



Szabó László

Felületi hőcserélők

NSZFI
NEMZETI SZAKKÉPZÉSI
ÉS FELNŐTTKÉPZÉSI INTÉZET

A követelménymodul megnevezése:

Kőolaj- és vegyipari géprendszer üzemeltetője és vegyipari technikus feladatok

A követelménymodul száma: 2047-06 A tartalelem azonosító száma és célcsoportja: SzT-029-50

FELÜLETI HŐCSERÉLŐK HŐKÖZLÉSE

ESETFELVETÉS–MUNKAHELYZET

A felületi hőcserélők üzemeltetése során a berendezéseket üzemeltető szakembernek tisztában kell lennie a hőcserélőben végbemenő hőtani folyamatokkal.

A hőközlési feladatok megvalósítása során segítenie kell munkatársait a berendezések kezelésében, üzemeltetésében. A berendezések gazdaságos üzemeltetéséhez ismerni kell a hőközlés alapvető törvényeit, megvalósulásának folyamatát:

- a hőátbocsátás hőtani megfogalmazását,
- a hőátbocsátás folyamatát, törvényszerűségeit, a felületi hőcserélők hőmérlegének, a leadott, átadott és felvett hő számításának módját,
- a hőcserélők közepes hőmérséklet különbségének számítását,
- a hőcserélők hőátadó felületének meghatározását.

SZAKMAI INFORMÁCIÓTARTALOM

1. A hőcserélők csoportosítása

A hőcserélők csoportosítása

A hőcserélők két fő csoportra oszthatók:

- **felületi** (vagy közvetett hőközlésű) és
- **keverő** (vagy közvetlen hőközlésű) **hőcserélőkre**.

A **felületi hőcserélőben** áramló felmelegedő, illetve lehűlő közegek egymással nem keveredhetnek, **egymástól szilárd fallal** (fém, kerámia stb.) vannak elválasztva.

Ebben az esetben a hőközlés, illetve a hőelvonás a válaszfalon keresztül történik, a hőközlés közvetett.

2. A hőátbocsátás, a felületi hőcserélőkben végbemenő hőközlés

A hőátbocsátás

Hőátbocsátás esetén a hőközlés két közeg között megy végbe egy falon keresztül. Az egyik közeg hőátadással melegíti a falat, a falban hővezetéssel terjed a hő, majd a másik oldalon a fal ismét hőátadás formájában adja át a hőt a másik közegnek.

A fal melletti határrétegben a hő vezetéssel terjed. A határréteg vastagságát azonban nem lehet megállapítani. Emiatt bevezetünk egy, a hőátadásra jellemző α **hőátadási tényezőt**.

A **hőátbocsátás folyamata** három részből tevődik össze:

- a fal egyik oldalán a hőátadás,
- a falban hővezetés,
- a fal másik oldalán hőátadás.

A **hőátbocsátást befolyásoló tényezők**:

- a fal egyik oldalán a közegre jellemző hőátadási tényező (α_1),
- a fal másik oldalán a közegre jellemző hőátadási tényező (α_2),
- a fal anyagának hővezetési tényezője (λ_s),
- a fal vastagsága (s),
- a hőmérséklet-különbség a fal két oldalán (Δt).

A hőátbocsátás alapegyenlete:

$$\dot{Q} = k \cdot A \cdot \Delta t,$$

Ahol: $\dot{Q}$ az egyik közegből a másik közegbe a falon keresztül átbocsátott hő, W; k a hőátbocsátási tényező, $W/(m^2 \cdot ^\circ C)$; Δt a melegebb és a hidegebb közeg hőmérséklet-különbsége, $^\circ C$.

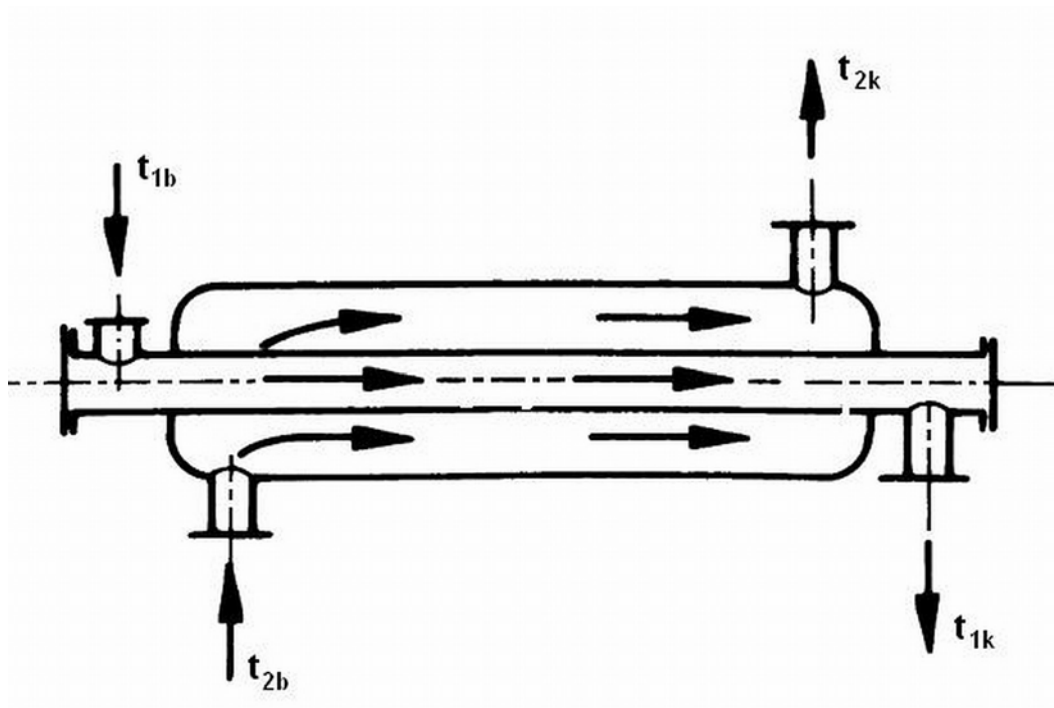
A hőátbocsátási tényező:

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{s}{\lambda_s} + \frac{1}{\alpha_2}}$$

ahol: k a hőátbocsátási tényező, $W/(m^2 \cdot K)$, vagy $W/(m^2 \cdot ^\circ C)$; α_1 az egyik közeg hőátadási tényezője, $W/(m^2 \cdot K)$, vagy $W/(m^2 \cdot ^\circ C)$; α_2 a másik közeg hőátadási tényezője, $W/(m^2 \cdot K)$, vagy $W/(m^2 \cdot ^\circ C)$; s a falvastagság, m; λ_s a fal anyagának hővezetési tényezője, $W/(m \cdot K)$, vagy $W/(m \cdot ^\circ C)$.

Hőátbocsátás a felületi hőcserélőkben

A felületi hőcserélőknél a Δt hőmérséklet-különbség a melegebb és a hidegebb közeg hőmérséklet-különbsége a fal két oldalán. A hőcserélőben a meleg közeg lehűl, hőmérséklete lecsökken t_{1b} hőmérsékletéről t_{1k} hőmérsékletre; a hideg közeg felmelegszik a felület mentén t_{2b} hőmérsékletéről t_{2k} hőmérsékletre (1. ábra). A közegek hőmérséklet-különbsége legnagyobb a közegek bevezetésénél, legkisebb a közegek kivezetésénél.



1. ábra. A hőcserélő közegeinek be- és kimenő hőmérsékletei

A Δt hőmérséklet-különbség meghatározásánál átlagkülönbséget kell számolni. A felület mentén a hőmérsékletváltozás logaritmikus jellegű. A hőmérsékletkülönbség az ún. **logaritmikus, közepes hőmérséklet-különbség** segítségével határozható meg.

A logaritmikus, közepes hőmérséklet-különbség számítása:

$$\Delta t_{\ln} = \frac{\Delta t_n - \Delta t_k}{\ln \frac{\Delta t_n}{\Delta t_k}},$$

ahol: $\Delta t_{\ln}$ a logaritmikus, közepes hőmérséklet-különbség, °C; Δt_n az első felületelemen érintkező közegek hőmérséklet-különbsége, a nagyobb hőmérséklet-különbség, °C; Δt_k az utolsó felületelemen érintkező közegek hőmérséklet-különbsége, a kisebb hőmérséklet-különbség, °C. Az $\ln$ a természetes logaritmus.

Az ábrán jelölt adatokkal a nagyobb hőmérséklet-különbség:

$$\Delta t_n = t_{1b} - t_{2b},$$

A kisebb hőmérséklet-különbség:

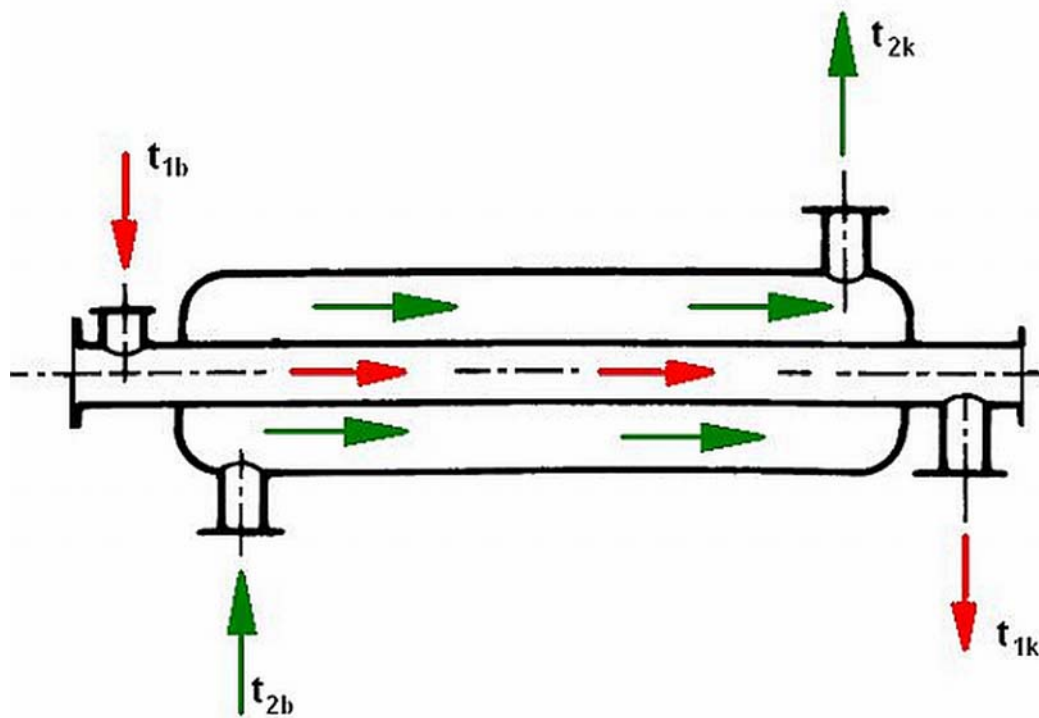
$$\Delta t_k = t_{1k} - t_{2k}.$$

Közegáramlás a hőcserélőkben:

