

Hegesztéshez használt eszközök megfelelőségének ellenőrzése

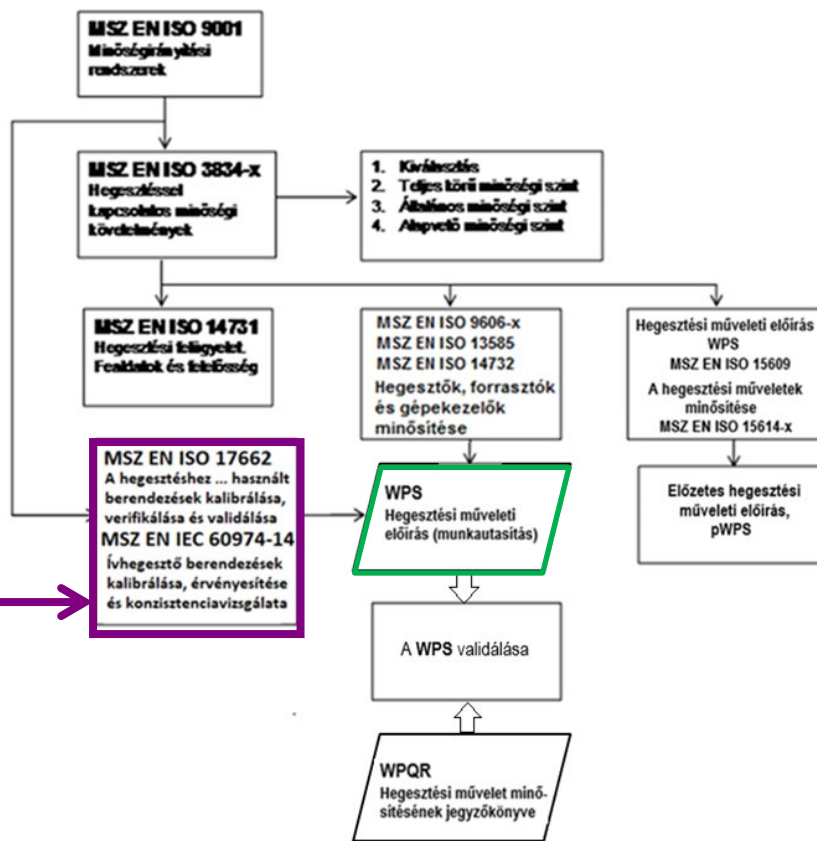
MSZT Szakmai fórum a fémek hegesztési műveleti
előírásáról

Kristóf Csaba

MAHEG

- Bevezetés
- Hegesztéshez használt eszközök kalibrálása, verifikálása és validálása (MSZ EN ISO 17662)
- **Hőbevitel (ívenergia)** mérése (MSZ ISO/TR 14891)
- **Villamos változók** mérése (MSZ EN ISO 60974-14)
- Ívhegesztő áramforrások ellenőrzése (MSZ EN ISO 60974-14)
- Összefoglalás

Minőségirányítás



Az eszközök **megfelelőségértékelése**
kalibrálása / validálása (jóváhagyása) /
verifikálása (igazolása)

Folyamat-felügyelet (monitorozás)
ellenőrzés

Az eszközök megfelelősége

Kalibrálás/validálás/verifikálás

MSZ EN ISO 17662:2016

Hegesztés. A hegesztésre és a hozzátartozó tevékenységekre használt berendezések kalibrálása, igazoló és érvényesítő ellenőrzése (ISO 17662:2016)

A szabvány azon **eszközök kalibrálására, verifikálására** (igazolására) és **validálására** (érvényesítésére) vonatkozó követelményeket határozza meg, amelyeket

- ...a hegesztéshez ... használt **berendezések tulajdonságainak ellenőrzésére**, illetve
- olyan folyamat irányítására használnak, melynek eredménye utólagos megfigyeléssel, ellenőrzéssel vagy vizsgálattal **nem dokumentálható** egyszerűen vagy gazdaságosan, vagy
- **átfogó folyamatszabályozást** szolgálnak.

Minden olyan eljárás**változóra** vonatkozik, amely

a legyártott termék rendeltetésszerű alkalmazáshatóságát (fitness-for-purpose), és különösen annak biztonságát befolyásolja.

MSZ EN ISO 17662:2016

4.1 Általános előírások

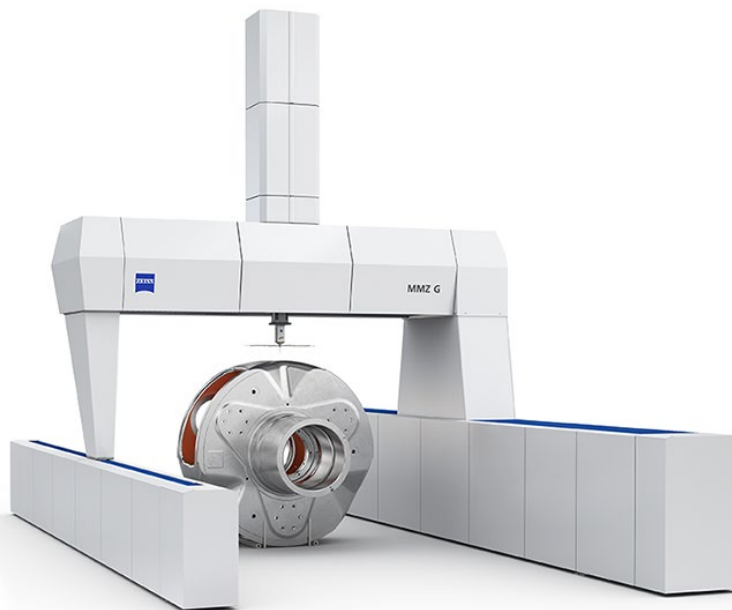
A mérő-, ellenőrző és vizsgálóberendezéseket számos célra és számos munkafolyamatban használják a hegesztési gyártás során.



