TOOL-TEMP®

Ipari folyamatok temperálása folyadékkal

Gyakorlati útmutató a technológiai hőmérsékletszabályozáshoz

Tartalom

1 Bevezetés

Hozza ki a legtöbbet technológiai berendezéseiből azok megfelelő hűtése illetve temperálása által. Ennek a kis könyvnek az a célja, hogy az ehhez szükséges legalapvetőbb információkat, ismereteket hasznos és közérthető formában az Ön rendelkezésére bocsássa.

A TOOL-TEMP AG. 2013-ban ünnepli működésének 40. évfordulóját.
A 4 évtizedes tapasztalatunkat a megbízható, minőségi szerszám-temperáló és folyadékhűtő berendezések előállításában ezúton nem tudjuk teljeskörűen átadni, hiszen ez egy "külön szakma".
Bemutatjuk az iparban legelterjedtebb folyadékhűtési – fűtési műszaki megoldásokat, a legfontosabb felszerelések, gépek előnyeit – hátrányait, azok alkalmazhatóságát.

Hiánypótló jelleggel könyvecskénk hasznos számítási módszereket, anyagok hőtani és feldolgozástechnikai jellemzőit tartalmazó táblázatokat is bemutat.

Természetesen mi magunk továbbra is az Önök rendelkezésére állunk szakmai csapatunkkal a megfelelő szerszámtemperáló készülék, mobil folyadékhűtő, vagy hűtőtorony kiválasztásával kapcsolatban!

TOOL-TEMP HUNGÁRIA KFT.

H-8083 CSÁKVÁR, PAULINI B. U. 11.
Tel./Fax.: +36 22 300 224
Mobil: +36 30 530 1385; +36 30 378 6559
www.tool-temp.hu
info@purchasing-office.hu

A pontos és megbízható technológiai hőmérséklet szabályozással Önök két területen érnek el javulást ; a minőségben és a gyártási ciklusidőben

Az iparban gyártott műanyag, gumi, alu- és egyéb öntvény termékek minőségét nagy mértékben javítja a gyártóeszközök korrekt hőmérsékletszabályozása. A megfelelően beállított és betartott folyamathőmérsékletek javítják a darabok felületi minőségét, méretbeli stabilitását a zsugorodás ellenőrzésével és a szerszámban levő feszültség csökkentésével azok fizikailag szintén stabilabbak.

A minőség területén Önök az alábbi javulást érik el:

- alacsonyabb selejtszázalék/alacsonyabb termelési költségek
- kevesebb visszautasított darab

A gyártási ciklusidő javítását általában a hűtés / fűtés intenzitásának növelésével lehet elérni: nagyobb hűtési / fűtési teljesítmény, optimális szerszám csatlakozások, nagyobb térfogatáram.

Az alacsonyabb ciklusidő eredménye:

- gyorsabb gyártásindítás
- hűtési / fűtési ciklusidő csökkentése
- optimális gépkihasználtság
- kevesebb energiafelhasználás
- nagyobb termelékenység és kibocsátás, több bevétel és nyereség

A későbbiekben néhány ötletet is fogunk adni a fentiek megvalósítására!

3.1 Ipari hőmérsékletszabályozás – hűtés folyadékkal

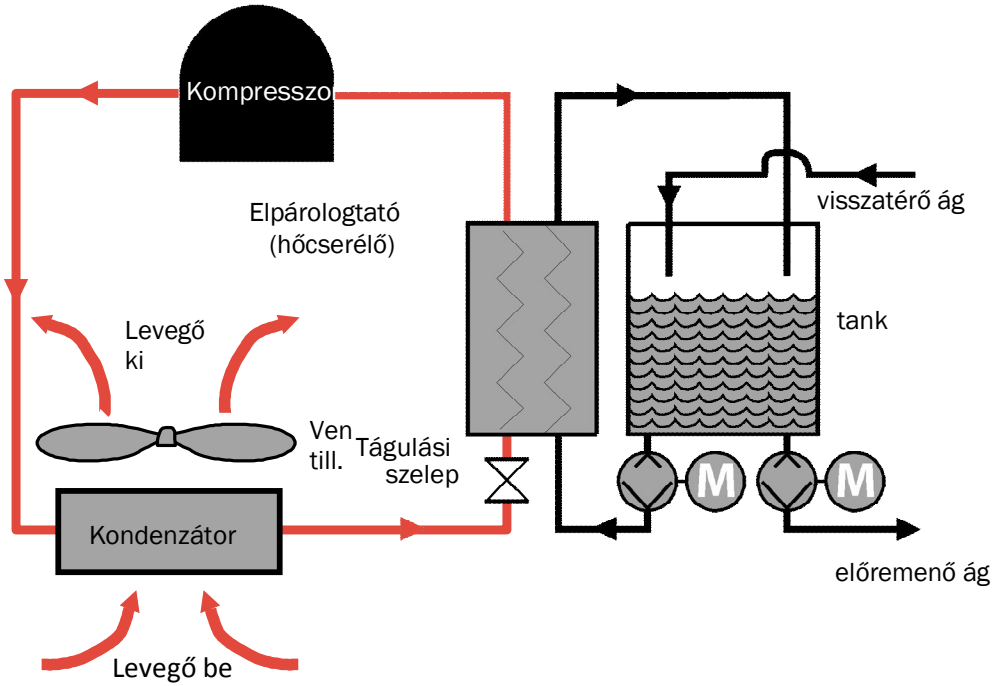
A technológai hőmérsékletszabályozás két fő területe a folyadékkal történő hűtés és fűtés. Természetesen nem ilyen egyszerű a képlet: sok különféle megoldás és berendezés létezik ennek megvalósítására, illetve kombinációjára.

