



Fenyvesi Csaba

Hőmérsékletmérés és érzékelés



NEMZETI SZAKKÉPZÉSI
ÉS FELNŐTTKÉPZÉSI INTÉZET

A követelménymodul megnevezése:

Fluidumszállítás

A követelménymodul száma: 2699-06 A tartalomelem azonosító száma és célcsoportja: SzT-004-50



HŐMÉRSÉKLETMÉRÉS ÉS ÉRZÉKELÉS

ESETFELVETÉS – MUNKAHELYZET

Belsőégésű dízelmotor diagnosztikai vizsgálata során a hengertérben zajló égés egyik fontos jellemzője a kipufogó gáz hőmérséklete.

Egy dízelmotor befecskendező rendszerének diagnosztikai vizsgálatához meg kell mérni a hengertérből kiáramló kipufogó gázok hőmérsékleteit, majd a mért adatokat fel kell dolgozni a diagnosztikai vizsgálat szempontjából megfelelő módon.

SZAKMAI INFORMÁCIÓTARTALOM

1. A hőmérséklet fogalma

A hőmérséklet fogalmának meghatározása a hétköznapi életben egyszerű és egyben bonyolult is. Egyszerű, mert mindenki meg tudja különböztetni a meleget a hidegtől, de bonyolulttá válik, ha a hőmérséklet abszolút értékét kell meghatározni, mert a hőmérsékletérzékelés szubjektív (az adott személytől függő) dolog. Ugyanazt a hőmérsékletet két ember teljesen másnak ítéli, ha előtte más hőmérsékletű közeget érzékelt.

Példának vegyük egy helyiséget, ahol 15 °C hőmérséklet uralkodik. Ha valaki ebbe a helyiségbe -10 °C hőmérsékletű térből például az udvarról lép be, akkor kifejezetten kellemes melegnek ítéli a 22 °C hőmérsékletet, viszont ha valaki egy 95 °C hőmérsékletű szaunából kerül a 22 °C hőmérsékletű helyiségbe, akkor azt hűvösnek fogja érzékelni.

Az emberi bőrön keresztüli hőmérsékletérzékelés tehát nagyon relatív, ráadásul nagyon alacsony vagy nagyon magas hőmérsékleteket az emberi szervezet nem is tudja megkülönböztetni. A gyertyaláng belseje kb. 600 °C a külseje kb. 1200 °C, amit ugyanúgy nem tud az ember az érzékszerveivel megkülönböztetni, mint a cseppfolyós oxigén hőmérsékletét (légköri nyomáson kb. -182,95 °C) a cseppfolyós ammóniától (légköri nyomáson kb. -33,34 °C).

De mi is az a hőmérséklet?

Az Új Magyar Lexikon definíciója szerint¹: Fizikailag az anyag makroszkopikus állapotát jellemző állapothatározók² egyike. Fogalmát és a különböző hőmérsékleti skálákat a különféle anyagok érintésekor az emberekben kialakuló hideg-, meleg-, langyos stb. szubjektív érzetek pontossá tételére, objektív megjelölésére vezették be.

Az állapothatározók (állapotjelzők) lehetnek intenzív vagy extenzív mennyiségek. Az extenzív állapotjelzők additív (összeadható) tulajdonságúak pl. egy rendszer összterfogatata a az alrendszer összterfogatának összegével egyenlő, az intenzív állapotjelzők nem additívak pl. két különböző hőmérsékletű közeget összekeverve az elegy hőmérséklete nem a két komponens hőmérsékletének összege lesz, hanem az egyik közegnél melegebb a másikonál meg hidegebb lesz.

- Extenzív állapotjelzők pl.: tömeg, térfogat, energia
- Intenzív állapotjelzők pl.: hőmérséklet, nyomás, sűrűség

A hőmérséklet a fentiek alapján egy intenzív állapotjelző, de igazából választ még nem kaptunk arra vonatkozóan, hogy mi is az a hőmérséklet. A hőmérséklet tulajdonképpen az érzékelhető meleg mértéke. De ekkor az érzékelhető meleg fogalmát kell megmagyarázni. Ennek magyarázata meglehetősen bonyolult, mert egyértelmű magyarázata nincs. Többféle fizikai-matematikai modell segítségével lehet a meleget definiálni. Az egyik legérhetőbb modell a kinetikus gázelmélet modellje.

A kinetikus gázelmélet szerint az ideális gáz kiterjedés nélküli, de tömeggel rendelkező részecskékből áll össze (a részecskék csak a zárt edény falával ütköznek, egymással nem) a részecskékre nem hat sem belső, sem külső térerő, a fallal történő ütközés tökéletesen rugalmas.

Igazolható, hogy ideális gáznál az atomok mozgási energiája ($1/2 \cdot m \cdot v^2$) arányos az abszolút hőmérséklettel ($T [K]^3$). Ez azt jelenti, hogy az atomok mozgási energiájának meghatározása után az abszolút hőmérséklet meghatározható.

Az abszolút hőmérséklet meghatározáshoz ezek alapján nem kell mást tennünk "csak" meg kell határozni az atomok mozgási energiáját. Ez azonban a hétköznapi ember számára lehetetlen feladat. Akkor mire is jó ez a modell? Arra, hogy egyszerűen elképzelhető legyen a hőmérséklet fogalma. Ezen modell alapján a hőmérséklet nem más, mint az atomok mozgási energiájának mértéke. Minél nagyobb a hőmérséklete egy adott közegnek, annál gyorsabban mozognak az atomjai.

A hőmérséklet fogalma ezáltal vissza lett vezetve egy mechanikus rendszerre, ahol golyók végeznek egyenes vonalú egyenletes mozgást és annál gyorsabban mozognak, minél nagyobb a közeg hőmérséklete.

¹ <http://www.kfki.hu/fszemle/archivum/fsz9208/kurti9208.html>, 2010. október 16.

² Az állapothatározó vagy állapotjelző egyensúlyi rendszerben (ahol az értékek nem változnak pl. a test hőmérséklete) közvetlenül mérhető, ezáltal az adott állapotra egyértelműen jellemző.

³ K: Kelvin fok, az abszolút hőmérséklet mértékegysége

De mi van akkor amikor a golyók (atomok) mozgása nulla és nincs mozgási energiájuk. Létezik –e egyáltalán ilyen állapot? Igen létezik. Ez az abszolút nulla fok. Ennél hidegebb nem létezik a világegyetemben, mert negatív mozgási energia nincs értelmezve ebben a modellben.

Most, hogy már tudjuk, hogy elméletben van abszolút nulla fok meg kellene határozni, hogy mennyi is ez az érték a hétköznapi életben használatos hőmérsékleti skálán. A mindennapi életben Magyarországon a Celsius hőmérsékleti skála használatos, ezen a skálán az abszolút nulla foknak a $-273,15\text{ °C}$ érték tartozik. Ennél hidegebb hőmérséklet nem létezik (pl. a -300 °C hőmérséklet nem értelmezhető érték, mert az abszolút nulla fok alatt van)

2. Hőmérsékleti skálák

Az előző fejezetben láthattuk, hogy a hőmérséklet nem egyszerűen értelmezhető fogalom. Viszont a mindennapi élet elképzelhetetlen a hideg és a meleg pontos, mérőszámmal jellemzett meghatározása nélkül. Gondoljunk csak abba, hogy az időjárás jellemzése milyen lenne hőmérsékleti értékek nélkül csak a meleg és a hideg vagy ezek bármilyen kombinációjának jellemzésével. Vagy, ha nézzük bármilyen műszaki megtervezését az is elképzelhetetlen a hőmérséklet értékekkel, számokkal történő kifejezése nélkül.