A hőcserélőben a közegáramlás lehet:

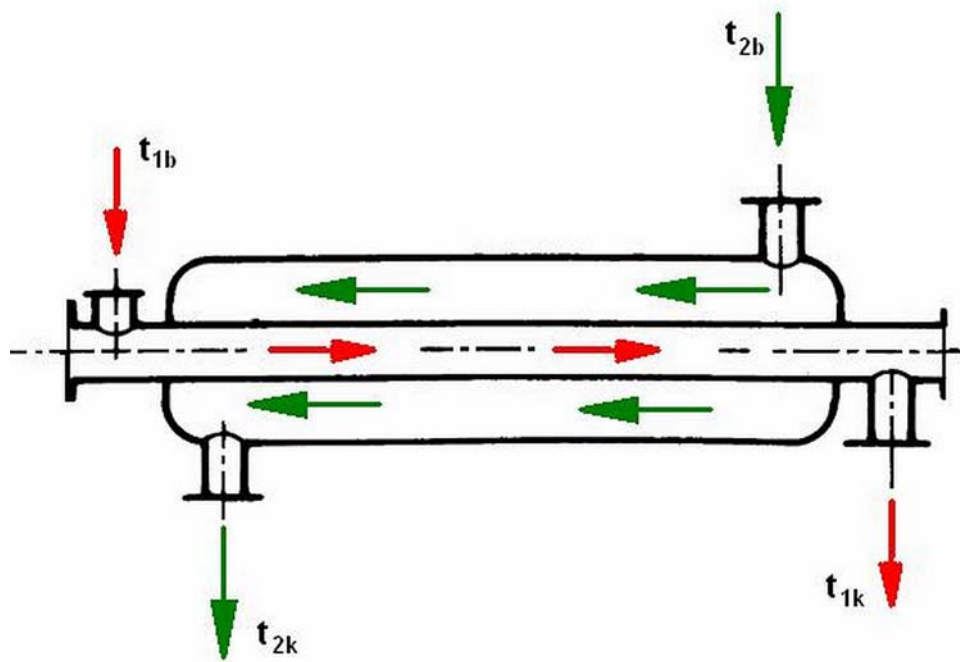
- **egyenáramú** közegáramlás, és
- **ellenáramú** közegáramlás.

Egyenáramú közegáramlás esetén a meleg és hideg közeg a hőcserélő készülék belsejében egyirányban áramlik (2. ábra). Ilyenkor **egyenáramú hőcserélőről** beszélünk.



2. ábra. Egyenáramú hőcserélő

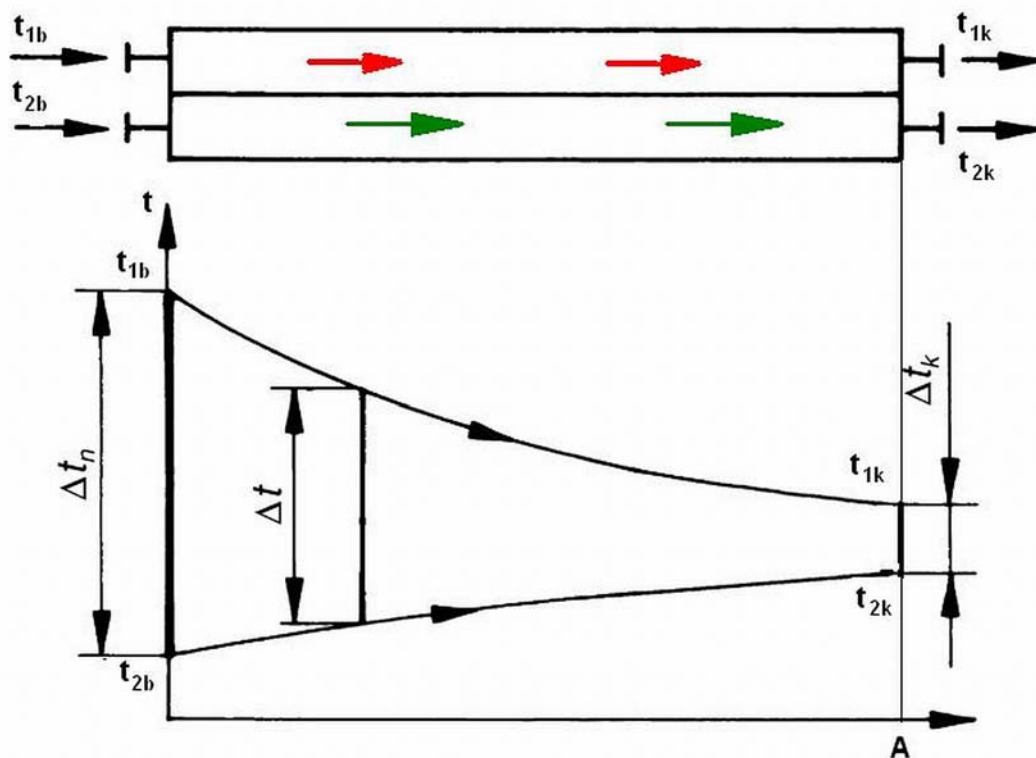
Ellenáramú közegáramlás esetén a két közeg szemben áramlik egymással (3. ábra). Ilyenkor **ellenáramú hőcserélőről** beszélünk.



3. ábra. Ellenáramú hőcserélő

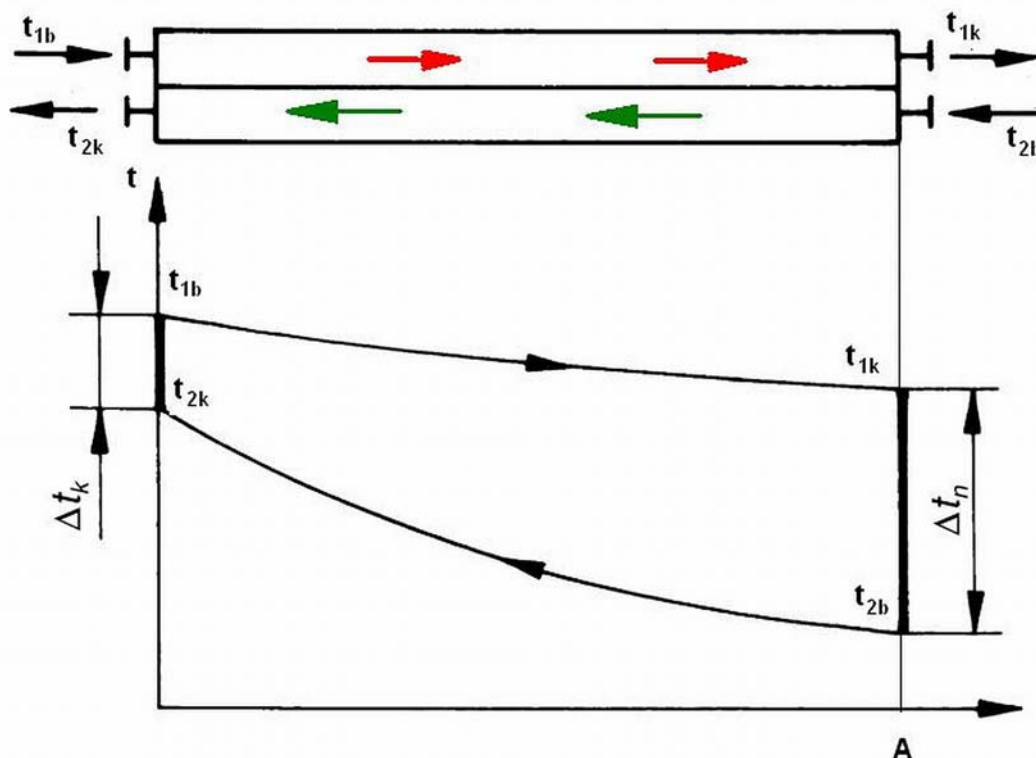
A hőfoklefutási görbék

A logaritmikus, közepes hőmérséklet-különbség számításához segítséget jelent, ha a két közeg hőmérsékletváltozását a hőcserélő felületének függvényében diagramban ábrázoljuk. A 4. ábrán egy egyenáramú hőcserélő hőfoklefutási diagramja látható.



4. ábra. Egyenáramú hőcserélő hőfoklefutási diagramja

Az 5. ábrán ellenáramú hőcserélő hőfoklefutási diagramja látható.



5. ábra. Ellenáramú hőcserélő hőfoklefutási diagramja

Mind az egyenáramú, mind az ellenáramú hőcserélő esetén azonos összefüggéssel számoljuk a logaritmus, közepes hőmérséklet-különbséget:

$$\Delta t_{\ln} = \frac{\Delta t_n - \Delta t_k}{\ln \frac{\Delta t_n}{\Delta t_k}}.$$

Az azonos összefüggés ellenére a számítások eredménye még azonos be- és kilépő hőmérsékletek esetén is különbözik, mert a nagyobb és kisebb hőmérséklet-különbségek különbözőek lesznek.

Az ábrából látható, hogy a nagyobb hőmérséklet-különbség lehet a jobboldali felületemnél is. A hőfoklefutási diagramból első lépésként meg kell állapítani a nagyobb és kisebb értéket, és ennek megfelelően behelyettesíteni az összefüggésbe az értékeket.

Hőcserélők hőátadó felületének meghatározása

A hőcserélők fűtőfelülete a hőátbocsátás alapegyenletéből vezethető le. A logaritmus, közepes hőmérséklet-különbség bevezetésével, (a hőmérséklet-különbség helyett a logaritmus közepes hőmérséklet-különbség alkalmazásával) a hőátbocsátás alapegyenletéből kifejezhetjük a fűtőfelületet.

A hőátadás alapegyenlete (a logaritmus, közepes hőmérséklet-különbség bevezetésével):

$$\dot{Q} = k \cdot A \cdot \Delta t_{\ln}$$

A fűtőfelület számítása

$$A = \frac{\dot{Q}}{k \cdot \Delta t_{\ln}},$$

ahol: $\dot{Q}$ az átbocsátott hő, W; k a hőátbocsátási tényező, W/(m²·°C); $\Delta t_{\ln}$ a logaritmikus közepes hőmérséklet-különbség, °C.

A hőmérleg

Az időegység alatt átbocsátott hő megegyezik a meleg közeg által leadott hővel. Ez a hő megy át a falon és ezt veszi fel a hideg közeg. Ha felírjuk az összefüggést, az ún. hőmérleget kapjuk meg.

Folyadék–folyadék hőcsere esetén mindkét oldalon folyadék van, a meleg folyadék a falon keresztül adja át a hőt a hideg folyadéknak.