Folyadékhűtők

A folyadékhűtő készülékeket tekinthetjük a technológiai hűtésben használatos legpontosabb és legelterjedtebb megoldásnak. Röviden bemutatva a működést, a folyadékhűtők egy hűtőgáz kompressziójával és tágulásával körforgásban hűtenek egy vízkört vagy tartályt egy elpárologtató vagy hőcserélő alkalmazásával. A folyadékhűtők legelterjedtebb típusai léghűtésesek és megfelelő mennyiségű levegőre van szükségük a gázkör hűtéséhez. A vízhűtéses kondenzátorú folyadékhűtők ezzel szemben toronyvizet vagy hálózati vizet használnak a gázkör hőcserélővel történő hűtésére. Ez utóbbi készülékek a kis alapterületű, levegőhiányos vagy magas környezeti hőmérsékletű alkalmazásokban optimálisak.
A folyadékhűtők jelentik az év bármely szakában, bármilyen körülmények között használható hűtési megoldást a fogyasztók széles körének: gépek hidraulikahűtése, fogyasztók hűtővíz ellátása, temperálók hűtővize vagy akár formaadó szerszámok direkt hűtése az elérhető alacsony hőmérsékleti értékeknek köszönhetően.

Előnyök	Hátrányok
alacsony vízhőmérséklet a hűtőgáz alkalmazásával	bekerülési költség
pntos hőntartás a folyadékkör ellenőrzésének köszönhetően	a léghűtéses modellek melegítik a felállítási helyen környezetüket
zárt rendszer, nincs vízveszte-ség, külső szennyeződés	

Folyadékhűtő – sematikus ábra



A fentieken kívül léteznek olyan kis teljesítményű, mobil folyadékhűtők amelyeknek a folyadékkörébe elektromos fűtést is integrálnak pl. a Tool-Temp TT-5'500 E amely normal hűtőként használható, de szükség esetére rendelkezik 5 kW fűtéssel is. Ez a kiegészítő lehetőség jól jöhet gyártásindításkor a rendszer üzemi hőmérsékletének eléréséig, vagy éppen nagyon hideg környezetben a készülék és a fogyasztó megóvására.

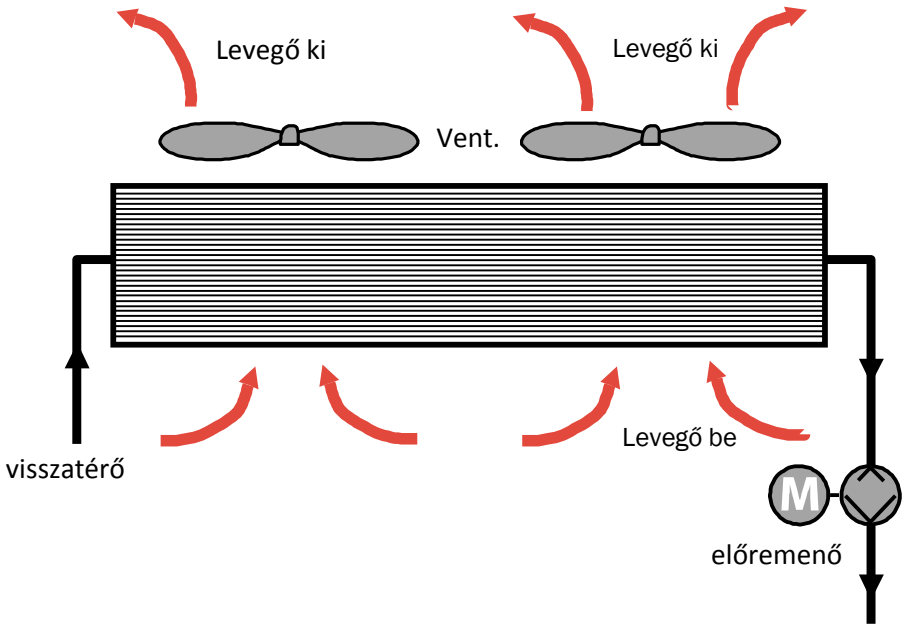
Szárazhűtők

A ‘Free Cooling’ vagy a szárazhűtő berendezés nagyteljesítményű hőcserélők alkalmazásával a külső, hideg levegő hűtőhatását használva végzi a folyadék hűtését.

Ez a megoldás a mi esetünkben csak a gépek hidraulika hűtésére, temperálók hűtővízellátására vagy olyan alkalmazásra használhatóahol a folyadék hűtése szükséges, de nincs tűréshatárok közé szorítva.

Előnyök	Hátrányok
Alacsony üzemeltetési költség. Csak a ventillátorok fogyasztanak	Az elérhető vízhőmérséklet néhány °C a környezeti hőmérséklet felett
Closed system	

