

---

# Számítási alapok

elektromos fűtőelemekhez

r02-2022.05.16.

---



**TÜRK+HILLINGER**  
**Hungária Kft.**  
ELEKTROMOS FŰTÉSEK

## TARTALOM

1. Elektromos fűtés alapjai	3	4. Tömörített és tömörítetlen fűtőelemek tulajdonságai	17
1.1. Bevezetés	3	4.1. Tömörített és tömörítetlen fűtőelemek	17
1.1.1. Hő, hőmérséklet	3	4.2. Nedvesség hatása	17
1.1.2. Hőenergia és hőkapacitás	3	4.3. Köpenyhőmérséklet és köpenyanyag	18
1.1.3. Elektromos fűtés folyamata	4	4.4. Tömörített fűtőelemek kiválasztása	19
1.2. Számítási alapok	5	4.5. Használat folyékony és gáznemű közegben	19
1.2.1. Ohm törvénye	5	5. Hlp típusú nagyteljesítményű fűtőpatronok	20
1.2.2. Jellemző ellenállás, vezetőképesség és hőmérsékleti együttható	5	5.1. Leírás és sajátosságok	20
1.2.3. Felületi terhelés	5	5.2. Furatjáték és illeszkedés	21
1.2.4. Fűtőelemek kapcsolása	6	6. Hőmérsékletszabályozó használata	21
1.2.4.1. Soros- és párhuzamos kapcsolás	6	6.1. Folytonos és szakaszos szabályozó	21
1.3. A hőátvitel elvei	7	6.2. Teljesítményállító (Dimmer)	22
1.3.1. Hővezetés	7	6.3. A hőmérsékletérzékelő helyzete	22
1.3.2. Konvekció	7	7. Hőmérsékletszenzorok	23
1.3.3. Sugárzás	7	7.1. Köpenyhőelemek	23
1.4. Elektromos fűtőelemek alaptípusai	7	7.2. Platina ellenállások - PT 100	23
1.5. Fűtőelemek elektromos ellenőrzései	9	7.3. Termisztorok	23
1.6. Checklista a fűtőelemek kiválasztásához	10	8. Általános figyelmeztetés	24
2. A hőteljesítmény kiszámítása	11		
2.1. Hő a hőmérsékletemelkedéshez	11		
2.2. Hő a halmazállapot változáshoz	11		
2.3. Hővesztések	11		
2.4. A fűtési teljesítmény kiszámítása	12		
2.4.1. Felfűtési teljesítmény	12		
2.4.2. Tartós fűtési teljesítmény	13		
2.4.3. A fűtési teljesítmény meghatározása	13		
3. Példák a hő kiszámításához	15		
3.1. Egy szilárd test hevítése	15		
3.2. Folyadék hevítése halmazállapot változással	15		
3.3. Egy bizonyos hőmérséklet megtartása	16		
3.4. Kis tömegű és nagy felületű test melegítése	16		

## 1. ELEKTROMOS FŰTÉS ALAPJAI

Az elektromos fűtés az elektromos energia hőre való átalakítása során jön létre. Az elektromos fűtésnek mind az iparban, mind a háztartásban számos felhasználási módja található meg. Az elektromos fűtés sok esetben egyszerű és intelligens megoldást nyújt más melegítési formulákkal összehasonlítva.

Ennek a dokumentációnak a célja az, hogy megmutassa az elektromos fűtés alapjait, és a felhasználók (tervező, technikus) számára segítséget nyújtson speciális melegítési feladatok optimális megoldásához.

### 1.1. Bevezetés

#### 1.1.1. Hő, hőmérséklet

**Hő:** az energia egy fajtája, nem más, mint rendezetlen molekulamozgás, a test belső energiaértéke. Legtöbbször az elektromos energia közvetlenül hővé alakul át.

**Hőmérséklet:** állapothatározó, a test hőállapotát határozza meg. A molekulák közepes kinetikus energiájának mértéke. A hőmérséklet egysége a Kelvin, ezzel adják meg mind a hőmérsékletet, mind a hőmérséklet különbséget. Nulla Kelvinnél mindegyik test molekulái pihennek, és nincs több hőenergia. Ettől energiaszegényebb állapot nem lehetséges.

A hétköznapiakban mégis a Celsius-skála az ismerősebb. A nulla pontja a víz fagyási pontja, mivel ez a mérési pont a gyakorlatban különösen könnyen követhető.

#### 1.1.2. Hőenergia és hőkapacitás

Ahhoz, hogy egy test  $T_1$  hőmérsékletről  $T_2$ -re melegedjen, szükség van energiára. A hőmérséklet visszaesése hőleadást jelent. A felvett és leadott hőenergiát gyakran hőmennyiségnek nevezik.

A hőmennyiség azonos anyagnál az anyagmennyiség hőmérsékletváltozásával arányos.

A hőfelvétel és -leadás ezenkívül az anyag fajtájától is függ. Ha azonos tömegű, különböző anyagokat azonos hőmennyiséggel melegítjük, különböző hőmérsékletet kapunk.

Az anyag hatását meg lehet adni egy konstanssal, ez a jellemző hőkapacitás (C). Egysége Wh/(kg.K) vagy KJ(kg.K), és azt a hőmennyiséget adja meg, mely szükséges 1 kg anyag 1 K-nel való melegítéséhez.

### ÁTSZÁMÍTÁSI FAKTOR °C-T °K-BE

$$v = T - 273,15$$

$v = °C$ -ban megadott hőmérséklet

$T = °K$ -ben megadott hőmérséklet

### HŐENERGIA Q [J-BAN]

$$Q = \Delta v \times c \times m$$

### HŐKAPACITÁS C [WH/K-BAN]

$$C = \frac{Q}{\Delta v} = c \times m$$

$\Delta v$  = hőmérséklet különbség

Q = hőmennyiség, hőenergia

c = jellemző hő

m = tömeg

Minden testnek van egy raktározó képessége, mellyel hőt tárol. A jellemző hőkapacitás a hőraktározó képesség szempontjából is fontos. Egy bizonyos tömegű testnek a hőkapacitását  $C$ -vel adjuk meg. Azonos az 1 K hőmérséklet változásánál fellépő hőmennyiséggel, és egysége Wh/K vagy J/K.

A melegítéshez szükséges hő, illetve egy test lehűtésénél felszabuló hő a következő dolgoktól függ:

- $\Delta T$ : hőmérsékletváltozás
- $c$ : az anyag jellemző hőkapacitása
- $m$ : tömeg

### 1.1.3. Elektromos fűtés folyamata

Az elektromos energia hővé való átalakításának különböző eljárásai vannak.

#### Ívmelegítés

Itt az ívben létrehozott hőt a tárgyra viszik át.

Pl.: ívhegesztés

#### Indukciós fűtés

Egy mágneses váltakozó mező örvényáramot indukál a felmelegítendő anyagban, ami aztán hőt hoz létre.

Pl.: induktív olvasztás vagy keményítés

#### Dielektromos melegítés

Egy elektromos váltakozó mező örvényáramot hoz létre a felmelegítendő anyagban, ami az anyagot felmelegíti.

Pl.: mikrohullám

#### Ellenállási melegítés

A legegyszerűbb, és a gyakorlatban a leggyakoribb eljárás. Megkülönböztethető a közvetlen és a közvetett ellenállási melegítés.

A **közvetlen ellenállási melegítésénél** az elektromos áram a felhevítendő tárgyon keresztül van vezetve, és ott létrehozza a szükséges hőt.

Pl.: ellenállás-hegesztés

A **közvetett ellenállási melegítésnél** az elektromos áram egy fűtővezetékben hoz létre hőt, ami hőátadással (ld. 1.3.) kerül a fűtendő tárgyra.

Pl.: izzító kemence, infravörös fűtés

Néhány kivételtől eltekintve a közvetett ellenállási melegítést használják a leggyakrabban fűtési feladatok megoldására.

Az ellenállás melegítésénél az elektromos energia hővé való átalakítása a fűtővezetékben történik. Ehhez a következő, igen magas elvárások szükségesek:

- magas jellemző ellenállás
- az elektromos ellenállás kis hőmérsékleti együtthatója
- magas üzemi hőmérséklet hosszú élettartammal
- stabilitás támasztóanyaggal és beágyazótömeggel szemben
- magas hőmérsékletnél nagy mechanikai szilárdság
- a körülvevő atmoszférával szemben jó vegyi stabilitás
- jó korrózió- és reállóság
- alacsony hőtágulás

## 1.2. Számítási alapok

### 1.2.1. Ohm törvénye

Az elektromos fűtőelemek kiszámításának alapja Ohm törvénye.

A nagyfeszültség (U), az ellenállás (R), az áram (I) és a teljesítmény (P) segítségével lehet az elektromos fűtőellenállásokat megállapítani. Az itt lévő táblázat mutatja az alapképleteket. Ezek az alapképletek mind az egyenfeszültségre, mind a váltakozó feszültségre érvényesek.

