

BAGYINSZKI GYULA • BITAY ENIKŐ

HEGESZTÉSTECHNIKA II. BERENDEZÉSEK ÉS MÉRÉSEK

MŰSZAKI TUDOMÁNYOS FÜZETEK



ERDÉLYI MÚZEUM-EGYESÜLET

BAGYINSZKI GYULA – BITAY ENIKŐ
HEGESZTÉSTECHNIKA II.

MŰSZAKI TUDOMÁNYOS FÜZETEK

9.

ISSN 2068 – 3081

MŰSZAKI TUDOMÁNYOS FÜZETEK

9.

BAGYINSZKI GYULA – BITAY ENIKŐ

HEGESZTÉSTECHNIKA II.

Berendezések és mérések



ERDÉLYI MÚZEUM-EGYESÜLET
Kolozsvár
2010

A kutatást támogatta:

**Az MTA–OM, DOMUS HUNGARICA SCIENTIARIUM ET ARTIUM
MTA Határon Túli Magyar Tudományosságért Ösztöndíj Program**

A könyv megjelenését támogatta:

a Szülőföld Alap



Lektor: Dr. Kovács Mihály

© **Bagyinszki Gyula, Bitay Enikő 2010**

Kiadja: Az Erdélyi Múzeum-Egyesület

Felelős kiadó: Biró Annamária

Sorozatszerkesztő: Bitay Enikő

Olvasószerkesztő: Kerekes György

Borítóterv: Könczey Elemér

Műszaki szerkesztő: Szilágyi Júlia

Nyomdai munkálatok:

F&F International Kft. Kiadó és Nyomda, Gyergyószentmiklós

Tel./Fax: +40-266-364171

Descrierea CIP a Bibliotecii Naționale a României
BAGYINSZKI, GYULA

Hegesztéstechnika / **Bagyinszki Gyula, Bitay Enikő.**

- **Cluj-Napoca: Societatea Muzeului Ardelean, 2010**

ISBN 978-606-8178-06-6

Vol. 2. : Berendezések és mérések. - **2010. - Bibliogr.**

- **ISBN 978-606-8178-05-9**

I. Bitay, Enikő

621.791

DOI: 10.36242/mtf-09

Tartalom

Előszó	7
Bevezetés	9
1. Hegesztés elektromos berendezései	21
1.1. Elektromosságtani háttérismertetek	21
1.1.1. Elektrofizikai fogalmak	21
1.1.2. Elektrotechnikai elvek és eszközök	31
1.1.3. Elektronikai alapok és félvezető alkatrészek	46
1.1.4. Elektromos hőtechnika	60
1.2. Ívhegesztés berendezései	66
1.2.1. Hagyományos ívhegesztő áramforrások	71
1.2.2. Félvezetős ívhegesztő áramforrások	79
1.2.3. Fogyóelektródás ívhegesztő berendezések	83
1.2.4. Nem fogyóelektródás ívhegesztő berendezések	91
1.3. Ellenállás-hegesztés berendezései	99
1.3.1. Ponthegesztő berendezések	99
1.3.2. Dudor- és csaphegesztő berendezések	108
1.3.3. Vonalhegesztő berendezések	112
1.3.4. Tompahegesztő berendezések	118
1.4. Elektromos hegesztőberendezések alkalmazástechnikai jellemzői	121
1.4.1. Jelzések és jelölések	121
1.4.2. Berendezések védelme, megengedett határértékek	123
1.4.3. Elektromágneses kompatibilitás, zavarcsökkentés	129
1.4.4. Adattábla és információ tartalma	137
2. Hegesztéshez kapcsolódó mérés-, irányítás- és biztonságtechnika	144
2.1. Elektromos mérések	144
2.1.1. Mérőműszerek	144
2.1.2. Feszültség, áramerősség és ellenállás mérése	148
2.1.3. Teljesítmény, teljesítménytényező és munka mérése	154
2.1.4. Frekvencia mérése és oszcilloszkópos vizsgálatok	164
2.2. Egyéb hegesztéssel összefüggő mérések	169
2.2.1. Termikus mérések	169
2.2.2. Mechanikai mérések	181
2.2.3. Geometriai mérések	186
2.2.4. Analitikai mérések	200
2.3. Irányítástechnika	205
2.3.1. Szabályozás	206
2.3.2. Vezérlés	217

Tartalom

2.3.3. CNC-technika.....	229
2.3.4. PLC-technika.....	233
2.4. Elektromos biztonságtechnika.....	236
2.4.1. Előírások elektromos hegesztőberendezésekre	236
2.4.2. Elektromos áram veszélyei, élettani hatásai.....	247
2.4.3. Áramütés elleni megelőző intézkedések, érintésvédelem	251
2.4.4. Teendők áramütés esetén, elsősegélynyújtás.....	260
Melléklet.....	263
Irodalom	267
Welding techniques II. Equipments and measurements (Summary)	273
Contents.....	275
Schweißtechnik II. Anlagen und Messungen (Zusammenfassung)	277
Inhalt	279
Tehnici de sudare II. Echipamente și măsurări (Rezumat)	281
Cuprins.....	283

Előszó

Az ömlesztő és a sajtoló hegesztési eljárások többféle szempont szerint csoportosíthatók, rendszerezhetők, de talán a legjellemzőbb az alkalmazott energia szerinti felosztás. Eszerint megkülönböztethetők elektromos ív- vagy ellenálláshőt, termokémiai reakcióhőt, mechanikai (deformációs és/vagy súrlódási) energiát, részecske- vagy elektromágneses sugárzás energiáját hasznosító hegesztési eljárás csoportok.

Ezen felosztási elvvel nagyrészt összhangban van az ömlesztő és a sajtoló hegesztési eljárások nemzetközi szabványos jelölési rendszere és osztályozása. Az egyes eljárásokat, illetve eljárásváltozatokat azonosító számjel első tagja általában (a legelterjedtebb, legfontosabb eljárások esetében) az alkalmazott energia forrására, a második a technikai megvalósításra (elrendezésre) utal, míg a harmadik a lehetséges eljárásváltozatok további megkülönböztetését szolgálja.

Az alkalmazott energia eredete alapján az ömlesztő hegesztési eljárások között az ívhegesztések, a sajtoló hegesztési eljárások között az ellenállás-hegesztések a legelterjedtebbek, illetve legnagyobb jelentőségűek. Ezt a fontosságot kifejezi az is, hogy az ívhegesztések számjelének első tagja 1-es, az ellenállás-hegesztéseké 2-es. Mindkét eljárás csoport elektromosságtani (elektrofizikai, elektrotechnikai, elektronikai) alapokon áll, és az elektromos hőtechnika alkalmazásait jelenti.

Az elektromos hegesztőberendezések tehát alapfeltételét képezik a hozzájuk kapcsolódó hegesztési eljárásoknak, ezért fontossá válik alapelvük, felépítésük, működésük ismerete. Továbbá ahhoz, hogy hatékonyan kihasználjuk a bennük rejlő lehetőségeket, célszerű foglalkozni alkalmazástechnikai jellemzőikkel: beállítási, illetve beavatkozási lehetőségeikkel, határértékeikkel, munkakörnyezeti hatásaikkal. Ennek szellemében a kapcsolódó mérésekre, irányítástechnikai megoldásokra is figyelmet kell szentelni. Természetesen nem szabad megfedkezni az elektromosság veszélyeiről és azok elhárításáról sem.

Ez a könyv elsősorban az ív- és az ellenállás-hegesztésre koncentrálva foglalkozik az alkalmazható berendezések, eszközök elvi és gyakorlati hátterével, üzemeltetési sajátosságaival, a kapcsolódó mérés-, irányítás- és biztonságtechnikai szempontokkal. Természetesen csak a teljesség igénye nélkül vállalkozik (vállalkozhat) a hegesztéstechnika felsorolt részterületeinek áttekintésére, amelyek alátámaszt(hat)ják, illetve bővít(het)ik a hegesztéssel kapcsolatba kerülők háttérismereteit. Viszonylag tömör, lényegre törekvő formában igyekszik információkat nyújtani Olvasóinak a hegesztés azon részterületeiről – a hegesztőberendezésekről, illetve azok mérés-, irányítás- és biztonságtechnikai vetületeiről –, amelyeket egyszerűen a hegesztéstechnikai háttérhez sorolhatunk.

Abban a reményben, hogy ez a vállalkozás akárcsak részben is megvalósul, sok tanulmányi és munkabeli sikert kívánnak

A szerzők

Bevezetés

A történelmi vaskorszakkal szinte együtt született kötési módszer a kovácshegesztés, ami gyakorlatilag a XIX. század közepéig egyeduralkodó hegesztési eljárásnak számított. Az ezután következő mintegy száz évben a fejlődés rendkívül felgyorsult, a ma ismert szinte valamennyi hegesztési eljárás ebben az időszakban született meg, tudományos kísérletek és kutatások eredményeként. Kivételt talán csak a francia származású angol John Desaguliers által 1724-ben bemutatott hidegsajtoló eljárás jelentett, amikor is két ólomrudat nyomás és csavarás egyidejű alkalmazásával egyesített.

Az anyagtechnológiák, köztük a hegesztés gyors, látványos fejlődése a XIX–XX. század időszakára esik, aminek magyarázata az elektromosság elveinek, eszközeinek, illetve az elektromos hőtechnikának és energiafelhasználásnak ebben az időszakban bekövetkezett nagyarányú térhódításában keresendő (**1. ábra**).

Tehát a hegesztés eszközei és berendezései, valamint mérés- és irányítás-technikai megoldásai az elektromos hőtechnika fejlődéstörténetével párhuzamosan jelentek meg. Így a fizikai, elektrotechnikai alapelveken keresztül értelmezhetők a legfontosabb hegesztési hőforrások, illetve az azokat megvalósító áramforrások is.

1827-ben a német Georg Simon Ohm felismerte az elektromosság áramlását, az áramerősség és a feszültség közötti kapcsolatot, illetve definiálta az elektromos ellenállás fogalmát. Az elektromágnesességet a dán Hans Christian Oersted 1820-ban fedezte fel, az indukció törvényeit az angol Michael Faraday 1831-ben fogalmazta meg, és ez az év jelenti az indukciós hevítés alkalmazásának kezdetét is.

Az elektromos áram hatására létrejövő hőfejlődés törvényét 1841-ben az angol James Prescott Joule fogalmazta meg: „meghatározott idő alatt keletkező hőmennyiség a vezető ellenállásával egyenesen és az árammal négyzetesen arányos”. A német Werner Siemens – a francia André-Marie Ampère nyomdokán – 1866-ban felfedezte az elektrodinamikai elvet és a dinamógépet, amellyel lehetővé vált „bármely tetszés szerinti feszültségű és erősségű elektromos áram előállítása”.

Az ellenállásfűtésnek különleges módját fedezte fel 1866-ban az angol Elihu Thomson, aki két fémrudat erősen összeszorított, és igen nagy áramot vezetett át rajtuk. A viszonylag nagy elektromos ellenállású érintkezési felület ekkor olyan mértékben felmelegedett, hogy a két fémdarab összehegedt. Így született meg az azóta sokféle változatban alkalmazott ellenállás-hegesztés.

Bár az angol Humphry Davy már 1812-ben felfedezte az elektromos ívet, az első ívhegesztő eljárás szabadalmát az angol W. Staite jegyzi 1849-ben. A grafit-elektrodás ívhegesztés továbbfejlesztett változatának 1885-beli megjelenése Nyikolaj Nyikolajevics Benardosz és anyagi támogatója, Sztaniszlav Olsevszkij báró nevéhez fűződik. Grafit-elektrodák és két érintkező fémdarab között elektromos ívet hoztak létre, hogy a képződő olvadék megdermedve a fémdarabokat összekösse.

Bevezetés

TECHNIKATÖRTÉNET VONATKOZÓ IDŐPONTJAI ÉS SZEMÉLYISÉGEI	ELEKTROMOS HŐTECHNIKA FEJLŐDÉSE	SAJTOLÓ HEGESZTÉS FEJLŐDÉSE	ÖMLESZTŐ HEGESZTÉS FEJLŐDÉSE
kb. 3000 éve		kovácshegesztés	
1724 Desaguliers		hidegsajtoló hegesztés	
1802 Vaszilij Petrov	elektromos ív		
1812 Humphry Davy	ív szénrudak között		
1820 H. C. Oersted	elektromágnesesség		
1827 G. S. Ohm	Ohm-törvény: $U = I \cdot R$		
1831 Michael Faraday	indukció törvényei		
1841 J. P. Joule	ellenálláshő: $Q = I^2 \cdot R \cdot t$		
1849 W. Staite			ívhegesztés
1867 Werner Siemens	elektrodinamikai elv		
1877 Elihu Thomson		ellenállás-tompahegesztés	
1885 Ny. Ny. Benardosz			grafitelektrodás ívheg.
1890		dörzshegeszt. szabadalma	
1890 Ny. G. Szlavjanov			fémtelektrodás ívheg.
1896 H. Goldschmidt			termithegesztés
1903		leolvastó tompahegesztés	
1903 E. Fouché			gázhegesztő pisztoly
1904 Le Chatellier			gázhegesztés
1905 Oscar Kjellberg			bevonatos elektróda
1907 M. von Pirani	elektronsugaras olvasztás		
1915		leolvastó tompaheg. gép	
1917 Albert Einstein	lézer alapelv		
1919 Robert-Nuys			védőgázos ívhegesztés
1922 Gerdien-Lotz	plazma (50000 K)		
1924 I. Langmuir			arcatom hegesztés
1929 A. Dulcsevszkij			por alatti ívheg. kísérlet
1930 Fobonoff-Paine			fedett ívű hegesztés
1936 Airco cég			AWI-hegesztés
1948			AFI-hegesztés
1950 Paton Intézet			villamos salakheg.
1950 K. H. Steigerwald			elektronsugaras heg.
1951 Ljubovszkij			CO ₂ -ívhegesztés
1956 Csudikov		ipari dörzshegesztés	
1957		ultrahangos hegesztés	
1960			porbeles huzalos heg.
1960 T. H. Maiman	rubinlézer		
1961			lézeres hegesztés
1963			plazmahegesztés

1. ábra

Az elektromos hőtechnika és a hegesztési eljárások technikatörténeti fejlődése

Nyikolaj Gavrilovics Szlavjanov fejlesztette ki 1890-ben a ma is használatos leolvadó fémelektrodás ívhegesztő eljárást, majd Oscar Kjellberg 1905-ben szabadalmaztatta a bevonatos hegesztőelektrodát.

Hans Goldschmidt 1896-ban mutatta be az aluminotermikus hegesztést, mely áramforrás nélkül állít elő nagy hőmérsékletet. Az acetiléngáz elégetésével megvalósuló lánghegesztés (gázhegesztés) 1904-ben jelent meg Le Chatelier nevéhez kapcsolódóan, amihez Fouché jól használható hegesztőpisztolyt fejlesztett ki 1903-ban.

Az első védőgázos ívhegesztés Robert és Van Nuys jóvoltából 1919-ben vált ismertté, a hidrogén védőgázos változatot Langmuir mutatta be 1924-ben. Fobonoff, Paine és Quillen neve fémjelzi az 1930-ban ismertté vált fedett ívű hegesztést. 1936-tól alkalmazzák a nem leolvadó, azaz volfrámelektrodás, védőgázos ívhegesztést. 1950-ben jelent meg a villamos salakhegesztés a Paton Intézet jóvoltából, 1956-tól került ipari alkalmazásba a dörzshegesztés Csudikov érdemei folytán.

Az ún. nagy energiasűrűségű (nagy teljesítménysűrűségű) hőforrások jellemzően XX. századi vívmányok, közéjük tartozik a plazma, az elektronsugár és a lézer. A plazmával (erősen ionizált, vagyis elektromosan vezető gázokkal) H. Gerdiennnek és A. Lotznak már 1922-ben sikerült kb. 50 000 K állandósult hőmérsékletet elérni. A plazmaállapotot kiváltó elektromos ív megfelelő elrendezésével nemcsak igen nagy hőmérséklet, hanem nagy gázsebességek is elérhetők. Ezt 1954-ben Th. Peters szuperszonikus plazmaégőjével bizonyította be. Az első gyakorlati plazmaíves megmunkálóeszköz az 1955-ben kifejlesztett vágópisztoly volt. Felületkezelési célokra 1961-től, hegesztésre 1963-tól alkalmazzák a plazmát.

Németországban a Siemens cégnél M. von Pirani már 1907-ben szabadalmi jogot kapott az elektronsugarak hőforrásként való alkalmazására, nagy olvadáspontú fémek elektronsugárral történő olvasztására. A mikroszkópiában és a televíziótechnikában megvalósult alkalmazások után – 1950-ben – Steigerwald sikeres kísérleteket végzett elektronsugaras hegesztőberendezéssel, majd 1958–60-ban helyezték üzembe a valóban jól használható gyakorlati berendezések első példányait. Főként a megfelelő vákuumtechnikai feltételek hiánya eredményezte ezt a jelentős „késést” 1907-hez képest, annak ellenére, hogy Otto von Guericke már 1649-ben feltalálta a légszivattyút, illetve felfedezte a vákuumot.

A lézer (LASER = *Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation* = fényerősítés a sugárzás gerjesztett emissziójával) alapvető tulajdonságait Albert Einstein már 1917-ben felismerte, de csak a mézer (MASER = *Microwave Amplification by Stimulated Emission of Radiation* = mikrohullámú erősítés a sugárzás gerjesztett emissziójával) felfedezése (Charles Hard Townes, 1954) után – 1960-ban – sikerült kísérletileg bizonyítani az amerikai Theodore Harold Maiman-nak a mézerben megvalósuló mikrohullámú erősítést, impulzusüzemű rubinlézer berendezéssel, az optikai színtéptartományban is. 1962 óta foglalkoznak szerkezeti anyagok lézeres megmunkálásának technológiáival, köztük a lézeres hegesztéssel.

Bevezetés

Az elektromos hőtechnikát megtestesítő hőforrások, illetve azok hegesztési és egyéb alkalmazásai elektromosságtani, elektrofizikai alapokon állnak, így alapelvük értelmezéséhez fizikai mennyiségeket és mértékegységeket is használni kell. Ezért célszerű feleleveníteni és összefoglalni néhány ide vonatkozó ismeretet.

A fizikai mennyiségek mérések és/vagy számítások eredményei, mérőszám(érték) és mértékegység szorzataként (de a szorzásjel elhagyásával) megadva. Ezeket a mennyiségeket egy mértékrendszer néhány alapegységére vezetik vissza.

Szinte valamennyi országban elfogadott mértékegységrendszer az MKSA (méter – kilogramm – szekundum /másodperc/ – amper) rendszerből létrehozott *Système International d'Unités*, röviden SI, amely 7 alap(mérték)egységet alkalmaz:

Alapmennyiség	Jel	Alap(mérték)egység	Jel
hosszúság	l	méter	m
tömeg	m	kilogramm	kg
idő	t	másodperc	s
(termodinamikai) hőmérséklet	T	kelvin	K
(elektromos) áramerősség	I	amper	A
fényerősség	I_v	kandela	cd
anyagmennyiség	n	mól	mol

2. ábra

Az SI mértékegységrendszer alap(mérték)egységei

Minden más mértékegység ezek szorzataival és hatványaival származtatható (pl. $N = kg \cdot m \cdot s^{-2}$, $Pa = kg \cdot m^{-1} \cdot s^{-2}$, $J = kg \cdot m^2 \cdot s^{-2}$, $W = kg \cdot m^2 \cdot s^{-3}$). Egy fizikai mennyiség dimenziója annak alapmennyiségek szorzataként való előállítását és nem a mértékegységét jelenti (pl. a sebesség dimenziója csak egyféle: $L \cdot T^{-1} = \text{hossz} \cdot \text{idő}^{-1}$, viszont mértékegysége többféle: m/s, m/min, km/h stb. lehet).

A mértékegységek jelei többnyire kisbetűk (pl. m, kg, s, mol, cd), csak a személynevekből származtatott mértékegységek jelölendők nagybetűvel, pl.:

- K Lord Kelvin-ről azaz William Thomsonról (1824–1907),
- A André Marie Ampère-ről (1775–1836),
- N Sir Isaac Newtonról (1643–1727),
- Pa Blaise Pascalról (1623–1662),
- J James Prescott Joule-ről (1818–1889),
- W James Wattról (1736–1819).

Bizonyos SI-rendszeren kívüli (régebbi) mértékegységek széles körű elterjedtségük (pl. óra, tonna, Celsius-fok, liter, bar) vagy éppen a speciális szakterületi kötődésük miatt (pl. elektronvolt [atom- és magfizika], Ångström [atom- és szilárdtestfizika], fényév, parszek [csillagászat], négyszögöl, hektár [földméréstan])

továbbra is használatosak. Ezenkívül egyes országok (pl. Anglia, USA) az SI-rendszer mellett még saját hagyományos egységeiket (pl. hüvelyk, láb, barrel, gallon) is használják.

Abból a célból, hogy a rendkívül kicsi vagy túlságosan nagy számokat elkerüljék, a mértékegységek bizonyos (általában tíz hatványainak megfelelő) többszörösét, illetve tört részét használják, és előtagokkal vagy prefixumokkal (azok rövidített jeleivel) utalnak rájuk:

Előtag	Jel	Tíz hatványa	Számérték
yotta-	Y	10^{24}	kvadrillió
zetta-	Z	10^{21}	trilliárd
exa-	E	10^{18}	trillió
peta-	P	10^{15}	ezerbillió
terra-	T	10^{12}	billió
giga-	G	10^9	milliárd
mega-	M	10^6	millió
kilo-	k	10^3	ezer
hektó-	h	10^2	száz
deka-	da	10^1	tíz
–	–	$10^0 = 1$	egy(ségnyi)
deci-	d	10^{-1}	tized
centi	c	10^{-2}	század
milli-	m	10^{-3}	ezred
mikro-	μ	10^{-6}	milliomod
nano-	n	10^{-9}	milliárdod
pico-	p	10^{-12}	billiomod
femto-	f	10^{-15}	ezerbilliomod
atto-	a	10^{-18}	trilliomod
zepto-	z	10^{-21}	trilliárdod
yokto-	y	10^{-24}	kvadrilliomod

3. ábra

Mértékegységekhez rendelhető prefixumok

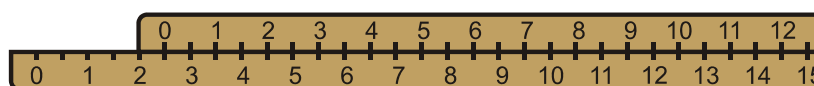
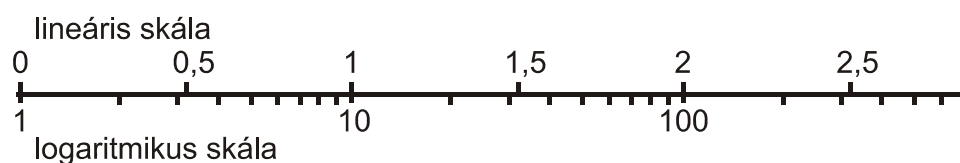
A tömeg esetében az előtagot kivételesen nem a kg-hoz mint alapegységhez, hanem a grammhoz kapcsolják. Az előzőekben említett tízes hatványt úgy választják, hogy a tizedesvessző a bal oldali első számjegy után következzen (pl. 1 mol anyagmennyiség $6,0221367 \cdot 10^{23}$ db, azaz az Avogadro-számnak megfelelő részecskét tartalmaz), vagyis a szám normálalakját adják meg.

A mértékegység prefixuma utal annak valódi nagyságrendjére. Sok esetben ugyanis tévesen használják a különbségek érzékeltetésére a „nagyságrendekkel nagyobb” vagy a „nagyságrendekkel kisebb” kifejezést, ami csak akkor helyénvaló, ha legalább kettő (a többes szám miatt) nagyságrendnyi, azaz 10^2 -szoros (százszoros) különbségről van szó, ami 10 000%-os eltérést jelent. Tehát ha nincs leg-

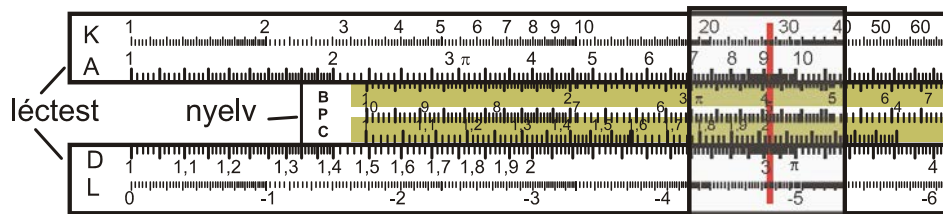
Bevezetés

alább egy nagyságrendnyi (azaz 10-szeres) különbségről szó, de valaki „nagyot” akar mondani, akkor %-ban fejezze ki az eltérést (pl. ha valami háromszor nagyobb, akkor az 200%-kal több).

Valamely mennyiség nagyságrendbeli különbségeit helyesen láttatja, ha értékeit 10-es alapú (Briggs-féle vagy dekadikus) logaritmikus koordinátatengely vagy skála (**4. ábra**) mentén ábrázoljuk. A Henry Briggs által 1615-ben bevezetett tízes alapú logaritmus révén a szorzás és az osztás műveletét az összeadás és a kivonás váltotta fel, mivel $\lg(ab) = \lg a + \lg b$ és $\lg(a/b) = \lg a - \lg b$.



egyszerű összeadóléc $2,5+4,5=7$



szorzás logarléccel $1,5 \times 2 = 3$

4. ábra

A logaritmikus skála és a logarléc

1650 körül alakult ki a logaritmikus skálán alapuló logarléc elterjedt formája. Egy skálabeosztással és számokkal ellátott „nyelv” csúszik az ugyancsak skálával és számokkal ellátott „léctestben”. Egyéb skálabeosztásokat is készítettek pl. a hatványozás, a gyökvonás, a szögfüggvények és a reciprok értékek leolvasására. Több skálabeosztás egyidejű használatát tette lehetővé a „logarléctestben” elcsúszatható ablak, amelyet 1851-ben vezettek be (**4. ábra**). A logarléc – mint az első modern analóg számítógép – használata a számjegyekkel történő számolással szemben két lényeges hátránnyal jár:

1. A gyakorlatban a skálahosszúság határozza meg a számítás pontosságát. A szokásos, 25 cm-es logarlécekkel legfeljebb 0,1% pontosság érhető el. A hen-

geres, csavarvonal mentén elhelyezett skálabeosztású és csavar alakú nyelvvel ellátott logarlécek a 12 m hosszúságot is elérik, és pontosságuk ezért két nagyságrenddel nagyobb. Ennél nagyobb pontosságot logarléccel nem lehet elérni.

2. A tizedesvessző helyét az eredményben nagyságrendszámítással kell meghatározni.

A logarléceket az 1970-es években felváltották a gyorsabb, pontosabb és a nagyságrendet is helyesen ábrázoló elektronikus zsebszámológépek.

A következő táblázat a négy legfontosabb SI-alapegység (méter, kilogramm, másodperc, kelvin) anyagi valósághoz kötött nagyságrendjeit mutatja.

HOSSZÚSÁG méterben	TÖMEG kilogrammban	IDŐ másodpercben	HŐMÉRSÉKLET Kelvinben
10^{24} univerzum	univerzum	univerzum kora	szupernovák
10^{18} Androméda-köd táv.	10^{40} tejútrendszer	10^{15} tejútrendszer forgási periódusideje	10^7 Nap magja
10^{18} tejútrendszer fényév	10^{30} Nap	10^{10} egy évezred egy évszázad	10^6
10^{12} Naprendszer	10^{20} Föld Hold óceán	10^5 egy év egy nap egy óra egy perc	10^5
10^6 Nap Föld	10^{10} évi meteorhullás repülőg.-anyahajó	1 szivverés periódusid.	csillagok felszíne tech. plazmasugár
1 hegy ember	1 5000 karát gyémánt	10^{-5} hallható hangok periódusideje	10^4 Nap felszíne elektromos ív vasolvadék
10^{-6} sejt baktérium	10^{-10} homokszemcse porlasztott csepp	10^{-10} rádióhullámok periódusideje	10^2 víz forrásban cseppfoly. levegő
10^{-12} szerves molekula H-atom	10^{-20} vörösvérsejt influenzavírus	10^{-15} periódusideje látható fényhullám	10 cseppfolyós H_2
10^{-18} atommag elemi részecske	10^{-30} U-atom proton	10^{-20} periódusideje röntgensugárzás	1 univerzum

5. ábra

A négy legfontosabb SI-alapegység anyagi világhoz kötött nagyságrendjei

A 6. és a 7. ábra a műszaki gyakorlat – így a hegesztéstechnika – szempontjából fontos mértékegység-családokat, illetve a gyakrabban használatos nagyságrendjeiket tekinti át.

Bevezetés

mennyiség megnevezése	mennyiség jele	SI-mértékegység	többszörös és tört rész	egyéb mértékegység
elektromos áramerősség	I (Intensity)	A (Amper)	kA, mA, μ A, nA	
elektromos töltés(mennyiség)	$Q = I \cdot t$	$C = As$ (Coulomb)	kC, mC, μ C	Ah
elektromos áramsűrűség	$i = J = I/A$	A/m^2	kA/m^2	A/mm^2 , A/cm^2
elektromos feszültség (potenciálkül.)	U	$V = W/A$ (Volt)	MV, kV, mV, μ V	
elektromos ellenállás	R (Resistivity) = U/I	$\Omega = V/A$ (Ohm)	T Ω , G Ω , M Ω , k Ω , m Ω , $\mu\Omega$	
fajlagos elektromos ellenállás	ρ („ró”) = $R \cdot A/l$	Ωm	G Ωm , M Ωm , k Ωm , m Ωm	$\Omega mm^2/m$
elektromos vezetés	$G = I/U = 1/R$	$S = 1/\Omega = A/V$ (Siemens)	kS, mS, μ S	
fajlagos elektromos vezetőképesség	σ („szigma”) = $R \cdot A/l = \gamma$ („gamma”)	$S/m = 1/\Omega m$	MS/m, kS/m	$m/\Omega mm^2$
egyenáram teljesítménye	P (Power) = $I \cdot U = I^2 \cdot R = U^2/R$	$W = J/s$ (Watt)	MW, kW, mW	
egyenáram munkája	W (Work) = $P \cdot t = I \cdot U \cdot t$	$J = Ws$ (Joule)	kJ, MJ	kWh = 3,6 MJ
látszólagos teljesítmény	$S = U \cdot I$	VA (voltamper)	MVA, kVA	
hatásos teljesítmény	$P = S \cdot \cos \varphi = U \cdot I \cdot \cos \varphi$	W (Watt)	MW, kW, mW	
meddő teljesítmény	$Q = S \cdot \sin \varphi = U \cdot I \cdot \sin \varphi$	var (voltamperreaktív)	kvar	
váltakozó áram munkája	$W = P \cdot t = I \cdot U \cdot \cos \varphi \cdot t$	$J = Ws$ (Joule)	kJ, MJ	kWh = 3,6 MJ
frekvencia vagy rezgésszám	f (frekvency) = $1/T$ (T: periódusidő)	Hz = $1/s$ (Hertz)	THz, GHz, MHz, kHz	
elektromos kapacitás	C (Capacity) = Q/U	$F = C/V = As/V$ (Farad)	mF, μ F, nF, pF	
mágneses permeabilitás	μ („mú”) = $\mu_r \cdot \mu_0$	$\mu_r \cdot 4\pi \cdot 10^{-7}$ Vs/Am = H/m	μ Hm, nHm	
elektromos (ön)induktivitás	$L = \mu \cdot N^2 \cdot A/l$	$H = Vs/A = Wb/m$ (Henry)	mH, μ H, nH, pH	
kapacitív reaktancia	$X_C = 1/(2\pi \cdot f \cdot C)$	Ω (Ohm)	M Ω , k Ω , m Ω	
induktív reaktancia	$X_L = 2\pi \cdot f \cdot L$	Ω (Ohm)	M Ω , k Ω , m Ω	
mágneses indukció vagy fluxussűrűség	$B = \mu_0 \cdot N \cdot I/l$	$T = Vs/m^2 = Wb/m^2$ (Tesla)	mT, μ T, nT	Gs (Gauss) = 10^{-4} T
mágneses fluxus	Φ („fí”) = $B \cdot A$	$Wb = Vs = Tm^2$ (Wéber)	mWb	Mx (Maxwell) = 10^{-8} Wb

6. ábra
Elektromosságtani és mágnességtani mértékegységek

Bevezetés

mennyiség megnevezése	mennyiség jele	SI- mértékegység	többszörös és tört rész	egyéb mértékegység
hosszúság (távolság, átmérő)	l vagy L (Length)	m (méter)	km, dm, cm, mm, μ m, nm	inch (") = 25,4 mm = 0,0254 m
terület	S vagy A (Area) = l^2 ; (kör: $d^2 \cdot \pi / 4$)	m^2 (négyzetméter)	km^2 , dm^2 , cm^2 , mm^2	ha = 10000 m^2 $\square$ -öl = 3,6 m^2
térfogat (köbtartalom)	V (Volume) = l^3 ; $A \cdot l$	m^3 (köbméter)	km^3 , dm^3 , cm^3 , mm^3	liter (l) = dm^3 0,001 m^3
tömeg	m (mass)	kg (kilogramm)	g, mg, μ g	tonna (t) = 1000 kg mázsa (q) = 100 kg
sűrűség	ρ („ró”) = m/V	kg/m^3	g/m^3 (g/cm^3 , kg/dm^3)	t/m^3 , kg/l , g/l , g/ml , g/m^3
idő	t (time) vagy τ („tau”)	s (szekundum)	ms	óra (h) = 3600 s perc (min) = 60 s
sebesség	v (velocity) = l/t ; (kerületi: $d \cdot \pi \cdot n$)	m/s	km/s	km/h = 1/3,6 m/s
gyorsulás	a (acceleration) = v/t	m/s^2	km/s^2 , cm/s^2	
gravitációs gyorsulás	g (gravitational acceleration)	9,80665 m/s^2 (9,81 $\approx$ 10 m/s^2)		
erő	F (Force) = $m \cdot a$	$N = kg \cdot m/s^2$ (Newton)	kN, MN	
súlyerő	G (Gravitational force) = $m \cdot g$	$N = kg \cdot m/s^2$ (Newton)	kN, MN	
(forgató-) nyomaték	M (Moment) = $F \cdot l$ (l : erőkar)	Nm	kNm, MNm	
fajsúly	γ („gamma”) = G/V	N/m^3	kN/m^3	
nyomás	p (pressure) = F/A (hidroszt.: $\rho \cdot g \cdot h$)	$Pa = N/m^2$ (Pascal)	$MPa = N/mm^2$, GPa , kPa	bar = 100000 Pa
mechanikai feszült- ség, szilárdság	σ („szigma”) = F/A	$Pa = N/m^2$ (Pascal)	$MPa = N/mm^2$, GPa	
munka	W (Work) = $F \cdot l$; (emelési: $m \cdot g \cdot h$)	$J = Nm = Ws$ (Joule)	kJ, MJ	$Wh = 3,6$ kJ $kWh = 3,6$ MJ
energia (munka- végző képesség)	E (Energy) = $m \cdot g \cdot h$; $m \cdot v^2 / 2$	$J = Nm = Ws$ (Joule)	kJ, MJ	cal = 4,1868 J
hőmennyiség	Q (Quantity of heat) =	$J = Nm = Ws$ (Joule)	mJ, kJ, MJ, GJ, TJ	cal = 4,1868 J
teljesítmény	P (Power) = $W/t = F \cdot l/t = F \cdot v$	$W = J/s$ (Watt)	μ W, mW, kW, MW, GW	lóerő (LE) = 735,5 W
hőmérséklet	T (Temperature)	K (Kelvin)		Celsius-fok: $^{\circ}C$
hőmérséklet- különbség	ΔT	K (Kelvin)		0 $^{\circ}C = 273,15$ K
fajhő	c (capacity of heat) = $Q/(m \cdot \Delta T)$	$J/(kg \cdot K)$		

7. ábra
Mechanikai és hőtani mértékegységek

Bevezetés

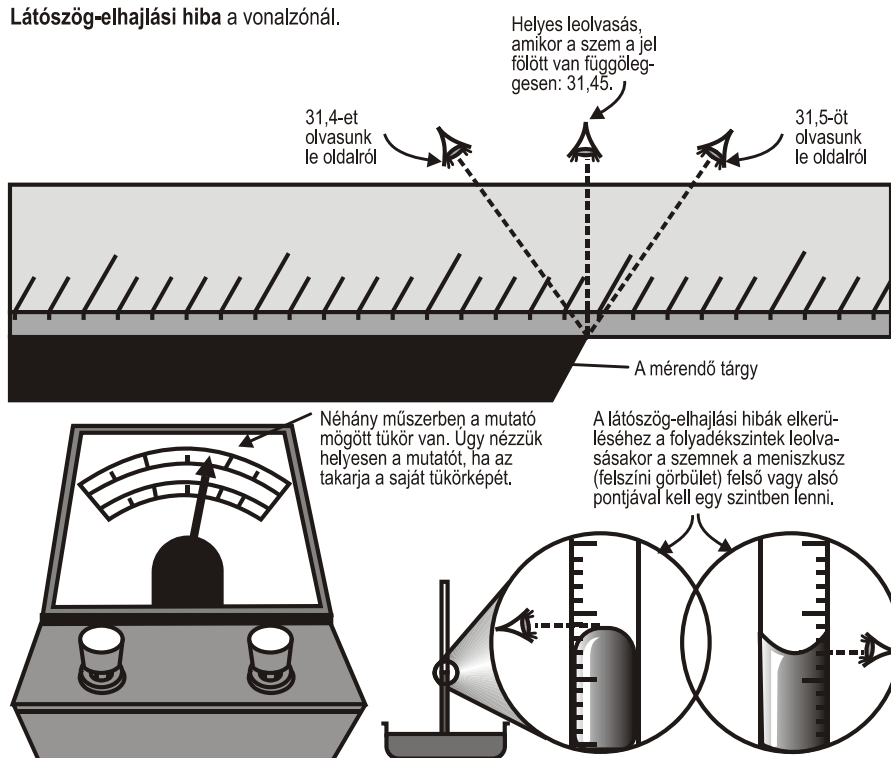
Az ellenőrzés annak megállapítására irányul, hogy a kérdéses objektum (munkadarab, eszköz, berendezés stb.) az előírt vagy elvárt feltételeknek megfelel-e. A mérés az ellenőrzés egyik művelete, melynek során a mérési eredményt valamilyen erre alkalmas fizikai alapmennyiséggel hasonlítják össze. A mérést alkalmas mérőeszközökkel, mérőműszerekkel végzik, amelyeken a mért érték közvetlenül leolvasható. A mért érték tehát egy számérték és egy mértékegység összetételként adódik.

Minden mérésnél előfordulhatnak olyan hibák, amelyeket nem a figyelmetlenség okoz. A leggyakoribb hibaforrások:

- látószögelhajlás (8. ábra);
- nullhiba (9. ábra);
- leolvasási hiba (10. ábra).

Látószög-elhajlási hiba. Ez a hiba akkor fordul elő, ha leolvasáskor a skálára nem pontosan merőlegesen nézünk.

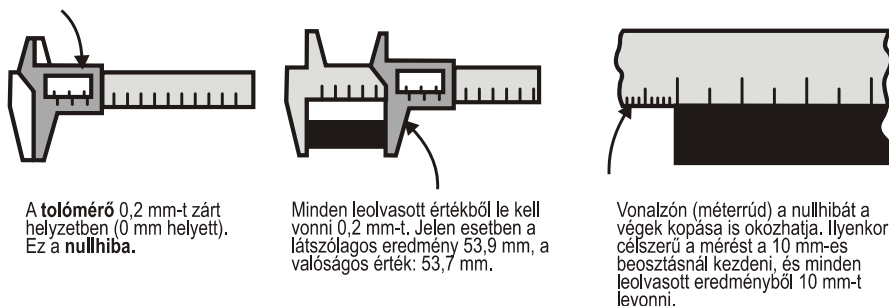
Látószög-elhajlási hiba a vonalzónál.



8. ábra

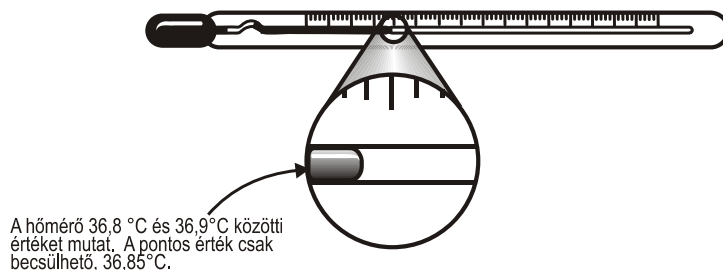
Látószög-elhajlási hiba méréskor

Nullhiba. Ez a hiba akkor fordul elő, ha a mérőműszer alaphelyzetben nem nulla értéket mutat. Ez esetben a műszert vagy be kell állítani, vagy a „pontatlan” nullaértéket meg kell jegyezni, és minden méréskor figyelembe kell venni, a mért értékhez hozzáadni vagy levonni.



9. ábra
Nullhiba mérés során

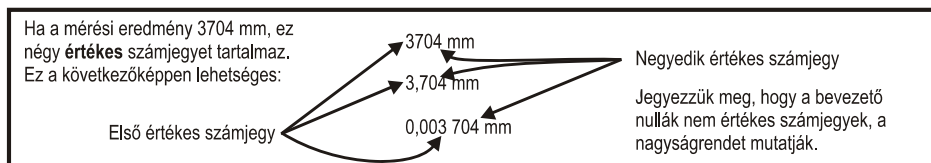
Leolvasási hiba. Ez a hiba akkor fordul elő, amikor a mérési eredmény két skálabeosztás közé kerül, és az eredményt csak becsülni tudjuk.



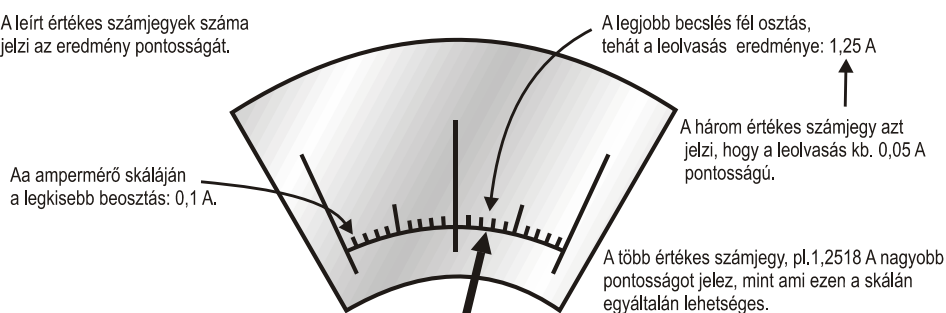
10. ábra
Leolvasási hiba méréskor

A számérték megadásakor bizonyos számú értékes számjegyet kell megadni, ami jelzi a leolvasások pontosságát. A tizedesvessző helyét és általában az utolsó nullákat nem kell figyelembe venni (**11. ábra**). Nagy számok (pl. 283 000) esetén nem lehet megadni, hogy a számjegyek közül mennyi az értékes számjegy (az első három mindenképpen az), mert a nullákra szükség van a nagyságrend meghatározásához. Ezt a problémát lehet elkerülni a már korábban említett nagyságrendjelző kitevők használatával.

Bevezetés



A leírt értékes számjegyek száma jelzi az eredmény pontosságát.



Kerekítés. Az eredmény számjegyeiből az utolsót elhagyjuk és az új számjegyet a lehagyottól függően megváltoztatjuk.

7,3925	(5 értékes számjegy)	Jegyezzük meg, hogy	
= 7,393	(4 értékes számjegyre kerekítve)	29,000	(5 értékes számjegy)*
= 7,39	(3 értékes számjegyre kerekítve)	= 29,0	(3 értékes számjegy)*
= 7,4	(2 értékes számjegyre kerekítve)	= 29	(2 értékes számjegy)*
= 7	(1 értékes számjegyre kerekítve)	= 30	(1 értékes számjegy)*
0,08873	(4 értékes számjegy)		
= 0,0887	(3 értékes számjegyre kerekítve)		
= 0,089	(2 értékes számjegyre kerekítve)		
= 0,09	(1 értékes számjegyre kerekítve)		

Az utolsó esetben a 0 nem értékes számjegy, de le kell írni a nagyságrend miatt (l.lent).

11. ábra
Mérési eredmény értékes számjegyei

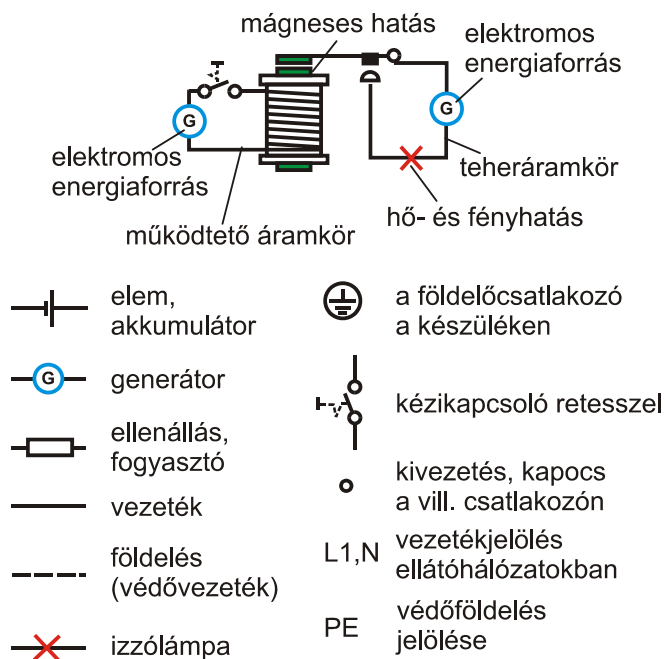
1. Hegesztés elektromos berendezései

1.1. Elektromosságtani háttérismeretek

1.1.1. Elektrofizikai fogalmak

Az elektromos áram

Az elektromosság (elektromos energia) az energiaátalakítások során, azaz csak hatásaiban érzékelhető (**1.1. ábra**). Az elektromosság pl. elektromotorban mechanikai munkává, elektromos fűtőkészülékben hővé, elektromágnesben mágneses erőtérré, izzólámpában fénné (és hővé), elektrolitban kémiai energiává alakul.

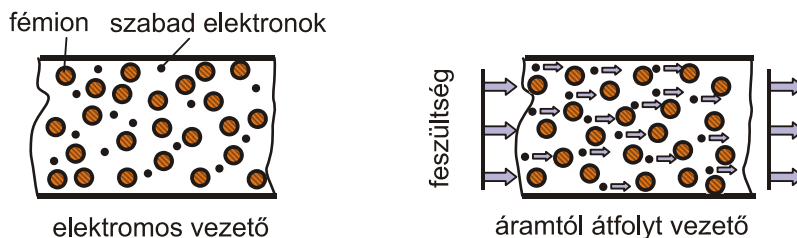


1.1. ábra

Elektromosság hatásai és az áramköri szimbólumok

Elektromos áram folyik egy áramkörben, ha benne elektronok elmozdulnak, áramlanak (**1.2. ábra**). Az $m_e = 9,11 \cdot 10^{-31}$ kg tömegű, $e = 1,602 \cdot 10^{-19}$ C (Coulomb) elektromos töltésű elektronok az elektromos energia hordozói.

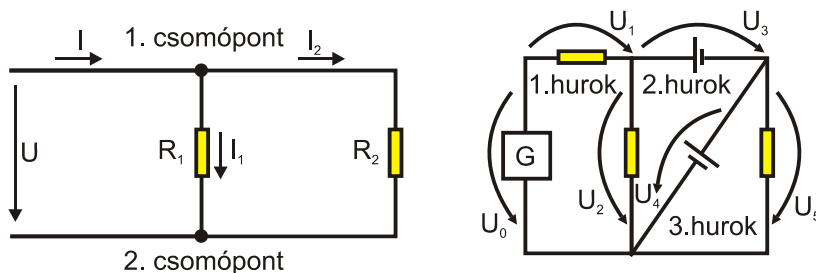
1. Hegesztés elektromos berendezései



1.2. ábra

Elektromos áram vezetőképes anyagban

Az U jelű, V (volt) mértékegységű feszültség mozgatja, áramoltatja az elektronokat az áramkörben, mint ahogyan a nyomás a folyadékot a csővezetékben. Az I jelű, A (amper) mértékegységű áramerősség az áramkörben mozgó, áramló elektronok mint töltéshordozók mennyiségét mutatja időegységre vonatkoztatva, azaz áramerősség = átáramló töltés/eltelt idő. Kirchhoff I. törvénye (ún. csomóponti törvény) értelmében az áramkör valamely csomópontjába befolyó áramok összege megegyezik az onnan elfolyó áramok összegével, azaz a csomópont: $\Sigma I = 0$ (**1.3. ábra**). Kirchhoff II. törvénye (ún. huroktörvény) szerint egy áramkörben az energiaforrások belső feszültségeinek összege egyenlő az egyes ellenállásokon fellépő feszültségesések összegével, azaz a hurokra: $\Sigma U = 0$.



Kirchhoff I. törvénye (csomóponti törvény)

$$1. I + I_1 + I_2 = 0 \Rightarrow I = -(I_1 + I_2)$$

$$2. I_1 + I_2 + I = 0 \Rightarrow I_1 + I_2 = -I$$

Kirchhoff II. törvénye (huroktörvény)

$$1. U_0 + U_1 + U_2 = 0 \Rightarrow U_0 = -(U_1 + U_2)$$

$$2. U_2 + U_3 + U_4 = 0 \Rightarrow U_2 + U_3 = -U_4$$

$$3. U_4 + U_5 = 0 \Rightarrow U_4 = -U_5$$

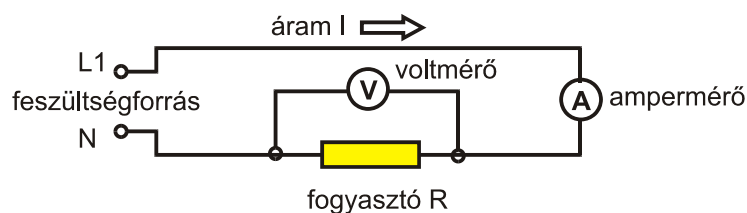
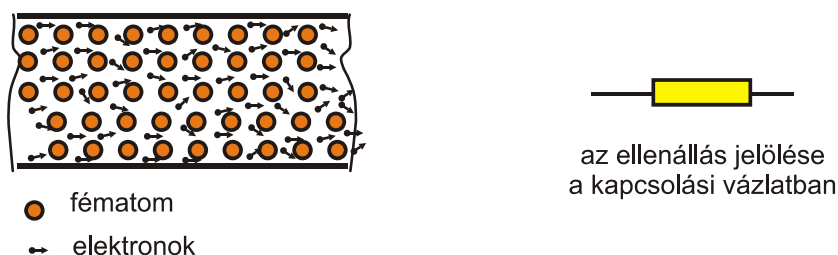
1.3. ábra

Elektromos áramkör csomópontjai és hurkai

Az áramkörben az elektronok áramlása nem akadálytalan, hanem ellenállásba ütközik. Ezt az ellenállást azok az anyagok fejtik ki, amelyekből az áramköri elemek készültek (**1.4. ábra**). Az anyagok elektromos ellenállásának jellemzése szempontjából legnagyobb jelentősége a fajlagos elektromos ellenállásnak (ρ

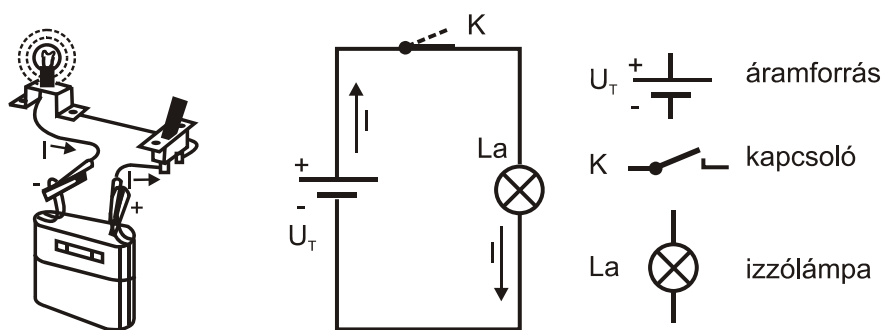
1. Hegesztés elektromos berendezései

$[\Omega m]$), illetve reciprokanak a fajlagos elektromos vezetőképességnek (σ $[(\Omega m)^{-1}]$) van. Az elektromos vezetőképesség (σ) és a hővezető képesség (λ) kapcsolatba hozható egymással, hiszen a jó vezetők minősülő fémekben mindkettőt a szabad elektronok eredményezik. Az elektromos vezetőképességet – a hővezető képességhez hasonlóan – az ötvöztetés és a szennyezés, illetve az egyéb kristályhibák (beleértve az azokat generáló hatásokat, pl. képlékeny hidegalakítás) rontják.



1.4. ábra
Elektromos ellenállás

Egyszerű áramkör egy vagy több elemből (áram-, pontosabban feszültségforrásból), kapcsolóból és egy „fogyasztóból”, például izzóból áll. Ezt az áramkört találhatjuk minden zseblámpában, és ez látható leegyszerűsítve a **1.5. ábrán** is.

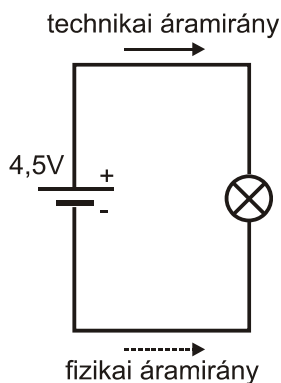


1.5. ábra
Egyszerű elektromos áramkör

1. Hegesztés elektromos berendezései

Nyitott kapcsolóállásnál az áramkör meg van szakítva, és csak a kapcsoló zárása után folyik az áramkörben áram, és világít az izzó. A laposelem az áramforrás, amelynek van egy pozitív és egy negatív sarka, más néven pólusa. Zárt kapcsolóállás esetében az I áram a pozitív pólustól az izzóhoz „folyik”, majd onnan vissza a negatív pólushoz. Az áram tehát a pozitív pólustól a negatív pólushoz folyik; ez az ún. technikai áramirány.

Az áram nem más, mint a negatív töltésű részecskék (az elektronok) mozgása. E mozgás két alapvető jellemzője az irány és az intenzitás vagy áramerősség. Az utóbbi fizikai mennyiség mértékegységének elnevezése amper, ami a francia fizikus André Marie Ampère nevéből származik. Az amper rövidítése A, míg az áramerősség és az áram mint fogalom rövid jele I . Az elektronikával foglalkozók „műszaki rajza” a kapcsolási rajz (**1.5. ábra** közepén). Ezzel minden elektronikai áramkör (vagy kapcsolás) egyértelműen ábrázolható (például az említett zseblámpa kapcsolása). A **Mellékletben** megtalálható az elektromos kapcsolási rajzjelek kivonata. Az ábrán jelölve van a technikai áramirány is (a + pólustól a – pólus felé mutató nyíl).



1.6. ábra

Technikai és fizikai áramirány

Minden elemnek két kivezetése vagy pólusa van: egy pozitív (+) és egy negatív (–). A + (plusz) „több” mint a – (mínusz), ezért minden technikával foglalkozó ember számára természetes volt, hogy az áram a pozitív pólustól a negatív felé folyik. Ezt hosszú ideig elfogadták, és addig nem vitatták, míg a fizikusok megállapították az ellenkezőjét: az elektromos áram valójában a mínusztól a plusz felé halad. Hogy ne okozzanak zavart, kétféle áramirányban állapodtak meg a szakemberek: a technikaiban, mely a pozitív pólustól a negatív felé folyik, és az ellentétes irányú fizikaiban, vagyis a mínusztól a plusz felé haladóban (**1.6. ábra**).

Az elektromos feszültség

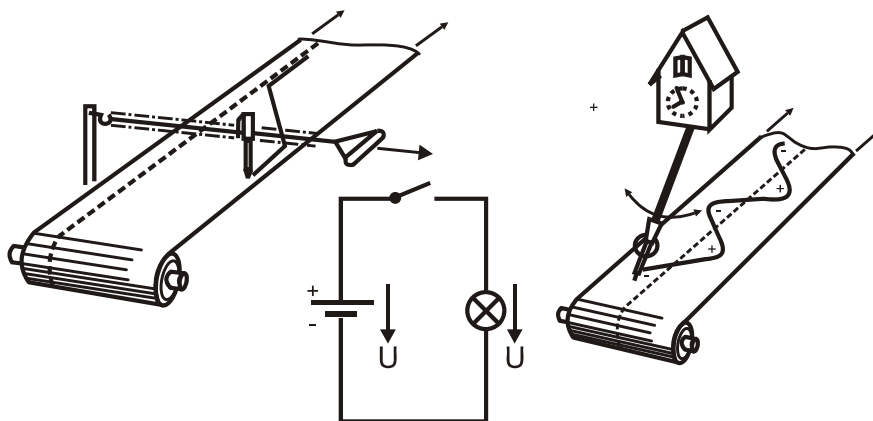
Az elektromos feszültség a vízerőműnél fennálló szintkülönbséghez hasonlítható, csak nem víz szenteséséről van szó, hanem elektromos töltések „folynak maga-

1. Hegesztés elektromos berendezései

sabb" szintről egy „alacsonyabb” szint felé. A feszültség a töltéssel rendelkező elemi anyagrészecskéket – elektronokat – úgy hajtja át a vezető keresztmetszetén, mintha mechanikai erő lenne. A feszültség hatása csak akkor észlelhető, ha ténylegesen áram folyik. A feszültségmérő eszközöknél is ez a helyzet: a mérőműszer tulajdonképpen a mérhető áramerősség alapján mutatja ki a feszültséget.

Az áramkörben folyó áram is szemléltethető a vízes hasonlattal: ez az ejtőcsőben átfolyó vízmennyiséggel analóg elektromos jellemző, illetve mennyiség (a szó fizikai fogalom értelmében). A cső keresztmetszete pedig az elektromos ellenállással hasonlítható össze. Nagyobb feszültségkülönbség (~ vízszintkülönbség) és/vagy nagyobb vezeték-keresztmetszet (~ ejtőcső keresztmetszet), azaz kisebb ellenállás erősebb áramot (~ vízfolyást) hoz létre.

A váltakozó feszültség (például a dugaszoló aljzatokban lévő 50 Hz frekvenciájú 230 V-os hálózati feszültség) esetében a következő folyamat játszódik le másodpercenként ötvonszer: a feszültség nulláról maximális értékére növekszik (a periódusidő első negyede alatt). Ezután megint nullára csökken (második periódusnegyed), hogy ellenkező előjellel – ez a pólusváltás vagy átpolarizálás – a negatív irányú maximumát érje el (harmadik periódusnegyed). Végül ismét visszatér a nulla értékhez, hogy pontosan egy teljes periódusidő ($1/50$ s) elteltével az egész folyamat újra előlről kezdődjön. A feszültség (és természetesen a vezetéken átfolyó áramerősség) nagysága ezalatt egy szinuszgörbe szerint változik. Ilyen görbét például úgy lehet előállítani, hogy egy inga lengőmozgását ráerősített íróeszkővel egy alatta egyenletesen mozgatott papírszalagra rajzoltatjuk (**1.7. ábra**).



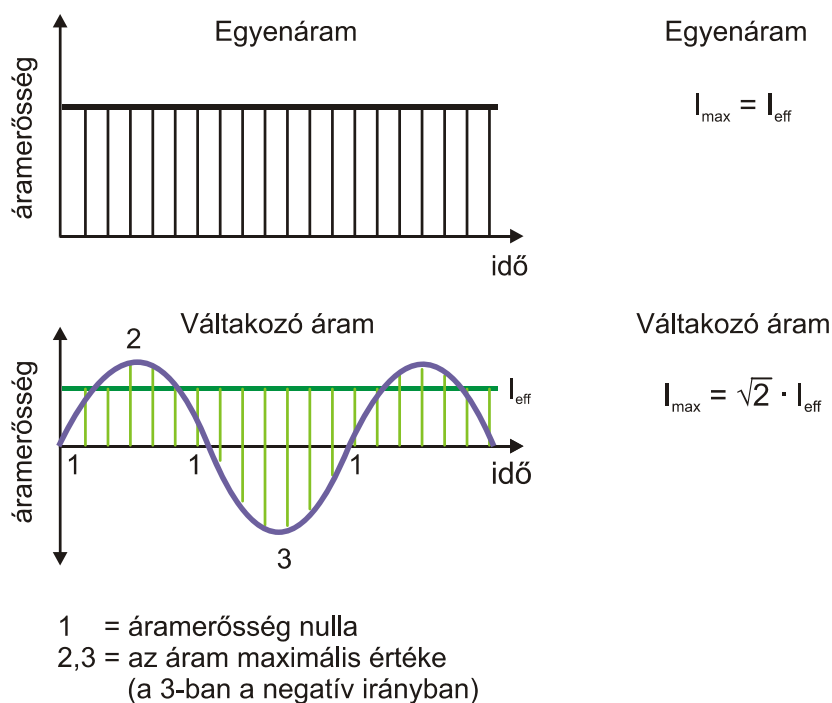
1.7. ábra

Egyenfeszültség és váltakozó feszültség értelmezése

Az egyenfeszültséget az **1.7. ábra** bal oldalán látható, egyenes szakaszokat tartalmazó görbe szemlélteti, ahol az alapvonaltól mérhető távolság a feszültség nagyságára (és polaritására is) jellemző. Az elektromos feszültség mértékegysége az olasz Alessandro Volta fizikus nevéből származóan kapta a volt (rövidítve V) elnevezést, a fogalom rövid jele U.

1. Hegesztés elektromos berendezései

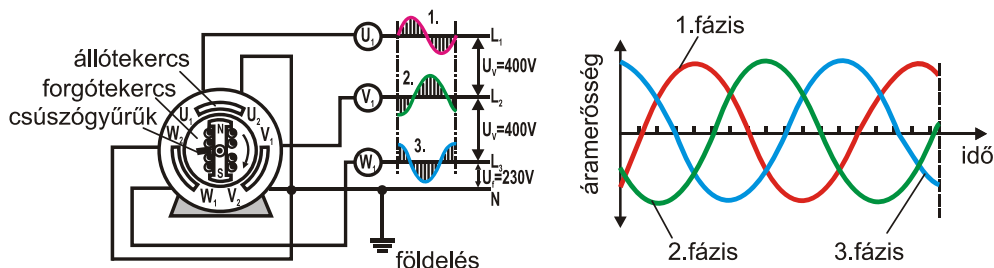
Egyenáram (-) esetén az elektronok az áramkörben egy irányba, a negatív (-) pólustól a pozitív (+) felé áramlanak. Váltakozó áram (~) esetén az elektronok az adott frekvenciának megfelelően váltakozó irányban áramlanak. 50 Hz-es hálózati frekvenciát alapul véve, egy másodperc alatt 100-szor változik az áramirány (polaritás), illetve a feszültség is pl. egy szinuszgörbének megfelelően alakul. Ez azt jelenti, hogy nulláról egy maximum értékig emelkedik, majd lecsökken nullára, illetve egy minimum értékre és újra növekszik. A szinuszosan váltakozó áramú hálózat feszültségét effektív értékben adják meg, ami egy ugyanilyen teljesítményű egyenáramú kör feszültségének felel meg (**1.8. ábra**). Pl. $U_{\text{eff}} = U_{\text{max}} / \sqrt{2} = 325 / \sqrt{2} = 230 \text{ V}$.



1.8. ábra
Egyen- és váltakozó áram

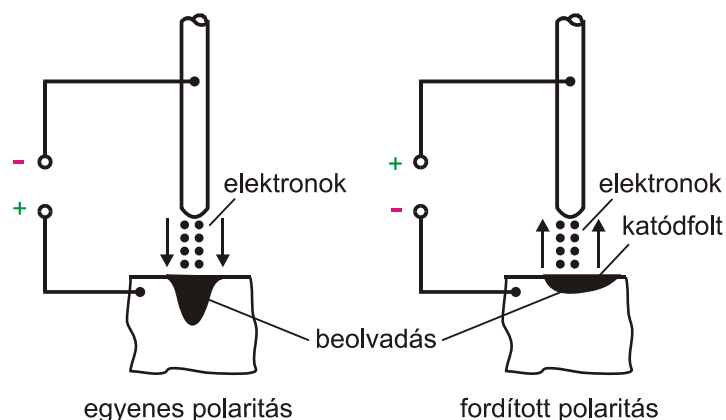
A háromfázisú elektromos hálózatban az egyes fázisvezetők (L1, L2, L3) és a nullvezető (N) között 230 V, míg az egyes fázisvezetők között $\sqrt{3} \cdot 230 = 400 \text{ V}$ feszültség mérhető (**1.9. ábra**).

1. Hegesztés elektromos berendezései



1.9. ábra
Háromfázisú elektromos áram

Ha például egyenáram alkalmazásakor egy hegesztőelektroda a negatív pólusra van kapcsolva, akkor egyenes, ha a pozitívra van kapcsolva, akkor fordított polaritásról van szó (**1.10. ábra**). A katódfolt melegebb helyről hidegebb helyre nehezen vihető át, ezért fordított polaritás esetén a katódfolt „leragad” az elektróda elmozdításakor, megnehezítve a hegesztőív vezetését.



1.10. ábra
Egyenes és fordított polaritás ívhegesztő áramkörben

Az Ohm-törvény és az elektromos ellenállás

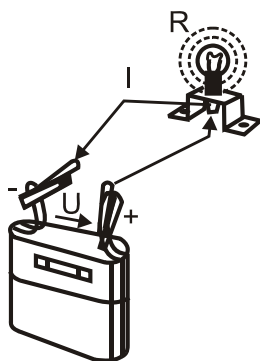
Georg Simon Ohm német természettudós 1826-ban írta le az áramerősség, a feszültség és az ellenállás közötti összefüggést. Ez a törvény az elektromosságtan legalapvetőbb szabálya, melyet Ohm-törvénynek neveznek. Az elektrotechnikában felmerülő sok működés ezen az összefüggésen alapszik. Az Ohm-törvény kimondja: ahhoz, hogy az 1 ohm nagyságú ellenálláson 1 amper erősségű áram folyjon át, 1 volt feszültségkülönbségre van szükség a két végpontja között. Másképpen: egy vezetén átfolyó áram erőssége a rajta mérhető feszültségkülönbséggel arányos, ahol az arányossági tényező az ellenállás.

1. Hegesztés elektromos berendezései

Kapcsolásokat kitalálni, megépíteni vagy javítani a következő három szabály ismeretében lehet:

1. A feszültséget osztva az ellenállással megkapjuk az áramerősséget: $U/R = I$.
2. A feszültséget osztva az áramerősséggel megkapjuk az ellenállást: $U/I = R$.
3. Az ellenállás és az áramerősség szorzata a feszültség: $R \cdot I = U$.

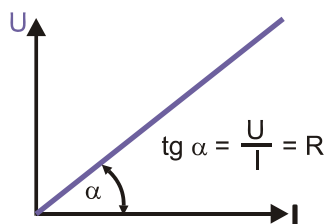
Például 4,5 V és 10 ohm mellett csak 0,45 amper (vagy 450 milliamper) erős-ségű áram folyhat (**1.11. ábra**).



1.11. ábra

Feszültség – áramerősség – ellenállás egy egyszerű áramkörben

Tehát A keresztmetszetű anyag L távolságú két pontja között létesített U elektromos feszültség akkora I elektromos áramot (töltésáramlást) indít meg, amit Ohm-törvénye határoz meg az anyaghőmérséklettől függő, R jelű Ω (Ohm) mértékegységű ellenállása (rezisztenciája) révén: $I = U/R$ (**1.12. ábra**). Átrendezve: $U/I = R = \rho \cdot L/A = R_0(1 + \alpha_R \cdot T) = R_0(1 + [\alpha_p - \alpha] \cdot T)$, ahol α_R az ellenállás, míg α_p a fajlagos ellenállás 10^{-3} nagyságrendű hőmérsékleti együtthatója (temperatúra-koefficiense), illetve α a 10^{-6} nagyságrendű lineáris hőtágulási együttható.

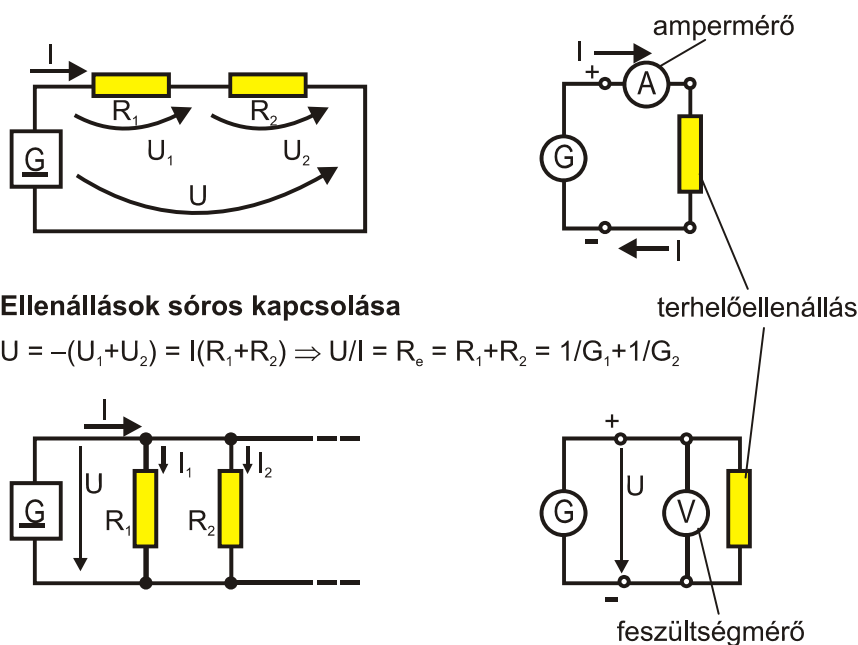


1.12. ábra

Az Ohm-törvény grafikus ábrázolása

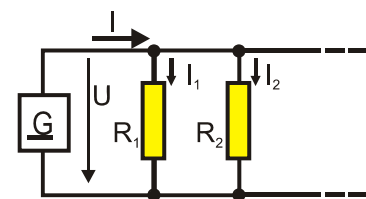
A vezető L hosszával egyenesen, A keresztmetszetével fordítottan arányos R elektromos ellenállás reciproka a G jelű és S (Siemens) mértékegységű elektromos vezetés (konduktancia). Ha ellenállásokat egy áramkörben sorba kapcsolnak,

akkor az eredő ellenállás az egyes részellenállások összege: $R_e = \sum R_i$, mivel a huroktörvény értelmében a rajtuk átfolyó áram erőssége azonos, a feszültségesések pedig az ellenállások arányának megfelelőek. Párhuzamos kapcsoláskor az eredő vezetés egyenlő az egyes részvezetések összegével, $G_e = \sum G_i$, ugyanis a csomóponti törvény szerint a rajtuk eső feszültség azonos, míg az áramerősség megoszlik rajtuk (1.13. ábra).



Ellenállások sósos kapcsolása

$$U = -(U_1 + U_2) = I(R_1 + R_2) \Rightarrow U/I = R_e = R_1 + R_2 = 1/G_1 + 1/G_2$$



Ellenállások párhuzamos kapcsolása

$$I = -(I_1 + I_2) = U(G_1 + G_2) \Rightarrow I/U = G_e = G_1 + G_2 = 1/R_1 + 1/R_2$$

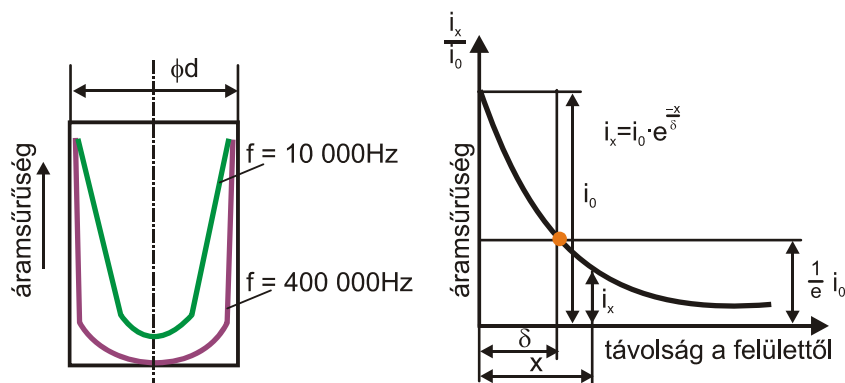
1.13. ábra

Ellenállások soros és párhuzamos kapcsolása

A szabad elektronok anyagbeli ütközéseik során mozgási energiát adnak le, és rezgésbe hozzák a fématomokat (fémionokat), aminek hatására a vezetőanyag hőmérséklete emelkedik. Az elektromos árammal együtt t idő alatt hőáram is mindig kialakul, ami Joule-hőként (Q) melegedést okoz: $Q = I^2 \cdot R \cdot t$ [J]. Ezt a hőfejlődést az is befolyásolja, hogy az I árammal átfűrt A anyagkeresztmetszeten mekkora $i = I/A$ [A/mm²] áramsűrűség alakul ki.

Váltakozó árammal átfűrt vezetőkben a szkinjelenség („bőrhatás”) érvényesül, vagyis a vezető felületén az áramsűrűség megnő (1.14. ábra). Ez a hatás frekvenciafüggő, és nagyobb frekvenciákon egyre erősebb, ezért a MHz, GHz tartományban üzemelő vezetők felületét igen jó vezetőképeségű anyaggal (pl. Ag, Au) vonják be.

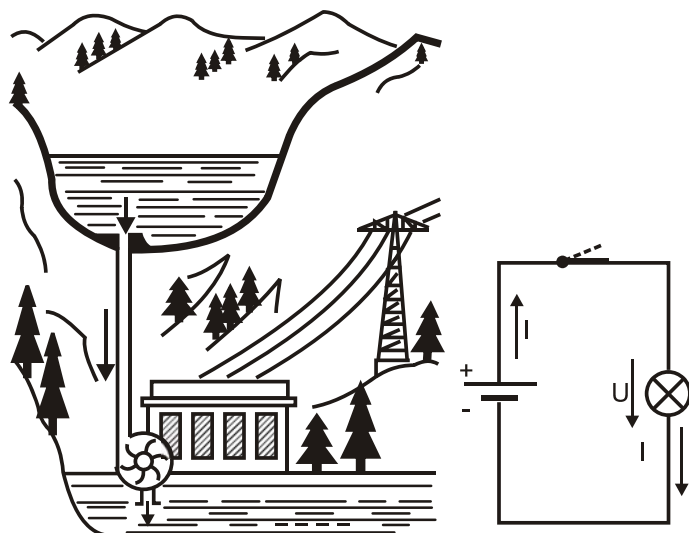
1. Hegesztés elektromos berendezései



1.14. ábra
Elektromos szkinhatás

Az elektromos teljesítmény és munka

Az **1.15. ábrán** egy vízerőmű vázlatja látható. A magasan levő víztárolóból egy ejtőcsövön át zúdul a víz az alul lévő turbinába. Ennek teljesítménye annál nagyobb, minél nagyobb a víz esése, illetve az ebből adódó víznyomás (~ a feszültség). Ezenfelül meghatározó még a másodpercenként a turbinákhoz alázúduló víz mennyisége is (~ az áramerősség). Hasonló a helyzet az elektromos teljesítmény vonatkozásában is.



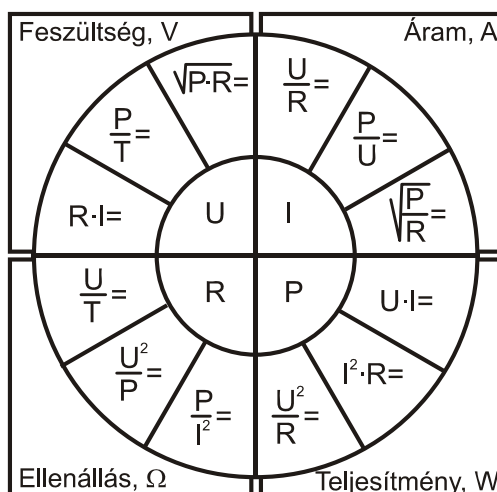
1.15. ábra
Elektromos teljesítmény értelmezése

1. Hegesztés elektromos berendezései

Egyszerű áramkörökben az elektromos teljesítmény a fogyasztóra (pl. izzó) jutó feszültségeséstől és a rajta áthaladó áram erősségétől függ. Az elektromos teljesítmény a két érték szorzata: $P = U \cdot I$. A teljesítmény rövid jele P , mértékegysége a watt [$W = V \cdot A$], aminek elnevezése az angol nemzetiségű James Watt feltaláló nevéből származik.

Minden áramkörben az elektronok mozgása teljesítményt ad le (pl. egy izzólámpa világít, egy motor forog vagy egy anyag megolvad), vagyis munkavégzés történik. A W jelű, J (Joule) mértékegységű elektromos munka a P teljesítmény és az eltelt t idő szorzata: $W = P \cdot t = U \cdot I \cdot t$.

A négy alapfogalom (feszültség, áramerősség, ellenállás és teljesítmény) értékeivel számolhatók ki, illetve ezekkel jellemezve dokumentálhatók az elektrotechnikával kapcsolatos jelenségek és folyamatok lefolyása, illetve kapcsolatai. A **1.16. ábrán** bemutatott függvénykör ezt segítheti elő. Könnyen megtalálható az az összefüggés, amelyik egy adott jellemző nagyságának meghatározásához szükséges. A keresett érték kiszámolásának lehetőségei mindig egy körnegyedben vannak. Csak az ismert adatokat kell a megfelelő képletbe behelyettesíteni a hiányzó érték kiszámolásához.



1.16. ábra
Elektromos függvénykör

1.1.2. Elektrotechnikai elvek és eszközök

Az ellenállás mint ohmos jellegű áramköri alkatrész

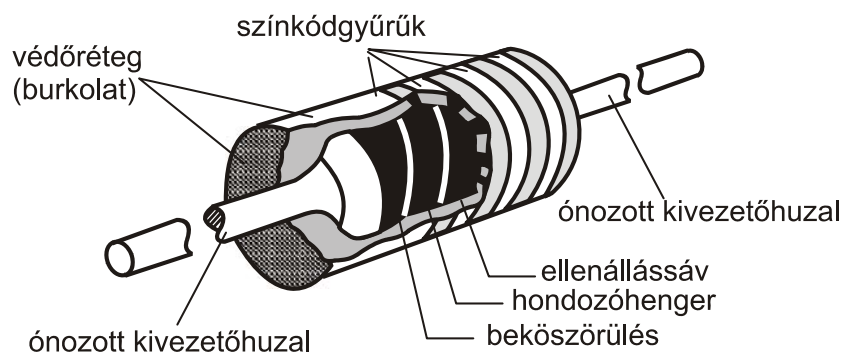
Ha egy fémes anyagú vezetékben elektromos áram folyik, akkor ott a negatív töltésű szabad elemi anyagrészekék, azaz az elektronok mozognak. Ez az elemi elmozdulás természetesen mindig csak egy éppen üres helyre történhet, és az eköz-

1. Hegesztés elektromos berendezései

ben felszabadult helyre kerülhet csak azután egy másik elektron. Ez az áram(lás) nem folyhat akadálytalanul, mivel a vezeték „rögzített” atomjai gátolják, vagyis ellenállás lép fel vele szemben. Az azonos nevű elektronikai alkatrészek esetében éppen ez a – meghatározott nagyságú – ellenállás a megkívánt jellemző tulajdonság. Ezeket az alkatrészeket valamilyen rosszabbul vezető anyagból, például konstantánból készítik, melynek az atomjai az elektronáramlást pl. a rézhez viszonyítva jobban nehezítik. Az ellenállás az áramerősséget a kapcsolásban megengedhető értékre csökkenti, illetve az előírtra korlátozza.

Egy széles kapubejárón viszonylag sok ember haladhat át egyidejűleg. Ha viszont a bejáratba egy forgókeresztet tesznek, azonos idő alatt jóval kevesebb ember lesz képes azon átréselődni. Hasonló a helyzet egy ellenállásnál, vagyis adott idő alatt ezen is csak kevesebb elektron tud áthaladni.

Ellenállásokat sokféle formában, nagyságban és értékkel gyártanak, így minden feladatra beszerezhető megfelelő példány. Az elektronikai iparban a szénréteg-ellenállásokat használják a legelterjedtebben. Ezek egy rendszerint kerámia anyagú hengeres hordozóra felvitt szénrétegből vannak. Az ellenállás nagysága a szénréteg vastagságától függ elsősorban. A csatlakozóhuzalok a szénréteghez kapcsolódnak. Utóbbit a sérülések és a környezeti behatások ellen festékbevonat és színkódgyűrűkkel is ellátott védőburkolat óvja. A **1.17. ábra** szerinti sematikus metsetrajz ezt a felépítést mutatja be.

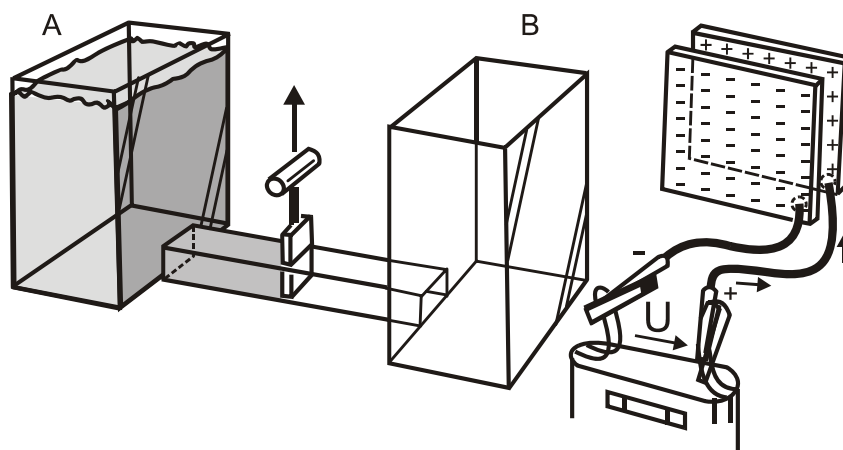


1.17. ábra
Az ellenállás mint áramköri alkatrész

A szabványos értéksorozat betarthatósága érdekében a szénréteget spirálvonalban köszörüléssel felhasítják. így az átfolyó áram egy spirálformára tekercselt szalagsávon kénytelen haladni, és a tényleges ellenállásérték ennek a spirálnak a sűrűségétől, emelkedésétől függ. Kis emelkedésnél a szalag keskeny és hosszú, az áram útja is hosszabb, mint a széles spirálnál. A tulajdonképpeni ellenállásút tehát a szigetelő hordozóra „feltekercselt” menetrétegből áll.

A kondenzátor mint kapacitív jellegű áramkörü alkatrész

Az **1.18. ábrán** látható két víztartály közül csak az A van megtöltve, az összekötő csövet tolózár elzárja, a B tartályba tehát nem folyik át a víz. Ezenfelül mindkét tartály azonos magasságban van. Amint a tolózár szabaddá teszi a víz útját, az viszonylag nagy sebességgel kezd el A-ból B-be folyni. A-ban a vízszint folyamatosan süllyed, és ezáltal a vizet B-be áthajtó nyomás is állandóan csökken. Ezért az átfolyási sebesség is egyre lassabb lesz. Amint B állandóan emelkedő vízszintje azonos magasságba kerül az időközben lejjebb ereszkedett A vízszinttel, az áramlás teljesen leáll.

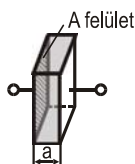


1.18. ábra
Kondenzátor működési elve

A legegyszerűbb esetben hasonlóan működik a kondenzátor is. Ez két egymással szemben elhelyezett, de nem érintkező lemezből áll. Ha a két lemezre – szaknyelven „fegyverzetre” – különböző nagyságú elektromos feszültséget – „potenciált” – juttatnak, az első pillanatban a kondenzátoron át elméletileg végtelen nagy áram indul meg a nagyobb potenciálú ponttól a kisebb potenciálú pont felé. Eközben a kondenzátor fegyverzetén egyre több elektromos töltés halmozódik fel, ezért az áram erőssége fokozatosan csökken. Amint a kondenzátor „feltöltődött”, többé áram nem folyik. Ha a kondenzátor pólusain a feszültségviszonyokat megcseréljük, az áramkörben újra áram fog folyni, de ellenkező irányban. Eközben a kondenzátor először „kiürül” – szaknyelven „kisül” –, és ha a feszültségforrás továbbra is rákapcsolva marad, újra feltöltődik, csak ellenkező polaritással. A leírtak miatt a kondenzátor az elektromos energia tárolására alkalmas alkatrésznek tekinthető. A tárolóképeség – szaknyelven kapacitás – mértékegysége farad (jele F). Az **1.19. ábrán** kondenzátorok kapcsolásai és elektromos terének jellemzői láthatók.

1. Hegesztés elektromos berendezései

Kapacitás, kondenzátor



$$C = \frac{\epsilon_0 \cdot \epsilon_r \cdot A}{a}$$

$$[C] = 1 \frac{A \cdot s}{V} = 1 F = 1 \text{ Farad}$$

$$1 \text{ mikrofara} = 1 \mu F = 10^{-6} F$$

$$1 \text{ nanofara} = 1 nF = 10^{-9} F$$

$$1 \text{ pikofara} = 1 pF = 10^{-12} F$$

$$Q_0 = Q_1 = Q_2 = Q_3 = Q_4 = \dots = Q_n$$

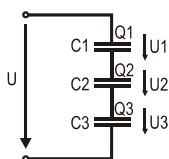
$$U = U_1 + U_2 + U_3 + U_4 + \dots + U_n$$

$$\frac{1}{C_0} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \dots + \frac{1}{C_n}$$

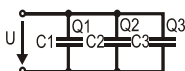
$$C_0 = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2}$$

$$C_1 = \frac{C_2 \cdot C_0}{C_2 - C_0}$$

Soros kapcsolás



Párhuzamos kapcsolás



$$Q_0 = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + \dots + Q_n$$

$$U = U_1 = U_2 = U_3 = U_4 = \dots = U_n$$

$$C_0 = C_1 + C_2 + C_3 + C_4 + \dots + C_n$$

A felület, m²

V villamos tér térfogata, m³

W energia, W·s vagy J

C kapacitás, F

C₀ kapcsolás összes kapacitása, F

C₁, C₂, C₃,... az egyes kapacitások, F

Q₀ az összes töltés, A·s vagy C

Q₁, Q₂, Q₃,...Q_n az egyes töltések, A·s vagy C

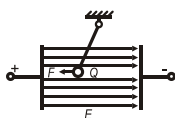
U₀ az összes feszültség, V

U₁, U₂, U₃,... az egyes feszültségek, V

Néhány szigetelőanyag relatív permittivitása, ε_r

	ε _r
Levegő	≈1
Polisztirol	2,5
Csillám	7
Keménypapír	8
Tiszta víz	80,4
Bárium-titanát	1000...2000

Erőhatás a villamos térben



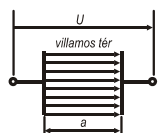
A Q₁ és Q₂ pontszerű töltések közötti erőhatás

$$F = K \frac{Q_1 \cdot Q_2}{l^2} \quad K = 9 \cdot 10^9 \frac{N \cdot m^2}{(A \cdot s)^2}$$

A Q töltésre homogén F=E·Q térben ható erő

$$[F] = \frac{V}{m} \cdot A \cdot s = \frac{W \cdot s}{m} = \frac{N \cdot m}{m} = N$$

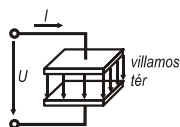
A villamos térerősség



$$E = \frac{U}{a} \quad E = \frac{F}{Q}$$

$$[E] = \frac{N}{C} = \frac{N \cdot m}{C \cdot m} = \frac{W \cdot s}{A \cdot s \cdot m} = \frac{V}{m}$$

Töltés, fluxussűrűség



$$Q = I \cdot t = C \cdot U \quad C = \frac{Q}{U}$$

$$D = \frac{Q}{A} = \epsilon_0 \cdot \epsilon_r \cdot E$$

$$W = \frac{Q \cdot U}{2} = \frac{C \cdot U^2}{2} \quad W = \frac{D \cdot E}{2} \cdot V$$

F erő, N

E villamos térerősség, V/m

Q villamos töltés, A·s vagy C

1 coulomb = 1C = 1 A·s

K állandó

l a töltések középpontjának távolsága, m

U feszültség, V

a távolság, m

Az E₀ átütési szilárdság az a villamos térerősség, amelynél a szigetelőanyag elektromos vezetővé válik.

Megjegyzés: a levegő normál légnyomáson mért átütési szilárdsága 30 kW/cm

I közepes töltőáram-erősség, A

t töltési idő, s

D villamos töltéssűrűség, C/m² vagy A·s/m²

ε₀ = 8,85·10⁻¹² A·s/(V·m) a vákuum

permittivitása

ε_r szigetelőanyagtól függő relatív

permittivitás

1.19. ábra

Kondenzátorok kapcsolása és villamos tere

1. Hegesztés elektromos berendezései

Egyenfeszültség esetén tehát a kondenzátoron „át” csak a feszültség rákapcsolása utáni pillanat(ok)ban folyik áram. A töltések felhalmozódása, a feltöltődés után a kondenzátor végtelen nagy ellenállásként viselkedik az áramkörben. Csak a rákapcsolt feszültség irányának – „polaritásának” – megcserélése után folyik újra áram, megint csak rövid időre. Ha egy újabb átpolarizálás olyan gyorsan következik be, hogy még folyik a kondenzátorból az előző állapot által létrehozott áram, akkor a kondenzátor látszólagos „vezetőképessége” folyamatosan megmarad.

Váltakozó feszültség esetén tehát a töltések a kondenzátor fegyverzetén ide-oda „pendliznek”. Ezáltal úgy tűnik, mintha az áram átfolyna a kondenzátoron, azaz közönséges ellenállás lenne. Ennek a „kondenzátor-ellenállásnak” (szakszerűbben „kapacitív látszólagos ellenállásnak”) a nagysága az alkalmazott váltakozó feszültség frekvenciájától és a kondenzátor kapacitásától függ. Minél nagyobb a frekvencia és a kondenzátor kapacitása, annál kisebb az ellenállás: $X_c = 1/(f \cdot C)$.

Ha egy szigetelőanyag a kondenzátor fegyverzetei közötti teret teljesen kitölti, akkor a kondenzátor kapacitása (C) ε -szor nagyobb, mint „üresen” (C_0). A szigetelőanyagra jellemző ε (As/Vm) érték az ún. dielektromos állandó vagy permittivitás: $\varepsilon = \varepsilon_0 \cdot \varepsilon_r = \varepsilon_0 \cdot (1 + \kappa)$, ahol $\varepsilon_0 = 1/(4\pi \cdot 9 \cdot 10^9)$ [As/Vm = F/m] a vákuum dielektromos állandója, $\varepsilon_r \approx 2-8$ a szigetelő relatív dielektromos állandója, κ a szigetelő elektromos szuszceptibilitása.

Az említett elektromosan szigetelő szerves vagy szervetlen anyagoknál (dielektrikumoknál) fontos jellemző az ún. átütési (elektromos) szilárdság, vagyis az a kritikus elektromos térerősség, aminél az anyag szigetelőképesége lokálisan nagymértékben leromlik, és az átvezetett áram hatására rendszerint maradókárosodással tönkre is megy (szigetelési funkcióját nem képes ellátni). A szigetelőképeség lokális leromlása az anyag belsejében – átütési csatorna kialakulása révén – jön létre, de bekövetkezhet a felületen is átívelés formájában. Vezetékek szigetelésére, illetve kondenzátorok dielektrikumainak készítésére nagy átütési szilárdságú anyag szükséges.

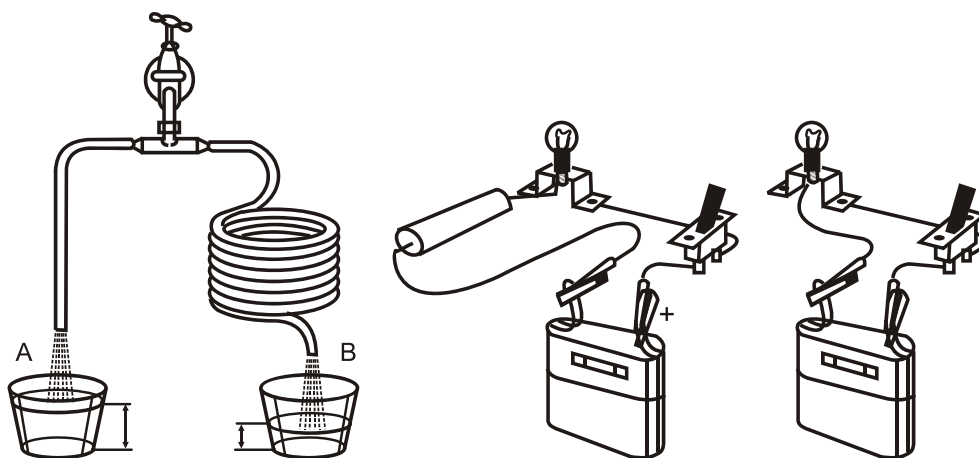
Az aktív dielektrikumok további jellemzői (lehetnek):

- a piezoelektromosság (rugalmas deformáció hatására polarizációs töltések [elektromos feszültség] megjelenése);
- a piezoelektromosság inverze az elektrostrikción (elektromos tér [feszültség] hatására rugalmas deformáció);
- a piroelektromosság (hőmérséklet-különbség hatására ellentétes előjelű polarizációs töltések megjelenése);
- a piroelektromosság inverze az elektrokalorikus effektus (elektromos tér hatására hőmérséklet-változás);
- a ferroelektromosság (külső elektromos tér hatására dipólusok rendeződése és elektromos hiszterézis).

1. Hegesztés elektromos berendezései

A tekercs mint induktív jellegű áramköri alkatrész

Példának okáért egy vízcsapra egy T elágazón át két azonos belső átmérőjű víz-tömlő csatlakozik (**1.20. ábra**). Az egyik, a rövid tömlő közvetlenül az A vödörbe vezet, a hosszú másik pedig többmenetes tekercsbe felcsavarva vezet a B edénybe. Kinyitva a csapot, a víz a rövidebb tömlőn át gyakorlatilag azonnal folyni kezd az A vödörbe, viszont eltelik bizonyos idő, míg a víz a spirálba feltekert tömlőn végighaladva a B vödörnél is folyni kezd. A csapot elzárva az A edénynél azonnal megszűnik a vízfolyás, míg a B edénynél a vízfolyás csak jóval később áll le.

**1.20. ábra**

Tekercs működési elve

Egy huzaltekercsnél hasonló a helyzet. A vizes példa helyett egy elemből, izzólámpából, kapcsolóból és tekercsből álló áramkört, valamint egy másik hasonló, de tekercs nélküli áramkört célszerű vizsgálni. Mindkét áramkört bekapcsolva, az első izzó később kezd világítani. A tekercs tehát késlelteti az áramot, az izzólámpa pólusain később jelenik meg a teljes telepfeszültség. Kikapcsoláskor a második áramkör izzója azonnal kialszik. Ha az első áramkörben úgy szakítják meg az áramkört, hogy egyúttal a tekercs két végét közvetlenül az izzó két pólusára csatlakoztatják, az még egy darabig világítani fog. A késleltetés ideje többek között függ a tekercs induktivitásának nagyságától.

A rádióhullámok nagyobb frekvenciáján viszont a tekercs késleltető hatása jóval nagyobb szerepet játszik. Ez nemcsak az átfolyó áram ki- és bekapcsolásakor érvényesül, hanem az áram irányának megváltozásakor is. Minél gyorsabb ez az irányváltás, annál kevésbé fog világítani a sorba kapcsolt izzólámpa. Mire az áram, képletesen szólva a „tekercs végére ér”, már „fordulhat is vissza”. A vízvezetékes hasonlat ezen a ponton egyébként kissé sántít, ugyanis nem a vezeték hossza a késleltető tényező, mint a tömlő esetében. Ha így lenne, elég volna egy hosszabb vezetékét két pont között kifeszíteni feltekercselés helyett. A tekercs alakja és a

1. Hegesztés elektromos berendezései

mágneses mezőt létrehozó képessége játszik szerepet a váltakozó árammal szembeni sajátosságos viselkedésben (a váltakozó áram – szakszerűbben: váltakozó feszültség által létrehozott áram – nem más, mint az áram haladási irányának állandó váltogatása). Elfogadva azt a megállapítást, hogy egy huzaltekercs váltakozó áram esetén ellenállásként viselkedik, érvényes: minél nagyobb a váltakozó áram frekvenciája, annál nagyobb a tekercs (induktív) ellenállása: $X_L = f \cdot L$.

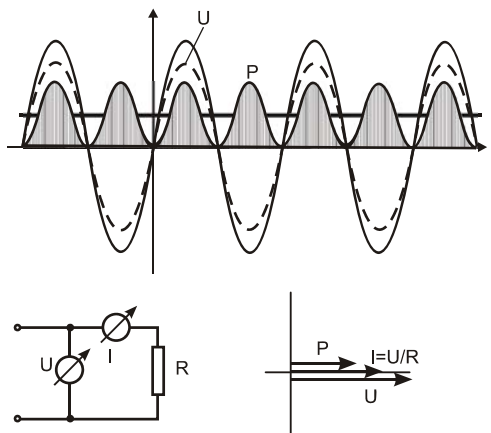
A váltakozó áramú áramkörökben a rezisztencia (R) mellett jelen lévő kapacitás (C) és/vagy induktivitás (L) a feszültség és az áramerősség között aszinkronitást (φ szögű időbeli fáziseltolódást) okoz, ezért megkülönböztetnek:

- látszólagos teljesítményt, illetve munkát: $S = U \cdot I$ [VA], illetve $W_S = U \cdot I \cdot t$ [VAs];
- hatásos teljesítményt, illetve munkát: $P = U \cdot I \cdot \cos \varphi$ [W], illetve $W_P = U \cdot I \cdot \cos \varphi \cdot t$ [Ws];
- meddő teljesítményt, illetve munkát: $Q = U \cdot I \cdot \sin \varphi$ [var], illetve $W_Q = U \cdot I \cdot \sin \varphi \cdot t$ [vars].

Szimmetrikus háromfázisú hálózatokban az egyes fázisok adataival (U_f , I_f) vagy két-két fázis között mérhető vonali értékekkel (U_v , I_v) fejezhető ki a teljesítmény, ami a három fázis teljesítményének összege:

- látszólagos teljesítmény: $S = 3 \cdot U_f \cdot I_f = \sqrt{3} \cdot U_v \cdot I_v$ [VA];
- hatásos teljesítmény: $P = 3 \cdot U_f \cdot I_f \cdot \cos \varphi = \sqrt{3} \cdot U_v \cdot I_v \cdot \cos \varphi$ [W];
- meddő teljesítmény: $Q = 3 \cdot U_f \cdot I_f \cdot \sin \varphi = \sqrt{3} \cdot U_v \cdot I_v \cdot \sin \varphi$ [var].

Egy ohmos fogyasztó (rezisztencia vagy ellenállás) áramának, feszültségének és teljesítményének időbeli változását tekintve (**1.21. ábra**) a teljesítmény mindig pozitív, tisztán hatásos teljesítmény.

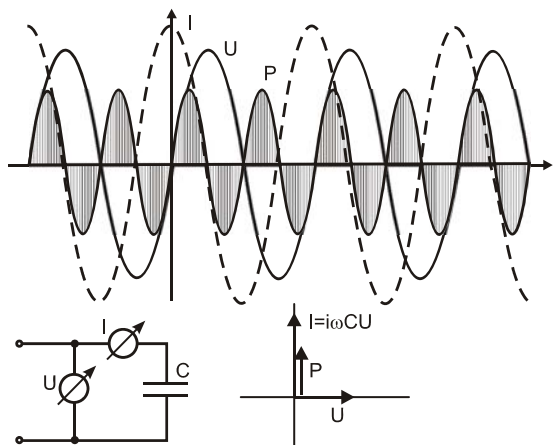


1.21. ábra

Ohmos fogyasztó árama, feszültsége és teljesítménye

1. Hegesztés elektromos berendezései

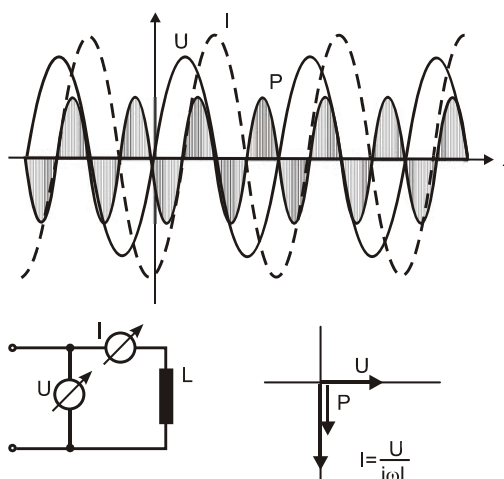
Egy kapacitív fogyasztó (kondenzátor) áramának, feszültségének és teljesítményének időbeli változását tekintve (**1.22. ábra**) az áram „siet” a feszültséghez képest. Bár áram folyik, a teljesítmény középértéke nulla, tisztán kapacitív meddő teljesítmény.



1.22. ábra

Kapacitív fogyasztó árama, feszültsége és teljesítménye

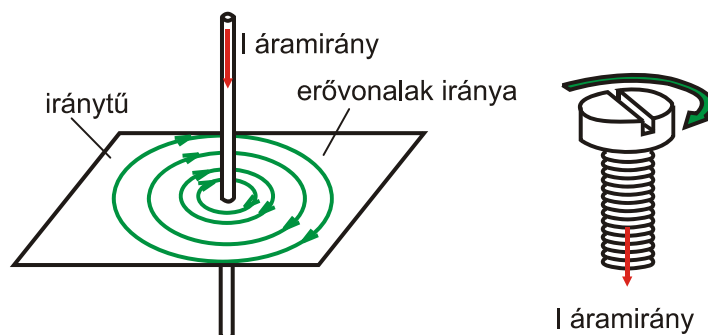
Egy induktív fogyasztó (tekercs) áramának, feszültségének és teljesítményének időbeli változását tekintve (**1.23. ábra**) az áram „késik” a feszültséghez képest. Bár folyik áram, a teljesítmény középértéke mégis nulla, tisztán induktív meddő teljesítmény.



1.23. ábra

Induktív fogyasztó árama, feszültsége és teljesítménye

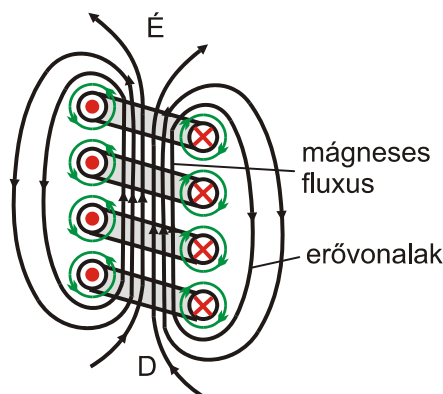
Áramjárta elektromos vezetőhurok körül mágneses mező alakul ki, melyben az erővonalak a vezető tengelyével koncentrikus köröket alkotnak (**1.24. ábra**).



1.24. ábra

Áramjárta elektromos vezető körüli mágneses mező

Több sorba kapcsolt vezetőhurok tekercset alkot. Ha a tekercsre áramot kapcsolnak, akkor az egyes vezetékek által létrehozott mágneses erővonalak összeadódnak, és egy közös mágneses mezőt alkotnak (**1.25. ábra**). Azokat a helyeket, ahol a mágneses erővonalak egy kötegben kilépnek, északi mágneses pólusnak, ahol belépnek, déli mágneses pólusnak nevezik.