Free Cooling vagy szárazhűtő – sematikus ábra

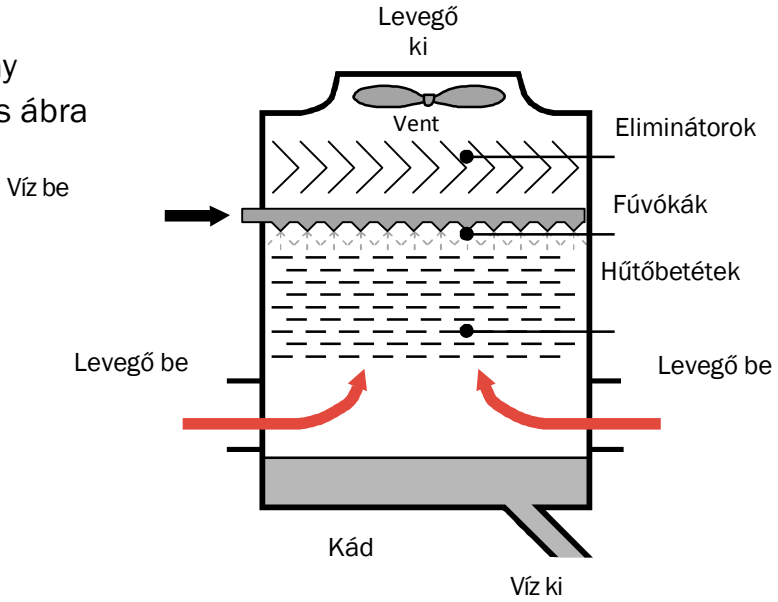


Hűtőtornyok

A hűtőtornyokban a technológia felől visszatérő meleg vizet a hűtőtorony belsejébe fecskendezik, ahol az a ventillátor által átszívott levegőnek hőt ad át. A hőátadás mellett a fokozott elpárolgás miatt kialakuló hőelvonás növeli a hűtési teljesítményt. A hűtőtornyokat széles körben használják, de manapság már új hűtési rendszerek kialakításakor kevésbé jönnek szóba ezek a nyitott, nagy vízveszteséggel és a külső hatásoknak kitéve működő rendszerek, pl. a legionella, a por, vízkő és egyéb problémák miatt.

Előnyök	Hátrányok
Alacsony üzemeltetési költség	Elérhető hőmérséklet néhány °C a környezeti hőmérséklet alatt
Valamivel alacsonyabb elérhető vízhőmérséklet mint a Free Cooling	Nyitott rendszer legionella, alga, vízkő, szennyeződés veszélye, komoly vízkezelést igényel

Hűtőtorony sematikus ábra



Standard vizes üzemmódú szerszámtemperálók

A standard vizes üzemmódú szerszámtemperáló készülékek nyitott rendszerűek, mellyel a javasolt legmagasabb hőmérséklet +90°C.

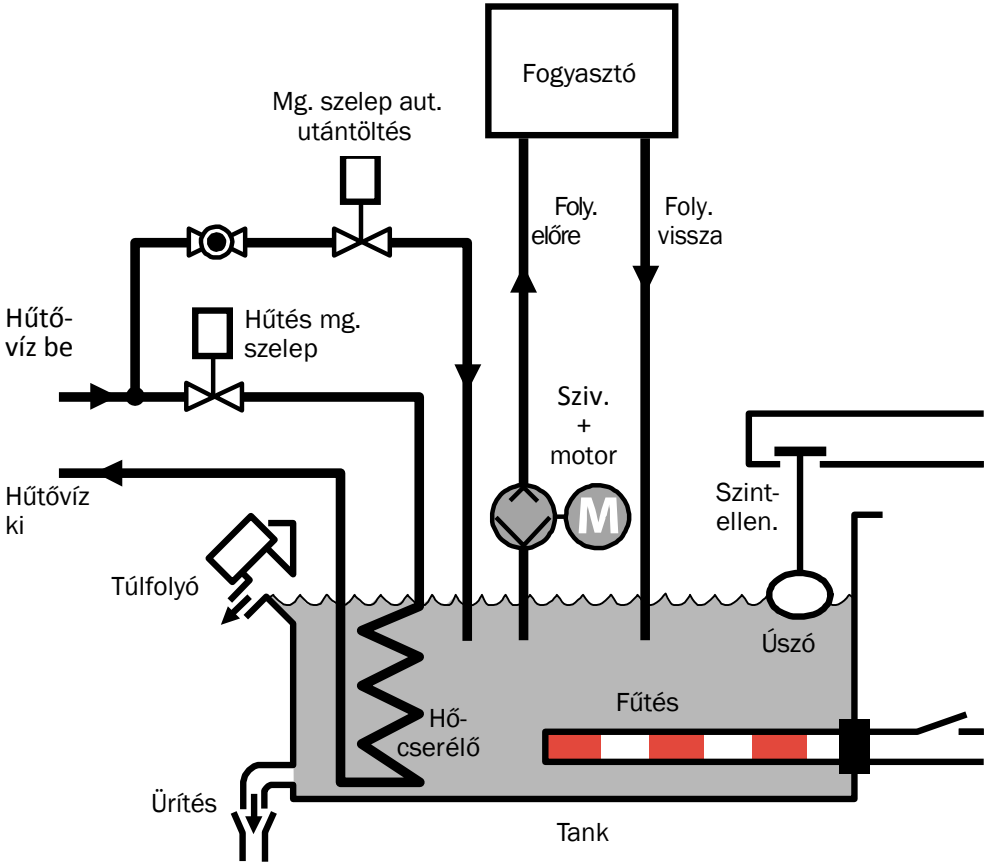
A szerszámtemperáló készülékek fűtik fel a fogyasztót az üzemi hőmérsékletre, majd végzik el a hőntartást. Minél nagyobb a készülék fűtési teljesítménye, a felfűtési idő annál rövidebb. A készülékek a felfűtött szerszám / fogyasztó hőntartására mind fűteni, mind pedig hűteni képesek, melyet mikroprocesszoros hőfokszabályozó felügyel. A szerszámtemperáló hűtési rendszere lehet direct vagy indirekt.

