MAGYAR HEGESZTÉSI EGYESÜLET

HUNGARIAN WELDING SOCIETY

MAHEG MESTERKURZUS

Korszerű ívhegesztő áramforrások

II. rész

A hegesztőív

Dunaújváros,

2022. Szeptember 15.

H-1034 Budapest, Bécsi út 96/b
info@maheg.hu; www.maheg.hu

MAGYAR HEGESZTÉSI EGYESÜLET

MAHEG mesterkurzusok

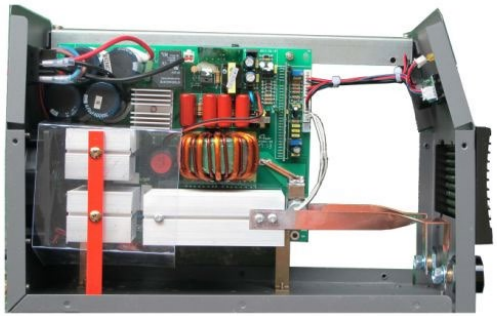
HUNGARIAN WELDING SOCIETY

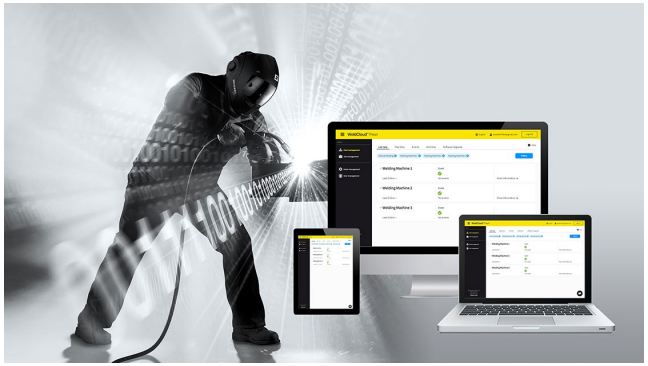
Dr. Rittinger János
MAHEG alapító

H-1034 Budapest, Bécsi út 96/b
info@maheg.hu; www.maheg.hu

Korszerű ívhegesztés

I. A korszerű áramforrások felépítése





II. A hegesztőív

9:00 – A hegesztőív szerepe a varratképzésben [**Kristóf Csaba** – MAHEG]

9:30 – Teljesítménymodulációs hegesztés – alapok és lehetőségek [**Török Máté** – Gedia Kft.]

10:20 – A teljesítménymoduláció (hullámalak-vezérlés) és a varratképzés [**Dr. Gyura László**, Linde Gáz Magyarország Zrt.]

10:50 – Teljesítménymodulációs hegesztés hőforrásmodellje [**Dr. Kollár Dénes** – BME Acélszerkezet és Hidak tanszék]

11:20 – Bejelentett hozzászólás [**Nagy Ferenc** – Rehm Hegesztéstechnika Kft]

11:30 – Büfé

12:00 – 16:00 Bemutatók, konzultáció

Linde Gáz Magyarország Zrt., Messer Hungarogáz Kft., Rehm Hegesztéstechnika Kft., Rechnen Hegesztőgáz Kft.

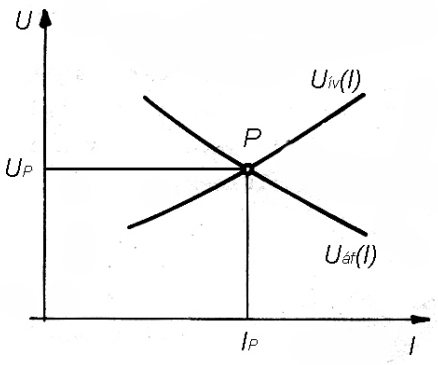
Bevezetés

Hagyományos áramforrások

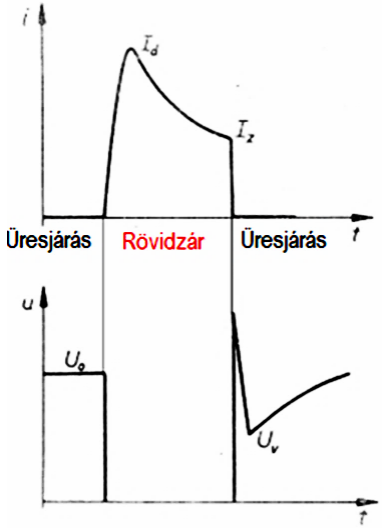
statikus és dinamikus tulajdonságai meghatározzák a hegesztőív tulajdonságait (a hegesztési tulajdonságait).

A hegesztőív az áramforrás jellegzetes terhelése → a „stabil munkapont” követelménye: az áramforrás megfelelő

- statikus jelleggörbéje és
- dinamikus viselkedése.



A munkapont statikus stabilitásának feltétele



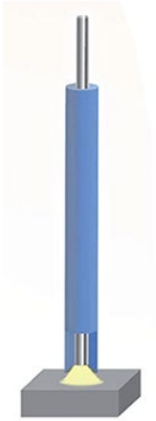
Az áramforrás dinamikája (Ü-R-Ü jelleggörbe)

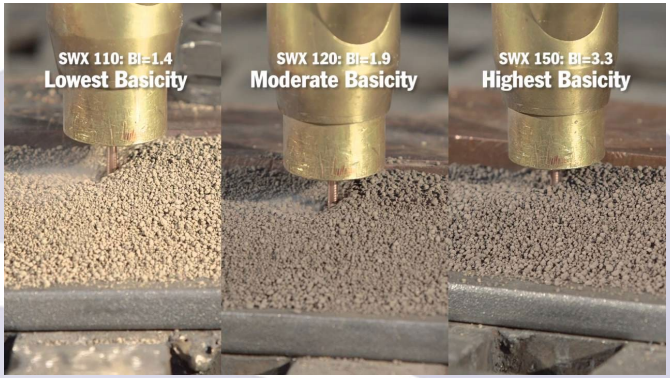
Bevezetés

Hagyományos áramforrások

A hegesztési tulajdonságait hatékonyan lehet befolyásolni

– az **elektróda bevonatának**, a **védőgáz összetételének**, a **fedőpor típusának,**



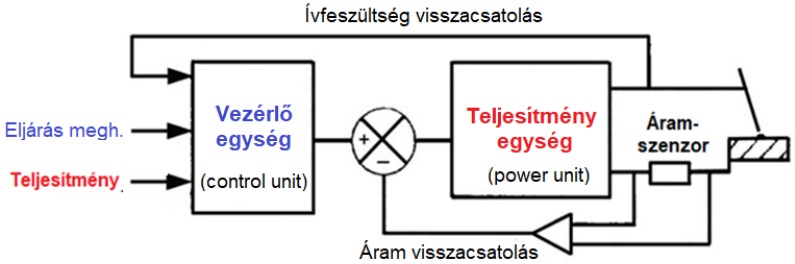


– az **áramnem** (AC, DC),

– a **polaritás** (EN, EP) megválasztásával.

Bevezetés

Elektronikus áramforrások



Az ún. teljesítménymodulációval, vagy hullámalak-vezérléssel lehetséges

- az ívgyújtás folyamatának,
- (különösen MIG/MAG-eljárásokhoz) az anyagátvitel és
- az ív oszlop tulajdonságainak, valamint
- az ív teljesítményének az elektróda leolvasztás és a hegfürdő hevítése közötti megosztásának

célszerű módosítása.

