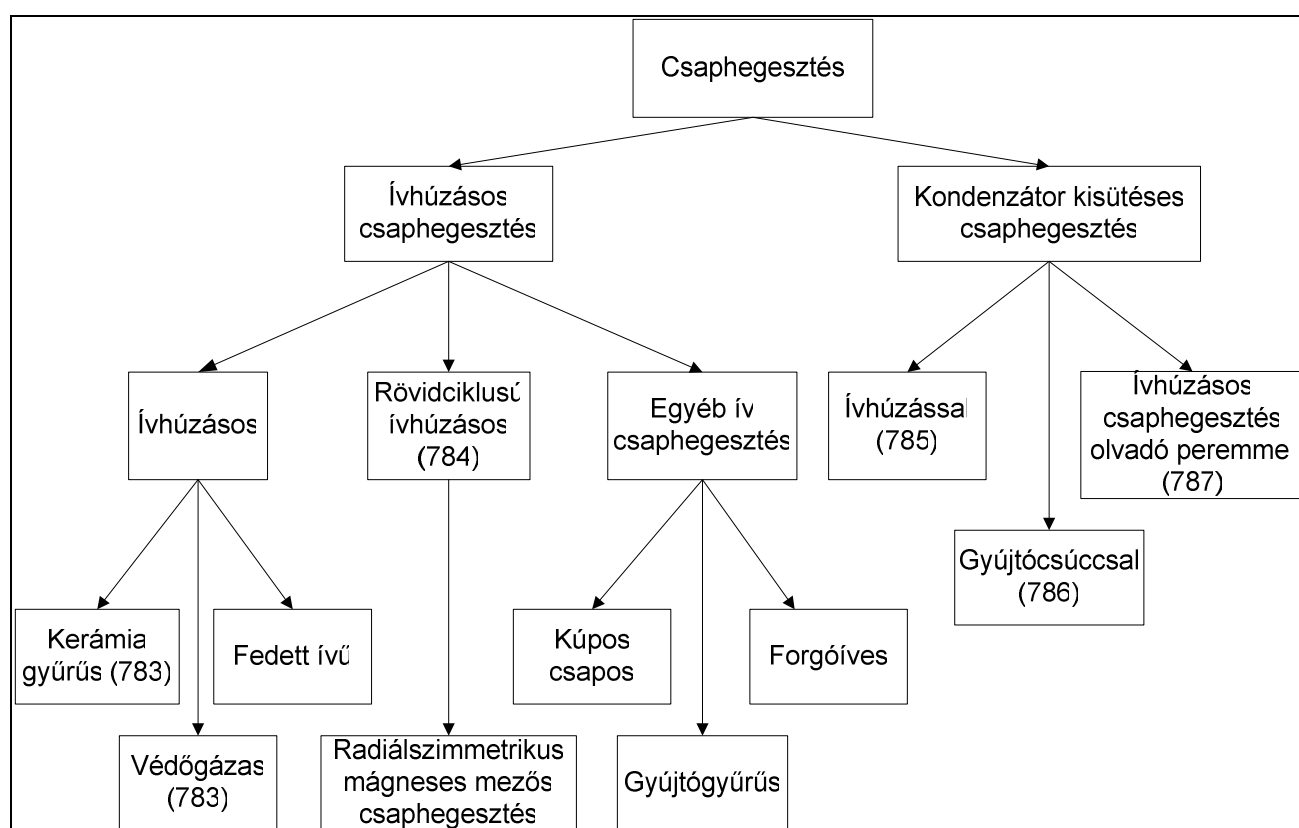
Jelen dolgozat ezen eljárásváltozatok bemutatásával, illetve a minőséggel szembeni elvárásokkal foglalkozik. Az MCE Nyíregyháza Kft.-nél alkalmazott kerámiagyűrűs csaphegesztésnél előforduló hibák feltárásáról és a hibás csapok számának csökkentéséről szol. A dolgozat utolsó részében javasolt segédeszközök részletes bemutatásával foglalkozik.



1. ábra Szigetelő túske alkalmazása

2. Csaphegesztés eljárásváltozatainak bemutatása, fő alkalmazási területei

A Nemzetközi szabvány szerint a 7. csoportba a 78 azonosító számjelű csaphegesztések közül az ív-csaphegesztésnél a hegesztendő alkatrész és a hordozó felület között kialakuló villamos ívvel – amely létrehozható nagyteljesítményű kondenzátor telep kisülésével is – a csapszerű alkatrész végét megolvasztjuk, majd az olvadt anyagokat részben sorjába nyomva, képlékeny alakítással együtt járó kristályosodás hozza létre a kötést [2].



2. ábra A csaphegesztési eljárásváltozatok

A szabvány a csaphegesztés 7 változatát különbözteti meg, ezek közül a fontosabbak:

- 782 eljárásjellel az ellenállás-csaphegesztést
- 783 eljárásjellel a kerámia gyűrűs vagy védőgáz ívhúzásos csaphegesztést
- 784 eljárásjellel a rövidciklusú ívhúzásos csaphegesztést
- 785 eljárásjellel a kondenzátor kisütéses ívhúzásos csaphegesztést
- 786 eljárásjellel a kondenzátor kisütéses csúcsgyújtásos csaphegesztést
- 787 eljárásjellel a gyűrűgyújtásos csaphegesztést

- 788 eljárásjellel a dörzs-csaphegesztést

Ezekkel az eljárásokkal sík vagy alakos fémfelületekre 25 mm átmérőig külső- vagy belsőmenetes csavarok, anyák, csapok, szigeteléstartó tüskék, vasbeton-szerkezet rögzítők stb. hegeszthetők fel igen rövid idő alatt, nagy termelékenységgel.

A csaphegesztés előnyei:

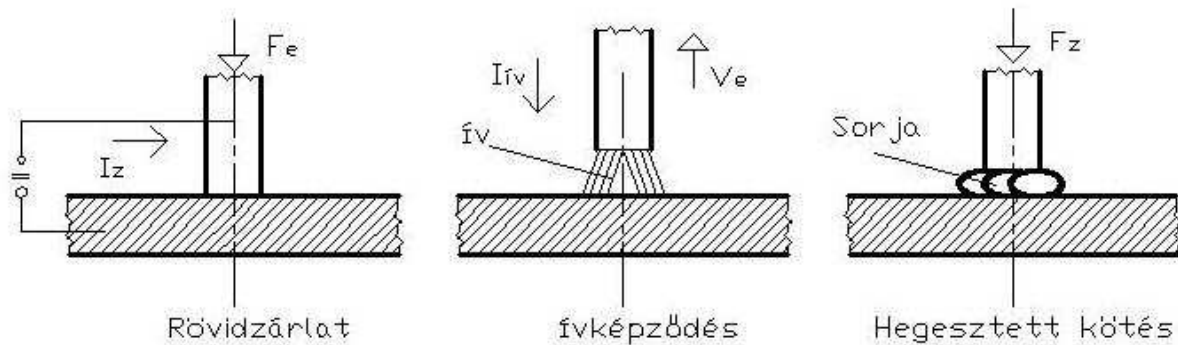
- jó terhelhetőség a teljes keresztmetszetre kiterjedő hegesztés miatt,
- költség és idő megtakarítás, nagy termelékenység,
- sok anyagkombináció hegeszthető, jól reprodukálható a kötés,
- keskeny hőhatásövezet, tiszta és deformáció nélküli hátoldal,
- elég az egyoldali hozzáférhetőség,
- garantált minőségű csapok felhasználása, garantált kötőerő,
- a fúrási, menetvágási műveletek, csavarok és egyéb kötőelemek alkalmazása elmarad,
- egyszerű és gyors kezelhetőség, ezáltal nagy termelékenység érhető el,
- a hegesztés minden pozícióban megoldható,
- az automatizálás megoldható: a felhasználó igényeitől függően kézi csaphegesztő pisztolyok, félig vagy teljesen automatizált rendszerek alkalmazhatók.

Főbb alkalmazási területek:

- kazánok, tartályok, csövek, vegyipari berendezések hőszigetelése,
- könnyű fémszerkezetes épületek szigetelése,
- járművek belső szerelvényeinek rögzítése (kárpitok, vezetékek stb.),
- „nehéz” acélszerkezetek (konténerek, ipari épületek, hidak, hajógyártás stb.).

2.1. Ívhúzásos csaphegesztés

A hegesztés úgy indul, hogy a csapot a hegesztőpisztolyba, vagy hegesztőfejbe fogják és a munkadarabhoz ütköztetik, majd rövidzárlatot hozunk létre. A csapot elhúzáva, ív keletkezik. Az ív megolvasztja a csap végét és a hordozó felületet, majd a csapot a darabhoz nyomva, az olvadt anyagok nagy része sorjába nyomódik. A hegesztett kötést a képlékeny alakváltozás, illetve a kristályosodás hozza létre. Az eljárás működését az 3. ábra szemléli [2].



3. ábra Az ívhúzásos csaphegesztés működése

Magyarázó jelölések:

F_e :előzömítő erő [N]

v_e :csap elemelési sebessége [mm/s]

I_z :zárlati áram [A]

I_{iv} :ív áram [A]

F_z :zömítendő erő [N]

2.2. Ívhúzásos csaphegesztés kerámiagyűrűvel

A kerámia gyűrűs (4.ábrán látható) ívhúzásos csaphegesztést általában 3 ... 25 mm átmérőtartományban alkalmazzák, 100 ... 3000 ms hegesztési idő mellett. Ezt rendszerint kerámiagyűrűvel végzik és csak különleges esetekben védőgázzal, vagy védelem nélkül. A legnagyobb beolvadás mélység 1...3 mm . Az esetek többségében ezt az eljárásváltozatot alkalmazzák [1].

A kerámiagyűrű a következő funkciókat látja el:

- központban tartja az ívet és stabilizálja, ezáltal az elfújás esélyét csökkenti,
- az olvadékvédelem fémgőz képződéssel az égési kamrában, megfelelően magas áram mellett,
- az olvadék formálása és az olvadék réteg megerősítése,
- védi a hegesztő személyt a sugárzástól és a szikrától,
- csökkenti a nemfémes bezáródásokat.

Hogy a varrat formája egyforma legyen minden hegesztendő csapot a formájának és átmérőjének megfelelő kerámia gyűrűvel kell rögzíteni. A kerámiagyűrűt használat után el kell távolítani, és újjal kell helyettesíteni.

A hegesztésre használt, ötvözetlen és részben ötvözött alapanyagokból készült hegesztőcsapok csúcsa alumíniummal van bevonva vagy a csúcsban egy alumínium golyó van. Az alumínium arra szolgál, hogy a villamos ívet könnyebben be lehessen gyújtani, és hogy az alumínium dezoxidálja az olvadékot. Az alumínium golyó mérete a hegesztőcsap átmérőjétől és a hegesztőcsap alapanyagától függ [3].