Direkt hűtés esetén a szerszámtemperáló a betáplására kerülő hideg vizet a készülék tartályába engedi, ahonnan az közvetlenül a fogyasztóra kerül. A felesleges meleg víz a túlfolyón keresztül visszakerül a rendszerbe. A direct hűtéses készülékeket leginkább az alacsony hőmérsékletet igénylő, gyors hűtésű rendszerekhez ajánljuk. (max. +50 °C-ig)

Az idirekt hűtésű szerszámtemperálók hőcserélővel (spirál, lemez, lap, vagy csöves konstrukció) végzik el a hűtést. A magasabb szintű folyamat ellenőrizhetőségnek köszönhetően a hőcserélős rendszerek a legelterjedtebbek az iparban. A lemezes hőcserélőt alkalmazó készülékeket ugyancsak lehet alacsony hőmérsékleti tartományban használni, mint a direkt hűtést.

Előnyök	Hátrányok
Olcsó készülékek	Alacsony hőmérséklet tartomány
Olcsó hőközlő anyag (víz)	Kezeletlen víz esetén korrózió, vízkő veszélye
Nincs veszélyes hulladék	
Megfelelő hőátadás	

Standard vizes szerszámtemperáló - sematikus ábra



Túlnyomásos vizes szerszámtemperálók

A túlnyomásos vizes szerszámtemperálók zárt rendszerek, melyekkel +140°C érhető el. Egyes speciális modellek (nyomásfokozó szivattyú alkalmazásával) akár +160°C –ig használhatók.

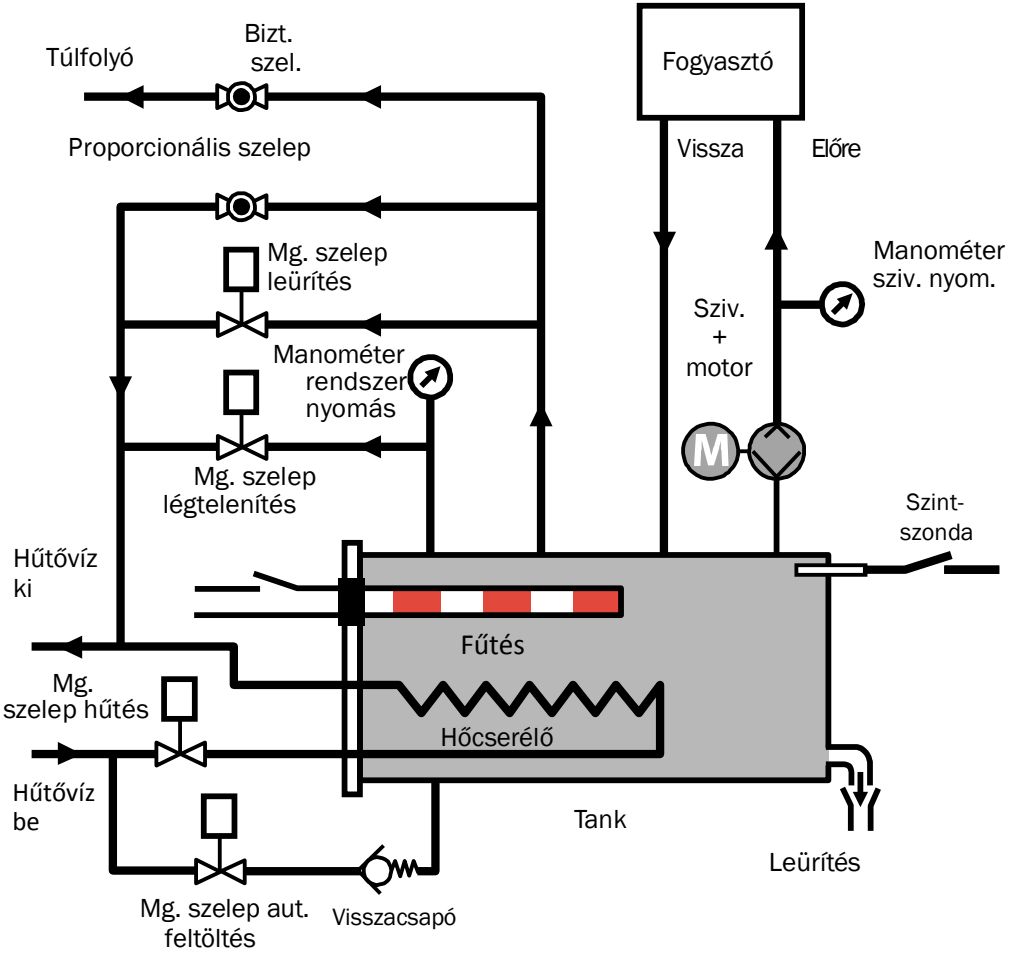
A nyomás alatt tartott víz folyékony halmazállapotban marad +100°C felett . A túlnyomásos vizes készülékek +85°C felett zárt rendszert alkotnak a tartályban tartott víz és levegő nyomásának emelkedésével párhuzamosan. A hőmérséklet további emelésével a vízre nehezedő nyomás nő, és lehetővé teszi a +140°C (vagy +160°C) elérését a forrás elkerülésével.

Az üzemszerűen magas redszernyomás miatt szigorú biztonsági előírások vonatkoznak a túlnyomásos vizes szerszámtemperálókra, ami igaz a fogyasztóra előremenő és visszatérő folyadék tömlőire is. Ne használjanak silány minőségű készülékeket, idomokat és tömlőket ebben a hőfoktartományban, hiszen azok veszélyeztethetik munkatársaikat az esetlegesen kilépő, robbanásszerűen táguló víz miatt.

Természetesen a beállított hőmérséklettől függően ezek a készülékek is fűtenek és hűtenek egyarán a megadott hőmérséklet pontos tartásához.