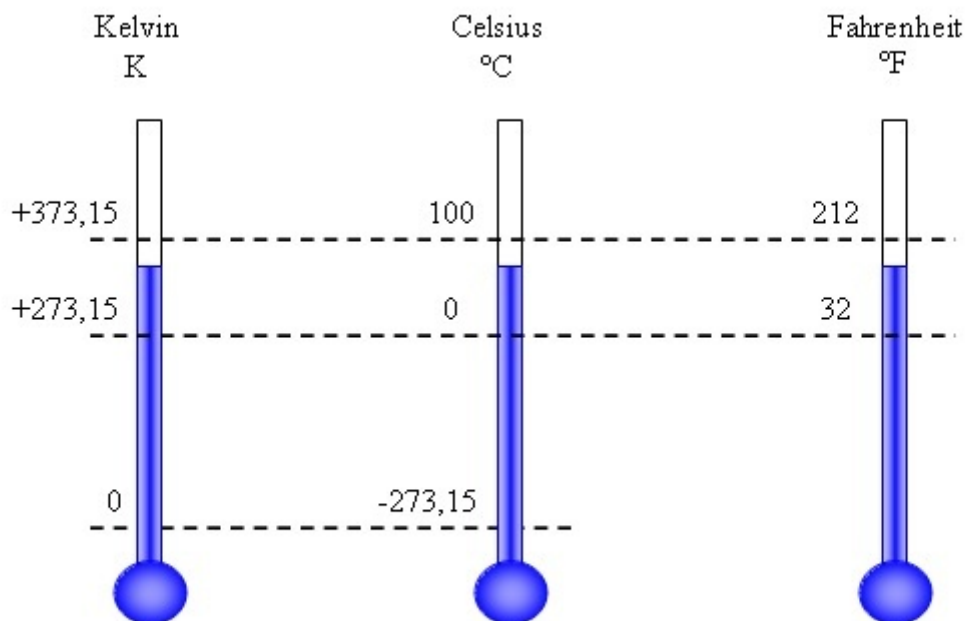
Az abszolút hőmérsékleti skála meghatározása nagyon bonyolult és a hétköznapi élettől teljesen idegen. Ezért az abszolút hőmérsékleti skálát nem is használják a hétköznapi életben, ahol többféle a mindennapi életben könnyen reprodukálható fizikai folyamatokhoz rendeltek hőmérsékleti értékeket.

Európában az Anders Celsius⁴ által megalkotott Celsius hőmérsékleti skála használatos. A Celsius a légköri nyomáson lévő⁵ jég olvadáspontját 100 a légköri nyomáson lévő víz forráspontját a 0 értékhez kötötte, és a két érték között emiatt 100 egyenlő részt határozott meg. Ez a felosztás a korábban alkalmazott hőmérsékleti skáláknál sokkal egyszerűbb számítási eljárásokat eredményezett. Stromer svéd fizikus A. Celsius ötletét továbbgondolta és megfordította a két jellemző értéket és a jég olvadáspontját vette 0 értéknek és a víz forráspontját 100 értéknek. A jelenleg is alkalmazott Celsius skála ennek az elvnek felel meg.

A angolszász országokban a Celsius hőmérsékleti skála helyett a Fahrenheit hőmérsékleti skála terjedt el. A Fahrenheit skála 0 értéke ammónium-klorid és víz keverékének olvadáspontja, 100 értéke az emberi test melege.

⁴ Andres Celsius, 1701–1744, svéd természettudós

⁵ Az olvadás és a forráspont nyomásfüggő értékek. Növekvő nyomáshoz növekvő olvadás és forráspont tartozik.



1. ábra. Hőmérséklet skálák

Az 1. ábrán a Kelvin, Celsius és Fahrenheit hőmérsékleti skálák egymáshoz viszonyított helyzete látható.

A Kelvin és a Celsius skála egységének mértéke megegyezik, azaz 1 °C változás megfelel 1 K változásnak.

A különböző hőmérsékleti skálák jelölésének és fő értékeinek összefoglalója az alábbi táblázatban látható.

	Kelvin	Celsius	Fahrenheit
Jele	T	t	t
Mértékegység jele	K	°C	°F

1. táblázat. Mechanikus elven működő hőmérők csoportosítása és tulajdonságai

Az egyes skálák átszámításának menete.

Celsius skáláról Kelvin skálára: ha a hőmérséklet X °C, akkor

$$X \text{ °C} = (X+273,15) \text{ K}$$

Kelvin skáláról Celsius skálára: ha a hőmérséklet X K, akkor

$$X \text{ K} = (X-273,15) \text{ °C}$$

Celsius skáláról Fahrenheit skálára: ha a hőmérséklet X °C, akkor

$$X \text{ °C} = ((X*9)/5+32) \text{ °F}$$

Fahrenheit skáláról Celsius skálára: ha a hőmérséklet X °F, akkor

$$X \text{ °F} = ((X-32)*5)/9 \text{ °C}$$

3. Hőmérsékletmérés technológiája

Hőmérséklet méréskor az adott mérési feladathoz a megfelelő hőmérsékletmérési módszert és a megfelelő hőmérőt kell kiválasztani.

Hogy a megfelelő módszert és hőmérőt ki lehessen választani, ahhoz ismerni kell a hőmérők fajtáit és mérési elvét.

Hőmérők csoportosítása

- A mérendő testtel közvetlen érintkezésbe kerülő hőmérők
 - Mechanikus elven működők hőmérők
 - Villamos elven működő hőmérők
- A mérendő testtel közvetlen érintkezésbe nem kerülő hőmérők

A mérendő testtel közvetlen érintkezésbe kerülő hőmérők

Mechanikus elven működő hőmérők⁶

A mechanikus hőmérők csoportosítása az 1. Táblázatban látható.

Típus	Gázhőmérő	Folyadéktöltésű üveghőmérő
Mérési tartomány	-272...+1500	-200...+750
Mérési bizonytalanság	$\pm 0,1$ °C	0,5...1 %
Előnyök	Termodinamikai skála megvalósítására alkalmas, pontos	Olcsó, egyszerű kezelés
Hátrányok	Ipari mérésre nem alkalmas, mechanikailag érzékeny	Törékeny, mérési tartománya szűk, távmérésre nem alkalmas
Alkalmazás	Vizsgáló laboratórium, hitelesítés	Laboratórium

2. táblázat. Mechanikus elven működő hőmérők csoportosítása és tulajdonságai

⁶ <http://people.inf.elte.hu/oriss/allamvizsga/at/egyeb/h%F5s%FBvisz.pdf>, 2010. november 1.

Típus	Fémek hőtágulásán alapuló hőmérő		Nyomásváltozáson alapuló hőmérő	
	Dilatációs	Bimetálos	Folyadéktenziós	Gőztenziós
Mérési tartomány	-20...+1000	-50...+400	-30...+600	-50...+350
Mérési bizonytalanság	2...3 %	2...3 %	1 %	1 %
Előnyök	Robosztus, rázásra érzéketlen, nagy működtető erő, olcsó	Robosztus, rázásra érzéketlen, olcsó	Olcsó, robusztus, távmérési lehetőség 50 m-ig, nagy működtető erő	Olcsó, robusztus, távmérési lehetőség 50 m-ig, rövid beállási idő
Hátrányok	Ponttalan	Ponttalan	A kapilláris környezetében beállt hőmérsékletváltozás rendszeres mérési hibát okozhat	Túlterhelésre érzékeny, nemlineáris jelleggörbe
Alkalmazás	Hőkapcsoló	Hőkapcsoló	Készülék hőmérő, kapcsoló hőmérő	Készülék hőmérő, kapcsoló hőmérő

2. táblázat. Mechanikus elven működő hőmérők csoportosítása és tulajdonságai – folytatás

Gázhőmérők

A gázhőmérő segítségével lehet a termodinamikai vagy más néven a Kelvin skálát reprodukálni. A gázhőmérők vagy állandó térfogaton nyomásméréssel vagy állandó nyomáson térfogatméréssel valósítják meg.

A mérőközeg alacsony hőmérsékleten hélium vagy hidrogén, magasabb hőmérsékleten nitrogén.

A gázhőmérő nagyon érzékeny műszer, ezért jellemzően csak laboratóriumban használják.

Az 1. ábrán egy gázhőmérő látható.



2. ábra. Gázhőmérő

Folyadéktöltésű üveghőmérők

A leggyakrabban használt hőmérők a folyadéktöltésű hőmérők. Egy zárt skálával ellátott csőben a hőmérsékletváltozás hatására térfogatát változó folyadék szintje mutatja a mért hőmérsékletet. A skála kalibrált s ezáltal a hőmérőben lévő folyadék szintje a mért közeg abszolút hőmérsékletét adja vissza.

A mérőfolyadék térfogati hőtágulási együtthatója lényegesen nagyobb, mint az üvegedénynek. A mérőfolyadék más és más lehet, a hőmérő méréshatára szabja meg, hogy mi a mérőfolyadék. A műszaki gyakorlatban a leginkább használt folyadék a higany, de egyéb folyadékok is, mint. Pl. víz, alkohol, toluol stb. is használatban vannak.

Az üveghőmérők egy folyadékkal töltött tartályból és a tartályhoz kapcsolódó a tartállyal azonos anyagú kapilláris csőből állnak. A kapilláris cső vége lezárt. A mérendő hőmérsékletet a kapilláris csőbe felkúszó folyadékszál hossza jelzi. Minél vékonyabb a kapilláris és minél nagyobb a tartály annál érzékenyebb a hőmérő.

