

P0402450

ÁLLAMI
TUDOMÁNYOS
KÖZLEMÉNY



**HŐCSERÉLŐ BERENDEZÉS, ELJÁRÁS HŐCSERÉLŐ BERENDEZÉS CSÖVÉNEK
TISZTÍTÁSÁRA ÉS ELJÁRÁS HŐCSERÉLŐ BERENDEZÉS CSÖVÉN KÉPZŐDÖTT
LERAKÓDÁS MEGHATÁROZÁSÁRA**

KIVONAT

A találmány tárgya hőcserélő berendezés, eljárás hőcserélő csöveinek tisztítására és eljárás hőcserélő csövén képződött lerakódás meghatározására.

A hőcserélőben a felmelegítendő gőzt szállító csövek között füstgázok áramlanak. A hőcserélő egy része vagy egésze ovális keresztmetszettel rendelkező gőztúlhevítő csövekből (41) áll.

A hőcserélő csöveinek tisztítására szolgáló eljárás során előre meghatározott frekvenciával rezonáltatjuk a csöveket, ezáltal a csöveken lévő lerakódást fellazítjuk.

A hőcserélő csövén képződött lerakódás meghatározására szolgáló eljárás során a csövet rezegtetjük, megmérjük a cső rezgési képét és a mért rezgési kép alapján meghatározzuk a lerakódás mértékét.

pl: (3. ábra)

B

**HŐCSERÉLŐ BERENDEZÉS, ELJÁRÁS HŐCSERÉLŐ BERENDEZÉS CSÖVÉNEK
TISZTÍTÁSÁRA ÉS ELJÁRÁS HŐCSERÉLŐ BERENDEZÉS CSÖVÉN KÉPZŐDÖTT
LERAKÓDÁS MEGHATÁROZÁSÁRA**

A találmány tárgya olyan hőcserélő, amelyben gőzt szállító csövek között felmelegített gőz előállítása céljából füstgázok áramlanak. Az ilyen hőcserélők elsősorban – de nem kizárólag – akkor rendkívül hasznosak, amikor egy hulladékégető erőműből távozó füstgázokból hőenergiát kell kinyerni. Bár a jelen leírásban a találmány hasznosítása kapcsán főként hulladékégető üzemekben alkalmazott hőcserélőkről teszünk említést, a találmány szerinti megoldás alkalmazható más forró gázok esetén is, különösen akkor, ha a gáz porral szennyezett, ami például biomassza égetésekor könnyen előfordulhat. A találmány tárgya továbbá olyan eljárási, amely a hőcserélő csöveinek tisztítására szolgál.

A hulladékégető erőművekben szokásos gyakorlat, hogy a hulladék elégetése során felszabaduló forró füstgázokat gőz fejlesztésére használják. Az ilyen hulladék-tüzelésű erőművekben olyan hőcserélőt használnak, amely olyan vezetékcsoportokat tartalmaz, amelyeken keresztül a füstgázok segítségével tovább melegítendő gőzt vezetnek át túlhevített gőzt előállítása céljából. Az előzőleg előállított gőzt a hőcserélőben szokás szerint egy gőzdobon vezetik át a túlhevítés érdekében. Az ilyen hőcserélőt általában gőztúlhevítőnek nevezik. A gőztúlhevítő általában több szakaszból áll, ahol mindegyik szakasz több keretet tartalmaz és mindegyik keretnek két fejrésze van, melyek között egymással párhuzamosan haladó, egymáshoz csatlakoztatott csövek helyezkednek el. A csövek belsejében gőz vagy víz áramlik, míg a csövek külső oldalán füstgázok áramlanak.

A hulladék égetése általában azért hátrányos, mert számos szennyezőanyagot tartalmaz, így az égetés során felszabaduló füstgázokat nagymennyiségű szállóhamu, különösen a füstgázok által szállított por, valamint korrodáló vegyületek, különösen savak, például HCl, SO₂ és rengeteg só kíséri. Az ilyen füstgázokból gyors ütemben lerakódik a szállóhamu a hőcserélő csöveire. A lerakódás eltávolítására

számos megoldás ismert, mint például a koromlefújás, a sörétszórás vagy a csövek kopogtatása. A kémiai komponensek erős korróziót okoznak, különösen a magas hőmérsékletű sósav által előidézett korrózió járul hozzá a csövek idő előtti elhasználódásához. Tovább súlyosbítja a helyzetet az, hogy az egyre vastagabb rétegben lerakódó szállóhamu számos sót, például különböző fém-kloridokat tartalmaz, amelyek a korróziós folyamatot felgyorsító eutektikumokat képeznek.