A célok a következőképpen csoportosíthatók:

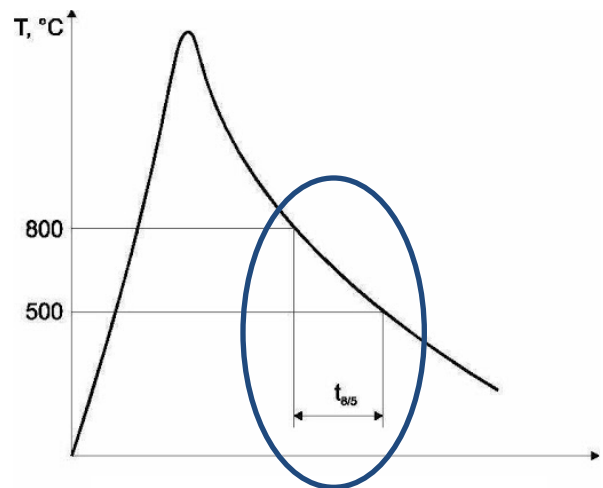
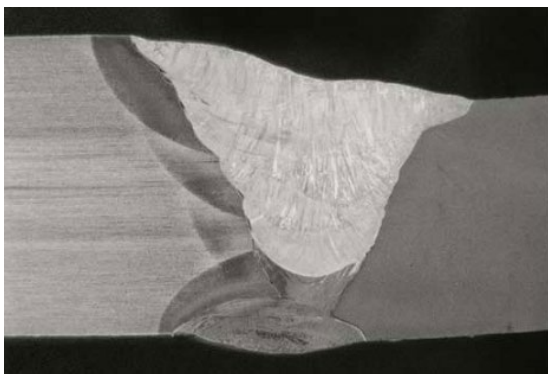
Kép forrása: <https://amarineblog.com/2020/12/01/calibration-of-welding-tools-equipment-with-iso-3834-requirement/>

1) a termék előírt követelményeknek való megfelelésének bizonyítása;
*A termék előírt követelményeknek való megfelelésének bizonyítására használt **mérő-, ellenőrző és vizsgálóberendezéseket** megfelelően kalibrálni, verifikálni (igazolni) vagy validálni (érvényesíteni) kell.*



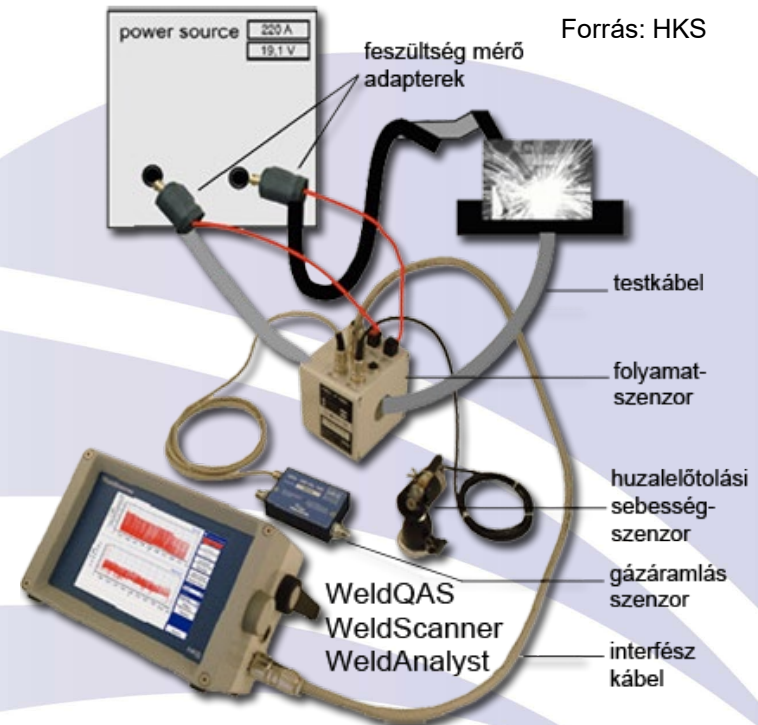
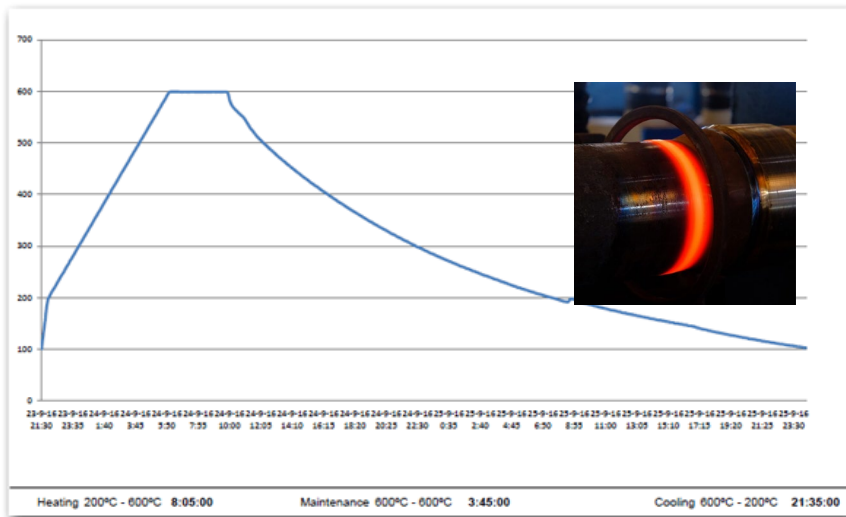
2) folyamatok **paramétereinek** ellenőrzése, ha az eredményt nem lehet könnyen vagy gazdaságosan megítélni utólagos megfigyeléssel, ellenőrzéssel és vizsgálattal;

*Egyes minőségi jellemzők (amelyek a biztonsággal is kapcsolatosak) nem ellenőrizhetők vagy vizsgálhatók a kész szerkezeten vagy terméken, például a varratfémek anyag és a hegesztési hőhatásövezet tulajdonságai. Az ilyen minőségi jellemzőket **közvetve, a gyártási folyamat adatainak megfelelő dokumentálásával kell dokumentálni.***



