

GÉP

A GÉPIPARI TUDOMÁNYOS EGYESÜLET

műszaki, vállalkozási, befektetési, értékesítési, kutatás-fejlesztési, piaci információs folyóirata

SZERKESZTŐBIZOTTSÁG

Dr. Döbröczeni Ádám

elnök

Vesza József

főszerkesztő

Dr. Jármai Károly

Dr. Péter József

Dr. Szabó Szilárd

főszerkesztő-helyettesek

Dr. Barkóczi István

Bányai Zoltán

Dr. Beke János

Dr. Bercsey Tibor

Dr. Bukoveczky György

Dr. Czitán Gábor

Dr. Danyi József

Dr. Dudás Illés

Dr. Gáti József

Dr. Horváth Sándor

Dr. Illés Béla

Kármán Antal

Dr. Kulcsár Béla

Dr. Kalmár Ferenc

Dr. Orbán Ferenc

Dr. Pálincás István

Dr. Patkó Gyula

Dr. Péter László

Dr. Penninger Antal

Dr. Rittinger János

Dr. Szabó István

Dr. Szántó Jenő

Dr. Tímár Imre

Dr. Tóth László

Dr. Varga Emilné Dr. Szűcs Edit

A szerkesztésben közreműködött:

Dr. Jármai Károly

KEDVES OLVASÓ!

A Gép folyóirat második számában folytatjuk a TÁMOP-4.2.1.B-10/2/KONV-2010-0001 jelű projekt keretében az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával megvalósuló azon kutatásokat ismertetését, melyek a 4-es Kiválósági Központ keretében Innovációs Gépészeti Tervezés és Technológiák címmel folynak a Miskolci Egyetemen. A Kiválósági Központ a kutatás, a fejlesztés, az innováció és az oktatás szolgálatában áll. A központ célja a kutatási potenciál fejlesztése olyan kutatásokkal, amelyek innovatív modellezést, tervezést és technológiai folyamatokat valósítanak meg. Ez összhangban van az Európai Unió azon törekvésével, amely az innováció serkentésére, a leg-hatékonyabb környezetbarát technológiák alkalmazására, fejlesztésére irányul.

A Kiválósági Központ hét tudományos műhelyre tagozódik, melyek egy-egy tanszék köré szerveződnek. Ezek a következők: Mechanikai Technológiai, Gépgyártástechnológiai, Áramlás- és Hőtechnikai Gépek, Vegyipari Gépek, Mechanikai, Gép- és Terméktervezési, valamint az Anyagmozgatási és Logisztikai Tanszék. Az itt dolgozó oktatók BSc, MSc és doktorandusz hallgatókat is bevonnak a kutatásokba, amelyek így jó lehetőséget biztosítanak arra, hogy a fiatalok megismerkedjenek a tudományos munkával. A háromnegyed éve működő központ programjához kapcsolódva nem egy hallgató nyújtott már kiemelkedő teljesítményt, illetve készített színvonalas TDK dolgozatot.

Felvetődik az, hogy hol jelennek meg az eredmények, az eddigi eredmények alkalmazása hol történhet? A Tudományos Műhelyeken belül működő húsz K+F téma nagyon szerteágazó. Néhány közülük az alapkutatásokhoz közelít, míg mások inkább a gyakorlatban alkalmazhatók, egyesek már most látványos eredményt hoztak, mások távlati eredményekkel kecsegtetnek. Annak érdekében, hogy ezeket az eredményeket a szakmai közönség is megismerhesse, a műhely kutatói jelentős számú publikációt készítettek el és jelentettek meg hazai és külföldi konferenciákon, hazai és külföldi szakmai folyóiratokban. Természetesen az oktatásba is beépítésre kerülnek az eredmények. Ez a cikkgyűjtemény is ezt a célt szolgálja, bemutatva a Kiválósági Központ Tudományos Műhelyeinek leg-újabb tudományos eredményeit.

Prof. Dr. Jármai Károly

egyetemi tanár, a Kiválósági Központ vezetője

A szerkesztésért felelős: Vesza József. A szerkesztőség címe: 3534 Miskolc, Szervezet utca 67.