A folyadéktöltésű hőmérők tovább csoportosíthatóak:

- Belső skálás hőmérő: a skála belül található pl. lázmérő
- Bothőmérő: a hőmérő rúd alakú
- Beckmann-hőmérő: pontos mérést tesz lehetővé a segédskála alkalmazásával
- Ipari kivitelű üveghőmérő: fémköpennyel védett üveghőmérő



3. ábra. Bothőmérő

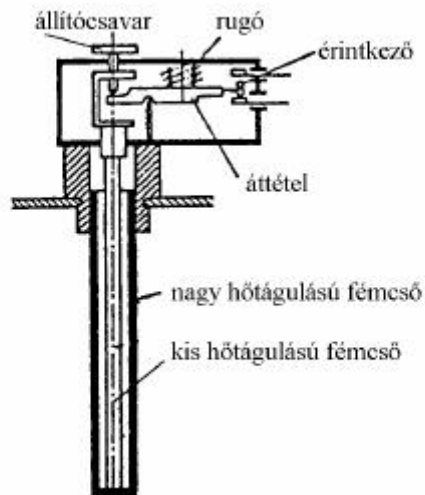


4. ábra. Ipari kivitelű üvegcsöves hőmérő

Fémek hőtágulásán alapuló hőmérők

Működésük alapja a különböző hőtágulású fémek hőmérséklet okozta különböző hőtágulása. Ezen az elven működnek a táguló rudas (dilatációs) és a bimetallos hőmérők. Ezeknek a hőmérőknek a szerkezete igen egyszerű, robosztus.

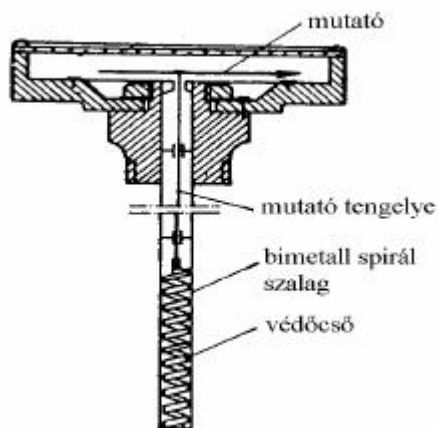
Táguló rudas hőmérők



5. ábra. Táguló rudas hőmérő⁷

A műszer hőérzékelő részét két különböző hőtágulású fém alkotja, egy fémcső és a benne elhelyezkedő rúd. A külső csőnek nagy a belső rúdunk kicsi a hőtágulása. A belső rúd egyik vége a csőhöz a másik vége a kijelző szerkezethez van erősítve. A hőmérsékletváltozás hatására beálló hosszváltozás a kijelző szerkezet mutatóját elfordítja, ami a kalibrált skálán hőmérséklet kijelzést tesz lehetővé.

Bimetall hőmérő



6. ábra. Bimetall hőmérő⁸

⁷ <http://people.inf.elte.hu/oriss/allamvizsga/at/egyeb/h%F5s%FBrvisz.pdf>

⁸ <http://people.inf.elte.hu/oriss/allamvizsga/at/egyeb/h%F5s%FBrvisz.pdf>

A hőmérő érzékelője két különböző hőtágulású fém összehegesztéséből vagy összehengerléséből áll. A védőcsőben lévő bimetall szalag a hőmérsékletváltozás hatására elfordul és ezt az elfordulást lehet hőmérséklet kijelzésre használni.

Nyomásváltozáson alapuló hőmérők (vagy manometrikus hőmérők)

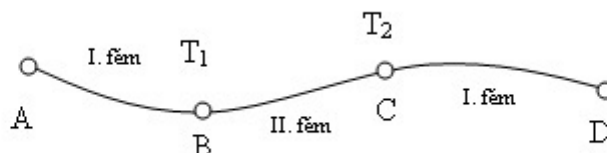
A manometrikus hőmérők működési elve a csak tisztán folyadék vagy a folyadék és a folyadék saját gőzének hőmérsékletváltozás hatására zárt térben előálló nyomásváltozás.



7. ábra. Nyomásváltozáson alapuló hőmérő

4. Termoelemek

Ha két különböző fém összeér, akkor a két fém között elektromos potenciálkülönbség lép fel. Zárt hurok esetén ez a kontaktpotenciál különbség zérus. Ha viszont a csatlakozási pontok között hőmérsékletkülönbség van, akkor termoelektromos erő lép fel.



8. ábra. Termoelem elvi felépítése

A 7. ábrán a termoelem elvi felépítése látható. Az I. és a II. fém úgy van csatlakoztatva egymáshoz a B és a C pontban, hogy az I. fém közrefogja a II. fémet. Ha a csatlakozási pontok különböző hőmérsékletűek, azaz $T_1 \neq T_2$, akkor az A és a D pontok között termofeszültség (ε) mérhető, amely egyrészt függ a két fém anyagi minőségétől másrészt a két pont (B és C) hőmérséklet értékétől. Ha $T_1 = T_2$, akkor $\varepsilon = 0$, ami azt jelenti, hogy ha a két hőmérséklet megegyezik egymással, akkor a termofeszültség nulla.

A termofeszültség annál nagyobb, minél nagyobb a hőmérsékletkülönbség. Megfelelően megválasztott fém párok és hőmérsékleti értékek között ez az összefüggés lineáris, azaz a $(T_1 - T_2)$ hőmérsékletkülönbséggel egyenesen arányos az ε termofeszültség.

A termoelemek kis tehetetlenségű mérőműszerek, ezért alkalmasak a gyorsan változó hőmérsékletű közegek mérésére.

5. Ellenállás hőmérők

Az elektromos ellenállás ellenállás értéke függ az ellenállás hőmérsékletétől. Ez az alapvetően nem kedvező tulajdonság a méréstechnikában előnyt jelent. Mert ha az ellenállás változásának mértékét sikerül megmérni és bekalibrálni, akkor az hőmérsékletmérésre alkalmas szerkezetet eredményez.

Alkalmasan megválasztott hőmérsékletértékek között a hőmérsékletváltozás és az ellenállás változás között közelítőleg egyenes arányosság áll fenn, ami egyszerű hőmérő létrehozását teszi lehetővé.

Az elektromos ellenállás hőkapacitásától függően áll be az adott hőmérsékletre, ami általában megnöveli a mérési időt. Ennek következtében az ellenállás hőmérők lassabban követik a hőmérsékletváltozást, mint a termoelemek.

A fém ellenállás hőmérők anyaga általában Ni vagy Pt huzal. Szabvány szerint $0\text{ }^\circ\text{C}$ -on $100\ \Omega$ az ellenállásuk, jelölésük ennek megfelelően pl. Pt100.

6. Termisztorok

A termisztorok az ellenállás hőmérőkhöz hasonlóan a hőmérsékletfüggő ellenállás változás alapján működnek, csak azokkal ellentétben az ellenállásuk a hőmérséklet növekedésével nem nő, hanem csökken.

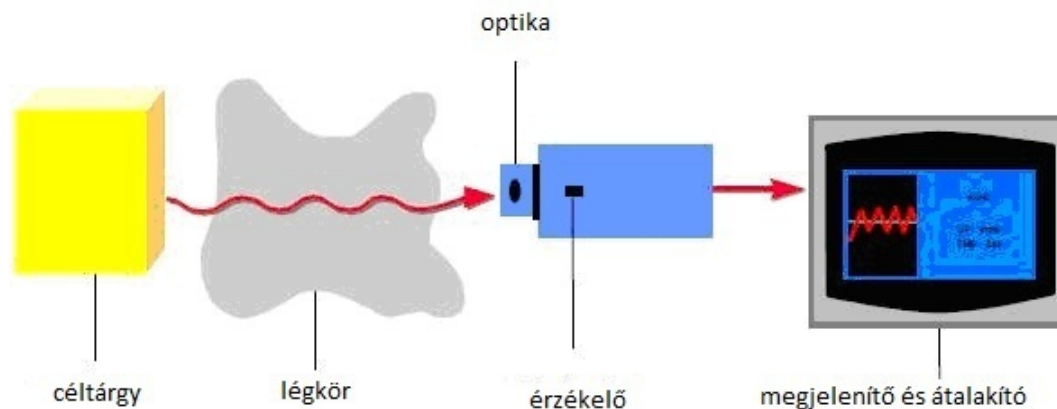
7. A mérendő testtel közvetlen érintkezésbe nem kerülő hőmérők

Minden abszolút nulla foknál nagyobb hőmérsékletű test bocsájt ki magából elektromágneses sugárzást. A testből kisugárzott energia mértéke és annak a jellemző hullámhosszai a sugárzó test hőmérsékletének függvényei. Ezt az összefüggést, azaz a hősugárzásnak a hőmérsékletfüggését hőmérésre lehet felhasználni.