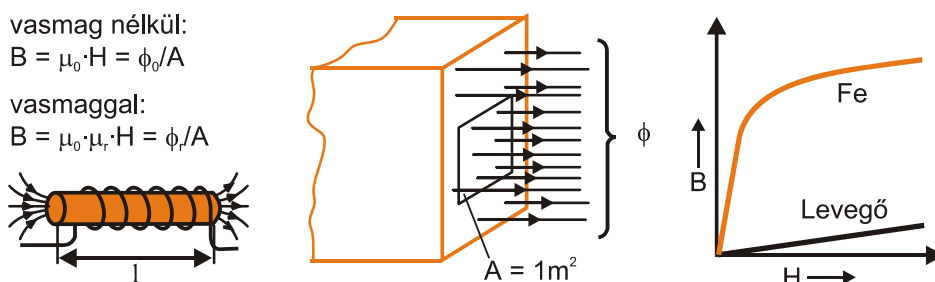
1.25. ábra

Áramjárta elektromos tekercs körüli mágneses mező

Elektromos vezetőből készített N menetszámú, l hosszúságú, I árammal átjárt tekercs a belsejében $H = N \cdot I / l$ (A/m) mágneses térerősséget létesít, ami $B = \mu_0 \cdot H$ (T=Tesla) indukciót vagy fluxussűrűséget jelent. A B indukció tehát a tekercs A felületének egységére eső indukcióvonalak száma (Φ fluxus), azaz $B = \Phi / A$. Az összefüggésben szereplő μ_0 a vákuum mágneses permeabilitása, értéke $1,256 \cdot 10^{-6}$

1. Hegesztés elektromos berendezései

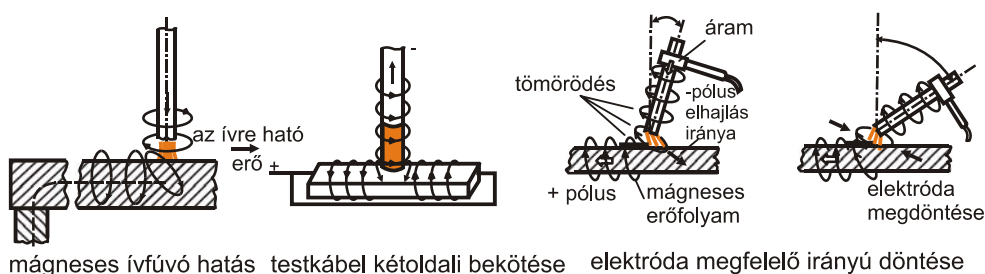
Vs/Am. Ha a tekercsbe vasmagot helyeznek, akkor annak anyagára jellemző μ_r relatív mágneses permeabilitás értékével „megszorzódik” az indukció nagysága (1.26. ábra), illetve a mágneses vezetőképesség ($\Lambda = \mu_r \cdot \mu_0 \cdot A // [Vs/A]$), mint a mágneses ellenállás (R_m) reciproka. Tehát a μ_r relatív mágneses permeabilitás megadja, hogy a vasmag mágneses vezetőképessége hányszor nagyobb a levegőénél.



1.26. ábra

Vasmagos tekercs mágneses tere

Például az ívhegesztéskor kialakuló ívre (mint elektromosan vezető közegre) mágneses erők is hatnak, amelyek az ívet elhajlítják, elfújják. Mágneses tér hat akkor is, ha mágnesezhető fém (pl. acélt) hegesztenek és az ív előtt illesztési hézag van. Hasonló a helyzet az elektródán és a munkadarabon, valamint a testkábelben keresztülfolyó áram hatására kialakuló mágneses mezőnél is. A munkadarabon, illetve az elektródán átfolyó áram iránya egymással derékszöget zár be, és a két mező kölcsönhatása kitérítő erőt eredményez. A mágneses fúvóhatás csökkenthető váltakozó áram alkalmazásával, a mágneses tér erősségének csökkentésével, az ív merevségének növelésével az által, hogy növelik az íváramot és ezzel együtt csökkentik az ívhosszat, valamint kisebb átmérőjű elektródát használnak. Csökkenthető a fúvóhatás az elektróda megfelelő irányú döntésével vagy a testkabel kétoldali bekötésével is (1.27. ábra).

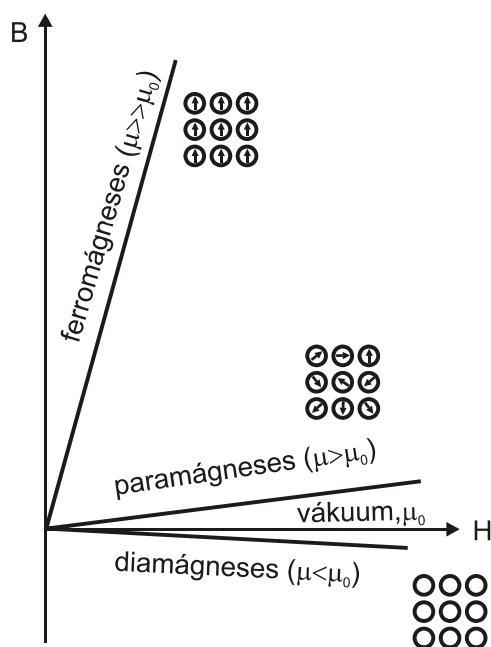


1.27. ábra

Ívhegesztéskori mágneses ívfúvó hatás és annak csökkentése

Inhomogén mágneses térben tapasztalt viselkedésük alapján az anyagok (1.28. ábra) három fő csoportba sorolhatók:

- diamágneses anyagok (pl. Au, Si, P, S, Cu, Zn, Ge, Hg, gyémánt, szerves vegyületek), melyek mágnesezettsége a külső térrel ellenkező irányú, vagyis a mágnesező tér hatását gyengítik;
- paramágneses anyagok (pl. Al, Bi, Pb, Pt, Mg, Ti, Cr, Mn, Mo, W), melyek mágnesezettsége a külső térrel megegyező irányú, vagyis a belső terük erősíti a külső teret;
- ferromágneses anyagok (pl. Fe, Ni, Co, Gd, Dy), melyek mágnesezettsége a külső térrel megegyező értelmű, és belső terük jelentősen erősíti a külső teret.

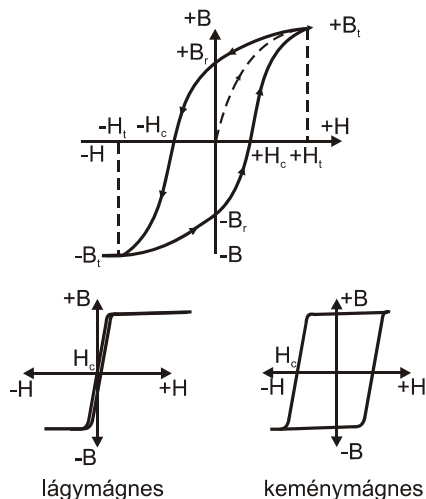


1.28. ábra

Anyagok mágneses viselkedése

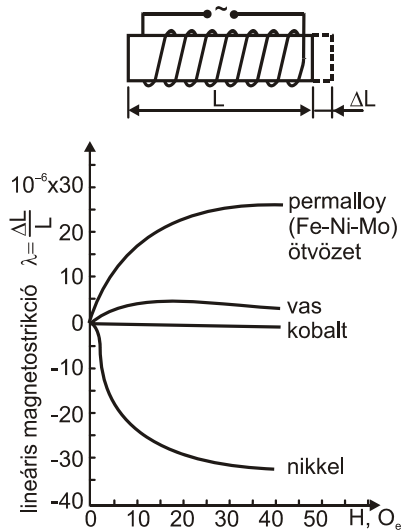
A ferromágneses anyagok további fontos tulajdonsága a mágneses hiszterézis, vagyis az, hogy a külső H mágneses teret az anyagban B csak késéssel követi, és egy teljes átmágnesezési ciklust leíró görbe hiszterézishurkot eredményez, melynek területe arányos a hővé alakuló befektetett energiával. A keskeny hiszterézishurkú, kis koercitív erejű (H_c), nagy telítési mágnesezettségű (H_i), anyagokat lágymágneses, a kisebb H_i -vel, de 10 kA/m-nél nagyobb H_c -vel (széles hiszterézishurokkal) rendelkező anyagokat keménymágneses anyagoknak (1.29. ábra) nevezik. A H_c koercitív erő mágneses keménységnek is tekinthető.

1. Hegesztés elektromos berendezései



1.29. ábra
Ferromágneses anyagok hiszterézise

A mágneses tér erősségétől és irányától függően a ferromágnesek hossza rugalmasan változhat. Ez a jelenség a pozitív vagy negatív magnetostrikció (**1.30. ábra**), mely váltakozó mágneses térerő hatására mechanikai rezgésként nyilvánul meg (pl. ultrahangos anyagtechnológiáknál). A ferromágneses anyagok az ún. Curie-hőmérséklet felett paramágnesessé válnak.

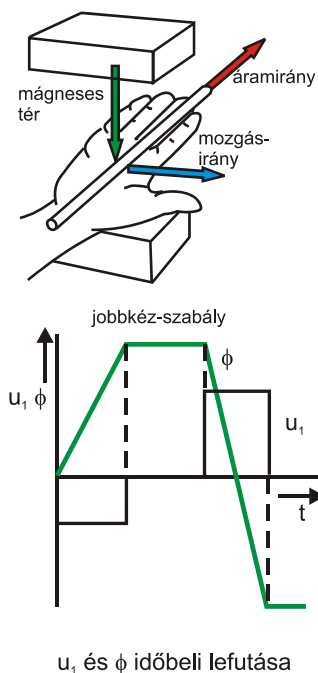


1.30. ábra
Ferromágneses anyagok magnetostrikciója

1. Hegesztés elektromos berendezései

Az ún. antimágneses állapot ($\chi = 0$, $\mu_r \approx 1$) pedig megfelelő összetétellel állítható elő ausztenites acélok esetében, amit megzavarhat képlékeny alakítás vagy hőkezelés hatására keletkező vagy visszamaradó ferromágneses tulajdonságú fázisok (pl. ferrit, martenzit) jelenléte. Egyes esetekben cél lehet a nem mágneses állapot ($B = 0$, $H = 0$) beállítása, azaz a lemágnesezés is. Dinamikus lemágnesezés váltakozó áramú gerjesztéssel, a $H_{\max}$ fokozatos csökkentésével érhető el. Pl. a magnetofonszalagok törlése egy állandó H amplitúdójú mágneses térből való elhúzással lehetséges. Digitális jeleket tároló mágneslemezek esetén nincs szükség lemágnesezésre, mert ott átmágnesezés (átírás) valósul meg.

Ha az idő függvényében változik az indukció értéke, akkor a tekercsben feszültség indukálódik: $u_i = N \cdot A \cdot \Delta B / \Delta t$ (nyugalmi indukció). Ugyancsak indukált feszültség jön létre, ha a tekercs árama gyorsan megváltozik: $u_i = L \cdot \Delta i / \Delta t$ (önindukció) és $u_i = M_{12} \cdot \Delta i_1 / \Delta t$ (kölcsönös indukció), ahol L ($H = \text{Henry}$) az önindukciós tényező és M_{12} (H) a kölcsönös indukciós tényező. Ha egy v sebességgel mozgó, ℓ hosszúságú vezetőhurok elmozdulása közben mágneses erővonalakat metsz, akkor a tekercsben feszültség indukálódik (**1.31. ábra**, mozgási indukció). Ezek teszik lehetővé többek között a (hegesztő)transzformátor és a (hegesztő)generátor megvalósítását.



Ha a vezetőt körülvevő mágneses tér megváltozik, akkor a vezetőben elektromos feszültség indukálódik.

Az indukált feszültség által gerjesztett áram iránya a jobbkezes-szabállyal határozható meg.

Indukált feszültség:

$$u_i = z B \ell v \sin \alpha,$$

ahol

z – a vezetőhurok száma;

B – a mágneses indukció;

ℓ – a mágneses térben

működő vezetőhossz;

v – a sebesség;

α – a sebesség iránya, illetve a vezető és mágneses tér iránya közötti szög.

1.31. ábra
Mozgási indukció

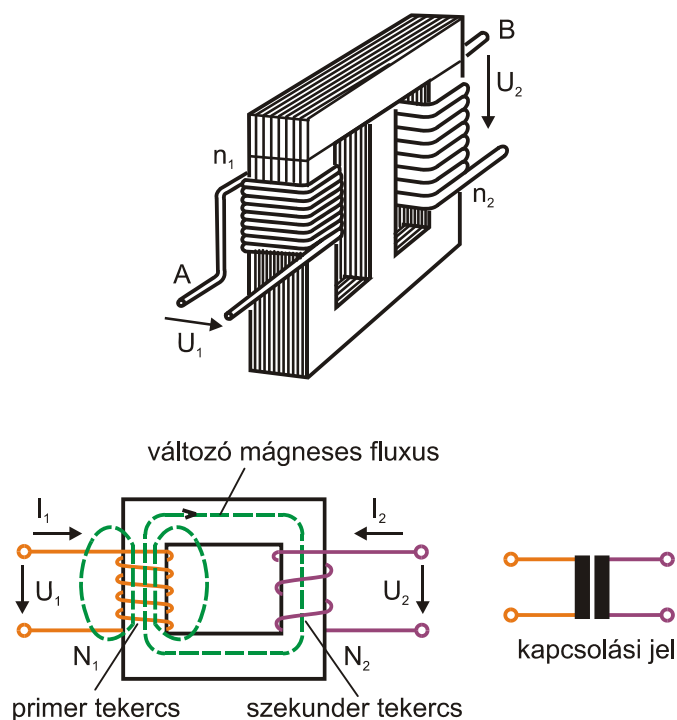
1. Hegesztés elektromos berendezései

A fémekben ún. örvényáramok indukálódnak, amikor a környezetükben változik a mágneses mező. Az örvényáramok nemkívánatos veszteséget, illetve melegedést okozhatnak pl. a transzformátorok vasmagjában.

A transzformátor

A transzformátor rétegelt fémlamezek alkotta vasmagból és arra tekercselt N_1 menetszámú primer (bemenő), illetve N_2 menetszámú szekunder (kimenő) tekercsből áll. Ha a primer tekercset U_1 váltakozó feszültségre kapcsoljuk, akkor abban váltakozó áram folyik, ami a közös vasmagban változó mágneses mezőt hoz létre. Ez a mágneses mező a szekunder tekercsben U_2 váltakozó feszültséget indukál. Az U_2 értéke az U_1 -től és a menetszámok N_1/N_2 viszonyától (áttételi viszony) függ: $U_2 = U_1 \cdot N_2/N_1$. Az áramerősségek ezekkel a feszültségekkel (így a menetszámokkal is) fordítottan arányosak: $I_1/I_2 = U_2/U_1 = N_2/N_1$.

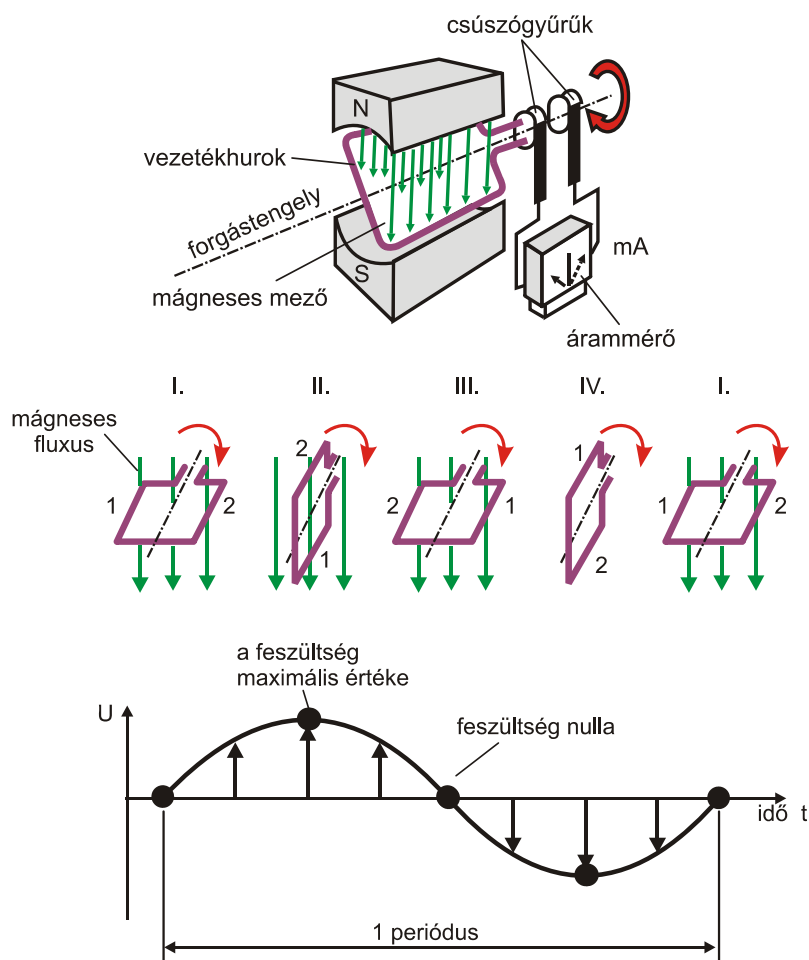
A transzformátor (**1.32. ábra**) tehát lehetőséget ad arra, hogy nagy N_2 menetszámmal nagy U_2 feszültséget állítsunk elő kis I_2 áramerősség mellett, vagy kis N_2 menetszámmal nagy I_2 áramerősséget hozzunk létre (a szekunder tekercs kellően nagy vezeték-keresztmetszete esetén) kis U_2 feszültség mellett.



1.32. ábra
Transzformátor

A generátor

A generátorelv (1.33. ábra) értelmében a forgó vezetőhurok a mágneses mező erővonalait úgy metszi, hogy a forgás révén folyamatosan változik az általa befogott erővonalak száma, azaz a Φ mágneses fluxus. A vezetőhurokban az első fél fordulat során a mágneses fluxus és ezáltal az indukált feszültség értéke nulláról indulva egy maximális értéket ér el, majd ismét nulla lesz. A második fél fordulat alatt hasonló folyamat játszódik le, de ellenkező előjellel. Az indukált feszültség tehát szinuszosan váltakozó feszültség, amit a kommutátor segítségével lüktető egyenfeszültséggé lehet alakítani.



1.33. ábra
Generátorelv

1. Hegesztés elektromos berendezései

Az elektromos áram, illetve a mágneses tér is termikus igénybevételt idéz elő az átfolyó áram Joule-hője, a nem kívánt helyeken indukált feszültség keltette örvényáramok Joule-hője, valamint az elektromos és mágneses polarizációs folyamatokhoz kapcsolódó veszteséges jelenségek révén. E hőhatások következtében a hidegalakított vagy hőkezelt állapotú anyag tulajdonságai irreverzibilis módon megváltozhatnak, mivel nagyobb hőmérsékleten az anyagbeli diffúzió sebessége exponenciálisan növekszik.

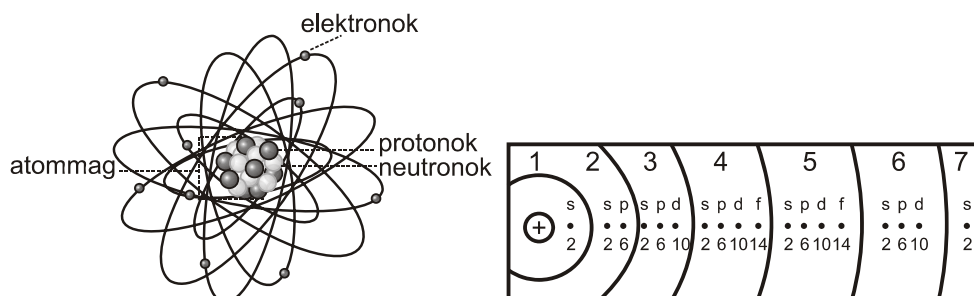
Elektromos áram, illetve mágneses tér okozta termikus igénybevétel miatt definiálható egy megengedhető legnagyobb üzemi hőmérséklet és/vagy működési élettartam, illetve ezekkel összefüggő más üzemeltetési paraméter-határérték:

- vezető- és ellenállásanyagoknál az alkalmazás hűtési viszonyaitól függően megengedhető legnagyobb áramsűrűséggel jellemezhető a hőterhelhetőség mértéke: pl. műszerek vezető rézhuzalaira 3–5 A/mm², fűtőellenállásokra 40–60 A/mm², míg jobb hűtésű vékonyrétegekre nagyobb értékek is megengedhetők;
- a szigetelőanyagok melegezését a dielektromos veszteségek okozzák, de az igénybevehetőséghez az átütési szilárdság – mint határtérférfősség – a korlát;
- lágymágneses anyagok melegezése a korlátozandó örvényáramok Joule-hőjének és az átmágnesezési folyamatok irreverzibilis voltának következménye;
- a keménymágneses anyagokat ritkán alkalmazzák változó mágneses terekben, így hőterhelésüket környezeti hőmérsékletük határozza meg;
- szupravezető anyagokban a kritikus áramsűrűség átlépése nem a Joule-hő miatt jelent problémát (hiszen az nem is keletkezik), hanem a nagy áram mágneses tere megszünteti a szupravezető állapotot;
- a következőkben ismerttetendő félvezetőkben a hőmérséklet túlzott növekedésével eltűnik a p-n átmenet, azaz sajátvezetési állapot alakul ki, a félvezető közönséges ohmos ellenállássá válik.

1.1.3. Elektronikai alapok és félvezető alkatrészek

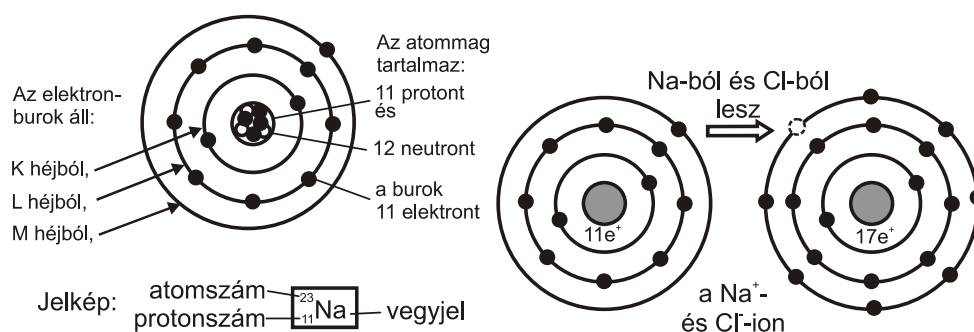
Félvezetők szubmikroszkopikus szerkezete

Az atomszerkezet (1.34 ábra) szemléletes leírását a Niels Bohrtól származó modell adja. Az atom középpontjában van a protonokból (pozitív töltésekből) és neutronokból (semleges töltésekből) álló atommag, körülötte diszkrét (kvantumosan változó, de az atommagtól távolodva egyre növekvő energiájú) pályákon – ún. elektronhéjakon (1. a K héj; 2. az L héj; 3. az M héj, 4. az N héj; 5. az O héj; 6. a P héj; 7. a Q héj), illetve alhéjakon (s = sharp = éles, p = principal = fő, d = diffuse = elmosódott, f = fundamental = alap, színképelemzési tapasztalatok alapján jelölve) – keringenek az elektronok (negatív töltések). Az atommag protonjainak száma megegyezik az atom (illetve a kémiai elem) rendszámával (Z) és semleges állapotban ugyanannyi az atomhoz kötött elektronok száma is. Az atomot a pozitív töltésű mag és a negatív töltésű elektronok közti (elektrosztatikus) erők tartják össze.



1.34. ábra
Atomszerkezet

Az **1.35. ábra** szerint ha egy atom elektront vesz fel, negatív ion keletkezik (az elektronok száma nagyobb a protonok számánál), illetve ha elektront ad le, pozitív ion keletkezik (az elektronok száma kisebb a protonok számánál).



1.35. ábra
Atomok ionizációja

Azonos protonszám mellett a neutronok száma különböző lehet. Azokat az elemeket, amelyeknek atommagja azonos számú protont, de eltérő számú neutronot tartalmaz, izotópoknak nevezik. Az atommagot alkotó protonok és neutronok – közös néven nukleonok – együttes száma a tömegszám (A).

A periódusos rendszer (**1.36. ábra**) a növekvő atomtömegek (rendszámok) szerint szakaszosan ismétlődő (kémiai) tulajdonságok alapján áll össze. Az elemek egymás alá rendezett hét sorban (az elektronhéjak szerinti hét periódusban) úgy helyezkednek el, hogy az egymás alatti hasonló viselkedésű elemek nyolc oszlop(csoport)ot alkotnak. Az elemek kémiai tulajdonságait általában az atom legnagyobb sorszámu (ún. főkvantumszámu) héján található vegyértékelektronok szabják meg. Ezek az alhéjak a periódusos rendszer 8 oszlop(csoportj)ának megfelelően 8 elektront tartalmazhatnak. A főkvantumszám az elektronnak az atommagtól való átlagos távolságát, illetve energiaszintjét jellemzi.

1. Hegesztés elektromos berendezései

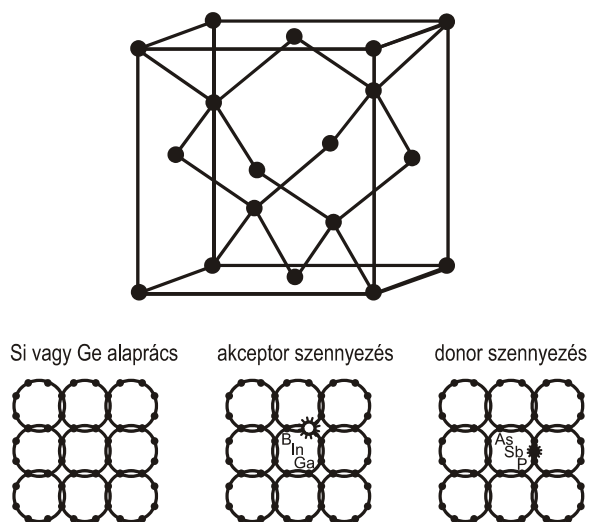
fémes vezető	fémes vezető
	<i>részben betöltetlen</i> vezetési sáv
<i>átlapolódó</i> vezetési és vegyértéksáv	<i>teljesen betöltött</i> vegyértéksáv
(szennyezetlen) félvezető	szigetelő
	<i>szinte üres</i> vezetési sáv
<i>részben betöltött</i> vezetési sáv	széles töltött sáv
<i>keskeny</i> töltött sáv	
<i>teljesen betöltött</i> vegyértéksáv	<i>teljesen betöltött</i> vegyértéksáv
n típusú elektronvezetési (szennyezetlen) félvezető	p típusú lyukvezetési (szennyezetlen) félvezető
vezetési sáv <i>mozgékony negat.elektronok</i>	vezetési sáv
<i>donorok leadott elektronjai</i> töltött sáv	töltött sáv <i>akceptorok felvett elektronjai</i>
<i>teljesen betöltött</i> vegyértéksáv	<i>mozgékony pozitív lyukak</i> vegyértéksáv

1.37. ábra
Sávdigramok

A három vegyértékű akceptor (befogadó) szennyező atomoknak az alaprácshoz képest elektronhiányuk van, ezért képesek az alaprács egyes elektronjainak befogadására (**1.38. ábra** alsó része), és a félvezető tiltott sávjában – a vegyértéksáv közelében – hoznak létre üres energiaszinteket. Ekkor a vegyértéksáv elektronjai könnyebben gerjesztődnek (a megüresedett elektronállapotokba), mint tiszta félvezető esetén. Külső elektromos tér hatására meginduló áram domináns részét a vegyértéksávban visszamaradó pozitív töltésű lyukak – elektronokkal ellenkező irányban végbemenő – vándorlása jelenti, ezért ebben az esetben p (pozitív) típusú félvezetőről van szó.

Az öt vegyértékű donork (adományozó) szennyező atomok révén (azokról leszakadva) az alapkristályhoz képest többletelektronok kerülnek a rácsba (**1.38. ábra** alsó része) és könnyen delokalizálttá válnak. Ugyanis a tiszta félvezető tiltott sávjában – de a vezetési sáv közelében – jönnek létre könnyen gerjeszthető energiaállapotok, azaz aktiválás hatására többletelektronok léphetnek a vezetési sávba. Mivel a külső elektromos tér hatására meginduló áramot elsősorban a vezetési sáv elektronjai hozzák létre, ezért n (negatív) típusú félvezetőről van szó. A fenti anyagszerkezeti jelenségek tették lehetővé a dióda, illetve a bipoláris tranzisztor megvalósítását.

1. Hegesztés elektromos berendezései



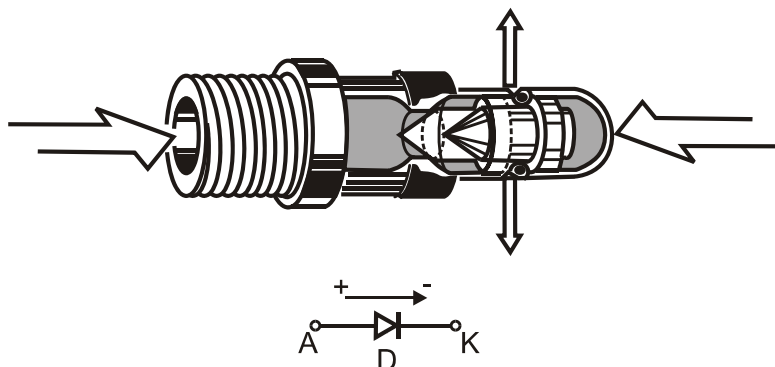
1.38. ábra
Félvezetők szerkezete

A dióda

A dióda a félvezetők csoportjába tartozó nagyon fontos elektronikai alkatrész, vezető és nem vezető tulajdonsággal egyaránt rendelkezik: az áram szabadon folyhat át rajta, de el is zárhatja az áram útját. A dióda az áram számára elektronikailag „egyirányú utca”, de nevezhető „elektronikus szelepnak” is, mivel az elektromos áram csak az anódtól (A vagy + pólustól) a katód (K vagy – pólus) felé folyhat. A dióda mechanikai példával a kerékpárszelephez hasonlítható (**1.39. ábra**).

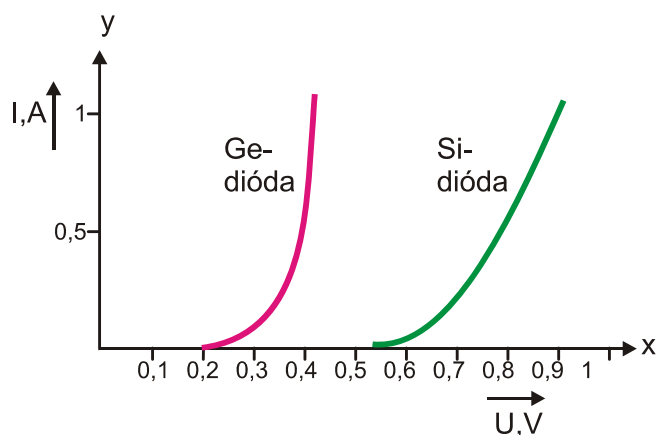
Alapesetben a kerékpártömlőben levő sűrített levegő a belső tömítőkúpot a menetes hüvely szűkülő üregébe, a szelepléknek nyomja, ezáltal a levegő útját elzárja, és az nem tud a szabadba kiáramolni. A biciklipumpával létrehozott nagyobb külső levegőnyomás ereje a kúpot visszanyomja a szelephüvely aljába, és a beáramló levegő a két oldalsó nyíláson át a tömlőbe jut. A pumpa eltávolítása után a belső nyomás ismét nagyobb lesz, mint a külső, a szelepkúp ezért felemelkedve megint lezár, és a levegő kiáramlása megszakad.

A diódában hasonló folyamat játszódik le, csak itt levegőnyomás helyett elektromos feszültség működik. Hogy a dióda vezesse az áramot, elektromos feszültséget (U) kell a pólusaira kapcsolni. Ha a potenciál az anódon (+) nagyobb, mint a katódon (–), akkor a dióda „kinyit”, vezet, azaz áram folyik az anódtól a katód felé. Ha viszont a katódon van a nagyobb feszültség, akkor a dióda „lezár”, áram többé nem folyik.



1.39. ábra
Diódaelv

Ha a kerékpárszelepen át a gumiba levegőt akarnak pumpálni, kívül bizonyos túlnyomást kell biztosítani, hogy a szelep egyáltalán kinyisson. Ugyanígy van ez a diódánál. Ahhoz, hogy a diódában áram folyhasson át, előbb bizonyos nagyságú feszültséget kell létrehozni a pólusain, vagyis feszültségkülönbségnek kell kialakulnia az elektródáin. Ennek az ún. küszöb- vagy nyitófeszültségnek a nagysága a dióda alapanyagától függ. A szilíciumalapú – mint a legtöbb közös – dióda küszöbfeszültsége 0,6–0,7 V, a ma már ritkábban használt germániumdiódák nyitófeszültsége ezzel szemben csak 0,3–0,4 V. (**1.40. ábra**). Tehát amíg el nem éri a nyitófeszültséget, addig a dióda „lezárva” marad, az áramerősség gyakorlatilag nulla. Az ábrán megrajzolt görbéket elektronikai körökben jelleggörbéknek vagy áteresztési görbéknek nevezik. Minél erősebb a diódán átfolyó áram, annál nagyobb a feszültséges a dióda elektródáin.



1.40. ábra
Dióda küszöbfeszültsége

1. Hegesztés elektromos berendezései

Egyenirányító kapcsolások

Az **1.41. ábra** diódák alkalmazásával megvalósuló egyenirányító kapcsolásokat mutat be.

Megnevezés	Kapcsolási rajz	Képletek	Feszültségmenet	Hullámosság Frekvencia
Együtemű középponti kapcsolás		$U_{di} = 0,318 \cdot \hat{U}_{di}$ $= 0,318 \cdot \sqrt{2} \cdot U$ $= 0,450 \cdot U$ $I_d = 0,637 \cdot I$		$W = 1,21$ $= 121\%$ $f_0 = f$
Kétütemű középponti kapcsolás		$U_{di} = 0,637 \cdot \hat{U}_{di}$ $= 0,637 \cdot \sqrt{2} \cdot U$ $= 0,900 \cdot U$ $I_d = 1,27 \cdot I$		$W = 0,482$ $= 48,2\%$ $f_0 = 2 \cdot f$
Kétütemű hídkapcsolás		$U_{di} = 0,637 \cdot \hat{U}_{di}$ $= 0,637 \cdot \sqrt{2} \cdot U$ $= 0,900 \cdot U$ $I_d = 1,27 \cdot I$		$W = 0,482$ $= 48,2\%$ $f_0 = 2 \cdot f$
Háromütemű középponti kapcsolás		$U_{di} = 0,827 \cdot \hat{U}_{di}$ $= 0,827 \cdot \sqrt{2} \cdot U_{cs}$ $= 1,17 \cdot U_{cs}$ $I_d = 0,58 \cdot I$		$W = 0,183$ $= 18,3\%$ $f_0 = 3 \cdot f$
Hatütemű hídkapcsolás		$U_{di} = 0,955 \cdot \hat{U}_{di}$ $= 0,955 \cdot \sqrt{2} \cdot U_v$ $= 1,35 \cdot U_v$ $I_d = 0,82 \cdot I$		$W = 0,042$ $= 4,2\%$ $f_0 = 6 \cdot f$

A használt jelölések

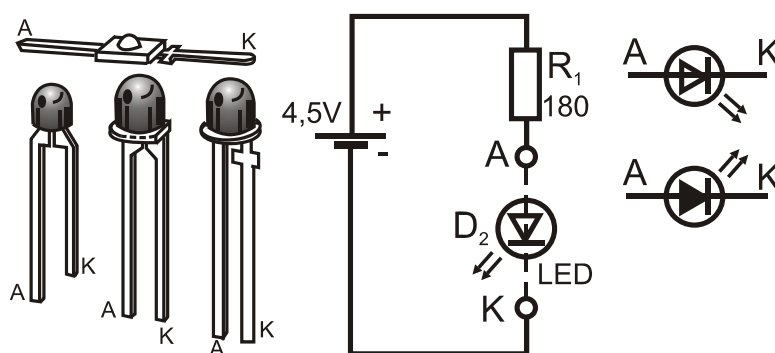
- U a váltakozó feszültség effektív értéke
- U_{cs} a csillagponti feszültség
- U_v a vonali feszültség
- U_{di} az egyenfeszültség számtani középértéke
- $U_{\bar{u}}$ a kevert feszültség váltakozó része (effektív érték)
- i az ideális (vesztésmentes) jele az indexben
- I a váltakozó áram effektív értéke
- I_d az egyenáram számtani középértéke
- f az üzemi frekvencia
- $f_{\bar{u}}$ az átvitt váltakozó feszültség frekvenciája
- $W = U_{\bar{u}}/U_{di}$ a hullámosság

1.41. ábra
Diódás egyenirányító kapcsolások

A világítódíóda vagy LED

Luminescens díóda, világítódíóda, fénykibocsátó díóda, Light-Emitting Diode - ezek mind ugyanakkor a félvezető áramköri elemnek az elnevezései, amit rövid néven LED-nek szoktak említeni. A normális díódafunkció betöltésén túl az alkatrész világítani kezd, ha áteresztő irányban feszültséget kapcsolnak rá. A rajzjelén (**1.42. ábra**) feltüntetett két nyilacska ez utóbbi tulajdonságot jelzi.

A LED-ek fényének színe lehet piros, sárga, zöld, kék és fehér, ami többek között hegesztőberendezéseken is alkalmazható jelzésként. Két speciális változatuk az emberi szem számára láthatatlan infravörös sugárzást kibocsátó LED-ek, és a kissé más felépítésű, rendkívül erősen nyalábolt vörös fényt kisugárzó lézerdíódák. Előbbieket használják minden (tv, videó stb.) távvezérlőben, utóbbiakat pl. a CD- és DVD-lejátszóban (az információ kiolvasásához) vagy a több tíz méter hatósu-
garú lézermutatókban (laserponterekben).



1.42. ábra
LED vagy világítódíóda

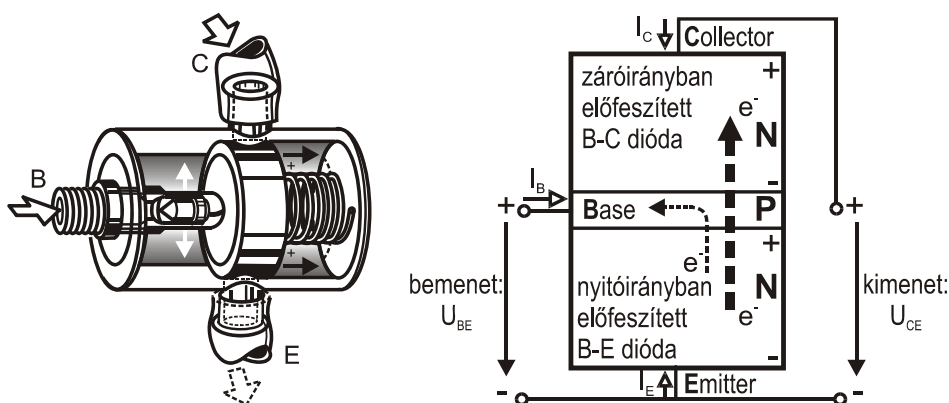
Az építési formájukban és a kivezetéseik megkülönböztetésének vonatkozásában a különböző gyártmányú díódák gyakran nem egyeznek meg, az **1.42. ábrán** bemutatott kialakításokon kívül még sokféle előfordul. Egy dologban a gyártók egységesek: mindig a katódkivezetést jelölik meg valamilyen módon, és ez a rajzokról is felismerhető. A LED-ek nyitófeszültsége kissé nagyobb a közönséges díódákénál. A piros színű LED-eké mintegy 1,6 V, a sárgáké 2 V és a zöldeké 2,2 V. Minden típus megegyezik a maximális üzemi áramerősség tekintetében: ez nem haladhatja meg az 50 mA-t (a kielégítő fényerőhöz már 20 mA áramerősség is elég).

Ha egy LED-ről nem ismert biztosan, melyik a katódja, illetve az anódja, akkor ez egyszerűen megállapítható, csak egy 180 Ω -os ellenállás és egy 4,5 V-os elem kell hozzá (lásd az áramkört az **1.42. ábrán**). Ha a minikapcsolásban világít a LED, akkor az anódja kapcsolódik az ellenálláson keresztül az elem pozitív pólusára. Fontos, hogy nem szabad közvetlenül elemet kötni egy LED-re, különben csak egy villanást produkál, és már tönkre is ment.

1. Hegesztés elektromos berendezései

A tranzisztor

A tranzisztor elvileg egy áramlásszabályozó szelep (**1.43. ábra**), ami vagy el van zárva, tehát nincs áramlás, vagy kinyitva kisebb vagy nagyobb áramlást (áramátfolyást) enged meg.



1.43. ábra
Tranzisztorelv

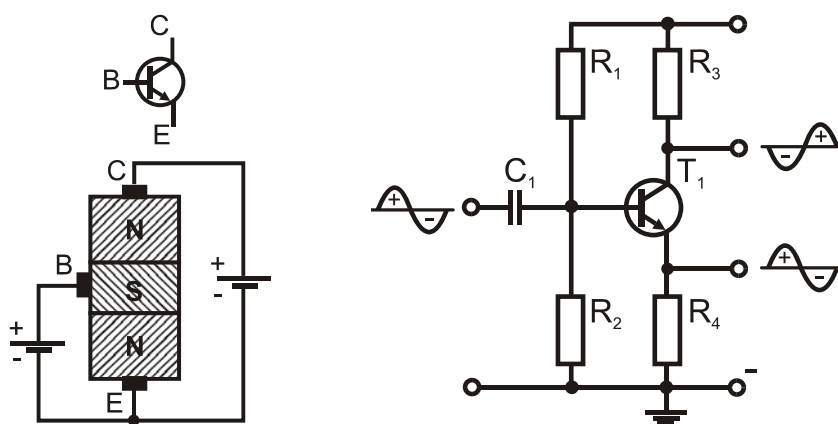
Az ábrán látható levegőnyomás-szabályozó szelep lényegében egy három ki-vezetéses légtartályból áll: ebből egy a levegőbelépés, egy másik a levegőkilépés és a harmadik a vezérlőszelep csomópontja. A C és az E csatlakozások a külső feltételektől függően elláthatják a bemenő- vagy kimenőfeladatot is. A B vezérlőszelep csak kívülről enged levegőt a szerkezetbe, visszafelé záróelemként működik (lásd az **1.39. ábrát**). Alaphelyzetben, amikor ezen a szelepen át nem jut levegő a nyomásszabályozóba, a belső tolattyú rugóhatásra légtömören elzárja a C és az E csomópontokat, ezért levegőáramlás nincs.

Amint a vezérlőszelepen át levegő jut a szerkezetbe, ez a tolattyúba ütközik. Ha a keletkező nyomóerő meghaladja a rugóerőt, a tolattyú jobbra kezd mozogni, és szabaddá teszi a C–E útvonalat. Minél erősebb a vezérlő levegőáram, annál nagyobb a tolattyú jobbra mozdulása és ebből következően a C–E fő levegőáram nagysága. A vezérlő levegőáram csökkenésével a rugó a tolattyút újra balra tolja, ezért a C–E fő levegőáram nagysága is csökken. Ha a vezérlő levegőáram teljesen megszűnik, a tolattyú is teljesen elzárja a C–E fő levegőáramot, a szerkezet lezár. A belépő vezérlőlevegő egy kis hányada a vezérlőszelepen át elillan, nem fejt ki hatást. A rugóerő legyőzéséig a tolattyú és így az egész szerkezet nyugalomban marad. Ugyanígy működik a tranzisztor is, csak levegőnyomás helyett feszültségről, levegőáram helyett áramerősségről kell beszélni.

A tranzisztor rajzjelében a nyíl egy diódát jelképez, mely a bázis- és az emitter-kivezetés között van. Ahhoz, hogy a tranzisztor egyáltalán működhessen áram- és feszültségerősítőként, ezt a diódát a külső kapcsolási adottságoknak átértesztő

irányban ki kell „nyitni”. A bázis és az emitter között ezért egy dióda nyitó- vagy küszöbfeszültségének megfelelő feszültségkülönbségnek kell fennállnia. A bázisra kerülő vezérlőjelet a tranzisztor ezek után felerősíti, és ez a nagyobb teljesítmény a kollektor (collector) vagy az emitter kivezetésről továbbfeldolgozásra elvezethető.

Minden tranzisztor három eltérő vezetési tulajdonságú félvezetőrétegből épül fel, ezeket p és n betűkkel jelölik. A tranzisztor típusát e betűk sorrendjéből tudhatjuk meg. Az **1.44. ábrán** egy npn típusú tranzisztor felépítése és rajzjele is látható a feszültségviszonyok mellett.



1.44. ábra

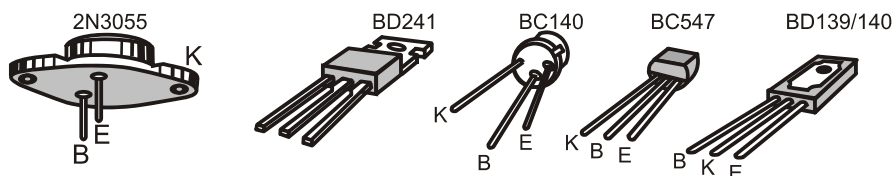
Az npn tranzisztor felépítése és feszültségviszonyai

A kifogástalan működés feltétele a bázis- és kollektorkivezetéseken az emitter-kivezetéshez képest pozitívabb feszültség, sőt a kollektorfeszültségnek még a bázisfeszültséghez képest is pozitívabbnak kell lennie. Szabályos működés esetén a bázis/emitter diódán (egy tranzisztor réteges felépítése alapján két szembekapcsolt diódának fogható fel) normális feszültségesés áll fenn, vagyis germánium anyagú tranzisztoroknál a 0,3 V-os, szilíciumtranzisztoroknál pedig a mintegy 0,6 V-os nyitófeszültség. Az R_1 és R_2 a tranzisztor bázisán meghatározott egyenfeszültség-szintet állít be, míg az R_3/R_4 ellenállások a kollektor és az emitter egyenfeszültségű „beállítást” adják meg, egyúttal a tranzisztoron átfolyó áramerősséget is korlátozva.

Egy tranzisztort az említett négy ellenállással egyenfeszültség szempontjából „be kell állítani”. Ez a bázis/emitter dióda szempontjából nyitóirányú „előfeszítést” jelent. Ha ezután a tranzisztor bázisára szinuszos váltakozó feszültség kerül, ez a bázis/emitter diódán át az emitterkivezetéshez kerül, és ott ismét polaritáshelyes szinuszhullámként jelenik meg. A kollektorkivezetésen ezzel szemben fordított a polaritás; amint az a jobb oldali kapcsolási rajzon látható. Az egészet a tranzisztor három rétegből álló belső felépítése eredményezi.

A tranzisztorokat a legkülönbözőbb kiviteli formákban készítik. A használatosabbak közül néhányat az **1.45. ábra** mutat be.

1. Hegesztés elektromos berendezései



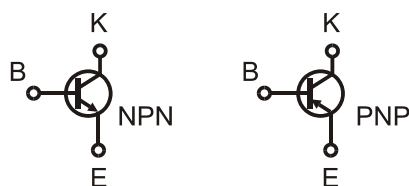
1.45. ábra
Tranzisztortípusok

Kisebb és nagyobb veszteségi teljesítményű típusok vannak közöttük. A kis házba beépített tranzisztorok csak kisebb teljesítményre alkalmasak (mintegy 300 mW-ig). Nagyobb teljesítményre (100 W vagy még több is) értelemszerűen a házak – más néven tokozások – is nagyobbak, és rendszerint fémből készülnek. Ezáltal a veszteségi teljesítményük jobban elvezethető. Minden tokozási formának saját neve vagy jele van, de ezeket nem kell feltétlenül ismerni, sokkal fontosabb a tulajdonképpeni típusmegjelölés.

Minden tranzisztortípust – általában – két betűvel és három számjeggyel jelölnek. A háromjeggyű számok nincsenek összefüggésben a tranzisztor jellemző adataival, a gyártók fantáziájától függenek, és a gyári katalógusokban, összehasonlító kézikönyvekben kell utánuk nézni. A két betű viszont már utal(hat) az alapanyagra és a felhasználási területre.

1. betű: A = germánium, B = szilícium alapanyag;
2. betű: C = kisfrekvenciás (100 kHz alatt) és kis veszteségi teljesítményű (300 mW-ig) alkalmazásra, D = nagyfrekvenciás (3 MHz) és 1–70 W veszteségi teljesítményű alkalmazásra.

Példának okáért néhány széleskörűen és gyakran használatos tranzisztortípus: BC 107, BC 177, BC 549, BC 559, BD 140, BD 160, 2N3055 (ez utóbbi nagyobb teljesítményű).

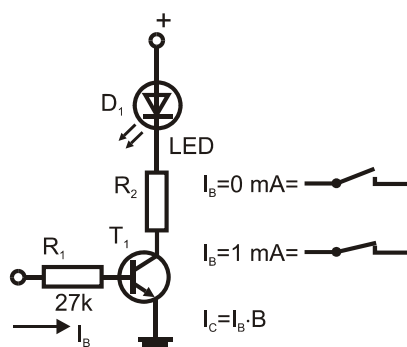


1.46. ábra
npn és pnp tranzisztor rajzjele

Megkülönböztetnek a már említett npn mellett pnp típusú tranzisztorokat (**1.46. ábra**) is. Az npn tranzisztornál a rajzjelben a nyíl a bázistól az emitter felé mutat, a pnp felépítésűnél pedig fordítva, az emittertől a bázis felé. E kétféle elnevezés a tranzisztor félvezető anyagának felépítésére utal.

A tranzisztor mint kapcsoló

Gyakran olyan kicsi a rendelkezésre álló áramerősség, hogy nem képes a következő fokozatot be- vagy kikapcsolni. Ezen úgy segítenek, hogy a fogyasztó nagyobb áramerősségét a kisebb, gyenge áramerősséggel vezérelt tranzisztorral kapcsolják be vagy ki, mint a **1.47. ábrán** látható LED-s kapcsolás esetében is.



1.47. ábra
A tranzisztor mint kapcsoló

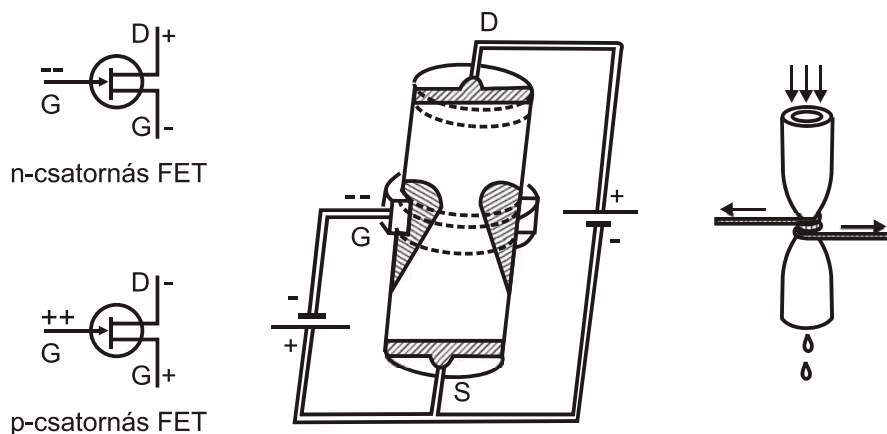
Amíg az R_1 ellenálláson áthaladó bázisáram 0, a tranzisztor nem „kapcsol”. A kollektor/emitter irányban az ellenállás nagyon nagy marad, a pozitív pólustól a $D_1-R_2-T_1$ -testpont (negatív pólus) útvonalon nem tud áram átfolyani. Vagyis az „elektronikus kapcsoló nyitva van”, amennyiben a tranzisztor lezárt, nem vezet. Ha viszont folyik egy kis bázisáram, akkor a kollektor/emitter irányban csökken az ellenállás, és az előbb felsorolt útvonalon megindul az áram a pozitív pólustól a testpont felé. A létrejövő áramerősség nagyobb, mint a bázisáram, elég ahhoz, hogy a LED világítani tudjon. Az elektronikus kapcsoló bekapcsolt, mert a tranzisztor „nyitva van”, vezet.

A legnagyobb kapcsolható áramerősség kiszámolásához elsősorban a minden tranzisztorra jellemző áramerősítési tényezőre van szükség. A B áramerősítési tényező erősen függ a tranzisztor típusától. A bázis- és kollektoráram közötti összefüggést ez a B áramerősítési tényező adja meg, vagyis a bázisáram és a B áramerősítési tényező szorzata adja meg a kollektoráramot: $I_B \cdot B = I_C$.

Például legyen a bázisáram 1 mA, a B áramerősítési tényező 100. Ekkor a lehetséges legnagyobb kollektoráram 100 mA. Ha a LED az R_2 előtét-ellenállás nélkül lenne a tranzisztorra kapcsolva, akkor nem lenne hosszú életű, mert a 100 mA túl sok egy LED-nek. Az R_2 a kollektoráramot a maximálisan megengedhető értékre korlátozza. Fontos különbséget tenni a lehetséges legnagyobb és a megengedhető legnagyobb áram között. A B tényező értékét a gyártók minden típusú tranzisztorra beméréssel meghatározzák; a gyári katalógusokban vagy a típus adatlapján közreadják, és összehasonlító atlaszokban is szerepeltetik.

A térvezérlésű tranzisztor vagy FET

A térvezérlésű tranzisztornak – eredeti neve Field-Effect-Transistor, röviden FET (típusjelében a második betű F) – az előzőekben bemutatott, ún. réteg- vagy bipoláris tranzisztorokhoz elvileg nem sok köze van. Három kivezetését sem bázisnak, emitternek és kollektornak hívják, hanem kapunak (Gate), drénnek vagy nyelőnek (Drain) és forrásnak (Source). Működési elve (1.48. ábra) nagyon egyszerűen szemléltethető egy locsolótömlővel, amiben víz áramlik. Ha a tömlő köré egy kötelet tekernek, és összeszorítják vele a tömlőt, akkor az áramlási keresztmetszet leszűkül, csökkentve az átáramló víz mennyiségét.



1.48. ábra
FET tranzisztor működési elve

Hasonlóan viselkedik egy FET is, aminek fő áramútja az ún. csatorna két (Drain és Source) kivezetésű félvezető anyagból készül. A harmadik kivezetés, a G (Gate) jelű fémelektroda az előbbtől elszigetelten, rendszerint alumíniumból készül. Ha a Gate-re a forráselektroddhoz képest negatív feszültséget juttatnak, akkor – a kialakult térerő miatt – a Draintól a Source felé irányulóan a csatorna beszűkül. Ez annak a szabálynak az eredménye, miszerint a különböző előjelű töltések vonzzák, az azonosak taszítják egymást. Ebből következően az elektronok a csatornában és a kapuelektrodán taszítják egymást, a csatorna beszűkül, s kisebb lesz az áramerősség.

A FET-nek a rétegtranzisztorhoz képest két előnye van. Először is a bemeneti ellenállás a kapu- és a forráscsatlakozó között viszonylag nagy (néhány $M\Omega$), másodsor a FET-et nem (bázis)árammal, hanem egy feszültséggel vezérlik, így alig keletkezik veszteségi teljesítmény.

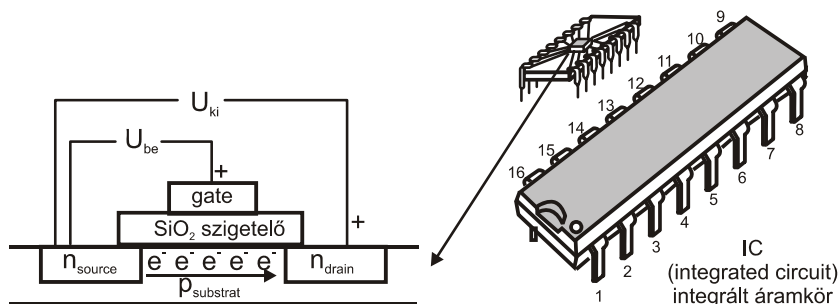
Van n- és p-csatornás típusú FET is. A működés azonos, csupán a feszültségek polaritása ellentétes. A p-csatornás FET kapufeszültsége pozitív kell legyen a forráselektroda feszültségéhez képest.

Integrált áramkör vagy IC

Az IC elnevezés az angol „Integrated Circuit” kifejezés rövidítése. Kívülről nem lehet megállapítani, hogy egy IC belsejében milyen áramköri kapcsolás van. Külsőre mind egyformák: rendszerint fekete vagy sötétszürke, szögletes, sok kivezetéssel – „lábbal” – ellátott műanyag tokocskák. A lábak száma függ az IC fajtájától, létezik 8, 14, 16, 20, 40, sőt több kivezetésű IC is.

Az első IC-k 1962-ben kerültek forgalomba, egy mm^2 -nyi felületen 14 alkatrész volt elhelyezve, amelyek az elektronikus számológépek kapuáramköröit alkották. Az eltelt idő alatt az IC-k gyártástechnológiája elképzelhetetlen fejlődésen ment át. Ma már a néhány mm^2 aktív felületen több tízezer alkatrész is elhelyezhető. A fejlett gyártástechnológiának és a tömeggyártásnak köszönhetően a mai árak (típustól függően) drasztikusan lecsökkentek a kezdetekhez képest.

Az IC „lelke” a benne lévő chip, mivel az IC kapcsolásának minden alkatrésze a chipben található. Egyszerűbb IC-nél (1.49. ábra) ez néhány tranzisztort, ellenállást jelent. A legújabb technológiával készülő nagyintegráltságú IC-k belsejében néhány tízezer alkatrész van, melyek az elképzelhetetlenül kis térben is egy működőképes kapcsolást valósítanak meg; gondoljunk például az utóbbi években lavinászerűen térhódító mikroprocesszorokra. Ezekben már nemcsak tranzisztorok és ellenállások, hanem kondenzátorok és diódák is el vannak helyezve csupán néhány mm^2 -ren. Például míg a 486-os számítógépek processzoraiban „csak” 1,2 millió, addig a „Core2 Extreme” CPU-kban már $2 \times 291 = 582$ millió tranzisztor van. A processzor mérete nem nagyon növelhető, így a benne lévő tranzisztorok jellemző méretét kellett csökkenteni 0,8 μm -ról 0,065 μm -re („65 nm-es technológia”).



1.49. ábra
IC vagy integrált áramkör

Sok minden szól az integrált áramkörök használatáról mellett. Néhány fontosabb érv:

1. **Megbízhatóság.** A modern, bonyolult kapcsolások jóval terjedelmesebbek lennének, ha önálló – „diszkrét” – alkatrészek összeállításával készülneek. Ez rengeteg alkatrészt és rengeteg forrasztási helyet jelentene, mindegyik csak a hibalehetőségek számát növelné. Az IC használata viszont csökkenti

1. Hegesztés elektromos berendezései

- a hibalehetőségek számát, és ezáltal növeli az összetettebb kapcsolások megbízhatóságát.
2. *Gazdaságosság.* Egy integrált ún. NAND (NEM-ÉS) kapuáramkör átlagosan négy tranzisztorból, három diódából és négy ellenállásból áll. A négy ilyen komplett áramkört magába foglaló IC ára a „diszkrét elemekből”, azaz önálló, hagyományos alkatrészekből összeállított egyetlen kapuáramkör alkatrészeinek összárához viszonyítva annak mintegy negyede-harmada.
3. *Helytakarékos szerelés.* A modern zsebkalkulátorokat, mobiltelefonokat mind IC-kkel gyártják. Ezért lehetnek olyan kézhezállóak, férhetnek bele akár egy szivarzsebbe, sőt egy hitelkártya méretű házba is. Diszkrét elemekből megépítve a kapcsolásukat, legalább egy akkumulátor kellene a cipelésükhöz.
4. *Könnyű javíthatóság.* Az esetlegesen fellépő hibákat egy IC-kkel megépített kapcsolásban könnyebben behatárolhatjuk, mint diszkrét elemek esetében. Ez is a karbantartási és javítási költségek csökkenését jelenti. Az IC-s kapcsolások a környezeti hatásokkal szemben (hő, szennyeződés stb.) is kevésbé érzékenyek.

1.1.4. Elektromos hőtechnika

Az elektromos hőtechnika körébe tartozik:

- az ívhevítés,
- az ellenálláshevítés,
- a plazmahevítés,
- az indukciós hevítés,
- a dielektromos és mikrohullámú hevítés,
- az infrasugaras hevítés,
- a lézersugaras hevítés és
- az elektronsugaras hevítés.

A továbbiakban – a célkitűzésnek megfelelően – az ív- és az ellenálláshevítés kerül részletesebb kifejtésre.

Az ívhegesztés során a szükséges hőmennyiséget hegesztőív szolgáltatja, ami szilárd vagy cseppfolyós halmazállapotú elektromosan vezető anyagok között, gázközegben létrejövő hosszan tartó elektromos kisülés, illetve részben ionizált plazmaállapot (vagyis az áramvezetés egy sajátos formája). A gázok ugyanis normál állapotban nem vezetnek a elektromos áramot, ionizált állapotban azonban vezetővé válnak. Felhevített gázoszlopban levő atomok, ionok és elektronok keverékét tekintjük technikai plazmának. Az ív (**1.50. ábra**) éghet elektróda bevonatából fejlődő gázok, fedőpor, semleges védőgáz (pl. argon), aktív védőgáz (pl. CO₂ vagy keverékgáz) védelme alatt.

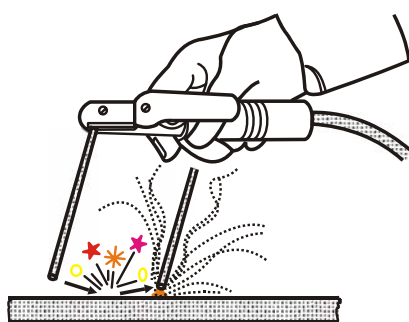


1.50. ábra
Elektromos ív

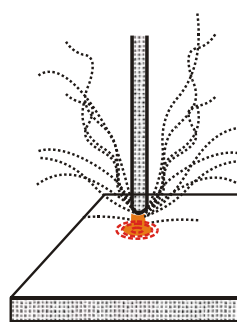
Az ív létrejöttét rövidzárlat előz(het)i meg. Az ívgyújtás (ívlétrehozás) két, egymástól jól elkülöníthető szakaszra bontható:

- az elsődleges ívgyújtás a hideg munkadarabokon végbemenő ívkeltési folyamat;
- a másodlagos ívgyújtás a már izzó anyagon megvalósuló ív(újra)gyújtás.

Például a bevont elektródás (kézi) ívhegesztésnél – az elsődleges ívgyújtáskor – az elektróda végét gyufagyújtásos vagy koppantásos módszerrel (**1.51. ábra**) a munkadarab felületéhez érintik, az ív talppontja felizzik, koncentrált hőfejlődés jön létre, és egy kis térfogatú olvadt fémrészen keresztül záródik az áramkör. Az elektróda emelésével ez a fémrész megnyúlik, majd a hőmérséklet növekedésével (és más erőhatások révén) elszakad, és kialakul az ív.



gyufagyújtásos ívkeltés

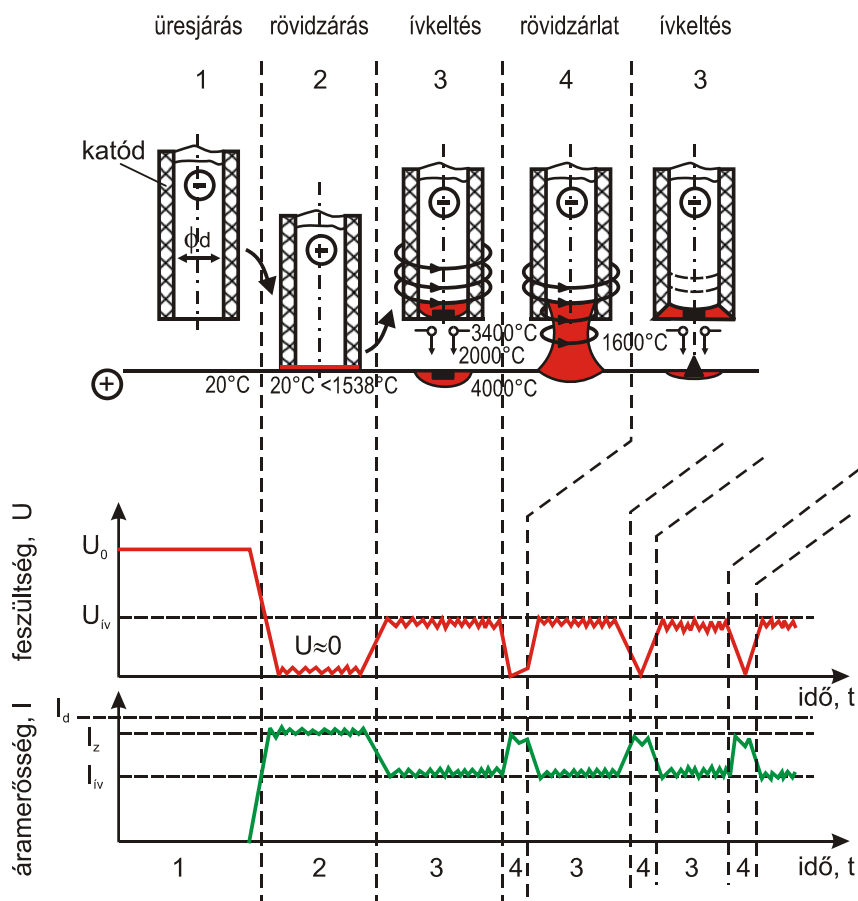


koppantásos ívgyújtás

1.51. ábra
Ívgyújtás

1. Hegesztés elektromos berendezései

Ha az ívgyújtás első szakasza sikeres, akkor induktivitás nélküli áramkörben az állandósult feszültség értékénél legalább 1,5–1,6-szor nagyobb üresjáratú feszültség már elegendő az ív másodlagos gyújtásához. Az állandósult ív kialakulásakor az elektróda vége megolvad, és az elektróda – mint áramvezető – körül kialakult gyűrű alakú mágneses tér (1.52. ábra) sugárirányú erőhatása (pinch-hatás) a fém-cseppet leválasztani igyekszik (leolvadás). Ezt elősegítik a bevonatból fejlődő gázok is, amelyeknek különösen pozícióhegesztéskor van jelentőségük. Váltakozó áram esetén az ív az áramirány váltakozásakor mindig kialszik, ezért csak úgy lehet egyenletesen égő ívet tartani, ha az ívszakasz az ív kialvása idején is elektromosan vezető marad (pl. a bevonatból származó ionizált alkotórészek révén) vagy kellően nagy gyújtófeszültség hatására az ív a váltakozó áram minden félhulláma után újra létrejön.



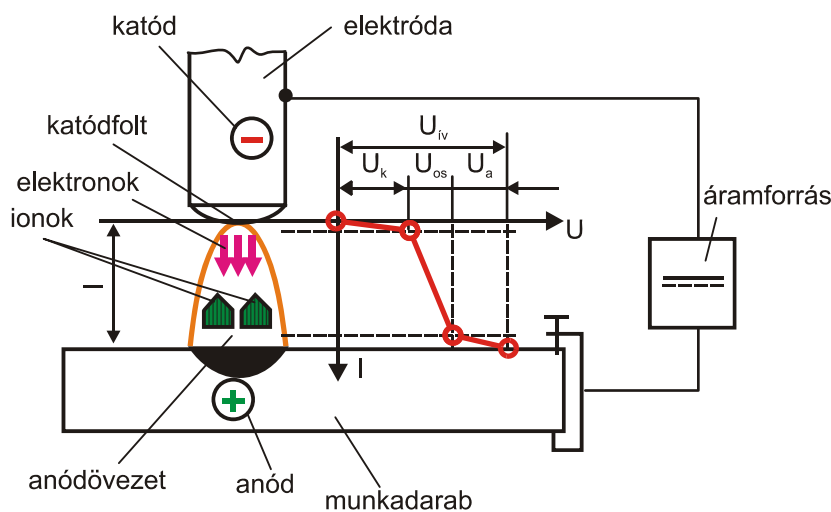
1.52. ábra

Ívhegesztő elektróda mágneses tere és az ív ömlesztő folyamata

1. Hegesztés elektromos berendezései

Az ív kialakulásakor az elektronok a negatív pólusból kilépnek, és nagy sebességgel repülnek a pozitív pólus felé. Az elektronok mozgási energiája hővé alakul a pozitív pólusba való becsapódáskor. Az így kialakuló hőmérséklet megolvasztja (és részben el is gőzölögteti) az ív által érintett anyagterületet. A pólusok között nagy sebességgel áramló negatív töltésű elektronok atomokkal ütköznek, melyek elektronhéjaikról újabb elektronok csatlakoznak a pozitív pólus felé haladó elektronáramlathoz. Az elektronjaikat elvesztett atomok ionokká válnak, és pozitív töltést mutatnak. Ezek az ionok töltésük miatt a negatív pólus felé gyorsulnak, majd becsapódásukkal szintén olvasztó, illetve elgőzölögtető hőhatást eredményeznek.

Egyenáram alkalmazásakor a folyamatosan égő ív révén állandóan új töltéshordozók (elektronok, ionok) képződnek, amelyek az ívet stabilizálják. A katódfalt melegebb helyről hidegebb helyre nehezen vihető át, ezért fordított polaritás esetén az ív katódfaltja „leragad” az elektróda elmozdításakor, megnehezítve a hegesztőív vezetését. Az ívköz (ívhossz) jelentős részét foglalja el az anódövezet és a katódfaltot elválasztó ívoszlop, amelyet elektronok, ionok, atomok és molekulák alkotnak. Az ívoszlopban a feszültségesés nem számottevő, míg az anódövezet (összesűrűsödött pozitív ionok) feszültségesése (8–10 V) és a katódfalt (összesűrűsödött negatív elektronok) közeli katódosés (15–17 V) jelentős (**1.53. ábra**). Az anód (+) hőmérséklete mintegy 15–20%-kal meghaladja a katódét (–).



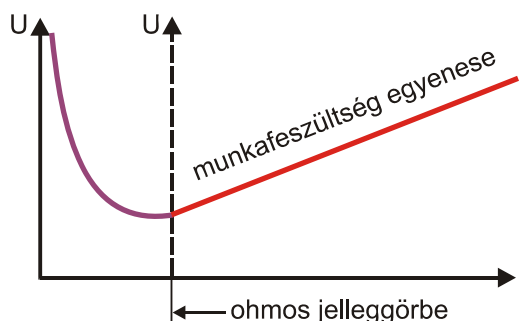
1.53. ábra
Ívfeszültség megoszlása

A hegesztőív statikus jelleggörbéjének (**1.54. ábra**) kezdeti szakaszán növekvő áramerősséggel a feszültség hiperbolikus függvény szerint csökken, majd egy minimum elérése után, ha az áramerősséget növeljük, a jelleggörbe Ohm törvénye szerint halad. Ha az ív hőforrást (pl. az ívhegesztő elektródát) kézzel vezetjük, nem tartható állandó hosszúságú ív, ezzel együtt változik az ív feszültsége is, ami álta-

1. Hegesztés elektromos berendezései

lában 20–40 V, de AWI-eljárás (141-es eljárás) esetén 10–30 V. Ha a jelleggörbe által meghatározott összetartozó feszültség-áramerősség értékekhez képest a feszültség növekszik, vagy csökken az áramerősség, akkor egyre hosszabb lesz az ív, míg végül megszakad. A feszültség csökkentésével és az áramerősség növelésével az ív egyre rövidebb lesz, míg végül rövidzárlat keletkezik.

Az ív statikus jelleggörbéjét a gyakorlatban a szabványos munkafeszültség egyenesével helyettesít(het)ik, amelyet bevont elektródás ívhegesztés (111-es eljárás) esetén az $U = 20 + 0,04 \cdot I$, fogyasztóelektródás, védőgázos ívhegesztés (135-ös eljárás) esetén az $U = 14 + 0,05 \cdot I$ összefüggés ír le, ha $I \leq 600$ A.



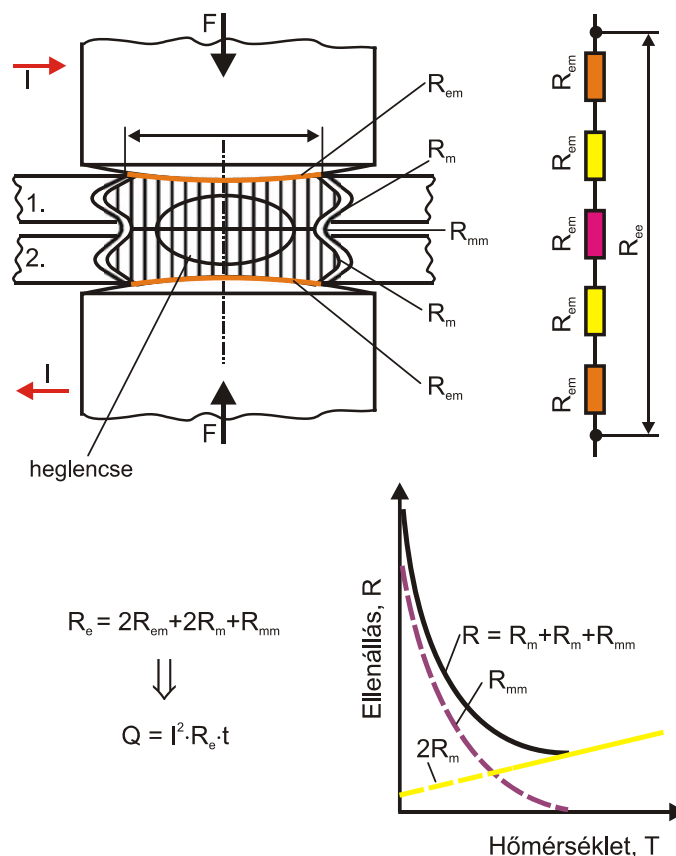
1.54. ábra
Elektromos hegesztőív statikus jelleggörbéje

Ellenállás-hevítéskor (**1.55. ábra**) a két elektróda közötti szakasz R_e ellenállásán t ideig keresztülfolyó I áram $Q = I^2 \cdot R_e \cdot t$ Joule-hőt fejleszt. Az R_e ellenállás magába foglalja az egyik elektróda – 1. munkadarab érintkezési ellenállását, az 1. munkadarab hőmérsékletfüggő anyagellenállását, az 1. munkadarab – 2. munkadarab átmeneti ellenállását, a 2. munkadarab hőmérsékletfüggő anyagellenállását és a 2. munkadarab – másik elektróda érintkezési ellenállását, melyek lényegében „sorba vannak kötve”. Az átmeneti ellenállás a nem tökéletesen sík felületek pontszerű érintkezési helyein létrejövő helyi áramsűrűség-növekedésből (belső ellenállásból) és a felületi szennyezettségéből (felületi ellenállásból) ered.

Az átvezetett áram Joule-hője az alkalmazott F nyomóerővel együtt a felületi érdességcsúcsokat ellapítja, a felületi szennyeződéseket roncsolja. Ilyen módon a két anyagdarab rövid idő múlva szinte tökéletes fémes érintkezésbe kerül egymással, minek következtében az átmeneti ellenállás megszűnik.

A hőfejlődés az érintkezési zónának ΔT hőmérséklet-növekményt ad, miáltal a fémes anyagok ellenállását is növeli, vagyis az áramkörnek továbbra is a darabok érintkezésénél lesz a legnagyobb ellenállása, itt fejlődik a legtöbb hő. A melegalakítás hőmérsékletének elérése – esetenként egy vékony felületi réteg megolvasztása – után az áramot kikapcsolják, miközben a felületeket összeszorító erő biztosítja a megfelelő deformációt és nyomófeszültséget, vagyis a kohéziós kötés kialakulásának feltételeit.

1. Hegesztés elektromos berendezései



$$R_e = 2R_{em} + 2R_m + R_{mm}$$

$$\Downarrow$$

$$Q = I^2 \cdot R_e \cdot t$$

1.55. ábra
Ellenállás-hevítés

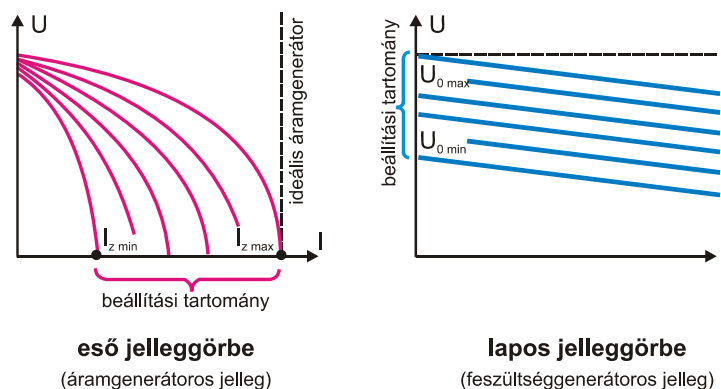
Egymáshoz közel elhelyezett elektromos érintkezési helyeken keresztül – mint pl. az előzőleg készített ellenállás-ponthegesztési pontok (pontvarratok) – kialakul a mellékáramkört vagy söntölő hatás. Ez csökkenti az aktuális hegesztési területen az áramerősséget, így a hegesztési területen fejlődő hőt, illetve a pontvarrat méretét. A sönthatás jelentősége a pontok sűrítésével, a munkadarabok vastagságának növelésével és fajlagos elektromos ellenállásuk csökkenésével fokozódik. Ebből következően ellenállás-vonalhegesztéskor – hermetikusan záró (tömítő) varrat készítésekor – a sönthatás szerepe igen jelentősnek tűnhet. Ennek ellenére azonos vastagságú lemezek hegesztésekor az áramerősség (állandó áramátfolyási időtartam és nyomóerő mellett) gyakran 15%-nál nagyobb mértékű eltérést nem mutat. Ez a hegesztendő anyagok hőkapacitásával magyarázható, ugyanis a már meghegesztett pontok hőjük egy részét átadják a hegesztendő pontoknak, továbbá a tárcsaelektrodák nagymértékben megváltoztatják az összehegesztendő fémek alakját az érintkezés helyén, így az ellenállás gyorsan csökken.

1. Hegesztés elektromos berendezései

1.2. Ívhegesztés berendezései

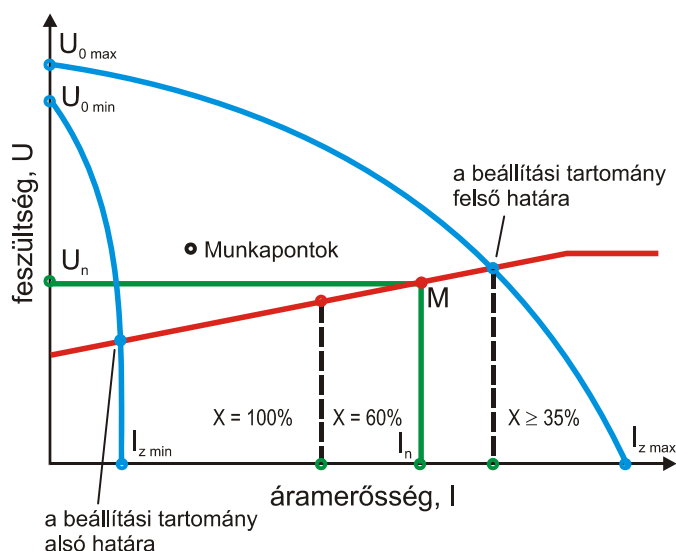
Az ívhegesztő áramforrások az előállított áram neme szerint lehetnek egyen- vagy váltakozó áramúak, illetve mindkettőt megvalósító berendezések. Az egyenáramú berendezések működtethetők elektromos hálózatról vagy hálózatot nem igénylő energiaforrással (pl. belső égésű motorral). Üresjáratban a bekapcsolt áramforrás pólusai között az üresjárási feszültség mérhető, ennek értéke áramforrásonként változik, általában 45–80 V. Nagyobb üresjárási feszültséggel könnyebb az ív gyújtása, de áramütés szempontjából veszélyes helyeken (pl. tartály belsejében) csak olyan egyenáramú áramforrás használható, amelynek üresjárási feszültsége legfeljebb 50 V.

Az áramforrást jellemzi a statikus jelleggörbe (1.56. ábra), amely az áramerősség és a feszültség kapcsolatát írja le, vagyis azt, hogy milyen összetartozó U és I értékek szerepelhetnek egy adott gépbeállításnál a hegesztőáramkörben. A két legfontosabb jelleggörbe típus az áramgenerátoros jellegű meredeken „eső” és a feszültséggenerátoros jellegű vízszinteshez közelien „lapos”. A jelleggörbe alakja a berendezés típusától, kialakításától stb. függően változik, a függőleges tengellyel képezett metszéspontja az U_0 üresjárási feszültséget mutatja. A rövidzárlatos anyagátmenetű technológiák berendezései jelleggörbéjének metszéspontja a vízszintes tengellyel az állandósult I_z zárlati áram értékét adja meg.



1.56. ábra
Ívhegesztő áramforrások statikus jelleggörbéje

Az áramforrás és a hegesztőív statikus jelleggörbéjének (ohmos szakaszának) metszéspontja a munkapont (M). A munkapont (1.57. ábra) az ív hosszának változtatásával eltolódhat, illetve a jelleggörbe módosítása (gépátkapcsolás) esetén más áramerősség-feszültség értékpárokat vehet fel. Az ív statikus jelleggörbéjét helyettesítő szabványos munkafeszültség egyenesével együtt is ábrázolható az áramforrás jelleggörbéje, aminek révén leolvashatók a mindenkor ívhossznak megfelelően összetartozó hegesztőáramköri U és I értékek.

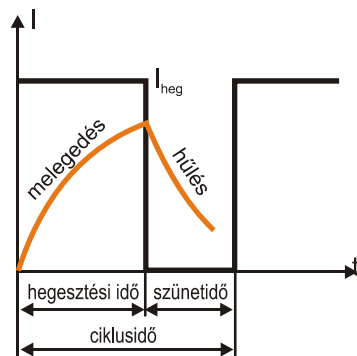


1.57. ábra
Ívhegesztő áramköri munkapontok

Az ívhegesztő áramforrások elektromos, illetve azáltal létrejövő termikus terhelhetőségének (Joule-hő) jellemzésére a bekapcsolási idő (X , korábban bi vagy BI) szolgál. Azt a hegesztési időtartamot jelöli, ameddig az áramforrás a megadott kimenő teljesítménnyel (áramerősséggel) terhelhető egy – szabványban rögzített értékű – 10 perces ciklusidőtartamon belül (**1.58. ábra**): $X = (\text{hegesztési idő} / \text{ciklusidő}) \cdot 100\% \Rightarrow \text{hegesztési idő} = (X/100\%) \cdot \text{ciklusidő}$. Az áramforrások adattábláján leggyakrabban az $X = 35\%$, 60% és 100% bekapcsolási időhöz tartozó (megengedett legnagyobb) áramerősségeket tüntetik fel.

A hegesztő áramforrások egy része (pl. bevont elektródás ívhegesztéshez, AWI- vagy TIG-hegesztéshez, vastaghuzalos fedett ívű hegesztéshez) meredeken eső (munkapontok környezetében függőlegeshez közeli) jelleggörbéjű. Az utóbbi esetben a meredeken eső jelleggörbe lehetővé teszi az ún. külső szabályozást (**1.59/a ábra**), melynek célja az ívhossz, illetve a munkapont állandó értéken tartása, valamint a huzalelőtolásnak megfelelő leolvadás szavatolása. Ehhez az ívfeszültség változása ad különbségképző jelet. Pl. megnövekszik az ívhossz l_1 -ről l_2 -re, miáltal az ívfeszültség megnövekszik U_1 -ről U_2 -re. Ez a $+\Delta U = U_2 - U_1$ változás a huzalelőtoló motor külső gerjesztő feszültségét befolyásolva meggyorsítja a huzalelőtolást (az ív talppontjait közelíti egymáshoz), minek következtében az ívhossz és a munkapont visszaáll az eredetire. Ha az ívhossz lecsökken, akkor a folyamat fordítottja játszódik le.

1. Hegesztés elektromos berendezései



$$X_B = \frac{I_{\text{hegA}}^2}{I_{\text{hegB}}^2} X_A$$

pl. ha $X_A = 100\%$ és $I_{\text{hegA}} = 120 \text{ A}$,
akkor $I_{\text{hegB}} = 150 \text{ A}$ esetén $X_B = 44\%$

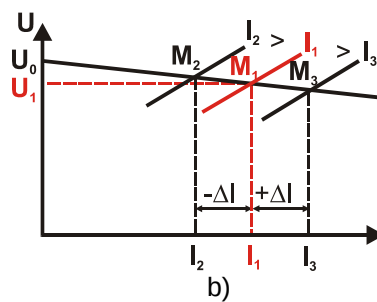
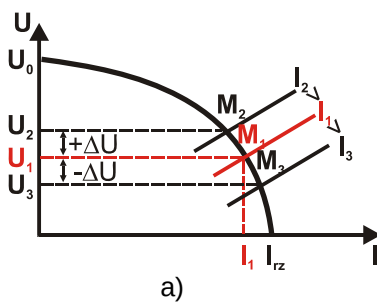
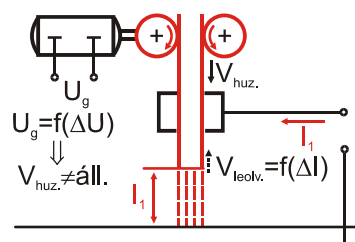
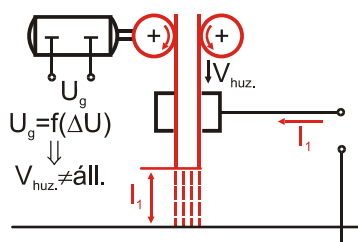
$$I_{\text{hegB}} = I_{\text{hegA}} \sqrt{\frac{X_A}{X_B}}$$

pl. ha $X_A = 60\%$ és $I_{\text{hegA}} = 100 \text{ A}$,
akkor $X_B = 100\%$ esetén $I_{\text{hegB}} = 77 \text{ A}$

$$X = \frac{\text{hegesztési idő}}{\text{ciklusidő}} 100\%$$

1.58. ábra

Ívhegesztő áramforrások bekapcsolási idejének értelmezése



1.59. ábra

Ívhegesztő áramforrások külső és belső szabályozásának elve

A hegesztő áramforrások másik csoportja (pl. fogyóelektródás, védőgázos ív-hegesztéshez, vékonyhuzalos fedett ívű hegesztéshez) lapos (vízszinteshez közeli) jelleggörbéjű, lehetővé téve az ún. belső szabályozást (1.59/b ábra), melyhez

1. Hegesztés elektromos berendezései

nincs szükség külön szabályozókörre, mert az ívben önszabályozás játszódik le. Ehhez az áramerősség változása szolgáltat „jelet”. Pl. megnövekszik az ívhossz l_1 -ről l_2 -re, miáltal az áramerősség lecsökken I_1 -ről I_2 -re. Ez a $-\Delta I = I_2 - I_1$ változás a huzalleolvasztás sebességét csökkenti, és mivel állandó a huzalelőtolási sebesség, az ívhossz, illetve a munkapont visszaáll az eredetire (az ív talppontjai közelednek egymáshoz). Ha az ívhossz lecsökken, akkor a folyamat fordítottja játszódik le.

A hegesztővezeték (hegesztőkábel) vezeti az áramot az áramforrástól az ívig, illetve vissza. Vékony, sodrott rézhuzalokból készül, vastag gumiborítással szigetelve. A vezeték végét kábelsaru zárja le nagyméretű, fémes, nem melegedő csatlakozóelemet képezve. Egyre gyakoribb a bajonettzáras kialakítás is, ami megakadályozza a csatlakozás meglazulását, és egyben jól szigetel. Fontos a kábelkötések szoros és tiszta elvégzése, a megfelelő kábelkeresztmetszetek alkalmazása, mert túl hosszú vezetékelnél a teljesítmény jelentős része a nagy vezetékellenálláson elveszik, illetve káros melegedést okoz. Pl. $X = 60\%$ -os bekapcsolási időnél, 200 A áramerősség esetén rövid kábelhez 35 mm^2 , 10 m felettihez 50 mm^2 , 50 m felettihez 70 mm^2 , 100 m felettihez viszont már 120 mm^2 kábelkeresztmetszet szükséges.

Névleges keresztmetszet mm^2	Legnagyobb megengedett áramerősség (A) (az adott X-nél)				
	100%	60%	35%	20%	8%
16	123	137	163	207	303
25	161	186	227	286	436
35	198	234	298	369	566
50	248	298	373	480	745
70	306	373	472	644	949
95	365	451	574	747	1165
100	430	531	677	881	1375

Környezeti hőmérséklet, °C	Szorótényező	Környezeti hőmérséklet, °C	Szorótényező
35	0,95	60	0,63
40	0,89	65	0,55
45	0,84	70	0,45
50	0,77	75	0,32
55	0,71		

1.60. ábra
Ívhegesztő kábelek kiválasztási szempontjai

1. Hegesztés elektromos berendezései

ÍVHEGESZTŐ ÁRAM- FORRÁS MEGNEVE- ZÉSE	ÍVHEGESZTŐ ÁRAM- FORRÁS JELKÉPE	JELLEGŐRBE	ÁRAMNEM	ELJÁRÁSKÓD	belsőségű motor	elektromos hálózat	elektromotor	generátor	primer egyenirányító	akkumulátor	vezérlő elektronika	váltóirányító	fokozatkapcsoló	transzformátor	jármvasmag	fojtótekeres	transzduktor	szekunder egyenir.	simító fojtótekeres
akkumulátor				111, 141															
generátor				111, 141															
transzformátor	fokozat- kapcsolós				111, 141														
	járom- vasmagos				111, 141														
	fojtóte- kerces				111, 141														
	transz- duktoros				111, 141														
egyenirányító	fokozat- kapcsolós				12, 13														
	járom- vasmagos				12, 13														
	transz- duktoros				12, 13														
	tirisztoros				12, 13														
tirisztoros inverter					13, 15						$< f$								
transzisztoros inverter					13, 15						$> f$								

1.61. ábra
Ívhegesztő áramforrások és fő egységeik

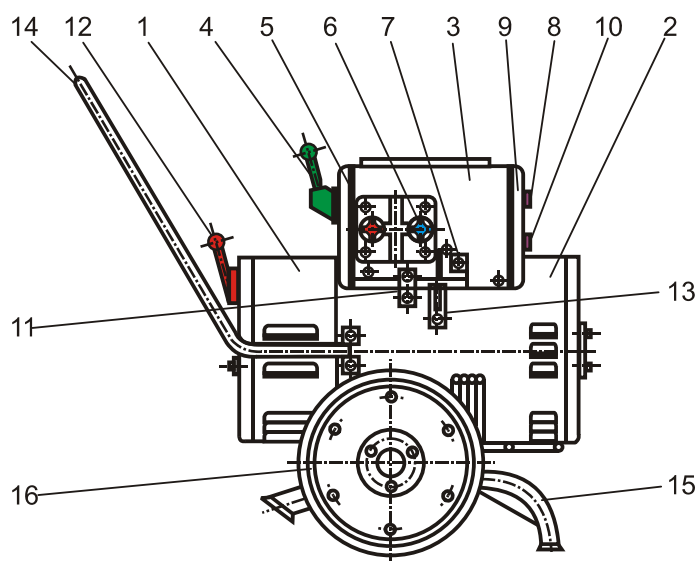
Ugyancsak fontos a környezeti hőmérséklet figyelembe vétele is a kábel kiválasztásához. 20 méternél rövidebb kábel esetén az **1.60. ábra** felső része szerinti

méretű kábelkeresztmetszetet kell választani, illetve a környezeti hőmérséklet hatását az **1.60. ábra** alsó része szerint kell figyelembe venni.

Míg az ívhegesztés kezdeteit elsősorban az akkumulátorok alkalmazása jellemezte, addig napjainkban már csak az autós barkácshegesztésnél van jelentősége ezeknek az egyenáramú áramforrásoknak. Az ipari gyakorlatban alkalmazható ívhegesztő áramforrások (**1.61. ábra**) lehetnek belsőégésű vagy elektromos motorral meghajtott generátorok, különböző szabályozással rendelkező transzformátorok és egyenirányítók, valamint frekvenciaátalakítással megvalósuló tirisztoros vagy tranzisztoros inverterek.

1.2.1. Hagyományos ívhegesztő áramforrások

A hegesztőgenerátorok (**1.62. ábra**) főbb egységei: háromfázisú meghajtó motor (ún. csillag-háromszög [delta] kapcsolással), ventilátor, generátor (dinamó), ház.



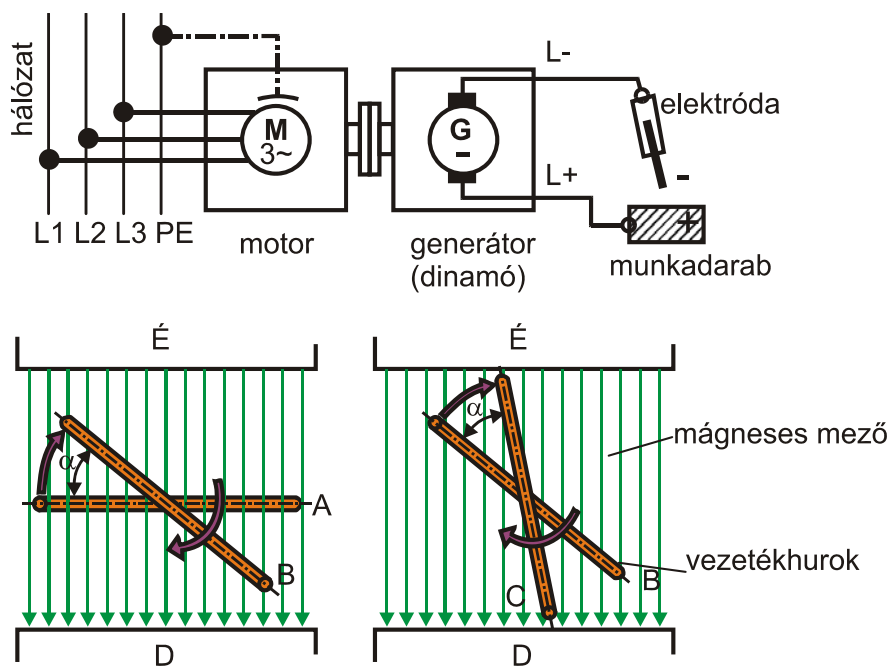
- 1 generátor oldal, 2 motor oldal, 3 kapcsolószekrény,
 4 csillag-delta kapcsoló, 5 elektródakábel-csatlakozó,
 6 testkábel-csatlakozó, 7 motorcsatlakozás, 8 polaritás-
 váltó és távvezérlő kapcsoló, 9 áramhatár-kapcsoló, 10
 dugaszoló aljzat távszabályozóhoz, 11 földelő csavar,
 12 hegesztőáram-beállító, 13 felfüggesztőfül, 14 tolókeret,
 15 tartóbak, 16 gumikerék

1.62. ábra
 Ívhegesztő generátor főbb elemei

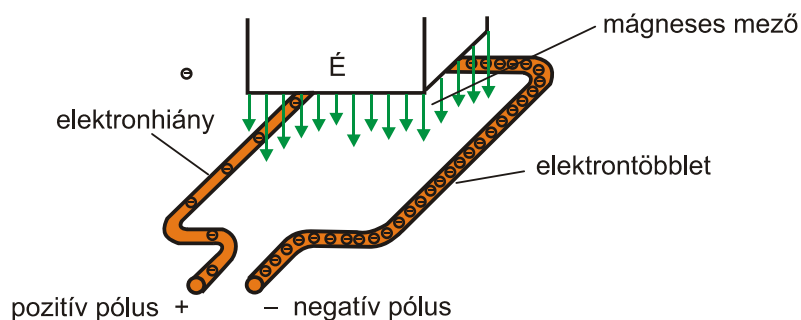
1. Hegesztés elektromos berendezései

A generátor fontosabb részei: állórész („északi” és „déli” pólussal), gerjesztő- vagy mellékáramtekercs, forgórész (rotor) tekercsel, áramátadó (kollektor) szénkefékkel, főáramtekercs, áramszabályozó. Az állórész pólusain helyezkedik el az egyenárammal átjárt gerjesztőtekercs. A gerjesztő egyenáramot kis pótdinamó állítja elő, vagy hálózati áramból transzformátor, illetve segéd egyenirányító hozza létre, és beállítható ellenálláson keresztül a mellékáramtekercsre juttatja. A gerjesztés hatására a mágneses pólusok között elektromágneses erőter alakul ki, amelynek erővonalait a meghajtott forgórész tekercshuzalai váltakozó irányból metszik, így bennük váltakozó feszültség, illetve áram jön létre.

A nagyszámú szabad elektront tartalmazó rézhuzalok kivezetésein elektronkülönbség azáltal alakul ki, hogy a pozitív pólustól a negatív pólushoz vándorolnak az elektronok (**1.63 ábra**). Így a pozitív pólusnál elektronhiány, a negatív pólusnál elektrontöbblet jön létre, vagyis a kettő között elektromos feszültség keletkezik. A forgórésztekercs huzalainak végződése egymástól elszigetelt rézszegmensekből álló kollektorhoz csatlakoznak. A forgórészből a kollektorba vezetett váltakozó áram minden pozitív félhullámát egy szénkefesorral és minden negatív félhullámát egy másik szénkefesorral vezetik el, így a kollektor a váltakozó áramot egyenárammá alakítva juttatja a főáramtekercset is magába foglaló hegesztőáramkörbe.



1.63. ábra (I.)
Ívhegesztő generátor elve



1.63. ábra (II.)
Ívhegesztő generátor elve

A kollektoros áramátalakításon alapuló hegesztőgenerátorok előnyei: 113 V üresjárási feszültségig korlátozás nélkül használhatók, minden elektródatípushoz alkalmazhatók, egyenletesen terhelik a hálózatot, amelynek feszültségingadozásai a forgó tömeg révén kiegyenlíthetők; hátrányai: nagy tömeg és ár, jelentős zaj, több karbantartási igény (kopó alkatrészek miatt), nagy ívfúvó hatás a kisebb lüktetésű egyenáram miatt. Kollektor és gyorsan kopó szénkefék nélküli, kis karbantartási igényű újabb hegesztő átalakítók megfordítják a váltakozóáram-termelés elvét, ugyanis a forgórészen van a gerjesztőtekercs és a létrejött váltakozó hegesztőáramot diódákkal egyenirányítják (**1.64 ábra**).

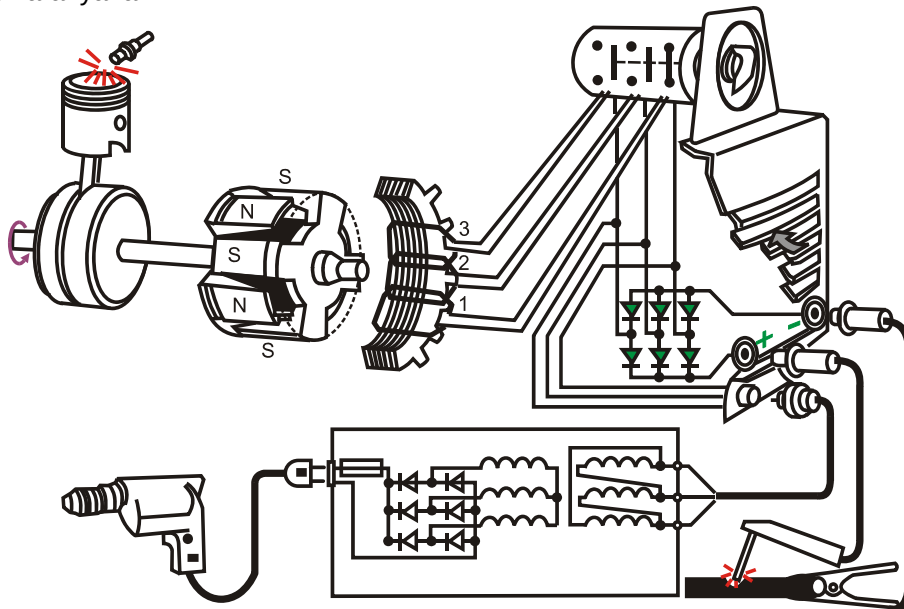
A hegesztőgenerátorok gyártása és alkalmazása az anyaggal és az energiával való fokozott takarékoság, a környezetvédelmi és ergonómiai szempontok miatt egyre inkább háttérbe szorul. A hegesztéshez szükséges eső jellegű görbét (**1.65. ábra**) többféle módon lehet előállítani a generátoroknál, mint például:

- a kefehíd forgásirányú elforgatásával, ami a kefeszikrázást is csökkenti;
- szórópólusos megoldással, ahol a segédpóluspár részben eltereli a főfluxust a forgórészből, miáltal a főfluxus megoszlik a segédpólusok és a forgórész között;
- ellenkompaund tekercssel, melynek menetszáma, illetve fluxusmegosztó hatása változtatható.

Váltakozó áramú hegesztést tesznek lehetővé a hegesztőtranszformátorok, amelyek egy zárt vasmagból és azokon elhelyezkedő két egymástól elszigetelt tekercsből állnak. A vasmagot vékony, egymástól szintén elszigetelt, szilíciumtartalmú acéllemezek alkotják, hogy a melegedést okozó örvényáram- és átmágnesezési veszteségek alacsony szinten tarthatók legyenek. Az első (1.) vagy primer (rendszerint sokmenetű: N_1 , vékonyhuzalos) tekercsbe U_1 feszültségű átalakítandó (hálózati) váltakozó áramot vezetnek, ami a vasmagban váltakozó mágneses mezőt kelt. A második (2.) vagy szekunder (rendszerint kevésmenetű: N_2 , vastaghuzalos) tekercs menetei metszik ezt a változó mágneses mezőt, és benne

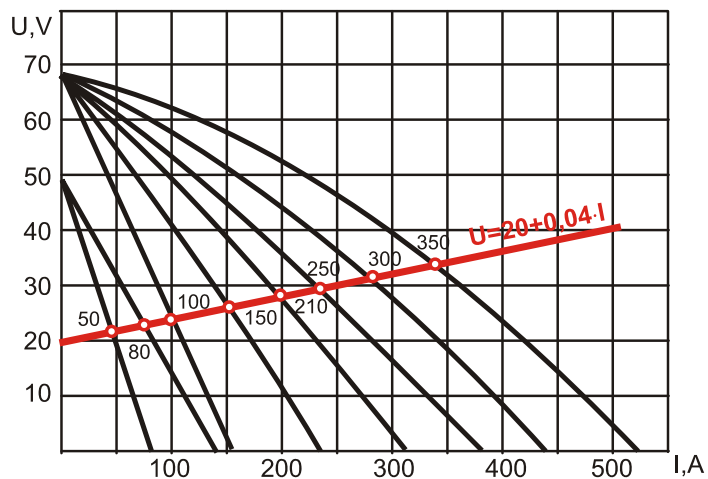
1. Hegesztés elektromos berendezései

olyan (kisebb) feszültség (U_2) indukálódik (1.66. ábra), ami megfelel a menetszámok arányának.



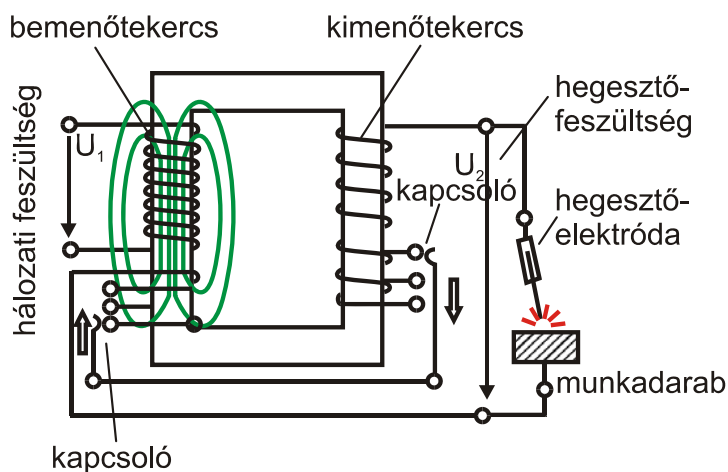
1.64. ábra

Robbanómotor hajtású egyenirányítás ívhegesztő generátor



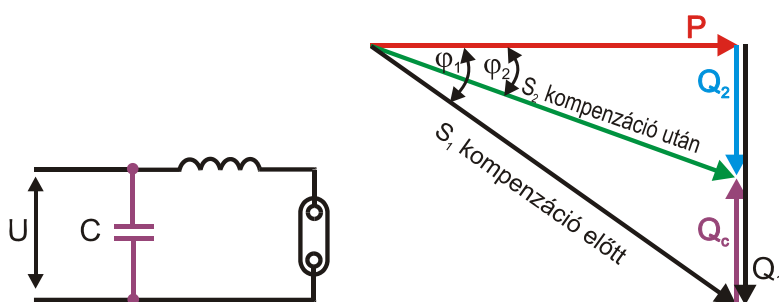
1.65. ábra

Egy ívhegesztő generátor statikus jelleggörbéi



1.66. ábra
Ívhegesztő transzformátor elve

Minden transzformátor induktív fogyasztó, ami azt jelenti, hogy a feszültség és az áramerősség nem lehet egyidejűleg nulla, vagyis az áram a feszültséghez képest „késik”. Ez a fáziseltolódás vektoros ábrázolásban egy φ szöggel adható meg. E szög koszinusza ($\cos \varphi$), mint teljesítménytényező mutatja a hatásos (P) és a látszólagos (S) teljesítmény arányát, míg a $\sin \varphi$ jelöli a meddő (Q) és a látszólagos (S) teljesítmény arányát. Mivel a transzformátorokra $\cos \varphi = 0,5-0,6$, ezért fázisjavító vagy meddőkompenzáló kondenzátort kell alkalmazni (**1.67. ábra**), amivel elérhető $\cos \varphi = 0,8-0,9$. Ugyanis minden kondenzátor kapacitív jellegű, ami azt jelenti, hogy az áram a feszültséghez képest „siet”.



1.67. ábra
Meddőkompenzálás elve

Például 230 V-os hálózaton, 0,54 eredő $\cos \varphi$ értékű hegesztőtranszformátorral, 120 A áramerősséggel kívánnak hegeszteni. Elvégezhető-e a hegesztés 16 A-

1. Hegesztés elektromos berendezései

es biztosítóval vagy kismegszakítóval védett hálózati csatlakozóról? Változik-e a helyzet, ha megfelelő fázisjavító kondenzátort kapcsolnak a transzformátor elé, minek révén az eredő $\cos \phi$ értéke 0,9-re módosul?