Telefon/fax: +36-46/379-530, +36-30/9-450-270 • e-mail: mail@gepujsag.hu

Kiadja a Gépipari Tudományos Egyesület, 1027 Budapest, Fő u. 68. Levélcím: 1371 Bp. Pf.: 433.

Telefon: 202-0656, fax: 202-0252, e-mail: a.gaby@gteportal.eu, internet: www.gte.mtesz.hu

A GÉP folyóirat internetcíme: <http://www.gepujsag.hu>

Kereskedelmi és Hitelbank: 10200830-32310236-00000000

Felelős kiadó: Dr. Igaz Jenő ügyvezető igazgató.

Gazdász Nyomda Kft. 3534 Miskolc, Szervezet u. 67. Tel.: (46) 379-530, e-mail: gazdasz@chello.hu.

Előfizetésben terjeszti a Magyar Posta Rt. Hírlap Üzletága 1008 Budapest, Orczy tér 1.

Előfizethető valamennyi postán, kézbesítőknél, e-mailen: hirlapelofizetes@posta.hu, faxon: 303-3440. További információ: 06 80/444-444

Egy szám ára: 1260 Ft. Dupla szám ára: 2520 Ft.

Külföldön terjeszti a Kultúra Könyv és Hírlap Külkereskedelmi Vállalat,
H-1389 Budapest, Pf. 149. és a Magyar Média, H-1392 Budapest, Pf. 272.

Előfizethető még közvetlenül a szerkesztőségben is.

INDEX: 25 343 ISSN 0016-8572

A megjelent cikkek lektoráltak.