Hozzávetőleges számításoknál az ellenállás-, az áram- és a teljesítményértékek 20°C-ra vannak kiszámítva. Magasabb hőmérsékletnél figyelembe kell venni a fűtővezeték hőmérsékleti együtthatóját.

TELJESÍTMÉNY (Watt-ban)		ÁRAM I (Amperben)	
P=	$U \times I$	I=	$U/R$
	$U^2/R$		$\sqrt{P/R}$
	$I^2 \times R$		$P/U$
FESZÜLTSG U (Volt-ban)		ELLENÁLLÁS R (Ohm-ban)	
U=	$I \times R$	R=	$U/I$
	$P/I$		$P/I^2$
	$\sqrt{P \times R}$		$U^2/P$

### 1.2.2. Jellemző ellenállás, vezetőképesség és hőmérsékleti együttható

A vezető ellenállása függ a nyersanyagoktól és a test méreteitől. A jellemző ellenállás az anyagra jellemző konstans. A jellemző ellenállás (egysége  $\Omega \times \text{mm}^2/\text{m}$ ) egy 1 m hosszú és 1  $\text{mm}^2$  keresztmetszetű vezető ellenállása.

A jellemző ellenállás reciproka értéke a vezetőképesség ( $\gamma$ ), melynek egysége  $\text{m}/(\Omega \times \text{mm}^2)$ .

#### Hőmérsékleti együttható

A melegítésnél az atomok a kristályrácsban erősebben rezegnek a helyük körül, s ezáltal a szabad elektronok mozgása erősebben van korlátozva, ami azt jelenti, hogy az ellenállás nő.

Az ellenállás-növekedés nagyságát a hőmérsékleti együtthatóval adhatjuk meg. A hőmérsékleti együttható adja meg, hogy az 1  $\Omega$ -os ellenállás 1 K hőmérséklet növekedésnél hány Ohm-mal lesz nagyobb.

### 1.2.3. Felületi terhelés

Az elektromos fűtőelemek méretezésének legfontosabb jellemző értéke a felületi terhelés vagy a felszíni teljesítmény. Ez a fűtőelemek terhelésének és élettartamának mértéke. Éppen a nagyteljesítményű fűtőelemnél van fontos szerepe a felületi terhelésnek.

#### VEZETŐKÉPESSÉG

$$\text{vezetőképesség} = \frac{1}{\text{jellemző ellenállás}}$$

#### HŐMÉRSÉKLETI EGYÜTTHTATÓ $\alpha$ (1/K-ban)

$$\Delta R = \alpha \times R_{20} \times \Delta v$$

$$R_v = R_{20} + \Delta R$$

$$R_v = R_{20} \times (1 + \alpha \times \Delta v)$$

$$[\Delta R] = \frac{1}{K} \times \Omega \times K = \Omega$$

$\Delta R$  = ellenállás-változás

$R_{20}$  = hidegellenállás 20°C-nál

$R_v$  = melegellenállás

$\alpha$  = hőfoktényező, illetve hőmérsékleti együttható 1/K-ben megadva

$\Delta v$  = hőmérsékletváltozás K-ben

## FELÜLETI TERHELÉS H (W/cm<sup>2</sup>-ben)

$$H = \frac{P}{A}$$

P = fűtőelem teljesítménye W-ban

A = a fűtőelem fűtött felszíne, illetve köpenyfelület cm<sup>2</sup>-ben

A felületi terhelés Watt/cm<sup>2</sup>-ben van megadva. Az itt lévő képlet alapján számítható ki.

A fűtetlen felszíni-, illetve köpenyfelületet a felületi terhelés kiszámításánál a teljes felületből le kell vonni.

### 1.2.4. Fűtőelemek kapcsolása

Különböző módja van a fűtőelemek egymással való összekapcsolásának. A mód határozza meg az ellenállás nagyságát és az áramerősséget.

#### 1.2.4.1. Soros- és párhuzamos kapcsolás

Ha a fűtőelemek sorosan, illetve párhuzamosan vannak összekapcsolva, az összellenállást, az összteljesítményt és az áramerősséget tekintve különböznek egymástól.

#### SOROS KAPCSOLÁS

Összellenállás

$$R_{ges} = R_1 + R_2 + \dots + R_n$$

Összteljesítmény U feszültségnél

$$P_{ges} = \frac{U^2}{R_{ges}}$$

Áramerősség (I)

$$I = \frac{U}{R_{ges}}$$

#### PÁRHUZAMOS KAPCSOLÁS

$$\frac{1}{R_{ges}} = \frac{1}{R_1 + R_2 + \dots + R_n}$$

$$P_{ges} = P_1 + P_2 + \dots + P_n$$

$$I = \frac{U}{R_1} + \frac{U}{R_2} + \dots + \frac{U}{R_n}$$

#### 1.2.4.2. Háromfázisú rendszer

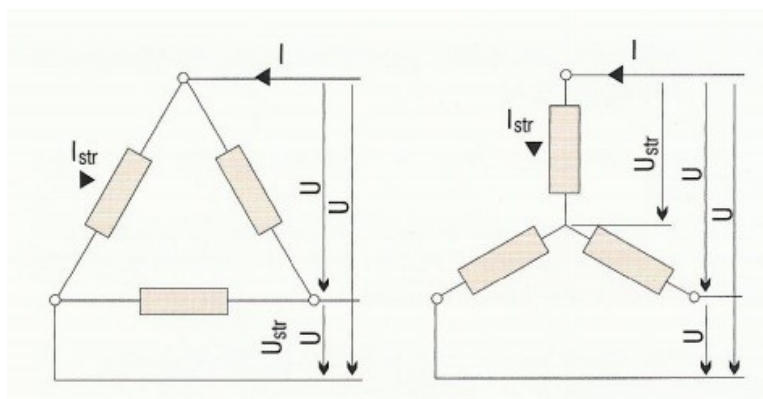
##### Csillag- és háromszögekcsatlósítás

Nagyobb teljesítmény átviteléhez 400 V-os feszültségű háromfázisú áramrendszert alkalmaznak a 230 V-os szabvány hálózati feszültség helyett.

Míg a szabvány hálózati feszültségnél 230 V-os szinusz alakú váltakozó feszültség állítódik elő, addig a 400 V-os háromfázisú áramrendszer egy 120°-al fáziseltolódott, indukált háromfázisú váltakozó feszültség.

A háromfázisú rendszerben két szimmetrikus kapcsolási módot alkalmaznak: a csillag- és háromszögekcsatlósítást.

Ha a háromfázisú rendszeren belül három azonos ellenállású fűtőelem van összekötve, úgy az itt álló egyenletek érvényesek az összteljesítmény megállapításához.



#### HÁROMSZÖGKAPCSOLÁS

$$U = U_{str}$$

$$I = I_{str} \times \sqrt{3}$$

$$P_{str} = U_{str} \times I$$

$$P = 3 \times P_{str}$$

$$P = U \times I \times \sqrt{3}$$

U = fázisvezeték feszültség

U<sub>str</sub> = vezeték feszültség

I = fázis vezetékáram

#### CSILLAGKAPCSOLÁS

$$U = U_{str} \times \sqrt{3}$$

$$I = I_{str}$$

$$P_{str} = U_{str} \times I_{str}$$

$$P = 3 \times P_{str}$$

$$P = U \times I \times \sqrt{3}$$

I<sub>str</sub> = vezetékáram

R<sub>str</sub> = vezeték ellenállás

### 1.3. A hőátvitel elvei

Hőátvitel mindig akkor jelentkezik, ha két különböző hőmérsékletű anyag kerül egymással szembe.

A hőátvitel mindig a magasabb hőmérsékletű helyről az alacsonyabb felé megy végbe. Ezt a hőáramlást nevezzük hőátvitelnek.

A hőátvitellel szemben található egy bizonyos ellenállás, amit termikus ellenállásnak hívnak. A technikai számításoknál a hőmennyiség nagyságát kell megállapítani, ami időegységenként két különböző hőmérsékletű anyag, vagy például folyékony, légnemű, szilárd anyagok között vivődik át, ha azok egymástól elkülönítve vannak.

A hőátvitel három módon történhet. Habár ezek legtöbbször egyidőben fordulnak elő, mégis a fűtőelemektől függően, különböző módon, többé-kevésbé erősen jelentkeznek.

#### 1.3.1. Hővezetés

A hővezetésnél a hő szállítása szilárd, folyékony vagy légnemű anyagban hőmérséklet-különbség befolyása alatt áll. Az energia molekulakötésben rezgő mozgásokon keresztül tevődik át, ahol fizikai kapcsolat jön létre.

A hőszállítás a csökkenő hőmérséklet irányába történik, és annál erősebb, minél nagyobb a hőmérséklet-különbség, valamint a hővezetési képességnek, illetve hővezetési együtthatónak nevezett anyagnagyság. A terjedés sebessége is a hővezető képességtől függ.