Előnyök	Hátrányok
Magasabb hőfoktartomány	Alacsonyabb, mint az olajjal elérhető
Olcsó hőközlő anyag (víz)	Külön, biztonsági csövezetet és tömlőt, idomokat igényel
Hatékony hőátadás	Készülékek drágábbak, mint a standard vizes temperálók

Túlnyomásos vizes szerszámtemperálók – sematikus ábra



Olajos üzemmódú hűtő – fűtő berendezések

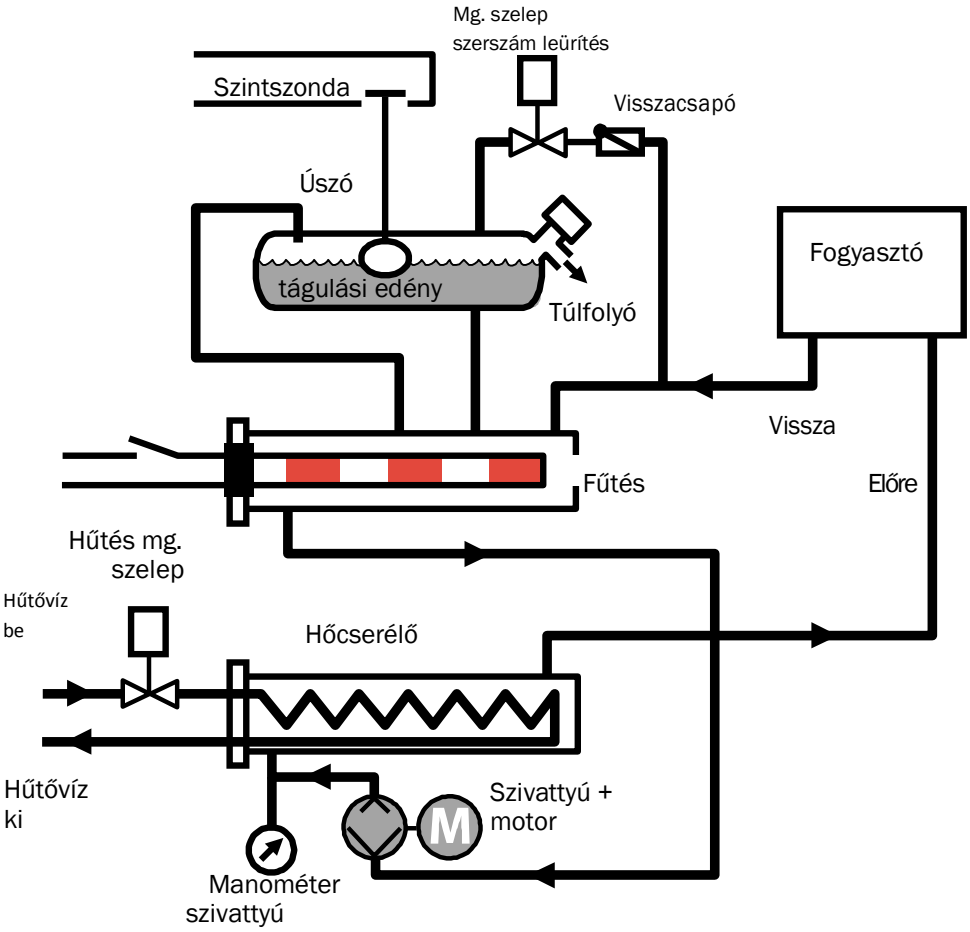
A legmagasabb hőmérsékleti tartományban történő megbízható temperálást az olajos hűtő – fűtő berendezések biztosítják. Ezek a rendszerek használhatók a magas feldolgozási hőmérsékletű műszaki polimerek, az aluminium nyomásos öntés, vegyipar, textilfeldolgozás valamint a laminálás igényeire. Meg kell azonban jegyezni, hogy a hőközlő olajok drágábbak mint a víz, ártalmatlanításuk veszélyes hulladékként kötelező, mindemellett az olaj kevésbő jó hőátadó közed (kb. 1/3 a hatékonysága a vízhez képest).

Egy nyitott rendszerben ásványi alapú hőközlő olajat lehet használni, max. +150°C hőmérékletig.

Zárt rendszerben a hőmérsékletet tovább lehet emelni akár +250°C-ig. Speciűlis hőközlő anyaggal, mint a TOOL-TEMP Tool-Therm SH hőközlő folyadéka, akár +360°C-on is lehet dolgozni egy megfelelő olajos készülékkel, mint pl. a TT-390 / Z olajos hűtő – fűtő berendezés.

Előnyök	Hátrányok
Magas hőmérséklet elérhető (akár +360°C)	Költségesebb készülékek
Nincs vízkövesedés	Kevésbé hatékony hőátadás
Nincs korrózió	Hőközlő olaj költsége
	Rendszeres olajcsere, karbantartás
	Hulladék képződés

Olajos üzemmódú hűtő – fűtő berendezések sematikus ábra



4.7 Egyéb lehetőségek

'Vac' – vákuum üzemmód vagy szivárgásgátlás

A vákuum üzemmóddal rendelkező szerszámtemperáló készülékek (pl. TOOL-TEMP TT-181,, TT-188) egy esetleges tömítetlenség esetén képesek a szivattyú forgási irányt megváltoztatni, és a temperáló közeget a készülék felé szívni. Így a felhasználónak lehetősége van az éppen aktuális gyártás befejezésére, majd a hiba elhárítására. A készülékbe szívott levegő automatikusan leválasztódik. **Figyelembe kell venni**, hogy a fordított forgási irányban elért 'negatív' nyomás mellett a készülék kevesebb folyadékot szállít, a térfogatáram csökken (vész-üzemmód).