TARTALOM

1. Kamondi L.
Innovatív gépészeti termékfejlesztés..... 3
A műszaki termékek számos olyan alapfunkciókkal rendelkeznek, melyeket tervezési szempontból újra kell gondolni ahhoz, hogy a termék-megfelelőséget a kor pillanatnyi követelményeinek biztosítani tudják. A cikk a fejlesztési módszertannal és a funkció-megoldással foglalkozik, melyek lehetőséget nyújtanak az alkalmazásra és a fejlesztők orientálására.
14. Ecsedi I., Baksa A.
Egy egydimenziós állandósult állapotú hővezetési feladat analitikus megoldása 9
Egy egydimenziós, állandósult állapotú hővezetési feladat analitikus megoldását ismerteti a tanulmány. A vizsgálat tárgyát képező szerkezeti elem egyenes és körív középvonalú rudak láncszerű, elágazás mentes összekapcsolásával van kialakítva. Villamos ellenállás fűtés következtében beálló stationárius hővezetést vizsgálunk. A fajlagos ellenállás hőfok függésével is számol a tanulmány.
3. Daróczy L., Jármai K.
Acélvázak szerkezetek tervezésének automatizálása topológiai optimalizálással 13
Az új megközelítés alapötlete az, hogy a topológiai optimalizálás eredményét kizárólag az optimális topológia meghatározásához használjuk fel. A program automatikusan detektálja szerkezetet, és a végeredményt egy méretezési feladathoz használja fel bemenetként. Az alábbi megközelítés kifejezetten a nagyméretű acélvázak szerkezetekre fókuszál. A cikkben javasolt eljárás nem csak gyors és megbízható, de viszonylag egyszerűen implementálható, a 2D-s és 3D-s tesztek során gyorsnak is bizonyult.
4. Dül R., Palotás Á.B., Jármai K., Barkóczy P.
Égési levegőt előmelegítő hőcserélő fejlesztése kandallóhoz 19
A kutatás célja, hogy egy házi használatú, fatüzelésű, hegesztett acél szerkezetű kandalló hatásfokát növelik meg a kandalló kilépő füstcsonkjára helyezhető hőcserélő segítségével. Az általuk kifejlesztett berendezés feladata az, hogy a primer és szekunder égési levegőt is előmelegítve növeljük a kandalló hatásfokát. A fejlesztési folyamathoz áramlástani szimulációt (CFD) használtunk.
5. Farkas J., Jármai K.
Csőszelvényű rácsos tartó térfogat- és költség minimálása elmozdulás-korlát esetén 23
Az optimalizációs probléma a következő: megtalálni az optimális geometriát és a rudak keresztmetszeti területeit, amelyek minimalizálják a szerkezet térfogatát vagy költségét egy kéttámaszú rácsos csőszelvényű, nem-párhuzamos övek és szigorú lehajlási feltétel esetén.
6. Jármai K., Farkas J.
Egyirányú nyomással terhelt cellalemez tervezése költségminimumra..... 29
A cellaszerkezetű lemezek két fedőlemezről és a köztük hegesztett bordarácsból állnak. Kettévágott I-szelvényeket használunk merevítőül gyártási okokból. A cellák nagyon merevek csavarás szempontjából. Az egyirányú nyomás kihajlási hatását a Huber-egyenlet megoldásából határozhatjuk meg. Két optimáló algoritmust alkalmaztunk, a Részecskecsoport módszert és a Válaszfelületek módszerét.
7. Kota L.
Genetikus programozás és tabu keresés összehasonlítása műszaki felületei és karbantartó rendszerek optimalizációs feladatainál 33
Ebben a cikkben bemutatásra kerül a már előzőleg publikált, a fix végpontú több körjáratos többszörös utazó ügynökös probléma megoldására (mmTSP) kifejlesztett egyfázisú genetikus programozási algoritmus valamint a tabu keresés algoritmusának összehasonlítása. A cikk számos tesztpéldán keresztül mutatja be a genetikus programozási algoritmus előnyét a tabukereséshez képest
8. Kovács Gy.
Kompozit szendvicsszerkezet optimális tervezése 37
Egy új szerkezeti modell szerkezet-optimalizációs módszere került bemutatásra. A szerkezet laminált karbonszál-erősítéses fedőlemezekből (CFRP) és különböző típusú polisztirol szigetelő rétegekből (EPS) ragasztással lett összeállítva. A tervezés során az ideális rétegszámú CFRP fedőlemezekből, valamint az ideális típusú és vastagságú EPS belső rétegből összeállított optimális szendvicsszerkezet került meghatározásra, mely szerkezet biztosítja a minimális költséget és minimális tömeget.
9. Virág Z., Jármai K.
Bordázott lemezek fáradás vizsgálata különböző bordatípusokra..... 41
A cikkben az egyirányban nyomott bordázott lemezek vizsgálatát mutatják be különböző merevítők alkalmazásával költségszámítás mellett. A Nemzetközi Hegesztési Intézet ajánlásai alapján vizsgálják a nyomott lemezt. Az optimalizálásnál a merevítők száma ismeretlen. A trapézbordás merevítők bizonyultak a legjobbnak.
10. Mannheim V.
Komplex modell bevezetése pop tartalmú hulladékok termikus ártalmatlanítási technológiáinak mérlegetésére 45
Vannak „zöld kémia” módszerek és más kezelési módszerek a szerves ipari hulladék mennyiségének csökkentésére, de jelenleg termikus kezelési eljárás a legnépszerűbb alternatíva. Ez a cikk összefoglalja a termikus kezelési eljárásokat, összehasonlítja a különböző technológiákat, hangsúlyozva a befolyásoló tényezőket az alkalmazhatóság és működési megbízhatóság szempontjából.
11. Venczel G., Szepesi G., Siménfalvi Z.
Hőátadási tényezők közvetett meghatározása duplikatúrás készülékek köpenyterében 49
A hőátviteli folyamatok számítása során a hőátadási tényezők kritériális egyenletekből határozhatók meg, amennyiben a szükséges geometriai és műveleti adatok, valamint az anyagtulajdonsági jellemzők rendelkezésre állnak. A cikkben egy olyan számítási eljárást ismertetünk, amely segítségével a mért üzemi adatokból meghatározhatóak a hőátadási tényezők.

ÉGÉSI LEVEGŐT ELŐMELEGÍTŐ HŐCSERÉLŐ FEJLESZTÉSE KANDALLÓHOZ

DEVELOPMENT OF HEAT EXCHANGER FOR DOMESTIC FIREPLACE TO PREHEAT AIR FOR BURNING

Dúl Róbert*, Dr. Palotás Árpád Bence*,
Dr. Jármai Károly**, Dr. Barkóczy Péter***

ABSTRACT

In this paper authors describe the methodology used for finding an optimum solution for a welded steel heat exchanger mounted on a domestic fireplace. The heat exchanger is used to preheat the primary and secondary air necessary for burning wood logs in the fireplace. The optimization process is combined with Computational Fluid Dynamics simulation to calculate values of design variables and the aim function.