A szabványos munkafeszültség egyenletéből az ívfeszültség:

$$U_2 = 20 + 0,04 \cdot I_2 = 20 + 0,04 \cdot 120 = 24,8 \text{ V} .$$

A transzformátorokra vonatkozó teljesítményazonossági egyenletből:

$$U_1 \cdot I_1 \cdot \cos \phi = U_2 \cdot I_2 \Rightarrow \frac{U_2 \cdot I_2}{U_1 \cdot \cos \phi} = \frac{24,8 \cdot 120}{230 \cdot 0,54} = 23,96 \text{ A} .$$

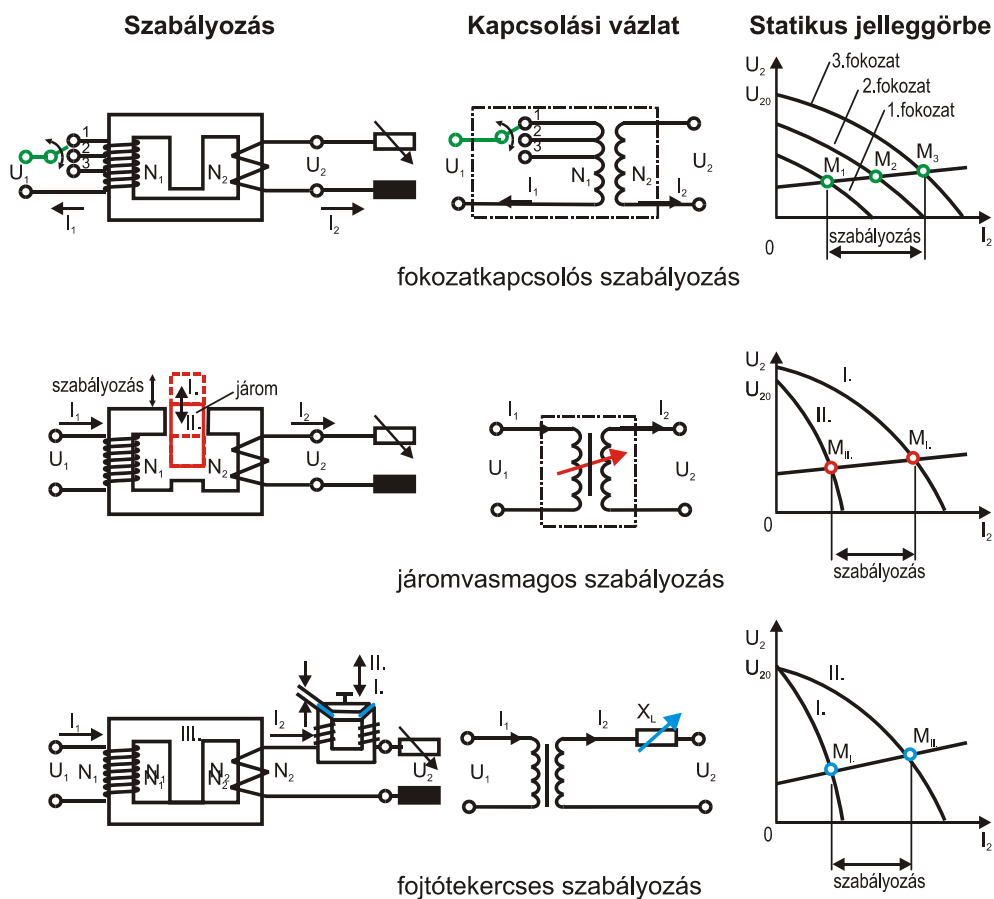
Az $I_1 \approx 24 \text{ A}$ primer áramerősség nagyobb 16 A-nál, tehát a hegesztés nem végezhető el, ugyanis a biztosító a teljes áramot érzékeli, míg a fogyasztásmérőn csak a hatásos teljesítmény jelenik meg.

Fázisjavító kondenzátor alkalmazásával a primer áramerősség:

$$I_1 = \frac{24,8 \cdot 120}{230 \cdot 0,9} = 14,37 \text{ A} .$$

A primer áramerősség most már kisebb 16 A-nál, tehát a hegesztés elvégezhető.

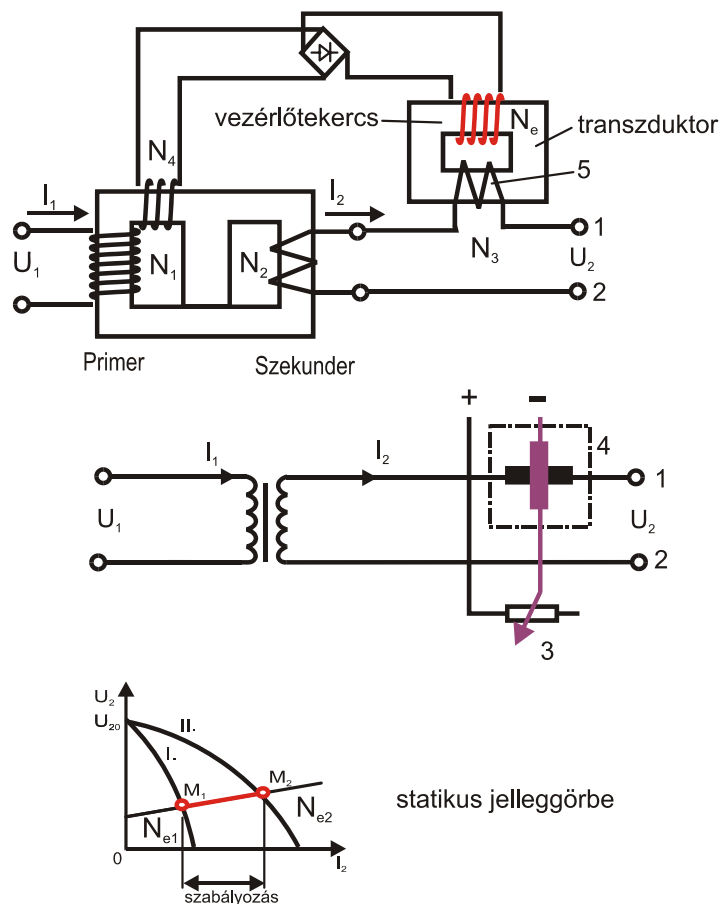
A hegesztéshez szükséges meredeken eső jelleggörbét azáltal érik el, hogy a szekunder áramkör szórási reaktanciáját növelik. Ezzel a megoldással közelíthető a negyedellipszis alakú jelleggörbe, amelyet úgy alakítanak a megfelelő formára, hogy a primer tekercs menetszámát szakaszosan (fokozatkapcsolóval) változtatják. Az ún. járomszabályozású transzformátornál a primer és a szekunder tekercsek között lévő vasmag (járom) kézi vagy elektromos úton való mozgatásával változtatható a szórási utak mágneses ellenállása. A szabályozás további lehetősége az áramkörbe iktatott fojtótekercs révén történő jelleggörbe-változtatás, amikor a transzformátor szekunder áramkörébe iktatott vasmagos fojtótekercs induktivitása a δ légréssel szabályozható (**1.68. ábra**).



1.68. ábra
Ívhegesztő transzformátorok szabályozása

A transzduktoros szabályozás (**1.69. ábra**) a mechanikus (mozgatásos) szabályozást váltja fel. A transzduktor ferromágneses zárt vasmagokból és a rájuk csévelt tekercsekből áll, így mozgó alkatrészt nem tartalmaz. Az egyik tekercsen a váltakozó munkaáram (szekunder áram), a másikon egyenirányított áram folyik át. A transzduktort egy vezérlőkör szabályozza és a jelleggörbe az egyenirányított áramú tekercs menetszámának változtatásával módosítható. A vezérelt félvezetők (tirisztorok) elterjedésével háttérbe szorul a transzduktoros áramforrások fejlesztése. A transzduktorok tirisztorokkal való helyettesítésével a gép tömege és mérete jelentősen csökkenthető, és kedvezőbb működési feltételeket (gyorsabb beavatkozás, kisebb vezérlőtelteljesítmény stb.) lehet elérni.

1. Hegesztés elektromos berendezései

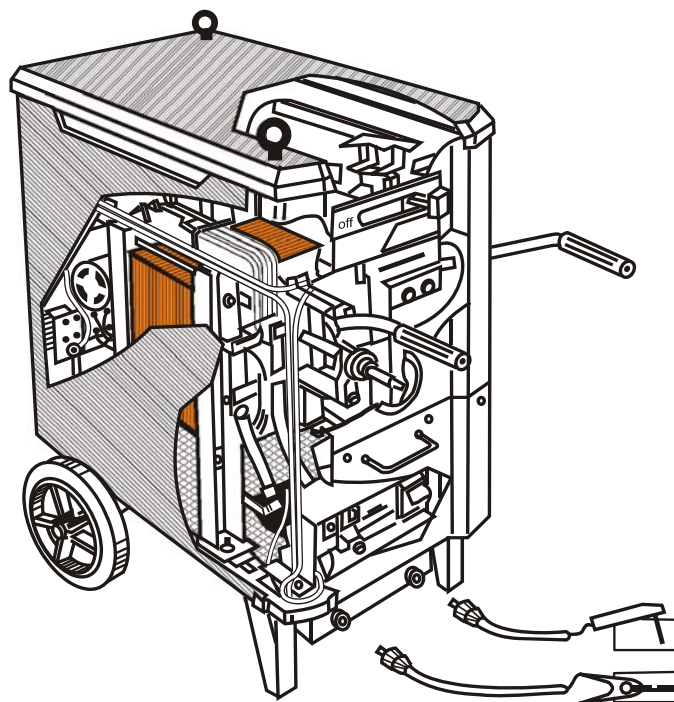


1 elektróda, 2 munkadarab, 3 áramszabályozó
potenciométer, 4 transzduktor, 5 szabályozott kör

1.69. ábra

Ívhegesztő transzformátor transzduktoros szabályozása

A hegesztőtranszformátor (**1.70. ábra**) előnyei: viszonylag olcsó, csendes üzemű, kis üresjárási veszteségű, váltakozó árama miatt mágneses ívfűvő hatástól mentes, csekély karbantartási igényű; hátrányai: viszonylag nagy tömegű, aszimmetrikusan terheli a hálózatot, csak váltakozó áramot ad le (nem alkalmas polaritáshoz kötött elektródákhoz), megengedett legnagyobb üresjárási feszültsége egyfázisú esetben 55 V (max. 160 A-hez), illetve háromfázisú esetben 80 V.



1.70. ábra

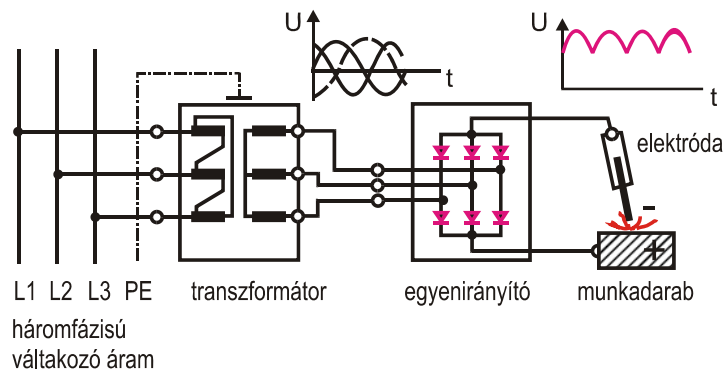
Egy ívhegesztő transzformátor szerkezete

1.2.2. Félvezetős ívhegesztő áramforrások

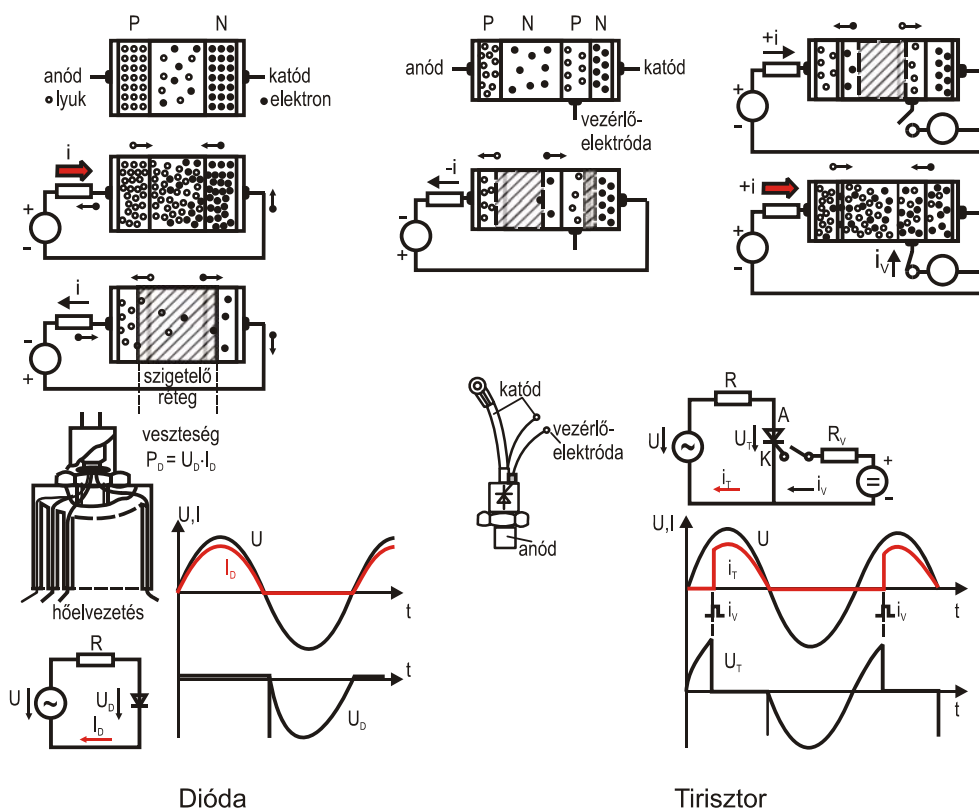
A hegesztő-egyenirányítók fő részei (1.71. ábra): a hálózati váltakozó áramot letranszformáló háromfázisú transzformátor, a teljesítmény-félvezető elemekből álló egyenirányító egység, valamint az azt szabályozó- (vezérlő-) kör, illetve a hűtőszellőztető berendezés. Ez utóbbi azért nagyon fontos, mert az egyenirányító elemeknek kicsi a hőterhelhetősége. Az egyfázisú transzformátor után kapcsolt egyenirányító erősen lüktető egyenáramot eredményez, ezért a háromfázisú transzformátorhoz kötött egyenirányítóknak van nagyobb jelentőségük, mivel kis mértékben lüktető egyenáramot produkálnak.

Az alkalmazott egyenirányító áramköri elemeknek (diódák, tirisztorok) az a jellemző tulajdonságuk (1.72. ábra), hogy a váltakozó áramot csak egy irányba, az ún. áteresztő irányba engedik folyni (elektromos „visszacsapó szelepek”). A tirisztorok vezérlésével meg lehet választani a hálózati váltakozó feszültség félhullámának gyújtási (bekapcsolási) időpontját. Minél később következik be a pozitív félhullám kezdete után a tirisztor gyújtása, annál kevesebb hullámterület – effektív érték – jut a hegesztőáramkörbe, azaz kisebb lesz az elektromos teljesítmény.

1. Hegesztés elektromos berendezései



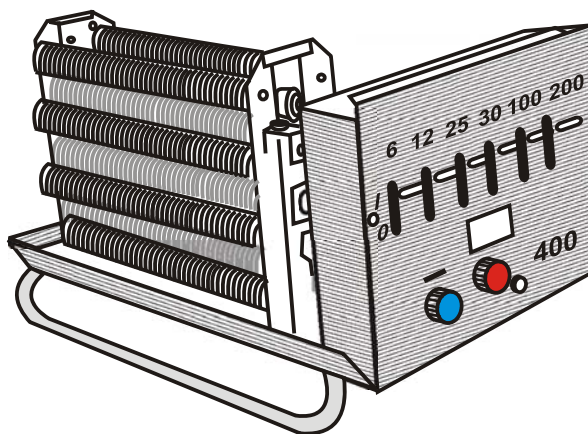
1.71. ábra
Ívhegesztő egyenirányítók főbb részei



1.72. ábra
Ívhegesztő egyenirányítók áramköri elemeinek jellemzői

1. Hegesztés elektromos berendezései

A hegesztő egyenirányítók (**1.73. ábra**) előnyei: egyenáramot adnak, üresjárási feszültségük 113 V-ig terjedhet, kevés karbantartást igényelnek, tartósan használhatók, polaritáshoz kötött elektródákhoz is alkalmazhatók; hátrányai: a hálózati feszültség ingadozás az ívnél jelentkezik, az áramerősséget két egyenirányító párhuzamos kapcsolásával lehet növelni.



1.73. ábra

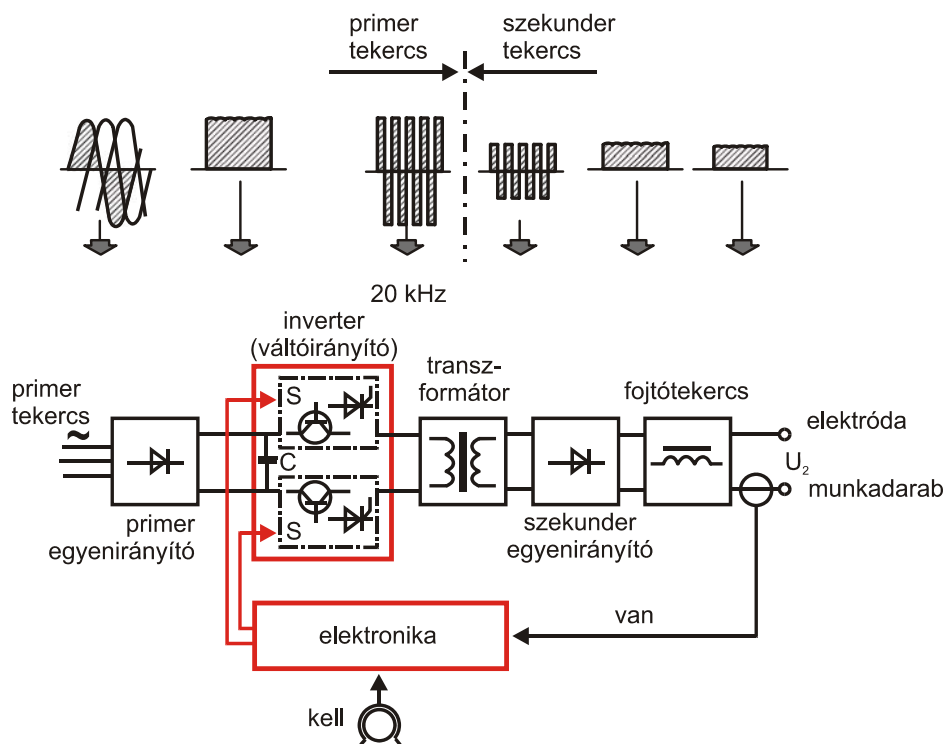
Egy ívhegesztő egyenirányító szerkezete

A frekvenciaátalakítós (inverteres) áramforrásban (**1.74. ábra**) először a hálózati feszültséget diódás egyenirányító egyenirányítja, majd félvezető elemekből (tirisztor, tranzisztor) felépített váltóirányító (inverter) középfrekvenciás (20–100 kHz), változtatható szélességű pozitív és negatív impulzusokból álló feszültséggé alakítja át.

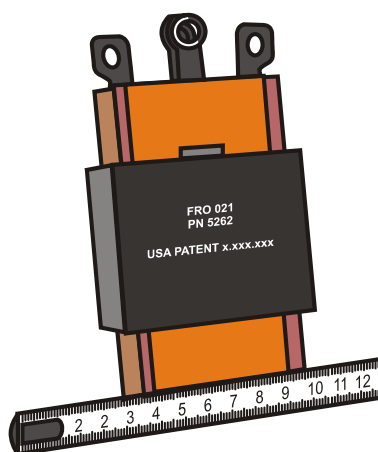
A 20 kHz feletti frekvenciákkal elkerülhető a sípoló hangot eredményező hangfrekvenciás (500–20 000 Hz) tartomány. Az egyenfeszültség ilyen elektromos megszaggatására (váltakozóvá alakítására) azért van szükség, mert az egyenáram nem transzformálható. A létrejött feszültséget középfrekvenciás transzformátor csökkenti a megfelelő kis értékre. A transzformátor szekunder tekercséhez csatlakozik a diódás egyenirányító, illetve a simító fojtótekercs, amely a hegesztéshez szükséges egyenfeszültséget adja.

Az alkalmazott nagy frekvencia, illetve a transzformátor előtti (primer oldali) váltóirányítás miatt kisebb vasmagú, súlytakarékos transzformátor (**1.75. ábra**) alkalmazható a berendezésben. Az inverteres áramforrás tömege a hagyományos áramforrásokénál lényegesen kisebb, a hatásfoka a többszöri energiaátalakítás ellenére is jobb, és a hálózati $\cos \varphi \approx 1$. Az inverterek további előnyei: könnyű szabályozhatóság, jó ívgyújtási és ívstabilitási jellemzők, kis üresjárási veszteségek. A statikus jellegű görbe vagy az áramforma impulzushegesztéskor a kapcsolóüzemű tranzisztorpár megfelelő vezérlésével változtatható meg.

1. Hegesztés elektromos berendezései



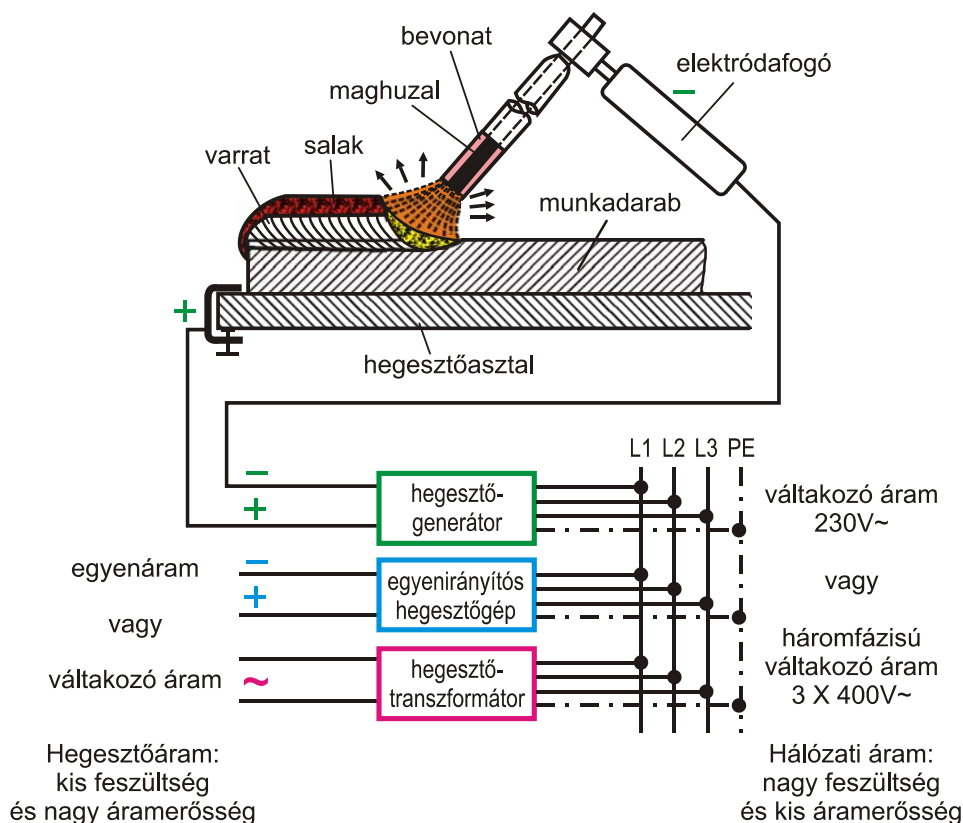
1.74. ábra
Ívhegesztő inverter elve és főbb egységei



1.75. ábra
Egy 160 A terhelhetőségű inverter transzformátora 100 kHz kapcsolási frekvenciára

1.2.3. Fogóelektródás ívhegesztő berendezések

A bevont elektródás (kézi) ívhegesztés áramforrása (1.76. ábra) generátor (dinamó), transzformátor, egyenirányító és inverter lehet, egy- vagy háromfázisú hálózatról üzemeltetve.

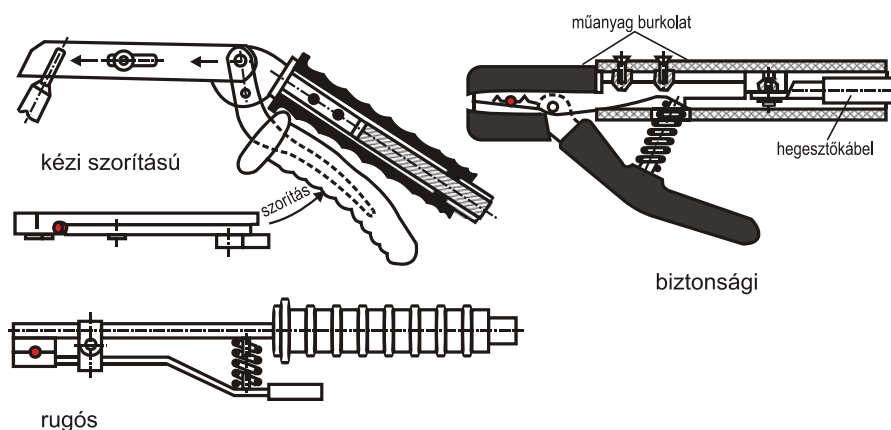


1.76. ábra

Bevont elektródás ívhegesztő áramforrások

Az elektródafogó (1.77. ábra) fő feladata az elektróda tartása és az árammal együtt a hegesztési helyhez (munkadarabhoz) vezetése. A fogó olyan kialakítású, hogy a hegesztő az elektródát megfelelő szögben tudja tartani és egyenletesen vezetni. A kézi szorítású fogó hátránya, hogy a hegesztő kezét az állandó szorítás fáraszt(hat)ja, bár ezt a hegesztő hamar megszokja. A rugós fogónál az elektródát rugó szorítja össze, de az előzőnél kisebb árammal terhelhető, mert a rugó a melegedéstől gyakran kilágyl, illetve deformálódik. Érintésvédelmi szempontból kedvező az ún. biztonsági elektródafogó használata, amelynek külső felületeit jól szigetelő műanyaggal burkolják.

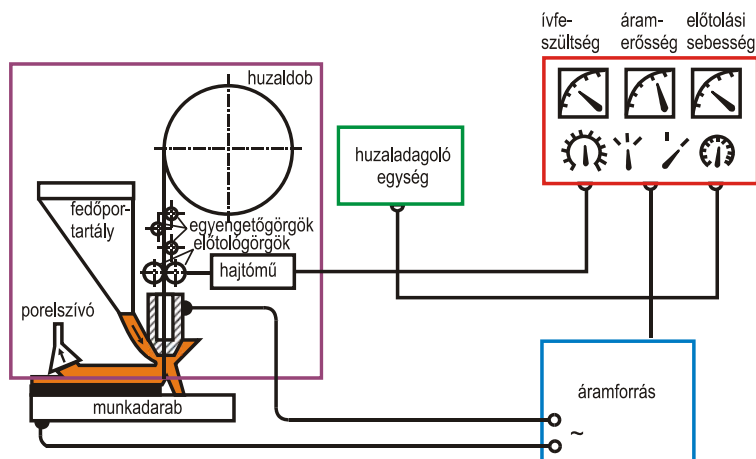
1. Hegesztés elektromos berendezései



1.77. ábra

Elektródafogók bevont elektródás (kézi) ívhegesztéshez

A fedett ívű hegesztőberendezés (1.78. ábra) áramforrásból, huzalelőtoló egységből, vezérlőegységből és hegesztőkocsiból, illetve -állványból áll. A fedett ívű hegesztéshez elterjedt hegesztőkocsi a munkadarabon vagy vezetősínen halad. Számos esetben a hegesztőegységet konzolra, gépállványra szerelik, és gyakran alkalmaznak fedett ívű hegesztő célberendezéseket is. Az eljáráshoz mind egyen-, mind váltakozó áramú áramforrás alkalmas, amelynek lapos (munkapontok környezetében közelítőleg állandó feszültségű) vagy eső (munkapontok környezetében közelítőleg állandó áramerősségű) a jelleggörbéje.

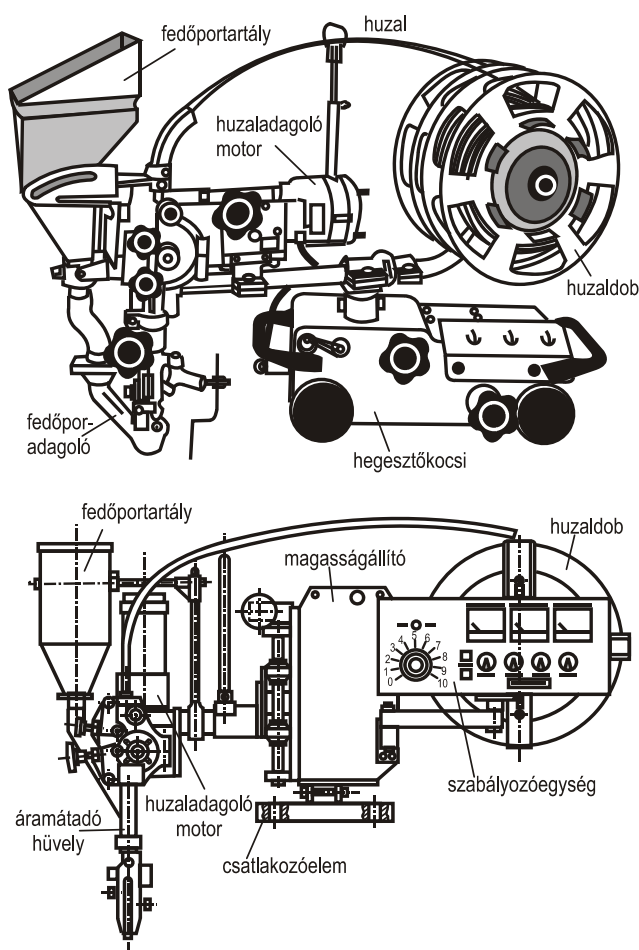


1.78. ábra

Fedett ívű hegesztőberendezés főbb egységei

1. Hegesztés elektromos berendezései

Az állandó feszültségű hegesztő egyenirányítók többfokozatú transzformátorok egyenirányítóval vagy teljesítményelektronikás transzformátorok. Váltakozó áramú, állandó feszültségű áramforrást ritkán használnak, mert az ív gyújtása nehézkes, a hegesztési folyamat ezáltal instabil. Az állandó feszültségű áramforrások a hegesztőáram változását használják szabályozójelként (belső szabályozás). Ezt a nagy áramsűrűségű eljárást elsősorban vékony lemezek hegesztésére (ha a fedőpor bázikus) vagy szalagelektrodás hegesztésre használják. Az **1.79. ábra** felső részén egy vékony huzalos fedett ívű hegesztőberendezés látható.

**1.79. ábra**

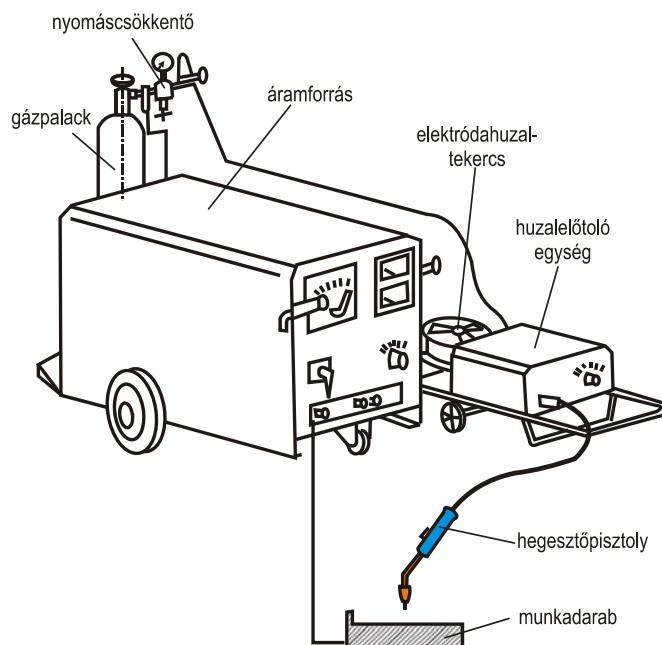
Vékony és vastag huzalos fedett ívű hegesztőberendezés

Állandó hegesztőáramot adó áramforrással az állandó ívhossz a huzalelőtolási sebesség változtatásával érhető el, így a feszültség változását használják szabá-

1. Hegesztés elektromos berendezései

lyozójelként (külső szabályozás). Fő alkalmazási területe a váltakozó áramú, a vastag huzalos, a nagy áramú hegesztés, valamint a vastag anyagok többretegű hegesztése. Mind a két szabályozási módot megvalósító szabályozórendszer lehet olyan, amely a szabályozójelet ellenállásról veszi, vagy olyan, amelyik elektronikus és a feszültséget érzékeli. Az **1.79. ábra** alsó részén egy vastag huzalos fedett ívű hegesztőberendezés látható.

A fogyóelektródás ívhegesztéshez nagy teljesítményű áramforrásra van szükség (**1.80. ábra**), az igényelt leolvadási teljesítmény függvényében célszerű az áramforrás kiválasztási paramétereit mérlegelni. A szükséges legnagyobb áramerősség különböző átmérőjű elektródákhoz: $\varnothing 0,8$ mm-hez 220 A, $\varnothing 1,0$ mm-hez 260 A, $\varnothing 1,2$ mm-hez 320 A, $\varnothing 1,6$ mm-hez 460 A.

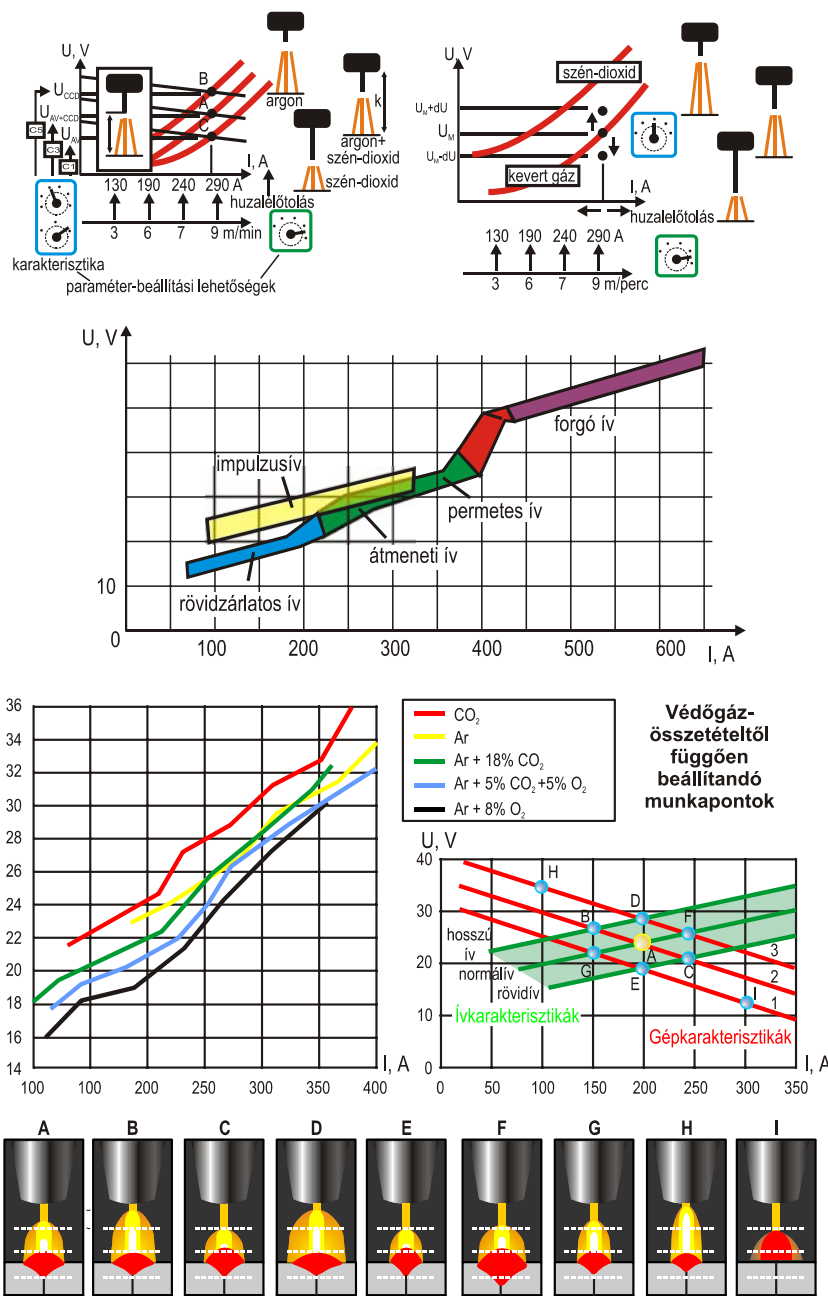


1.80. ábra

Védőgázos fogyóelektródás ívhegesztő-berendezés főbb egységei

Az áramforrás, illetve a munkapont beállításának két lehetősége van: a huzalelőtolás változtatása vagy az áramforrás jelleggörbéjének eltolása. Az áramerősség változtatása (huzalelőtolás változtatása) az ív hosszának változásához vezet. Amennyiben az ív túlságosan lerövidül, rövidzárlatos anyagátmenet alakul ki erőteljes fröcsköléssel, és zavar keletkezik a hegesztési folyamatban. Nagyobb áramerősségnél nagyobb ívfeszültséget, illetve kisebb áramerősségnél kisebb ívfeszültséget kell állítani az áramforrás jelleggörbéjének eltolásával. Figyelembe kell venni a feszültségbeállításnál a védőgáz összetételét, illetve az ívbeli anyagátmenet jellegét is (**1.81. ábra**).

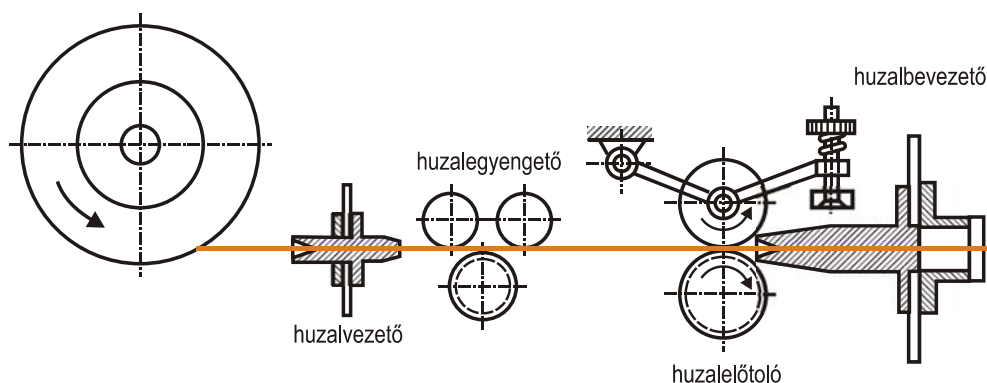
1. Hegesztés elektromos berendezései



1.81. ábra
Fogyóelektrodás, védőgázos ívhegesztés beállítandó munkapontjai

1. Hegesztés elektromos berendezései

A huzalelőtoló berendezés (**1.82. ábra**) fő feladata a huzal egyenletes, megtörés nélküli továbbítása, illetve a hegesztési helyhez való juttatása a beállított huzalsebességgel. Az alkalmazott előtolók 2–20 m/min sebességgel dolgoznak. A stabil hegesztési folyamat feltétele a huzalelőtolási sebesség és a huzalleolvadási sebesség egyensúlya. A huzaladagoló berendezés főbb részei a huzalfelvezető hüvely, a huzalegyengető görgők, a huzalelőtoló görgők és a huzalbevezető hüvely.



1.82. ábra

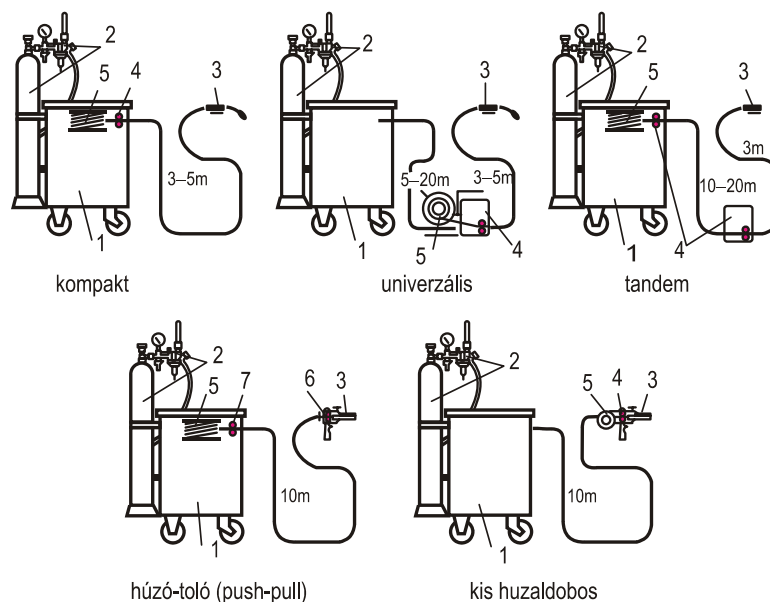
Védőgázos fogyóelektródás ívhegesztés huzalelőtoló berendezésének főbb egységei

A fogyóelektródás, védőgázos ívhegesztés huzalelőtoló berendezései lehetnek (**1.83. ábra**):

- Kompakt, zárt rendszerű, áramforrással egybeépített huzalelőtolók 0,8–1,2 mm átmérőjű huzallal, legfeljebb 3–5 m hosszú hegesztőtömlővel.
- Univerzális, különálló huzalelőtoló berendezések 0,8–2,4 mm huzalátmérővel. A huzalelőtoló és az áramforrás között gyakorlatilag tetszőleges lehet a távolság, a huzalelőtoló és a pisztoly között viszont 3–5 m.
- Tandem kialakításúak, melyek hasonlóképpen használhatók, mint az univerzálisak, de különbség, hogy a hegesztési munkahely váltásakor a hegesztőnek nem kell a huzaldobot mozgatnia.
- Húzó-toló (push-pull) berendezések, melyek előnye, hogy vékonyabb, 0,6 mm átmérőjű huzalokkal is használhatók, és hatósugaruk 10 m.
- Kis huzaldobos berendezések, a hegesztőpisztolyban elhelyezett huzaldobbal (max. 0,5 kg acélhuzallal) és előtolóval. Alumínium vékony huzalos hegesztéséhez ezek a legalkalmasabb szerkezetek.

A huzalelőtoló görgők készülhetnek sima hornyos és fogazott hornyos változatban. A huzalelőtoló görgők és a huzalbevezető hüvely távolságának irányértékén belül a huzal nem tör meg és nem gyűrődik be. A huzalelőtolás erőszükséglete a huzalátmérőtől és természetesen a huzaltömlő hosszától is függ. A huzalelőtoló görgőket egy vagy két motor hajtja.

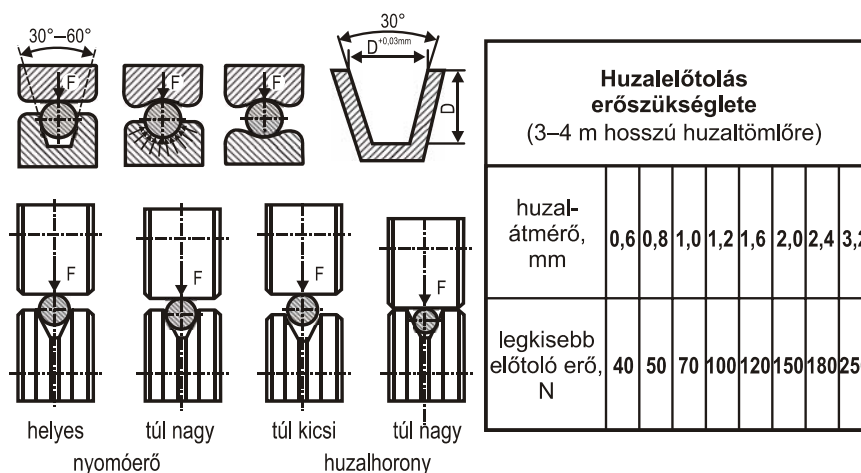
1. Hegesztés elektromos berendezései



1.83. ábra

Védőgázos fogyóelektrodás ívhegesztés huzalelőtoló berendezései

A huzalelőtoló-gyártó cégek berendezéseinek gépkönyvei pontos értékeket adnak a huzalátmérő és anyagminőség függvényében a görgők nyomóerejének beállítására. A helytelen nyomóerő vagy a görgő hibás kialakításának (1.84. ábra) következménye, hogy az előtológörgő megcsúszik, és a huzalelőtölés akadozik.



1.84. ábra

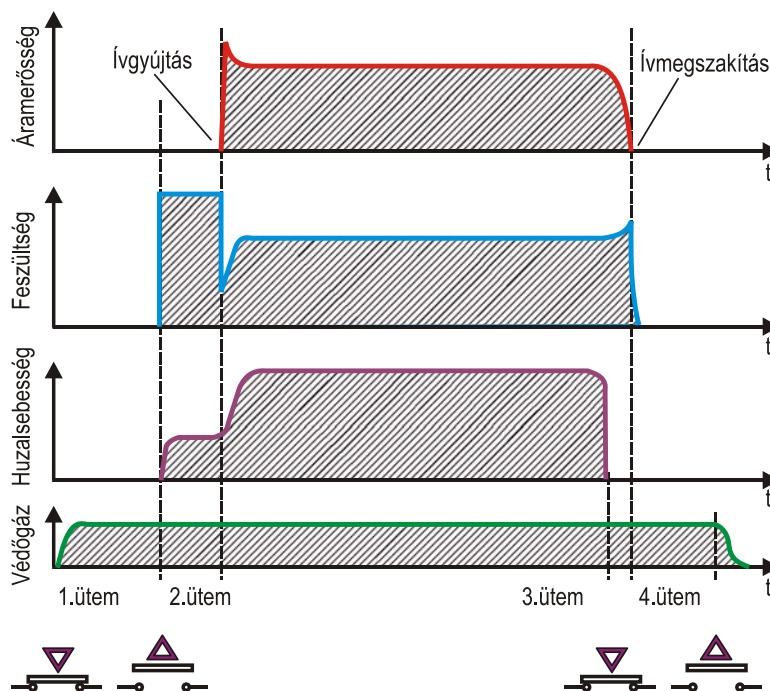
Huzalelőtoló görgők kialakítása és a huzalelőtölés erőszükséglete

1. Hegesztés elektromos berendezései

A vezérlőberendezés feladata a hegesztési folyamathoz szükséges kapcsolások elvégzése (pl. ívgyújtás segítése, a hűtővíz- és a védőgázellátás irányítása). A kapcsolási utasításokat a hegesztőpisztolyon elhelyezett nyomógombokkal adják ki.

Kétütemű kapcsolás esetén a védőgáz, a huzalelőtolás és a hegesztőáram addig folyik, amíg a kapcsoló a hegesztőpisztolyon bekapcsolt állapotban van. Ezt a megoldást általában rövid varratokhoz alkalmazzák.

Négylépcsős kapcsoláskor a hegesztőpisztolyon lévő kapcsológomb benyomásával először a védőgázáramlás indul meg, elengedése pedig bekapcsolja a huzalelőtolást és a hegesztőáramot. A hegesztési folyamat befejezésekor a gomb ismételt lenyomása először a huzalelőtolást és a hegesztőáramot kapcsolja ki, miközben a védőgáz a gomb lenyomva tartásáig tovább áramlik (1.86. ábra).



1.86. ábra

Védőgázos, fogyóelektródás ívhegesztési folyamat négyütemű kapcsolása

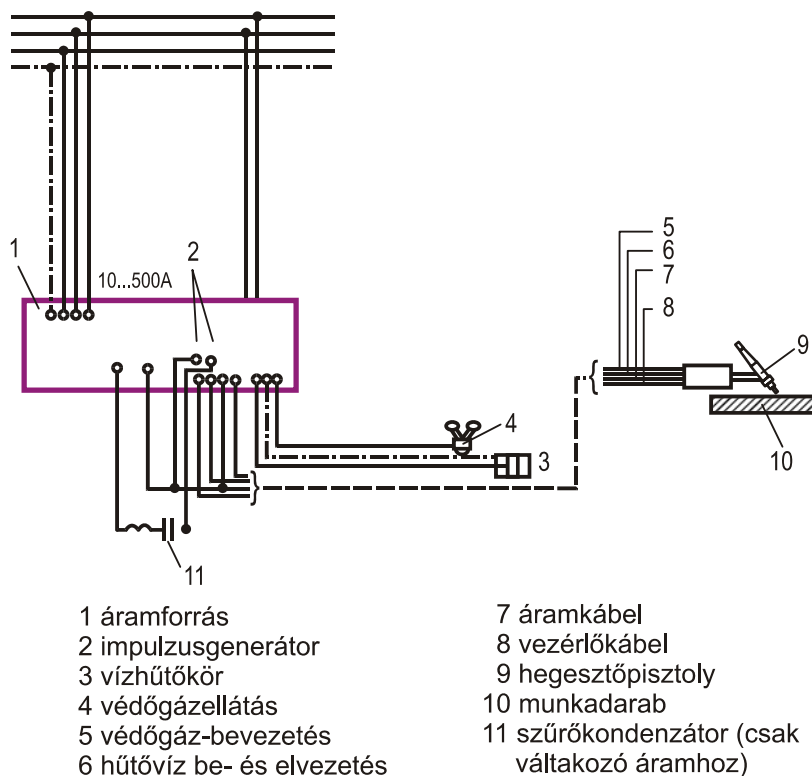
1.2.4. Nem fogyóelektródás ívhegesztő berendezések

Az AWI- vagy TIG-eljáráshoz eső statikus jelleggörbéjű áramforrás szükséges (1.87. ábra). Gyakorlatilag a kézi ívhegesztéshez használt áramforrások is megfelelnek, azonban hegesztéskor nagyobb bekapcsolási idővel kell számolni. Mivel az AWI-eljárás során egyen- és váltakozó áram egyaránt használatos, elterjedtek a

1. Hegesztés elektromos berendezései

kombinált berendezések is, amelyek az egyik áramnemről a másira átkapcsolhatók.

Akár transzformátor, akár egyenirányító használata esetén fontos, hogy az áramforrás az eljárásra jellemző kisebb áramok tartományában finoman szabályozható legyen. A korszerű áramforrások fokozat nélküli beállítást és a hegesztési adatok előzetes beprogramozását is lehetővé teszik, továbbá alkalmasak az impulzusteknikára is.



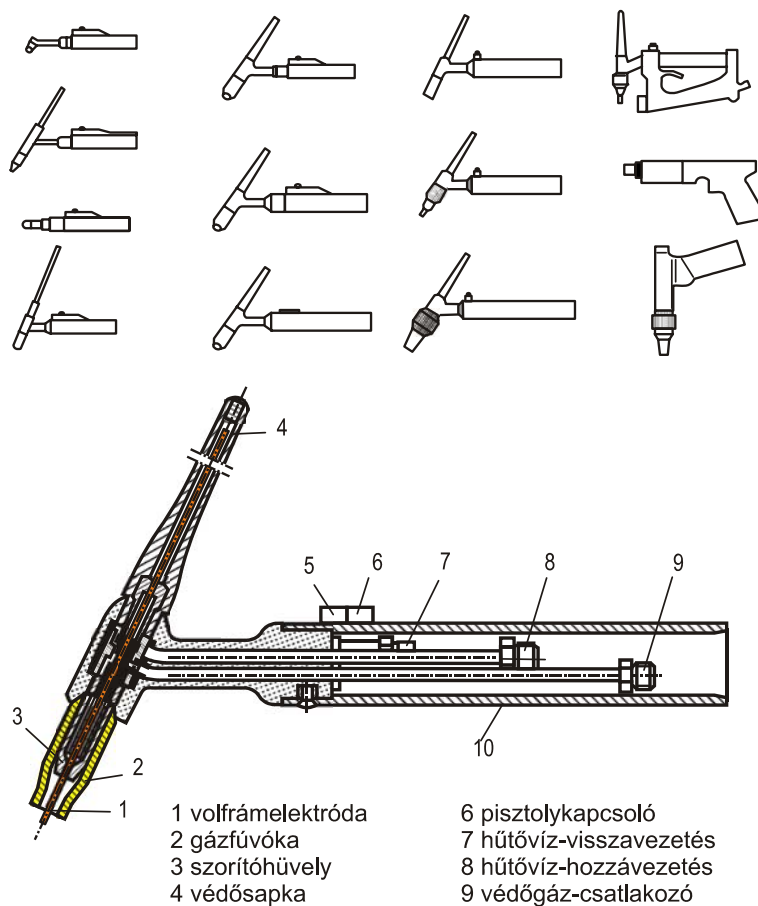
1.87. ábra

Védőgázos, volfrámelektrodás ívhegesztő berendezés főbb egységei

A hegesztőpisztolyok (**1.88. ábra**) lehetnek léghűtésesek vagy vízhűtésesek, de 100 A áramerősség felett célszerű vízhűtéses pisztolyt használni. A hegesztőpisztolyok cserélhető része a védőgázt irányító fúvóka. A volfrámelektroda rövid kinyúlása következtében a fúvóka alsó pereme 8–10 mm-re van az ömledéktől, ezzel akadályozza a rálátást. Ezt küszöböli ki a gázlencse (lamináris gázáramlást eredményező, a fúvókában elhelyezett többrétegű, korrózióálló ötvözetből gyártott szitaszövet), de beszerezhetők átlátszó anyagú fúvókák is. A fúvókák leginkább kerámiából készülnek, de nagy áramerősséggel (300 A felett) dolgozó technológiák

1. Hegesztés elektromos berendezései

esetében fémfúvókák is használatosak, melyek gépi hegesztés esetén maguk is vízzel hűtöttek.



1.88. ábra

Volfrámelektrodás, védőgázás ívhegesztő-pisztolyok kialakítása és szerkezete

A vezérlőberendezés az áramforrásba beépítve vagy önálló egységként is használatos. A különböző áramforrásokhoz csatlakoztatható önálló egység fő funkciói:

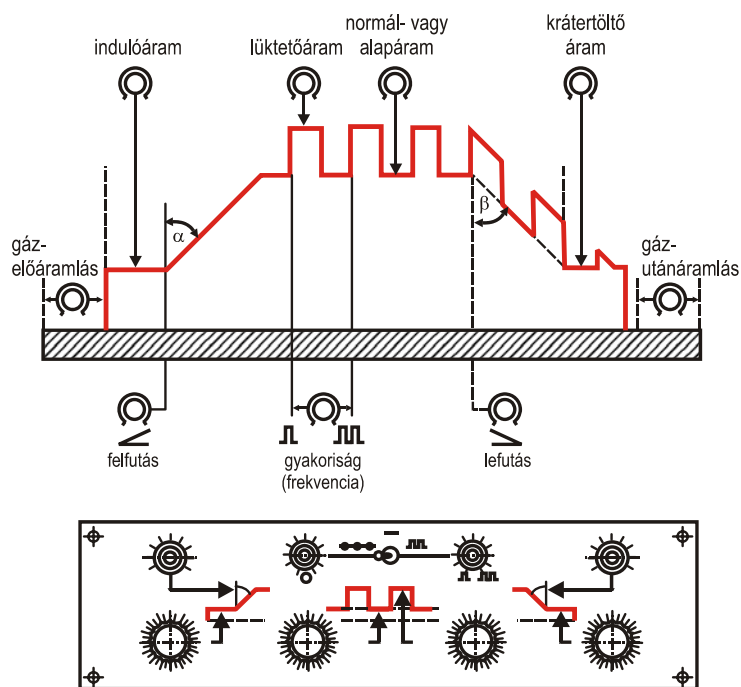
- áramrelék kapcsolása;
- ívgyújtás segédegységének kapcsolása;
- védőgáz szelepének nyitása és zárása;
- krátertöltő egység kapcsolása;
- gáz- és vízellátás irányítása.

1. Hegesztés elektromos berendezései

Az előbbi funkciók kétütemű, illetve négyütemű kapcsolással működtethetők a hegesztőpisztolyról, de a kívánt hegesztési adatokat az áramforráson előre be kell állítani.

A kétütemű kapcsolat esetén a pisztoly kapcsológombjának lenyomásával nyit a védőgázszelep, és a nagyfrekvenciás ívgyújtás a munkadarab érintése nélkül megtörténik. Az ív mindaddig ég, amíg a gomb benyomott állapotban van. A gomb elengedésével az áramellátás megszűnik, a védőgáz megadott érték szerint még utánáramlik.

Négyütemű kapcsolatkor a gomb benyomásával nyit a gázszelep, megtörténik a nagyfrekvenciás ívgyújtás, elengedésekor folyik az áramforráson beállított programú hegesztőáram. A gomb másodszori benyomásával az áram lecsökken a beállított minimális értékre, előre beállítható áramlefutási idővel. A gomb másodszori elengedésére kikapcsolja az áramot, és a védőgáz a beállított időtartamig még utánáramlik. A **1.89. ábra** impulzustechnika alkalmazásával megvalósuló hegesztési folyamatkapcsolást mutat.



1.89. ábra

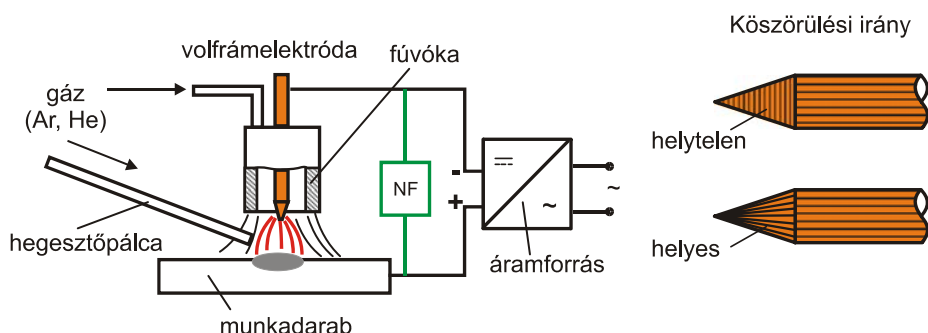
Impulzustechnika alkalmazásával megvalósuló hegesztési folyamatkapcsolás

A nagyfrekvenciás (NF) ívstabilizátor, illetve impulzusgenerátor a munkadarab érintésétől mentes ívgyújtás megkönnyítésére beépített részegység. Az NF ívstabilizátor használata esetén költséges zavarcsűrő rendszert kell beépíteni a környező tévé-, illetve rádióvétel zavarásának kiszűrésére. Ezt a hátrányt küszöböli

1. Hegesztés elektromos berendezései

ki a nagyfrekvenciás impulzusgenerátor, illetve gyújtóberendezés, amely 50 Hz vagy annál valamivel nagyobb frekvenciájú gyújtóimpulzust állít elő több ezer voltos feszültséggel.

Váltakozó áramú hegesztés esetén a gyújtást egyenárammal végzik, majd a berendezés automatikusan átkapcsol a beállított váltakozó áramra. Az ív stabilitása és irányíthatósága szempontjából fontos követelmény a volfrámelektroda csúcsának megfelelő kialakítása. A volfrámelektroda áramterhelhetősége (1.90. ábra) függ az elektróda anyagától, átmérőjétől és az áramnemtől, illetve a polaritástól.



Szabványos jel	Ötvözőoxid		Színjelölés	Áramnem
	%	Típus		
WP	-	nincs	zöld	~
WC20	1,80–2,20	CeO ₂ – cérium-dioxid	szürke	---
WL10	0,90–1,20	LaO ₂ – lantán-dioxid	fekete	~ / ---
WZ8	0,70–0,90	ZrO ₂ – cirkónium-dioxid	fehér	~
WT10	0,80–1,20	ThO ₂ – tórium-dioxid	sárga	---
WT20	1,80–2,20	ThO ₂ – tórium-dioxid	piros	---
WT30*	2,80–3,20	ThO ₂ – tórium-dioxid	lila	---
WT40*	3,80–4,20	ThO ₂ – tórium-dioxid	narancs	---

A tórium-dioxid radioaktív elem, a *-gal jelölt típusok használata nem javasolt

Elektróda Ø mm	Egyenáram, A				Váltakozó áram A	
	Negatív elektróda		Pozitív elektróda		Tiszta volfrám	Oxidadalékos volfrám
	Tiszta volfrám	Oxidadalékos volfrám	Tiszta volfrám	Oxidadalékos volfrám		
1,0	10–75	10–75	-	-	15–55	15–70
1,6	40–130	6–150	10–20	10–20	45–90	60–125
2,0	75–180	100–200	15–25	15–25	65–125	85–125
2,4	130–230	175–250	17–30	17–30	80–140	120–210
3,2	160–310	225–330	20–35	20–35	150–190	150–250
4,0	275–450	350–480	35–50	35–50	180–260	240–350
4,8	400–625	500–675	50–70	50–70	240–350	330–460
6,3	550–875	650–950	65–100	65–100	300–450	430–575

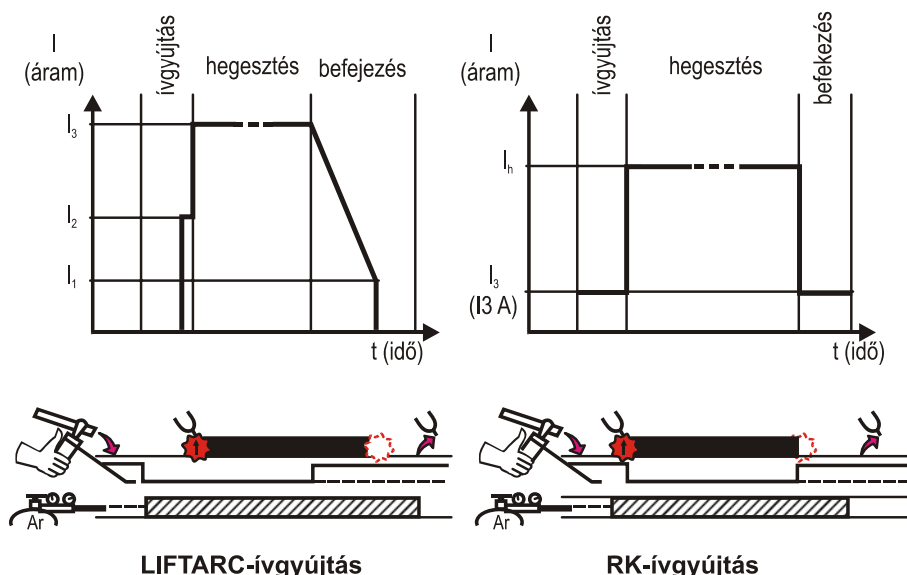
1.90. ábra

Volfrámelektroda kialakítása és áramterhelhetősége

1. Hegesztés elektromos berendezései

Az ún. „LIFTARC”- vagy „SOFT-START”-ívgyújtás – hogy ne kerülhessen volf-rámzárvány az érintési helyen az ömledékbe – szabályozott áramerősségű érinté-ses ívgyújtás (**1.91. ábra**). Az elektródát feszültségmentes állapotban érintik a munkadarabhoz, és ebben az állapotban a pisztolykapcsolóval bekapcsolt áramfor-rás csak egészen kis áramot (5–10 A) enged folyni. Ez a kis áram elegendő ahhoz, hogy a berendezés érzékelje, ha a hegesztő lassan, és amint a rövidzárlat meg-szűnik, a teljes gyújtófeszültséget aktiválja, miáltal az ív úgy tud létrejönni, hogy az elektróda nincs kitéve sérülésnek.

Az RK-ívgyújtás során az ívet az áramforrás legkisebb áramával lehet létrehoz-ni, majd a már létrejött ív mellett a pisztolykapcsolóval lehet a hegesztőáramot be-kapcsolni, ami manuális ívpulzálást is lehetővé tesz. A krátertöltő berendezés fel-adata, hogy a hegesztési varrat befejezésének helyén ne keletkezzen végkráter. A hegesztési folyamat befejezésekor egy ellenállást kapcsol be, amelyen keresztül kisebb áram folyik, majd adott időtartam után az időrelé kikapcsolja azt.



1.91. ábra

Volfrámelektródás, védőgázos ívhegesztés érintésses ívgyújtása

Az AWI-berendezések – gépkezelésük adódóan – alkalmasak bevont elektródás (kézi) ívhegesztésre is, és az AWI-berendezések többségén meg is ta-lálhatók az ehhez szükséges csatlakozók. Ezenkívül sok berendezés rendelkezik olyan áramvezérlési – ún. „hot-start” – funkcióval is, amely kézi ívhegesztésnél növelt rövidzárlati áramerősséggel segíti az ívgyújtást, ami különösen a nehezen gyűjthető elektródákkal történő hegesztés esetén jelent nagy segítséget.

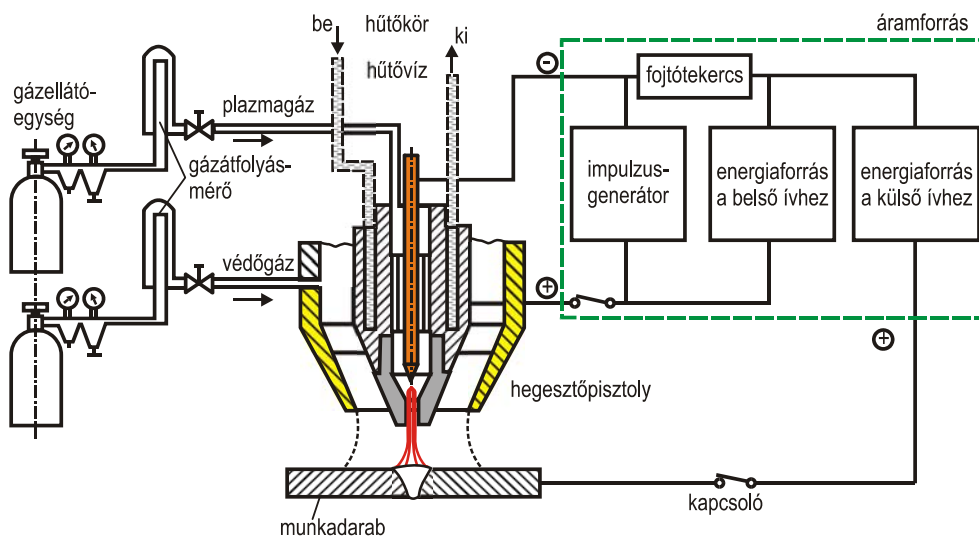
Több AWI-berendezésen is található olyan impulzusvezérlési mód, ahol az im-pulzusfrekvencia két tartományban állítható:

1. Hegesztés elektromos berendezései

- az alacsonyabb értékű tartomány lényegében megfelel a hagyományos lassú impulzusfrekvencia tartományának (0,5–15 Hz), és elsősorban a jó részáthidalóképesség miatt különböző vastagságú lemezek hegesztésére ajánlják;
- a középfrekvenciás tartományt (10–500 Hz) pedig vékony lemezek (általában min. 0, mm-ig) igen jól koncentrált ívvel történő hegesztésére ajánlják.

A mikroplazma hegesztőberendezés áramforrásból, vezérlőegységből, gázellátó egységből és hegesztőtömlős pisztolyegységből áll. Az áramforrásnak lehetővé kell tennie az impulzushegesztést és 0–5 A, illetve 5–50 A tartományban kell működnie. A segédívhez 2–5 A-es áramerősség beállíthatósága, az impulzushegesztéshez 1–10 000 Hz frekvencia megvalósíthatósága szükséges.

A vastag anyagok hegesztésekor (1.92. ábra) hegesztőpisztoly helyett hegesztőtőfejet használnak. A 350–450 A-es volfrámelektrodás, védőgázos hegesztő áramforrás itt is használható. A gázellátó egység két palackból áll: egyikben a plazmához szükséges tiszta argon, a másikban kb. 6% hidrogéntartalmú védőgáz van. A plazmaívhegesztő pisztolyt (1.93. ábra) a közönséges AWI-pisztolytól a kettős fűvókarendszer, valamint a beljebb lévő volfrámelektroda különbözteti meg.



1.92. ábra
Plazmaívhegesztő berendezés főbb egységei

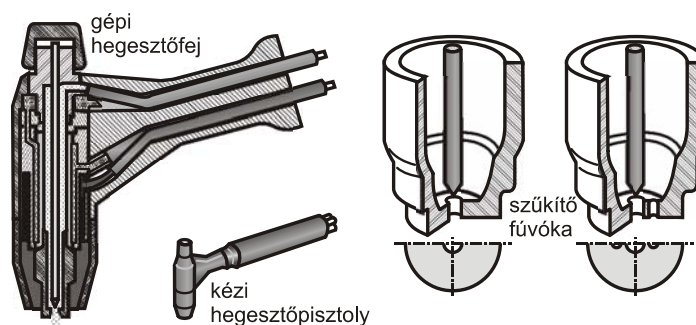
Az ívhegesztő áramforrások kiválasztásakor felmerülő fontosabb követelmények:

Általános követelmények:

- üzembiztonság,
- megbízhatóság,
- egyszerű kezelhetőség,
- stabil felépítés,

1. Hegesztés elektromos berendezései

- kicsi méret, illetve tömeg,
- könnyű helyzet-változtathatóság (mobilitás),
- ergonomikus kialakítás,
- munkavédelmi, biztonságtechnikai megfelelés.



1.93. ábra
Plazmaívhegesztő pisztoly szerkezete

Technológiai követelmények:

- megfelelő ívgyújtási, ívkeltési jellemzők (üresjárási feszültség, statikus jelleggörbe),
- kedvező dinamikus viselkedés (fröcskölés minimalizálása),
- jó folyamatstabilitás,
- előnyös bekapcsolási idő – áramerősség kombinációk,
- hőbevitel széles tartományban való változtathatósága,
- egyenletes és állandó minőségű hegesztés biztosítása,
- szükséges áramerősségek és feszültségek beállíthatósága,
- hiteles paraméter-beállító (áramerősség-meghatározó) kezelőszervek,
- hálózati feszültség-ingadozásra való érzéketlenség,
- statikus jelleggörbe széles határok közötti fokozatmentes szabályozhatósága,
- dinamikus tulajdonságok minél nagyobb fokú függetlensége a statikus jellemzőktől,
- rövidzárlat esetén a statikus értéknél nagyobb dinamikus áramcsúcs.

Energetikai követelmények:

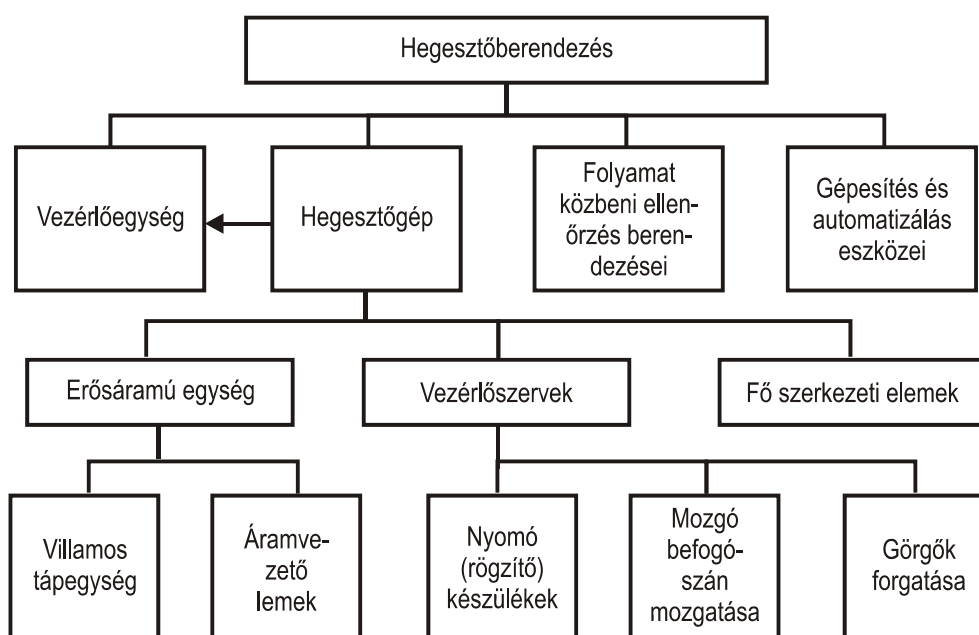
- jó hatásfok,
- kicsi üresjárási teljesítményvesztés,
- kedvező teljesítménytényező ($\cos \varphi$).

Gazdaságossági követelmények:

- hosszú élettartam,
- minimális szervizigény,
- alacsony üzemeltetési költségek.

1.3. Ellenállás-hegesztés berendezései

Az **1.94. ábra** mutatja be vázlatosan az ellenállás-hegesztő berendezések főbb egységeit. Legfontosabb a hegesztőgép a vezérlőegységgel, ami tápegységet tartalmazó elektromos részből, az áramot a munkadarabhoz vezető elemekből, munkadarabokat rögzítő, összenyomó készülékekből, illetve mechanizmusokból áll. További szerkezeti elemek (állvány, tartókeret, szán, asztalok, ütközők) a berendezés merevségét és állékonyágát adják.

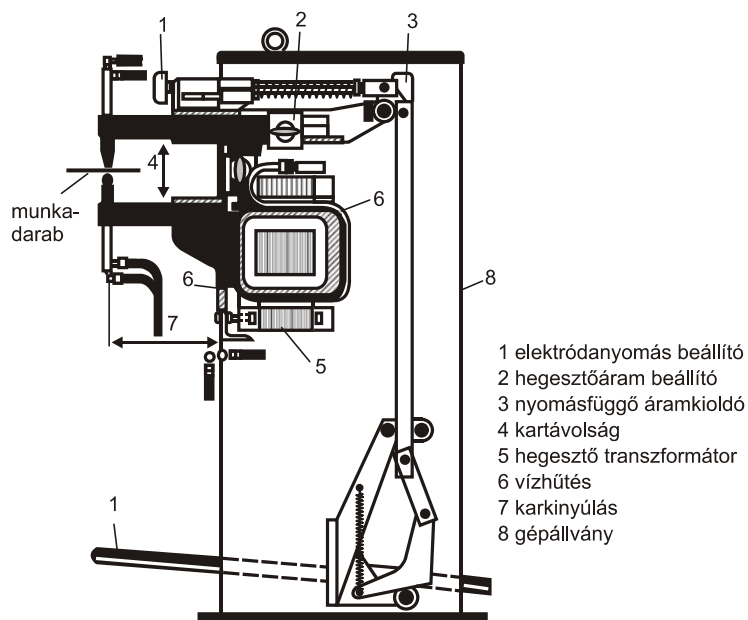


1.94. ábra
Ellenállás-hegesztő berendezések felépítési vázlata

1.3.1. Ponthegeztő berendezések

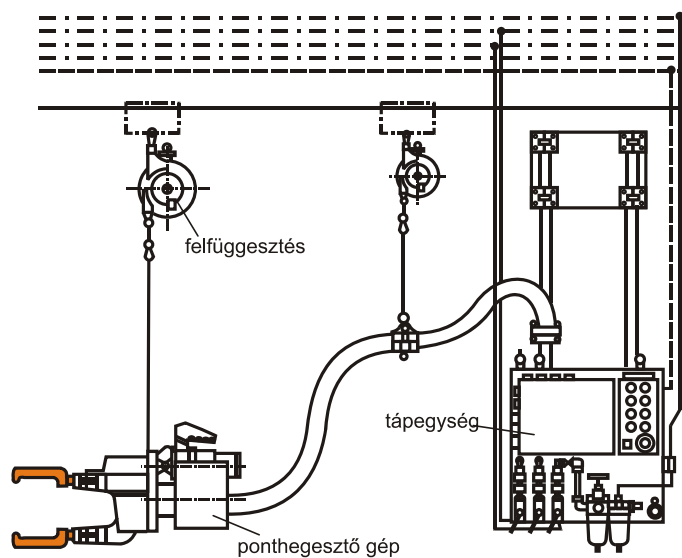
A ellenállás-ponthegeztő gépek lehetnek helyhez kötött (**1.95. ábra**) vagy hordozható, illetve mobilizálható (**1.96. ábra**) berendezések. A ponthegeztés járműkarosszéria-gyártásban való elterjedésével megnőtt a mozgatható ponthegeztők jelentősége.

1. Hegesztés elektromos berendezései



1.95. ábra

Helyhez kötött ellenállás-ponthegesztő berendezés

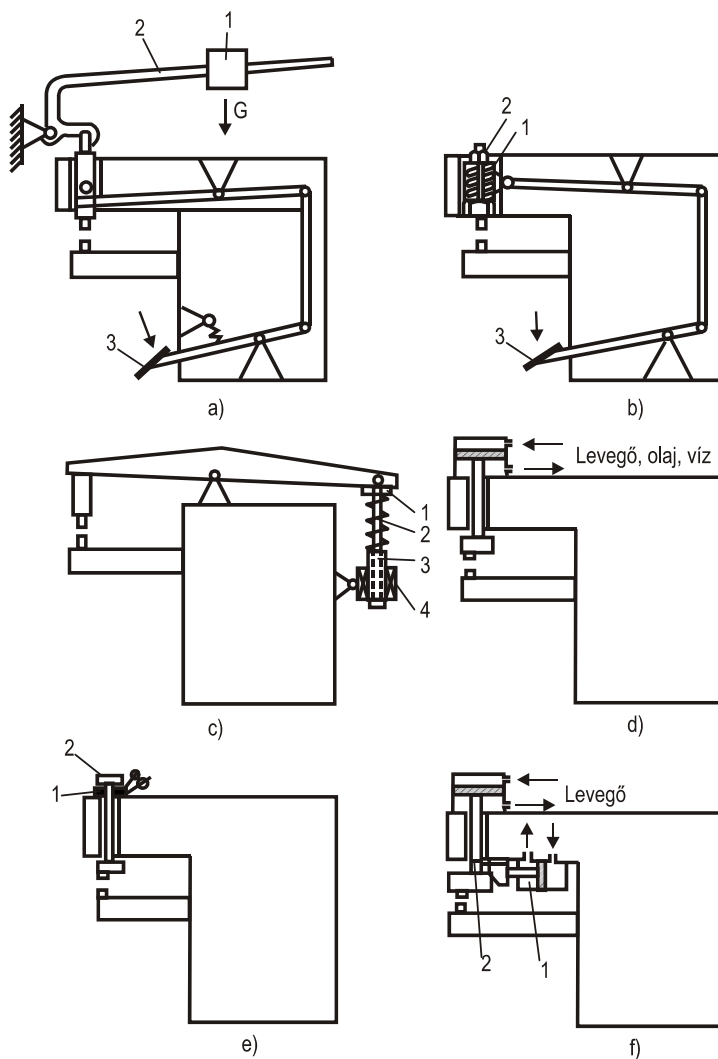


1.96. ábra

Mobilizálható ellenállás-ponthegesztő berendezés

1. Hegesztés elektromos berendezései

A nyomóerőt emelőkarok és rugók közvetítik az elektródákra (**1.95. ábra**), de az elektródák mozgatása és a megfelelő nyomóerő kifejtése megvalósulhat pneumatikus vagy hidropneumatikus úton is (**1.97. ábra**).



a) súlyterhelésű: 1 súly, 2 rudazat, 3 pedál; b) rugós: 1 rugó, 2 anya, 3 pedál;
c) elektromágneses-rugós: 1 anya, 2 rugó, 3 vasmag, 4 tekercs; d) pneumatikus
vagy hidraulikus; e) elektromágneses: 1 tekercs, 2 vasmag (ferromágneses lap);

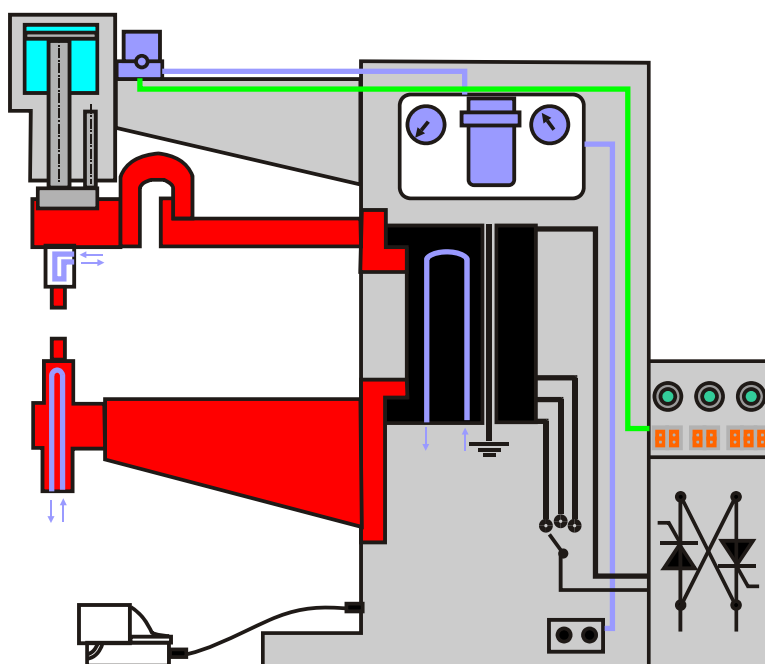
1.97. ábra

Ellenállás-ponthegesztő berendezések nyomáskifejtő szerkezeti megoldásai

1. Hegesztés elektromos berendezései

Pneumatikus mozgatás (**1.98. ábra**) esetén a táplevegő munkahengerbe való bejutását elektromágneses szelep vezérli aszerint, hogy a henger a dugattyúval egyszeres vagy kettős működésű. Ha a nyomóhengerek mérete vagy tömege kötött, akkor a hidraulikus működtetést helyezik előtérbe.

A hidropneumatikus rendszerben a sűrített levegő kisebb nyomását alakítják át 20–50-szer nagyobb hidraulikus nyomássá. Ilyen megoldás található a helyhez kötött, sokpontos berendezéseken. A hordozható ponthegeztő gépeket általában egybeépítik a transzformátorral.



1.98. ábra

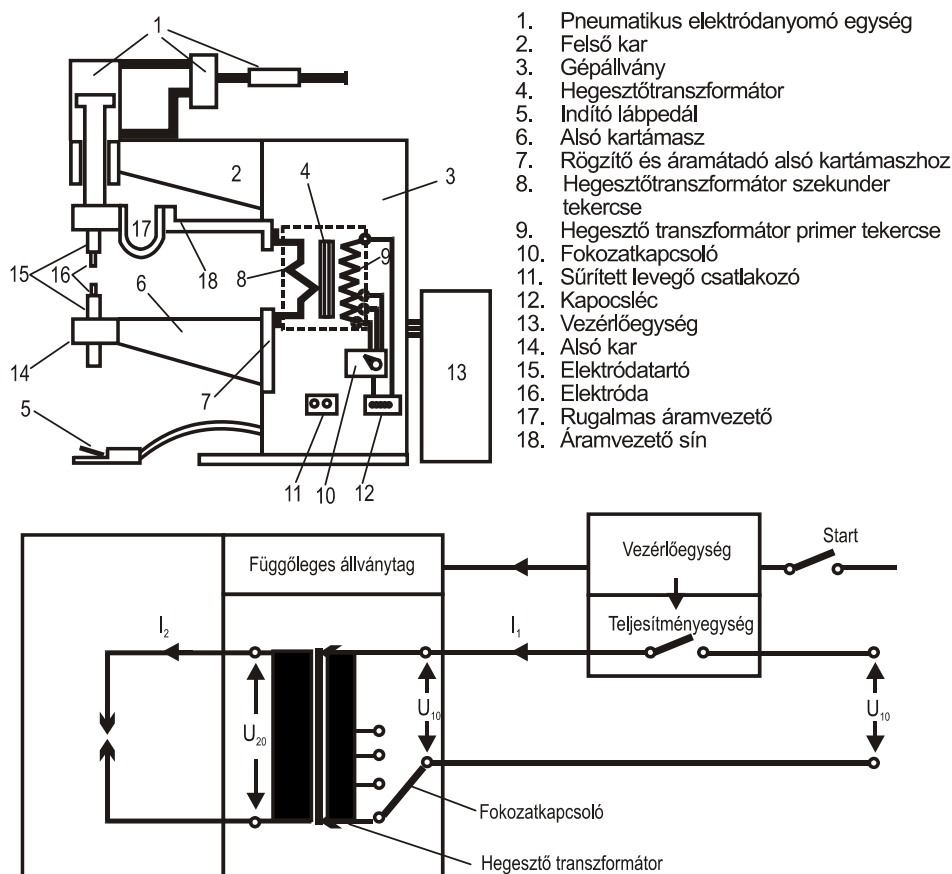
Sűrített levegős mozgatású ellenállás-ponthegeztő berendezés

Ellenállás-ponthegeztés során a kis teljesítményű, egyfázisú transzformátor szekunder feszültsége a primer áramkörbe iktatott ellenállással szabályozható. A leggyakoribb megoldás a primer tekercs menetszámának változtatása a transzformátor megcsapolásával (**1.99. ábra**).

A szabályozás korszerűbb módja a fázismetszés, amikor a váltakozó áram fél periódusának fázismetszési szöge által meghatározott időtartamig kap csak áramot a transzformátor. Minél nagyobb a fázismetszés szöge, annál kisebb az áramerősség, míg kisebb szöghöz nagyobb áram tartozik. Az egyfázisú transzformátorok a háromfázisú elektromos hálózatot egyenlőtlenül terhelik, ezért kedvezőbb a háromfázisú áramforrások alkalmazása. Az egyenáramú gépek egyenirányítója a szekunder áramkörben található. Váltakozó áram esetén a szekunder áramkör által

1. Hegesztés elektromos berendezései

bezárt terület A nagysága (**1.100. ábra**) növeli az induktív ellenállást, és ezáltal csökken az áramerősség.

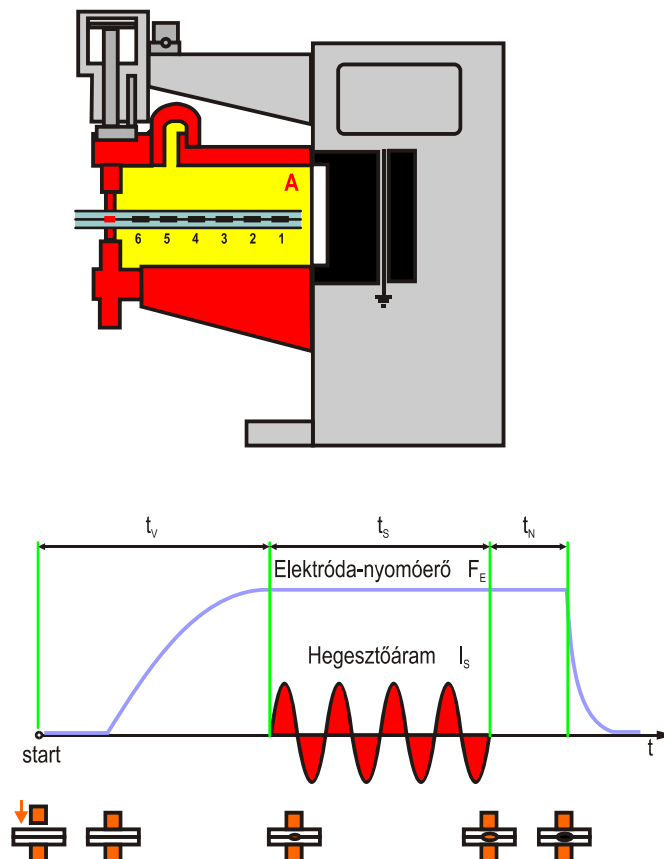


1.99. ábra

Primer megcsapolású ellenállás-ponthegesztő berendezés

A kisfrekvenciájú gépek 5–10 Hz frekvenciával működnek. Az energiatárolós hegesztőgépek kis teljesítménnyel a hegesztési szünetben veszik fel az energiát. A kondenzátoros, akkumulátoros, elektromágneses vagy forgó tömegű tárolók energiafelhasználása igen rövid ideig tart (1–20 ms). A hegesztőáram ki- és bekapcsolását, a hegesztési ciklus vezérlését (**1.101. ábra**) primer áramköri teljesítménykapcsolók végzik. Ezek lehetnek: tiratron-, illetve ignitroncsövek, tirisztorokkal működő elektronikus kapcsolók (a régebbi berendezéseken mágneskapcsolók).

1. Hegesztés elektromos berendezései



1.100. ábra

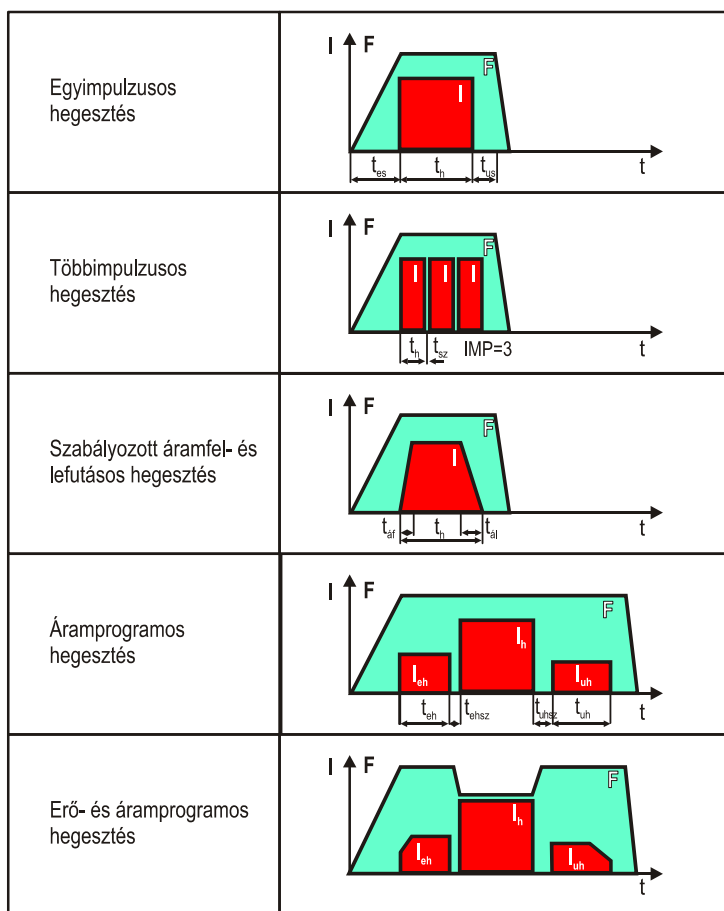
Szekunder áramkör által bezárt terület váltakozó áramú ellenállás-ponthegesztéskor

Az **1.101. ábra** első példáján egyszerű hegesztési ciklus látható: egyetlen áramimpulzussal és állandó nyomóerővel hegeszt. A második példa olyan esetet szemléltet, amikor a hegesztés több impulzusból álló munkarenddel valósul meg, ami előnyös pl. vastagabb lemezek hegesztésére, mert egyenletesebb felhevítés érhető el, illetve a lehűlés sebességének csökkentésével csökken a repedési veszély (pl. edződő acélokon). Lehetőség van az áram fokozatos növelésére, illetve csökkentésére is, a harmadik példa ilyen esetet szemléltet egy áramimpulzussal végzett ponthegeztésre. Az áramfelfutás és -lefutás idejének változtatásával a hevítés és hűlés is programozható.

A negyedik példa a másodikhoz hasonlóan több áramimpulzussal valósul meg, de ezek időtartama változó, előmelegítést és utóhőkezelést feltételez. A vastagabb vagy növelt merevségű munkadarabok hegesztésekor (pl. hidegalakítás után) célszerű a munkadarabokat előzetesen összesajtolni. Ezzel csökkenthetők a szerelési

1. Hegesztés elektromos berendezései

rések, és állandó lesz a munkadarabok, illetve a munkadarab és az elektróda érintkezése. Az utánsajtolás célja pedig az, hogy a hegesztés során létrejövő folytonossági hiányokat kiküszöböljék. Repedésre hajlamos fémeket már 1+1 mm-es vastagságban is célszerű utánsajtolni. Az utánsajtoló erő növekszik, ha nő a fém hőállósága, a kristályosodás hőmérséklet-tartománya és sebessége, az elektródák lekerekítési sugara stb. Az ötödik példa ilyen esetet mutat, a negyedik példa áramprogramjával kombinálva.



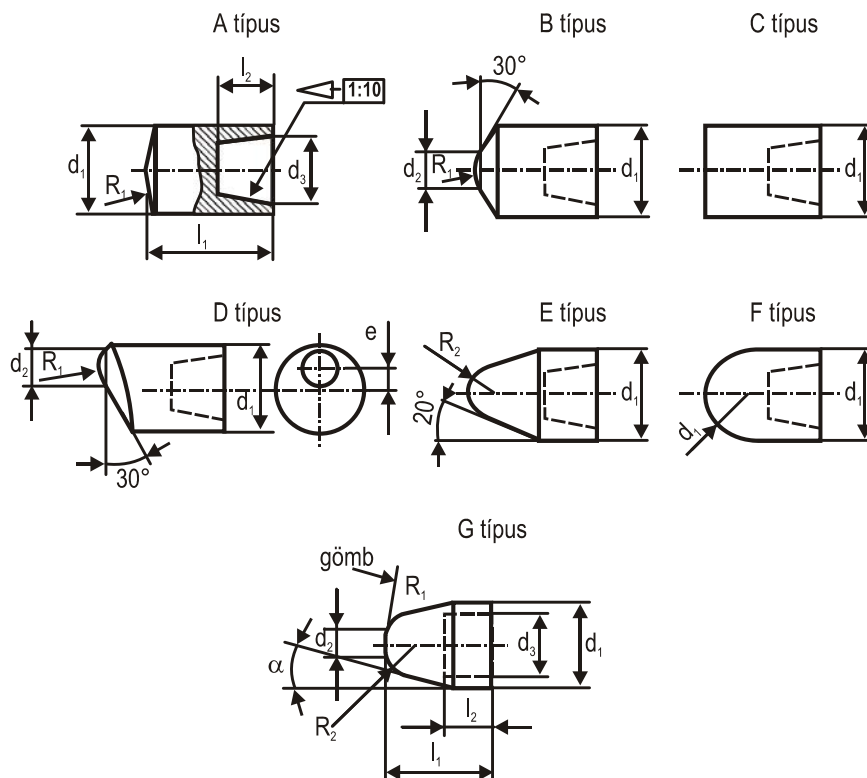
1.101. ábra

Hegesztési ciklus vezérlése ellenállás-ponthegesztéskor

F sajtolóerő; I áramerősség; t_{es} elősajtolási idő; t_h hegesztési idő; t_{us} utánsajtolási idő; t_{sz} szünetidő; t_{af} áramfelfutási idő; t_{al} áramlefutási idő; I_{eh} előhevítési áramerősség; I_h hegesztési áramerősség; I_{uh} utóhevítési áramerősség; t_{eh} előhevítési idő; t_{ehsz} előhevítési szünetidő; t_{uhsz} utóhevítési szünetidő; t_{uh} utánhevítési idő

1. Hegesztés elektromos berendezései

A ponthegeesztő berendezésben az elektróda feladata a koncentrált áramátadás és a nyomás közvetítése, amely jó elektromos és hővezető, nagyobb hőmérsékleten is megfelelő szilárdságú anyagból (CuCd1, CuCr1, CuCr1Zr, CuCo2,5Be, CuCo2Si) készül, különféle kialakításban (1.102. ábra).



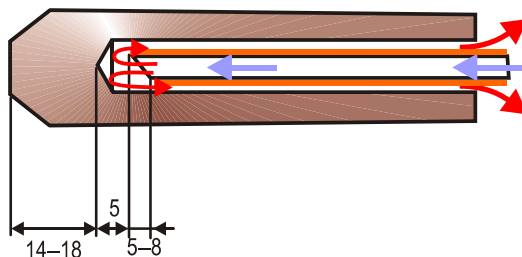
d_1 h_{11}	d_2	d_3	l_1	l_2 $+0,5$ 0	e	R_1	R_2	α	Elektródaerő F_{max} kN
13	5	10	18	8	3	32	5	—	2,5
16	6	12	20	9,5	4	40	6	15	4
20	8	15	22	11,5	5	50	8	22,5	6,3

1.102. ábra
Ellenállás-ponthegeesztő elektródák kialakítása

Az elektróda érintkezési felületének hőmérséklete az idő függvényében változik, legnagyobb értékét a hegesztőáram kikapcsolásának pillanatában (vagy kevéssel utána) éri el. Az egyes pontok hegesztése közötti szünetekben viszont csökken a hőmérséklet, de az ismétlődések gyakoriságának növelése ezt a hatást mérsékli.

1. Hegesztés elektromos berendezései

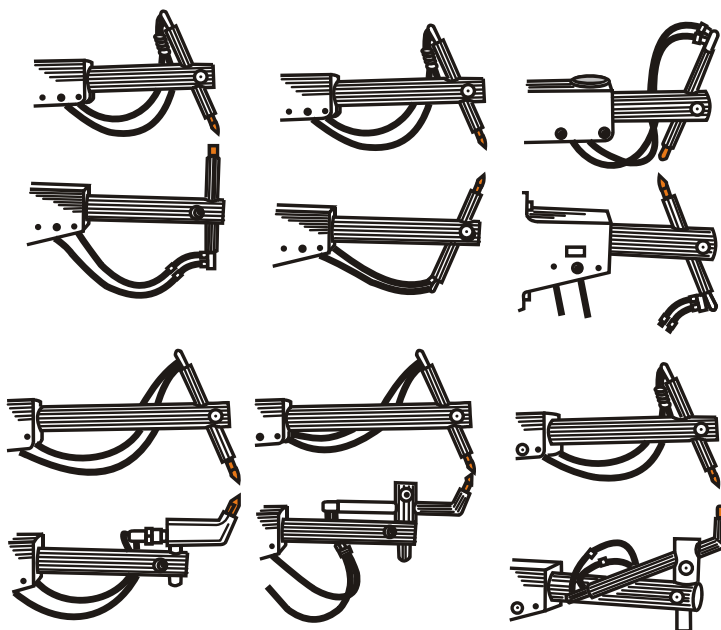
Az elektróda anyagára jellemző 300–500 °C-os lágyulási hőmérsékletet nem szabad elérni, ezért mindenképpen fontos az elektródák hatékony hűtése. A hűtőközeg áramoltatása végett az elektródákban furatot készítenek az érintkezési felülethez minél közelebb (**1.103. ábra**).



1.103. ábra

Ellenállás-ponthegesztő elektródák hűtése

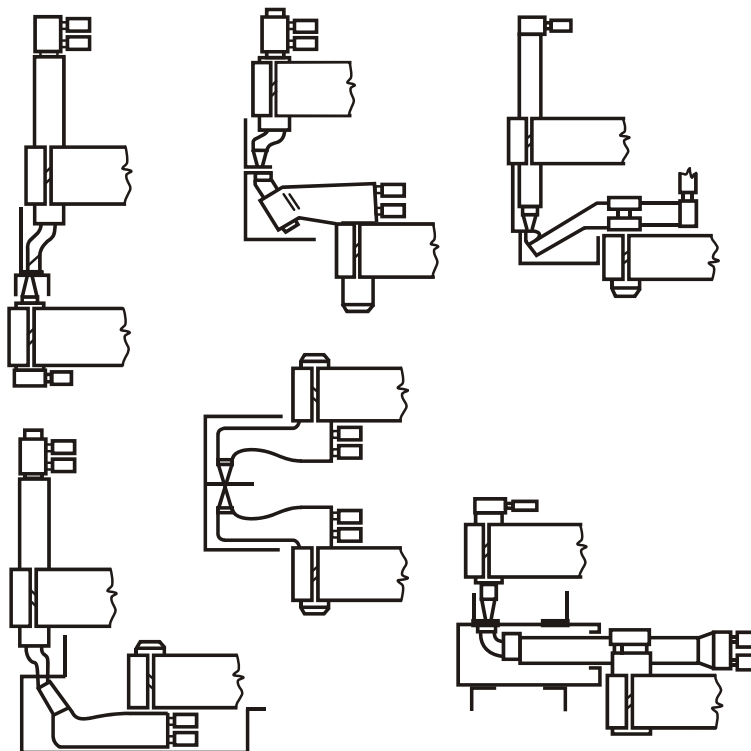
A gyakorlatban többnyire a kétoldali egyponthos ellenállás-ponthegesztés használatos. Az ilyen ponthegeztés gépeinek alkalmazási területe az elektródatartók átállításával, cseréjével bővíthető (**1.104. ábra**).



1.104. ábra (I.)

Állítható és cserélhető ellenállás-ponthegesztő elektródatartók

1. Hegesztés elektromos berendezései



1.104. ábra (II.)

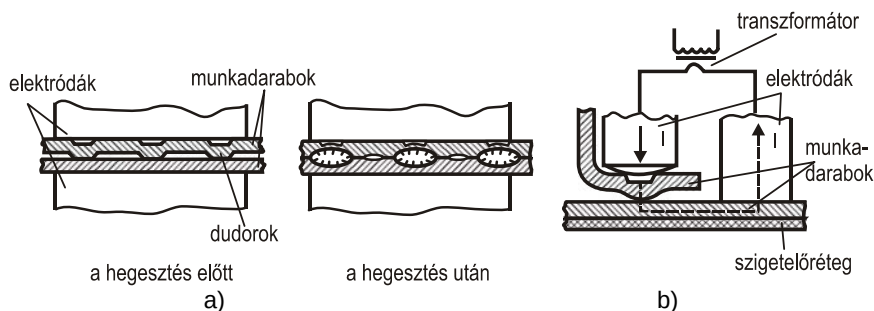
Állítható és cserélhető ellenállás-ponthegesztő elektródatartók

1.3.2. Dudor- és csaphegesztő berendezések

Az ellenállás-dudor- és -csaphegesztő berendezések nem különleges kialakításúak, mert a ponthegeztéshez felhasznált gépeket megfelelő felszerszámozással alkalmassá lehet tenni ezeknek a hegesztési eljárásoknak a kivitelezésére. Itt is az a követelmény, hogy az összeszorító erő működjön, miközben a hegesztési áram hozzávezetése is megoldott legyen. Az eltérés abban mutatkozik, hogy a dudoros munkadarabok, illetve a csap geometriai alakjának megfelelő befogókészülék használata szükséges. Dudor- és csaphegesztéskor gyakran nagyobb az elektromos teljesítmény szükséglet, illetve a szükséges elektródanyomás. Ezért kisebb karkinyúlással (ablakmérettel) és erősebb gépállvánnyal kialakított gépeket célszerű alkalmazni.

Dudorhegesztéshez általában kétoldali áramvezetést használnak (1.105/a. ábra). Számos esetben azonban a hegesztés helyéhez két oldalról nem (vagy csak nehezen) lehet hozzáférni, ezért az egyoldali változatot alkalmazzák (1.105/b. ábra).

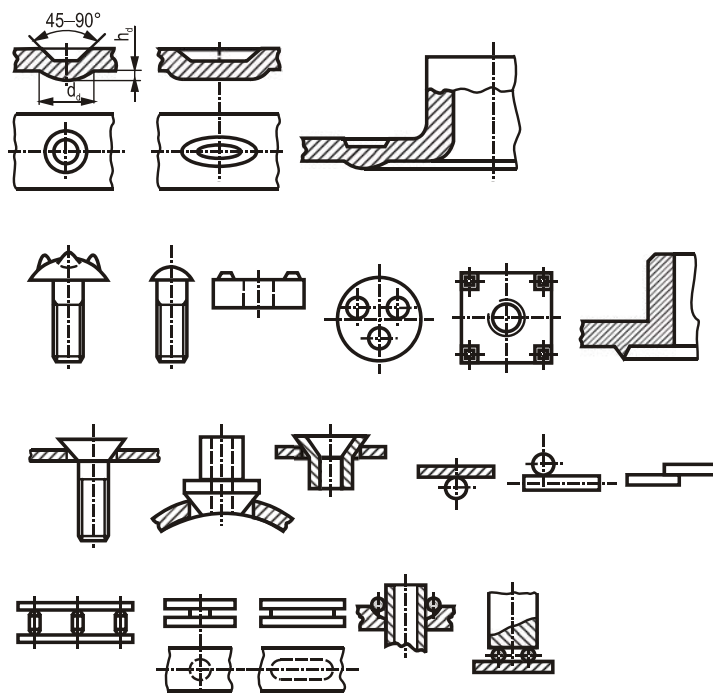
1. Hegesztés elektromos berendezései



1.105. ábra

Kétoldali és egyoldali áramvezetésű ellenállás-dudorhegesztés

Mivel ellenállás-dudorhegesztéskor a munkadarab kialakítása látja el az áramkoncentrációs feladatát, ezért a dudor „átmenetileg az elektróda részévé válik”. Természetes dudor jön létre pl. kör keresztmetszetű anyagok egymásra merőleges tengelyű kötéseinek kialakításakor. Mesterséges dudorhegesztéshez a munkadarabokat az **1.106. ábra** szerint lehet előkészíteni. A dudorok sajtolással vagy forgácsolással alakíthatók ki.