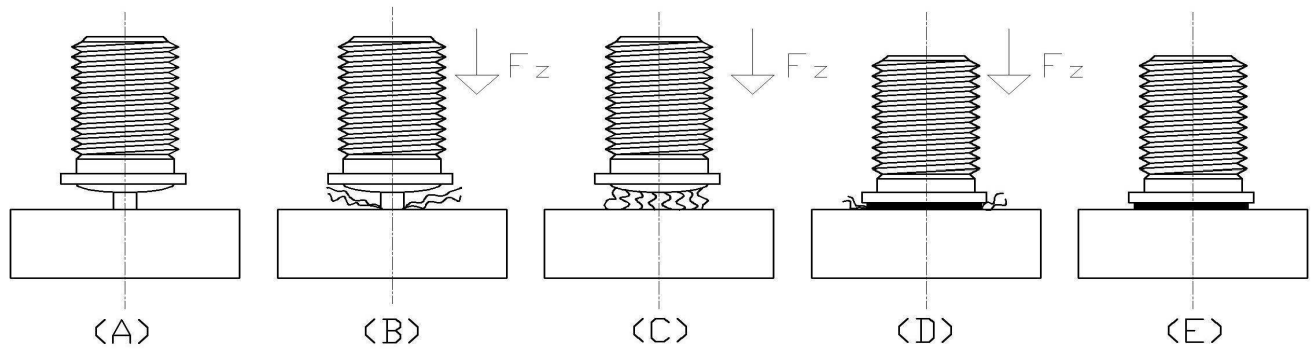
4. ábra Kerámiagyűrűs ívhúzásos csaphegesztés munkafolyamata és varratminta

2.3. Kondenzátor kisütéses ívhúzásos csaphegesztés

Ívkiülés jön létre ezeknél az eljárás változatoknál is, de jellemző az eljárás csoportra, hogy ív energiáját kondenzátortelepekben tárolt energiával hozzák létre, és a kiülés egy időben, vagy azt követően rögtön alkalmazzák a zömítő nyomást. Ezeknél az eljárás változatoknál külön védelemre nincs szükség.

A gyújtócsúcsos kondenzátor kisütéses csaphegesztés érintkezés változatának vázlata a 5.ábrán, látható. A rövidzárlat egy kis csapon keresztül jön létre, a rövidzárlat érintkezésekor a gyújtócsap elgőzölög, és a nagy áramsűrűségnek köszönhetően kialakuló villamos ív megolvasztja a csap homlokfelületét, illetve a hordozó felületet.

Az ívhúzásos változatnál a rövidzárlat létrehozása után egy mágnesstekercs húzza el a csapot egy rugó ellenében, amikor kialakul az villamos ív. A kondenzátor kisütés után a csap és a hordozó felület megolvad, a mágnesstekercs elenged, és a rugó a csapot a hordozó felülethez nyomja. Az olvadt anyagok a sorjába távoznak , az alakváltozás hozza létre a kötést [2].



5. ábra Gyújtócsúcsos érintkezéssel kondenzátor kisütéses csaphegesztés vázlata

(A: üresjárat; B: rövidzárlat; C: ívképződés; D: zömítés; E: kötés; F_z :zömítő erő)

A kondenzátor kisüléssel csaphegesztés alkalmas ötvöztelen- és ötvözött acélból, alumíniumból, rézből készített menetes csavarok, csapok, továbbá belsőmenetes csövek, szigetelő tüskék, sík csatlakozó dugók, vagy fülek stb. fémes anyagokra történő felhegesztésére.

Különösen előnyös, hogy a hátoldalon észrevehetetlen kötést állít elő kis vastagságú (0,5 mm) lemezanyagokra a csavarok felhegesztésénél. Hegesztés után a lemezek hátoldalán nem látható nyom, elszíneződés, vagy deformáció akkor sem, ha azok műanyag bevonatúak, lakkozottak vagy galvanizáltak. A módszer tehát különösen olyan feladatoknál alkalmazható elsősorban, ahol a hátoldal dekoratív megjelenésén van a hangsúly. A legnagyobb beolvadási mélység 0,1mm, a legkisebb lemezvastagságnál a csap / csavarátmérő viszony 1:8 [3].

3.Csaphegesztés elemzése

3.1.A csaphegesztés minőségét befolyásoló tényezők

A rövid időtartamú villamos ív megömleszti a csap talppontját és az alapanyag felületi részét, majd e két megömlött olvadék összekeveredik, ezáltal létrejön a közös varrat és körülötte a hőhatásövezet, amely tulajdonságai is módosulnak. A folyamatnak a lefutása az egyes csaphegesztési módszerek esetén eltérő. Általában több csapanyag ömlik meg, mint alapanyag. A hegesztési felület rendszerint az alapanyagon nagyobb, mint a csap keresztmetszete. Ezért a varrat és a csap átmenetének szilárdsági és alakváltozási tulajdonságait különös figyelemmel kell vizsgálni. Acél esetén számolni kell a felkeményedés okozta elridegedéssel. Különös figyelmet kell fordítani a korrózióálló acélokra, mert a repedések a varratban csak a hegesztést követő pár órában jelenik csak meg.

A hegesztési övezetben figyelembe kell venni, hogy:

- az alapanyag tiszta legyen,
- rozsdát, revét, zsírt és az át nem olvadó fémbevonatokat el kell távolítani.

A tisztítás végezhető mechanikai vagy vegyi úton. A revés vagy rozsdás alapanyagot alaposan meg kell köszörülni. A tisztítás módját pedig fel kell tüntetni a hegesztési utasításban.

Az ív védelmére és koncentrálására az adott eljárástól függően kerámiagyűrűt és/vagy védőgázt használhatók. A kerámiagyűrűket a csapátmérő és a csaptípus szerint kell megválasztani.

A következő szempontokat kell figyelembe venni:

- a kerámiagyűrűt az alapanyagra kell szorítani,
- a kerámiagyűrűt központosan kell a csapra illeszteni,
- a kerámiagyűrűket száraz helyen kell tárolni,
- hidrogén okozta repedésveszély elkerülése érdekében a kerámiagyűrűket növelt hőmérsékleten ki kell kiszárítani (900 °C felett 1 órán át) [4].

Ha az előfeltételek nem teljesülnek, akkor hibák, eltérések jönnek létre.

Főbb csoportjai:

- túl vékony varrat,
- kisméretű, szabálytalan és szürkés dudorvarrat,

- nemzárodó gallér,
- kisméretű dudorvarrat, felülete fényes erős fröcsköléssel,
- nagymértékű porozitás

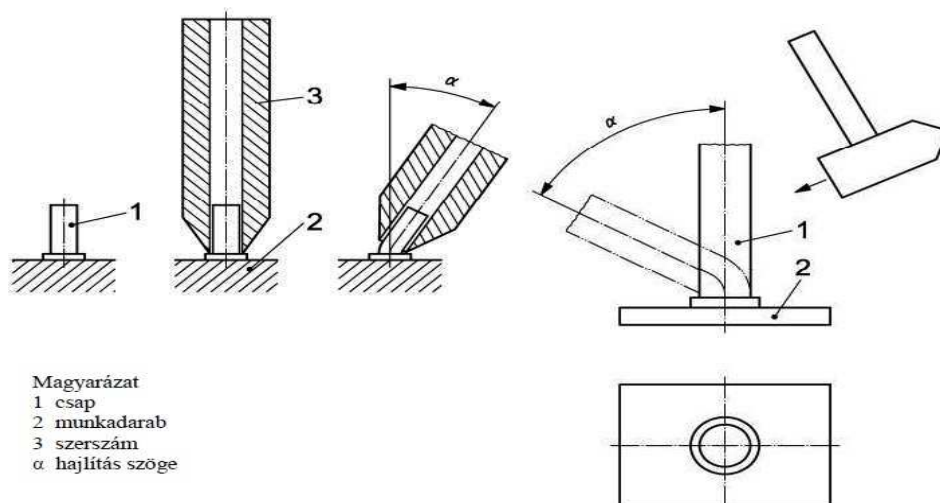
3.2. Kötéssel szemben támasztott előírások

Erőátvitel esetén kerámiagyűrűs vagy védőgázos ívhúzásos és rövid idejű ívhúzásos csaphegesztéskor a dudorvarratokat és a töretfelületeket porozitás, összeolvadási hiba, repedések, üregek és zárványok szempontjából kell vizsgálni.

A vizsgálatok a következők lehetnek:

- szemrevételezés
- hajlító vizsgálat
- szakító vizsgálat
- makró vizsgálat
- kiegészítő vizsgálat

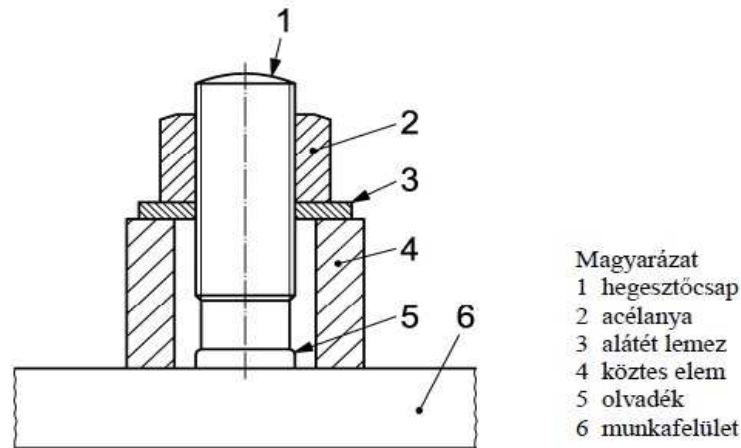
A csapokat kondenzátor kisütései csúcsgyújtásos vagy ívhúzásos csaphegesztés esetén 30° -ra, kerámiagyűrűs vagy védőgázos és rövid idejű ívhúzásos csaphegesztés esetén 60° -ra kell meghajlítani, ami a 6. ábrán látható.



6. ábra Hajlítóvizsgálat

A szakítóvizsgálatot egy megfelelő szerszám segítségével a felhegesztett hegesztőcsapokat axiálisan addig terhelik, amíg azok el nem törnek. Ha a csap vagy az

alapanyag megfelelő deformációt követően a hegesztési övezeten kívül szakad, akkor a vizsgálat megfelelő. A szakítóvizsgálatot jól szemlélteti a 7. ábra.



7. ábra Szakítóvizsgálat

Makrovizsgálat a beolvadás mélységének és alakjának megítélését szolgálja. Az értékelést maximum 10-szeres nagyításban szabad elvégezni. Ez a vizsgálatmód csak ívhúzásos és rövidciklusú csaphegesztések esetén használatos. A vizsgálathoz használhatunk olyan csapot, amelyik kiállta a hajlító vizsgálatot.