1. BEVEZETÉS

A fatüzelésű kandalló manapság reneszánszát éli. Egyrészt azért, mert a földgáz árának folyamatos növekedése - amely tendencia tartósan ígérkezik - készteti az embereket arra, hogy alternatív fűtési módokat keressenek, másrészt a kandalló, a benne égő tűz látványa, a fa ropogása egy olyan érzelmi hatást is kelt a felhasználóban, amely más fűtési eljárásokkal nem utánozható.

A feladatunk az volt, hogy egy 8 kW teljesítményű, fatüzelésű, hegesztett acél szerkezetű kandalló hatásfokát növeljük meg a kandalló kilépő füstcsonkjára helyezhető hőcsereelő segítségével.

A kandalló füstgáz csonkjára szerelhető „hőcsereelő” már létezik, amennyiben a Ø150 mm-es füstcsövet több kisebb átmérőjű csőre bontó, majd újra összevezető eszközt hőcsereelőnek tekintjük, azonban az általunk fejlesztett berendezés feladata az, hogy a primer és szekunder égési levegőt is előmelegítve növeljük a kandalló hatásfokát. A fejlesztési folyamathoz áramlástan szimulációt (CFD) használtunk.

* Miskolci Egyetem Tüzeléstan és Hőenergia Intézeti Tanszék

** Miskolci Egyetem Anyagmozgatási és Logisztikai Tanszék

*** Miskolci Egyetem Anyagtudományi Intézet

2. FATÜZELÉSŰ KANDALLÓK HATÁSFOKA

A „Szilárd tüzelőanyag fűtésű háztartási tűzhelyek” méretezésére, gyártására, azok kivitelére, a biztonságra és teljesítőképességre (hatásfok és kibocsátás) vonatkozó utasításokat az EN 13240:2005 számú Európai Szabvány határozza meg [1].

A szabvány szerinti hatásfok mérési módszer rövid összefoglalása a következő:

- A kandallót felállítják a mérlegpódiumra, amely nagy pontossággal (± 2 g hibával) méri a leégés után a tűztérben maradt salak és hamu tömegét. A mérleget a mérés megkezdése előtt nullázzák.
- A mérést a szabványban meghatározott mennyiségű és minőségű tüzelőanyaggal akkor kezdik meg, amikor a tűztérben a korábban végrehajtott égetési ciklusok eredményeként már van ún. alapparázs.
- A tüzelőanyag mennyiségét (B_{fi}) a szabványban meghatározott módon, az alábbi képlettel kell kiszámítani:

$$B_{fi} = 360000 \cdot P_n \cdot \frac{t_b}{H_u \eta} \quad (1)$$

ahol:

H_u : a vizsgálati tüzelőanyag fűtőértéke, amely a szabványos (a felhasználás előtt két évvel kivágott, száraz helyen tárolt) 11-12%-os nedvességtartalmú bükkfa esetén 15969 kJ/kg.

η : az EN 13240:2005 szabvány szerint a minimális hatásfok (50%), vagy egy magasabb, a gyártó által megadott érték %-ban, amely a mi esetünkben 80% (korábbi mérések és a kandalló gyártójának tapasztalata alapján 80% ennek a kandalló típus hatásfoka).

P_n : a névleges hőteljesítmény kW-ban, amely a mi esetünkben 8 kW.

t_b : minimális leégési időtartam, amely a mi esetünkben 0.75 óra, vagy más, a gyártó által megadott égési időtartam órában. A mérési

ciklus végrehajtása során a szabvány a minimális égési időtartamtól legfeljebb $\pm 15\%$ -os eltérést enged és ilyenkor összehasonlító számítással kell meghatározni a 0.75 órára vonatkozó teljesítményt.