Ívfizikai alapok

A hegesztőív komplex leírása

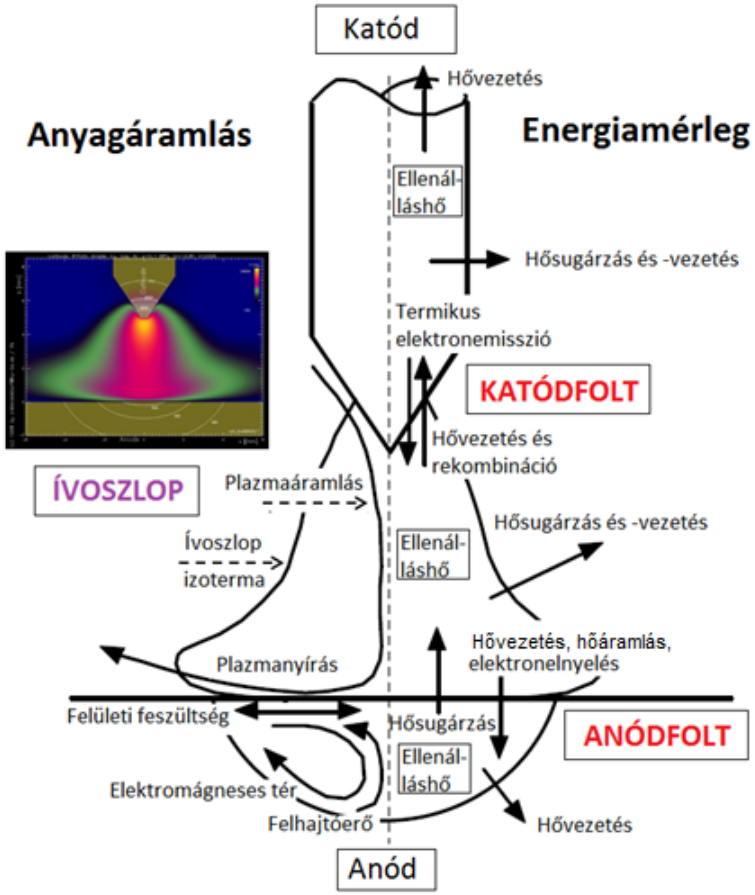
A hegesztőív

- az energiamérleg

és

- az anyagáramlás

elemzésével jellemezhető.

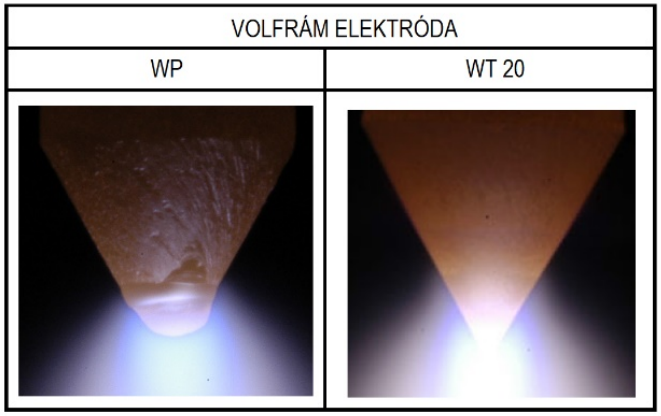


Ívfizikai alapok

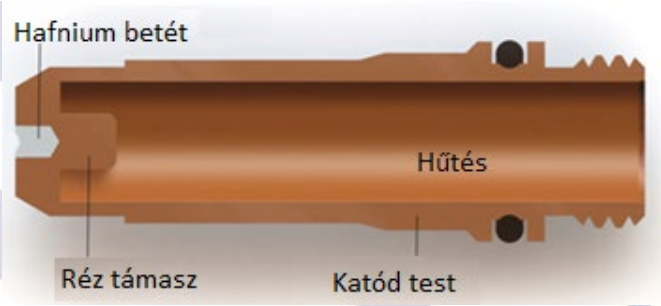
Termikus (izzókatódos) **emisszió**

Az emisszióhoz szükséges kilépési munkát döntően a nagy hőmérsékletű elektronok mozgási energiája fedezi.

- Csak nagy olvadási hőmérsékletű fém elektródán tartható fenn (jellemzően volfrám, célszerű fémoxid adagolással), a katódfolt stabilitását az elektróda megfelelő alakra köszörülésével érjük el.



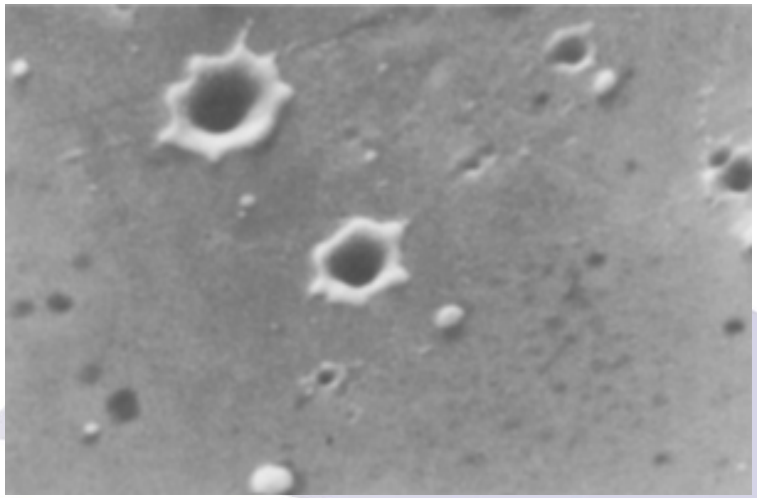
- Plazmaíves alkalmazásokban (hűtött) tiszta réz, CuZr ötvözet, nagy áramsűrűségekhez hafnium (Hf) betéttel.



Ívfizikai alapok

Tér (hideg katódos) **emisszió**

- a **fémgőz típusú** (*vapour type*), amely fémtiszta felületen képződik;
- az **alagút típusú** (*tunelling type*), amely a vékony oxidréteget (kisebb mint 10 nm) tartalmazó fémen képződik;
- az **ugráló típusú** (*switching type*), amely vastagabb oxidréteg mellett alakul ki.