1.106. ábra

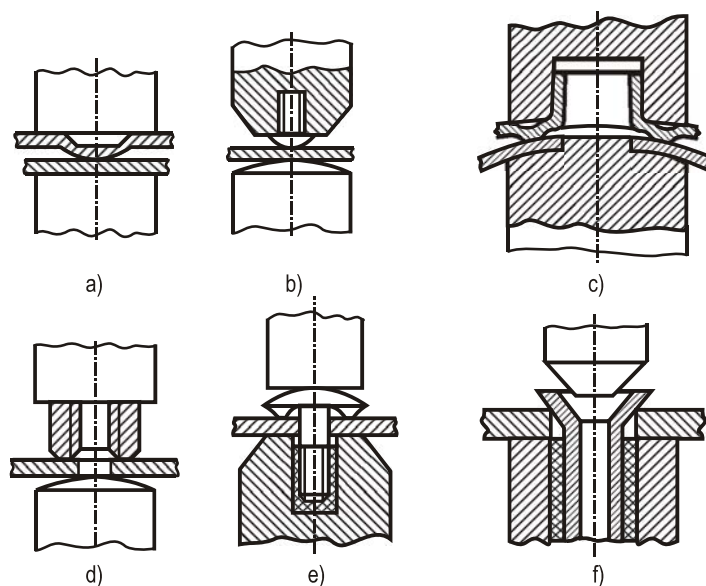
Gyakori dudorkialakítások

1. Hegesztés elektromos berendezései

Megfelelő kötés létesítéséhez

- a dudorok elhelyezése és szilárdsága elegendő nagy legyen ahhoz, hogy a velük érintkezésben levő munkadarabon felhevüljenek, anélkül hogy megolvadnának;
- a dudorokat úgy kell megtervezni, hogy elkészítésük egyszerű, alakjuk szabályos legyen;
- a dudorok a hegesztési ciklus során hidegen deformálódjanak.

Lemezek dudorhegesztéséhez (egy dudorral) használatos elektródák (**1.107/a. ábra**) gyakorlatilag nem különböznek a ponthegesztéskor szokásos sík vagy legömbölyített érintkezési felületű elektródáktól. Rögzítőelemek, csőcsonkok, peremezett csövek stb. hegesztéséhez az elektródákat az egyik munkadarab alakjának megfelelően alakítják ki (**1.107/b-f. ábra**). Ha fennáll annak a veszélye, hogy az egyik munkadarab egyszerre érinti mindkét elektródát, akkor szigetelőcsövet vagy alátétet alkalmaznak (**1.107/e-f. ábra**).

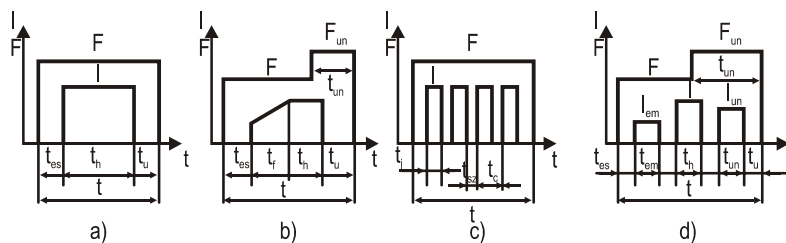


1.107. ábra

Egyponthos dudorhegesztés elektródái

Dudorhegesztéskor a legtöbb esetben elegendő egyszerű hegesztési ciklust beállítani (**1.108/a. ábra**). Ha a dudor nem elég merev, akkor a hegesztés kezdetén kisebb, majd azt követően nagyobb nyomást kell kifejteni. Az induláskor megömlött fém fröcskölése nagyobb nyomással vagy az áramerősség fokozatos növelésével küszöbölhető ki (**1.108/b. ábra**). Edződésre hajlamos acélok hegesztésekor áramimpulzusos, elő- és utóhevítő ciklusos munkarendet használnak (**1.108/c-d. ábra**).

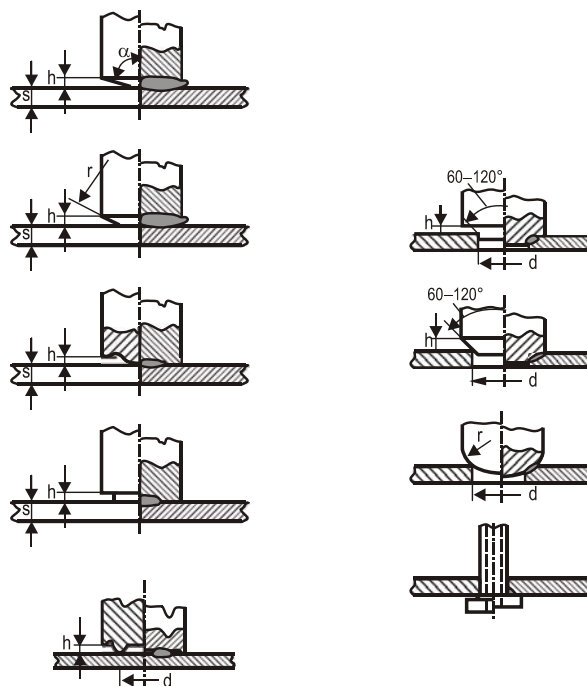
1. Hegesztés elektromos berendezései



1.108. ábra

Dudorhegesztés jellegzetes munkaciklusai

Ellenállás-csaphegesztéskor a felületi kialakítás (1.109. ábra) hasonló lehet, mint dudorhegesztésnél, mert célszerű az érintkezési felületet csökkenteni, annak érdekében, hogy a hegesztéshez szükséges elektromos teljesítményt is csökkenteni lehessen. Ebben az esetben a csap teljes felülete hővezetés útján fog megolvadni és hegyvarratot kialakítani az alapanyaggal. Az elektromos hegesztéseknél általában szükséges tisztító eljárásokat itt sem szabad elhanyagolni, vagyis a hegesztési felületekről el kell távolítani az áramvezetést akadályozó szennyeződést, oxidréteget.

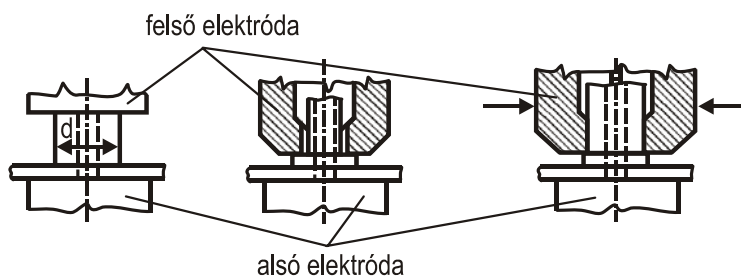


1.109. ábra

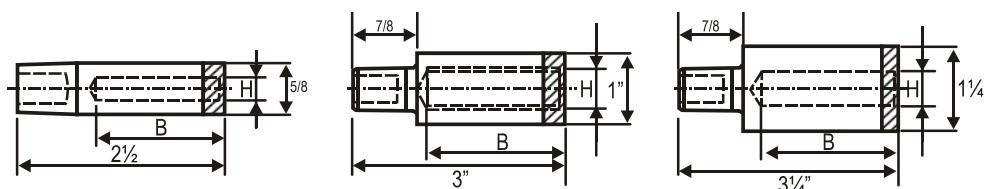
Ellenállás-csaphegesztés csapvég-kialakításai

1. Hegesztés elektromos berendezései

Az alapanyagra odaillesztett és szorított csapon keresztül elektromos áramot vezetnek keresztül. Amennyiben a hegesztendő anyagok közel azonos áramvezetőségűek, akkor elmondható, hogy a legkisebb keresztmetszetenél alakul ki a legnagyobb ellenállás, és itt jön létre a legnagyobb hőmérséklet a hegesztési áram hatására. Megfelelően tervezett alkatrészek hegesztésekor ez a hely az alapanyag és a csap illesztési része. Ez majdnem megegyezik a ellenállás-ponthegesztés elvével. A különbség csak annyi, hogy nem két lemezt kell összeszorítani kúpos végű elektródákkal, hanem befogókészülékként is működő felső csaptartó elektródába befogott csapot az alsó ellenelektrodára fektetett alapanyagra (1.110. ábra). Az 1.111. ábra néhány csaptartó elektródakialakítást mutat.



1.110. ábra
Ellenállás-csaphegesztés elektródakialakításai

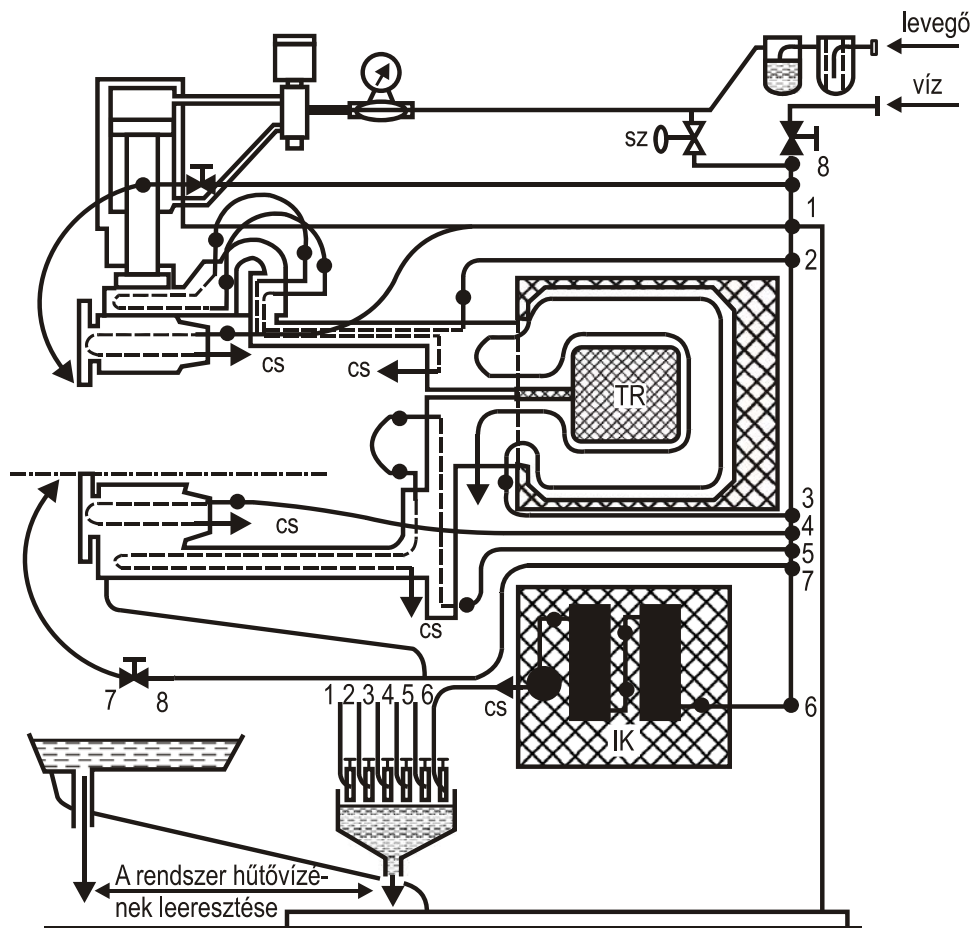


1.111. ábra
Csaptartó elektródakialakítások

1.3.3. Vonalhegesztő berendezések

A vonalhegesztéssel készített varrat egymás mellé hegesztett, egymást többnyire átfedő pontvarratokból épül fel. A szekunder áramot tárcsa alakú forgó elektródák vezetik át a lemezekre, vagyis a szekunder áramkör rugalmas vezetői között, a tárcsaelektrodák csapágyazásán, illetve a tárcsaelektrodák keresztül a munkadarabon záródik. A folyamatos áramterhelés okozta melegedés ellen-súlyozása érdekében hatékony hűtésre van szükség (1.112. ábra).

1. Hegesztés elektromos berendezései



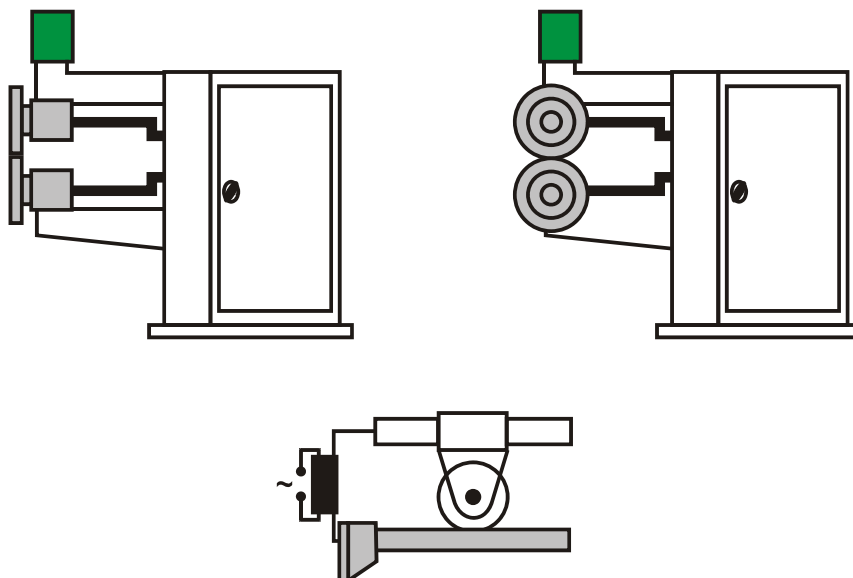
TR transzformátor, IK ignitronkapcsoló, SZ szelep a hat hűtőcsatorna levegővel való átfújására, CS csap a hűtővíz leeresztéséhez

1.112. ábra

Ellenállás-vonalhegesztő berendezés áramforrása és hűtőrendszere

A vonalhegesztés berendezései általában helyhez kötött gépek, amelyeknek felső elektródatartó konzolja a nyomóerő átadására használatos, a ponthegeztő gépekhez hasonló pneumatikus vagy hidraulikus nyomószerkezettel. Az alsó elektródatartó konzol függőleges irányban állítható. A tárcsaelektrodák helyzete szerint van kereszt- vagy hosszvarrathegesztő berendezés (**1.113. ábra**). A tárcsaelektrodák, illetve a tartók cseréjével univerzális (kereszt- és hosszvarrathegesztő) berendezések is kialakíthatók.

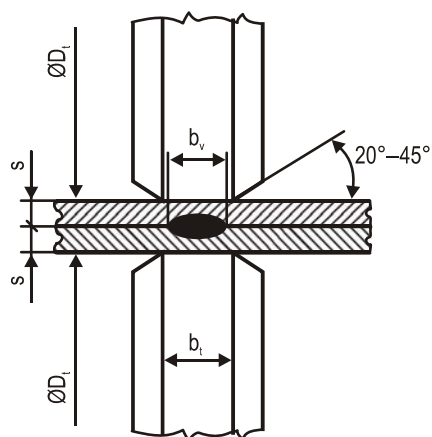
1. Hegesztés elektromos berendezései



1.113. ábra

Ellenállás-vonalhegesztő berendezések kialakítása

A tárcsaelektrodák D_t átmérőjét 50–300 mm-re célszerű választani, figyelembe véve a hozzáférhetőséget, míg a b_t szélességük a hegesztendő s lemezvastagság függvényében (**1.114. ábra**): $b_t = 2 \cdot s + 3$ mm legyen.

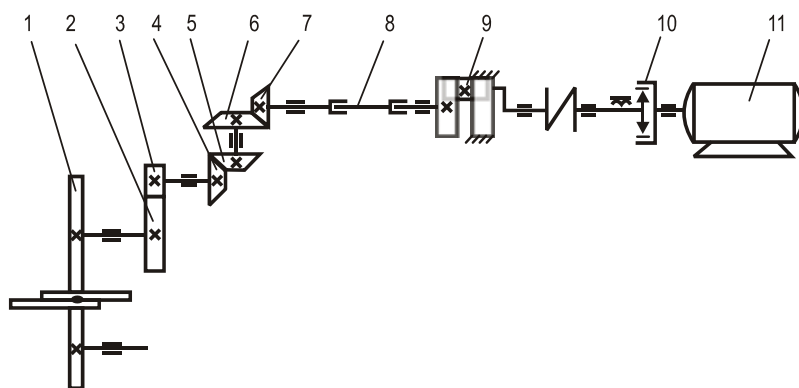


1.114. ábra

Ellenállás-vonalhegesztő tárcsaelektroda jellemző méretei

1. Hegesztés elektromos berendezései

A tárcsaelektrodák közül általában a felső a hajtott (**1.115. ábra**), de csúszásmentes legördülés mindkét tárcsaelektroda hajtásával érhető el.

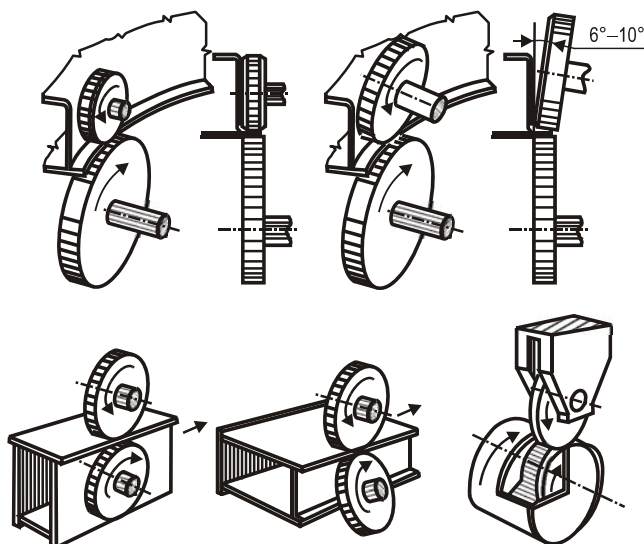


1 felső tárcsaelektroda, 2–3 homlokfogaskerék, 4–7 kúpogaskerék, 8 kardántengely, 9 bolygókeres fordulatszám-csökkentő, 10 elektromágneses tengelykapcsoló, 11 villanymotor

1.115. ábra

Ellenállás-vonalhegesztő berendezések tárcsaelektroda meghajtása

A tárcsaelektrodák kialakítása és elhelyezése a munkadarab alakjától is függ (**1.116. ábra**).

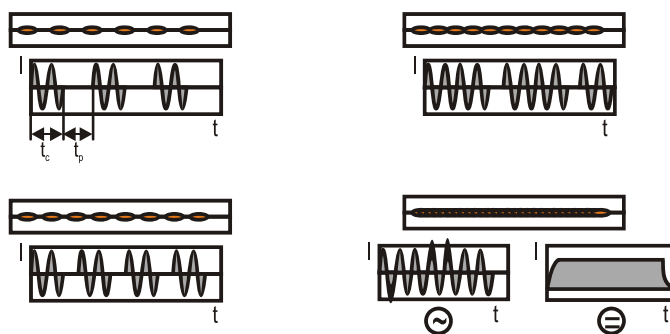


1.116. ábra

Ellenállás-vonalhegesztő berendezések tárcsaelektroda kialakítása és elrendezése

1. Hegesztés elektromos berendezései

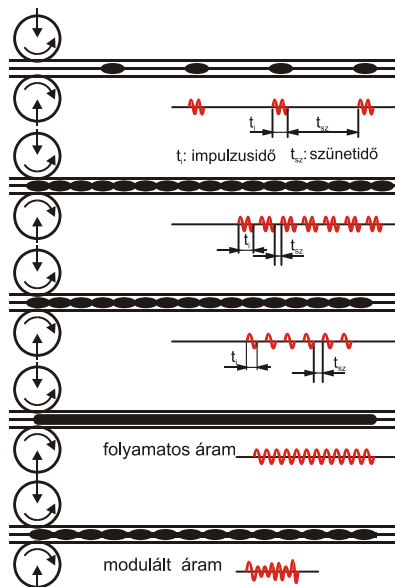
A vonalhegesztési áramprogramok legegyszerűbb változata a ponthegeztéshez hasonló egyedi pontvarratok készítését célozza, azonban gyakrabban készítenek érintkező pontos vagy légmentesen záró tömítővarratokat (**1.117. ábra**).



1.117. ábra

Ellenállás-vonalhegesztés áramprogramjai és varratalakjai

A tömítővarratok (hegvonal) létrehozásához (**1.118. ábra**) a sönthatás következtében nagyobb áramerősség lehet indokolt. Egyrészt az áram részben a már elkészült pontvarraton keresztül halad át, így csökkent hányada jut az éppen létrehozandó hegpontra, másrészt az első pont kialakításakor csökken a lemezek közötti átmeneti ellenállás.

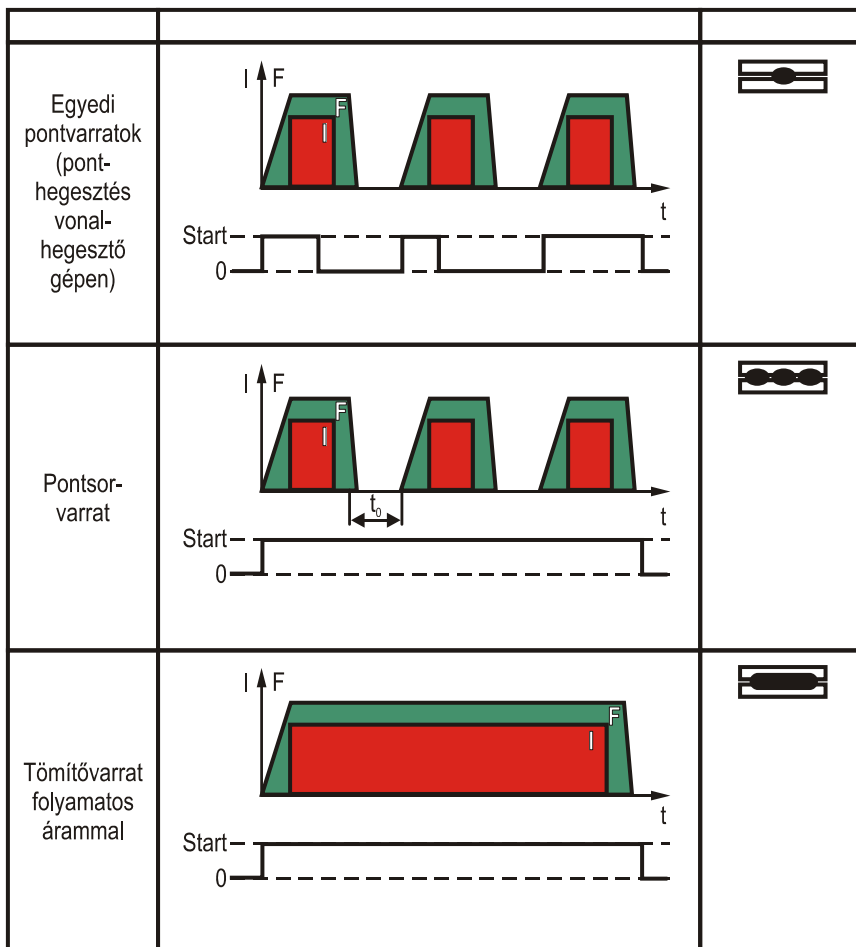


1.118. ábra

Tömítő vonalvarratok áramprogramjai

1. Hegesztés elektromos berendezései

A vonalhegesztés munkarendjét (1.119. ábra) meghatározza az áramerősség nagysága és időbeni változása, a hegesztés sebessége, a tárcsaelektrodák kialakítása és a nyomóerő nagysága, illetve áramimpulzusos hegesztés esetén az impulzus- és a szünetidő (1.118. ábra).

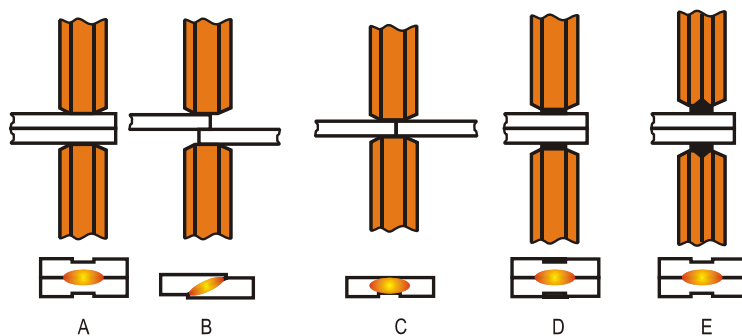


1.119. ábra

Ellenállás-vonalhegesztés munkarendjei

A kialakuló kötésgeometriára (1.120. ábra) befolyással van az összekötendő lemezek elrendezése, kiegészítő fólia (0,2–0,5 mm vastag és 4 mm széles) alkalmazása, tárcsaelektrodával meghajtott rézhuzal közbetét-elektroda használata.

1. Hegesztés elektromos berendezései



A átlapoló, B zömítő, C tompailllesztésű fóliás, D átlapoló fóliás, E rézhuzal közvetítés

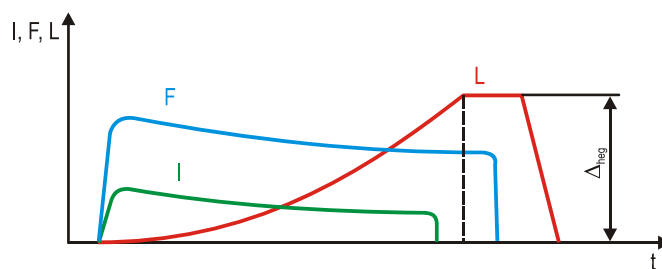
1.120. ábra

Ellenállás-vonalhegesztés eljárásváltozataival kialakítható kötésgeometriák

1.3.4. Tompahegesztő berendezések

Huzalok, csövek, rudak, idomacélok stb. homloklapfelület menti összehegesztésére alkalmas tompahegesztésnek két fő változata ismert, a zömítő és a leolvasztó tompahegesztés. A két eljárás eszközrendszere megegyezik, különbség elsősorban a hegesztési ciklusban, munkarendben van.

A zömítő tompahegesztés munkarendjét az **1.121. ábra** szemlélteti. Zömítő tompahegesztéskor a befogott munkadarabokat összeérintik, majd bekapcsolják a hegesztőáramot, amelynek hatására a munkadarab érintkezési helyei gyorsan felhevülnek. A zömítőerő hatására a munkadarabok homloklapfelületén képlékeny alakváltozás indul meg. Ennek következtében a fém egy része sorja formájában ki nyomódik, a munkadarab rövidül. A zömítőerő a hegesztési ciklus során többnyire állandó, néhány esetben azonban a nyomást meg kell növelni, ami elősegíti a homloklapfelületen levő esetleges szennyezők sorjába jutását.

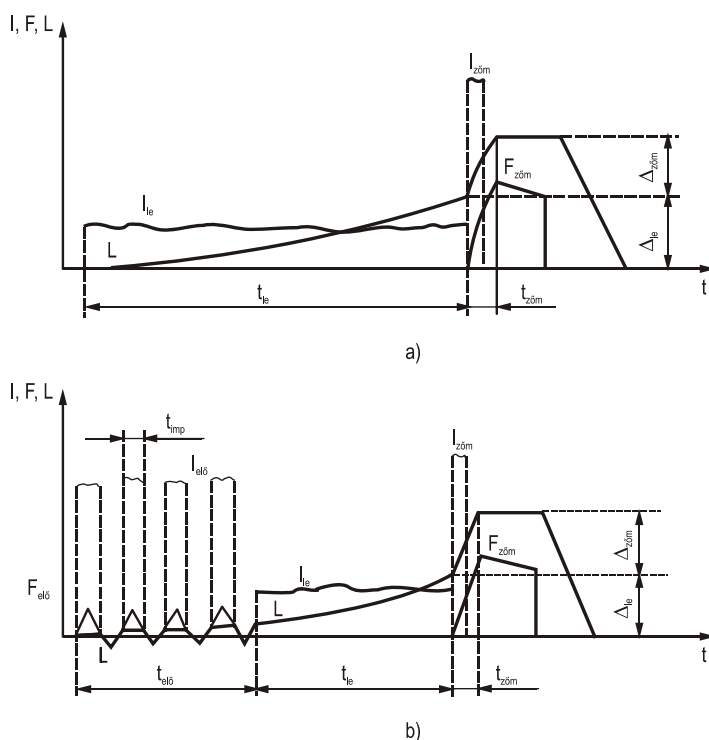


I az áramerősség, F a nyomóerő, L a befogópófa elmozdulása,
 $\Delta_{\text{hég}}$ a munkadarab hosszváltozása, t az idő

1.121. ábra

Zömítő ellenállás-tompahegesztés munkarendje

A leolvasztó tompahegesztés munkarendjét az **1.122. ábra** szemlélteti. A folyamat két szakaszból áll: a leolvasztásból és a zömítésből. A munkadarabok befogását követően bekapcsolják az áramot, és a munkadarabokat egymáshoz közelítik. A felületek egyenetlenségei folytán az egymással érintkező pontok hirtelen megolvadnak és elgőzölögnek. A fröcsköléssel eltávozó fémrészek után újabb felületek kerülnek érintkezésbe és olvadnak meg. Ennek következtében a homlokfelületen összefüggő, folyékony fémhártya alakul ki. A folyékony fémhártya kialakításával befejeződik a leolvasztás szakasza, amelyet a zömítés követ. A zömítő áramot a zömítési idő 20–60%-áig kell fenntartani. Nagyobb keresztmetszetű munkadarabokhoz azért előnyös, mert az érintkezési felületek megolvadásával az oxidbeáródás veszélye elkerülhető.



a) előmelegítés nélküli; b) előmelegítéses;
 L a mozgó befogópofa elmozdulása; F a munkadarabra ható nyomóerő; I az áramerősség; t az idő

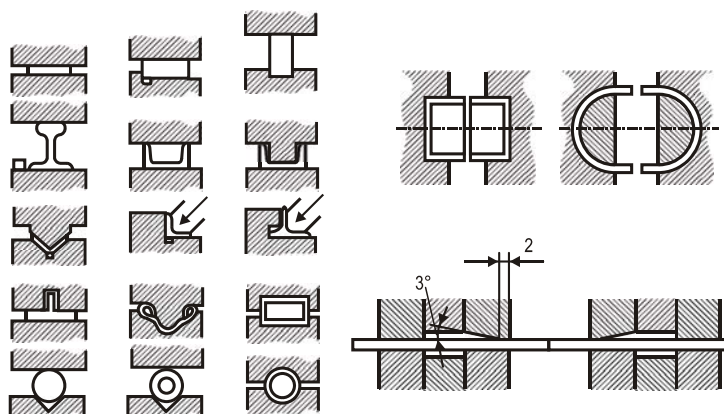
1.122. ábra

Előmelegítés nélküli és előmelegítéses leolvasztó ellenállás-tompahegesztés munkarendje

A befogó-, illetve szorítópofák kialakítására az **1.123. ábrán** láthatók példák. A munkadarabokat külön-külön fogjuk a szorítópofákba, amelyeket az áramforrás szekunder kapcsára kötnek, így azok közreműködnek az áram és a zömítőerő át-

1. Hegesztés elektromos berendezései

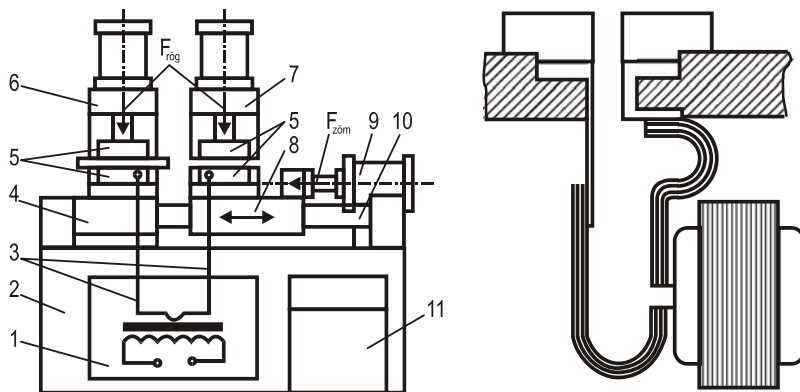
adásában. A befogópofák közül az egyik rögzített, a másik mozgatható. A pofák szorítóereje meggátolja a munkadarabok elmozdulását, elcsúszását.



1.123. ábra

Ellenállás-tompahegesztő gépek befogópofái

Az **1.124. ábra** szemlélteti egy tompahegesztő gép szerkezeti kialakítását és szekunder áramkörét. Ez utóbbi tartalmazza a hegesztőtranszformátor szekunder menetét, az áramvezetőket és a befogópofákat.



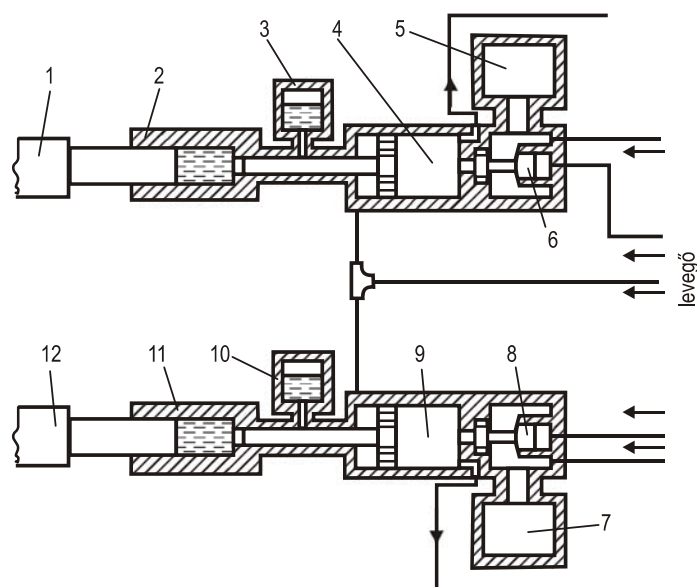
1 transzformátor, 2 állvány, 3 áramvezetők, 4 álló befogószán, 5 befogópofák, 6–7 rögzítőszerszemet, 8 mozgó befogószán, 9 szánmozgató hajtómű, 10 szánvezeték, 11 vezérlőberendezés

1.124. ábra

Ellenállás-tompahegesztő berendezés szerkezete és szekunder áramköre

A tompahegesztő gépek vezérlése lehet kézi vagy automatikus. A kézi vezérlésű gépeken a mozgó szán működtethető kézzel vagy gépi előtolással. A kézi mű-

ködtetést csak kis keresztmetszetű alkatrészek hegesztéséhez alkalmazzák. Az **1.125. ábra** egy hidropneumatikus előtoló szerkezetet ábrázol.



1 vezetősín, 2 hidraulikus henger, 3 olajtartály, 4 pneumatikus henger, 5 légtartály, 6 szelep, 7 légtartály, 8 szelep, 9 pneumatikus henger, 10 olajtartály, 11 hidraulikus henger, 12 vezetősín

1.125. ábra

Ellenállás-tompahegesztő gép hidropneumatikus előtoló szerkezete

1.4. Elektromos hegesztőberendezések alkalmazás-technikai jellemzői

1.4.1. Jelzések és jelölések

Az egyes elektromos üzemű eszközök, berendezések biztonsági követelményeit úgy határozzák meg, hogy a vonatkozó rendelet hatálya alá tartozó termékeknek (köztük a hegesztőberendezéseknek) – a követelményeknek való megfelelés egyik módjaként – ki kell elégíteniük a honosított, harmonizált (a CEN vagy CENELEC által jóváhagyott és az EU hivatalos lapjában közzétett) európai szabványok előírásait. Ebből következik, hogy csak a szabványokban meghatározott biztonsági követelményeket teljesítő elektromos termékek kerülhetnek forgalomba, melyeket az Európai Unióban CE jelöléssel látnak el. Az **1.126. ábrán** további – különböző alkalmazási területű – elektromos berendezéseken alkalmazott jelképek, jelölések láthatók.

1. Hegesztés elektromos berendezései

Jelkép	Magyarázat	Jelkép	Magyarázat	Jelkép	Magyarázat
Vizsgálati jel		Kistranszformátorok		Kistranszformátorok	
	A készülék villamos biztonsági ellenőrzésének német jele		Fokozott biztonsági transzformátor		I. védelmi osztály, védelem védővezetővel
◀ VDE ▶	VDE-kábeljelölés, nem harmonizált VDE-előírások szerint		Nyitott biztonsági transzformátor		II. védelmi osztály, kettős szigetelés
◀ HAR ▶	Kiegészítés harmonizált kábel esetén		Vezérlőtranszformátor		III. védelmi osztály, védelem törpefeszültséggel
	A Magyar Elektrotechnikai Ellenőrző Intézet villamos biztonsági vizsgálati jele			Lámpák	
	Rádiózavar-védelem; a zavar mértéke: G, N, K vagy szám				Tűzvédelmi jel, gyulladási hőmérséklet min. 200°C
	Az így jelölt készülékek az USA-ban is engedélyezettek		Játéktranszformátor		Lámpa füstös levegőjű üzembe
Védettség			Háztartási takaréktanszformátor		Ütésálló izzólámpa
	Csepegő víz ellen védett		Csengőtranszformátor		Megnövelt biztonságú függőlámpák sújtólég-és robbanásveszélyes helyekre
	Permetező víz ellen védett		Kézlámpa-transzformátor		Előkapcsoló, hiba esetén sem melegszik túl
	Fröcskölő víz ellen védett		Olvasztótranszformátor	Egyéb jelölések	
	Vízálló		Orvosi és fogorvosi eszközök transzformátora		Lomha biztosító
	Porálló		Leválasztótranszformátor		Biztosító az áramkörben
	Robbanásbiztos		Nem rövidzárlatvédett		Szerelődoboz, összekötő doboz, kiselosztó falba süllyesztett szereléshez
Hegesztőgépek			Feltétlenül rövidzárlatvédett		Szerelődoboz, összekötő doboz, világítótestek csatlakozóinak betonba szereléséhez
	A kapocsfeszültség üresjárásban max. 42V		Feltételes rövidzárlatvédett	Orvosi elektronika	
	Hegesztő egyenirányító szűk helyiségben való munkához				Berendezés nagyfeszültségű része
Kondenzátorok			Feltételes rövidzárlatvédett		Üzemi földelés csatlakozási helye
	Tűzálló				EKG-készülék csatlakozója, szívkatéterezéskor nem szabad összekötni a pácienssel
	Tűzálló és robbanásbiztos				EEG-készülék csatlakozója, az agy vizsgálata során nem szabad összekötni a pácienssel

1.126. ábra
Elektromos berendezések jelképei és jelölései

1. Hegesztés elektromos berendezései

A felfestett vagy felragasztott jelképek, jelölések mellett az elektromos berendezések világítógombjai színének is van jelentése és ezzel összefüggő alkalmazás-technikai szerepe. Erről tájékoztat az **1.127. ábra**.

Szín	Alkalmazási mód	A kivilágított nyomógomb jelentése	A nyomógomb adatai	Alkalmazási példák és megjegyzések
Vörös	A kivilágított állapot azt jelzi a kezelőnek, hogy ezt a gombot kell (szabad) megnyomni; a nyomógomb megnyomásával kiadott parancs önműködő végrehajtása után a gombon lévő lámpa elalszik.	Azonnali beavatkozást igénylő, rendellenes állapot	Sürgős beavatkozás	– Vészkioldóként nem alkalmazható – Alkalmazása általában nem ajánlott – Vészzszellőzés kézi indítása
Sárga (borostyánszínű)	(Többnyire – de nem mindig – egy másik nyomógombban lévő lámpa gyullad ki ekkor, jelezve, hogy most az a gomb nyomható meg.)	Figyelmeztetés vagy óvás	Valamely veszélyes körülmény elkerülésére szolgáló művelet	– Valamely jellemző (pl. áram, hőmérséklet) megnövekedett értéke miatt segédberendezés (hűtőventilátor, tartalék) indítandó – A sárga nyomógombot megnyomva a reteszelés feloldódik
Zöld		A gép (vagy gépegység) működésre kész	Indítás a kivilágított gombbal	– Félautomata berendezéseknél: indítható a következő lépés – Működtetés előfeltételei teljesültek, reteszelés feloldva
Kék		Egyéb (a fenti színekkel ki nem fejezhető)	Egyéb (a fenti színekkel ki nem fejezhető)	– Jelzés vagy utasítás a kezelőnek, hogy (a gomb megnyomásával) elvégezhet bizonyos – nem sürgős – feladatot
Fehér (átlátó)	A sötét gomb bármikor megnyomható (a kezelő kezdeményezésére és nem a berendezés jelzésére)	Állandó nyugtázása annak, hogy: – az áramkör feszültség alatt áll, vagy – valamely működés elkezdődött vagy ki van választva (előkészítve)	– Áramkör zárása – Áramkör indítása – Kiválasztás (a kezelő kezdeményezéséből való előkészítés)	– A műveleti ciklustól független segédáramkör bekapcsolása – Nyomógombos átkapcsolás kézi vagy önműködő üzemre

1.127. ábra

A világítógombok színének jelentése és alkalmazása

1.4.2. Berendezések védelme, megengedett határértékek

Mechanikai behatolás elleni védelem, IP-védettség

Az elektromos berendezések – burkolataik (tokozás, készülékház) által nyújtott – mechanikai jellegű környezeti behatások (szilárd testek és víz) elleni védettségének jelölése az IP- (Ingression Protection = behatolás elleni védelem) besorolásból (**1.128. ábra**) adódik.

1. Hegesztés elektromos berendezései

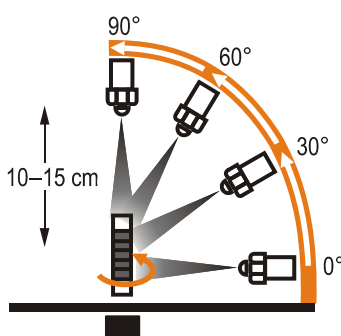
A védettség megadása alfanumerikus jelekkel									
IP-betűjelzések	Érintés, víz, illetve idegen test behatolása elleni védelem	IP (International Protection) nemzetközi védelem							
Első számjegy	Érintésvédelem (személyek védelme), idegen test elleni védelem (berendezések védelme)	Második számjegy	Víz elleni védelem						
IP 0X	Nincs érintés elleni és idegen test elleni védelem	IP X0	Nincs víz elleni védelem						
IP 1X	Kézfej elleni védelem, védelem $\varnothing 50 \text{ mm} \leq$ idegen test ellen	IP X1	Védelem függőlegesen eső vízcseppek ellen						
IP 2X	Ujjak elleni védelem, (vizsgálóujj: $\varnothing 12, l = 80\text{mm}$), védelem $\varnothing 12,5 \text{ mm} \leq$ idegen test ellen	IP X2	Védelem ferdén eső vízcseppek ellen (15° -os dőlésszögig)						
IP 3X	Szerszám elleni védelem, (szonda: $\varnothing 2,5 \text{ mm}, l = 100\text{mm}$), védelem $\varnothing 2,5 \text{ mm} \leq$ idegen test ellen	IP X3	Védelem permetező víz ellen (60° -os dőlésszögig)						
IP 4X	Huzal elleni védelem, (szonda: $\varnothing 1 \text{ mm}$), védelem $\varnothing 1 \text{ mm} \leq$ idegen test ellen	IP X4	Védelem fröcskölő víz ellen						
IP 5X	Huzal elleni védelem, (szonda: $\varnothing 1 \text{ mm}$), por elleni védelem	IP X5	Védelem vízsugár ellen						
IP 6X	Huzal elleni védelem, (szonda: $\varnothing 1 \text{ mm}$), por elleni tömített	IP X6	Védelem erős vízsugár ellen						
		IP X7	Védelem rövid ideig tartó vízbe merítés ellen						
		IP X8	Védelem tartós vízbe merítés ellen						
Ha a védelmi fokozatot csak egy betű jelöli, akkor a másik helyére X-et kell írni									
Harmadik hely	Kiegészítő érintésvédelem	Negyedik hely	Kiegészítő betű						
A	Kézfejvédelem (szonda: $\varnothing 50 \text{ mm}$)	H	Nagyfeszültségű berendezések						
B	Ujjak védelme vizsgálóujj: $\varnothing 12 \text{ mm}, l = 80 \text{ mm}$	M	A mozgó részek működése közben vizsgált						
C	Szerszámvédelem (szonda: $\varnothing 2,5 \text{ mm}, l = 100 \text{ mm}$)	S	A mozgó részek alapállapotában vizsgált						
D	Huzal elleni védelem (szonda: $\varnothing 1,0 \text{ mm}, l = 100 \text{ mm}$)	W	Meghatározott időjárási viszonyok között vizsgált						
A harmadik és a negyedik betű használata nem kötelező									
A védettség jelképei									
Jelkép									
	Csepegő víz ellen védett	Eső ellen védett	Fröccsenő víz ellen védett	Vízsugár ellen védett	Vízmentesen tömített	Víznyomásálló	Por ellen védett	Pormentesen tömített	
Példa	X1	X3	X4	X5	X7	X8	5X	6X	
A vízbehatolás módja									
Ábra									
Megnevezés	Függőlegesen eső vízcseppek	Ferdén eső vízcseppek	Vízpermet	Vízsugár	Elárasztás	Merítés rövid	Merítés tartós		
Példa	X1	X2	X3	X5	X6	X7	X8		
Sújtólég és robbanás ellen védett eszközök jelölése									
	A sújtólég elleni védettség jelölése EExI, a robbanás elleni védettség EExII. A különleges védettséget az utána írt kisbetű jelöli. Ez lehet:				d	nyomásbiztos tokozás			
A sújtólég és robbanás elleni védettség általános jelölése					e	megnövelt biztonság			
					i, i _a , i _b	saját biztonság			
					o	olajálló tokozás			
					p	túlnyomásos tokozás			
					q	homok ellen védő tokozás			

1.128. ábra
Elektromos berendezések védettségi fokozatai

1. Hegesztés elektromos berendezései

Az első számjegy a szilárd testek (por), míg a második a víz behatolása elleni védeettséget jellemzi. Az első számjegy az érintésvédelem mértékét is jelzi. A magasabb szám mindkét esetben jobb védeettséget jelent. Például az IP 54-es burkolat véd a por ellen, a veszélyes részek huzallal való érintése és fröccsenő víz ellen.

A vízzel szembeni védetség nem garantálja a tisztító- és fertőtlenítőszerekkel szembeni ellenállást. Az IP69K fokozott védeettséget jelez elmerülés és nagynyomású mosás (gőzborotva) ellen. A vizsgálati eljárás során a védeettséget 100 bar nyomású, több irányból (**1.129. ábra**), 30 másodperces ciklusokban, 14–16 liter/perc térfogatárammal fröcskölt forró (80°C-os) vízzel ellenőrzik.



1.129. ábra
Nagynyomású mosás elleni védelem tesztelése

Túlfeszültség elleni védelem

A hegesztőberendezések különböző üzemi viszonyok között megengedett üresjárási feszültségei az **1.130. ábra** szerintiek:

Sor-szám	Üzemi viszonyok	Névleges üresjárási feszültség
1.	Fokozottan áramütés-veszélyes környezet	d.c. 113 V csúcs a.c. 68 V effektív
2.	Fokozott áramütés veszélye nélküli környezet	d.c. 113 V csúcs a.c. 113 V csúcs és 80 V effektív
3.	Mechanikus égőtartó, a kezelő fokozott védelme mellett	d.c. 141 V csúcs a.c. 141 V csúcs és 100 V effektív
4.	Különleges eljárások	d.c. 710 V csúcs a.c. 710 V csúcs és 500 V effektív

ahol: d.c. = direct current = egyenáram; a.c. = alternating current = váltakozó áram

1.130. ábra
Hegesztőberendezések megengedett üresjárási feszültségei

1. Hegesztés elektromos berendezései

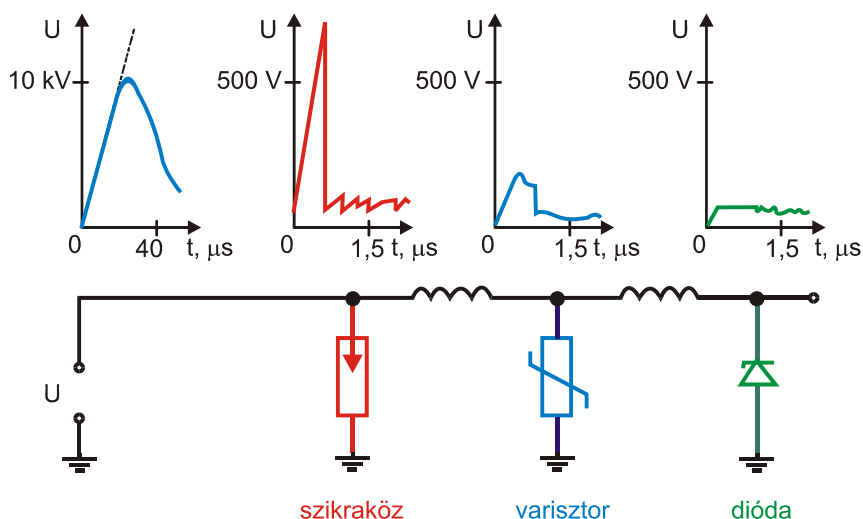
Impulzus jellegű túlfeszültséget okozhatnak az épületekben, illetve berendezésekben:

- villámcsapás okozta elektrosztatikus kisülés, melynek energiája függ az áramerősségtől és időtartamtól;
- atombomba robbanása során fellépő jelentős elektromágneses impulzus;
- elektromágneses fegyverek robbanással indított fluxusgenerálása.

A túlfeszültség rövid idejű, nagy amplitúdójú. Védekezni ellene különleges szűrőkkel lehet, de teljes védelmet nem lehet elérni egy készülékkel. Kell egy durvább fokozat, általában gáztöltésű szikraköz, majd a középső és finomabb fokozat lehet varisztor vagy szupresszor dióda (1.131. ábra).

Tulajdonságok	Gáztöltésű szikraköz	Varisztor	Szupresszor dióda
Áramimpulzus	100 kA	10 kA	1 kA
Maradék áram	probléma	0	0
Szivárgási áram	0	10 mA	1 mA
Védelmi szint	nagy	kicsi	nagyon kicsi
Megszólalási idő	s	ns	ns/ps
Kapacitás	pF	pF/nF	pF/nF
Energia-abszorpció	200 J	100 J	20 J

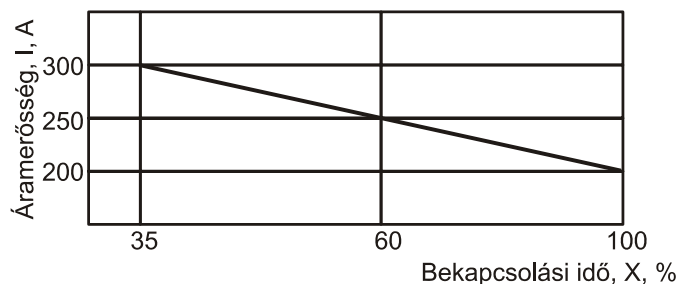
Háromlépcsős túlfeszültség-védelem:



1.131. ábra
Túlfeszültség-levezető megoldások

Túlmelegedés elleni védelem

Az ipari ívhegesztő áramforrások bekapcsolási ideje (X, német rövidítése ED, angol rövidítése DC) a hegesztési idő és a ciklusidő hányadosa százalékban kifejezve, ahol a ciklusidő a hegesztési időből és a hegesztéssel szorosan összefüggő szünetidőből tevődik össze. A ciklusidő szabvány szerinti értéke 10 perc, azaz a bekapcsolási idő értéke százalékban adja meg azt az időtartamot, ameddig a megadott kimenő teljesítménnyel terhelhető a hegesztőgép 10 perces időtartamon belül, túlmelegedés nélkül. A hegesztőberendezésre nem egy bekapcsolási idő-áramerősség értékpár jellemző, hanem különböző értékpárok (leggyakrabban 35%, 60% és 100%) jellemzik az áramforrásokat, ez a kapcsolat az **1.132. ábra** szerinti diagrammal, illetve táblázattal ábrázolható:



X, %	I, A	Hegesztési idő, perc	Szünetidő, perc
35	300	3,5	6,5
60	250	6	4
100	200	folyamatos	-

1.132. ábra

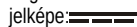
Bekapcsolási idő-áramerősség értékpárok

A felhasználó részére szükséges bekapcsolási idő értéke az alkalmazott technológiától és az elvégzendő feladattól függ elsősorban. Tájékoztatásul néhány jellemző adat:

- Fedett ívű hegesztés 70–95%,
- Fogyóelektródás, védőgázos ívhegesztés aktív védőgázzal, sorozatgyártásban 50–75%,
- Hegesztés bevont elektródával, csőhegesztés 30–55%,
- Hegesztés bevont elektródával, vékony ($s < 3$ mm) lemezek hegesztése 15–35%,
- Hegesztés bevont elektródával, helyszíni szerelési munka 10–25%,
- Fűzővarratok bevont elektródás hegesztése 3–10%.

A ipari ívhegesztő berendezések adattábláján (**1.133. ábra**) is a 35%, 60% és 100% bekapcsolási időhöz tartozó szekunder és primer oldali adatokat tüntetik fel.

1. Hegesztés elektromos berendezései

Gyártó, forgalmazó vagy importőr: ARCMAKER		Védjegy: WELDLAND®			
Gyártó által adott típus (azonosító): ARC MACHINE 250 A		Gyártási szám: HE - 20100203			
Hegesztő áramforrás jelképe: 		Szabványra való hivatkozás: MSZ EN 60974-1			
Statikus jelleggörbe jelképe: 	Beállítási tartomány: 40A / 22V – 250A / 30V				
	Hegesztőáram jelképe: 	X	35%	60%	100%
Hegesztési eljárás jelképe: 	U ₀ V	I ₂	250A	200A	150A
	60	U ₂	30V	28V	26V
Energiaellátás jelképe: 		Teljesítménytényező: cos φ 0,68 (150A) cos φ 0,82 (250A)			
Generátor névleges fordulatszáma: r/min	Tápfeszültség és frekvencia: U ₁ V 230 400 50Hz	Névleges felvett áram jele:  T 35 A T 20 A	I ₁ A	I ₁ A	I ₁ A
			43 25	35,5 20,5	27 15,5
Generátor teljesítményigénye: W	S1	16,3 kVA	13,5 kVA	10,5 kVA	
Hűtés: AF I.C.L. H					
Fázisjavító kondenzátor névleges teljesítménye: Q kVAr	Burkolat védelmi fokozata: IP 21	A 2. érintésvédelmi osztályú szerkezet jelképe: 		Fokozott áramütés-veszélyű helyen alkalmazhatóság: 	

1.133. ábra
Ipari ívhegesztő áramforrás adattáblája

Korlátozott bekapcsolási idejű kézi ívhegesztő áramforrásokra, közismert nevükön barkács-hegesztőgépekre vonatkozó bekapcsolási idő értelmezésénél különösen fontos – mert értéke rendszerint kicsi, és a túlmelegedés megelőzése érdekében szükséges –, hogy a laikus számára is érthető (mérték)egységben legyen kifejezve. Ezért a bekapcsolási idő mérésére bevezették a hőkioldó működéséig folyamatosan leolvasztható, ún. referenciaelektrodákat (**1.134. ábra**). Ebbe a csoportba azon áramforrások tartoznak, amelyek max. 160 A árammal terhelhetők, és üresjárási feszültségük max. 48 V_{effektív}.

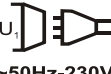
Elektrodaátmérő, mm	1,6	2,0	2,5	3,2
I ₂ , A	40	55	80	115
n _c , db	62	45	13	6
n _h , db	62	13	4	2

ahol: n_c az áramforrás hideg (20±°C) állapotából kiindulva, a hőkioldó működésbe lépéséig eltelt idő alatt leolvasztható referenciaelektroda mennyisége, n_h az áramforrás meleg – a hőkioldó újra bekapcsoláskor – állapotából kiindulva, a hőkioldó újbóli működésbe lépéséig eltelt idő alatt leolvasztható referenciaelektroda mennyisége.

1.134. ábra
Bekapcsolási idő értelmezése barkács-hegesztőgépekre

1. Hegesztés elektromos berendezései

A fenti táblázatot a hegesztőgép adattáblájának (**1.135. ábra**) tartalmaznia kell. Az áramforráshoz esetenként megadják n_{c1} és n_{h1} értékeit is, amelyek a meghatározott (I_2) áramerősség mellett 1 óra alatt leolvasztható referenciaelektrodák számát jelentik. A vonatkozó szabvány természetesen meghatározza a vizsgálatához használandó elektróda jellemzőit (bevonattípus, méretek, hegesztőáram, leolvadási idő).

Gyártó által adott típus (azonosító): ARC WELD 140 A			Hegesztőáram-forrás jelképe: 			
Gyártási szám: HT-20020101			Burkolat által nyújtott védelmi fokozat: IP 21			
Hegesztési eljárás jelképe: 	ϕ mm	1,5	2	2,5	3,2	3,2
	I_2 A	50	55	80	110	140
	E / h	35	25	14	9	5
	n_c db	62	45	13	6	3
	n_h db	62	13	4	2	1
	U_0 V	44	45	47	48	48
Energiaellátás jelképe: 	I_1 A	10	12	17	23	24

1.135. ábra

Korlátozott bekapcsolási idejű kézi ívhegesztő áramforrás-adattáblája

1.4.3. Elektromágneses kompatibilitás, zavarcsúrés

A kompatibilitás (latin compatiore = együttérezni szóból) az inkompatibilitás (összeférhetetlenség) ellentéte, a műszaki területen többek között a következőket jelent(het)i:

- két anyag vegyítésekor a változatlanul maradásra utaló kémiai kompatibilitást;
- két polimer ömledékének egymással való elegyedésére vonatkozó polimerkémiai kompatibilitást;
- közetek kiolvadásánál az olvadékba menő kémiai elemekkel összefüggő geokémiai kompatibilitást;
- a technikában készülékek, berendezések, programok együttműködését, egymással való helyettesíthetőségét vagy összekapcsolhatóságát;
- az elektromágneses zavarásokkal kapcsolatos elektromágneses kompatibilitást.

Az utóbbira jellemző elektromágneses kölcsönhatás az elektromágneses mező fizikája. Az elektromágneses mező az elektromos és mágneses mezők által létrehozott, a tér teljességét betöltő hatásmező. Míg az elektromos mező a statikus elektromosságot előidéző töltés eredménye (amely elektromos vezetőben elektromos áramot hoz létre), addig a mágneses mező az elektromos töltés mozgásából

1. Hegesztés elektromos berendezései

származik (mint egy elektromos vezetőben folyó áram), és az állandó mágnesekhez hasonló mágneses erőben nyilvánul meg. Az „elektromágnesesség” kifejezés az elektromosság és mágnesesség közeli kapcsolatára utal. Például a mágneses mező változása elektromágneses indukciónak nevezett elektromos mezőt hoz létre, amely lehetővé teszi olyan – hegesztéstechnikában is alkalmazott – eszközök létezését, mint az áramfejlesztő generátorok (dinamók), a villanymotorok és a transzformátorok. Az elektrodinamika az elektromágnesesség és a mechanika közös területe, amely az elektromágneses mezőnek az elektromos töltésű részecskékre gyakorolt mechanikai hatásait tanulmányozza.

Elektromágneses erőnek nevezik az elektromágneses mezőnek az elektromos töltésű részecskékre gyakorolt hatását. Ez a fajta erő a természet négy alapejének egyike. A másik három: az atommagot összetartó erős nukleáris erő, a radioaktív bomlás bizonyos fajtáiért (β -bomlás) felelős gyenge nukleáris erő és a tömegvonzási (gravitációs) erő.

A fizikai testek közötti minden kölcsönhatás (erő) végső soron e négy alapvető erő következménye, mégis a mindennapi életben, a gravitációtól eltekintve, gyakorlatilag minden jelenségért az elektromágneses erő felelős. Durva megközelítésben: az atomok közötti kölcsönhatásokban minden erő az atom belsejében lévő elektromos töltésű protonokra és elektronokra ható elektromágneses erőre vezethető vissza. Például egy tárgy húzásakor vagy nyomásakor a kifejtett erő a terhelő berendezés és a tárgy egyes elemi részecskéi közötti kölcsönhatás eredménye, sőt az elektronok keringéséből adódó kölcsönhatásokon keresztül minden kémiai folyamat is ezen erőkön keresztül zajlik le.

Mindezekon felül a fény- és rádióhullámok nem mások, mint az elektromágneses mező megháborításának terjedése (mozgása), amit elektromágneses hullámoknak neveznek. Tehát minden optikai vagy rádiófrekvenciás jelenség ténylegesen elektromágneses természetű.

Elektromágneses sugárzók lehetnek:

- ember alkotta szerkezetek:
 - háztartási eszközök,
 - ipari berendezések,
 - telekommunikációs készülékek (pl. rádiótelefon),
- atmoszferikus hatások, pl. villám,
- kozmikus sugárzás.

Dörzsöléssel egy test 5–25 kV feszültségre töltődhet fel, ami elektrosztatikus ki-süléskor befolyásolhatja az elektromos berendezések működését. Egy elektromos berendezés potenciálja villámcsapáskor (légköri elektromosság) megnő, működését a villám árama által indukált feszültség és az elektromos tér befolyásolja. Nukleáris vagy atomrobbanáskor elektromágneses impulzus keletkezik, amely olyan erős elektromágneses mezőt gerjeszt ($E_{\max} = 100 \text{ kV/m}$, $H_{\max} = 700 \text{ A/m}$), hogy tönkretesetheti az elektromos berendezéseket.

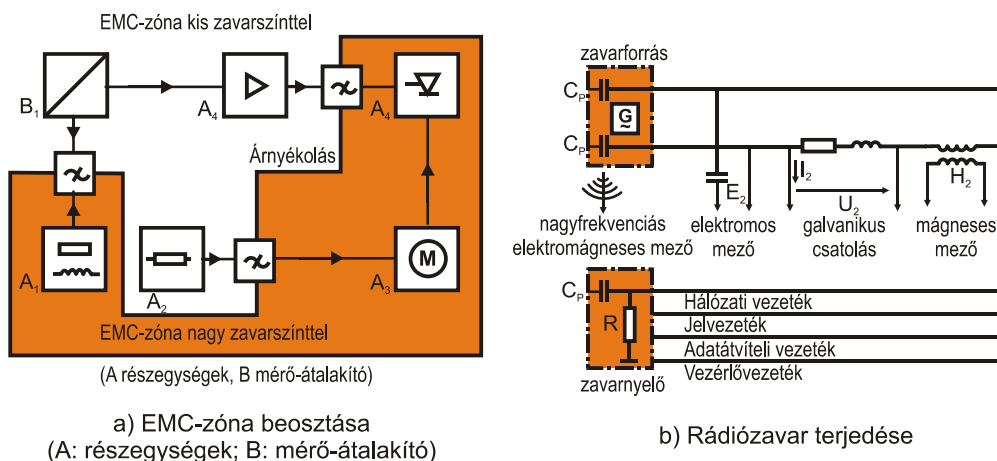
Az elektromágneses kompatibilitás egy adott készüléknek, berendezésnek az a képessége, hogy az elektromágneses környezetében megfelelően tud üzemelni (immunitása = zavar-állóképessége elegendően nagy), anélkül hogy elviselhetetlen

1. Hegesztés elektromos berendezései

zavarokat okozna más eszközökben (emissziója vagy zavarkibocsátása kellően kicsi).

Elektromágnesesen összeférhetőek (kompatibilisek) a rendszerek, ha elektromágnesesen szennyezett környezetben kielégítően működnek, és a környezetükben levő más elektromos berendezésre csak a megengedett mértékben hatnak. A nagy terjedelmű, erőteljes zavarforrású berendezéseket és az érzékeny zavarnyelőket (vevőket) EMC- (Electro Magnetic Compatibility = elektromágneses összeférhetőségi) zónákra osztják (**1.136. ábra**), vagyis az elektromágneses védetség szerint különböző szinteket, illetve zónákat különböztetnek meg, melyek között fizikai vagy geometriai határokat lehet kijelölni.

Az EMC viszonylag új keletű fogalom, amely tehát azt fejezi ki, hogy az adott berendezés mennyire alkalmas bizonyos környezetben való alkalmazásra, mivel minden elektromos berendezés elektromágneses kisugárzást gerjeszt. Ez igaz a háztartási berendezésekre (pl. egy porszívó befolyásolhatja a televíziós vételt) is, de az ipari berendezések kisugárzása lényegesen erősebb lehet, és befolyásolhatja a telekommunikációt (pl. a rendőrség, a mentők vagy a tűzoltók rádiókapcsolatát), továbbá a számítógépeket stb.



1.136. ábra

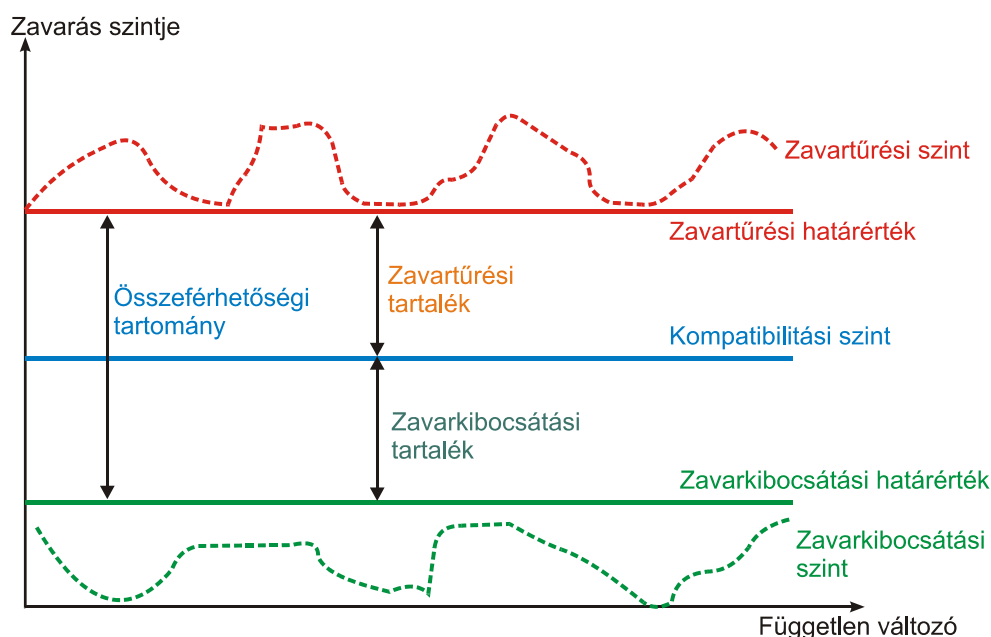
Elektromágneses kompatibilitás összetevői

Az elektromágneses sugárzásra vonatkozó irányelveket elfogadta az Európai Unió (EC) és az Európai Szabadkereskedelmi Társulás (EFTA), amely egy átmeneti időszak után lépett hatályba. Ezek szerint tilos forgalomba hozni olyan hegesztőberendezést, amely nem felel meg az előírás követelményeinek, és minden elektromos és elektronikai eszközt úgy kell tervezni és gyártani, hogy elektromágneses sugárzást környezetébe ne bocsásson ki, továbbá ellenálljon ilyen sugárzás hatásainak.

Szükségszerű és jelentős ráfordítást igénylő módosítások eredményeként a

1. Hegesztés elektromos berendezései

gyártott és forgalmazott hegesztő- és termikus vágó berendezések kielégítik ezeket a követelményeket, mert szűrőik megakadályozzák a sugárzás kilépését, de azt is, hogy a hálózatról ilyen sugárzás jusson a berendezésbe. Az EMC-követelményeket (**1.137. ábra**) kielégítő gép vásárlásával biztonságot vásárol a vevő, hiszen elkerülhet egy kártérítést a környezetkárosítás miatt.



1.137. ábra
EMC-követelmények szavatolása

A hegesztőberendezések lakóövezetbeli használatát is szabályozzák a következő előírásokkal:

- a lehető legrövidebb idejű bekapcsolás,
- napközbeni munkavégzés,
- a primer kör kötelező szűrése,
- rendszeres karbantartás,
- a lehető legrövidebb szekunder kábelhossz,
- a hegesztőkábelek egymáshoz közeli elhelyezése.

Az elektromos berendezések, készülékek vagy gépek által előidézett rádiózavarok elektromágneses, mágneses és elektromos terekkel, illetve galvanikus úton juthatnak más elektromos berendezésbe.

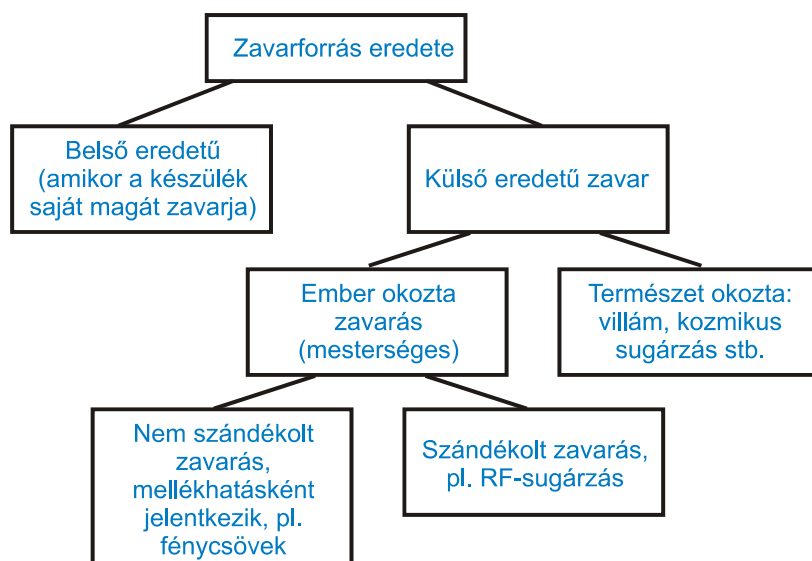
Elektromágneses zavarások természetes vagy mesterséges forrásúak, illetve belső (pl. a berendezés részegysége általi) vagy külső eredetűek lehetnek (**1.138. ábra**). Az elektromágneses sugárzások természetes eredetű forrásai:

1. Hegesztés elektromos berendezései

- zivatarok során elektromos kisülések okozta atmoszferikus eredetű zajok;
- kozmikus eredetű zajok, melyek forrásai lehetnek: a Nap, a Hold, csillagok, bolygók, galaxisok.

Mesterséges elektromágneses zavarok forrásai lehetnek:

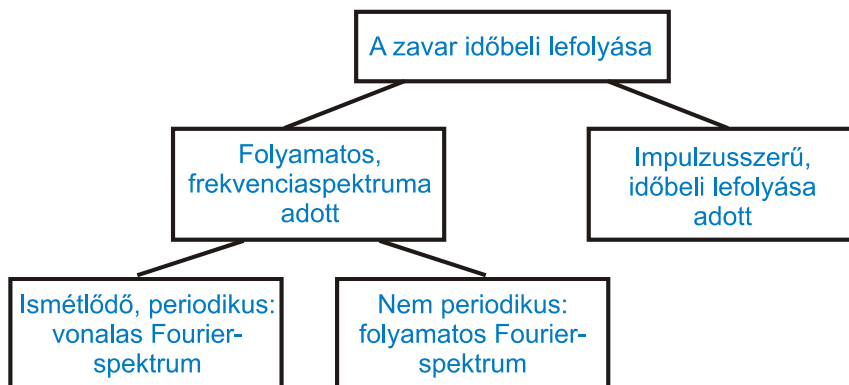
- ívhegesztő berendezések,
- RF-(rádiófrekvenciás) hevítők,
- ipari, tudományos és gyógyászati eszközök,
- AC (váltakozó áramú) nagyfeszültségű távvezetékek,
- gépjárműmotorok gyújtása,
- gázkisüléses világítótestek (fénycsövek),
- mikrohullámú sütők,
- kórházi eszközök,
- telekommunikációs eszközök szándékolt sugárzása,
- villanymotorok.



1.138. ábra
Elektromágneses hatások eredet szerinti felosztása

A zavarokat időbeli lefolyásuk szerint az **1.139. ábra** rendszerezi:

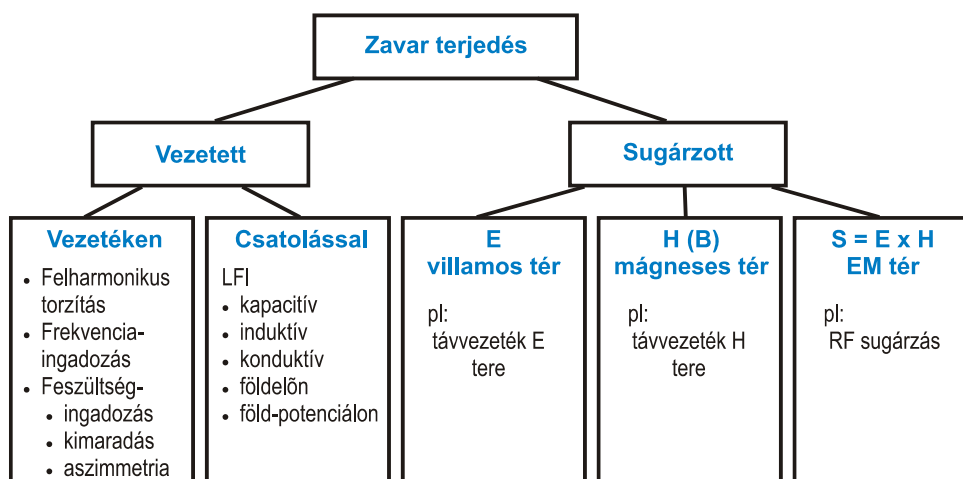
1. Hegesztés elektromos berendezései



1.139. ábra

Elektromágneses hatások időbeli lefolyás szerinti felosztása

Zavarok alapvető terjedési, csatolási módjai az 1.140. ábra szerintiek lehetnek.



1.140. ábra

Elektromágneses hatások alapvető terjedési, csatolási módjai szerinti felosztása

A konduktív vagy galvanikus csatoláskor a két áramkör vezetékkel van összekötve. Galvanikus zavaró hatások az áramkörök közös impedanciáin keresztül jönnek létre, a zavaró jellemző az áram. Galvanikus csatolás csökkentési lehetőségei:

- csatolóimpedanciák korlátozása a közös vezetékek ohmos ellenállásának csökkentése elegendően nagy huzalkeresztmetszettel;

1. Hegesztés elektromos berendezései

- vezetékinduktivitások csökkentése a közös áramút vezeték hosszainak csökkentésével, az oda- és visszavezető huzalok kis egymás közti távolságával, egyenes vonalú huzalvezetéssel.

Galvanikus csatolásmentesítés lehetőségei:

- az áramkörök egyetlen ponton való kapcsolódása galvanikusan (különböző áramkörök pontszerű összeköttetése);
- potenciáleválasztás, a felesleges összeköttetések elkerülése pl. olyan eszközök használatával, melyek a következő elvek valamelyike alapján működnek:
 - elektromechanikus elv (relék);
 - elektromágneses elv (transzformátorok);
 - optoelektronikus elv (optoelektronikai csatolások).

Induktív csatoláskor az induktív zavarások egy zavarforrás váltakozó mágneses tere által indukált feszültségként keletkeznek a zavarvevőben. Okuk a zavarforrás áramának változása. A beavatkozás lehetőségei:

- két áramkör távolabb való elhelyezése,
- vezetékek sodrása,
- szimmetrikus elhelyezés,
- vezetékhurkok által körülhatárolt felület csökkentése és a kölcsönös távolság növelése,
- mágneses tér árnyékolása.

A kapacitív zavarások váltakozó elektromos terek útján kerülnek a zavaró áramkörből a zavart berendezésbe, a zavaró jellemző a feszültség. Kapacitív csatolás megszüntetésének és csökkentésének lehetőségei:

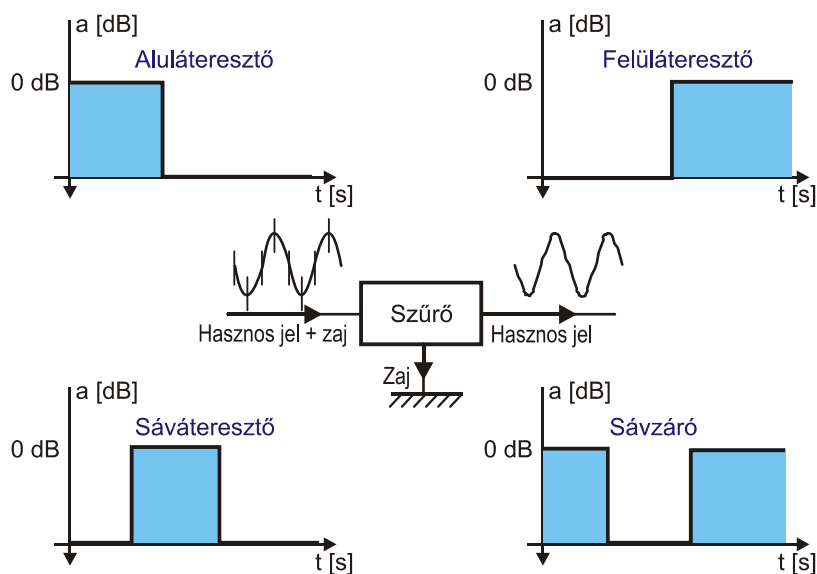
- csatolókapacitások csökkentése nagy távolságokkal, rövid vezetékekkel, párhuzamosan futó vezetékek elkerülésével;
- zavaró elektromos terek hatásának csökkentése a zavarvevőn és/vagy a zavarforráson alkalmazott árnyékolással (egy vezető felülettel);
- becsatolt zavarjelek kompenzálódása, ha a csatolókapacitások elektromosan szimmetrikusak.

Az elektromos terek elleni árnyékolás megakadályozza a nem kívánt EM-terek, és zavarások bejutását a védett EM-zónába, illetve az onnan való kijutásukat. Elektromos térnél elektromos vezető kell, falán töltésmegoszlás jön létre. A nagy mágneses permeabilitású anyagok egy kis reluktanciájú (kis mágneses ellenállású) utat jelentenek a mágneses tér számára, így belsejükben a mágneses tér erőssége lecsökken. A jól vezető, vékony fémben a váltakozó mágneses tér áramot indukál, mely maga körül a gerjesztő térrel ellentétes irányú mágneses teret hoz létre. A zárt felületen belül az örvényáram gerjesztette tér lerontja a külső teret. A zavar egy része az árnyékolóban elnyelődve melegedést okoz, másik része reflektálódik, vagy a határfelületen többszörösen reflektálódik.

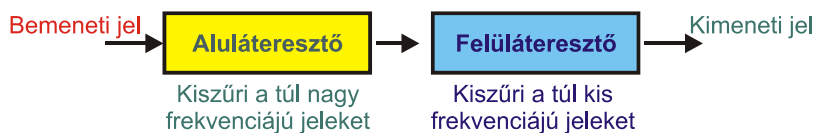
Az árnyékoló csillapítása (Shielding Effectiveness) az árnyékoló nélkül fennálló térerősség és az árnyékoló alkalmazásával az árnyékoló után kialakuló térerősség aránya (vagyis az árnyékoló előtti és mögötti térerősségek aránya) E_1/E_2 . Mértékét

1. Hegesztés elektromos berendezései

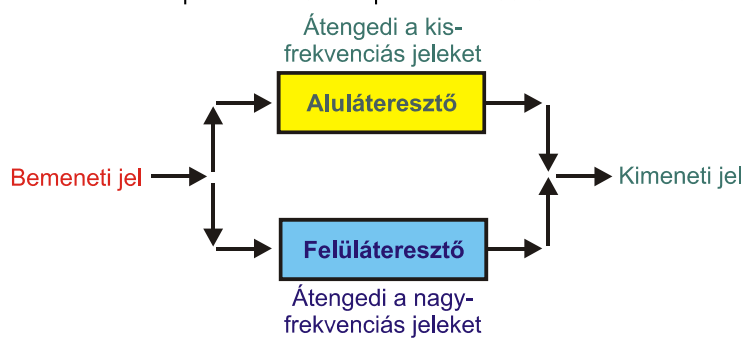
általában dB-ben adják meg [$SE = 20 \cdot \log_{10}(E_1/E_2)$], a kisebb érték gyengébb árnyékolást jelent.



Sávéteresztő szűrő = sorba kapcsolt alul- és felüláteresztő szűrő:



Sávkiró szűrő = párhuzamosan kapcsolt alul- és felüláteresztő szűrő:



1.141. ábra
Szűrők

A „Shielding Effectiveness” függ a felhasznált árnyékoló anyagától és a behatolási mélységtől. Ez utóbbi azt a távolságot jelenti, ahol az anyagban a térerő $1/e$ -ad részére ($\approx 37\%$) csökken a külső erőterhez képest. Ennek értéke pedig függ a:

- frekvenciától (növekedésével a behatolási mélység csökken, ami nagyobb csillapítást tesz lehetővé),
- permeabilitástól,
- konduktivitástól vagy reciprokától: az ellenállástól.

A szűrők (**1.141. ábra**) a különböző frekvenciájú hullámokat más-más csillapítással engedik át.

1.4.4. Adattábla és információtartalma

Egy egyértelműen és kitörölhetetlenül feliratozott adattáblát kell minden egyes hegesztő áramforráson biztonságosan rögzíteni vagy rányomtatni. Az adattáblán fel kell tüntetni a felhasználó számára a hegesztő áramforrás elektromos jellemzőit, amelyek szavatolják a hegesztő áramforrás helyes megválasztását és más hegesztő áramforrásokkal való összehasonlítását. A megfelelőséget megismerésével és a jelölések 15 s-on át vízbe mártott ronggyal, majd újabb 15 s-on át petróleumba mártott ronggyal való átdörzsölésével kell ellenőrizni. Ezután a vizsgálat után a jelölés könnyen olvasható, az adattábla nehezen elmozdítható és gyűrődésmentes legyen. Az adattábla mérete nincs meghatározva, és szabadon választható.

Az adattábla a következő részekre osztható (**1.142. ábra**):

- a felső rész (1–6) a gyártó, a forgalmazó vagy az importáló nevét és a hegesztő áramforrás azonosításának tájékoztató adatait tartalmazza,
- a középső rész (7–14) a hegesztőáramkör (szekunder oldal) adatait adja meg,
- az alsó részben (15–23) található a hegesztő áramforrás áramellátásának (primer oldal) tájékoztató adatai.

1	2				
3	4				
5	6				
7	9				
	10	12	12a	12b	12c
8	11	13	13a	13b	13c
		14	14a	14b	14c
15	18	19	19a	19b	19c
16					
17					
20	21	22	23		

1.142. ábra

Ívhegesztő áramforrás adattáblájának felépítése

1. Hegesztés elektromos berendezései

Az adatok elrendezése és egymásutáni sorrendje az **1.142. ábrán** bemutatott elv szerinti legyen, példákat az **1.143.–1.145. ábrák** mutatnak be. A több hegesztési eljárásra alkalmas hegesztő áramforrásokhoz vagy forgógépes hegesztő áramforrásokhoz (hegesztődinamókhoz) egy összetett vagy több különálló adattábla használható. Ahol szükséges, kiegészítő tájékoztató adatok is megadhatók a különálló adattáblán. További hasznos információ, például a szigetelési osztály vagy a teljesítménytényező megadhatók a gyártó által készített műszaki dokumentációban.

Típus		Gyártási szám:				
TRM 501						
Hegesztő áramforrás jelképe:		Szabványra való hivatkozás: EN 60974-1				
						
Statikus jelleggörbe jelképe:		Beállítási tartomány: 60A / 22,4V – 500A / 40V				
		~50Hz	X	35%	60%	100%
Hegesztési eljárás jelképe:		U ₀ V	I ₂	500A	380A	300A
		70–78	U ₂	40V	35V	32V
Energiaellátás jelképe:		Teljesítménytényező: cosφ 0,84 (150A)				
		Tápfeszültség és frekvencia: U ₁ V	Névleges felvett áram jele: I ₁	I ₁ A	I ₁ A	I ₁ A
Hűtés: I.CL.	AF H	220 380 50Hz	I ₁ 164 95	113 65	87 50	
		S1	36,1 kVA	24,7 kVA	19 kVA	
Fázisjavító kondenzátor névleges teljesítménye: Q		Burkolat védelmi fokozata:				
9.2 kVAr		IP 22				

1.143. ábra
Egyfázisú transzformátor adattáblája

1. mező: A gyártó, forgalmazó, vagy az importáló neve és címe, valamint a származási ország
2. mező: Védjegy
3. mező: A gyártó által adott típus (azonosító)
4. mező: Gyártási szám

1. Hegesztés elektromos berendezései

Típus	Gyártási szám:				
Hegesztő áramforrás jelképe: 	Szabványra való hivatkozás: EN 60974-1				
Statikus jelleggörbe jelképe: 	Beállítási tartomány: 15A / 20,5V – 200A / 28V				
Hegesztési eljárás jelképe: 	~420Hz	X	%	60%	100%
	U ₀ V 60	I ₂		200A	150A
Energiellátás jelképe: 	Teljesítménytényező: cos φ 0,84 (150A)				
	Tápfeszültség és frekvencia: U ₁ V 220 380 50Hz	Névleges felvett áram jele: I ₁	I ₁ A	I ₁ A	I ₁ A
n 2800 r/min				33 19	16,5 9,5
P ₁ (60%) 3,9 kW		S1	36,1 kVA	24,7 kVA	19 kVA
Hűtés: AF I.CL. H	Burkolat védelmi fokozata: IP 21				

1.144. ábra
Hegesztőgenerátor adattáblája

5. mező: A hegesztő áramforrás jelképe, például:



Egyfázisú transzformátor



Egy(három)fázisú transzformátor-egyenirányító



Egy(három)fázisú sztatikus frekvenciaátalakító-transzformátor-egyenirányító



Háromfázisú motor-egyenáramú generátor

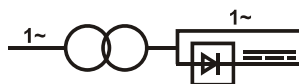


Háromfázisú motor-generátor (váltakozó áramú generátor)-egyenirányító



Háromfázisú forgógépes frekvenciaátalakító

1. Hegesztés elektromos berendezései



Egyfázisú összetett a.c. és d.c. áramforrás



Robbanómotoros generátor

Típus	Gyártási szám:				
Hegesztő áramforrás jelképe: 	Szabványra való hivatkozás: EN 60974-1				
Statikus jelleggörbe jelképe: 	Beállítási tartomány: 40A / 22V – 250A / 30V				
Hegesztési eljárás jelképe: 	U ₀ V 60	=	X	35%	60%
		I ₂	250A	200A	150A
Energiaellátás jelképe: 	Tápfeszültség és frekvencia: U ₁ V 220 380 50Hz	Névleges felvett áram jele: T 35 A T 20 A	I ₁ A	I ₁ A	I ₁ A
			43 25	35,5 20,5	27 15,5
I.CL.	H	S ₂	16,3 kVA	13,5 kVA	10,3 kVA
Hűtés:	AF	Burkolat védelmi fokozata:	IP 21		

1.145. ábra

Osztott adattábla: felső rész a forgalmazói, alsó rész a gyártói

6. mező: A vonatkozó szabványra való hivatkozás, amely azt igazolja, hogy a hegesztő áramforrás kielégíti követelményeit.

7. mező: A statikus jelleggörbe jelképe:



eső jelleggörbe vagy



lapos jelleggörbe

8. mező: A hegesztési eljárás jelképe, például:

1. Hegesztés elektromos berendezései



Bevont elektródás (kézi) ívhegesztés (MMA)



TIG hegesztés



MIG/MAG hegesztés



Fedett ívű hegesztés

9. mező:A/V-tól.....A/V-ig beállítási tartomány, a névleges legkisebb és legnagyobb hegesztőáram és az ennek megfelelő egyezményes munkafeszültség. A legkisebb és a legnagyobb munkafeszültség is megadható félkövér betűkkel vagy aláhúzással, feltéve, ha az egyezményes értéket hangsúlyozzák ki, pl.: 40 A 14/16 V-nál ... 300 A 29/32 V-nál.

10. mező: A hegesztőáram jelképe, pl.:



Egyenáram



Váltakozó áram és ezenfelül a névleges frekvencia Hz-ben, pl. 50 Hz

11. mező: Az U_0 névleges üresjárási feszültség, V

a) csúcsérték egyenáram esetén,

b) csúcs- vagy effektív érték váltakozó áram esetén.

Ha a hegesztő áramforrást önműködő védőszerkezettel szerelték fel, ez a feszültség az önműködő védőszerkezet működése utáni feszültség. Ha több üresjárási feszültség állítható be, akkor a feszültségtartományt kell megadni a névleges legkisebb és legnagyobb üresjárási feszültséggel.

Ezenfelül a következőket kell megadni:

c) a nem csökkentett névleges üresjárási feszültséget feszültségcsökkentő szerkezet esetén,

d) a névleges váltakozó áramú üresjárási feszültséget a.c./d.c. átkapcsoló esetén.

12. mező: X a bekapcsolási idő (bekapcsolási tényező) jele

13. mező: I_2 a névleges hegesztőáram jele

14. mező: U_2 Az egyezményes munkafeszültség jele

12a, 12b, 12c mezők: A bekapcsolási idő (bekapcsolási tényező) értéke, %

13a, 13b, 13c mezők: A hegesztőáram értéke, A

14a, 14b, 14c mezők: A munkafeszültség értéke, V

19a, 19b, 19c mezők: A felvett áram értéke, A.

Ezek a mezők a három alapjellemző névleges értékének megfelelően táblázatot alkotnak:

a)% bekapcsolási idő (bekapcsolási tényező) a legnagyobb beállításnál

1. Hegesztés elektromos berendezései

(névleges legnagyobb hegesztőáramnál)

b) 60% bekapcsolási idő (bekapcsolási tényező)

c) 100% bekapcsolási idő (bekapcsolási tényező)

Az a) pontot nem kell alkalmazni, ha a bekapcsolási idő (bekapcsolási tényező) a névleges legnagyobb hegesztőáramra 60% vagy 100%.

A b) pontot nem kell alkalmazni, ha a bekapcsolási idő (bekapcsolási tényező) a névleges legnagyobb hegesztőáramra 100%.

15. mező: Az energiaellátás jelképe, pl.:



A tápellátás jelképe és a fázisok száma (pl.: 1 vagy 3) a váltakozó áram jelével



A meghajtómotor jelképe

16. mező:1/min névleges fordulatszám

17. mező: $P_{\max}$ W forgógépes hegesztő áramforrás legnagyobb teljesítményigénye. Ezt az értéket csak akkor kell megadni, ha nincs összekapcsolva a hajtógéppel.

18. mező: U_1V/.....Hz, a tápfeszültség és frekvencia névleges értékei

19. mező: I_1 a névleges felvett áram jele

20. mező: QkVar, a fázisjavító kondenzátor névleges teljesítménye

21. mező: IP..... a burkolat által nyújtott védelmi fokozat I.: IP 21 vagy IP 23

22. mező:  II. érintésvédelmi osztályú szerkezet jelképe

23. mező:  Annak a hegesztő áramforrásnak a jelképe, amely megfelel a fokozottan áramütésveszélyes környezetben elvégzendő hegesztési eljárások energiaellátására. Ezenfelül ajánlott, hogy ezt a jelet megfelelő méretben a hegesztő áramforrás előlapján is feltüntessék.

A megfelelést megtekintéssel és az összes adat megvizsgálásával kell ellenőrizni. Az adattábla adatai típusvizsgálatok eredményei. Azok az egyedi hegesztő áramforrások, amelyeket később gyártottak, rendelkezhetnek olyan jellemző adatokkal, amelyek eltérnek ezektől az eredményektől, és ennek megfelelően a következő értékek megengedettek:

a) U_0 névleges üresjárás feszültség, $V \pm 5\%$

b) $I_{1\min}$ névleges legkisebb hegesztőáram, $A \pm 10\%$

$I_{2\max}$ névleges legnagyobb hegesztőáram, $A \pm 5\%$

c) $U_{2\min}$ legkisebb egyezményes munkafeszültség, $V \pm 5\%$

$U_{2\max}$ legnagyobb egyezményes munkafeszültség, $V \pm 5\%$

d) n_0 névleges üresjárás fordulatszám, ford/perc $\pm 5\%$

e) $P_{\max}$ legnagyobb teljesítményigény, kW 0...10%

f) I_1 névleges felvett áram, $A \pm 10\%$

$I_{1\max}$ névleges legnagyobb felvett áram, $A \pm 10\%$

g) Q a fázisjavító kondenzátor névleges teljesítménye, kVar $\pm 20\%$

1. Hegesztés elektromos berendezései

Ahol huzaladagoló egységgel együtt működik a hegesztő áramforrás, ott feszültség- vagy árambeállító skála alkalmazható. Megkötéseket kell tenni a kimenő-jelek V-ben vagy A-ban megadott közelítő értéke vagy tetszőleges referenciagörbe megadásával. Ha a kimenet V-ben vagy A-ban van megadva, akkor a megadás pontossága 10% legyen.

Kivételes esetekben a hegesztő áramforrás kivitele következtében (pl.: kettős vezérlésű készülék) nehéz beszerezni egy mérőskálát, akkor a gyártó adhat a hegesztő áramforrás típusa szerinti ampermérőt vagy voltmérőt (2,5 osztálypontosságú). Ha szükséges, megfelelően csillapított legyen.

Minden hegesztő áramforrást üzemeltetési útmutatólappal együtt kell szállítani, amelynek a következőket kell tartalmaznia:

- a) általános leírást,
- b) a jelölések és a grafikus rajzjelek jelentését,
- c) a tápellátás, beleértve a biztosító és/vagy a megszakító névleges adatait,
- d) a hegesztő áramforrás megfelelő üzemeltetését (pl.: hűtési követelmények, telepítés, vezérlőkészülékek, kijelzések),
- e) a hegesztési alkalmasságot, a tartós terhelés behatárolását, a hővédelem értelmezését, ha az lényeges,
- f) a burkolat védettségi fokozatával kapcsolatos használati korlátozást (pl.: egy IP 21 védettségi fokozatú hegesztő áramforrás esőben nem használható),
- g) azokat a feltételeket, amelyek esetén külön intézkedéseket kell tenni a hegesztés során (pl.: fokozott áramütés-veszélyes környezetben, gyulladásveszélyes környezetben, éghető anyagok, nehéz testhelyzet, magasított üzemi állások stb.),
- h) a hegesztő áramforrás karbantartási útmutatóját,
- i) a megfelelő kapcsolási rajzot a alkatrészek jegyzékével,
- j) a hegesztő áramforrás azon áramköreinek teljes részletezését, amelyek külső, normál hálózati feszültségű villamos készülékek (pl.: világítás vagy villamos szerszámok) energiaellátására szolgálnak.

A megfelelőséget az üzemeltetési útmutató elolvasásával kell ellenőrizni.

2. Hegesztéshez kapcsolódó mérés-, irányítás- és biztonságtechnika

2.1. Elektromos mérések

Az elektromos mérés technika a villamosságtani mérések kivitelezésével foglalkozik. Az ehhez használható analóg és a digitális műszerekkel történő mérési elrendezések megegyeznek. A digitális műszerek fogyasztása ugyan lényegesen kisebb, mint az analóg műszereké (és így a mérendő kört kevésbé terhelik), azonban az analóg műszereknek számos előnyük van, például: olcsók, a kijelzés szemléletesebben jelenik meg és rögtön kiértékelhető, a mért érték sűrű változása analóg műszeren jól követhető, míg digitális műszeren a számok ugrálása szinte követhetetlen.

2.1.1. Mérőműszerek

Többcélú vagy univerzális mérőműszer az, amellyel feszültség, áramerősség és ellenállás (gyakran még más is) mérhető. Az elterjedt, viszonylag olcsó kézi műszereket multiméternek is hívják sokoldalúságuk miatt. Az előzőekben említettek szerint kétféle multimétert különböztetnek meg: analóg és digitális rendszerűt.

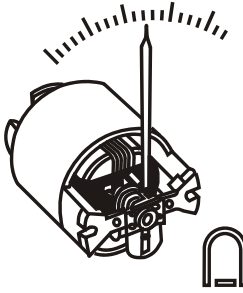
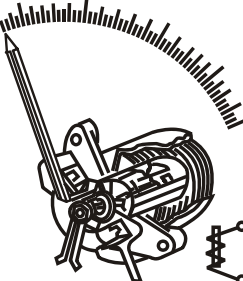
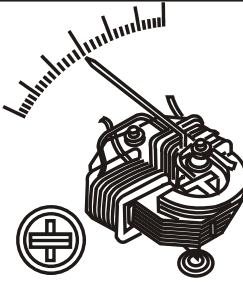
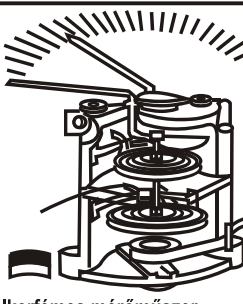
Az **analóg multiméter** olyan univerzális (kézi) mérőműszer, mely egyen- és váltakozó feszültséget, áramerősséget, valamint ellenállást tud mérni. A mért értéket a megfelelő skálával ellátott, elforduló mutatós mérőmű (2.1. ábra) jelzi ki.

A **minőségi osztály** a multiméter mérési pontosságáról ad tájékoztatást, amit rendszerint a skálalapra is rányomtatnak. Az általánosan elterjedt műszerek általában a 2,5 minőségi osztályba tartoznak, míg a drágább, „profi”, laboratóriumi multiméterek pontossági osztálya lehet 2 vagy 1 is. Az érték a skála végkitérésének százalékában adja meg a mérési hiba nagyságát.

Például ha a mérési tartomány 30 V, és az adott műszer minőségi osztálya 2,5 (%), akkor a végkitérés alapján a legnagyobb elképzelhető hiba 0,75 V. A valódi feszültség tehát a kijelzett értéktől (mindkét irányban) legfeljebb 750 mV-tal térhet el. Ha a műszer pontosan 5 V feszültséget mutat, a valóságos érték biztosan a 4,25–5,75 V közé esik.

A műszer **belső ellenállása** a mérőmű forgótekerccsének az ellenállásától függ, nagysága 1000 Ω és 50 000 Ω közötti érték. Például a közepes árfekvésű multiméterek belső ellenállása általában 20 k Ω /V (20 kiloohm voltonként), de ez csak egyenfeszültség mérésekor érvényes adat. Váltakozó feszültség mérésekor az adott műszer belső ellenállása jóval kevesebb, általában 10 k Ω /V alatti (szokásos érték a 4 k Ω /V).

2. Hegesztéshez kapcsolódó mérés-, irányítás- és biztonságtechnika

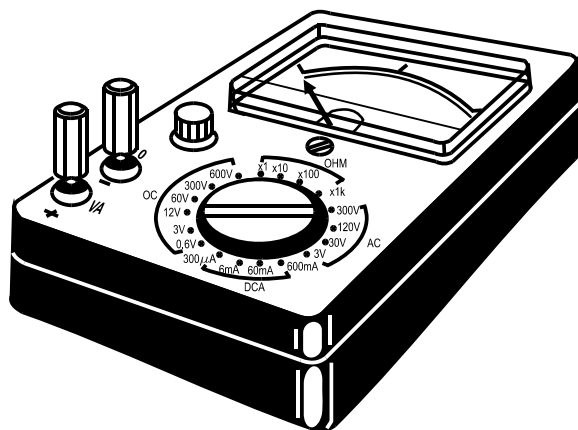
 Forgótekerceses mérőműszer	Az alumíniumkeretre tekercselt forgótekerces a hengeres állandómágnes és a külső lágyvas cső közötti homogén mágneses térben helyezkedik el. A mutatót szilárdan a tekerceshez rögzítik. Az áram-hozzávezetés ellentétesen feltekert spirálrugókon (csúcscsapágyazás) vagy feszített szálon (nincs csapágy-súrlódás) valósul meg.	A tekercesárammal arányos a forgatónyomaték, amely addig forgatja a tekerceset, amíg az a rugó vagy a feszített szál által előállított ellennyomatékkal egyensúlyba kerül. A mutató kitérését az alumíniumkeretben keletkező örvényáram csillapítja.	Alkalmos egyenáram és egyenfeszültség mérésére (lineáris skála). A mutató kitérésének iránya az áramiránytól függ (nullapont lehetséges a skála közepén). A mérőműszer számtani középértéket mér. Kis sajátfogyasztás (1–100 μW). Váltakozó áram méréséhez egyenirányítás szükséges.
 Lágyvasas mérőműszer	A tekercesben az álló lágyvas lemezke trapéz vagy háromszög alakú, a lengő lágyvas lemezkét távtartók rögzítik a csapágyazott mutatótengelyre. Ellennyomaték spirálrugóval vagy feszített szállal. Nincs mozgó áramvezető rész.	A tekercesben folyó áram azonos értelemben mágnesezi a lágyvas lemezkéket, így ezek taszítják egymást. Ha az áramirány megváltozik, a lemezek ismét taszítják egymást. A keletkezett forgatónyomaték feszíti a spirálrugókat. A légszűrő miatt a mutató kilengése gyorsan lecseng.	A mérőműszer effektív értéket mér. Egyen- és váltakozó áram mérésére alkalmas. Egyenletes skálaosztás csak a skála 1. vagy 2. tizede után kezdődik. Mechanikusan és elektromosan erős, megbízható. A névleges áram 10-szereséig túlterhelhető. Nagy sajátfogyasztás (0,5–1 V·A áram- és 2–5 V·A feszültség-mérőként).
 Elektrodinamikus mérőműszer	A forgótekerces elektromágneses térben helyezkedik el. A vaszáras mérőműszer állótekerces lemeztől lágyvasmágos. Az ellentétesen feltekert spirálrugók egyben áramhozvezetők is, ellenforgatónyomatékok szolgáltatnak.	A mérőműszer az álló- és a forgótekerces áramának a szorzatát méri (teljesítménymérő: az állótekerces áramútként, a lengőtekerces feszültségútként szolgál). Váltakozó áramra is alkalmas, mert az áramirány egyidejűleg mindkét úton megváltozik. A légszűrő miatt a mutató túllendülésmentesen áll le.	A skálaosztás majdnem lineáris. A mutató a mozgó részek tehetetlensége miatt számtani középértékre áll be. Teljesítménymérőként hatásos teljesítményt mér, messzemenően független a váltakozó áram frekvenciájától és a görbe alakjától. Az áramút sajátfogyasztása kb. 0,3 W, a feszültségúte néhány mW.
 Ikerfémes mérőműszer	A mutató tengelye két különböző hőtágulású fémből álló ikerfém spirálrugóval van összekötve. Ugyanerre a tengelyre egy vagy két ikerfém kiegyenlítőrugó is szerelnek, ezek azonban ellentétesen hatnak a tengelyre.	Az átfolyó áram felmelegíti az ikerfém spirálrugóit és feltekéri. Az ellentétesen ható árammentes ikerfém kiegyenlítőrugók a környezeti hőmérséklet hatását egyenlítik ki. A tengely az előállított nagy forgatónyomaték következtében a mutatót magával viszi a csúcsértékig.	A mérőműszer effektív értéket mutat, amely független az áramfajtától, a frekvenciától és a görbealaktól. A sajátfogyasztás kb. 1 V·A. Hőtehetetlenség (beállási és megnyugvási idő 10–15 min). Alkalmos kábelek és transzformátorok terhelésének ellenőrzésére. Rövid ideig tartó áramcsúcsok nem befolyásolják a kijelzést. A mérőműszer nem túl pontos (a mérési hiba 2,5%).

2.1. ábra
Mérőművek analóg elektromos műszerekhez

2. Hegesztéshez kapcsolódó mérés-, irányítás- és biztonságtechnika

Példának okáért egy multiméter 15 V egyenfeszültség végkitérésű méréshatár-ra is beállítható. Ekkor – a 20 k Ω /V névleges belső ellenállás alapján – a műszer teljes ellenállása 300 k Ω , ami mellett a százalékos mérési hiba csak 0,33 %. Ez igen jó értéknek tekinthető, mert viszonylag kis mérési hibát jelent. Sokkal rosszabb az a multiméter, aminek csak 1 k Ω /V a belső ellenállása, mert 10 V méréshatárnál ebből 10 k Ω műszerellenállás adódik. Ezzel a műszerrel egy viszonylag kis ellenállású (mondjuk 1000 Ω -os) alkatrészben vagy áramköri szakaszon mérve feszültséget, aránytalanul nagy hiba (10 %) állhat elő.

A 2.2. ábrán egy analóg multiméter látható, melynek fő részei a következők:



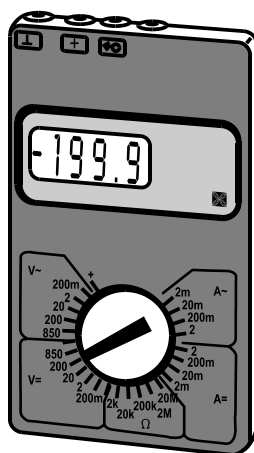
2.2. ábra
Analóg multiméter

1. Műszerskála, amelyen a forgótekerces mérőmű kijelzését a rászerezelt (hajszál vagy késélű) mutató analóg módon – „kitéréssel” – teszi lehetővé. A mutató alatti ívelt skálá(ko)n a méréshatároknak megfelelő beosztások és értékjelölések vannak. Minden üzemmódhoz (feszültség, áramerősség, ellenállás) tartozik egy skála(beosztás). Jobb minőségű műszer tükörskálás, ami a pontosabb leolvasást segíti.
2. Nullpontbeállító csavar, ami a mérőmű alaphelyzetének – „nulla érték” – pontos beállítására való. Ezt úgy kell elvégezni, hogy közben a műszerre semmi sem csatlakozzon. Az alaphelyzet mindig a bal oldali legszélső osztás, ami egyben – az ellenállásmérés kivételével – a skála nulla pontja is.
3. Forgatható fokozatkapcsoló, amivel egyrészt az üzemmódot (egyen- vagy váltakozó feszültség, illetve áramerősség, ellenállás stb.), másrészt azon belül a méréshatárt lehet kiválasztani.
4. Mérőzsín csatlakozó, ami gyakran kombinált kialakítású, hüvelye szabványos banándugóhoz, szorítócsavarja csupasz vezeték vég megfogásához alkalmas. A műszer más részén is elhelyezkedhet.