A találmány szerinti megoldásnál a hőcserélő a kazán konvekciós részében helyezkedik el, és a füstgázok négyzetes megközelítéséből adódóan a hő közvetlenül adódik át a csöveknek. A füstgázokban lévő por emiatt fontos szerepet játszik a lerakódás, a korrózió és az erózió kialakulásában. A porszemcsék akkora sebességgel csapódnak neki a csövek felületének, amekkora az azokat szállító füstgáz sebessége. A magas hőmérséklet miatt kissé ragadóssá váló szemcsék hozzátapadhatnak a csövekhez és összegyűlve nagyméretű lerakódásokat alkothatnak. Amikor ezeket a lerakódásokat tisztításkor, például kopogtatással eltávolítják és a csövet újabbal szabaddá teszik, a porszemcsék a lerakódásba kialakulásáig a fémcsövek közvetlen felületét is károsíthatják. A nikkel-króm ötvözetekből készült csövek esetén, melyeknél rendkívül vékony oxidréteg biztosítja a korrózió elleni védelmet, az említett védőréteg könnyen megsérülhet a tisztítási eljárás során, illetve a megtisztított felület eróziója révén. Ez viszont a korróziós folyamat felgyorsulását eredményezi mindaddig, amíg az oxidréteg újból ki nem alakul. Szükségesnek tartjuk megjegyezni, hogy a csövek gyakran nem homogén módon kopnak, vagyis a kopás a legnagyobb mértékben a füstgázok áramlási irányához képest $\pm 45^\circ$ -os szögben figyelhető meg.

Az NL 1,015,438 sz. szabadalmi leírás legfontosabb intézkedésként a füstgázok sebességének alacsony értéken történő tartását említi a porszemcsék kedvezőtlen hatásainak korlátozása érdekében, továbbá alacsony hőmérséklet fenntartását javasolja annak biztosítására, hogy az anyag képes legyen saját magát megvédeni egy új oxidréteg létrehozásával. Az említett irat az egyes szekciók erősen igénybe vett első csövéhez vízűtés alkalmazását javasolja az adott cső védelme érdekében.

A füstgáz kis sebességének további előnye, hogy a kisebb szemcsék a cső körül örvénylenek. Ennek következtében a valamivel nagyobb szemcsék egymással ütköznek. A méretüknek köszönhetően ezek a szemcsék kevésbé hajlamosak más



szemcsékkel egyesülni, emiatt az egyre vastagodó lerakódás porózus és rideg marad. Ez rendkívül előnyös, mert az egyre vastagodó lerakódás könnyebben le tud válni a csőről. A gyakorlatban például 80 mm átmérőjű csövek esetén a lerakódások a füstgáz áramlási irányában növekednek, és ezek hossza gyakran eléri akár a 300 mm-t is. A korábban említett tisztítási eljárások célja az ilyen lerakódásoknak a kazán működése közben történő eltávolítása, ezáltal a kazán két leállása közötti működési idő megnövelése. A leállás alkalmával a csövek alaposabban is megtisztíthatók. Mivel az ilyen tisztítások során alapvetően mechanikai erőt fejtenek ki a lerakódásokra azok leválasztása céljából, a ridegség rendkívül előnyös tulajdonsága a lerakódásoknak. A kopogtatásos módszernél egy adott keret csöveit úgy rezgetik, hogy egy kalapácsszerkezet segítségével ütések mérnek az egyik fejrészre. A tisztítási folyamat a nagyobb darabok leválasztására irányul, amit a lerakódások tömegéből adódó tehetlenségi erő idéz elő a csövek rezgése közben.

A találmánnyal célunk olyan tökéletesített eljárás és berendezés megvalósítása, amely révén lecsökkenthetők a lerakódások kialakulásával és a kopással kapcsolatosan korábban említett problémák. A találmánnyal elsődleges célunk olyan tökéletesített eljárás és berendezés megvalósítása, amely hulladékégető üzemben használható.

A kitűzött célokat egyrészt olyan hőcserélő megvalósításával érjük el, amellyel jelentős mértékben lecsökkenthető a csövek kopása azok tisztítása során, továbbá amellyel megnövelhető a tisztítás hatékonysága.

A találmány szerinti hőcserélő egy része vagy egésze olyan gőztúlhevítő csövekből áll, amelyek ovális keresztmetszettel rendelkeznek. Ennek kettős célja van: egyrészt elősegíti a füstgázoknak a csövek körüli áramlását, továbbá kedvezően befolyásolja a csövek ridegségét.

Mint korábban említettük, a csövek gyakran nem homogén módon kopnak, vagyis a kopás a beáramló füstgázok irányához képest $\pm 45^\circ$ -ban a legnagyobb. A helyes átmérő megválasztása a túlhevített csövek közötti távolság függvényében pontos elemzéseken alapul, ahol a sebességek és a csövek egymáshoz viszonyított távolsága fontos szerepet játszik. Az átmérőt úgy választjuk meg, hogy a Kármán-féle örvények ne vezessenek az áramlási sebességek és/vagy az elől lévő csövek mögött elhelyezkedő túlhevítő csövek felületére lerakódó por mennyiségének lokális

növekedéséhez. Ez a megközelítés ellentétes a tipikus tervezési eljárásokkal, amelyeknél a hőátadás növelése céljából igyekeznek kihasználni a lokális turbulenciákat.

A körtől eltérő, egyszerű alak hozható létre a kör alakú csövek kismértékű összelapításával. A csövek keresztmetszete más alakú is lehet, például ovális, csepp alakú vagy más, folyadékdinamikai szempontból optimális alakú.