Szerszám leürítés

Az automatikus szerszámleürítéssel rendelkező szerszámtemperálók a fogyasztóban levő folyadékot a készülék tartályába tudják szivattyúzni, ezáltal lényegesen tisztább a szerszámcsere. (pl. TOOL-TEMP TT-181, TT-188)

Akusztikus hibajelzés

Magáért beszél – a készülék működési hiba esetén hangjelzést ad.

Külső hőérzékelő csatlakozó

Egyes alkalmazásoknál szükség van arra, hogy a szerszámtemperáló a fogyasztón mért hőmérsékletet és ne a belső tartályban levő folyadékot vegye figyelembe a szabályozásnál. A TOOL-TEMP legtöbb szerszámtemperálója ennek érdekében rendelkezik külső érzékelő csatlakozóval. (pl. TOOL-TEMP TT-168 E)

Interface

Az analóg- vagy digitális illesztési felülettel rendelkező készülékek kommunikálnak az öntőgéppel (amennyiben az fel van szerelve hardware és szoftver szempontból) A TOOL-TEMP interface készülékei a neves öntőgépgyártók protokolljait előre programozva tartamazzák.

Hűtőkapacitás számítása

A hőmennyiség kalkuláció lehetővé teszi az Ön számára a megfelelő szerszámtemperáló vagy hűtőgép kiválasztását . A számításhoz az alábbi adatokra van szükség:

A – a fűtendő fogyasztó tömege (kg)

B – fogyasztó fajhője (SHC - Specific Heat Capacity) (kCal/kg/°C)

C – kívánt fogyasztó hőmérséklet (°C)

D – Fogyasztó induló hőmérséklete (vagy környezeti hőmérséklet) (°C)

Ezen adatokból az alábbi számítást lehet elvégezni:

Szükséges hőmennyiség = A x B x (C - D)

(C - D jelenti a ΔT vagy delta T értéket, a hőmérséklet különbséget)
Mivel a fajhő mértékegysége kCal/kg/°C, az eredmény kCal érték lesz.
860 kCal = 1kW, így a kCal eredményt elosztva 860-nalmegkapjuk a kívánt kW értéket. Így a teljes kalkuláció az alábbi:

Szükséges hőmennyiség (kW) = (A x B x ΔT) ÷ 860

Példa

Számítsuk ki egy 400 kg tömegű acél szerszám +20°C-ról +80°C hőmérsékletre való felfűtéséhez szükséges hőmennyiséget:

A – tömeg = 400 kg

B – acél fajhője 0.112 kcal/kg/°c

C – induló hőmérséklet (környezet) = +20°C

D – kívánt hőmérséklet = +80°C

Az eredmény:

kW igény = (400 x 0.112 x 60) ÷ 860

= 3.13 kW

Biztonsági tényező

Kilowatt értékeket mindig 1 órára viszonyítunk. Ez azt jelenti, hogy a 3.13 kW fűtési teljesítmény a 400 kg-os szerszámot 1 óra alatt melegítő +20 °C-ról +80 °C-ra. Így elméletileg egy 9 kW fűtési teljesítményű szerszámtemperáló (pl. TT-188) kb. 20 perc alatt fűti fel a példában szereplő szerszámot. Vegyük figyelembe, hogy a fenti számítás nem számol semmilyen a folyamatból adódó veszteséggel, mint. pl. a fogyasztó vagy a tömlők hőveszteségе. A gyakorlatban mi a TOOL-TEMP-nél ezért minden esetben 1,2 biztonsági tényezővel, azaz 20% felültervezéssel számolunk a megfelelő készülék kiválasztásának érdekében.

Hűtőkapacitás számítása

A hűtőkapacitás számítása nemcsak a folyadékhűtők megfelelő méretezéséhez szükséges, hanem elengedhetetlen a szerszámtemperáló készülékek hőcserélőjének hűtőteljesítményének kiszámításához.
A számításhoz az alábbi adatokra van szükség.

A = feldolgozási anyagmennyiség (kg/óra)

B = feldolgozandó anyag fajhője

(kCal/kg/°C)

C = ömledék (lövési) hőmérséklet

(°C)

D = szerszám hőmérséklet (°C)

A hűtőkapacitást általában kCal mértékegységben adják meg, ezért a

képlet a következő (átszámítás kW-ra: 1 kW = 860 kCal):

Szükséges hűtőkapacitás (kCal) = A x B x (C – D)

Példa

40 kg / óra polipropilént kívánunk 210°C –on feldolgozni, melyhez a

szerszámot +15°C-on kell tartanunk:

A = 40 (kg/óra)

B = 0.48 (kCal/kg/°C)

C = 210°C

D = 15°C

A számolás:

Szükséges hűtőkapacitás (kCal) = 40 x 0.48 x 195

= 3744 kCal
= 4,35 kW

6.2 Hűtőkapacitás számítása

Gépek hidraulika hűtése

A műanyag fröccsöntő gépek hidraulika hűtéséhez szükséges hűtőkapacitás számítása nagyon egyszerű gyakorlati számítási módszerrel lehetséges:

Motor teljesítmény (kW) x 35% x 860 = szükséges hűtőkapacitás (kCal)

Amennyiben régi gépekről van szó, vagy nagysebességű (rövid ciklusidejű) gyártásról szükség lehet a motor teljesítmény 50%-át alapul venni, mint elvezetendő hőmennyiség. A hidraulika hűtésekor azonban figyelmet kell szentelni annak, hogy a folyadékhűtő megfelelő puffer tartállyal (keveredési térfogattal) rendelkezzen a hidraulika felől érkező meleg víz fogadására.