#### 1.3.2. Konvekció

A hőkonvekciónál a hőszállítás gázon, vagy folyadékáramláson keresztül történik, amit helyi melegítés, illetve hőmérséklet-különbségek okoznak. Ez azt jelenti, hogy a gázmolekulák mozgási energiája növekszik. Molekuláris energiáttranszport történik.

#### A HŐSUGÁRZÁS (M) ERŐSSÉGE (W/m<sup>2</sup>)

$$M = \varepsilon(T^4 - T_0^4)$$

$\varepsilon$  = konstans =  $5,67 \times 10^{-8} \text{W/m}^2 \times \text{K}^4$

T = a sugárzó felület hőmérséklete

T<sub>0</sub> = környezeti hőfok (K)

#### 1.3.3. Sugárzás

A hőszugárzás elektromágneses hullámok általi energiaátvitel. Ezek különböző frekvenciájúak illetve hullámhosszúak. Minden meleg test kibocsát elektromágneses sugarakat vagy hullámokat, melyek a spektrum infravörös részéhez tartoznak, tehát relatíve nagy hullámhosszuk van. Azokat nevezzük hősugaraknak, melyek hullámhossza  $\lambda = 0,8 - 400 \mu\text{m}$  között van. A látható fény alsó határa  $0,35 - 0,75 \mu\text{m}$ -ig terjed.

Magas hőmérsékletnél a sugárzás láthatóvá válik, és energiája erősen emelkedik, de alacsonyabb hőmérsékletnél is szerepe van. A sugarak, melyek egy testre esnek, ettől vagy visszaverődnek, vagy elnyelődnek, vagy áteresztődnek. Azok a testek, amelyek sok sugárzást képesek elnyelni (pl. fekete felület), sok sugárzást adnak le, és fordítva.

Légmentes térben a hőátvitel csak sugárzás által jön létre.

### 1.4. Elektromos fűtőelemek alaptípusai

Sokféle elektromos fűtőelem létezik. A következő felsorolás a leggyakoribb alaptípusokat írja le, és egy részleges áttekintést ad.



### **Csőfűtőtest**

A csőfűtőtestek a legnagyobb felhasználási területtel rendelkező elektromos fűtőelemek. Egy áram alatti fűtővezetékben jön létre a hő. A fűtővezeték centrikusa fekszik egy nagy nyomással tömörített magnézium-oxid rétegbe beágyazva, ezáltal magas elektromos szigetelést és jó hővezetést érnek el. Az RHK-nak kör alakú keresztmetszete van, és a T+H Ø5, Ø6,5, Ø8,5 és Ø16 mm méretben gyártja.

Az RHK magas hajlítási képességgel rendelkezik, és felhasználható folyékony-, gáz- és szilárd halmazállapotú anyagok fűtésénél. Mindegyik felhasználási területre különböző anyagok szükségesek, legtöbbször a magas értékű króm-nikkel-acél köpenycső használatos.

*Felhasználási terület:* sokoldalúan az iparban és a háztartásban.

### **Nagyteljesítményű fűtőpatron**

A nagyteljesítményű fűtőpatronok nemesacéllal burkolt fűtőelemek kör alakú keresztmetszettel, melyek a magas felületi terheléssel, a legkisebb beépítési térrel, és az abból eredő magas, 750°C-ig terjedő üzemi hőmérséklettel tűnnek ki. A tartóanyag tiszta magnézium-oxid (MgO). A felépítés és a felületi terhelés alapján a T+H megkülönböztet nagy nyomással tömörített (HLP), alacsony nyomással tömörített (PMV) és nem tömörített fűtőpatronokat. Részletes leírás a 22. oldaltól található.

*Felhasználási terület:* mindenhol, ahol elvárás a nagy teljesítmény kis helyen.

### **Csőpatronok**

A csőpatronok anyagszegény, nagy nyomással tömörített fűtőelemek, melyekkel kis helyigénnyel igen magas teljesítmény érhető el. Magas formaadó lehetőségével tűnik ki.

*Felhasználási területek:* fröccsöntőfűvóka fűtése a műanyagiparban, laboriparban, általános gépgyártás, valamint mindenhol, ahol kis helyen nagy teljesítmény a cél.

### **Fűtőregiszter**

A fűtőregiszterek olyan berendezések, melyekkel gázállapotú közegeket melegítünk. A felmelegítendő közeg szabadon lévő ellenálláshuzalon át, természetes és kényszerített konvekcióval keresztül van vezetve.

*Felhasználási terület:* ruhaszáritók, melegítővel működő kompresszorok, zsugorcsatornák, konvekciós kályhák és ventilátorok.

### **Fűtőpatronok fémköpeny nélkül, kerámia tartótesttel**

A kerámiaipatronok a nyitott fűtőelemekhez tartoznak. A felépítése ezeknek a nem tömörített patronoknak egyszerű: egy több lyukú kerámia csőbe van a fűtővezeték behúzva, nincs további burkolás.

*Felhasználási terület:* gázállapotú közegek hevítése (pl. műanyaghegesztő)

### **PTC-fűtőelemek**

A PTC-fűtőelemek szennyezett polikristályos félvezetőrészekből állnak, az elektromos ellenállás extrém pozitív folyamatával. Ha a hőmérséklet egy alaphőmérsékletig emelkedik, ez az ellenállás erős emelkedéséhez vezet, és ezzel a teljesítmény visszaeséséhez. A PTC-fűtőelemek a fűtést és a szabályozást egy funkcióban egyesítik. A maximális hőmérséklet 300°C. A PTC-fűtőelemeknek egyértelműen alacsonyabb teljesítménysűrűsége van, mint a szokásos ellenállás fűtőelemeknek.

*Felhasználási terület:* folyadékmelegítés, olaj- és tüzelőanyag előmelegítő, fagyvédelmi fűtés.



### **Szilikon alapú lapos fűtőelemek**

A szilikonkaucsuk-fűtőelemek szilikonkaucsukban lévő ellenállásfűtéssel rendelkező fűtőelemek nagyon laposak, nedvesség ellen szigeteltek, formázhatók, és csak alacsony hőmérsékletnél, kb. 180°C-ig használhatók fel.

*Felhasználási terület:* mindenhol, ahol alacsony fűtőhőmérséklet van, pl. tartályfűtés, parabolatükrök fűtése, laboreszközök fűtése.

### **Mikanit fűtőelemek**

A mikanit fűtőelemek mikanitból készült izolációhordozóval rendelkező fűtőelemek. A mikanit fűtőelem csak alacsony felületi terhelés mellett üzemeltethető.

*Felhasználási terület:* levegőhevítés háztartási eszközökben, fűtőelemek az iparban, tömítőgallérok a műanyagiparban.

### **Kerámiasugárzó**

A kerámiasugárzók olyan fűtőelemek, melyeknél az ellenálláshuzal kerámiával van burkolva. Az ellenálláshuzal extrém terhelésnél sem revésedik. A közegre való hőátadás sugárzáson keresztül történik.

*Felhasználási terület:* szárítás, porrétegfelhordás beégetése és kikeményítése, lakkozás, élelmiszeripar, műanyagok mélyhúzása.

### **Kvarc csősugárzó**

A kvarc csősugárzók olyan fűtőelemek, melyeknél az ellenálláshuzal egy kvarcüvegcsőben van. Ezek a hőszugárzók elvére épülő fűtőelemek nagyon törésérzékenyek.

*Felhasználási terület:* fűtősugárzó

### **Hibrid fűtések**

A hibrid fűtések a sűrűréteg technikára épülő fűtőelemek. Fűtési ellenállásként (adott esetben hőmérséklet érzékelőként) a vezetékpályák egy alkalmas formában konvencionális sűrűréteg technikában kerámiaalapra vagy zománcozott acéllemezre vannak felhordva. A hibrid fűtések nagyon laposak, és sűrű építési módot engednek meg.

*Felhasználási terület:* orvosi technika, kompakt kereskedelmi felhasználások, hőtartó lemezek

## **1.5. Fűtőelemek elektromos ellenőrzései**

Az elektromos fűtőelemek vizsgálatára vonatkozó norma a VDE 0700, illetve eN 60335. Ott többek között a fűtőelemek elektromos vizsgálatára vonatkozó előírások vannak leírva, úgymint a hidegellenállás, a nagyfeszültségű szilárdság, a levezetési áram és a szigetelési ellenállás ellenőrzése.

A 42 V alatti fűtőelemeknek 500 V-ig, a 42 V feletti fűtőelemeknek 1250 V-ig elmenő nagyfeszültségű szilárdsági vizsgálatnak kell megfelelniük.

A megengedhető levezetési áram maximum  $1 \text{ kW} < 0,75 \text{ mA}$ , illetve  $0,75 \text{ mA kW-onkénti teljesítménynél}$  nem lehet több, mint 5 mA az egész berendezésre nézve.