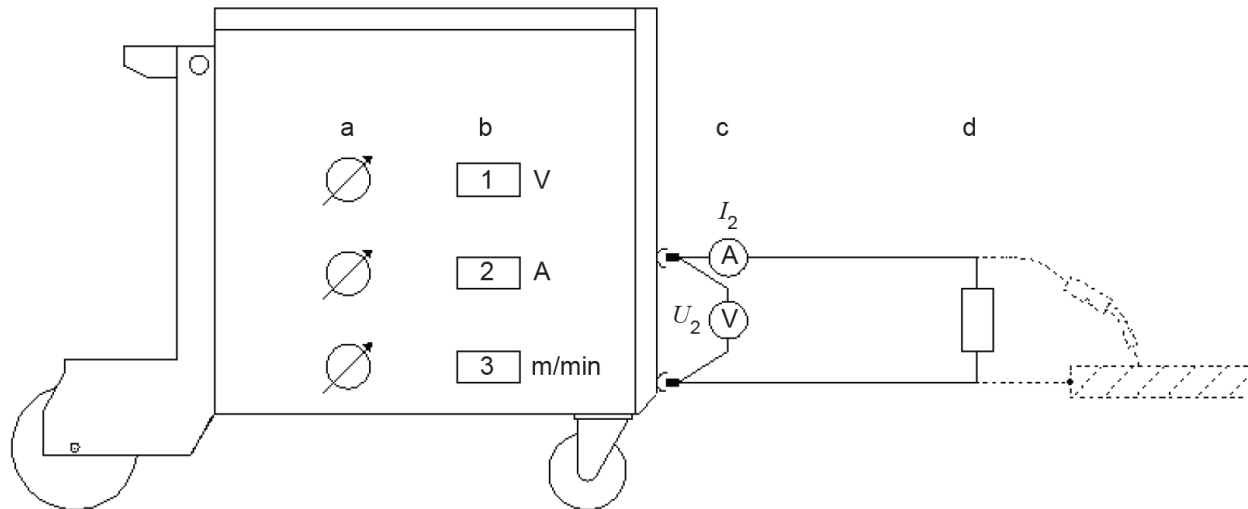
3) a művelet teljeskörű ellenőrzése.

A művelet teljeskörű ellenőrzéséhez használt mérő-, ellenőrző és vizsgálóberendezéseket is kalibrálni, verifikálni vagy validálni kell.



4.3 Követelmények

Elvben minden műszert kalibrálni, verifikálni és validálni kell, amelyet a hegesztési/forrasztási műveleti előírás **hegesztési paramétereinek** ellenőrzésére használnak.*



IEC

* Alapvetően az áram-, feszültség- és huzalelőtölési sebesség mérésre szolgálókat [MSZ EN IEC 60974-14:2019]

4.4 Műveleti adatok

*Hegesztési/forrasztási műveletekre vonatkozóan az 5. szakasz határozza meg azokat az **adatokat**, amelyek méréséhez kalibrálásra, verifikálásra vagy validálásra van szükség.*



Control panel Fronius TPS 320i, 400i, 500i, 600i

5.3 Ívhegesztésre vonatkozó követelmények (1. csoport)

Table 11 — Electrical variables

Designation	Need for calibration, verification, or validation	Instruments and techniques
Current (mean)	Ammeters shall be validated.	See EN 50504. Mean value of (rectified) current.
Arc voltage (mean)	Voltmeters shall be validated.	See EN 50504. Mean value of (rectified) tension.
Watt meter	Instantaneous energy or instantaneous power measurements shall be validated.	See ISO/TR 18491.

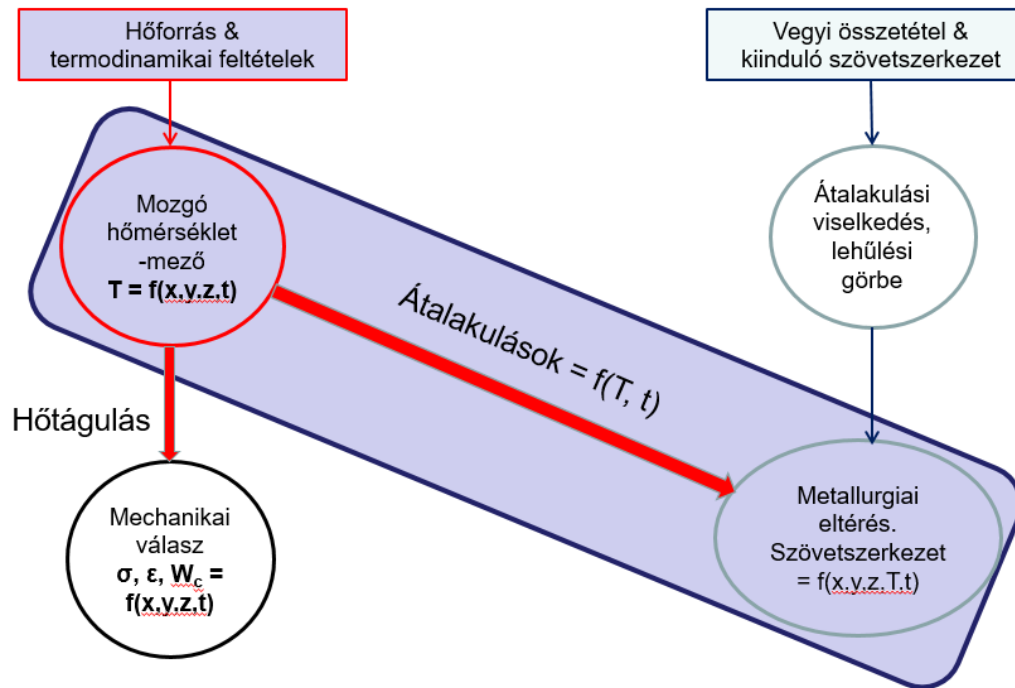
NOTE The signal should be monitored continuously. The sampling time should be sufficient to give a reasonably stable reading. If tong-tests are used for measurement of current, the difference between mean value and RMS value measuring instruments should be taken into consideration.

Table 12 — Mechanized or automatic welding

Designation	Need for calibration, verification, or validation	Instruments and techniques
Travel speed	Measurements by means of stopwatches and tape measure/steel rulers. Appropriate steel rulers need not to be calibrated, verified or validated provided the rulers are not visibly damaged.	Stopwatches can be validated by comparison with any reasonably accurate clock or watch. See also EN 50504.
Wire feed speed	Measurements by means of stopwatches and rulers. Appropriate steel rulers need not to be calibrated, verified or validated provided the rulers are not visibly damaged.	Stopwatches can be validated by comparison with any reasonably accurate clock or watch. See also EN 50504.