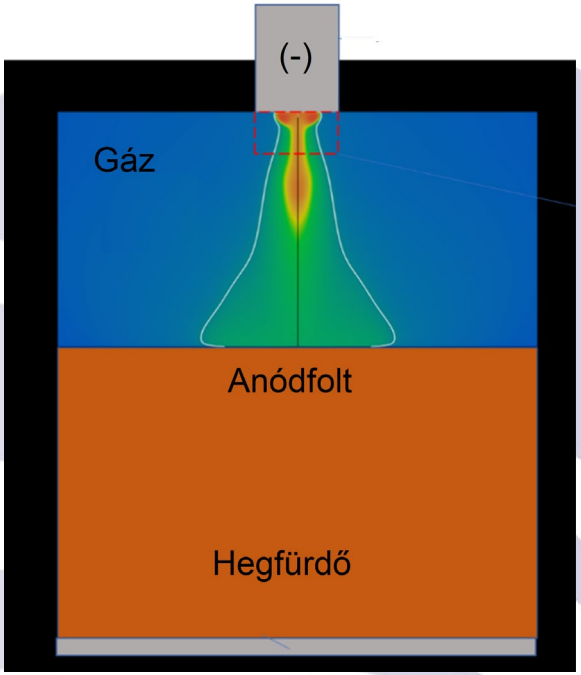


Szerkezeti acél katód 2,5 nm oxidréteggel. 30 ns időtartamú, 4,5 A-os ív okozta sérülések a felületen. 3000 x nagyítás. [*]

Ívfizikai alapok

Az anód

- Kiterjedése az ívoszlop hőmérséklet-eloszlásához igazodik
- Kisebb áramsűrűségnél hajlamos letapadni



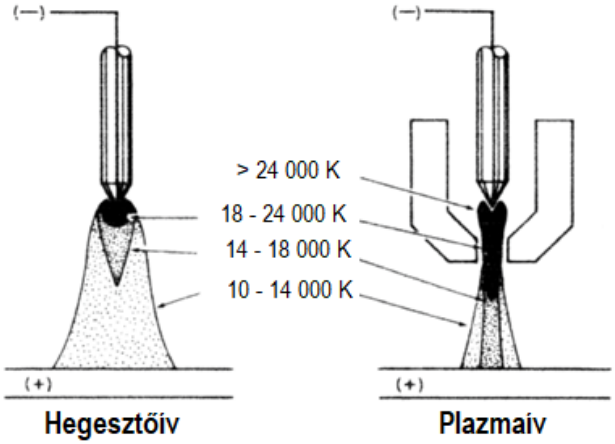
Ívfizikai alapok

Az ívoszlop

Természetes stabilizálású, kontrahált plazma, jellegzetes hőmérsékleteloszlással, amit

- nagy csúcshőmérséklet (10… 24 000 K) és
- meredek hőmérsékletcsökkenés jellemez a határréteg felé (koncentrált hőforrás).

Mesterségesen stabilizált ív a plazmaív.

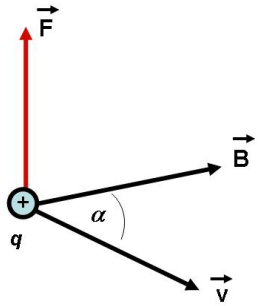


Ívfizikai alapok

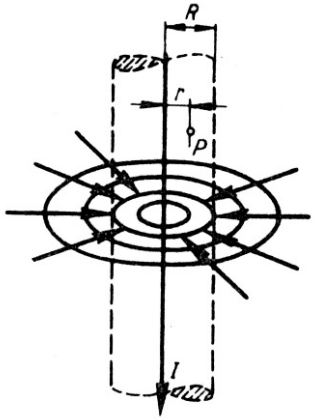
A *Maecker*-hatás

Lorentz-féle erőhatás az ívoszlop stabilizálásának alapja

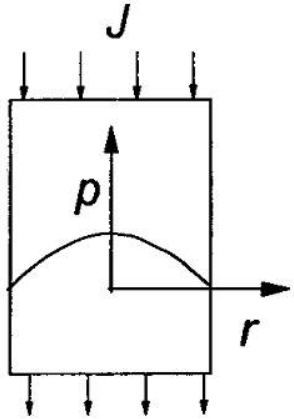
$$F = QvB \sin \alpha$$



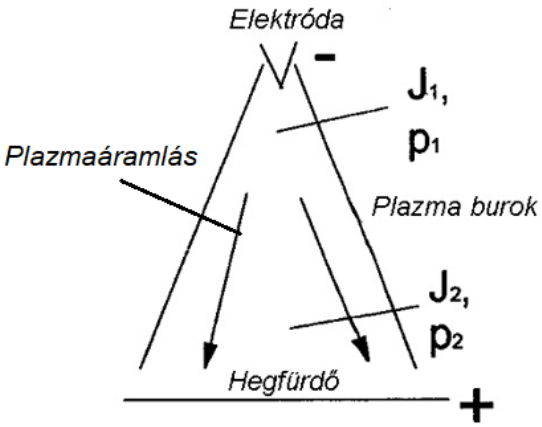
Az ívoszlopban a Lorentz erővel egyensúlyt tartó belső nyomás (*p*) és eloszlása.



a) az ívoszlop tengelyére merőleges erőhatás



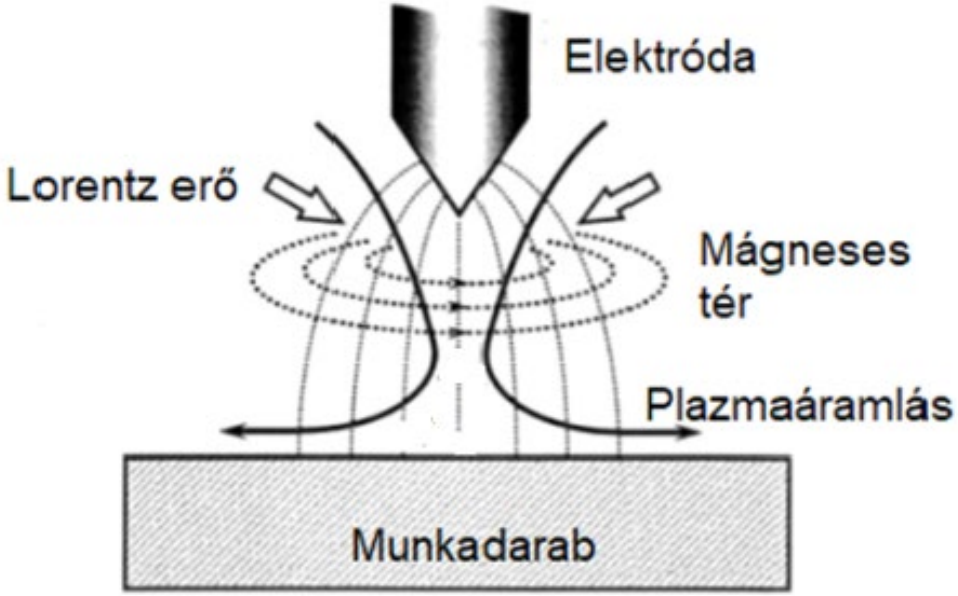
b) az ívplazma belső nyomása a sugár mentén



A plazmaáramlás oka:
az ívoszlop belső nyomás-különbsége ($p_1 >> p_2$) az átmérőnövekedés miatt

