

SZAKDOLGOZAT

Kovács Zoltán
Gépészmérnöki szak

Gödöllő
2023



**Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
Szent István Campus
Gépészmérnöki Szak**

IPARI HŐCSERÉLŐK TERVEZÉSE ÉS KIVITELEZÉSE

Belső konzulens: Hermanucz Péter
tanársegéd
Külső konzulens: Kiss László
ügyvezető
Készítette: **Kovács Zoltán**
KKEMV0
tagozat (levelező)
Intézet/Tanszék: Folyamatmérnöki Intézet
Épületgépészet Tanszék

**Gödöllő
2023**

MŰSZAKI INTÉZET BSC ALAPSZAK
épületgépészet szakirány
SZAKDOLGOZAT
feladatlap

Kovács Zoltán (KKEMV0)

részére

A diplomadolgozat címe: Hőcserélők gyártása és kivitelezése.
Kiindulási adatok: Általános épületgépészeti hőcserélők.

Témavázlat:

1. Hőcserélők szakirodalmának áttekintése
2. Hőcserélők méretezése
3. Hőcserélő gyártásának bemutatása és elemzése
4. Több kivitelezésű hőcserélő bemutatása, tervezése, számítások elvégzése és ezek összehasonlítása egy adott feladatra
5. Eredmények ismertetése, következtetések megfogalmazása
6. Összefoglalás

Közreműködő tanszék: Műszaki Menedzsment

Külső konzulens: *Kiss László egyéni vállalkozó okl. gépészmérnök, hőerőgépész energetikai szakmérnök abszolutorium.*

Belső konzulens: *Hermanucz Péter, MATE, Műszaki Intézet*

Beadási határidő: 2023. 05. 02 .

Gödöllő, 2023.

Jóváhagyom

Átvettem

(tanszékvezető)

(szakfelelős)

(hallgató)

A dolgozat készítőjének külső konzulense nyilatkozom arról, hogy a hallgató az előre egyeztetett konzultációkon megjelent.

Gödöllő, 2023. április hó 20 nap

(külső konzulens)

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés	5
2. Hőcserélők	6
2.1 Hőcserélők működési elv alapján	8
2.2 Hőhordozó közeg áramlási iránya alapján	11
3. Áramlástan ismeretek	14
4. Hőközlés	15
4.1. Hővezetési tényező	16
5. Méretezési alapelvek	16
6. Alapadatok és méretezés	18
6.1. Alapadatok	18
6.2. Hegesztett lamellás bordácső adatai	20
6.3. Hőcserélő Bosnjakovic- Φ -jének számítása	25
6.4. A csövek külső α meghatározása	29
6.5. A csöveken belüli hőátadás és Δp számítása	31
6.6. Reynolds-szám meghatározása	33
6.7. Nusselt szám meghatározása	33
6.8. Méret és ellenőrző számítások	36
6.9. Összehasonlító számítás	38
7. Hőcserélő konstrukciós tervezése és gyártása	40
8. Beépítés során tapasztaltak	45
9. Megtérülési idő	48
10. Összefoglalás	50
Irodalomjegyzék	52
Mellékletek	55
SZAKDOLGOZAT TARTALMI KIVONATA	76
ABSTRACT OF THE THESIS	77

1. Bevezetés

Az emberiség történelmi hajnalának kezdetekor, a túlélés kulcsát jelentette, hogy megfelelő hőmérsékletet tudjon elérni otthonaikban, alvóhelyeiken. Mivel az állatoktól eltérő módon, testünkön nem található egybefüggő szőrzet, így a hideg ellen ruházattal és egyéb módokon kellett védekeznünk. A tábortűz nagyobb közösségekben nem volt jól használható, hiszen tűzveszélyes volt, így elkezdtek kialakulni a különböző egyszerűbb fűtések, de ezekhez is több száz évnél kellett eltelnie. Elsőnek nyílt lángú tüzelésként a barlangokban, lakóhelyiségekben fűtöttek az emberek nappal, majd éjszaka a leégett tüztér hamuját elkotorták és a felmelegedett kőre vagy földre feküdtek. Mivel a füst így gyakran ellepte az életteret, így a kültérre vitték át a tüzet és csak az izzó parazsat vitték be a lakóhelyiségekbe. Ahogy fejlődött az emberiség, egyre több időt akart a lakóhelyén tölteni, így ezek a megoldások nem voltak megfelelőek. A fejlődés következő lépcsője az volt, hogy tároló edényekhez hasonló kis tüztereket hoztak létre, amelybe izzó parazsat téve fűtötték fel az életterüket. Ezeket agyagból, kőből majd a későbbiekben bronzból készítették. Mivel rájöttek, hogy az égés során keletkező füst akár halálos is lehet, így megpróbálták azt elvezetni, amely során elkészültek az első kandallók. Ezzel a módszerrel egy viszonylagosan biztonságos megoldást találtak fel a fűtésre (Gázör, 2022).

Az idő előrehaladtával az emberiség tovább fejlődött és ahogy egyre többen lettünk, elkezdődtek nagyobb települések alakulni és a tűzveszély miatt célszerű volt eltávolítani az égőtérket a helyiségből. A római nagy településeken kidolgozták az első központi fűtésrendszereket idősámításunk előtt kb. 100 évvel. Ezt úgy érték el, hogy az égésteret áttették az épület alá és a padlózatban, valamint az oldalfalakban kialakított zárt üregekben vezették el a füstgázt. Ezek a rendszerek állnak legközelebb a mai modern fűtési rendszereinkhez. Ahogy nőtt a népesség és egyre nagyobb városok jöttek létre, egyre fontosabbá vált, hogy minél kevesebb füsttel minél több hőenergiát tudjunk kinyerni, mert kezdtek a városok élhetetlen helyekké válni. Ez a probléma vezetett el a hőcserélők, hővisszanyerő szerkezetek feltalálásáig (Földgáz, 2022)

Napjainkban kiemelten fontos szempont lett az energiafogyasztás csökkentése, mivel oly mértékben nőtt az emberek száma, ami már képes komoly mértékben befolyásolni a teljes bolygó életét. A mai épületgépészet már szinte elképzelhetetlen hőcserélők nélkül, hiszen mind a korszerű fűtésnek, mind a korszerű hűtésnek rendelkeznie kell vele.

A világszinten folyamatosan növekvő energiaárak, valamint a hazai jogszabályok energiahatékonyság felé mutatása miatt még nagyobb szerepet fognak kapni a jövőben a minőségi, jó hatékonyságú hőcserélők, hővisszanyerők.

A szakdolgozatomban egy bicskei üzem energetikai fejlesztéssorozatának keretében a füstgáz hővisszanyerőjének tervezését, méretezését, gyártását és beüzemelését fogom demonstrálni.

2.Hőcserélők

Hőcserélők: „A hőcserélők olyan berendezések, amelyek a hőt valamely magasabb hőmérsékletű hőhordozótól egy másik, alacsonyabb hőmérsékletű hőhordozóhoz közvetítik.” (Dr. Benedek Zoltán, 1988)

A hőcserélőkben sokféle hőtani folyamat mehet végbe: elgőzölgés, hőmérsékletváltozás, kondenzáció, dermedés. Lehetnek továbbá kombinált fizikai folyamatok, amelyeknél a részt vevő közegek száma kettőnél is több lehet. A hőfelvevő és hőleadó közeget hőhordozónak nevezzük. A hőcserélőkkel a modern élet minden részén találkozunk: járművekben (vízhűtő, olajhűtő), léghűtő berendezésekben, erőművekben és fűtési rendszerekben is egyaránt. Ennél fogva több szempont alapján csoportosítjuk őket (Dr. Benedek Zoltán, 1988) .

A közvetett hőátadást megvalósító felületi hőcserélők regenerátor vagy rekuperátor jellegűek lehetnek. A regenerátorok lehetnek szakaszos és folyamatos üzeműek. A szakaszos üzemű regenerátorokat rendszerint párosával használják. A hőleadó és a hőfelvevő közeg váltakozva áramlik keresztül egy hőtároló betéten. A ciklus egyik szakaszában a hőleadó közeget áramoltatjuk át rajta, így a betét felmelegszik. A második szakaszban a hőfelvevő közeget engedjük át, amely a meleg betéttől fölmelegszik. Ezalatt a párhuzamosan kapcsolt másik készülékben a ciklus ellentétes lépéseit hajtjuk végre. Folyamatos üzemű regenerátor például a lég- és klimatechnikában használatos forgódobos hővisszanyerő hőcserélő. Ipari jelentősége inkább a csöves vagy lemezes szerkezetű, folyamatos közvetett érintkezést megvalósító, rekuperátor elvű hőcserélőnek van (Bertalan Zsolt, 2012)

A hőcsere hajtóereje a hőmérsékletkülönbség, tehát az elválasztó fal két oldala között mindenhol különböznie kell a hőmérsékletnek. A fal mentén haladó anyag hőmérséklete különbözőképpen változhat a belső oldalon és a külső oldalon. Ezért a hőcsere hőmérsékletkülönbsége pontról pontra változhat. A hőcserélőben a hőmérséklet változását a hőfoklefutási diagram segítségével ábrázolhatjuk.

A rekuperátorok olyan készülékek, amelyekben a hőcserében részt vevő közegek mindegyike egyidejűleg áramlik a készülékben, és a hőleadás a hőfelvétellel egy időben megy végbe (Dr. Örvös, 2016).

A rekuperátorokat a vegyipar és az élelmiszeripar minden területén alkalmazzák, és természetesen más iparágakban (feldolgozóipar, fémipar, könnyűipar stb.) is általánosan elterjedt műszaki eszközök. Felépítésüket tekintve:

- tartály jellegű, közvetlenül érintkeztető vagy duplikátoros készülékek, gyakran keverővel,
- toronyszerű, nagy felületű, vízzel és levegővel működő építmények,
- csöves jellegű, közvetett hőátvitelt biztosító berendezések,
- csővel és tartállyal kombinált berendezések lehetnek.

Az alkalmazás köre szerint fűtésre, hűtésre, halmazállapot-változtatásra, energiahasznosításra használhatók

Szerkezeti kialakításuk szerint lehetnek:

- Csöves hőcserélők: csőköteges hőcserélők, cső a csőben (kettőscsöves) hőcserélők.
- Lemezes hőcserélők
- spirállemezes hőcserélők
- bordáscsöves hőcserélők
- különleges hőcserélők: lamellás hőcserélő, nem fémes szerkezeti anyagú hőcserélők, hőcsöves hőcserélő.

Rendeltetésük alapján lehetnek: Kondenzátorok, gőzfejlesztők, hevítők stb.

Működési elv alapján lehetnek: felületi és keverő (közvetlen érintkezésű, kontakt) készülékek.

A bennük áramló közeg halmazállapota szerint:

- Folyadék-folyadék,
- folyadék-gáz /gőz,
- gáz-gáz.

Valamint a hőhordozó közeg az elválasztó felület mentén egymáshoz képest milyen irányban áramlanak:

- egyenáramú hőcserélő,

- ellenáramú hőcserélő,
- keresztáramú hőcserélő,
- vegyesáramú hőcserélő.

(Dr. Pálfi , 1986)

A hőcserélőket a hőhordozó közegtől és a hőmérséklettől függően gyárthatják fémből (acélok, réz stb.) vagy nem fémes anyagokból (műanyag, grafit, porcelán stb.). A szerkezet kialakításánál minden esetben figyelembe kell venni az alkalmazott szerkezeti anyagokat. Általános követelmény a hőcserélők tervezése és gyártása során a jó hőátadási tényező, a kis hidraulikai ellenállás, az egyszerű szerkezeti felépítés. További szempont, hogy a szerkezeti kialakításuknál lehetőség szerint igyekezzünk a hőátadó felületek eltömődésének és elkoszolódásának megakadályozását, (például: szűrők, leválasztók betervezése), mivel a szennyeződések nagymértékű hatáskromlást okozhatnak. Abban az esetben, ha az elkoszolódás, eltömődés nem akadályozható meg, szerkezeti kialakításnál fontos tényező lesz a takaríthatóság (Bertalan Zsolt, 2012) (Dr. Pálfi , 1986).

A hőcsere folyamatát a résztvevő anyagok hőtartalom-változásával (entalpia-változás) jellemezzük. A hőcserélőben bármely anyag által leadott vagy felvett hőmennyiség (vagy hőtéljesítmény) a tömeg (vagy tömegáram) és a fajlagos hőtartalomváltozás szorzataként számítható ki J (vagy W) egységben. (H.Y.Wong , 1983)

2.1 Hőcserélők működési elv alapján

Keverő hőcserélő (közvetlen hőcserélő): A hőcserélőben a két közeg nincs fizikálisan elválasztva egymástól, egymással keverednek és a hőcsere közvetlen érintkezés útján megy végbe. Általában nagy hőkapacitásúak. A keverő hőcserélők abban az esetben használhatóak, ha a hőcserélőben részt vevő közegek keveredése nem káros vagy a kevert közegek könnyen elválaszthatóak egymástól. A melegebb közeg lehűl, a hidegebb közeg felmelegszik, a két közeg azonos hőmérsékletű lesz. Ilyen eset például amikor hideg és meleg vizet keverünk össze. (Dr. Pálfi , 1986)

A közvetlen hőcsere ipari alkalmazása:

- víz, vagy vízzel elegyedő folyadék lehűtése másik – elegyedő – folyadékkal;
- víz vagy vizes oldat melegítése közvetlen gőzbevezetéssel;
- gőz kondenzációja közvetlen vízbekeveréssel;

- víz lehűtése levegő áramban, részleges párologtatással (Cséfalvay Edit, 2008)

Példák az ipari alkalmazásokra és alapegyenletek felírása.

A keverő hőcserélők alapegyenlete, hőmérlege folyadék-folyadék esetén:

$$c \cdot m_1 \cdot t_1 + c \cdot m_2 \cdot t_2 = c \cdot (m_1 + m_2) \cdot t$$

c a folyadék átlagos fajhője, J/(kg·°C); m_1 a meleg folyadék tömegárama, kg/s; m_2 a hideg folyadék tömegárama, kg/s; t_1 a meleg folyadék hőmérséklete, °C; t_2 a hideg folyadék hőmérséklete, °C; t a közös hőmérséklet, °C. (a két folyadék fajhője azonos)

A keverő hőcserélők alapegyenlete, hőmérlege folyadék-gőz esetén:

$$m_G \cdot (c \cdot t_{Gf} + \Delta h_G) + m_V \cdot c \cdot t_V = (m_G + m_V) \cdot c \cdot t_K$$

[J] vagy [kJ], ahol m_G a fűtőgőz, m_V a víz mennyisége, c a folyadék átlagos fajhője, J/(kg·°C), t_{Gf} a gőz forrásponti hőmérséklete a befűvés gőznyomásán, Δh_G a gőz párolgáshője, t_V a víz hőmérséklete, és t_K a közös hőmérséklet a művelet végén (Szabó, Közvetlen, keverő hőcserélés és berendezései, 2008).

A barometrikus keverőkondenzátornál a gyakorlatban a légkörinél általában nagyobb nyomású gőz előbb kondenzál a folyadékban, majd tovább hűl, a közös hőmérsékletig.

$$p = h \cdot \rho \cdot g$$

ahol a p a nyomást [bar], h a magasságot [m], ρ a sűrűséget [kg/m³], g pedig a nehézségi gyorsulást [m/s²] jelenti.

A berendezést vákuumban működő bepárlókészülékek pára-kondenzátoraként használják. A bepárlóból érkező oldószergőz a hosszúkás készülékben elhelyezett csepegtető tálcákon érintkezik a hűtővízzel. A víz a kondenzátummal együtt az ejtőcsőbe kerül, amelyben a szívócsőhöz vagy pipettához hasonló módon a vákuummal egyensúlyt tart a folyadékoszlop magassága.

A légkörinél kisebb p nyomást, azaz vákuumot külön vákuumszivattyú állítja elő. Az ejtőcső mindig csak annyi folyadékot enged a rendszerből kifolyjni, amennyi a vákuum által meghatározott vízoszlop magasságot megnövelné. Így alkalmas a pára-kondenzátum folyamatos elvezetésére. (Bertalan Zsolt, 2012)

A hűtőtorony:

Nagymennyiségű víz lehűtésére alkalmazzák, részben a hideg levegő hűtőhatása, de még inkább a levegő párologtató tulajdonsága felhasználásával. A hűtőtorony lehet nyitott és zárt rendszerű. A nyitott hűtőtoronynál a hűtőlevegő közvetlenül érintkezik a lehűtendő vízzel. A zárt rendszerű hűtőtoronynál a hűtendő víz egy hőcserélőben kering, míg a hűtőlevegő a hőcserélő külső – rendszerint bordázott – oldalán áramlik. A hűtőlevegő hőmérséklete csökkenthető, ezáltal a hűtőhatás növelhető víz beporlasztásával (adiabatikus hatás). A hőerőművekben kondenzációhoz, vegyi gyárakban nagymennyiségű hűtővíz előállításához és a hűtési feladat elvégzése utáni regenerálásához használják. A hűtőtorony egy tölcser alakú cső, amelyben a felfelé áramló levegő – Bernoulli törvénye értelmében - felgyorsul, nyomása csökken. A nyomáscsökkenés hatására a bevezetett meleg víz egy része elpárolog, és gőz formájában a levegőhöz keveredik. (Bertalan Zsolt, 2012)

A párologáshoz szükséges hőenergiát a lényegében adiabatikus rendszer részben a levegőtől, de főleg magától a melegebb víztől vonja el, aminek következtében a víz el nem párologó része lehűl. A hideg, újra felhasználható víz egy medencében gyűlik össze, ahonnan szivattyú továbbítja a további felhasználási helyére. A levegő áramlása és így a hűtőhatás ventilátorral fokozható (Cséfalvay Edit, 2008)

Felületi hőcserélő (közvetett hőcserélő): A hőátadási folyamat során a hőhordozók egymástól egy szilárd fallal, térben elválasztva áramolnak. Ebben az esetben a hőközlés, valamint a hőelvonás egy elválasztófalon keresztül történik, így a hőközlés közvetett. A hőátbocsátás esetén a hőközlés két közeg között végbemenő folyamat egy falon keresztül. Az egyik közeg hőátadással melegíti a falat, a falban hővezetéssel terjed a hő, ahonnan a másik oldalon a fal ismét hőátadás formájában adja át a hőt egy másik közegnek. (Bertalan Zsolt, 2012)

A hőátadást befolyásoló tényezők:

- A fal egyik oldalán a közegre jellemző hőátadási tényező (α_1)
- A fal egyik 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: $Q = k \cdot A \cdot \Delta t$

Q az egyik közegből a másik közegbe a falon keresztül át bocsátott hő, W; k a hőátbocsátási tényező, W/(m²·°C); Δt a melegebb és a hidegebb közeg hőmérsékletkülönbsége, °C.

A hőátbocsátási tényező: $k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{s}{\lambda_s} + \frac{1}{\alpha_2}}$

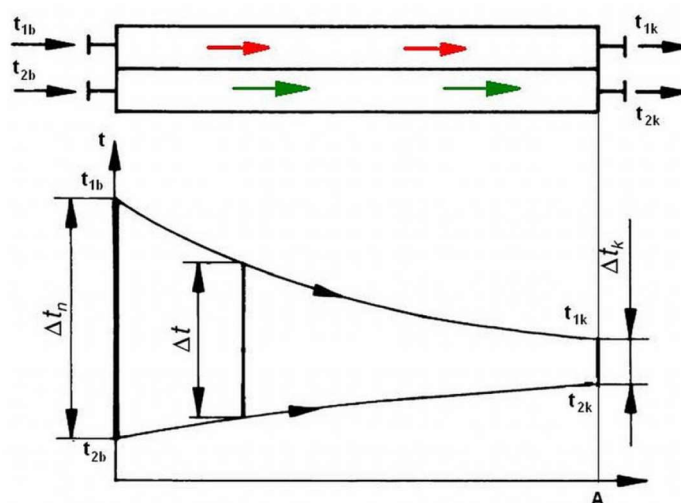
k a hőátbocsátási tényező, $W/(m^2 \cdot K)$, vagy $W/(m^2 \cdot ^\circ C)$; α_1 az egyik közeg hőátadási tényezője, $W/(m^2 \cdot K)$, vagy $W/(m^2 \cdot ^\circ C)$; α_2 a másik közeg hőátadási tényezője, $W/(m^2 \cdot K)$, vagy $W/(m^2 \cdot ^\circ C)$; s a falvastagság, m ; λ_s a fal anyagának hővezetési tényezője, $W/(m \cdot K)$, vagy $W/(m \cdot ^\circ C)$ (Dr. Örvös Mária, 2016).

Az ipari hőcsere legegyszerűbb formája a folyadékok közötti közvetett hőátadás. Megkülönböztetünk statikus hőcserét és dinamikus, áramló közegek között végbemenő hőcserét. Mindkét esetben a hőátadás szilárd falon keresztül megy végbe. A melegebb folyadék a hőenergiájának egy részét a hőcserélő falán keresztül átadja a "túloldalon" lévő hidegebb folyadéknak. (Bertalan, Uhlár, 2012)

A statikus hőcsere legegyszerűbb készülékei az állóhengeres tartályok, amelyet vagy egy "termosz-szerű" külső köpenyből vagy a tartályban elhelyezett csőkigyóból fűtenek, illetve hűtenek. A fűtő közeg lehet folyadék vagy gőz, a hűtő közeg pedig rendszerint folyadék.