A hőközlés a hőmérlege folyadék–folyadék hőcsere esetén:

$$c_1 \cdot \dot{m}_1 \cdot \Delta t_1 = k \cdot A \cdot \Delta t_{\ln} = c_2 \cdot \dot{m}_2 \cdot \Delta t_2,$$

ahol: c_1 a meleg közeg fajhője, J/(kg·°C); $\dot{m}_1$ a meleg közeg tömegárama, kg/s; Δt_1 a meleg közeg belépő és kilépő hőmérsékletének különbsége, °C; k a hőátbocsátási tényező, W/(m²·°C); A a hőcserélő felülete, m²; $\Delta t_{\ln}$ a logaritmikus, közepes hőmérséklet-különbség, °C; c_2 a hideg közeg fajhője, J/(kg·°C); $\dot{m}_2$ a hideg közeg tömegárama, kg/s; Δt_2 a hideg közeg kilépő és belépő hőmérsékletének különbsége, °C.

Gőzzel fűtött hőcserélőknél miközben a gőz lekondenzál, átadja az előzőleg felvett párolgáshőt a fal másik oldalán lévő folyadéknak.

A hőközlés hőmérlege gőz–folyadék hőcsere esetén:

$$\dot{m}_g \cdot \Delta h_r = k \cdot A \cdot \Delta t_{\ln} = c_2 \cdot \dot{m}_2 \cdot \Delta t_2,$$

ahol: $\dot{m}_g$ a gőz közeg tömegárama, kg/s, Δh_r a gőz kondenzációs hője (az előzetesen felvett párolgáshő), J/kg; a többi adat megegyezik az előző összefüggésben szereplő adattal.

TANULÁSIRÁNYÍTÓ

A "Felületi hőcserélők hőközlése" fejezetben néhány fontos szakmai meghatározás fordul elő, amelyeket szakszerűen, pontosan kell használni és alkalmazni. Válaszoljon szóban a következő kérdésekre:

Hogyan csoportosítjuk a hőcserélőket? Mikor beszélünk felületi hőcserélőről?

Milyen tényezők befolyásolják a hőátbocsátást?

Mit nevezünk egyenáramú, illetve ellenáramú hőcserélőnek?

Oldja meg a következő feladatokat!

1. feladat

A feladatok elvégzéséhez ismerni és alkalmazni kell tudni néhány, a hőközléssel kapcsolatos számítási feladat megoldási összefüggését, fogalmát és hőtani mértékegységet. Töltse ki az alábbi táblázatot. Írja be az összefüggéseket, a fogalmakhoz tartozó betűjeleket és a mértékegységeket!

A számítási feladat, illetve fogalom	Az összefüggés, illetve betűjel	Mértékegység
A hőátbocsátás alapegyenlete		
A hőátbocsátási tényező számítása		
A logaritmikus közepes hőmérséklet-különbség számítása		
A felületi hőcserélő hőátadó felületének számítása		
A hőmérleg folyadék–folyadék hőcsere esetén		
A hőmérleg gőz–folyadék hőcsere esetén (gőzzel melegítünk vizet)		
A fajhő		
A hőátadási tényező		
A hővezetési tényező		

2. feladat

A 2. és a 3. ábrán látható egyen-és ellenáramú hőcserélőkben meleg vízzel hideg vizet melegítünk. A meleg víz belépő hőmérséklete $80\text{ }^{\circ}\text{C}$, kilépő hőmérséklete $50\text{ }^{\circ}\text{C}$. A hideg víz belépő hőmérséklete $20\text{ }^{\circ}\text{C}$, kilépő hőmérséklete $40\text{ }^{\circ}\text{C}$.

a/ Írja fel az egyenáramú hőcserélőre vonatkoztatva a logaritmikus közepes hőmérsékletkülönbség kiszámítására szolgáló összefüggést és számítsa ki értékét! Írja le a nagyobb és kisebb hőmérsékletkülönbség kiszámítását is! Rajzolja meg a hőfoklefutási diagramot!

b/ Írja fel az ellenáramú hőcserélőre vonatkoztatva a logaritmikus közepes hőmérsékletkülönbség kiszámítására szolgáló összefüggést és számítsa ki értékét! Írja le a nagyobb és kisebb hőmérsékletkülönbség kiszámítását is! Rajzolja meg a hőfoklefutási diagramot!

c/ Melyik megoldás előnyösebb a hőközlés szempontjából és miért?

Adatok:

3. feladat

Egy hőcserélőben telített gőzzel kell meleg vizet előállítani. Rajzolja meg jellegre helyesen a hőfoklefutási diagramot!

A hőcserélőben csak a kondenzhőt hasznosítjuk, a kondenzvizet elvezetjük. A telített gőz hőmérséklete megegyezik az elvezetett forrponti hőmérsékletű folyadék hőmérsékletével.



4. feladat

Egy felületi hőcserélőben óránként 7200 kg vizet melegítünk fel 20 °C hőmérsékletről 70 °C hőmérsékletre.

a/ Számolja ki, mennyi hő szükséges a felmelegítéshez, ha a víz fajhője 4,2 kJ/(kg·°C)!

b/ Mekkora legyen a feladat megoldására alkalmas hőcserélő fűtőfelülete, ha a logaritmusos közepes hőmérséklet-különbség nagysága 40 °C és a hőátbocsátási tényező nagysága 420 W/(m²·°C)?

Ha úgy érzi, **bizonytalan** a feladatok megoldásában, **tanulmányozza át még egyszer** a feladatokhoz tartozó fejezetet.

Megoldások

1. feladat

A számítási feladat, illetve fogalom	Az összefüggés, illetve betűjel	Mértékegység
A hőátbocsátás alapegyenlete	$\dot{Q} = k \cdot A \cdot \Delta t$	W

A hőátbocsátási tényező számítása	$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{s}{\lambda_s} + \frac{1}{\alpha_2}}$	W/(m ² ·°C)
A logaritmusos közepes hőmérséklet-különbség számítása	$\Delta t_{\ln} = \frac{\Delta t_n - \Delta t_k}{\ln \frac{\Delta t_n}{\Delta t_k}}$	°C
A felületi hőcsere hőátadó felületének számítása	$A = \frac{\dot{Q}}{k \cdot \Delta t_{\ln}}$	m ²
A hőmérleg folyadék–folyadék hőcsere esetén	$c_1 \cdot \dot{m}_1 \cdot \Delta t_1 = k \cdot A \cdot \Delta t_{\ln} = c_2 \cdot \dot{m}_2 \cdot \Delta t_2$	W
A hőmérleg gőz–folyadék hőcsere esetén (gőzzel melegítünk vizet)	$\dot{m}_g \cdot \Delta h_r = k \cdot A \cdot \Delta t_{\ln} = c_2 \cdot \dot{m}_2 \cdot \Delta t_2$	W
A fajhő	c	J/(kg·°C)
A hőátadási tényező	α_1	W/(m ² ·°C)
A hővezetési tényező	λ_s	W/(m·°C)

2. feladat

Adatok:

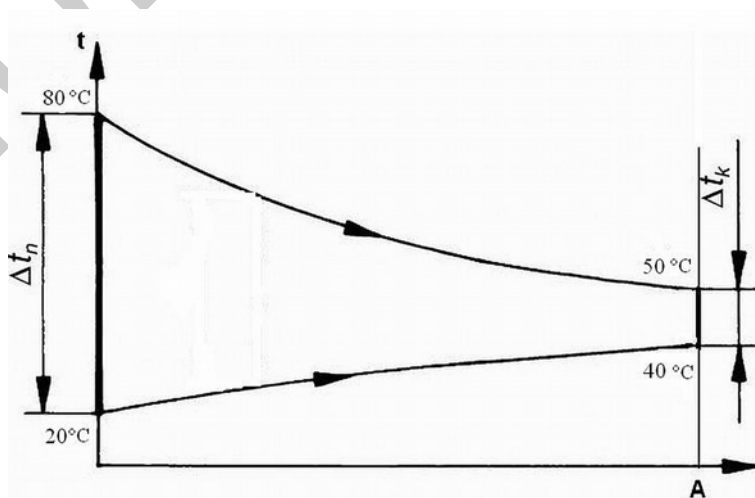
$$t_{1b} = 80 \text{ °C},$$

$$t_{1k} = 50 \text{ °C},$$

$$t_{2b} = 20 \text{ °C},$$

$$t_{2k} = 40 \text{ °C},$$

a/ Egyenáram:



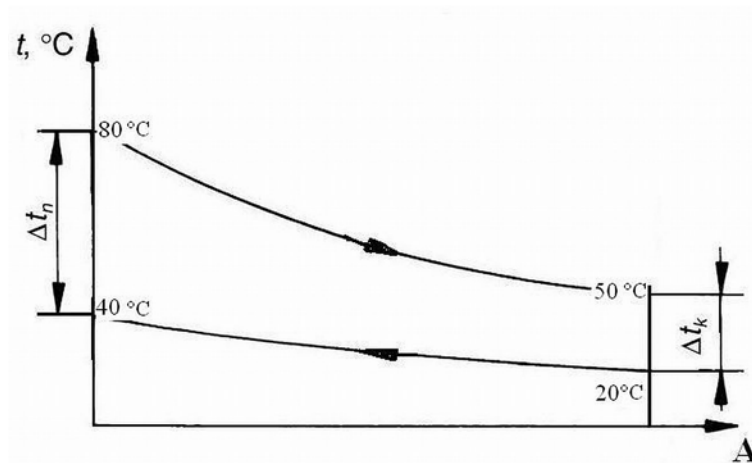
6. ábra. Hőfoklefutási diagram

$$\Delta t_n = 80\text{ }^{\circ}\text{C} - 20\text{ }^{\circ}\text{C} = 60\text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta t_k = 50\text{ }^{\circ}\text{C} - 40\text{ }^{\circ}\text{C} = 10\text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta t_{\ln} = \frac{\Delta t_n - \Delta t_k}{\ln \frac{\Delta t_n}{\Delta t_k}} = \frac{60\text{ }^{\circ}\text{C} - 10\text{ }^{\circ}\text{C}}{\ln \frac{60\text{ }^{\circ}\text{C}}{10\text{ }^{\circ}\text{C}}} = 27,9\text{ }^{\circ}\text{C}$$

b/ Ellenáram:



7. ábra. Hőfoklefutási diagram

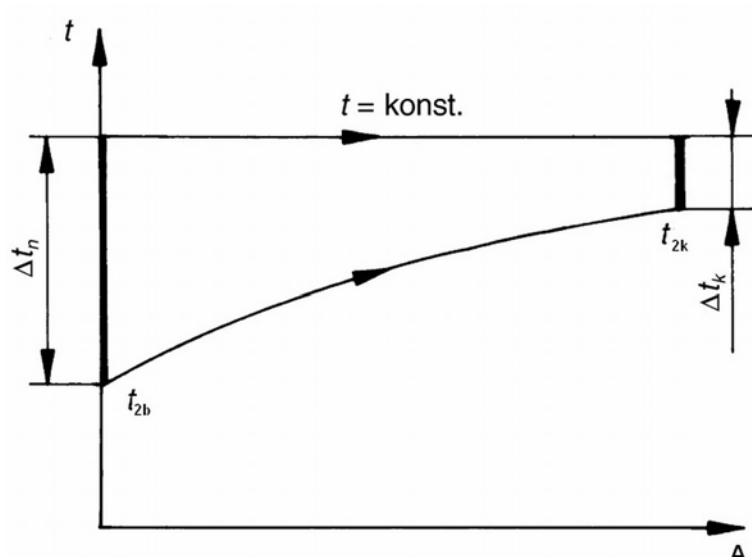
$$\Delta t_n = 80\text{ }^{\circ}\text{C} - 40\text{ }^{\circ}\text{C} = 40\text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta t_k = 50\text{ }^{\circ}\text{C} - 20\text{ }^{\circ}\text{C} = 30\text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta t_{\ln} = \frac{\Delta t_n - \Delta t_k}{\ln \frac{\Delta t_n}{\Delta t_k}} = \frac{40\text{ }^{\circ}\text{C} - 30\text{ }^{\circ}\text{C}}{\ln \frac{40\text{ }^{\circ}\text{C}}{30\text{ }^{\circ}\text{C}}} = 34,7\text{ }^{\circ}\text{C}$$

c/ A hőközlés szempontjából előnyösebb az ellenáram alkalmazása, mert ennél a megoldásnál nagyobb a logaritmikus közepes hőmérséklet-különbség és ugyanakkora felületen nagyobb hő adható át.

3. feladat



8. ábra. Hőfoklefutási görbe gőz–folyadék hőcsere esetén

4. feladat

Adatok:

$$\dot{Q} = 7200 \text{ kg/h} = 2 \text{ kg/s}$$

$$t_{1b} = 20 \text{ }^{\circ}\text{C},$$

$$t_{1k} = 70 \text{ }^{\circ}\text{C},$$

$$c = 4,2 \text{ kJ}/(\text{kg}\cdot^{\circ}\text{C})$$

$$\Delta t_{\text{ln}} = 40 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$k = 420 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot^{\circ}\text{C})$$

a/ A felmelegítéshez szükséges hő:

$$\dot{Q} = c \cdot \dot{m} \cdot (t_{1k} - t_{1b}) = 4,2 \cdot 10^3 \text{ J}/(\text{kg} \cdot ^{\circ}\text{C}) \cdot 2 \text{ kg/s} \cdot (70^{\circ}\text{C} - 20^{\circ}\text{C}) = 420 \cdot 10^3 \text{ W}$$

b/ A fűtőfelület:

$$A = \frac{\dot{Q}}{k \cdot \Delta t_{\text{ln}}} = \frac{420000 \text{ W}}{420 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}) \cdot 40 \text{ }^{\circ}\text{C}} = 25 \text{ m}^2$$

Következő lépésként oldja meg az **Önellenőrző feladatokat**! Ha ezeket sikerül segítség nélkül megoldani, csak akkor lehet biztos benne, hogy kialakította az adott témában a munkája elvégzéséhez szükséges kompetenciákat.

ÖNELLENŐRZŐ FELADATOK

1. feladat

Felületi hőcserélő fogalma

Mit nevezünk felületi hőcserélőnek? Egészítse ki az alábbi meghatározást!

A felületi hőcserélőben áramló felmelegedő, illetve lehűlő közegek

..... keveredhetnek,
egymástól vannak elválasztva.

2. feladat

A hőátbocsátást befolyásoló tényezők

Sorolja fel a hőátbocsátást befolyásoló tényezőket és alkalmazott betűjeleiket!

- a/
- b/
- c/
- d/
- e/

Írja le a hőátbocsátás alapegyenletét!

A hőátbocsátás alapegyenlete:

Írja le a logaritmikus közepes hőmérséklet-különbség kiszámítására alkalmas összefüggést!

A logaritmikus közepes hőmérséklet-különbség számítása:

3. feladat

Egyenáramú és ellenáramú hőcserélő

Mit nevezünk egyenáramú, illetve ellenáramú hőcserélőnek? Egészítse ki az alábbi meghatározásokat!

Egyenáramú hőcserélő esetén a meleg és hideg közeg a hőcserélő készülék belsejében

..... áramlik.

Ellenáramú hőcserélő esetén a meleg és hideg közeg a hőcserélő készülék belsejében

..... áramlik egymással.

4. feladat

Töltse ki az alábbi táblázatot! Írja be feladat mellé a feladat megoldásához felhasználható összefüggést, illetve a betűjel mellé a betűjel megnevezését és az összefüggésben alkalmazható mértékegységét!

A feladat, illetve betűjel	A feladat megoldásához alkalmas összefüggés, illetve a betűjel megnevezése	A számított érték, illetve a betűjelhez tartozó mértékegység
Logaritmikus, közepes hőmérséklet-különbség számítása		
Meleg víz által leadott hő számítása		
Hőcserélők fűtőfelületének számítása		
A hőátbocsátási tényező számítása		
A hőátbocsátás alapegyenlete		
c		
k		
Δh_r		

5. feladat

Egy hőcserélőben nyersolajat csőköteges hőcserélőben melegítünk 15 °C-ról 70 °C-ra, 1 MPa nyomású telített gőzzel. Az olaj mennyisége 7,2 m³/h, sűrűsége 800 kg/m³, fajhője 2,1 kJ/kg.°C.

Az olajoldali hőátadási tényező értéke 400 W/(m².°C), a gőzoldali hőátadási tényező értéke 10000 W/(m².°C), a hőcserélő csöveinek falvastagsága 5 mm, anyagának hővezetési tényezője 50 W/(m.°C). A gőz kondenzációs hőmérséklete 180°C.

a/ Számítsa ki, mennyi hőt kell közölni az olaj felmelegítéséhez!

b/ Számítsa ki a hőátbocsátási tényező nagyságát!

c/ Rajzolja meg a hőfoklefutási diagramot! Számítsa ki a logaritmusos közepes hőmérséklet-különbség értékét!

d/ Határozza meg a feladat megoldásához szükséges hőcserélő fűtőfelületét!

e/ Számítsa ki, mennyi fűtőgőz szükséges óránként a feladat megoldásához, ha a gőz párolgáshője 2015 kJ/kg , és csak a párolgáshővel fűtünk!

MUNKANYAG

MEGOLDÁSOK

1. feladat

Felületi hőcserélő fogalma

A felületi hőcserélőben áramló felmelegedő, illetve lehűlő közegek egymással nem keveredhetnek, egymástól szilárd fallal vannak elválasztva.

2. feladat

A hőátbocsátást befolyásoló tényezők

- a/ a fal egyik oldalán a közegre jellemző hőátadási tényező (α_1),
- b/ a fal egyik oldalán a közegre jellemző hőátadási tényező (α_2),
- c/ a fal anyagának hővezetési tényezője (λ_s),
- d/ a fal vastagsága (s),
- e/ a hőmérséklet-különbség a fal két oldalán (Δt).

A hőátbocsátás alapegyenlete: $Q = k \cdot A \cdot \Delta t$, vagy $Q = k \cdot A \cdot \Delta t_{\ln}$

A logaritmikus közepes hőmérséklet-különbség számítása: $\Delta t_{\ln} = \frac{\Delta t_n - \Delta t_k}{\ln \frac{\Delta t_n}{\Delta t_k}}$

3. feladat

Egyenáramú és ellenáramú hőcserélő

Egyenáramú hőcserélő esetén a meleg és hideg közeg a hőcserélő készülék belsejében egy irányban áramlik.

Ellenáramú hőcserélő esetén a meleg és hideg közeg a hőcserélő készülék belsejében szemben (ellenkező irányban) áramlik egymással.

4. feladat

A feladat, illetve betűjel	A feladat megoldásához alkalmas összefüggés, illetve a betűjel megnevezése	A számított érték, illetve a betűjelhez tartozó mértékegység
Logaritmikus, közepes hőmérséklet-különbség számítása	$\Delta t_{\ln} = \frac{\Delta t_n - \Delta t_k}{\ln \frac{\Delta t_n}{\Delta t_k}}$	°C

Meleg víz által leadott hő számítása	$\dot{Q} = c \cdot \dot{m} \cdot (t_{lk} - t_{lb})$	W
Hőcserélők fűtőfelületének számítása	$A = \frac{\dot{Q}}{k \cdot \Delta t_{ln}}$	m ²
A hőátbocsátási tényező számítása	$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{s}{\lambda_s} + \frac{1}{\alpha_2}}$	W/(m ² ·°C)
A hőátbocsátás alapegyenlete	$Q = k \cdot A \cdot \Delta t_{ln}$	W
c	Fajhő	kJ/(kg·°C)
k	Hőátbocsátási tényező	W/(m ² ·°C)
Δh _r	Párolgáshő, kondenzációs hő, látens hő	J/kg

5. feladat

Adatok:

$$V = 7,2 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$c = 2,1 \text{ kJ/kg} \cdot ^\circ\text{C} = 2,1 \cdot 10^3 \text{ J/kg} \cdot ^\circ\text{C}$$

$$\rho = 800 \text{ kg/m}^3$$

$$t_1 = 15 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$t_2 = 70 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$t_f = 180 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\alpha = 400 \text{ W/(m}^2 \cdot ^\circ\text{C)}$$

$$\alpha = 10000 \text{ W/(m}^2 \cdot ^\circ\text{C)}$$

$$\lambda = 50 \text{ W/(m} \cdot ^\circ\text{C)}$$

$$s = 5 \text{ mm}$$

$$\Delta h_r = 2015 \text{ kJ/kg} = 2015 \cdot 10^3 \text{ J/kg}$$

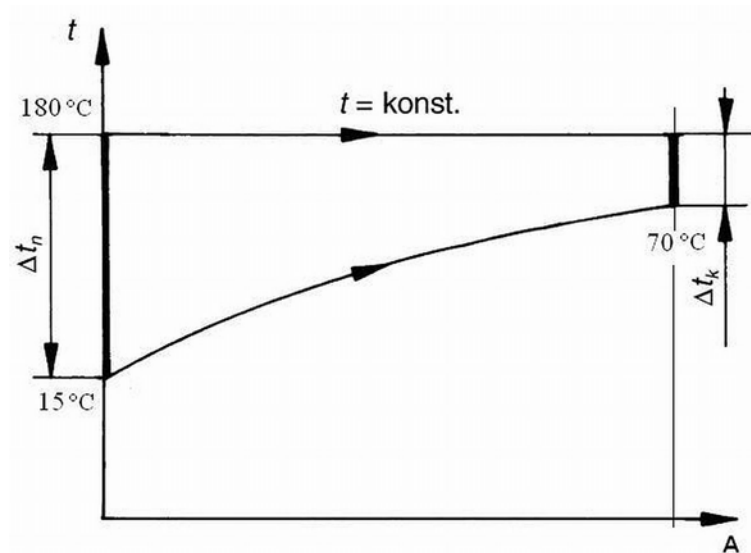
$$a/ \quad m = V \cdot \rho = \frac{7,2 \text{ m}^3/\text{h} \cdot 800 \text{ kg/m}^3}{3600} = 1,6 \text{ kg/s}$$