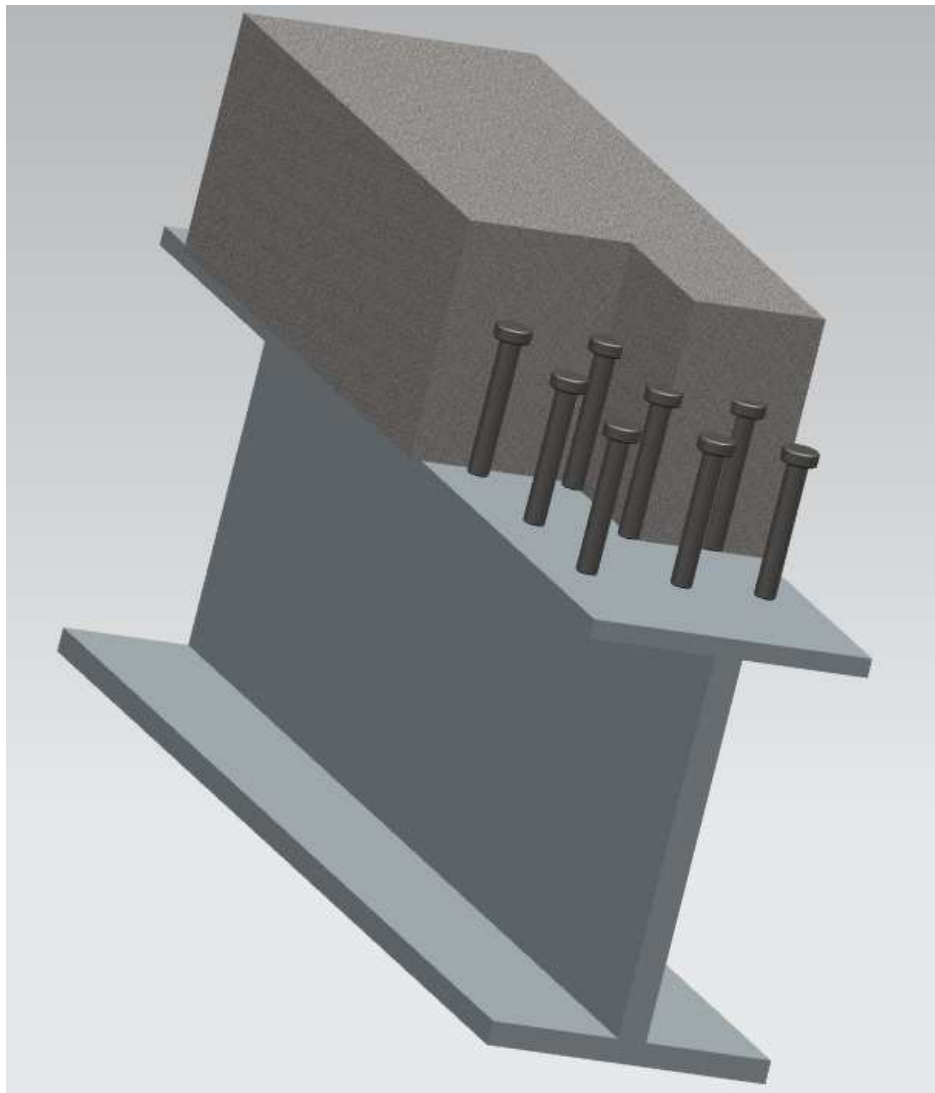
Kiegészítő vizsgálatokat bizonyos csapok alkalmazásakor használunk, például gőzkazánok, hajók vagy reaktorok esetén kiegészítő vizsgálatokra (például keménységvizsgálat vagy ultrahangos vizsgálatra) lehet szükséges [4].

4. Kerámiagyűrűs csaphegesztés során előforduló hibák, eltérések okainak feltárása

4.1. MCE Nyíregyháza Kft.-nél alkalmazott kerámiagyűrűs csaphegesztés bemutatása

Az MCE Nyíregyháza Kft.-nél alkalmazott kerámiagyűrűs csaphegesztést hidakra, autópálya szakaszokra csapok felhegesztésére alkalmazzák. A felületre felhegesztett csapokat bebetonozzák, így a kettő együtt vasbetonnak tekinthető, ahogy az 8.ábra is szemlélteti.

A felhegesztett csapok kiosztása a csapátmérőre vonatkoztatva 5D-10D között változik [5].



8.ábra Fejescsapok acél pályalemezen

4.2. Az MCE Nyíregyháza Kft.-nél használt csaphegesztő berendezés

Az üzemben használt Soyer BMH-22i típusú csaphegesztő berendezés az ívhúzásos csaphegesztésre alkalmas. A hegesztési berendezés áramforrásból, vezérlőből, mozgató berendezésből és hegesztőkábelből áll. A hegesztőáramot egy inverter technológiával ellátott áramforrás biztosítja. A bekapcsolási időtartam 5 % , üresjáratú feszültség 85 V, maximális áramerősség 2000 A.

A berendezés a következő hegesztőeljárás változatokra alkalmazhatóak:

- rövidciklusú ívhúzásos csaphegesztés kerámiagyűrű és védőgáz nélkül,
- ívhúzásos csaphegesztés kerámiagyűrűvel,
- ívhúzásos csaphegesztés védőgázzal, továbbá
- bevont elektródás kézi ívhegesztés hegesztésre,
- wolframelektrodos, argon védőgázos ívhegesztés hegesztésre.

A berendezés egyik nagy előnye, hogy egy megfelelő pisztolycserével bevont elektródás kézi ívhegesztést vagy wolframelektrodos, argon védőgázos ívhegesztést lehet alkalmazni. Ezt a két eljárást javításra használják, például ha nemzáródó gallér keletkezik, amit a 9.ábra szemléltet.



9. ábra Nemzáródó gallér

A berendezéshez a Soyer PH-5L típusú csaphegesztő pisztolyt lehet csatlakoztatni, amelyet a 10. ábra mutat be [6].



10.ábra PH-5L hegesztőpisztoly

A csaphegesztő pisztoly a következők egységeket tartalmazza:

- a meghajtás, amely biztosítja, hogy a csapot a hegesztés során el lehessen emelni, valamint a ívet konstans távolságon tartja,
- egy rugó, amely a hegesztési időtartam befejezése után a csapot az olvadékba nyomja,
- egy megfogó szerkezet, amely a hegesztőcsapot helyzetben tartja és a hegesztési áramot a hegesztőcsapba továbbítja.

Az elemelkedés mértéke 2 mm és 8 mm között van és hegesztőcsap átmérőével arányosan változik. A nagymértékű elemelkedés megnöveli a ív hosszát és ezzel együtt az ív feszültségét. Ezen túl növekszik a ív mágneses kitérése is.

A bemerülés sebessége 14 mm átmérőjű hegesztőcsapig 200 mm/s kell, hogy legyen. Az ennél nagyobb csapok esetén 100 mm/s, hogy megakadályozza az olvadék kifröccsenését [6].

4.3 Hibák okainak feltárása

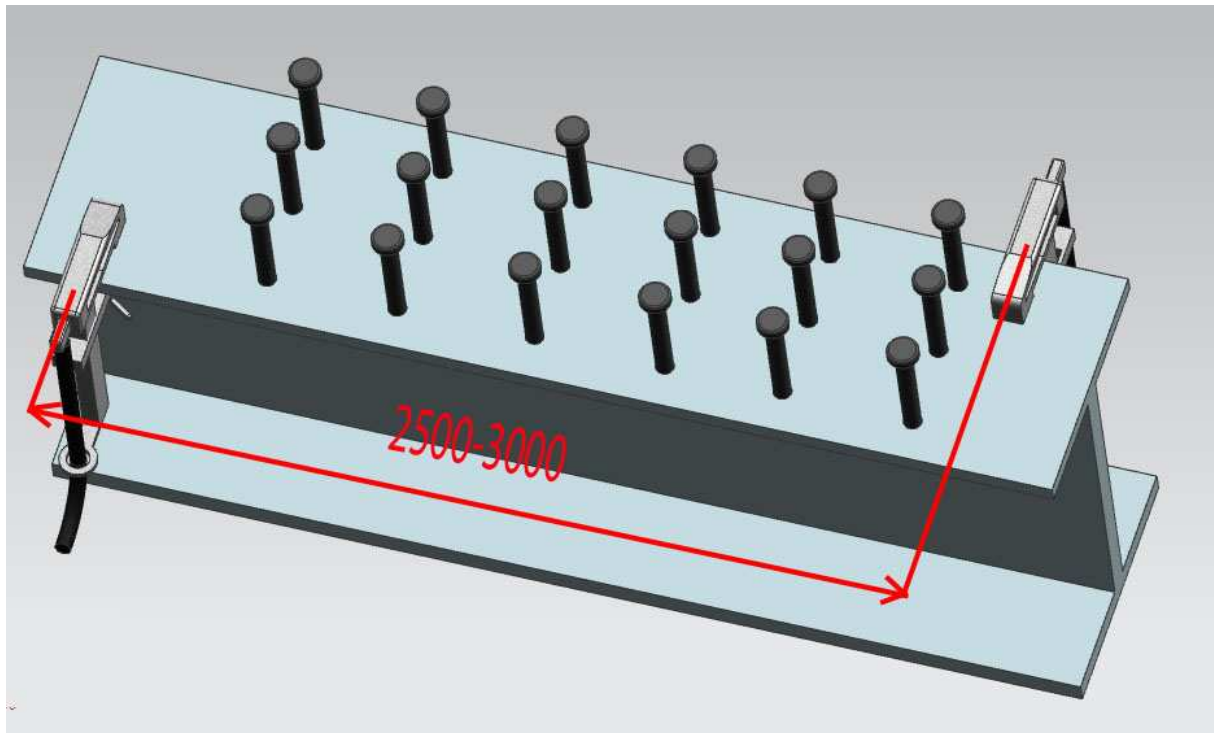
A felhegesztett csapokat minőségileg három csoportba lehet sorolni. Az egyik amelyben megfelelő a hegesztés, a másik csoport amely hibás csapokat eredményez, ilyen például a nem záródó gallér, vagy a túlságosan nagy porozitás. A harmadik csoportba azok a hegesztések sorolhatóak, amelyben nincs hiba, de például a rossz beállítás következtében fröcsköl. Amit a hegesztés befejezte után el kell távolítani és ez több száz csap esetén jelentős mellékidőt eredményez.

A minőségileg megfelelő csap nem csak a hegesztőgép beállításától függ, hanem:

- a felületek tisztaságától,
- a testkábel elhelyezéstől,
- a segédlemez használatától,
- a megfelelő pisztolyhasználatától,
- a kerámiagyűrű megfelelőségétől,
- gép illetve a kábelek melegezésétől,
- a hálózat terhelésétől is függ.

Fontos a minőségileg megfelelő hegesztés szempontjából a paraméterek beállításán túl a testkábelek megfelelő elhelyezése. Az ideális testkábel elhelyezés terméktől függő, de az elhelyezésük mindegyikre egyforma, különbség csak a távolságban van. Illetve még figyelembe kell venni, hogy a testkábelek ne keresztezzék egymást és ne legyen bennük csavarodás. Ugyanis a vezetékben mozgó töltés mágneses mezőt kelt, ami hatással van a kötés jóságára.

A két testkábelt a cégnél gyártott hídak kereszt- és hossztartóiknál ellentétes oldalakon általában 2,5-3 m közötti távolságban helyezik el, megfelelően hozzászorítva a lemezhez, amelyet jól szemléltet a 11. ábra.



11.ábra Megfelelő testkábel elhelyezés

A lemez és a pisztoly merőlegességére ügyelni kell, mert a helytelen tartás nemzáródó gallért eredményez. A pisztoly végén levő vízszintjelző ad visszajelzést a merőlegességről a hegesztőnek.