Infrahőmérők (Pirometer)

A testek és közegek infravörös sugárzását megmérő és ezt hőmérsékletként megjelenítő berendezések az infrahőmérők.

Az infravörös sugárzás mérésére alkalmas elvi rendszer látható a 9. ábrán.



9. ábra. Infrahőmérő elvi felépítése

Az abszolút nulla fonál magasabb hőmérsékletű cél tárgy infravörös sugárzást bocsájt ki magából. Az infravörös sugárzás hullámhossza függ az adott tárgy hőmérsékletétől. A mérhető infravörös sugárzásra jellemző hullámhossz 0,7 és 14 μm között van.

A cél tárgyat elhagyó infravörös sugárzást az érzékelő fogja fel majd a felfogott jelet az átalakító egység alakítja át elektromos jelekké, amiket a megjelenítő egység jelenít meg tényleges hőmérséklet formájában. Az érzékelőbe érkező és a cél tárgyból kilépő sugárzás mértéke nem egyezik meg egymással, mert a cél tárgy és az érzékelő között lévő légréteg és a légrétegben lévő szennyeződések és gőzök a sugárzást szórják, aminek következtében az érzékelőbe mindig kisebb mennyiség érkezik, mint amit a cél tárgy kibocsájt.

Infrahőmérők előnyei:

- Rövid a beállási ideje, ezért gyors és dinamikus folyamatok esetén jól használható
- Az infrahőmérő a mérés alatt semminemű befolyást nem gyakorol a mérendő tárgy hőmérsékletére, ezért különleges helyeken is jól használható pl. kisméretű minták hőmérsékletének mérésénél, ahol a közvetlen mérési módszer megváltoztatná a mérendő közeg hőmérsékletét, feszültség alatti helyek, steril termékek, agresszív anyagok hőmérséklet mérésénél

- Rossz hővezetésű anyagok (pl. kerámia, gumi, műanyagok) felületi hőmérsékletének mérésekor a közvetlen érintkezésű hőmérés nem ad pontos eredményt, mert a méréshez használt hőmérő csak nehezen vagy egyáltalán nem tudja felvenni a mérendő tárgy hőmérsékletét
- Infra hőmérővel mozgó elemek hőmérsékletét is meg lehet mérni pl. mozgó csapágó, forgó kerék
- Nem érinthető felületek hőmérsékletét csak infrahőmérővel lehet megmérni
- Nagy vagy kis felület mérését is az infrahőmérővel lehet a legegyszerűbben megoldani

Infrahőmérők hátrányai:

- A mérendő test emissziós fokát jól meg kell becsülni, mert anélkül a mérés hamis eredményt ad
- A mérendő tárgy és a hőmérő közötti légrétegben lévő bármilyen szennyeződés (por, gőz) csökkenti a mérés pontosságát
- A műszert lehetőleg ott kell tárolni, ahol mérni kell, hogy a hőmérsékletváltozás miatti kiegyenlítődés ne okozzon túl nagy hibát. Ha ez nem lehetséges, akkor legalább egy fél órával a mérés előtt a mérési helyre kell vinni a műszert és ezáltal kell biztosítani a kiegyenlítődést.
- A műszer lencsáját mindig tisztán kell tartani
- A mérendő felülete lehetőleg tiszta legyen, mert a hőmérő mindig a legkülső réteg hőmérsékletét adja vissza. Ha a külső réteg pl. lemezes rozsdá, aminek a hőmérséklete jelentősen eltérő lehet a tényleges felület hőmérsékletétől, akkor az infrahőmérő a rozsdá felületi hőmérsékletét méri.
- Figyelni kell, hogy a mérési folt kisebb legyen, mint a mérendő tárgy felülete



10. ábra. Infrahőmérő (Pirometer)

8. Hőmérők tehetetlensége

Az hőmérő és a mérő test érintkezése során az érintkezési hely környezetében a hőmérsékletük a kiegyenlítődésre törekszik, a hőmérő és a test hőmérséklete egymáshoz közelít. Ha a hőmérő hidegebb volt, mint a test akkor a hőmérő érzékelője melegszik, ha meleg volt, akkor hűl.

A kiegyenlítődés során ezáltal a mérendő test vagy közeg hőmérséklete megváltozik a hőmérsékletmérés miatt.

Ha a hőmérő és a mérendő test vagy közeg tömege között nagyságrendi különbség van csak, akkor a mérést csak különleges eljárással lehet elvégezni. A hőmérsékletérzékelők nagyon kis tömegűek, ezért általában a hétköznapi életben nem okoz problémát, mert a mérendő test vagy közeg tömege nagyságrendekkel nagyobb, mint a hőmérő érzékelője.

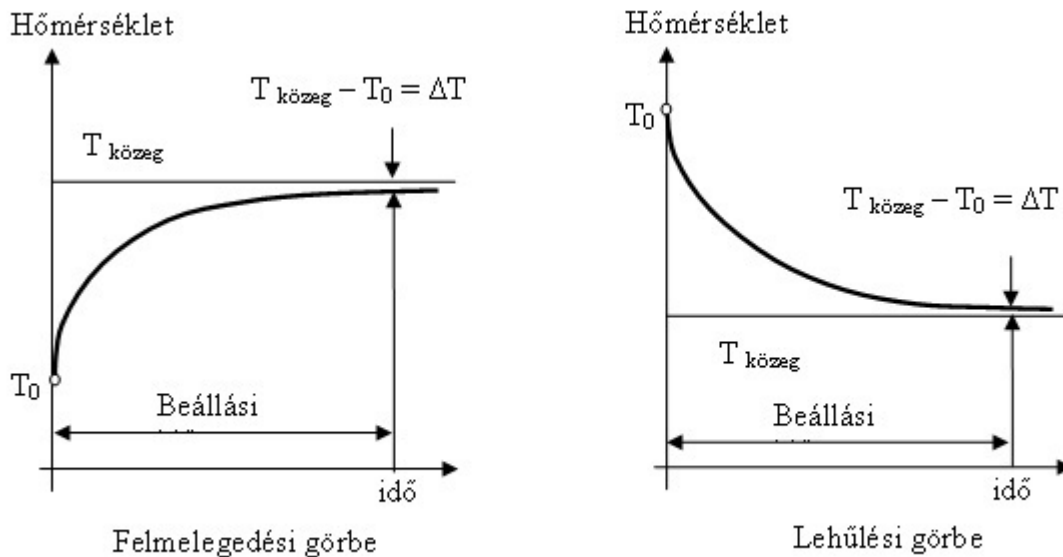
Ha a mérendő test vagy közeg hőmérséklete érdemben nem változik meg a hőmérsékletmérés miatt a hőmérő érzékelőjének a hőmérséklete a mérendő test vagy közeg hőmérsékletére, akkor is csak bizonyos idő után áll be, amit a beállási idő jellemez.

A beállási időt alapvetően a hőmérő hőkapacitása befolyásolja. A kis beállási időhöz kis hőkapacitás a kívánatos.

Ha feltesszük, hogy a mérendő test vagy közeg hőmérsékletét a hőmérő nem befolyásolja, akkor a hőmérő mért és mutatott hőmérsékletértéke a 11. ábrán látható módon változik. A mérendő közeg hőmérséklete a $T_{\text{közeg}}$, a hőmérő kiinduló hőmérséklete T_0 . A hőmérő és a mérendő közeg érintkezése után a hőmérő hőmérséklete az exponenciális függvénynek megfelelően kezd a közeg hőmérséklete felé változni, nő vagy csökken. Az idő előrehaladtával a hőmérő hőmérséklete a mérendő közeg hőmérsékletéhez kezd közeledni, azaz a ΔT egyre kisebb lesz. Ebből látszik, hogy a hőmérő által mutatott érték nem a közeg hőmérséklete hanem a hőmérő saját hőmérséklete.

A hőmérő mindig csak a saját hőmérsékletét méri!

Ezért rendkívül fontos, hogy a hőmérő és a mérendő közeg közötti hőmérsékletérték a lehető legkisebb legyen, amit a beállási idő kiváráásával lehet elérni.