További hűtős megjegyzések

MIndig vessük össze a számított hűtőkapacitást és kívánt hőmérsékletet a folyadékhűtő készülékek referencia értékeivel. Pl. minden TOOL- TEMP folyadékhűtő hűtőteljesítménye +15°C-nál értendő névleges érték. Amennyiben pl. +10°C-on kívánnak dolgozni, Az ehhez a hőmérsékleti értékhez tartozó teljesítméníértéket a megfelelő adatlapról le kell olvasni. Ebben az esetben a +10 °C-nál a teljesítmény kisebb less.

Amennyiben a szerszámon forrócsatorna fűtések vannak használatban, azok nagy hatással vannak a szükséges hűtőteljesítményre. Ilyen összetett esetekben kérjük forduljanak az Önök TOOL-TEMP képviselőjéhez további szaktanácsadás érdekében.

Szerszámok csatlakoztatása

A korábbi fejezetekben ismertetett számítások jó alapot biztosítanak a megfelelő készülékek kiválasztására. Azonban van a technológiának egy másik, ugyancsak fontos eleme, amit figyelembe kell vennünk: a gyártószerszám, vagyis a fogyasztó maga.
A fogyasztóknak / szerszámoknak két olyan jellemzőjük van, amit nehéz számszerűsíteni:

Mennyire hatékony hőcserélő a szerszám? Gondoljunk bele, hiszen maga a szerszám adja át a hőt a víznek.

ezenfelül:

Mekkora a szerszámon / fogyasztón átforgatható víz mennyisége, a térfogatáram?

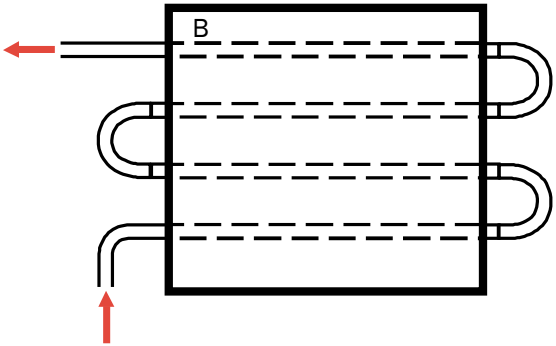
Az első kérdésre a válasz sajnos az, hogy nincs válasz – sem a szerszámkészítők, sem a CAM tervezők nem fogják tudni megmondani. Csak javasolni tudjuk, hogy a szerszámba a megfelelő mennyiségű, megfelelő átmérőjű és kellően sűrűn kialakított temperáló vagy hűtő csatorna beépítésre kerül, hogy a szerszámfelületek hőátadása megfelelő legyen.

A második kérdésre választ adhat egy átfolyásmérő egység beépítése, ami pl. a TOOL-TEMP készülékein adott, hiszen azok sériaként tartalmazzák a vezérlő egységbe integrált digitalis, precíz átfolyásmérőt.

Magát a kialakítást azonban optimális módon kell elvégezni, lássuk a következő ábrákon.

Hagyományos módszer

A lenti ábrán jelzett kialakítás sok esetben úgy változik, hogy a B pont a szerszám másik felére kerül és ez a minta ismétlődik.



Ezzel a legmagasabb hőmérsékletet a közeg a B pontnál éri el, hiszen addigra a folyadék az egész felületen végigért. Ennél a kialakításnál a legkisebb a szerszámon átforgatható folyadék mennyisége és ennek megfelelően a hűtés vagy fűtés hatékonysága is nagyban korlátozott.

A gyakorlatban ilyen temperáló csatorna kialakítás esetén kb 10 l/perc mennyiségig terjedő átfolyás érhető el. Ez az érték más, ennél megfelelőbb furat kialakítással drasztikusan növelhető, miáltal a fűtés és a hűtés is jobban fog működni.

Számoljunk cask utána az ismert hűtési hőmennyiség képlettel.

Feltételezzük, hogy a víz delta T = 5°C (a belépő és a kilépő víz hőmérséklet különbsége, a ill. B pontban) :

Anyagmennyiség = 10 l/perc = 600 l/óra = 600 kg/óra

Víz fajhő = 1

Δ T = 5°C **Hűtési hőmennyiség = 3000 kCal**

= 3,48 kW

Split flow – osztó – gyűjtő csatlakozók

Amennyiben ezt a hatékonyabb kialakítást alkalmazzuk, nagyban megnövelhető a térfogatáram és így a hűtés / fűtés hatékonysága.
Ha a temperáló csatlakozása 1/2” méretűek, az 1/4” csatlakozók ígérkeznek megfelelőnek. 4 darab 1/4” méretű temperáló csatorna keresztmetszeti mérete megegyezik egy 1/2” furattal.

Így ezzel a 4 x 1/4” példával 4-szeres átfolyást érhetünk el* a hagyományos módszer szerinti csatlakozással szemben.