A hegesztések során háromtípusú hibával találkoztam. A legtöbb hiba a nemzáródó gallér volt. A hibák nagy része a lemezek szélén keletkezett. Ugyanis a lemez szélénél levő oldalon sokkal kevesebb lemeztömeg van és ezzel arányosan kisebb is az ellenállása. Ennek következtében az egyik testkábelben több töltés fog áramolni és a csapnak azon oldalán ,ahol több töltés áramlik nem keletkezik gallér.

Ezt elkerülendően megfelelő segédlemezt kell használni. A segédlemez mérete és elhelyezés nagyon fontos. A 12. és 13. ábra jól szemlélteti ennek a gondolatnak a helyességét. A 12. ábra a rossz kialakítást szemléltet, mivel a segédlemez vastagsága és illesztése sem megfelelő.



12.ábra Rossz kialakítású segédlemez

A 13. ábra jól szemlélteti a helytelen elhelyezését, pl.: a hegesztett csap a segédlemez széléhez túlságosan közel volt.

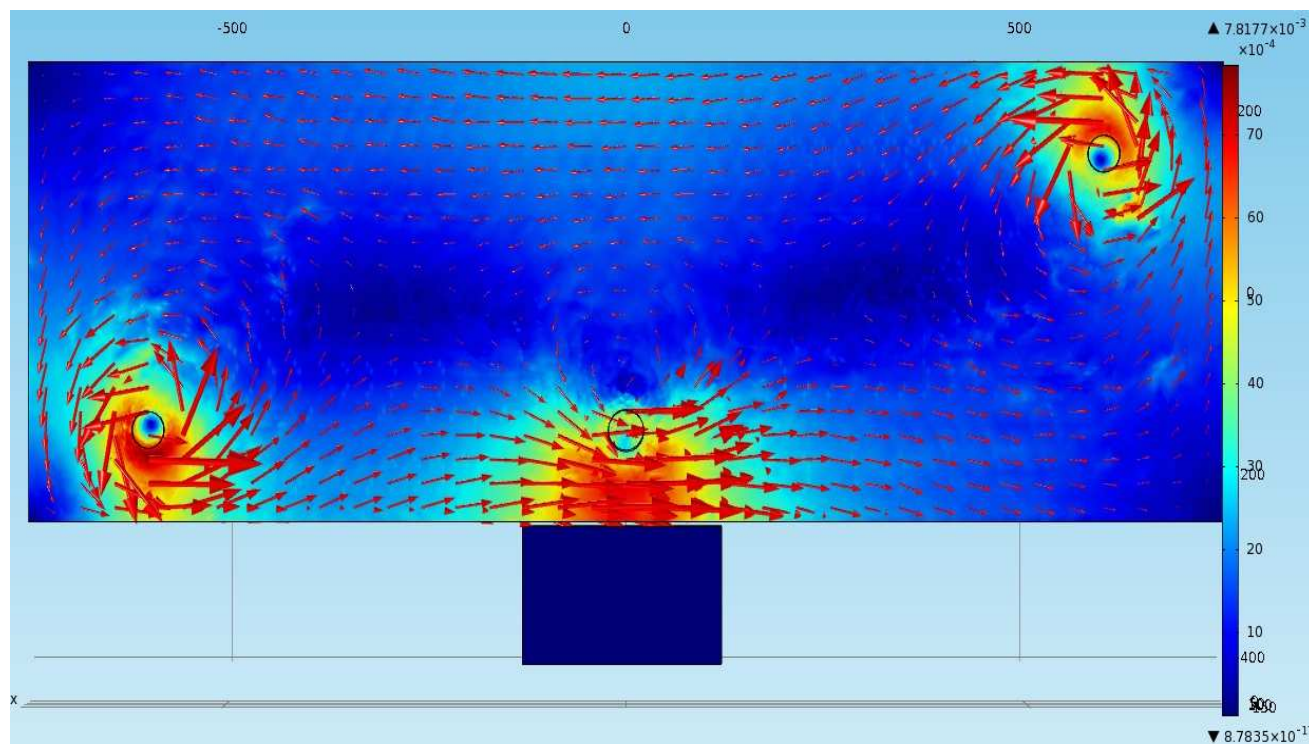


13. ábra Rosszul elhelyezett segédlemez

A lemez és a segédlemez felületének szorosan illeszkedni kell egymáshoz, különben ha már 1-2 mm légrés van a két anyag között, hiba keletkezik. A jobb kontaktus biztosítása érdekében mindkét felületnek simának és fémtisztának kell lennie.

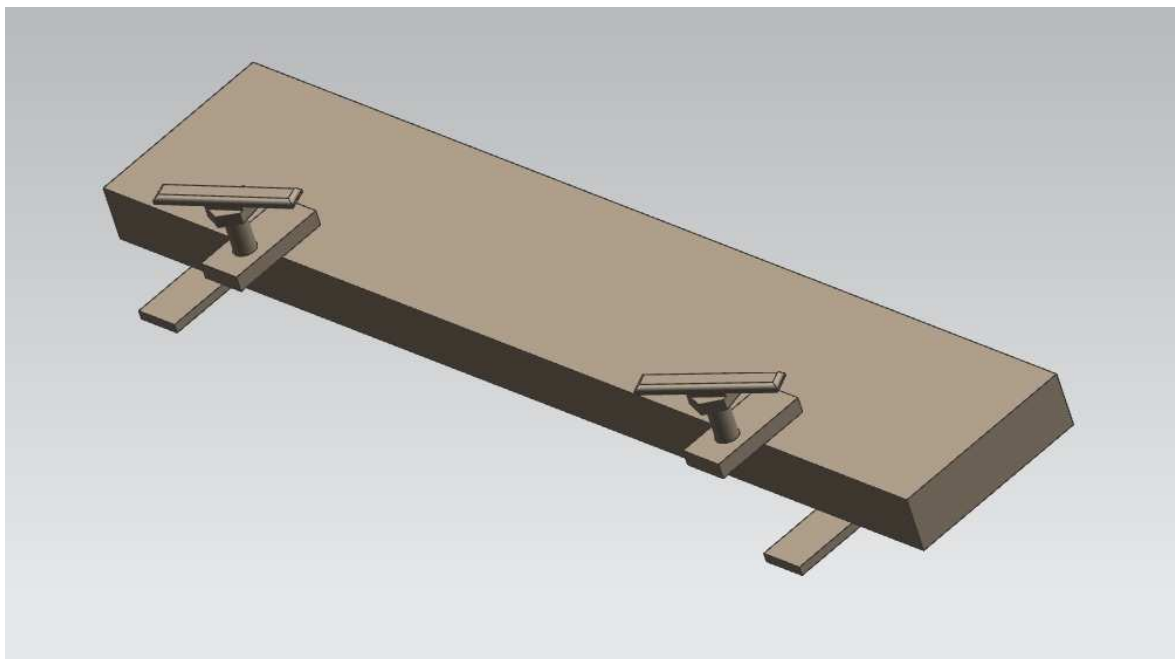
A helytelen kialakítást illetve a rossz elhelyezés következményeit jól szemlélteti a Cosmol Multiphysic 4.2 végeselemes programmal készített modellezés.

A 14. ábra a rosszul elhelyezett segédlemez által kiváltott folyamatot mutatja. A lemez két szemközti sarkában van elhelyezve a két testkábel és a segédlemez 3 mm távolságra van elhelyezve a lemeztől. Az ábrán a színek a mágneses indukció normálisa, a nyilak pedig a mágneses mező irányát mutatják. Látható, hogy a csap segédlemez felőli oldalánál a mágneses mező sűrűsége megnövekedett, aminek következtében a nagyobb mező elfújja az ívet. Ennek eredményeképpen fog kialakulni a nemzárodó gallér.

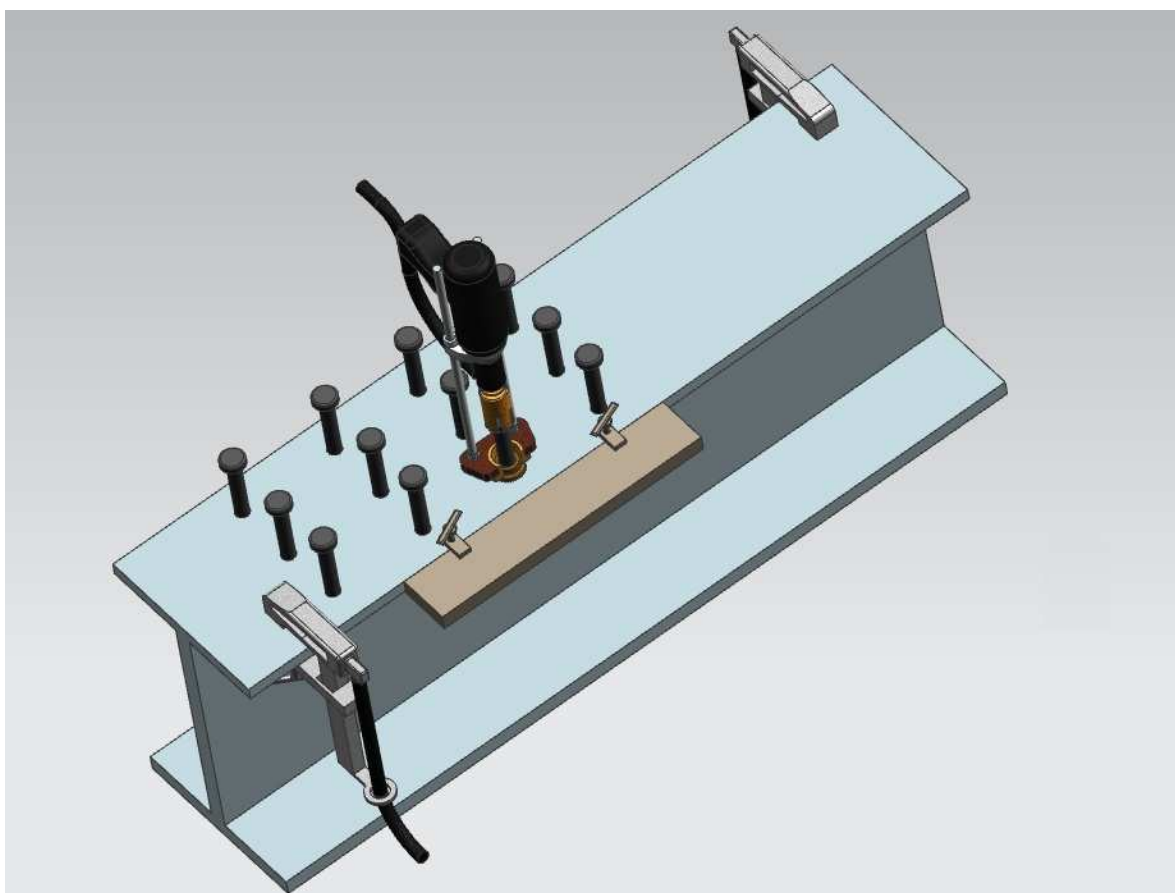


14. ábra Rossz segédlemez elhelyezés

A segédlemeznek minimum olyan vastagnak kell lennie, mint a lemez vastagsága. A hosszát a jó kezelhetőséget és a kevés áthelyezést figyelembe véve 600-800 mm –re, a szélességét pedig 60-70 mm –re célszerű választani. A megfelelő elhelyezés érdekében menetes szorítást kell alkalmazni, erre mutat példát a 15. ábra, illetve megfelelő használatát a 16. ábra szemlélteti.