Az így kiszámított érték $B_{\text{fi}}=1,68$ kg, amely nem tartalmazza a hamuként visszamaradt, azaz el nem égett tüzelőanyag mennyiségét. Ennek értéke a tapasztalatok, a kandalló gyártója által végzett korábbi mérések alapján a tüzelőanyag mennyiség 13-14% közötti értéke. Ennek értelmében tehát ahhoz, hogy a tüztérből 45 perc alatt 8 kW hőteljesítményt nyerjünk ki, 1,9 kg szabványos bükkfát kell elégetni.

Fontos és szintén a szabvány által előírt vizsgálati peremfeltétel, hogy az égetés során a teljes rendszerben, tehát a tüztérben és minden hozzá kapcsolódó berendezésben együttesen jelen lévő nyomást ± 2 Pa megengedett eltérés mellett 12 Pa értéken kell tartani. E nyomás tartja működésben az égést, e nyomáskülönbség hatására lép a tüztérbe az égési levegő, és a füstgáz ennek következtében távozik a tüztérből a kéményen keresztül.

- A hatásfok meghatározása szintén a fent említett szabvány alapján történik a következő képlet szerint.

$$\eta = 100 - (q_a + q_b + q_c) \quad (2)$$

ahol:

q_a : a füstgázokkal eltávozó hő mennyiségének és a tüzelőanyag H_u alsó fűtőértékének hányadosa %-ban,

q_b : a távozó füstgáz látens hőjének és a tüzelőanyag H_u alsó fűtőértékének hányadosa %-ban,

q_c : a salakhullásban lévő éghető, de el nem égett alkotórészek általi veszteség és a tüzelőanyag H_u alsó fűtőértékének hányadosa %-ban.

A számításhoz a q_a értékét a tüztér szabványos mérési ciklusában mért füstgáz hőmérséklet adatok alapján, a q_b értékét a füstgáz összetételének analizálása alapján határozhatjuk meg, míg fatüzelés esetén a q_c értékét a szabvány által 0,5%-ban rögzítettnek vehetjük.

A (2) alapján tehát látszik, hogy a hatásfok meghatározás a tüztérből távozó veszteségek megmérésére és a 100%-ból történő kivonásra vezethető vissza. A q_a értékben meghatározott veszteség a füstgáz hőmérsékletével, a q_b a füstgáz kémiai összetételével kapcsolatos, a q_c értékét pedig a szabvány eleve egy fix értéként engedi számítani, amelyet a gyártók ennek megfelelően használnak a készülék hatásfokának meghatározásakor.

E munka keretei között a q_a , azaz a füstgáz hőmérsékletével hasznosulatlanul távozó veszteség csökkentése a célunk, amelyet egy olyan hőcserélő

rendszerbe állításával hajtunk végre, amely a tűzteret már elhagyó füstgázban tárolt hőenergiát hasznosítja.

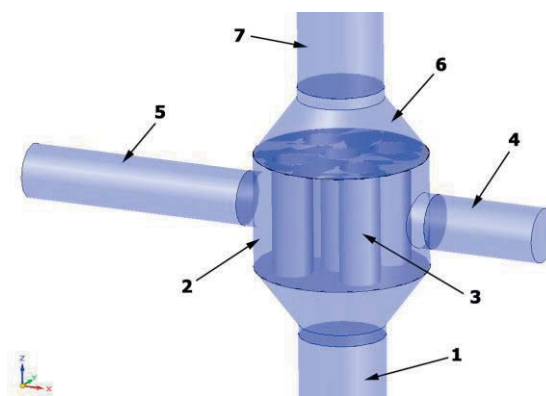
3. HŐCSERÉLŐ ALAPGEOMETRIA KIALAKÍTÁSA

A hőcserélő geometriájának kialakítása során több verziót is készítettünk annak érdekében, hogy eldönthető legyen, e sebesség és hőmérséklet tartományban milyen kialakítás felel meg a legjobban a céljainknak. E cikkben az előzetes vizsgálatok eredményei alapján kiválasztott keresztáramú csöves hőcserélő konstrukciót mutatjuk be.