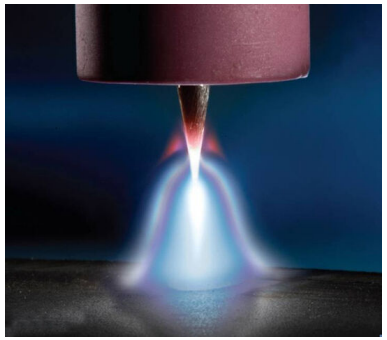
Ívfizikai alapok

Anyagáramlás az ívoszlopban



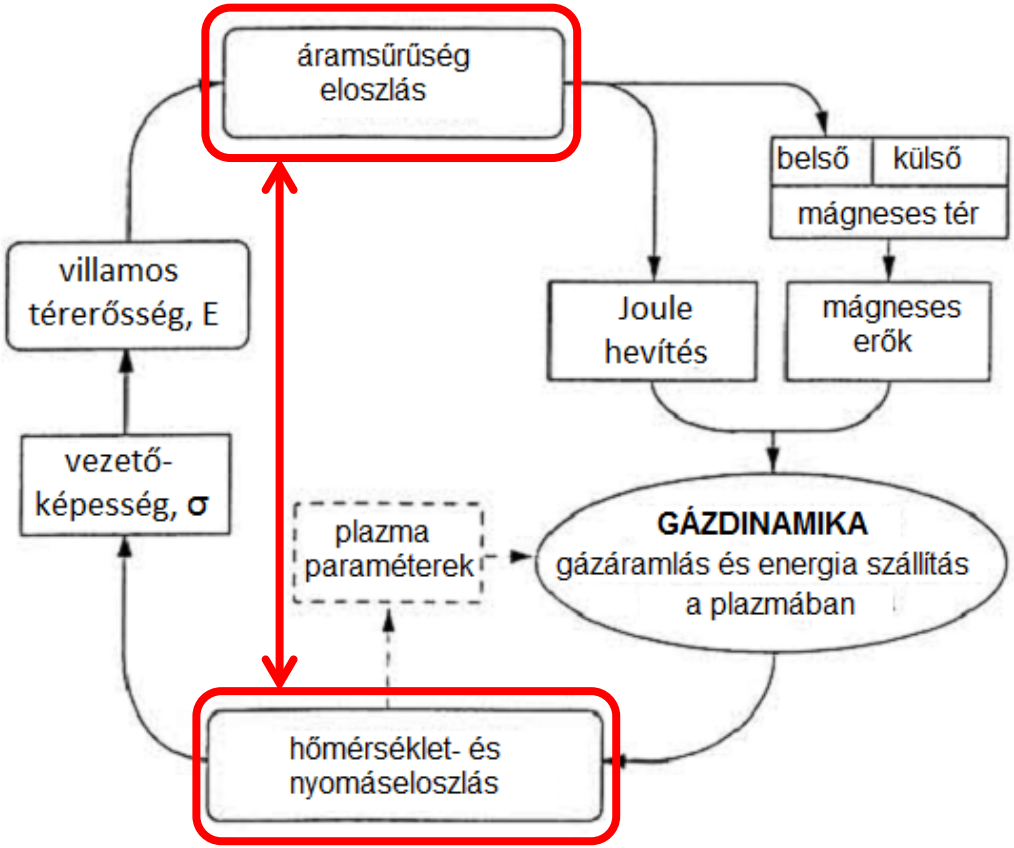
Ívfizikai alapok

Gázdinamikai egyensúly



Az áramsűrűség és jellegzetes eloszlásának és az ívoszlop hőmérséklet- és nyomáseloszlásának kölcsönhatása határozza meg a hegesztőív fontos tulajdonságait:

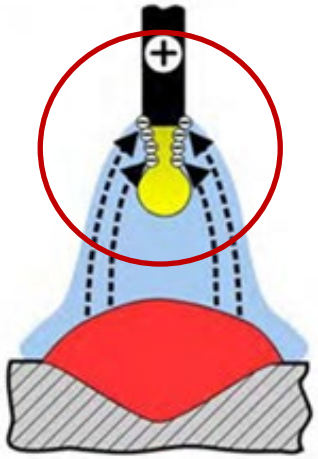
- *a koncentrációját,*
- *a plazmaáramlás jellemzőit,*
- *a hőátadás módját.*



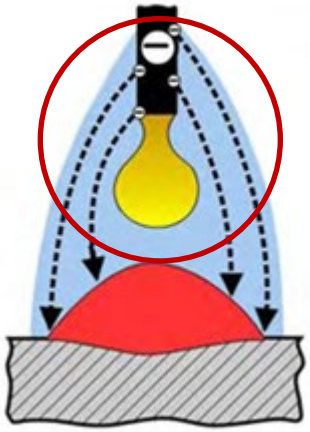
Az elektróda polaritása

Huzalelektróda

– **Fordított polaritás (DCEP)**: az anódfolt az áramvezetéshez szükséges felületre koncentrálódik.



– **Egyenes polaritás (DCEN)**: a katódfolt (a téremisszióra jellemzően) *nagy felületen*, a még meg sem olvadt huzalelektródára is kiterjed; a nagy vezetési keresztmetszet miatt *kis áramsűrűség* miatt gyér pinch-hatás a cseppleváláshoz.

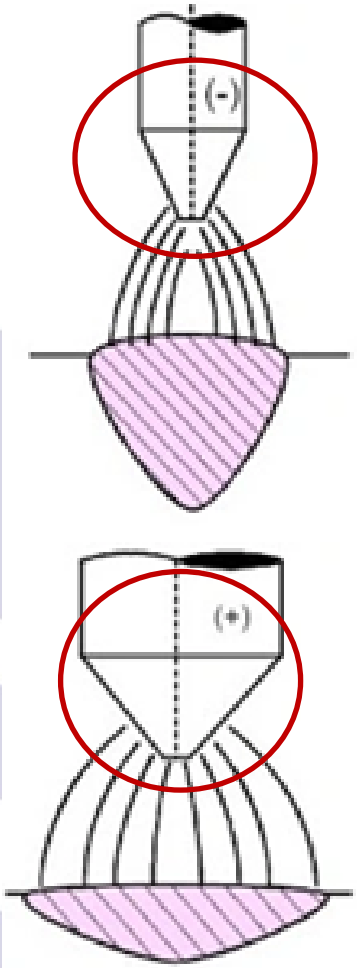


Az elektróda polaritása

Volfrámelektróda

– **Egyenes polaritás (DCEN)** mellett az elektróda izzó katódként viselkedik, az *ívstabilitás érdekében kúposra kell köszörülni*.

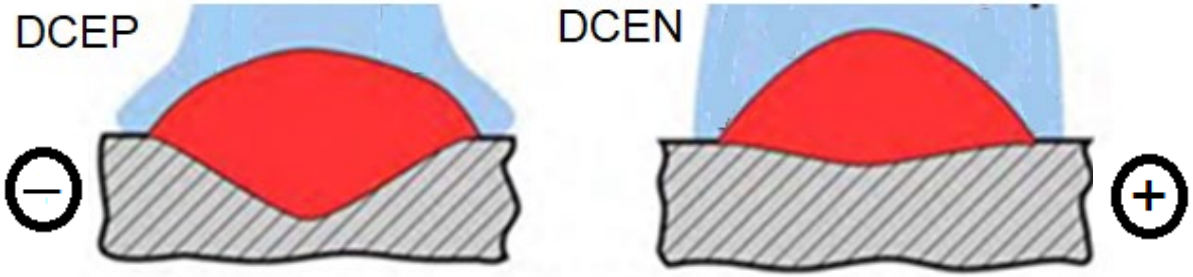
– **Fordított polaritás (DCEP)** mellett nagyjából kétszeresére nő az elektróda hőterhelése; nagyobb átmérőjű (esetleg hűtött) elektródát kell használni.



A hegfürdő polaritása

MIG/MAG-hegesztés

- **Fordított polaritás (DCEP)**: a hegfürdőn – az ívoszlop intenzív hőátadása mellett – nagy hőmérsékletű felületen eloszló katódfolt a téremisszió miatti nagy katódteljesítményével fokozza a hegfürdő hevítését.