11. ábra. Felmelegedési és lehülési görbe

De honnan lehet tudni, hogy az egyes hőmérőknek mi a beállási ideje. A beállási időt a hőmérőhöz adott kezelési utasításban általában megadják, ha ez nem áll rendelkezésre, akkor a felmelegedési görbe felvételével lehet meghatározni az adott hőmérő beállási idejét.

A beállási idő előtt leolvasott hőmérő által mutatott érték nem a közeg pontos hőmérsékletét adja vissza, ami hamis értékelést eredményez.

A hőmérő által mutatott nem pontos érték nem csak a beállási idő előtti leolvasás eredménye lehet, hanem több más körülmény miatt is.

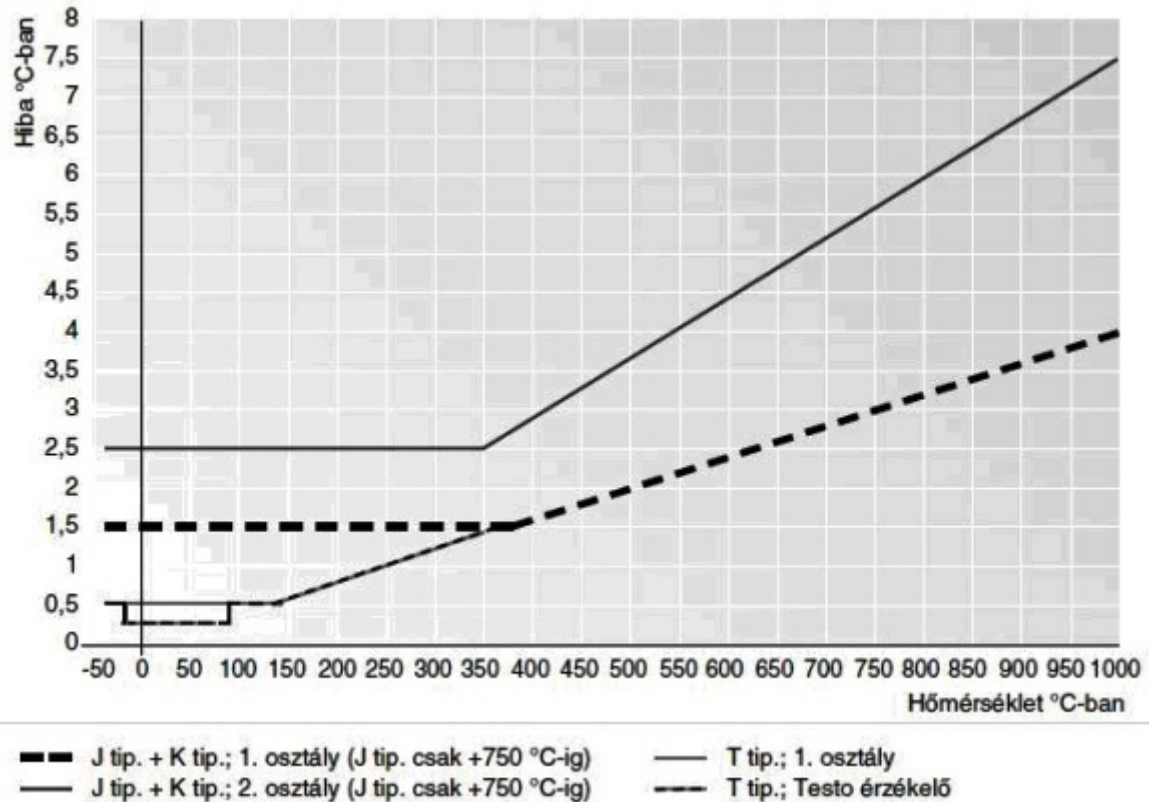
Ezek a következők:

- A hőmérő gyári pontossága
- A megfelelően kiválasztott méréstartományú hőmérő
- A hőmérő és a mérendő test vagy közeg közötti kontaktus megfelelősége (mérőhely kialakítása)
- A hőmérő beállási ideje

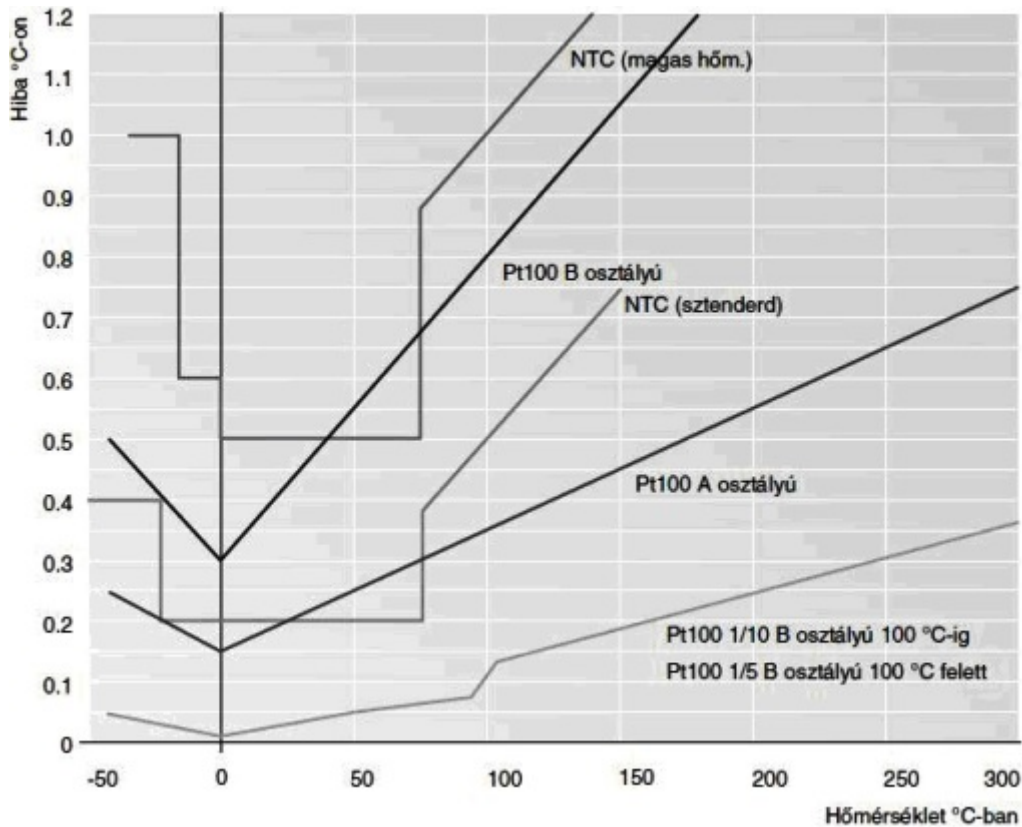
A hőmérő gyári pontossága

Az elektromos elven működő hőmérőknek az elektronikus mérőrendszer kialakításából adódóan teljesen pontos értéket soha nem tudnak mutatni csak bizonyos közelítéssel. Ez a közelítés abban jelentkezik, hogy minden hőmérőre megadják azt a tartományt, ami a hőmérés bizonytalanságát tartalmazza.

Ez a bizonytalanság vagy egy fix tartomány vagy a mért hőmérsékletre vonatkoztatott százalékos tartomány. A 12. ábrán látható, hogy minden hőmérő típus valamilyen hibával terhelt. A legkisebb hiba 0 °C környezetében van. Hőelemeknél ez a hiba elég széles tartományban nem változik viszont ellenállás hőmérőknél a változás mértéke jelentősebb a kiinduló hibához képest, viszont a hőellenállás kisebb induló hibával terhelt a hőelemhez képest.



12. ábra. Villamos elven mérő hőmérők mérési hibái



13. ábra. Villamos elven mérő hőmérők mérési hibái

A méréstartomány meghatározása

A hőmérők mérési tartománya szintén befolyásolja a pontosságot. Általában elmondható, hogy minél nagyobb a hőmérő mérési tartománya annál nagyobb a pontatlansága.

A gyakorlatban ez azt jelenti, hogy ha pl. 20–30 °C között kell mérni, akkor nem szabad választani 0–1000 °C méréstartományú hőmérőt, hanem bőségesen elegendő a 0–50 °C méréstartományú is, mert a kisebb méréstartomány kisebb műszerhibát jelent.