2. Hegesztéshez kapcsolódó mérés-, irányítás- és biztonságtechnika

5. Nullpontbeállító potenciométer (változtatható értékű csúszkaellenállás, mint feszültségosztó) ellenállásméréshez, ami szintén lehet más helyen is.

A **digitális multiméterek** (majdnem) minden szempontból felülmúlják az analóg típusokat. Egy ilyen műszer (**2.3. ábra**) számjegyes kijelzője rendszerint ún. „3 1/2 digit”. Az elnevezés arra utal, hogy a bal oldali első számjegy („digit”) csak 0 vagy 1 lehet, így tehát a legnagyobb kiírható (szám)érték 1999. Természetesen vannak több számjegyes kijelzésére alkalmas, például 4 1/2 digit-es kijelzőjű multiméterek is.



2.3. ábra
Digitális multiméter

A digitális multiméterek mérési és kijelzési pontossága lényegesen nagyobb, mint az analóg műszereké, így például 2 V alatti feszültség mérésekor a tizedesvesszőtől jobbra három számjegy (mV érték) áll. A 2 V feletti feszültségek kijelzésekor is a tizedesvessző után még két tizedesjegy látható. Ha lassan változó feszültségek mérése a feladat, akkor célszerű analóg multimétert használni, ugyanis az elmozduló mutató sokkal szemléletesebben adja vissza a feszültségváltozás irányát és intenzitását, mint az ugráló számjegyek a digitális kijelzőn. A digitális multiméterek bemeneti impedanciájának (belső ellenállásának) nincs túl nagy jelentősége, mivel általánosan $10 \text{ M}\Omega/\text{V}$ ($10^7 \Omega/\text{V}$) értékű. Így például 1000 (10^3) ohmos ellenálláson mérve a feszültségcsökkenést, a hiba elhanyagolhatóan kicsi: $(10^3/10^7) \cdot 100\% = 0,01\%$. Mérési módok szokásos kijelzése:

V ~ = váltakozó feszültség (AC) (AC: Alternating Current = váltakozó áram);

V = egyenfeszültség (DC) (DC: Direct Current = egyenáram);

A ~ = váltakozó áram(erősség) (ACA);

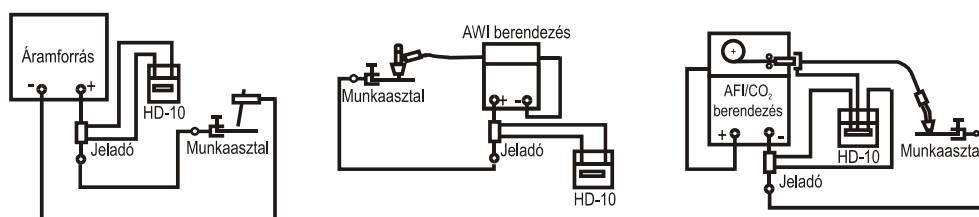
A = egyenáram(erősség) (DCA);

OHM = ellenállás (Ω = görög omega az ohm jele).

Az ívhegesztő berendezéseket kalibrált elektromos mérőműszerrel kell ellátni

2. Hegesztéshez kapcsolódó mérés-, irányítás- és biztonságtechnika

az elektromos hegesztési paraméterek beállításához, illetve hegesztés közbeni ellenőrzéséhez. Azonban a régebben gyártott gépek többségének és az újonnan gyártottak jelentős részének (árcsökkentésre törekedve) nincs saját műszere. Ezen hiányosság kiküszöbölésére megfelelő hosszúságú mérővezetékkel ellátott hordozható műszerre (max. 400 A és max. 50 V méréshatárral), valamint az áramforrás és a testkábel vége vagy a munkaasztal és a testkábel vége közé iktatott jeladóra van szükség (2.4. ábra). Áramerősség méréséhez 400 A / 60 mV jeladó szükséges. A bekötéseket mindig feszültségmentes állapotban kell végezni.



2.4. ábra
Ívhegesztő berendezések beállítása és ellenőrzése

Egyenáramú hegesztésre is alkalmas ívhegesztő berendezéseken végzendő mérések előtt (ha nem egyértelműek vagy nem láthatók a jelölések) polaritásvizsgálatra is szükség lehet, ami végezhető:

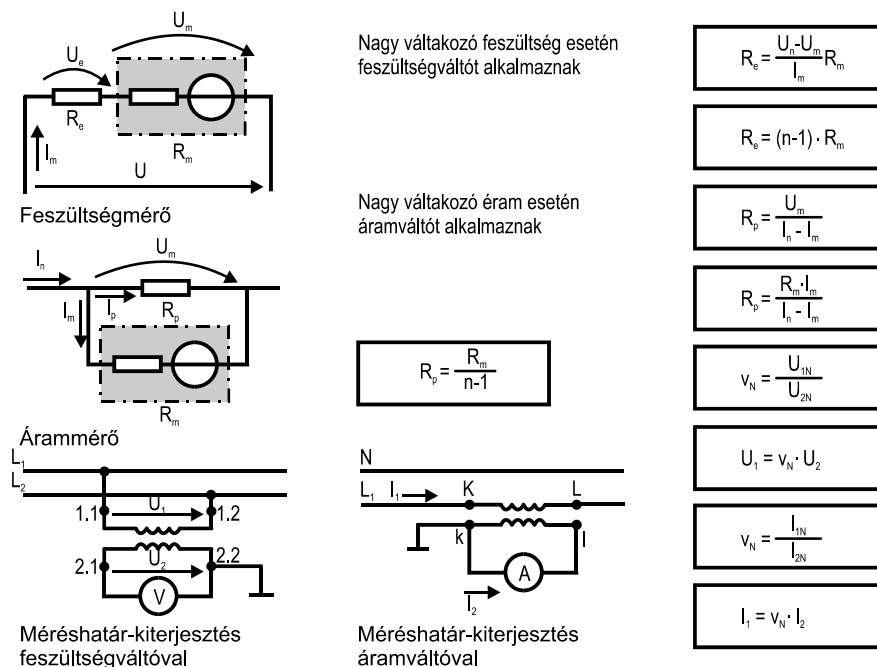
- pólusvizsgálóval;
- szénelektrodával (a pozitív pólus világosabban izzik);
- víztartály segítségével (negatív pólusnál több a buborék).

2.1.2. Feszültség, áramerősség és ellenállás mérése

A méréshatár beállításakor – ha az analóg műszer kitérése túl kicsi – egy vagy több fokozattal lejjebb kell lépni, addig csökkentve a méréshatárt, míg a mutató körülbelül a skála második harmadába tér ki. Digitális multiméternél a tizedesveszsző vándorol balra a váltások következményeként, vagyis a tizedesjegyek száma növekszik.

Az elektromos feszültség- vagy voltmérők a rajtuk átfolyó elektromos áramot mérik, és ez a műszer ellenállásával szorozva adja a feszültséget (Ohm-törvény alapján). A voltmérők skálája természetesen közvetlenül feszültségre (Voltra) van kalibrálva, függetlenül attól, hogy áramerősséget mérnek. Az elektromos feszültség (elektromos potenciálkülönbség) mérését mindig párhuzamos kapcsolással végzik, vagyis az objektum két kapcsára csatlakoztatják a műszert. Az ideális feszültségmérő műszer belső ellenállása nagyon nagy, és így áramfelvétele nagyon kicsi. A feszültségmérők méréshatára kiterjeszthető kisáramú feszültségváltó vagy előtét-ellenállás használatával (2.5. ábra)

2. Hegesztéshez kapcsolódó mérés-, irányítás- és biztonságtechnika



2.5. ábra
Mérés-határ-kiterjesztés feszültség- és áramváltóval

Az elektromos áramerősség- vagy ampermérők a rajtuk átfolyó elektromos áramot mérik úgy, hogy a mérőhatár esetleges átkapcsolása közben az áramág nem szakadhat meg. Az elektromos áramerősséget mindig sorba kapcsolva mérik, vagyis a mérendő objektumra menő egyik vezetékét megszakítják, és ide csatlakoztatják a műszert. Az ideális áramerősség-mérő műszer belső ellenállása és így feszültségesése nagyon kicsi.

Az egyenáram méréséhez többféle kivitelű műszer használható. Nagyobb áramok mérésére az analógok közül a lágyvasas műszer 100 A-ig közvetlenül alkalmazható, az ikerfémes műszert gyakorlatilag erre nem használják, a Deprez-műszer mérőhatára pedig kiterjeszthető.

A váltakozó áram méréséhez is többféle kivitelű műszer használható. Tökéletesen megfelel a lágyvasas, ikerfémes, párhuzamosan kapcsolt elektrodinamikus műszer, valamint az egyenirányítós lengőtekercses (Deprez-) műszer. Az áramerősség-mérők mérőhatára kiterjeszthető kisfeszültségű áramváltó vagy sönt-ellenállás használatával (2.5. ábra).

Példaképpen: egy ívhegesztő áramforrás hitelesítő vizsgálata során mekkora műterhelést (ellenállást) kell beállítani a maximális érték ($I_{\max} = 450 \text{ A}$) 10, 50 és 100%-ának megfelelő terhelési esetekre? Milyen értékű sönt- és előtét-ellenállásra van szükség a paraméterek ellenőrzéséhez használandó 60 mV-os és 5 mA-es alpműszer mérőhatárának kiterjesztéséhez?

2. Hegesztéshez kapcsolódó mérés-, irányítás- és biztonságtechnika

A szabványos munkafeszültség egyenletéből az egyes ívfeszültségek:

$$U_{2\min} = 20 + 0,04 \cdot I_{2\min} = 20 + 0,04 \cdot (0,1 \cdot 450) = 21,8 \text{ V},$$

$$U_2 = 20 + 0,04 \cdot I_2 = 20 + 0,04 \cdot (0,5 \cdot 450) = 29,0 \text{ V},$$

$$U_{2\max} = 20 + 0,04 \cdot I_{2\max} = 20 + 0,04 \cdot (10 \cdot 450) = 38,0 \text{ V}.$$

ezek alapján az Ohm-törvényből számítható ellenállások (műterhelések):

$$R_1 = \frac{U_{2\min}}{I_{2\min}} = \frac{21,8}{45} = 0,48 \text{ } \Omega,$$

$$R_2 = \frac{U_2}{I_2} = \frac{29}{225} = 0,129 \text{ } \Omega,$$

$$R_3 = \frac{U_{2\max}}{I_{2\max}} = \frac{38}{450} = 0,084 \text{ } \Omega.$$

Áramerősség-méréshez párhuzamosan kapcsolandó söntellenállás értéke:

$$R_s = \frac{U_{m\ddot{u}}}{I_{2\max} - I_{m\ddot{u}}} = \frac{0,06 \text{ V}}{450 \text{ A} - 0,005 \text{ A}} = 0,000133 \text{ } \Omega.$$

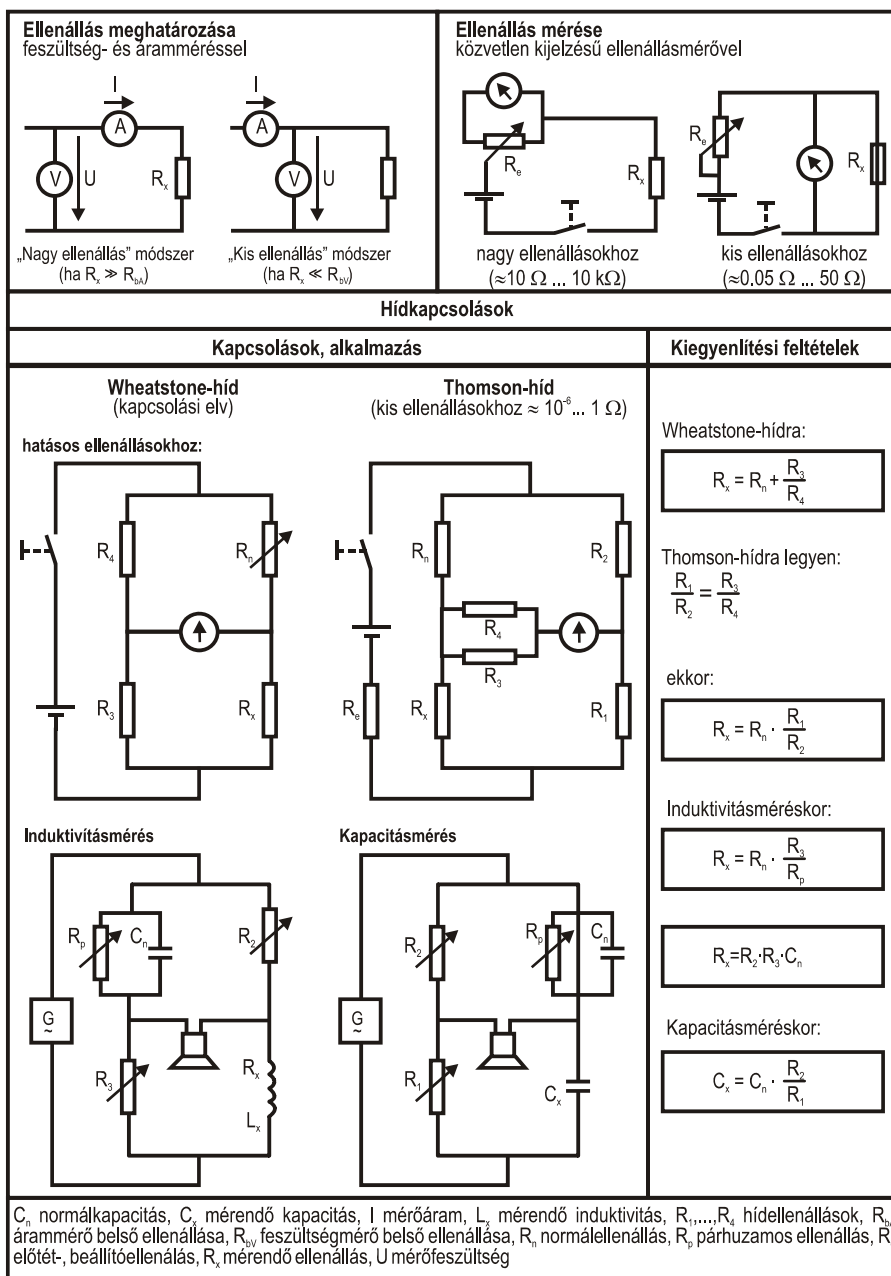
Feszültségméréshez sorosan kapcsolandó előtétellenállás értéke:

$$R_e = \frac{U_{2\max} - U_{m\ddot{u}}}{I_{m\ddot{u}}} = \frac{38 \text{ V} - 0,06 \text{ V}}{0,005 \text{ A}} = 7588 \text{ } \Omega.$$

Az ohmos elektromos ellenállást többnyire egyenáramú körben mérik, míg váltakozó áramú körben csak akkor, ha az egyenáramú mérés az áram vegyi hatása miatt nem használható. Három eljárás terjedt el (**2.6. ábra**):

- feszültség és áramerősség egyidejű mérése,
- mérés közvetlenül mutató műszerrel,
- mérés hidas kapcsolásban.

2. Hegesztéshez kapcsolódó mérés-, irányítás- és biztonságtechnika



2.6. ábra
Elektromosellenállás-mérési kapcsolások

2. Hegesztéshez kapcsolódó mérés-, irányítás- és biztonságtechnika

A feszültség és áramerősség összetartozó értékéből az ellenállás Ohm törvénye szerint számítható: $R_x = U/I$. A méréskor figyelembe kell venni a használt volt- és ampermérő műszerek fogyasztását, mérést befolyásoló hatását (R_{bV} , illetve R_{bA}).

A közvetlenül mutató ohmmérők két fő típusa: a hányadosmérők és a kombinált voltmérők-milliampermérők csoportja. Ez utóbbiak legegyszerűbb esetében a lengőtekerccses (Deprez-) műszert valamilyen egyenfeszültséggel (pl. telepről) táplálják. Potenciométerrel (R_e) – rövidrezárt kapcsok mellett – a műszerre jutó feszültséget úgy szabályozzák, hogy végkitérést mutasson. Méréskor a műszert az R_x mérendő ellenálláson kapcsolják feszültségre, mire a műszer árama csökken. Feltételezve, hogy a két állapot között a feszültség nem változik,

- rövidzáráskor: $I_{\text{rövidzár}} = U_m / R_m$,
- méréskor: $I_{\text{mérés}} = U_m / (R_x + R_m)$.

Ebből következően: $I_{\text{rövidzár}} \cdot R_m = I_{\text{mérés}} \cdot (R_x + R_m)$, így $R_x = R_m \cdot (I_{\text{rövidzár}} - I_{\text{mérés}}) / I_{\text{mérés}} = R_m \cdot [(I_{\text{rövidzár}} / I_{\text{mérés}}) - 1]$. A műszert közvetlenül ohmskálával lehet készíteni, ennek két pontja független a feszültségtől: a végkitéréshez $R_x = 0$, az áramskála kezdőpontjához $R_x = \infty$ ellenállás tartozik. A közbülső pontok számolhatóak az egyenlet alapján.

Hídkapcsolásban végzett méréskor négy ellenállás (R_x , R_n , R_3 , R_4) van négy-szögbe kapcsolva. A négyszöget két átlós pontján egyenfeszültségre kapcsolják, a másik átlós pontja közé érzékeny, középnullos galvanométert (lengőtekerccses műszer) kapcsolnak. A változtatható hídágakat addig változtatják, míg a galvanométer árammentes nem lesz, ekkor $I_{\text{galvanométer}} = 0$, vagyis a híd ki van egyenlítve, más szóval egyensúlyban van.

A kiegyenlített Wheatstone-hídban az átellenes hídágak ellenállásának szorzatai egymással egyenlők: $R_n \cdot R_3 = R_x \cdot R_4$. Ha a négy ág közül három (R_n , R_3 , R_4) ismert, a negyedik kiszámítható: $R_x = (R_n \cdot R_3) / R_4$. A Wheatstone-híd kis áramok mérésére nem alkalmas, ezért nem mérnek 4Ω alatti értékeket. Lényeges még, hogy a galvanométer felől nézve a híd eredő ellenállása nagyobb legyen, mint a galvanométer kritikus (határ-) ellenállása. A kiegyenlített Wheatstone-híd kapcsolása ugyanaz, mint a kiegyenlített hídé, de maga a híd nincs kiegyenlítve, a galvanométeren áram folyik.

A Thomson-híd különösen alkalmas nagyon kicsi ellenállások mérésére. Az ismert (R_n) és az ismeretlen (R_x) ellenállás sorba van kapcsolva, és aránylag nagy egyenáramot vezet. A két ellenállás definíciós pontjaira van a négy nagyobb ellenállásból (R_1 , R_2 , R_3 , R_4) összeállított mellékáramkör kapcsolva, így az ismeretlen ellenállást öt ismert ellenállásból állapítják meg. Valamiképpen, pl. mechanikai kényszerrel gondoskodnak arról, hogy az ellenállások változtatása során is érvényes legyen ez az egyenlet: $R_1/R_2 = R_3/R_4$, és ezt a négy ellenállást most addig változtatják, míg a galvanométer árammentes nem lesz. A Thomson-híd segítségével tehát két kis ellenállás (R_n és R_x) arányát két megfelelően nagy ellenállás: R_1 és R_2 , illetve R_3 és R_4 arányával fejezik ki; ez utóbbiak oly nagyok lehetnek, hogy mellettük a csatlakozó vezeték ellenállása elhanyagolható. A Thomson-hidas mérés lényeges eleme, hogy a mérendő ellenállásra négy vezetékkel csatlakoznak.

2. Hegesztéshez kapcsolódó mérés-, irányítás- és biztonságtechnika

Ebből kettő az áram hozzávezetésre, kettő pedig az ellenálláson fellépő feszültségcsökkenés levételére szolgál, és mind a négy vezeték azonos helyekre csatlakozik, így a vezeték ellenállását nem mérik az ellenállás értékébe.

A szigetelési ellenállás mérése fontos támpontot adhat az esetleges átvezetések felderítésére. Tökéletes szigetelés esetén a szigetelési ellenállás végtelen nagy, de ez csak elméletben létezik. A valóságban a szennyezések, a páratartalom stb. hatására a berendezés vagy a vezeték szigetelési ellenállása csökken. A kis-mértékű átvezetések $G\Omega$ (gigaohm) nagyságrendűek, így egy normál ellenállásméréssel nem mutathatók ki a szivárgó áramok. Léteznek kis feszültségű szigetelés-vizsgálók is, amelyekkel például 2,5 V vizsgálófeszültség mellett a mérés határ 50 $G\Omega$. Ezt elsősorban rövid vezetékszakaszok mérésére és/vagy olyan helyeken használják, ahol a nagyobb feszültség tönkretenné a vezetéket. A közepes feszültségű szigetelésvizsgálók maximum 1000 V vizsgálófeszültséggel mérnek, míg a nagy feszültségűek maximum 5000 V feszültséggel.

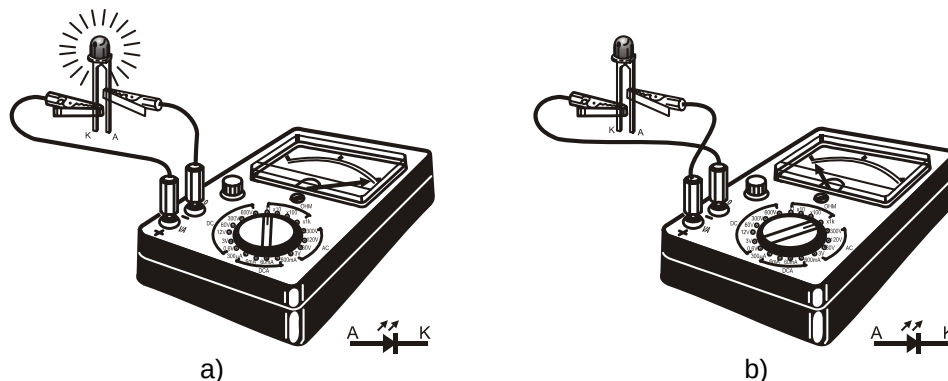
A mérés folyamán ügyelni kell arra, hogy a mérőfeszültség a vezetéket (különösen a koaxiális vezetéket) kondenzátorként feltölti, ezért mérés közben a mért értéket csak lassan közelíti meg a vizsgálóműszer. A feszültség lekapcsolásakor a mért vezetéken potenciálkülönbség marad, ezért annak megérintése előtt rövidre zárással a töltését el kell távolítani. A szigetelési ellenállásmérők általában telepről, vagy akkumulátorról működnek, hogy a mérés ne legyen helyhez kötött. Régebben használtak olyan műszereket, melyekben egy beépített áttétel segítségével – egy kart megforgatva – a beépített generátor állította elő a vizsgálófeszültséget.

Az ellenállás-méréseket viszonylag könnyű elvégezni akkor, ha teljesülnek az alábbi feltételek:

- a mérés tárgya semmi esetre sem lehet feszültség alatt;
- a mérési hibák elkerülése végett a mérendő ellenállás nem lehet kapcsolatban más ellenállásokkal (például egy áramkörben); a mérés tárgyát a kapcsolás többi részétől el kell választani;
- a megmérendő ellenállást nem szabad megérinteni, mert az emberi test vezetőképesége is meghamisíthatja a mérést.

A **2.7/a. ábra** példája esetében egy LED anódkivezetése a multiméter belső pozitív pólusával, a katód a negatív pólussal van összekötve. Ha a LED működőképes, akkor világít. A multiméter eközben néhányszor 10 (kb. 30–70) Ω ellenállást mutat. A hibás LED nem világít, és ellenállása viszonylag nagy.

2. Hegesztéshez kapcsolódó mérés-, irányítás- és biztonságtechnika



2.7. ábra
Elektromos ellenállás mérése

A **2.7/b. ábránál** a dióda polaritása fordított. Nyilvánvaló, hogy így a LED nem világít. A mért ellenállás most sokkal nagyobb, azaz néhány száz kiloohm. Ha az eredmény csak néhány ohm, akkor a LED hibás.

Multiméterrel tranzisztorok működőképessége is vizsgálható. Jobb műszereken erre külön tranzisztorfoglatat van beépítve, és van egy tranzisztormérő állásuk is. Ha ez nincs, néhány ellenállásméréssel a tranzisztor helyes vagy hibás működése kimérhető, ugyanis egy rétegtranzisztor tulajdonképpen (típustól függően) két szembe- vagy szétfordított diódából épül fel.

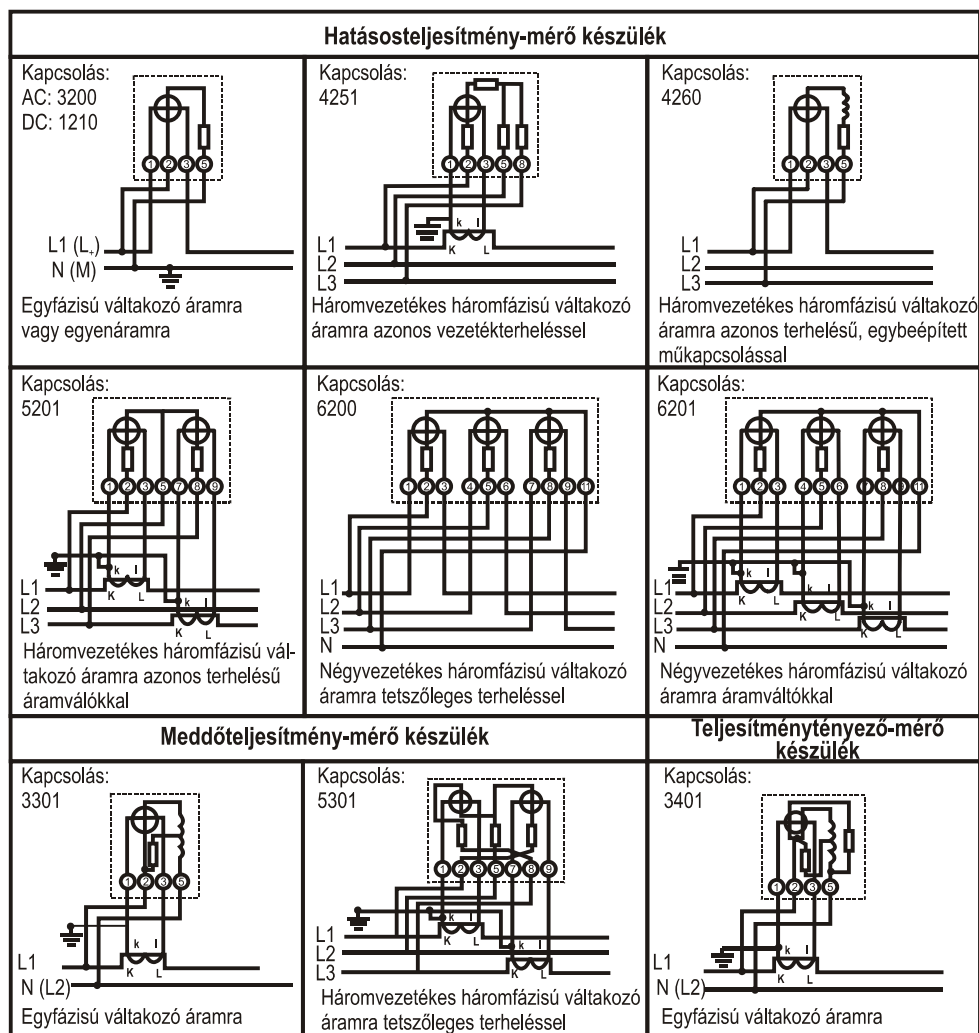
2.1.3. Teljesítmény, teljesítménytényező és munka mérése

Egyenáramú hatásos teljesítmény mérése

Egy állandósult állapotú elektromos áramkör teljesítménye az az elektromos energia, amelyet a szóban forgó áramkör 1 másodperc alatt termel vagy fogyaszt. Egyenáramú körben ennek számértéke is kiszámítható, mint az áramkör I áramerősségének és U feszültségének szorzata: $P = I \cdot U$. Az áramerősséget amperben, a feszültséget voltban helyettesítve az eredmény wattban adódik. Egyenáramú hatásos teljesítmény az áramerősség és a feszültség egyidejű mérésével határozható meg. A mérés eredményét az egyidejű méréshez használt műszerek fogyasztása befolyásolja.

Egyszerűbb, ha elektrodinamikus műszert használnak, mert akkor az eredmény egyetlen műszeren, rögtön wattban olvasható le. A fogyasztó vagy terhelő ellenállás sorba van kapcsolva a wattmérő áramtekercsével, míg a terhelés feszültségére – megfelelő előtét-ellenálláson keresztül – kapcsolják a műszer feszültségi tekercsét. Értelemszerűen itt is befolyásolja a mérést az áramág, illetve a feszültségág fogyasztása, de ezek az erőáramú gyakorlatban többnyire elhanyagolhatóan kicsik. További teljesítménymérő kapcsolásokat mutat a **2.8. ábra**.

2. Hegesztéshez kapcsolódó mérés-, irányítás- és biztonságtechnika



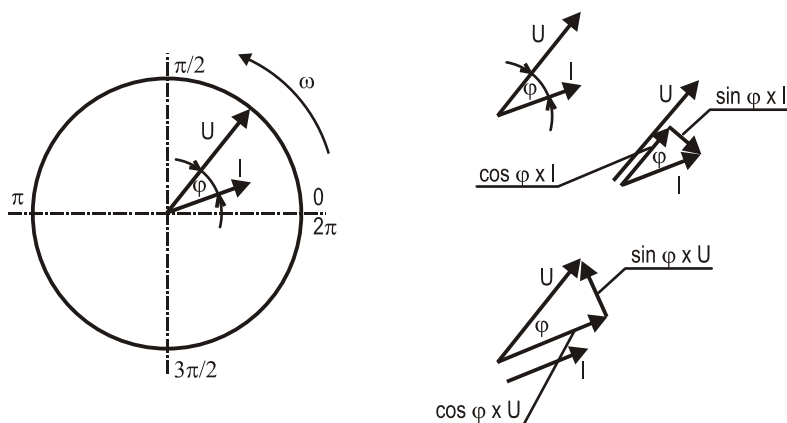
2.8. ábra
Teljesítménymérő készülékek mérőkapcsolása

Egyfázisú váltakozó áramú teljesítmény mérése

Ugyanúgy mérik, mint az egyenáramú körben, de használható ferrodinamikus műszer is, és az értéke: $P = I \cdot U \cdot \cos \varphi$. A $\cos \varphi$ teljesítménytényező hatása abból adódik, hogy míg az egyenáramú körben az áram és a feszültség egymással biztosan nem zár be szöget, addig váltakozó áramon ez nem feltétel. Ugyanis az áram kés-

2. Hegesztéshez kapcsolódó mérés-, irányítás- és biztonságtechnika

het vagy siethet a feszültséghez képest, vagyis vektorosan ábrázolva egymással φ szöget zár be (2.9. ábra).



2.9. ábra

Teljesítménytényező hatása váltakozó áramú teljesítmény mérésére

A műszerek hitelesítésénél a $\cos \varphi$ értékét általában egynek tekintik, de készülnek műszerek $\cos \varphi = 0,1, 0,2$ és $0,5$ értékkel is. Ezeknél a műszereknél – ugyanolyan névleges áramerősség és ugyanolyan névleges feszültség hatására – a végkitérést már ilyen kis $\cos \varphi$ értéknél is elérik. Ezeknek a műszereknek az osztálypontossága és a fogyasztása nagyobb, bár mérés közben ez a feltétel nem biztos, hogy teljesül. Azonban az elektrodinamikus és a ferrodinamikus műszerek is fázishelyesen mérik a teljesítményt. A műszerre megadott névleges áram és névleges feszültség mellett (függetlenül az eltolás induktív avagy kapacitív voltától) a mutatott érték $\cos \varphi$ -szerez lesz: $P = I \cdot U \cdot \cos \varphi$. Ügyelve az áram- és feszültség-irányok helyes bekötésére, lehet olyan eset, amikor a műszer a jó bekötés ellenére ellenkező irányba leng. Ez akkor következik be, ha az energia áramlásiránya fordított, és nem fogyasztásról, hanem termelésről van szó.

Háromfázisú váltakozó áramú teljesítmény mérése

A háromfázisú váltakozó áramú teljesítmény mérése elektrodinamikus műszerekkel vagy ferrodinamikus műszerekkel végezhető. A teljesítmény $P = \sqrt{3} \cdot I \cdot U \cdot \cos \varphi$. A mérés menetében alapvető eltérés, hogy a rendszer szimmetrikusan terhelt vagy aszimmetrikus.

Háromfázisú, szimmetrikusan terhelt, kétvezetékes hálózatban

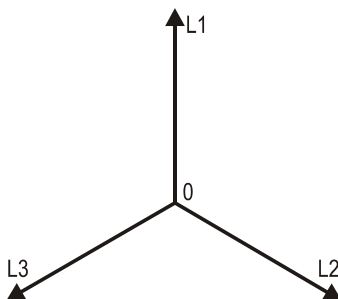
A szimmetria feltétele, hogy a feszültségek és áramok nagysága mindenben meg egyezzen, valamint a csillagpontban a feszültség értéke 0 volt legyen. A

2. Hegesztéshez kapcsolódó mérés-, irányítás- és biztonságtechnika

kétvezetékes hálózatban adott egy fázisfeszültség, valamint a csillagpont nullavezetője. Ekkor nem követnek el nagy hibát, ha az egyfázisú váltakozó áramú teljesítmény mérése szerint kötnek be egy műszert. Mivel azonban háromfázisú teljesítményt mérnek, feltételezik, hogy a másik két ágba ugyanakkora teljesítmény van. Így például a 400 V-os hálózatból a műszerre csak a fázisfeszültség (jelen esetben $400 \text{ V}/\sqrt{3} = 230 \text{ V}$) jut. A műszerre jutó teljesítmény az egyik ágba: $P_1 = U \cdot I \cdot \cos \varphi / \sqrt{3}$. A három ágba a korábbi feltételek szerint ugyanekkora teljesítmény van, így $P = P_1 + P_2 + P_3 = 3 \cdot P_1 = 3 \cdot U \cdot I \cdot \cos \varphi / \sqrt{3}$. Mivel $\sqrt{3} \cdot \sqrt{3} = 3$ és $\sqrt{3}/\sqrt{3} = 1$, a $P = \sqrt{3} \cdot \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos \varphi / \sqrt{3}$ kifejezés egyszerűsítve: $P = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos \varphi$, s erre az értékre skálázzák a műszert.

Háromfázisú, szimmetrikusan terhelte, háromvezetékes hálózatban

A szimmetria miatt feltételezhető, hogy mind a három ágba azonos teljesítmény van, így elegendő, ha egy ágba mérik a teljesítményt, és ennek a háromszorosát veszik. Mivel a háromfázisú, szimmetrikusan terhelte hálózatban az U_{L1} , U_{L2} , U_{L3} feszültségek (és velük együtt az I_{L1} , I_{L2} , I_{L3} áramok) pontosan 120° -os szöget zárnak be (**2.10. ábra**), a műszeren belül egy csillagpontot hoznak létre. Ugyanis a műszeren belül mind a három feszültségág egyforma ellenállású (beleértve a lengőtekercs ellenállását is), ezért a három ágat egy csillagpontba összekötve abban a feszültség éppen 0 lesz. Ez a 0 pont nincs összekötve (nincs kivezetve) a hálózat N vezetőjével, de ha össze is lenne kötve, az nem változtatna meg semmit.

**2.10. ábra**

Háromfázisú hálózat fázisai és csillagpontja

A műszerre ráadják az I_{L1} (vagy az I_{L2} , vagy az I_{L3}) áramot és az U_{L1} , U_{L2} , U_{L3} feszültségeket. Az előbbieket alapján a csillagpontban a feszültség éppen nulla lesz. A lengőtekercsre (az előtét-ellenálláson keresztül) U_{L1} -csillagpont feszültséggel arányos áram jut. A műszerre jutó feszültség nem a névleges feszültség, hanem annak csak $\sqrt{3}$ -a, vagyis az egy ágba mért teljesítmény: $P = U \cdot I \cdot \cos \varphi / \sqrt{3}$. A három ágba ugyanekkora teljesítmény van, így $P = P_1 + P_2 + P_3 = 3 \cdot P_1 = 3 \cdot U \cdot I \cdot \cos \varphi / \sqrt{3} = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos \varphi$.

Háromfázisú, háromvezetékes hálózatban

Ha a háromfázisú rendszernek a csillagpontja nincs kivezetve, vagy (háromszögkapcsolásban) nincs csillagpontja, a teljesítmény két wattmérővel is mérhető. A műszerekkel két áramot mérnek: az I_{L1} áramhoz az U_{L1-L2} feszültséget, míg az I_{L3} áramhoz az U_{L2-L3} feszültséget rendelik hozzá. Előtét az L_1 és L_3 ágban van. Gyakorlatilag az egyik gerjesztőcséve kapja az I_{L1} áramot és az abban lévő lengőtekerccs az U_{L1-L2} feszültséget, míg a másik gerjesztőcséve kapja az I_{L3} áramot és az abban lévő lengőtekerccs az U_{L2-L3} feszültséget. A teljesítmény itt is $P = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos \varphi$.

Háromfázisú, négyvezetékes, egyenlőtlenül terhelt hálózatban

Az egyenlőtlen terhelés miatt nem használható az a módszer, hogy egyetlen- vagy két ágban mérnek teljesítményt, és feltételezik, hogy a többi ágban ugyanakkora teljesítmény van, vagyis itt áganként mérik az áramokat. Megtehető, hogy három wattmérővel, a három ág teljesítményének egyidejű mérésével a három műszer teljesítményét összegzik, vagy azonos tengelyen három azonos mérőrendszert helyeznek el. A gyakorlatban a közös tengelyen lévő egyik lengőtekerccs a műszeren belül kialakított csillagpont miatt U_{L1-N} feszültséget kap. Ennek a lengőtekerccsnek a gerjesztését végző gerjesztőcséve két szektorra van osztva. Egyik fele I_{L1} árammal, másik fele I_{L2} árammal van gerjesztve, így a gerjesztésben azok vektora jelenik meg. A másik lengőtekerccs a műszeren belül kialakított csillagpont miatt U_{L3-N} feszültséget kap. Ennek a lengőtekerccsnek a gerjesztését végző gerjesztőcséve is két szektorra van osztva. Egyik fele I_{L3} árammal, másik fele I_{L2} árammal van gerjesztve, így a gerjesztésben szintén ezek vektora jelenik meg. Az I_{L2} ág a két gerjesztőcsévéénél sorba van kötve. A csillagpont nincs a műszerből kivezetve, nincs összekötve a hálózat N vezetőjével, de ha össze is lenne kötve, az semmit nem változtatna meg. Ugyanis a csillagpontban az egyenlőtlen terhelés miatt ugyanúgy nem 0 volt feszültség lesz, mint a hálózat N vezetőjében. Előtét az L_1 , L_2 és L_3 ágban van. A teljesítmény itt is $P = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos \varphi$.

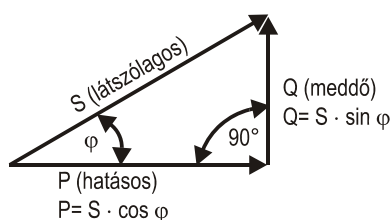
A műszer ellenőrzése

A háromfázisú teljesítmény tehát $P = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos \varphi$. A helyesen elkészített műszer-nél is szükséges ellenőrizni, hogy a mutatott teljesítmény valóban csak ezektől a változóktól függ. Ha a feszültséget, az áramot és a $\cos \varphi$ értékét felváltva felére csökkentik, a műszernek azonos (de feleakkora) kitérést kell mutatnia. Azoknál a műszereknél, ahol nem egy áramot mér a műszer, szükséges ellenőrizni az áramok szimmetriáját is. Ha a műszerre felváltva csak egy mérendő áramot kapcsolnak, a műszernek minden áramnál azonos kitérést kell mutatnia.

Elektromos meddő teljesítmény mérése

Az elektromos energiának váltakozó áramú áramlása során háromféle teljesítményről (2.11. ábra) szokás beszélni:

- P hatásos teljesítményről, amelynek egysége 1 W (watt);
- S látszólagos teljesítményről, amelynek egysége 1 VA (voltamper);
- Q meddő teljesítményről, amelynek egysége 1 var (voltamper reaktív).



2.11. ábra

Hatásos, látszólagos és meddő teljesítmény viszonya

Összefüggésük Pitagorasz tételével számítható: $P^2 + Q^2 = S^2$. A hatásos teljesítmény fizikai valóság az áramkörben, ha az energia és annak áramlása fizikai valóság. A meddő teljesítmény – akárcsak a látszólagos teljesítmény – nem valóságos (fiktív) fizikai mennyiség, noha gyakorlati szempontból jól használható mennyiség.

A mérőműszerek (elektrodinamikus, ferrodinamikus wattmérők) csak az áramköri feszültség és áramerősség együttes hatására működnek, ami – ha valami módosítással közbe nem lépnek – csak a hatásos teljesítmény mérését eredményezi. Mivel $Q = U \cdot I \cdot \sin \varphi$, ezért a valódi teljesítménynek megfelelő I áramot és U feszültséget kell a wattmérőre működtetni, de úgy, hogy az így fellépő teljesítmény számszerűleg megegyezzek a meddő teljesítménnyel.

Ez elérhető, ha a műszerben az áram- és a feszültségtekercs közti fázisszög koszinusza, valamint az áramkör φ fázisszögének szinusza megegyezik. Tehát a mérőműszerre nézve az áram- vagy a feszültségtekercs áramát fázisban 90° -kal el kell forgatni. Elvileg mindegy, hogy a forgatás az áramtekercsben vagy a lengőtekercsben következik be, és az is mindegy, hogy előre vagy hátra forgatnak, csak következetes legyen. Így a meddő teljesítmény induktív áramkörben ellenkező előjellel adódik, mint a kapacitív áramkörben. A mérés megkezdésekor a fázist el kell tolni induktív irányban $\cos \varphi = 0$ -ra, ami megfelel $\sin \varphi = 1$ -nek.

Egyfázisú körben

Itt a feszültségi körben forgatnak kondenzátorral. A pontos beállításhoz a forgatás mértékét kellene finoman szabályozni, de a kondenzátorok szűkös választéka és pontossága miatt erre nincs lehetőség. Ha ohmos ellenállással előtételik tovább a

2. Hegesztéshez kapcsolódó mérés-, irányítás- és biztonságtechnika

méréshatárt, akkor a fáziseltolás kisebb lesz, mint 90° . Olyan kondenzátort kell választani, amely a végkitéréskor nagyobb kitérést ad. Ideális esetben a lengőtekerccs köre nem tartalmazhatna ohmos ellenállást. A lengőtekerccset kb. háromszor nagyobb fémréteg ellenállással előtézve a hőhiba kb. 1%-ra csökken, majd a lengőtekerccset az előtéttel együtt lesöntölik egy akkora ellenállással, ami végkitérést eredményez. Ezzel a módszerrel a lengőkör ohmos ellenállása csökken és nem növekszik, így a fáziseltolást a kapacitás határozza meg, ami 90° lesz. Az így előkészített műszer csak egyhullámú körben mér helyesen, a felharmonikus összetevők mérési hibát okoznak, és a frekvenciafüggő tag(ok) miatt érzékeny a frekvenciaváltozás hatására.

Háromfázisú, szimmetrikusan terhelt hálózatban

Szimmetrikus háromfázisú táplálásban könnyen megvalósítható a 90° -os fázisforgatás. Minden fázisfeszültséghez (pl. U_{L1}) található egy vonali (pl. U_{L2-L3}) feszültség úgy, hogy vektoraik egymásra merőlegesek. A műszerre I_{L1} áramot és U_{L2-L3} feszültséget adva azok egymással 90° -os szöget zárnak be. A műszer nem tartalmaz frekvenciafüggő kondenzátort vagy induktivitást, így a fázisforgatás nem függ a frekvenciától.

Teljesítménytényező mérése

Egyhullámú változás esetén az áram és feszültség fáziseltérésének nagysága a $P = U \cdot I \cdot \cos \varphi$ teljesítményegyenletből: $\cos \varphi = P/(U \cdot I)$. Többhullámú változás esetén nincs értelme fáziseltolásról beszélni; ilyenkor a λ fázistényezőt határozzák meg: $P = \lambda \cdot U \cdot I$, amiből $\lambda = P/(U \cdot I)$.

Szimmetrikus háromfázisú körök fáziseltolását két wattmérős teljesítményméréskor könnyen ki lehet számítani, de egyetlen műszerrel – a fázismutatóval – is meg lehet mérni. Ennek a műszernek a legegyszerűbb kivitele az elektrodinamikus hányadosmérő. A műszer kitérése csak teljesen szimmetrikus feszültségi és terhelési viszonyok között érvényes, viszont teljesen független a görbe torzulásaitól. A fáziseltolás időbeli átlagértéke nem meghatározható. Ehelyett egy meghatározott időtartamra az energiafogyasztás és a látszólagos fogyasztás hányadosáról vagy ugyanígy a meddő fogyasztás és az energiafogyasztás hányadosáról van szó.

A hányadosmérő műszerek egyidejűleg két elektromos mennyiséget érzékelnek és azok hányadosát mérik. A két mennyiség – a mérőművön belül – egymás ellen fejt ki mechanikai hatást (pl. nyomatékot). Lengőtekerccses műszer esetén a lengőkeretre két lengőtekerccs van feltekerve, és az árambevezetés a két lengőtekerccset ellentétes irányban gerjeszti, ami az állandó mágnessel kölcsönhatásban a két mért érték hányadosával arányos kitérést ad.

A mérőműnek olyan a szerkezete, hogy mérőeleme saját erejéből olyan irányba igyekszik elfordulni, hogy azáltal saját nyomatéka csökkenjen. Ugyanakkor a másik mennyiség létesítette nyomaték változása az elmozdulás folytán vagy növekvő

2. Hegesztéshez kapcsolódó mérés-, irányítás- és biztonságtechnika

(tehát ellentétes az elsőnek említett nyomaték változásával), vagy pedig, ha szintén csökkenő (azonos természetű), akkor kisebb mértékű.

Az említett kettős folyamat megvalósításához két mérőrendszerre van szükség, melyeknek elemei azonos tengelyre működnek. A mérőmű működéséhez szükséges, hogy a lengőrész tengelyére semmilyen további nyomaték (rugó, súrlódás, kiegyensúlyozatlanság, stb.) ne működjön. A jól gyártott mérőmű mechanikai nyomatéka kicsi és állandó, nem függ a lengőrész szöghelyzetétől. A szükségszerűen meglévő, de elhanyagolható egyéb nyomatékoktól eltekintve a lengőrésznek a szögkitérése csak az áramerősségek hányadosától függ. A hányadosmérők ezen tulajdonságának köszönhető, hogy az áramkörök összehasonlítása alkalmával (pl. ellenállás, impedancia, frekvencia, fázistényező stb. mérésekor) elvben független a mérés eredménye az áram (feszültség) ingadozásától.

Hányadosmérő mű elméletileg bármilyen rendszerű elektromechanikai mérőmű típusból kifejleszthető. Mivel az áram hozzávezetését megvalósító fémszálaknak nyomatéka van (bár arra törekszenek, hogy minél kisebb legyen), a műszer működésének megfelelőségét a névleges áram, illetve feszültség 20%-ánál ellenőrizni kell. Itt az elektromos nyomaték csökkenése miatt fokozottabban jelentkezik a fémszálak nyomatékából és/vagy a súrlódásból eredő hiba.

A ferrodinamikus hányadosmérő legegyszerűbben mint kereszttekercses **(2.12. ábra)** mérőmű készíthető el. Az elektrodinamikus műszer tulajdonságai itt is érvényesek azzal a kikötéssel, hogy a hányadosmérő lengőrészére semmiféle nyomaték sem működik, így rugónyomaték vagy torziósszál-nyomaték sem. A ferrodinamikus hányadosmérő nyomatékai számottevően nagyobbak az elektrodinamikusénál. Az elektrodinamikus kereszttekercses mérőmű lengőrészének helyszögével méri a lengő két tekercsében folyó áramerősségek hányadosát.

A nyomatékknak függenie kell a lengőtekercsek helyszögétől. Ezt csak azzal lehet elérni, ha a légrés és vele a légrésindukció a kerület mentén nem állandó. Ez elérhető, ha a belső vasmagot elliptikus henger alakúra képezik ki, vagy ha a külső vas elliptikus alakú. Ez utóbbi esetben nem szükségszerű belső vasmag használata. A légrésindukciót az állótekercs árama gerjeszti, azzal együtt változik, de természetesen közel fordítva arányos a légrés éppen aktuális hosszával. A lengőtekercseket úgy kell kapcsolni, hogy mindegyik a rövidebb légrésből a hosszabb légrésbe forgasson, így a két lengőtekercs is egymás ellen működik. Mérés során a nagyobbik nyomaték érvényesül. A tekercseket elfordítva önmagát gyengíti és a másik nyomatékot erősíti addig, míg az egyensúly (szinte önműködően) bekövetkezik.

Két mérőrendszeres műszer közös tengelyét két mérőrendszer mozgatja, amelyek egymáshoz képest el vannak forgatva, és a két lengőtekercs gerjesztése úgy van megválasztva, hogy a nyomatékuk egymás ellen fejtse ki hatását. Az egyik mérőmű hatásos, a másik meddő teljesítményt mér. Így a kitérés előjele és nagysága arányos lesz a fáziseltolás szögével. A műszer – célszerűen – közvetlenül $\cos \varphi$ -re van skálázva.

2. Hegesztéshez kapcsolódó mérés-, irányítás- és biztonságtechnika

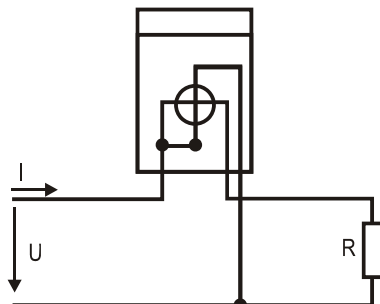


2.12. ábra

Kereszttekerceses hányadosmérő kijelzője

Elektromos munka vagy energia mérése

A műszaki gyakorlat egyik legfontosabb feladata, az áramló elektromos energia, illetve a végzett munka mérése. Ezt az átáramlott villamos energiát még villamos fogyasztásnak is nevezik. Mérhető a teljesítmény és az áramlás időtartamának egyidejű mérésével is, de a villamos energia mérése leggyakrabban – közismert nevén – „villanyórával” történik (**2.13. ábra**).



2.13. ábra

Elektromos munka mérése fogyasztásmérővel

Az elektromos energia elfogadható pontosságú mérését először Bláthy Ottó váltakozó áramú wattmérője tette lehetővé. Ennek későbbi változata a Kellner József-féle wattmérő, ami a mágneses és a dielektromos veszteségeket is pontosan mutatta.

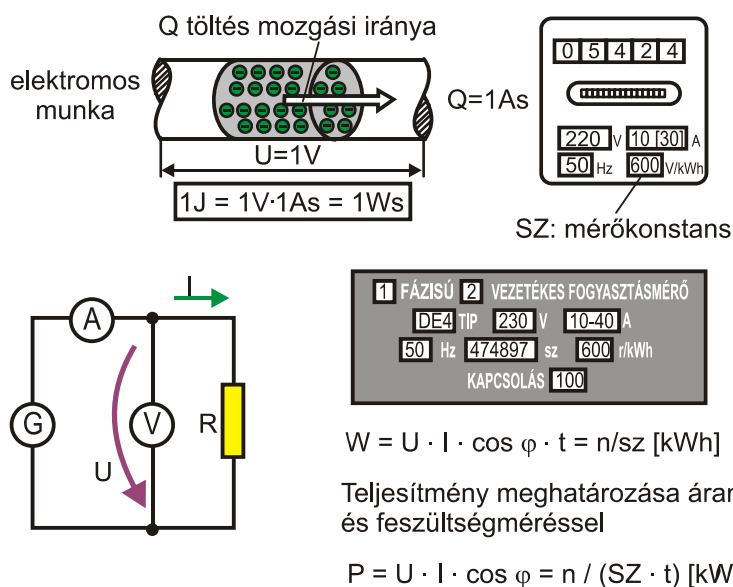
A feladatuk tehát a következő volt: olyan számláló szerkesztése, amelyiknek fordulatszáma követi a mindenkor terhelést (azaz a fékezőnyomaték függjön a fordulatszámtól), mert a fordulatszám arányos a fogyasztott munkával. Minőségileg pedig meg kellett oldani, hogy a számláló a névleges terhelés 0,5–1%-ánál bizto-

2. Hegesztéshez kapcsolódó mérés-, irányítás- és biztonságtechnika

san induljon, és terhelés nélkül még 120%-os feszültségnél se járjon üresen, hiszen: $P = U \cdot I \cdot \cos \varphi$, és ha $I = 0$, akkor $P = 0$.

A készülék hajtóelemét a Ferraris-tárcsa képezte. Bláthy jól választotta meg az áram és a feszültség mágneses tere között a 90° -os fáziseltolást. A számláló így a tiszta wattórákat mutatta a terhelés fáziseltolásától függetlenül. A későbbiekben ez lett minden számláló alapelve. A Bláthy-féle indukciós számláló, bár számlálólapja a korabeli szokások szerint amperórákra volt osztva, mégis mutatta a wattfogyasztást a 90° -os fáziseltolás révén. Bláthy ugyanis mágneses mellékzárrel vezette át az (így nem teljes) áramkör fluxusát a forgórészre.

Példaképpen egy 1 fázisú 2 vezetékes fogyasztásmérőn – hegesztés közben – 50 fordulatot számláltunk 2 perc alatt. Mekkora a hálózatra rákapcsolt hegesztő áramforrás felvett (hasznos) teljesítménye, ha a fogyasztásmérő számláló- vagy mérőkonstansa (2.14. ábra) 600 fordulat/perc?



2.14. ábra

Elektromos munka értelmezése és mérése

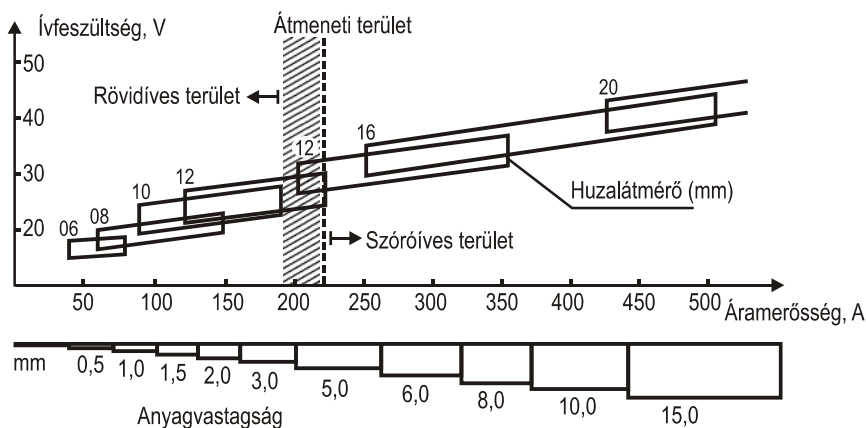
A felvett teljesítmény:

$$P = \frac{n}{t \cdot SZ} = \frac{50 \cdot 60 \text{ min/h}}{2 \text{ min} \cdot 600 / \text{min}} = 2,5 \text{ kW}.$$

Ívhegesztéskor az áramerősség mellett a használt huzal átmérője, áramterhelhetősége, a hegesztendő anyagvastagság az alapvető tényezők az áramforrás

2. Hegesztéshez kapcsolódó mérés-, irányítás- és biztonságtechnika

teljesítményének meghatározásakor. Porbeles huzal használatakor nagyobb teljesítményű hegesztőgépre van szükség. A **2.15. ábra** diagramja ajánlást mutat a feladatnak legjobban megfelelő teljesítményű hegesztőgép kiválasztásához.



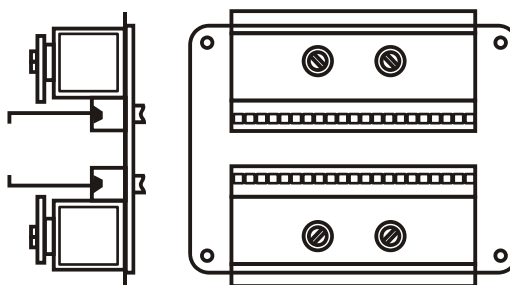
2.15. ábra

Szemponatok a megfelelő teljesítményű hegesztőgép kiválasztásához

2.1.4. Frekvencia mérése és oszcilloszkópos vizsgálatok

Elektromos frekvencia mérése

Legjobban a vibrációs műszerek (**2.16. ábra**) terjedtek el, de kényelmi okokból használják a mutatós frekvenciamérőket is. Ez utóbbiak váltakozó áramú műszerek, amelyeknek kitérése nagymértékben frekvenciafüggő. Az analóg műszerek készülhetnek lengőtekercses, hányadosmérő kivitelben, és elterjedt a hidas kapcsolás is.



2.16. ábra

Vibrációs frekvenciamérő műszer

2. Hegesztéshez kapcsolódó mérés-, irányítás- és biztonságtechnika

A vibrációs műszer olyan mérőelemekkel működik, melyek mechanikai rezgésekre képesek, és melyeknek mint rezgő testeknek a mechanikai önlengési száma a mérendő váltakozó áram frekvenciájához vagy annak kétszereséhez közel esik. A rezgésre képes elemek mozgása optikailag (vizuálisan) észlelhető. Ez a mozgás mindaddig elenyészően kicsi, amíg a kétféle (mágneses és mechanikai) frekvencia erősen eltér egymástól. Ha a rezgő elem polarizált (egy állandó mágnessel), akkor az elektromos és a mechanikai frekvencia egyezésekor következik be a rezonancia. Ha a rezgő elem nem polarizált (pl. lágyvas lemezke), és nincs is polarizált térben, akkor a rezonancia esetén a villamos áram frekvenciája feleakkora, mint a rezgő lemezke önlengési száma.

Rezonancia esetén a rezgő elem lengési amplitúdója (kilengése a középhelyzethez képest) megsokszorozódik, így közvetlenül is megfigyelhető. Ha az áram frekvenciája eltér a rezonáns értéktől, akkor a rezgés amplitúdója csökken. A legnagyobb amplitúdó fele két helyen – egy kisebb és egy nagyobb frekvencián – észlelhető. Jól elkészített műszernél egy lemezke rezonanciájakor a jobb és bal szomszédja kb. 1/4 amplitúdóval leng. Általában a műszerek lemezkéi 0,5 Hz eltérésű rezonanciára hangoltak. Ha két szomszédos lemezke azonos amplitúdóval leng, a hozzájuk tartozó két frekvencia középértéke lesz érvényes, ezáltal a felbontás 1/4 Hz. A vibrációs műszerek különleges kivitele a kettős vibrációs műszer. Ezeket a műszereket szinkronizáláskor használják.

A műszerek önlengési számát meghatározza:

- a lemezkék hossza, szélessége, rugalmassági együtthatója,
- a felvitt súly távolsága a befogás helyétől, valamint a súly nagysága.

Az amplitúdó a gerjesztés nagyságától és a lemezke elektromágnektől mért távolságától függ.

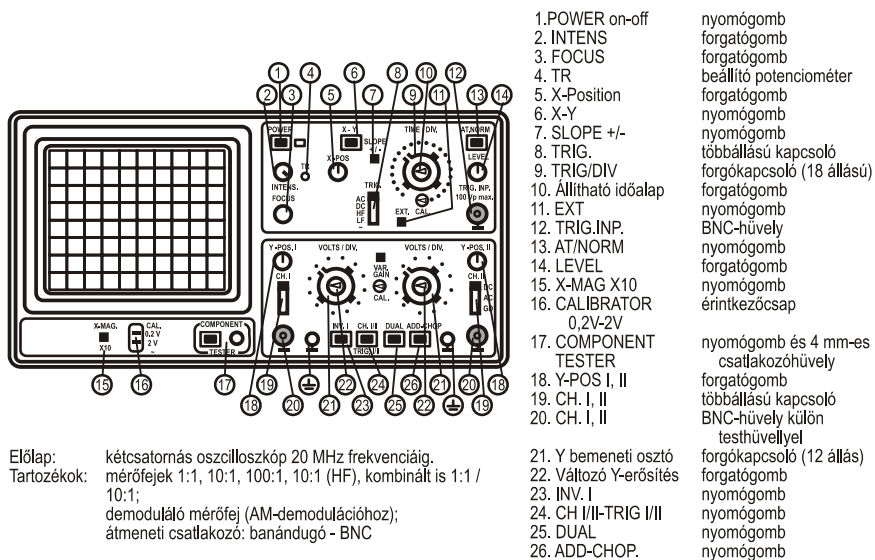
A lemezkét a felvitt súly mennyiségét csökkentve lehet hangolni. A lemezkével szemben elhelyezett ún. állítólemezzel – a távolság változtatásával – állítható az amplitúdó.

Oscilloszkópos vizsgálatok

Az oszcilloszkóp (**2.17. ábra**) olyan mérőberendezés, amely elektromos jelek, illetve jelleggörbék vizuális megjelenítésére, feszültség, fáziseltolás, frekvencia, periódusidő stb. mérésére alkalmas. A megjelenítés elektrosztatikus vagy mágneses eltérítésű katódsugárcső (**2.18. ábra**) segítségével valósul meg, melynek elektron-sugarát vízszintes irányban periodikus időjel téríti ki, míg függőleges irányban a vizsgált jellel arányos feszültség. Ezáltal periodikus jelenségekről állókép kapható.

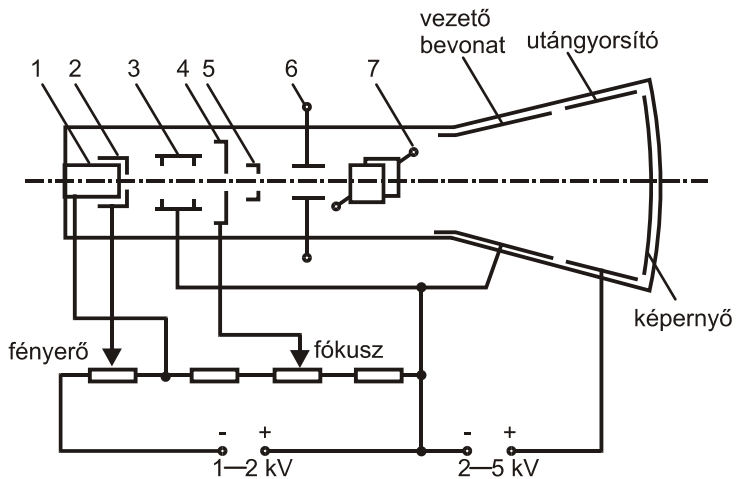
Egy másik eljárás szerint a vízszintes eltérítés is a vizsgált jellel összefüggő periodikus jellel történik (frekvencia-összehasonlításnál), így állnak elő az ún. Lissajous-görbék (**2.19. ábra**). Ezek két, egymásra merőleges irányú rezgés összetevődésekor keletkeznek, és mutatják a rezgések közötti fáziskülönbségeket (0 , $\pi/4$, $\pi/2$, $3\pi/4$, 2π), illetve a frekvenciaarányokat ($1:1$, $1:2$, $1:3$, $2:3$). Ez utóbbinál az arányt a függőleges, illetve vízszintes képernyőszéleken látható érintési pontok száma adja.

2. Hegesztéshez kapcsolódó mérés-, irányítás- és biztonságtechnika



2.17. ábra

Egy kétsatornás oszcilloszkóp előlnézete a kezelőgombokkal és a csatlakozási helyekkel

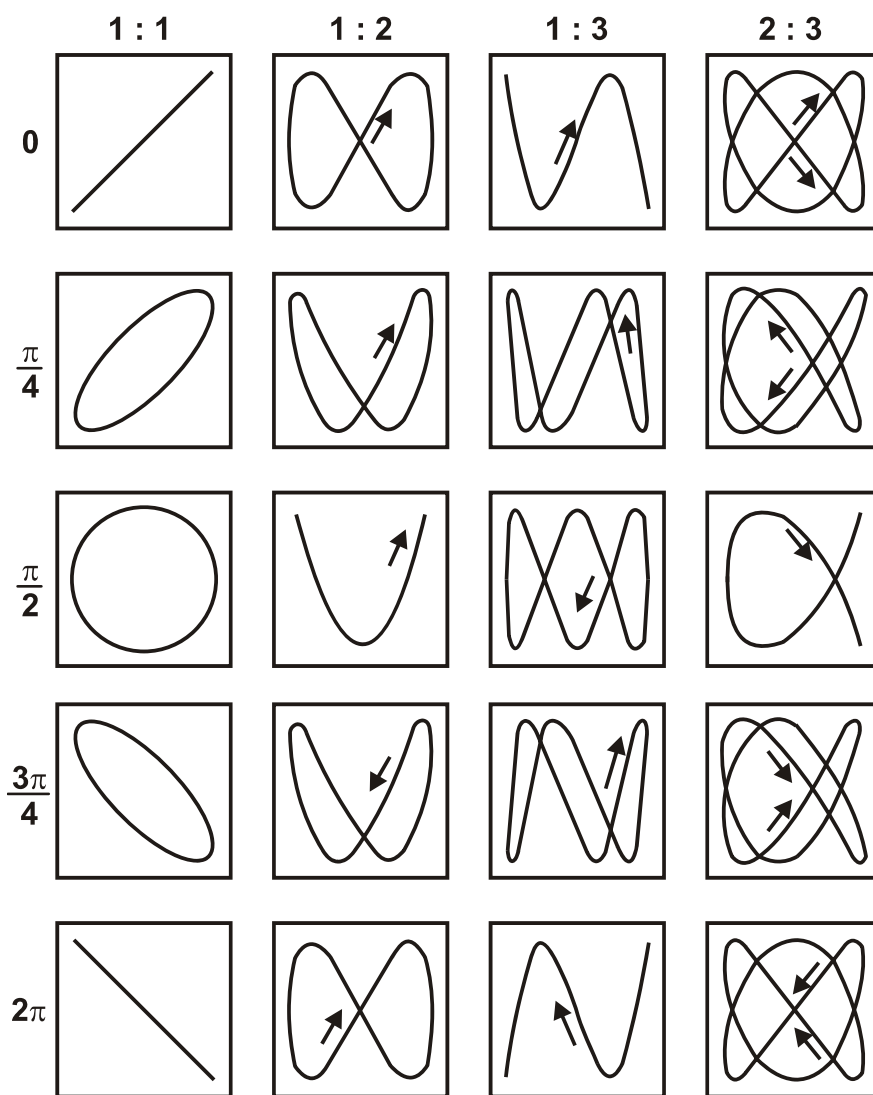


1 katód, 2 vezérlőelektróda, 3 gyorsítóelektróda, 4 első anód, 5 második anód, 6 függőleges eltérítést végző lemezpár, 6 vízszintes eltérítést végző lemezpár

2.18. ábra

Elektrosztatikus eltérítésű katódsugárcső

2. Hegesztéshez kapcsolódó mérés-, irányítás- és biztonságtechnika

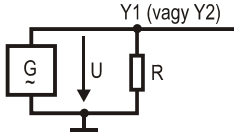
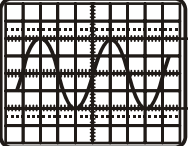
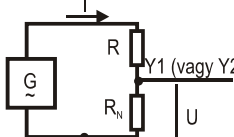
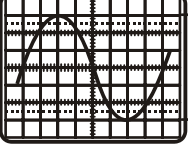
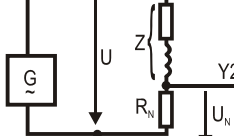
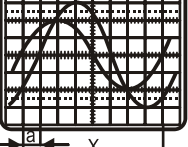
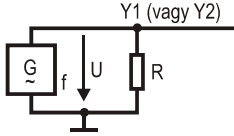
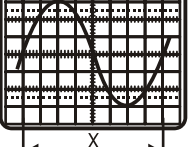
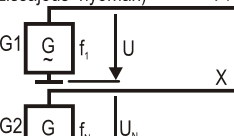
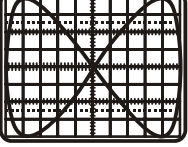
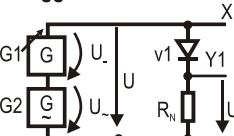
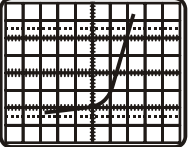
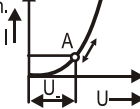


2.19. ábra

Lissajous-görbék frekvenciák összehasonlításánál

A 2.20. ábrán az oszcilloszkópos vizsgálatok összefoglaló áttekintése látható, a 2.21. ábrán a 2.17. ábra szerinti oszcilloszkóp feliratainak értelmezése.

2. Hegesztéshez kapcsolódó mérés-, irányítás- és biztonságtechnika

Feszültség 		A mérendő feszültséget az Y bemenet és a test közé csatlakoztatjuk. u_{cs-cs} mérendő feszültség (csúctól csúcsig) s kitérés, DIV (osztás) A_y y irányú kitérés $\hat{u}$ együttható, V/DIV a feszültség csúcserőke $u_{cs-cs} = s \cdot A_y$ AC-n: $\hat{u} = \frac{1}{2} s \cdot A_y$
Áramerősség 		i_{cs-cs} mérendő áram (csúctól csúcsig) R_N normállenállás $\hat{i}$ az áramerősség csúcserőke $i_{cs-cs} = \frac{u_{cs-cs}}{R_N}$ AC-n: $\hat{i} = \frac{1}{2} i_{cs-cs}$
Fázishelyzet 		A görbék a (Δt) távolságának és az x (T) periódusidőnek a hányadosából számítható ki a φ fáziskülönbség. Δt időkülönbség T periódusidő a távolság osztásban x periódusidő osztásban φ fáziskülönbség $\frac{a}{x} = \frac{\Delta t}{T}$ $\frac{\Delta t}{T} = \frac{\varphi}{360^\circ}$ $\varphi = \frac{a}{x} \cdot 360^\circ$
Frekvencia 		Az x távolságból kiszámítható a T periódusidő. Az f frekvencia reciprokként kiszámítható. t_M mérendő idő, pl. periódusidő x periódusidő osztásban A_x időegység, ms/osztás vagy $\mu s/osztás$ $t_M = x \cdot A_x$ $f = \frac{1}{t_M}$ Ügyelni kell a hiteles időalap-beállításra!
Frekvencia-összehasonlítás (Lissajous' nyomán) 		A kép megáll, ha a frekvenciák egymásnak egész számú többszörösei. A kép széleit érintő pontok számából a frekvencia meghatározható f_1 mérendő frekvencia f_N normálfrekvencia m, n a széleket érintő pontok száma $\frac{f_1}{f_N} = \frac{m}{n}$ $f_1 = \frac{m}{n} \cdot f_N$ Az eljárás alkalmas két frekvencia közötti fázismérésre is.
Jelleggörbék 		Az elektronsugár nyomvonala megmutatja a jelleggörbét, pl. 50 Hz-en. A hozzákevert U_e egyenfeszültséggel az A munkapont eltolható a jelleggörbén. 

X bemenet, Y1, Y2 csatornabemenetek

¹Lissajous francia fizikus, 1822–1880

2.20. ábra
Oscilloszkópos vizsgálatok lehetőségei

2. Hegesztéshez kapcsolódó mérés-, irányítás- és biztonságtechnika

Felirat	Jelentés	Magyarázat
AC (Alternating Current) ADD (Adder) AT/NORMAL (Auto/Normal) CAL (Calibration) CH (Channel) CHOP (Chopper)	váltakozó áram összeadó automatikus / normál hitelesítőgenerátor csatorna átkapcsoló	A bemeneti kondenzátoron át csatlakozik Az I. és II. csatornát összegezi (INV-vel kivon) Az időeltérítés kioldása automatikus vagy szabad Kiadja a 0,2 V-os és 2 V-os kimeneti négyesfeszültséget A bemeneti jelet erősíti, legfeljebb 2 csatorna van Az I. és II. csatornát állandó frekvenciával kapcsolja az egycsatornás képsőre
COMPONENT TESTER DC (Direct Current) EXT (Extern) FOCUS GD (Ground) HF (High Frequency)	alkatrésztesztelő egyenáram külső gyújtó-(közép-) pont test nagyfrekvencia	Teszteli a két pólussal csatlakozó alkatrészeket Bemenet galvanikusan csatlakozik Külső műszerről teszi lehetővé az időalap eltérítését Sugárélesség beállítása Műszertest 10 MHz-nél nagyobb frekvenciájú mérésekhez
HOR (Horizontal) INP (Input) INTENS (Intensity) INV (Invers) LEVEL LF (Low Frequency)	vízszintes bemenet erősség megfordított szint kisfrekvencia	I., II. jellbemenet vagy II. csatorna mint X bemenet Általános bemenet, pl. trigger, X, Y Katód sugar fényerősség-beállítása Vezérli a jelátfordítást, pozitív értéket negatívba és fordítva Triggerszint beállítása normál üzemből 1 kHz-nél kisebb frekvenciájú mérésekhez
LINE MAG (Magnitude) NORM (Normal) POS (Position) POWER on-off	hálózat, vonal nagyság normális helyzet táplálás be/ki	Triggerelés hálózati frekvenciával Növelés az X tengely mentén 10-es szorzóval Triggerszint a LEVEL-lel beállítva Vízszintes (X) és függőleges (Y, I., II.) képeltolás Hálózati kapcsoló
p-p (Peak to Peak) SELECTOR SLOPE +/- TR (Trace Rotation) TRIG (Trigger)	csúcstól csúsig választókapcsoló oldal (esés) sugarfordítás kioldás	Csúcsfeszültséget engedélyez a bemeneti kapcsolókra Választókapcsoló a triggercsatlakozáshoz A jelábrázolás felfutó (+) vagy lefutó (-) éllel kezdődik Földmágneses tér kompenzálására. A sugarat vízszintesbe állítja Az időeltérítés kioldása
TIME / DIV (Division) VAR (Variation) VOLTS-DIV (Division) X X-Y Y	idő / osztás változtathatóság feszültség / osztás vízszintes vízszintes - függőleges függőleges	Időlépték fokozatonként, ms/osztásban vagy µs/osztásban Finombeállítás 2,5-szeresig a 10-zel lehetséges Fokozatmentes változtatás 1:2,5-ig lehetséges Feszültséglépték, V/osztásban vagy mV/osztásban Az x tengely rövidítése XY üzemből, időeltérítés kikapcsolva. II. csatorna az X bemenet Az y tengely rövidítése

2.21. ábra

Egy kétcsatornás oszcilloszkóp feliratainak értelmezése

2.2. Egyéb hegesztéssel összefüggő mérések

2.2.1. Termikus mérések

Hegesztéskor gyakori feladat a hegeszthetőségi szempontok indokolta előmelegítés (és/vagy utóhőkezelés) megvalósítása és a beállítandó hőmérséklet ellenőrzése. Az előmelegítés (és/vagy utóhőkezelés) jellegzetes módszerei:

- Egyedi (többlyukú) hevítő égővel, illetve mérsékelt lángteljesítményű propán alkalmazásával. Gyakran alkalmaznak olyan égőket is, amelyek követik a munkadarab alakját. A hevítés végezhető hegesztőpisztollyal is, de ügyelni kell arra, hogy azt szórt lánggal és az égő állandó mozgásával végezzék. Az ilyen hevítés előnye: egyszerű, olcsó, hátránya: kevésbé szabályozható.

2. Hegesztéshez kapcsolódó mérés-, irányítás- és biztonságtechnika

- Kemencében való melegítés, ami csak kisebb daraboknál kedvező, egyébként költséges. A felhevítés és a lehűtés is jól szabályozható, a hőmérséklet egyenletes, illetve pontosan beállítható.
- Induktív melegítés, mely a hegesztési varrat mentén elhelyezett induktív tekercsekkel történik. Főként csöveknél alkalmazzák, ahol a cső köré helyezik el az induktív tekercseket. Előnye: a hőközlési folyamat pontos szabályozása és ellenőrizhetősége. Hátránya: drágább kialakítású, illetve nagyobb a hőmérsékletesés a tekercsek mentén.
- Fűtőelemes hevítés, mely végezhető a kemencék fűtőelemei útján vagy pedig a munkadarab alakját követő fűtőelemekkel. A hőmérséklet átadása sugárzással valósul meg, és a hőmérséklet egyenletesebben oszlik meg.

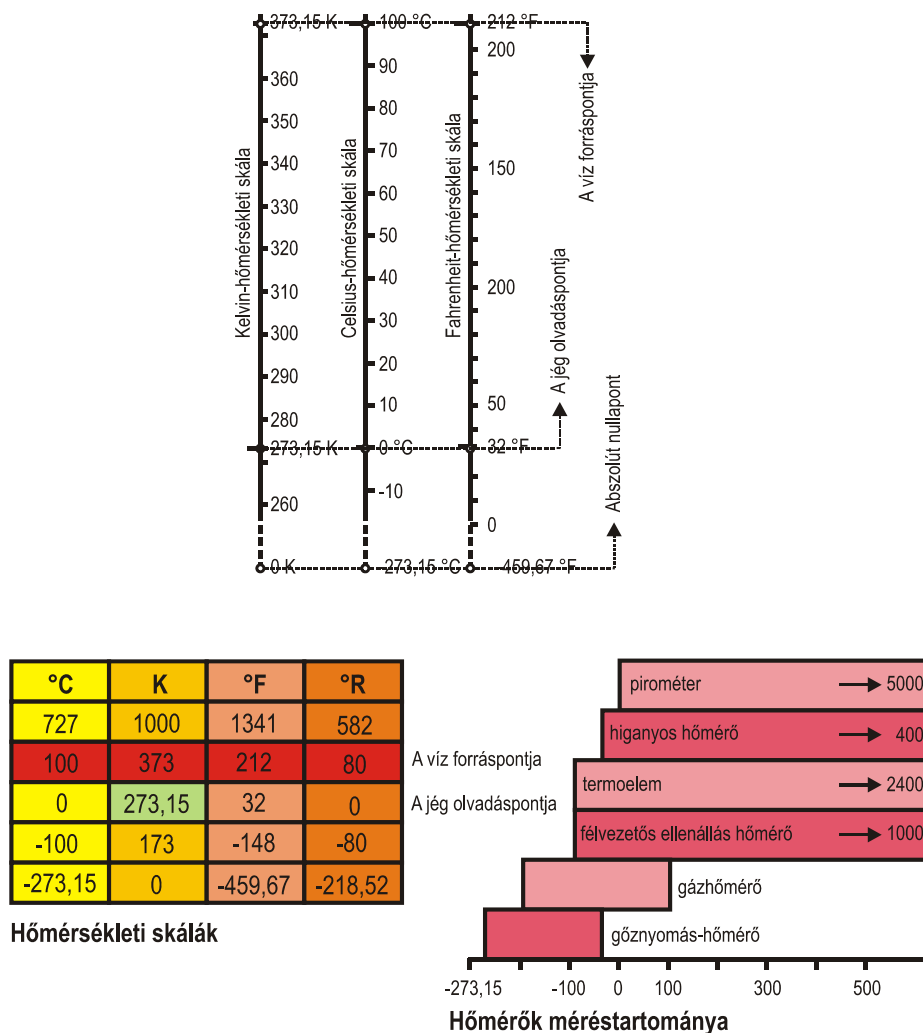
A hőmérséklet ellenőrzésének eszközei és módszerei:

- Hőkréták, amelyek olaj (zsír) tartalmú kréták, és adott hőmérséklet elérésekor színüket megváltoztatják.
- Tapadó termométer, amelyet a szerkezeti elemre mágnessel rögzítenek. Igen robusztus kialakítású, reakcióideje lassú. Érzékeny a hegesztéskor képződő fröcskölésre, és ezért attól védeni kell.
- Termoelemek, amelyeket a munkadarabra vagy szilárdan rögzítenek, vagy pedig hordozható kivitelűek. Induktív előmelegítéskor vagy fűtőelemek alkalmazásakor ezek a termoelemek felhasználhatók szabályozásra is. Ezzel egyidejűleg diagramíróval lehet a hőmérséklet időbeni lefutását rögzíteni.
- Érintésmentes hőmérsékletmérés pirométerrel vagy fotocellával, amelyek a hősugárzás útján mérik a hőmérsékletet.

Az elterjedt és megszokott – a víz fagyás-, illetve forráspontjára alapozott – Celsius-féle (Anders Celsiusról [1701–1744] elnevezve) hőmérsékleti skálánál a folyékony higany hőtágulását használjuk ki hőmérséklet mérésre. Azonban kicsi hőmérsékleten a higany megfagy, nagy hőmérsékleten felforr, ezért használnak más anyagokat, eszközöket, módszereket is hőmérő készítésére, illetve hőmérséklet mérésére (**2.22. ábra**).

Állandó nyomáson tartott gáz térfogatváltozását (hőtágulását, illetve hőtágulási együtthatóját) kihasználva nagyobb hőmérséklet-intervallum fogható át. Nagyon kicsi hőmérsékletek méréséhez pl. izopentánnal töltött folyadékos hőmérő (–195 °C-ig) használható. Nagy hőmérsékletek mérésére a fémek ellenállásának hőmérsékletfüggésén, illetve a termoelektromos feszültség mérésén alapuló ellenállás-hőmérőket vagy termoelemes hőmérőket használnak. Igen nagy hőmérsékletű anyagok (pl. fémolvadékok) hőmérséklete az általuk kibocsátott elektromágneses sugárzás alapján, sugárzási pirométerrel mérhető. A **2.23. ábrán** néhány hőmérő elve, illetve szerkezeti vázlata látható.

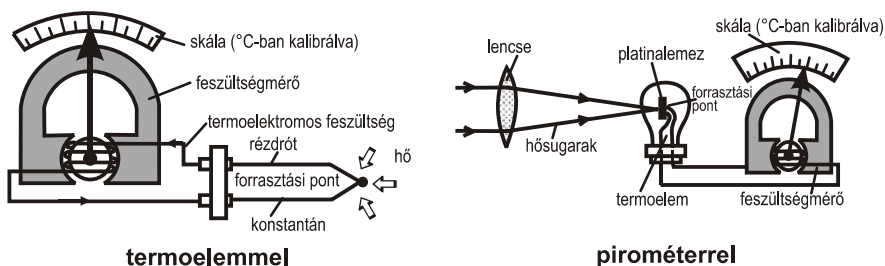
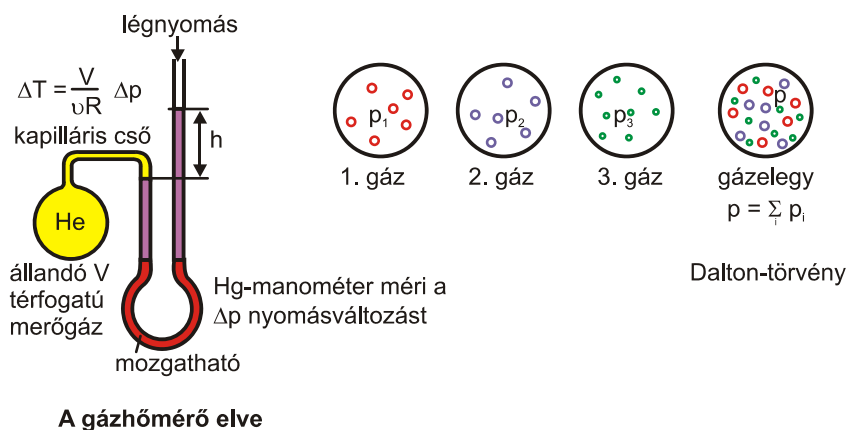
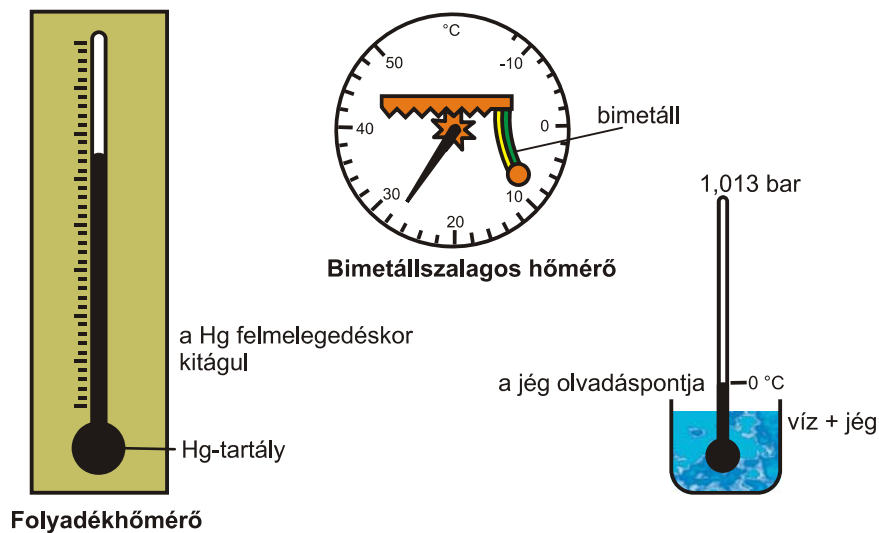
2. Hegesztéshez kapcsolódó mérés-, irányítás- és biztonságtechnika



2.22. ábra
Hőmérsékleti skálák és a hőmérők méréstartománya

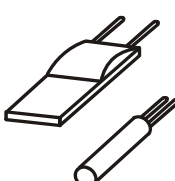
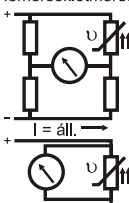
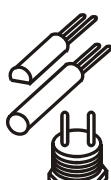
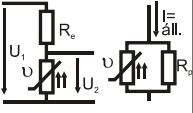
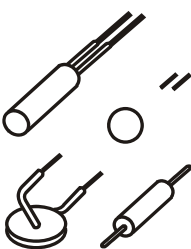
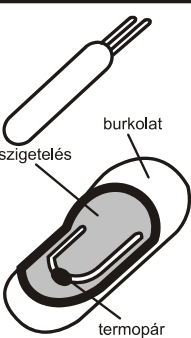
Elektromos mérések, illetve adatgyűjtés során, valamint az ipari és a háztartási elektromos gépek esetében is fontos lehet a hőmérséklet és/vagy a hőmérséklet-különbség mérése. Ebből a célból hőérzékelőket (2.24. ábra) használnak. A hőmérséklet-változás hatására ezek valamely jellemzője megváltozik, és ezt a változást kijelző, szabályzó, regisztráló berendezéssel dolgozzák fel.

2. Hegesztéshez kapcsolódó mérés-, irányítás- és biztonságtechnika



2.23. ábra
Hőmérők elve és szerkezeti vázlata

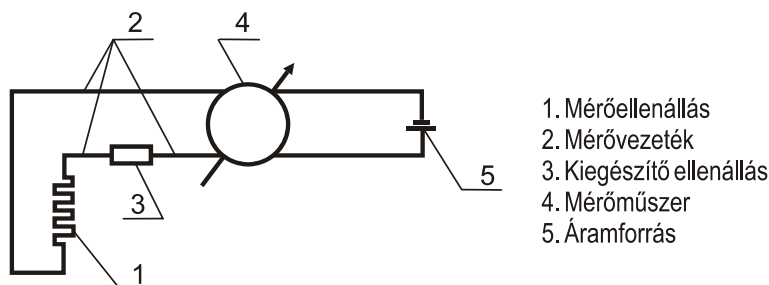
2. Hegesztéshez kapcsolódó mérés-, irányítás- és biztonságtechnika

Hőmérsékletmérés érzékelőkkel			
Elv, fajta	Működés	Jellemzők	Mérendő mennyiség, alkalmazás
 Ellenállás hőmérő	A platina ellenállása majdnem lineárisan növekszik a hőmérséklettel. A vékony platinaréteget az alumíniumhordozón üvegbevonattal védik vagy kerámiaházban zárják. Pozitív hőmérsékleti együttható: $\alpha = +3,85 \cdot 10^{-3} \text{ 1/K}$ a $-50 - +600 \text{ °C}$ hőmérséklet-tartományban.	Névleges ellenállás általában 100, 500, vagy 1000 Ω. Kis tűrés, rövid megszólalási idő, rázásérzékenység. A mérőáram által keltett melegedés okozta mérési hibák.	Hőmérsékletmérés:  Hídkapcsolás $I = \text{áll.}$ Kapcsolás állandó áram-erősséggel
 Szilícium hőmérsékletérzékelő	Aplanártechnikával készített n-csatornás szilíciumnak két érintkezőfelület között pozitív hőmérsékleti együtthatója és enyhén ívelt hőmérséklet-ellenállás jelleggörbéje van. Önmelegedés miatt csak kis mérőáram ($\approx 0,1 \text{ mA}$).	Hőmérséklet-tartomány $-50 - +150 \text{ °C}$. A jelleggörbe linearizálása:  Működés állandó feszültséggel állandó árammal	Levegő vagy egyéb gázok, valamint folyadékok hőmérsékletének mérése, vezérlése és szabályozása Nyomás alatti folyadékok hőmérsékletmérése Gépkocsimotor hőmérsékletének felügyelete Vízmelegítőkben és hőmérőkben
 Melegvezetős hőmérsékletérzékelő	Hőmérsékletfüggő melegvezető ellenállás negatív hőmérsékleti tényezővel, $\alpha = -3 - -5 \text{ %/K}$.	Nagy érzékenység (hőmérséklet-változás 10^{-3} K-tól érzékelhető); nemlineáris jelleggörbe, nagy ellenállásérték. Mechanikusan, termikusan és elektromosan stabil; nagy élettartam; kis szerkezeti méret (gyors reagálás a hőmérséklet-változásokra).	Hőmérsékletmérés, pl. gépkocsikban Hőmérséklet-szabályozás klímaberendezésekben, hűtőszekrényekben és mosogatógépekben Hőkompenzáció elektronikus kapcsolásokban
 Hőelemes hőmérsékletérzékelő	Két egymással összehegesztett vezető, nagyon különböző elektronkoncentrációval (termopár) melegítéskor feszültséget szolgáltat, amely arányos a hőmérséklettel. A termopárt kerámia szigetelőrétegbe (MgO vagy Al_2O_3) ágyazzák és acéltokba foglalják. A kerámiaszigetelő ellenállása nagyon nagy hőmérsékleten csökken. A hőmérsékletérzékelőket kiegyenlítővezetékekkel csatlakoztatják a mérőberendezéshez, amelyek legtöbbször ugyanabból az anyagból készülnek, mint a termopár.	Vas-réz-nikkel $\text{Fe}(+) - \text{CuNi}(-)$ $56 \mu\text{V/K}$-nel $-200 - +700 \text{ °C}$-on kromel-alumel $\text{NiCr}(+) - \text{Ni}(-)$ $41 \mu\text{V/K}$-nel $-200 - +1200 \text{ °C}$-on nicosil-nisil $\text{NiCrSi}(+) - \text{NiSi}(-)$ $40 \mu\text{V/K}$-nel $+1200 \text{ °C}$-ig platina-ródium-platina $\text{PtRh}(+) - \text{Pt}(-)$ $12 \mu\text{V/K}$-nel $+1600 \text{ °C}$-ig volfrám-rénium $2\text{W5}(+) - \text{W26}(-)$ $15 \mu\text{V/K}$-nel $+2200 \text{ °C}$-ig.	Pontos hőmérsékletmérés. Szilárd testeken: a lesimított mérőhelyre rászorítva vagy ráforrasztva, ill. furatba helyezve, hogy jó termikus kapcsolat jöjjön létre a hőelem és a mérendő tárgy között. Gázokban: a hőcserének a gáz és az érzékelő burkolata között nagyobbak kell lennie, mint a burkolat hővezetékének.
α az ellenállás hőmérsékleti együtthatója			

2.24. ábra
Hőérzékelők működési elvének jellemzői

2. Hegesztéshez kapcsolódó mérés-, irányítás- és biztonságtechnika

Ellenállás-hőmérőhöz (**2.25. ábra**) alkalmas anyagból (pl. nikkelből, platinából) megfelelő alakú tekercset készítenek. A huzal csupaszon van porcelán testre csévéelve, vagy szigetelő pépbe van beágyazva. Az érzékelő szabványos ellenállása 100 Ω , vagy 500 Ω (0 °C-on mérve). Az így elkészített mérőellenállást a mérendő térbe helyezik. Az ott lévő hőmérséklet hatására a mérőellenállás előjelhelyesen megváltoztatja az ellenállását, de a hőmérséklet és az ellenállás között nem lineáris az összefüggés. A mérés folyamán ügyelni kell arra, hogy az átfolyó mérőáram minél kisebb legyen és az érzékelőt fel ne melegítse. A megengedett áramsűrűség lehetőleg ne legyen nagyobb 0,1–0,2 A/mm²-nél. A bekötő vezeték ellenállását ki kell egészíteni valamilyen kerek értékre, és a kijelző műszerbe kell hitelesíteni.

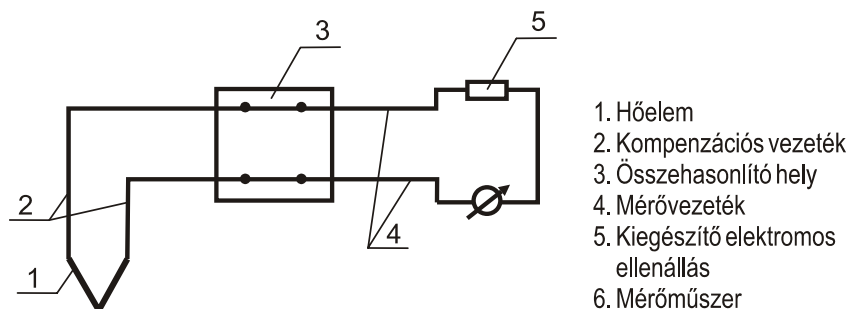


2.25. ábra
Mérés ellenállás-hőmérővel

Az ellenállás-változás hídkapcsolásban (Wheatstone-híd, Thomson-híd) vagy mutatós lengőtekercses műszerrel mérhető. Szükség lehet hőmérséklet-különbség mérésére is, különösen hőmennyiség mérésekor. Ilyen esetben csak párosított érzékelőket használnak, amelyeknek egymáshoz viszonyított hibája elhanyagolhatóan kicsi legyen.

A hőelem vagy termoelem két különböző fémhuzal összehegesztésével készül. Ha a hegesztési hely (melegpont) hőmérséklete eltér az összehegesztett huzalok szabad végének (hidegpont) hőmérsékletétől, akkor a hegesztés helyén elektromotoros erő támad. Ennek nagysága és iránya a hőmérséklet-különbségtől, és a huzalok anyagi minőségétől függ, de független a hőelemhuzalok átmérőjétől. Az elektromotoros erőt lengőtekercses műszerrel (millivoltmérő) mérik (**2.26. ábra**). A műszer árama nemcsak feszültségesést okoz, hanem meg is változtatja a hegesztési hely állapotát. Mind a két hiba elhanyagolható, ha kis fogyasztású, nagy belső ellenállású műszerrel mérnek, és ha a hőelem vastag huzalokból készült.

Amint a fentiekből következik, az elektromotoros erő a meleg- és a hidegpont hőmérséklet-különbségétől függ. A melegpont tényleges hőmérséklete csak úgy értelmezhető, ha a hidegpont hőmérséklete állandó és stabil. Régebben a hidegpont kivezetéseit vízmentes burkolatban, olvadó tiszta jégbe merítették, így szavatolva annak 0 °C hőmérsékletét. A mai műszerekben beépített hidegpont-kompenzátor van, mely ugyanezt eredményezi.



2.26. ábra
Mérés hőelemmel

A gyakorlati mérések esetében többnyire a hőelem és a feldolgozó műszer egymástól viszonylag távol helyezkedik el, szükséges a két hely vezetékkel megvalósított összekötése. Erre a célra kompenzációs vezetékkel kell használni. Ez alól kivételt képez(het)nek a köpenyhőelemek, melyek nagy szilárdságúak, hajlíthatóak és a kívánt helyig elvezethetőek. Az összekötő vezeték ellenállását valamilyen kerek értékre ki kell egészíteni és a kijelző műszerbe kell hitelesíteni.

A hőelemek elektromotoros ereje és mérési tartománya eltérő aszerint, hogy milyen szálak összehegesztésével készültek. Az elektromotoros erő és a hőmérséklet-különbség közötti összefüggést ábrázoló vonalban majdnem minden kombinációnál görbülés van, azaz nemlineáris az összefüggés. A hőelemek jellegzetes anyagai a következők:

- Fe-CuNi (J); a megengedett legnagyobb túlterhelési hőmérséklet: 0,5 mm-ig 400 °C, 1 mm-ig 600 °C, 3 mm-ig 900 °C.
- NiCr-Ni (K); a megengedett legnagyobb túlterhelési hőmérséklet: 0,2 mm-ig 700 °C, 0,5 mm-ig 900 °C, 1 mm-ig 1000 °C, 3 mm-ig 1300 °C.
- PtRh-Pt (S); a megengedett legnagyobb túlterhelési hőmérséklet: 0,35 mm-ig 1300 °C, 0,5 mm-ig 1600 °C.

Az üzemi hőmérséklet – melyen a hőelem tartósan üzemeltethető – 200–300 °C-kal kisebb a megengedett legnagyobb túlterhelési hőmérsékletnél.

Növelt szilárdságú hegeszthető szerkezeti acélok esetében különleges jelentőséget kap a hegesztett kötés hőmérsékletének ellenőrzése magának a hegesztési folyamatnak a során. Ezeknek az acéloknak a kiváló tulajdonságait a termomechanikus alakítással létrehozott, igen finom szemcsés szövetszerkezet eredményezi. A hegesztés során az a legfontosabb feladat, hogy ezt a finomszemcsés szövetszerkezetet a hőhatásövezetben megőrizték, a varratban pedig úgy irányítsák a szövetszerkezet-változási folyamatokat, hogy hasonlóan finom szerkezet alakuljon ki. Ehhez a technológiai paraméterek gondos megválasztásán túl a hőbevitel ellenőrzésére is szükség van. A nagy szilárdságú szerkezeti acélok hegesztésénél a technológiai előírás tartalmazza az ún. közbenső hőmérséklet érté-

2. Hegesztéshez kapcsolódó mérés-, irányítás- és biztonságtechnika

ket, amely hőmérsékletre az elkészült varratnak a következő sor rákerüléséig le kell hűlnie. A kötés tulajdonságainak szempontjából egyaránt kedvezőtlen, ha a varrat az előírt hőmérsékletig nem hűl le, illetve ha annál kisebb lesz a hőmérséklete.

Az említett közbenső hőmérséklet ellenőrzéséhez hasznos segítséget nyújthat egy olyan hordozható kivitelű műszer, amely a hozzá tartozó NiCr-Ni hőelemes mérőszondának köszönhetően $-200\text{ °C} \dots +1370\text{ °C}$ hőmérséklet-intervallumban használható. 200 °C alatti hőmérsékleten a mért adat tized $^{\circ}\text{C}$ pontossággal, 200 °C felett 1 °C pontossággal határozható meg. Amennyiben a műszer folyadékkristályos kijelzőjű, úgy a mért érték könnyen leolvasható. A műszerhez csatlakozó szonda néhány mm átmérőjű hengeres rúdban végződik, így a felületre való felfekvéskor a vizsgált tárggyal vonalszerűen érintkezik. Tapasztalatok szerint a mérés akkor végezhető el pontosan, ha ez a felfekvés legalább $15\text{--}20\text{ mm}$ hosszon létrejön. A mérések során – a szonda hőtehetetlenségéből adódóan – az adott hőmérséklet eléréséhez bizonyos időre van szükség. Az említett nagy szilárdságú acélok hegesztésekor a közbenső hőmérséklet kritikus értéke $120\text{--}150\text{ °C}$ közé esik, ez indokolja a $100\text{--}250\text{ °C}$ hőmérséklet-tartományban eső kalibrálási hőmérsékletet.

Egy ilyen műszerre alapvetően egy hegesztéstechnológia beállításánál van szükség, a későbbiekben pedig az alkalmazott technológia ellenőrzésére szolgálhat. A szonda egy gyorsregisztrálóhoz csatlakoztatva folyamatos hőmérséklet-változás mérésére is használható.

Az ömlesztő hegesztés során alkalmazott előmelegítési, közbenső és hőntartási hőmérsékletet általában a munkadarab hegesztés felőli felületén, a varratvályú hosszirányú élétől mért $A = 4 \cdot t$, de legfeljebb 50 mm távolságra kell mérni **(2.27. ábra)**. Ezt kell alkalmazni olyan munkadarab esetén, amelynek t vastagsága a varratnál legfeljebb 50 mm . Ha a vastagság 50 mm -nél nagyobb, akkor az alapanyag hőmérséklete a varratvályútól bármely irányban 75 mm vagy a megállapodás szerinti távolságban az előírás szerinti legyen.

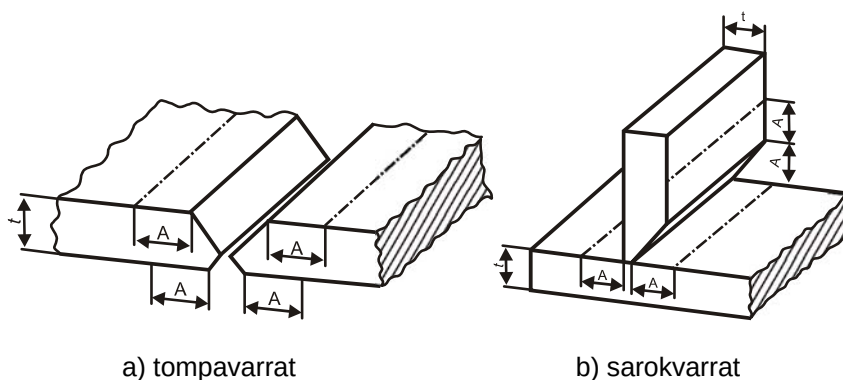
Ha lehetséges, a hőmérsékletet a melegítéssel szembeni oldalon kell mérni. Ellenkező esetben a hevített oldalon a munkadarab vastagságától függően akkor kell megmérni a hőmérsékletet, amikor a hőforrás eltávolítása után a hőmérséklet kiegyenlítődik. Ha helyhez kötött, állandó hőforrást alkalmaznak – amely nem teszi lehetővé a túloldali hozzáférést –, akkor az alapanyag hevített felületén, a varratvályú közvetlen közelében kell megmérni a hőmérsékletet. A hőmérséklet kiegyenlítődséhez szükséges idő 2 perc minden 25 mm alapanyag-vastagságra. A közbenső hőmérsékletet a varraton vagy a közvetlenül határos alapanyagon kell mérni.

Az említett három hőmérséklet értelmezése a következő:

- Előmelegítési hőmérséklet (T_p): a munkadarab hőmérséklete a hegesztés környezetében, közvetlenül a hegesztési művelet megkezdése előtt. Általában alsó határként adják meg, és rendszerint azonos a közbenső hőmérséklet legkisebb értékével.

2. Hegesztéshez kapcsolódó mérés-, irányítás- és biztonságtechnika

- Közbenső hőmérséklet (T_i): A többretegű varrat és a környező alapanyag hőmérséklete közvetlenül a következő sor hegesztése előtt. Általában legnagyobb hőmérsékletként adják meg.
- Hőntartási hőmérséklet (T_m): A legkisebb hőmérséklet a hegesztési övezetben, amelyet akkor is fenn kell tartani, ha a hegesztés szünetel.



2.27. ábra
Hőmérséklet-mérési pontok távolsága ömlesztő hegesztéskor

A közbenső hőmérsékletet a hegesztés környezetében, közvetlenül az ív áthaladása előtt kell mérni. Ha a hőntartási hőmérséklet is meg van határozva, azt a hegesztés megszakítása idején folyamatosan kell ellenőrizni. A hőmérsékletmérésre alkalmazott eszközöket a hegesztési utasításban meg kell adni, pl.:

- hőre érzékeny anyag (pl. kréta vagy festék) (TS);
- érintéses hőmérő (CT);
- hőelem (TE);
- érintés nélkül mérő, optikai vagy villamos készülék (TB).

Ha mérési jegyzőkönyvet kell készíteni, akkor abban – a hegesztési utasítással összhangban – legalább a következő adatokat meg kell adni:

- a mért előmelegítési hőmérsékletet, °C;
- a mért közbenső hőmérsékletet, °C;
- a mért hőntartási hőmérsékletet, °C;

Például érintéses hőmérővel (CT) egyszer mért 155 °C előmelegítési hőmérséklet (T_p 155) megadása: Hőmérséklet EN ISO 13916 - T_p 155 – CT; vagy többszöri hőelemes (TE) mérésakor 130 °C, 153 °C és 160 °C közbenső hőmérséklet (T_i 130/160) megadása: Hőmérséklet EN ISO 13916 - T_i , 130/160 – TE.