A DE 444,588 sz. szabadalmi leírás szintén ovális keresztmetszetű csöveget mutat be. Ennél a megoldásnál azonban a cső keresztmetszete változó a cső hossza mentén annak érdekében, hogy az áramlási sebesség a csőben állandó legyen, ugyanis az energiaeinyelésnek köszönhetően a gőz hőmérséklete és térfogata folyamatosan növekszik. Ennek különösen akkor van jelentősége, ha hosszú csöveget alkalmaznak, amelyek cikk-cakk alakzatban haladnak át a kazánon. A csövek ovális keresztmetszete itt annak a javasolt eljárásnak a következménye, amelynek értelmében a cső változó keresztmetszetét egyre laposabb hengerléssel alakítják ki. A jelen találmány esetében azonban az ovális keresztmetszet kifejezetten azt a célt szolgálja, hogy a füstgáz oldalon az áramlás optimális legyen. Ez előnyösen – de nem kizárólagosan – alkalmazható a két fejrész között elhelyezkedő, viszonylag rövid, egyenes csövek esetén is.

A találmánnyal további célunk olyan hőcserélő megvalósítása, amely több szakaszból áll, ahol mindegyik szakasz olyan túlhevítő csöveget tartalmaz, amelyek keresztmetszete ovális és amelyek legnagyobb átmérője a füstgáz áramlási irány mentén mérhető.

Az ovális keresztmetszet következtében a két főirányban a csövek merevsége alapvetően eltérő, ennek következtében a csövek rezgésének sajátfrekvenciája a különböző irányokban szintén eltérő. A különböző mértékű lapítottság vagy megerősítések révén lehetővé válik egy adott keretben több cső sajátfrekvenciájának a megváltoztatása is. Különös jelentősége van annak, hogy ahhoz az irányhoz tartozó sajátfrekvenciák, amelyben az ütőeszköz a keretet üti, eltér az arra merőleges irányhoz tartozó sajátfrekvenciáktól. Ily módon megakadályozható az, hogy a keretnek átadott ütési energia a különböző irányok mentén szétterjedjen, ez ugyanis az ütés hatékonyságát lecsökkenti.

A találmány egyik célszerű kiviteli alakjánál a hőcserélő különböző irányokhoz tartozó lapított túlhevítő csöveinek sajátfrekvenciái a csövek hosszirányára merőle-

ges irányokban úgy vannak megválasztva, hogy a csövek fejrészének aktiválásával a csövek különböző frekvenciákon rezegtethetők.

A lerakódás mértékének meghatározásához a csövek rezgetése előtt vagy az alatt lehetőség nyílik a csövek természetes rezgési jellemzőinek a tisztítás céljából történő meghatározására. Ebből a célból a csőcsoportokra impulzusszerű ütés mérhető és az ennek következtében fellépő rezgési képet egy rezgésmérő műszer segítségével rögzítjük. Az ilyen műszerek célszerűen a három főirány mentén fellépő elmozdulásokat és/vagy erőket rögzítik. A rögzített jelek – például Fourier-analízis segítségével – történő elemzése lehetővé teszi a sajátfrekvenciák meghatározását. A kialakult lerakódások miatt a rezgő csövek tömege és ennek következtében sajátfrekvenciája is megváltozik. Különböző lerakódási feltételek esetén a sajátfrekvenciák összehasonlítása lehetővé teszi a lerakódás mértékének pontos számítását, továbbá annak meghatározását, hogy a lerakódás hogyan oszlik el a csövek mentén. Az eredmények monitorozhatók a tisztítási művelet során, valamint azt követően is.

A lerakódással kapcsolatos elemzés alapján rendelkezésre álló adatok felhasználhatók annak meghatározására, hogy rövidebb vagy hosszabb ideig kell-e a végezni tisztítást. Az említett adatok alapján a tisztítás céljából a keret fejrészére mért ütések erejének növelése vagy csökkentése is lehetővé válik, ezáltal optimális tisztítást érünk el anélkül, hogy a fejrészt és a csöveket a szükségesnél vagy a hasznosnál nagyobb mechanikai feszültségnek tennénk ki.

Azáltal, hogy az ütőeszközzel impulzusszerű ütésekkel állítunk elő, lehetővé tesszük, hogy a fejrész a sajátfrekvenciáján rezegjen. A sajátfrekvenciának egy széles tartományban történő változtatásával mintázata a mérési adatokat rögzítő eszköz segítségével meghatározhatók a sajátfrekvenciák, és azokból megállapítható a lerakódás mértéke.

Ez az információ felhasználható a sajátfrekvenciákon történő rezgetéssel végzett tisztításhoz, amely sajátfrekvenciák az analízis alapján megváltoztathatók, ezáltal elérhető, hogy a különböző csövek egymást követően kezdjenek rezegni.

A csövek lapítottságából adódóan a csőcsoportok eltérő merevsége mellett a csövek sajátfrekvenciája befolyásolható a csövek célirányos merevítésével és megerősítésével.



A találmány tárgyát képezi olyan, hőcserélő csöveinek tisztítására szolgáló eljárás, amely során a csöveket rezonálás céljából egy előzőleg meghatározott frekvenciával rezegtetjük, és ily módon fellazítjuk a csöveken kialakult lerakódásokat.

A találmány szerinti eljárásnál az előzőleg meghatározott frekvencia a csövek sajátfrekvenciája.

A találmány szerinti eljárás egy további célszerű változatánál a csövek lapítottak, és sajátfrekvenciájuk függ az aktiválás irányától, ahol a kiválasztott aktiválási irány merőleges a csövek hosszirányával.