Az elektromos fűtőelemeknek hideg állapotban legalább  $> 2 \text{ M}\Omega$ -os szigetelési ellenállást kell felmutatniuk. A szigetelési ellenállást 500 V-os egyenfeszültségnél mérik.

A nagyfeszültségű szilárdsági vizsgálatokat az előállító végzi el. Ebből az okból a vizsgálat megismétlése nem szükséges, csak ha:

- a fűtőelemen változásokot végeztek
- a fűtőelemet hosszabb ideig tárolták
- a fűtőelemen hibát sejtenek
- a fűtőelemet nedves környezetben használják, és a fűtőelem közvetlen kapcsolatban van személyekkel vagy állatokkal.

#### **Fontos utalások:**

- A nagyfeszültségű szilárdság vizsgálatát nem kell addig elvégezni, míg a szigetelési ellenállás vizsgálata nem hozott megnyugtató eredményt.
- A fűtőelemek elektromos vizsgálatát csak képzett személy végezheti el.
- Mindegyik nagyfeszültségi vizsgálat károsítja a MgO-szerkezetet, és a gyakori ismétlések hatására a nagyfeszültségi szilárdság csökkenéséhez, és a fűtőelem károsodásához vezet.

#### **1.6. Checklista a fűtőelemek kiválasztásához**

A fűtőelem kiválasztásánál a felhasználás célja a legfontosabb. A méret, a teljesítmény és a terhelhetőség különböző faktoroktól függ. A gyakorlat alapján az alábbiakat kell a választásnál figyelembe venni:

1. Felhasználás
2. Melegítendő közeg
3. Méret, illetve a közeg térfogata
4. Feszültség
5. Maximális áram
6. Teljesítményszükséglet kb.
7. A fűtőelemek kapcsolása
8. Kapcsolás módja és hossza
9. Szükséges mennyiség
10. Kívánt hőmérséklet

## 2. A HŐTELJESÍTMÉNY KISZÁMÍTÁSA

A fűtési rendszerhez szükséges teljesítmény kiderítéséhez szükséges a következők megállapítása:

- tartós fűtési teljesítmény
- felfűtési teljesítmény

Az elektromos fűtőelemek elrendezése ennek a két teljesítménynek a magasabbikán alapszik. Ezenkívül fontos a felfűtött test, vagy folyadék dimenzióit, és ezek hőszigetelését figyelembe venni.

Ha a számításnál nincs meg minden információ részletesen, a bizonyítás a részletek pontos ismeretével történjen. Alapvetően a kalkulációnak a legkedvezőtlenebb felhasználási esetre kellene irányulnia:

- minimális környezeti hőfok
- maximális eljárési hőmérséklet
- legrövidebb fűtőintervallum
- a fűtendő tárgy maximális nagysága (ill. átfolyási ráta)
- legrövidebb felfűtési idő

### 2.1. Hő a hőmérsékletemelkedéshez

Az **energia**, mely a közeg **hőmérsékletemelkedéséhez** szükséges, 4 faktortól függ:

- a közeg tömege (m)
- hőmérséklet különbség ( $\Delta T$ )
- jellemző hő (c)
- felhevítési hő (t)

### P TELJESÍTMÉNY Wattban megadva (W)

$$P = \frac{m \cdot c \cdot \Delta T}{\Delta t}$$

m = tömeg kg-ban

c = jellemző hő Wh/kgK-ban

$\Delta T$  = hőmérsékletkülönbség K-ben

$\Delta t$  = felhevítési idő órában

### 2.2. Hő a halmazállapot változáshoz

Egy közeg egyik halmazállapotból a másikba való átvitelénél (pl. folyadékból gőz) rendszerint nem emelkedik a közeg hőmérséklete. A kiszámítás a fenti képlet alapján történik, de a  $\Delta T$  faktor kiesik.

A jellemző hőkapacitás (c) helyett a jellemző hő (olvadás-, illetve párolgási hő) változását a halmazállapotra (Wh/kg-ban) vonatkozólag kell használni. A közeg több halmazállapoton keresztüli melegítésénél a szükséges teljesítményt megfelelő fokozatban kell megállapítani.

### 2.3. Hővesztések

A számításnál az egyik fontos faktor a gyakorlatban fellépő hővesztések. Hővesztés mindig akkor lép fel, ha hőmérsékletkülönbség jelentkezik. A hő a melegtől a hideg test felé folyik. Hővesztés hővezetés, hőkonvekció vagy hőszugárzás során léphet fel.

## Hővesztések a hővezetésnél

Ha a testek a fűtőrendszer részeivel érintkeznek, akkor lép fel a hővesztés a hővezetésen keresztül. A hővesztés kiszámításához a következő adatok fontosak:

- a testek felülete (A), melyek a fűtőrendszerrel kapcsolatban állnak (cm-ben)
- az anyag vastagsága (t) cm-ben
- hőmérsékletkülönbség ( $\Delta T$ ) a belső és a külső felület között K-ben
- az anyag hővezető képessége (k) W/cm x K

## Hővesztés konvekció és sugárzáson keresztül

Ha a felületek nem szigeteltek, mint például a nyitott tartályoknál, figyelembe kell venni a konvekció keresztül előálló hővesztést. A kisugárzás is hővesztést okoz.

- A hővesztés tényezői:
- felületi cm<sup>2</sup>-ben
- hőmérséklet különbség a felület és a környezet között
- a közeg felületi minősége

## Irányértékek a hővesztéshez

A hővesztés pontos kiszámítása minden tényező figyelembe vételével nagyon komplikált. Ha a részletes számítás nem lehetséges, akkor az itt megnevezett tapasztalati, illetve saccolt értékeket lehet használni. A nagy fűtendő felületeknél a fűtőfelületre vonatkozó felületi terhelést úgy kell megválasztani, hogy elegendő fűtést érjenek el.

## 2.4. A fűtési teljesítmény kiszámítása

### 2.4.1. Felfűtési teljesítmény

A felfűtési teljesítmény az a teljesítmény, mely egy bizonyos időegységben szükségeltetik ahhoz, hogy a rendszert a kívánt hőmérsékletre vigyük. A felfűtési szakaszban a hővesztések a hővezetés, a hőkonvekció és a hőszugárzás által növekednek. Ebben a szakaszban a hővesztések a tartós fűtési teljesítménynél fellépő veszteségek kb. 50%-ára rúgnak.

## ENERGIAVESZTESÉG W-BAN

$$P_v = A \times \Delta T \times k/t$$

$P_v$  = teljesítmény veszteség

Hőszigetelés nélküli kis szerszámok vagy fémrészek	kb. 30-40%
Hőszigetelt kis szerszámok vagy fémrészek	kb. 5-10%
Hőszigetelés nélküli nagy szerszámok vagy fémrészek	kb. 15-25%
Hőszigetelt nagy szerszámok vagy fémrészek	kb. 5-10%
Fűtött hőfűrdők nagyság szerint	kb. 20-30%
Fűtött hőfűrdők hőszigeteléssel	kb. 10-20%

## A fűtőelemek teljesítményének elrendezése elvileg 3 lépésben történik:

1. felfűtési teljesítmény kiszámítása
2. tartós fűtési teljesítmény kiszámítása
3. fűtési teljesítmény meghatározása

### 2.4.2. Tartós fűtési teljesítmény

A tartós fűtési teljesítmény annak a teljesítménynek az összege, ami a folyamatban szükségeltetik, és a folyamatokon belül elvesznek. Így például a tartós fűtési teljesítmény egy alagútkemencében a következők összege:

- energia a közeg melegítéséhez
- energia a szállító melegítéséhez
- energia, amit a szállító a kemencében lead

A folyamat eme energiaigényeihez még hozzá kell adni azt az energiát, mely az ismert hőveszteségeken keresztül elveszik.

### 2.4.3. A fűtési teljesítmény meghatározása

A teljesítmény számítás képlete alapján meghatározott teljesítmény (P - ld. 12. oldal) azt a hőigényt fedezi, ami a közeg felfűtéséhez szükséges. A legtöbb használati esetről elég ez a felfűtési teljesítmény a hőszükséglet tartós üzemből való fedezéséhez. Ezért a fűtőelemek a felfűtési teljesítménynek megfelelően vannak elrendezve. Ajánlatos a meghatározott teljesítményt egy 10-20%-os tényezővel emelni. Ezzel a teljesítménytartalékkal garantálhatunk egy biztos folyamatot. Mindenképpen fontos figyelembe venni az összefüggést a felületi hőmérséklet, a felületi terhelés és a közeg között.

**Ha a felületi teljesítmény lényegesen magasabb a szükséges tartós fűtési teljesítménynél,** akkor a tartós fűtési teljesítményt csökkenteni kell egyes fűtőelemek megfelelő kapcsolásával vagy hőmérséklet-szabályozással. Szabályozott rendszereknél lehetőleg a fűtési teljesítmény ne legyen nagyobb a tartós üzemből fellépő dupla teljesítmény szükségletnél.