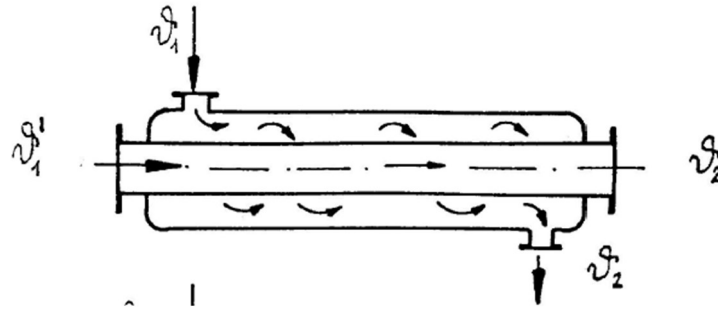
2.2 Hőhordozó közeg áramlási iránya alapján

Egyenáramú hőcserélő: A felület mindkét oldalán azonos irányba áramolnak a közegek. Mindkét közegnek a hőmérséklete a fal mentén változik, de állandósult úgynevezett stacioner üzemben az időtől függetlenül, ugyanabban a pontban állandó marad. A gyakorlatban rossz hatékonyság jellemzi. A felület mentén a hőmérsékletváltozás logaritmikus jellegű (Szabó, Közvetlen, keverő hőcserélés és berendezései, 2008).



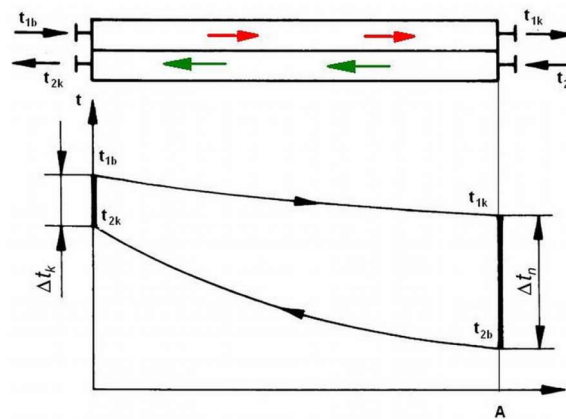
1. ábra Egyenáramú hőcserélő hőfokleadási diagramja (Szabó, Közvetlen, keverő hőcserélés és berendezései, 2008).

Egyenáramú hőcserélő lehet például a csőköteges hőcserélő. Akkor alkalmazzuk az első ábrán látható bekötést, ha túl magas vagy alacsony lemezfal hőmérséklete károsítaná a hidegre vagy melege érzékeny folyadékokat.



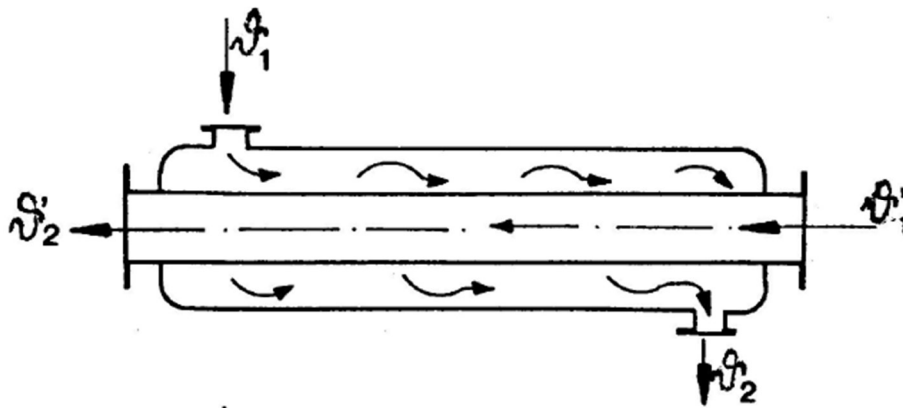
2. ábra Egyenáramú hőcserélő elvi rajz (dr. Fonyó Zsolt, 2004)

Ellenáramú hőcserélő: Az elválasztó felület két oldalán ellentétes irányba, szembe áramolnak a közegek. A gyakorlatban az egyenáramnál jobb hatásosság jellemzi. Többségében a lemezes hőcserélőknél leginkább az ellenáramú bekötést alkalmazzák. Ezzel a bekötéssel keresztezhetők a be- és kilépő hőmérsékletek, és nagyobb hőmérséklet-közelítés érhető el. Hatásosság szempontjából mérvadó a hőcserélő felületének nagysága (Dr. Pálfi , 1986).



3. ábra Ellenáramú hőcserélő hőfokleadási diagramja (Szabó, Közvetlen, keverő hőcserélés és berendezései, 2008)

Ellenáramú hőcserélő a műszaki gyakorlatban rendszerint az ellenáramú hőcserélőt alkalmazzák, mert az adott hőátadási feladat ezzel az áramlási rendszerrel oldható meg a leghatékonyabban és a leggazdaságosabban. Ezzel a bekötéssel nagyobb hőmérséklet közelítés érhető el, mint az egyenáramú bekötés esetén (Szabó, Közvetlen, keverő hőcserélés és berendezései, 2008).



4. ábra Ellenáramú hőcserélő elvi rajz (dr. Fonyó Zsolt, 2004)

Keresztáramú hőcserélő: Az elválasztó felületen két oldalán kereszt irányba áramolnak a közegek. Jobb hőátadási viszonyok biztosítása érdekében esetenként több járatot célszerű kialakítani.

Hatásossága az egyenáramú és az ellenáramú hőcserélő között van. Gyakran esetben levegő-levegő típusú hőcserélőknél alkalmazzák. A két közeg egymástól fallal van elválasztva, nem keveredik a két közeg. Leggyakrabban szellőztető rendszerekben levegő fűtésére vagy hűtésére vagy hővisszanyerésre alkalmazzák.

Keresztáramú hőcserélő például a lég- és klímatechnikában gyakran alkalmazott kalorifer, amely folyadék oldalról rendszerint több járatú.



5. ábra Keresztáramú hőcserélő elvi (Bertalan Zsolt, 2012)

Vegyesáramú hőcserélő: Az említett típusok kombinációját foglalja magába ez a módszer. A leggyakrabban használt hőcserélő típus a gyakorlatban. A hőmérsékletkülönbség középértékének kiszámítása igen bonyolult, ezért az ellenáramra érvényes t_k korrigált értéket használjuk fel ezen hőcserélők számításánál (Dr. Benedek Zoltán, 1988).

Az 1. számú táblázat a hőcsere a fenti különböző technikai típusait foglalja össze.

Hőcsere	Típus	Készülék	Felhasználási terület
Folyadékok vagy gázok melegítése, hűtése folyadékkal	Közvetett , halmazállapot változás nélkül	Duplikátoros tartály vagy csököteges hőcserélő	Alapanyagok előmelegítése, oldódás növelése, reakciósebesség növelése, termékek lehűtése, hulladékhő hasznosítás.
Folyadékok vagy gázok melegítése gőzzel, gőzök kondenzációja	Közvetett , a hőhordozó halmazállapotának megváltozásával	Duplikátoros tartály vagy csököteges hőcserélő	Folyadékok melegítése kazánban előállított vízgőzzel. Betáplálás előmelegítése, bepárlásból vagy desztillálóból érkező párlat kondenzációja.
Folyadékok elpárologtatása, forralás	Közvetett , a hőfelvevő halmazállapotának megváltozásával	Csököteges hőcserélő, vagy függőleges elrendezésű, ejtőcsővel szerelt forraló.	Folyadékok forralása, elpárologtatása bepárláshoz, desztillációhoz vagy kristályosításhoz.
Levegő melegítése	Közvetett	Csököteges vagy lemezes hőcserélő kalorifer	Levegő melegítése szárításhoz vagy fűtéshez
Barometrikus keverőkondenzátor	Közvetlen	Csökkentett nyomáson (vákuum) tüzelő, tálcás, speciális készülék	Vákuum-bepárló utolsó fokozatában keletkező gőzök kondenzációja közvetlen vízérinkezéssel, hidrosztatikai elven működő készülékben.
Ipari hűtőtorony	Közvetlen	Torony vagy kamra kialakítású áramlástechnikai készülék	Nagyobb tüzelők hűtővíz ellátását biztosító berendezés, amelyben a vizet levegővel, a párologtatás által okozott hőelvonás révén hűtik.
Ipari sólé előállítás	Közvetett	Kompresszoros vagy abszorpciós hűtőrendszer	Ipari sóoldat hűtése azzal a céllal, hogy a hideg folyadék más rendszerekben technológiai hűtőanyagként használható legyen.

1. számú táblázat (Bertalan Zsolt, 2012)

3. Áramlástan ismeretek

A nyomás fogalma:

„Nyugvó folyadékokban alapvető jellemző a bennük uralkodó nyomás. A nyomás az egységnyi felületre eső, a felületre merőleges nyomóerő, vagy másként fogalmazva, a merőleges nyomóerő és a felület hányadosa (Lajos Tamás, 1992).”

$$p = \frac{F}{A}$$

A nyugvó folyadékokban csúsztató feszültségek ritkán lépnek fel, newtoni folyadékok esetében pedig soha. Nyugvó folyadékban csak nyomásból származó feszültségek fordulnak elő. A nyomás skalármennyiség, amely a legtöbb esetben a hely és az idő függvénye (Dr. Pattantyús, 1959).

A nyomásból származó nyomóerőt legáltalánosabb esetben a

$$\underline{F} = - \iint_A p \cdot \underline{dA}$$

kifejezéssel adhatjuk meg. "A" felületi normális " \underline{dA} " a felületből kifelé mutat a nyomóerő pedig csak nyomni tudja a felületet, tehát a felületre merőlegesen befelé irányul, ezért kell a negatív előjel az integráljel elé. Bizonyos esetekben a folyadék súlyából eredő nyomásváltozás elhanyagolható a folyadék belsejében uralkodó nyomáshoz képest (Dr. Gruber József, 1971)

A hőcserélő tervezésénél majd gyártásánál figyelembe kell venni a víz, illetve gőz táskák nyomása alapján a tasza falára nehezedő erőt, annak biztonságos és megfelelő kialakítása érdekében.

4. Hőközlés

Két különböző hőmérsékletű közegből a hő az alacsonyabb hőmérsékletű közegbe áramlik át, vagyis a hőcserélő hajtóereje a hőmérsékletkülönbség. A hőátadás mindaddig lehetséges, amíg egy vizsgált rendszerben nem lép fel egyensúlyi állapot. A melegebb részecskék részéről a hidegebb részecskéknek átadott energiaáram maga a hőáram (Alfalaval, 2023).

A hőközlésnek három formáját különböztetjük meg: a hővezetést, a hőátadást és a hősugárzást. A hővezetés esszenciája, hogy az energiacsere a test részecskéi közötti közvetlen érintkezés után megy végbe. A hőátadásnál hőszállítással, azaz konvekcióval állunk szemben. Lényege, hogy a hőenergia-átvitel nagyobb molekulacsoportok helyváltoztatása után történik. Hősugárzás esetén a testek közvetlenül nem érintkeznek, a hőenergia elektromágneses hullámok alakjában terjed (Bertalan Zsolt, 2012).

A hőcsere folyamatát a résztvevő anyagok hőtartalom-változásával (entalpia-változás) jellemezzük. A hőcserélőben bármely anyag által leadott vagy felvett hőmennyiség a tömeg (vagy tömegáram) és a hőtartalomváltozás szorzataként számítható ki J (vagy W) egységben. A hőátbocsátás folyamata három részből tevődik össze. Az első a fal egyik oldalán hőátadás.

A második a rész a falban lévő hővezetés. A harmadik rész a fal másik oldalán kialakuló hőátadás (Szabó, Közvetlen, keverő hőcserélés és berendezései, 2008).

4.1. Hővezetési tényező

A hővezetési tényező meghatározza, hogy mekkora hőmennyiség halad át adott időegység alatt egységnyi vastagságú, az áramlásra merőlegesen egységnyi felülettel bíró anyagon, egységnyi hőmérséklet hatására.

$$\lambda = \frac{\Delta Q}{\Delta \tau} \cdot \frac{1}{A} \cdot \frac{\Delta x}{\Delta T}$$

ahol Q – hőmennyiség [J], A – fal felülete [m²] $\Delta T/\Delta x$ – hőmérsékletgradiens, λ – hővezetési tényező [W/mK] τ - idő (Dr. Harmathy, 2020).

5. Méretezési alapelvek

Példaként füstgáz hőenergiájának hasznosítására szolgáló hőcserélő méretezését elemezzük.

A méretezés minden esetben egy alapos felméréssel kezdődik.

A felmérésnek tartalmaznia kell:

- A helyszínen található fűtő berendezés pontos típusát, a tüzelőanyag típusát
- A füstgáz hőmérsékletét (mért vagy a megrendelő által közölt)
- A füstgáz tömegáramát vagy ha az nem áll rendelkezésre, akkor mérésrel meg kell állapítani a füstgáz térfogatáramát, nyomását, és hőmérsékletét, amiből így meghatározható a füstgáz tömegárama
- A füstgáz összetételének meghatározása (amennyiben ez nem áll rendelkezésre akkor például a Bausoft kéményméretező programjával Sztöchiometria számítás elvégzése)
- A kívánt cél pontos meghatározása, hogy milyen célra kell a füstgáz hővisszanyerő berendezés, és milyen közeg melegítése a feladat (füstgáz-levegő vagy füstgáz-folyadék)

- A melegítendő közeg tulajdonságai (tömegárama, térfogatárama, hőmérséklete stb.), felhasználási célja, a jelenlegi rendszer tulajdonságai
- A helyszíni beépítéshez szükséges adatok (maximális méret, maximális tömeg, a kémény elhelyezkedése a tervezett hőcserélőtől, a helyszín adottságai, a mozgató és emelési lehetőségek)

A fentiek alapján el lehet indulni a kívánt hőcserélő pontos anyagösszetételével kapcsolatban, mivel az eddigi tapasztalatok alapján már feltételezhető, hogy szénacél, horganyzott vagy rozsdamentes kivitelű gyártmány lesz szükséges.

A méretezés során a begyűjtött információk alapján fontos, hogy a megrendelő részére a céljainak megfelelő, a helyszín fizikai adottságainak figyelembevételével meghatározásra kerüljön a hőcserélő típusa, az abban lévő hőátadó fajtája és méretei.

A csövek hossz méreténél figyelembe kell venni, hogy egy csőszál mérete 6 méter hosszú és lehetőleg hulladék nélküli legyen a felhasználás, vagyis egész számmal oszthatónak kell lennie.

A fenti adatok alapján megállapítjuk, hogy a milyen típusú készüléket kell gyártanunk.

Ezek alapján elkezdjük a méretezési számítások elvégzését.

6. Alapadatok és méretezés

6.1. Alapadatok

A Bicskei Vincotech Kft. KAZÉP MVK- 1000 melegvizes kazán energetika fejlesztése volt a feladatom füstgáz hővisszanyerő betervezésével. A kazán 1116 kW teljesítményű melegvizes kazán.

A hőcserélő beépítésének célja az energetikai hatékonyság fejlesztése. A meglévő fűtési rendszer visszatérő ágának előmelegítését fogja végezni. Az ipari létesítmény működés biztonsági szempontja miatt a meglévő kéményre egy új bypass ág kerül kialakításra, amely lezáró zsaluval rendelkezik, így ha bármilyen meghibásodás történik a hőcserélőn, azt kizárva továbbra is lehet használni a kazánt. Természetesen a hőcserélő üzeme alatt az eredeti „egyenes” ágat egy másik zsalu lezárja. A hőcserélő csőteréhez kapcsolódó fűtési visszatérő ág szintén lezárható a rendszerről bármilyen meghibásodás esetén.

A tervezett hőcserélő helye: az ipari létesítmény kazánhelyiségébe, az ott található galérián. A galéria szélessége 2 méter, felhasználható hosszúsága 4 méter, a magasság pedig 2,3 méter. A helyszín erősen beépített, az ott telepített eszközök mozgatása nem lehetséges. A helyszíni adottságok miatt legfeljebb egy targonca tudja az elkészült berendezést a helyére emelni.

Fontos megállapítani, hogy a kazánt csak fűtési célra használják, így az csak a fűtési szezon alatt működik.

A méretezéshez szükséges alapadatok a megrendelő által megadott adatok, amelyek az alábbi táblázatban találhatóak.

Változó neve	Érték	Dimenzió
rekuperátorba beáramló füstgáz hőmérséklete (T_{fgbe})	220	[°C]
kazánból származó füstgáz tömegárama ($m_{gáz}$)	0,526	[kg/s]
kazánból származó füstgáz térfogatárama ($V_{gáz}$)	1519,743	[m ³ /h]
rekuperátorba beáramló víz hőmérséklete ($T_{vízbe}$)	47	[°C]
Teljesítmény	1116	kW
Gázfogyasztás	127	m ³ /h
Hatásfok	93	%
Légellátási tényező	1,15	-

2. számú táblázat

A 2. számú táblázat alapján meghatározom a kémény méretező program segítségével a Sztöchiometria számítást 0 %-os kondenzációs értékkel.

Tüzelőanyag		Tüzelőberendezés	
Típusa: <input type="radio"/> Szilárd	Megjegyez	Teljesítmény: <input type="text" value="1116"/>	<input type="text" value="0"/> névleges kW
<input type="radio"/> Olaj	Módosít...	Hatásfok: <input type="text" value="93"/>	<input type="text" value="50"/> minimális %
<input checked="" type="radio"/> Gáz	Töröl	Hőterhelés: <input type="text" value="1200"/>	<input type="text" value="0"/> kW
Elvezetése:		Légellátási tényező: <input type="text" value="1,15"/>	<input type="text" value="1,2"/>
Budapesti körzeték		Kondenzációs mérték: <input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/> %
		Fogyasztás (15 °C-on): <input type="text" value="127"/>	<input type="text" value="0"/> m ³ /h
Égéstermék:			
Összetétel (m³/m³):			
Metán (CH ₄)	0.9700	Égéstermék összetétel (m ³ /m ³):	
Etán (C ₂ H ₆)	0.0110	Széndioxid (CO ₂)	0.0844
Propán (C ₃ H ₈)	0.0030	Nitrogén (N ₂)	0.7157
Bután (C ₄ H ₁₀)	0.0010	Oxigén (O ₂)	0.0251
Széndioxid (CO ₂)	0.0050	Argon (Ar)	0.0084
Nitrogén (N ₂)	0.0100	Víz (H ₂ O)	0.1664
Fűtőérték (15 °C-on):	33966 kJ/gNm ³	Minimális levegőszükséglet:	9.524 m ³ /m ³
Égéshő (15 °C-on):	37705 kJ/gNm ³	Elméleti égéstermék:	8.544 m ³ /m ³
Normál sűrűség:	0.741 kg/m ³	Száraz égéstermék:	9.972 m ³ /m ³
Relatív sűrűség:	0.573	Nedves égéstermék:	11.962 m ³ /m ³
		Higitási tényező:	1.167
		Max. CO ₂ koncentráció:	11.82 %
		Normál sűrűség:	1.246 kg/m ³
		Égéstermék tömegáram:	1.8E3 kg/h
		Harmatponti hőmérséklet:	56.4 °C
Légköri nyomás: 101325 Pa			

6. ábra Sztöchiometria számítás

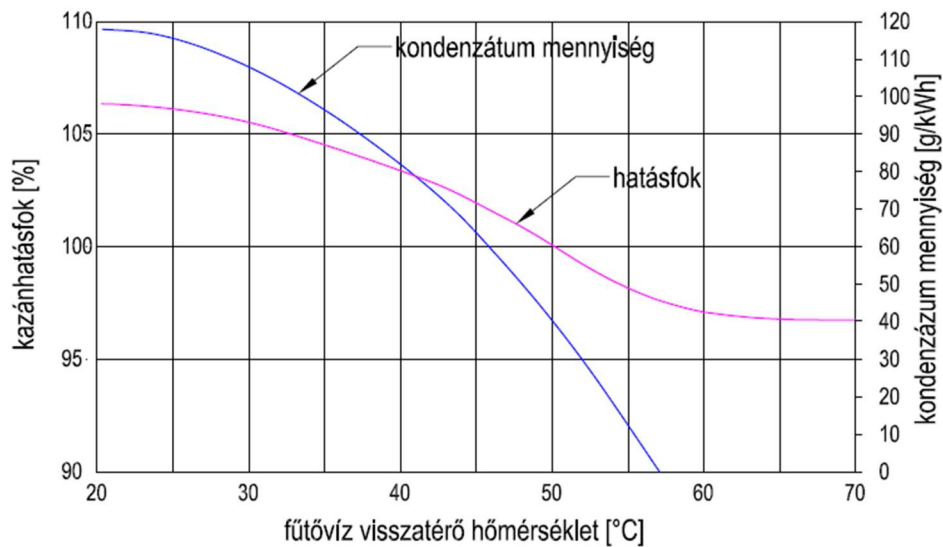
A 6. számú ábrán látható számításból látható, hogy igen magas a füstgáz víztartalma, valamint a harmatponti hőmérséklet 56.4 °C. Ezek alapján egy kondenzáló hővisszanyerőhöz végzem el a számítást 50 %-os kondenzáció esetére.