Mérőhely kialakítása

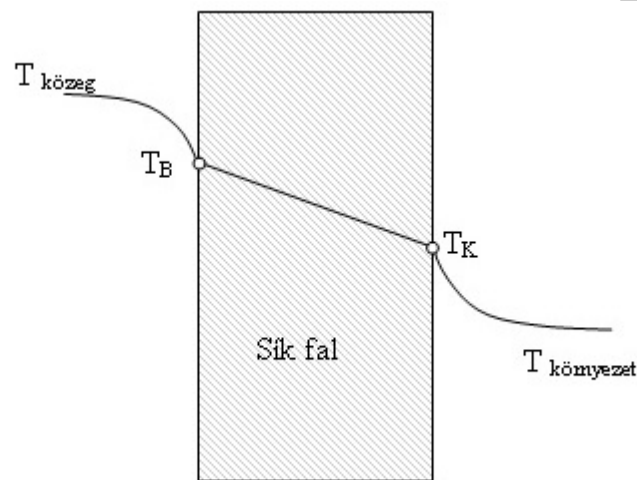
A hőmérsékletmérés mérőhely kialakítása a mérési eredményt befolyásoló körülmény. A mérőhelynek olyannak kell lennie, hogy a mérés megvalósítható és értékelhető legyen.

Megvalósítható az a mérés, amihez hozzá lehet férni és a hőmérsékletmérési eljárást lehetővé teszi. A legegyszerűbb mérést akadályozó körülmény a mérőhely környezete. Ha olyan helyen kell mérni, ahová egy hőmérő nem fér oda, akkor az a mérést vagy teljesen ellehetetleníti, vagy speciális hőmérőt kell alkalmazni, hogy a mérés végrehajtható legyen.

Ha a mérési hely hozzáférhető, akkor a hőmérő megfelelő kontaktusát kell biztosítani a mérendő közeggel vagy testtel. Ha kontaktus létrehozása nem lehetséges, mert a közeg hőmérséklete túl magas (pl. olvadt vas) vagy túl alacsony (pl. cseppfolyós nitrogén), akkor infra hőmérőt kell alkalmazni.

Ha olyan közeg hőmérsékletét kell megmérni, amely nem szabad felszínű, hanem egy zárt rendszerben található pl. egy központi fűtési rendszerben, akkor a rendszerben lévő közeg (fűtési rendszerben a víz) hőmérsékletét nem lehet közvetlenül megmérni csak közvetetten. A közvetett hőmérsékletmérés nem a mérendő közeg valós hőmérsékletét adja vissza, annál vagy alacsonyabb vagy magasabb, attól függően, hogy a hőmérő hőmérséklete (ami nem más, mint a környezeti hőmérséklet, ha kézi hőmérőről van szó) magasabb vagy alacsonyabb a mérendő hőmérsékletnél.

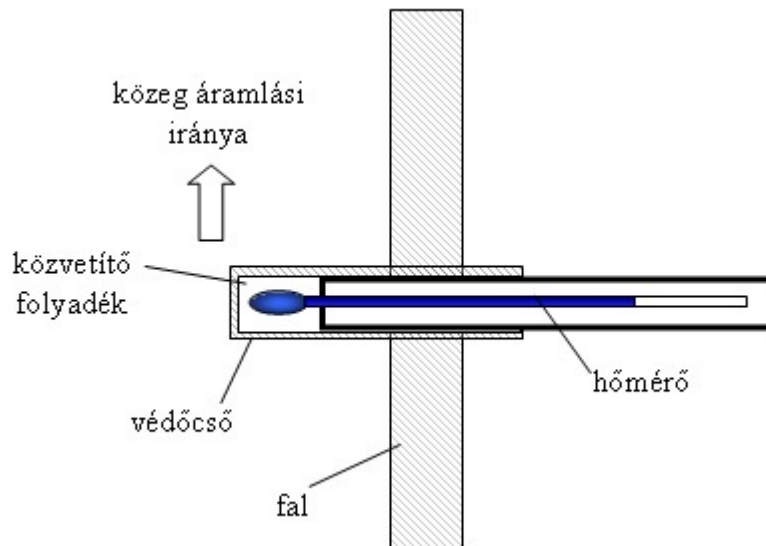
Legyen adott egy sík fal amelyiknek egyik oldalán valamilyen közeg van és ennek a hőmérséklete T közeg, a sík fal adott hővezetési tényezőjű, a környezet hőmérséklete T környezet. A közeg és a környezet hőmérséklete között a 14. ábrának megfelelően alakul a hőmérséklet.



14. ábra. Hőátadási folyamat sík falon keresztül

A keresett érték a T közeg, ezt kell méréssel meghatározni. Amit ebben a rendszerben egyértelműen mérni lehet az viszont csak a T_K külső hőmérséklet, de ezt a T_K külső hőmérsékletet is csak az 14. ábrának megfelelő módon lehet mérni. Ideális esetben felületi hőmérő segítségével megmérhető a T_K , de $T_K < T_{\text{közeg}}$. Ez az eltérés több tényezőnek a függvénye pl. a közeg és a fal közti hőátadási tényezőnek, a fal hővezetési tényezőjének, a fal vastagságának. Ez a különbség akár több fok is lehet, amit az értékelésénél mindenképpen figyelembe kell venni.

Ha a közeg hőmérsékletét pontosan kell megmérni, akkor fix, védőcsöves hőmérő helyet kell kialakítani. Ebben az esetben a védőcsőben lévő hőmérőt a közeg teljesen körbeveszi és ezáltal a hőmérő sokkal kisebb eltéréssel mutatja a valódi közeghőmérsékletet.



15. ábra. Védőcsöves hőmérő kialakítás

9. Érzékelők fajtái

A hőmérséklet mérést szinte bármilyen formájú, alakú, közegminőségű, sebességű, nyomású rendszerben elképzelhető. Ez a sokféle mérési feladat nem oldható meg egyféle érzékelővel, ezért az érzékelőknek többféle fajtája van.

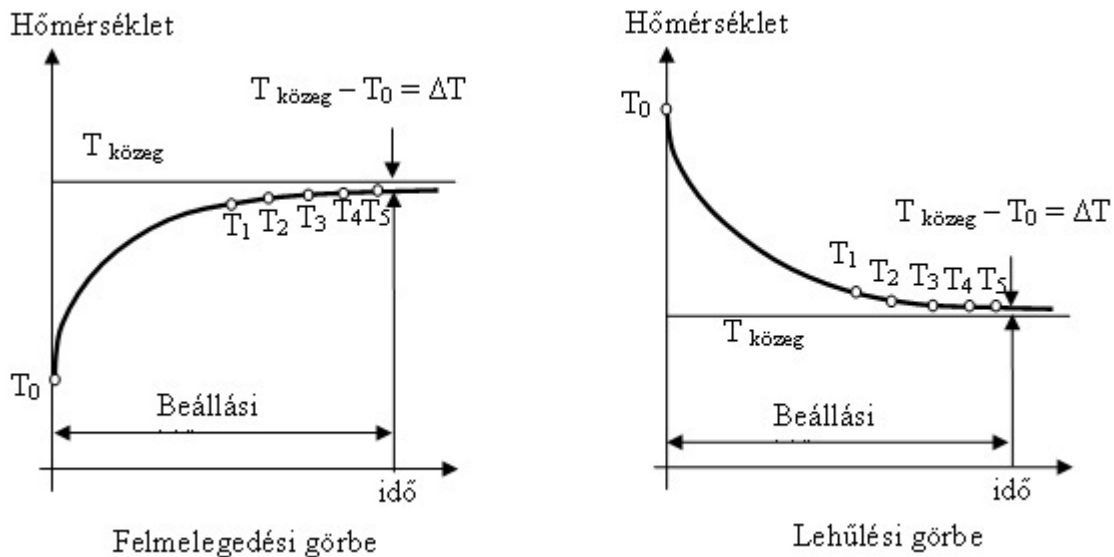
Ennek megfelelően van:

- Merülő érzékelő: folyadékokhoz, porszerű anyagokhoz vagy levegőben végzett méréshez
- Beszűrő érzékelő: plasztikus vagy krémszerű anyagokhoz
- Felületi érzékelő: sík felületek méréshez
- Keresztszalagos felületi érzékelő: nem sík felületekhez pl. csövekhez
- Levegőérzékelő: levegő méréséhez

10. A mért adatok feldolgozása

A hőmérsékletmérési feladat során kapott eredmények feldolgozásának módját a megfigyelt állapot állandósága határozza meg.

Ha egy állandó hőmérsékletet kell megmérni pl. egy fűtési rendszer pillanatnyi előremenő és visszatérő hőmérsékletét, akkor a mérési eredmények egy adott értéket közelítenek, amely nem más, mint a csővezeték felületi hőmérséklete. Az előbbi egyik fejezetben bemutatásra került, hogy ez nem a közeg hőmérsékletével megegyező hőmérsékletérték, hanem attól eltérő érték.