**Ha a tartós üzemből több teljesítményre van szükség, mint a felfűtési szakaszban** (pl. nagyon sok anyagáthaladásnál), akkor a fűtőelemeket a tartós teljesítményszükséglet számára kell kialakítani. A tartós fűtési teljesítményt is meg lehet határozni a megadott egyenlet alapján. A tömeg (m) és a felfűtési idő ( $\Delta T$ ) helyett a 12. oldalon lévő képletben az áthaladási mennyiséget kg/óra-ban használja.

### TARTÓS FŰTÉSI TELJESÍTMÉNY $P_D$ (W-ban)

$$P_D = M_n \times c \times \Delta T$$

$M_n$  = áthaladási mennyiség kg/h-ban

### Fontos megjegyzés!

A fűtőelemek teljesítményének meghatározásánál mindig figyelembe kell venni a felületi terhelést, és annak határértékeit.

## HŐTELJESÍTMÉNY KISZÁMÍTÁSA

ANYAGOK ADATAI						
Közeg	Sűrűség 291,16 K-nél g/cm <sup>3</sup>	Jellemző (C) Wh/kg K	Olvadási pont °C	Olvadáshő Wh/kg	Forráspont °C	Párolgási idő Wh/kg
<b>Fémek</b>						
Alumínium	2,7	0,249	660	99	2270	3256
Ólom	11,3	0,036	327	6,6	1730	256
Vörösréz	8,9	0,107	1083	58	2330	2,5
Sárgaréz	ca. 8,4-8,7	ca. 0,106	ca. 900	47	ca. 1100	-
Acél	ca. 7,9	ca. 0,134	ca. 1450	57	2500	-
<b>Szigetelő anyagok</b>						
Magnézium- szilikát	2,6	-	1520	-	-	-
Kerámia	1,9-2,7	ca. 0,23	-	-	-	-
Üveg	ca. 2,2-2,6	ca. 0,21	ca. 2027	-	-	-
<b>Műanyagok</b>						
Poliamid	ca. 1,13	ca. 0,46	ca. 217	-	-	-
Polietilén	0,93	ca. 0,52	107-140	-	-	-
Poliészter	ca. 1,2	ca. 0,35	-	-	-	-
Polipropilén	0,9	ca. 0,27	ca. 160	-	-	-
Polisztirol	ca. 1,05	ca. 0,35	ca. 100	-	-	-
Politetra- fluoretilén	2,2	ca. 0,29	ca. 300	-	-	-
Poliuretán	1,26	ca. 0,52	-	-	-	-
Polivinilklorid	1,4	ca. 0,27	ca. 90	-	-	-
<b>Folyékony anyagok</b>						
Olaj	0,7-0,9	ca. 0,64	ca. -24	-	380	-
Víz	ca. 1,0	1,16	ca. 0	93	100	624
Aceton	0,8	0,60	-95	26,7	56	-
Glicerín	1,26	0,67	18,6	55-110	290	230
Fűtési olaj	0,82-1,08	0,41-0,5	-5	-	>175	174
Könnyűolaj	0,89	0,48	-15	-	80-150	93-99
Gépolaj	0,77-0,8	0,47	-5	-	380	-
Benzin	0,88	0,45	ca. 40	-	25-210	116
Paraffinolaj	0,79-0,85	0,59	-	-	-	-
Hőátadási olaj 200°C-nál	0,87-0,91	0,52	-	-	-	-
Diphyl	1,06	0,42	ca. 12	-	ca. 390	-
<b>Gázállapotú anyagok</b>						
Acetilén	1,17	0,46	-81	27,7	-84	230
Ammónia	0,77	0,53	-78	94,2	-33	385
Vízgőz	0,8	0,42	-	-	-	-
Levegő	1,29	0,28	-213	-	-192	55
Oxigén	1,4	0,25	-219	3,8	-183	59
Kéndioxid	3,5	0,17	-	-	-10	112
Nitrogén	1,25	0,29	-210	7,1	-196	56
Hidrogén	0,09	0,36	-259	16,3	-253	128

1. TÁBLÁZAT

### 3. PÉLDÁK A HŐ KISZÁMÍTÁSÁHOZ

#### 3.1. Egy szilárd test hevítése

##### Adott:

Egy eszköz, acélból

jellemző hő  $c = 0,134 \text{ Wh/kg K}$

tömeg  $m = 14,75 \text{ kg}$ -ot  $T = 473 \text{ K}$  ( $=200^\circ\text{C}$ ) munkahőmérsékletre vinni

felfűtési idő  $t = 0,5 \text{ h}$

Ha környezeti hőmérsékletnél dolgozunk, a kívánt hőmérséklet emelkedés  $\Delta T = 180 \text{ K}$  (ill.  $180^\circ\text{C}$ )

##### Megállapítandók:

Felfűtési teljesítmény  $P_A$  és állandó felfűtési teljesítmény  $P_D$ .

##### A felfűtési teljesítmény kiszámítása:

$$P_A = \frac{14,75 \times 0,134 \text{ Wh} \times 180 \text{ K}}{0,5 \text{ h kg K}} = 711 \text{ W}$$

$$P_A = \frac{m \times c \times \Delta T}{t}$$

A megállapított elméleti teljesítményszükséget kb.  $710 \text{ W}$

Szigetelés nélküli kisebb szerszámoknál a hőveszteség kb. 30%. Ezt a veszteséget az elméleti teljesítményszükséglethez pótlólagosan kell hozzátenni. A  $710 \text{ W}$ -os elméleti teljesítményszükségletet ezért 1,3-as faktoriall kell megszorozni.

Ezáltal  $920 \text{ W}$ -os összteljesítmény lesz.

A szerszámhőmérsékletet egy hőmérséklet szabályozó felügyeli. Ezért a megállapított összteljesítményt többé-kevésbé fel lehet kerekíteni.

A szerszámmal a poliamidot (jellemző hő  $C = 0,46 \text{ Wh/kg K}$ ) kb.  $473 \text{ K}$ -re ( $=200^\circ\text{C}$ ) kell felmelegíteni. Az áthaladás  $M = 7,5 \text{ kg/h}$ .

##### Az állandó fűtési teljesítmény kiszámítása:

$$P_D = \frac{7,5 \text{ kg} \times 0,46 \text{ Wh} \times 180 \text{ K}}{\text{h kg K}} = 621 \text{ W}$$

$$P_D = M_n \times c \times \Delta T$$

$P_A = 710 \text{ W}$ -os felfűtési teljesítményre a fűtőelemek elrendezésénél tartós üzemben több hő keletkezik, mint amennyi szükséges. Az eltérések jelentéktelenek, ezért a felfűtési teljesítményt a tartós üzemnél is használjuk.

#### 3.2. Folyadék hevítése halmazállapot változással

##### Adott:

10 l vizet 4 órán belül elgőzölni.

jellemző hőkapacitás  $c = 1,16 \text{ Wh/kg K}$

tömeg  $m = 10 \text{ kg}$

kiindulási hőmérséklet  $T = 15^\circ\text{C}$

forráshőmérséklet  $T_s = 98^\circ\text{C}$

$\Delta T = 83 \text{ K}$

$t = 2 \text{ h}$

vízre vonatkozó állapotváltozási energia  $W = 624 \text{ Wh/kg}$  (1. táblázat, 15. o.)



**Megállapítandó:**

A szükséges teljesítmény (Ps) 2 órás felfűtési időnél a forráspont eléréséhez.

A (Pv) szükséges teljesítmény 10 l víz gőzöléséhez.

**A forráspont eléréséhez a Ps teljesítmény kiszámítása**

$$P_s = m \times c \times \Delta T / t$$

$$P_s = 10 \text{ kg} \times 1,16 \text{ Wh/kg K} \times 83 \text{ K} / 2 \text{ h} = \underline{481,4 \text{ W}}$$

**A Pv szükséges teljesítmény 10 l víz gőzöléséhez 2 órán belül**

állapotváltozási energia  $W = 624 \text{ Wh/kg}$

tömeg  $m = 10 \text{ kg}$

$$P_v = W + m/t$$

$$P_v = 624 \text{ Wh/kg} \times 10 \text{ kg} / 2 \text{ h}$$

$$P_v = \underline{3120 \text{ W}}$$

Így az összteljesítmény-szükséglet a felfűtéshez 2 órán belül és 10 kg víz gőzöléséhez további 2 órán belül a következő:

$$P_{ges} = P_s + P_v = 481,4 \text{ W} + 3120 \text{ W} = \underline{3601,4 \text{ W}}$$

**Megjegyzés:** az állapotváltozáshoz szükséges energia legtöbbször egyértelműen magasabb, mint a felfűtési folyamathoz szükséges energia.