Hőtágulás az L_0 jellemző hosszúságú (vagy d_0 átmérőjű), illetve V_0 térfogatú anyagok ΔT hőmérséklet-változás okozta ΔL (Δd) lineáris (egyirányú) vagy ΔV tér-

2. Hegesztéshez kapcsolódó mérés-, irányítás- és biztonságtechnika

fogati tágulása, méretnövekedése (csökkenő hőmérséklet esetén zsugorodása, méretcsökkenése):

$$\Delta L = \alpha \cdot L_0 \cdot \Delta T \text{ vagy } \Delta d = \alpha \cdot d_0 \cdot \Delta T, \text{ illetve } \Delta V = \beta \cdot V_0 \cdot \Delta T \approx 3 \cdot \alpha \cdot V_0 \cdot \Delta T.$$

Az α és β a lineáris, illetve a térfogati hőtágulási együtthatók, amelyek anyagjellemzők és nagy jelentőségűek a szerkezeti anyagokból készült, hőmérséklet-ingadozásnak kitett termékek méreteinek, illesztési mérettűréseinek, termikus belső feszültségei nagyságának tervezésében, illetve megítélésében, továbbá a kompozitok komponenseinek problémamentes együtt dolgozásában. Pl. az acél és a beton adata közel azonos, így a belőlük készült vasbeton kompozitban nem lép fel a komponensek jelentősen eltérő hőtágulása miatti károsodás. Mivel a hőtágulási együtthatók számértéke kicsi, ezért szokás a 10^6 -szorosukat is megadni. Kristályos anyagok esetében a teljes termikus térfogat-növekedés az abszolút nulla foktól az olvadási hőmérsékletig kb. 6–7%, a lineáris hőtágulás (megnyúlás) mintegy 2%.

Szilárd anyagok lineáris hőtágulási együtthatója pl. a **2.28/a. ábra** szerinti elrendezéssel határozható meg. Hosszához (L_0) képest kis átmérőjű anyagrudat különböző hőmérsékletű folyadékfürdőkbe helyeznek, és nagy pontossággal mérik a hosszváltozást (ΔL), illetve a folyadék és környezete hőmérséklet-különbségét (ΔT). Ezekkel

$$\alpha = \frac{\Delta L}{L_0 \cdot \Delta T} = \frac{1}{L_0} \cdot \frac{\Delta L}{\Delta T} \left[\frac{1}{^\circ\text{C}} = \frac{1}{\text{K}} \right].$$

Hőtágulásmérésen alapulnak a dilatométeres vizsgálatok (**2.28/b. ábra**) is, melyekkel meghatározhatók pl. az acélok fázisátalakulásaival járó méretváltozások, illetve az ausztenit-átalakulási diagramok is. A vizsgálati anyagmintát különleges kemencében felhevítve (majd azt követően lehűtve), termoelem, elmozdulás-érzékelő (nyúlásmérő) és időmérő segítségével regisztrálható a hőmérséklet-hőtágulás, valamint a hőmérséklet-idő diagram. A hőmérséklet-hőtágulás diagram nemlineáris szakaszainak végpontjai jelentik az egyes átalakulások kezdetét, illetve befejeződését.

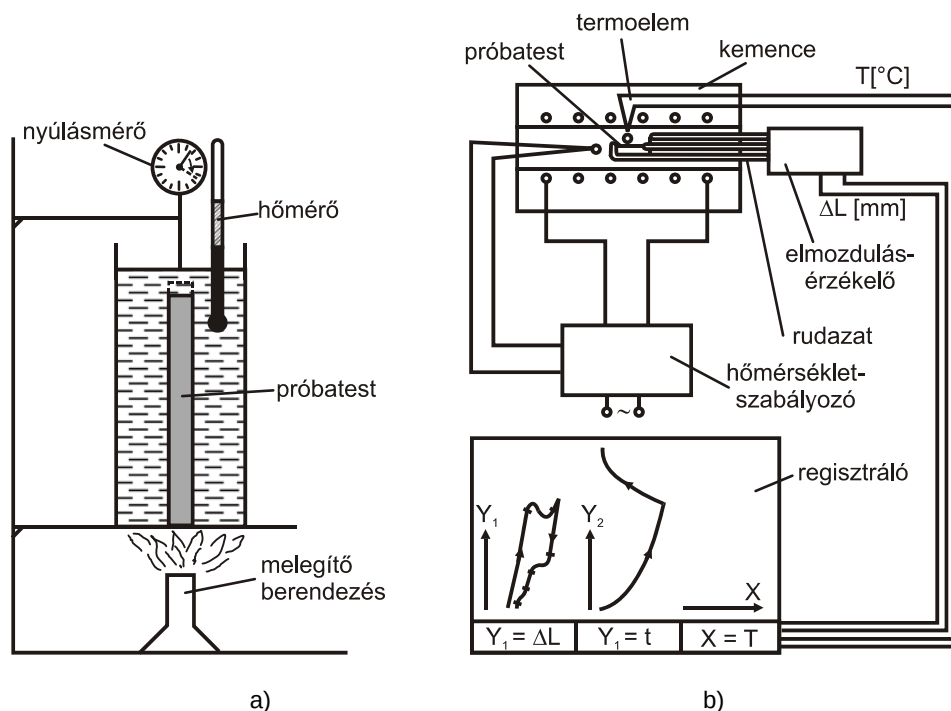
Hőterjedés szilárd anyagokban hővezetéssel megy végbe, azaz Δt idő alatt, A felületen, $(T_2 - T_1)/s$ hőmérséklet-gradiens esetén terjedő ΔQ hőmennyiségre – állandósult (stacionárius) állapotban, mikor a hőmérsékletprofil nem változik az idővel – felírható:

$$\Delta Q = -\lambda \cdot A \cdot \frac{T_2 - T_1}{s} \cdot \Delta t,$$

ahol λ [W/mK] az anyag szerkezetétől függő hővezetési tényező, T_1 és T_2 az s vastagságú és A felületű anyagréteg két oldalán mérhető hőmérséklet. A negatív

2. Hegesztéshez kapcsolódó mérés-, irányítás- és biztonságtechnika

előjel kifejezi, hogy a hő a nagyobb hőmérsékletű hely felől a kisebb hőmérsékletű hely felé áramlik. A kristályrács-szerkezetek zavarai, a rácshibák (beleértve az ötvöző és szennyező atomokat is) csökkentik az elektronok mozgékonyságát, így λ értékét is, ezért a színfémek jobb hővezetők, mint az ötvözetek.



2.28. ábra

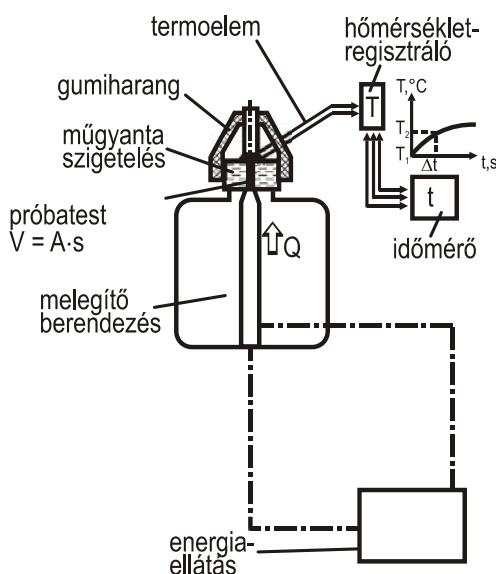
Hőtágulási együttható meghatározása és dilatόμεteres vizsgálat

A hővezetési tényező (hővezető-képesség) reciprokát vagy ezen reciprok anyagréteg-vastagsággal való szorzatát termikus ellenállásnak nevezik. A nemfém szerkezeti anyagok és különösen a pórusos anyagok hővezetési tényezője viszonylag kicsi, ugyanis – szemben a fémekkel – ezekben nem az elektronvezetés, hanem a rácsrezgésekből adódó ún. fononvezetés érvényesül, így ezeket hőszigetelőkként használják előszeretettel.

A 2.29. ábra szerint, ha egy állandó A keresztmetszetű, s hosszúságú (pl. hőszigetelő műgyantával körülöntött, majd 0 °C -ra lehűtött) egyenes anyagrúd egyik szabad véglapját elektromos úton melegítik, akkor a másik véglapon regisztrálható a hőmérsékletváltozás az idő függvényében, azaz mérhető a T_1 és T_2 hőmérsékletek közötti felmelegedés időszükséglete (Δt). A Δt idő alatt bevitt elektromos energia (Q [kWh]) és a hőátadási hatásfok (η) ismeretében a hővezetési tényező meghatározható:

2. Hegesztéshez kapcsolódó mérés-, irányítás- és biztonságtechnika

$$\lambda = \eta \cdot \frac{Q \cdot s}{A \cdot (T_2 - T_1) \cdot \Delta t} \left[\frac{W}{m \cdot ^\circ C} \right] = \left[\frac{W}{m \cdot K} \right]$$

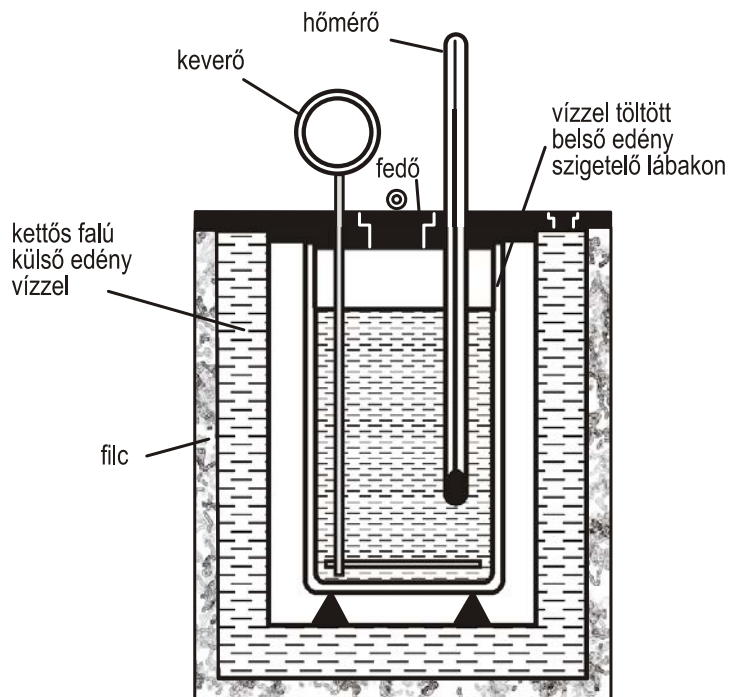


2.29. ábra
Hővezetési tényező meghatározása

Ha valamely szilárd anyagdarabbal ΔQ hőmennyiséget közölnek, akkor hőmérséklete ΔT értékkel megnő. E két érték aránya a hőkapacitás ($C = \Delta Q / \Delta T$ [J/K]). Ha a hőkapacitást az anyagi test tömegegységére vonatkoztatják, a fajhőt (c [J/kg·K]) kapják. A hőmérséklet-vezetési (hődiffúziós) tényező (a [m²/s]) pedig a hővezetési tényező és a hőtartalom (sűrűség-fajhő) hányadosa: $a = \lambda / (\rho \cdot c)$. Ez utóbbi hőfizikai jellemző többek között a hőkezelési és a hegesztési hőfolyamatok számításakor, tervezésekor játszik fontos szerepet, ahol a hőterjedés transziens (időben nem állandósult) állapotban történik.

A c fajhő meghatározásakor a leírt m tömegű anyagdarabot a kaloriméter (2.30. ábra) vizének T_1 hőmérsékleténél nagyobb T_2 hőmérsékletre melegítik, majd a kaloriméter vizébe dobják, és a beálló T_k közös hőmérsékletet megméri. A vizsgált anyag leadott $c \cdot m \cdot (T_2 - T_k)$, illetve a kaloriméter felvett $c_{\text{víz}} \cdot (m_{\text{víz}} + \mu) \cdot (T_k - T_1)$ hőmennyisége egyenlőségéből c kifejezhető ($c_{\text{víz}} = 4186$ J/kg·K, illetve μ [kg] a kaloriméter ún. víz-egyenértéke).

2. Hegesztéshez kapcsolódó mérés-, irányítás- és biztonságtechnika



2.30. ábra
Fajhő meghatározása

2.2.2. Mechanikai mérések

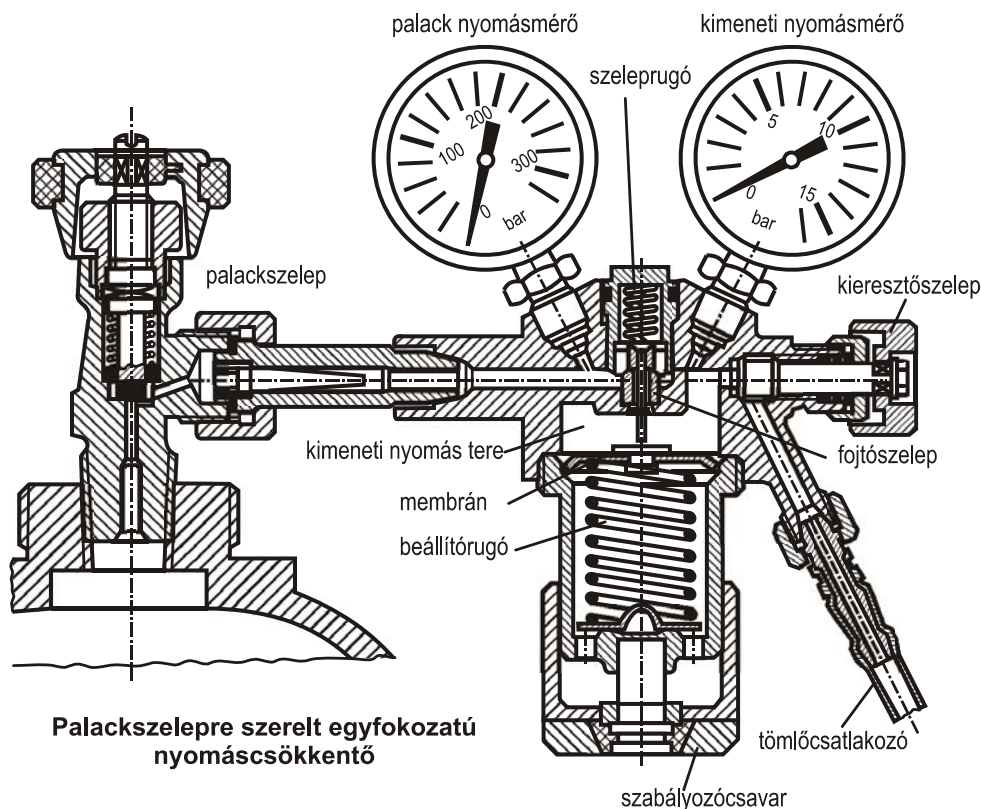
Hegesztéssel összefüggésben szükség lehet mechanikai mennyiségek (pl. gáznyomás, áramlási sebesség, elmozdulás/elfordulás, alakváltozás, mechanikai feszültség stb.) mérésére is.

A hegesztéshez szükséges gázokat a palackokba a felhasználási értéknél nagyobb nyomással töltik, ezért az ilyen nyomású gáz közvetlenül hegesztésre nem alkalmas. A palackban lévő nyomást nyomáscsökkentő (reduktor) szabályozza, ami:

- folyamatos gázellátást tesz lehetővé;
- a palackban tárolt gáz nyomását méri, illetve kijelzi és üzemi értékre csökkenti;
- a beállított üzemi nyomást méri, illetve kijelzi és állandó értéken tartja.

A nyomáscsökkentőket – a palackokhoz hasonlóan – különböző színek jelölik. Lehetnek egy- vagy kétfokozatúak; a gyakorlatban az egyfokozatú (**2.31. ábra**) terjedt el.

2. Hegesztéshez kapcsolódó mérés-, irányítás- és biztonságtechnika



2.31. ábra

Egyfokozatú nyomáscsökkentő nyomásmérőkkel

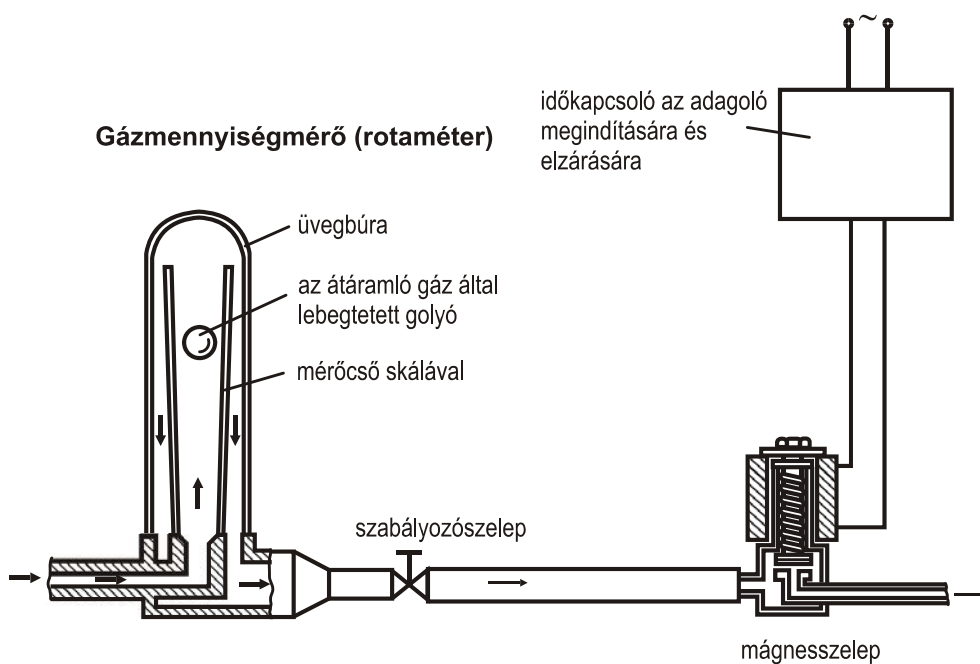
A gázpalack szelepének nyitása után a gáz a beeresztőcsövön keresztül a nyomáscsökkentőbe áramlik. A szabályozórugó feszültségmentes állapotában a nyomáscsökkentőn nem áramlik át gáz. A kimenő (üzemi) gáz nyomását a szabályozócsavarral kell beállítani. Becsavarásával a szabályozó vagy beállító rugó megfeszül, és a rugalmas membránt, ezen keresztül a szelepet megemeli, a gáz a kimeneti nyomású térbe áramlik. A kimeneti nyomású térben lévő gáz a kieresztőszelep megnyitásával jut a tömlőbe.

Egyébként a kétfokozatú nyomáscsökkentő elvileg két, sorba kapcsolt egyfokozatúból áll, a gáz nyomását két fokozatban csökkenti az üzemi nyomásra. Az első fokozat kimeneti nyomását a második fokozat bemeneti nyomású terébe vezetik, és a beállított üzemi nyomás ezáltal pontosabban tartható.

Védőgázos hegesztéskor az átáramló gáz mennyiségét mérő eszközt a nyomáscsökkentő szelep után helyezik el. A legegyszerűbb gázátáramlás-mérő a **2.32. ábrán** látható a gázadagoló mágnesszeleppel együtt. A hegesztők felszerelésének tartozéka a pisztoly végén kilépő gáz mennyiségét mérő tölcseres

2. Hegesztéshez kapcsolódó mérés-, irányítás- és biztonságtechnika

rotaméter. A gázfúvókára helyezve a hegesztés helyén ténylegesen kiáramló gázmennyiséget adja meg.



2.32. ábra
Gázáramlásmérő rotaméter

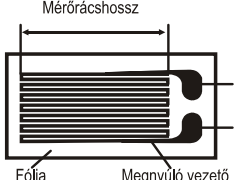
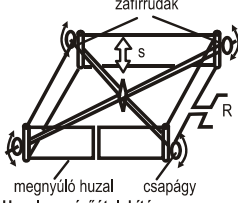
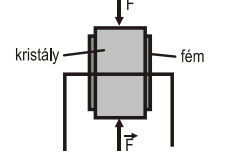
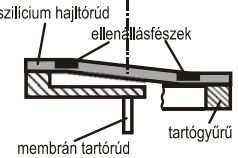
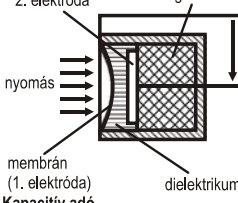
Hegesztőberendezések, készülékek vezérelt működtetéséhez út- és szögmérő érzékelőkre (**2.33. ábra**), hegesztett szerkezetek próbaterhelésekor és/vagy állapotvizsgálatokor erő- és nyomásmérésre (**2.34. ábra**) lehet szükség.

2. Hegesztéshez kapcsolódó mérés-, irányítás- és biztonságtechnika

Elv, típus	Működés	Jellemzők	Mérendő mennyiség, alkalmazás
Elmozdulásérzékelő	Az érintkezőcsúszka mozgásával az x hosszal egyenesen arányos R_x ellenállás ágaztatható le és U_x alakítható feszültséggé.	Érzékelő 5–4000 mm-es elmozduláshoz 100 Ω–100 kΩ ellenállással. Beállítási pontosság 1,5 m/s csúszási sebességig 0,012 mm. Élettartam > 10⁷ ciklus.	Útmérés, sebességmérés, helyzet szabályozó kör, kompenzációs írószerkezet, helyzetmutató, elektronikus gázpedál gépjárművekhez
Optoelektronikai helyzetjelző	A megvilágított pont áramforrásként működik, amely a felvevő-felületet megfelelő ellenállásokra osztja. $\frac{I_a - I_b}{I_a + I_b} = 1 - \frac{2 \cdot a}{D}$ (intrinsic-Silicium = saját-vezető szilícium)	A felvevő-felület teljes ellenállása: pl. 25 kΩ. Helyzetbeállítás pontossága: < 1 μm. Megszólalás: 300 nm–1,15 μm-es sugárra. Linearitás: < 1%.	Mérés egydimenziós sík-koordinátákkal, nagy pontossággal
Differenciáltekerceses érzékelő	A bemeneti tekercs és a két ellenfázisban kapcsolt, egyébként egyforma kimeneti tekercs csatolását eltoltatható vasmag befolyásolja. Az irányról a fázishelyzet tájékoztat.	Bemeneti feszültség frekvenciája: pl. 5 kHz. A mérendő feszültség arányos az s szakasszal. Helyzetbeállítás pontossága: < 1 μm.	Hosszmérés, helyzetbeállító készülék, tartálytöltés-érzékelő, repülőgép kormány- és fékszárny-helyzetérzékelői
Elfordulásérzékelő	A rugós érintkezőcsúszka mozgásakor az α elfordulási szöggel egyenesen arányos ellenállás ágaztatható le, amely nagyohmos feszültségosztó része.	Max. 355°-os elfordulási szögekhez. Ellenállásérték: 50 Ω–1 MΩ. Linearitás: +0,025–+2%. Élettartam: 10⁷–10⁸ csúszómozgás.	Elfordulásiszög-mérés gépeken. Tényleges érték szögérzékelők ipari robotokon, külsőtükör-beállító érzékelők gépjárműveken
Forgásjelző	Az állórész U_1 és U_2 feszültség táplálja, közöttük 90°-os fáziskülönbség van. Ezáltal a forgórészben feszültség indukálódik, e feszültség és az U_1 közötti fáziskülönbség az α elfordulási szögtől függ.	Az u_1 mérőfeszültség szinusos, és az α elfordulási szög miatt U_1-hez képest fáziseltolása van. $u_1 = \hat{U}_1 \cdot \sin(\omega t + \alpha)$ A fáziseltolást és ezzel az elfordulási szöget elektronikusan mérik.	Forgásszög-megállapítás, forgásszög-szabályozás
KSY 20 differenciál Hall-érzékelő		A GaAs alkatrész aktív felülete pl. 0,2 mm x 0,2 mm. Például 5 mA I_N névleges áramot bevezetve 98–145 mV üresjárású feszültség lép fel. B = 0 T esetén az ellenállás 900–1200 Ω.	Útmérés, árammérés, érintőleges mágneses tér mérése, pl. roncsolásmentes anyagvizsgálat. Helyzetmegállapítás, érintkezésmentes árammérésre is használható.
B mágneses indukció, f frekvencia, I_N, I_D részáramok, I_N névleges áram, s út, U_1, U_2 váltakozó feszültségek, α elfordulási szög			

2.33. ábra
Út- és szögmérés

2. Hegesztéshez kapcsolódó mérés-, irányítás- és biztonságtechnika

Elv, típus	Működés	Jellemzők	Mérendő mennyiség, alkalmazás
 Nyúlásmérő bélyeg	A fémvezető ellenállása növekszik, ha a nyúlás miatt meghosszabbodik, és egyidejűleg a keresztmetszete lecsökken. A vezető meander formájú elrendezése nagyobb működő vezetőhosszt eredményez.	Hosszváltozás: 0,1–10 μm Névtelen ellenállás: $R = 120 \Omega, 350 \Omega$ és 600Ω Ellenállás-változási együttható: $k = 2,0$ króm-nikkel huzalra és $k = 150$ szilíciumra	Erő, nyomás, hajlítónyomaték, csavarás Nyúlásmérés gépeknél, hidratóknál Statikus és dinamikus (változó) terhelés mérése, erőmérő cella, sajátfeszültség-mérés
 Huzalos mérőátalakító	Előfeszített platina-volfrám ötvözetből készült huzalokat feszítenek ki négy tartórúd között. Felső ható nyomás esetén a lemezugókereszt feletti huzalok megnyúlnak, alulról hatónál tehermentesülnek.	Huzalvastagság pl. 7,5 μm Membránkiterítés a μm-es tartományban Kis és majdnem lineáris hőmérsékletfüggés, hosszú idejű stabilitás Kimenetifeszültség-változás a mV-os tartományban	Nyomás, sebesség Hengernyomás-mérés dugattyúpróbapadon sűrűn változó terheléssel, helikopter sebességének mérése (torlónyomás-mérés) Olajnyomás-ellenőrzés hajtóműpróbapadon
 Piezoelektromos adó	Húzó-, nyomó- vagy nyíró-erővel való terhelés villamos töltésmegosztást okoz, és ezáltal feszültség keletkezik. A piezoelektromos és az erősített leggyakrabban egy egységbe fogják össze.	Nyomás $p = 0,01\text{--}275 \text{ MPa}$, nagy linearitás, kis hiszterézis, nagy hőállóság, átalakítási hatások: ólom-cirkonát-titán elemre 50%	Nyomás, erő Rezgésmérés Robbanásnyomás-mérés pl. robbanómotorokban Nyomás-mérés örvényképződés esetén gázokban vagy folyadékokban
 Piezorezisztív adó	A membránra ható nyomás következtében a hajlítórúd S alakban kitér. Az összenyomási és a nyúlási területen megváltozik az ott integrált ellenállás.	$p_{\text{m}} = -0,1\text{...}+0,2 \text{ MPa}$, $U_{\text{e}} = 7,5 \text{ V}$; érzékenység: $s = 95 \text{ mV/MPa} \pm 15\%$ $U_{\text{e}} = 25^\circ\text{C-on}$; hiszterézis: $\pm 0,2\%$; repszórtónyomás: $p_{\text{rep}} > 1 \text{ MPa}$; kis méretek	Feltöltési állapot ellenőrzése, vízszintmérés ivóvízkutakban, nyomás ellenőrzése dízelhajtómotorokban és gázelosztó rendszerekben
 Kapacitív adó	A kondenzátorlemezek távolságának megváltoztatása kapacitásváltozást okoz. A nyomásváltozással változik a kapacitás is, ami változó feszültségű mérőhiddal mérhető.	Frekvenciatartomány ($\pm 2\text{dB}$): $f = 0,4\text{--}200 \text{ kHz}$; átviteli tényező: $1\text{...}100 \text{ mV/Pa}$; polarizálófeszültség $28\text{--}200 \text{ V}$ részben tartósan polarizált mikrofonként (elektrozmikrofonként) alkalmazták. Hidrofonok 1000 m-es víz-mélységig	Nyomás Szintmérés, frekvenciamérés (mikrofonok) Hangnyomás-mérés, pl. hang-robbanás vagy hidrofon-mérés Hangszintmérés, beszéd- és zenei felvételek
F erő, f frekvencia, k ellenállás-változási együttható, p_{m} nyomástartomány, p_{rep} repeszórtónyomás, s érzékenység, U_{e} üzemi feszültség, U_{h} környezeti hőmérséklet			

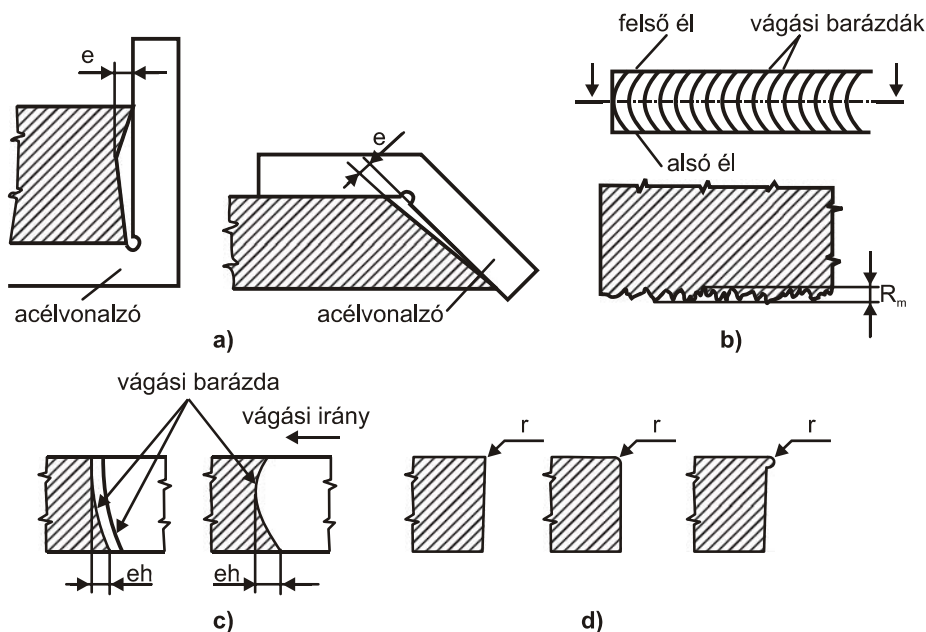
2.34. ábra
Erő- és nyomásmérés

2.2.3. Geometriai mérések

Az alak és a jellemző méretek vizsgálata szabad szemmel és a mérés technika (metrológia) eszközeivel (**2.36. ábra**) végezhető:

- alakvizsgálat főbb eszközei: az egyenességet ellenőrző élvonalzó, az alakosságot ellenőrző sablonok és idomszerek, határidomszerek;
- a méretvizsgálat főbb eszközei: mérőszalag, mérőlécz, mérővonalzó, tolómérők, mikrométerek, mérőkörzők, mérőlupe, méretidomszerek, hézagmérők, mérőhasábok, idomtestek, etalonok (az idomszerekkel egy adott konkrét geometriai jellemző, illetve annak egy meghatározott tűréshatáron belülsége ellenőrizhető egyszerűen, gyorsan, főként tömeggyártáskor);
- az alak- és méretvizsgálat jellegzetes eszközei: mérőórák (mérőállvánnyal), szögmérők, szögidomszerek, projektorok (profilkivetítők), mérőmikroszkópok.

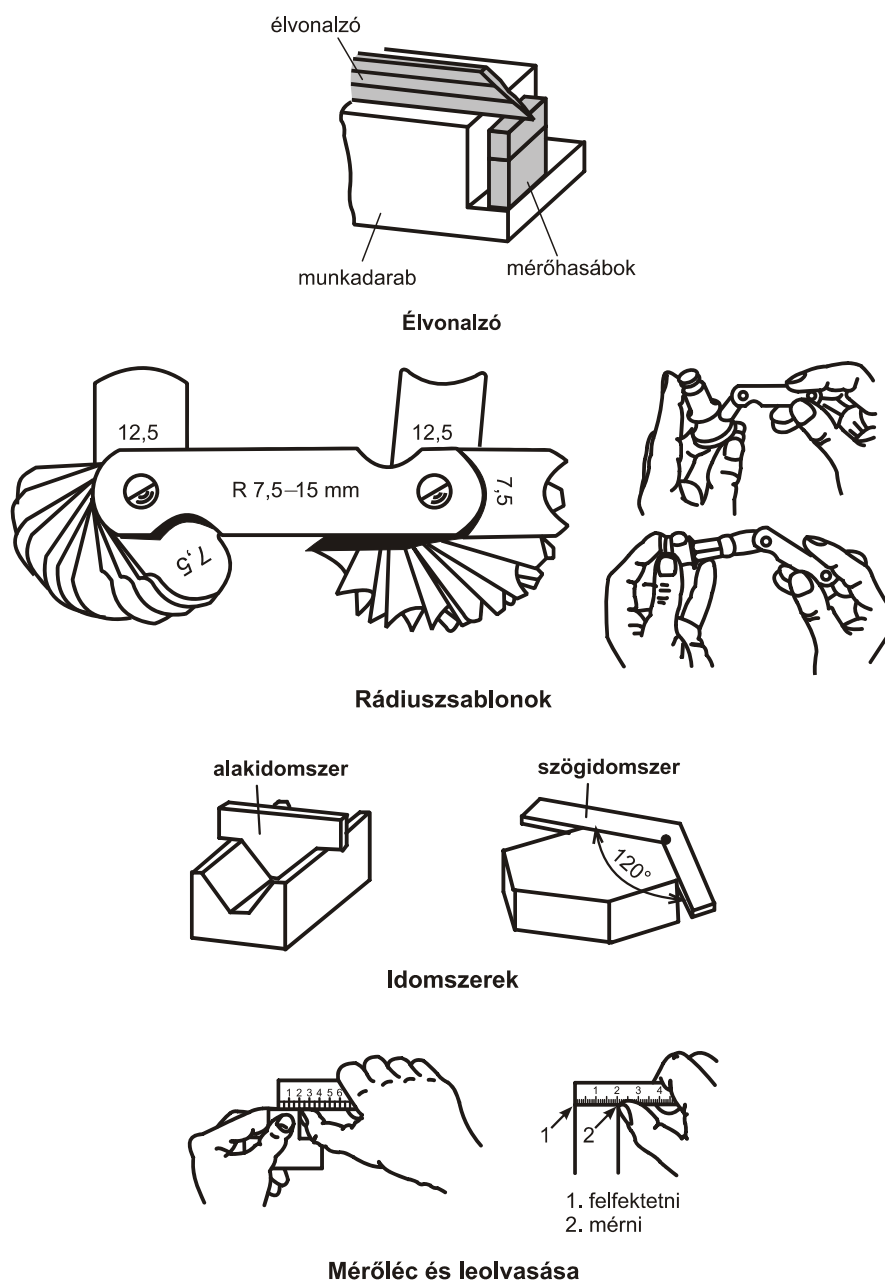
A hegesztést gyakran megelőző termikus vágás minőségének megítélésakor figyelembe kell venni a vágott felület méret- és alakpontosságát. A **2.35. ábrának** megfelelően vizsgálni kell az alakhibát, a vágott felület egyenetlenségét, a barázda elhajlásának mértékét, valamint a leolvadási sugár nagyságát.



a) az e alakhiba; b) a felület R_m egyenetlensége; az eh barázdaelhajlás; d) az r leolvadási sugár

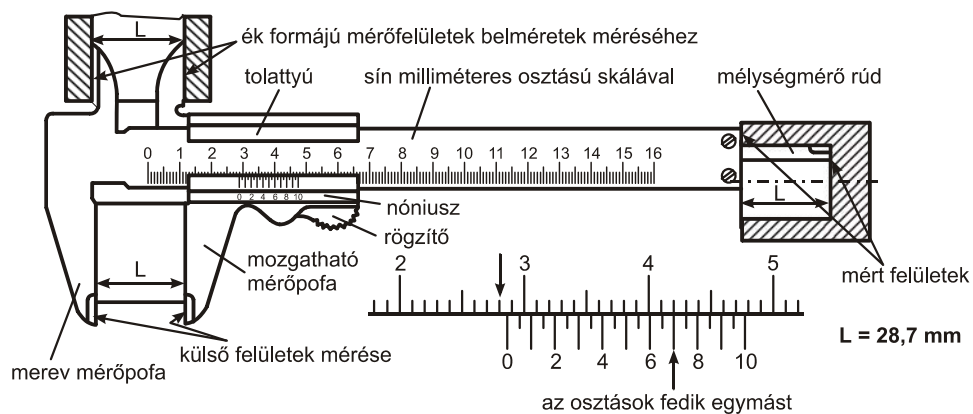
2.35. ábra
Termikusan vágott felület eltérései

2. Hegesztéshez kapcsolódó mérés-, irányítás- és biztonságtechnika

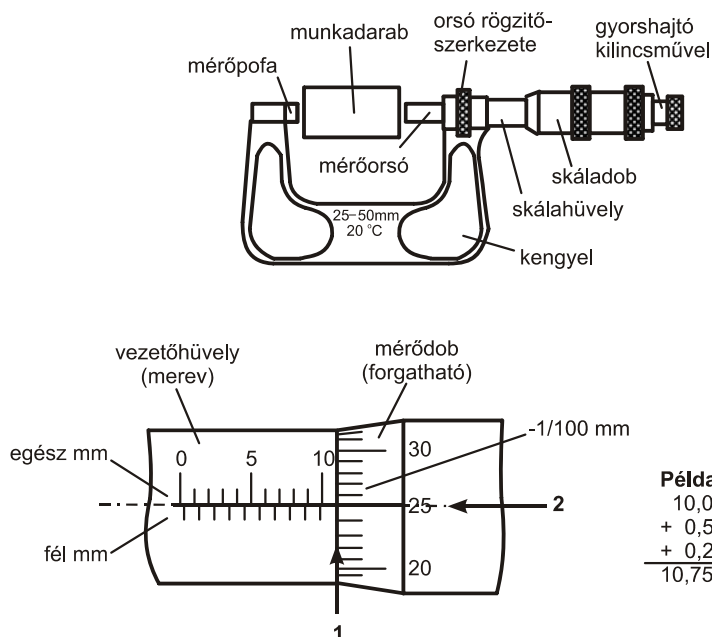


2.36. ábra (I.)
Geometriai mérések eszközei

2. Hegesztéshez kapcsolódó mérés-, irányítás- és biztonságtechnika



Tolómérő és leolvasása

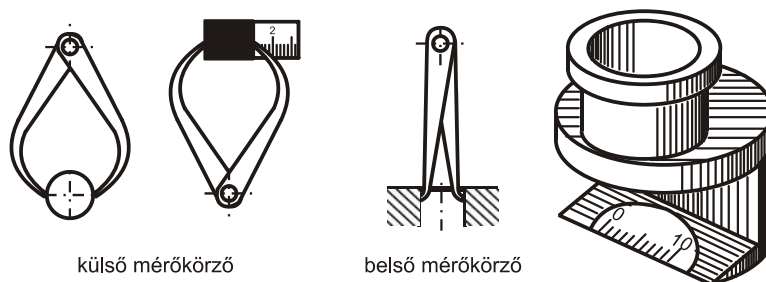


Példa:
 10,00 egész mm
 + 0,5 fél mm
 + 0,25 1/100 mm
 —————
 10,75 mm mért érték

Mikrométer és leolvasása

2.36. ábra (II.)
 Geometriai mérések eszközei

2. Hegesztéshez kapcsolódó mérés-, irányítás- és biztonságtechnika

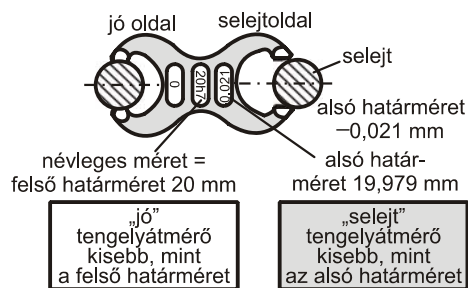


külső mérőkörző

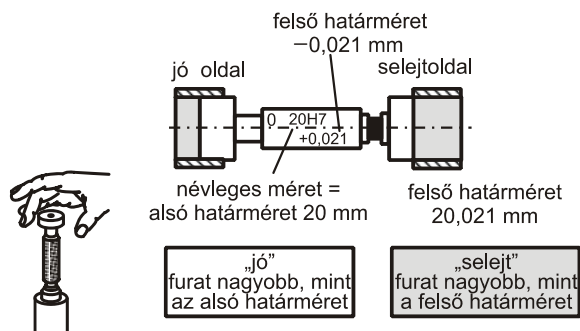
belső mérőkörző

Mérőkörzők

Mérőlupe



Tengely ellenőrzése villás határidomszerrel

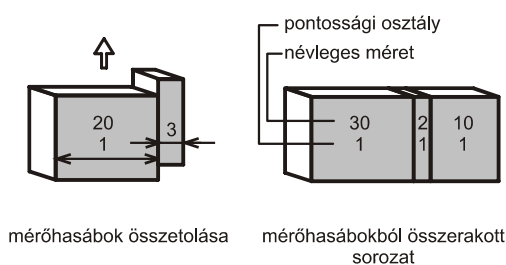
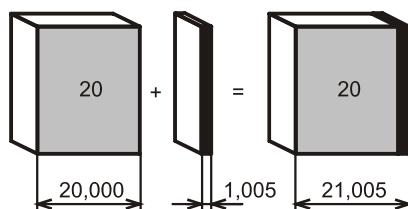
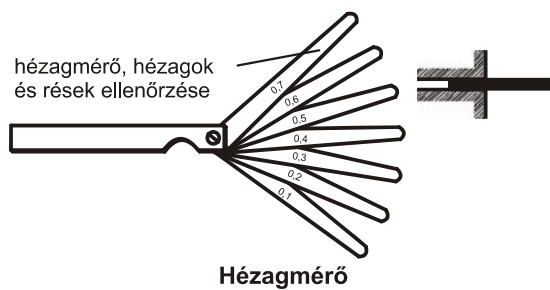


Furat ellenőrzése dugós határidomszerrel

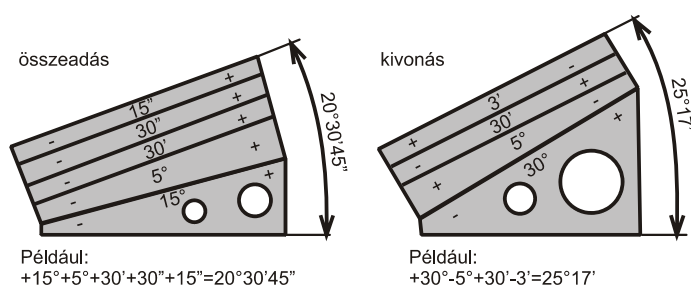
Méretidomszerek

2.36. ábra (III.)
Geometriai mérések eszközei

2. Hegesztéshez kapcsolódó mérés-, irányítás- és biztonságtechnika



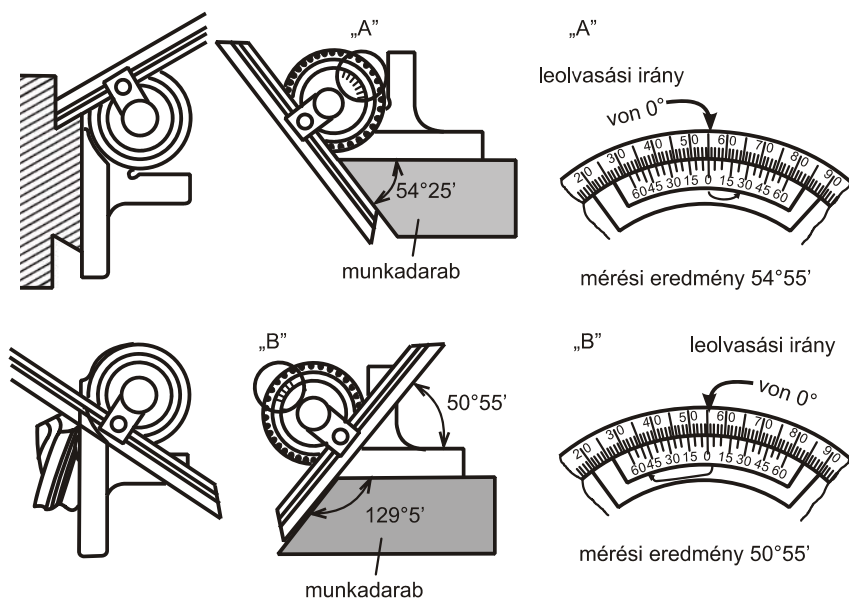
Mérőhasábok összerakása



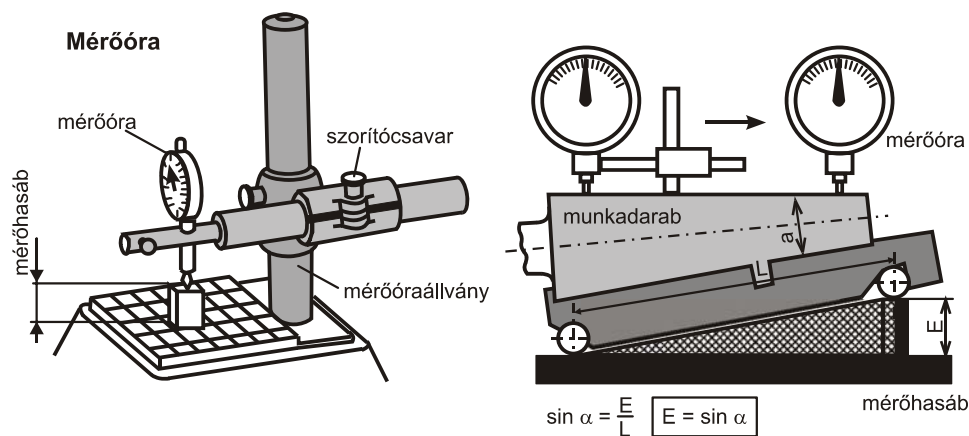
Szögmérőhasábok

2.36. ábra (IV.)
Geometriai mérések eszközei

2. Hegesztéshez kapcsolódó mérés-, irányítás- és biztonságtechnika



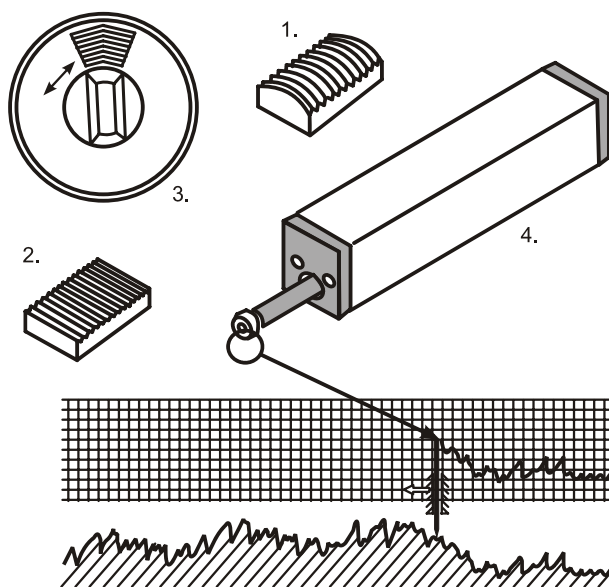
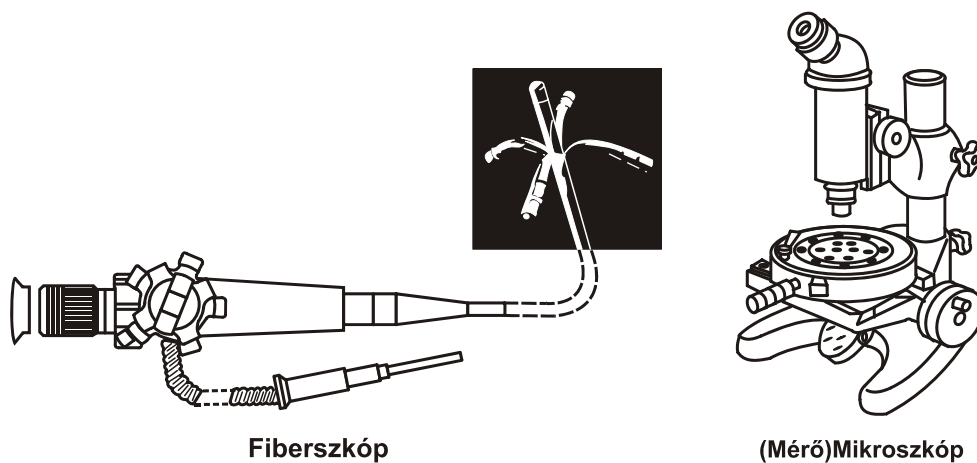
Egyetemes szögmérő leolvasása



A munkadarab hajlásszögének ellenőrzése mérőórával és szinuszvonalzóval

2.36. ábra (V.)
Geometriai mérések eszközei

2. Hegesztéshez kapcsolódó mérés-, irányítás- és biztonságtechnika



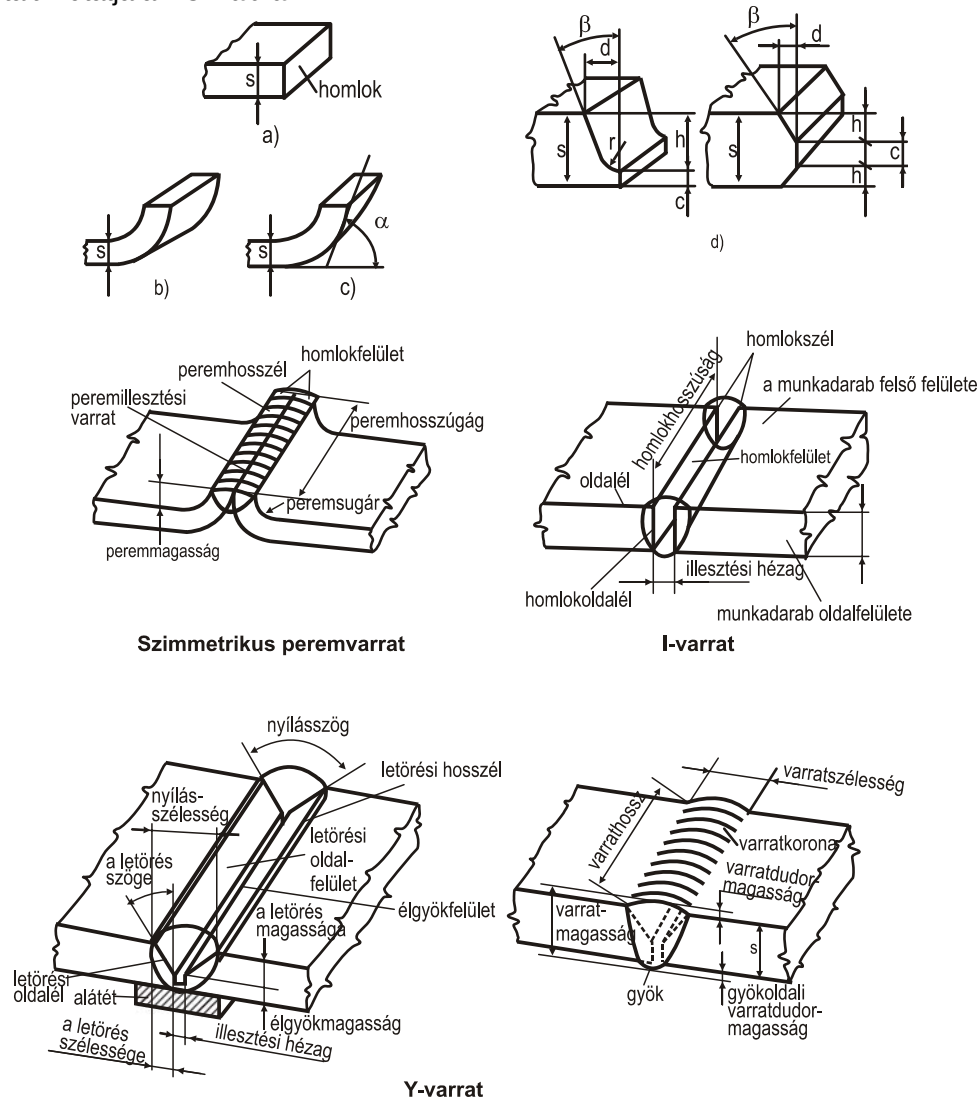
1. fémetalon hengeres felületekhez
2. fémetalon sík felületekhez
3. fémbevonatú műanyag etalonsorozat
4. érdességmérő műszer

Érdességmérők

2.36. ábra (VI.)
Geometriai mérések eszközei

2. Hegesztéshez kapcsolódó mérés-, irányítás- és biztonságtechnika

A hegesztési él előkészítésének mérendő, illetve ellenőrizendő geometriai adatait mutatja a **2.37. ábra**.

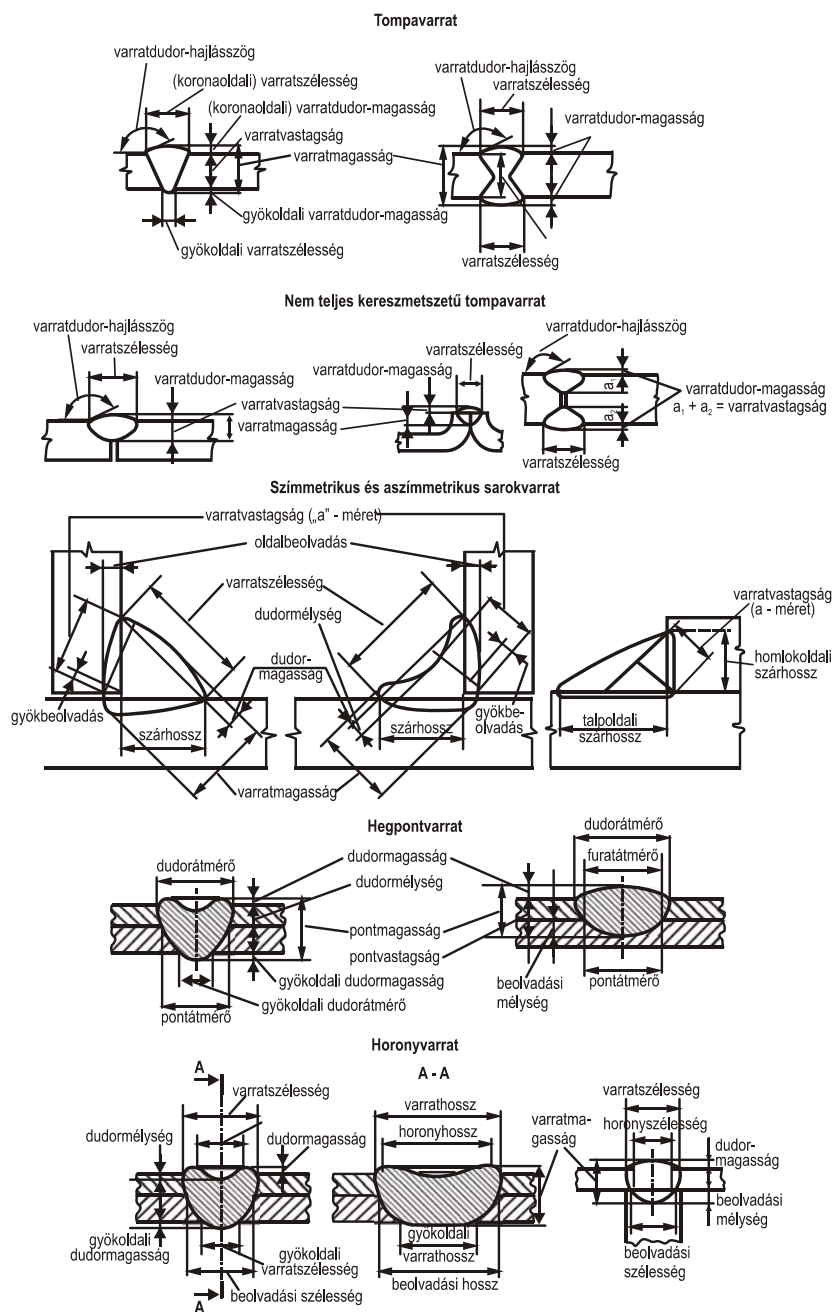


2.37. ábra

Hegesztési él előkészítés geometriai jellemzői

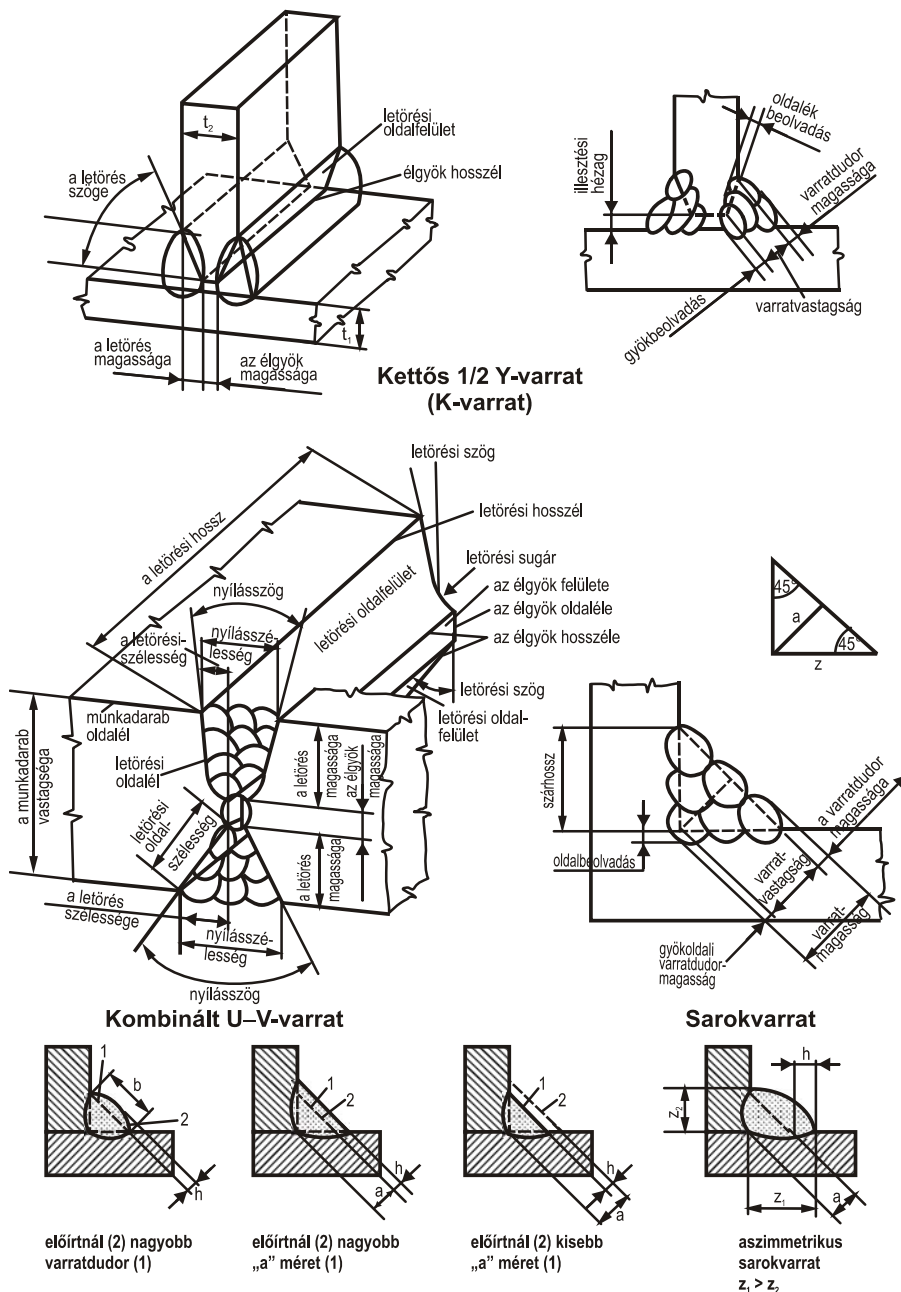
Különbéle hegesztett varratok mérendő, illetve ellenőrizendő geometriai adatait a **2.38.** és **2.39. ábra** szemlélteti. A varratgeometria ellenőrzésének néhány különleges, a **2.36. ábrán** nem szereplő eszközt mutatja a **2.40. ábra**.

2. Hegesztéshez kapcsolódó mérés-, irányítás- és biztonságtechnika



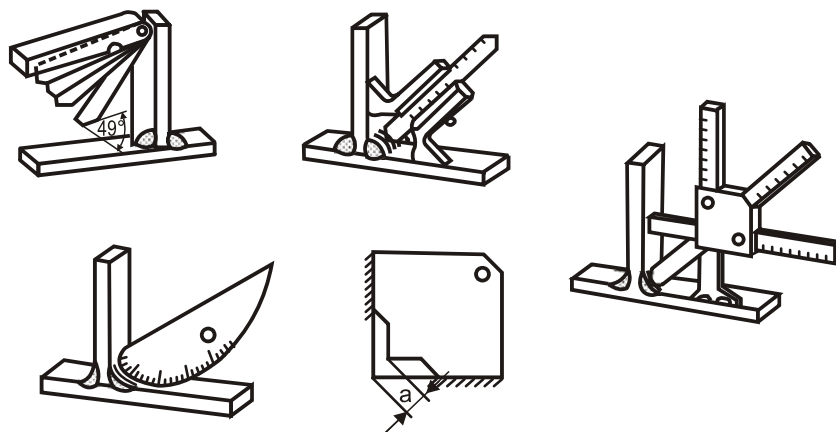
2.38. ábra
Hegesztett varratok jellemző méretei (I.)

2. Hegesztéshez kapcsolódó mérés-, irányítás- és biztonságtechnika



2.39. ábra
Hegesztett varratok jellemző méretei (II.)

2. Hegesztéshez kapcsolódó mérés-, irányítás- és biztonságtechnika



2.40. ábra

Varratgeometria ellenőrzésére használatos eszközök

Az alak és a méretek mellett a felület, illetve annak állapota is fontos mérési szempont lehet. A felület az anyag (termék) gondosan megmunkált, gyakran többféle eljárással befolyásolt része. Az anyagok (termékek) valóságos felületei tehát nem ideálisan simák, hanem kiemelkedések (csúcsok) és bemélyedések (árkok) sorozatából állnak. A valós felület nagyított metszetét tekintve az ismétlődő szabálytalanságok relatív nagyságrendje szerint megkülönböztethető (2.41. ábra):

- hullámosság, amelynek periodicitása („hullámhossza”) viszonylag nagy, és ehhez képest mélysége („amplitúdója”) viszonylag kicsi;
- érdesség, amelynek periodicitása („hullámhossza”) viszonylag kicsi, és ehhez képest mélysége („amplitúdója”) viszonylag nagy.

Az érdességet szabványos mérőszámokkal szokás jellemezni.

- A maximális érdesség (R_y) a legmagasabb csúcs és a legmélyebb árkok közötti távolság. A helyi maximális érdesség (R_{max}) az $\ell_m = 5 \cdot \ell_e$ alaphosszon (mérészakaszon) előforduló legnagyobb csúcs–árkok távolság.
- Az egyenetlenség-magasság (R_z) 5 egymással határos, egyforma hosszúságú mintaszakaszon ($\ell_e = \ell_m / 5$) mért helyi maximális érdesség (Z_i) számtani középértéke:

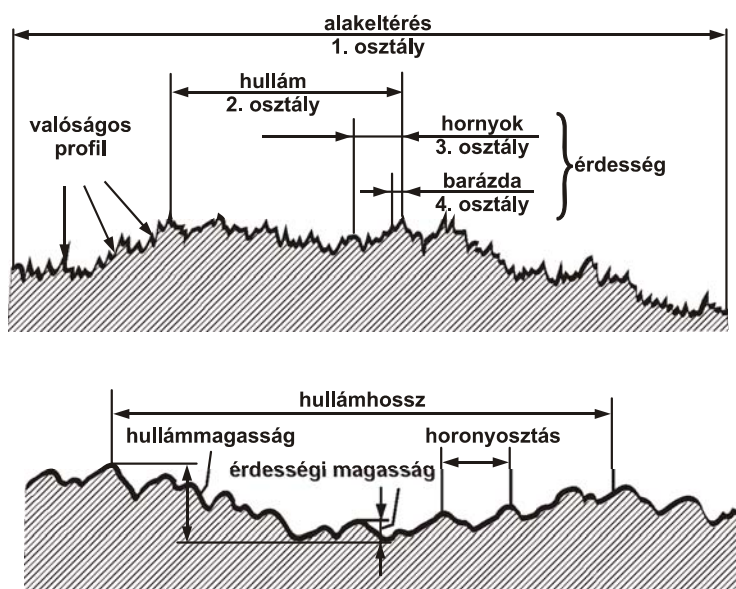
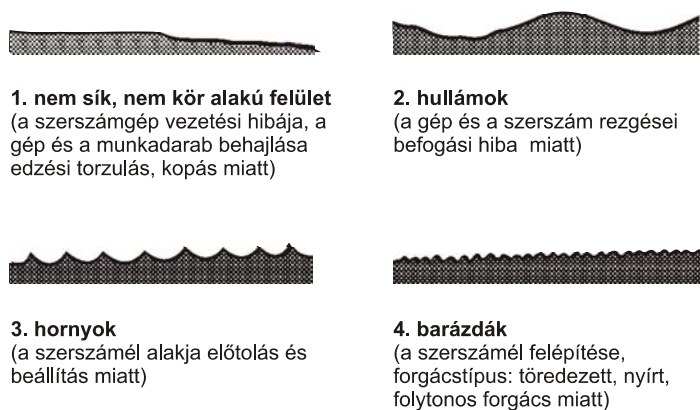
$$R_z = \frac{Z_1 + Z_2 + Z_3 + Z_4 + Z_5}{5}.$$

- Az átlagos érdesség (R_a) az észlelt érdességprofil pontjainak az $\ell_m = 5 \cdot \ell_e$ alaphosszon (mérészakaszon) megállapítható középvonalhoz képesti átlagos távolsága. Ez a középvonal úgy osztja ketté egy geometriai egyenessel az észlelt érdességprofil, hogy a felette lévő kiemelkedések területe (ΣA_o) és az alatta lévő bemélyedések (ΣA_u) területe megegyezik. Az R_a átlagos érdesség tehát az $A = \Sigma A_o + \Sigma A_u = \ell_m \cdot R_a$ egyenletből:

2. Hegesztéshez kapcsolódó mérés-, irányítás- és biztonságtechnika

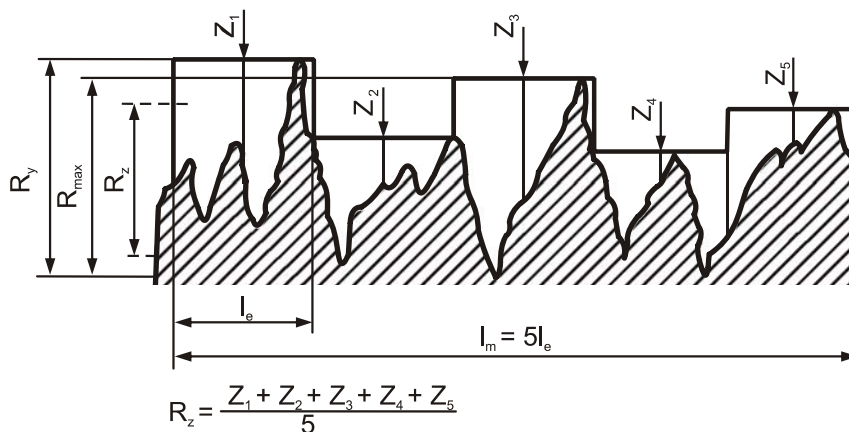
$$R_a = \frac{1}{\ell_m} A = \frac{1}{\ell_m} (\sum A_o + \sum A_u), \text{ ami tulajdonképpen az } R_a = \frac{1}{\ell_m} \int_0^{\ell_m} |z(x)| dx$$

integrál érdességmérő műszerrel meghatározott értéke, ahol $z(x)$ a felületi érdesség profilgörbéjét leíró – analitikus formában nem definiált – függvény. A használatos érdességi osztályok (felületminőségi előírások) R_a és R_z értékeit μm -ben szokás megadni.



2.41. ábra (I.)
Felületi hullámosság és érdesség

2. Hegesztéshez kapcsolódó mérés-, irányítás- és biztonságtechnika



Az érdesség mérőszámai: R_y , R_{max} , R_z

R_y = maximális érdesség

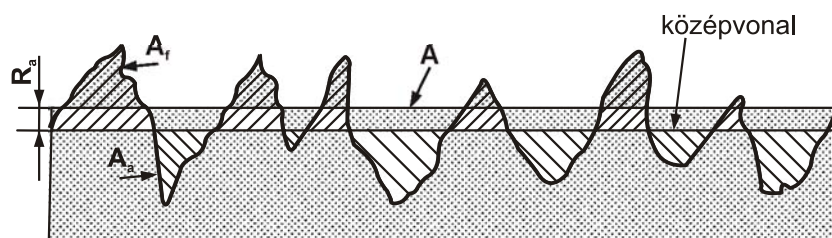
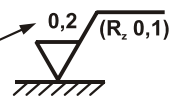
R_{max} = helyi maximális érdesség

R_z = egyenetlenségi magasság

R_a vagy más érdességi mérőszám $0,2 \sqrt{(R_z, 0,1)}$

$$\sum A_f = \sum A_a$$

$$A = \sum A_f + \sum A_a$$



Az A terület a közép vonal feletti területek (A_f) és az az alatti területek (A_a) összege

R_a = átlagos érdesség

2.41. ábra (II.)
Felületi hullámosság és érdesség

Felületvizsgálat – melynek néhány eszköze szintén a **2.36. ábrán** látható – célja lehet a felületállapot (elváltozások, hiányosságok, bevonat, esztétika) és a felületi érdesség vizsgálata.

2. Hegesztéshez kapcsolódó mérés-, irányítás- és biztonságtechnika

A felületállapot vizsgálata végezhető tükrökkel, kézi nagyítóval, lupéval, illetve mikroszkóppal (külső felületeken); endoszkóppal, fiberszkóppal, videoszóppal (belső felületeken); továbbá az ún. roncsolásmentes vizsgálatok közül a folyadékbehatolásos, a mágnesezhető poros és az örvényáramos eljárással.

A felületi érdességvizsgálat végezhető összehasonlítással és objektív méréssel.

- Az első esetben a felületet etalonokkal (a különböző érdességi osztályoknak megfelelő felületmintákkal) hasonlítják össze szemrevételezés, illetve körömmel való karcolás útján. Ez magában hordozza a szubjektív hibák (tévedések) lehetőségét és ezáltal a vizsgálat kisebb megbízhatóságát.
- A másik esetben az érdesség tényleges mérését lehetővé tevő, objektív információkat szolgáltató (finommechanikai, optikai, elektronikus, pneumatikus) műszerek alkalmazásával végzik a vizsgálatot. Gyakori megoldás, hogy egy nagy keménységű, precíziósan kialakított, kúpos tapintócsúcs a kijelölt alaphosszon végigtapogatja a felületet, és kirajzolja az érdességprofil, illetve azt kiértékelve megadja R_a és R_z számértékét.

Koordináta-méréstechnika

A koordináta-méréstechnika alapelve rendkívül egyszerű. Az alap koordináta-rendszert valamilyen gép biztosítja (ez lehet koordináta-mérőgép, de akár a CNC megmunkáló gép is), amely a három egymásra merőlegesen álló tengelyével megtestesít egy térbeli koordináta-rendszert, egy alaprendszert, és ezen tengelyek mentén elmozdulási lehetőséget biztosít. A koordinátatengelyek elnevezései: X tengely, Y tengely, Z tengely. Az elvi alapot az jelenti, hogy meghatározzák ezt a koordinátarendszert, amiben bármely alak pontokkal leképezhető, ugyanakkor maga a pont X, Y és Z értékével egyértelműen ábrázolható ebben a koordináta-rendszerben.

A koordináta-méréstechnika során a mérési művelet abból áll, hogy meghatározzák a mérendő munkadarab különböző pontjainak X, Y és Z értékeit, majd ezen pontok segítségével kiszámítják a kívánt jellemzőt. Ehhez viszont az alábbi feltételekre van szükség:

- a három egymásra merőleges tengely mentén való elmozdulást mérni kell, szükség van mindhárom irányban valamilyen mérőrendszerre;
- a kívánt pontokat fel kell tudni venni, szükség van tapintórendszerre;
- a felvett pontokat ki kell értékelni, szükség van számítógépes rendszerre (mérőszoftverre).

A koordinátamérés rendszerei:

Telepített rendszerek:

- telepített mérőgépek,
- CNC-gépek mérőrendszerrel.

Mozgó rendszerek:

- hordozható mérőgépek,
- különböző trackerek.

2.2.4. Analitikai mérések

Az összetétel fejezi ki, hogy az anyag (pl. hegesztendő anyag, hozaganyag) a periódusos rendszer (1.36. ábra) mely elemeit tartalmazza, illetve milyen vegyületekből áll, és ezek az elemek, illetve vegyületek milyen koncentrációban vannak jelen. Az előbbi minőségi mutató, az utóbbi pedig mennyiségi információ. Meghatározásukhoz minőségi (kvalitatív) és mennyiségi (kvantitatív) analízisre van szükség, mely kémiai, illetve fizikai elveken alapuló vizsgálatokat jelent.

A mennyiségi adatok az anyagösszetevők tömeghányadát jelölik, így rendszert tömegtörtként vagy tömeg- (vagy súly-) százalékban ($1\% = 10^{-2}$), illetve ezrelékben ($1\text{‰} = 10^{-3}$), esetenként atomszázalékban határozhatók meg. A nagyon kis mennyiségek, koncentrációk kifejezésére a „part” = rész és a „per” szavak, valamint a szám nevéből származó kifejezést is alkalmazzák: ppm (parts per million = 10^{-6}), azaz milliommód rész, vagyis $100\%/10^6 = 0,0001\%$

Például felrakó hegesztésnél fontos lehet az anyag valamely jellemző irány (pl. felülettől befelé) menti összetétel-változásának ismerete is, amelyhez tartozó vizsgálattechnológiát a számítógépek és mikroszondák, illetve nagy teljesítményű mérésiértékelő módszerek alkalmazása jellemzi.

Az összetétel, illetve annak meghatározása szempontjából különbséget lehet tenni a szerves anyagok (műanyagok, polimerek) és a szervetlen anyagok (fémek, kerámiák) között, ugyanis az előbbiek zömmel kisebb rendszámú, míg az utóbbiak inkább a nagyobb rendszámú elemekből épülnek fel. Ez az alkalmazható vizsgálattechnika kimutatási képességével, mérési érzékenységevel is összefügg, mivel egyes módszerek a kisebb rendszámú elemek tartományában nem vagy csak pontatlanul adnak információt. Ismeretlen anyag esetében a kémiai összetétel elemzése anyagazonosításra, anyagcsoportba sorolásra is szolgál.

Szerves szerkezeti anyagok esetében azonosításra elsősorban infravörös fény abszorpcióján (előzetesen molekulák fénygerjesztésén) alapuló spektrometriát alkalmaznak. A molekulatípusokra vonatkozóan a legtöbb információt az alkotó atomok tömegét pontosan meghatározó tömegspektrométerrel lehet szerezni. Polimer molekulák nagysága és molekulatömeg-eloszlása szétválasztó kromatográfia segítségével határozható meg. A kis mennyiségben jelen lévő alkotórészeket (pl. a műanyagok különböző adalékait) az alapanyagból eltávolítják, majd azokat elválasztják egymástól, és mennyiségüket a fajlagos fluoreszcencia, a törésmutató vagy a fényabszorpció segítségével határozzák meg. A mágneses magrezonancia (NMR) vizsgálatok a kémiai összetétel meghatározása mellett alkalmasak a polimer molekulák finomszerkezetének (pl. elágazások, kopolimerek alkotóegységei, egymáshoz viszonyított elhelyezkedése) minőségi és mennyiségi analízisére.

Szervetlen szerkezeti anyagok analízisének klasszikus módszere a nedves-kémiai elemzés, melynek során vegyszerekkel (pl. erős savakkal) reagáltatják az anyagmintát, minek során színreakció, csapadékképződés vagy gázfejlődés következik be. A mérni kívánt ötvözőkhöz, illetve szennyezőkhöz igazodva kiválasztott marató anyag az összetevő elemeket sóoldattá alakítja, melyhez más oldott sókat vagy nátrónlúgot kevernek. Az egy- vagy kétlépéses átalakulás oldhatatlan csapa-

2. Hegesztéshez kapcsolódó mérés-, irányítás- és biztonságtechnika

déket képez, mely egyértelműen utal a kiindulási anyagokra. A tömeganalízishez a csapadékot leszűrik, megszáritják és mérik.

A szilárd anyagok fény-, illetve röntgensugárzással (elektromágneses sugárzással), elektronokkal, illetve ionokkal (részecskesugárzással) való vizsgálata megadja annak lehetőségét, hogy a primer sugárnyalábok segítségével az atomi tartományokban is információkat nyerjenek az anyagokról. Az ehhez szükséges magas színvonalú vizsgálati technika lényegében az elektronika és a vákuumtechnika nagyarányú fejlődésének köszönhető.

A vizsgálati eljárások általában a gerjesztő sugárzás és a vizsgálandó anyagminta közötti kölcsönhatáson alapulnak, amely lehet rugalmas vagy rugalmatlan. Rugalmas kölcsönhatás esetén elsősorban a beeső sugárzás iránya változik meg (szóródás, elhajlás), ezen alapulnak a mikroszkópi és a diffrakciós vizsgálatok. A rugalmatlan (kvantummechanikai alapon értelmezhető) kölcsönhatások az esetek többségében – megfelelő gerjesztési folyamat révén – a vizsgálati anyagminta atomjainak elektronhéjaiból származó részecske-, illetve elektromágneses sugárzáshoz (emisszióhoz) vezetnek.

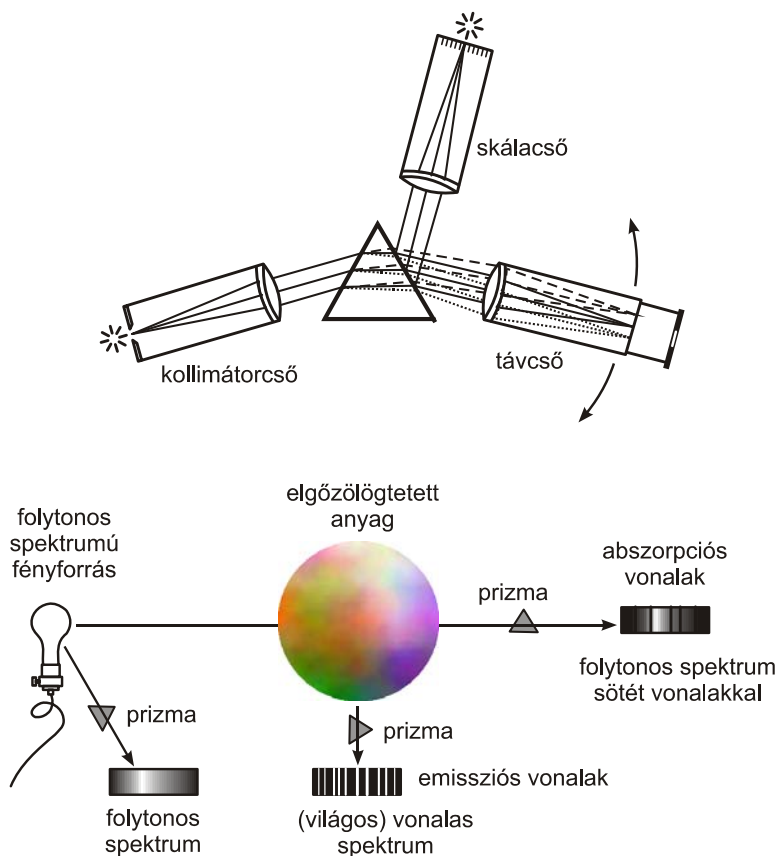
Az emittált (kibocsátott) sugárzás hullámhossz- és/vagy energiaeloszlásának, valamint a gerjesztő sugárzás által elszenvedett energiavesztésnek a mérése is szolgáltat információkat. Azt, hogy a röntgensugárzás, illetve az elektronok vagy az ionok segítségével milyen jellegű információkat kaphatunk a vizsgált anyagról, lényegében a primer sugárzás és a besugárzott szilárd anyag közötti kölcsönhatás intenzitása és behatolási mélysége adja meg. Az intenzitás a röntgensugárzástól az elektronsugárzáson keresztül az ionsugárzás felé növekszik, viszont a behatolási mélység ellentétesen változik, azaz röntgensugárzással „térfogati”, az ionokkal „felületi” vizsgálatok végezhetők. A vizsgálatok által érintett anyagtartomány nagyságát a primer sugárnyaláb fókuszolásának lehetősége szabja meg. Az elérhető sugárnyaláb-átmérő elektronok esetén néhány tized nm, ionok esetén 1 μm -es, röntgen esetén 10 μm -es nagyságrendű.

A keletkező szekunder sugárzás spektrális, vagyis hullámhossz szerinti szétválasztása az anyagban lévő atom- vagy iontípusokról tájékoztat (tulajdonképpen az anyagot alkotó egyes elemek beazonosítása történik), míg az elemtípusokból emittált (egy adott hullámhosszhoz tartozó), ún. karakterisztikus sugárzás intenzitásának méréséből ennek az elemnek az anyagbeli tömeghányadára következtetnek (a kémiai összetételt határozzák meg).

A spektroszkópia fényforrások (pl. lánggal vagy szikrakisüléssel elgőzölögtetett anyag) színeképeinek elemzésén (2.42. ábra) alapuló optikai módszer, az anyagalkotó elemek azonosítására, illetve az anyagösszetétel-meghatározására, elektromágneses vagy részecskesugárzással való kölcsönhatás révén. Tehát a fizikai színeképelemző módszerek elve az, hogy nagy hőmérsékletű gázoknak, gőzöknek nem folyamatos, hanem összetételükre jellemző, vonalas színeképük van, azaz minden gerjesztett elem a rá jellemző hullámhosszakon sugároz, mégpedig jelenlétének arányától függő intenzitással. A színeképelemzés gyakorlata szerint a vizsgált szilárd anyagot (pl. szikrakisüléssel, elektromos ívvel gerjesztve) elgőzölögtetik, majd a gőz fényét prizmával színeire bontják, és a színeképben megjelenő vona-

2. Hegesztéshez kapcsolódó mérés-, irányítás- és biztonságtechnika

lak hullámhosszai (eloszlása) alapján minőségi, a sugárzás intenzitása alapján mennyiségi információkat határoznak meg.



2.42. ábra

Fizikai színeképelemzés elve és információtartalma

A szilárd anyagok tulajdonságainak átfogóbb jellemzése érdekében kombinált eljárások, illetve ennek megfelelő berendezések kialakítása célszerű, amit gyakran gazdasági szempontok is indokolnak. Ilyen készülékre legjellemzőbb példa a pásztázó elektronmikroszkóp és az elektronsugaras mikroanalizátor kombinációja.

Valamely szilárd anyag sűrűsége tömegének és térfogatának viszonyszáma, azaz térfogategységre vonatkoztatott tömeg:

$$\rho = \frac{m}{V} \quad \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right],$$

2. Hegesztéshez kapcsolódó mérés-, irányítás- és biztonságtechnika

amit az anyagszerkezeti jellemzők (alkotók atomtömege, illetve rendszáma, atom-sugara; kristályos vagy amorf felépítés, pórusosság stb.) határoznak meg. Használják a hosszegységre vonatkoztatott tömeget (kg/m, pl. 1 méter Ø 35 mm-es rúd-acél tömege 7,55 kg), illetve a területegységre vonatkoztatott tömeget (kg/m², pl. 1 m² 1 mm vastag acéllemez tömege 7,85 kg) is.

A sűrűség nagymértékben befolyásolja az adott szerkezeti anyagból készített termék önsúlyát. Az anyagok sűrűsége függ a hőmérséklettől, általában melege-déskor csökken. A sűrűség nyomástól való függésének a szilárd anyagoknál nincs gyakorlati jelentősége.

A sűrűség reciproka a fajtérfogat, míg a fajsúly a ρ sűrűség és a g gravitációs gyorsulás szorzata vagy a G súly és a V térfogat hányadosa:

$$\gamma = \rho \cdot g = \frac{G}{V} \quad \left[\frac{N}{m^3} \right],$$

ami ennek következtében nem teljesen állandó. Ugyanis a nehézségi gyorsulás, illetve az ezzel számítható súly térben (földrajzi szélességgel, földkéreg nem egyenletes tömegeloszlásával stb.) és időben (ár-apály hatásokkal, földkéreg- és magbéli mozgásokkal) változik. Természetesen az általános gyakorlatban „meg-elégészenek” az átlagos $g = 9,81 \text{ m/s}^2$, sőt a kerekített $g = 10 \text{ m/s}^2$ állandó értékkel való szorzattal is.

Szokás még a relatív sűrűség fogalmának használata is, mely az adott anyag és a víz ($\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$) sűrűségének hányadosaként értelmezett, mértékegység nélküli szám. A relatív sűrűség egy másfajta értelmezésben a szilárd hab sűrűségének és azon tömör szilárd anyag sűrűségének hányadosa, amelyből a habot készítették. Ez egyben mértéke annak a térfogathányadnak is, amelyet a szilárd anyag a habon belül kitölt.

Szintén a sűrűség egy rokonjellemzője a százalékosan kifejezett vízfelvevő képesség (vízabszorpció), mely elsősorban a tömör és a habosított polimerek jellemzője. A poláros csoportokat tartalmazó polimerek (pl. a poliamidok) több vizet vesznek fel, mint azok, amelyek nem tartalmaznak ilyeneket (pl. a polietilének).

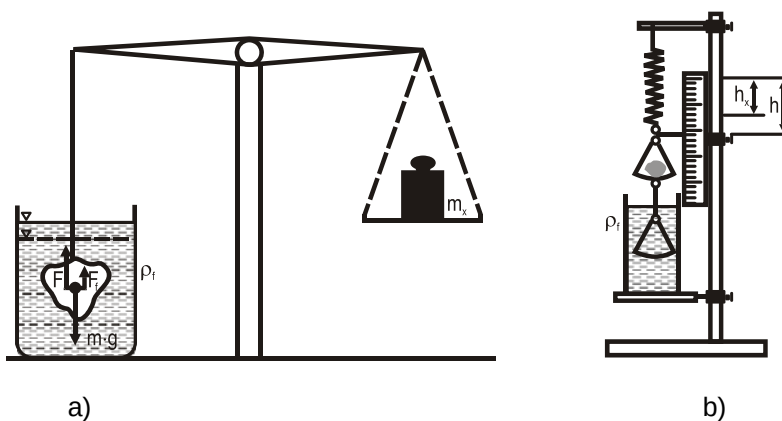
Valamely homogén test, illetve anyag sűrűségének abszolút meghatározásához tömeg- és térfogatmérés szükséges. Mivel a térfogatnak geometriai mérésekkel, illetve számítással való meghatározása csak egyszerű alakú, teljesen tömör testeknél alkalmazható, és általában nem éri el a tömegmérés nagy pontosságát, ezért a térfogat-meghatározást – így az erre szolgáló mérőhengerek hitelesítését is – tömegmérésre vagy súlymérésre vezetnek vissza.

A szilárd anyagok, illetve testek sűrűségmérésének elve Arkhimédészétől (i.e. 287–212) származik. A szilárd anyagot ismert sűrűségű (ρ_f), állandó hőmérsékleten (pl. 20 °C-on) tartott folyadékba ($\rho_{\text{víz}, 20^\circ\text{C}} = 998,204 \text{ kg/m}^3$) merítve, a térfogata az igen pontosan mérhető felhajtóerőből kiszámítható, míg a tömeget (m) analitikai mérleggel nagyon pontosan lehet mérni.

2. Hegesztéshez kapcsolódó mérés-, irányítás- és biztonságtechnika

A **2.43/a. ábra** szerint a folyadékba merített anyagdarab $m \cdot g$ nehézségi erejét a hidrosztatikai mérleg másik karján ható kiegyensúlyozó tömeg (m_x) tartóerejének ($F = m_x \cdot g$) és a folyadék felhajtóerejének ($F_f = V \cdot g \cdot \rho_f$) összege kompenzálja. Ezzel

$$V = \frac{F_f}{g \cdot \rho_f} = \frac{m \cdot g - m_x \cdot g}{g \cdot \rho_f} \rightarrow \rho = \frac{m}{V} = \frac{m \cdot g \cdot \rho_f}{m \cdot g - m_x \cdot g} = \frac{m}{m - m_x} \cdot \rho_f$$



2.43. ábra
Sűrűségmérés

A Jolly-féle rugós mérleggel végzett sűrűségméréskor (**2.43/b. ábra**) a vizsgálandó anyagdarabot a felső serpenyőre helyezve leolvasható a test $m \cdot g$ súlyával arányos h megnyúlás. Ezután a testet áttéve a mindig ugyanaddig a jellegű ρ_f sűrűségű folyadékba merülő alsó serpenyőbe, mérhető az $m_x \cdot g$ látszólagos súllyal arányos h_x megnyúlás. A kapott adatok alapján a keresett sűrűség:

$$\rho = \frac{h}{h - h_x} \cdot \rho_f$$

A sűrűség fenti képletei függetlenek a g értékétől, így az eredmény nem függ a vizsgálat helyszínétől (pl. a Holdon is ugyanaz a számérték adódna).

A vízfelvevő képesség (vízabszorpció) azzal a százalékos tömeggyarapodással fejezhető ki, ami a szabványos polimer, illetve a szilárd hab próbatest szobahőmérsékletű vízbe merítése után mérhető. A 24 órás vízbe merítési időtartam alatt a vízfelvételben telítési (telítettségi) szint alakul ki. Bizonyos anyagoknál a vízfelvevő képesség térfogatnövekménnyel, duzzadással is összefüggésbe hozható. A nedvességtartalom ismerete azért is fontos, mert a nedvességtartalom befolyásolja a polimerek tulajdonságait egyfajta lágyító, alakíthatóságot fokozó hatásként.

2.3. Irányítástechnika

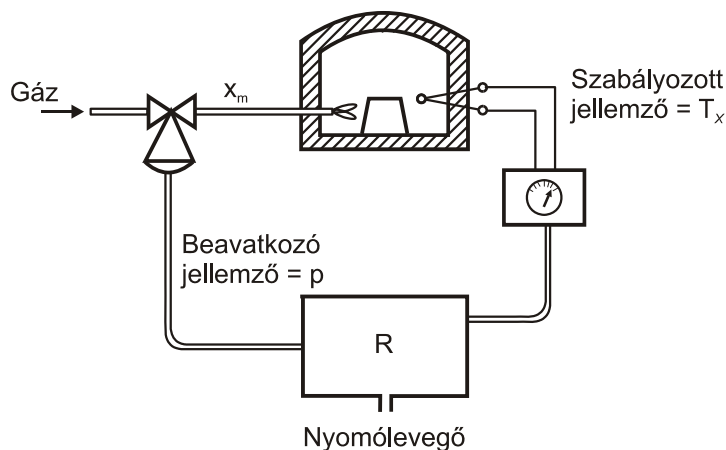
Az irányítás olyan művelet, amelynek révén valamely műszaki folyamatba beavatkozás történik annak elvárt szintű megvalósulása érdekében. Az irányítás fő funkciói a következők:

- információszerzés az irányítandó folyamatról,
- az információk alapján megvalósítandó ítéletalkotás,
- az ítéletalkotás eredményeként létrejövő rendelkezés kiadása és beavatkozás.

Például egy hegesztési feszültségek csökkentésére alkalmas hőkezelő kemencét állandó $650\text{ }^{\circ}\text{C}$ -os hőmérsékleten kell tartani (**2.44. ábra**). Az előzőekben vázolt feladatok a konkrét esetre az alábbiak lesznek:

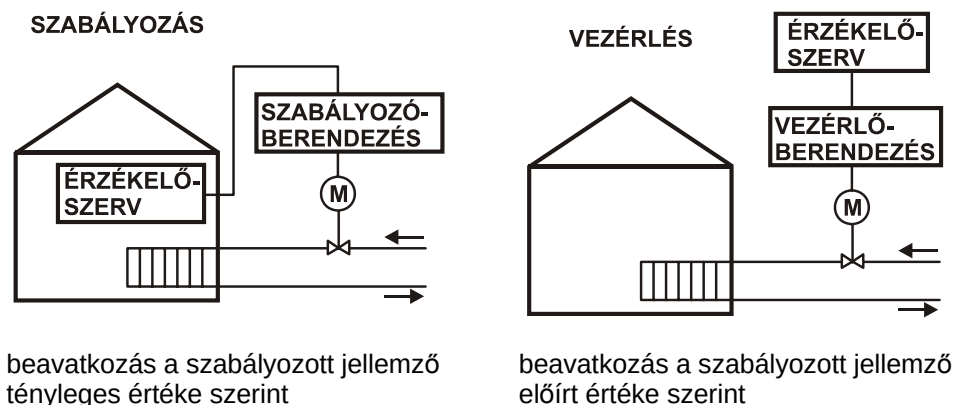
- mérni kell a kemence T_x hőmérsékletét (információszerzés);
- ellenőrizni kell, hogy $T_0 = 650\text{ }^{\circ}\text{C}$ -on van-e (ítéletalkotás $\Rightarrow$ rendelkezés);
 - ha $T_x = T_0$, akkor nem kell beavatkozni (A eset),
 - ha $T_x > T_0$, akkor ki kell kapcsolni a fűtést (B eset),
 - ha $T_x < T_0$, be kell kapcsolni a fűtést (C eset).

Az irányítás két módon valósítható meg: szabályozással vagy vezérléssel. Az előző példa egy szabályzási folyamatra vonatkozott, amikor a hőmérséklet előírt értékét – alapjelét – hasonlította össze a rendszer a mért értékkel, majd a különbség előjelétől függően a folyamatba visszacsatolva beavatkozott. A **2.45. ábra** ugyanannak a feladatnak mindkét irányítási formával megvalósítható megoldásait mutatja. A szabályozás a fűtött helyiség (pl. hegesztőműhely) tényleges hőmérsékletét veszi figyelembe a beavatkozásokhoz, míg a vezérléses megoldás pl. a kazánházban lévő kazán hőmérséklet-változásai alapján kapcsolja be, illetve ki a fűtést.



2.44. ábra
Hőkezelő kemence hőmérséklet-szabályozása

2. Hegesztéshez kapcsolódó mérés-, irányítás- és biztonságtechnika



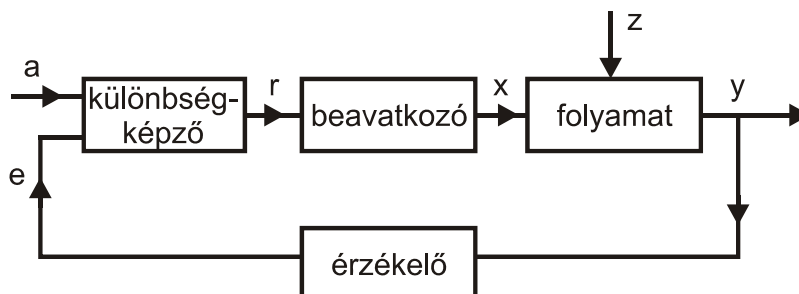
2.45. ábra
Épület hőmérséklettartása szabályozással vagy vezérléssel

Az irányítástechnikában tehát megkülönböztetnek vezérlést és szabályozást. A vezérlés nyílt láncú, vagyis az adott parancs végrehajtását nem ellenőrzik. Azt csak az adott információkkal előre meghatározzák, majd végrehajtják. A vezérlés elvén működő gépek egy részét programkapcsolású gépeknek is nevezik. Ilyenkor a tárolt információkban elhelyezett program csak az egymás után következő műveletek sorrendjét adja meg. Tehát a vezérlőberendezés minden egyes művelethez csak indító és leállító parancsot ad, de a vezérelt munkaciklusban a munkát végrehajtó szerkezet nem áll a vezérlőszerv befolyása alatt.

A szabályozás zárt láncú, a kiadott utasítást a végrehajtott folyamat paramétereivel – visszacsatolás útján – összehasonlítják, és ennek eredményeként a folyamatot korrigálják. Ha a berendezés irányítószerkezete zárt láncú, tehát szabályozási folyamatot lát el, a gépet programvezérlésűnek is nevezik. (Az így régebben már meghonosodott elnevezés helytelen, mert nem vezérlésről, hanem szabályozásról van szó.) Ilyenkor az irányítószerkezet nemcsak az egyes munkaelemek egymásutánját határozza meg, hanem az egyes munkaciklusok lefolyását is szabályozza. (Például megmunkálás közben érzékeli a munkadarab méretét, helyzetét és ha szükséges, a megmunkáló eszközt utánállítja.)

2.3.1. Szabályozás

A szabályozásnak mint zárt hatásláncú irányítási folyamatnak a blokkvázlatát a **2.46. ábra** mutatja. Az ábrán a az alapjel, e az ellenőrző jel, r a rendelkező jel, x a beavatkozó jel, z a folyamatra ható zavaró jel, y a szabályozott jellemző.



2.46. ábra
Szabályozás blokkvázlata

A felületi feszültség anyagátviteli hatásait figyelembe vevő áramforrásra mondható, hogy a hegesztőív fizikája alapján kialakított áramforrás. Az STT (surface-tension-transfer = felületi feszültség átvitelű) áramforrás nem dolgozik sem állandó áramú, sem állandó feszültségű üzemmódban. Inkább egy nagyfrekvenciás (széles sávú) áramszabályozású gép, ahol a teljesítmény az ív pillanatnyi követelményeihez igazodik, nem pedig egy „átlagos egyenfeszültséghez”.

Elvben az áramforrás mikroszekundumonként képes változtatni az áramerősséget. Részben gépesített alkalmazásokra tervezték, ahol a hegesztési sebesség, a huzalkinyúlás változó és rövidzárlatos az üzemmód. Ezzel az áramforrással egyaránt hegeszthető lágyacél CO₂ vagy argon védőgázban, illetve korrózióálló acél héliummal. A lényeges jellemzők: a csökkentett fröcskölés, könnyű hegesztés (különböző huzalkinyúlásnál is stabil ív), kis ívsugárzás és füstképződés, csökkentett hőbevitel vékony lemez hegesztésénél.

A kevesebb fröcskölés kevesebb utólagos tisztítási munkát jelent, és sokkal hosszabb időnként kell a gázfúvókából az összegyűlt fröcskölést kitisztítani, különösen CO₂ védőgáz alkalmazásakor. A csökkentett fröcskölés miatt a karbantartási igény csökken, és a pontos áramszabályozás miatt a hegesztő a kisebb ívsugárzásban és füstben könnyebben tudja tartani a helyes rövid ívet és pisztolyhajlásszöget.

Az áramforrás az ívfeszültség állapotváltozásai jeleinek felhasználásával szabályozza az áramellátást a **2.47. ábra** szerint.

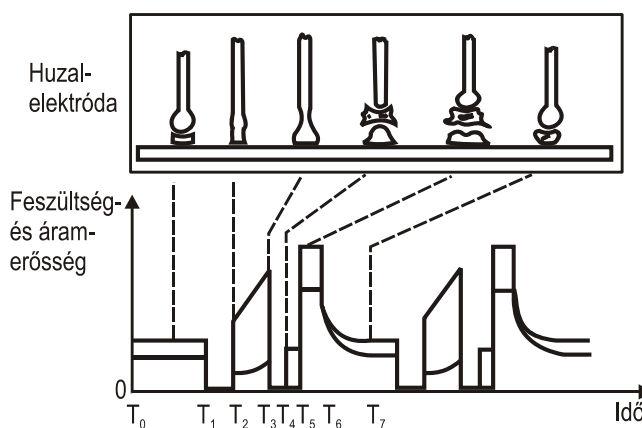
Az áramszabályozás lépései:

1. Alapáramú szakasz (T_0 – T_1): az ív árama állandó, 50–100 A.
2. Cseppidő (T_1 – T_2): ha a huzalelektroda rövidzárlatba kerül, az „ívfeszültség” érzékelő egy jelet ad, hogy az „ív” rövidül. Az alapáram 10 A-re korlátozódik kb. 0,75 μ s alatt. Ez az időtartam az úgynevezett cseppidő.
3. Az összeszűkítő pinch-erő időszaka (T_2 – T_3): a rövidzárlatban levő elektróda árama bizonyos meredekséggel növekszik. A megolvadt fém átvitele a hegfürdőbe a pinch-erő hatására gyorsul (a rövidzárlati feszültség nem nulla, mert a vas olvadásponti elektromos ellenállása nagy).
4. A dv/dt számítása (T_2 – T_3): a számítás még a pinch-erő időszakában történik. Ha a feszültségváltozás eléri egy egyedi dv/dt értéket, a rövidzárlat megszűnik.

2. Hegesztéshez kapcsolódó mérés-, irányítás- és biztonságtechnika

nése előtt – 1 μ s alatt – az áram 50 A-re korlátozódik (T_4 jelöli a rövidzárlat megszűnésének időpontját, de kis áramerősségnél).

5. Plazmaerősítés időszaka (T_5 – T_6): ez közvetlenül a rövidzárlat megszűnését követi, a nagy áramerősség miatt az elektróda gyorsan visszaolvad (a megömlött elektródavég nagyon szabálytalan lehet).
6. Plazmaidőszak (T_6 – T_7): a ciklus ezen szakaszában csökken le az áram az alapáram szintjére.



2.47. ábra

A hegesztőáram és feszültség jellegzetes hullámformája STT áramforrás esetén

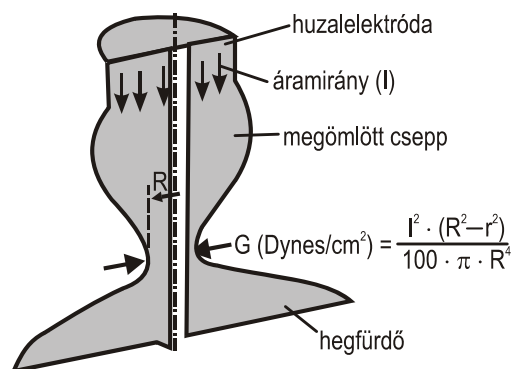
Az alapáram két feladatot lát el. Egyrészt elég energiát ad, hogy az ív sugárzási veszteségeit pótolja (ha kicsi az alapáram, a csepp megszilárdul, és a huzalvég a hegfürdőbe ütközik, az ív instabil lesz), másrészt hevíti az alapanyagot. Adott ívhossznál 100%-os CO_2 gázban az alapáram 50%-kal kisebb lehet, mint a 75% $\text{Ar}+25\% \text{CO}_2$ gázkeverékben. A fröcskölés jelentősen megnő, ha az alapáram 120 A fölé emelkedik.

A 120 A alatti alapáram mellett a felületi feszültség a huzalvégen közel gömb alakú cseppet alakít ki. Amikor a gömb a hegfürdőhöz ér, az áramerősség 150–200 A-ra nő, és ez fröcskölést okoz. A nagy áramerősség kis keresztmetszeten átfolyva a „biztosítékrobbanás” jelenségét hozza létre. A megfelelő, tipikus alapáram 75 A. A megömlött csepp a hegfürdőbe érve egy fémhidat hoz létre, és ekkor az alapáramot 10 A-re korlátozzák. Kb. 750 μ s után a szabályozott rövidzárlati áram egy befelé irányuló nyomást fejt ki a fémhídra. Ez a nyomás Northrup képlete (2.48. ábra) szerint: $G(\text{Dyn/cm}^2) = I^2(R^2 - r^2)/100\pi R^4$, ahol: I = az áramerősség (A), r = a vezető közepétől mért távolság (cm), R = a nyakátmérő (cm).

Ez a képlet mutatja, hogy a nyomás a vezető közepén a legnagyobb, a felszínen pedig már 0-ra csökken. Az úgynevezett pinch-nyomás a pinch-áram (I) hatására jön létre, de nem azonos az „elektromos pinch-átvitellel”, például a rövidzárlatmentes impulzus hegesztésnél.

2. Hegesztéshez kapcsolódó mérés-, irányítás- és biztonságtechnika

Mialatt a fémhíd nyaka vékonyodik, a keresztmetszet csökkenésével növekszik az elektromos ellenállás. Az ellenállás időbeni változása dR/dt , és a változást az időegység alatti feszültségváltozással mérik. Mivel a hegesztőáram állandó, a „dv/dt detektor” egy jelet ad, ha a rövidzár feszültségváltozása egy értéket meghalad, mely a rövidzár megszűntét jelzi. Ezt a jelet használják fel az áram tipikusan 50 A-re való korlátozására, miáltal a fröcskölés minimális lesz.



2.48. ábra

Fémátvitel Northrup képlete szerint

A rövidzár megszűnése után az ív újra kigyullad, és a megnövekvő áram az elektródát megolvasztja. Egyidejűleg az íverők a hegfürdőt lenyomják, és megnő az ívhossz. Az íváram mintegy 1–2 ms-ig tartja az ívet. Ha túl nagy az áram, sok az ömledék, és fröcskölés keletkezik.