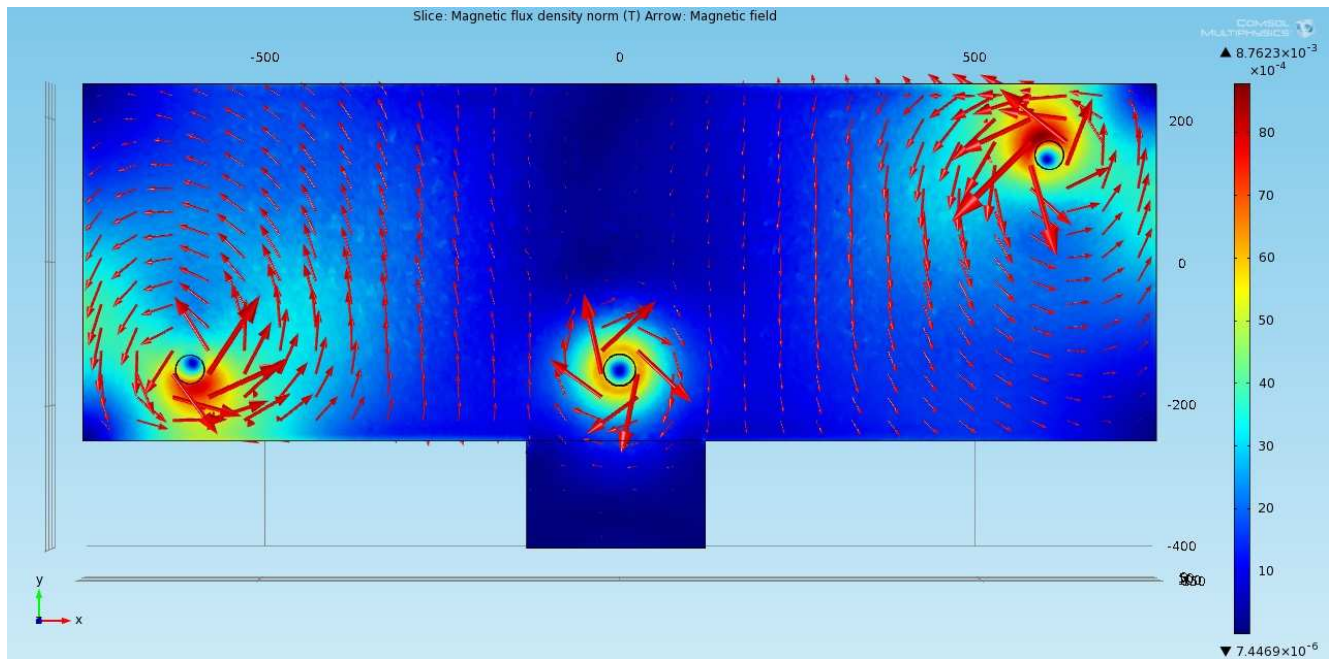


15. ábra Segédlemez megfelelő kialakítása



16. ábra Segédlemez megfelelő elhelyezése

Megfelelően kialakított és elhelyezett segédlemez esetén a 17. ábrán jól megfigyelhető a csap körül kialakuló egyenletes mágneses indukció és a megfelelő mágneses mező iránya. Aminek következtében az ívet sem fogja elfűjni a mágneses mező és ezért a gallér is megfelelő lesz.



17.ábra Megfelelő segédlemez elhelyezés

Másik hibaok a nemzárodó gallér keletkezésében, a rosszul tartott pisztolyra lehet visszavezetni. Ugyanis ha nem merőleges a pisztoly a lemezre, hanem $\sim 5^\circ - 8^\circ$ eltérés van ezáltal az egyik oldalon a csap hamarabb olvad meg, amelynek eredménye nemzárodó gallér.

Hibát idéz elő a villamos hálózat túlterhelése, amit például a csarnokban működő daruk használata okoz. Nagyobb hossztartók áthelyezése esetén (ami 25 m hosszú is lehet) több daru egyidejű rövid idejű indítgatásával történik. Ugyanis indításkor a legnagyobb a motoroknak az áramfelvétele.

Sűrűn jelentkező hiba a porozitás is, amelynek egyik oka a nem megfelelő tisztaságú lemez volt. Másik ok a nem megfelelően tárolt kerámiagyűrű, így hegesztés hatására a kerámiagyűrűben levő hidrogén a varratban porozitást okoz.

Harmadik hiba a túl vékony varrat, ami azt jelenti, hogy a csap méretéhez képest kisebb volt a varrat. Az ilyen hiba keletkezésének egyik oka, hogy a túlságosan nagy tompítási erő. Másik oka, hogy a hegesztő nem a megfelelő ütembe hegeszt, nem hagy időt a gép és a kábelek hűlésére.



18. ábra Túl vékony varrat

A következő csoportba tartoznak azok a hegesztések, amelyeknek a kötése megfelelő, de a rossz beállításból adódóan a fröcskölés túlságosan nagy mellékidőt eredményez.

Az egyik hibaok a nem megfelelő mértékű tompítás, minek következtében a túl gyorsan mozgó csap az olvadékot túlságosan szétfröcsköl a kerámiagyűrű fogainál, amit a 19. ábra mutat.



19. ábra Túlságosan szétlövellt olvadék

Második hibaok ugyancsak a gép és a kábelek túlzott melegedésére vezethető vissza, ami kezelői hibára utal. A megfelelő hegesztési ütem betartásával elkerülhető. Így közel 30-40 csap felhegesztése után a kerámiagyűrűt eltávolítjuk a hegesztett csap körül, majd a következő 30-40 csapnak a helyét bejelöljük, a szükséges kerámiákat a bejelölt helyre rakjuk. A használatban levő géppel 3 csap/min sebességgel lehet hegeszteni a legnagyobb $\phi 22$ mm csapokat.

Harmadik ok, amikor a kerámiagyűrű egyik foga le van törve és az olvadék a megtámasztás hiányában kifolyik, amit jól szemléltet a 20. ábra. A letört fogak a kerámia ridegségére és a szállítás során keletkező rázkódástól keletkezik.

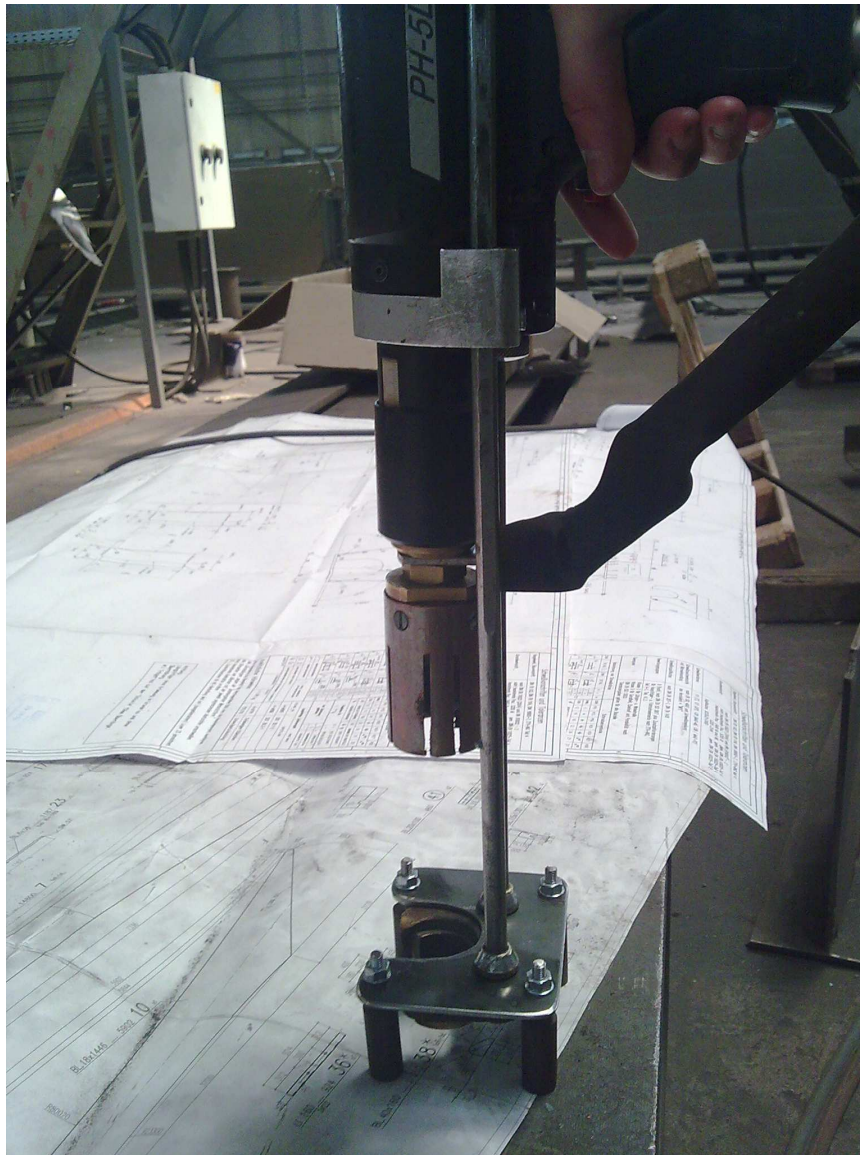


20.ábra Letört fogú kerámiával való hegesztés

5. Hibás csapfelhegesztés elkerülésére javasolt segédeszközök

5.1. Négy lábas segédeszköz alkalmazása

A korábban említett rossz pisztolytartásból adódó nemzárodó gallért ki lehet küszöbölni a 21. ábrán látható négy lábas segédeszközzel.



21.ábra Négy lábas segédeszköz

A bakelit és a statív cső közé van elhelyezve az íves lemez, amin 4db furat van és ebben vannak a talpak egy menetes szárral elhelyezve. A menetes szárat azért kell alkalmazni, hogy a hegesztéshez a pisztolyt jól be lehessen állítani.

A segédeszköznek több előnye is van. Az egyik, ha a terméknek a kialakításából adódóan pár fokos dőlése van, akkor a pisztoly végén található vízszintjelző már nem használható. Így a hegesztő nem bizonyosodhat meg a merőlegességről. Míg a négy

talp tökéletes felfekvést biztosít, bármilyen dőlésű termék esetén. Illetve a hegesztő hibájából bekövetkező dőlésváltozást is ki lehet küszöbölni.

Másik nagy előnye, hogy a mikor a hegesztés befejeződött, de még a varrat olvadék formában van, a hegesztő könnyen megmozdíthatja a csapot, ami hibás kötést eredményez, ezt akadályozza meg a négy láb.

További előnye még a kialakítása, nem akadályozza a hegesztőt a csapok egymáshoz képesti közeli felhegesztésében.