**3.3. Egy bizonyos hőmérséklet megtartása****Adott:**

50 l víz, melyet egy tartályban 10 percen (=0,167 h) belül 50°C és 60°C között temperálunk.  
a hőmérséklet különbség 10 K

tömeg  $m = 50 \text{ kg}$

kiindulási hőmérséklet  $T_a = 50^\circ\text{C}$

vég hőmérséklet  $T_e = 60^\circ\text{C}$

$\Delta T = 10 \text{ K}$ ,  $t = 0,167 \text{ h}$ ,  $c = 1,16 \text{ Wh/kg K}$

**Megállapítandó:**

A szükséges teljesítmény 25%-os feltételezett kisugárzási veszteségnél (multiplikátor 1,25).

$$P = 1,25 \times m \times c \times \Delta T / t$$

$$P = 1,25 \times 50 \text{ kg} \times 1,16 \text{ Wh/kg K} \times 10 \text{ K} / 0,167 \text{ h} = \underline{4341 \text{ W}}$$

**3.4. Kis tömegű és nagy felületű test melegítése****Adott:**

Egy acéllemez lap

500 mm x 30 mm x 10 mm-es mérettel 0,5 órában 20°C-ról 150°C-ra melegíteni

tömeg ( $f = 7,85 \text{ kg/dm}^3$ )  $m = 11,78 \text{ kg}$

az acél jellemző hőkapacitása  $c = 0,134 \text{ Wh/kg K}$

$\Delta T = 130 \text{ K}$ ,  $t = 0,5 \text{ h}$ ,  $A = 1500 \text{ cm}^2$

**Megjegyzés:**

A nagy kisugárzási veszteség miatt minimum 1 W/cm<sup>2</sup>-es felületi terhelést kell realizálni a lap fűtéséhez. Ez a gyakorlatban mint tapasztalati érték jelentkezik.

#### **Megállapítandó:**

Az acéllap fűtéséhez szükséges teljesítmény.

#### **P felfűtési teljesítmény kiszámítása sugárveszteség nélkül**

$$P = m \times c \times \Delta T / t = 11,78 \text{ kg} \times 0,134 \text{ Wh} \times 130 \text{ K/kg} / 0,75 \text{ h} = \underline{410 \text{ W}}$$

#### **Felületi terhelés**

$$H = P/A = 410 \text{ W} / 1500 \text{ cm}^2 = \underline{0,27 \text{ W/cm}^2}$$

A kiszámított felületi terhelés egyértelműen 1 W/cm<sup>2</sup> alatt van. Ez azt jelenti, hogy legalább 1 W/cm<sup>2</sup>-es felületi terhelésnél legalább P = 1500 W-os teljesítmény (A = 1500 cm<sup>2</sup>) szükséges az acéllap megfelelő felmelegítéséhez. Itt abból indulunk ki, hogy a kisugárzás az acéllap csak egy területén történik, és a szemben lévő oldal, valamint az oldalfelületek termikusan szigeteltek.

## **4. TÖMÖRÍTETT ÉS TÖMÖRÍTETLEN FŰTŐELEMOK TULAJDONSÁGAI**

### **4.1. Tömörített és tömörítetlen fűtőelemek**

A fűtőelem terhelhetősége a tömörítés fokával van összefüggésben. Minél jobban tömörített egy fűtőelem, annál nagyobb a maximálisan megengedhető felületi terhelés (W/cm<sup>2</sup>) egység.

A tömörítetlen fűtőelemekre jellemző a kis felületi terhelés, és ott használják ezeket, ahol nincsenek magas elvárások. Ezek a fűtőelemek az egyszerű felépítésből és gyártási folyamatból kifolyólag előnyös árfekvésűek.

A tömörítetlen fűtőelemekkel ellentétben a tömörített fűtőelemeknél a fűtővezeték tiszta és tömörített magnéziumoxidba (MgO) van nyomva. A tömörítési folyamatoktól függően megkülönböztetünk alacsony és nagy nyomással tömörített fűtőelemeket.

Az alacsony nyomással tömörített fűtőelemek szilárd és folyékony közegek fűtésére alkalmasak. A felületi terhelés maximálisan 6,5 W/cm<sup>2</sup>. A nagy nyomással tömörített fűtőelemeket nehezebb munkakörülményekre tervezték. A nagy értékű anyagok felhasználásával és a speciális előállítási folyamattal magas felületi terhelés érhető el (35 W/cm<sup>2</sup>-ig HLP-típus). Extrém magas teljesítményeket így kis beépítési területen is elérhetünk.

### **4.2. Nedvesség hatása**

Elvileg figyelembe kell venni, hogy mindegyik fűtőelem (csőfűtőtest vagy fűtőpatron) a levegőből nedvességet von ki. Ez a felhasznált magnéziumoxiddal függ össze. A MgO-ot, mint nagyon jó szigetelőanyagot építik a fűtőelemekbe, mely azonban nagyon jó nedvszívó is.

A nedvesség gyakran alacsony szigetelési ellenállást okoz, ezért a fűtőelemeket, amiket nem építenek be rögtön, száraz helyen kell raktározni.

Ha a fűtőelemek nedvesek lettek, meg lehet őket szárítani. Lassú felmelegítéssel és 8 órán keresztül 180°C-os tárolásnál a nedvesség megszűnik. Végezetül szükséges a szigetelési ellenállás újabb vizsgálata, negatív eredménynél újabb felhevítési ciklusra van szükség.

### 4.3. Köpenyhőmérséklet és köpenyanyag

A fűtőelem köpenyanyagát az előre látható hőmérsékleti terület és a fűtendő közeg figyelembe vételével kell kiválasztani.

A táblázat a csúcserőértékeket tartalmazza, melyek magas üzembiztonságot garantálnak, melynek előfeltételei a jó hőelvezetés, megfelelő beépítés és a más fűtőtestek befolyásának elkerülése. Magasabb speciális felületi terhelést csak gondos kipróbálás után különleges konstrukcióban válasszunk.

ANYAGADATOK						
Felhasználás	A fűtendő anyag hőmérséklete (°C)	Megengedhető speciális felületi terhelés köpenycsónél (W/cm <sup>2</sup> )				
		Vörösréz	Acél 1.0112	CrNi-acél 1.4541*	CrNi-acél 1.4876	CrNi-acél 1.4435
Víz, nyugvó	100	10	-	10	-	10
Víz, mosógépek	100	14	-	14	-	14
Víz, áramló (folyamatos melegítés)	100	25	-	25	-	20
Víz, párologtatásnál	95	6	-	6	-	6
Víznyomás 35 bar-ig	240	6	-	10	-	10
Lúgos fürdők	100	-	6	-	-	-
Hígított savak	100	-	-	-	2,5	2
Foszfátozó fürdők	90	-	-	4	-	4
Olaj, hígfolyós	50	-	3,5	3,5	-	-
Olaj, hígfolyós	250	-	2	2	-	-
Olaj, hígfolyós	350	-	1,5	1,5	-	-
Olaj, sűrűn folyós	300	-	1,2	1,2	-	-
Olaj, zárt tartályban (radiátorban)	80	-	12	12	-	-
Glicerin	150	2	2	2	-	-
Kátrány	150	-	1	1	-	-
Ólomfürdő	500	-	-	4	-	-
Levegő, nyugvó	25	-	1,7	5	6	-
Levegő, nyugvó	200	-	1	4	5	-
Levegő, áramló 2 m/s-mal	50	-	2	5,5	6,5	-
	250	-	0,7	3,5	4	-
	450	-	-	2	2,2	-
Levegő, áramló 6 m/s-mal	50	-	3,5	9	10	-
	250	-	1,6	6	6,5	-
	450	-	-	3,5	4	-
Levegő, áramló 10 m/s-mal	50	-	5	10	10	-
	250	-	2	8	9	-
	450	-	-	4,5	5,5	-

2. TÁBLÁZAT

\*szabad halogenidionokkal rendelkező közeg korlátozott korrózió-állósága (pl. klór-, bróm-, jód- és fluorionok)

#### 4.4. Tömörített fűtőelemek kiválasztása

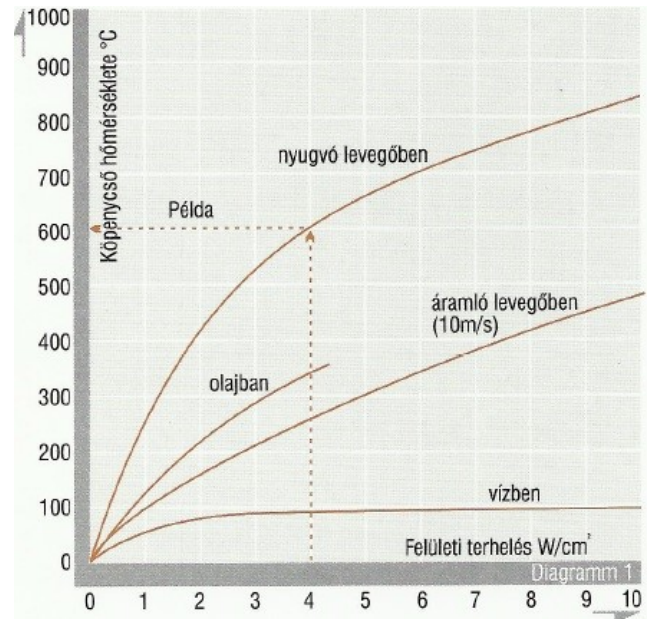
A fűtőelemek élettartama főképpen a fűtővezeték üzemhőmérsékletétől függ. A fűtővezeték-hőmérséklet közvetlenül a felületi terheléstől függ. Ezért a magas nyomással tömörített fűtőelemek használatához különlegesen jó hőelvezetés szükséges.