Tüzelőanyag		Tüzelőberendezés	
Típusa: <input type="radio"/> Szilárd	Megjegyez	Teljesítmény: <input type="text" value="1116"/>	<input type="text" value="0"/> névleges kW
<input type="radio"/> Olaj	Módosít...	Hatásfok: <input type="text" value="93"/>	<input type="text" value="50"/> minimális %
<input checked="" type="radio"/> Gáz	Töröl	Hőterhelés: <input type="text" value="1200"/>	<input type="text" value="0"/> kW
Elvezetése:		Légellátási tényező: <input type="text" value="1,15"/>	<input type="text" value="1,2"/>
Budapesti körzeték		Kondenzációs mérték: <input type="text" value="50"/>	<input type="text" value="0"/> %
		Fogyasztás (15 °C-on): <input type="text" value="127"/>	<input type="text" value="0"/> m ³ /h
Égéstermék:			
Összetétel (m³/m³):			
Metán (CH ₄)	0.9700	Égéstermék összetétel (m ³ /m ³):	
Etán (C ₂ H ₆)	0.0110	Széndioxid (CO ₂)	0.0921
Propán (C ₃ H ₈)	0.0030	Nitrogén (N ₂)	0.7806
Bután (C ₄ H ₁₀)	0.0010	Oxigén (O ₂)	0.0274
Széndioxid (CO ₂)	0.0050	Argon (Ar)	0.0092
Nitrogén (N ₂)	0.0100	Víz (H ₂ O)	0.0907
Fűtőérték (15 °C-on):	33966 kJ/gNm ³	Minimális levegőszükséglet:	9.524 m ³ /m ³
Égéshő (15 °C-on):	37705 kJ/gNm ³	Elméleti égéstermék:	8.544 m ³ /m ³
Normál sűrűség:	0.741 kg/m ³	Száraz égéstermék:	9.972 m ³ /m ³
Relatív sűrűség:	0.573	Nedves égéstermék:	10.967 m ³ /m ³
		Higitási tényező:	1.167
		Max. CO ₂ koncentráció:	11.82 %
		Normál sűrűség:	1.287 kg/m ³
		Égéstermék tömegáram:	1.7E3 kg/h
		Kondenzátum:	96.5 kg/h
		Harmatponti hőmérséklet:	44.2 °C
Légköri nyomás: 101325 Pa			

7. ábra Sztöchiometria számítás

A 7. számú ábrán szereplő eredményekből látható, hogy 50 % kondenzáció esetén a harmatpont visszaesik 44,2 °C-ra.

A tervezésnél nagyon fontos figyelembe venni a kondenzáció mértékét, mivel az nagyban befolyásolja a berendezés teljesítményét. Az 1 számú diagramról leolvasható a kondenzátum mennyisége a fűtővíz visszatérő hőmérsékletének függvényében. Az ábrából egyben leolvasható a kazánhatásfok változása is. Az ábrát elemezve kitűnik, hogy a kondenzáció mértéke jellemzően a fűtővíz visszatérő hőmérsékletétől függ.



1. diagram kondenzátum mennyisége (Kiss, 2022)

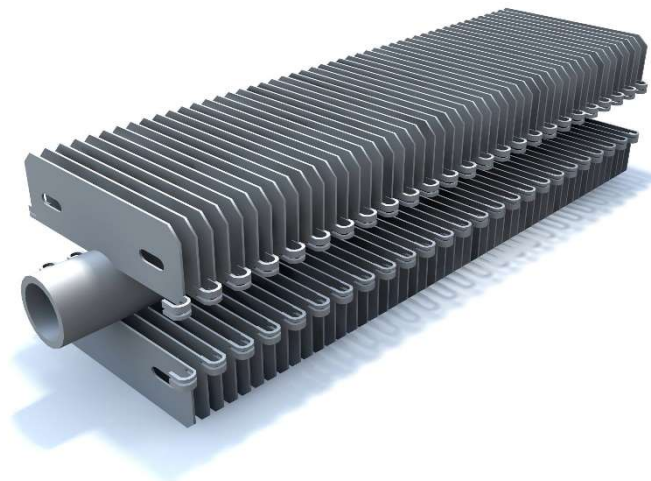
Mivel a gáz- folyadék hőcserélők esetén a gáz oldali hőátadás jóval kisebb, mint a folyadék oldali ezért a kisebb méret, de ennek ellenére jó teljesítmény elérése érdekében érdemes a gáz oldalt bordázattal ellátni mivel ezáltal többszörösére nő a felület.

A fenti adatok alapján kiválasztottam a füstgáz hővisszanyerő berendezés alapjául szolgáló hőátadó elemet, amely az Izoplan Kft. által gyártott hegesztett bordás cső rozsdamentes kivitelben.

6.2. Hegesztett lamellás bordáscső adatai

A hegesztett bordáscső konstrukciója rozsdamentes acél anyagú borda hegesztett kötésekkel csatlakozik az ugyancsak rozsdamentes magcsőre. A robusztus kivitel előnye a könnyű tisztíthatóság, hosszú élettartam, kedvező energetikai paraméterek. Az alkalmazott anyagok

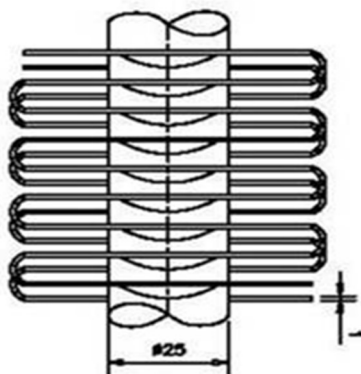
és a masszív kialakítás lehetővé teszi a készülék egyszerű karbantartását. A nagy lamellatávolságú bordák alacsony ellenállást eredményeznek, továbbá a bordák között a csőre jutó szennyeződések nem rakódnak le, a hőteljesítmény nem romlik. A lamella kialakítása biztosítja az intenzív hőleadást a bordáscső mentén.



8. ábra Hegesztett bordáscső 3D rajza

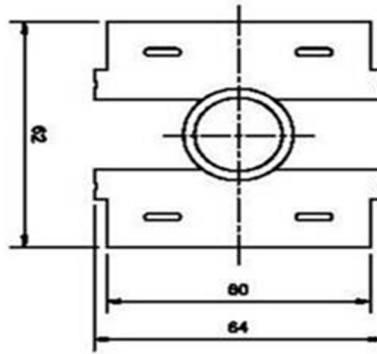
A bordáscső műszaki adatai:

- $\varnothing 25$ mm külső csőátmérő
- 62×64 mm a bordázat névleges befoglaló mérete
- Gyártási hossz: 0,6-2,4 m
- Bordázott felület: $0,9 \text{ m}^2/\text{m}$
- Tömeg: $4,5 \text{ kg/m}$
- A magcső és a lamellázat anyaga: szénacél vagy rozsdamentes acél



8. ábra Bordáscső felülnézeti rajz

A bordácső lamellázata a mag-csőre dupla ponthegesztéssel rögzített.



9. ábra Bordácső metszet rajz

Hőtechnikai adatok szabadáramú alkalmazás esetén

Hőteljesítmény melegvízzel, az ÉMISZ 808-83 szerint mérve:

$$q=426 \quad \text{W/ fm} \quad \Delta t_k=60 \text{ } ^\circ\text{C} \text{ esetén}$$

$$q=342 \quad \text{W/ fm} \quad \Delta t_k=50 \text{ } ^\circ\text{C} \text{ esetén}$$

A megadottól eltérő hőfok különbség esetén a hőteljesítmény meghatározása a

$$q=K_m \times \Delta t_k^n \quad \text{W/fm}$$

összefüggéssel lehetséges, ahol

$$K_m=5,4954$$

$$n=1,192$$

Δt_k a fűtővíz közepes hőmérsékletének és a levegő hőmérsékletének a különbsége

Az alkalmazás határai:

Csőtér oldalon: a csőre megengedett nyomás és hőmérséklet

A külső, bordázott oldalon: belső hűtéssel max. 700 C° -os hőmérséklet-, belső hűtés nélkül 400 C° -os hőmérséklet engedhető meg. A szénacél bordácső anyagára nem korrozív közeg, (jellemzően gáznemű).

Hő- és áramlástechnikai méretezés kényszeráramlású alkalmazás esetén (hőcserélő)

A hőtechnikai méretezés az 1. diagram segítségével végezhető el. A diagram vízszintes tengelyén a $w \times \rho$ [kg/m²s] szorzat szerepel, ahol w [m/s] a bordázott oldalon a homloksebesség, ρ a közeg sűrűsége [kg/m³], a függőleges tengelyen a bordahatásfokot is tartalmazó hőátadási tényező [W/m²°K] van. (Kiss, 2022).

A diagram 40 C° közeghőmérsékletre vonatkozik.

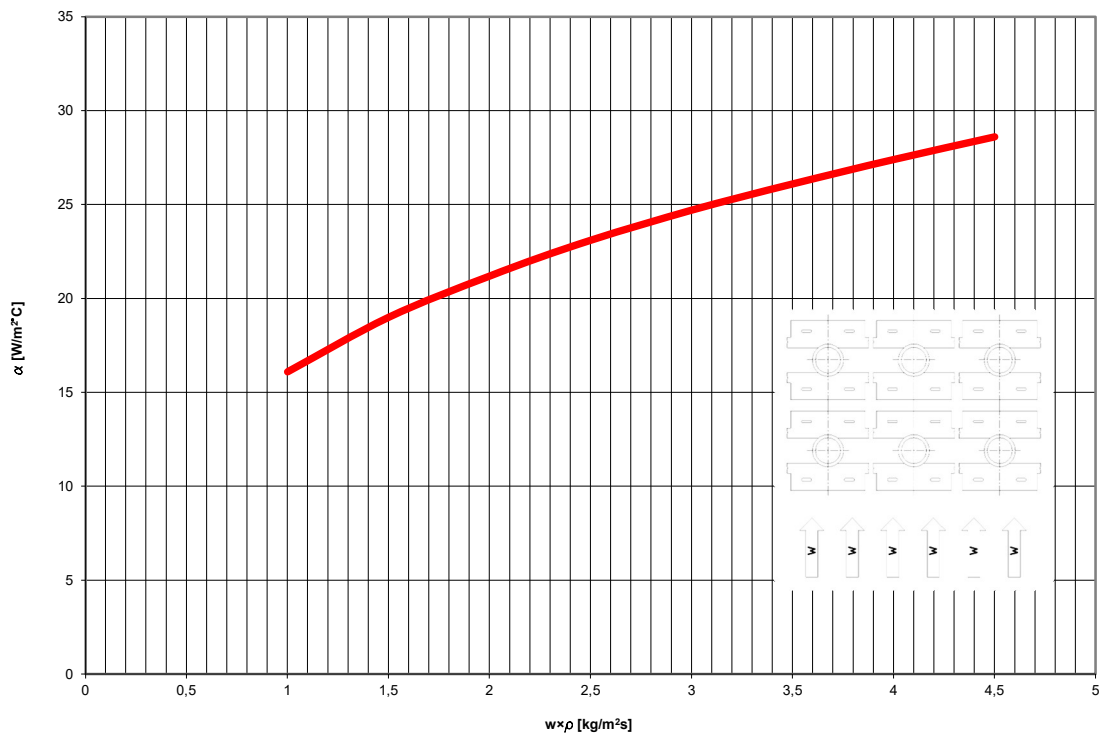
Más közeghőmérséklet (t) esetén a hőátadási tényező:

$$\alpha_t = \alpha_{40} \left(\frac{\lambda_t}{\lambda_{40}} \right) \left(\frac{\eta_{40}}{\eta_t} \right)^{0,6}$$

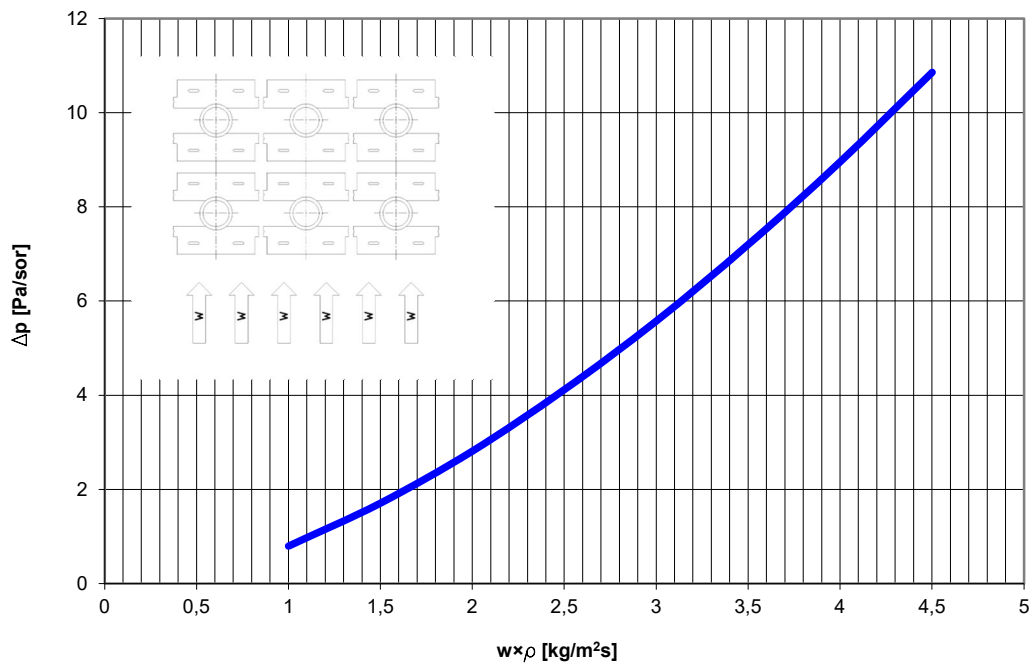
ha $Pr = \text{const}$

ahol

λ	[W/m°K]	a közeg hővezetési tényezője
η	[kg/ms]	a közeg dinamikai viszkozitása
Pr	[-]	Prandtl-szám



2. számú diagram (Kiss , Bordácső műszaki adatok, 2023)



3. számú diagram (Kiss , Bordácső műszaki adatok, 2023)

6.3. Hőcserélő Bosnjakovic- Φ -jének számítása

A méretezéshez szükséges meghatározni füstgáz tervezett kilépő hőmérsékletét, a víz kimeneteli hőmérsékletét.

Mivel nem ismerjük csak feltételezzük a rekuperátorból kiáramló levegő hőmérsékletét, ezért a távozó előmelegített levegő fajlagos hőkapacitását ($c_{p\text{levki}}$) közvetlenül nem lehet megadni. A rekuperátorból távozó füstgáz hőmérsékletét figyelembe véve felvettem egy kiinduló hőmérsékletét és annak a fajlagos hőkapacitását helyettesítettem be az egyenletbe. Amennyiben a kezdő érték és a végeredmény közötti különbség nagy, akkor iterációra van szükség a pontos érték meghatározása érdekében (Jászay, 1970).

Változó neve	Érték	Dimenzió
rekuperátorba kiáramló füstgáz hőmérséklete (T_{fgki})	60	[°C]
rekuperátorba kiáramló víz hőmérséklete ($T_{vízki}$)	52,5	[°C]
a feltételezett kondenzáció tömegárama (m_{kond})	0,0268	[kg/s]
térfogatáram a csőtérben (V_{viz})	25	[m ³ /h]
tömegáram a csőtérben (m_{viz})	6,85	[kg/s]

3. számú táblázat

A felvett adatokból további adatokat határozzunk meg. A közeg jellemző hőmérsékletét megkapjuk az alábbi képletből:

$$T_{jell} = \left(\frac{T_{fgbe} - T_{fgki}}{2} \right) + T_{fgki}$$

A képletbe történő behelyettesítést követően megkapjuk T_{jell} értéket, mely alapján meghatározható a füstgáz sűrűsége és fajhője. Ugyanezt a számítást víz oldalon is elvégezzük. A kapott eredményeket az alábbi táblázatban szerepeltettem.

Változó neve	Érték	Dimenzió
rekuperátorba jellemző gáz hőmérséklete (T_{gjel})	140	[°C]
gáz sűrűsége ($\rho_{gáz}$)	0,824	[kg/m ³]
gáz fajhője ($c_{gáz}$)	1,1228	kJ/(kg ³ °C)
rekuperátorba jellemző víz hőmérséklete (T_{vjel})	49,75	[°C]
víz sűrűsége ($\rho_{víz}$)	986,3	[kg/m ³]
víz fajhője ($c_{víz}$)	4179,0	[kJ/kg°C]

4. számú táblázat

A felvett adatok alapján meghatározom a füstgáz oldali vízértékáramot:

$$W_1 = c_{gáz} \cdot m_{gáz}$$

$$W_1 = 1.1228 \cdot 0,526$$

$$W_1 = 0,59 \frac{kJ}{s^{\circ}C}$$

Ezt követően a vízoldali vízértékáramot határozom meg a fenti képlet alapján.

$$W_2 = 28,62 \frac{kJ}{s^{\circ}C}$$

Az így kapott értékekből meghatározom az R értékét a két eredmény hányadosa.

$$R = \frac{W_1}{W_2}$$

$$R = 0,2 [-]$$

Következő lépésben a Φ hatásosságának a kiszámolásának egyenletét felírom:

$$\Phi = \frac{t_1' - t_1''}{t_1' - t_2'}$$

ahol t_1' : a rekuperátorba beáramló füstgáz hőmérséklete, t_1'' : a rekuperátorba kiáramló füstgáz hőmérséklete, t_2' : a rekuperátorba beáramló víz hőmérséklete.

$$\Phi = \frac{220 - 60}{220 - 47}$$

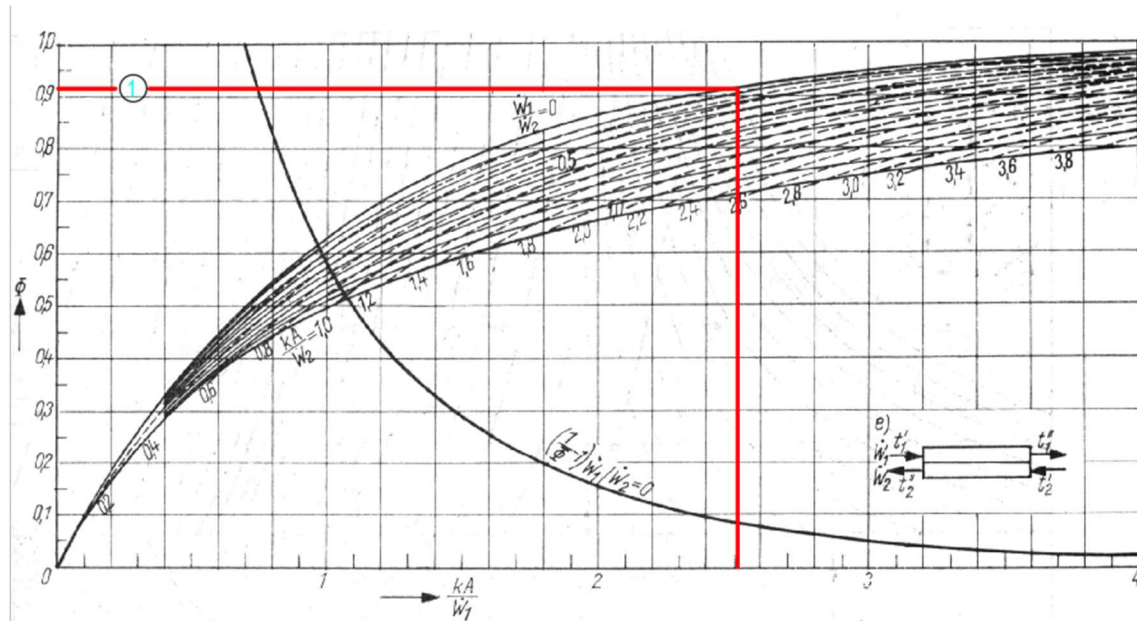
$$\Phi = 0,924855491 [-]$$

A Φ hatásosságot meghatározhatjuk a hőmérsékletek lefutásának felírt differenciál egyenlet megoldásával. Különböző geometriájú, áramlású hőcserélőkre vonatkozó megoldásokat kézikönyvek tartalmazzák. Az általam vizsgált hőcserélő, jóközelítéssel ellenáramúnak tekinthető. Ennek megfelelően a vonatkozó összefüggés (Dr. Balikó, 1984):

$$\Phi = \frac{1 - e^{-\left(1 - \frac{W_1}{W_2}\right) \frac{kF}{W_1}}}{1 - \frac{W_1}{W_2} \cdot e^{-\left(1 - \frac{W_1}{W_2}\right) \frac{kF}{W_1}}}$$

$$\Phi = \Phi \cdot \left(\frac{kF}{W_1}; \frac{W_1}{W_2}\right)$$

Az összefüggésből látható, hogy kF értékre nem rendezhető, a megoldása iterációval vagy nomogram segítségével lehetséges. A kF meghatározását a függvény leolvasásával oldottam meg. Az alábbi függvény ellenirányú hőcserélőre vonatkozik.



1. számú nomogram ellenirányú hőcserélő nomogramja (VDI-Warmeratlas, 1977)

A görbesereg leolvasását követően meghatároztam $\frac{kF}{W_1}$ értékét, amelynek értéke: 2,61. Ebből kifejezem kF értékét. Ez a kF érték a hőcserélő céljához szükséges, a hőcserélőre jellemző „termikus nagyság”.

$$kF = 1,541 \frac{kW}{^{\circ}C}$$

A kisebb vízértékáramú közeg értékével és a hőfokváltozás mértékével meghatározható a száraz hőteljesítmény.

$$Q_{száraz} = \Delta T \cdot W_1$$

$$Q_{száraz} = 160 \cdot 0,59$$

$$Q_{száraz} = 94,4 \text{ kW}$$

A folyamat során kondenzátum keletkezik, amelynek értéke az adatok, valamint a tapasztalatok alapján 50 %, amelyből meghatározható a kondenzátum hőteljesítménye. A kiszámításhoz szükséges még a kilépő hőmérsékleten a vízgőz párolgási hő (r) értéke, amit az 5. számú táblázatból határoztam meg.