A találmány tárgyát képezi olyan eljárás is, amely egy hőcserélő csövein kialakult lerakódás mértékének meghatározására szolgál, amely eljárás során a csövet egy előzőleg meghatározott frekvenciával aktiváljuk, megmérjük és elemezzük a cső rezgési képét, amely a csöveken kialakult lerakódás mértékétől függ, majd a mért rezgési amplitúdó alapján meghatározzuk a lerakódás mértékét.

Előnyös az olyan eljárás alkalmazása, amelynél az aktiválási frekvenciát úgy választjuk meg, hogy az a maximális tisztítási hatás elérése érdekében a lerakódás mértékétől függjön.

A találmánnyal további célunk olyan hőcserélő megvalósítása, amely legalább két olyan szakaszt tartalmaz, amely előtt árnyékolócsövek vagy porlasztócsövek helyezkednek el.

Az említett hőcserélő egyik célszerű kiviteli alakja legalább két sor porlasztócsövet tartalmaz, melyek egymással párhuzamosan, a füstgáz áramlási irányára merőlegesen helyezkednek el, továbbá ahol az egyes sorokban lévő csöveknek legalább a fő része a füstgáz áramlási útjában helyezkedik el.

Az említett hőcserélő egy másik célszerű kiviteli alakjánál a kiegészítő porlasztócsövek sorait olyan nyitott térrész követi, amely a füstgázáram felemelésére szolgál, ahol a nyitott térrész nagyobb, mint a hőcserélő csöveinek sorai közötti távolság.

A találmányt a továbbiakban a rajz alapján ismertetjük részletesen. A rajzon:

- az 1. ábra egy hulladékégető erőmű vázlatrajza, ahol a füstgázokat egy rostélyról egy első, egy második és egy harmadik kamrán vezetik át, majd a füstgázokat egy hőcserélőn keresztül vezetik ki a szabadba;

- a 2. ábra az 1. ábrán látható erőmű vázlatos felülnézete; és

- a 3-5. ábrák a találmány szerinti hőcserélő csöveinek különböző, felülről vett keresztmetszeti nézetei.

Az 1. ábrán egy hulladékégető erőmű vázlatrajza látható. A füstgázokat egy első 1 kamrába vezetjük, ahol azok függőleges irányba felemelkednek, majd ezt követően egy második 2 kamrába vezetjük, ahol a füstgázok lefelé áramlanak egy további 3 kamrába. Az első 1 kamra ismert – a rajzon nem látható – membránfalat tartalmaz.

A harmadik 3 kamrát elhagyó füstgázokat 5 gőztúlhevítőt tartalmazó 4 hőcserélőbe vezetjük. A bemutatásra kerülő kiviteli alaknál az 5 gőztúlhevítő négy 15-18 csőcsoportot alkotó hőcserélő csöveket tartalmaz. A 4 hőcserélő elején egy ún. 6 porlasztófal van elhelyezve. A 6 porlasztófal a 4 hőcserélőhöz érkező füstgázok áramának szétterítésére szolgál. A 6 porlasztófal a 2. ábrán látható módon célszerűen két sor porlasztócsövet tartalmaz. Az említett porlasztócsövek két sora mögött célszerűen egy kisméretű 7 nyitott térrész található, amely mögött további 8 porlasztócsövekből álló sorok helyezkednek el egymással fedésben, a 2. ábrán látható módon. A kisméretű 7 nyitott térrész célszerűen elegendően nagy ahhoz, hogy lehetővé tegye a füstgáz sebességének egyenletes eloszlását a teljes füstgáz-áramlási keresztmetszet mentén az említett 7 nyitott térrészben, ezáltal a füstgáz áramlási sebessége gyakorlatilag mindenhol azonos.

Az ismert megoldásoknál a 6 porlasztófal olyan helyként szolgál, ahol a szállóhamu lerakódik, és a füstgázokban lévő szállóhamu-részecskék magjaira a füstgázok gyors lehűlése csak bizonyos késleltetéssel hat, így az említett részecskék magjának belső hőmérséklete időnként 800°C-nál magasabb marad, aminek következtében azok egy ún. „ragadós fázisban” maradnak. Amikor az ilyen részecskék a 6 porlasztófal egymást követő csöveinek ütköznek, a csövek felületéhez tapadnak. Az ilyen részecskék jelentős része azonban a 4 hőcserélő csöveihez tapad hozzá. A hőmérséklet csökkentésén kívül a füstgáz áramlási sebességének mérséklése is lecsökkentheti ezt a hatást, ami a 4 hőcserélő csövein kialakuló lerakódás mértékének csökkenéséhez vezet. A lerakódott hamu a csövekről ismert eljárásokkal távolítható el.