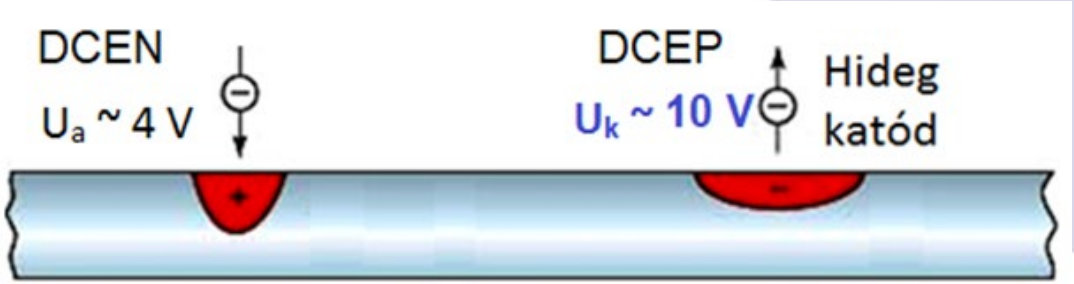


- **Egyenes polaritás (DCEN)**: a hegfürdőre eső anódövezet lényegesen kisebb teljesítménye miatt jelentősen csökken a hegfürdőt hevítő összteljesítmény, ami sekély beolvadású hegfürdőt eredményez.

A hegfürdő polaritása

TIG-hegesztés

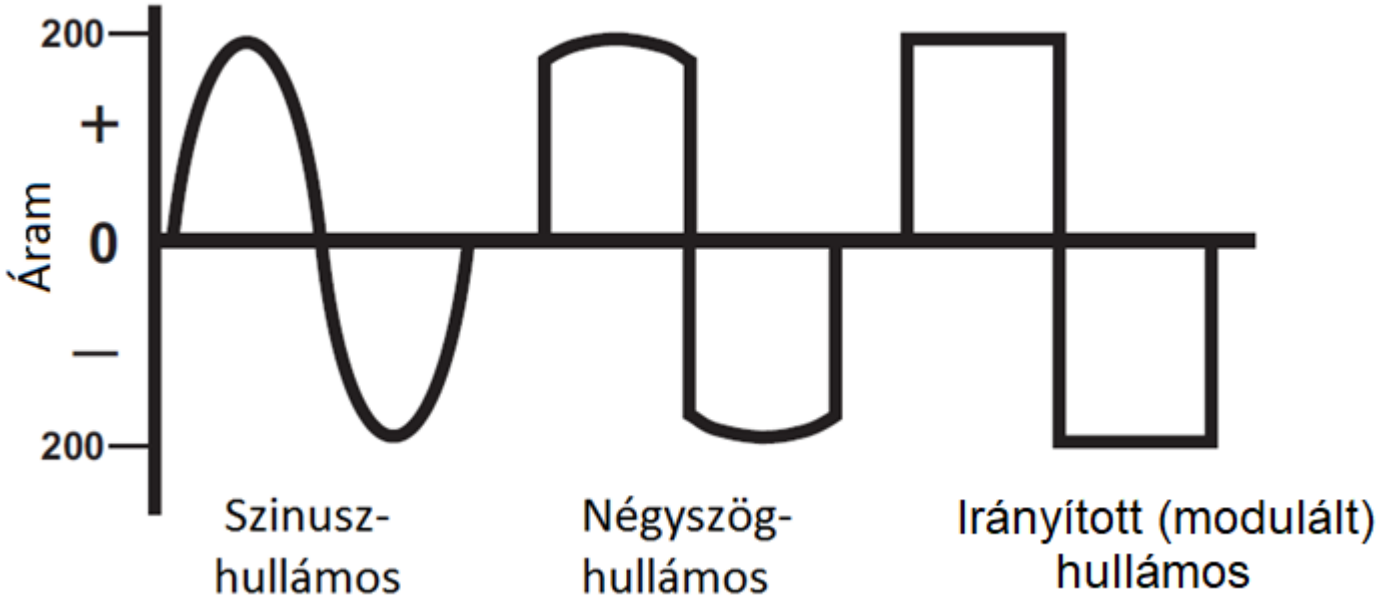
– **Egyenes polaritás (EN)**: az ív hőmérsékleteloszlásához igazodó anódfolt koncentrált hőforrásként viselkedik. A hegfürdő hevítéséhez jelentősen hozzájárul a plazmaáramlás által megvalósított hőáramlás.



– **Fordított polaritás (EP)**: a katód lényegesen nagyobb teljesítménye ellenére drasztikusan megváltozik a beolvadás alakja: széles, sekély beolvadású varrat keletkezik. Oka a mozgó emisszió, ami miatt az ív talppontja kiszélesedik, és jelentősen csökken az áramsűrűség.

Váltakozó polaritás

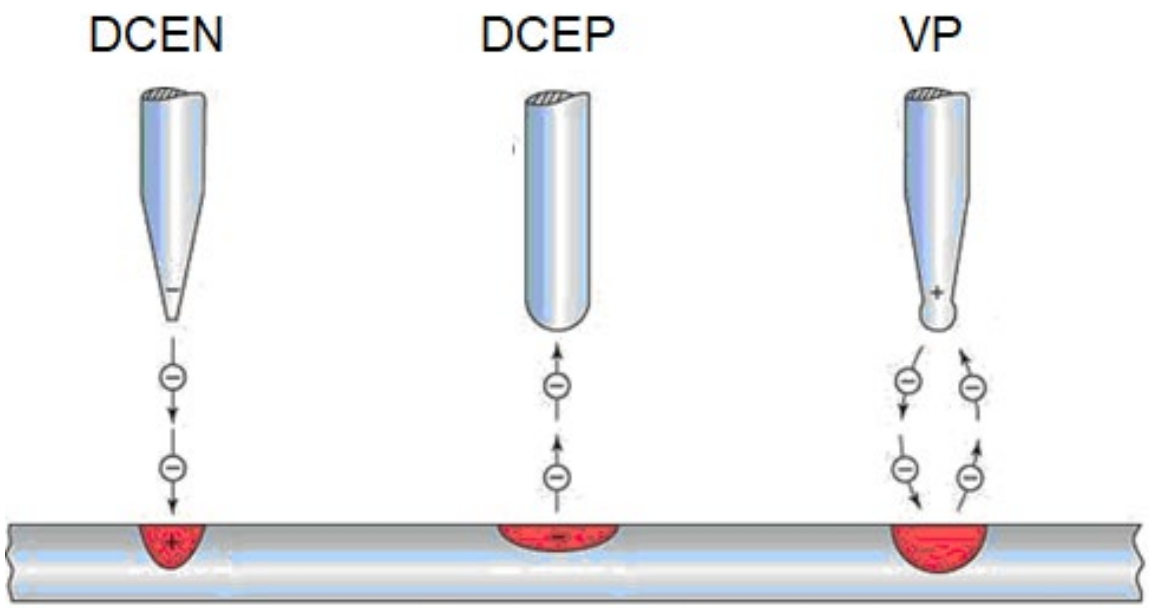
Váltakozó polaritású (VP) ív táplálása



Váltakozó polaritás

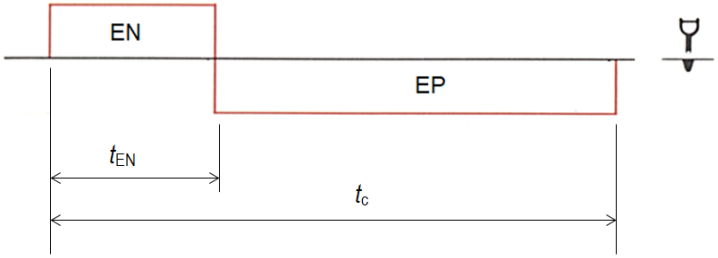
TIG-hegesztés

Váltakozó polaritás (VP) mellett megnő az elektróda hőterhelése és a katódfolt kiszélesedik.