$$Q = c \cdot m \cdot \Delta t = 2,1 \cdot 10^3 \text{ J/(kg} \cdot ^\circ\text{C)} \cdot 1,6 \text{ kg/s} \cdot (70 - 15) \text{ } ^\circ\text{C} = 184,8 \cdot 10^3 \text{ W}$$

b/

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{s}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}} = \frac{1}{\frac{1}{500 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{°C)}} + \frac{5 \cdot 10^{-3} \text{ m}}{50 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{°C)}} + \frac{1}{10000 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{°C)}}} = 455 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{°C)}$$

c/



9. ábra. Hőfoklefutási görbe gőzzel melegített folyadék esetén

$$\Delta t_n = 180 \text{ °C} - 15 \text{ °C} = 165 \text{ °C}$$

$$\Delta t_k = 180 \text{ °C} - 70 \text{ °C} = 110 \text{ °C}$$

$$\Delta t_{\ln} = \frac{\Delta t_n - \Delta t_k}{\ln \frac{\Delta t_n}{\Delta t_k}} = \frac{165 \text{ °C} - 110 \text{ °C}}{\ln \frac{165 \text{ °C}}{110 \text{ °C}}} = 136 \text{ °C}$$

$$\text{d/ } A = \frac{Q}{k \cdot \Delta t_{\ln}} = \frac{184,8 \cdot 10^3 \text{ W}}{455 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{°C)} \cdot 136 \text{ °C}} = 3,68 \text{ m}^2$$

$$\text{e/ } m_g = \frac{Q}{\Delta h_r} = \frac{184,8 \cdot 10^3 \text{ W}}{2015 \cdot 10^3 \text{ J/kg}} = 0,09 \text{ kg/s}$$

A FELÜLETI HŐCSERÉLŐK SZERKEZETE, MŰKÖDÉSE

ESETFELVETÉS–MUNKAHELYZET

A vegyipari gyakorlatban sokfajta hőcserélőt alkalmazunk a hőközlési feladatok megoldásához. Alkalmazásukhoz ismerni kell szerkezeti kialakításukat, üzemeltetésüket. A hőközlési feladatok megoldásához meg kell ismernie a felületi hőcserélők típusait, alkalmazási lehetőségeiket, kezelésüket, üzemeltetésük szabályait.

Üzemlátogatása, üzemi gyakorlata során találkozott felületi hőcserélőkkel. Írja le, milyen hőcserélő megoldásokat ismer!

Megoldás

Csőköteges hőcserélő, duplikátor stb.

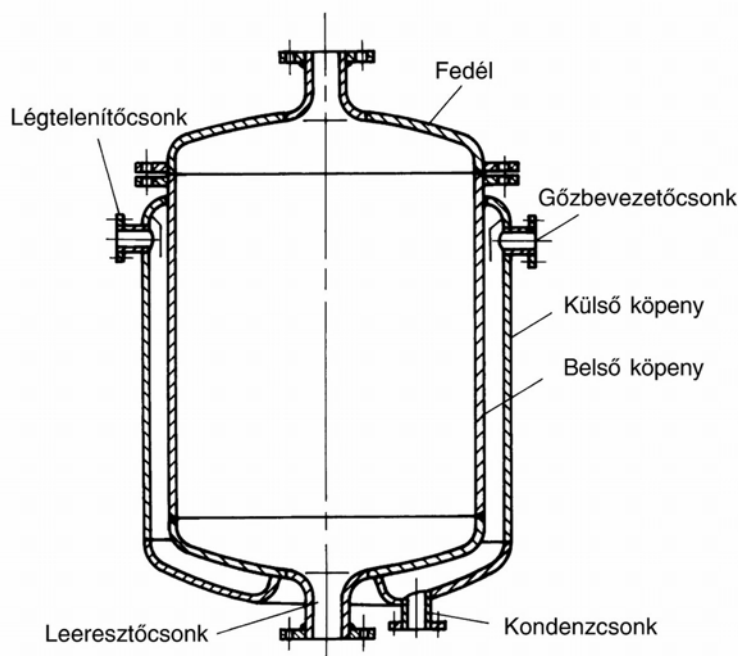
SZAKMAI INFORMÁCIÓTARTALOM

A legtöbb hőközlési folyamatnál nem engedhetjük meg a hőcserében részt vevő közegek összekeverését, így felületi hőcserélőt kell alkalmaznunk. A hőcserélők szerkezeti kialakítása igen változatos. A vegyipari gyakorlatban a leggyakrabban alkalmazott hőcserélők:

- a duplikátor és
- a csőköteges hőcserélő.

DUPLIKÁTOROK

A duplikátorok két egymásba helyezett üstből állnak, innen kapták a nevüket is (10. ábra). A hőátvitelben részt vevő egyik közeget a belső térben helyezik el, míg a másikat a két üst közötti térben, a köpenytérben áramoltatják.



10. ábra. A duplikátor szerkezete¹

A duplikátorok nyitott és zárt kivitelben készülnek beépített keverővel vagy anélkül.

Ha a belső térben elhelyezett folyadék keveréséről nem gondoskodunk, akkor a hőátadási tényező elég kicsi. Ebből következik, hogy egy duplikátort kifejezetten hőcserélőként alkalmazni nem gazdaságos, mert a keverő teljesítményigénye a műveletet megdrágítja.

Kedvezőbb a helyzet, ha a keverést valamilyen más célból is alkalmazzuk. Így a duplikátor az egyik leggyakrabban alkalmazott vegyipari berendezés olyan esetekben, amikor valamilyen vegyipari művelet lefolyása keveréssel és hőátvitellel kapcsolatos (pl. kristályosítók, reaktorok stb.).

¹ Bertalan Zsolt–Csirmaz Antal–Szabó László–Uhlár Zoltán: Műszaki ismeretek, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1999.

Gőzfűtésnél a fűtőgőzt a köpenyen levő felső csonkon vagy csonkokon vezetjük be a köpenytérbe, ahol lecsapódás közben leadja rejtett hőjét. A kondenzvíz a kondenzcsonkon át távozik. A gőzbevezetéssel ellentétes oldalon van a légtelenítő csonk. Ezt nyitva kell tartani mindaddig, amíg a gőz ki nem szorítja a köpenytérből a levegőt.

A gőzbevezetés mindig felül van, a kondenzátum lefelé csorog, azt alul kell eltávolítani. A folyadékot (hűtővizet, sólét) pedig alulról vezetjük felfelé. Ezáltal érhető el, hogy a készülék megfelelő része (cső, köpeny stb.) megteljen a folyadékkal.

A köpenytér felső részén általában kialakítanak egy **légtelenítő csonkot**. A légtelenítő csonkon keresztül engedik ki a köpenytérből a levegőt, amely egyébként csökkentené a hőközlés hatását. A köpenytérbe bevezetett gőz, illetve folyadék kiszorítja a levegőt. A légtelenítő csonkra elzáró szelepet szerelnek. A gőz, illetve a folyadék bevezetésénél a légtelenítő csonk szelepét nyitva tartjuk. Amikor a köpenytér megtelik gőzzel, illetve folyadékkal a légtelenítő csonk szelepét zárni kell.

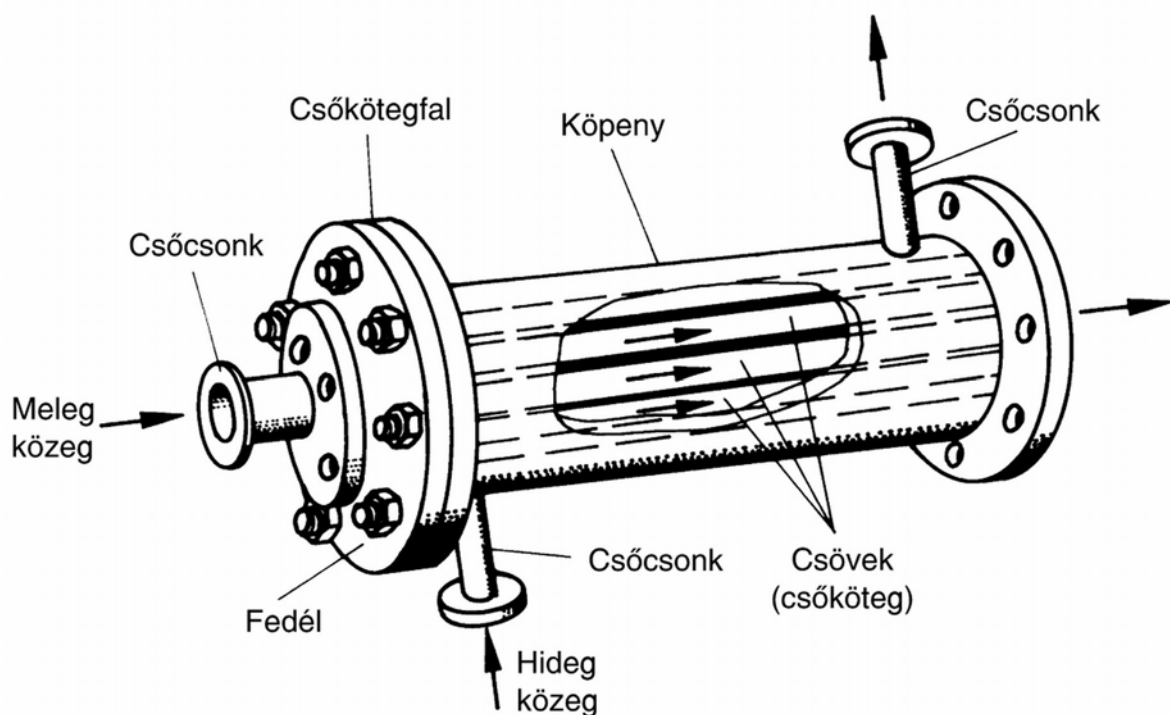
A duplikátor alkalmazása zárt keverős készülékeknél is nagyon gyakori.

CSŐKÖTEGES HŐCSERÉLŐK

1. A csőköteges hőcserélő szerkezeti kialakítása

A vegyipari gyakorlatban a felületi hőcserélők leggyakrabban alkalmazott típusa a csőköteges hőcserélő. A csőköteges hőcserélők legegyszerűbb megoldása a **merev csöves csőköteges hőcserélő**.