A hőcserélő konstrukció mindegyik esetben egy külső lemez dobból és egy cserélhető hőcserélő betétből áll. A modell tartalmazta továbbá a hőcserélőre és onnan elvezető füstgáz és levegő csöveket is az 1. ábra szerint. A geometria részletei a következők:

- 1: kandallóhoz csatlakozó füstgáz vezeték
- 2: hőcserélő dob
- 3: hőcserélő betét
- 4: hőcserélőbe az égési levegőt vezető cső
- 5: hőcserélőből az égési levegőt elvezető cső
- 6: kúpos csatlakozó elem
- 7: kéményhez csatlakozó füstgáz vezeték

A kandallóhoz csatlakozó csővezeték belső átmérője 150 mm, amely megegyezik a 8 kW hőteljesítményű kandalló füstgáz csonkjának méretével. A hőcserélő dob átmérője 300 mm. A dobhoz csatlakozó égési levegő vezeték belső átmérője 95 mm, ami megegyezik a 8 kW hőteljesítményű kandalló égési levegő csatlakozójának méretével. A kúpos csatlakozó elem nagyobbik átmérője 300 mm, míg a kisebbik 150 mm, a magassága pedig 100 mm. A dobot és a hozzá kapcsolódó csöveket az alábbi ábrán – a könnyebb értelmezhetőség érdekében – áttetsző kék megjelenítéssel mutatjuk be.



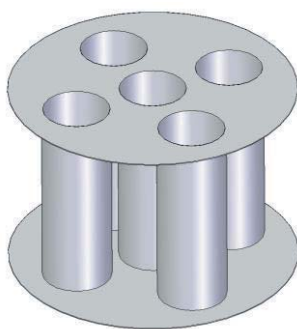
1. ábra Hőcserélő alaptípus és a geometria részei

4. KERESZTÁRAMÚ CSÖVES HŐCSERÉLŐ

A keresztáramú csöves hőcserélő betét koncepciójának lényege, hogy a függőlegesen felfelé áramló füstgázt több függőleges csőjében legkedvezőbb esetben azonos mennyiségekre osztjuk szét. Így megnövelve a hőátadó felületet, az égési levegőt a csövek körül – legkedvezőbb esetben egyenletesen elosztva – vezetjük a kilépő keresztmetszet irányába.

E hőcserélő konstrukció előnye, hogy a hőátadó felületet jelentős mértékben meg tudjuk növelni a csövek számának növelésével.

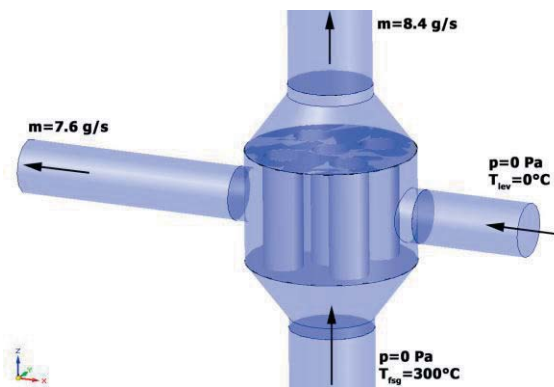
A hátránya ugyanakkor, hogy a csövek számának és hosszának növelésével, illetve a csövek belső átmérőjének csökkentésével nő a füstgáz áramlással szembeni ellenállása. Egy ilyen hőcserélő betétet a 2. ábra mutat be.



2. ábra $N=5$ darab 70 mm átmérőjű csövet tartalmazó betét

5. A CFD SZIMULÁCIÓ PEREMFELTÉTELEINEK MEGHATÁROZÁSA

A CFD szimuláció peremfeltételeinek értékeit egyrészt az EN 13240:2005 szabványban előírt képletek és égésméleti számítások alapján, illetve mérési adatokból állítottuk elő. A 3. ábra a peremfeltételek értékeit és megadásuk helyét mutatja be.



3. ábra Peremfeltételek a CFD szimulációban

A füstgáz oldali peremfeltételek esetén a beömlő keresztmetszeten $p=0$ Pa relatív nyomást adtunk meg, azaz azt feltételeztük, hogy a talajszinten, ahol a kandalló és a hőcserélő elhelyezkedik, atmoszférikus nyomás uralkodik. A beömlő keresztmetszeten lép be a kandallóból érkező $T_{fsg}=300$ °C hőmérsékletű füstgáz.