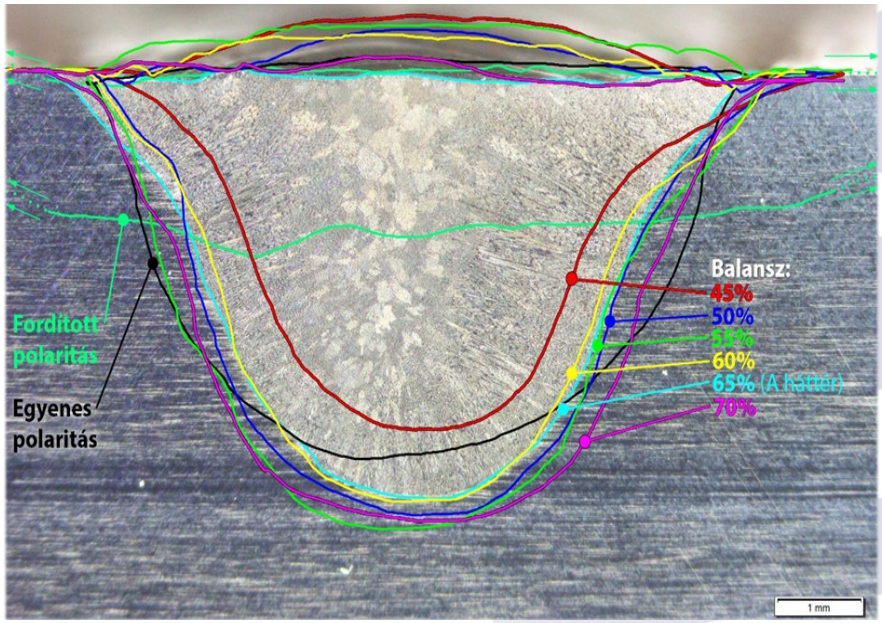


Váltakozó polaritás

Polaritás hatása a varratképzésre TIG-hegesztésnél



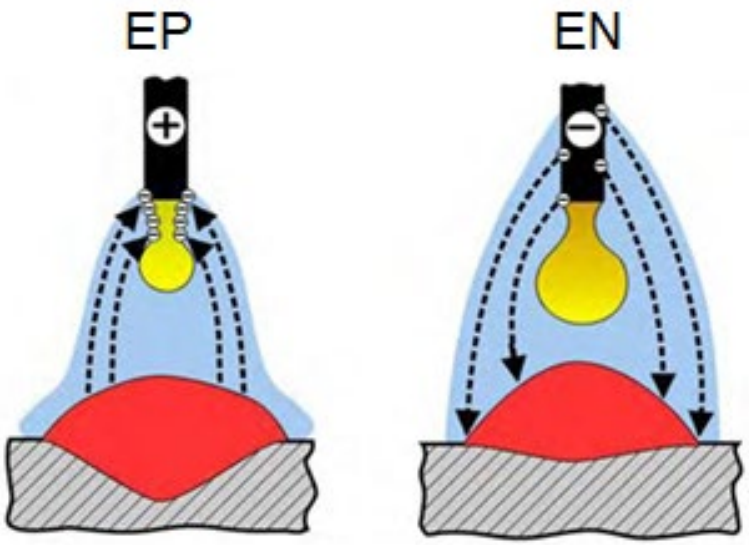
$$B_{EN} = \frac{t_{EN}}{(t_{EN} + t_{EP})}$$

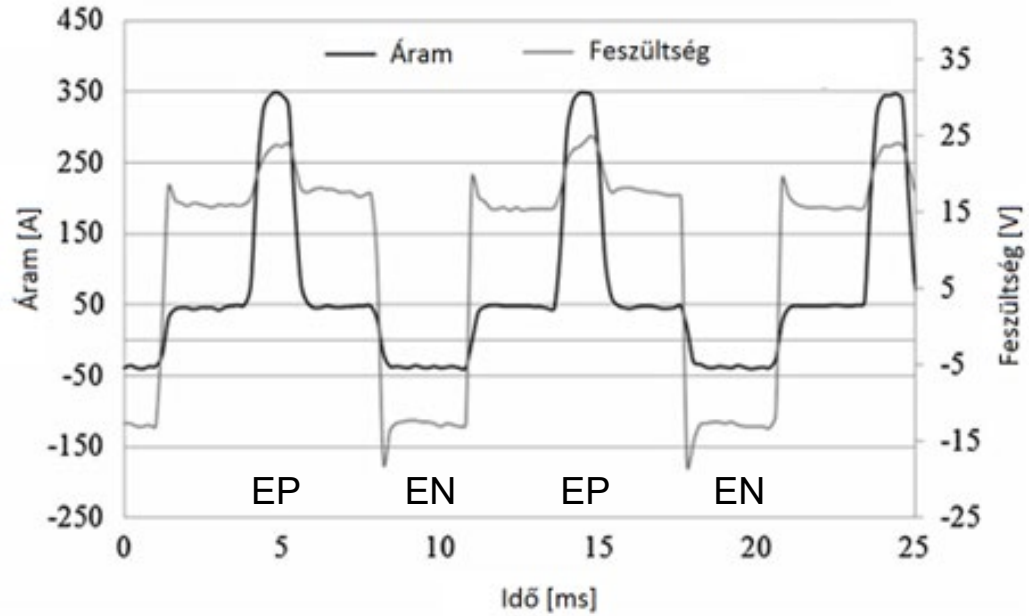


Váltakozó polaritás

MIG/MAG-hegesztés

– Az EN fázisban megnőtt, leválni képtelen csepp leválasztását a következő EP szakaszban alkalmazott áramimpulzus váltja ki