A csőköteges hőcserélőben a csövek párhuzamosan helyezkednek el, **csőköteget képeznek**. Egy csőköteges hőcserélő kialakítása a 11. ábrán látható szemléltető kép segítségével tekinthető át.



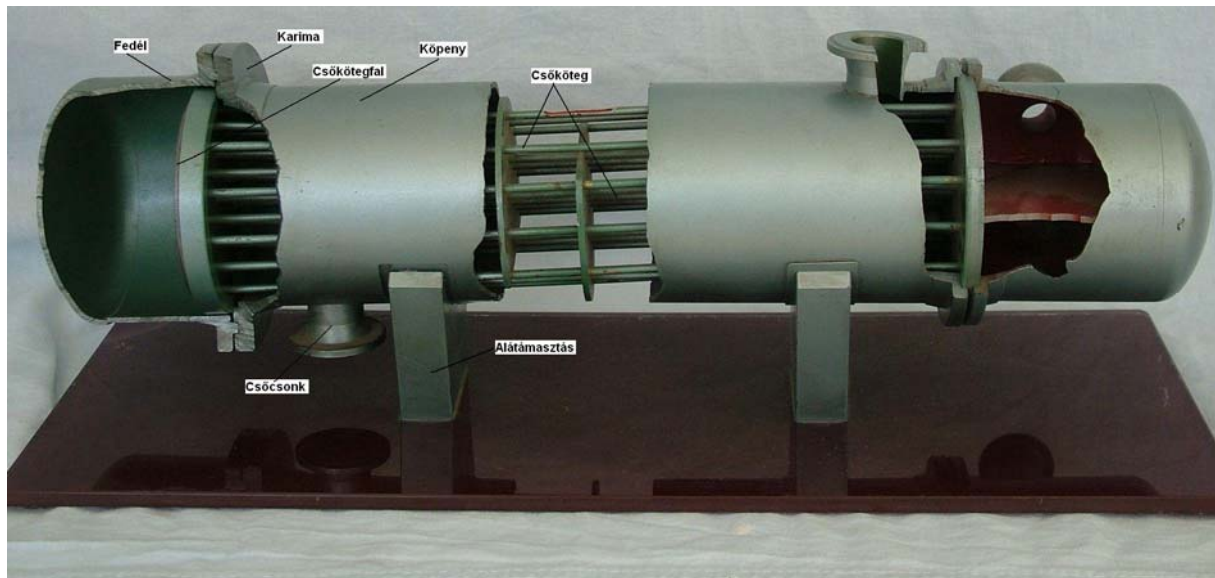
11. ábra. Csőköteges hőcserélő szemléltető képe²

A merev csöves csőköteges hőcserélő fő részei:

- a köpeny,
- a csőköteg,
- a fedelek,
- a csőkötegfalak,
- a csőcsonkok.

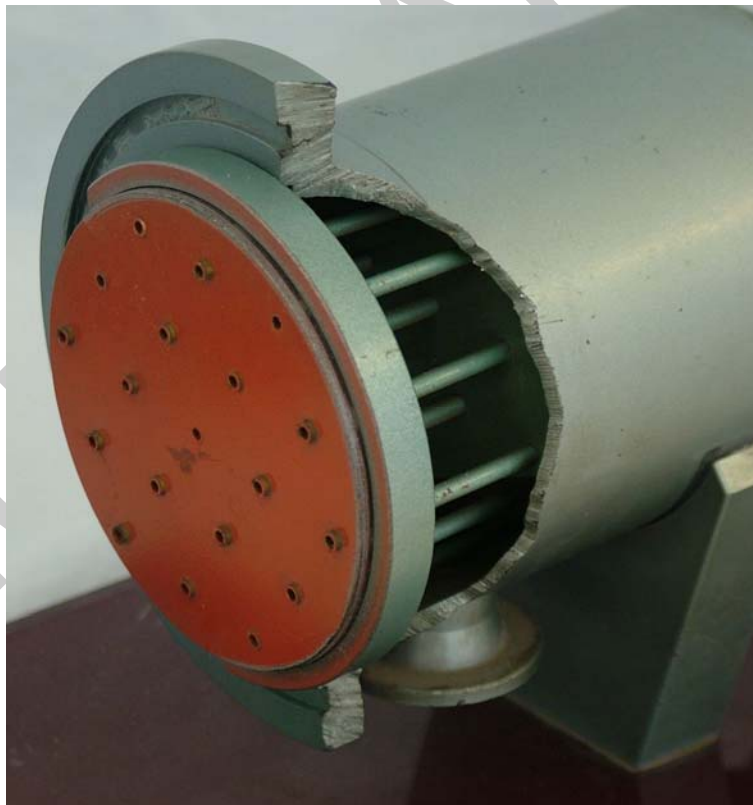
A készülék két **csőkötegfal** között elhelyezkedő párhuzamos csövekből, **csőkötegből** és az azt körülvevő **köpenyből** áll. A csőkötegfalat mindkét oldalon **fedelek (kamrák)** zárják le, amelyeket karimás csőkötéssel rögzítenek. Egy csőköteges hőcserélő modellje látható a 12. ábrán.

² Bertalan Zsolt–Csirmaz Antal–Szabó László–Uhlár Zoltán: Műszaki ismeretek, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1999.



12. ábra. Csőköteges hőcserélő modell

A csöveket a csőkötegfalba erősítik be (13. ábra). A csöveket legtöbbször hegesztéssel rögzítik a csőkötegfalba.

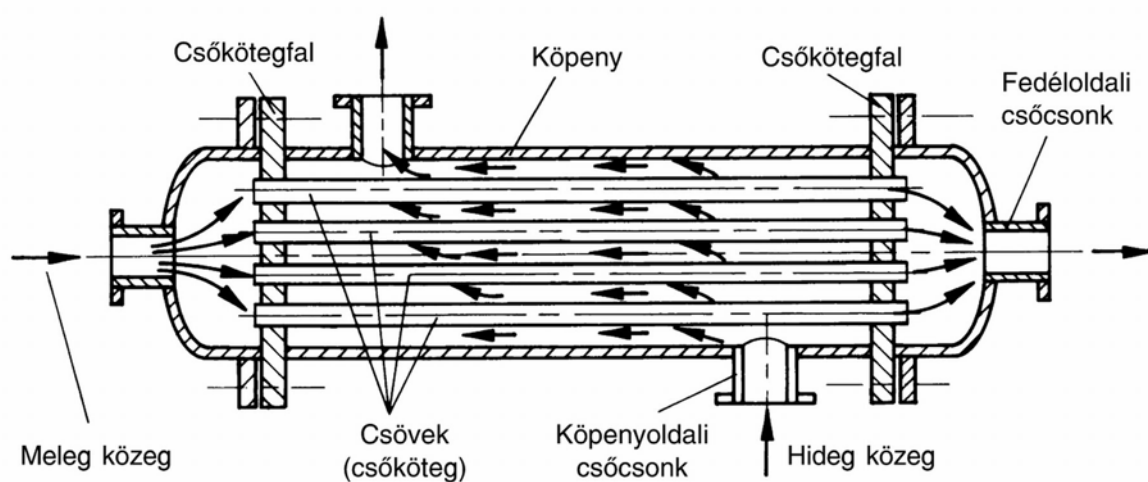


13. ábra. A csöveket a csőkötegfalba erősítik

A modellen látható hőcserélő kétkamrás megoldású. A jobboldali fedél ketté van osztva, egyik felébe vezetik be a meleg vizet. A meleg víz végigáramlik a fölül elhelyezkedő csövekben, majd a fordulókamrában (a baloldali kamra) visszaáramlik az alsó csövekben és a jobboldali kamra alsó részéből vezetik el. Ezzel megnövelik a víz áramlási sebességét a csövekben és ez javítja a hőátadás mértékét.

2. Csőköteges hőcserélők működése

Egy merevcsöves csőköteges hőcserélő szerkezeti kialakítása látható a 14. ábrán.



14. ábra. Merevcsöves csőköteges hőcserélő³

A hőcserélőbe a közegeket **csőcsőnkokon** keresztül vezetik be. A **meleg közeget** általában a **csövekben** vezetik, míg a **hideg közeg** a **köpenytérben** áramlik. Így melegítés esetén kisebb a hőveszteség. A köpenytérbe a hideg közeget alulról vezetjük be, mert így biztosítható hogy a köpenytér mindig tele lesz folyadékkal. Ellenkező esetben a köpenytér kiürülhetne. Gőzfűtés esetén a gőzt fölül vezetjük be a köpenytérbe. A gőz a csövek külső felületén lekondenzálódik és a kondenzhő melegíti a csövekben áramló folyadékot. A kondenzvíz lecsurog a köpeny alsó részébe, ahonnan megfelelően kialakított kondenzcsőnkön és kondenzedényen keresztül elvezethető.

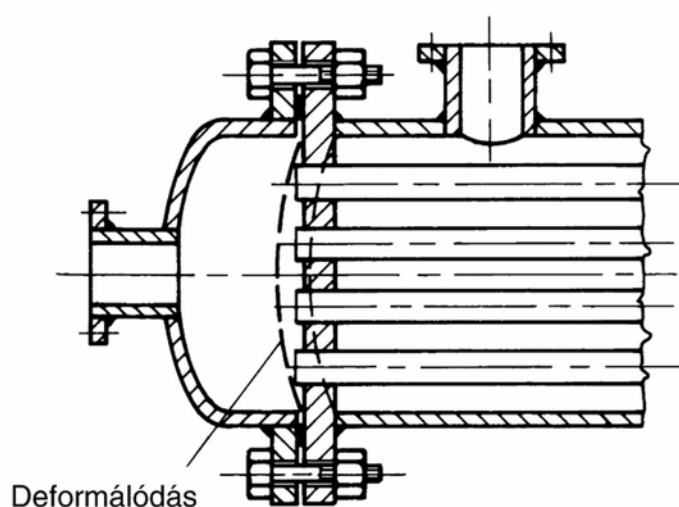
A közegeket folyadék–folyadék hőcsere esetén egyenáramban vagy ellenáramban vezetjük át a készüléken. Hőtani szempontból előnyösebb az ellenáramú közegvezetés. Ezért, ha lehetséges, a közegeket mindig ellenáramban vezetjük.

³ Bertalan Zsolt–Csirmaz Antal–Szabó László–Uhlár Zoltán: Műszaki ismeretek, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1999.

A csőköteges hőcserélőknél is szokás – a duplikátor megoldásához hasonlóan – légtelenítő csonkot, és erre szelepet szerelni a köpenyre. A gőz, illetve a folyadék bevezetésénél a légtelenítő csonk szelepét nyitva tartjuk. Amikor a köpenytér megtelik gőzzel, illetve folyadékkal a légtelenítő csonk szelepét zárni kell.