A gyakorlatban célszerű az áramlást kiegyenlíteni a 6 porlasztófalnál annak érdekében, hogy kiküszöböljük a lokálisan nagy áramlási sebességeket. A füstgáz

sebessége célszerűen 3-4 m/s vagy még annál is kisebb, ennek következtében a csövek felületi hőmérséklete a füstgáz hőmérsékleténél kisebb marad. A 6 porlasztófal célszerűen a 4 hőcserélő teljes áramlási szélességében van elhelyezve. Lehetőség van ugyanakkor a 6 porlasztófalban lévő egyes keretekben található összes cső számának lecsökkentésére, ezáltal a csövek között 20-50 cm távolság tartható. Amennyiben a 6 porlasztófalban több csősorot alkalmazunk, célszerű az egyes sorokban lévő csöveket a 4 hőcserélőben úgy elrendezni, hogy az egymást követő csősorok egymáshoz képest lépcsőzetesen helyezkedjenek el. Célszerűen az összes cső egymástól azonos távolságra van. Ily módon a füstgázok a 15 gőztúlhevítőn történő áthaladás előtt egyenletesen áramlanak függőlegesen és szélteben. Mivel az első 15 gőztúlhevítő első csősorában lévő csövek szabadon megközelíthetők, célszerű azokat 8 porlasztócsövek formájában megvalósítani. Az első 15 gőztúlhevítő további csövei a 8 porlasztócsöveket követően, egymás mögött állnak.

A 15-18 gőztúlhevítő csöveinek 8 porlasztócsövekkel történő védelme különösen akkor hatásos, ha a 8 porlasztócsövek átmérője kicsivel nagyobb, mint a füstgázok áramlási útjában elhelyezkedő gőztúlhevítő csöveké.

A 3., 4. és 5. ábrán olyan célszerű kiviteli alak látható, ahol a 30, 41 gőztúlhevítő csövek kissé lapítottak, és legkisebb átmérőjük iránya merőleges a füstgázok S áramlási irányára. Ez a kialakítás lecsökkenti a 30, 41 gőztúlhevítő csöveknek a füstgázokban lévő szállóhamu által okozott erózióból adódó kopását. Az ismert eljárásoknál, ahol a 30, 41 gőztúlhevítő csöveken a szállóhamuból kiváló, a 4. ábrán látható 34 lerakódás jön létre, a 34 lerakódásokat a 30, 41 gőztúlhevítő csövek rezgetésével távolítják el. Ez elvégezhető például oly módon, hogy a csövek végeit befogó, az 5. ábrán látható 61, 62, 63 fejrészeket egy mechanikus vagy pneumatikus 69 kaplácscsal ütögetik. A korábbi eljárások jelentős mértékben javíthatók, ha a 30, 41 gőztúlhevítő csövek olyan sajátfrekvenciákkal rendelkeznek, amelyek a különböző 71, 72 irányokban eltérőek annak következtében, hogy a 30, 41 gőztúlhevítő csövek a lapítottságuk következtében a különböző irányokban eltérő merevségűek. Azáltal, hogy például a 61 fejrészt az említett sajátfrekvenciákon rezgetjük, a 34 lerakódások kontrollált módon távolíthatók el. A csövek sajátfrekvenciájának előre meghatározott, azonos értékre történő beállításával korlátozott energiaközlés mellett maximális eredmény biztosítható. Amennyiben ennek végrehajtása nehézségekbe ütközik ami-

att, hogy a szállóhamuból kiváló 34 lerakódások tömegei túlságosan eltérőek, lehetőség nyílik az összes 30, 41 gőztúlhevítő cső esetében különböző sajátfrekvencia beállítására, ami ráadásul a rezgési 71, 72 irányokban is különböző lehet, ezáltal lehetővé válik az egyes 30, 41 gőztúlhevítő csövek egyenként történő rezonáltatása. Célszerű ezért olyan rendszert kialakítani, amelyben a lapított 30, 41 gőztúlhevítő csövek számára olyan sajátfrekvenciákat választunk, amelyek lehetővé teszik azok rezonálását. Célszerű továbbá olyan 73 mérőműszert alkalmazni, amellyel meghatározható a rezgési kép.

A 4 hőcserélő második szakaszában, vagyis a második 16 gőztúlhevítőben a füstgáz már egyenletesen áramlik, a füstgázból előzőleg jelentős mennyiségű por vált már ki, és a füstgáz hőmérséklete is alacsonyabb. Az első 15 gőztúlhevítőt elhagyva a füstgáz sebessége megnövelhető a kazán lépcsőzetes vagy egyenletes elkeskenyítésével vagy az egységnyi felületre eső csövek számának növelésével. Az említett két megoldás együtt is alkalmazható. A 4 hőcserélőben egymás mögött elhelyezkedő 15-18 gőztúlhevítők számától függően a 4 hőcserélő úgy van kialakítva, hogy a füstgáz sebessége a 4 hőcserélőn történő áthaladás közben tovább növekedjen. Különösen előnyösen alkalmazható a találmány szerinti megoldás az EP 1,164,330 sz. szabadalmi bejelentésben ismertetett eljárással kombinálva, melynek során a füstgáz sebességét lehetőleg 4 m/s-nál kisebb, célszerűen 2-3 m/s sebességre csökkentjük, továbbá a 4 hőcserélőn átáramló füstgáz sebességét a bevezető nyílásnál legfeljebb 4 m/s sebességre korlátozzuk, miközben a 4 hőcserélőt ellenáramú üzemmódban működtetjük. A 4 hőcserélő bemenetén ekkor a füstgázok hőmérséklete 700°C-nál, célszerűen 630°C-nál alacsonyabb.

A találmány további előnyöket biztosít, amennyiben a jelen találmányt a feltalálók által a jelen szabadalmi bejelentéssel egyidejűleg bejelentett másik bejelentés tárgyával kombinálják, ahol is az egymás mögött álló csövek eltérő átmérővel rendelkeznek.