A hőbevitel mérése

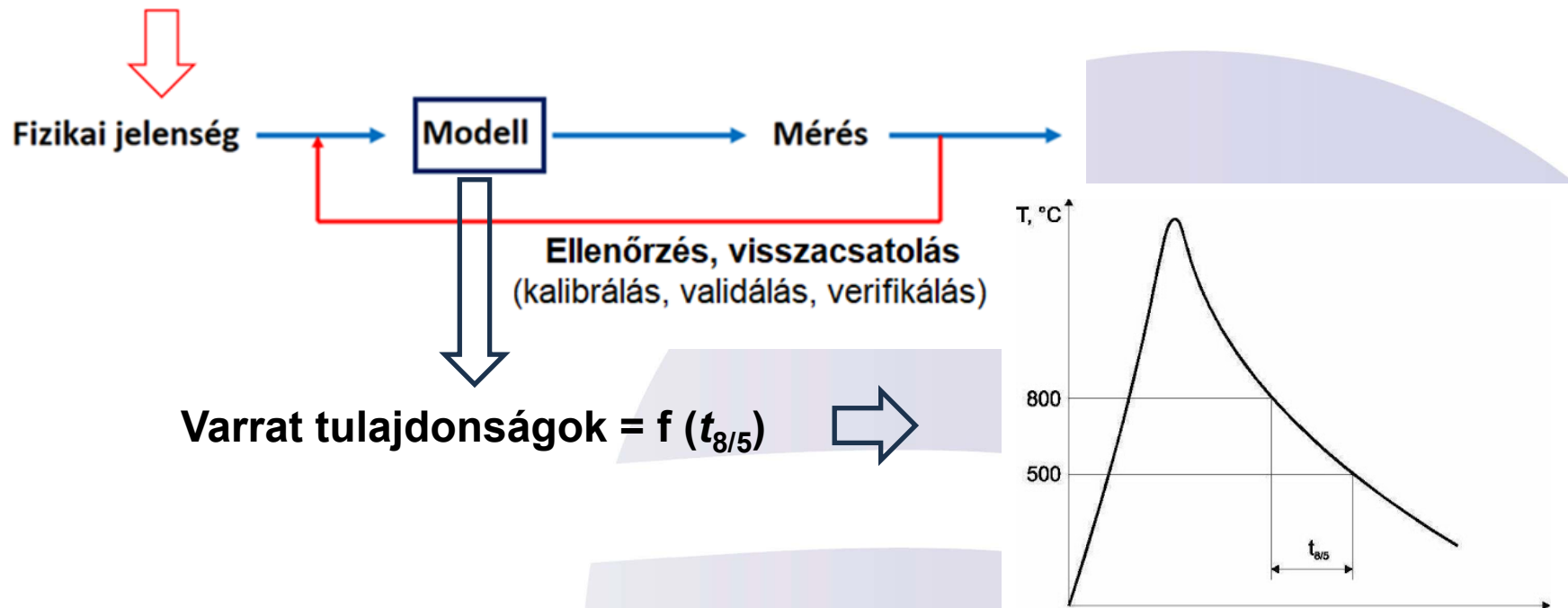
A varrat tulajdonságait meghatározó folyamatok



Buchmayer, B., and Kirkaldy, J.S.: Modeling of the temperaturfield, transformation behaviour, hardness and mechanical response of low alloy steels during cooling from the austenitic region. J. Heat Treat. 8 (1990) no. 2, pp 127-136 nyomán.

A „ $t_{8/5}$ ” mérési modell

Átalakulások = $f(T, t)$



Hűlési sebesség számítása

MSZ EN 1011-2:2001, D melléklet (tájékoztatás)

- Háromdimenziós hőelvonás

$$t_{8/5} = (6\,700 - 5 T_o) \times Q \times \left(\frac{1}{500 - T_o} - \frac{1}{800 - T_o} \right) \times F_3$$

- Kétdimenziós hőelvonás

$$t_{8/5} = (4\,300 - 4,3 T_o) \times 10^5 \times \frac{Q^2}{d^2} \times \left[\left(\frac{1}{500 - T_o} \right)^2 - \left(\frac{1}{800 - T_o} \right)^2 \right] \times F_2$$

- F_2 és F_3 : varratalak-tényező, rendre két- és háromdimenziós hőelvonásra.
- $Q = \varepsilon \times E = \varepsilon \times U \times \frac{I}{U} \times 1000 \left[\frac{kJ}{mm} \right]$

Hőbevitel

$$Q = \frac{kUI}{v} 10^{-3} \text{ [kJ/mm]}^*$$

Ha k értéke nem ismert (jelentős eltérések lehetségesek), akkor

Ívenergia

$$E = \frac{UI}{v} 10^{-3} = \frac{IE}{L} 10^{-3} = \frac{IP}{v} 10^{-3} \text{ [kJ/mm]}^{**}$$

kiegészítve a $t_{8/5}$ értékét befolyásoló feltételek előírásával.

* MSZ EN 1011-1:2009 (ISO/TR 17671-1:2002)

** MSZ ISO/TR 18491:2019

Ívenergia mérési módszerei (MSZ ISO/TR 18491:2019)

„A” $E = \{U \cdot I / v\} \cdot 10^{-3}$ [kJ/mm]