Az $m_{fsg}=8.4$ g/s tömegáram használata a szimulációban egymaga fejezi ki több, a kandalló működésével kapcsolatos paraméter meglétét. Ez a tömegáram kifejezi a szabványos mérési ciklusban folyamatosan meglévő $p=-12$ Pa nyomás által a szabványos tömegű tüzelőanyagból felszabaduló és a rendszert a kéményen keresztül elhagyó gázok mennyiségét. Továbbá a tömegáramnak ez az értéke felel meg a szabvány által előírt mérési időtartamna.

A levegő oldali peremfeltételeket hasonló rendszer alapján adtuk meg a modellen. A beömlő keresztmetszeten a talajszinten érvényes relatív nyomás értéket $p=0$ Pa formájában és a rendszerbe lépő levegő hőmérsékletét.

6. AZ OPTIMÁLÁSI FELADAT MEGFOGALMAZÁSA

Az előzetes vizsgálataink eredményeiből felismerhető volt, hogy a keresztáramú csöves hőcserélő esetén a vizsgált paraméterekkel – kilépő füstgáz és levegő hőmérséklet, levegő és füstgáz oldali nyomásesés – szemben támasztott követelmények egymással ellentétesek. Tehát lehetőségünk volt arra, hogy a kritériumok alapján megkeressünk egy olyan optimális megoldást, ahol a célunk a füstgáz kilépő hőmérséklet (T_{fsg}) minimumának, a levegő kilépő hőmérséklet (T_{lev}) maximumának, illetve a nyomásesések (Δp_{lev} és Δp_{fsg}) minimumának elérése.

Az optimáláshoz felhasznált célfüggvény a következő:

$$F(D, H, d, N, \Gamma) = a \frac{K_{kts}}{T_{lev}} + b \frac{\Delta p_{lev}}{T_{lev}} + c \frac{T_{fsg}}{T_{lev}} + d \frac{\Delta p_{fsg}}{T_{lev}}$$

ahol a, b, c, d a vizsgált paraméterek fontosságát adó súlyok a következők szerint:

Paraméter	T_{fsg}	Δp_{lev}	Δp_{fsg}	K_{kts}
Súly faktor	0,5	0,3	0,15	0,05

Optimálási eljárásként a Downhill Simplex (vagy más néven amőba) módszert (Nelder és Mead publikálták 1965-ben) használtuk, amely egy olyan egy-célfüggvényes, minimumkereső optimálási eljárás, amely valós vektorok n-dimenziós (n a célfüggvény változóinak száma) terét vizsgálja [2].

Az eljárás az n-dimenziós tér vizsgálatához n+1 kiindulási pontot igényel, ennek következtében a

hőcserélő esetében az öt keresett, a hőcserélő működését leíró változó (dimenzió) miatt (levegő kilépő hőmérséklet: T_{lev} , füstgáz kilépő hőmérséklet: T_{fsg} , levegő oldali nyomásesés: Δp_{lev} , füstgáz oldali nyomásesés: Δp_{fsg} , a hőcserélő anyagköltsége, amely a tömeggel jellemezhető: K_{kts}) az optimalítás elindításához hat kiindulási szimuláció lefuttatására volt szükség. E kiindulási hőcserélő konfigurációkat és eredményeiket a célfüggvény adott konstrukcióra vonatkozó értékével a következő táblázat tartalmazza.

	1	2	3	4	5	6
D [mm]	300	300	300	300	300	300
H [mm]	200	200	200	110	300	200
d [mm]	50	70	40	50	50	50
N [db]	12	5	20	12	12	12
Elrend.	1	1	1	1	1	2
T_{lev} [°C]	63,5	46,3	81	49,9	74,8	61,4
T_{fsg} [°C]	249,5	264,3	235	260	242,5	249
Δp_{lev} [Pa]	0,94	0,44	0,99	1,18	3,1	0,88
Δp_{fsg} [Pa]	3,28	2,7	2,99	2,64	4	2,91
K_{kts} [kg]	3,7	2,5	4,72	2,37	5,24	3,73
Célfgv	1,979	2,868	1,46	2,62	1,644	2,04