IV. táblázat folytatása

t °C	T K	P Pa·10 ⁻⁴	v' m ³ /kg	v'' m ³ /kg	i' kJ/kg	i'' kJ/kg	r kJ/kg
41	314,15	0,777765	0,0010083	18,59	171,659	2575,301	2403,642
42	315,15	0,819836	0,0010087	17,69	175,846	2576,975	2401,130
43	316,15	0,863868	0,0010091	16,84	180,032	2578,650	2398,618
44	317,15	0,909959	0,0010095	16,04	184,219	2580,744	2396,524
45	318,15	0,958208	0,0010099	15,28	188,406	2582,418	2394,012
46	319,15	1,008516	0,0010103	14,56	192,593	2584,512	2391,919
47	320,15	1,061178	0,0010108	13,88	196,780	2586,186	2389,407
48	321,15	1,116193	0,0010112	13,23	200,925	2587,861	2386,895
49	322,15	1,173562	0,0010116	12,62	205,111	2589,954	2384,801
50	323,15	1,233480	0,0010121	12,04	209,298	2591,629	2382,289
51	324,15	1,296047	0,0010126	11,50	213,485	2593,304	2379,777
52	325,15	1,361163	0,0010130	10,98	217,672	2594,979	2377,265
53	326,15	1,429221	0,0010135	10,49	221,859	2597,072	2375,172
54	327,15	1,500123	0,0010140	10,02	226,003	2598,747	2372,660
55	328,15	1,573967	0,0010145	9,578	230,190	2600,421	2370,147
56	329,15	1,650950	0,0010150	9,158	234,377	2602,096	2367,635
57	330,15	1,731168	0,0010155	8,757	238,564	2604,190	2365,542
58	331,15	1,814623	0,0010160	8,380	242,751	2605,864	2363,030
59	332,15	1,901509	0,0010166	8,020	246,937	2607,539	2360,518
60	333,15	1,991731	0,0010171	7,678	251,124	2609,214	2358,006

5. számú táblázat (BME, Telített vízgőz adatai, 2022)

$$Q_{nedves} = r \cdot m_{kond}$$

$$Q_{nedves} = 2358,006 \cdot 0,0268$$

$$Q_{nedves} = 63,2 \text{ kW}$$

A felvett méretek és számítások alapján megkapom, hogy az összteljesítmény értéke: 157,7 kW

A számítás és a felvett változók ellenőrzése céljából felírom a hőmérleg egyenletét. Az egyenletet a víz térfogatáramára rendezve, és a számított értékek be helyettesítésével ellenőrzöm a számításom.

$$\Delta\Phi_{v\acute{e}z} = \Delta\Phi_{g\acute{a}z}$$

$$V_{v\acute{e}z} \cdot (c_{pv\acute{e}zki} \cdot T_{v\acute{e}zki} - c_{pv\acute{e}zbe} \cdot T_{v\acute{e}zbe}) = V_{g\acute{a}z} \cdot (c_{pg\acute{a}zbe} \cdot T_{g\acute{a}zbe} - c_{pg\acute{a}zki} \cdot T_{g\acute{a}zki})$$

$$V_{v\acute{e}z} = \frac{V_{g\acute{a}z} \cdot (c_{pg\acute{a}zbe} \cdot T_{g\acute{a}zbe} - c_{pg\acute{a}zki} \cdot T_{g\acute{a}zki})}{c_{pv\acute{e}zki} \cdot T_{v\acute{e}zki} - c_{pv\acute{e}zbe} \cdot T_{v\acute{e}zbe}}$$

A behelyettesítést követően megkaptam a víz térfogatáramát, $V_{v\acute{e}z} = 25,051 \text{ m}^3/\text{h}$ ami azt jelenti, hogy a számításom megfelelő, minimális eltérés látható.

6.4. A csövek külső α meghatározása

A következő lépésben meghatározom a hővisszanyerő hőcserélő méreteit, amelyben eddigi alkalmazási tapasztalatokat is figyelembe vettem. Az előzetes becslést segítő a $w \cdot \rho_{\text{gáz}}$ érték. Figyelembe kell venni, hogy a füstgáz sebességét növelve jobb lesz a hőleadás, viszont ahogy azt növeljük, négyzetesen fog növekedni az ellenállás. A tervezett bordáscső ezért is megfelelő mivel annak ellenállása rendkívül alacsony, amit a későbbi számításokból majd látni lehet. Ha a hőcserélő ellenállása nagy, olyan problémák léphetnek fel, hogy a füstgáz oldalon túlnyomás keletkezik, aminek leküzdéséhez plusz ventilátor beépítése lehet szükség, vagy károsan befolyásolja a tűztér nyomását, mely miatt az égő újbóli beszabályozása, esetleg cseréje lehet szükséges.

Az előre becsült méretek:

Változó neve	Érték	Dimenzió
csőhossz (l)	0,94	[m]
cső/sor (b)	10	[db]
csőosztás (c)	69,5	[mm]
rés a szélső csősor és a fal között (e)	10	[mm]

6. számú táblázat

A csőosztás mértéke az eddigi hőcserélőkből származó gyakorlati érték. A nagy hosszúságú hegesztett bordáscső esetleges csavarodása és a minél kisebb légellenállás okán felvett érték. Ezt követően szakirodalomból meghatározom a szükséges anyagjellemzőket:

Változó neve	Érték	Dimenzió
jellemző hőmérséklet (t_{jell})	140	[°C]
füstgáz sűrűség a jellemző hőmérsékleten ($\rho_{\text{gáz}}$)	0,8393236	[kg/m ³]
hővezetési tényező a jellemző hőmérsékleten (λ_{jell})	0,034881141	[W/m ^{°K}]
dinamikai viszkozitás a jellemző hőmérsékleten (η_{jell})	0,0000232273	[kg/ms]
füstgáz sűrűség 40 °C -on (ρ_{40})	1,128780364	[kg/m ³]
hővezetési tényező 40 °C -on (λ_{40})	0,027444488	[W/m ^{°K}]
dinamikai viszkozitás 40 °C -on (η_{40})	0,0000189108	[kg/ms]
gáz fajhője ($c_{\text{gáz}}$)	1,1228	[kJ/(kg°C)]

7. számú táblázat

Az adatok alapján meghatározom a homlokméretből a csövekre merőleges méretet:

$$f = b \cdot c + 2 \cdot e$$

$$f = 10 \cdot 69,5 + 2 \cdot 10$$

$$f = 715 \text{ mm}$$

A számítás alapján már meghatározható a hőcserélő homlokmérete az alábbi képlettel:

$$h = l \cdot f$$

$$h = 0,940 \cdot 0,715$$

$$h = 0,672 \text{ m}^2$$

A homlokméret és a füstgáz oldali tömegáram ismeretében meghatározható $w \cdot \rho_{\text{gáz}}$ érték amely a bordázott oldal homloksebességének és a közeg sűrűségének szorzata.

$$w \cdot \rho_{\text{gáz}} = m_{\text{gáz}} \cdot h$$

$$w \cdot \rho_{\text{gáz}} = 0,526 \cdot 0,6721$$

$$w \cdot \rho_{\text{gáz}} = 0,782621634 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2 \text{s}}$$

Regressziós függvénnyel meghatározom a bordahatásfokkal korrigált külső hőátadási tényezőt 40 °C-on rozsdamentes acélra (α_{40}) valamint egy csősor ellenállását 40 °C-on (Δp_{40}).

$$\alpha_{40} = 11,3 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{°K}}$$

$$\Delta p_{40} = 0,47 \frac{\text{Pa}}{\text{csősor}}$$

A megkapott értékek alapján az $\alpha_{\text{kül}}$ értéke az alábbi módosító képlettel számolható.

$$\alpha_{\text{kül}} = \alpha_{40} \cdot \left(\frac{\lambda_{\text{jell}}}{\lambda_{40}} \right) \cdot \left(\frac{\eta_{40}}{\eta_{\text{jell}}} \right)^{0,6}$$

$$\alpha_{\text{kül}} = 11,3 \cdot \left(\frac{0,034881141}{0,02744489} \right) \cdot \left(\frac{0,00001891}{0,00002322} \right)^{0,6}$$

$$\alpha_{\text{kül}} = 12,69712 \approx 12,7 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{°K}}$$

A következő lépésben meghatározom Δp_{jell} értékét az alábbi képlettel:

$$\Delta p_{\text{jell}} = \frac{\rho_{\text{gáz}}}{\rho_{40}} \cdot \Delta p_{40}$$

$$\Delta p_{\text{jell}} = 0,35 \frac{Pa}{\text{csősor}}$$

6.5. A csöveken belüli hőátadás és Δp számítása

A méretezés során szükség van áramlási jellemzőkre is, amelyeket a Prandtl-szám, Reynolds-szám és a Nusselt-szám segítségével fogok meghatározni.

A Prandtl-szám meghatározásánál az anyag fajlagos hőkapacitását (c), dinamikai viszkozitását (η) és hővezetési tényezőjét (λ) vesszük figyelembe az alábbi képlet szerint:

$$Pr = \frac{c \cdot \eta}{\lambda}$$

A Reynolds-szám segítségével meghatározható, hogy egy adott átmérőjű csőben, meghatározott áramlási sebesség mellett milyen az áramlás jellege (lamináris esetleg átmeneti vagy turbulens).

Meghatározása a cső belső átmérője (d_i), a benne áramló anyag sűrűsége (ρ), dinamikai viszkozitása (η), illetve áramlási sebessége (v) alapján történik az alábbi összefüggéssel:

$$Re = \frac{v \cdot d_i \cdot \rho}{\eta}$$

A táblázatban szereplő alapadatok szakirodalomból, valamint számításokból:

Változó neve	Érték	Dimenzió
a csőben lévő víz jellemző hőmérséklete ($t_{v\acute{z}}$)	49,75	[°C]
a víz sűrűsége ($\rho_{v\acute{z}}$)	986,2601	[kg/m ³]
a víz hővezetési tényezője ($\lambda_{v\acute{z}}$)	0,641	[W/m ^{°K}]
a víz dinamikai viszkozitása ($\eta_{v\acute{z}}$)	0,0005402	[kg/ms]
a víz kinematikai viszkozitása ($\nu_{v\acute{z}}$)	0,0000005477	[m ² /s]
Prandtl-szám (Pr)	3,53	[-]
a víz fajhője ($c_{v\acute{z}}$)	4179	[J/kg, °K]
a víz hőmérséklete a csőfalnál (t_{fal})	73,4	[°C]
a Prandtl-szám a csőfalnál (Pr_w)	2,38	[-]
a rozsdamentes vas hővezetési tényezője (λ_{vas})	14	[W/m ^{°K}]
a cső külső átmérője (d_a)	0.025	m
a csőfal vastagsága (δ)	0,002	m
a külső, bordázott és a belső felület aránya (n)	13,86	[-]
a fajlagos felület (A)	0,88	m ² /m

8. számú táblázat

A 9. számú táblázatban szereplő adatok tapasztalat útján lettek meghatározva. A feltételezett adatok helyességét a számításokkal fogom visszaellenőrizni. Amennyiben a kezdő érték és a végeredmény közötti különbség nagy, akkor iterációra van szükség a pontos érték meghatározása érdekében.

Változó neve	Érték	Dimenzió
csősorok száma ($a_{cs\acute{o}}$)	16	[-]
párhuzamos csövek száma egy járatban (n)	20	[-]
járatok száma (z)	8	[-]

9. számú táblázat

Első lépésben meghatározzuk a cső belső átmérőjének értékét.

$$d_i = d_a - 2 \cdot \delta$$

$$d_i = 0,025 - 2 \cdot 0,002$$

$$d_i = 0,021 \text{ m}$$

A további számításához szükséges a térfogatáram kiszámítása.

$$V_{\text{víz}} = \frac{m_{\text{víz}}}{\rho_{\text{víz}}}$$

$$V_{\text{víz}} = \frac{6,84902}{968,2601}$$

$$V_{\text{víz}} = 0,006944 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

A számított értékekkel meghatározható a víz sebessége.

$$v = \frac{4 \cdot V_{\text{víz}}}{n \cdot 2d_i^2 \cdot \pi}$$

$$v = \frac{4 \cdot 0,006944}{13,86 \cdot 0,021^2 \cdot \pi}$$

$$v = 1,002485 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

6.6. Reynolds-szám meghatározása

A következő lépésben meghatározom a Reynolds-számot, ami a közegben fellépő tehetetlenségi erő és a súrlódóerő arányát fejezi ki. Értékéből meghatározható, hogy a csövekben turbulens, átmeneti, vagy lamináris az áramlás.

$$Re = \frac{v \cdot d_i \cdot \rho}{\eta}$$

$$Re = \frac{1,002485 \cdot 0,021 \cdot 986,2601}{0,0005402}$$

$$Re = 38435,63$$

Mivel a Reynolds-szám értéke nagyobb mint 2320, tehát az áramlás turbulens.

6.7. Nusselt szám meghatározása

A számított értékek alapján meghatározom a Nusselt-számot, amely kifejezi a hőátadási tényező és a közeg hővezetési tényező arányát.

$$Nu = \frac{\frac{\zeta}{8} \cdot (Re - 1000) \cdot Pr}{1 + 12,7 \cdot \sqrt{\frac{\zeta}{8}} \cdot (Pr^{\frac{2}{3}} - 1)} \cdot \left[1 + \left(\frac{d_i}{l} \right)^{\frac{2}{3}} \right] \cdot \left(\frac{Pr}{Pr_w} \right)^{0,11}$$

A Nusselt-szám értékének kiszámításához szükséges kiszámolni a segéd változót(ζ) az alábbi képlettel.

$$\zeta = (1,82 \cdot \log_{10} Re - 1,64)^{-2}$$

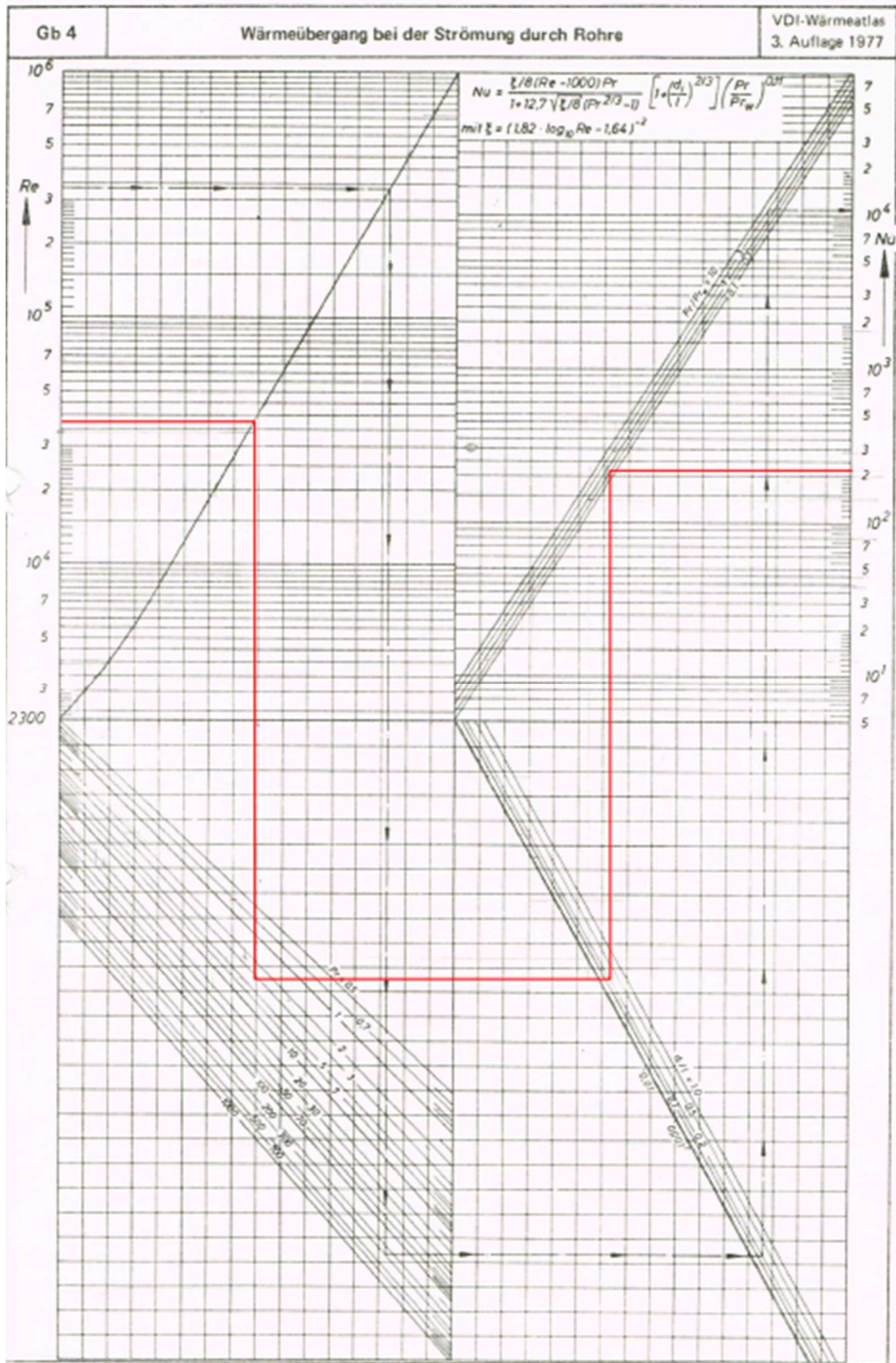
$$\zeta = (1,82 \cdot \log_{10} 39435,6351 - 1,64)^{-2}$$

$$\zeta = 0,02225$$

$$Nu = \frac{\frac{0,02225}{8} \cdot (39436,11 - 1000) \cdot 3,53}{1 + 12,7 \cdot \sqrt{\frac{0,02225}{8}} \cdot (3,53^{\frac{2}{3}} - 1)} \cdot \left[1 + \left(\frac{0,021}{0,94} \right)^{\frac{2}{3}} \right] \cdot \left(\frac{3,53}{2,38} \right)^{0,11}$$

$$Nu = 219,8813$$

A Nusselt-szám értékét meghatározható a fenti számítással vagy a VDI-Warmeatlas-ban található görbesereg segítségével. A leolvasás 2. számú nomogramon látható.



2. számú nomogram Nusselt szám (VDI-Wärmeatlas, 1977)

A Nusselt-szám meghatározásával kiszámolható α_{bel} .

$$\alpha_{\text{bel}} = \frac{Nu \cdot \lambda_{\text{víz}}}{d_i}$$

$$\alpha_{\text{bel}} = \frac{219,8813 \cdot 0,641}{0,021}$$

$$\alpha_{\text{bel}} = 6707,209 \frac{W}{m^2 \cdot K}$$

A következő lépésben meghatározom a hőátbocsátási számot (k).

$$k = \frac{1}{\frac{n}{\alpha_{\text{bel}}} + \frac{n \cdot \delta}{\lambda_{\text{vas}}} + \frac{1}{\alpha_{\text{kül}}}}$$

$$k = \frac{1}{\frac{13,86}{6707,209} + \frac{13,86 \cdot 0,002}{14} + \frac{1}{12,7}}$$

$$k = 12,1 \frac{W}{m^2 \cdot K}$$

Az előzőleg kiszámolt kF érték ami szükséges, a méretezett hőcserélő teljesítményéhez, ha az azonos vagy kisebb mint a $kF_{\text{tény}}$ érték akkor a felett méretek helyesek.

$$kF \leq kF_{\text{tény}}$$

$$1541,3 \frac{W}{\text{°C}} \leq 1598,1 \frac{W}{\text{°C}}$$

Mivel az érték nagyobb így megállapítható, hogy a felvett méretek helyesek.

6.8. Méret és ellenőrző számítások

A hőcserélő méretezésének ellenőrzése miatt szükségünk van a $kF_{\text{tény}}$ értékre amit k és a teljes felület szorzatából számolható.

$$kF_{\text{tény}} = k \cdot l \cdot a_{\text{cső}} \cdot b \cdot A$$

$$kF_{\text{tény}} = 12,1 \cdot 0,94 \cdot 10 \cdot 16 \cdot 0,88$$

$$kF_{\text{tény}} = 1598,1 \frac{W}{\text{°C}}$$

A $kF_{\text{tény}}$ értékéből pedig meghatározom a szükséges csőhosszt.

$$l_{\text{tény}} = \frac{kF_{\text{tény}}}{k \cdot A}$$

$$l_{tény} = \frac{1598,1}{\frac{12,1}{0,88}}$$

$$l_{tény} = 150,4 \text{ m}$$

A füstgáz oldali ellenállás a számított értékekből meghatározom.

$$\Delta p_{csőköteg} = \Delta p_{jell} \cdot a_{cső}$$

$$\Delta p_{csőköteg} = 0,35 \cdot 16$$

$$\Delta p_{csőköteg} = 5,6 \text{ Pa}$$

A vízdali ellenállás számításához szakirodalomból meghatározom a szükséges alapadagokat a további számítások elvégzéséhez.

Változó neve	Érték	Dimenzió
A rozsdamentes cső érdességi értéke ($k_{érd}$)	0,1	mm
veszteségtényező nagysága kör keresztmetszetű csőben ($\zeta_{cső}$)	0,036	[-]
veszteségtényező nagysága belépésnél (ζ_{be})	0,35	[-]

10. számú táblázat

Első lépésként meghatározom a cső súrlódásból eredő ellenállás mértékét.

$$\Delta p_{cső} = \zeta_{cső} \cdot l \cdot \rho_{v\acute{i}z} \cdot \frac{v^2}{d_i}$$

$$\Delta p_{cső} = 0,036 \cdot 0,94 \cdot 986,2601 \cdot \frac{1,0024^2}{\frac{0,021}{2}}$$

$$\Delta p_{cső} = 798,6 \text{ Pa}$$

Második lépésben meghatározom a belépési veszteségből eredő ellenállás mértékét.

$$\Delta p_{be} = \zeta_{be} \cdot \rho_{v\acute{i}z} \cdot \frac{v^2}{d_i}$$

$$\Delta p_{be} = 0,35 \cdot 0,94 \cdot 986,2601 \cdot \frac{1,0024^2}{\frac{0,021}{2}}$$

$$\Delta p_{be} = 173,5 \text{ Pa}$$

Harmadik lépésben pedig meghatározom a kilépési veszteségből eredő ellenállás mértékét.

$$\Delta p_{ki} = \left(\frac{1 - f_i}{f_k} \right)^2 \cdot \rho_{v\acute{i}z} \cdot \frac{v^2}{2}$$

$$\Delta p_{ki} = \left(\frac{1 - 0,006927}{0,09035} \right)^2 \cdot 986,2601 \cdot \frac{1,0024^2}{2}$$

$$\Delta p_{ki} = 422,5 Pa$$

Ezt követően pedig meghatározom a víz oldali ellenállást, amely a kiszámolt ellenállások összegének a járatszám csőoldalon szorzatával.

$$\Delta p_{v\acute{i}z} = (\Delta p_{be} + \Delta p_{ki} + \Delta p_{cs\acute{o}}) \cdot z$$

$$\Delta p_{v\acute{i}z} = (798,6 + 422,5 + 173,5) \cdot 8$$

$$\Delta p_{v\acute{i}z} = 11,16 KPa$$

A szükséges számításokat a méretezéshez elvégeztem. A számított értékek alapján elkezdődhet a füstgáz hőcserélő konstrukciós tervezése.