A jelen leírásban használt „ovális” vagy „lapított” kifejezés korlátozás nélkül egyetemesen vonatkozik az összes lényegében kör keresztmetszetű csőre, amelyek a hosszirányuk mentén legalább részben olyan megerősítésekkel van ellátva, amelyek következtében a cső egy ovális keresztmetszetű csőhöz hasonló módon viselkedik.

A találmányt a rajz segítségével egy célszerű kiviteli alakon keresztül mutattuk be, azonban a találmány oltalmi körét a szabadalmi igénypontok határozzák meg.

SZABADALMI IGÉNYPONTOK

1. Hőcserélő berendezés, amelyben felmelegítendő gőzt szállító csövek között füstgázok áramlanak, **azzal jellemezve**, hogy a hőcserélő (4) egy része vagy egésze ovális keresztmetszettel rendelkező gőztúlhevítő csövekből (30, 41) áll.

2. Az 1. igénypont szerinti hőcserélő berendezés, **azzal jellemezve**, hogy az ovális keresztmetszetű csöveknek a füstgáz áramlási irányában van a legnagyobb átmérője.

3. Az 1. igénypont szerinti hőcserélő berendezés, **azzal jellemezve**, hogy az ovális keresztmetszetű gőztúlhevítő csövek különböző, a csövek hosszirányára merőleges irányaihoz tartozó sajátfrekvenciái olyanok, hogy a csövek fejrészének aktiválásával a csövek különböző frekvenciákon rezonálnak.

4. Az 1-3. igénypontok bármelyike szerinti hőcserélő berendezés, **azzal jellemezve**, hogy a gőztúlhevítő csövek előtt egy vagy több árnyékolócső vagy porlasztócső (8) helyezkedik el.

5. Az 1-4. igénypontok bármelyike szerinti hőcserélő berendezés, **azzal jellemezve**, hogy a túlhevítő csövek előtt ovális keresztmetszetű árnyékolócsövek vagy porlasztócsövek (8) helyezkednek el.

6. Eljárás hőcserélő berendezés csövének tisztítására, amely során előre meghatározott frekvenciával rezonáltatjuk a csövet, ezáltal a csövön lévő lerakódást (34) fellazítjuk.

7. A 6. igénypont szerinti eljárás, **azzal jellemezve**, hogy előre meghatározott frekvenciaként a cső sajátfrekvenciáját használjuk.

8. A 6. vagy 7. igénypont szerinti eljárás, **azzal jellemezve**, hogy a csövek lapítottak és sajátfrekvenciájuk vagy sajátfrekvenciáik az aktiválás irányától függe-



nek, ahol az aktiválás iránya a csövek hosszirányára merőleges, és a füstgáz áramlási irányával azonos vagy arra merőleges.

9. Eljárás hőcserélő berendezés csövén képződött lerakódás meghatározására, amely során a csövet rezegtetjük, megmérjük a csőben kialakuló rezgési képet és a mért rezgési kép alapján meghatározzuk a lerakódás mértékét.

10. A 9. igénypont szerinti eljárás, **azzal jellemezve**, hogy a rezgést kalapácsszerkezettel előállított impulzussal idézzük elő.

11. A 9. vagy 10. igénypont szerinti eljárás, **azzal jellemezve**, hogy a rezgést a csövek sajátfrekvenciáin idézzük elő.

12. A 9-11. igénypontok bármelyike szerinti eljárás, **azzal jellemezve**, hogy a tisztítás céljából keltett rezgést a mért rezgési kép alapján idézzük elő.

13. A 12. igénypont szerinti eljárás, **azzal jellemezve**, hogy a tisztítás céljából a csövek rezgését előidéző aktiválási frekvenciát a rezgési minta elemzése alapján meghatározott sajátfrekvenciák és a lerakódás mértéke alapján választjuk meg.

14. Az 1-5. igénypontok bármelyike szerinti hőcserélő berendezés, **azzal jellemezve**, hogy a csövek sajátfrekvenciáit beállító merevítéseket vagy csatolókat tartalmaz.

mult: 3 csap ugi (5 db ólom)
B

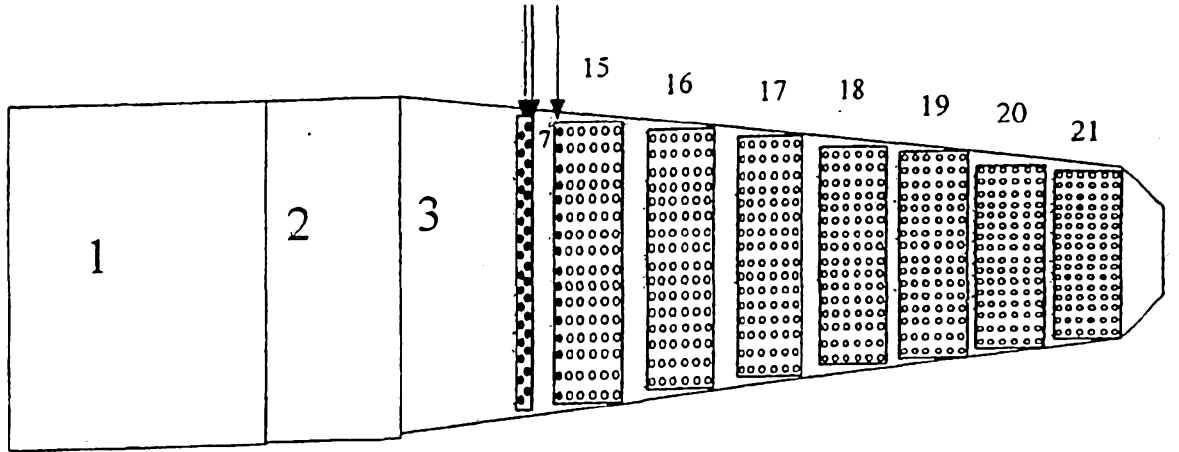


Fig. 2.