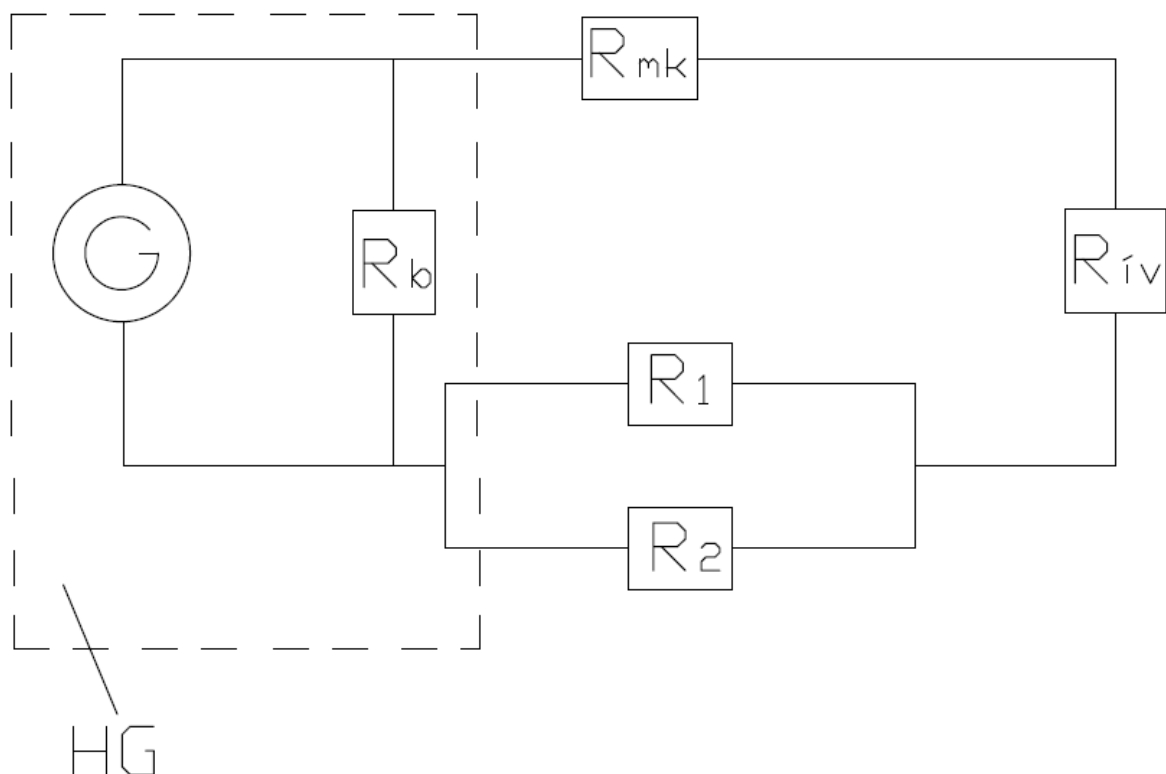
5.2 Tekercses segédkészülék alkalmazása

A hegesztési hibák csökkentését a tekercses segédkészülékkel lehet nagymértékben csökkenteni. A rézkábel egy acélgyűrűre van körbe feltekerve és az egyik oldalt kivezetve, itt kell rácsatlakoztatni a testkábelt. A pisztolyhoz ugyan úgy van csatlakoztatva, mint a négy lábas segédeszköz, viszont a menetes szárra egy-egy rugó van elhelyezve. Ami azt a célt szolgálja, hogy a hegesztőnek egy plusz erőt kelljen kifejteni, hogy a csap a lemezhez érjen és ez az erő fogja biztosítani, hogy a testet szolgáltató rézkábel megfelelően legyen hozzászorítva a lemezhez. Az acélgyűrűre feltekert rézkábel azért célszerűbb alkalmazni egy rézgyűrűvel szemben, mert a kábelt felépítő vékony szálak nagyobb felülettel érintkeznek a lemezzel. A melegedés kedvezőtlen hatásaitól nem kell tartani, mert a hegesztés rövid ideig tart, illetve, a hegesztett csap is távol van, hogy a tekercs felmelegedjen. A segédkészülék kialakítását a 22. ábra szemlélteti.



22. ábra Tekercses segédkészülék

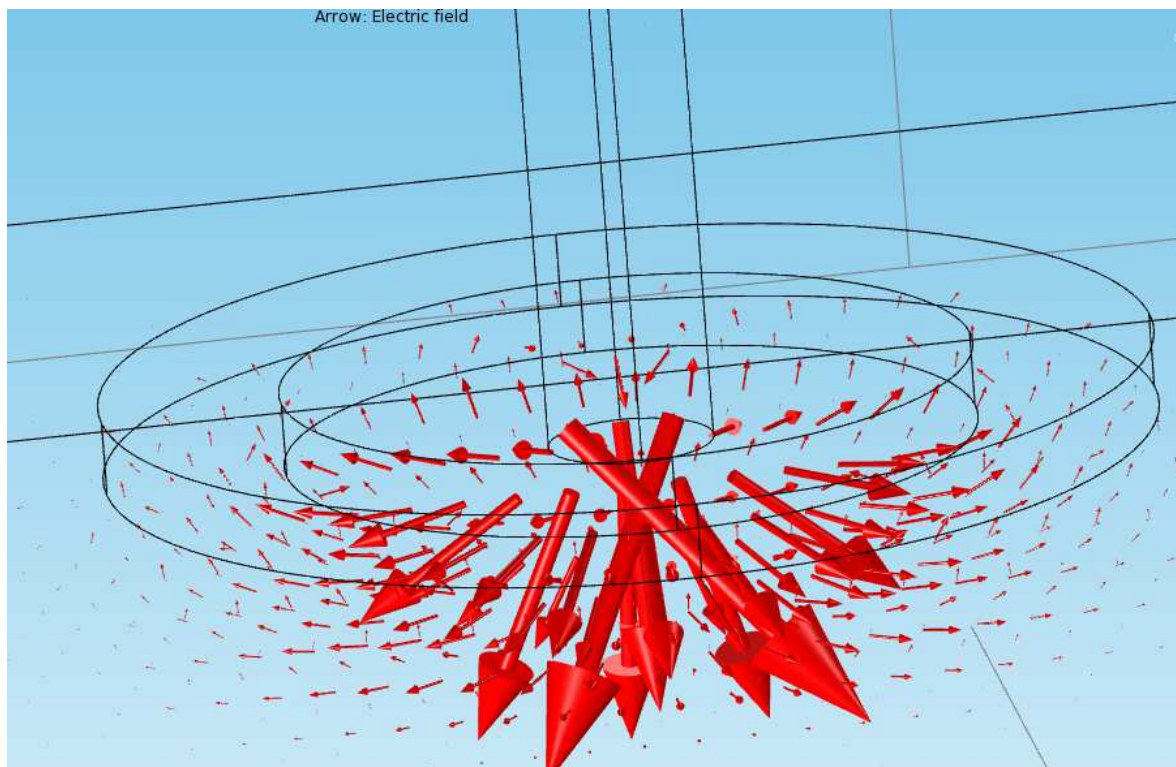
A készülék nagy előnye, hogy kialakításából kifolyólag a merőleges felfekvést biztosítja a körbetekert fémgyűrű, illetve másik nagy előnye, hogy nem kell segédlemez alkalmazni a lemez szélén és a termék geometriája sem befolyásolja a kötés megfelelőségét. A megfelelőség magyarázatát a hegesztés kapcsolási rajzával lehet jól bemutatni, amit a 23. ábra szemlélteti.



23. ábra Csaphegesztés kapcsolási rajza

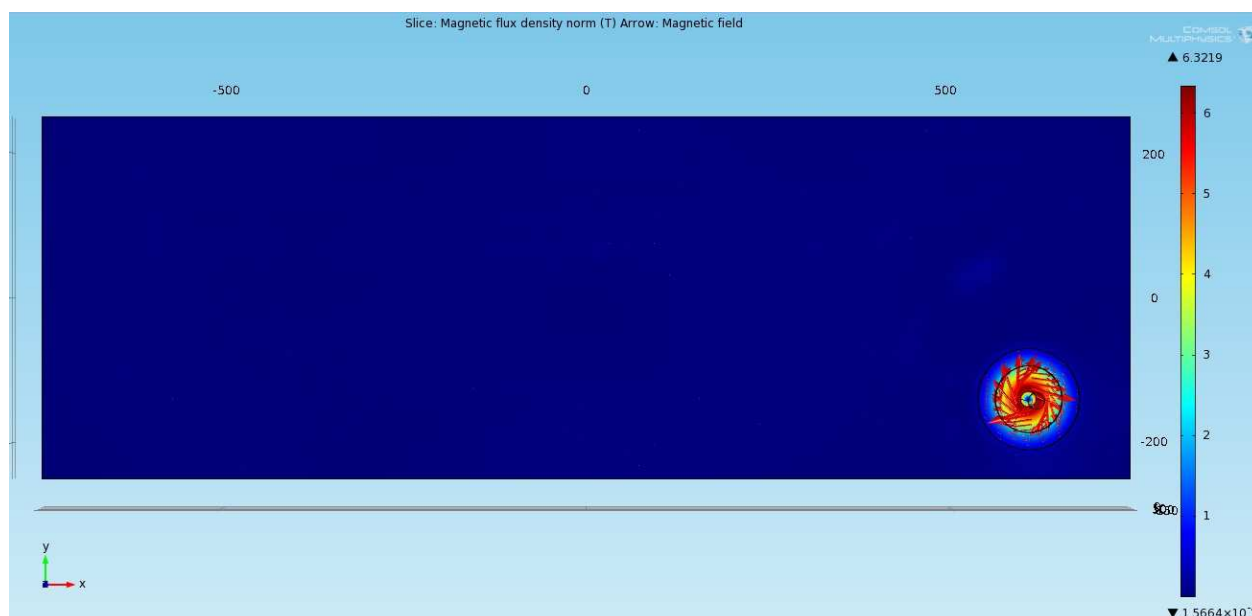
A kapcsolat szaggatott vonalon belüli területe a hegesztőgép (HG), ami egy G-generátor és R_b belső ellenállásból áll. Az R_{mk} a hegesztőgép munkakábel ellenállása, R_{iv} a keletkező ív ellenállása, az R_1 és R_2 ellenállások egyenként a két testkábel ellenállása és a testkábel és ív közötti anyag ellenállása. A munkakábel ellenállását állandónak lehet tekinteni, az ív ellenállása a pisztoly elemelés nagyságának függvényében változik. Az R_1 és R_2 ellenállás minden egyes hegesztésnél változik, mert mindig másik helyen hegesztenek. Ha az egyik testkábelhez közelebb hegesztünk, nem figyelünk a szimmetriára, akkor ív fúvó hatás lép fel. Ugyanis $R_1 > R_2$ és ebből kifolyólag $I_1 < I_2$, tehát a második testkábelen fog több áram folyni és ezért fog kialakulni az ívfúvó hatás.

Viszont a segédkészülék alakjának következtében az áram mindig azonos távolságban fog folyni. Tehát az R_1 és R_2 ellenállásokat egyetlen ellenállásnak tekinthető, ami minden esetben azonos nagyságú. Ezt a feltevést a kísérleti hegesztések is alátámasztják, illetve a végeleemes modellezés is, amit a 24. ábra jól szemléltet. A piros nyilak az elektromos mező útját mutatják. Látható, hogy a csapból indulnak és egyenletesen tartanak körgyűrűbe.