6.9. Összehasonlító számítás

Összehasonlításként elvégeztem egy sima csöves hőcserélő esetére a hő és áramlástechnikai számításokat.

Szakirodalomból meghatározható, hogy egy $\emptyset 25$ csőnek az α_k értéke $30 \text{ W/m}^2\text{°C}$. Ha behelyettesítem az alábbi hőátviteli tényezőjének számítási képletébe akkor megkapom k értéket.

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_{k\acute{u}l}} + \frac{\delta}{\lambda_{vas}} + \frac{1}{\alpha_{bel}}}$$

$$k = \frac{1}{\frac{1}{6707,209} + \frac{0,002}{14} + \frac{1}{30}}$$

$$k = 29,739 \frac{W}{m^2\text{°K}}$$

Ezt követően elosztom $kF_{tény}$ értéket a kapott k értékkel, amelyből megkapom a szükséges felületet.

$$A = \frac{kF_{tény}}{k}$$

$$A = \frac{1598,1}{29,739}$$

$$A = 53,7 \text{ m}^2$$

Szakirodalomból meghatározható, hogy a $\emptyset 25$ csőnek a felületi aránya $0,072 \text{ m}^2/\text{m}$ és a méterenkénti tömege $1,29 \text{ kg/m}$. Ezekből az adatokból meghatározható a csövek hossza és tömege.

$$l = \frac{53,737}{0,072}$$

$$l = 746,3 \text{ m}$$

$$m = 746,3 \cdot 1,29$$

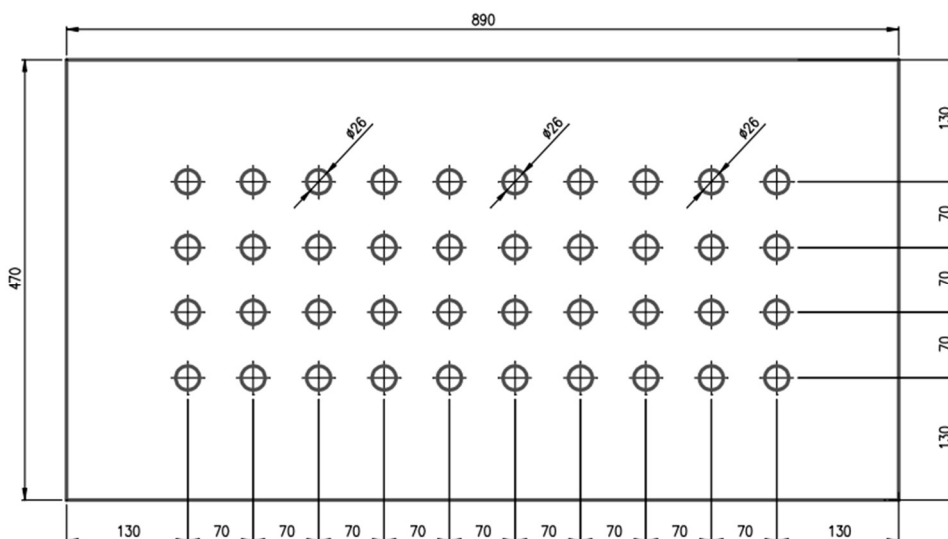
$$m = 962,7 \text{ kg}$$

A hegesztett bordáscsövek teljes súlya 720 kg 160 m hosszánál, vagyis megállapítható, hogy a csöves hőcserélő esetén a csőhossz $4,7$ -szer annyi, mint a bordáscsőnél. Nem elhanyagolható továbbá, hogy a tömege is nagyobb 242 kg -mal és hogy ekkora csőmennyiség különbségnél a teljes hőcserélő mérete, a gáz és víz oldali ellenállás a többszörösére nőne a fent számolt hőcserélőnél.

7. Hőcserélő konstrukciós tervezése és gyártása

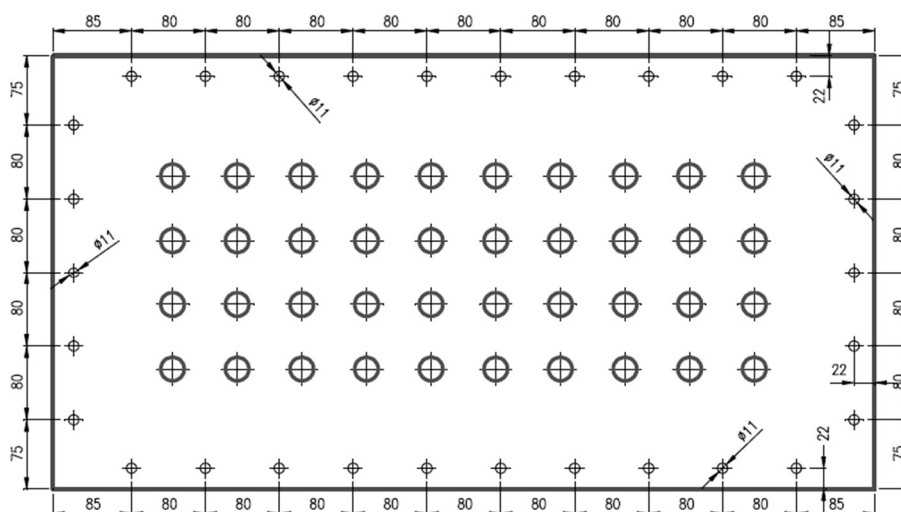
A hőcserélő tervezése a kiszámított adatoknak megfelelő csőfal tervezésével kezdődik. A csőfal rozsdamentes acélból készül (1.4301). A tervezésnél nagyon fontos figyelembe venni, hogy esetleges meghibásodás esetén azt modulárisan szerelhető legyen, ezért a számításokban már szereplő 4 modulból fog készülni a hővisszanyerő.

A csőfal készítésének első lépése, hogy 6 mm vastagságú rozsdamentes acéllemezből az alábbi méretűre vágjuk lézerrel, valamint a csővégeknek a helyét is kivágjuk.



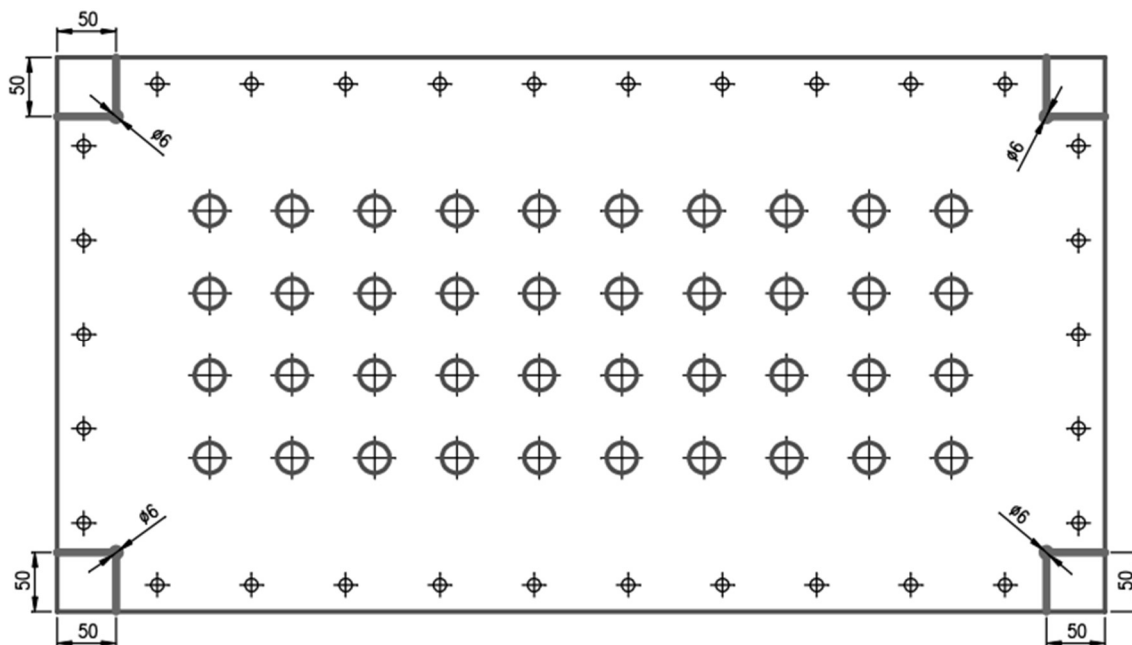
10. ábra lemezfal első lépés

Második lépésben kivágjuk a csőfal összeszereléséhez szükséges rögzítési pontokat az alábbi rajzon szereplő méretben és helyen.



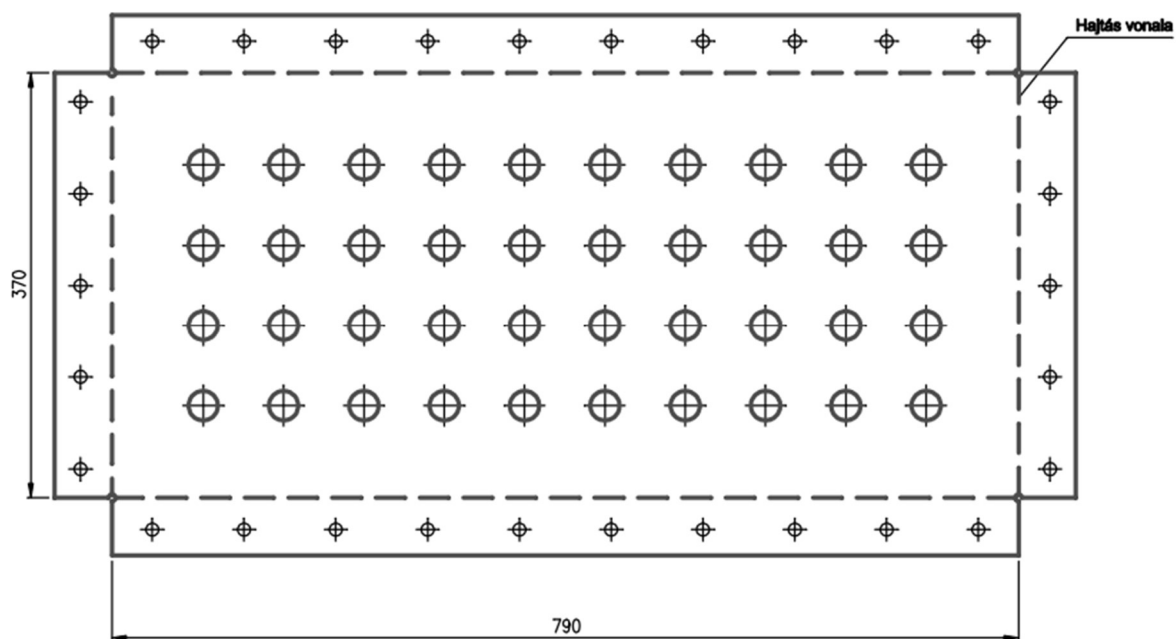
11. ábra lemezfal második lépés

A harmadik lépésben a csófal négy sarkának a levágása és a 6-os méretű furat kivágása a rajz szerinti helyen és méretben.



12. ábra lemezfal harmadik lépés

Negyedi lépésben a lemez „tálcaként” történő hajtása a lenti rajz alapján. A hajtás fontos az oldalfalak merevítése és az egymáshoz rögzítés miatt.

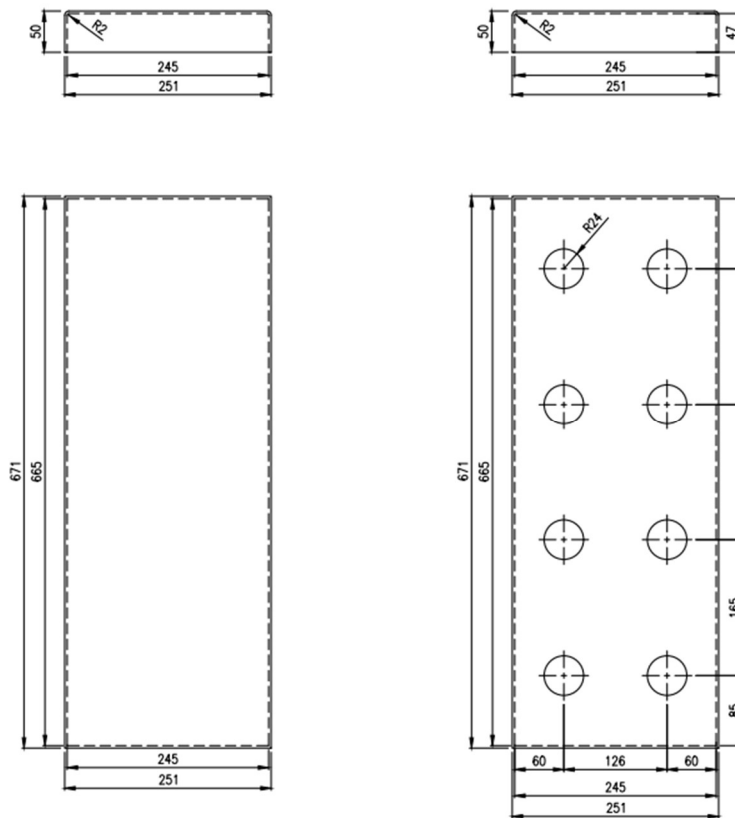


13. ábra lemezfal negyedik lépés

Miután megvan mind a 8 darab csőfal, valamint az előre legyártott 160 darab hegesztett bordáscső, megkezdődik az elemek összeszerelése és a csővégek behegesztése.

A már legyártott hegesztett bordás csöveket a véglemez furataiba bele kell tenni egyesével majd a szemközi véglemez furataiba kell illeszteni a csővégeket. Ezt követően a két oldalfal összekötése történik ideiglenes tartók ráhegesztésével. A hegesztés során figyelni kell, hogy a csőfalak teljesen párhuzamosan fussanak, mivel bármilyen kis eltérés is az összeszerelésnél problémát okozhat. A bordáscső teljes mérete 1000 mm a lemez vastagsága 6 mm és a csővég kilógása a 16 mm mindkét oldalon, vagyis az ideiglenes tartók mérete 960 mm. Fontos, hogy az átlók mérését követően, ha azok megegyeznek oldalankén egy ideiglenes kereszt merevítő kerüljön felhegesztésre. Az ideiglenes tartók felhegesztése során a csöveknek még mozognak ezért a csőfal egyik oldalán vonalzós tolmérővel 2 mm cső kilógás beállítását követően azt hegesztéssel rögzíteni kell. A hegesztés TIG hegesztéssel történik. A felhasznált hozaganyag rozsdamentes 308 Lsi. A csövek behegesztése során ügyelni kell, hogy a lemez ne torzuljon el ezért azt meghatározott sorrendben kell végrehajtani, valamint nem szabad a folyamatos hegesztés során egymás melletti csővégeket hegeszteni. A csőhegesztés ellenőrzésére repedésvizsgáló (penetrációs) spray-t kell alkalmazni az esetleges hibák kimutatása érdekében.

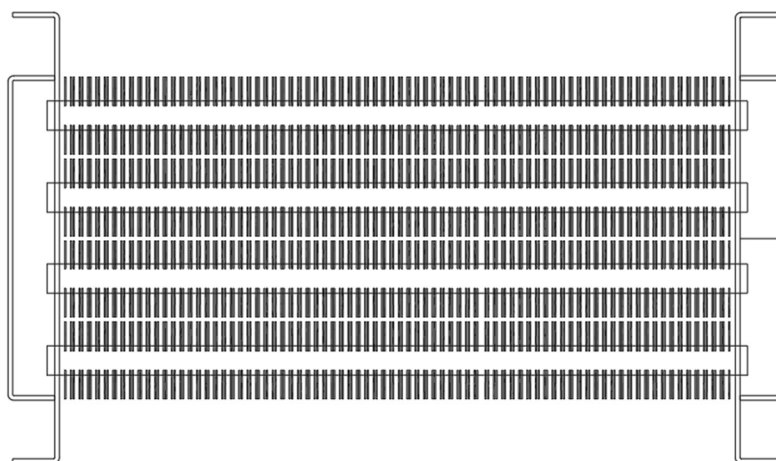
A csővégek behegesztését követően a víztáskák kialakítása következik. A 14. ábrán található rajzok szerint megtörténik a gyártása a víztáskáknak.



14. ábra víztáska kialakítása

A gyártást követően elsőnek a csőfal egyik végére, központosított elhelyezéssel a fordító kamra kerül fel hegesztésre a továbbiakban is AWI hegesztéssel.

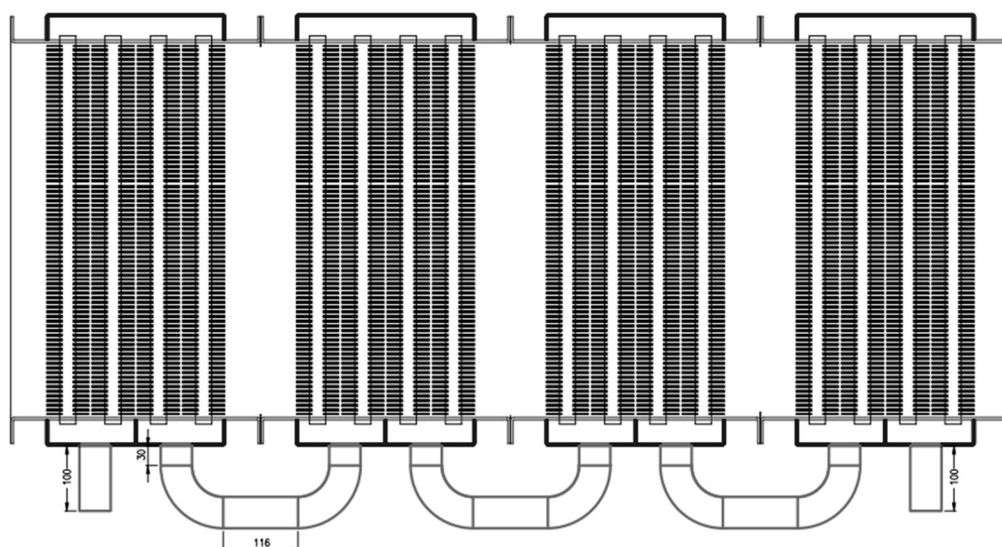
A másik csőfalra az 48 átmérőjű furatokkal ellátott víztáska kerül felhegesztésre központosítással, de a hegesztés előtt egy lemez kerül behesztésre a tálca középső vonalára.



15. ábra hőcserélő blokk

Ezt követően a 4 darab modul összeszerelése következik. A csőfal összekötése M10, DIN 10.9 acél csavarral történik. A rögzítés során fontos, hogy egyik oldalt M10 alátét a másik oldalán M10 rugós alátét kerüljön elhelyezésre. Ez a lépés azért fontos, hogy a szállítás, valamint a működés során a csavarok ne lazuljanak fel.

A modulok összeépítését követően, víz oldalról is összekapcsoljuk a modulokat. Két-két modul bonthatatlanul hegesztéssel van össze kapcsolva. A két középső modult karimás kötéssel kötjük össze. Az összekötést szintén rozsdamentes csővel hajtjuk végre.



16. ábra hőcserélő felülnézeti rajz

A hőcserélő következő lépésben rozsdamentes 1,5 mm lemezből burkolatot kap. Az esetleges rések tömítésére levegő oldalon hőálló szilikon kerül alkalmazásra. A hőcserélő egy hegesztett alapkeretre kerül rá, ami szakaszosan több helyen hozzá van hegesztve a hőcserélőhöz, ami az 1 számú fényképfelvételen látható.



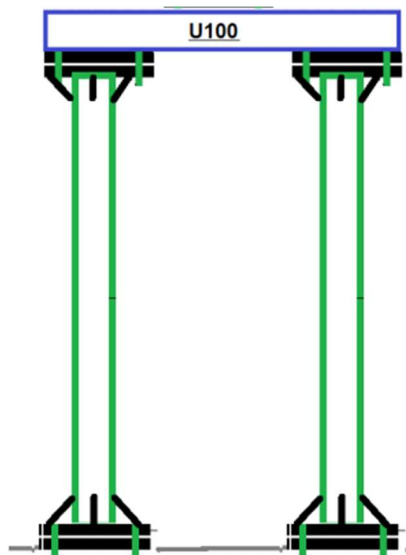
1. szám fényképfelvétel

A hőcserélő szállítható állapotban, hőszigetelés, és kondenzvízgyűjtő tálca nélkül (a beszerelés során kerülnek fel).