##### Példa:

4 W/cm<sup>2</sup>-es felületi terhelésnél nyugvó levegőben 600°C-os köpenyhőmérséklet jön létre.

Az itt lévő diagram mutatja a különböző közegben, a felületi terhelés függőségében a tömörített fűtőelemek köpenyhőmérsékletét. A megadott értékek csak irányértékek, mivel a nyomás és az áramlási sebesség is befolyásolja.

Ahhoz, hogy a fűtőelemek hosszú élettartamúak legyenek, a választásnál elvileg egy lehetőleg alacsony felületi terhelésű, és lehetőleg nagy átmérőjű fűtőelemből kell kiindulni.



További tényezők, melyek befolyásolják az élettartamot:

- hőátadás a fűtővezeték és a fűtőtestköpeny között
- hőátadás a fűtőtestköpeny és a szerszám között (furatjáték, illetve illesztés)
- hőveszteségek
- hőmérséklet szabályozás módja (folyamatos vagy szakaszos)

#### 4.5. Használat folyékony és gáznemű közegben

Folyadék melegítésnél a tömörített fűtőelemek üzemi állapotban mindig folyadékkal kell, hogy körül legyenek véve. Ezért a vízszintes beépítés a függőlegesnél előnyösebb. A fűtőelem legmagasabb pontjára tervbe kell venni egy védelmet a túl magas hőmérséklettel szemben (pl. fémesen hozzacsatolt hőmérsékletérzékelő). Hőáramlást akadályozó lerakódásokat (pl. mészmарadványok, kátrány, stb.) a fűtőelemek felületén el kell kerülni. Ezek csökkentik az élettartamot.

Számos folyadékknál a megengedhető felületi terhelést maga a folyadék határozza meg. Ez különösen az olajra, a ragasztóra és a hasonló anyagokra érvényes. Ezek a közegek szétbomlanak, és lerakódnak a fűtőelem felületén. Nyomások és áramlási viszonyok fontos szerepet játszanak. Ha a nagyteljesítményű fűtőpatronok használata a felületi terhelés miatt nem lehetséges, a PMV típusú alacsony nyomással tömörített fűtőpatronaink használatát ajánljuk.

CrNi-acél köpenycsöves nagy nyomással tömörített fűtőelemek használatánál gázformájú közegben a kb. 5 W/cm<sup>2</sup>-es felületi terhelést nem szabad túllépni.

Amennyiben a fűtőelemek gázformájú közegek melegítéséhez szellőzőkkel, kompresszorokkal kapcsolatban, vagy túlnyomás alatt kerülnek használatba, úgy az ezáltal előálló kényszerített konvekció következtében magasabb felületi terhelést is realizálhatunk. (ld. 2. táblázat, 20. oldal)

Több fűtőelemből álló fűtőtelep összeépítésénél szélárnyék léphet fel bizonyos körülmények között. Ilyen esetben a felületi terhelést tovább kell csökkenteni, hogy az egyes fűtőelemek túlhevítését elkerüljük.

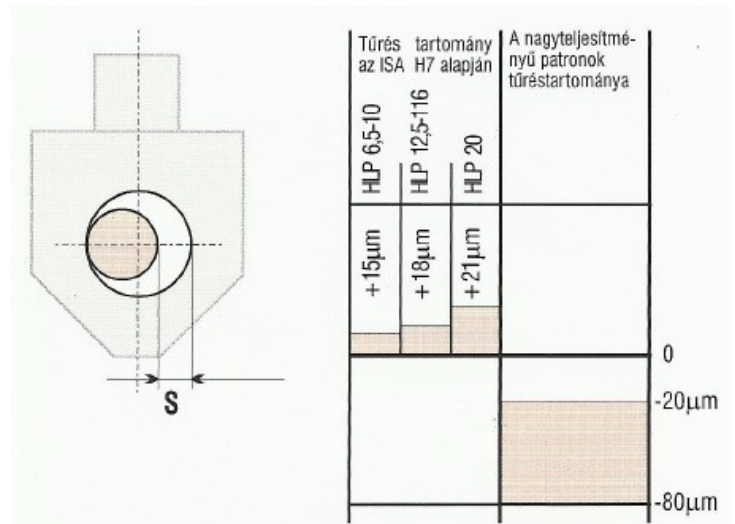
## 5. HLP TÍPUSÚ NAGYTELJESÍTMÉNYŰ FŰTŐPATRONOK

### 5.1. Leírás és sajátosságok

A HLP típusú nagyteljesítményű fűtőpatronok magas nyomással tömörített fűtőpatronok, melyeket speciális gyártási eljárással és nehéz munkakörülményekhez megfelelő nagy értékű anyagok használatával állítanak elő. A speciális felépítés lehetővé teszi az extrém magas felületi terhelést, és ezzel a nagy teljesítményt kis helyen. Szilárd közegekben a tömörített fűtőpatronok használatánál a hőt jól el kell vezetni. Ahhoz, hogy a szükséges illesztést és a felület minőségét megtartsuk, a felfogó furat megmunkálásánál fontos a dörzsár.

A HLP és a HLPL típusú nagyteljesítményű fűtőpatronok külső átmérője az ISA H7 illesztésre van ráhangolva. A maximális furatjáték a legkisebb patronátmérő és a legnagyobb furatátmérő közötti különbségekből adódik. A tűréstartományok a 22.1 ábrán láthatók. 20 W/cm<sup>2</sup>-nél nagyobb felületi terheléssel bíró fűtőpatronoknál ajánljuk a H7 illesztésektől való eltérést és a patronok egyedi illesztését, hogy egy tolóilleszkedést érjünk el.

Több esetben is lehetséges a szerszám kétrészes kialakítása, mely a fűtőtest bepréselését teszi lehetővé. Extrém terhelésnél a fűtőelem üzemi feszültségét csökkenteni kell. Így lehetővé válik a fűtővezeték használata nagyobb átmérővel, és ennek megfelelően nagyobb élettartammal.



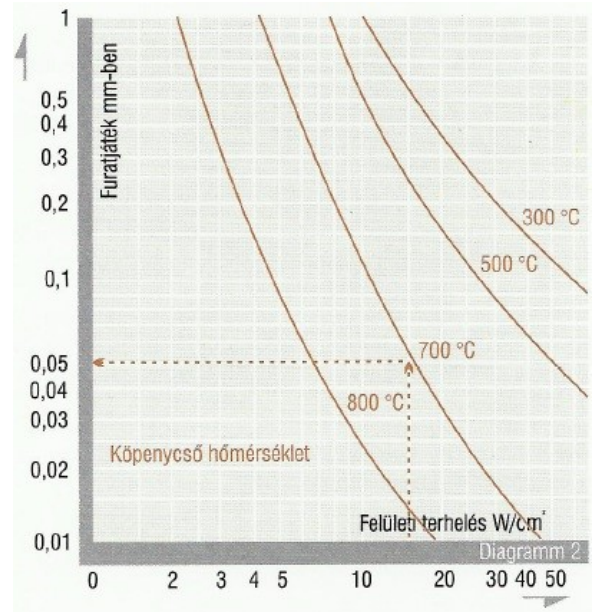
## 5.2. Furatjáték és illeszkedés

A nagyteljesítményű patronok extrém magas hőmérsékleti tartománya miatt az S furatjáték és az illeszkedés fontos, az élettartamot meghatározó tényezők.

A furatjáték minden megnagyobbítása a köpenyhőmérséklet emelkedéséhez vezet állandó szerszámhőmérsékletnél. A különbség mindenképp a 20 W/cm<sup>2</sup> feletti felületi terhelésnél több száz °C. A megadott értékek csak kiindulási pontok, mivel a körülmények esetről esetre különböznek.

### Példa:

700°C-os szükséges hőmérsékletnél és 15 W/cm<sup>2</sup>-es felületi terhelésnél nem szabad, hogy a fűtőelem a 0,05 mm-es furatjátékot túllépje.