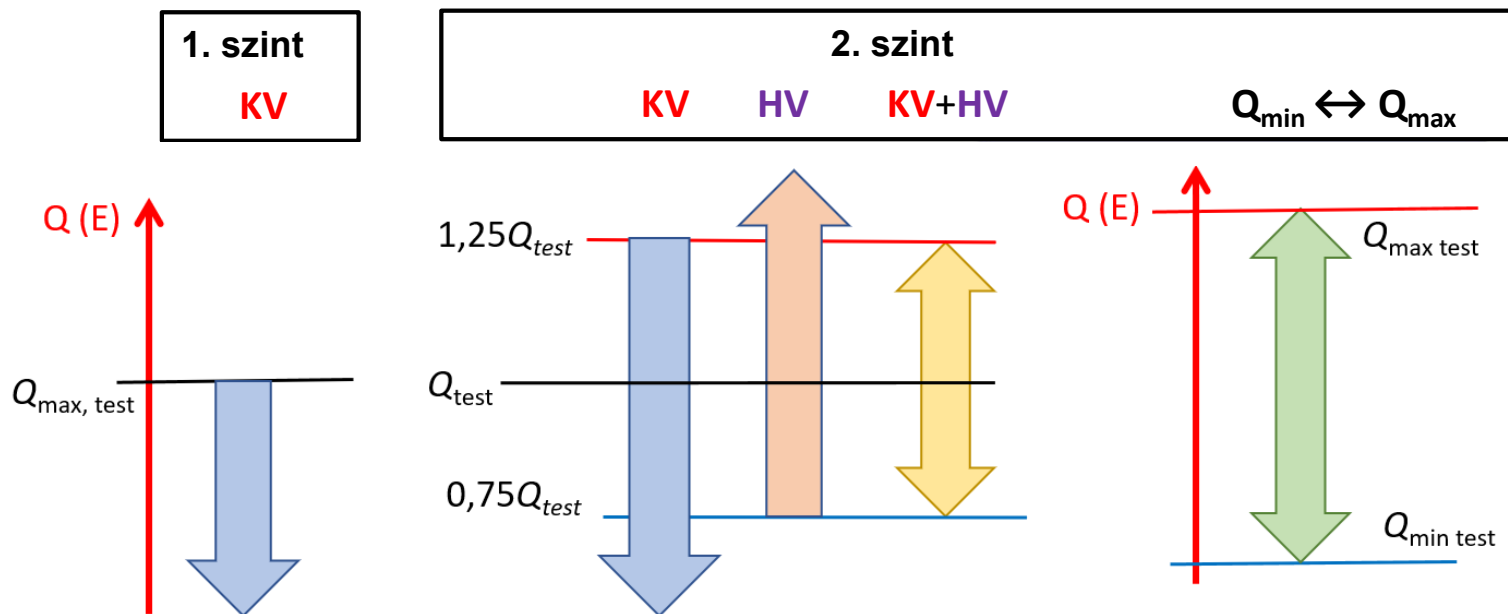
„B” $E = \{IE / L\} \cdot 10^{-3}$ [kJ/mm]

„C” $E = \{IP / v\} \cdot 10^{-3}$ [kJ/mm]

IE pillanatérték-energia:
$$IE = \sum_{i=1}^n (i_i u_i t_i)$$

IP (átlagos) pillanatérték-teljesítmény:
$$IP = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (i_i u_i)$$

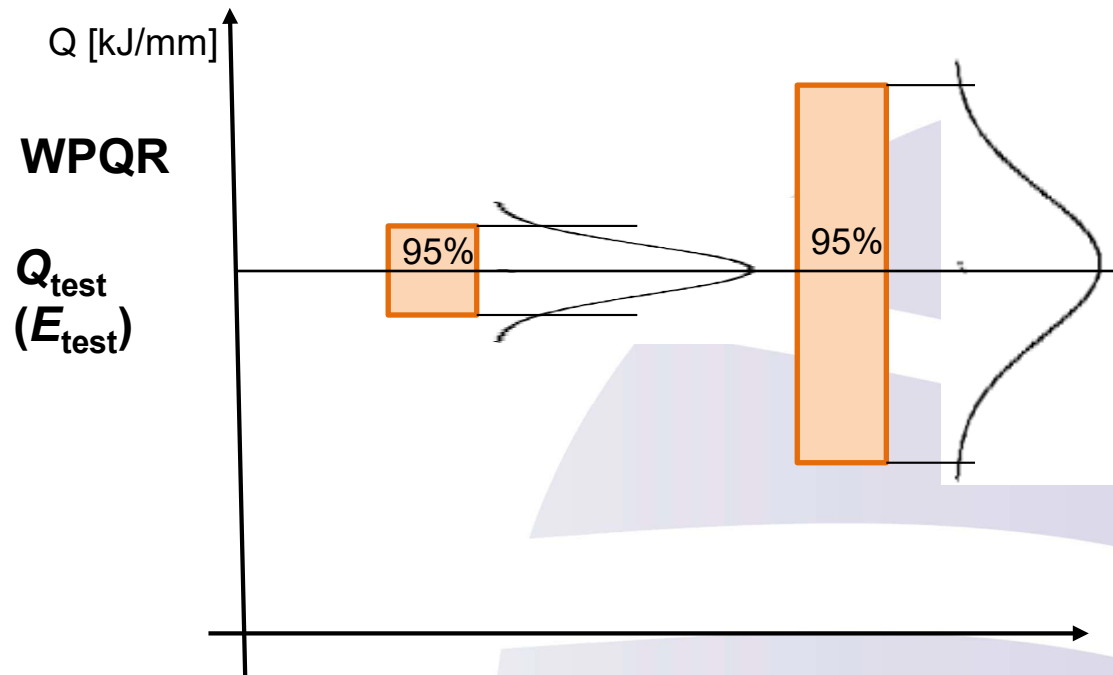
Ívhegesztés hőbevitel*^{*}



* MSZ EN ISO 15614-1:2017

Pl. nagyszilárdságú
vagy duplex acélok

A technológiavizsgálat során mért adatok megbízhatósága



A mérés bizonytalanságai

- A termikus hatások meghatározása
 - A mindenkori hegesztési feltételek (a hőmérsékletmezőt befolyásoló tényezők elnagyolása, figyelmen kívül hagyása)
 - Az ív termikus hatásfokát érzékenyen befolyásoló teljesítménymoduláció (hullámalak-vezérlés)
- Villamos mennyiségek mérési hibája
 - eltérő középérték-képzés
 - Mérési hiba (eltérés)

Villamos változók mérése

Miért fontos az áram, feszültség és a hőbevitel mérése?

- Az **áramerősség** egyes eljárások (MMA, TIG) **előírt változója**. Huzalelektrodás eljárások (MIG/MAG, FI) esetén az áramerősség szorosan összefügg a beállított **huzalelőtolási sebességgel**, és valódi értékét **hegesztési változóként** kezelik.
- A mért **adatokat** a **WPS-ben előírt változók** (áramerősség, feszültség, hőbevitel) **ellenőrzésére** használják.
- A mért **adatokat megfigyelés (monitorozás), követhetőség és megfelelésértékelés** céljára használják.
- A **hőbevitel** lényeges **adat**, a hegesztett varrat tulajdonságait meghatározó hűlési sebességet ($t_{8/5}$) leíró függvény független változója. **Referenciaértékként** a technológia vizsgálata alapján meghatározott (határ)értékeit használják.

A WPS-ben előírt változók (MSZ EN ISO 15609-1*)

4.4.9. Villamos paraméterek

- Az áram neme [váltakozó- (AC) vagy egyenáram (DC)] és polaritása.
- Impulzushegesztés részletei (gépbeállítás, programok kiválasztása és az eljárásra vonatkozó minden információ), *adott esetben*.
- Áramerősség-tartomány.
- Feszültségtartomány (*adott esetben*).
- A huzal előtolási sebességtartománya gépesített és automatikus hegesztés esetén.