Ha az elektródavég hőmérséklete eléri a forráspontot, vasgőz keletkezik. Ez a gőz segít az ívplazmát fenntartani, de oxigénnel egyesülve füstöt képez. Az áramforrás csökkenti a füstképződést és a fröcskölést, de ehhez kis kimeneti induktivitás és nagy működési frekvencia szükséges.

A plazmaszakaszban a plazmaerősítés után az áram logaritmikusan csökken, ami fontos, mert a plazma hirtelen megszűnése esetén a hegfürdő felkavarodik. A hegfürdő behorpadása következtében a katódsugár erői jelentősek, különösen 100%-os CO₂ védőgáznál.

Az alapáram ideje alatt az elektróda vége megömlik, és a saját felületi feszültsége miatt gömb alakra formálódik. Az áramerősség nagysága, a védőgáz, az elektródaösszetétel, átmérő és a huzalelőtolási sebesség függvénye. Elsődleges célja a folyékony csepp ellátása elegendő hővel. Így ennek szintnövelésével a lemez hevítése ellenőrizhető. Például argon/CO₂ védőgáznál, 1,2 mm átmérőjű hozaganyagnál az áram szintje nem lehet több, mint 120 A. 100% CO₂-nál a felső határ kb. 70 A.

A „könnyű hegesztés” (ease-off-welding) szabályozása fenntartja az állandó mértékű megömlés értékét ciklusonként. Általában a megömlött elektródavégen levő gömb jó átvitelt ad, ha a mérete 1,2-szerese az elektródaátmérőnek.

2. Hegesztéshez kapcsolódó mérés-, irányítás- és biztonságtechnika

Ha a csepp jelentősen nagyobb, mint az 1,2-szeres átmérő, a felületi feszültség erői nem képesek a cseppet gömb alakra formálni, csak esőcsepp alakra, és ez a csepptömeg mozgásba jön, leszakadáskor nagy fröcskölési csepp képződik, ami rendszerint a hegfürdő szélén a lemezre kerül.

Az említett „könnyű hegesztés” áramkör célja a megfelelő cseppméret fenntartása. A kezelő az áramforráson beállítja a kívánt huzalelőtolási sebességet, az elektródaparamétereket és a védőgáz típusát. A mikroprocesszor alapú szabályozó automatikusan állítja az ívplazmát (nagyság és idő, a plazmacsökkenés mértéke) és az alapáram szintjét. A hőbevitel szabályozásához a kezelő a komputer által beállított értékhez hozzáad vagy elvesz.

A rendszer méri az elektróda feszültségét a rövidzárási szakasz pinch-ciklusában, ahol az áram közel azonos ciklusról ciklusra. Ez a feszültség arányos a huzalkinyúlással. Ekkor nincs plazma-ívfeszültség, mivel nincs ív. A „kinyúlási feszültség” folyamatosan átlagolódik. A plazma létezése alatt a mintavételi (huzalkinyúlási) feszültség integrálódik. Ez egy lineáris lejtőt ad az idő függvényében, és mindig nullával indul a plazmaív-kialakulás kezdetén. Az emelkedő feszültség nagysága összehasonlításra kerül a „hő”referencia-szinttel. Ha a lejtő és a hőérték egyenlő, a plazmaerősítési idő befejeződik, és az eljárás kapcsolja a plazmaív-módot. A felfutás vagy a lejtőváltozás értéke közvetlenül megfelel a mintavételi kinyúlási feszültség nagyságának.

Tehát amint a huzalkinyúlás (ellenállás) változik, az integrál értéke változik, a plazmaerősítési idő változását okozva a megömlött elektróda térfogatfenntartásának irányában. Az elektródakinyúlás változása az energia fordított változását eredményezi. Ez megelőzi a nagy csepp kialakulását, amely a túl hosszú kinyúlás által keletkezik, mivel az $I^2 \cdot R \cdot t$ hője túlömleszti az elektródát. Például ha a kinyúlás rövidül, a plazmaerősítés ideje növekszik (nő az energia), fenntartva az előírt cseppméretet, tehát folyamatosan biztosítja a stabil ívet.

A „könnyű hegesztés” áramkör hasonló hatású, mint a hagyományos lapos jellegű áramforrás, kivéve a kisebb fröcskölést. A lapos jellegű áramforrásnál az átlagáram nő, ha a huzalkinyúlás csökken, és fordítva. A megömlött elektróda térfogata nem szabályozott. Az eredmény: rendszertelen rövidzárlat nagy fröcsköléssel.

A plazmaerősítés ciklusrész fontos szerepet játszik a jó beolvadásban. Az áramerősség nagysága ezen periódusban nagy, 1,2 mm huzalátmérőnél, 5 m/min huzalelőtolási sebesség mellett, ha 100%-os CO₂ a védőgáz, az áramerősség 450 A, de 75% argon/25% CO₂ védőgázban 350 A. Ezek az áramerősségek gyorsan szélesítik az ívet, és a hevített lemezen növelik a katódoltot. Ez jó nedvesítést és összeolvadást eredményez. Ez a terület hagyományos védőgázos hegesztéskor problémát jelenthet. Ahogy az áramerősség nő, hogy a jó összeolvadás megtörténjen, a kezdődő rövidzárlat nagymennyiségű fröcskölést okoz.

Gépesített hegesztéskor – például ívhegesztő robot alkalmazásakor – a fröcskölés tovább csökken a pontos elektródatartás és egyenletes hegesztési sebesség következtében.

A szabályozás egyik sajátos területe a fuzzy logikán alapul. A fuzzy (fazi) angolul homályosat, zavarosat jelent, de mint szakterület a matematika, a számítás-

2. Hegesztéshez kapcsolódó mérés-, irányítás- és biztonságtechnika

technika és a villamosmérnöki tudományok határán helyezkedik el. A fuzzynak része a valószínűségszámítás, de a használható fuzzy axiómarendszerek leszűkítik e túl „tág” fuzzyt a lehetőségelméletre, ami a valószínűségelmélettel azonos „szinten” van, és annak szóba jöhető alternatívája. Tulajdonképpen a fuzzy logika felmerülő alkalmazásai valahol a lehetőségelmélet talaján állnak. A fuzzy logikát alapvetően azért találták ki, hogy pontatlan vagy bizonytalan információkat, ismereteket vagy rugalmasan kezelhető határfeltételeket is matematikai formába lehessen önteni, azokat kvantitatíve (számszerűsítve) lehessen kezelni.

1965-ben a Berkley Egyetemen (Kaliforniában) Lotfi A. Zadeh írta le először a fuzzy halmazok matematikáját. 1974-ben jelent meg a működőképes fuzzy szabály alapú modell fogalma, ekkor készült el az első olyan rendszer Londonban, amely sikeresen alkalmazta a fuzzyt egy gőzgép szabályozásához. Nem sokkal ezután a fuzzyt egy dán cementmű szabályozási feladatára is használták. Ennek ellenére hosszú idő telt el a „fuzzy forradalomig”, az igazi tömeges alkalmazásokig. 1987-re – az első fuzzy világkonferencia idejére – jött létre az áttörés, ekkorra készültek el a sendai metróval (Japán), amit a fuzzy segítségével teljesen automatizáltak. Itt egyetlen ember közreműködésére sincs szükség, a szerelvények vezetőitől az állomásfőnökökig mindent ellát az automatikus szabályozórendszer. Ebben a metróban nem kell kapaszkodni, mert a rendszer alkalmazkodóképességénél fogva soha nem fékez vagy gyorsít hirtelen.

Újabb fordulóponthoz 1991 hozott, ugyanis ekkor mutatták be a pilóta nélküli helikopterirányítást. Ez felvetette a reményt, hogy igen nagy bonyolultságú rendszereket is sikerül egy strukturált moduláris fuzzy szabályrendszeren alapuló modellel kezelni, illetve már a közeli jövőben óriási ipari üzemeket tudnak majd fuzzy módszerrel teljesen automatikusan irányítani. Megjelentek a gazdasági döntéstámogató, a diagnosztizáló fuzzy alkalmazások, az egészségügyi felhasználások mint szakértői rendszerek is. Manapság pedig a robotikán keresztül az ipari folyamatokon át a háztartási gépekig minden területen hódít a fuzzy. Ezt az időszakot nevezik „fuzzy robbanásnak”.

Fontos terület a fuzzy alapú képfeldolgozás, továbbá megjelent a fuzzy videokamera is, amely egy belső fuzzy algoritmus segítségével kiszűri a remegő kéz, hajó vagy autó okozta képrezgést. Olyan lesz a felvétel, mintha stabil állóhelyzetből készítették volna. A fókuszálása is sokkal ügyesebb, mert nemcsak egy objektumra fókuszál, hanem bizonyos mértékig az egész képmezőt figyelembe veszi.

A fuzzy logika értelmezéséhez célszerű visszagondolni a hagyományos logika alapját képező halmazelméletre. Legyen

$$A = \{a_1, a_2, a_3, \dots, a_n\}$$

egy halmaz. A klasszikus logika szerint egy elem halmazba tartozása egyértelműen megállapítható, vagyis tetszőleges a_k elemről el tudják dönteni, hogy eleme-e az A halmaznak vagy sem. Ha beletartozik, úgy ezt logikai igaz, ha nem, logikai hamis értékkel jellemzik. Az egyszerűség kedvéért a logikai igaz értéket 1-gyel, a hamis értéket 0-val jelölik.

A fuzzy logika esetében a halmazba tartozás 0, illetve 1 igazságértékei nem ennyire sarkallatosak, hanem köztes értékek is léteznek, amelyek megmutatják,

2. Hegesztéshez kapcsolódó mérés-, irányítás- és biztonságtechnika

hogyan egy adott a_k elem mennyire tartozik bele a halmazba: teljesen, nagyon, többé-kevésbé, kicsit vagy egyáltalán nem. Így minden A halmazbeli a_k elemhez hozzárendelnek egy számot, általában 0 és 1 (néha -1 és 1 között), ami jellemzi az elem halmazba tartozásának (igazságának) mértékét. Tehát az A halmaz fuzzy-ban az alábbi módon néz ki:

$$A = \{a_1^{(k1)}, a_2^{(k2)}, a_3^{(k2)}, \dots, a_n^{(kn)}\}.$$

A halmazelemekhez rendelt, felső indexbe írt értékek tehát a halmazba tartozás mértékét (kicsi, közepes, nagy igazságértékét) jellemzik. Fontos észrevenni, hogy ezek a számok a klasszikus halmazelméletben is jelen vannak, de értékük vagy 0 vagy 1, így külön nem is tüntetik fel ezeket. Azt az elemet, amihez 0-át (vagy egy másik skálán -1 -et) rendelnek, fel sem sorolják a halmaz elemei között.

Egy konkrét, de egyszerű példában legyen az A halmaz a hegesztők cm-ben kifejezett testmagassága, de csak az egész értékek figyelembevételével

$$A = \{130, 131, 132, \dots, 250\}.$$

A klasszikus halmazelmélet szerint meghatározott két részhalmaz közül L jelölje az alacsony emberek halmazát, M a magas embereket. Kell találni egy elemet (például 170 cm), amelynél alacsonyabb emberek az

$$L = \{130, 131, 132, \dots, 169\} \text{ halmazba tartoznak,}$$

$$\text{míg a magasabbak az } M = \{170, 171, 172, \dots, 250\} \text{ halmazba.}$$

A gyakorlati életben ilyen éles határokat gyakran nem lehet szabni. Ha azt mondják valakiről, hogy „a körülbelül 155 cm magas személy nagyjából alacsonynak mondható”, akkor az állításban van bizonytalansági tényező: „körülbelül”, illetve „nagyjából”. Az egyes elemekhez rendelt számértékek éppen ezt a bizonytalanságot hivatottak kezelni. Például:

$$L = \{130^{(1)}, 140^{(1)}, 150^{(1)}, 160^{(0.8)}, 170^{(0.5)}, 180^{(0.1)}, 190^{(0)}\},$$

$$M = \{130^{(0)}, 140^{(0)}, 150^{(0)}, 160^{(0.1)}, 170^{(0.4)}, 180^{(0.9)}, 190^{(1)}, \dots, 250^{(1)}\}.$$

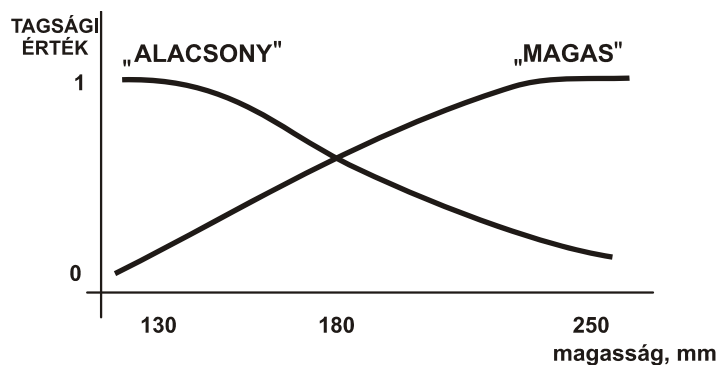
A két halmazban lehetnek teljesen különböző elemek is, sőt a hozzájuk rendelt számok között sem halmazon belül, sem két halmaz vonatkozásában nincs előírva semmilyen összefüggés, leszámítva azt, hogy „értelmes”, azaz szemantikai jelentéssel bíró adatoknak kell lenniük.

Egy fuzzy szabályozó esetén azonban nem az állítások igazságértékét keresik, hanem a felállított szabályrendszerrel elvárják, hogy minden bemenet esetén előállítson valamilyen kimenetet. Ehhez a következtetés eredményeképpen adódott fuzzy halmazt „defuzzifikálni” kell, vagyis a fuzzy halmazból egy „éles”, sarkalatos értéket kell előállítani.

Ha mindezt a hozzárendelést függvényben jelenítik meg, vagyis a halmaz elemeihez hozzárendelve ábrázolják a tagsági beletartozást jelölő számokat, akkor a tagsági függvény **(2.49. ábra)** adódik. Ez a kifejezés honosodott meg a magyar szaknyelvben a karakterisztikus függvény helyett; az angol megfelelője a „Membership function”, a német megfelelője a „Zugehörigkeitsfunktion”. A tagsági

2. Hegesztéshez kapcsolódó mérés-, irányítás- és biztonságtechnika

függvényeket folytonos összefüggéssel, de diszkrét értékekre (a halmaz elemeire) adják meg. A tagsági függvények alakjuk szerint lehetnek háromszög, harang, szigmoid, trapéz, egyoldalú trapéz, fűrészfog stb. alakúak.



2.49. ábra

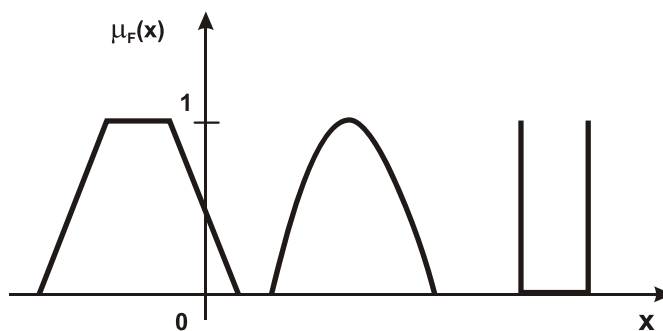
Egy konkrét példához tartozó tagsági függvények

Ezek alapján kézenfekvő a halmazfogalom általánosítása: egy

$$F = \{(x, \mu_F(x)) : x \in X\}$$

halmazt „X feletti fuzzy halmaznak” neveznek, ahol az x elemek az X (univerzum) halmazzal egy 0 és 1 közötti számmal jellemezhető kapcsolatban állnak, ezt a kapcsolatot adja meg a $\mu_F(x)$ „tagsági függvény” (2.50. ábra):

$$\mu_F(x): X \longrightarrow [0,1], \text{ azaz } \mu_F(x) \in [0,1] \quad (X \subset \mathbf{R}).$$

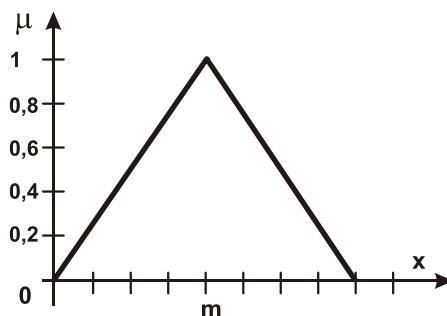


2.50. ábra

Példák tagsági függvényekre

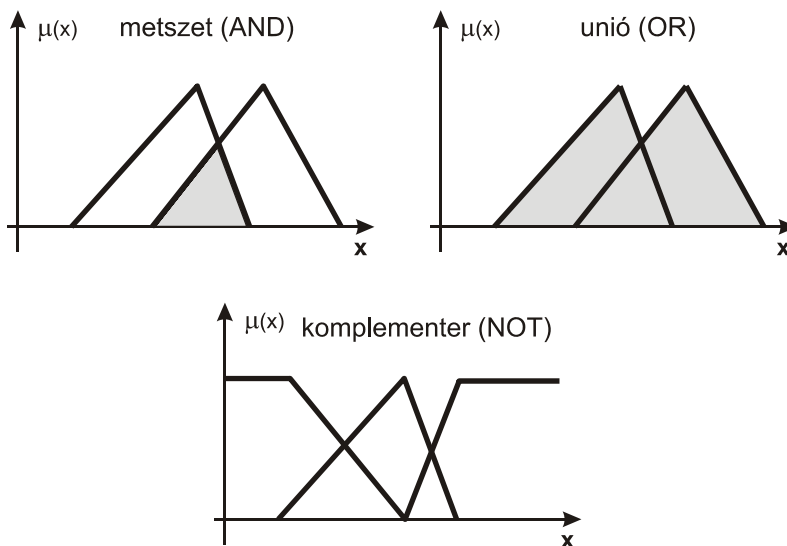
2. Hegesztéshez kapcsolódó mérés-, irányítás- és biztonságtechnika

A szabályzástechnikában a számításigény csökkentése végett egyszerű tagsági függvényeket használnak, mint például amilyen a **2.51. ábrán** látható (itt m az ún. „modális” érték).



2.51. ábra
Egyszerű tagsági függvény

Ahogy a klasszikus halmazt kiegészítették tagságot jelölő számokkal, úgy természetesen újra kell értelmezni a klasszikus halmazműveleteket (metszet, unió, komplementer), vagy ha fuzzy halmazok tényeket szimbolizálnak, az AND, OR, NOT műveleteket (**2.52. ábra**).



2.52. ábra
Példa műveletekre: metszet, unió, komplementer

2. Hegesztéshez kapcsolódó mérés-, irányítás- és biztonságtechnika

Két fuzzy halmaz AND (metszet) művelete az a halmaz, amely a két argumentumhalmaz közös elemeit tartalmazza, minden elemet a legkisebb (minimális) előforduló beletartozási értéken véve:

$$\text{pl. } L \text{ AND } M = \{130^{(0)}, 140^{(0)}, 150^{(0)}, 160^{(0.1)}, 170^{(0.4)}, 180^{(0.1)}, 190^{(0)}\} = \\ = \{160^{(0.1)}, 170^{(0.4)}, 180^{(0.1)}\}.$$

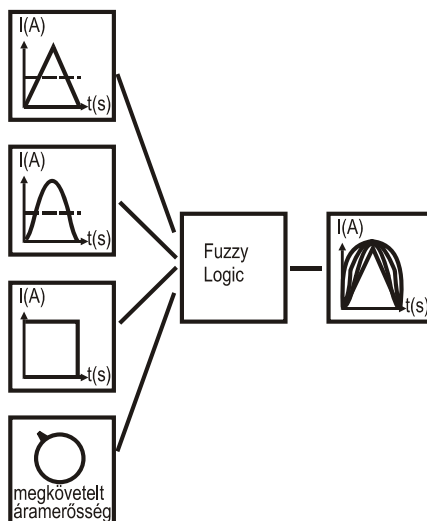
Két fuzzy halmaz OR (unió) művelete az a halmaz, amely minden előforduló elemet tartalmaz, a lehető legnagyobb (maximális) beletartozási értéken véve:

$$\text{pl. } L \text{ OR } M = \{130^{(1)}, 140^{(1)}, 150^{(1)}, 160^{(0.8)}, 170^{(0.5)}, 180^{(0.9)}, 190^{(1)}, 250^{(1)}\}.$$

Egy halmaz NOT (komplementer) művelete az a halmaz, amely minden elemet tartalmaz úgy, hogy az elemek tagsági értékeit kivonják 1-ből.

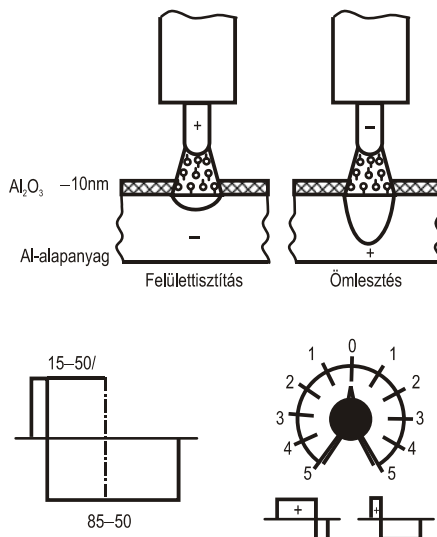
A hegesztésnél az „egy kicsit több, egy kicsit kevesebb” fuzzy logikai elvet az AWI-ív stabilizálására – az áramfelfutás változtatására az áramterheléstől függően – használják, ahogyan azt a **2.53. ábra** mutatja.

A hegesztő az áramforráson csak az áramterhelést állítja, míg a fuzzy logika a megfelelő áramformát. Az alumínium váltakozó áramú AWI-hegesztésekor gond, hogy az áram pozitív félhulláma szavatolja a felületi tisztítóhatást, és csak a negatív félhullám ad mély(ebb) beolvadást (**2.54. ábra**).



2.53. ábra
Áramerősség időbeni változása

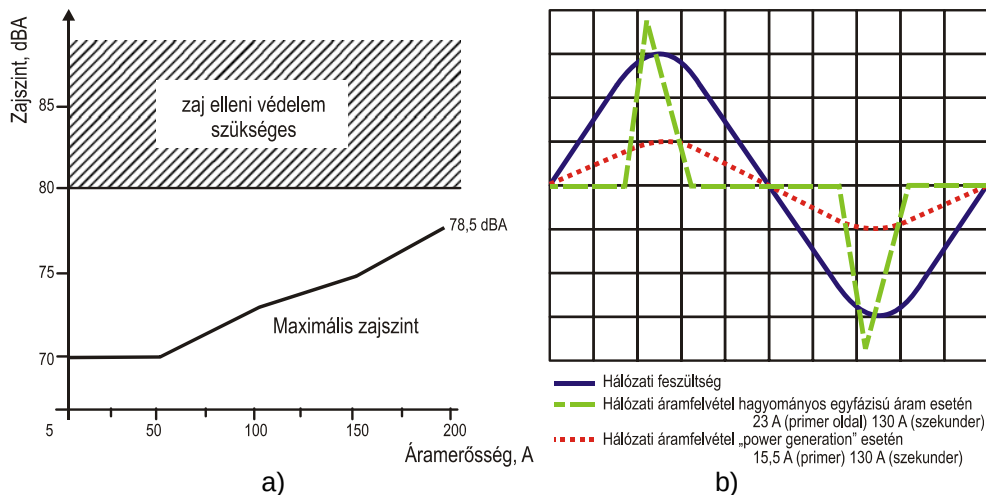
2. Hegesztéshez kapcsolódó mérés-, irányítás- és biztonságtechnika



2.54. ábra

Alumínium váltakozó áramú AWI-hegesztése

A másik probléma az áramváltozás miatt keletkező erős zajhatás. Az érvényes munkavédelmi előírások szerint 80 dB zajszint felett védőfelszerelést kell használni. Ahogyan a **2.55/a. ábra** mutatja, a vizsgált áramforrásnál a fuzzy logika alkalmazása következtében a zajszint 80 dB alatt marad.



2.55. ábra

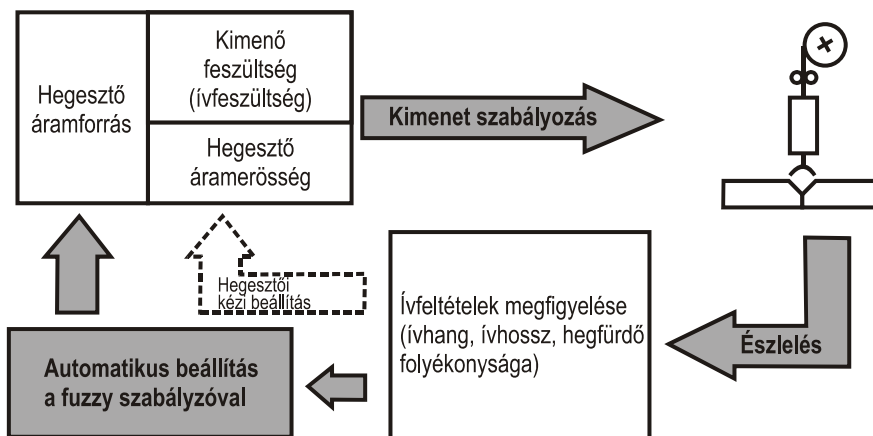
A zajszint változása és a szinuszos feszültségalak

2. Hegesztéshez kapcsolódó mérés-, irányítás- és biztonságtechnika

A fuzzy logikát alkalmazó új áramforrásoknál a hálózati áram szinuszos alakú és a $\cos \varphi = 1$, ami csak kis energiavesztést jelent. A szinuszos feszültségalakot a **2.55/b. ábra** vázolja.

Alumínium hegesztésekor a hegesztő az általában kúposra köszörült volfrám-elektroda végének egy rézdarabon való húzásával gyújthat ívet, és ezáltal alakítja ki a hegesztéshez szükséges gömbsüveg formát. Ez a folyamat esetenként kb. 1 percig tart és naponta több alkalommal kell elvégezni. A fuzzy logika alkalmazásának további előnye, hogy ez a folyamat az első ívgyújtáskor végbemegy néhány másodperc alatt. Ha 1 műszakban 3 alkalommal történik meg ez a gömbsüveg-formálás, akkor ez évente 10 óra megtakarítással jár, ami jelentős költségmegtakarítást is jelent.

Digitális szabályozást alkalmazó mikroprocesszoros hegesztő áramforráshoz kifejlesztett fuzzy szabályzó a hegesztő munkáját teszi könnyebbé, elrendezési vázolata a **2.56. ábrán** látható. Alumínium hegesztésekor – ahol a látható ívhossz nemlineáris függvénye az ívfeszültségnek – egy rövidzárási ciklusban a kombinált szabályzás végrehajtásához 2–10 mérés történik.



2.56. ábra

Fuzzy szabályzás fogyóelektrodás ívhegesztéskor

2.3.2. Vezérlés

A vezérlés nyílt hatásláncú irányítási folyamat, ahogy azt a **2.57. ábra** mutatja. Ekkor a beállított alapjel – erősítés után – rendelkező jelként, majd beavatkozó jelként hat a berendezésre, de nincs visszacsatolás ellenőrző jellel, így a szabályozott szakasz az alapjel megfelelő beállításától függően áll be a kívánt értékre.

Ha a **2.44. ábrán** vázolt kemenceirányítást úgy építik meg, hogy egy szabályozható feszültségű transzformátorra kapcsolják a kemence elektromos fűtőtesteit, és méréssel meghatározzák, milyen fűtőfeszültséghez mekkora egyensúlyi hőmér-

2. Hegesztéshez kapcsolódó mérés-, irányítás- és biztonságtechnika

séklet tartozik, akkor erre a feszültségre beállítva a transzformátort a kemence tartósan 650 °C-on üzemel. Ez tipikus vezérléses megoldás, amikor – a kísérleti periódust kivéve – a hőmérséklet ellenőrzése (a visszacsatolás) nem történik meg.



2.57. ábra
Vezérlés blokkvázlata

Ha a kemence változatlan feltételek között üzemel, ez a rendszer jól működhet, de ha valamilyen zavaró hatás lép fel (pl. megváltozik a környezeti hőmérséklet), akkor a kemence-hőmérséklet is változik, amire a vezérlés nem tud reagálni.

A bemutatott példa a kemence hőmérsékletének beállítására vonatkozott. Ugyanez az analóg vezérlési folyamat kiegészíthető egy időterv-vezérléssel is, mikor a kezelő azt írja elő, hogy a kemence 10 óráig legyen bekapcsolva, majd a fűtés kapcsoljon ki annak érdekében, hogy a kemencében lévő munkadarabok lassan hűljenek le. Ez egy lágyítási vagy feszültségcsökkentési folyamat időprogramjának felel meg.

Ezek után nyilvánvaló, hogy a szabályozás a folyamat kézbentartása szempontjából lényegesen eredményesebb abban az esetben, ha valamilyen fizikai mennyiség állandó értéken tartása vagy program szerinti változtatása a cél. Ugyanakkor számos technológiai folyamatban elegendő a vezérlési funkciót fenntartani, mert a vezérlőjel és a rendszer változásai között egyértelmű kapcsolat van. Az analóg megközelítésen kívül más vezérlési módok is léteznek, és ezek gyakorlati jelentősége igen nagy. Példaként említhető az NC-gépek vezérlése (pont-, szakasz-, pályavezérlés), a különböző időterv-vezérlések stb.

Például ha egy numerikus számjegyvezérlésű (NC) megmunkáló gép megkap egy vezérlési parancsot, hogy valamely szán 100 mm-t haladjon előre, akkor ezt hiba nélkül meg tudja oldani visszacsatolás nélkül is. Sok esetben azért alkalmaznak szívesebben vezérlést egyes technológiai folyamatok során szabályozás helyett, mert a szabályozás sokkal költségesebb, és nem is mindig lehetséges megbízhatóan megvalósítani.

Az elektromos ívhegesztéshez kezdetben akkumulátorokat alkalmaztak áramforrásként, majd később transzformátorokat és egyenáramú generátorokat (dinamókat). Bár az egyenirányítás alapelve már az 1920-as évek óta ismert, gazdasági és műszaki okok miatt nem készült egyenáramú hegesztő áramforrás. Jelentős változást csak a félvezető elemek megjelenése hozott.

A hegesztőtranszformátorok és egyenáramú forgógépek (dinamók) évtizedeken keresztül meghatározó szerepet játszottak, amelyben a transzformátorok a bevont elektródás kézi és AWI, a generátorok a fogyóelektródás MIG/MAG hegesztési feladatokat látták el. A transzformátoroknál általában az áram beállítását a vas-magcsatolás változtatásával (mechanikus rendszer), a generátoroknál a compaund

2. Hegesztéshez kapcsolódó mérés-, irányítás- és biztonságtechnika

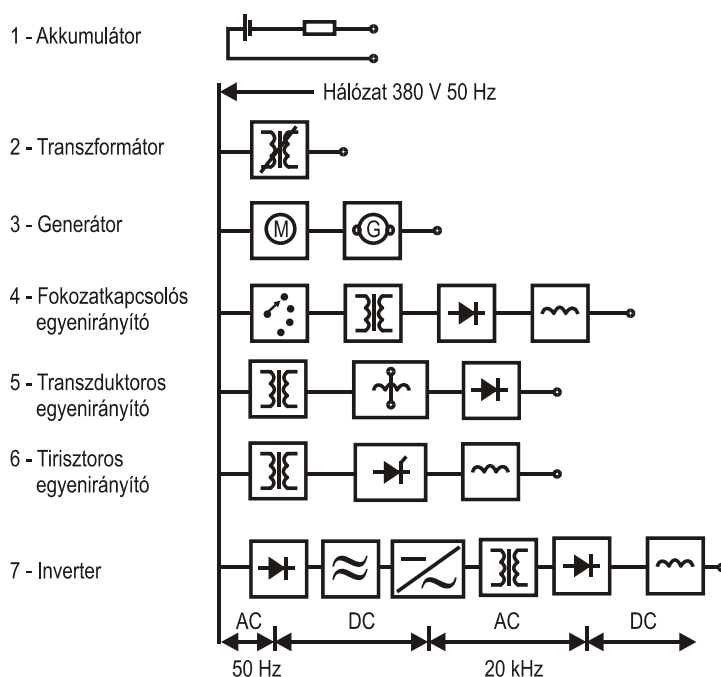
tekerics változtatásával oldották meg, de vezérlési funkciókat nem tudtak hozzárendelni.

Az 1950-es évektől, amikor a megfelelő teljesítményű szelén- és szilíciumfélvezetők megjelentek, fokozatkapcsolós és mágneses erősítős transzduktoros egyenáramú ívhegesztő áramforrások is megjelentek a piacon.

Bár az irányítástechnikai alapelvek már évek óta ismertek voltak, a megfelelő terhelhetőségű félvezető elemek hiánya miatt csak az 1970-es évek körül jelentek meg a vezérelhető tirisztoros hegesztő áramforrások (2.58. ábra). A tiriszorteknika és a félvezető elemek fejlődése olyan hegesztőáram-források kifejlesztését tették lehetővé, amelyek műszakilag és gazdaságilag is a hagyományos, mágneses erősítős hegesztő áramforrások versenytársaivá váltak, sőt azokat túlhaladták.

A hegesztőttranszformátor legnagyobb előnye az egyszerű felépítés, jelentős hátránya viszont, hogy csak váltakozó áramot (AC) szolgáltat, egyenáramú (DC) hegesztésre nem alkalmas, nehezen beállítható, jelentős energiavesztéssel és aszimmetrikus hálózati terhelést okoz.

A hegesztőgenerátorok előnye, hogy a hegesztési folyamathoz nagy áramerősségű egyenáramot is képesek szolgáltatni, bár ez az előnye a nagy teljesítményű félvezetők megjelenésével eltűnt, sőt nagy méretük, tömegük, nagy zajszintjük és jelentős mértékű energiafogyasztásuk miatt használatuk nem előnyös.



2.58. ábra

A hagyományos és a vezérelhető félvezetős áramforrások blokkvázlata

2. Hegesztéshez kapcsolódó mérés-, irányítás- és biztonságtechnika

A hagyományos hegesztő áramforrásokat meghatározott, de kis frekvenciájú (50 Hz) hálózatról üzemeltetik, ami azt jelenti, hogy az áramforrás transzformátorának és fojtótekercsének méreteit, tömegét a vasmag anyagának minősége (mágnesezhetőség, veszteség) és a vezeték anyaga (Cu, Al), illetve vezetőképessége, valamint a megengedhető legnagyobb üzemi hőmérséklete határozza meg. Továbbá a hagyományos hegesztő áramforrásoknál a mágneses elemek telítési problémái a vasmagok és a vezeték anyagok méreteinek bizonyos határon túli csökkentését nem teszik lehetővé, mivel ez az egész berendezés üzembiztonságát teszi kérdésessé.

Általában, de különösen a fogyóelektródás MIG/MAG hegesztéskor rendkívül fontos követelmény a hegesztőgép gyors irányítástechnikai képessége, reakciója. A hálózati frekvencia és az egyenirányító kommutációja önmagában – a lassú működés miatt – nem teszi lehetővé a MIG/MAG eljárásnál szükséges gyors beavatkozást, ezért a főáramkörben induktív tekercs is szükséges.

A korszerű félvezető elemek felhasználásával lehetőség nyílt arra, hogy a dinamók kedvező előnyeit megtartva, az említett hátrányokat ki lehessen küszöbölni. Az inverteres rendszer alkalmazása teszi lehetővé a frekvencia megnövelését, a kis frekvenciából eredő problémák kiküszöbölését:

- A háromfázisú, váltakozó áramot egy diódahíd egyenirányítja, majd egy szűrő egység után sima egyenáram jelenik meg.
- Ez az áram egy kényszerkommutációs, tirisztor-inverter hídon keresztül több kHz-es váltakozó árammá alakul, lehetővé téve a jóval nagyobb beavatkozási sebességet és kiküszöbölve a kis, 50 Hz-es táplálás hátrányait.
- Az ezt követően egyenirányított áram egy szűrő fojtón keresztül a hegesztőpisztolyhoz jut. A nagy frekvenciának köszönhetően a szűrő fojtó ugyancsak kicsi és könnyű lehet.

Az invertertechnikán alapuló nagy működési sebesség a következő előnyöket eredményezi:

- jó és sokoldalú hegesztési alkalmasság,
- gyors szabályozás, jó beállítási lehetőség,
- kis méret, kis tömeg, hordozhatóság,
- jó hatásfok és teljesítménytényező ($\cos \varphi$), kis energiafogyasztás,
- a hálózati csatlakozás kiépítésének kisebb költsége.

A kezdeti időszakban – a hegesztő inverter kifejlesztése során – gyors-tirisztoros kapcsolási rendszert alkalmaztak, kb. 2–3 kHz frekvenciával működtetve. A második generációs fejlődés során bevezetésre került egy új kapcsoló elem, az IGBT tranzisztor (IGBT: Insulated Gate Bipolar Transistor = szigetelt kapus bipoláris tranzisztor), amely lehetővé tette a kapcsolási frekvencia megnövelését 20 kHz-re, esetenként még nagyobbra is.

Az invertertechnika főleg két gyártmánycsoportban bizonyította alkalmasságát:

- nehéz ipari körülmények között használt MIG/MAG-áramforrások;
- kisebb terhelhetőségi tartományban, minőségi hegesztési feladatokhoz alkalmazott AWI (TIG) és/vagy bevont elektródás ívhegesztő áramforrások.

2. Hegesztéshez kapcsolódó mérés-, irányítás- és biztonságtechnika

Az első csoportba tartozók kedvező ára lehetőséget ad az áram, illetve a feszültség fokozatmentes beállítására, továbbá a teljes távvezérelhetőségre a folyamatos és az impulzusos MIG/MAG üzemmódnál, megkönnyítve ezáltal a hegesztés végrehajtását.

A második csoportba, a kisebb terhelhetőségű kategóriába tartozó hegesztő áramforrások az igen kedvező hegesztési tulajdonságokkal és az igen kis méretükkel, csekély tömegükkel tűnnek ki, ami különösen a javító-szerelő hegesztési munkáknál nagyon előnyös.

A kis és közepes áramtartományba (kb. 100–250 A) tartozó MIG/MAG hegesztőgépeknél az invertertechnika alkalmazásával nyerhető előnyök nem állnak arányban a megnövekedett előállítási költségekkel, a viszonylag nagy beszerzési árral, ezért az erre a célra szolgáló hegesztőgépek (pl. gépkocsijavító, hobbi célú gépek) a hagyományos – pl. fokozatkapcsolós (4–6 fokozat) – rendszerben készülnek.

A nagy frekvencia azt eredményezi, hogy a gép hatásfoka 75%-ról kb. 90 %-ra nő, ennek megfelelően az energiavesztés is kb. 20%-kal csökken. Amikor egy gép kb. 20 kHz frekvenciával üzemel, az IGBT tranzisztor kapcsolási vesztesége már 60–70%-a a teljes tranzisztorvesztésnek, és ez a frekvencia emelkedésével egyenes arányban nő. Ennek következtében nem ésszerű a frekvencia túlságos, 50–100 kHz-re történő növelése, mivel a hőátadás a modul egységről a hűtőtönk felé csekély, ennek eredményeként a terhelhetőség csökken, a hegesztőgép névleges árama esik.

A frekvencia növelésének előnye a mágneses elemek méretének és tömegének csökkenésében jelentkezik. Célszerű tehát az ívhegesztési folyamatoknál a 20 kHz-es frekvenciát választani. Amikor például enyhén eső jellegű görbével, rövid ívvel, 0,6–0,8 mm átmérőjű, tömör huzallal és kevert gázzal hegesztenek, a rövidzárlati terhelés ideje kb. 1,5–2 ms, ami azt jelenti, hogy ez alatt az idő alatt a 20 kHz-es inverternek lesz ideje akár 30–40 működési ciklust végrehajtani, így ezáltal a beavatkozási sebesség kielégítő lesz. Az IGBT tranzisztor kapcsolási vesztesége döntő fontosságú, mivel az ipari áramforrások mérete ezáltal a jelenlegi felére csökkenthető.

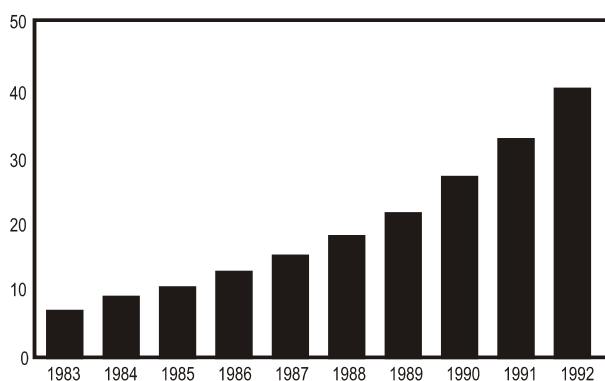
A nem IGBT rendszerrel készült áramforrások körülbelül 16–18 kHz-el üzemeltek, így a keltett zaj az emberi fül által hallható hang tartományba esett. Mivel az IGBT inverter működése jóval gyorsabb, az impulzus MIG/MAG áramforrásoknál is jóval nagyobb sebességű az impulzus felfutása, ezért különösen előnyös a tömör huzalos, kevertgázos hegesztés esetében.

Az utóbbi időkben kifejlesztett áramforrásoknál hasznosították a mikroproceszoros irányítási rendszert is, lehetőséget adva a különböző huzal- és gázkombinációk programozására. A nagy beavatkozási sebesség nagy ívstabilitást eredményez, például feltételeken hegeszthető anyagoknál és kötési módoknál az ív megfelelő beállításával jó minőségű, sokszor gyakorlatilag fröcskölésmentes varrat készíthető. Ezen előnyök kiaknázására törekvő tendenciát szemléltet egy 10 éves időszakra vonatkozóan a **2.59. ábra**.

A hagyományos 50 Hz hálózati frekvenciával szemben a 20–50 kHz frekvenciával működő áramforrásoknak lényegesen jobb dinamikájuk van (az időállandójuk

2. Hegesztéshez kapcsolódó mérés-, irányítás- és biztonságtechnika

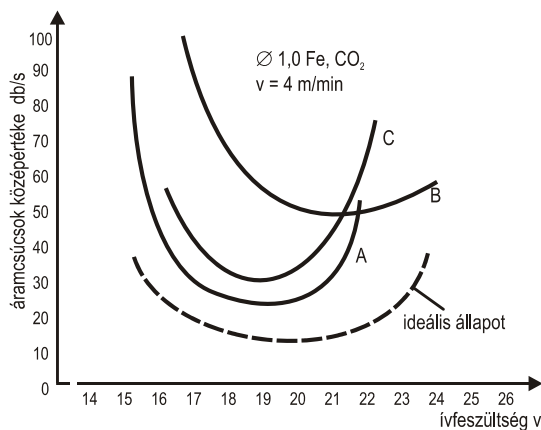
két nagyságrenddel kisebb a hagyományos gépekénél). A tranzistoros áramforrások a hegesztési feszültség szintjére transzformált és egyenirányított feszültséget kapcsolják ki és be, a működéshez szükséges nagy frekvenciával. A kapcsolóüzemű tranzisztorok helyett a hegesztőáram szabályozására különleges rendeltetésű berendezéseknél analóg tranzisztorokat is használnak.



2.59. ábra

Az inverterek részaránya az ipari áramforrások körében

Az előzőekben leírtak hegesztéstechnikai vonatkozását a **2.60. ábra** hivatott megvilágítani, amelyen az ívfeszültség függvényében, különböző fojtótekercs-menetszámok esetén mérhető áramcsúcsok gyakorisága látható. Ennek mértéke szoros összefüggésben van a fröcsköléssel.



A, B, és C a hegesztőáramkör különböző induktivitása

2.60. ábra

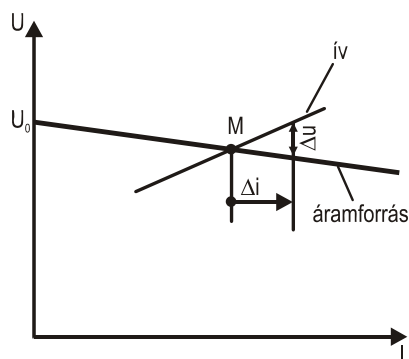
A hagyományos és a korszerű áramforrások hegesztési tulajdonságai

2. Hegesztéshez kapcsolódó mérés-, irányítás- és biztonságtechnika

A nagy működési frekvenciájú gépek – megfelelő vezérléssel – elvileg lehetővé teszik a szaggatott vonal szerinti jelleggörbét, amely kiváló hegesztéstechnikai jellemzőként értékelhető a hegesztés gyakorlatában. A hegesztési tulajdonságok ilyen drasztikus, az áramforrás oldaláról lehetséges javításának háttérében egy olyan irányítástechnikai megoldás áll, amely szinergikus vezérlés néven vált ismertté.

A „szinergia” görög szó, amely a szervek együttműködését jelenti. Szinergikus az a vezérlés, amely a folyamatra ható elemek vezérlését úgy valósítja meg, hogy közben azok összhangjáról, azaz együttműködéséről is gondoskodik. A következőkben a fogyóelektródás ívhegesztő berendezések szinergikus vezérlése kerül ismertetésre.

Az elektromos ívhegesztés munkapontját célszerűen az áramerősség-feszültség koordináta-rendszerben ábrázolják. Az erőforrás (hegesztő áramforrás) statikus jelleggörbéje mentén bárhol lehet stabil munkapont, amennyiben a terhelés (az ív) jelleggörbéje kielégíti a **2.61. ábrán** vázolt, illetve az alábbiakban megfogalmazott követelményt.



2.61. ábra

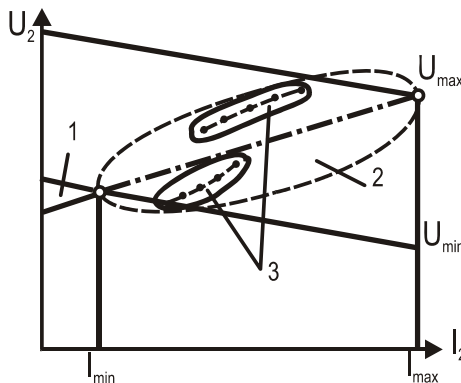
Stabil munkapont meghatározása

Az erőforrás és terhelés stabil üzemét – azaz a teljesítmény-egyenlőséget – kifejező általános összefüggés az ívhegesztés esetében azt fejezi ki, hogy az adott munkapontból való bármilyen irányú elmozdulás olyan változást idéz elő, amely az eredeti állapotot visszaállítja a beállított értékekre. Ha pl. az ív feszültsége növekszik, arra az áramforrás úgy reagál, hogy az adott feszültség szinten kisebb áramot ad le, miáltal csökken az íven létrejövő feszültségesés, és fordítva.

A munkapont ezen statikus stabilitása azonban csak szükséges, de nem elégséges feltétele a hegesztési szempontból megfelelő ívnek. Ez akkor teljesül, ha a különböző feltételek között égő ívben az anyagátmenet egyenletes, fröcskölésmentes. Kijelölhető tehát az $U-I$ koordináta-rendszerben egy tartomány, amelyen belül hegesztéstechnológiai szempontból megfelelő munkapontok állíthatók be (**2.62. ábra**). Könnyen belátható, hogy ennek a területnek a nagysága függ az

2. Hegesztéshez kapcsolódó mérés-, irányítás- és biztonságtechnika

áramforrás statikus és dinamikus tulajdonságaitól, így elvileg annak minősítésére is használható.



1 Szabványos munkafeszültség-egyenes; 2 Hegesztéstechnikailag használható tartomány; 3 Adott hegesztési feladathoz rendelhető szinergikus függvények az $U-I$ síkon

2.62. ábra

Stabil munkapontok tartománya

Adott feltételek között, vagyis egy konkrét hegesztési feladat megoldásához ebből a tartományból kell kiválasztani a megfelelő beolvadási viszonyokat és hőbevitelt megvalósító munkapontot. Amennyiben ezt a feladatot különböző teljesítményszinten (különböző huzalelőtolási sebességgel) szükséges végrehajtani, úgy ezek a munkapontok valamilyen görbén helyezkednek el. Ez a függvény a szinergikus vezérlés alapja, ezért ezt szinergikus függvénynek is szokás nevezni (2.62. ábra).

Az értelmezésből következik, hogy ilyen függvény tetszőleges számban határozható meg, valamint az, hogy ezeknek a függvényeknek korlátai vannak. Ez részben az áramforrás teljesítőképességéből, részben a teljesítmény növelésének, illetve csökkentésének hegesztéstechnikai korlátaiból adódik.

Más szavakkal, a szinergikus függvény kiterjedése függ:

- az adott feladat feltételeitől (a huzalelektroda anyaga és átmérője, a védőgáz típusa, az anyagátmenet módja, a hegesztési helyzet stb.), valamint
- az áramforrás dinamikus viselkedésétől, vagyis attól, hogy az elektromos feltételek változására hogyan reagál az áramforrás (itt az irányítástechnika nyelvén az ún. átmeneti jelleggörbe alakjáról van szó).

A fentiekből következik, hogy adott feladat végrehajtására alkalmas beállítás – a szabályozási jelleggörbékben mutatókozó különbségek miatt – nem feltétlenül azonos tartományban található meg a különböző áramforrások esetében. Sőt azonos áramforrás esetén is figyelemmel kell lenni a szabályozási jelleggörbét befolyásoló tényezőkre:

- a hegesztőáramot vezető kábelek hosszára és vezetésére,
- a szabad huzalkinyúlás mértékére és egyenletességére,

2. Hegesztéshez kapcsolódó mérés-, irányítás- és biztonságtechnika

- az áramátadó kialakítására és állapotára, valamint
- a védőgázáram mértékére.

Ez azt is jelenti, hogy egy jónak talált gépbeállítással csak akkor reprodukálhatók a jó hegesztési tulajdonságok, ha ezek a külső feltételek is azonosak.

Az áramforrás viselkedése tehát statikusan az áramforrás és az ív statikus jelleggörbéjének összehangolásán alapszik (teljesítménystabilitás), és az az összehang jellemzi, amely az ívben lejátszódó folyamatok okozta, elektromos jellegű változások és az áramforrás ezekre adott válaszai között valósul meg. Ilyen módon az áramforrás adekvát (megfelelő) szabályozási jelleggörbéjéről lehet beszélni, amelyet a mindenkor hegesztési feladathoz kell tudni igazítani a megfelelő varrat-képzés (hegesztési tulajdonság) érdekében.

A klasszikus hegesztőgépeken három beállítási lehetőség kínálkozik:

- az áramforrás jelleggörbéjének (ívfeszültség) beállítása,
- a huzalelőtolási sebesség (hegesztőáram) beállítása, valamint
- a hegesztőáramkör induktivitásának változtatása.

Tapasztalat szerint e három tényező összehangolása igen nagy nehézséget szokott okozni, különösen akkor, ha elhanyagolják az imént felsorolt „külső” tényezők hatását. Ezért a hegesztőgépgyártók létrehozták az ún. „egygombos” beállítás lehetőségét, aminek az a lényege, hogy a hegesztőnek a feszültség és a huzalelőtolás közül csak az egyiket kell megválasztania, a másikat a gép az előre beállított feltételeknek (huzal anyaga, átmérője, védőgáz típusa) megfelelően automatikusan állítja be. Ez úgy lehetséges, hogy kísérleti hegesztések során meghatározzák a különböző feltételek között érvényes összefüggéseket a hegesztőáram és a feszültség között (**2.62. ábra**), ami alapjául szolgál az automatikusan állítandó paraméter (feszültség vagy huzalelőtolási sebesség) referencijelének képzéséhez.

Szintén tapasztalati tény, hogy – éppen a külső feltételek különbözősége, illetve változása miatt – az így nyert beállítás ritkán bizonyult megfelelőnek. Ezért a hegesztőnek meg kell adni a lehetőséget, hogy a gép által felkínált beállítást úgy módosítsa, hogy az számára megfelelő legyen. Az „egygombos” beállítás a szinergikus vezérlés őskének tekinthető, ennek továbbfejlesztéséből alakult ki.

A megoldandó probléma az volt, hogy az „egygombos” beállítással nem lehetett figyelembe venni az anyagátmenet jellegét, és főleg nem volt mód a vezérelt (rövid impulzusos) anyagátmenet kezelésére. Azt a különleges „egygombos” beállítást, amely nem egy, hanem több függő változó összehangolt beállítását végzi a leolvadási teljesítményt meghatározó huzalelőtolási sebesség függvényében, szintén szinergikus vezérlésnek lehet nevezni. A valódi szinergikus vezérlés az alábbiakat tartja ellenőrzése alatt:

- ívfeszültség,
- induktivitás,
- impulzusparaméterek.

Igazi szinergikus vezérlés nem lehetséges olyan klasszikus építésű gépekkel, mint a diódás vagy tirisztoros egyenirányítók, mert ezek dinamikus viselkedését messzemenően megszabja építőelemeik kialakítása. Először a nagy működési

2. Hegesztéshez kapcsolódó mérés-, irányítás- és biztonságtechnika

frekvenciájú inverteres gépek kínáltak lehetőséget e vezérlési technika elterjedésének.

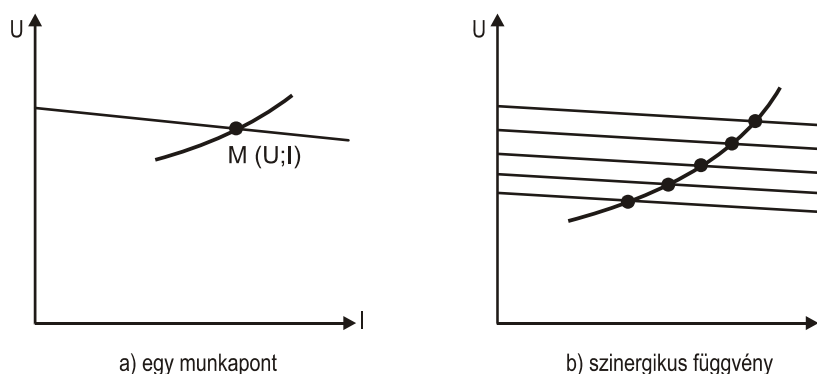
Egy berendezés szinergikus vezérlésének megítélése fontos szempont a hegesztőberendezés kiválasztásakor. Az a hegesztési tulajdonság, amelyet az áramforrás megvalósít egy adott szinergikus program keretében, az gépenként nagyon különböző lehet, hiszen a vezérlést megvalósító függvényeket próbahegesztésekkel, többé-kevésbé szubjektív módon határozzák meg a gépgyártók.

Természetesen szinergikus vezérlésnél is mód van a hegesztési feszültség korrekciójára, amellyel a kábel hosszának változását lehet bizonyos mértékig kompenzálni. Arra viszont figyelni kell, hogy az áramátadó állapota, a huzalkinyúlás és a védőgázáram mértéke ne változzon.

A fejlettebb szinergikus vezérlés figyeli a hegesztési feszültséget, és amennyiben pl. a huzalkinyúlás növekedése miatt a hegesztési feszültség is megnő, csökkenti az impulzusfrekvenciát, amellyel kompenzálja a bekövetkezett változást.

A korszerű hegesztőgépek beállítása tehát számos paraméter összehangolt kiválasztásával lehetséges. Egy-egy megfelelő beállítás mögött rendszerint sok munka, kísérletezés áll. Fontos, hogy a megfelelőnek ítélt beállítás tárolható legyen. Ezért szükséges, hogy a hegesztőgép rendelkezzen megfelelő tárolókapacitással (RAM, Random Access Memory = közvetlen elérésű vagy tetszőleges hozzáférésű memória) az ún. felhasználói, tehát nem a gyártó által az EPROM-ba (Erasable Programmable Read Only Memory = törölhető, programozható, csak olvasható memória) „beégetett” programok megőrzésére.

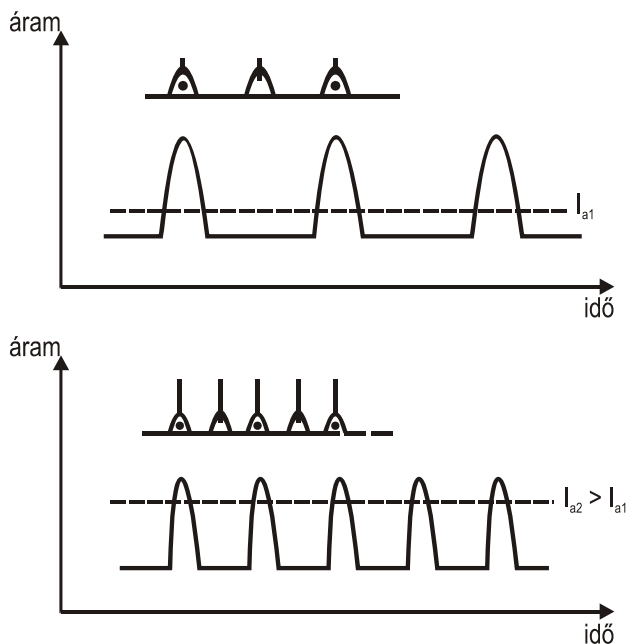
Újabban a felhasználónak arra is módja van, hogy ne csak egyetlen beállítást őrizzen meg a memóriában, hanem azonos feltételek, de különböző huzalelőtölési sebességek mellett saját maga készítsen az adott feladathoz optimálisan illeszkedő szinergikus függvényeket (**2.63. ábra**) a gépe számára, és ezeket tegye el a memóriába.



2.63. ábra
Programozási lehetőségek

2. Hegesztéshez kapcsolódó mérés-, irányítás- és biztonságtechnika

A rövidíví (rövidzárlatos) hegesztés elektromos problémájának egyik megoldása a középfrekvenciás impulzushegesztés. Ennek lényege az, hogy az ívet – és a szükséges fürdőhőmérsékletet – fenntartó alapáramra meghatározott frekvenciájú és amplitúdójú áramimpulzust szuperponálnak (**2.64. ábra**).



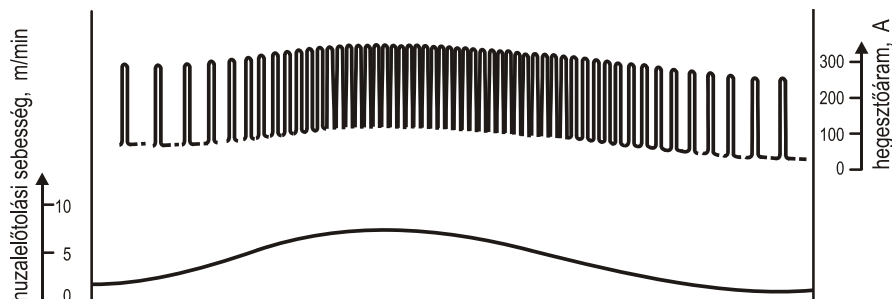
2.64. ábra

Cseppátmenet áramimpulzusok hatására

Ezzel elérhető, hogy a cseppleválás rövidzárlat és fröcskölés nélkül valósuljon meg. Az impulzushegesztés e változatánál tehát az impulzusfrekvencia megegyezik a cseppleválás frekvenciájával. A hagyományos elektromos berendezések azonban nem teszik lehetővé az impulzusfrekvencia folyamatos változtatását. Pedig a folyamatosan változtatható frekvenciára is szükség van, amint az a **2.62. ábrán** is megfigyelhető: nagyobb átlagáramhoz nagyobb előtolási sebesség és nagyobb cseppfrekvencia szükséges.

A védőgáz, fogyóelektrodás hegesztőgépeknek olyan vezérlését, amely az impulzusfrekvenciát – adott hegesztési feltételek mellett – a huzalelőtolási sebességhez állítja, szintén szinergikus vezérlésnek nevezik. A **2.65. ábrán** a vezérlés működését bemutató oszcillogram képe látható. A kereskedelembe kapható, szinergikus vezérlésű berendezések adott feltételek (a huzal anyaga és átmérője, a védőgáz összetétele) mellett az impulzusfrekvenciát a kiválasztott huzalelőtolási sebességhez automatikusan állítják be. Az ilyen berendezéseknél az ívhossz bizonyos korlátok között az ívfeszültséggel szabályozható.

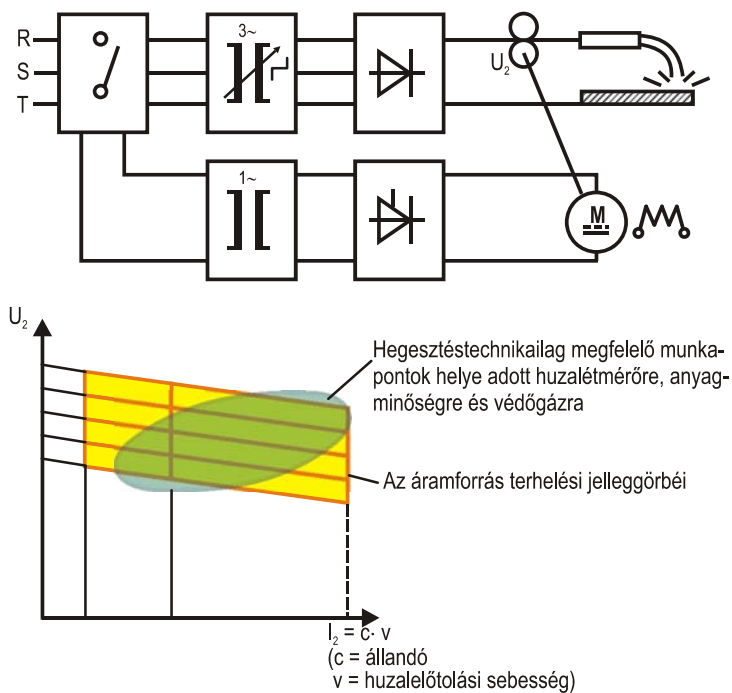
2. Hegesztéshez kapcsolódó mérés-, irányítás- és biztonságtechnika



2.65. ábra

A szinergikus vezérlés oszcillogramja

A hagyományos védőgázos, fogyóelektrodás berendezéseken külön-külön kell az ívfeszültséget és a hegesztőáramot meghatározó huzalelőtolási sebességet beállítani úgy, hogy a körülményeknek megfelelő, stabil leolvadási folyamat jöjjön létre. E sokszor nem könnyű beállítási technika a berendezés felépítéséből ered (2.66. ábra), nevezetesen az előtoló motor fordulatszáma (kapocsfeszültsége) független az ívfeszültségtől.



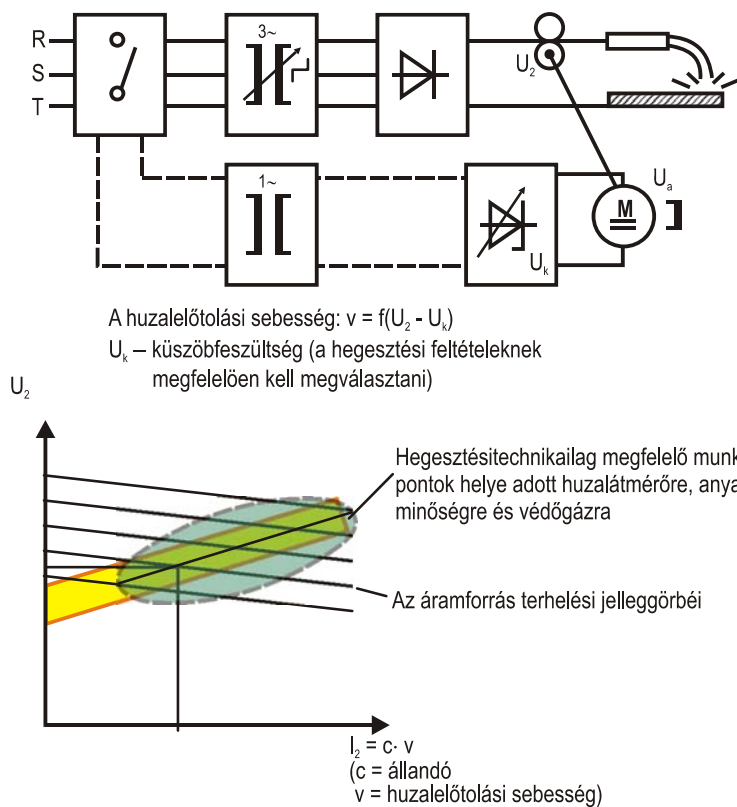
2.66. ábra

Hagyományos berendezés beállítása

2. Hegesztéshez kapcsolódó mérés-, irányítás- és biztonságtechnika

A korszerű berendezéseknél a huzalelőtoló motor kapocsfeszültségét a hegesztés körülményeitől (huzal anyaga és átmérője, valamint a védőgáz összetétele) függő mértékben az ívfeszültség határozza meg (2.67. ábra).

Ez azt jelenti, hogy elegendő az áramforrás feszültségét (az ívfeszültséget) beállítani, mert a berendezés az előre megadott feltételek alapján önműködően ehhez állítja a huzaladagolás sebességét, miáltal a munkapont automatikusan a kívánatos tartományban alakul ki. Ez az ún. „egygombos” vezérlés lényege, amelynek igen nagy a gyakorlati jelentősége pl. szerelési körülmények között. A hegesztő közelében elhelyezett távirányító segítségével az „egygombos” beállítás könnyűszerrel elvégezhető.



2.67. ábra
Egygombos vezérlésű gép beállítása

2.3.3. CNC-technika

A számvezérlésen olyan vezérlést értenek, ahol a gép megmunkálást végző részei mozgásának sorrendjét, nagyságát, sebességét a gépben vagy a gépen kívül elhe-

2. Hegesztéshez kapcsolódó mérés-, irányítás- és biztonságtechnika

lyezett berendezéssel, például kapcsolókkal, lyukszalaggal előre beállítják, és a gép ennek alapján a műveleteket elvégzi. A vezérlő információk rögzíthetők mágnesszalagon is, vagy az egész megmunkáló gépet egy számítógép memóriaegységében rögzített adatok alapján vezérlik. A programozás lehet teljes, de részleges is, amikor például csak egy munkaciklust vagy csak egy tevékenységet (pl. szer-számváltás) végez el önműködően a szerszámgép. A kívánt egyszerű program megadható ütközők, végálláskapcsolók segítségével is, azonban a bonyolultabb követelményeket a nyugvó elemes (dugaszos, nyomógombos, forgókapcsolós) és még inkább a mozgóelemes tárolók biztosítják.

Az irányítóberendezésnek a munkafeladat teljesítéséhez információra van szüksége. Az információkat jelekkel teszik érzékelhetővé. A jelek lehetnek analóg és digitális jelek. Analóg a jel, ha a jellemezni kívánt paramétert valamely folyamatos fizikai állapottényező (pl. feszültség) meghatározott értékével fejezik ki. Digitális a jel, ha a paramétert számokban meghatározott jelek sorozataként adják meg. A digitális jelet szakaszos függvény írja le. Kódolt információ az adatok analóg vagy digitális jelekben kifejezett alakja. Végálláskapcsolók vagy lovasok szerepe tulajdonképpen egyszerű fizikai kapcsoló, elsősorban a gép munkaterének behatárolására szolgál. Másik feladata a szánok jeladóinak a referenciajeleit segíti adott pozícióban felvenni. Kvalifikálja a nullimpulzusok jeleit, és mikor az NC referenciapont-felvétel üzemmódban áthalad ezen a kapcsolón, akkor a legközelebbi nullimpulzus jelenti a gépi referenciapontot.

Az NC-technika – amely a Numerical Control angol szavak kezdőbetűiből származik, magyar fordítása „számvezérlés” – létrejöttét, fejlődését az alábbi évszámokhoz és kutatókhoz kötik:

1. 1808. J. M. Jacquard, francia selyemszövő és mechanikus a róla elnevezett szövőszéken lyukkártyákat alkalmazott. Ez jelentette a cserélhető adathordozó feltalálását.
2. 1938. C. E. Shannon, amerikai matematikus doktori disszertációjában arra az eredményre jutott, hogy gyors számítás, illetve adatátvitel csak bináris formában, a Boole-algebra felhasználásával történhet, és a megvalósítás eszközei az elektronikus kapcsolók lehetnének. Shannon dolgozta ki a mai számítógépek, illetve számjegyvezérlések alapelveit.
3. 1946. J. W. Mauchly és J. P. Eckert az USA-ban elkészítette az első digitális számítógépet. Ők teremtették meg az elektronikus adatfeldolgozás alapjait.
4. 1949–52. J. Parsons és az M. I. T. (Massachusetts-i Technológiai Intézet) fejlesztett ki egy rendszert, amelyben a munkadarab megmunkálását közvetlenül számítógép vezérelte.

Az elképzelés négy lényeges tétele a következő volt:

1. egy pálya elérendő pontjainak tárolása,
2. a tárolt adatok automatikus beolvasása a gépbe,
3. a beolvasott helyzetek folyamatos kiadása és közbeni értékek számítása annak érdekében, hogy
4. a szervomotorok a tengelyek mozgását vezérelni tudják.

2. Hegesztéshez kapcsolódó mérés-, irányítás- és biztonságtechnika

A megmunkálógépet számok és betűk programozásával vezérik. A működtető program tetszőlegesen változtatható, ismételhető és megfelelő formában tárolható. Az NC-technika lényegét jól szemlélteti a hagyományos és az NC megmunkáló gép működésének összehasonlítása.

A hagyományos megmunkálógép főorsójának fordulatszámát a munkadarab elkészülése során többször kell változtatni, ezt a gépkezelő a megmunkálási folyamatot megszakítva a megfelelő kapcsolókarokkal végzi, majd utána folytathatja a megmunkálást. Az NC-gép számára betűk és számok kombinációjából álló kód segítségével programozzák a kívánt fordulatszámot, amelyet a gép automatikusan kapcsol.

Ha meghatározott hosszúságon kell elmozdulni, akkor a szánt mozgató hajtóke-reken lévő beosztásos tárcsa (nóniusztárcsa) jeleit figyelve a dolgozó állítja le a szánmozgást a kívánt hosszúság elérésekor. Az alakos alkatrészeket csak különleges készülékkel, a gép állításával vagy alakos szerszámmal lehet elkészíteni. A szán mozgási sebessége (előtolása) az előtoló-hajtómű áttételeinek kézi kiválasztásával állítható be. Az NC-gép szánjait nagy pontosságú golyós orsók mozgatják, amelyeket villamos motorok forgatnak. Az elfordulás mértékét és sebességét az orsókhoz kapcsolt elektronikus mérőrendszer érzékeli. Így a szükséges elmozdulás hosszúsága és sebessége is betű-szám kombinációkból álló kóddal programozható.

Van tehát egy olyan berendezés, amelyekbe ezeket a kódokat „be lehet adni”, adattárolóból való beolvasással lehet beprogramozni. Ezt nevezik számvezérlésű (NC) berendezésnek. A hagyományos és az NC-gépek közötti alapvető különbség, hogy az NC-gép a kezelő beavatkozása nélkül végzi el a műveleteket. Ezért nem kell használni az elmozduló géprészekhez kézi kezelő elemet, a gép kezelőjének megmunkálás közben nem is kell néznie a munkadarabot.

Az NC-gép külső formájában is eltér a hagyományostól, kialakításának legfontosabb célja, hogy az NC-technika minden lehetőségét a legjobban lehessen kihasználni. A hagyományos és a CNC-gépek összehasonlításakor az utóbbi vezérlőberendezése a gép szerves része, és nagyon kis helyen elfér. Ez a kis helyszükséglet az elektronika fejlődésének eredménye, amely lehetővé tette azt is, hogy egyre több vezérlési feladatot lehessen programozni és a megmunkálás teljes folyamatát automatizálni.

A CNC (Computer Numerical Control) olyan számvezérlésű berendezés, amely szabadon programozható mikroszámítógépet is tartalmaz. Működését alapvetően a beépített mikroszámítógép programozása határozza meg. Ezt a programot – kitérődés ellen biztonságosan védve – a vevő készen kapja, ami a CNC-berendezés üzemprogramja (szoftvere). A szerszámgép állandóan optimálisan működtethető, mivel a CNC több részegységet vezérel, felügyel a kenésidőre, a holtjáték kivételére, a biztonsági reteszelékre, az általános hibaállapot kijelzésére.

A CNC-gép külső jegyeiben is eltér a kézi működtetésű gépektől. A képernyője a program kijelzésére, a billentyűzet a program beadására, illetve módosítására szolgál. Robusztus, merev felépítésű, jellemzője a gépet beborító burkolat. Nincsenek vagy nem a megszokott helyen találhatóak a kézi vezérlőelemek. Különbö-ges szerkezeti megoldásokkal is találkozni, ahol a szerkezeti elemek hasonlóak, de

2. Hegesztéshez kapcsolódó mérés-, irányítás- és biztonságtechnika

a gép felépítése eltérő (pl. NC vagy CNC lézersugaras kivágó, lángvágó, lemezdaraboló).

Alapfeltétel, hogy aki CNC-gépen akar dolgozni, ismerje a hagyományos működtetésű megmunkálási módot, meg tudja határozni az alapvető technológiai adatokat, ismerje a gép működését. A hagyományos megmunkálás technológiai ismeretei fokozatosan bővíthetők, amíg a gyakorlat segítségével eljutnak a CNC-programozás és a gép kezelésének biztos megismeréséig. A munkavégzés minősége is változik, magasabb műszaki színvonalat képviselő munkaeszköz, a CNC-gép fejlődése további ismeretbővítést igényel.

A CNC-technika segítségével az alkatrész meghatározott műveleti sorrendben készül, de ha az első alkatrész elkészült, akkor a sorozat többi darabja már az egyszer kipróbált program futtatásával automatikusan készül el. Az első alkatrész elkészítése előtt:

1. Meg kell írni a programot.
2. A szerszámok helyzetét be kell mérni.
3. A nyersdarabot be kell fogni.
4. A programot be kell juttatni a vezérlőberendezésbe (CNC).
5. A programot először a gép működése nélkül ellenőrizni kell a vezérlőberendezésen belül.
6. El kell készíteni az alkatrészt.

Ezek részben programozói, részben gépkezelői feladatok. Mivel ismerni kell egymás tevékenységét is, ezért beszélnek CNC-megmunkálási ismeretekről, amelyekre a szakmunkásnak, technológusnak, művezetőnek, üzemmérnöknek egyaránt szüksége van. A CNC-technika megismerésének személyi feltételei:

- matematikai alapismeretek, logikus gondolkodás,
- koncentrációs képesség, pontosság, alaposság,
- motiváltság, illetve felelősségérzet ahhoz, hogy az elkészült programot a legjobb (optimális) formáig javítsák, módosítsák.

A CNC-megmunkálógép általában négyszer drágább az azonos nagyságú hagyományos gépnél, ezért az üzembe állítás, majd az üzemeltetés során sokkal nagyobb figyelemmel kell foglalkozni vele. A gyártás során nagyobbak a berendezés iránti követelmények, így természetesen a gépet működtető CNC-szakemberek iránt is. A **2.68. ábra** mutatja ezeknek a gépeknek a gazdaságossági és alkalmazhatósági szempontjait.

A vezérlés és a gép közötti kapcsolat koordinálását a PLC végzi. A technológiai feladatok megoldásához a szánok mozgításán kívül szükség van:

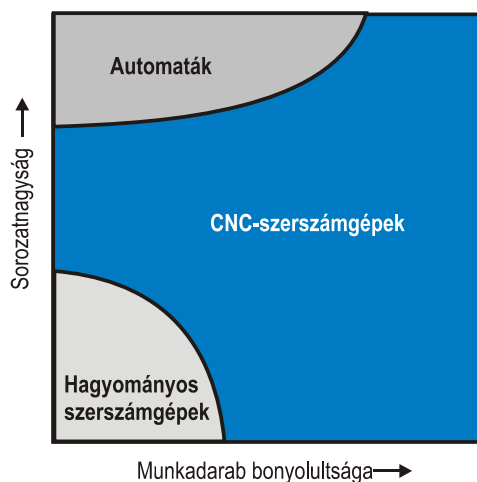
- részben a gép állapotának (részegységek üzemkésztsége, vészállapotok stb.) jelzésére a vezérlő felé;
- részben a programozható, nem szánmozgás jellegű parancsok közvetítésére a gép felé.

A CNC-vezérlések többsége ezt a feladatot úgy oldja meg, hogy a vezérlő szabványokban rögzített értelmű 24 V szintű jelet ad ki, illetve fogad. Ezeket a jele-

2. Hegesztéshez kapcsolódó mérés-, irányítás- és biztonságtechnika

ket erre a célra készített berendezés (PLC) csatolja és alakítja át a konkrét megmunkálógép igényei szerint. Ezek a logikai egységek:

- értelmezik a gép felől érkező jeleket,
- dekódolják, illetve dialógusokra bontják a vezérlőtől érkező parancsokat,
- továbbá ellátnak önálló, általában időfüggvényhez kötött feladatokat (pl. számenő ciklusok).



2.68. ábra

CNC-gépek gazdaságossági és alkalmazhatósági szempontjai

Az NC a programokat tárolja, azok parancsait lebontja és közvetíti a szervók és a PLC felé. Kezelőpanel tartalmazza a kijelző egységet, valamint a nyomógombokat. A nyomógombok két részből állnak:

- az NC-tasztatúrából, amelyek a szerkesztő, adatbeviteli és funkció gombokat tartalmazzák,
- valamint a gépi tasztatúrából, amely az üzemmódváltó, tengelymozgató stb. gombokat foglalja magában. A gépi tasztatúra a vezérlésbe lehet integrálva.

2.3.4. PLC-technika

Nem csak a megmunkálógépek, hanem más gépek automatizálása céljából fejlesztették ki az előző alfejezet végén már említett PLC-t (Programmable Logic Controller = programozható logikai vezérlő). A PLC-vezérlőegység közepes bonyolultságú munkafolyamatokat vezérel. A bemenő oldalon helyzetkapcsolók, nyomógombok, a kimenő oldalon pedig tengelykapcsolók, hidraulikus szelepek, mágneskapcsolók működnek. A vezérlőberendezés programozása egyszerű, lehet áramutas, Boole-algebrai írásmódú vagy PLC-programnyelvű is. A fejlettebb berendezések időzítő és számláló feltétel nélküli és feltételes ugró utasítások, szub-

2. Hegesztéshez kapcsolódó mérés-, irányítás- és biztonságtechnika

rutinhívó utasítások, aritmetikai utasítások betáplálásával megközelítik egy folyamatirányító számítógép teljesítményét.

A PLC egy olyan mikroszámítógép, amelyet elsősorban ipari folyamatirányításra használnak. Ezeket a számítógépeket eleve ipari célokra építik, és ennek megfelelően könnyebben programozhatóak egyes feladatokhoz, mint a PC-k. Ezek mellett a PLC-k további előnye, hogy sokkal olcsóbbak is.

Már az első számítógépek megjelenésekor megjelent az igény arra, hogy ezeket ipari irányításra is felhasználják. Ezek viszont túlságosan nagyok és drágák voltak ahhoz, hogy gazdaságosan tudjanak működni. Emellett nem is ipari körülmények közé lettek tervezve, ahol a por vagy a nagy páratartalom tönkretette volna őket. Ekkor kezdtek elterjedni a PLC-k, és majdnem teljesen kiszorították a hagyományos számítógépeket a piacról. A PLC-k térhódítása annak is köszönhető, hogy ki- és bemeneteik az iparban általában használatos jelszintekhez vannak illesztve. Tehát nagyobb teljesítménnyel is terhelhetőek, és csak a legritkább esetben adnak le 5 V-os feszültséget. Általában a ki/bemeneti feszültségek 24 V és 230 V között változnak.

A PLC-k elsősorban kisebb adatmennyiséggel működő ipari folyamatok irányításában állják meg a helyüket, ahol nem kell egyszerre nagy mennyiségű számítást végezni. Az igazán gyors és nagy mennyiségű számításokhoz már számítógépeket alkalmaznak. A PLC-k körében két alapvető típust különböztetünk meg: a kompakt és a moduláris rendszereket. A kompakt PLC-ket kisebb feladatok elvégzésére használják, például közlekedési lámpákat is vezérelhetnek, vagy egyéb kisebb folyamatokat szabályozhatnak. A moduláris PLC-k már szélesebb körben terjedtek el, mivel bővíthetők, skálázhatók, igény szerint alakíthatók.

- A kompakt PLC-k egy egységben tartalmazzák az összes szerkezeti elemet, vagyis a tápegységet, a CPU-t, az összes ki- és bemenetet. Ezek gyakran különféle feszültségekre előre skálázott formában szerezhetők be.
- A moduláris PLC-k előre elkészített modulokból építhetők fel. Ezeknek köszönhetően a PLC-k saját igényeknek megfelelően építhetők ki, és így olyan feladatokat is elláthatnak, amelyeket kompakt vezérlőkkel nehéz lenne megvalósítani. Ezeket a rendszereket könnyebb skálázni, bővíteni.

Egy PLC, legyen kompakt vagy moduláris, a következő alapvető elemekből épül fel: CPU, tápegység, I/O (input/output = bemeneti/kimeneti) egységek, kommunikációs egységek, egyéb alkotóelemek. Ezek összeköttetését a PLC-busz biztosítja.

A CPU (Central Processing Unit = központi végrehajtó egység) modul a PLC központi egysége, amely a logikai számításokat végzi és az utasításokat hajtja végre. Futtatja a memóriájában elraktározott programot, és vezérli a többi alkotóelemet. Általában található rajta valamilyen kommunikációs pont, amely többek között számítógépes programozást, kijelzők, terminálok csatlakoztatását teszi lehetővé. Ez legtöbb esetben RS232, RS422, RJ45 vagy valamilyen saját interfész szokott lenni. Az egység tartalmaz még egy RAM- vagy EPROM-memóriát is, ami-ben a program tárolódik. Régebben voltak huzalozással programozható egységek is, de ezeket nehézkes kezelésük miatt ma már nem alkalmazzák. A nagyobb köz-

2. Hegesztéshez kapcsolódó mérés-, irányítás- és biztonságtechnika

ponti egységek tartalmaznak még egy rádióvevő egységet is, ami a gyártó adójára van hangolva. Ez az adó a mindenkori pontos időt sugározza, és nagyban megkönnyíti az egymástól nagy távolságban levő PLC-k szinkronizálását.

A tápegység modul szolgáltatja a PLC moduljainak az áramellátást. A RAM-memóriát tartalmazó CPU-khoz általában akkut is tartalmazó tápegységeket választanak, hogy a program áramszünet esetén is megmaradjon.

Az I/O-egységek skálázzák, alakítják a bemenő jeleket a CPU számára elfogadhatóvá, a kimenő jeleket pedig vissza az ipari feszültségekhez. Ezek lehetnek digitális vagy analóg egységek. A digitális egységek kimeneteire vagy kapcsol áramot, vagy nem, ami végezhető relékkel vagy félvezetőkkel. A relék előnye a félvezetős megoldással szemben, hogy nagy áramok kapcsolásához is olcsó megoldást nyújtanak, de nem túl gyorsak. A legnagyobb relékkel elérhető kapcsolási frekvencia 10 Hz körül mozog. Ezzel szemben a félvezetős megoldások kapcsolási frekvenciája akár 100 Hz fölé is mehet, viszont ha ezekkel nagy feszültségeket szándékoznak kapcsolni, azt már csak eléggé drágán tehetik meg. A digitális egységek ki/bemenetein általában 24, 48, 60, 230 V feszültség szokott lenni. Vannak olyan egységek is, amelyek képesek váltakozó áramot is fogadni vagy leadni. Az analóg I/O-egységekben A/D- és D/A-konverterek vannak. Ezek a bejövő feszültségeket mint analóg jeleket digitálissá vagy a digitális jeleket analóggá alakítják.

A kommunikációs egységek biztosítják a kommunikációt további PLC-kkel, vagy terminálokkal. A PLC-k és a számítógépek összekötésére az egyik szabvány a DeviceNet, ami szerint minden PC-t és PLC-t egy ethernethez hasonló sínre tesznek, majd ezek így tudnak egymással kommunikálni. Ennek a rendszernek az az előnye, hogy a PLC-k programozása és a beavatkozás sokkal egyszerűbbé válik, és a huzalozás költségei is csökkennek. Néhány PLC csatlakoztatható az internetre is, így a programozó akár otthonról is rá tudja tölteni a kívánt programokat, vagy nagy távolságokra levő PLC-k is tudnak egymással kommunikálni külön kommunikációs vonal lefektetése nélkül.

Egyéb egységek lehetnek különleges feladatokra tervezett egységek, memória-bővítések, különböző interfészek stb.

A PLC-k programozására számos módszer létezik, de elviekben ezek nagyon hasonlítanak egymáshoz. A legegyszerűbb módszer, amit általában kompakt PLC-ken alkalmaznak, hogy a PLC-n található gombok és kijelző segítségével egyszerű programokat visznek be minden egyéb eszköz nélkül. Ez a megoldás remekül működik kisebb programoknál, ám nagyobb feladatok programozásához nem alkalmas. A moduláris PLC-ket általában nem látják el külön kezelőszervekkel, hanem a programot PC-n fejlesztik, majd megfelelő adatkábel segítségével töltik át a PLC-re. Ezek a programok általában képesek valamilyen szinten szimulálni a PLC működését, így a programok tesztelése már a PC-n megtörténhet. A különböző szakemberek különböző szemléletmódjaihoz is igazodtak a fejlesztőszoftverek, több különböző programmegjelenítés is lehetséges.

A szöveges/utasításlistás megjelenítési mód hasonlít a hagyományos PC-s programnyelvekre leginkább. Ez azonban nem annyira áttekinthető, mint a grafikus módok. A lényege különböző – a gép által érthető „mondatokkal” – adják meg, hogy mit is csináljon majd a PLC. Ezeket a mondatokat a fordítóprogram le-

2. Hegesztéshez kapcsolódó mérés-, irányítás- és biztonságtechnika

fordítja a PLC számára érthető programnyelvre, majd áttölthetők a PLC programtárába.

A blokkdiagramos ábrázolási mód grafikus, inkább a villamosmérnökök számára kedvező, ugyanis hasonlít egy rendes áramköri rajzhoz. A programozó a képernyőre rajzolhatja a logikai kapukat, logikai egységeket, időzítőket, egyéb alkotóelemeket. Ezeket összekötve áramkörként definiálhatja a programot. Másik lehetőség, hogy az áramkör nem logikai egységekből épül fel, hanem virtuális reléket, tekercseket köthet össze a fejlesztő.

A létradiagram egy másik alapvető grafikus programozási módszer, amely az információtechnológiában járatos emberek számára nyújt könnyű áttekinthetőséget. Itt egy sínre illeszthetők bizonyos feltételekhez kötött utasítások. A PLC minden időpontban megvizsgálja, hogy mely feltételek teljesülnek, és az azokhoz tartozó utasításokat elkezd végrehajtani.

Előnyei:

- szabványosított ki- és bemeneti interfészek,
- egyszerű és gyors programozhatóság (akár folyamatábra segítségével),
- univerzális használat,
- összetett feladatok könnyű megvalósíthatósága,
- a ki- és bemenetek száma és az eszköz tulajdonságai széles skálán mozognak,
- kis méret, nagy üzemi hőmérséklet-tartomány,
- programmódosítás lehetősége akár nagy távolságból, akár üzem közben,
- megkönnyítheti a hibakeresést a nagyszámú vagy gyors működési folyamat egyszerű megfigyelésével.

Hátrányai:

- villamosenergia-szükséglet (villamos hálózat kiépítése),
- az általa vezérelt (többnyire mechanikus) eszközökhöz szükségesek elektromos-mechanikus átalakító eszközök.

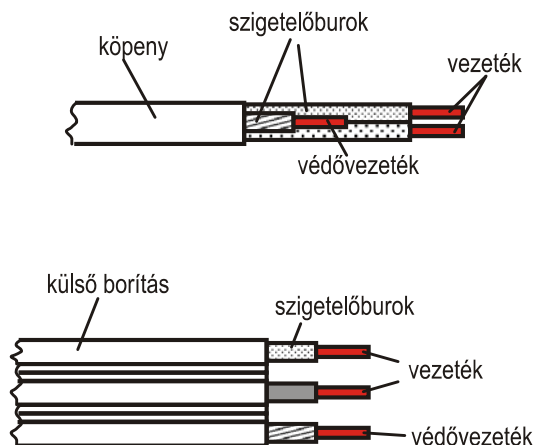
2.4. Elektromos biztonságtechnika

2.4.1. Előírások elektromos hegesztőberendezésekre

A túlmelegedés elkerülése érdekében az alkalmazott vezetékeknek (a terhelő ellenállásból következő áramerősségek miatt) megfelelő keresztmetszetűeknek és a szabadban levő, illetve a beépített vezetékeknek egyaránt szigeteltnek kell lenniük (**2.69. ábra**). Az alkalmazott szigetelőanyagoknak ezért nagyon nagy fajlagos ellenállásúnak és nagy átütési szilárdságúnak kell lenniük. A vezetékek szokásos megkülönböztető színjelölése a következő:

- fázisvezeték (R, S, T vagy L1, L2, L3): fekete, barna;
- nullvezeték (N): kék;
- védővezeték (földelővezeték) (VF): sárga-zöld.

2. Hegesztéshez kapcsolódó mérés-, irányítás- és biztonságtechnika



2.69. ábra

CNC-gépek gazdaságossági és alkalmazhatósági szempontjai

Elektromos hegesztőberendezéseket főkapcsolóval, zárlatvédelemmel és érintésvédelemmel ellátott csatlakozóhelyre szabad bekötni. Ha egy műhelyben vagy helyiségben több hegesztő munkahelyet létesítenek, akkor központi leválasztó főkapcsolót is be kell iktatni. Hegesztőgép áramkörében és a hálózati csatlakozásnál, illetve a vezérlőrendszer javítási, karbantartási munkáit csak szakirányú képe-
sítéssel rendelkező személy végezheti.

A hegesztőberendezést és a biztonsági szerelvény(ek)e)t időszakonként a biztonságos működés szempontjából ellenőrizni és annak tényét írásban rögzíteni kell. Ennek gyakorisága 1/2–1 év, ha a gyártó ettől eltérően nem rendelkezik. Egyébként a hegesztőgépek, -berendezések, -eszközök rendszeres ellenőrzésére a gyártó cégek előírásai a mértékadók.

A nagyfrekvenciás feszültséggel is működő berendezéseknél külön kell vizsgálni a szigetelés megbízhatóságát 50–300 Hz frekvenciájú és a stabilizálódott, névleges értéknél 20%-kal nagyobb feszültséggel. A méréseket a vonatkozó szabvány szerint kell elvégezni.

A hegesztőberendezések ellenőrzése során vizsgálni kell:

- a szemmel látható sérüléseket;
- a biztonsági szerelvények meglétét és működőképességét;
- a kábelek, tömlők épségét, a közvetlen mechanikai sérülések elleni védelmét;
- az elektromos csatlakozások megfelelőségét;
- a földelést;
- az elektródafogók, a hegesztőpisztolyok és a hegesztőfejek állapotát;
- a hegesztőgépek (áramforrások) főkapcsolója „nulla” állását;
- a feszültség alá helyezést, illetve az üzemkésztséget mutató jelzőlámpa vagy egyéb jelzőrendszer működését;

2. Hegesztéshez kapcsolódó mérés-, irányítás- és biztonságtechnika

- az áramforrás jelleggörbéjének beállítását (változtatható karakterisztikájú gépeknel) a hegesztési eljárásnak megfelelően.

A **2.70. ábrán** példaképpen egy hegesztőberendezés ellenőrzési (mérési) adatlapja látható.

HEGESZTŐBERENDEZÉS KARBANTARTÁSI LAP			
Hegesztőberendezés típusa:			
Hegesztőberendezés gyári száma:			
Hegesztőberendezés telepítési helye:			
A javítás, ellenőrzés időpontja:			
A javítást, ellenőrzést végző neve:			
Félvezetők ellenőrzése:			
Mágneskapcsolók ellenőrzése:			
Hibajelzők ellenőrzése:			
Paraméterjelzők ellenőrzése:			
Vezetékek épségének ellenőrzése:			
Csatlakozások ellenőrzése:			
Szennyeződések (por stb.) eltávolítása:			
Érintésvédelem (földelés, földelőcsavar) ellenőrzése:			
MÉRÉSEK			
Hegesztőberendezés üresjárási feszültsége (szekunder oldal):			
Hegesztőberendezés üresjárási áram (primer oldal):			
Ívfeszültség maximális hegesztőárammal:			
Ívfeszültség minimális hegesztőárammal:			
Maximális hegesztőáramnál:			
Minimális hegesztőáramnál:			
Transzformátor szigetelési ellenállása:			

2.70. ábra
Hegesztőberendezés ellenőrzési adatlap

2. Hegesztéshez kapcsolódó mérés-, irányítás- és biztonságtechnika

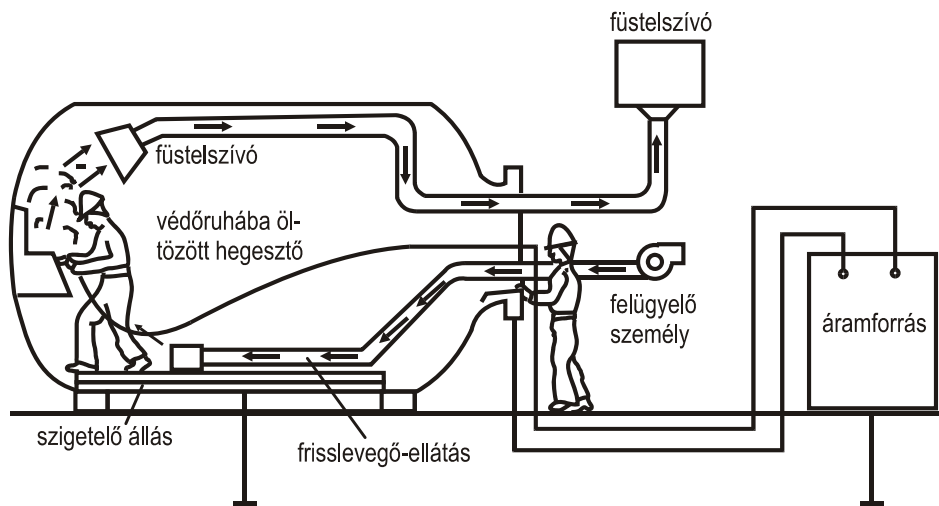
A hegesztő köteles továbbá elvégezni még azokat az ellenőrzéseket is, amelyek a hegesztőgépek, -berendezések kezelési utasításai a munka megkezdése előtti állapotra előírják. Ha az ellenőrzés során a hegesztő bármilyen hibát vagy rendellenességet talál, a munkát megkezdeni nem szabad. Hibás, sérült, deformált eszközökkel munkát végezni tilos.

Több munkahelyen, illetve tárgyon egy időben végzett elektromos ívhegesztés esetén biztosítani kell, hogy az egyidejűleg megérinthető felületek között a vonatkozó szabvány szerint veszélyes feszültségkülönbség ne alakulhasson ki, a munkahelyeket egyenpotenciálra kell hozni.

Csak hibátlan, sérülésmentes, megfelelőségi nyilatkozattal (minőségi bizonyítvánnyal) rendelkező hegesztőberendezéssel és tartozékkal szabad elektromos ívhegesztési munkát végezni. Munkát átnedvesedett ruhában és/vagy nedves kesztyűben és/vagy vízzel érintkezve végezni tilos.

Elektromos ívhegesztés fokozottan veszélyes környezete:

- szűk tér (az a zárt tér, amely kisebb 100 m^3 -nél, vagy valamelyik mérete [magasság, szélesség, hossz, átmérő] kisebb 2 m -nél), különösen ha a falak elektromosan vezetőképesek (**2.71. ábra**);
- olyan hely, ahol a mozgás lehetősége az elektromosan vezetőképes tárgyak közelében korlátozott (**2.72. ábra**);
- nedves vagy meleg munkahely;
- tartályok belseje.



2.71. ábra

Szűk, zárt térben végzett hegesztési munka biztonságtechnikai feltételei

Szűk, zárt térben végzett hegesztéseknél az elektromos áramütés mellett a mérgező és egyéb káros anyagok jelenléte, az oxigéndúsulás, illetve -hiány, az

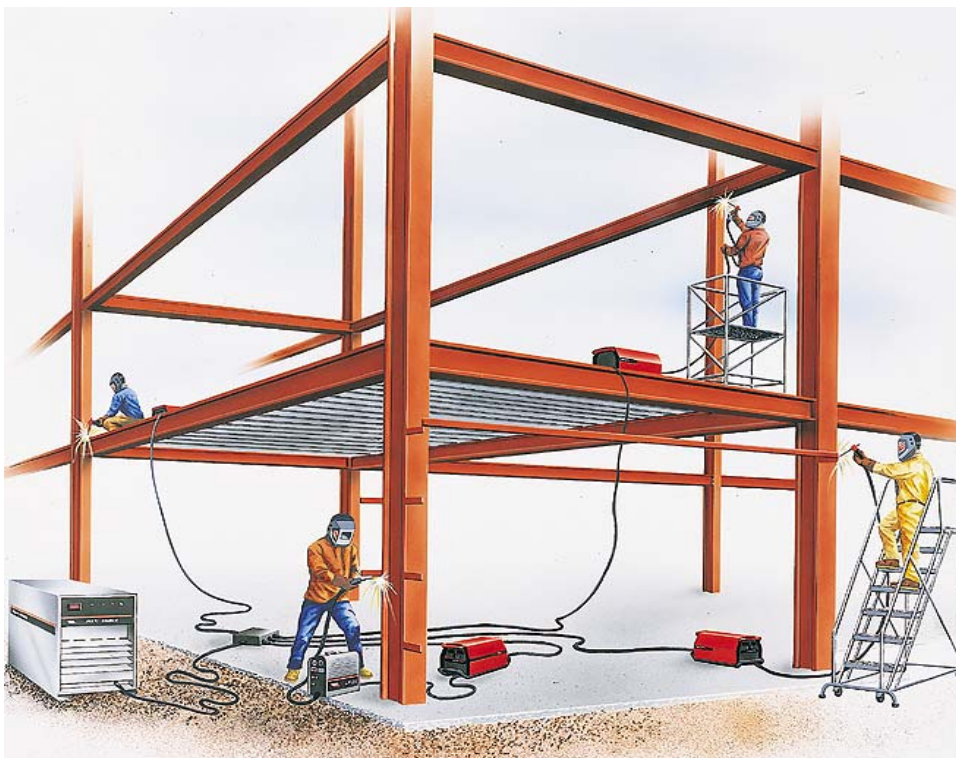
2. Hegesztéshez kapcsolódó mérés-, irányítás- és biztonságtechnika

éghető gázok telítődése stb. jelenthet fokozott veszélyt. A munka megkezdésekor gondoskodni kell az előzetes átszellőztetésről, a friss levegő bevezetéséről (tisztá oxigén nem lehet), az égéstermékek elszívásáról, a munka jellegének megfelelő védőruházatról, a biztonsági hevederről, mentési eszközökről, a megvilágításról.

Hegesztés csak akkor végezhető, ha

- a hegesztő szakember külön írásos, személyre szóló megbízást kapott;
- az állandó felügyelet, a mentési feltételek a munkavégzés alatt biztosítottak;
- a tűzjelzés és -oltás megszervezett;
- a munkát irányító személyt kijelölték.

Veszélyes anyagokat tartalmazó berendezések hegesztése előtt meg kell tudni, hogy azokban milyen anyagot tároltak, majd ennek ismeretében meleg vízzel, vízgőzzel és/vagy vegyszerrel alaposan ki kell mosni, vagy a vegyszert semlegesíteni kell. Ezt követően a berendezést vízzel (ha ez nem lehetséges, akkor tüzet kioltó gázzal, pl. nitrogénnel, CO₂-dal vagy vízgőzzel) teljesen meg kell tölteni, s a hegesztés vagy vágás alatt vízzel telt állapotban kell tartani.



2.72. ábra

Hegesztő munkahely, ahol a mozgás lehetősége az elektromosan vezetőképes tárgyak közelében korlátozott

2. Hegesztéshez kapcsolódó mérés-, irányítás- és biztonságtechnika

Hegesztőberendezés csak akkor üzemeltethető, ha a szükséges megszakítók, biztosítók és a hálózathoz csatlakozó vezeték megfelelőek. Áramforrást szűk- és áramvezető felületekkel határolt helyiségben tilos üzemeltetni. A hegesztőáramkör nem lehet az elektromos hálózat vagy az elektromos erőátviteli rendszer része, továbbá:

- Acélszerkezetek, tartók, csővezetékek, sínek, épületszerkezetek stb. állandó jelleggel nem lehetnek a hegesztőáramkör részei. Ideiglenes jelleggel is csak a munkát irányító engedélyével szabad használni, figyelembe véve az érintésvédelmi előírásokat.
- A belső égésű motorral hajtott hegesztőaggregátorokat rögzíteni kell, és a kipufogógázok elvezetéséről gondoskodni kell.
- Az áramforrásokat sorba kapcsolni tilos, párhuzamos kapcsolásukat csak villanyszerelő végezheti.
- A hegesztő közelében lévő, általa elérhető feszültség alatti részeket, épület- és szerkezeti elemeket szigetelni kell.
- A hegesztő és a munkadarabok között nem alakulhat ki elektromosan vezető kapcsolat.
- Ha a hegesztő a munkát ülve vagy fekvve végzi, akkor kiegészítő védelemként nagy felületű szigetelést kell alkalmazni a hegesztőnek a munkadarabtól, padozattól való elszigetelésére.

Hálózati csatlakozások (**2.73. ábra**) elektromos biztonságtechnikai szempontjai:

- A táphálózati csatlakozási helyet, a csatlakozó szerelvényt, a csatlakozó vezetékét és az áramforrás bekötését a mechanikai sérüléstől védeni kell.
- Az áramforrásra rögzítetten bekötött hálózati csatlakozó vezeték hossza maximum 5 méter lehet.
- Az áramforrás mozgatását megelőzően a csatlakozó vezetékét le kell választani a hálózatról.

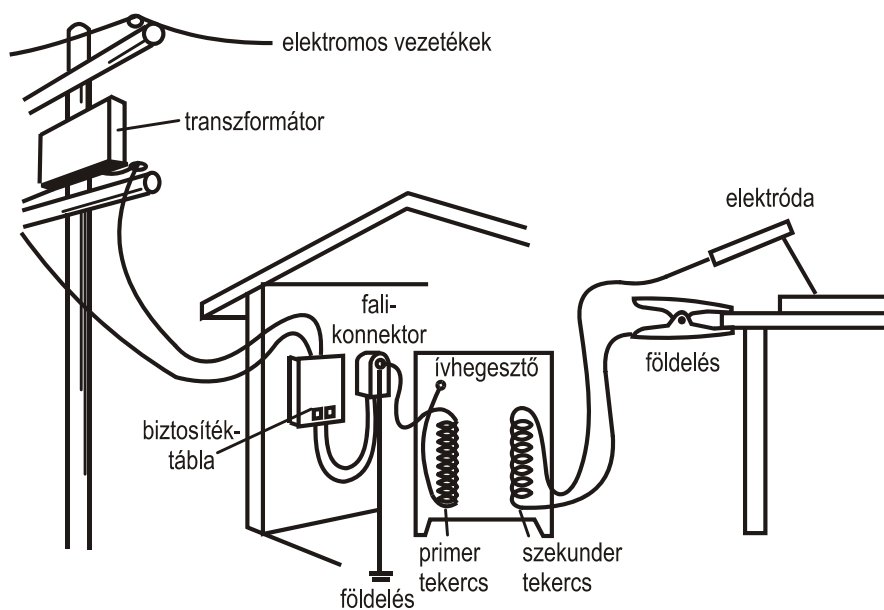
Áramforrások elektromos biztonságtechnikai szempontjai:

- Az üresjáratú feszültség eső jelleggörbéjű egyenáramú generátoroknál max. 100 V, hegesztőtranszformátorok és egyenirányítók esetében max. 80 V lehet, kivéve, ha önműködő berendezés biztosítja, hogy az ív megszakadása esetén a feszültség ezt az értéket 0,2 s-nál hosszabb időre nem lépi túl; vagy szerkezet biztosítja, hogy az elektródát csak feszültségmentes állapotban lehet cserélni.
- Ha az előzőek szerinti feltételek biztosítottak, akkor az áramforráson a következő tartós kiviteli feliratnak kell lenni: „Csak a beépített védőberendezés helyes működése esetén üzemeltethető!” Viszont ha nem biztosítottak, akkor az áramforrást a következő tartós kiviteli felirattal kell ellátni: „Elektródát cserélni csak az elektródafogó feszültségmentes állapotában szabad!”
- Tartályok belsejében vagy egyéb érintésvédelmi szempontból fokozottan veszélyes környezetben csak olyan egyenáramú ívhegesztő berendezést szabad használni, amelynek üresjáratú csúcsfeszültsége legfeljebb 50 V, vagy amelyben beépített önműködő berendezés biztosítja, hogy az áramkör meg-

2. Hegesztéshez kapcsolódó mérés-, irányítás- és biztonságtechnika

szakításakor a feszültség 0,2 s-on belül lecsökken erre az értékre. A berendezést el kell látni a következő tartós felirattal: „A villamos ívhegesztés fokozottan veszélyes környezetében is használható!”