8. Beépítés során tapasztaltak

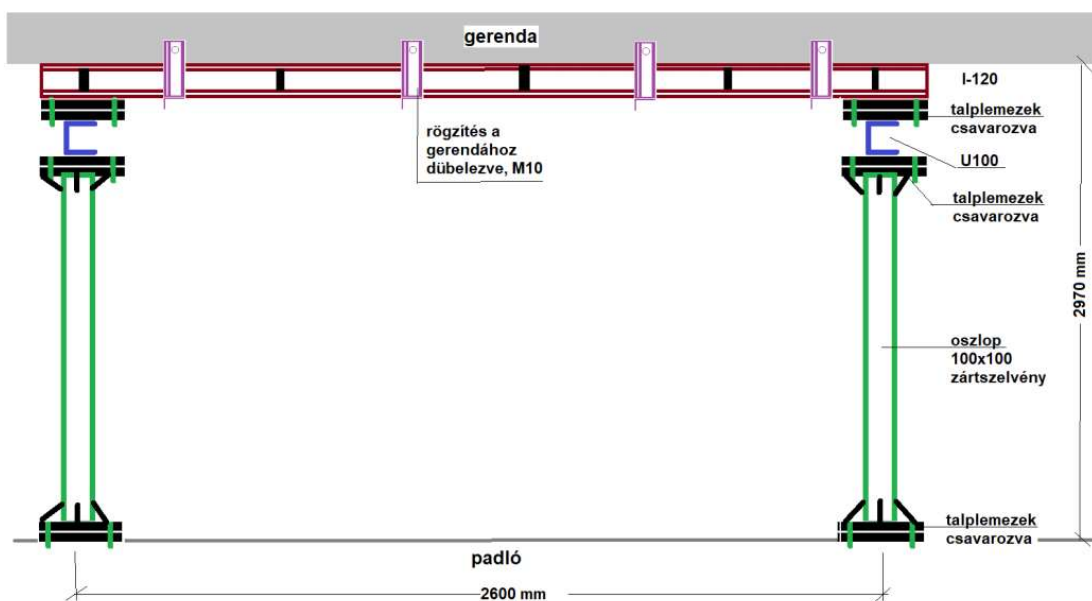
A beépítés megkezdése előtt mivel a tervezett hőcserélő nettó súlya 1500 kg körüli és a tervezett helye egy galérián található, ezért a megrendelő cég statikai vizsgálatot kért. A statikai vizsgálat megállapította, hogy további megerősítés szükséges. A készült számítási jegyzőkönyv a mellékletek között megtalálható.

A felvett adatok alapján 4 darab 100x100-as zártszelvényből készült oszlopot gyártottunk, amelyre egy U100 szelvény van keresztben vezetve és az oszlopokra talplemez segítségével van rögzítve, amely a 17. ábrán látható.



17. ábra tartó oszloppár

A két oszloppár közé egy I-120-as szelvény lett a vasbeton gerendára dübelelve zártszelvényből készült kengyelek segítségével. A I-120 szelvény két végén talplemez került felhegesztésre, amivel csatlakozik a két oszloppár közötti U-100-as szelvényen található talplemezhez.



18. ábra tartószerkezet

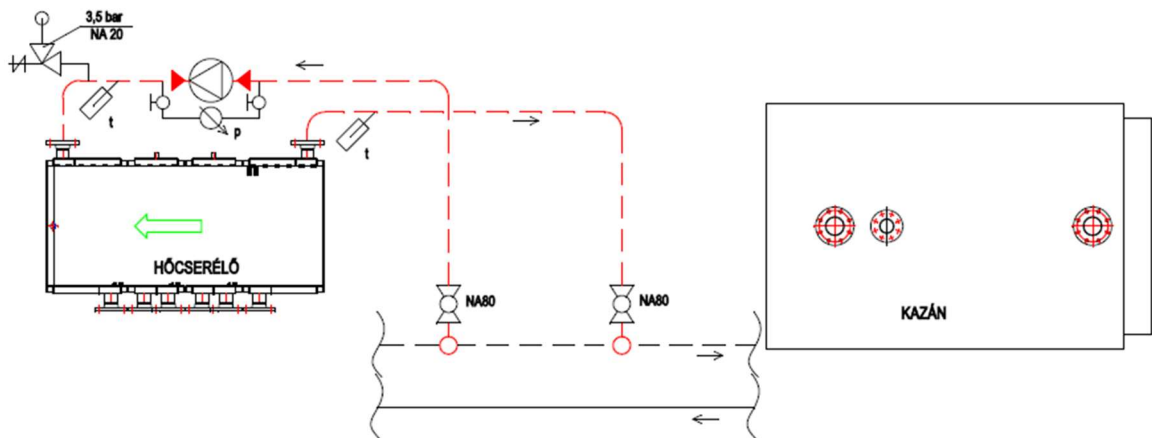
A megerősítést követően a legyártott rozsdamentes hőcserélő felkerült a galériára. Mivel a gépház erősen beépített volt és az ott telepített berendezések mozgatása nem volt lehetséges ezért a hőcserélő két egységre szétszerelhető.

A helyszínrre szállítást követően a hőcserélő két darabban felkerült egy targonca segítségével a tervezett helyére. Ezt követően a két önálló blokk összeszerelése megtörtént. A hőcserélő két oldalára rozsdamentes anyagból felkerült a fogadó és távozó kéménytechnikai doboz, amelyben több belső merevítő került beszerelésre. A felszerelés során az esetleges rések megakadályozása ellen az előírt hőálló szilikon került alkalmazásra.

A fogadó és kilépő elemen található NA 300 csatlakozó csonk, amelyre a kéményt szerelő alvállalkozók rá tudnak kötni. Továbbá a fogadó és távozó elem oldalán kialakításra került egy szerelőajtó, amely a későbbi karbantartási, javítási munkákat egyszerűsíti meg.

A hőcserélő alján található kondenzvíz összefolyó tálca felszereltük, majd a tálca csonkjára csatlakoztatásra került a már előre kiépített kondenzvíz csatornára.

Ezt követően került rákötésre a fűtési visszatérő ágról a hőcserélő víz oldali része. A visszatérő ágból egy keringető szivattyú kiveszi a hőcserélő méretezésénél meghatározott tömegáramú fűtővizet, amely a hőcserélőben felmelegszik, ami után visszakerül a fűtési visszatérő ágba. A hőcserélő füstgáz oldali zsaluival összehangolva, motoros gömbcsapok vannak beépítve, a hőcserélő be és kilépő ágába. Az új csővezeték rendszerben elhelyezésre került egy biztonsági szelep.



19. ábra hidraulikai kapcsolási rajz vázlata

A bekötéseket követően a hőcserélő 15 cm vastag közet gyapot szigetelést kapott horganyzott lemez borítással, valamint a fűtésicső szigetelése is megtörtént.

A beüzemelést követően az ott dolgozók beszámoltak róla, hogy a hőcserélő megfelelően működik, vízoldali vagy füstgáz oldali szivárgásról nem érkezett bejelentés.

9. Megtérülési idő

A hőcserélők, hővisszanyerők tervezésénél fontos szempont a beruházás megtérülési ideje, amit már az első számítások alapján lehet számolni, de érdemes a beruházás végén az újra számolni, pontosítani a mért valós adatok felhasználásával.

A hővisszanyerő berendezés alkalmazásával a berendezések hatásfokának javulása 10 – 15% is lehet a méretezési és energetikai számítások alapján, amennyiben a visszanyert hőmennyiséget a visszatérő víz melegítésén túlmenően, használati melegvíz termelésre hasznosítani lehet.

Amennyiben kizárólag visszatérő fűtővíz előmelegítésre lehetséges a visszanyert hőmennyiséget hasznosítani, úgy a megtakarítás mértéke 8-9%-os mértékű a mért tapasztalatok alapján, a visszatérő víz induló hőmérsékletétől függően.

A beruházás megtérülésének számításához szükség van a gázkazán által fogyasztott gázmennyiség megállapítására.

A beruházás megtérülését az alábbiak szerint lehet számolni:

beruházás költsége (nettó Ft)

megtérülési idő (év) = -----

éves gázfelhasználás (m³) X hatásfok javulás X földgáz beszerzési ára (m³/nettó Ft)

A beruházási költségeket tételes árajánlat, és a hővisszanyerő berendezés pontos méretezése alapján lehet meghatározni.

A fenti beruházás megtérülési várható ideje 3 év (Kiss , Hőcserélő megtérülési idő, 2023).

Fontos még megjegyezni, hogy a megtérülési idő még tovább csökkenthető, mivel a Nemzeti Energia és klímatervben rögzítettek alapján, 2021-től 2030-ig évente átlagosan 0,8 % energiamegtakarítást kell elérni. Ezt az EKR szakpolitikai eszközzel, vagyis az úgynevezett energiahatékonysági kötelezettségi rendszer, melynek lényege, hogy a közvetlen energiahatékonysági beruházási támogatások helyett közvetett módon próbálja a beruházásokat ösztönözni az energiakereskedőkön keresztül. Az energiakereskedők (villamos, földgáz, közlekedési célú üzemanyag) éves szinten energiamegtakarítást kötelesek

elérni a végső felhasználók körében. A hulladékhő-hasznosítás megtérülése minden támogatás nélkül is pár éven belül megtérül. Az EKR igénybevételével azonban nem csak azonnal megtérül a beruházási összeg, de akár azon felül is forráshoz lehet jutni (EKR, 2023).

10. Összefoglalás

Munkám során fontosnak tartottam, hogy a konkrét feladatot a lehető legjobban oldjam meg és ezt számításokkal alá is tudjam támasztani.

A megrendelő az ipari kazán hulladékhőjének hasznosításának feladatát határozta meg részünkre, amit teljes mértékben sikerült végrehajtani egy folyadék-gáz hegesztett lamellás bordáscsővekből készült hőcserélővel. A hőcserélő alacsony gáz oldali ellenállással, jó hatásossággal rendelkezik.

Amennyiben nem az általam választott hegesztett lamellás bordáscsővekből készülne a hőcserélő, hanem például csöves hőcserélővel váltanánk ki azonos teljesítmény mellett, a mérete majdnem duplájára, nettó tömege hozzávetőlegesen 250 kg-mal nőne, vízdali- és gázoldali ellenállása is jóval nagyobb lenne a megnövekedett méretek okán.

Füstgáz hővisszanyerőknél véleményem szerint fontos, hogy a tervezett hőcserélő gáz oldali ellenállása ne legyen magas, mivel olyan problémák léphetnek fel, mint például a füstgáz oldalon túlnyomás keletkezik, aminek leküzdéséhez plusz ventilátor beépítésére lehet szükség, vagy károsan befolyásolja a tüztér nyomását, ami miatt az égő újbóli beszabályozása, esetleg cseréje lehet szükséges.

Tapasztalatunk szerint az ilyen vagy hasonló feladatra más cégek által gyártott hőcserélőknek nagy füstgáz oldali ellenállása miatt rendszerint fellépnek a fenti problémák, amelyek javítása igen költséges és nehezíti, lassítja a beüzemelést.

Minden céges beruházásnál fontos a megtérülési idő. Mivel a világpiaci ára a földgáznak, (és minden más tüzelőanyagának is) nagy mértékben növekedett az előző évekhez képest, így a megtérülési idő rövidül, továbbá az EKR visszatérítés nagyban gyorsítja a megtérülési folyamatot. Mindezen túl fontos környezetvédelmi szempontból, hogy minél kevesebb károsanyag kibocsátás mellett, a lehető legtöbb energiát hasznosítsunk.

NYILATKOZAT

a szakdolgozat nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

A hallgató neve: Kovács Zoltán
A Hallgató Neptun kódja: KKEMV0
A dolgozat címe: Hőcserélők gyártása és kivitelezése.
A megjelenés éve: 2023
A konzulens tanszék neve: Műszaki Menedzsment

Kijelentem, hogy az általam benyújtott szakdolgozat egyéni, eredeti jellegű, saját szellemi alkotásom. Azon részeket, melyeket más szerzők munkájából vettem át, egyértelműen megjelöltem, s az irodalomjegyzékben szerepeltettem.

Ha a fenti nyilatkozattal valótlan állítottam, tudomásul veszem, hogy a Záróvizsga-bizottság a záróvizsgából kizár és a záróvizsgát csak új dolgozat készítése után tehetek.

A leadott dolgozat, mely PDF dokumentum, szerkesztését nem, megtekintését és nyomtatását engedélyezem.

Tudomásul veszem, hogy az általam készített dolgozatra, mint szellemi alkotás felhasználására, hasznosítására a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem mindenkori szellemi tulajdon-kezelési szabályzatában megfogalmazottak érvényesek.

Tudomásul veszem, hogy dolgozatom elektronikus változata feltöltésre kerül a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem könyvtári repozitori rendszerébe.

Kelt: Gödöllő, 2023 év április hó 20 nap


Hallgató aláírása

KONZULTÁCIÓS NYILATKOZAT

A Kovács Zoltán (hallgató Neptun azonosítója: KKEMV0) konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a szakdolgozatot áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A záródolgozatot (szakdolgozatot) diplomadolgozatot/portfóliót a záróvizsgán történő védeésre javaslom / nem javaslom¹.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem²

Kelt: Gödöllő, 2023 év április hó 20 nap


Belső konzulens

Irodalomjegyzék

Alfalaval. (2023). *Hőátadás Elmélete*.

Forrás: Alfalaval: https://www.alfalaval.hu/info/hungary/a_hoatadas_elmelete/
(letöltve: 2023.04.08.)

Bertalan Zsolt, U. Z. (2012). *Műszaki Ismeretek, Vegyipari gépek II.*

Bertalan, Z. (2005). *Műszaki ismeretek*. Budapest: Oláh Nyomdaipari Kft.

Bihari, P. (2011). *Műszaki hőtan EDUTUS Főiskola*.

Forrás: https://docplayer.hu/5303871_Muszaki_hotan_bihari_peter.html
(letöltve: 2022.04.20.)

BME. (2014). *Lemezeshőcserélő mérés*. Forrás: https://docplayer.hu/48214059_Lemezeshocserelo_meres.html (letöltve: 2022.04.20.)

BME. (2022). *Telített vízgőz adatai*. Forrás: <http://kkft.bme.hu/attachments/article/88/Vizgoz.tablázat.pdf> (letöltve: 2022.04.20.)

Cséfalvay Edit, M. L. (2008). *Vegyipari művelettan*. Budapest: ELTE Kémiai Intézet.

Dr. Balikó, S. (1984). *Hőcserélők és hőcserélő-rendszerek energetikai optimalizálása*. Budapest: Műszaki Könyvkiadó,

Dr. Benedek Zoltán, H. D. (1988). *Műszaki hő és áramlástan II.*, Budapest: Tankönyvkiadó, Budapest.

dr. Fonyó Zsolt, D. F. (2004). *Vegyipari művelettani alapismeretek*.

Forrás:

https://dtk.tankonyvtar.hu/xmlui/bitstream/handle/123456789/13411/2011_0001_519_44580_Vegyipari_Muvelettan.pdf?sequence=1&isAllowed=y
(letöltve: 2022.04.20.)

Dr. Gruber József, D. B. (1971). *Folyadékok mechanikája*. Budapest: Tankönyvkiadó.

Dr. Harmathy, N. (2020). *Hővédelem, Hőátviteli folyamatok*. Forrás: http://egt.bme.hu/EPFIZ/02_Hovedelem_hoatvitel_hosugarzas.pdf
(letöltve: 2023.04.08.)

Dr. Örvös, M. (2016). *Termikus eljárások és berendezések, kézirat, I. rész.*, Budapest: Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem.

Dr. Pálfi, Z. (1986). *Vegyipari Készülékek Szerkesztési Atlasz*. Budapest: Műszaki Könyvkiadó.

Dr. Pattantyús, Á. (1959). *Gyakorlati áramlástan*. Budapest: Tankönyvkiadó.

EKR. (2023). *Energiahatékonysági kötelezettségi rendszer*.

Forrás: <https://www.enhat.mekh.hu/ekr> (letöltve: 2023.04.15.)

Földgáz. (2022). *Fűtés az őskortól napjainkig*.

Forrás: http://www.foldgaz.hu/hu-HU/Futes_az_ostortol_napjainkig/2
(letöltve: 2022.04.20.)

Gázór. (2022). *Fűtés története*.

Forrás: <https://www.gazor.hu/hasznos/futes-tortenete.html>
(letöltve: 2022.04.20.)

Gróf, G. (1999). *Hőközlés, Budapest*, .

Forrás: <https://docplayer.hu/15764156-Grof-gyula-hokozles-ideiglenes-jegyzet.html>
(letöltve: 2022.04.20.)

H.Y.Wong_. (1983). *Hőátadási zsebkönyv*. Forrás: <https://docplayer.hu/48214059-Lemezshocserelo-meres.html> (letöltve: 2022.04.20.)

Hőcserélő-kalorifer. (2023). *Hogyan működik*.

Forrás: <https://hocserelo-kalorifer.hu/hogyan-mukodik> (letöltve: 2022.04.20.)

Jászay, T. (1970). *Műszaki Hőtan*. Budapest: Tankönyvkiadó.

Kiss, L. (2022). *Hegesztett lamellás bordáscső leírás*.

Forrás: <https://izoplan.hu/index.php/bord%C3%A1scs%C5%91-detail> (letöltve: 2022.04.20.)

Kiss, L. (2023): *Bordáscső műszaki adatok*

Forrás: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgglefindmkaj/https://izoplan.hu/images/doksik/heggesztett2.pdf?fbclid=IwAR0_cPi027QBVWj0ts8MjZylD6mic-UCFC4wJqq0ePHQ7TgkX-cMvSj1edl
(letöltve: 2023.04.16)

Kiss, L. (2023): *Hőcserélő megtérülési idő*

Forrás: <https://izoplan.hu/index.php/f%C3%BCstg%C3%A1zh%C5%91cser%C3%A9l%C5%91-detail?fbclid=IwAR14GnRaKKWclMnFaZkK7N7-lyhLusnpNQDo3MGiNjykJcNcYIMLQhs9E0> (letöltve: 2023.04.16)

Lajos Tamás_. (1992). *Az áramlástan alapjai*.

Forrás: <https://mek.oszk.hu/>, <https://mek.oszk.hu/00500/00584/00584.pdf> (letöltve: 2022.04.20.)

Siska, O. (2019). *Hőhasznosító berendezés méretezése biomassza távfűtőműhöz*.

Forrás: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgglefindmkaj/<http://midra.unimiskolc.hu/document/32656/28738.pdf> (letöltve: 2022.04.20.)

Szabó, L. (2008). *Felületi hőcserélők*.

Forrás: <https://docplayer.hu/5302989-Munkaanyag-szabo-laszlo-feluleti-hocserelok-a-kovetelmenymodul-megnevezese.html> (letöltve: 2022.04.20.)

Szabó, L. (2008). *Közvetlen, keverő hőcserélés és berendezései*.

Forrás: https://www.nive.hu/Downloads/Szakkepzesi_dokumentumok/Bemeneti_kompetenciai_meresi_ertekelesi_eszkozrendszerenek_kialakitasa/8_2047_007_101215.pdf
(letöltve: 2022.04.20.)

Szajkó, I. (2018). *Időben Változó hőátadás vizsgálata hőcserélő esetén*.

Forrás: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgglefindmkaj/<http://midra.unimiskolc.hu/document/31143/27224.pdf> (letöltve: 2022.04.20.)

V. N. Bogoszlovskij-M.J.Poz. (1987). *Hőhasznosítás a lég-, és fűtéstechnikában.*
Budapest: Műszaki Könyvkiadó.

VDI-Warmeratlas. (1977). Springer, Düsseldorf.

Völgyi, L. (2008). *Hőcserélők Üzemeltetése, szerelése.*

Forrás: <https://docplayer.hu/14399033-Munkaanyag-volgyi-lajos-hocserelok-uzemeltetese-szerelése-a-követelménymodul-megnevezése-erjedés-es-boripari-nyersanyag-feldolgozás.html> (letöltve: 2022.04.20.)

Willi Bohl. (1983). *Műszaki Áramlástan.* Budapest: Műszaki Könyvkiadó.

Épület: Vincotech kazánház
Megrendelő: Vincotech Hungaria Kft.
 2060 Bicske, Kossuth Lajos u. 59.
Tervező: Kiss László
 1162 Budapest, Szénás u. 14.
 G-T-01-8005
Dátum: 2020.12.02.

Tűzelőérendezés: 1 **KAZÉP MK 1000**
 Telfjesítmény: 1116 kW
 Hatásfok: 93 %
 Tűzelési teljesítmény: 1200 kW
 Légellátási tényező: 1,15
 Fogyasztás: 127 m³/h

Fűtőanyag elhelyezése: Budapesti körvezeték
 Oszszetétel (m³/m³):
 Metán (CH₄)0,9700
 Etán (C₂H₆)0,0110
 Propan (C₃H₈)0,0030
 Bután (C₄H₁₀)0,0010
 Széndioxid (CO₂)0,0050
 Nitrogén (N₂)0,0100

Fűtőérték (15 °C-on): 33966 kJ/gNm³
 Égéshő (15 °C-on): 37705 kJ/gNm³
 Normál sűrűség: 0,741 kg/m³
 Relatív sűrűség: 0,573

Égéstermek összetétel (m³/m³):
 Széndioxid (CO₂) 0,0921
 Nitrogén (N₂)0,7806
 Oxigén (O₂)0,0274
 Argon (Ar)0,0092
 Víz (H₂O)0,0907

C:_POLYO_MUNKAK\1491_VINCOTECH_KEMENNYMERETEZES\MUNKAI\1491_VINCO_MK1000_v2.c32

CHM-BAU Kéménymérési program 2.47 (2011. 10. 17.) Copyright © 1999-2011 Bausoft Pecsvaradi Kft.