1. Táblázat Hőcserélő betét méretek és kiindulási adatok

7. AZ OPTIMÁLÁS EREDMÉNYE

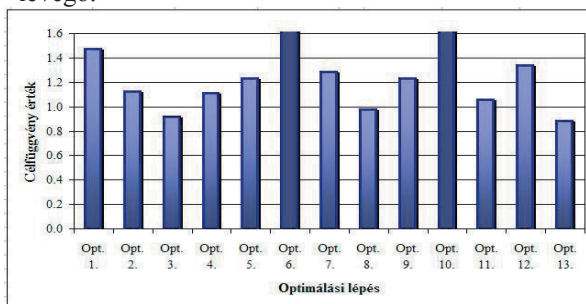
A Downhill-Simplex módszer előnye mellett, hogy kevés számú alapadatot igényel kiindulásként az, hogy meglehetősen határozottan tör az optimum felé. Ebből az következik, hogy a feladat megoldása során kevés iterációs lépés végrehajtására volt szükség. Ez a tulajdonság kiemelt fontosságú, hiszen minden egyes iteráció az optimáló eljárással egy numerikus áramlástani szimuláció végrehajtását (peremfeltételek megadása, háló építés és több száz iterációs lépés lefuttatása a CFD szoftverben a konvergencia megoldásig) jelentette. A 4. ábra az egymást követő optimalizációs lépések eredményeit mutatja be a célfüggvény értékek segítségével.

Az ábrából látható, hogy ebben az optimalizációs eljárásban 13 lépést hajtottunk végre. A célfüggvény grafikon értékei hullámzóak, bizonyos lépéseknél csökkennek, majd növekednek.

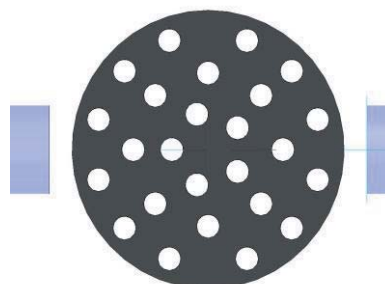
Ennek okai, hogy az optimalizást megvalósító algoritmus nagyon szigorú konvergencia kritériumokkal rendelkezett, tehát alapvetően mi, mint a szoftver felhasználói döntöttük el, hogy melyik lépésnél fejezzük be az eljárást. A 13 lépés alatt a célfüggvény értéke összesen három alkalommal közelítette meg a 13. lépés

végén elért minimumot, amelynek célfüggvény értéke 0.886.

A célfüggvény értékének emelkedései majd csökkenései az „amőba” algoritmus útját jelölik az ötdimenziós térben. Előfordult, hogy egyes változatokban az előzőhöz képest jelentősen megnövelte a hőcserélőben lévő csövek hosszát, amely ugyan alacsonyabb füstgáz kilépő hőmérséklethez vezetett, de mind a füstgáz, mind a levegő oldali nyomásvesztéség annyira megnőtt, hogy végül a célfüggvény értéke nagyobb lett, mint az azt megelőző lépésben. Az 5. ábra a legalacsonyabb célfüggvény értékű hőcserélő betét (13. optimalizációs lépés) cső elrendezését mutatja be, amely elrendezéshez $H=492$ mm-es csőhossz tartozik. A betétre jobb oldalról érkezik a 0 °C hőmérsékletű égési levegő.



4. ábra Optimalizációs lépések célfüggvény eredményei



5. ábra A 13. optimalizációs lépésként kiszámított változat cső elrendezése

8. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A kutatás kezdetben az OTKA 75689 program támogatásával készült, majd a TÁMOP-4.2.1.B-10/2KONV-2010-0001 jelű projekt részeként az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap finanszírozásával folytatódott.

9. IRODALOM

- [1] EN 13240:2005 Szilárd tüzelőanyag fűtésű háztartási tűzhelyek; Európai Szabvány
- [2] Thomas Weise: Global Optimization Algorithms – Theory and Application; 95., 283. oldal, 2009.06.26