## 6. HŐMÉRSÉKLETSZABÁLYOZÓ HASZNÁLATA

### 6.1. Folytonos és szakaszos szabályozó

A fűtőelemek használata az ipari folyamatokban először is a túlhevítéssel szembeni védelmet, valamint sok esetben a precíz szabályozást és a hőmérséklet irányítását kívánja meg.

A legegyszerűbb és legjobb árral rendelkező védelmet a termikus túlhevítéssel szemben hőmérséklet biztosítással lehet elérni. Ha a hőmérséklet egy előre definiált területet túllép, a biztosíték reagál, és az áramkört megszakítja. A hibás biztosíték kicserélésével a fűtőfolyamatot folytatni lehet. Sok felhasználásnál azonban nem elég a hőmérsékletbiztosítás, ehelyett szükséges a közeg hőmérsékletét szabályozni, vagy irányítani. A szabályozók két típusát különböztetjük meg:

#### Folytonos (arányos) szabályozó

Ezek a szabályozók a teljesítményt arányosan adják le az érzékelő által megmért szabályozás szerint különleges kivezetéseknél a leadott teljesítményt befolyásolják az integrált, illetve a differencionális alkotórészek. A szabályozó által átengedett teljesítmény elérheti a minimum és a maximum érték közötti bármely értéket.

#### Szakaszos szabályozó (pl. kétpont-szabályozó)

Ezek a szabályozó típusok az érzékelő elem irányításával be- és kikapcsolják a teljes teljesítményt. A középértékek kapcsolása nem lehetséges. A felépítés módja alapján megkülönböztetünk különböző kétpont-szabályozó csoportokat:



### Kettősfém szabályozó

A kettősfém szabályozó a hőmérsékletellenőrzés kedvező módját mutatja. A kettősfém szabályozó nyitja és zárja az áramkört a két kettősfémsáv különböző hőmérsékletfüggő tágulásán keresztül.

### Hajszálcöves- és rúdkitágulási szabályozó

Ezek a szabályozók igen elterjedtek az iparban. A hőmérsékletfüggő folyadéltágulás hatására "nyit", vagy hőmérsékletesés hatására "zár". A szabályozók hátránya a tehetetlenség, ez azt jelenti, hogy ott, ahol pontos hőmérsékletszabályozásra van szükség, vagy ahol gyakori a be- és kikapcsolás, ezek a szabályozók nem ideálisak.

Emelett a két megnevezett szabályozó mellett van még az **elektromos kétpontszabályozó**.

## 6.2. Teljesítményállító (Dimmer)

Relatív állandó hőszükséglettel rendelkező fűtőberendezéseknél elektromos teljesítmény-szabályozó gépek is használhatóak. A teljesítményt hasonlóan adagolja, mint az állandó szabályozók.

A teljesítményszabályozó gépeknek nincs hőmérsékletérzékelőjük, így a "van" és a "kellene" hőmérséklet közötti összehasonlítás nem jön létre. Váltakozóan fellépő zavaró nagyságoknál a teljesítményállítók nem alkalmasak.

## 6.3. A hőmérsékletérzékelő helyzete

A precíz és megbízható irányításnál és a termikus folyamatok szabályozásánál döntő szerepe van a hőmérsékletérzékelő helyzetének. Ideális esetben a hőmérsékletérzékelőt a mérőedényhez kell tenni. Minél messzebb van a hőmérsékleti mérőpont, annál pontatlanabb lesz az irányítás és a szabályozás.

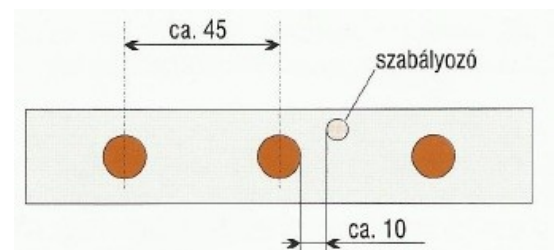
További zavaró tényezők lehetnek:

- a hőmérsékletváltozás és az érzékelő reakciója közti időeltérés
- a hőmérsékletváltozás és az érzékelőjel nem arányos
- hiba a vezetőellenálláson keresztül, vagy a mérőtapintó és a szabályozó közötti feszültségkülönbségek
- a szabályozóműszer pontossága

### Alapvető dolgok az élettartamhoz

Az ellenállási fűtőelemek fűtővezetékekének élettartama a kétpontos szabályozásnál az extrém váltakozó igénybevétel miatt negatívan befolyásoltak. Nagy teljesítményű koncentrációjú fűtőelemeknél ez még jobban megfigyelhető.

Ezért nagy igénybevételű fűtőelemeknél állandó szabályozó használatát ajánljuk (élettartamfaktor kb. 1:10)



Szerszámlap nagyteljesítményű fűtőpatronnal. Az érzékelőt a patron termikus túlhevítésének elkerülése miatt a közelben kell elhelyezni.



## 7. HŐMÉRSÉKLETSZENZOROK

A vezető anyagok az elektromos ellenállásukat a hőmérséklettől függően változtatják. Ez a tulajdonság lesz ezeknél az érzékelőknél a hőmérséklet mérésére kihasználva. Különbséget teszünk hőelem és ellenállások, mint érzékelők között.

### 7.1. Köpenyhőelemek

Ha két különböző fémeket kötünk össze, a fématomokon az elektronok különböző kötési energiáján keresztül hőfeszültség jön létre. Az ilyen elrendezést nevezik hőelemnek.

A létrejövő hőfeszültség - a milivolt-területen található - egyrészt a fémektől, másrészt a hőmérséklettől függ. A különböző vezetőket hőpárnak, az egyes vezetőket hőágnak nevezik.

A köpenyhőelemekben a két hőág fémköpennyel van körülvéve, és tömörített MgO-dal egymástól szigetelve.

Az érzékelő hőpárjára azonos anyagból készült vezetőt kötnek. Ezek a kiegyenlítő vezetékek megakadályozzák a pótló hőfeszültségeket az érzékelő csatlakozásokon. A kiegyenlítő vezetékek közvetlenül egy jelzőkészülékhez vannak kapcsolva, és megállapítható a műszer és a mérőhely közötti hőmérsékletkülönbség. A gyakran használt hőelemek vas-konstantánok (Fe-CuNi) 500°C-os hőmérsékletig, és NiCr-Ni kb. 800°C-os hőmérsékletig. A hőelemeknek a nagy munkaterületük miatt széles felhasználási körük van az iparban.

### 7.2. Platina ellenállások - PT 100

A fémek tulajdonsága, hogy hőmérséklet emelkedésnél az áramot kevésbé jól vezetik, mint alacsonyabb hőmérsékleteknél. Ezt a tulajdonságot az ellenálláshőmérőnél használják ki. Egy ellenálláshőmérő mérőellenállása platinából vagy nikkeldrótból áll, és úgy van bemérve, hogy 0°C-nál 100 Ω-os ellenállása van.

Hogy a hőmérséklettől függően változó ellenállási értékeket meg lehessen mérni, az ellenállásmérő egy segéd feszültségre van téve. A hőmérsékletváltozást az érzékelőn lévő feszültségesésen keresztül lehet megmérni. A méréshez egy voltmérő szükséges.

Mérőkapcsolásként megkülönböztetünk kétsarkú és háromsarkú kapcsolást. Az utóbbit használják, mert ezzel a kapcsolással lehetségesek a mérések nagyobb távolságokon át. A vezetékek hőmérséklet-befolyása csökken, ezeket hagyományos vörösréz vezetékekkel tetszés szerint meg lehet hosszabbítani.

PT-100 elemek ott használatosak, ahol a hőmérsékletet 200°C-ig pontosan szabályozni kell.

### 7.3. Termisztorok

Termisztoresységek, illetve NTC-ellenállások (negatív hőmérséklet-együttható) termisztorok (Thermic Resistor = hőfüggő ellenállás) egy negatív hőmérsékleti együtthatóval. Ez azt jelenti, hogy egy termisztoresység ellenállása emelkedő hőmérsékletnél csökken.

A termisztorok gyorsabban reagálnak, mint a PT-100 elemek, de érzékenyek, és csak szűkebb hőmérsékletterületen lehet használni őket.

## 8. ÁLTALÁNOS FIGYELMEZTETÉS

A számítási segédletben ismertetett számítások és ajánlások csak iránymutatásul szolgálnak, segítségnek szánjuk őket a felhasználóknak. Jogigények nem vezethetők le belőlük.

További számításokat és ismertetőket a terméktípusok prospektusaiban találnak.

## AZ ÖN SZAKMAI PARTNERE

A már ismert termékeink széles választéka mellett ajánljuk figyelmébe legújabb fejlesztéseinket.

Türk + Hillinger Hungária Kft.

3350 Kál, Arany János utca 2.

Tel.: 00 36 36 587 300

[info@tuerk-hillinger.hu](mailto:info@tuerk-hillinger.hu)

[www.tuerk-hillinger.hu](http://www.tuerk-hillinger.hu)