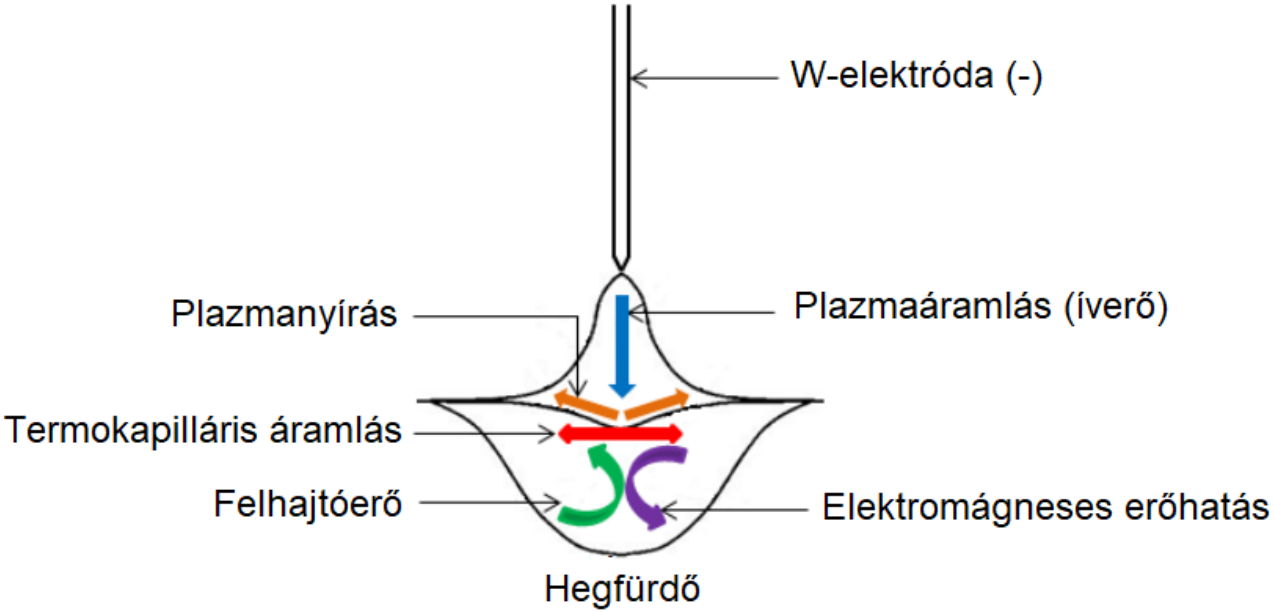




Kölcsönhatások

A hegesztőív és a hegfürdő kapcsolata

A varratképzésben meghatározó jelentőségű a plazmaáramlás, mert általa valósulnak meg a varratképzéshez meghatározó jelenségek.

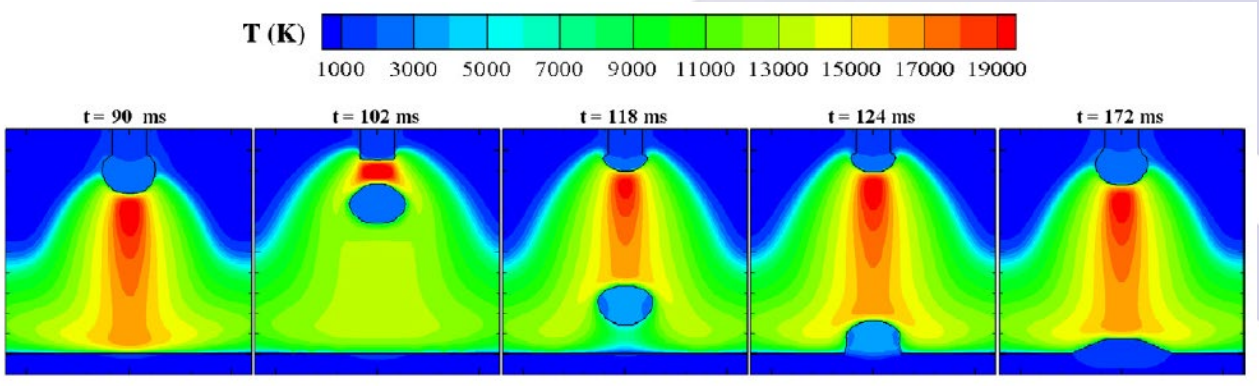


Kölcsönhatások

MAHEG
HUNGARIAN WELDING SOCIETY

Az anyagátvitel hatása az ívoszlop tulajdonságira

A huzalelektródából leváló, és az ívoszlop tengelyében átjutó cseppek radikálisan megváltoztatják az ívoszlop helyi egyensúlyi állapotát, a hőmérsékletét (a képen), és vele a vezetőképességét, a plazmaáramlás intenzitását..



A hegesztőív

Energiamérleg

Az ív (bevezetett) teljesítménye:

$P = U_{ív} I$ [W]

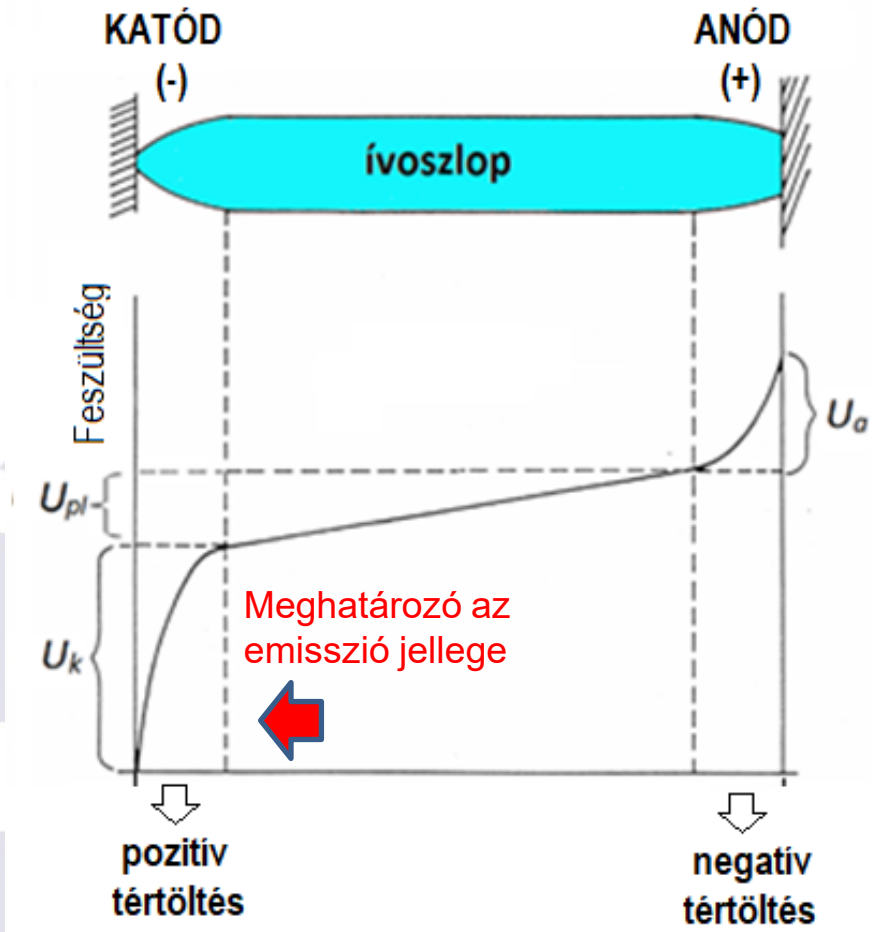
Az ívfeszültség:

$U_{ív} = U_k + U_{pl} + U_a$ [V]