3. A csőköteges hőcserélők típusai

Ha a **merev csőköteges** hőcserélőkben a **fal és a köpeny** közötti hőmérséklet-különbség jelentős (100–120 °C vagy annál nagyobb), akkor a **csövek és a köpeny nem azonos értékben nyúlnak meg**. Ez jelentős feszültségeket okoz, elszakíthatja a varratokat, illetve másfajta tömítési hibát okozhat, ami a hőcserélőben áramló közegek meg nem engedett keveredését idézi elő, illetve ártalmára van a készüléknek. Ilyen jelenséget szemléltet a 15. ábra.

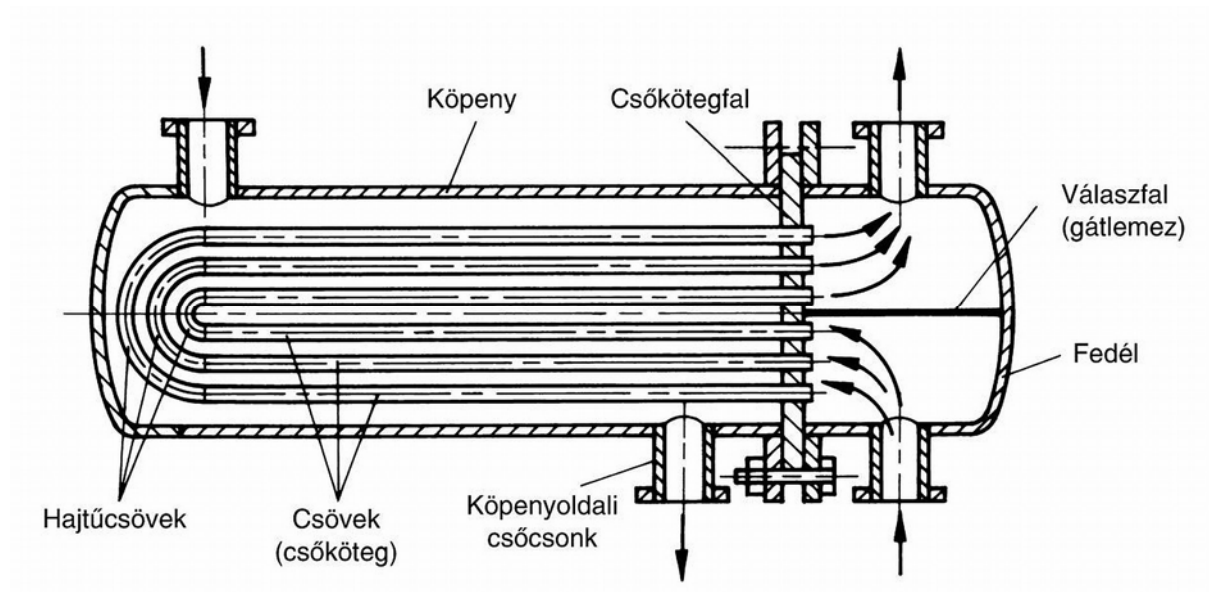


15. ábra. A hőmérsékletkülönbség okozta deformáció⁴

Ha a csövek és a köpeny közötti hőmérséklet-különbség nagy, vagy a csövek túlságosan hosszúak, **hőtágulást kompenzáló** csőköteges hőcserélőket alkalmaznak. Ezeknél a megoldásoknál a csövek a köpenyhez képest bizonyos mértékben elmozdulhatnak. Ilyen megoldás a **hajtűcsöves** és az **úszófejes** csőköteges hőcserélő.

Hajtűcsöves hőcserélő

⁴ Bertalan Zsolt–Csirmaz Antal–Szabó László–Uhlár Zoltán: Műszaki ismeretek, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1999.



16. ábra. Hajtúcsöves csőköteges hőcserélő⁵

A **hajtúcsöves (U csöves)** hőcserélőben maguk a csövek egyenlítik ki a hőtágulást (16. ábra).

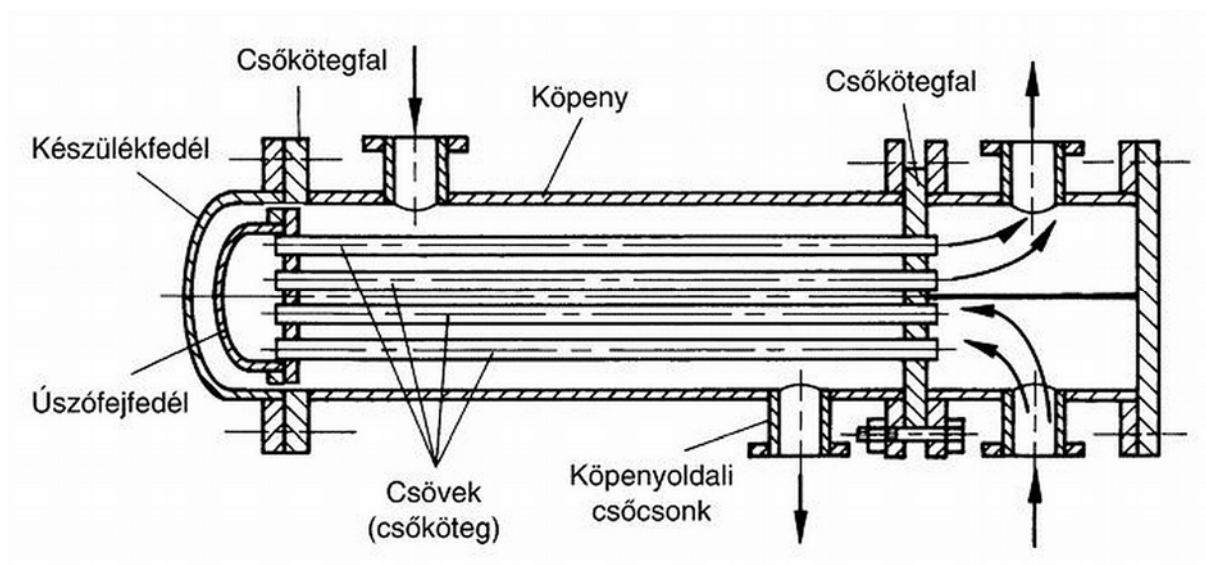
Az ilyen hőcserélők egyszerűek, tömegük viszonylag kicsi, mivel bennük csak egy merev csőkötegfal van. A csövek külső felülete a csőköteg kihúzása után könnyen tisztítható. Az ilyen hőcserélők eleve két- vagy többjáratúak, ezáltal intenzív a hőátadásuk.

A hajtúcsöves hőcserélők hátrányai:

- a csövek belsejének tisztítása nehézkes,
- sok cső esetén azok elrendezése bonyolult,
- különböző méretű csöveket kell készíteni.

Úszófejes hőcserélő

⁵ Bertalan Zsolt-Csirmaz Antal-Szabó László-Uhlár Zoltán: Műszaki ismeretek, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1999.



17. ábra. Úszófejes csőköteges hőcserélő⁶

180 °C hőmérséklet-különbség felett vagy kényes, gyúlékony, mérgező és általában mindenféle közegnél 10 bar nyomás felett az **úszófejes hőcserélőt** használjuk. Ennél a fordulókamra olyan megoldású, hogy a csövek tágulása esetén a csőkötegfal és a fordulókamra együtt szabadon elmozdulhat a külső álló fejben (17. ábra). Az úszófejet központosan kell elhelyezni, hogy a súly ne terhelje a csöveket. A külső fej leszerelése után az úszófej fordulókamrája is leszerelhető, és a csövek mind kívülről, mind belülről tisztíthatók.

TANULÁSIRÁNYÍTÓ

"A FELÜLETI HŐCSERÉLŐK SZERKEZETE, MŰKÖDÉSE" fejezetben néhány fontos szakmai meghatározás fordul elő, amelyeket szakszerűen, pontosan kell használni és alkalmazni. Válaszoljon szóban a következő kérdésekre, feladatokra:

Vázlatrajz segítségével ismertesse a duplikátor szerkezeti kialakítását, működését! Írja rá a rajzra a szerkezeti egységek megnevezését!

Vázlatrajz segítségével ismertesse a merevcsöves csőköteges hőcserélő szerkezeti kialakítását! Írja rá a rajzra a szerkezeti egységek megnevezését!

Ismertesse a merevcsöves csőköteges hőcserélő működését, üzemeltetését!

⁶ Bertalan Zsolt–Csirmaz Antal–Szabó László–Uhlár Zoltán: Műszaki ismeretek, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1999.

Milyen gondot okoz a merevcsöves csőköteges hőcserélő üzemeltetésében a köpenyben és a csövekben áramló anyag hőmérséklet-különbsége?

Milyen megoldásokkal lehet a merevcsöves csőköteges hőcserélő káros deformációit kiküszöbölni?

Ábra alapján ismertesse a hajtűcsöves hőcserélő szerkezeti kialakítását, működését, alkalmazásának lehetőségeit (előnyeit, hátrányait)!

Ábra alapján ismertesse az úszófejes hőcserélő szerkezeti kialakítását, működését alkalmazásának lehetőségeit (előnyeit, hátrányait)!

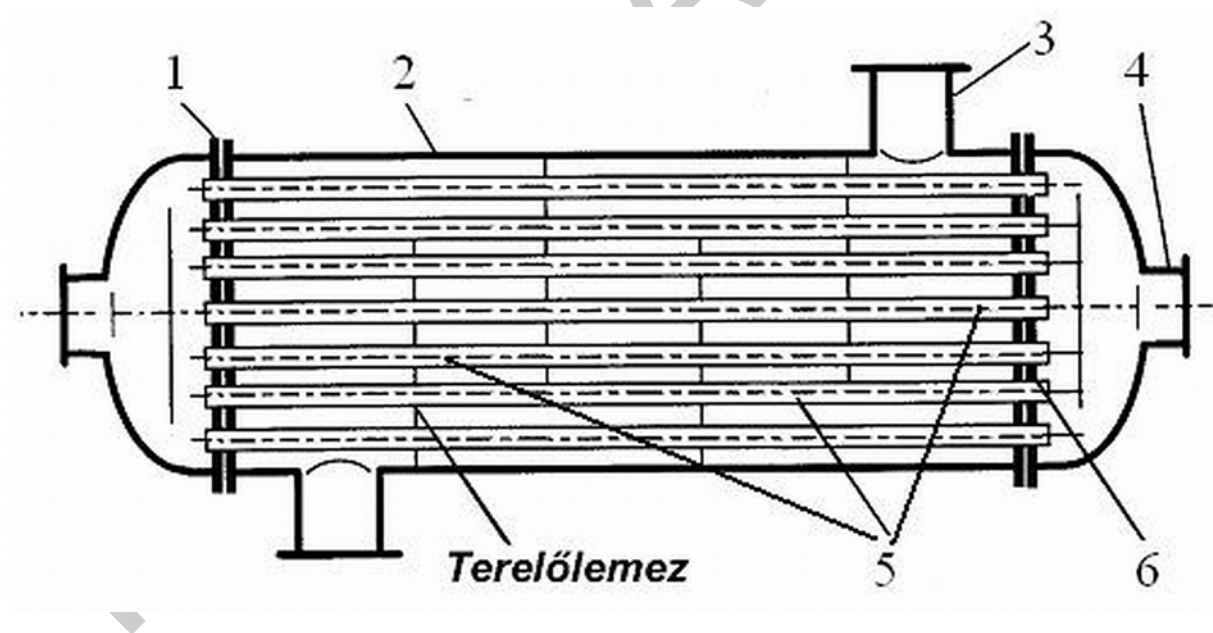
Oldja meg a következő feladatokat!