...

4.4.17. Hőbevitel/ívenergia

Az ISO/TR 18491 szerinti hőbevitel vagy ívenergia tartománya (ha elő van írva).

* MSZ EN ISO 15609-1:2020 Fémek hegesztési munkarendjének előírása és minősítése. Hegesztési munkarendi előírás. 1. rész: Ívhegesztés (ISO 15609-1:2019)

Villamos paraméterek

Az áramerősség, a feszültség és a hőbevitel hegesztés közben változó mennyiségek, miközben egyetlen (jellemző) értékkel, illetve (a WPQR-ben, WPS-ben) annak megengedett tartományával adjuk meg.

Mérésük pontossága függ a mérési pontok megválasztásától, illetve attól, hogy miként határozzuk meg a középértéket (mean value).

MSZ EN ISO 15609-1:2020

A melléklet (táblázat)

Hegesztési munkadarab előírás (WPS)

A felhívások számban megnevezett az alábbi mérések:

Hegesztési munkadarab előírás:

A WPQR száma: Az elektrodák és a hűtési módok.

Q osztály: Az alapanyag (megnevezés).

Csapatlakás módjai: Alapanyag (mm):

A hűtés és a ventilláció: Kötési áramerősség (mm):

A szelvény vastagsága (mm): A gáztöltés típusa.

A hűtési mód megnevezése: Hegesztési helyszín:

Az elektrodák részlete (szükség esetén):

Kötési szabvány	Varratfelépítés

Hegesztéstechnológiai adatok

Varrat típusa	Hegesztési eljárás	A hegesztési anyag mérete	Az anyag típusa	Fűtési mód	Az áram típusa és polaritása	Huzal típusa és sebessége	Kihúzási hossz ^{1,2/} hegesztési sebesség ¹	Hőbevitel ^{1,2*}

A hegesztési megnevezés és a gyártási mód megnevezése az alábbiakban:

Előírás megnevezése és a gyártási mód megnevezése:

Változtatási pont megnevezése: hegesztési módok, hegesztési helyszínek, hegesztési módok, hegesztési módok.

Állomány megnevezése: hegesztési módok, hegesztési módok.

A vállalkozás kódja (szükség esetén): A gyártási mód megnevezése és a gyártási mód megnevezése:

Előírás megnevezése:

Ünnevek:

A hegesztési adatok hivatkozása:

Hegesztési adat hivatkozása (ha van):

Hőmérséklet, módosítás:

Felhívások és hivatkozások:

Q osztály (hív, átlós, állom):

• Hívás

• Állomány

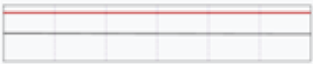




Varrat-réteg	Hegesztési eljárás	A hozag-ananyag mérete	Áram-erősség ² A	Feszültség ² V	Az áram neme és polaritása	Huzal előtolási sebesség ²	Kihúzási hossz ^{1,2/} hegesztési sebesség ¹	Hőbevitel ^{1,2*}

Egyéb információk¹, pl.
Elektródalengetés (a varratsor legnagyobb szélessége)
Ívelőmozgás: amplitúdó, frekvencia, kitarási idő:
Az impulzushegesztés adatai:
Az áramátadó és a munkadarab távolsága:
A plazmahegesztés adatai:
Az égő dőlésszöge:

1 Ha előírás
2 Tartomány

Mérési hiba

Jele	Megnevezés	Mértékegység
I	Áram	[A]
U	Feszültség	[V]
i(t) és u(t)	Pillanatérték	[A] és [V]
v	Hegesztési sebesség	[mm/s]
Q	Hegesztési hőbevitel	[kJ/mm]
P	Hatásos teljesítmény	[W] vagy [J/s]
S	Látszólagos teljesítmény (= $U_{eff/eff}$)	[VA]

Hullámalak	Ábrázolás	Abszolút középérték	Négyzetes középérték*
Állandó		a	a
Színusz		0,637 · a	0,707 · a
Négyzetög		a	a
Háromszög		0,5 · a	0,577 · a
Fűrész		0,5 · a	0,577 · a

* effektív érték a – mért érték

K-A Persson, A. Lundstjälk: Guideline - How to measure current, voltage and arc power in arc welding. SWERIM Report No. MEF 18139

Ajánlások az áramerősség, feszültség és hőbevitel mérésére

- Az MSZ EN ISO 15609-1 előírja az áramerősség, feszültség és hőbevitel megadását, de *nem adja meg a mérés módját*
- MSZ EN ISO 17662:2016

Designation	Need for calibration, verification, or validation	Instruments and techniques
Current (mean)	Ammeters shall be validated.	See EN 50504. Mean value of (rectified) current.
Arc voltage (mean)	Voltmeters shall be validated.	See EN 50504. Mean value of (rectified) tension.
Watt meter	Instantaneous energy or instantaneous power measurements shall be validated	See ISO/TR 18491.

NOTE The signal should be monitored continuously. The sampling time should be sufficient to give a reasonably stable reading. If tong-tests are used for measurement of current, the difference between mean value and RMS value measuring instruments should be taken into consideration.

MSZ EN 50504:2009
(visszavont):

- DC – egyszerű középpérték
- AC – RMS vagy True RMS

- MSZE EN IEC 60974-14 →

MSZ EN IEC 60974-14:2019, B melléklet (tájékoztató)

A mért értékek képzése

- Egyszerű középérték (*Arithmetic Mean*)

$$\bar{U} = \frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} u(t) dt, \quad \text{illetve} \quad \bar{U} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n U_n$$

- Abszolút középérték (*Arithmetic Rectified Value – ARV*)

$$\bar{U} = \frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} |u(t)| dt, \quad \text{illetve} \quad \bar{U} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |U_n|$$

- Négyzetes középérték (*Root Mean Square – RMS, true RMS*)

$$\bar{U} = \sqrt{\frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} [U(t)]^2 dt}, \quad \text{illetve} \quad \bar{U} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n [U_n]^2}$$

Milyen **adatok** érhetők el a hegesztőgép kijelzőjén (áramerősség és feszültség)?