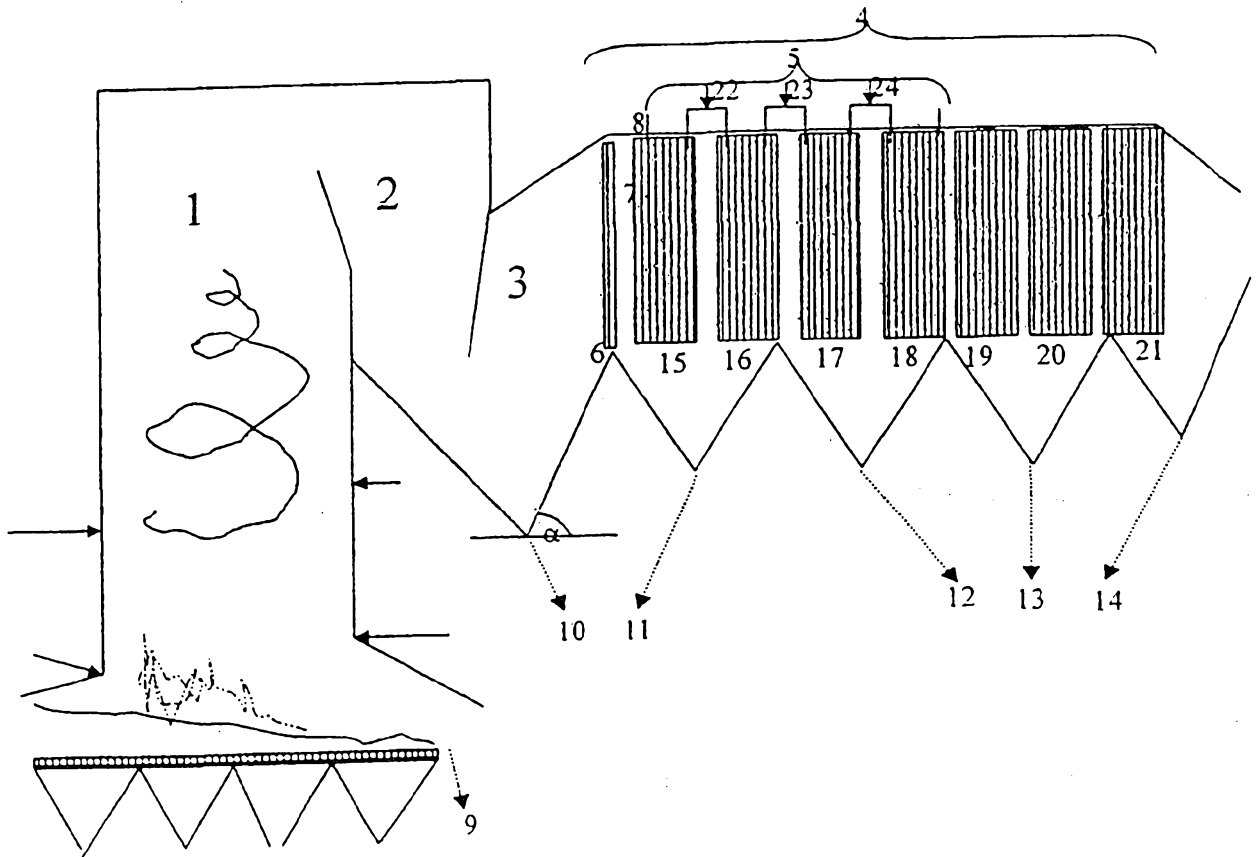


Fig. 1.

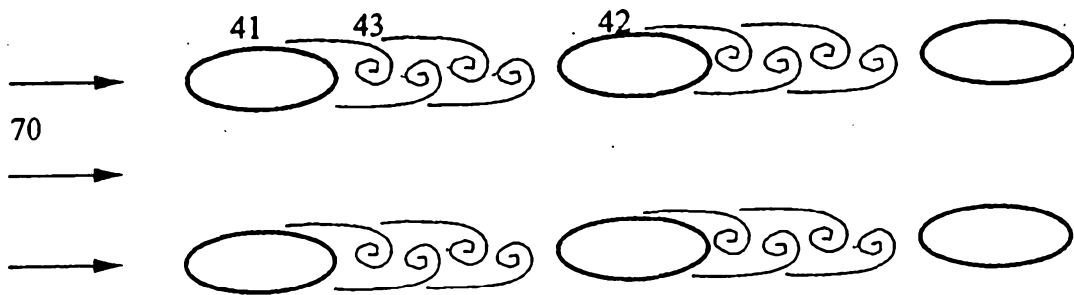


Fig. 3.