2
1

Minimális levegőszükséglet: 9.524 m³/m³
 Elmeleti égéstermék: 8.544 m³/m³
 Száraz égéstermék: 9.972 m³/m³
 Nedves égéstermék: 10.967 m³/m³
 Hígítási tényező: 1.167
 Max. CO₂ koncentráció: 11.82 %
 Normál sűrűség: 1.287 kg/m³
 Égéstermék tömegáram: 1.7E3 kg/h
 Kondenzátum: 96,5 kg/h
 Hamnaponti hőmérséklet: 44.2 °C
 Égési levegő tömegáram: 1 531 kg/h
 Égéstermék hőmérséklet: 240 °C
 Csatlakozási méret: ϕ 300 mm
 A csatlakozás kikapcsolt állapotban lezárva
 Kötényzeti levegő hőm.: kazánház

a/1 szakasz Átmeneti idom

Magasság:	0 m	
Vezetési hossz:	0,5 m	
Kötényzeti hőmérséklet:	kazánház	
Külső hőátadási tényező:	8 W/m ² K	
Réteg adatok:	belső átmérő	vastagság
	0,45 m	50 mm
	0,55 m	
Külső átmérő:		hív. tényező
		0,04 W/mK
Abszolút érdesség:	1 mm	
Ellenállás tényező:	0,1	

C:_FOI_YO_MUNKÁK\1491_VINCOTECH_KEMENYMERETEZES\MUNKA\1491_VINCO_MK1000_v2.c32

CHN-BAU Kéménymérési program 2.47 (2011.10.17) Copyright © 1999-2011 Bausoft Pécsvárad Kft.

2020.12.11.

<http://www.bausoft.hu>

a/2 szakasz	Csappantyú		
Magasság:	0 m		
Vezetési hossz:	0,5 m		
Környezeti hőmérséklet:	kazánház		
Külső hőátadási tényező:	8 W/m ² K		
Réteg adatok:	belső átmérő	vastagság	hőv. tényező
	0,45 m	50 mm	0,04 W/mK
	0,55 m		
Külső átmérő:			
Abszolút érdesség:	1 mm		
Ellenállás tényező:	0,2		
a/3 szakasz	Pléh. Br 90°-os könyökidom		
Magasság:	0,76 m		
Vezetési hossz:	0,76 m		
Környezeti hőmérséklet:	kazánház		
Külső hőátadási tényező:	8 W/m ² K		
Réteg adatok:	belső átmérő	vastagság	hőv. tényező
	0,45 m	0,6 mm	21 W/mK
	0,4512 m	50 mm	0,05 W/mK
	0,5512 m	0,6 mm	21 W/mK
	0,5524 m		
Külső átmérő:			
Abszolút érdesség:	1 mm		
Ellenállás tényező:	0,4		

C:_FOI_YÓ_MUNKÁK\1491_VINCOTECH_KEMÉNYMÉRLETEZÉS\MUNKA\1491_VINCO_MK1000_v2.c32

CHM-BAU Képanyméretező program 2.47 (2011.10.17.) Copyright © 1999-2011 Bausoft Pécsvárad Kft.

2020.12.11.

<http://www.bausoft.hu>

a/4 szakasz	Pfűh Bt. hosszalelem		
Magasság:	0 m		
Vezetési hossz:	1 m		
Környezeti hőmérséklet:	kazánház		
Külső hőátadási tényező:	8 W/m ² K		
Réteg adatok:	belső átmérő	vastagság	hőv. tényező
	0,45 m	0,6 mm	21 W/mK
	0,4512 m	50 mm	0,05 W/mK
	0,5512 m	0,6 mm	21 W/mK
	0,5524 m		
Külső átmérő:	1 mm		
Abszolút érdesség:			
a/5 szakasz	Pfűh Bt. 90°-os könyökidom		
Magasság:	0,76 m		
Vezetési hossz:	0,76 m		
Környezeti hőmérséklet:	kazánház		
Külső hőátadási tényező:	8 W/m ² K		
Réteg adatok:	belső átmérő	vastagság	hőv. tényező
	0,45 m	0,6 mm	21 W/mK
	0,4512 m	50 mm	0,05 W/mK
	0,5512 m	0,6 mm	21 W/mK
	0,5524 m		
Külső átmérő:	1 mm		
Abszolút érdesség:	0,4		
Ellenállás tényező:			

C:_FOI_YO_MUNKÁK\1491_VINCOTECH_KEMENYMERETEZES\MUNKÁ\1491_VINCO_MK1000_v2.c32

CHM-BAU kényelmétező program 2.47 (2011.10.17) Copyright © 1999-2011 Bausoft Pécsvárad Kft.

2020.12.11.

<http://www.bausoft.hu>

	Pf6h Bt. hosszalelem		
a/6 szakasz			
Magasság:	1,5 m		
Vezetési hossz:	1,5 m		
Környezeti hőmérséklet:	Kazánház		
Külső hőátadási tényező:	8 W/m ² K		
Réteg adatok:	belső átmérő	vastagság	hőv. tényező
	0,45 m	0,6 mm	21 W/mK
	0,4512 m	50 mm	0,05 W/mK
	0,5512 m	0,6 mm	21 W/mK
	0,5524 m		
Külső átmérő:			
Abszolút érdesség:	1 mm		
a/7 szakasz	Hőviszanyerő hőcserélő, külön méretezés szerint		
Magasság:	0 m		
Vezetési hossz:	0 m		
Környezeti hőmérséklet:	Kazánház		
Külső hőátadási tényező:	8 W/m ² K		
Hőmérséklet csökkenés:	110 °C (hőviszanyerés miatt)		
Négyzetűg. belső méret:	0,94 *0,715 m		
Falvastagság:	50 m		
Hővezetési tényező:	0,04 W/mK		
Abszolút érdesség:	1 mm		
Ellenállás tényező:	21		

C:_FOI_YO_MUNKÁK\1491_VINCOTECH_KEMENYMERETEZES\MUNKA\1491_VINCO_MK1000_v2.c32

CHM-BAU Képzésmérési program 2.47 (2011. 10. 17.) Copyright © 1999-2011 Bausoft Pécsvárad Kft.

2020.12.11.

<http://www.bausoft.hu>

a/8 szakasz	Pfűh Bt. hosszalelem		
Magasság:	0,5 m		
Vezetési hossz:	0,5 m		
Környezeti hőmérséklet:	Kazánház		
Külső hőátadási tényező:	8 W/m ² K		
Réteg adatok:	belső átmérő	vastagság	hőv. tényező
	0,45 m	0,6 mm	21 W/mK
	0,4512 m	50 mm	0,05 W/mK
	0,5512 m	0,6 mm	21 W/mK
	0,5524 m		
Külső átmérő:	1 mm		
Abszolút érdesség:			
a/9 szakasz	Pfűh Bt. 90°-os könyökidom		
Magasság:	0,76 m		
Vezetési hossz:	0,76 m		
Környezeti hőmérséklet:	Kazánház		
Külső hőátadási tényező:	8 W/m ² K		
Réteg adatok:	belső átmérő	vastagság	hőv. tényező
	0,45 m	0,6 mm	21 W/mK
	0,4512 m	50 mm	0,05 W/mK
	0,5512 m	0,6 mm	21 W/mK
	0,5524 m		
Külső átmérő:	1 mm		
Abszolút érdesség:	0,4		
Ellenállás tényező:			

C:_FOI_YO_MUNKÁK\1491_VINCOTECH_KEMENYMERETEZES\MUNKÁ\1491_VINCO_MK1000_v2.c32

CHM-BAU Kéziymeretező program 2.47 (2011.10.17) Copyright © 1999-2011 Bausoft Pécsvárad Kft.

2020.12.11.

<http://www.bausoft.hu>

a/10 szakasz	Pfétl Bt. hosszalelem		
Magasság:	0 m		
Vezetési hossz:	1 m		
Környezeti hőmérséklet:	külső		
Külső hőátadási tényező:	23 W/m ² K		
Réteg adatok:			
	belső átmérő	vastagság	hőv. tényező
	0,45 m	0,6 mm	21 W/mK
	0,4512 m	50 mm	0,05 W/mK
	0,5512 m	0,6 mm	21 W/mK
	0,5524 m		
Külső átmérő:	1 mm		
Abszolút érdesség:			
a/11 szakasz	Pfétl Bt. bekötődőn 90°		
Magasság:	0 m		
Vezetési hossz:	0 m		
Környezeti hőmérséklet:	külső		
Külső hőátadási tényező:	23 W/m ² K		
Réteg adatok:			
	belső átmérő	vastagság	hőv. tényező
	0,45 m	50 mm	0,04 W/mK
	0,55 m		
Külső átmérő:	1 mm		
Abszolút érdesség:	1,3		
Ellenállás tényező:			
a/12 szakasz	Pfétl Bt. hosszalelem		
Magasság:	3 m		
Vezetési hossz:	3 m		
Környezeti hőmérséklet:	külső		
Külső hőátadási tényező:	23 W/m ² K		
Réteg adatok:			
	belső átmérő	vastagság	hőv. tényező
	0,45 m	0,6 mm	21 W/mK
	0,4512 m	50 mm	0,05 W/mK
	0,5512 m	0,6 mm	21 W/mK
	0,5524 m		
Külső átmérő:	1 mm		
Abszolút érdesség:			

C:_FOI_YO_MUNKÁK\1491_VINCOOTECH_KEMENYMERETEZÉS\MUNKA\1491_VINCO_MK1000_v2.c32

CHM-BAU Képtermétek program 2.47 (2011.10.17) Copyright © 1999-2011 Bausoft Pécsvárad Kft.

2020.12.11.

<http://www.bausoft.hu>

téli enyhe állapot variáció (depressziós égéstermék elvezető nyomás feltételek ellenőrzése)

Kémény ryugalmi nyomása:

Kémény ellenállása:

Szélnyomás:

Depresszió a belépési ponton:

Tüzelőberendezés huzatigénye:

Levegő bevezetés huzatigénye:

Osszesítőelem ellenállása:

Szükséges depresszió a belépési ponton:

A Pz >= Pze nyomásfeltétel TELJESÜL.

A Pz >= P_B nyomásfeltétel TELJESÜL.

Égéstermék áramlástechnikai biztonsági tényező:

Frisslevegő áramlástechnikai biztonsági tényező:

Nem állandósult hőmérsékletek miatti módosító tényező:

Légekőti nyomás:

Külső levegő hőmérséklete:

Külső levegő relatív páratartalma:

Tüzelőberendezések aránytényei:

Séma Típusjel

1 KAZEP MK 1000

P_H	= 29,75 Pa								
P_R	= 14,44 Pa								
P_L	= 0,00 Pa								
P_Z	= 15,31 Pa						$P_H - P_R - P_L$		
P_W	= 0,00 Pa								
P_B	= 4,00 Pa								
P_{FV}	= 0,00 Pa								
P_{Ze}	= 4,00 Pa						$P_W + P_{FV} + P_B$		
S_E	= 1,5								
S_{EB}	= 1,2								
S_H	= 0,5								
P_L	= 101325 Pa								
t_v	= 15 °C								
ϕ_L	= 60 %								
Tehetési mód	m	m_{NL}	m_{WC}	n	n_c	P_B	P_W		
	[kg/h]	[kg/h]	[kg/h]	[-]	[-]	[Pa]	[Pa]		
Maximális teljesítmény	701,000	-701,000	1,15	1,15	4,00	0,00			

C:_FOI_YO_MUNKAK\1491_VINCOOTECH_KEMENYMERETEZES\MUNKA\1491_VINCO_MK1000_v2.c32

CHM-BAU Kéménymérési program 2.47 (2011. 10. 17.) Copyright © 1999-2011 Bausoft Pécsvárad Kft.

2020.12.11.

<http://www.bausoft.hu>

Szakaszok eredményei:

Szakasz index	Típusjel	w_m [m/s]	P_k [Pa]	P_{H1} [Pa]	t_e [°C]	t_b [°C]	t_{b0} [°C]	t_{e0} [°C]	t_{ep} [°C]	t_b [°C]	m [kg/h]
a/1	Átmeneti idom	4,34	-24,93	0,00	240,0	239,6	215,1	55,7	44,2	15,0	1701,4
a/2	Csappanyú	4,33	2,21	0,00	239,6	239,1	214,7	55,6	44,2	15,0	1701,4
a/3	Plehn Bt 90°-os könyökidom	4,33	4,29	3,98	239,1	238,4	209,2	63,6	44,2	15,0	1701,4
a/4	Plehn Bt. hosszelen	4,32	0,56	0,00	238,4	237,3	208,3	63,4	44,2	15,0	1701,4
a/5	Plehn Bt. 90°-os könyökidom	4,31	4,27	3,97	237,3	236,6	207,6	63,2	44,2	15,0	1701,4
a/6	Plehn Bt. hosszelen	4,30	0,84	7,80	236,6	235,0	206,3	63,0	44,2	15,0	1701,4
a/7	Hőviszanyerő hőcserélő, külön méretezés szerint	1,02	5,22	0,00	235,0	235,0	235,0	16,0	44,2	15,0	1701,4
a/8	Plehn Bt. hosszelen	3,37	7,18	1,66	125,0	124,8	110,1	38,8	44,2	15,0	1701,4
a/9	Plehn Bt. 90°-os könyökidom	3,36	3,33	2,51	124,8	124,4	109,7	38,7	44,2	15,0	1701,4
a/10	Plehn Bt. hosszelen	3,36	0,43	0,00	124,4	123,8	108,4	23,7	44,2	15,0	1701,4
a/11	Plehn Bt. bekötőidom 90°	3,36	9,72	0,00	123,8	123,8	111,0	22,2	44,2	15,0	1701,4
a/12	Plehn Bt. hosszelen	3,35	1,31	9,82	123,8	122,2	107,0	23,7	44,2	15,0	1701,4

téli hideg állapot variáció (nedves égéstermék elvezető hommerséklet feltétel ellenőrzése)

Falhomerséklet a kitoroklásnál:

Határhomerséklet:

$A \cdot T_{iob} \geq T_g$ hommerséklettel TELJESÜL.

Falhomerséklet a kitoroklás előtti szakaszánál:

$A \cdot T_{iib} \geq T_g$ hommerséklettel TELJESÜL.

Égéstermék áramlástechnikai biztonsági tényező:

Friszlevegő áramlástechnikai biztonsági tényező:

Levegőri nyomás:

Külső levegő hommerséklete:

Külső levegő relatív páratartama:

Tűzelőbendzések eredményei:

Séma Típusjel

Jel	Típusjel	Teljesítmény mód	m [kg/h]	m_{N1} [kg/h]	m_{WC} [kg/h]	n [-]	n_c [-]	P_b [Pa]	P_w [Pa]
1	KAZEP MK1 1000	Maximális teljesítmény	701,000	-701,000	1,15	1,15	4,00	0,00	

$S_E = 1,5$
 $S_{EB} = 1,2$
 $P_L = 101325 \text{ Pa}$
 $t_f = -15 \text{ °C}$
 $\varphi_L = 60 \%$

C:_FOI_YO_MUNKÁK\1491_VINCOOTECH_KEMENYMERETEZES\MUNKÁ\1491_VINCO_MK1000_v2.c32

CHM-FB4U Kéménymeretező program 2.47 (2011.10.17) Copyright © 1999-2011 Bausoft Pécsvarad Kft.

2020.12.11.

http://www.bausoft.hu

Szakaszok eredményei:

Szakasz index	Típusjel	w_m [m/s]	P_k [Pa]	P_{H1} [Pa]	t_e [°C]	t_b [°C]	t_{b0} [°C]	t_{e0} [°C]	t_{ep} [°C]	t_b [°C]	m [kg/h]
a/1	Átmeneti idom	4,34	-24,93	0,00	240,0	239,8	226,8	36,5	44,2	15,0	1701,4
a/2	Csappanyú	4,34	2,22	0,00	239,8	239,5	226,6	36,5	44,2	15,0	1701,4
a/3	Pleth Bt 90°-os könyökidom	4,33	4,30	5,08	239,5	239,1	223,5	41,0	44,2	15,0	1701,4
a/4	Pleth Bt. hosszelen	4,33	0,57	0,00	239,1	238,6	223,0	41,0	44,2	15,0	1701,4
a/5	Pleth Bt. 90°-os könyökidom	4,32	4,29	5,07	238,6	238,2	222,6	40,9	44,2	15,0	1701,4
a/6	Pleth Bt. hosszelen	4,32	0,85	10,00	238,2	237,3	221,8	40,9	44,2	15,0	1701,4
a/7	Hőviszanyerő hőcserélő, külön méretezés szerint	1,02	5,25	0,00	237,3	237,3	237,3	15,5	44,2	15,0	1701,4
a/8	Pleth Bt. hosszelen	3,39	7,23	2,40	127,3	127,2	119,1	28,0	44,2	15,0	1701,4
a/9	Pleth Bt. 90°-os könyökidom	3,38	3,35	3,65	127,2	127,0	118,9	28,0	44,2	15,0	1701,4
a/10	Pleth Bt. hosszelen	3,38	0,44	0,00	127,0	126,6	115,8	-8,9	44,2	-15,0	1701,4
a/11	Pleth Bt. bekötőidom 90°	3,38	9,79	0,00	126,6	126,6	117,8	-10,0	44,2	-15,0	1701,4
a/12	Pleth Bt. hosszelen	3,38	1,32	14,33	126,6	125,5	114,7	-8,9	44,2	-15,0	1701,4

C:_FOI_YÓ_MUNKÁK\1491_VINCOOTECH_KEMENYMERETEZÉS\MUNKA\1491_VINCO_MK1000_v2.c32

CHM-BAU Képanymérnöki program 2.47 (2011. 10. 17.) Copyright © 1999-2011 Bausoft Pécsvárad Kft.

2020.12.11.

<http://www.bausoft.hu>

nyári állapot variáció (depressziós égéstemnek elvezető nyomás feltételek ellenőrzése)

Kemény ryugalmi nyomása:

Kemény ellenállása:

Szélnyomás:

Depresszió a belépési ponton:

Tüzelőberendezés huzatigénye:

Levegő bevezetési huzatigénye:

Osszekötőelem ellenállása:

Szükséges depresszió a belépési ponton:

A Pz >= Pze nyomásfeltétel TELJESÜL.

A Pz >= Pz nyomásfeltétel TELJESÜL.

Égéstemnek áramlástechnikai biztonsági tényező:

Friszlevegő áramlástechnikai biztonsági tényező:

Nem állandósult hőmérsékletek miatti módosító tényező:

Légköri nyomás:

Külső levegő hőmérséklete:

Külső levegő relatív páratartalma:

Tüzelőberendezések aránytényei:

Séma Típusjel

1 KAZEP MK 1000

P_H	= 24,39 Pa							
P_R	= 14,49 Pa							
P_L	= 0,00 Pa							
P_Z	= 9,91 Pa					$P_H - P_R - P_L$		
P_W	= 0,00 Pa							
P_B	= 4,00 Pa							
P_{FV}	= 0,00 Pa							
P_{Ze}	= 4,00 Pa					$P_W + P_{FV} + P_B$		
S_E	= 1,5							
S_{EB}	= 1,2							
S_H	= 0,5							
P_L	= 101325 Pa							
t_v	= 32 °C							
ϕ_L	= 60 %							
Tehetési mód	m	m_{NL}	m_{WC}	n	n_c	P_B	P_W	
	[kg/h]	[kg/h]	[kg/h]	[-]	[-]	[Pa]	[Pa]	
Maximális teljesítmény	701,000	-701,000	1,15	1,15	4,00	0,00		

C:_FOI_YO_MUNKAK\1491_VINCOOTECH_KEMENYMERLETJEZES\MUNKA\1491_VINCO_MK1000_v2.c32

CHM-BAU Kémiaanyatelező program 2.47 (2011. 10. 17.) Copyright © 1999-2011 Bausoft Pécsvarad Kft.

2020.12.11.

<http://www.bausoft.hu>

Szakaszok eredményei:

Szakasz index	Típusjel	w_m [m/s]	P_k [Pa]	P_{H1} [Pa]	t_e [°C]	t_b [°C]	t_{b0} [°C]	t_{e0} [°C]	t_{ep} [°C]	t_b [°C]	m [kg/h]
a/1	Átmeneti időm	4,34	-24,93	0,00	240,0	239,6	217,0	69,6	44,2	32,0	1701,4
a/2	Csappányú	4,33	2,21	0,00	239,6	239,2	216,6	69,6	44,2	32,0	1701,4
a/3	Plehn Bt 90°-os könyökidom	4,33	4,29	3,42	239,2	238,5	211,5	76,9	44,2	32,0	1701,4
a/4	Plehn Bt. hosszelen	4,32	0,56	0,00	238,5	237,5	210,7	76,8	44,2	32,0	1701,4
a/5	Plehn Bt. 90°-os könyökidom	4,31	4,27	3,40	237,5	236,8	210,1	76,5	44,2	32,0	1701,4
a/6	Plehn Bt. hosszelen	4,31	0,85	6,69	236,8	235,4	208,8	76,4	44,2	32,0	1701,4
a/7	Hőviszanyerő hőcserélő, külön méretezés szerint	1,02	5,23	0,00	235,4	235,4	235,4	32,9	44,2	32,0	1701,4
a/8	Plehn Bt. hosszelen	3,37	7,19	1,29	125,4	125,2	112,7	52,2	44,2	32,0	1701,4
a/9	Plehn Bt. 90°-os könyökidom	3,37	3,33	1,96	125,2	124,9	112,4	52,1	44,2	32,0	1701,4
a/10	Plehn Bt. hosszelen	3,36	0,44	0,00	124,9	124,4	111,3	39,4	44,2	32,0	1701,4
a/11	Plehn Bt. bekötőidom 90°	3,36	9,74	0,00	124,4	124,4	113,5	38,1	44,2	32,0	1701,4
a/12	Plehn Bt. hosszelen	3,36	1,31	7,63	124,4	123,0	110,1	39,4	44,2	32,0	1701,4

A számítás az MSZ EN 13384-1 és MSZ EN 13384-2 szerint készült.

.....
aláírás

C:_FOI_YÓ_MUNKÁK\1491_VINCOOTECH_KEMENYMERETEZES\MUNKA\1491_VINCO_MK1000_v2.c32

CHM-BAU Képanyméterező program 2.47 (2011. 10. 17.) Copyright © 1999-2011 Bausoft Pécsvárad Kft.

2020.12.11.