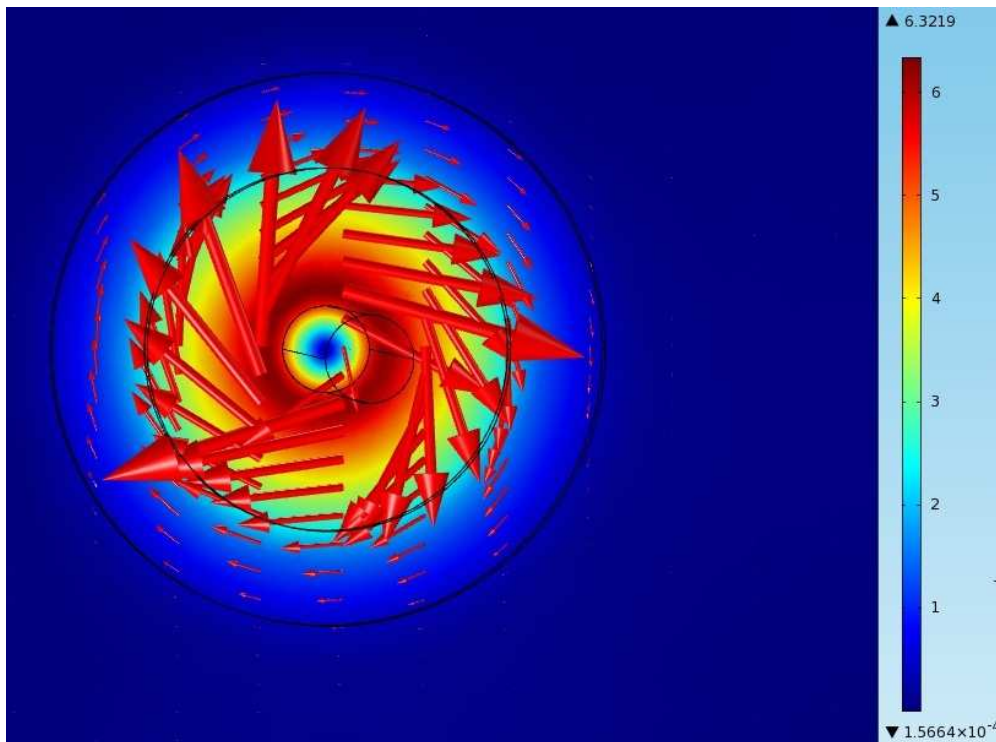


24. ábra Elektromos mező

A 25. ábra és ennek a kinagyított részlete, a 26. ábra is jól szemlélteti a készülék megfelelő működését. Látható az ábrákon, hogy a nyíllal ábrázolt mágneses mező is a csapból kiindulva egyenletesen oszlik el, illetve a színnel jelölt mágneses mező indukció normálisa is körkörösén helyezkedik el.



25. ábra Mágneses mező indukció normálisa és a mágneses mező ábrázolása

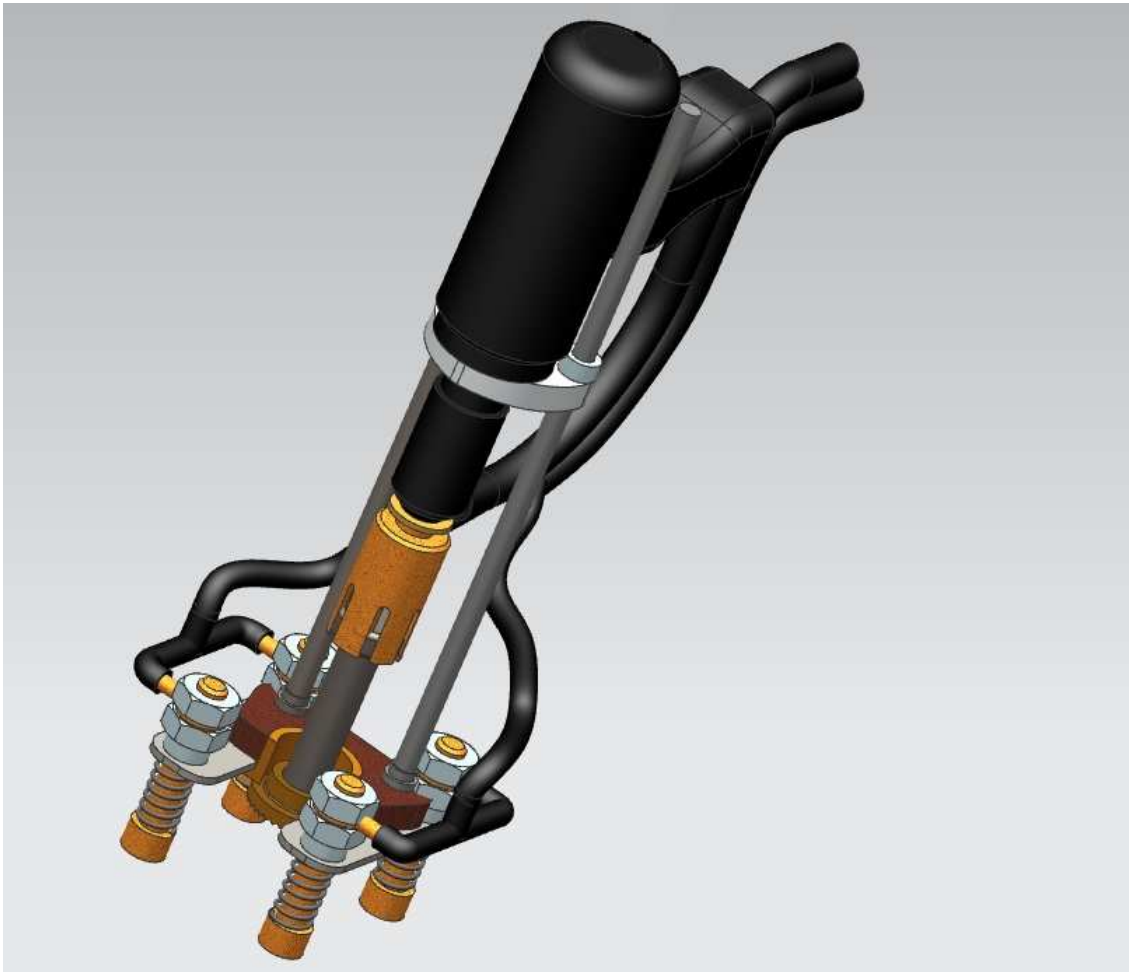


26. ábra Részlet a mágneses mező indukció normálisa és mágneses mező ábrázolásáról

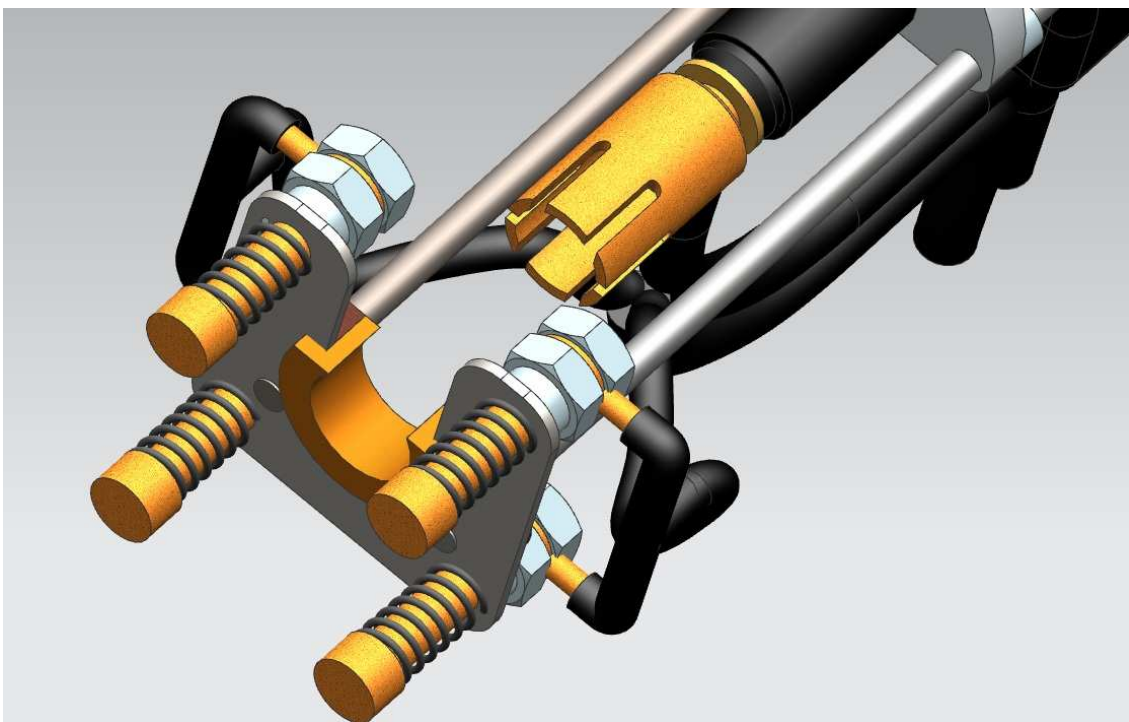
A készülék több előnye mellett van egy nagy hátránya, ami miatt az iparban való használata túl körülményes. A gyűrű megakadályozza a csap könnyed behelyezését a csaptartóba, ami jelentős mellékidőt eredményez. Másik hátránya, hogy kialakítás szempontjából túlságosan nagy a közeli csapok felhegesztése esetén.

5.3. A módosított négy rézlábas segédkészülék

Az előző két készülék megfelelő működésére alapozva, egy továbbfejlesztett változat a négylábas segédkészülék. A készülék konstrukciós kialakításából kifolyólag a csapot könnyedén be lehet helyezni, mint a négy lábas segédeszköznél. A mérete is kisebb, mint a tekercses segédkészüléknek és így a közeli csapokat is fel lehet hegeszteni. Ezt a készüléket a szakmai gyakorlatom folyamán már nem volt lehetőségem megépíteni és kipróbálni, de a 3d-s modellek be lehet bizonyítani a megfelelő működését. A 27. ábra a segédkészülék pisztolyon való elhelyezését mutatja be, a 28. ábrán pedig a készülék közelebbi képe látható.