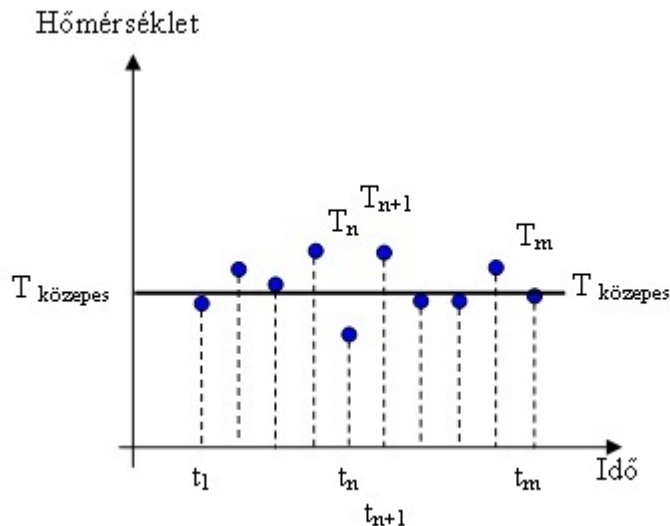
16. ábra. Mérési sorozat a lehülési és a felmelegedési görbén

Állandó hőmérsékletű rendszer hőmérséklet mérésének módja, hogy figyelni kell a kijelzett hőmérséklet változását és ha a kijelzett hőmérséklet folyamatosan emelkedik vagy csökken, akkor a mérés megfelelő. Amennyiben a mért hőmérséklet értékek ($T_1 \dots T_5$) csak nagyon lassan (felmelegedési görbénél $(T_n - T_{n-1})/T_n \cdot 100 < 1\%$, lehülési görbénél $(T_n - T_{n+1})/T_n \cdot 100 < 1\%$) vagy egyáltalán nem változnak, akkor a beállási idő letelt és a mért eredmény elfogadható.

Ha valamilyen keveredési folyamat hőmérsékletét kell megmérni pl. egy folyóba engedett melegvíz elkeveredését kell minősíteni, akkor figyelembe kell venni, hogy a keveredés következtében nem egy homogén hőcsóva alakul ki, hanem egy erőteljesen turbulens áramképű változó hőmérsékletű hőcsóva. A hőcsóva egy adott pontjában a hőmérséklet a turbulencia miatt nagymértékben változik egy középérték körül. A hőcsóva adott pontjára ilyenkor ez a közepes hőmérséklet a jellemző.

Az 16. ábrán látható egy hőcsóva mérési sorozat. A hőcsóva egy adott pontján azonos időközönként leolvasott hőmérsékletek kerültek az idő függvényében feltüntetésre. Látható, hogy a hőcsóvára nem jellemző a pillanatnyi leolvasott érték, mert az nem homogén módon való elkeveredés miatt a pillanatnyi érték nagyon változik.

A hőcsóvára a közepes érték a jellemző, ami a mért értékek valamilyen átlaga alapján számítható. Ha nincs különösebb más szempont, akkor az egyenletes időközönként ($t_{n+1} - t_n = \text{állandó}$) vett hőmérsékletek számtani átlagát ($T_{\text{közepes}} = (T_1 + T_2 + \dots + T_m)/m$) lehet venni és a közepes érték ez alapján számítható.



17. ábra. Mérési sorozat középértéke

11. A helyes hőmérsékletmérés lépései

A hőmérsékletmérés értékes és használható eredményeket akkor fog adni, ha a mérés kellően átgondolt és utólag reprodukálható.

A reprodukálhatóság nagyon fontos, hiszen a mérési eredmények akkor érdekiek, akkor szabad következtetéseket levonni az eredményekből, ha ugyanolyan körülmények között ugyanazok a mérési eredmények akárhányszor realizálhatóak. A reprodukálhatóság miatt nagyon fontos minden, a mérést befolyásoló körülményt rögzíteni. Hogy mik ezek a körülmények? A körülmények nagyon sokfélék lehetnek, a teljes felsorolás nem is lehetséges, ezért minden egyes mérést meg kell tervezni és minden lényegesnek tűnő körülményt rögzíteni kell. A lényegesnek tűnő körülmények csak sok-sok jó és hibás mérés elvégzése után tisztázódnak.

A következőkben egy mérési utasítás váza látható, amely a különböző célú hőmérsékletmérések során kibővíthető a tapasztalati eredményekkel.

Összefoglalás

A helyes hőmérsékletmérés elvégzéséhez az alábbi mérési eljárás lépéseit célszerű következetesen végrehajtani.

- A cél pontos megfogalmazása: mit kell mérni és miért
- A méréstartomány meghatározása
- A mérési pontosság meghatározása
- A megfelelő hőmérő kiválasztása
- A mérőhely kialakítása

HŐMÉRSÉKLETMÉRÉS ÉS ÉRZÉKELÉS

- A körülmények rögzítése mérési adatlapon (mérés tárgya, mérést végző neve, mérési hely, dátum, mérőeszközök típusa, gyári száma, léghőmérséklet, egyéb fontosnak ítélt körülmények pl. forró közeget továbbító csővezetéken a szigetelés épsége, a konkrét mérési hely alakja, geometriája, felületi kezelése, annak épsége, stb.)
- A mérés elvégzése, többször egymás után, amíg nem biztos, hogy jó a mérés
- A mérési eredmények feldolgozása
- A feldolgozott eredmények értékelése, következtetések levonása

Összefoglalásként válasz a felvetett esetre

A mérés célja a hengerenkénti kipufogógáz hőmérsékletek meghatározása a befecskendező rendszer diagnosztizálása érdekében. Ehhez célszerű a névleges teljesítményen a motor járatása. Ha a motor stabil dízelmotor, mozdony vagy hajómotor, akkor ez üzem közben elvégezhető, ah a motor személyautó, teherautó vagy munkagép motorja, akkor a mérés csak fékpadon vagy próbapadon végezhető el.

Tegyük fel, hogy a motor stabil dízelmotor, amelyik egy generátort hajt meg. A generátor egy villamos hálózatot lát el, amellyel a dízelmotor egyszerűen leterhelhető, így a névleges teljesítményen való járatás megoldható.

Stabil motor lévén szó a terheléses járatás alatt a kipufogó rendszer leömlőinél a hengerenkénti hőmérsékletmérés megoldható. A kipufogó gázok hőmérséklete jellemzően 300–600 °C között van, ezért egy átlagos pontosságú, digitális kijelzésű tapintó hőmérő megfelelőnek tűnik, amennyiben a leömlőkhöz tapintó hőmérővel hozzá lehet férni. Ha nem lehet hozzájuk férni, akkor lézeres infrahőmérővel vagy mágneses tapintó hőmérővel kell a mérést végrehajtani. Feltesszük, hogy mágneses tapintó érzékelőkkel a mérőrendszer kialakítható.

Ezután egy mérési jegyzőkönyv kialakítása után, amelyen minden egyes a mérés helyére, idejére, a mérést végzőre és egyéb fontos körülményre vonatkozó feljegyzés szerepel a mérés elvégezhető.

A mérést többször kell elvégezni és egy hengerre vonatkozóan a mérési eredmények számtani átlagát kell venni, persze nagyon figyelve arra, hogy a körülmények pl. a generátor terhelése ne változzon.

TANULÁSIRÁNYÍTÓ

A hőmérsékletmérés helyes elsajátításához feltétlenül tisztában kell lenni a hőmérséklet elvi modelljével.

Az elvi modell megértése után a hőmérsékleti skálák származtatását és az átszámításokat kell gyakorolni. Az átszámításhoz több példát is meg kell oldani, hogy rögzüljenek az átszámítási formulák, amelyeket nem memorizálni célszerű, hanem az egyes skálák származtatásának logikáját célszerű megjegyezni, mert akkor az átszámítás könnyen elvégezhető.

A gyakorlati hőmérsékletmérések elvégzéséhez fontos tisztában lenni, hogy milyen hőmérsékletmérő alapléteszerek vannak, amik ezen anyagban meg is jelennek. Azonban a villamos elven működő hőmérőkhöz rengeteg féle érzékelő vég tartozik, amelyeket a különböző gyártók honlapján célszerű átnézni, mert szinte minden egyes speciális területnek saját érzékelő forma áll rendelkezésre.