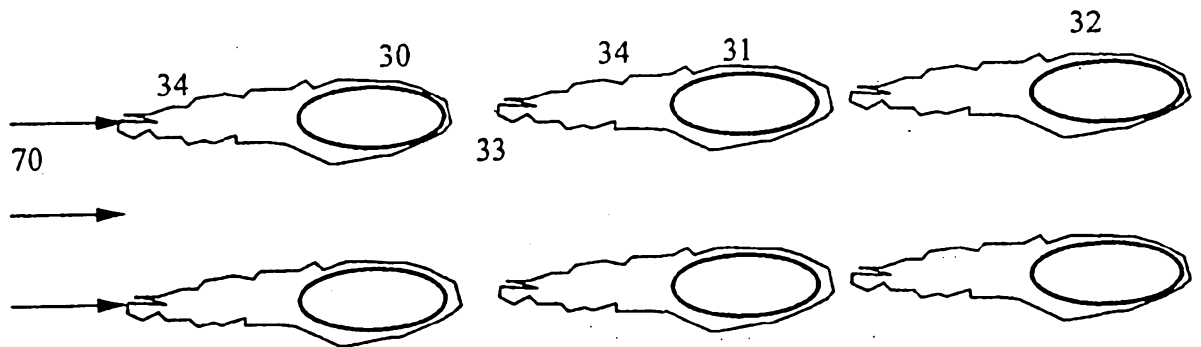


Fig. 4.

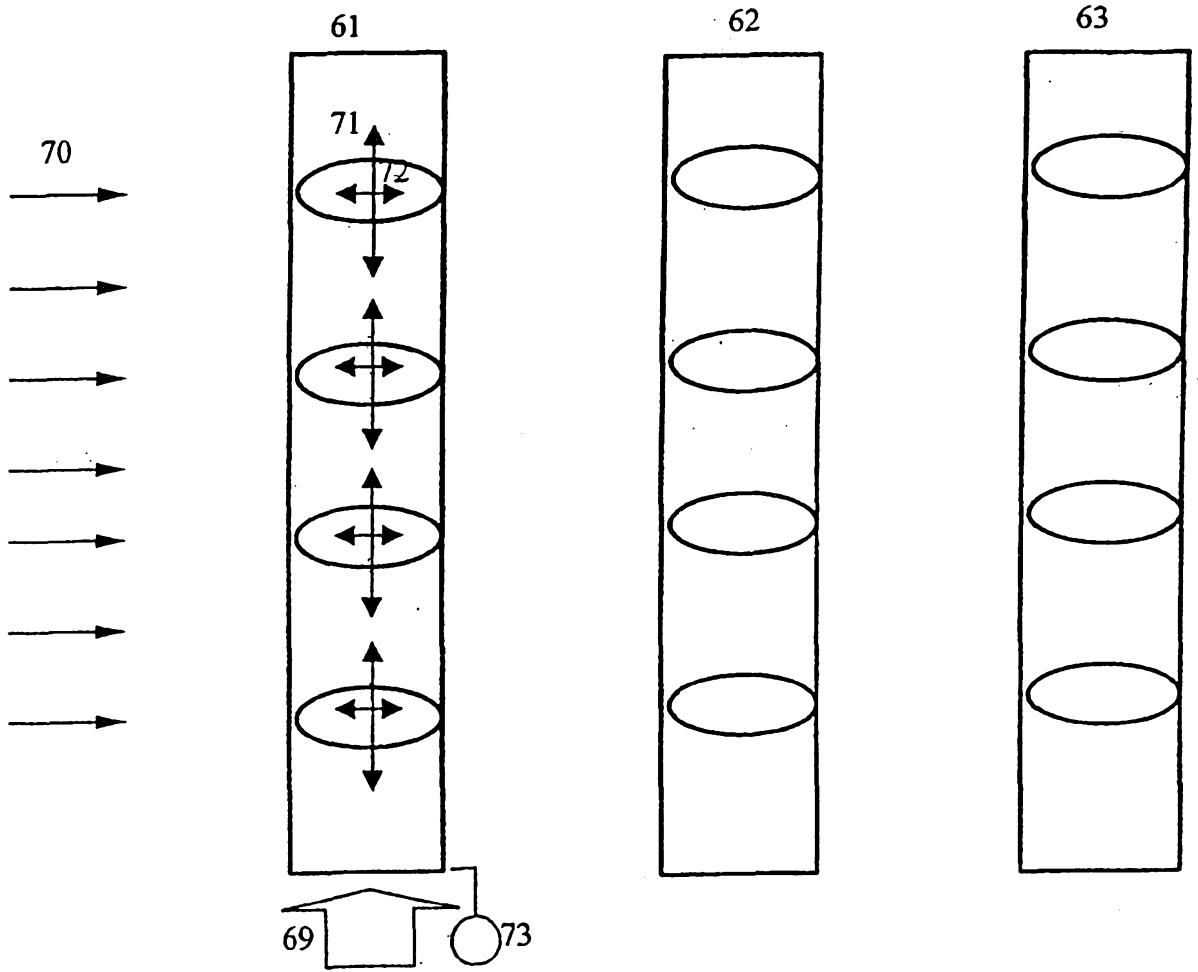


Fig. 5.