27. ábra Négy rézlábas segédkészülék pisztolyra szerelve

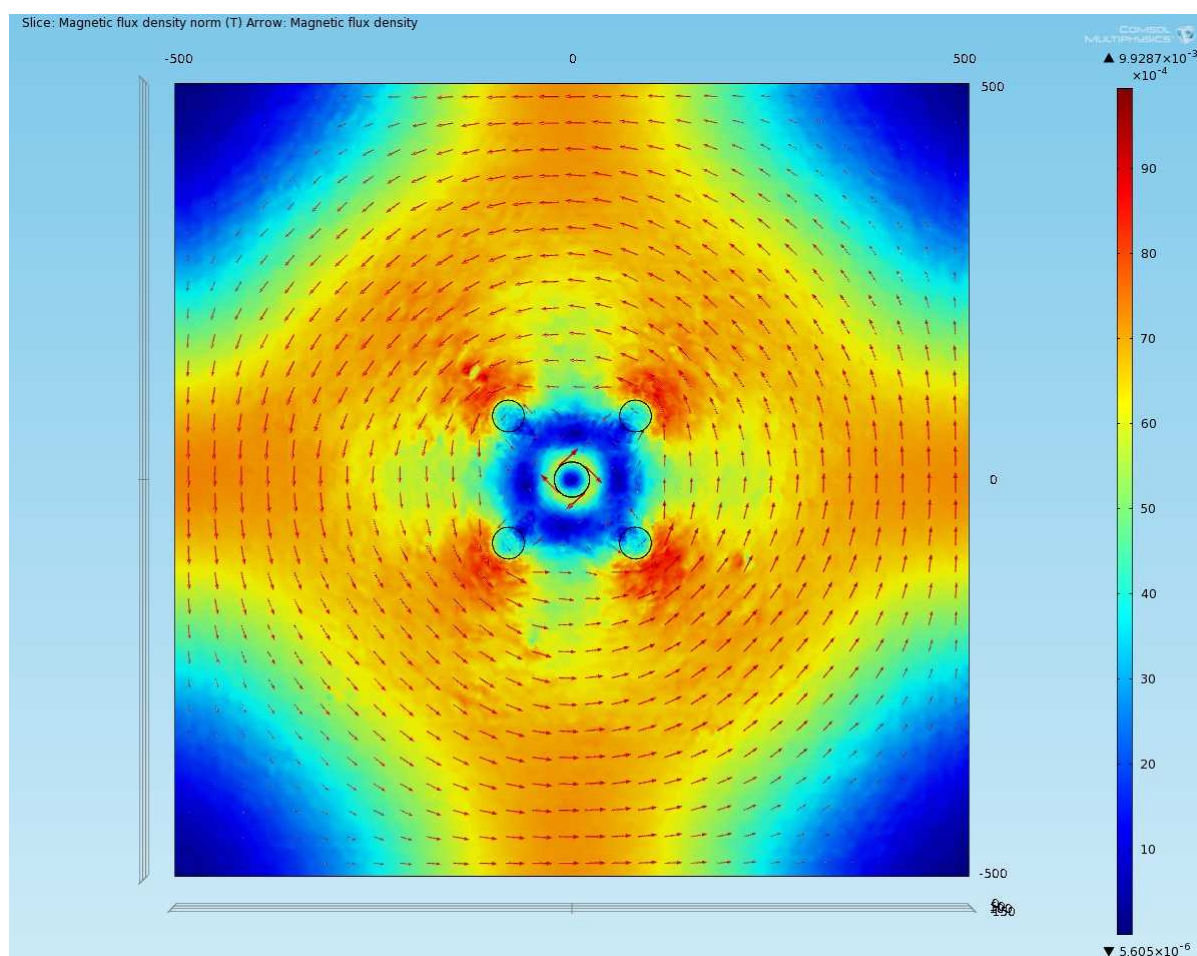


28. ábra Négy rézlábas segédkészülék

A segédkészülék négy láb elhelyezése és megfelelő mérete nagyon fontos. Az érintkező felületnek legalább olyan nagynak kell lenni, mint a négy testkábelnek az érintkező felülete. Ezzel le lehet kerülni a talpak felmelegedését. Ellenkező esetben a felmelegedett talpak ellenállása megnő és a többi talpon több áram fog folyni, minek következtében kialakul az ívfúvó hatás.

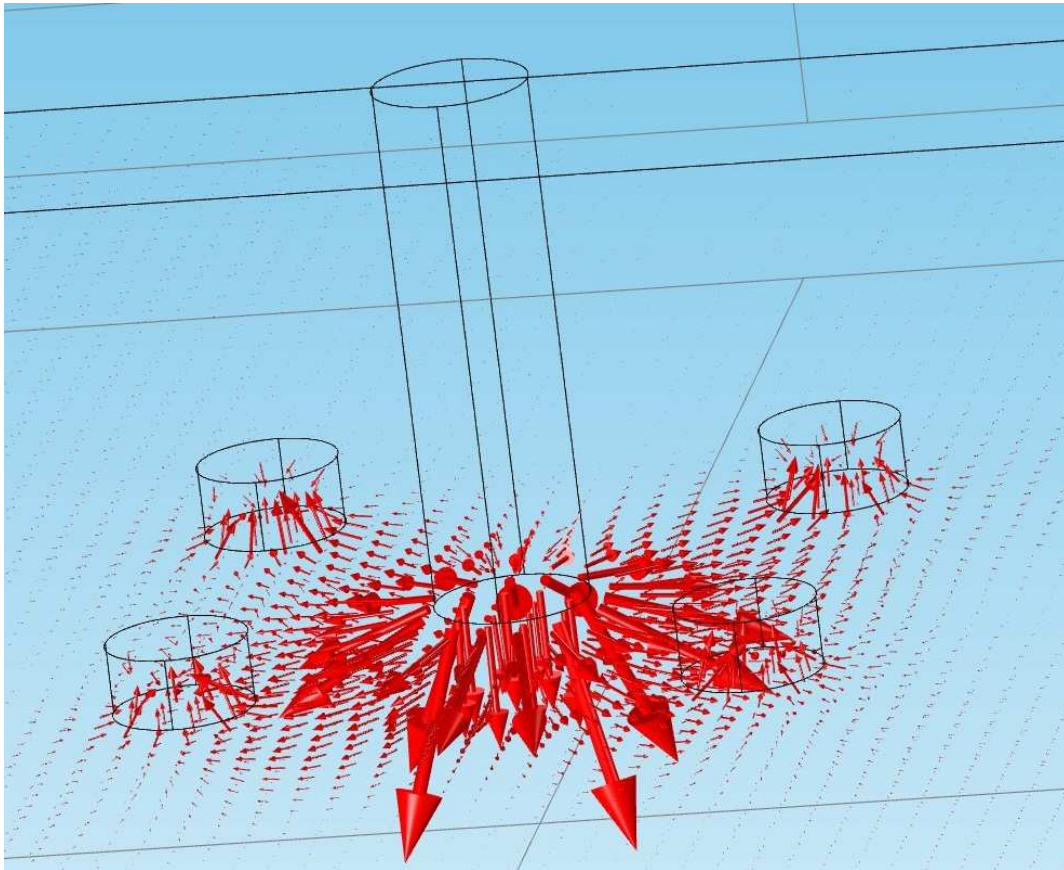
Mindegyik talp köré rá van téve egy-egy rugó, aminek az előnye, hogy a megfelelő kontaktust biztosítsa a lemez és a réz talpak között.

A talpak úgy vannak elhelyezve, hogy a csaptól egyenlő távolságra legyen. Ennek köszönhetően mágneses mező is szabályosan fog kialakulni, amit a 29. ábra jó szemléltet.



29. ábra Mágneses indukció normálisa és mágneses mező 4 rézlábás segédkészülék alkalmazásakor

Látható, hogy a csap körül a mágneses indukció egyenletesen alakult ki. Illetve a készülék megfelelő kialakítását az is bizonyítja, hogy a mágneses mezőt ábrázoló nyilak iránya megváltozik. Ennek fizikai magyarázatát a jobbkéz-szabállyal lehet magyarázni. Az elektromos mezőt szemléletesen ábrázolja a 30. ábra.



30. ábra Elektromos mező

A csapból kilépő áram iránya lefelé mutat és az általa keltett mágneses indukcióvonalak az óramutató járásával megegyező irányba mutatnak. Míg a négy rézlábnál az áram függőlegesen felfelé mutat, aminek következtében az indukcióvonalak iránya is ellentétesére változik. Az ábrából azt is lehet látni, hogy az áram csak rézlábakon belüli területen folyik.

6. Összefoglalás

A dolgozat első felében bemutatására került a csaphegesztési eljárásváltozatok. A csaphegesztés előnyei a gyártás folyamán, illetve főbb alkalmazási területeinek bemutatása. A két nagy csaphegesztési csoport közül először bemutatásra került az ívhúzásos csaphegesztés, illetve ezen a csoporton belül az ívhúzásos csaphegesztés kerámiagyűrűvel. Ez az eljárásváltozat azért került részletesebb bemutatásra, mert a szakmai gyakorlatom folyamán ezzel az eljárással foglalkoztam az MCE Nyíregyháza Kft-nél. Majd bemutatásra került a másik nagy csoport, a kondenzátor kisütéses ívhúzásos csaphegesztés.

A csaphegesztés minőségét befolyásoló tényezőkkel ismertetésével foglalkoztam a harmadik pontban. Illetve a kötéssel szemben támasztott előírások részleteztem.

Következő pontban az előforduló hibákra, eltérésekre tértem ki. Először a berendezést ismertettem, majd a hozzácsatlakoztatott hegesztőpisztolyt felépítését, működését. Majd részletesebben kitértem a gyakorlatom folyamán feltárt hibákra. A keletkező hibák bemutatása mellett, a hibák keletkezésének okai és lehetséges kiküszöbölését is részleteztem. A hegesztés folyamán lezajló fizikai jelenségeket a Cosmol Multiphysic 4.2 végeselemes programmal támasztottam alá.

Utolsó pontban az általam kitalált segédeszközöket részletezem. Először a négylábas segédeszköz kialakítását, előnyeit ismertetem. Majd a továbbfejlesztett változatát, a tekercses segédkészüléket. Ami szintén működött a gyakorlatban, azonban az iparban nem lehet alkalmazni, a nagy mellékidő miatt. Ezért egy harmadik segédkészüléket találtam ki, ami az előző két készülék előnyeit hordozza. Azonban a gyakorlatom folyamán nem volt módom ezt a készüléket elkészíteni illetve működésének helyességét bebizonyítani. Viszont a működés helyességét a végeselemes program alátámasztja.

7. Köszönetnyilvánítás

A dolgozatban ismertetett kutatómunka a TÁMOP-4.2.1.B-10/2/KONV-2010-0001 jelű projekt részeként – az Új Magyarország Fejlesztési Terv keretében – az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.

További köszönet illeti az MCE Nyíregyháza Kft. dolgozóit, hogy szakmai gyakorlatom folyamán segítőkészek voltak. Külön ki szeretném emelni Viszlai Zsolt hegesztő szakmérnököt, aki sokat segített a dolgozat létrejöttében.

8. Irodalomjegyzék

- [1] Gáti József: Hegesztési zsebkönyv COKOM Mérnökiroda KFT, Miskolc 2003 második átdolgozott kiadás, ISBN 963 210 742 X.
- [2] Hegesztés és rokon technológiák, Kézikönyv, szerk.: Szunyogh L., GTE, Budapest 2007 ISBN 978 963 420 910 2.
- [3] Székely Zoltán: Csaphegesztés, a villámgyors kötéstechika, Hegesztéstechika, 2002. (13. évf.) 3. sz. 23-26. old.
- [4] MSZ EN ISO 14555:1999.
- [5] MCE Nyíregyháza Kft belső anyaga
- [6] Soyer gépkönyv, <http://soyer.hu/termek/bmh-22i>