- A lapos (közel vízszintes) jelleggörbájú gépeknél az üresjáratú feszültség legfeljebb 44 V lehet.
- Autotranszformátorokat és egyéb nem hegesztő áramforrásokat hegesztés céljára tilos felhasználni.
- Áramforrást csak a gyártó használati utasításában foglaltak betartásával szabad üzemeltetni.
- Az áramforrásra a megadott áramtartományt (I_{2max}) és/vagy bekapcsolási időt (X) tilos túllépni.
- Az áramforrás, illetve burkolat hatásos érintésvédelme nélkül munkát végezni tilos.
- Áramforrást a hálózatról csak terheletlen állapotban szabad leválasztani.



2.73. ábra
Elektromos hálózati csatlakozások

Testkábelek (áramvisszavezető kábelek) elektromos biztonságtechnikai szempontjai:

- A testkábel keresztmetszete feleljen meg az alkalmazható maximális hegesztő áramerősségnek.

2. Hegesztéshez kapcsolódó mérés-, irányítás- és biztonságtechnika

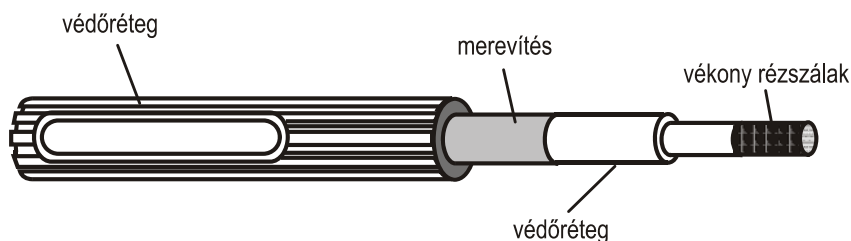
- A testkábel közvetlenül a hegesztendő munkadarabon kell biztonságosan rögzíteni (csavaros, rugós és egyéb mechanikus rögzítők). Mágneses rögzítés csak a hegesztésirányító engedélyével alkalmazható.
- A testkábel ne legyen hosszabb, mint a munkakábel.
- Tilos láncot, drótkötelet, darut, konvejtort, elevátort és minden olyan anyagmozgató, illetve logisztikai berendezést vagy eszközt testkábelként felhasználni, ahol a visszafolyó áram balesetet okozhat.
- Tilos bármilyen gázt szállító csővezetékre, illetőleg tartályra testkábelt kötni.
- Áramot vezető tárgyhoz testkábel nem érhet.
- A munka megkezdése előtt meg kell győződni arról, hogy a testkábel csatlakozási felülete fémtiszta-e.

Földelések elektromos biztonságtechnikai szempontjai:

- A földelő vezeték feleljen meg a vonatkozó szabvány előírásainak, kellően merev és megfelelő keresztmetszetű legyen.
- A földelő vezeték csatlakozása megfelelően jó elektromos kapcsolatot létesítsen.
- A testkábel földelő vezetékként nem használható.
- A földelés történhet csupasz vagy szigetelt vezetővel vagy a hegesztendő tárgyak földelt fémszerkezetére való helyezéssel.
- A hegesztőáramkört csak a hegesztendő tárgyon keresztül szabad földelni. Bármely más pontjának földelése vagy védővezetővel való összekötése tilos.
- A hegesztő-áramszabályozó, illetve az áramforrás fémburkolatát földelni kell.
- Ha az áramforrás földelése állandó jelleggel nem biztosítható, akkor kiegészítő védelmet kell alkalmazni (pl. automatikus megszakító).

Bevont elektródás (kézi) ívhegesztés vagy 111-es eljárás elektromos biztonságtechnikai szempontjai:

- A munkakábel szerkezete és szigetelése (**2.74. ábra**) feleljen meg a vonatkozó előírásoknak.

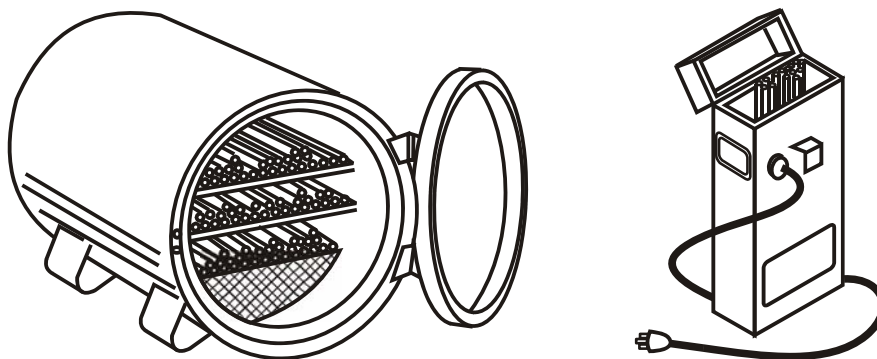


2.74. ábra
Hegesztőkábel szerkezete és szigetelése

- A munkakábelt az elektródafogótól 3 méter távolságon belül toldani, javítani tilos.

2. Hegesztéshez kapcsolódó mérés-, irányítás- és biztonságtechnika

- A munkakábelen végzett toldások, javítások szigetelése hőállóság, mechanikai ellenállás és villamos szilárdság szempontjából egyenértékű legyen az eredetivel, amit dokumentáltan ellenőrizni kell.
- Használaton kívül a kábelt száraz, hűvös helyen kell tárolni, óvni kell olajtól, benzintől vagy más oldóanyagtól, mert a szigetelést tönkreteszik.
- Használat közben is védeni kell a kábelt a mechanikai sérülések ellen.
- Tekercsben lévő munkakábelt felhasználás előtt ki kell egyengetni.
- Ha a hegesztőmunkához rövid és hosszú munkakábelt felváltva kell használni, akkor a munkakábeleket szigetelt csatlakozókkal kell felszerelni.
- A munkakábel végén lévő csatlakozók kialakítása biztosítsa az akaratlan érintés elleni védelmet (személy, fémtárgy).
- Az elektródafogónak szigetelt nyelűnek (A típusú) vagy teljesen zárt kivitelűnek (B típusú) kell lennie.
- Fokozottan érintésveszélyes helyeken teljesen zárt kivitelű elektródafogót kell használni.
- Elektródafogót csak feszültségmentes állapotban szabad cserélni és/vagy javítani.
- Elektródafogót vízbe mártással hűteni tilos.
- A munka ideiglenes megszakításakor az elektródafogót szigetelő lapra kell helyezni, és abból az elektródát, illetőleg a maradékát el kell távolítani.
- Munkaszünet esetén az elektródafogó energiaellátását meg kell szüntetni, az áramforrást le kell kapcsolni.
- Nedves/sérült bevonatú elektródát tilos használni. Hegesztés előtt a nedves bevonatú elektródát ki kell szárítani (**2.75. ábra**): kb. 300 °C-on 1/2 órán át.

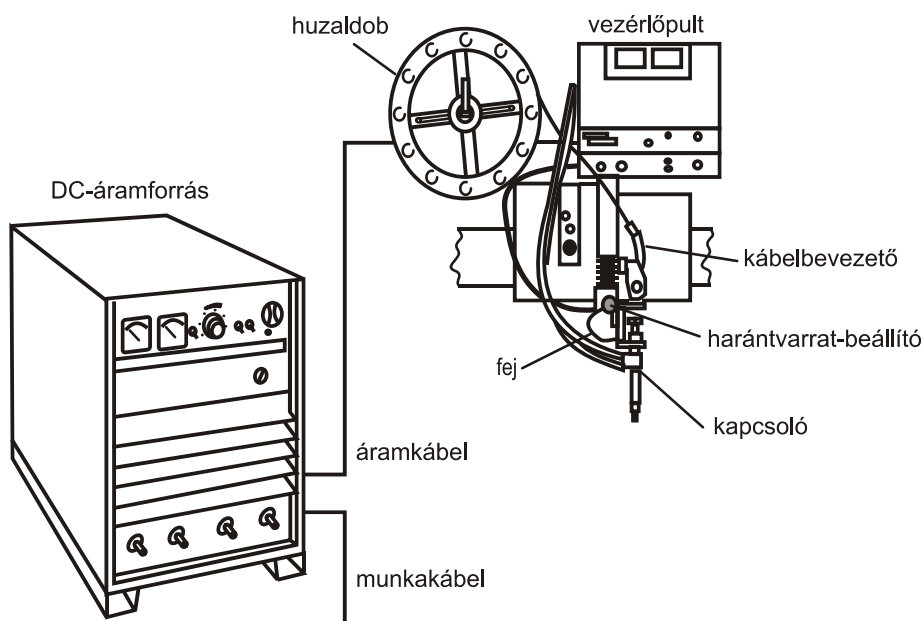


2.75. ábra
Bevont elektródák kiszárítása

Fedett ívű hegesztés (**2.76. ábra**) vagy 12-es eljárás elektromos biztonságtechnikai szempontjai:

2. Hegesztéshez kapcsolódó mérés-, irányítás- és biztonságtechnika

- Huzalcserét, illetőleg a hegesztőhuzal befűzését csak az áramkör feszültségmentes állapotában szabad végezni.
- A huzaltekercs huzaldobra helyezése és a huzal befűzése a hegesztőfejbe hegesztőkesztyű nélkül tilos.
- A hegesztőfejről a fröcskölés eltávolítására szigetelt nyelű fogót kell használni.
- A darabhoz hozzáhegedt („hozzáragadt”) vagy a hegesztőfejbe beégett huzal levágását csak az áramkör feszültségmentes állapotában szabad elvégezni.
- Fedőpor nélkül a hegesztőáramkört bekapcsolni tilos.
- A fedőpor minimális vastagságát a technológiai utasítás szerint úgy kell beállítani, hogy az ív ne villoghasson ki.
- Nedves fedőpor használata tilos.
- A nedves port felhasználás előtt a gyártó előírása szerint kell szárítani.
- Fedőport nedvességet kizáró, zárt csomagolásban kell tárolni.



2.76. ábra
Fedett ívű hegesztőberendezés

Védőgázos ívhegesztő eljárások (**2.77. ábra**) vagy 13-as és 14-es eljárások elektromos biztonságtechnikai szempontjai:

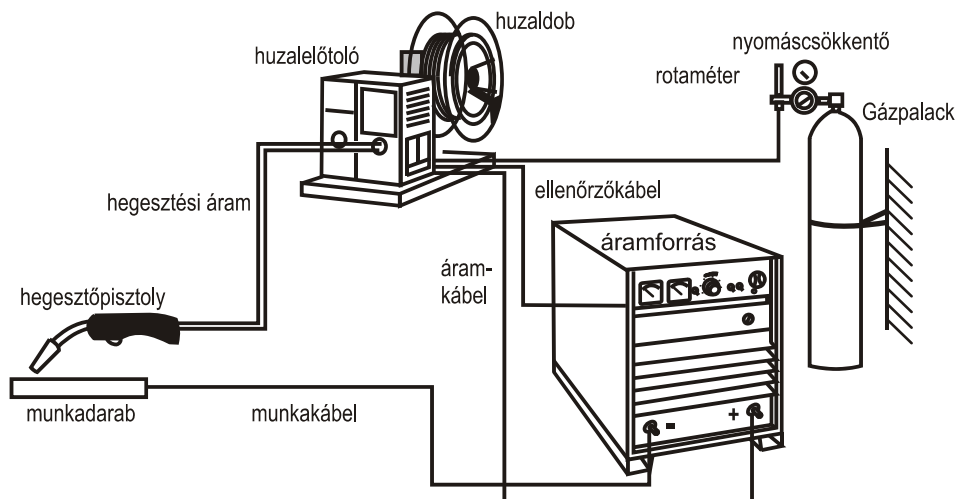
- A huzalelőtoló berendezést kifestéssel és védőelválasztással vagy a hegesztő ívfeszültséggel kell működtetni.

2. Hegesztéshez kapcsolódó mérés-, irányítás- és biztonságtechnika

- Munkaszünet esetén biztosítani kell, hogy a hegesztőpisztolyban lévő kapcsoló még akaratlanul se működhessen.
- Huzalcserét, illetőleg a hegesztőhuzal befűzését csak az áramkör feszültségmentes állapotában szabad végezni.

TIG-hegesztés (2.78. ábra) vagy 141-es eljárás, illetve plazmahegesztés (15-ös eljárás) és vágás elektromos biztonságtechnikai szempontjai

- Az elektródák cseréjét, az egyenirányítón vagy a vezérlőkészüléken végzett bármiféle szerelést csak a gép kikapcsolt, feszültségmentes állapotában, a gyártó vállalat kezelési és karbantartási utasítása alapján, csak erre a feladatra kioktatott és megbízott karbantartó szakember végezheti.
- A nagy üresjárási feszültség miatti áramütési veszély ellen másodlagos védelmet (szigetelőpódium, alátét stb.) is alkalmazni kell. Szigetelő védőkesztyű nélkül dolgozni tilos!
- Sérült plazmapisztoly használata életveszélyes! Bármilyen javítást csak szakértett és ezzel a feladattal megbízott személy végezhet.



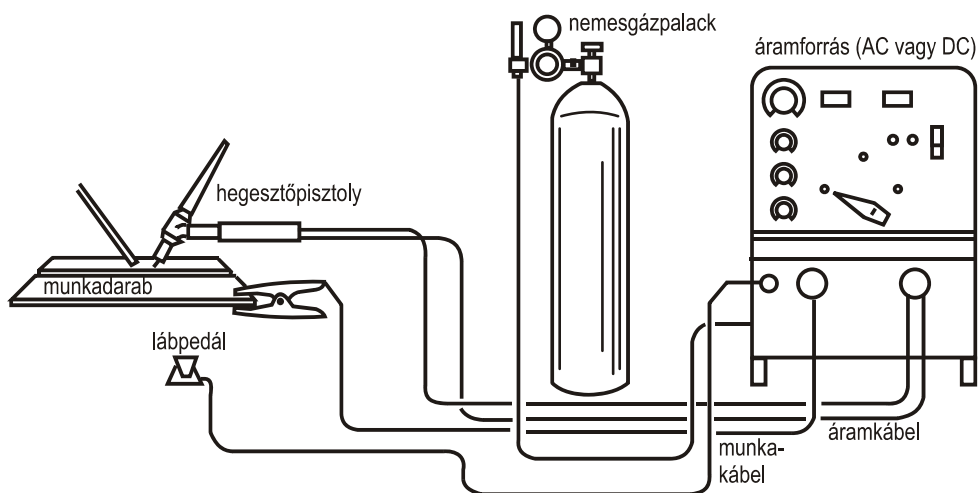
2.77. ábra
Fogyóelektródás, védőgázos ívhegesztő berendezés

Ellenálláshegesztések (2-es eljárások) elektromos biztonságtechnikai szempontjai:

- Lábbal működtetett indítókapcsoló csak akkor használható, ha az védett az akaratlan működtetés ellen.
- Az ellenállás-hegesztőgépek elektródái közé kézzel benyúlni tilos.
- A ponthegeztő elektródák utánszabályozását csak a gép kikapcsolt állapotában szabad elvégezni.

2. Hegesztéshez kapcsolódó mérés-, irányítás- és biztonságtechnika

- A kézi ponthegeesztő gép áramellátó kábelének épségét, szigetelését fokozottan ellenőrizni kell. Törött vezetékszálú vagy sérült szigetelésű kábelt haladéktalanul ki kell cserélni.
- Vonalhegesztő tárcsa üzem közbeni sorjázását, illetve szabályozását kézben tartott szerszámmal tilos végezni.
- Tompahegesztéskor a hegesztendő darabok érintkező felületeit fémesen tisztára kell munkálni.
- A tompahegesztőgép befogó pófái közé benyúlni tilos.
- Mechanikus vezérlésű tompahegesztőgép vezértárcsáinak cseréjét csak a gép kikapcsolt állapotában szabad elvégezni.
- Leolvasztó tompahegesztéskor a munkateret reteszelt burkolattal kell ellátni, amely a kifröccsenő salak, fém, egyben az erős fényhatás ellen is véd.

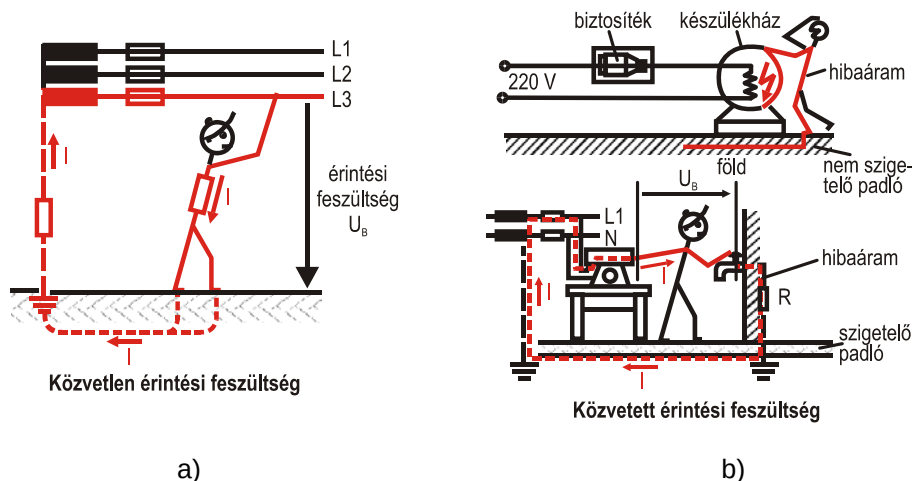


2.78. ábra
Volfrámelektrodás, védőgázos ívhegesztő berendezés

2.4.2. Elektromos áram veszélyei, élettani hatásai

Áramütéses balesetek egy feszültség alatt levő vezetékkel, vezetőképes alkatrész-szel történő közvetett vagy közvetlen érintkezés **(2.79/a. ábra)** esetén fordul(hat)nak elő. Közvetett érintés **(2.79/b. ábra)** pl. egy gépalkatrész megérintése, amely valamilyen meghibásodás miatt kerül áram alá, pl. a hiányzó vagy károsodott szigetelés miatt (testzárlat).

2. Hegesztéshez kapcsolódó mérés-, irányítás- és biztonságtechnika



2.79. ábra
Közvetlen és közvetett érintési feszültség

Az emberi test maga is elektromosan vezető, ezért ha a test különböző pontjai között potenciálkülönbség lép fel, a testen áram indul meg. Az emberi test minimális ellenállásértéke (nedves kézzel) körülbelül $R_k = 1300 \, \Omega$. Az emberi test jelentősebb károsodás nélkül, rövid ideig tartó behatás esetén maximum 40 mA áramerősséget képes elviselni. Ekkora erősségű áram már $U = I \cdot R_k = 0,04 \text{ A} \cdot 1300 \, \Omega = 50 \text{ V}$ feszültség mellett létrejön. Az 50 V-nál nagyobb feszültségek – a nemzetközi gyakorlat szerint – veszélyes feszültségnek számítanak. Például 230 V érintési feszültség hatására az emberi testben $I = U/R_k = 230 \text{ V} / 1300 \, \Omega = 0,17 \text{ A} = 170 \text{ mA}$ áram folyik, amely halálos is lehet.

A **2.80. ábra** a Nemzetközi Elektrotechnikai Bizottság (IEC) ajánlásai alapján megállapított, áramütéses balesetekre vonatkozó jellegzetes áramerősség-határokat és -hatásokat foglalja össze.

Az árambehatás időtartama is igen jelentős tényező áramütéses baleseteknél (**2.81. ábra**). Például 50 Hz-es váltakozó áram 20 mA áramerősségnél 15 s alatt, 70 mA-nál 5 s alatt halálos áramütést okozhat. Az áramütött a 100 mA-es erősségű áramot 1 s-on túl általában már nem éli túl.

Az emberi testen áthaladó áram élettani hatásai:

- **Mechanikai hatás, az izmok összerándulása.** Az agy a testet behálózó idegpályákon keresztül elektromos ingerületek útján mozgatja az izmokat. Áramütés esetén az (áram be- és kilépési pontjaitól függő) idegeket és izmokat nagyon erős inger érheti, melynek hatására utóbbiak összerándulhatnak, el is szakadhatnak. A legveszélyesebb, ha az áram a szíven vagy a tüdőn halad keresztül, mert e létfontosságú szervek izmainak összerándulása a szerv görcsét, bénulását okozhatja. Az izomsejtek egy csoportja az áram bekapcsolásakor, más csoportja kikapcsoláskor ingerlődik, ezért az izmokra gyako-

2. Hegesztéshez kapcsolódó mérés-, irányítás- és biztonságtechnika

rolt hatás tekintetében a váltakozó áram (amely minden félperiódusában kivált ilyen ingerületeket) hatása veszélyesebb.

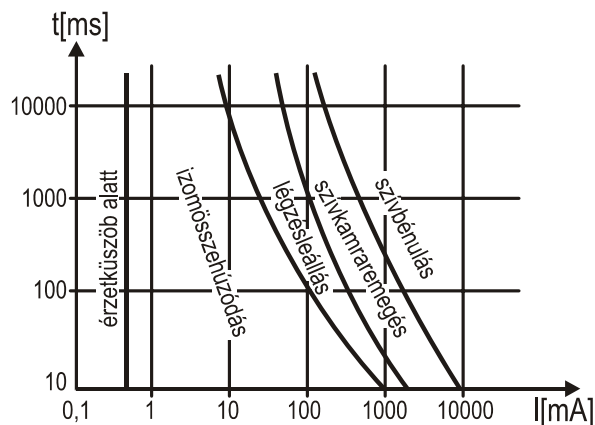
- **Vegy hatás.** Az emberi test szöveteinek igen nagy (kb. 70%) a nedvtartalma, amely nedvek az oldott ásványi sók és más alkotók miatt áramot vezető elektrolitnak tekinthetők. A vegyi hatás szempontjából az egyenáramú áramütés a veszélyes, mert az ilyenkor kialakuló elektrolízis miatt a vér és a szövetnedvek veszélyes mértékben elbomolhatnak. A bontás során keletkező gázbuborékok is veszélyt jelentenek. A vérsejtek rögzülve összeállva eldugítják az ereket.
- **Hőhatás.** A test ellenállásán áthaladó áram hőt termel. A keletkező hő az érrendszerre a legveszélyesebb, mert az erek fala „törékennyé” válik, utólag vérzések keletkezhetnek. A 45 °C feletti felmelegedés – a fehérjék (vissza nem fordítható) kicsapódása miatt – halálos kimenetelű lehet.

Váltakozó áram 5–60 Hz	Egyenáram (szűrt)	Hatása az emberre	Megjegyzés
áramerősség legfeljebb [mA]			
0,5–1,5	2–6	Gyenge rázásérzet	Érzetküszöb
2–3	8–10	Mozgást nem gátló rázásérzet	Mozgást nem gátló rázásérzet
10–15	60–70	Fájdalmas izomgörcs a végtagokban, a vezetőt még éppen el tudja engedni	Elengedési áramerősség, a veszélyesség kezdete
20–25	80–90	Erős fájdalom, szabálytalan szív működés, a légzőizmok görcse már lehetséges	Az áramkörből való öntevékeny kiszabadulás lehetetlen, így a behatási idő korlátlan mértékben megnőhet
30–40	110–140	Eszméletvesztés, a légzőizmok görcse	Eszméletvesztés, a légzőizmok görcse
80–100 felett	300–500 felett	Szívkamraremegés, szívbénulás	Halálveszély, 0,1–0,3 s után azonnali halál

2.80. ábra

Áramerősség-határok és -hatások áramütésnél

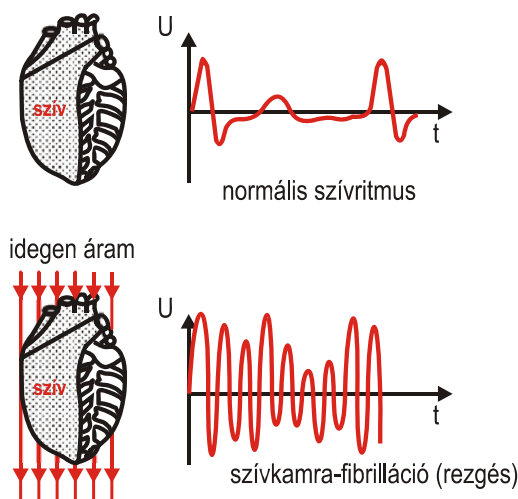
2. Hegesztéshez kapcsolódó mérés-, irányítás- és biztonságtechnika



2.81. ábra
Áramütés időtartamának hatása

Az áram hatása tehát a be- és kilépési pontokon (az áram útján) kívül az áram erősségétől, frekvenciájától, az áramütés időtartamától és az emberi szervezet állapotától is függ:

- Az áramütést okozó feszültség hatására kialakuló áram erőssége függ az emberi test ellenállásától, amit alapvetően a bőrfelület tulajdonságai és állapota határoznak meg (száraz, érdes bőrfelület esetén az ellenállás nagyobb), valamint az érintkező felületek nagysága. A test ellenállása száraz bőrfelület esetén néhány száz k Ω szokott lenni, de nedves bőrfelületnél, vagy ha az áramütést okozó feszültség átüti a bőr felső hámrétegét, néhány száz Ω -ra csökken. A testen áthaladó áramot bizonyos érték (az ún. érzetküszöb) alatt nem is érzékeljük. Az érzetküszöb átlagos esetben, egyenáram esetén 5–6 mA. 15–25 mA áram hatására az izmok már összerándulnak, a testen áthaladó 25–100 mA már veszélyes, a 100 mA feletti áram halált okozhat. A megadott áramértékek hozzávetőlegesek, és erősen függenek az áram útjától és az emberi szervezet pillanatnyi állapotától. A legveszélyesebb az, ha az áram a szíven, a légzőközpontokon vagy a fejen halad keresztül. Veszélytelenebb az áramütés akkor, ha az áram útja ezeket a szerveket elkerüli (pl. a két lábon keresztül vezet).
- Egyenáramú balesetnél az áram vegyi hatása a legveszélyesebb. Hálózati (50 Hz- es) áramütésnél az izmokra gyakorolt hatás a legjelentősebb. A frekvencia növekedésével a „szkinhatás” miatt az áram a test felületére szorul ki, és ott égési sérüléseket okozhat.
- Minél hosszabb ideig halad át az áram a testen, annál súlyosabb következményeket okozhat. Így például míg 50 mA áram csak 1 s után hoz létre szívkamra-fibrillációt (**2.82. ábra**), addig 500 mA áram már 0,1 s elteltével. Az elektromos áram annál veszélyesebb, minél hosszabb ideig hat az emberi szervezetre.



2.82. ábra

Elektromos áram okozta szívkamra-fibrilláció

- Számít az áramütéses balesetet szenvedett személy testi és lelki állapota, a figyelem, közérzet és az áramütésre való „felkészültség” is. Ha az elektromos árammal dolgozó figyelmes, és fel van készítve az esetleges áramütésre, az áram hatása gyengébb lehet. Természetesen egyes betegségek (magas vérnyomás, szívpanaszok, alkoholizmus stb.) áramütés szempontjából fokozott érzékenységet jelentenek.

2.4.3. Áramütés elleni megelőző intézkedések, érintésvédelem

Fogalommeghatározások:

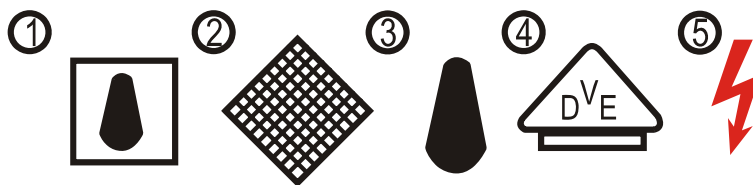
- Föld: a talaj vagy a talajjal jól érintkező minden vezető anyag.
- Földelés: a testnek vagy valamilyen vezető résznek a tudatos összekötése a földdel.
- Földelő feszültség: az a feszültség, amely a földelőn átfolyó áram hatására a földelő és nullpotenciálú hely között fellép.
- Földzárlat: üzemszerűen feszültség alatt álló vezetőknek a földdel való olyan záródása, amely rendellenesség következtében keletkezik.
- Érintési feszültség: a hibafeszültségnek (vagy a földelőfeszültségnek) az a része, amelyet megérintéskor az ember testével áthidalhat.
- Üzemi földelés: az energiaszolgáltató vezetékhálózat valamely pontjának összekötése a földdel.
- Védővezető: a földet és a készüléket összekötő vezető, amely az alapvető érintésvédelmet biztosítja.

Elektromos berendezések csatlakozásai

Az elektromos vezetékeket csavaros csatlakozással, szorítókengyellel vagy bilincscsel szilárdan rögzíteni kell. Egy meglazult vezetékkapcsolatban túlságosan megnőhet az érintkezők átmeneti ellenállása, amely az érintkezők túlmelegedéséhez vezethet.

Az érintkezési szakaszon a vezetékről a szigetelést el kell távolítani. Ha a szigetelés eltávolításához fogót, kést vagy huzalcsupaszolót használnak, ügyelni kell arra, hogy a vezeték magát ne metsszék be, mert a bemetszett vezeték könnyen eltörik. Többeres vezetékek, pl. kábel végeit kábelsaruvál vagy hüvellyel kell ellátni, nehogy egy kiálló vezetékszál zárlatot okozzon.

Az elektromos világítótesteknek és készülékeknek meg kell felelniük a felhasználói hely érintésvédelmi előírásainak. Az érintésvédelmi osztályokba sorolás szimbólumokkal (**2.83. ábra**) vagy betűkkel történik. A jelölést a készüléken jól láthatóan fel kell tüntetni: pl. ① esővíz ellen védett világítótést, ② por ellen védett készülék, ③ kondenzvíz ellen védett világítótést. A bevizsgált készülékek például Magyarországon az ÁEF (Állami Energia Felügyelet), Németországban a ④ VDE (Verein Deutscher Elektrotechniker = Német Elektrotechnikusok Szövetsége) jelölést viselik. A nagyfeszültségű berendezéseket az ⑤ jellel jelölik.



2.83. ábra
Érintésvédelmi szimbólumok/betűk

A szabványos „létesítési szabályzat 1000 V-nál nem nagyobb feszültségű erősáramú villamos berendezések számára” – melyet röviden biztonsági szabályzatnak hívnak – foglalja össze a tervezés, kivitelezés, vagyis a létesítés biztonsági szabályait.

A szabványok érintésvédelmi szempontból különböző feszültségszinteket határoznak meg:

- Törpefeszültségű az a berendezés, amelynek vezetői között (vagy bármely vezetője és a föld között) a feszültség nem nagyobb, mint 50 V.
- Kisfeszültségű az a berendezés, amelynek vezetői közt a feszültség 50 V-nál nagyobb, de 1000 V-nál kisebb, és közvetlenül földelt berendezésnél egyik vezetője és a föld közötti feszültség sem nagyobb, mint 600V.
- Nagyfeszültségű az a berendezés, melynek vezetői között a névleges feszültség nagyobb, mint 1000V, vagy közvetlenül földelt berendezésnél egyik vezetője és a föld közötti feszültség meghaladja a 600V-ot.

2. Hegesztéshez kapcsolódó mérés-, irányítás- és biztonságtechnika

Például a magyarországi és a romániai egyfázisú váltakozó áramú hálózat feszültsége 230 V, frekvenciája 50 Hz. A beérkező két vezeték közül az egyik az üzemi földelés (ezt a transzformátorháznál és esetleg a légvezeték vagy földkábel más pontjain is leföldelik), a másik a fázis. A fázis megérintése áramütést okoz, ha egyidejűleg a test valamely része a földdel érintkezik. A fázissal akkor is érintkezésbe lehet kerülni, ha valamely elektromos berendezés meghibásodása folytán az megjelenik a készülék dobozán, általában valamely, a kezelő által megérinthető pontján (testzárlat).

Magyarországon erősáramú berendezéseknél 42 V és 24 V, gyengeáramú berendezéseknél 48 V és 24 V a szabványos törpefeszültség. Szabványok és szakkönyvek tartalmazzák a névleges feszültség, a leválasztás, az üzemszerű vezető, az érintés elleni védelem, a segédeszköz nélküli elérhetőség, az egyidejűleg érinthető, a helyhez kötött, hordozható, helyváltoztató és kézben tartott berendezés, a feszültségcsökkenés elleni védelem, a túlfeszültség, a túláram, a túlterhelési áram, a túlterhelés-védelem, a zárlati áram, a zárlatvédelem, a villanymotorok, transzformátorok, a háztartási elektromos készülékek, a világítás, a tartalékvilágítás, a kapcsolók, a kapcsolókészülékek, a dugaszolók, a véletlen indítás elleni védelem, a jelzőlámpák, a vezetékek, a vezetékek kötése, a védőcsövek és vezetékcsatornák, a védettségi fokozat, helyiségek besorolása követelményeit, melyeknek a munka-védelem szempontjából is nagy jelentősége van.

Passzív érintésvédelem

Az érintésvédelem feladata az esetleges testzárlat által okozott életveszély megelőzése. Az érintésvédelemnek vannak passzív és aktív megoldásai. Passzív érintésvédelmi megoldások: az elkerítés, védőelválasztás, elszigetelés, burkolás:

- Az elkerítés nem akadályozza meg, hogy üzemszerűen feszültségmentes részek a környezethez képest veszélyes feszültség alá kerüljenek, de ezek véletlen érintése ellen védelmet nyújt úgy, hogy a védendő (helyhez kötött) berendezést kerítéssel, korláttal stb. veszik körül.
- A védőelválasztás alkalmazásakor minden egyes fogyasztó készüléket külön biztonsági transzformátorral előállított, földeletlen feszültséggel táplálnak. (A biztonsági elválasztó transzformátor két, egymástól elszigetelt primer és szekunder tekercsének feszültsége azonos, de a szekunder tekercs egyik kivezetése sincs leföldelve. Így a szekunder bármely pontjának és a földnek egyidejű érintése nem okoz áramütést.)
- Az elszigetelés a meghibásodott készülék testének megérintése esetén kialakuló áram erősségét a veszélyes érték alá korlátozza azáltal, hogy az áramkörbe az emberi test ellenállásával sorba kapcsolva nagy ellenállást (szigetelést) iktat be. Egyik módja a készülék testének a kezelőtől kettős szigeteléssel való elszigetelése. A megkettőzött szigetelés az üzemi szigetelés meghibásodása esetén védelmet nyújt az áramütés ellen. A kettős szigetelésű berendezést nem szabad leföldelni. Az elszigetelés másik módja a kezelőnek a földtől és földpotenciálon lévő szerkezetektől (pl. szigetelőpadlóval) való elszigetelése.

2. Hegesztéshez kapcsolódó mérés-, irányítás- és biztonságtechnika

- A burkolás – az elkerítéshez hasonló módon – azt akadályozza meg, hogy a helyhez kötött berendezést megérintsék. A védendő berendezést szekrénybe helyezik, beburkolják.

Aktív érintésvédelem

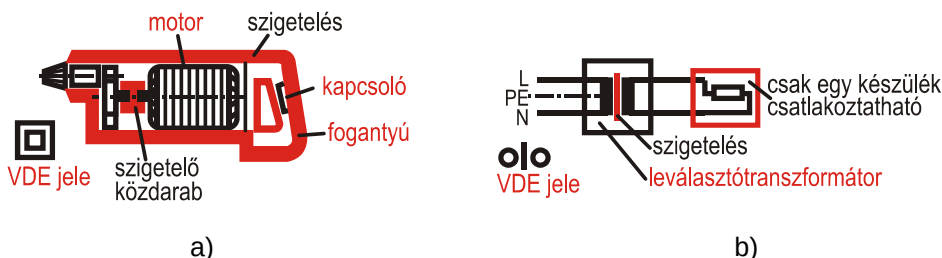
Az aktív érintésvédelem hatását úgy fejt ki, hogy a megengedettnél nagyobb érintési feszültséget okozó testzárlatos berendezést az előírt időn belül a hálózatról lekapcsolja. A lekapcsolási idő alatt az érintési feszültséget nem csökkenti. Típusai: feszültségvédő kapcsolás, áramvédő kapcsolás, nullázás, védőföldelés:

- A feszültségvédő kapcsolás alkalmazásakor a védett berendezés teste és egy, a testtől független potenciálú földelőszonda (segédföldelés) közé egy relét kapcsolnak. Ha a berendezés testpotenciálja a megengedett érintési feszültség fölé emelkedik, a relé 0,2 s alatt kikapcsol, és megszakítja a védett berendezés hálózati feszültség-ellátását.
- Az áramvédő kapcsolás figyelmezteti a védendő berendezés hálózati áramfelvételét, és testzárlatkor a földelésen keresztül kialakuló áram hatására megszakítja a berendezés hálózati feszültség-ellátását. A közvetlen fogyasztót védő áramvédő kapcsolónak 0,2 s alatt le kell kapcsolnia. Áramvédő kapcsolóként általában ún. kismegszakítót alkalmaznak.
- A nullázás az érintésvédelemnek az a módja, amikor a villamos berendezés testét a nullázó vezetőkön keresztül a hálózat közvetlenül földelt nullavezetőjével kötik össze. Így a testzárlat egyfázisú rövidzárlattá alakul, azt pedig a rövidzárlat-védelem az előírt időn belül lekapcsolja.
- A védőföldelés alkalmazásakor a villamos berendezés testét megfelelő földelési ellenállású földeléssel kötik össze. Így elérhető, hogy kisebb áramerősségű testzárlatok esetén az érintési feszültség nem lesz nagyobb a megengedettnél, nagyobb áramerősségű testzárlatok esetén pedig a berendezés zárlatvédelme az előírt időn belül kikapcsol. A védőföldeléses hálózati csatlakozó aljzat védőföldelés-érintkezőt is tartalmaz. A védőföldelés-érintkezőhöz a berendezés hálózati kábelének zöld-sárga színjelölésű vezetékét kell csatlakoztatni. A védőföldelés vezetékének legalább olyan keresztmetszetűnek kell lennie, mint a hálózati áramot szállító vezetéknek.

Védekezés földelővezeték nélkül

A védőszigetelés (**2.84/a. ábra**) az elektromos készülék szilárd szigetelőanyaggal való tartós beburkolását jelenti. Védőleválasztáson (**2.84/a. ábra**) azt a kialakítást értik, amelyben a hálózat és a készülék közé egy transzformátort kapcsolnak, melynek tekercsei egymástól különösen jól elszigeteltek. A készülék testzárlata esetén így nem záródhat az áramkör a talajon keresztül.

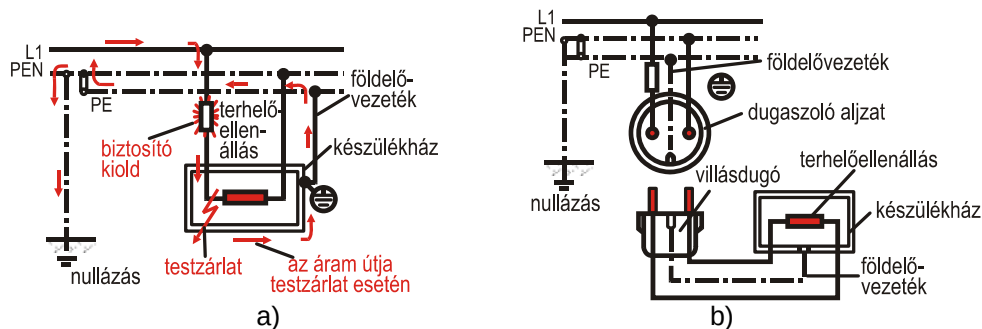
2. Hegesztéshez kapcsolódó mérés-, irányítás- és biztonságtechnika



2.84. ábra
Védőszigetelés és védőleválasztás

Védelem földelővezetékekkel

A zöld-sárga jelöléssel ellátott földelővezeték (VF) a készüléken az erre a célra kialakított, illetve megjelölt helyen csavarral rögzítik, és a készülék kábelcsatlakozásán keresztül a földelt nullvezetékhez vezetik. A védekezésnek e fajtája a nullázás (**2.85/a. ábra**).



2.85. ábra
Nullázás

A villásdugó és a dugaszoló aljzat védőérintkezőkkel van ellátva (**2.85/b. ábra**). A védőérintkezőket a zöld-sárga földelővezetékhez kötik. A dugaszoló aljzat bekötésekor ügyelni kell arra, hogy a földelővezeték hosszabb legyen, mint az áramvezető vezeték, hogy az aljzat esetleges kiszakításakor a földelővezeték szakadjon el utoljára. A megsérült vezeték, dugaszoló aljzatot és készüléket azonnal üzemben kívül kell helyezni, illetve áramtalanítani kell.

Biztosíték mint érintés- és áramkörvédelmi eszköz

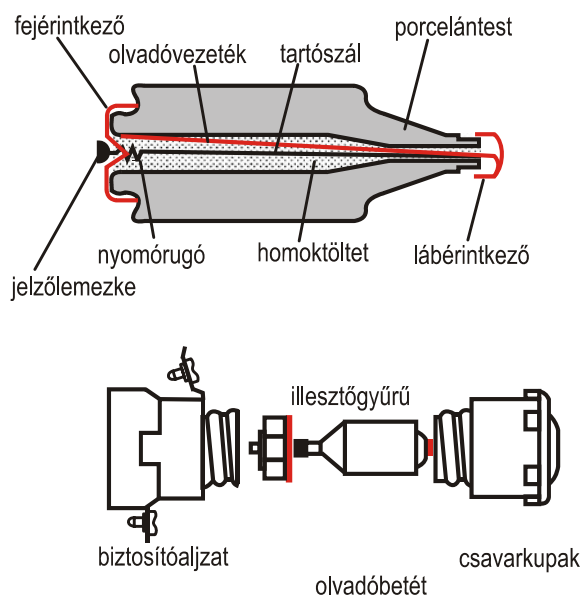
A berendezéseket nemcsak érintésvédelmi okokból látják el túláramvédelemmel, hanem saját áramköreinek a védelme céljából is. A túláramvédelem (biztosíték)

2. Hegesztéshez kapcsolódó mérés-, irányítás- és biztonságtechnika

leold, ha bármely okból (pl. egy alkatrész meghibásodása miatt) a megengedettnél nagyobb tápáram folyik, és ezzel megvédi a túláram miatt veszélyeztetett többi alkatrészt, áramkört. Az olvadóbiztosító tehát a vezetékek túlterhelés elleni védelmére szolgál, részei a biztosítóaljzat, az olvadóbetét és a csavarkupak (**2.86. ábra**).

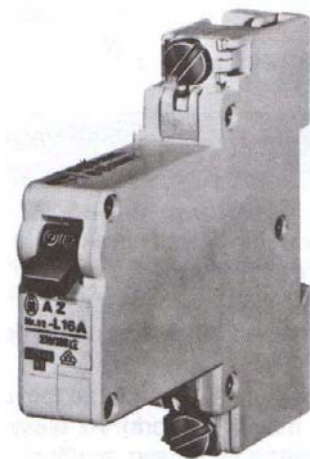
Az olvadóbiztosítóban található olvadóvezeték (betét) túlterhelés vagy rövidzárlat esetén elolvad. Túlterhelő áram akkor keletkezik, ha a fogyasztó számára megengedett áramerősséget túllépik. Rövidzárlati áram keletkezik, ha a fogyasztó ellenállását áthidalják, és az áramkörben a vezeték ellenállása érvényesül. A rövidzárlati áram felmelegíti a vezetéket, ezáltal tönkreteszi a vezeték szigetelését, tűzveszélyes helyzet keletkezik.

A terhelő ellenállás megengedett áramerőssége (névleges áramerősség) és a biztosító értéke feleljen meg egymásnak. Az olvadóbiztosító értékét a jelzőlemezke színe mutatja, pl. zöld 6 A, piros 10 A, szürke 16 A és sárga 25 A. Az olvadóbiztosítót tilos megtalpalni (átkötni), mert ezáltal megszűnik a vezeték védelme.



2.86. ábra
Olvadóbiztosító

Az automata biztosító lekapcsolja a berendezést, ha az áram erőssége a megengedett szint fölé nő. Az automata biztosító (**2.87. ábra**) feladata, hogy védje az elektromos rendszerben (áramkörben) rákapcsolt motorokat és készülékeket a túlterheléstől és a rövidzárlat következményeitől.



2.87. ábra
Automata biztosító

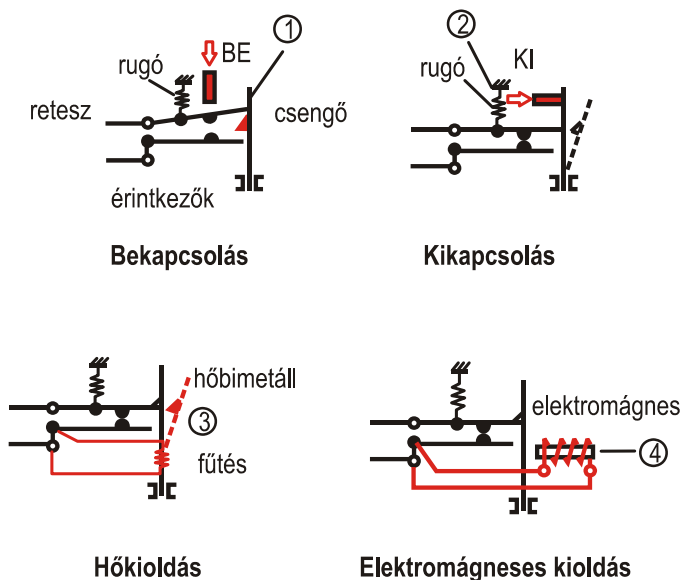
Például egy tekercselést is tartalmazó elektromos berendezés túlterhelésekor a megengedettnél nagyobb hő fejlődik, és emiatt a szigetelés károsodik. Rövidzárlat esetén a rövidzárlati áram tönkretelheti a vezetéket vagy a kapcsolót. Megelőzési, illetve beavatkozási lehetőségek (**2.88. ábra**) a következők:

1. Kézi be- és kikapcsolás. Egy készülék vagy gép bekapcsolásakor a reteszelés ① miatt az érintkezők zárva maradnak. A kézi kioldáskor egy feszítőrugó ② szétválasztja az érintkezőket.
2. Hőkioldó alkalmazása. Feladata, hogy túlterhelés esetén nyissa az áramkört. A kioldás egy bimetall ③ segítségével megy végbe, amely a túlterhelési áram okozta hő hatására elhajlik.
3. Elektromágneses kioldó használata. Feladata, hogy rövidzár esetén kioldjon. Ha például a rövidzárlati áram meghaladja a névleges áram 5-szörösét, akkor az elektromágnes ④ meghúz (üzembe lép), és 0,2 másodpercen belül oldja a reteszelést.

A készüléken belüli túláramvédelemre az aktív áramvédelemnél már említett kismegszakítók is alkalmazhatók, de gyakoribb az olvadó biztosítók használata. Az ún. Wichmann-biztosító egy, a két végén fémkupakkal lezárt üveg (vagy kerámia) csőben elhelyezett ólomhuzaldarab. A biztosítékot a védendő áramkörrel sorba kapcsolják. Az ólomhuzal átmérőjét úgy választják meg, hogy ha a biztosítékon a megadott áramerősség folyik keresztül, a huzal felizzik és elolvad, ezzel a vele soros áramkört is megszakítja.

A biztosíték kialakításától függően lehet nagyon gyors (FF), gyors (F), normál (N), vagy lassú (T) kiolvadású. Ugyanakkora túláram esetén a gyors biztosító rövidebb idő alatt olvad ki, mint a lassú. Lassú kiolvadású (lomha) biztosítót pl. olyan berendezéseknél használnak, amelyek bekapcsoláskor rövid ideig nagy áramot vesznek fel, majd áramfelvételük lényegesen csökken.

2. Hegesztéshez kapcsolódó mérés-, irányítás- és biztonságtechnika



2.88. ábra

Kézi kapcsolás, hő- és elektromágneses kioldás

Ha egy olvadóbiztosító cseréire szorul, először a teljes készüléket feszültségmentesíteni kell, ezután kerülhet sor a hibás biztosító megkeresésére és azonos típusúval (illetve értékűvel) való kicserélésére, majd a készülék feszültség alá helyezésére.

Elektromos hálózatokban végzett munkákkal kapcsolatos biztonsági szabályok

- A hálózatban munkát végezni csak feszültségmentesítés, megfelelő szakképzettség és a szükséges biztonsági előírások betartása mellett szabad.
- Villamos fogyasztó hálózati csatlakozó vezetékét nem szabad megtoldani, de az erre a célra készült hosszabbító vagy elosztó alkalmazásával meghosszabbítható.
- Kisfeszültségű elektromos hálózat légvezetékén akkor sem szabad egyedül munkát végezni, ha a hálózat feszültségmentesítve van.
- A készülék tápegységében lévő nagy kapacitású kondenzátorok a berendezés kikapcsolása után is hosszú ideig feltöltött állapotban lehetnek, és így – ha a készülékben javítást végeznek, és ezért burkolatát eltávolítják – áramütést okozhatnak. Ezért e kondenzátorokat a munka megkezdése előtt célszerű egy ellenálláson keresztül kisütni.

Villámvédelem

Zivatarkor a különböző légrétegek erős elektromos töltést nyernek, és e töltések villámcsapás útján sülnek ki. A kisülés létrejöhet két légréteg vagy egy légréteg és a föld felszínén lévő tárgy között. A villámcsapáskor fellépő áramerősség több ezer amper. A nagy áramú villámot sokszor kisebb kisülés előzi meg, amely ionizálja a levegőt, így mintegy előkészíti a következő, nagy áramú villám útját.

A villám a legkisebb ellenállású áramutat „keresi”, és – megfelelő magasságban telepített villámhárító híján – főként magas épületekbe, fába vagy antennába csap bele. A levezető kábelén keresztül a villám a lakótérbe is eljuthat, és ott komoly károkat okozhat. A közelben lecsapó villám az épület belsejében lévő vezetőkben – akár a hálózati vagy távbeszélő-vezetékben – is nagy feszültséget indukálhat, amely a hozzá csatlakoztatott berendezéseket tönkretesz. Az esetleges villámcsapás okozta károk elkerülése, illetve csökkentése céljából villámvédelmi rendszert (földelést) kell kialakítani. Megjegyzendő, hogy a villámvédelmi hálózat földelését nem szabad érintésvédelmi földelésre felhasználni.

A közelben lecsapó villám által az épületben lévő vezetékekben indukált – illetve kapacitív úton keletkezett – feszültség káros hatásainak elkerülésére a berendezéseket célszerű a villamos hálózatról (illetve a távbeszélő hálózatról) is leválasztani. Ez a „másodlagos” villámvédelem.

Ha a közelben (pl. az antennaárbocha) villám csap le, annak földelt talppontjában a rendkívül nagy áram hatására akkor is magas feszültség alakul ki, ha jó (kis ellenállású) földelése van. Ilyenkor ez a feszültség a földben az antennától távolodva rohamosan csökken. Ha ekkor közelítik meg, vagy távolodnak az árboctól, egyetlen lépéssel akár életveszélyes feszültségkülönbségű távolságot hidalhatnak át a földön (lépésfeszültség), és áramütést szenvedhetnek.

Ívhegesztés során betartandó érintésvédelmi és biztonságtechnikai szabályok

A kézi ívhegesztéshez használt hegesztődinamók és egyenirányítós hegesztőgépek üresjárási feszültsége a 100 V-ot, a hegesztődinamók üresjárási feszültsége a 70 V-ot nem haladhatja meg. Szűk helyen (pl. tartály belsejében) váltakozó árammal végzett hegesztéskor az üresjárási feszültség maximális értékét 42 V-ban korlátozzák.

A nedves vagy izzadt testfelület elektromos ellenállása csekély. Ilyen állapotban az elektróda megérintése halálos áramütést okozhat, ha a hegesztést végző személy áramot vezető talajon áll, amely képes a testen áthaladó áramot visszavezetni a géphez, és ezáltal zárja az áramkört (**2.89. ábra**). Elektromos ívhegesztés közben a védőkesztyűt mindig viselni kell. A hegesztőasztalnak földeltnek kell lennie. A hegesztést csak fa vagy gumi talpazaton állva szabad végezni. A hegesztőkábelek áthelyezésekor a hegesztőgépet ki kell kapcsolni.

2. Hegesztéshez kapcsolódó mérés-, irányítás- és biztonságtechnika



2.89. ábra

Áramütésveszély nedves talajon és kesztyűtlen kéz esetén

Sugárzás elleni védelem. Az arcot és szemet a sugárzás káros hatásaival szemben védőszemüveggel vagy védőpajzzsal védeni kell. Az elektromos ívből kisugárzott energia egy része ibolyántúli sugárzás, amely a bőr felületén égési sebeket, a szemben kötőhártya-gyulladást okoz. Ez elkerülhető a szabad testfelületek lefedésével (védőöltözet viselésével) és a védőpajzs használatával.

Fejlődő gőzök és gázok elleni védelem. A leolvadó elektródából és bevontából nagy mennyiségű gáz fejlődik, aminek elszívásáról vagy friss levegő (ez nem lehet a palackból származó oxigén) bevezetéséről folyamatosan gondoskodni kell. A gázokat elszívó berendezésekkel távolítják el.

Fröcskölés és hőhatás elleni védelem. Az izzó fém, a varrat külső felületéről lepattogzó salak és a fröcskölő fémolvadék a hegesztési munkahely környezetében balesetet okozhat, ezért ellene védőruházat viselésével, illetve a hegesztés környezetének elszigetelésével (pl. védőernyők felállításával) védekezni kell.

A védőkésztyűnek, köténynek és a védőruházatnak impregnált anyagból vagy bőrből kell készülnie, amely tűzálló, és véd a szikráktól, sugárzástól és a fejlődő hőtől. A munkadarab megfogását és áthelyezését megfelelő kialakítású, szigetelt fogókkal és befogókészülékekkel kell végezni. A keletkezett tüzek oltóhomokkal és poroltóval hatásosan lokalizálhatók, elolthatók.

2.4.4. Teendők áramütés esetén, elsősegélynyújtás

Mentési teendők elektromos áramütés esetén:

- Elektromos áramütéses baleset esetén a sérültet (ha még az áram hatása alatt van), azonnal ki kell szabadítani. Ez történhet a helyiség vagy a megérintett berendezés áramtalanításával vagy a sérült elmozdításával. A sérültet valamilyen szigetelt tárgy segítségével célszerű eltávolítani a veszélyes területről. Ilyenkor ügyelni kell arra, hogy a sérültet megérintő segítségnyújtó maga ne szenvedjen közben áramütést, illetve hogy az áram hatása alól kiszabadított sérült pl. a magasból ne essen le.

2. Hegesztéshez kapcsolódó mérés-, irányítás- és biztonságtechnika

- Az áramütés következtében szív- és légzésbénulás következhet be. A légzés megállt, ha a száj és orr elé helyezett tükör nem parásodik be. A keringés leállt, ha a pupilla fény hatására nem szűkül. A légzés, illetve keringés leállása esetén mesterséges lélegeztetést kell alkalmazni, illetve meg kell kísérelni az újraélesztést 4 percen belül. A balesetet szenvedett személyt hanyatt fektetve kemény helyre kell helyezni, ruháját meglazítani, a fejét hátrahajtani, hogy a nyelv által elzárt légút szabadabbá váljon. Ezután percenként 16–20 befúvás-ütemmel néhány szájba fúvás következik, majd a szegycsonton a két tenyeret egymásra helyezve fejtenek ki erős nyomásokat a szívre. A befúvást és a szívmasszázszt felváltva alkalmazva egy idő után megindulhat a balesetes légzése.
- Minden áramütéses balesetkor orvost és mentőt kell hívni, de az áramütöttest nem szabad magára hagyni. Az orvos engedélye nélkül az áramütéses sérülttel nem szabad folyadékot itatni.
- Ha az áramütött ember (vagy ruhája) ég, a tüzet betakarással (pl. egy kabáttal betakarva, az égéstől az oxigént elvonva) kell oltani.
- Sokkhatás esetén (tünetek: gyors, de gyenge pulzus, erős verejtékezés) a sérültet le kell fektetni, lábait fel kell polcolni.
- Szükség esetén az áramszolgáltató, a műszaki mentők és tűzoltók értesítése.
- A baleset kivizsgálása műszaki és orvosszakértő bevonásával.

Elektromos sérülésnek nevezik az áramütéssel együtt létrejött sérüléseket, szervezeti károsodásokat, amelyek közül a jellegzetesek az alábbiak:

- a bőrön áramjegy keletkezik, égési sérülések alakulnak ki különösen nagyfeszültségű áramütés révén;
- izmok és inak sérülnek nagy áramerősség hatására;
- vérerek sérülnek hőhatás következtében;
- érzékszervi károsodás, szürkehályog, vesekárosodás stb.

Másodlagos elektromos balesetkor a sérülés nem közvetlenül az áramütés hatására, hanem annak következményeként keletkezik, pl. elesés következtében mechanikai sérülések lépnek fel. Az elektromos balesetek következményei gyakran jóval később jelentkeznek, ezért tartós orvosi megfigyelésre van szükség.

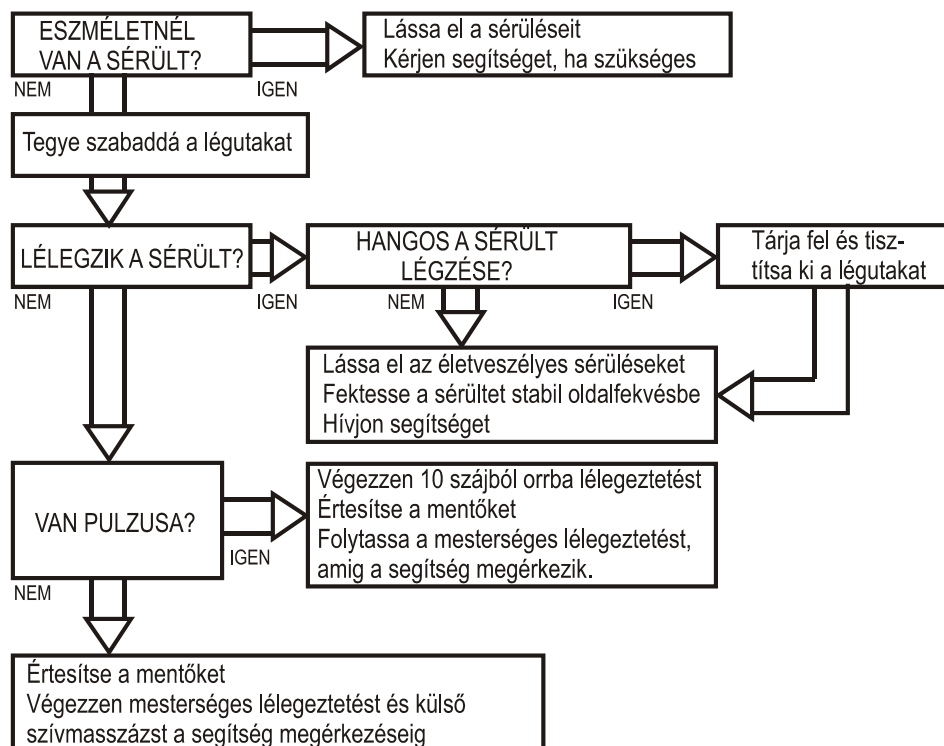
Az elsősegélynyújtás során a sérült, balesetet szenvedett vagy testi épségét közvetlenül veszélyeztető helyzetbe került személyt kell szakszerűen ellátni, ami azonban nem helyettesíti az orvosi beavatkozást. Az eszméletlen sérült sürgős ellátásának blokkdiagramja látható a **2.90. ábrán**.

A baleset helyszínén végrehajtandó további elsősegélynyújtási teendők:

- sebek esetén steril bekötözés, erős vérzés esetén szorítókötés alkalmazása, sérült nyugalmi állapotba helyezése;
- égési sérülések esetén a felület hűtése tiszta langyos vízzel, steril bekötözése;
- szemsérüléskor, káprázás esetén szembe cseppentés, látászavarnál mindkét szem takarása, maró anyag szembe jutásakor kimosás bő tiszta langyos vízzel;

2. Hegesztéshez kapcsolódó mérés-, irányítás- és biztonságtechnika

- gáz- és füstmérgezéskor a sérült biztonságba helyezése friss levegőn, azonnali orvosi ellátás.



2.90. ábra
A sürgős tennivalók blokkdiagramja

A hegesztő munkahelyen vagy annak közelében elsősegélynyújtó eszköztárt kell elhelyezni.

Melléklet

Fontosabb elektromos kapcsolási rajzjelek

A kapcsolások grafikus szimbólumai (válogatás)

Antennák kapcsolási rajzjelei

--	--	--

Vészjelző készülékek kapcsolási rajzjelei (válogatás)

--	--	--

Kiegészítő kapcsolási rajzjelek (válogatás)

Különféle hatások 	 1. alak 2. alak 1. alak 2. alak	

Jelzőkészülékek kapcsolási rajzjelei (válogatás)

 	 	Elektroakusztikai átalakítók
----------	----------	---

Melléklet

Vezetékek és összekötők rajzjelei (válogatás)

	Vezető		Sodrott vezeték		Vezetékek összekötés nélküli keresztezése
	Vezetőcsoport		Koaxiális vezeték		Egysarkú
	Vezeték		Csatlakozópontra kivezetett koaxiális vezeték		Vezetékek vill. összekötése
	Kábel		Árnyékolt vezeték		nem oldható kötés
	Áramút		Vezetők kábelben, három vezető ábrázolása		oldható kötés
	Tervezett vezeték		Dugaszolható csatlakozóaljzat		Kapcsolósáv, sorozatkapcsolók, pl. a sor első négy kapcsa
	Mozgatható vezeték		Dugaszolható csatlakozóvilla		oldható összekötéssel
	Három vezető (1. ábrázolási mód)		Dugaszolható csatlakozó		
	Három vezető (2. ábrázolási mód)				
	Példa: 110 V-os egyenáramú áramkör, két 120 mm-es alumíniumvezető				
	Nem csatlakoztatott vezeték vagy kábel				

Változtathatóság, beállíthatóság, ellenállások és kondenzátorok jelölése (válogatás)

	Változtathatóság, nem inherens (velejáró)		Változtathatóság, nem inherens (velejáró) nem lineáris		Az állíthatóság jele
	Változtathatóság, folyamatos		Fokozatos állíthatóság		Változtathatóság, inherens
	Ellenállás általában, szokásos alak		Feszültségfüggő ellenállás Ellenállás-változtatás ellenkező értelmű a feszültségváltozással		Kondenzátor általában
	Másik alak		Tekercs, induktivitás használatos alakja		Polarizált kondenzátor, pl. elektrolitkondenzátor
	Csúszóérintkezővel		Másik, nem szabványos alak		Másik alak
	Tisztán ohmos		Vasmagos tekercs		Állandó mágnes
	Változtatható ellenállás		Vasmaggal és légréssel		Primer elemek, akkumulátor, elem
	Feszültségfüggő ellenállás az ellenállás-változás ellenkező értelmű a feszültségváltozással				Földelés általában
					Test, ház

Kapcsolókészülékek, működtetések és kioldók kapcsolási rajzjelei (válogatás)

	Záró		Dugaszolható csatlakozódugó		Nyomógombos kapcsoló záróérintkezővel kézi működtetés, általában
	Bontó		Dugaszolóvilla		Kézi működtetésű kapcsoló 4 kapcsolóállással
	Váltó megszakítóval		Dugaszaljzat		
	Műk. tekercs általában, pl. jelfogó		Csatlakozás dugaszoló-villával és -aljzattal		
	Műk. tekercs ejtés-késleltetéssel		Dugaszolt összekötő a védővezető jelölésével		Háromsarkú reteszkapcsoló elektrotermikus és elektromágneses túláramkioldóval és feszültségminimumkioldóval, pl. motorvédő kapcsoló
	Hőrelé		Biztosító		
			Túlfeszültség-levezető		

Transzformátorok és fojtótekercek kapcsolási rajzelei (válogatás)

Kapcsolási rajzelek		Megnevezés	Kapcsolási rajzelek		Megnevezés
1. alak	2. alak		1. alak	2. alak	
		Forgótekerecs			Háromfázisú transzformátor csillag/háromszög kapcsolás
		Transzformátor			
		Takarék-transzformátor			Áramváltó impulzus-transzformátor

Villamosenergia-fejlesztők és -átalakítók kapcsolási rajzelei

Kapcsolási rajzelek	Leírások	Kapcsolási rajzelek	Leírások	Kapcsolási rajzelek	Leírások
	A * helyére a következő jeleket kell írni		Egyenáramú főáramkörű (soros) motor		Háromfázisú főáramkörű motor
	C átalakító		Egyenáramú mellékáramkörű (sönt) motor		Szinkronmotor egyfázisú
	G generátor		Egyenáramú vegyes gerjesztésű generátor csatlakozókkal és kefékkel		Háromfázisú aszinkronmotor kalickás forgórészrel
	G S szinkrongenerátor		Egyenáramú átalakító együttforgás a közös állandó mágnesű gerjesztéssel		Háromfázisú aszinkronmotor csúszógyűrűs forgórészrel
	M motor		Váltakozó áramú főáramkörű motor, egyfázisú		Háromfázisú aszinkronmotor csillagkapcsolású és indítókércsrel ellátott forgórészrel
	Lineáris motor				
	Léptetőmotor				

Mérőműszerek, mérőkészülékek, számlálók kapcsolási rajzelei (válogatás)

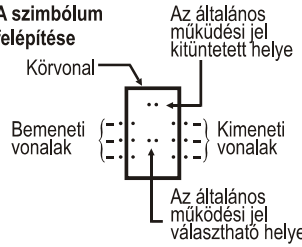
Kapcsolási rajzelek	Megnevezések	Kapcsolási rajzelek	Megnevezések	Kapcsolási rajzelek	Megnevezések
	Mérőműszer általában		Mérőmű összeg vagy különbség képzésére		Mérőműszer általában
	Regisztráló		Szorzat képzése		Árammérő az amper-egység megadásával
	Integráló, pl. számláló		Hányados képzése		Háromvezetékes háromfázisú fogyasztásmérő
	Mérőmű feszültségúttal		Kijelző általában		
	Mérőmű áramúttal		Kijelző, digitális		

Melléklet

Félvezető építőelemek kapcsolási rajzjelei (válogatás)

	Tiristor általában		PNP-tranzisztor (A kör elhagyható, integrált áramkörnél el kell hagyni)		PNP- fototranzisztor
	Kétirányú tirisztortrióda (TRIAC)		NPN-tranzisztor		N-csatornájú zárréteges tervezérfésű tranzisztor

Bináris elemek kapcsolási rajzjelei (válogatás)

A szimbólum felépítése		A be- és kimenetek közötti kapcsolat			
		A kapcsolat módja	Betű(k)	A be- és kimenetre gyakorolt hatás, ha a vezérlő-bemenet a következő logikai állapotban van:	
				1 állapot	0 állapot
CÍMEK			A	Megengedi a műveletet (cím kiválasztva)	Tiltja a műveletet (nem kiválasztott cím)
VEZÉRLÉS			C	Megengedi a műveletet	Tiltja a műveletet
 Az elem körvonala		ENGEDÉ- LYEZÉS	EN	Megengedi a műveletet	Tiltja a vezérelt bemenetek műveleteit
 A vezérlőblokk körvonala					– Külső nagyohmos állapotot eredményez a nyitott és 3-state (állapotú) kimenetekre, a 3-state kimenetek belső logikai állapotát nem befolyásolja – A passzív pulldown kimeneteken nagyohmos L-szintet és a passzív pullup kimeneteken nagyohmos H-szintet eredményez – A többi kimeneten 0 állapotot hoz létre
 A kimeneti blokk körvonala					
 Negáció a bemeneten					
 a kimeneten					
 Logikai polaritás polaritásindikátor		ÉS	G	Megengedi a műveletet	0 állapotot hoz létre
 Dinamikus bemenet		MODE	M	Megengedi a műveletet (kiválasztott mód)	Tiltja a műveletet (nem kiválasztott mód)
 NEGÁCIÓ (tagadás)			N	Kiegészíti az állapotot	Nincs hatása
 Belső összekötés		VISSZA- ÁLLÍTÁS	R	A vezérelt kimenet úgy reagál, mint az S = 0, R = 1-nél	Nincs hatása
 R-bemenet		BEÁLLÍTÁS	S	A vezérelt kimenet úgy reagál, mint az S = 1, R = 0-nál	Nincs hatása
 S-bemenet		VAGY	V	1 állapotot eredményez	Megengedi a műveletet
 Multibit-bemenet		ÖSSZE- KÖTÉS	Z	1 állapotot eredményez	0 állapotot eredményez

Irodalom

1. Agg Géza: *Műszaki alapismeretek*. LSI Oktatóközpont, Budapest, 1997.
2. Bagyinszki Gyula – Bitay Enikő: *Bevezetés az anyagtechnológiák informatikájába*. Erdélyi Múzeum-Egyesület, Kolozsvár, 2007.
3. Bagyinszki Gyula – Bitay Enikő: *Felületkezelés*, Erdélyi Múzeum-Egyesület, Kolozsvár, 2009.
4. Bagyinszki Gyula: *A hegesztés és rokon eljárásai rendszerezése*. Hegesztéstechnika, XIII. évfolyam, 2002/2. szám, 29–35.
5. Bagyinszki Gyula: *Anyagismeret és minősítés*. Budapesti Műszaki Főiskola, Budapest, 2004.
6. Bagyinszki Gyula: *Gyártásismeret és technológia*. Budapesti Műszaki Főiskola, Budapest, 2004.
7. Bagyinszki Gyula – Farkas Attila – Gyura László: *„Schweißen und Schneiden” ESSEN 1993 – újdonságok és tendenciák a hegesztésben*. Műegyetemi Kiadó, Budapest, 1994.
8. Bagyinszki Gyula – Galla Jánosné – Harmath József – Jurcsó Péter – Kerekes Sándor – Tóth László: *Mérési gyakorlatok*. Képzőművészeti Kiadó, Budapest, 1999.
9. Bagyinszki Gyula – Gáti József – Kovács Mihály: *A hegesztés olimpiája: „Schweißen und Schneiden '97” I–II. rész*. Hegesztéstechnika, VIII. évfolyam, 1997/4. 51–56; IX. évfolyam, 1998/1. 24–34.
10. Bagyinszki Gyula – Gáti József – Kovács Mihály: *Hegesztés a III. évezred küszöbén – „Schweissen und Schneiden 2001 Essen”*. Hegesztéstechnika, XII. évfolyam, 2001/4. szám, 44–47.
11. Bagyinszki Gyula – Gáti József – Kovács Mihály: *Merre tart a „hegesztés és vágás”?* Gépgyártástechnológia, XXXVII. évfolyam, 11. szám, 1997. november, 3–8.
12. Bagyinszki Gyula – Gáti József – Kovács Mihály: *VII. Hegesztéstechnikai Szakkiállítás a VIII. Mach-Tech-en*. Hegesztéstechnika, XVIII. évfolyam, 2007. 2. szám, 63–67.
13. Bagyinszki Gyula – Kovács Mihály: *„Kötés és oldás” – avagy „Schweißen und Schneiden” Essen. 2005. szeptember 12–17*. Hegesztéstechnika, XVI. évfolyam, 2005/4. szám.
14. Bagyinszki Gyula: *Beszámoló az essen „Schweissen und Schneiden 2009” szakkiállításról*. BMF-CLOOS Jubileumi Szimpózium, Budapest, 2009. október 26.
15. Bagyinszki Gyula – Kovács Mihály – Gyura László: *Egy kiállítás képei I–II*. Hegesztéstechnika, XX. évfolyam 2009. 4. szám, 33–37; XXI. évfolyam, 2010. 1. szám, 87–91.
16. Bakonyi Gábor – Tasnádi Péterné: *Fizikai képletgyűjtemény*. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1990.

Irodalom

17. Baránszky-Jób Imre (szerk.): *Hegesztési kézikönyv*. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1985.
18. Bauer Ferenc (szerk.): *Robottechnika (Hegesztőrobotok)*. Budapesti Műszaki Egyetem Mérnöktovábbképző Intézet, Budapest, 1988.
19. Bauer Ferenc: *Ellenállás ponthegeztés. (Hegesztéstechnológia c. tárgy segédletei – 9. sz. füzet)*, BME Mechanikai Technológia Tanszék, 1985.
20. Bauer Ferenc: *Ellenállás vonalhegeztés. (Hegesztéstechnológia c. tárgy segédletei – 11. sz. füzet)*, BME Mechanikai Technológia Tanszék, 1985.
21. Bauer Ferenc: *Ellenállás tompahegeztés. (Hegesztéstechnológia c. tárgy segédletei – 13. sz. füzet)*, BME Mechanikai Technológia Tanszék, 1985.
22. Bauer Ferenc: *Ellenállás dudurhegeztés. (Hegesztéstechnológia c. tárgy segédletei – 13. sz. füzet)*, BME Mechanikai Technológia Tanszék, 1985.
23. Beck Mihály – Peschka Vilmos (főszerk.): *Akadémiai kislexikon 1–2*. Akadémiai Kiadó, Budapest, 1989–90.
24. Beuth, Klaus – Beuth, Olaf: *Az elektrotechnika alapjai – I.* Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1990.
25. Beuth, Klaus – Beuth, Olaf: *Az elektrotechnika alapjai – II. Félvezetők*. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1990.
26. Beuth, Klaus – Beuth, Olaf: *Az elektrotechnika alapjai – III. Digitális áramkörök*. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1990.
27. Breuer, Hans: *Fizika*. Springer Hungarica Kiadó, Budapest, 1993.
28. Breuer, Hans: *Informatika*. Springer Hungarica Kiadó, Budapest, 1995.
29. Breuer, Hans: *Kémia*. Springer Hungarica Kiadó, Budapest, 1995.
30. Bröcker, Bernhard: *Atomfizika*. Springer Hungarica Kiadó, Budapest, 1995.
31. Brümmer, O. és társai (szerk.): *Szilárd testek vizsgálata elektronokkal, ionokkal és röntgensugárázással*, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1984.
32. Budó Ágoston: *Kísérleti fizika I–III*. Tankönyvkiadó, Budapest, 1985.
33. Connor, Leonard P. (ed.): *Welding Handbook Eight Edition – Volume 1. Welding Technology*. American Welding Society, Miami, 1987.
34. Csengeri Pintér Péter: *Mennyiségek, mértékegységek, számok*. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1981.
35. Czichos, Horst és társai (szerk.): *Hütte: A mérnöki tudományok kézikönyve*. Springer Hungarica Kiadó Kft., Budapest, 1993.
36. Czinege Imre – Kisfaludy Antal – Kovács Ágoston – Vojnich Pál – Verő Balázs: *Anyagvizsgálat*. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1990.
37. Dévényiné Verebély Judit – Vojnich Pál: *Anyagszerkezettan*. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1991.
38. Domszky Mihály: *Elektrotechnika képletgyűjtemény*. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1991.
39. Frischherz, Adolf – Skop, Paul: *Fémtechnológia 1. Alapismeretek*. B + V Lap- és Könyvkiadó, Budapest, 1993.
40. Frischherz, Adolf – Piegler, Herbert: *Fémtechnológia 2. Szakismeretek*. B + V Lap- és Könyvkiadó, Budapest, 1994.
41. Gáti József: *A biztonságos hegesztésért I–II*. Hegesztéstechnika, IV. évfolyam, 1993. 1. szám, 33–38.; 1993. 2. szám, 39–42.

42. Gáti József (szerk.): *Hegesztési zsebkönyv*. COKOM Mérnökiroda Kft, Miskolc, 2003.
43. Gáti József – Kovács Mihály: *Hegesztés*. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1989.
44. Gellert, Walter és társai (szerk.): *Természettudományi Kisenciklopédia*. Gondolat Könyvkiadó, Budapest, 1987.
45. Giber János és szerzőtársai: *Szilárd testek felületfizikája*. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1987.
46. Ginsztler János – Hidasi Béla – Dévényi László: *Alkalmazott anyagtudomány*. Műegyetemi Kiadó, Budapest, 2000.
47. Gremsperger Géza: *Oktatási tananyag és módszertani útmutató – Munkabiztonság – Fogóelektródás védőgázos ívhegesztés*. Magyar Hegesztéstechnikai Egyesülés, Budapest, 1996.
48. Gremsperger Géza – Marti Sándor – Rejtő Ferenc: *Ívhegesztő áramforrások*. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1987.
49. Guy, A. G.: *Fémfizika*. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1978.
50. Holics László (szerk.): *Fizika 1–2*. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1986.
51. Hollósné Szabó Andrea – Gyura László – Csikós Gábor: *Hőmérsékletmérés acélok hegesztésénél*. Anyagvizsgálók Lapja, IV. évfolyam, 1994/4. szám, 49.
52. Hudson, Alvin – Nelson, Rex: *Útban a modern fizikához*. LSI Oktatóközpont, Budapest, 1994.
53. Kádár Imre: *Előmelegítés igényesebb technológiai és biztonsági megoldásai*. Hegesztéstechnika, VIII. évfolyam, 1997. 2. szám, 33–35.
54. Karsa Béla: *Villamos mérőműszerek és mérések*. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1962.
55. Kaulich, G. – Kiling, R.: *Az ívhegesztő áramforrások fejlődése*. Hegesztéstechnika, XII. évfolyam, 2001. 1. szám, 35–37.
56. Kegel, K. (szerk.): *Villamos hőtechnikai kézikönyv*. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1978.
57. Kemény Sándor – Deák András: *Mérések tervezése és eredményeik kiértékelése*. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1990.
58. Kicsi Sándor (főszerk.): *Természettudományi lexikon*. Akadémiai Kiadó, Budapest, 1989.
59. Kittel, Charles: *Bevezetés a szilárdtest-fizikába*. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1981.
60. Kóczy T. László – Tikk Domonkos: *Fuzzy rendszerek – Alkalmazott matematika sorozat*. Tipotex Elektronikus Kiadó, Budapest, 2000.
61. Kónya Albert – Antal János: *Kvantummechanika*. Tankönyvkiadó, Budapest, 1986.
62. Koroknai Ákos: *A Ganz Műszer Művek története*. Ganz Műszer Művek, 1975.
63. Kovács László (szerk.): *Gépipari művezetők zsebkönyve*. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1982.
64. Kovács László: *Műszakiak zsebkönyve*. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1983.

Irodalom

65. Kovács Mihály: *Hegesztés*. Nemzeti Tankönyvkiadó – Tankönyvmester Kiadó, Budapest, 2002.
66. Kovács Mihály: *Oktatási tananyag – Szakmai ismeretek – Általános ismeretek – Gyakorlati oktató I-II. 1. rész*. Magyar Hegesztéstechnikai Egyesülés, Budapest, 1996.
67. Kovács Mihály: *Oktatási tananyag – Szakmai ismeretek – Bevontelektródás ívhegesztő gyakorlati oktató I-II. 2. rész*. Magyar Hegesztéstechnikai Egyesülés, Budapest, 1996.
68. Kreher, Konrad: *Szilárdtest-fizika*. Tankönyvkiadó, Budapest, 1979.
69. Kristóf Csaba: *A bekapcsolási idő értelmezése az új európai szabványok szerint*. Hegesztéstechnika, VI. évfolyam, 1995. 2. szám, 48.
70. Kristóf Csaba: *Fogyóelektródás. védőgáz ívhegesztés a '90-es években*. Hegesztéstechnika, II. évfolyam, 1991. 1. szám, 8–11.
71. Kristóf Csaba: *Impulzus ívű hegesztés I. rész: AWI-hegesztés*. Hegesztéstechnika, XIII. évfolyam, 2002. 1. szám, 25–28.
72. Kristóf Csaba: *Impulzus ívű hegesztés II. rész: MÍG/MAG-hegesztés*. Hegesztéstechnika, XIII. évfolyam, 2002. 2. szám, 5–9.
73. Kristóf Csaba (összeállította): *Hegesztőgépek*. ESAB Kft., Budapest, 2002.
74. Latka, František: *Matematikai képletgyűjtemény*. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1990.
75. Markó László (főszerk.): *Egyetemes lexikon*. Magyar Könyvklub, Budapest, 2001.
76. Nádasdy Ferenc: *Alapmérések – Anyagvizsgálatok*. Nemzeti Tankönyvkiadó – Tankönyvmester Kiadó, Budapest, 2001.
77. Nyikolajev, G. A.: *Hegesztés*. Nehézipari Könyv- és Folyóiratkiadó Vállalat, Budapest, 1952.
78. O'Brien, R. L. (ed.): *Welding Handbook Eight Edition – Volume 2. Welding Processes*. American Welding Society, Miami, 1991.
79. Orear, Jay: *Modern fizika*. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1971.
80. Orlov, B. D. (szerk.): *Ellenálláshegesztés*. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1980.
81. Palotás Béla – Borhy István: *Hegesztési folyamatok matematikai modellezése*. Hegesztéstechnika, VII. évfolyam, 1996/2.
82. Papp József: *Gépipari anyagvizsgálat és méréstechnika*. Tankönyvkiadó, Budapest, 1987.
83. Priesterath, Villi: *Hobbielektronika*. CSER Kiadó, Budapest, 1999.
84. Prohászka János: *Bevezetés az anyagtudományba I.* Tankönyvkiadó, Budapest, 1988.
85. Rábel György (szerk.): *Gépipari technológusok zsebkönyve*. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1979.
86. Rádai Levente: *Mesterséges intelligencia alapjai – Oktatási segédlet (kiegészítés a fuzzy rendszerek gyakorlathoz)*. Miskolci Egyetem.
87. Rédey Nagy Bertalan: *Hegesztési paraméterek ellenőrizhatósága*. Hegesztéstechnika, VII. évfolyam, 1996. 1. szám, 43.

88. Réti Pál: *Korszerű fémipari anyagvizsgálat*. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1983.
89. Sauter, Rudolf: *NC-szerszámgépek programozása és gazdaságos üzeme*. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1986.
90. Sántáné Tóth E. és társai: *Döntéstámogató rendszerek*. Panem Könyvkiadó, Budapest, 2007.
91. Schusster, Otto: *Az áramforrások új nemzedéke*. Hegesztéstechnika, VI. évfolyam, 1995. 2. szám, 24–25.
92. Snow, Theodore Peck: *The Dynamic Universe*. West Publishing Company, St. Paul, 1988.
93. Stava, Elliot K.: *Új, kis fröcskölésű ívhegesztő gép*. Hegesztéstechnika, VII. évfolyam, 1996. 1. szám, 14–17.
94. Stockley, Corine – Oxlade, Chris – Wertheim, Jane: *Képes Usborne Enciklopédia: Fizika – Kémia – Biológia*. Novotrade Kiadó, Budapest, 1990.
95. Stockley, Corine – Oxlade, Chris – Wertheim, Jane: *Fizika Képes Szótár*. Novum Kiadó, Budapest, 2002.
96. Švarc, Vlagyimir Vlagyiszlavovics: *Képes műszaki kisszótár*. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1989.
97. Szabó Géza (összeállította): *Programozható logikai vezérlők. Segédlet az Irányítástechnika I. c. tárgyhoz*. BME Közlekedésautomatikai Tanszék, Budapest, 1995.
98. Szabó Imre (főszerk.): *Gépészeti rendszerteknika*. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1986.
99. Szabó Tibor: *Mechanika képletgyűjtemény főiskolásoknak*. SYCA Szakkönyvszolgálat, Budapest, 1998.
100. Szalay Béla: *Fizika*. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1979.
101. Szunyogh László (főszerk.): *Hegesztés és rokon technológiák*. Kézikönyv. Gépipari Tudományos Egyesület, Budapest, 2007. (3.2.7. Plazmahegesztés. 204–213. szerző: Bagyinszki Gyula.).
102. Szűcs Ervin: *Hasonlóság és modell*, Műszaki Könyvkiadó. Budapest, 1972.
103. Szűcs Péter: *Elektronika mindenkinek*. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1984.
104. Tamás László: *Analóg műszerek*. Ganz Műszer Zrt., 2006.
105. Tammi, V. – Dios, M.: *A védőgázáramlás vizsgálati eljárása*. Hegesztéstechnika, II. évfolyam, 1991. 3. szám, 29–31.
106. Tóth Lajos: *Autóelektronikai anyag- és gyártásismeret*. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1992.
107. Uray Vilmos – Szabó Szilárd: *Elektrotechnika*. Tankönyvkiadó, Budapest, 1989.
108. Váradi Károly: *A CAD numerikus módszerei*. BME Mérnöktoábbképző Intézet, Budapest, 1989.
109. Vogel, Helmut: *Kompakt fizika*. Springer Hungarica Kiadó, Budapest, 1995.
110. *** Budapesti Műszaki Főiskola Bánki Donát Gépészmérnöki Főiskolai Kar – Dunaújvárosi Főiskola – Kecskeméti Főiskola – Vision Multimédia Kft.: *„Alapanyaggyártó és feldolgozó technológiák multimédiás oktatása”* – *„Hegesztéstechnika”* interaktív multimédiás oktatómodul. („Hegesztés és

Irodalom

- rokoneljárásai*”, valamint a „*Hegesztés eszközei és berendezései*” témák kidolgozója: Bagyinszki Gyula); Apertus Közalapítvány, Budapest, 2002.
111. *** Elektromágneses összeférhetőség (89/336/EEC; 31/1999. [VI. 11.] GM-KHVM együttes rendelet).
112. *** *Elektrotechnikai táblázatok*. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1996.
113. *** *Elektrotechnikai táblázatok*. B + V Lap- és Könyvkiadó Kft. – Magyar Mediprint Szakkiadó Kft., Budapest, 1996.
114. *** Hegesztési Biztonsági Szabályzat (Melléklet a 31/1994. /XI. 10./ IKM rendelethez).
115. *** MSZ EN 60974-1: Ívhegesztő berendezések biztonsági követelményei. 1. rész. Hegesztő áramforrások.
116. *** MSZ EN ISO 13916: Hegesztés. Irányelvek az előmelegítési, a közbenső és a hőntartási hőmérséklet mérésére.

WELDING TECHNIQUES II.

Equipments and measurements

Summary

Although procedures of fusion and press welding may be classified according to various aspects, the most typical one may be the energy source. According with this, different groups of welding procedures are to be distinguished on the basis of the use of electric arch or resistance heat, thermochemical reaction heat, mechanical (deformation and/or friction) energy as well as particle or electromagnetic radiation energy.

The international standard classification of fusion and press welding procedures is correlated with the principle above. The first digit of the identity code of particular procedures and their variants (in case of the most widespread and important procedures) indicates the source of energy applied, the second refers to the technical endowment (the infrastructural arrangement), whereas the third serves to further differentiation between similar variants.

Considering as criteria the source of the used energy, the most widespread fusion welding procedure is the arch welding, as well as the most significant press welding procedure is that using electrical resistance,

The significance of the type of energy source is also indicated by the first digit of the code as follows: 1 for arch welding procedures and 2 for resistance welding procedures.

Both groups of welding procedures are based on electrical phenomena (more exactly, appertaining to electricity, electrotechnics and electronics) and are realized as effect of heat produced by electricity.

The basic infrastructural condition for all welding procedures is considered the welding equipment. As follows, cognition of the principle of functioning, of the build up and actioning of these equipments is essential.

In order to perform the best exploitation of the performances of the welding equipment the technologist must have a continuous interest on the technical characteristics, the limits of parameters, the control of the system and the effects of this focusing on the work environment.

Welding process parameters measurements and control solutions will be permanently taken in consideration.

Focusing primarily on arch and resistance welding, the present book describes the theoretical and practical background, the technical characteristics and the related measurement, followed by the aspects of control and labour safety. It attempts to provide a survey of the particular fields of welding procedures mentioned above, which may support or expand the background knowledge of everyone interested in welding. It's purpose consists in supplying the Reader information at a glance on some essential areas of welding like applications and measurement, control, and labour safety aspects).

Contents

Preface	7
Introduction	9
1. Electrical equipments of welding	21
1.1. Theoretical background knowledges of Electricity	21
1.1.1. Electrophysical concepts	21
1.1.2. Principles and devices in electrotechnics.....	31
1.1.3. Basics of electronics and semiconductor parts	46
1.1.4. Electrical heat engineering	60
1.2. Equipments of arc welding	66
1.2.1. Traditional power supply of arch welding	71
1.2.2. Semiconductor power supply of arch welding.....	79
1.2.3. Equipments of metal arch welding	83
1.2.4. Equipments of tungsten arch welding	91
1.3. Equipments of resistance welding.....	99
1.3.1. Equipments of spot welding	99
1.3.2. Equipments of projection and stud welding.....	108
1.3.3. Equipments of seam welding	112
1.3.4. Equipments of butt welding	118
1.4. Characteristics of electrical equipments of welding	121
1.4.1. Markings and designations.....	121
1.4.2. Protection of equipments, admissible limiting values.....	123
1.4.3. Electro-magnetic compability, noise filtering	129
1.4.4. Data table and related information	137
2. Measurement-, direction- and safety-engineering related to welding.....	144
2.1. Electrical measurement.....	144
2.1.1. Measuring instruments	144
2.1.2. Measurement of voltage, current and resistance	148
2.1.3. Measurement of power, power factor and work	154
2.1.4. Measurement of frequency using the oscilloscope	164
2.2. Other measurements connected with welding	169
2.2.1. Thermal measurements	169
2.2.2. Mechanical measurements	181
2.2.3. Geometrical measurements	186
2.2.4. Analitical measurements	200
2.3. Control engineering	205
2.3.1. Regulation	206
2.3.2. Control	217

2.3.3. CNC-engineering.....	229
2.3.4. PLC-engineering.....	233
2.4. Electrical safety engineering	234
2.4.1. Rules for electrical equipments of welding	236
2.4.2. Dangers and physiological effects of electricity	247
2.4.3. Prevention against electric shock and contact protection	251
2.4.4. Action and first-aid in case of electric shock	260
Appendix	263
Bibliography	267
Welding techniques II. Equipments and measurements (Summary)	273
Contents.....	275
Schweißtechnik II. Anlagen und Messungen (Zusammenfassung)	277
Inhalt	279
Tehnici de sudare II. Echipamente și măsurări (Rezumat).....	281
Cuprins.....	283

SCHWEIßTECHNIK II.

Anlagen und Messungen

Zusammenfassung

Die Schmelz- und Pressschweißprozesse lassen sich nach mehreren Gesichtspunkten einordnen, aber am typischsten ist vielleicht das Einteilen nach der Art der verwendeten Energie.

Demzufolge kann man Schweißprozessgruppen unterscheiden, die die elektrische Lichtbogen- oder Widerstandswärme, die thermochemische Reaktionswärme, die mechanische (durch Deformation und/oder Reibung entstandene) Energie und die Energie der Teilchen- oder elektromagnetischen Strahlung ausnutzen.

Mit diesem Prinzip harmonisieren das Kennzeichnungssystem und die Einordnung nach der internationalen Norm von Schmelz- und Pressschweißprozessen.

Abkürzungen für die Schweißprozesse in Form von Ordnungsnummern sind international unterschiedlich geregelt. Die erste Nummer bei den einzelnen Schweißprozessen und die Ordnungsnummer ihrer zugeordneten Einzelprozesse verweisen (bei den am meisten verbreitesten und wichtigsten Prozessen) auf die verwendete Energieart, die zweite Nummer auf die technische Ausführung (Anordnung) und die dritte Nummer auf die weitere Unterscheidung der möglichen Prozessvarianten.

Aufgrund der verwendeten Energiearten sind unter den Schmelzschweißprozessen die Lichtbogenschweißen und unter den Pressschweißprozessen die Widerstandsschweißen am weitesten verbreitet und von größter Bedeutung.

Diese Bedeutung zeigt auch das, daß die erste Nummer der Lichtbogenschweißprozesse die Nummer 1 ist, bei den Widerstandsschweißprozessen die Nummer 2.

Beide Prozessgruppen beruhen auf Elektrizität (Elektrophysik, Elektrotechnik, Elektronik) und bedeuten Anwendungen der elektrischen Wärmetechnik.

Die elektrischen Schweißanlagen bilden die Grundvoraussetzung für die zugeordneten Schweißprozesse, darum ist es wichtig, das Grundprinzip, den Aufbau und das Funktionieren der Anlagen zu kennen.

Um die hier verborgenen Möglichkeiten möglichst effektiv auszunutzen, ist es zweckmäßig, sich mit den verwendungstechnischen Kennwerten, z.B. Einstel-

lungs- bzw. Eingriffsmöglichkeiten, ihren Grenzwerten und Auswirkungen auf das Arbeitsumfeld zu beschäftigen.

In diesem Sinne soll man auch auf die dazugehörigen Messungen und die steuerungstechnischen Lösungen achten. Natürlich dürfen auch die Elektrizitätsgefahr und ihre Beseitigung nicht außer Acht gelassen werden.

Dieses Buch konzentriert sich hauptsächlich auf den Lichtbogen- und Widerstandsschweißprozess und beschäftigt sich mit dem theoretischen und praktischen Hintergrund der verwendbaren Anlagen und Geräte, mit ihren Betriebseigenschaften, mit den dazu gehörenden messtechnischen, steuerungstechnischen und sicherheitstechnischen Gesichtspunkten.

Natürlich ohne Anspruch auf Vollständigkeit versucht das Buch die aufgezählten Teilgebiete zu überblicken, die die Hintergrundkenntnisse derjenigen, die mit Schweißen in Kontakt kommen, vertiefen bzw. bereichern.

Das Buch will den Lesern möglichst kompakt und auf das Wesentliche konzentrierend Informationen über die Teilgebiete des Schweißens, die grundsätzlich zu seinem technischen Hintergrund gehören, vermitteln, wie z.B. Schweißanlagen, bzw. ihre mess-, steuerungs- und sicherheitstechnische Zusammenhänge.

Inhalt

Vorwort	7
Einleitung	9
1. Elektrische Schweißanlagen.....	21
1.1. Elektrische Hintergrundkenntnisse.....	21
1.1.1. Elektrophysikalische Begriffe	21
1.1.2. Prinzip und Geräte von Elektrotechnik.....	31
1.1.3. Grundlagen von Elektronik und Halbleiterelemente.....	46
1.1.4. Elektrische Wärmetechnik.....	60
1.2. Anlagen für das Lichtbogenschweißen	66
1.2.1. Traditionelle Lichtbogenschweißanlagen	71
1.2.2. Lichtbogenschweißanlagen mit Halbleiter.....	79
1.2.3. Lichtbogenschweißanlagen mit abschmelzenden Zusatzwerkstoff ...	83
1.2.4. Lichtbogenschweißanlagen mit Wolframelektrode.....	91
1.3. Anlagen für die Widerstandsprozesse	99
1.3.1. Anlagen für das Widerstandspunktschweißen	99
1.3.2. Anlagen für das Widerstandsbuckel- und Bolzenschweissen	108
1.3.3. Anlagen für das Widerstandsrollennahtschweißen	112
1.3.4. Anlagen für das Widerstandsstumpfschweißen	118
1.4. Anwendungstechnische Kennwerte der elektrischen Schweißanlagen....	121
1.4.1. Zeichen und Bezeichnungen.....	121
1.4.2. Schutz von Anlagen, zulässige Grenzwerte.....	123
1.4.3. Elektromagnetische Kompatibilität, Filtern von Störungen	129
1.4.4. Leistungsschild und Informationsinhalt	137
2. Mess- Steuerungs- und Sicherheitstechnik beim Schweißen	144
2.1. Elektrische Messungen	144
2.1.1. Messgeräte.....	144
2.1.2. Messung von Spannung, Stromstärke und Widerstand.....	148
2.1.3. Messung von Leistung, Leistungsfaktor und Arbeit	154
2.1.4. Messung von Frequenz und Prüfungen mit Oscilloscop.....	164
2.2. Andere schweißtechnische Messungen	169
2.2.1. Thermische Messungen.....	169
2.2.2. Mechanische Messungen.....	181
2.2.3. Geometrische Messungen	186
2.2.4. Analytische Messungen	200
2.3. Steuerungstechnik.....	205
2.3.1. Steuerung	206
2.3.2. Regelung	217

2.3.3. CNC-Technik	229
2.3.4. PLC-Technik	233
2.4. Elektrische Sicherheitstechnik	236
2.4.1. Vorschriften für elektrische Schweißanlagen	236
2.4.2. Gefahren des elektrischen Stroms und ihre physiologische Wirkungen	247
2.4.3. Vorbeugungsmaßnahmen gegen die Stromstärke, Berührungsschutz	251
2.4.4. Maßnahmen bei Stromschlag, Erste Hilfe	260
Anhang	263
Literatur	267
Welding techniques II. Equipments and measurements (Summary)	273
Contents	275
Schweißtechnik II. Anlagen und Messungen (Zusammenfassung)	277
Inhalt	279
Tehnici de sudare II. Echipamente și măsurări (Rezumat)	281
Cuprins	283

TEHNICI DE SUDARE II.

Echipamente și măsurări

Rezumat

Procedeele de sudare prin presiune și prin topire se pot clasifica prin luarea în considerare a mai multor criterii, cea mai frecvent utilizată fiind aceea pe baza energiei utilizate.

În acest sens, pot fi distinse grupe de procedee de sudare care utilizează căldura produsă de arcul electric sau cea produsă de rezistențe electrice, căldura rezultată în urma unor reacții termochimice, energia mecanică (datorată deformărilor și/sau frecărilor) și energia de radiație a particulelor sau energia undelor electromagnetice.

Principiul mai sus menționat, pentru procedeele de sudare prin topire și prin presiune este în corelație cu criteriile standard de clasificare și simbolizare utilizate pe plan internațional.

Astfel, prima cifră a codului de identificare a procedeele de sudare, de regulă, – în cazul celor mai răspândite procedee – indică sursa de energie utilizată, a doua se referă la modul de realizare tehnologic, iar a treia specifică diferențele față de alte procedee înrudite.

Pornind de la tipul de energie utilizat, în cazul sudării prin topire, procedeul cel mai frecvent întâlnit și prin urmare cel mai important este cel cu arc, iar la sudarea prin presiune, cel cu rezistență.

Poziția acestor procedee în mulțimea variantelor existente actual este indicată și prin faptul că prima cifră la tehnologiile cu arc electric este 1, iar la tehnologiile prin rezistență este 2.

Ambele grupe de procedee se bazează pe fenomene fizice întâlnite în electricitate (mai exact, explicate în electro-fizică, electrotehnică, electronică) și reprezintă aplicații legate de căldura produsă pe cale electrică.

Aparatele de sudură electrice reprezintă condiția infrastructurală primordială pentru toate procedeele de sudare electrice, prin urmare cunoașterea principiului de bază, a construcției și funcționării acestora este esențială

În vederea exploatării cât mai eficiente a performanțelor oferite de aparat, trebuie să existe o preocupare temeinică, orientată înspre cunoașterea

caracteristicilor, ale posibilităților și limitelor de reglare ale acestora, precum și ale influenței exercitate de către ele asupra mediului de lucru.

În acest sens trebuie acordată atenție sporită asupra măsurătorilor legate de procesul de sudare, precum și asupra soluțiilor privind aspectele controlului și reglării. Se vor lua în considerare cu fiecare ocazie și riscurile și pericolele cauzate de partea electrică precum și aspectele legate de securitate.

Această carte tratează în primul rând procedeele de sudare cu arc și prin rezistență și prezintă aspectele teoretice și practice ale aparatelor și instalațiilor aferente, caracteristicile de lucru ale acestora, accentuând aspectele de ordin tehnic legate de măsurători, comandă-control și securitate.

Fără pretenția de a oferi informații deosebit de detaliate, cartea de față prezintă o vedere de ansamblu asupra domeniilor menționate, dorind să ajute la îmbogățirea și aprofundarea cunoștințelor celor interesați de aspectele tehnologice ale sudării.

Într-o formă relativ concisă, adoptată pentru a fi eficientă, cartea dorește să ofere cititorului informații compacte asupra tehnologiilor de sudare, cu privire la aspectele tehnice ale sudării, la aparatele de sudură și caracteristicile acestora, precum și asupra măsurării, controlului, reglajului și securității muncii.

Cuprins

Prefață	7
Introducere	9
1. Aparate și instalații de sudură electrice	21
1.1. Cunoștințe fundamentale de electrotehnică	21
1.1.1. Noțiuni de electrofizică	21
1.1.2. Principii și aparate electrotehnice.....	31
1.1.3. Bazele electronicii și elemente semiconductoare	46
1.1.4. Tehnica producerii căldurii pe principiu electric	60
1.2. Aparate și instalații de sudură cu arc	66
1.2.1. Aparate și instalații de sudură cu arc tradiționale.....	71
1.2.2. Aparate și instalații de sudură cu arc utilizând semiconductori.....	79
1.2.3. Aparate și instalații de sudură cu arc utilizând materiale de adaos cu topire	83
1.2.4. Aparate și instalații de sudură cu arc cu electrod de wolfram.....	91
1.3. Aparate și instalații de sudură cu rezistență	99
1.3.1. Aparate și instalații pentru sudarea prin puncte	99
1.3.2. Aparate și instalații pentru sudarea bolțurilor și bosajelor.....	108
1.3.3. Aparate și instalații pentru sudarea în linie	112
1.3.4. Aparate și instalații pentru sudare electrică cap la cap	118
1.4. Caracteristici ale aparatelor și instalațiilor de sudură electrice	121
1.4.1. Denumiri și simbolizări	121
1.4.2. Protecția echipamentelor, valori limită admisibile	123
1.4.3. Compatibilitate electromagnetică, combaterea perturbațiilor	129
1.4.4. Tabelul de date și informațiile conținute în acesta	137
2. Tehnici de măsurare, comandă și securitate la sudare	144
2.1. Măsurări electrice	144
2.1.1. Aparate de măsură.....	144
2.1.2. Măsurarea tensiunii, intensității și a rezistenței electrice	148
2.1.3. Măsurarea puterii, a factorului de putere și a lucrului mecanic	154
2.1.4. Măsurarea frecvenței și verificări cu ajutorul osciloscopului	164
2.2. Măsurări conexe procesului de sudare	169
2.2.1. Măsurări termice	169
2.2.2. Măsurări mecanice	181
2.2.3. Măsurări geometrice	186
2.2.4. Măsurări analitice	200
2.3. Tehnici de reglare.....	205
2.3.1. Reglarea	206

2.3.2. Controlul	217
2.3.3. Tehnici CNC	229
2.3.4. Tehnici PLC	233
2.4. Tehnici de securitate în domeniul electric	236
2.4.1. Prescripții pentru aparatele și instalațiile de sudură electrice	236
2.4.2. Pericolul reprezentat de curentul electric și efectele sale fiziologice	247
2.4.3. Măsuri de prevenire împotriva electrocutării și protecția prin izolații	251
2.4.4. Măsuri în caz de electrocutare și acordarea primului ajutor	260
Anexă	263
Bibliografie	267
Welding techniques II. Equipments and measurements (Summary)	273
Contents	275
Schweißtechnik II. Anlagen und Messungen (Zusammenfassung)	277
Inhalt	279
Tehnici de sudare II. Echipamente și măsurări (Rezumat)	281
Cuprins	283

A sorozat eddig megjelent kötetei:

1. Jodál Endre: *Számítástechnika az ezredforduló küszöbén*. 1992. 35 oldal
2. Pálfalvi Attila: *Porkohászat*. 1993. 39 oldal
3. Bagyinszki Gyula – Bitay Enikő: *Bevezetés az anyagtechnológiák informatikájába*. 2007. 213 oldal
4. Bitay Enikő: *Lézeres felületkezelés és modellezés*. 2007. 174 oldal
5. Bagyinszki Gyula – Bitay Enikő: *Felületkezelés*. 2009. 360 oldal
6. Forgó Zoltán: *Bevezetés a mechatronikába*. 2009. 200 oldal
7. Tolvaly-Roşca Ferenc: *A számítógépes tervezés alapjai. AutoLisp és Autodesk Inventor alapismeretek*. 2009. 200 oldal
8. Bagyinszki Gyula – Bitay Enikő: *Hegesztéstechnika I. Eljárások és gépesítés*. 2010. 288 oldal

Megjelenés előtt:

10. Máté Márton: *Műszaki mechanika – kinematika*.

Az elektromos hegesztőberendezések alapfeltételét képezik a hozzájuk kapcsolódó hegesztési eljárásoknak, ezért fontossá válik alapelvük, felépítésük, működésük ismerete. Továbbá ahhoz, hogy hatékonyan kihasználhatók legyenek a bennük rejlő lehetőségek, célszerű foglalkozni alkalmazástechnikai jellemzőikkel: beállítási, illetve beavatkozási lehetőségeikkel, határértékeikkel, munkakörnyezeti hatásaikkal. Ennek szellemében a kapcsolódó mérésekre, irányítástechnikai megoldásokra is figyelmet kell szentelni. Természetesen nem szabad megfeledkezni az elektromosság veszélyeiről és azok elhárításáról sem. Ez a könyv elsősorban az ív- és az ellenállás-hegesztésre koncentrálva foglalkozik az alkalmazható berendezések, eszközök elvi és gyakorlati hátterével, üzemeltetési sajátosságaival, a kapcsolódó mérés-, irányítás- és biztonságtechnikai szempontokkal. Természetesen csak a teljesség igénye nélkül vállalkozik (vállalkozhat) a hegesztéstechnika felsorolt részterületeinek áttekintésére, amelyek alátámaszt(hat)ják, illetve bővít(het)ik a hegesztéssel kapcsolatba kerülők háttérismereteit. Viszonylag tömör, lényegre törekvő formában igyekszik információkat nyújtani Olvasóinak a hegesztés azon részterületeiről – a hegesztőberendezésekről, illetve azok mérés-, irányítás- és biztonságtechnikai vetületeiről –, amelyeket egyszerűen a hegesztéstechnikai háttérhez sorolhatunk.

ISBN 978-606-8178-05-9