- Egyenáramú áramforrások: **egyszerű középérték**
- Hagyományos AC áramforrások (szinuszos): **négyzetes középérték (RMS)**, ha abszolút középértéket (ARV) mér, megszorozva a $k_f = 1,11$ átalakító tényezővel (számított RMS)
- Szinusztól eltérő hullámalak esetén (jellemzően) az áramerősség és feszültség **abszolút középértéke (ARV)** olvasható le.

A hegesztő-berendezésen kijelzett értékek

- A kijelzett érték általában az **egyenirányított áram és feszültség rövid időperidusra számított átlaga** (abszolút középértéke),
- ami ugyan a másodperc töredéke, de ahhoz elegendő, hogy stabilan leolvasható értéket adjon a hegesztő (megfigyelő) számára: az így kijelzett érték enyhén változik a hegesztés közben.



Pillanatérték energia és (átlagos) teljesítmény

Az áramforráson kijelzett **IP** vagy **IE** értékkel a hegesztési sebesség (v) vagy a varrat hossza (L) ismeretében meghatározható az ívenergia (E).

Meg kell róla győződni, hogy a megjelenített érték pillanatértékek vagy középértékek alapján képzett.

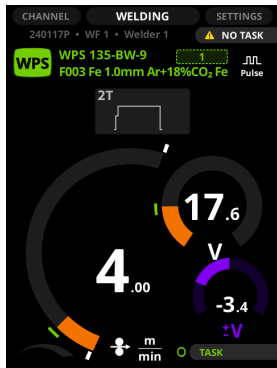


$$E = \frac{IP}{v} 10^{-3} = \frac{IE}{L} 10^{-3} \text{ [kJ/mm]}$$



Control panel Fronius TPS 600i

Hegesztési adatok gyűjtése: a hőbevitel ellenőrzése



Read code or ENTER BARCODE

Welder: Tammy Arnold
Activity: WORKING

Transfer pipeline 1.1 > Line 1.1
> Weld list 1.1.1

Bracket: 2 110 mm

COMPLETE PASS

PASS LENGTH

Weld list: Transfer pipeline 1.1 > Line 1.1 > Weld list 1.1.1
Weld: 2
Pass: 1

Enter the length of the completed pass: **36 mm**

CANCEL SET

Read code or ENTER BARCODE

Welder: Tammy Arnold
Activity: WORKING

Transfer pipeline 1.1 > Line 1.1
> Weld list 1.1.1

Bracket: 2 110 mm

COMPLETE PASS

PASS COMPLETED

Heat input: **0.69 $\frac{kJ}{mm}$**
WPS: 0.49-1.04

Duration: 00:00:20.891 s
Travel speed: 103 mm/min

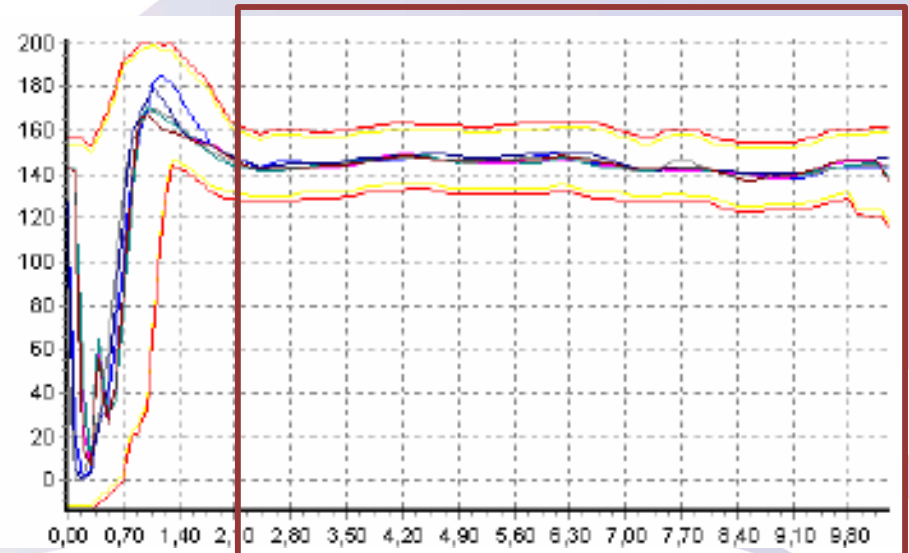
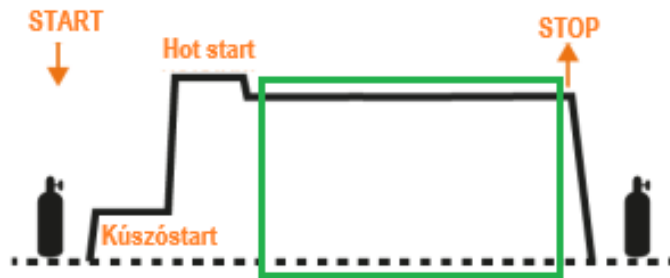
Length: **36 mm**

OK

Forrás:
Kemppi X8 MIG welder

A belső memóriába vagy külső számítógépbe küldött és tárolt adatok

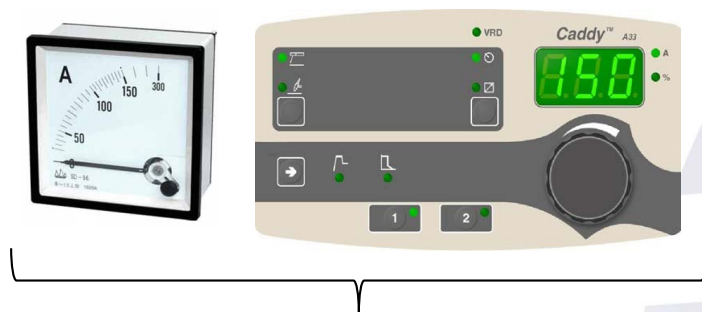
- Az értékek lehetnek középértékek (egyszerű, abszolút, vagy négyzetes) a hegesztés kezdetétől a befejezésig.
- **A fel- és lefutás idejét ignorálni kell.**



A beépített mérőeszközök validálása és kalibrálása

A gyártónak igazolni kell, hogy a hegesztő-berendezés mérőeszközei megfelelnek az ISO 17662, az EN IEC 60974-14 (korábban EN 50504) vagy más hasonló szabvány követelményeinek.