A varratképzés számára lényeges az

U_k – a katódesés

U_{pl} – az ívoszlop feszültségesése



A hőbevitel

Az időegység alatt bevitt energia (a teljes ívteljesítmény):

$$P_{ív} = U_{ív} I^2 \text{ [W]}$$

- **ívenergia**, a v_{heg} hegesztési sebességgel (MSZ ISO TR 18491):

$$E = \frac{P_{ív}}{v_{heg}} \text{ [kJ/mm]}$$

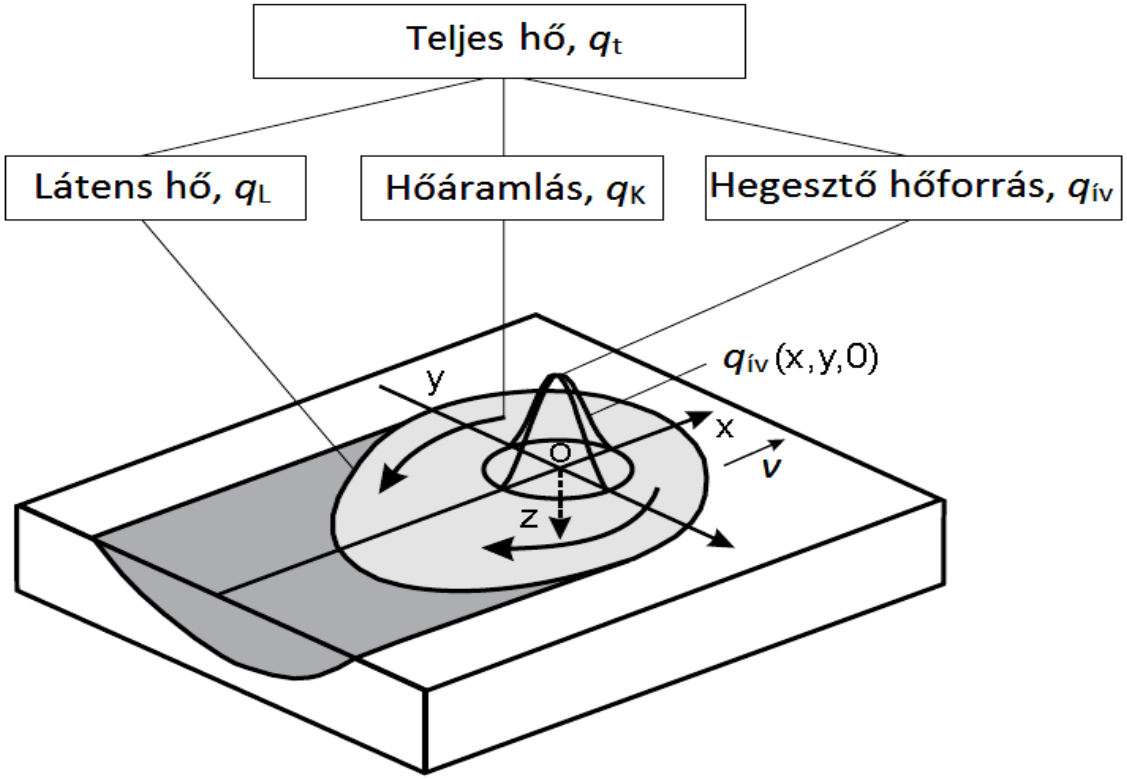
- **hőbevitel**, a v_{heg} hegesztési sebességgel és η_t termikus hatásfokkal (szabványosított értéke a *k* termikus hatásfoktényező, l. MSZ EN 1011-1):

$$Q = \frac{\eta_t P_{ív}}{v_{heg}} \text{ [kJ/mm]}$$

$$k = \eta_t = \frac{Q v_{heg}}{P_{ív}}$$

Szimuláció

A hegfürdő hevítése



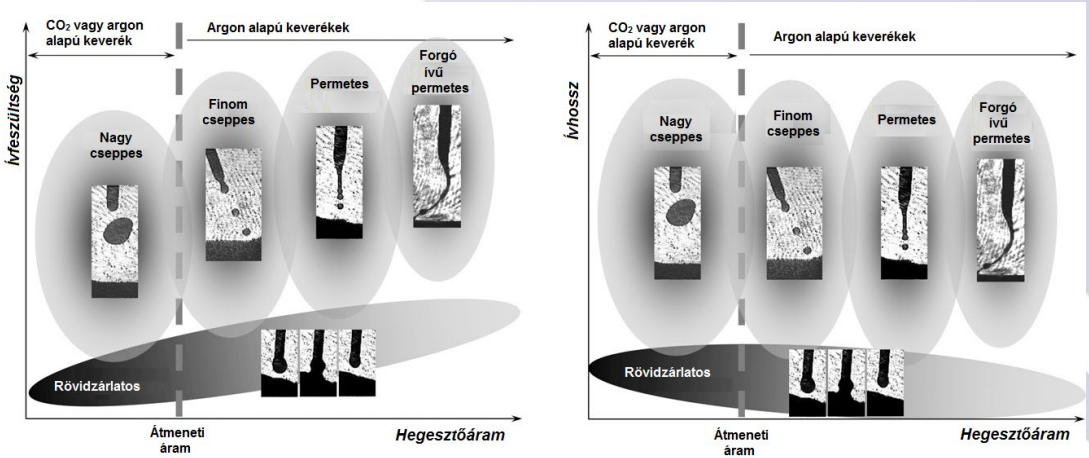
A teljes program

Korszerű ívhegesztés

III. MIG/MAG I (rövidzárlatos anyagátvitel)

IV. MIG/MAG II (impulzusos anyagátvitel)

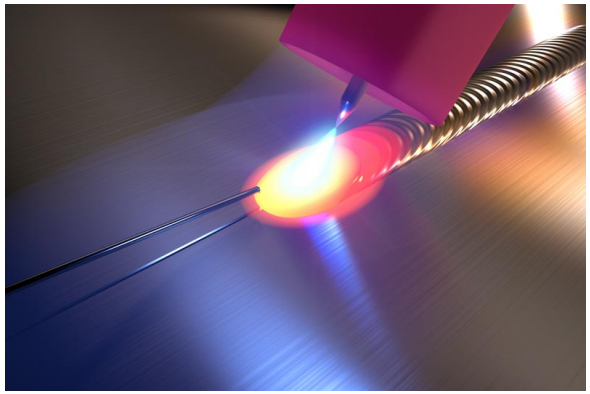
V. MIG/MAG III (nagy áramsűrűségű eljárásváltozatok)



A teljes program

Korszerű ívhegesztés

VI. TIG (teljesítménymoduláció a TIG-hegesztéshez)



Török Máté

9:30 – 10:00 Teljesítménymodulációs hegesztés – alapok és lehetőségek [Török Máté – Gedia Kft.]

- Az anyagátvitel irányítása (morfológiai rendszer + teljesítménymoduláció)
- A tipikus varratjellemzők (varratalak, beolvadási alak és mélység, felolvasztott és leolvasztott keresztmetszet-hányad stb.) alakítása.
- A hegesztőív stabilizálása.

Gyura László

10:20 – 10:50 A teljesítménymoduláció (hullámalak-vezérlés) és a varratképzés [Dr. Gyura László, Linde Gáz Magyarország Zrt.]

- Irányított rövidzárlatos anyagátvitel.
- Irányított impulzusos anyagátvitel.
- Irányított polaritásváltás (VP ívhegesztés)

Kollár Dénes

10:50 - 11:20 Teljesítménymodulációs hegesztés hőforrásmodellje [Dr. Kollár Dénes – BME Acélszerkezet és Hidak tanszék]

- A hegesztőív hőforrásmodelljei
- A hegesztési hőciklus alakítása teljesítménymodulációval.
- A hegesztőív teljesítményének megosztása a (huzalelektróda) leolvasztása és a (hegfürdő) felolvasztása között.