Amennyiben többféle fajta hőmérő rendelkezésre áll, akkor ugyanazt a mérési feladatot célszerű az összes lehetséges hőmérővel végigmérni, hogy az adott feladathoz az egyes hőmérők előnyei, hátrányai megállapíthatóak legyenek. Mert az kijelenthető, hogy nincs olyan hőmérő, ami mindenre jó lenne. Csak olyan van, amelyik az adott feladathoz optimális és szinte minden feladathoz más és más típusú hőmérő az optimális.

És nem utolsó sorban a mérési jegyzőkönyv felvétele rendkívül fontos, mert az utólagos elemzéshez a körülmények és a mért adatok pontos rögzítése elengedhetetlen.

ÖNELLENŐRZŐ FELADATOK

A címelem tartalma és formátuma nem módosítható.

A feladat fejlécének formátumát az alábbi minta szerint kérjük kialakítani az önellenőrző feladatok, és a megoldások részben egyaránt. Írja le: „1. feladat” és a stíluspanelen kattintson a feladat címsora stílusra, majd az enter billentyű leütésével zárja a sort. A következő sorban folyamatosan írható a feladat szövege normál stílussal. A feladathoz helyezhető el (közvetlenül kapcsolódó) kép is, a képek elhelyezése pontban leírtak szerint.

A feladat címsora másolható is, ebben az esetben csak a feladat számát szükséges átírni.

1. feladat

Mi a hőmérséklet fogalma?

2. feladat

Számítsa át az alábbi hőmérsékleteket! Töltse ki a táblázatot!

K	°C	°F
0		
	0	
		0

Hőmérséklet	123	12	100
		678	1111

3. feladat

Ismertesse a gázhőmérők és a folyadéktöltésű hőmérők fő tulajdonságait!

Töltse ki a táblázatot!

Típus	Gázhőmérő	Folyadéktöltésű üveghőmérő
Mérési tartomány		
Mérési bizonytalanság		
Előnyök		
Hátrányok		
Alkalmazás		

4. feladat

Ismertesse az infrahőmérők előnyeit, hátrányait!

5. feladat

Ismertesse a helyes hőmérsékletmérés lépéseit!



MEGOLDÁSOK

1. feladat

Mi a hőmérséklet fogalma?

Fizikailag az anyag makroszkopikus állapotát jellemző állapotváltozók egyike.

Vagy a kinetikus gázelmélet alapján a tömeggel rendelkező atomi részecskék mozgási energiája.

2. feladat

Számítsa át az alábbi hőmérsékleteket! Töltse ki a táblázatot!

	K	°C	°F
	0	-273,15	-459,67
	273,15	0	32
	255,37	-17,78	0
Hőmérséklet	285,15	12	53,6
	310,93	37,78	100
	123	-150,15	238,27
	951,15	678	1252,4
	872,59	599,44	1111

3. feladat

Ismertesse a gázhőmérők és a folyadéktöltésű hőmérők fő tulajdonságait!

Töltse ki a táblázatot!

Típus	Gázhőmérő	Folyadéktöltésű üveghőmérő
Mérési tartomány	-272...+1500	-200...+750
Mérési bizonytalanság	$\pm 0,1$ °C	0,5...1 %
Előnyök	Termodinamikai skála	Olcsó, egyszerű kezelés

	megvalósítására alkalmas, pontos	
Hátrányok	Ipari mérésre nem alkalmas, mechanikailag érzékeny	Törékeny, mérési tartománya szűk, távmérésre nem alkalmas
Alkalmazás	Vizsgáló laboratórium, hitelesítés	Laboratórium

4. feladat

Ismertesse az infrahőmérők előnyeit, hátrányait!

Infrahőmérők előnyei:

- Rövid a beállási ideje, ezért gyors és dinamikus folyamatok esetén jól használható
- Az infrahőmérő a mérés alatt semminemű befolyást nem gyakorol a mérendő tárgy hőmérsékletére, ezért különleges helyeken is jól használható pl. kisméretű minták hőmérsékletének mérésénél, ahol a közvetlen mérési módszer megváltoztatná a mérendő közeg hőmérsékletét, feszültség alatti helyek, steril termékek, agresszív anyagok hőmérséklet mérésénél
- Rossz hővezetésű anyagok (pl. kerámia, gumi, műanyagok) felületi hőmérsékletének mérésekor a közvetlen érintkezésű hőmérés nem ad pontos eredményt, mert a méréshez használt hőmérő csak nehezen vagy egyáltalán nem tudja felvenni a mérendő tárgy hőmérsékletét
- Infra hőmérővel mozgó elemek hőmérsékletét is meg lehet mérni pl. mozgó csapágy, forgó kerék
- Nem érinthető felületek hőmérsékletét csak infrahőmérővel lehet megmérni
- Nagy vagy kis felület mérését is az infrahőmérővel lehet a legegyszerűbben megoldani

Infrahőmérők hátrányai:

- A mérendő test emissziós fokát jól meg kell becsülni, mert anélkül a mérés hamis eredményt ad
- A mérendő tárgy és a hőmérő közötti légrétegben lévő bármilyen szennyeződés (por, gőz) csökkenti a mérés pontosságát
- A műszert lehetőleg ott kell tárolni, ahol mérni kell, hogy a hőmérsékletváltozás miatti kiegyenlítődés ne okozzon túl nagy hibát. Ha ez nem lehetséges, akkor legalább egy fél órával a mérés előtt a mérési helyre kell vinni a műszert és ezáltal kell biztosítani a kiegyenlítődést.
- A műszer lencséjét mindig tisztán kell tartani
- A mérendő felülete lehetőleg tiszta legyen, mert a hőmérő mindig a legkülső réteg hőmérsékletét adja vissza. Ha a külső réteg pl. lemezes rozsdá, aminek a hőmérséklete jelentősen eltérő lehet a tényleges felület hőmérsékletétől, akkor az infrahőmérő a rozsdá felületi hőmérsékletét méri.

- Figyelni kell, hogy a mérési folt kisebb legyen, mint a mérendő tárgy felülete

5. feladat

Ismertesse a helyes hőmérsékletmérés lépéseit!

- A cél pontos megfogalmazása: mit kell mérni és miért
- A méréstartomány meghatározása
- A mérési pontosság meghatározása
- A megfelelő hőmérő kiválasztása
- A mérőhely kialakítása
- A körülmények rögzítése mérési adatlapon (mérés tárgya, mérést végző neve, mérési hely, dátum, mérőeszközök típusa, gyári száma, léghőmérséklet, egyéb fontosnak ítélt körülmények pl. forró közeget továbbító csővezetéken a szigetelés épsége, a konkrét mérési hely alakja, geometriája, felületi kezelése, annak épsége, stb.)
- A mérés elvégzése, többször egymás után, amíg nem biztos, hogy jó a mérés
- A mérési eredmények feldolgozása
- A feldolgozott eredmények értékelése, következtetések levonása

IRODALOMJEGYZÉK

FELHASZNÁLT IRODALOM

Dr. Giber János – Dr. Sólyom András, Fizika Mérnököknek I.II., 1994, Műegyetemi Kiadó, Budapest

<http://people.inf.elte.hu/oriss/allamvizsga/at/egyeb/h%F5s%FBvisz.pdf>, 2010. november 2.

www.fke.bme.hu/oktatas/meresek/5.DOC, 2010. november 2.

www.testo.hu

A(z) 2699–06 modul 004–es szakmai tankönyvi tartalomeleme felhasználható az alábbi szakképesítésekhez:

A szakképesítés OKJ azonosító száma:	A szakképesítés megnevezése
54 544 02 0010 54 01	Fluidumkitermelő technikus
54 544 02 0010 54 02	Gázipari technikus
54 544 02 0010 54 03	Megújulóenergia-gazdálkodási technikus
54 544 02 0010 54 04	Mélyfúró technikus
54 544 02 0100 31 01	Cső-távvezeték üzemeltető (olaj, gáz)
54 544 02 0100 31 02	Fluidumkitermelő
54 544 02 0100 31 03	Mélyfúró

A szakmai tankönyvi tartalomelem feldolgozásához ajánlott óraszám:

10 óra

MUNKANYELVI

MUNKANYAG

A kiadvány az Új Magyarország Fejlesztési Terv
TÁMOP 2.2.1 08/1-2008-0002 „A képzés minőségének és tartalmának
fejlesztése” keretében készült.

A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap
társfinanszírozásával valósul meg.

Kiadja a Nemzeti Szakképzési és Felnőttképzési Intézet
1085 Budapest, Baross u. 52.

Telefon: (1) 210-1065, Fax: (1) 210-1063

Felelős kiadó:
Nagy László főigazgató