<http://www.bausoft.hu>

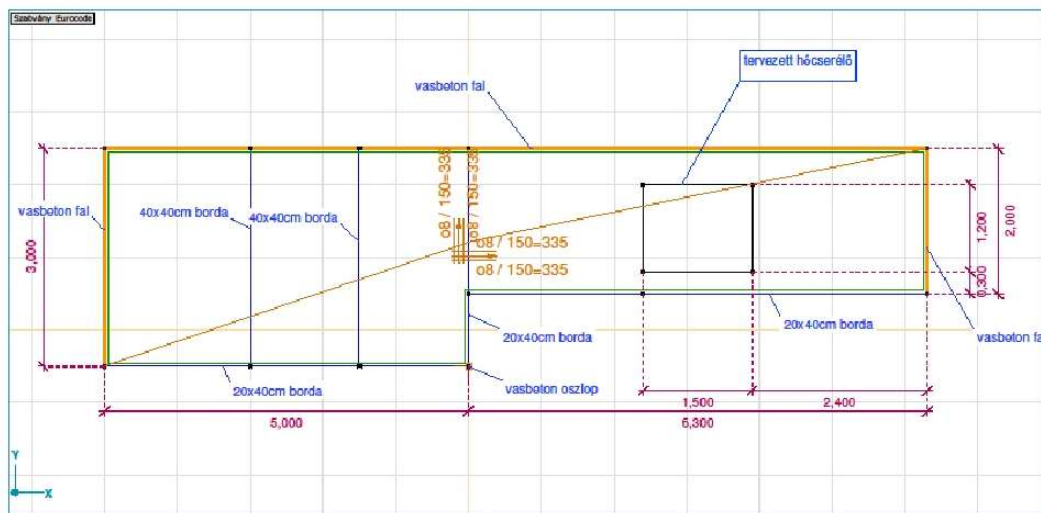
I. ELLENŐRZŐ SZÁMÍTÁSA EUROCOD SZERINT

Vincotech Kft
hőcserélő telepítés kazánház vasbeton galériára
2020.09.21.

1. Kiindulási adatok

Geometria: statikai váz felvétele az elemek súlyvonalára szerint, helyszíni felmérés alapján
legnagyobb fesztáv 6,30m
magasság 3,00m
bejáráskor a látható és így feltételezhető betonacél mennyiség a galéria vasbeton lemezében
 $\phi 8/150 \times 150$ mm betonacél háló

Munka: Vincotech Kft hőcserélő telepítés
Tervező: Wächter Attila ev
GEOMETRIA
Modell: Modell-3.Axis
GEOMETRIA
2020.09.21. 1. oldal



Állandó terhek karakterisztikus értékei

- önsúly teher program generálja
- hőcserélő 15,00kN

Esetleges terhek

- megoszló teher teljes járószinten 2,00kN/m²

Statikai váz

A szerkezet 10cm vastag vasbeton lemez 20x40cm bordákkal erősítve.

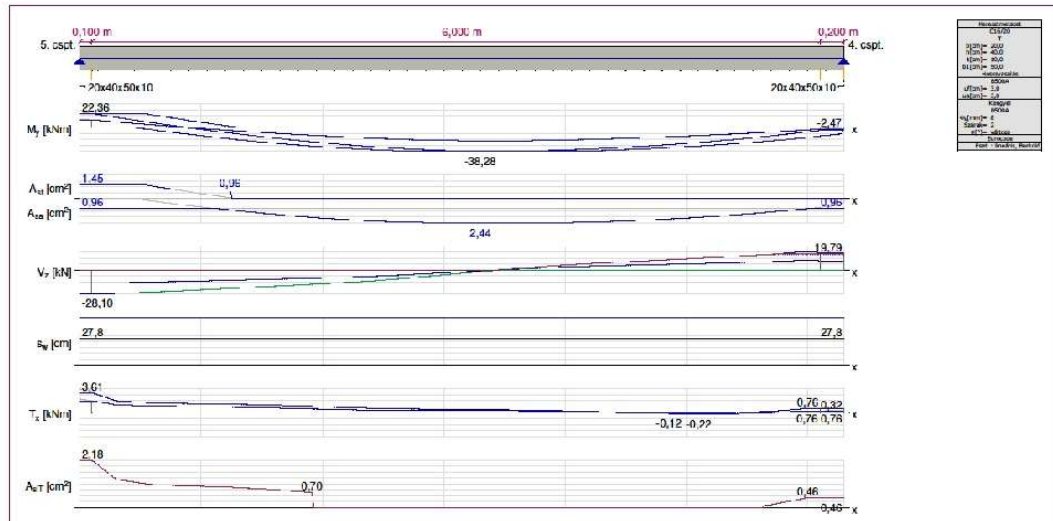
Vonalmenti támaszok min. 20cm vastag vasbeton falazatok, helységen belül szabad lemezszélekkel.

Potszerű támasz 20x20cm keresztmetszetű idomacélokkal erősített vasbeton oszlop.

2. Teherbírás

2.1 A kiindulási adatok szerint felvett modell és a tervezett terhek működtetése után a szélső borda szükségessé válása:

Munka: Vízvezeték KH hőcserélő telepítés	Arany 0010 - Javulathely: Václav Árok
Tervező: Wagner Pál és társaság	
GEOMETRIA	
Model: Model 2000	2023.09.21. 3. oldal
ÁBRDOK SZÜKSÉGSZÁMRENDSZERE	



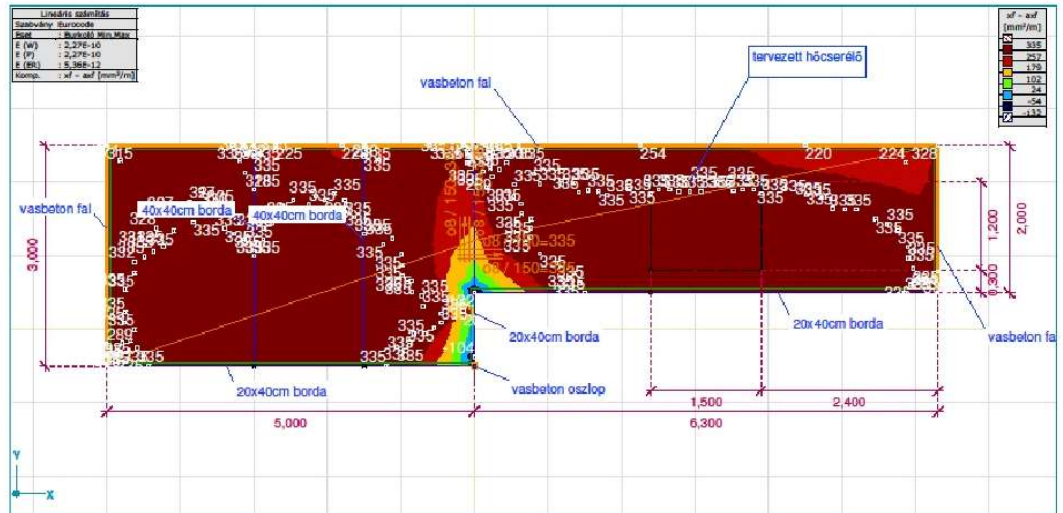
A borda keresztmetszete 20x40cm
 $A_{sa} = 2,44\text{cm}^2$

2.2 A kiindulási adatok szerint felvett modell és a tervezett terhek működtetése után a vasbeton lemezben szükséges vasmennyiség a felső síkon nem elégséges:

AxisVM 10.0 R3t - Jogosult felhasználó: Wächter Attila

Munka: Vincotech Kft hőcserélő telepítés
 Tervező: Wächter Attila ev
 GEOMETRIA
 Modell: **Modell-3.axs**
 LEMEZ BETONACÉL

2020.09.21. 2. oldal



$$x_f - ax_f = -132 \text{ mm}^2/\text{m}$$

II. MEGJEGYZÉSEK, JAVASLATOK

- a bordában és a lemezben feltételezhető kiegészítő vasalás a kérdéses helyeken, de javasolt egy támasz elhelyezése a szegélyborda alatt a telepítendő hőcserélő alapkerete alatt

Wächter Attila
 tartószerkezet tervező

MAKROSKÓPOS KISÉRŐLAP

MACROSCOPIC TEST REPORT

Témafelelős/Executive: Lehoczky Judit
Munkaszám/Work No.: 7751
Hivatkozási szám/No.: L-223/2011
A vizsgálat kelte/Date of test: 2011.06.03.
Tárgy/Subject: eljárásvizsgálat/procedure test
Próba jele/Sample No.: 003
Méret/Dimensions: Ø25x2,3/lv1

Megrendelő/Customer: Thermoversus Kft.
Ügyintéző/Executive: Nagy András
Hivatkozási szám/No.: -
Megrendelés kelte/Date of order: 2011.
Vizsgálati előírás/Standard No: MSZ EN 1321
Nagyítás/Magn.: x Marószert/Etchant: királyvíz
Anyagminőség/Material: 1.4301



- A vizsgálati bizonylat csak teljes terjedelmében másolható! / This certificate may only be copied in its entire length
- A vizsgálati mintákat egyéb megállapodás hiányában 60 napig őrzüzzük! / We keep the tested work pieces with us for 60 days only, unless otherwise agreed

D:\MET.11.06\7751 Thermoversus\MAkró 7751i.doc

Oldalszám/Pages:

3. / 8



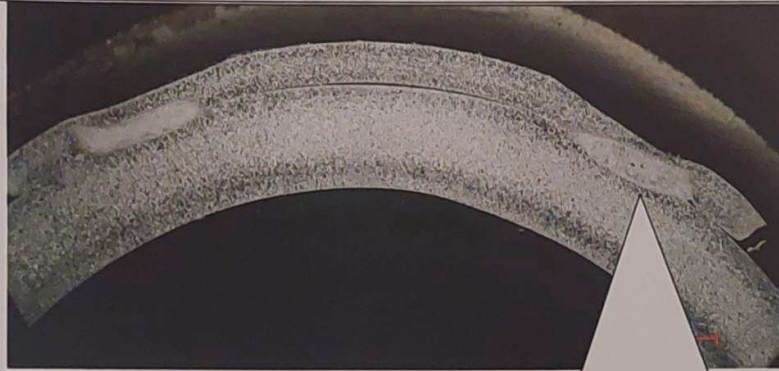
ÁEF ANYAGVIZSGÁLÓ LABORATÓRIUM KFT.

H-1112 Budapest, Budaörsi út 45.

Tel/fax: +36-1319-3181 Tel: +36-1309-2621 Mobil: +36-30-9598-290 E-mail: labor@acf.hu

A NAT által 1-0827/2010 számon akkreditált Vizsgáló Laboratórium

An accredited Tester Laboratory registered at Nr. 1-0827/2010 by NAT



003/1



003/2

[Signature]

vizsgálatot végezte/examined by



[Signature]

ellenőrizte/accepted by

- A vizsgálati bizonylat csak teljes terjedelmében másolható / This certificate may only be copied in its entire length
- A vizsgálati mintákat egyéb megállapodás hiányában 60 napig őrizzük / We keep the tested work pieces with us for 60 days only, unless otherwise agreed

D:\MET.11.06\7751 Thermoversus\MAkró 7751i.doc

Oldalszám/Pages:

4 / 8



ÁEF ANYAGVIZSGÁLÓ LABORATÓRIUM KFT.

H-1112 Budapest, Budaörsi út 45.

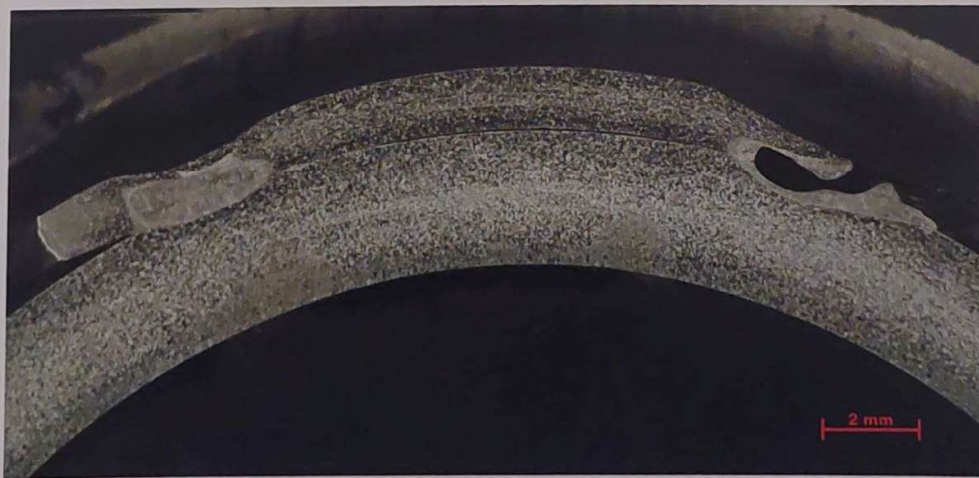
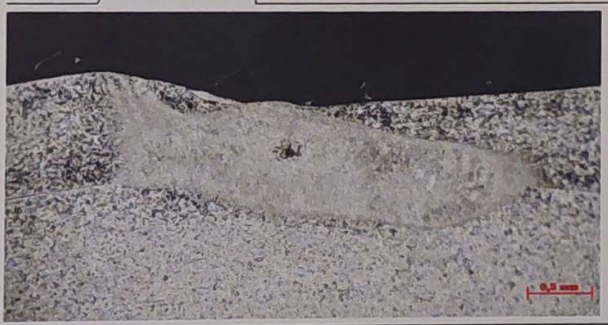
Tel/fax: +36-1319-3181 Tel: +36-1309-2621 Mobil: +36-30-9598-290 E-mail: labor@aef.hu

A NAT által 1-0827/2010 számon akkreditált Vizsgáló Laboratórium

An accredited Tester Laboratory registered at Nr. 1-0827/2010 by NAT



004/1



004/2

eflit
vizsgálatot végezte/examined by



Fodor AP
ellenőrizte/accepted by

- A vizsgálati bizonylat csak teljes terjedelmében másolható./ This certificate may only be copied in its entire length.
- A vizsgálati mintákat egyéb megállapodás hiányában 60 napig őrzük!/ We keep the tested work pieces with us for 60 days only, unless otherwise agreed.

D:\MET.11.06\7751 Thermoversus\MAkró 7751i.doc

Oldalszám/Pages:

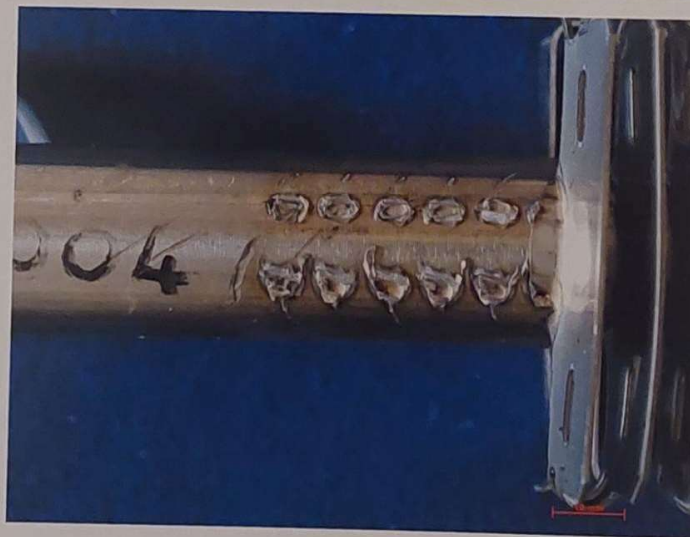
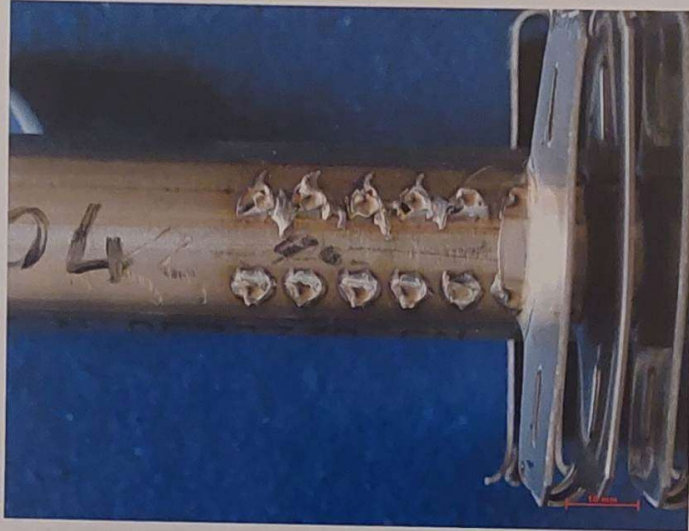
6. / 8

MAKROSZKÓPOS KISÉRŐLAP

MACROSCOPIC TEST REPORT

Témafelelős/Executive: Lehoczky Judit
Munkaszám/Work No.: 7751
Hivatkozási szám/No.: L-223/2011
A vizsgálat kelte/Date of test: 2011.06.03.
Tárgy/Subject: eljárásvizsgálat/procedure test
Próba jele/Sample No.: 004
Méret/Dimensions: Ø25x2,3/lv1

Megrendelő/Customer: Themoverus Kft.
Ügyintéző/Executive: Nagy András
Hivatkozási szám/No.: -
Megrendelés kelte/Date of order: 2011.
Vizsgálati előírás/Standard No.: MSZ EN 1321
Nagyítás/Magn.: x Marószerszer/Etchant: királyvíz
Anyagminőség/Material: 1.4301



- A vizsgálati bizonylat csak teljes terjedelmében másolható./ This certificate may only be copied in its entire length.
- A vizsgálati mintákat egyéb megállapodás hiányában 60 napig őrzük./ We keep the tested work pieces with us for 60 days only, unless otherwise agreed.

D:\MET.11.06\7751 Themoverus\MAkró 7751i.doc

Oldalszám/Pages:

5./8





SZAKDOLGOZAT TARTALMI KIVONATA**Ipari hőcserélők tervezése és kivitelezése****Kovács Zoltán**

Gépészmérnöki szak, Bsc, levelező tagozat

Műszaki Intézet, Épületgépészeti és Energetikai Tanszék

Belső témavezető: Hermanucz Péter, tanársegéd, MATE*Külső témavezető:* Kiss László, ügyvezető, egyéni vállalkozó

A dolgozat problémafelvetése:

Mely ipari hőcserélő a legalkalmasabb ipari melegvizes kazán hulladékhőjének hasznosítására egy bicskei üzem energetikai fejlesztéssorozatának keretében?

Célkitűzés:

Szakedolgozatomban azt szeretném bemutatni, hogy ipari területen hosszútávon mely műszaki megoldású ipari hőcserélőt érdemes alkalmazni mind gazdasági, mind energiahatékonysági szempontokat is beszámítva. Vizsgált projektben ipari meleg vizes kazán hulladékhőjének hasznosítására kerestem erre alkalmas megoldást. Az egyes típusokat felmérve arra a következtetésre jutottam, hogy erre a füstgáz hőcserélő a legalkalmasabb, mely egy folyadék-gáz hegesztett lamellás bordáscsővekből készült alacsony gáz oldali ellenállással, jó hatásossággal rendelkező típus. Hatásossági szempontokat figyelembe véve a füstgáz hővisszanyerőknél fontos, hogy a tervezett hőcserélő gáz oldali ellenállása ne legyen magas, mivel olyan problémák léphetnek fel, mint például a füstgáz oldalon túlnyomás keletkezik, aminek leküzdéséhez plusz ventilátor beépítésére lehet szükség vagy károsan befolyásolja a tűztér nyomását, ami miatt az égő újbóli beállítás, esetleg cseréje lehet szükséges. Tapasztalatom szerint az ilyen vagy hasonló feladatra más cégek által gyártott hőcserélőknek nagy füstgáz oldali ellenállása miatt rendszerint fellépnek a fenti problémák, amelyek javítása igen költséges és nehezíti, lassítja a beüzemelést.

Gazdasági szempontokat is megvizsgálva a választott típus ennek is eleget tesz, mivel a világszertei ára a földgáznak nagy mértékben növekedett az előző évekhez képest, így a megtérülési idő rövidül. Mindezeket túl energiahatékonysági követelményeknek is megfelel, mivel a csökkent károsanyag kibocsátás mellett, a lehető legtöbb energiát hasznosítja.

ABSTRACT OF THE THESIS**Engineering and erection of industrial heat exchangers****Mr. Zoltán Kovács**

Mechanical Engineering, Bsc, correspondence course

Institute of Technology, Department of Building Mechanics and Energy

Internal supervisor: Mr. Péter Hermanucz, assistant lecturer, MATE*External supervisor:* Mr. László Kiss, managing director, individual entrepreneur

Problem statement of the thesis:

Which industrial heat exchanger is the most suitable for the utilisation of waste heat from an industrial hot water boiler in the context of an energy upgrading project at a plant in Bicske?

Objective:

In my thesis, I would like to show which technical solution for industrial heat exchangers is worth using in the long term in industrial areas, taking into account both economic and energy efficiency aspects. In this project I was looking for a suitable solution for the utilisation of waste heat from an industrial hot water boiler. After evaluating the different types, I concluded that the most suitable is the flue gas heat exchanger, which is a liquid-gas welded finned tube heat exchanger with low gas-side resistance and good efficiency. From an efficiency point of view, it is important for flue gas heat recovery systems that the gas side resistance of the designed heat exchanger is not high, as problems may arise such as overpressure on the flue gas side, which may require the installation of an additional fan to overcome, or may adversely affect the pressure in the firebox, which may require the burner to be re-conditioned or replaced. In my experience, heat exchangers manufactured by other companies for this or similar tasks usually have the above problems due to their high flue gas side resistance, which are very expensive to repair and make commissioning more difficult and slower.

From an economic point of view, the chosen type also meets this need, as the world market price of natural gas has increased considerably compared to previous years, thus reducing the payback period. In addition, it meets energy efficiency requirements by using as much energy as possible with reduced emissions.