- Minden műszert szabványos referenciaműszerhez* viszonyítva kell kalibrálni vagy validálni.
- A referenciaműszeren a vizsgált berendezésével (EUT)* azonos mérés eljárást kell választani.



kalibrálás



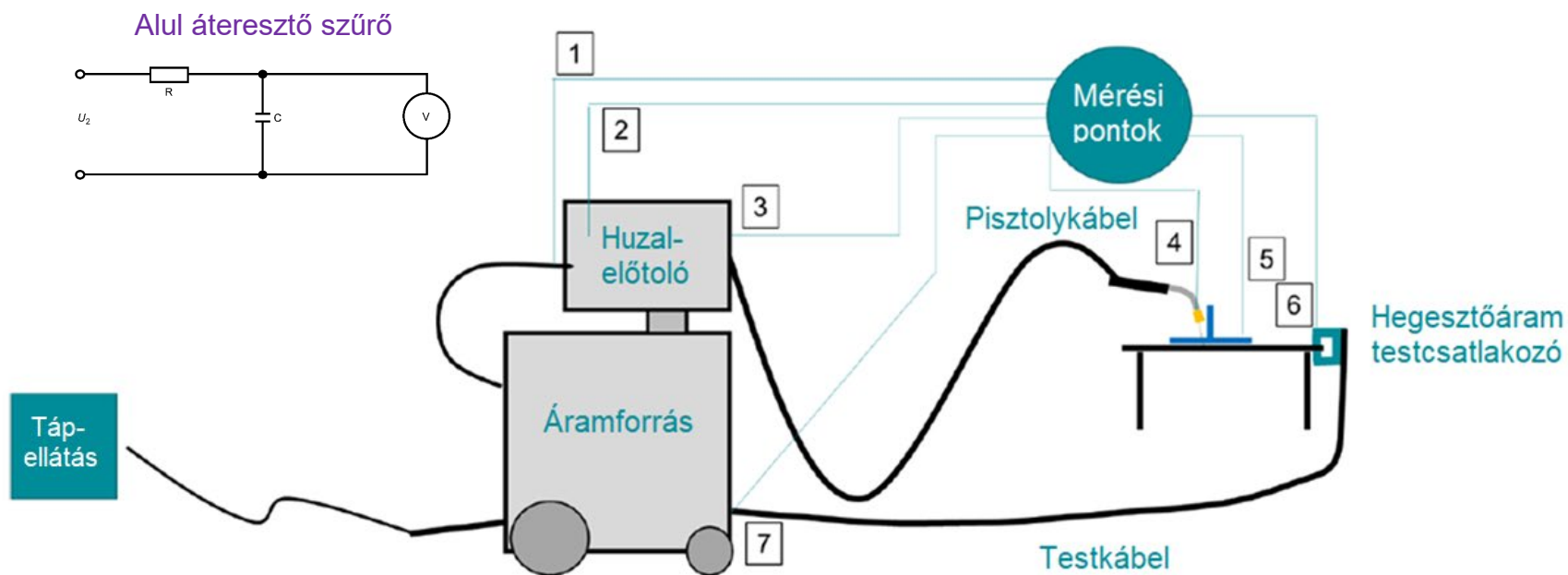
validálás

* [MSZ EN IEC 60974-14]

Mikor van szükség **külső** mérőeszközre?

- Belső műszerek ellenőrzése, kalibrálása, validálása.
- Folyamat monitorozás.
- Pillanatérték-mérés (kvantálás) – erre nem alkalmas belső műszerek mellett.
- A folyamat dokumentálása, minőségbiztosítás és követhetőség kapcsán.

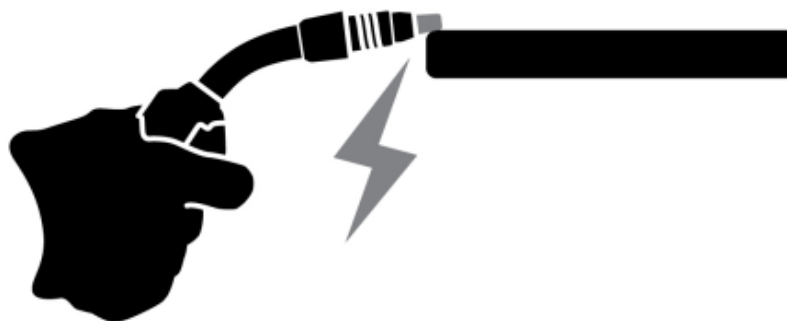
Külső mérőeszköz csatlakoztatása a hegesztő-berendezéshez



K-A Persson, A. Lundstjälk: Guideline - How to measure current, voltage and arc power in arc welding. SWERIM Report No. MEF 18139

Feszültségkompenzáció

A rendszer érzékeli a hegesztőáramkör hatásos és induktív ellenállásának eltérését, amely hatással van a hegesztési tulajdonságokra.



TRUEARC / ESAB RobustFeed EDGE



**Rehm SIRIUS
operating system**

Összefoglalás

- A WPS-ben megadott változók meghatározásánál figyelemmel kell lenni a **hőbevitel (és paramétereinek) mérési bizonytalanságára**.
- Az ívhegesztés „termikus hatásfoka” **érzékeny az alkalmazott teljesítménymodulációra** (az áram hullámalakjára), ezért fontos követelmény a WPS-sel szemben: a „ gépbeállítás, programok kiválasztása és az eljárásra vonatkozó minden információ” megadása (MSZ EN IS 15609-1).
- Teljesítménymodulációs hegesztés alkalmazásakor az ívenergia határértékeire előírt (és ellenőrzött) értékek **csak azonos hegesztési feltételek** (pl. a teljesítménymoduláció azonosítása) mellett érvényesek, így elkerülhetők a termikus hatásfok eltéréseivel járó eltérések a hőbevitel meghatározása során.
- Az ellenőrzéshez a határértékek meghatározásához használttal **azonos mérési eljárást kell használni** (beleértve a mérési pontok megválasztását).
- **Szabálytalan hullámalakú áram/feszültség** méréséhez pillanatérték-mérést kell alkalmazni. Ajánlott középérték-képzés: **abszolút középérték**.

- Az MSZ EN ISO 17662 szabvány fontos követelményeket fogalmaz meg a **hegesztés változóinak mérését szolgáló eszközökre**.
Teljesítménymodulációs hegesztés alkalmazásakor ennek megnő a jelentősége.
- A hegesztő-berendezések kalibrálása, validálása, verifikálása különösen a **hőbevitelre érzékeny varratok esetén fontos** (határérték túllépés mérési hiba miatt).

VÉGE