*feltételezzük, hogy a szivattyú teljesítmény elegendő

Nézzük mit jelent ez számokban kifejezve:

Anyagmennyiség = 40 l/perc = 2400 l/óra =

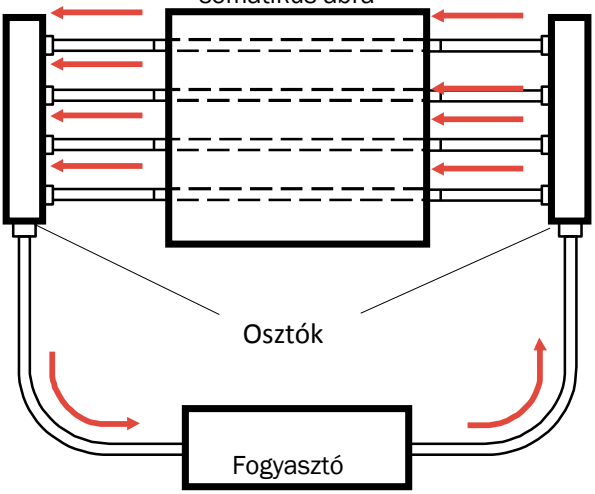
2400 kg/óra fajhő = 1

Δ T = 5°C

Hűtési hőmennyiség = 12,000 kCal = 13,95 kW

Lehet, hogy a gyártási folyamatban nem lesz szükség a teljes teljesítményre, de a meglevő kapacitással könnyen optimalizálható a gyártás ciklusideje és egyenletesebb lesz a szerszám hőmérséklete.

Split – flow osztó – gyűjtő csatlakozás sematikus ábra



Jól kialakított temperáló csatornákkal és egy megbízható TOOL-TEMP szerszámtemperálóval biztos lehet a szerszám megfelelő fűtése és hűtése felől.

A csatlakozókkal kapcsolatos megjegyzések

A gyorscsatlakozók jó ötletnek tűnhetnek a gyors Szerszám csatlakoztatás miatt, de nagyban csökkentik a térfogatáramot, átfolyást – kerüljük ha lehet. A temperálók szivárgásgátlása sem működik gyorscsatlakozókkal.

8.1 Anyagok referencia értékei & számítások

Fajhő (Specific Heat Capacity - SHC útmutató

Anyag	fajhő kCal/kg/°C
acél	0.11
aluminium	0.21
öntött vas	0.11
bronz	0.09
réz	0.09
víz	1
olaj	0.5
ABS, PP, PBT	0.48
PA 6	0.38
PA 6,6	0.38-0.66
PC	0.24-0.29
HDPE	0.53
LDPE	0.6
PET	0.39
POM	0.36
PMMA	0.35
PS	0.29-0.5
PSU	0.29
PTFE	0.29-0.34
PVC	0.29
gumi	0.38-0.48
SAN	0.29-0.53

Ezek az értékek átlagos, irányadó adatok melyek anyagfajtánként eltérőek lehetnek. A pontos adatok tekintetében a gyártói adatok adnak támpontot.

Feldolgozási hőmérsékletek táblázata

Anyag	Szerszám °C	Ömledék °C
ABS	40 - 80	230 - 270
PP	10 - 60	180 - 250
PBT	60 - 90	250 - 280
PA 6	40 - 60	230 - 290
PA 6,6	40 - 60	280 - 300
PC	70 - 110	260 - 310
HDPE	5 - 40	180 - 250
LDPE	5 - 40	170 - 240
POM	40 - 100	180 - 220
PMMA (akril)	50 - 80	210 - 250
PS	10 - 50	180 - 250
PSU	120 - 160	300 - 360
PVC	20 - 60	170 - 210
SAN	40 - 80	200 - 260
PEEK	160 - 215	370 - 400
PPO	80 - 105	250 - 300

Ezek az értékek átlagos, irányadó adatok melyek anyagfajtánként eltérőek lehetnek.
A pontos adatok tekintetében a gyártói adatok adnak támpontot.

8.3 Anyagok referencia értékei & számítások

Anyagsűrűség

Anyag	anyagsűrűség (kg/m^3)
acél	7878
rozsdamentes acél	10657
aluminium	2691
bronz	8250
réz	8906
öntött vas	7208
víz	1000
olaj	897

Más hasznos átváltások

°C = (°F-32) x 5 ÷ 9

°F = °C x 9 ÷ 5 + 32

1 bar = 14.4 PSI

1 kW = 860 kCal

1 kCal = 4 BTU

1 kjoule = 1 BTU

1 HP (lóerő) = 0.75 kW

1 lb = 0.45 kg

1 gallon = 4.54 liter

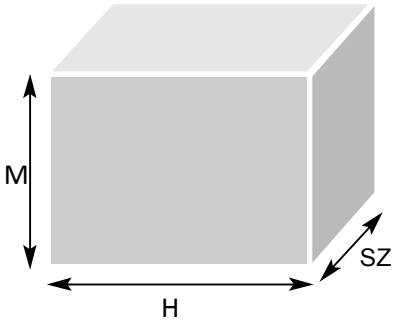
1m^3 = 1000 liter

1 hüvelyk = 25.4 mm

Tömeg / súly

Tömb

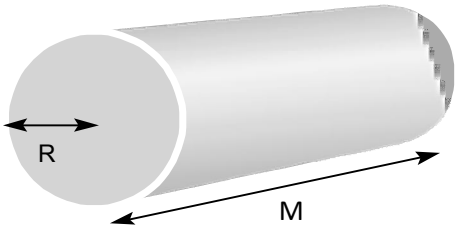
Tömeg = SZ x H x M (méter) x anyagsűrűség (kg/m^3)



Henger

Tömeg = πR^2 x M x anyagsűrűség (kg/m^3)

π = 3.1416



Üreges henger esetén számitsuk ki először a teljes henger tömegét, majd az üregre eső tömeget. Ezután az üregre eső tömeget vonjuk ki a teljes henger tömegéből.

9 Jegyzetek

TOOL-TEMP®

Megbízhatóság és minőség 1973 óta

- Tool-Temp szerszámtemperálók 3 kW – 144 kW fűtőteljesítménnyel
- Tool-Temp folyadékhűtők, hűtőtornyok
- Szaktanácsadás, alkatrész ellátás
- Mérnöki tevékenység, komplett fűtési – hűtési megoldások

TOOL-TEMP®