1. feladat

Az alábbi ábrán egy hőcserélő látható. Nevezze meg a hőcserélőt! Írja le a számokkal jelölt szerkezeti egységek megnevezését!

Mi a célja a terelőlemezeknek?

Hol vezetjük a meleg és a hideg anyagot? Mi indokolja a megoldást?



A hőcserélő neve: _____

Szerkezeti egységei: _____

1 _____

2 _____

3 _____

4 _____

5 _____

6 _____

A terelőlemezek célja: _____

A meleg anyag vezetése általában a _____

A hideg anyag vezetése általában a _____

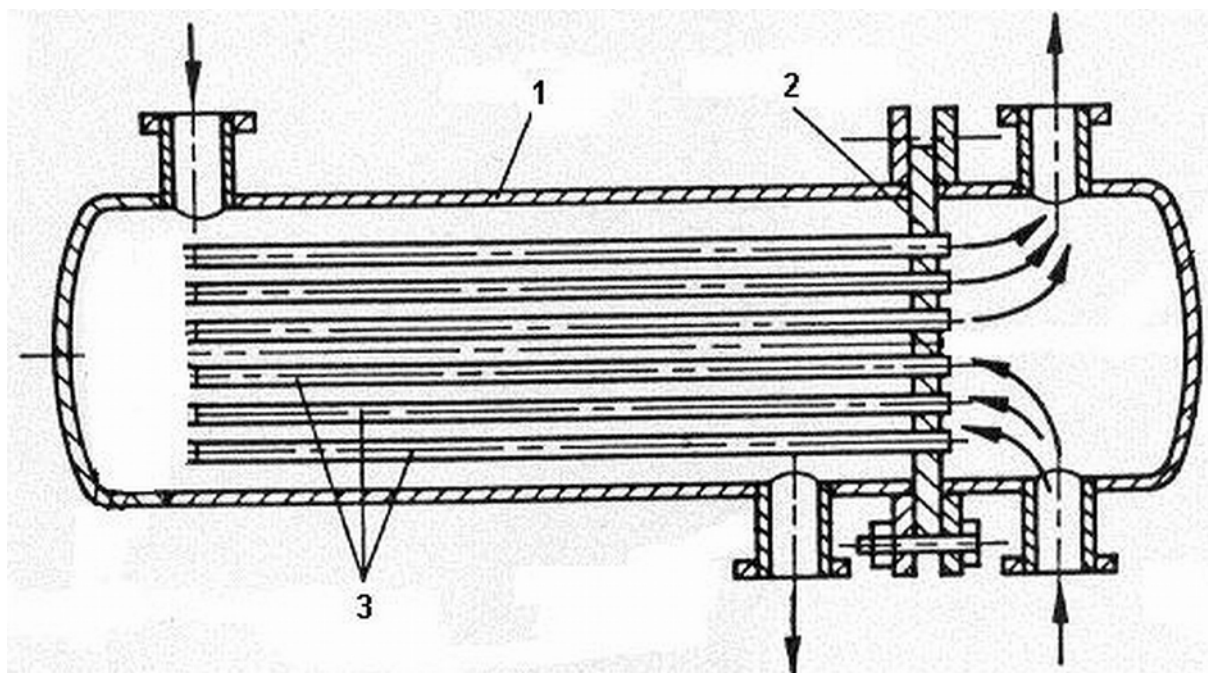
Indoklás: _____

2. feladat

Az alábbi ábrán egy hőcserélő hiányos kialakítása látható.

Egészítse ki a rajzot!

Nevezze meg a hőcserélőt! Írja le a számokkal jelölt szerkezeti egységek megnevezését!



19. ábra. Hőcserélő vonalas vázlata

A hőcserélő neve: _____

Szerkezeti egységei: _____

1 _____

2 _____

3 _____

Megoldás

1. feladat

A hőcserélő neve: **merevcsöves csőköteges hőcserélő**

Szerkezeti egységei:

1 karimás kötés

2 köpeny

3 köpenyoldali csőcsonk

4 fedéloldali csőcsonk

5 csőköteg

6 csőkötegfal

A terelőlemezek célja a köpenyben a **folyadék áramlás irányítása**, illetve elősegíti a csőköteg rögzítését

A meleg anyag vezetése általában a **csövekben történik**

A hideg anyag vezetése általában a **köpenytérben történik**

Indoklás: kisebb a hőveszteség

2. feladat

Rajzi kiegészítés a 16. ábra szerint

A hőcserélő neve: **hajtűcsöves csőköteges hőcserélő**

Szerkezeti egységei:

1 köpeny

2 csőköteg

3 csőkötegfal

ÖNELLENŐRZŐ FELADATOK

1. feladat

Sorolja fel a felületi hőcserélők típusait!

2. feladat

Sorolja fel a duplikátor szerkezeti egységeit! Ismertesse szóban a működését!

Mi a feladata a légtelenítő csornaknak?

Fűtés esetén hol vezetjük be a fűtőgőzt és hol vezetjük el a kondenzvizet? Hűtés esetén hol vezetjük be, illetve ki a hűtővizet?

A duplikátor szerkezeti egységei: _____

A légtelenítő csornk feladata: _____

A fűtőgőz bevezetése: _____

A kondenzvíz elvezetése: _____

A hűtővíz bevezetése: _____

A hűtővíz kivezetése: _____

3. feladat

Sorolja fel a merevcsöves hőcserélő szerkezeti egységeit! Ismertesse szóban a működését!

Hol vezetjük a készülékben a meleg és a hideg közeget?

A merevcsöves hőcserélő szerkezeti egységei: _____

A meleg közeg vezetése: _____

A hideg közeg vezetése: _____

4. feladat

Írja le, milyen gondot okoz a merevcsöves csőköteges hőcserélő üzemeltetésében a köpenyben és a csövekben áramló anyag hőmérséklet-különbsége? Milyen megoldásokkal lehet a merevcsöves csőköteges hőcserélő káros deformációit kiküszöbölni?

5. feladat

Töltse ki az alábbi táblázatot! Írja táblázatban szereplő szöveg mellé annak a hőcserélőnek a nevét, amelyre a meghatározás leginkább jellemző! Írja le a harmadik oszlopba, hogy a tulajdonság a hőcserélő előnye vagy hátránya!

A hőcserélő jellemző tulajdonsága (előnye, hátránya)	A hőcserélő neve	Előny vagy hátrány
A csövek külső felülete a csőköteg kihúzása után könnyen tisztítható		
A legegyszerűbb szerkezeti kialakítású		
A csövek tágulása esetén a csőköteggel és a fordulókamra szabadon elmozdulhat		
A köpeny és a csőköteggel kapcsolódása miatt a különböző mértékű hőtágulás nem biztosítható		
A csövek belsejének tisztítása nehézkes		
Különböző méretű csöveket kell készíteni		
A kamrák leszerelése után a csövek mind kívülről, mind belülről tisztíthatók.		
A legbonyolultabb szerkezeti kialakítású		

MEGOLDÁSOK

1. feladat

Duplikátor, Merevcsöves csőköteges hőcserélő, Hajtűcsöves csőköteges hőcserélő, Úszófejes csőköteges hőcserélő

2. feladat

A duplikátor szerkezeti egységei:

Külső köpeny, belső köpeny, fedél, gőzbevezető csomak, kondenzcsomak, légtelenítő csomak, leeresztő csomak

A légtelenítő csomak feladata: **a köpenytérből a levegő eltávolítása**

A fűtőgőz bevezetése fölül, a gőzcsomakon keresztül történik

A kondenzvíz elvezetése alul, a kondenzcsomakon keresztül történik.

A hűtővíz bevezetése alul történik

A kondenzvíz elvezetése fölül történik.

3. feladat

A merevcsöves hőcserélő szerkezeti egységei: köpeny, csőköteg, csőkötegfal, csőcsomakok, fedelek.

A meleg anyag vezetése általában a **csövekben történik**

A hideg anyag vezetése általában a **köpenytérben történik**

4. feladat

A nagy hőmérséklet-különbség hatására a hőcserélőben deformáció jöhet létre.

A deformáció kiküszöbölésére alkalmas megoldások:

Hajtűcsöves vagy úszófejes csőköteges hőcserélő alkalmazása

5. feladat

A hőcserélő jellemző tulajdonsága (előnye, hátránya)	A hőcserélő neve	Előny vagy hátrány
--	------------------	--------------------

A csövek külső felülete a csőköteg kihúzása után könnyen tisztítható	Hajtűcsöves hőcserélő	Előny
A legegyszerűbb szerkezeti kialakítású	Merevcsöves csőköteges hőcserélő	Előny
A csövek tágulása esetén a csőköteggel és a fordulókamra szabadon elmozdulhat	Úszófejes hőcserélő	Előny
A köpeny és a csőköteggel kapcsolódása miatt a különböző mértékű hőtágulás nem biztosítható	Merevcsöves csőköteges hőcserélő	Hátrány
A csövek belsejének tisztítása nehézkes	Hajtűcsöves hőcserélő	Hátrány
Különböző méretű csöveket kell készíteni	Hajtűcsöves hőcserélő	Hátrány
A kamrák leszerelése után a csövek mind kívülről, mind belülről tisztíthatók.	Úszófejes hőcserélő	Előny
A legbonyolultabb szerkezeti kialakítású	Úszófejes hőcserélő	Hátrány

IRODALOMJEGYZÉK**FELHASZNÁLT IRODALOM**

Bertalan Zsolt–Csirmaz Antal–Szabó László–Uhlár Zoltán: Műszaki ismeretek, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1999.

AJÁNLOTT IRODALOM

Wong, H.Y.: Hőátadási zsebkönyv, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1983.

Ciborowski, J.A.: A vegyipari műveletek alapjai. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1969.

A(z) 2047–06 modul 029–es szakmai tankönyvi tartalomeleme
felhasználható az alábbi szakképesítésekhez:

A szakképesítés OKJ azonosító száma:	A szakképesítés megnevezése
52 524 01 0000 00 00	Kőolaj- és vegyipari géprendszer üzemeltetője
54 524 02 1000 00 00	Vegyipari technikus

A szakmai tankönyvi tartalomelem feldolgozásához ajánlott óraszám:
20 óra

MUNKANYAG

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